



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών  
**Εργαστήριο Οχημάτων**

Διπλωματική εργασία

**Κασίμη Π. Σοφία**

**"Συστήματα Πέδησης βαρέων οχημάτων"**  
**"Heavy vehicle's braking systems".**

**Επιβλέπων:** Δρ.-Μηχ. Δ. Κουλοχέρης  
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2014

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Οχημάτων του τομέα Μηχανολογικών Κατασκευών και Αυτομάτου Ελέγχου της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, υπό του Δρ.-Μηχ. Δ. Κουλοχέρη, τον οποίο ευχαριστώ θερμά για την καθοδήγησή του αλλά και την διαθεσιμότητά του οποιαδήποτε στιγμή χρειάστηκε τη βοήθειά του. Επίσης ευχαριστώ την οικογένειά μου και τους συμφοιτητές μου Αγγέλη Δημήτρη, Δικονυμάκη Θέμη και Λιγούτσικο Χάρη για την πολύτιμη στήριξη και συμπαράστασή τους καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αφιερώνω αυτή τη διπλωματική εργασία στη μνήμη του παππού μου Βασιλείου Μπαρτζιώτη.



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ ΒΑΡΕΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη μελέτη των συστημάτων πέδησης βαρέων οχημάτων, προκειμένου να διερευνήσει την αναγκαιότητα της εκ των υστέρων τοποθέτησης του Συστήματος Αντιμπλοκαρίσματος Τροχών (ABS). Στην Ελλάδα, μέχρι πρόσφατα, η ύπαρξη του εν λόγω συστήματος ήταν υποχρεωτική μόνο σε τράκτορες και ρυμουλκούμενα που μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα. Σύμφωνα με το νέο κανονισμό, παράγραφος Β2.2 της 9527/535/09 της Εγκυκλίου, το Σύστημα Αντιμπλοκαρίσματος Τροχών πρέπει να εγκατασταθεί σε φορτηγά και λεωφορεία των κατηγοριών οχημάτων Ο, Μ και Ν, που δεν είναι εξοπλισμένα με αυτό.

Το Εργαστήριο Οχημάτων της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο ανέλαβε να διερευνήσει την αναγκαιότητα και τα οφέλη εγκατάστασης του Συστήματος Αντιμπλοκαρίσματος Τροχών. Αυτή η διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό την υποβοήθηση αυτού του σκοπού και της προσέγγισης κάθε θεματικής ενότητας με λεπτομέρεια, ώστε να προσφέρει τις απαραίτητες εκείνες γνώσεις που χρειάζονται για να κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος ABS, τα συστατικά μέρη και τη διάγνωση των βλαβών.

Αποτελείται από τρία κύρια μέρη, το πρώτο είναι μια αναφορά σε συστήματα ενεργητικής και παθητικής ασφάλειας, δοκιμές πρόσκρουσης και το πρόγραμμα Euro NCAP. Το δεύτερο μέρος είναι μια ανάλυση της θεμελιώδους θεωρίας πέδησης, τα βασικά και βοηθητικά συστήματα πέδησης, η εμφάνιση του ABS και τα κύρια συστατικά του μέρη, διαμορφώσεις που χρησιμοποιούνται. Καταγράφονται ζητήματα ευστάθειας των βαρέων φορτηγών οχημάτων καθώς και το κόστος αλλά και τα οφέλη από την τοποθέτηση του Συστήματος Αντιμπλοκαρίσματος Τροχών. Στο τρίτο μέρος της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται τα ποσοστά των τροχαίων ατυχημάτων, που αφορούν συγκρούσεις τις οποίες συμμετέχουν βαρέα φορτηγά οχήματα επιτρεπόμενου μικτού βάρους άνω των 3,5 τόνων, σε ευρωπαϊκές χώρες. Η στατιστική μελέτη χρησιμοποιεί δεδομένα από την περίοδο 2001-2010 και περιλαμβάνει κατατάξεις με βάση ορισμένα κριτήρια. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στην Ελλάδα και στα ποσοστά θανατηφόρων ή σοβαρών ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονται βαρέα φορτηγά οχήματα, ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι του Συστήματος Αντιμπλοκαρίσματος Τροχών.

## **DIPLOMA THESIS: HEAVY VEHICLE'S BRAKING SYSTEMS**

### **ABSTRACT**

In this diploma thesis the main subjects are braking systems focused on trucks in order to investigate the need of retrofit Anti-Lock brake systems on Heavy Goods Vehicles (HGVs). In Greece Anti-Lock brake systems were until recently mandated only on prime-movers and tank trailers carrying dangerous goods. According to the new Regulation, paragraph B2.2 of 9527/535/09 Instructions, ABS must be installed in all the trucks and coaches of vehicle's categories O, M and N, which is considered as retrofit installation of ABS.

The Vehicle's Laboratory within the School of Mechanical Engineering in National Technical University of Athens was assigned to prove both safety reasons and cost saving benefits of installing the Anti-Lock brake systems on HGVs. This diploma thesis was conducted in order to support that purpose and approach in detail each theme, addressed to pupils, students and anyone interested who wants to be enlightened. The assessment, classification and recording of technical information is modified in a descriptive way, so read along with the appropriate number of selected photos and diagrams used could be pleasant and interesting.

It consists of three main parts; the first is a literature study reviewing active and passive safety systems, crash tests and the Euro NCAP program. The second part is an analysis of vehicle's fundamental theories, braking and auxiliary systems, the emergence of ABS and its main components, configurations used, blind code diagnostics and Automatic Traction Control. Another issue demonstrated was stability considerations of HGV and both costs and benefits of fitting ABS. At this part, all auxiliary braking subsystems such as ESP, ASR, EDS, EBD, and MSR are presented, since their superior stabilizing effect provides improved active safety. The third part is an analysis of crash rates of road traffic accidents involving HGVs of over 3.5 tons maximum permissible gross vehicle weight in European Countries. The statistical study uses crash data from the period 2001 to 2010 and includes classifications based on certain criteria. Significant attention is being given to Greek national rates of fatal or severe crashes involving HGVs and depending on ABS existence or not.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 ΣΥΝΟΨΗ.....	9
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ .....	10
1.3 ΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	12
2. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ .....	13
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	13
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ .....	14
2.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ .....	17
2.3.1 Βασικά συστήματα ενεργητικής ασφάλειας.....	17
2.3.2 Συστήματα ενεργητικής ασφάλειας στα βαρέα οχήματα.....	18
2.3.3 Υπόλοιπα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας.....	19
2.4 ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ .....	20
2.4.1 Η ζώνη ασφαλείας.....	20
2.3.2 Το αμάξιωμα.....	21
2.4.3 Ο αερόσακος.....	22
2.4.4 Υπόλοιπα συστήματα παθητικής ασφάλειας.....	22
2.5 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ EURO NCAP (EUROPEAN NEW CAR ASSESSMENT PROGRAMME) .....	22
2.5 ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ .....	24
3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ .....	25
3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	25
3.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ .....	25
3.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ .....	28
3.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΘΕΩΡΙΕΣ .....	29
3.4.1 Δυνάμεις πέδησης.....	29
3.4.3 Σύστημα συντεταγμένων .....	31
3.4.2 Επίδραση των δυνάμεων του οχήματος προς την επιφάνεια του δρόμου.....	31
3.4.4 Επιδόσεις οχήματος κατά την πέδηση .....	32
3.4.5 Μέγιστη τιμή της δύναμης πέδησης .....	34
3.4.6 Μέγιστη επιβράδυνση του οχήματος .....	35
3.4.7 Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας της πέδησης.....	37
3.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ Η ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΠΕΔΗΣΗΣ.....	38
3.6 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΕΔΗΣΗΣ .....	38
3.7 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΔΗΣΗΣ .....	39
3.7.1 Γενικά στοιχεία.....	39
3.7.2 Διατάξεις συστημάτων μετάδοσης .....	40
3.8 ΒΑΣΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ .....	40
3.8.1 Ταμπούρα.....	40
3.8.2 Σερβομηχανισμός.....	42
3.8.3 Δισκόφρενα .....	44
3.8.4 Μετρητική βαλβίδα.....	46
3.9 ΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΕΔΗΣΗΣ .....	47
3.9.1 Γενικά στοιχεία.....	47
3.9.2 Μηχανικό σύστημα πέδησης .....	47
3.9.2.2 Χειρόφρενο .....	48
3.9.3 Υδραυλικό σύστημα πέδησης .....	49
3.9.4 Πνευματικό σύστημα πέδησης .....	55
3.9.5 Βοηθητικά συστήματα πέδησης .....	60
3.10 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....	63

4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΙΜΠΛΟΚΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ABS.....	64
4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	64
4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	67
4.2.1 Πρώιμο Σύστημα.....	67
4.2.2 Σύγχρονα Συστήματα.....	68
4.3 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ.....	70
4.4 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ABS.....	72
4.4.1 Αποτελεσματικότητα του συστήματος ABS.....	73
4.5 ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΒΑΡΕΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ Η ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΤΟΥ ABS.....	75
4.6 ΚΥΚΛΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ABS.....	78
4.7 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ABS.....	79
4.7.1 Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.....	79
4.7.2 Αισθητήρα ταχύτητας του τροχού και οδοντωτός δακτύλιος.....	81
4.7.3 Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα.....	83
4.8 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΟΣΦΥΣΗΣ (AUTOMATIC TRACTION CONTROL, ATC).....	89
4.9 ΕΥΡΟΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ.....	90
4.10 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΜΠΛΟΚΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΤΡΟΧΩΝ.....	91
4.11 ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ABS.....	96
4.11.1 Γενικά στοιχεία.....	96
4.11.2 Διαγνωστικοί Κωδικοί.....	97
4.11.3 Μηδενισμός διαγνωστικών κωδικών.....	100
4.12 ΕΚ ΤΩΝ ΥΣΤΕΡΩΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ABS.....	101
4.13 ΜΑΚΡΟΠΡΟΞΕΣΜΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ABS ΣΕ ΦΟΡΤΗΓΑ ΟΧΗΜΑΤΑ.....	102
4.13.1 Γενικά στοιχεία.....	102
4.13.2 Οικονομικό όφελος από την αποφυγή πρόσκρουσης.....	102
4.13.3 Οικονομικό όφελος από τη μειωμένη φθορά ελαστικών.....	103
4.13.4 Κόστος συντήρησης.....	103
4.13.4 Κόστος εγκατάστασης.....	103
5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΡΟΧΩΝ.....	104
5.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ (ELECTRONIC STABILITY PROGRAM=ESP).....	104
5.1.1 Ιστορική ανασκόπηση.....	104
5.1.2 Λειτουργία.....	105
5.1.3 Βασικά μέρη.....	107
5.1.4 Χρησιμότητα του ESP.....	108
5.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΕΠΕΙΓΟΥΣΑΣ ΠΕΔΗΣΗΣ EBA (EMERGENCY BRAKE ASSIST).....	108
5.2.1 Ιστορική ανασκόπηση.....	108
5.2.2 Λειτουργία.....	109
5.2.3 Βασικά μέρη.....	109
5.2.4 Χρησιμότητα του EBA.....	110
5.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΙΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ASR (ANTI-SLIP-REGULATION).....	111
5.3.1 Ιστορική ανασκόπηση.....	111
5.3.2 Λειτουργία.....	112
5.3.3 Βασικά μέρη.....	112
5.3.4 Χρησιμότητα του ASR /TCS.....	114
5.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΔΗΣΗΣ EBS (ELECTRONIC BRAKE SYSTEM).....	115
5.5 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΠΛΟΚΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΥ.....	115
5.5.1 Ιστορική ανασκόπηση.....	115
5.5.2 Λειτουργία.....	116
5.5.3 Βασικά μέρη.....	117
5.5.4 Χρησιμότητα του EDS /EDL.....	117
5.6 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΦΡΕΝΩΝ (EBV ή EBD).....	118
5.6.1 Ιστορική ανασκόπηση.....	118
5.6.2 Λειτουργία.....	118
5.6.3 Βασικά μέρη.....	118
5.6.4 Χρησιμότητα του EBV ή EBD.....	118
5.7 ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΡΟΠΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ (MSR).....	119
5.7.2 Λειτουργία.....	119
5.7.3 Βασικά μέρη.....	119
5.7.4 Χρησιμότητα του MSR.....	119

5.8 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ, ΕΛΕΓΧΟΣ, ΒΛΑΒΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ .....	119
6. ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ.....	120
6.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΕΜΠΛΕΚΟΝΤΑΙ ΦΟΡΤΗΓΑ.....	121
6.1.2 Θέση του ατόμου στο ατύχημα.....	124
6.1.3 Είδος δρόμου.....	125
6.1.4 Θάνατοι συναρτήσει της ηλικίας και του φύλου των επιβατών.....	126
6.1.5 Η πιο επικίνδυνη ημέρα της εβδομάδας.....	127
6.1.6 Η πιο επικίνδυνη εποχή του χρόνου .....	127
6.2 ΑΙΤΙΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ .....	128
6.3 ΤΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	131
6.4 ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ, ΑΡΜΟΔΙΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ .....	133
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	134
7.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΜΠΛΟΚΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΤΡΟΧΩΝ ΣΤΑ ΒΑΡΕΩΣ ΤΥΠΟΥ ΟΧΗΜΑΤΑ .....	134
7.2 ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΟΠΟΙΑ ΕΜΠΛΕΚΟΝΤΑΙ ΦΟΡΤΗΓΑ.....	134
7.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΈΡΕΥΝΑ .....	135
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	136
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	138
Α.1 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	138
Α.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	139
Α.3 ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	139
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	140
Β.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΙΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ .....	140
Β.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΟΧΗΜΑΤΑ, ΌΠΩΣ ΈΧΟΥΝ ΟΡΙΣΘΕΪ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	140
Β.3 ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ BLINK CODE DIAGNOSTICS .....	143
Β.4 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΜΠΛΟΚΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΤΡΟΧΩΝ .....	146
Β.5 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ EURO NCAP ΓΙΑ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ MERCEDES-BENZ GLA-CLASS 'URBAN' .....	148





## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Σύνοψη

Στο **κεφάλαιο 1** γίνεται συνοπτική παρουσίαση της ιστορικής εξέλιξης της συμπεριφοράς των οχημάτων, η οποία συντέλεσε στη βελτίωση της δυναμικής του συμπεριφοράς και εντέλει στην ανάπτυξη της ενεργητικής του ασφάλειας. Ακολουθεί η εμφάνιση του αυτοκινήτου στον ελλαδικό χώρο και η εξάπλωσή του ως σύγχρονο μέσο μεταφοράς.

Στο **κεφάλαιο 2** αναπτύσσονται τόσο η ενεργητική όσο και η παθητική ασφάλεια που παρέχουν τα σύγχρονα οχήματα. Αναφέρονται τα βασικά συστήματα ενεργητικής ασφάλειας που αφορούν την ολίσθηση των τροχών, τα οποία θα αναπτυχθούν εκτενέστερα στο κεφάλαιο 5 ενώ παρουσιάζονται συστήματα ενεργητικής ασφάλειας που τοποθετούνται στα φορτηγά βαρέως τύπου. Η ανάγκη αξιολόγησης των οχημάτων σε δοκιμές πρόσκρουσης δημιούργησε το πρόγραμμα Euro NCAP, το οποίο επίσης παρουσιάζεται στο κεφάλαιο αυτό.

Στο **κεφάλαιο 3** παρουσιάζονται τα βασικά και βοηθητικά συστήματα πέδησης καθώς και οι βοηθητικοί μηχανισμοί που τα συνοδεύουν. Αρχικά γίνεται αναφορά στην ιστορική ανασκόπηση των συστημάτων επιβράδυνσης των οχημάτων καθώς και των σύγχρονων τάσεων. Ακολουθούν βασικές θεωρητικές γνώσεις και παράμετροι που πλαισιώνουν το φαινόμενο της πέδησης.

Στο **κεφάλαιο 4** αναλύεται το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών (ABS), η χρησιμότητά του και οι ενδεχόμενες βλάβες. Γίνεται επίσης εκτενής αναφορά στα ζητήματα ευστάθειας βαρέων οχημάτων και τον τρόπο που το ABS μπορεί να επέμβει, επαναφέροντας την ευστάθεια του οχήματος. Παρουσιάζονται τα στοιχεία της εκ των υστέρων τοποθέτησης του συστήματος, που συγκεντρώθηκαν από τους αντιπροσώπους των κατασκευαστριών εταιρειών. Ακολουθεί συνοπτική παρουσίαση του μακροπρόθεσμου οικονομικού οφέλους από την τοποθέτηση του εν λόγω συστήματος στον τράκτορα ενός φορτηγού.

Στο **κεφάλαιο 5** γίνεται παρουσίαση των σύγχρονων συστημάτων ελέγχου ολίσθησης τροχών, της συντήρησης και των προβλημάτων που ενδέχεται να προκύψουν. Για κάθε σύστημα ακολουθεί η ιστορική εξέλιξη, η λειτουργία, τα βασικά του μέρη καθώς και η χρησιμότητά του στο σύνολο της ενεργητικής ασφάλειας ενός οχήματος.

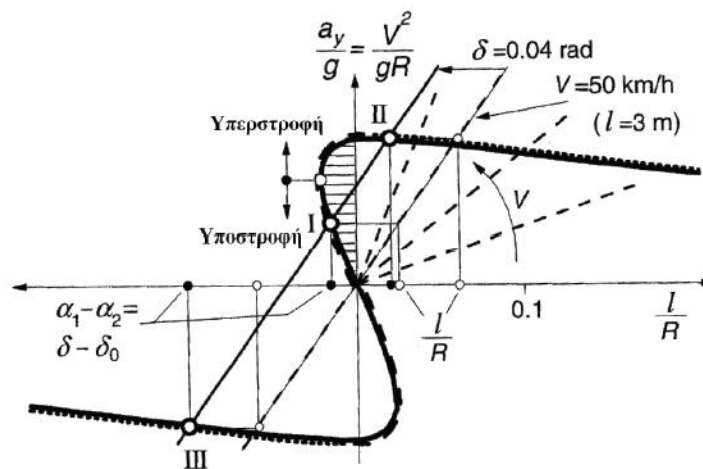
Στο **κεφάλαιο 6** αναλύονται στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονται οχήματα βαρέως τύπου, φορτηγά και λεωφορεία από το 2001 έως το 2010 στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με σκοπό να γίνει κατανοητή η επιτακτική ανάγκη βελτίωσης των συστημάτων πέδησης των φορτηγών οχημάτων. Ακολουθεί ανάλυση των τροχαίων ατυχημάτων στον Ελλαδικό χώρο για τα έτη 2009 και 2010, με βάση την ύπαρξη ή μη του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος τροχών και των επιπτώσεων για τους εμπλεκόμενους οδηγούς.

Στο **κεφάλαιο 7** παρατίθενται τα συμπεράσματα από το σύνολο της εργασίας, αφενός για τα συστήματα πέδησης και αφετέρου για τον απολογισμό των ατυχημάτων που εμπλέκονται βαρέα οχήματα. Τέλος, προτείνονται ζητήματα που χρήζουν διερεύνησης και θα μπορούσαν να αποτελέσουν θέματα για μελλοντική εργασία.

Τέλος, καταγράφεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε ενώ στα παραρτήματα ενσωματώνονται η ταξινόμηση των οχημάτων και οι κανονισμοί που αφορούν στα συστήματα πέδησης, όπως έχουν ορισθεί από την Ελληνική Νομοθεσία, η ολοκληρωμένη παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

## 1.2 Ιστορική ανασκόπηση της συμπεριφοράς οχημάτων

Η μελέτη της συμπεριφοράς των οχημάτων αποτελεί ένα σχετικά πρόσφατο ερευνητικό πεδίο. Αν και οχήματα κατασκευάζονταν από τα τέλη του 1800 καμία ουσιαστική έρευνα δεν είχε γίνει στο χώρο και η συνήθης τακτική σχεδιασμού ήταν εμπειρική. Στις αρχές του 20ου αιώνα το κύριο μέλημα των κατασκευαστών μηχανικών ήταν ο σχεδιασμός αναρτήσεων ικανών να διατηρούν συνεχώς τα ελαστικά σε επαφή με το οδόστρωμα. Παρόλο που η υποτυπώδης στατική και δυναμική ανάλυση των πρώτων οχημάτων ήταν απαραίτητη υπήρχε ένα μεγάλο γνωστικό κενό. Το πρώτο γενικότερο μοντέλο παρουσιάστηκε από τον H. B. Pacejka το 1958 με στόχο τη μελέτη οχήματος σε στροφή ενώ κινείται σε ομαλό επίπεδο δρόμο. Το 1971 σύγκρινε πλήθος αριθμητικών μοντέλων συμπεριφοράς ελαστικών και ανέλυσε πειραματικές διατάξεις με τις οποίες μπορούν να μετρηθούν και να επαληθευτούν οι ιδιότητες τους. Το 1973 μελέτησε τη συμπεριφορά οχήματος σε στροφή σταθερής ακτίνας καμπυλότητας και με σταθερή ταχύτητα, χρησιμοποιώντας το “μοντέλο ενός ίχνους”<sup>1</sup>. Στην εργασία του αυτή παρουσίασε για πρώτη φορά καμπύλες συμπεριφοράς οχήματος (handling curve) με μη γραμμική συμπεριφορά ελαστικών.



Διάγραμμα 1 Συμπεριφορά οχήματος με μη γραμμική συμπεριφορά ελαστικών

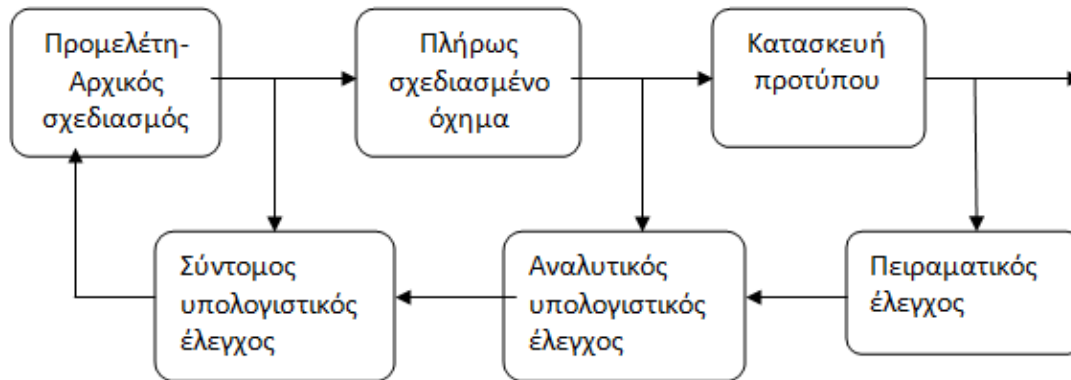
Αμέσως μετά την εμπορευματοποίηση των οχημάτων, η αυτοκινητοβιομηχανία ανέπτυξε κατάλληλα συστήματα με στόχο τη μείωση των ατυχημάτων. Στα πλαίσια της προσπάθειας, δημιουργήθηκε η ανάγκη ανάλυσης της δυναμικής του οχήματος, ώστε να βελτιωθεί μετέπειτα η δυναμική συμπεριφορά του και εντέλει να αυξηθεί η ενεργητική ασφάλεια των τροχοφόρων οχημάτων. Το αυτοκίνητο, στη σύγχρονη μορφή του, δηλαδή με ελαστικοφόρους τροχούς και ενσωματωμένη πηγή ισχύος, παρουσιάζει μία ιστορία μεγαλύτερη των εκατό ετών. Παρ' όλα αυτά η πρώτη μελέτη σχετικά με την απόκριση ενός αυτοκινήτου στην αλλαγή της γωνίας διεύθυνσης των τροχών, έλαβε χώρα μόλις το 1956 από τον Leonard Segel<sup>2</sup>. Θεωρήθηκε από πολλούς ως ο θεμελιωτής της θεωρητικής μελέτης της δυναμικής συμπεριφοράς του αυτοκινήτου. Τα πρώτα θεωρητικά μοντέλα χρησιμοποιούσαν γραμμικές σχέσεις και προέβλεπαν τη συμπεριφορά του οχήματος στο γραμμικό εύρος της δυναμικής συμπεριφοράς (για επιταχύνσεις μέχρι 0.3 – 0.4g). Ο υπολογισμός των δυνάμεων των ελαστικοφόρων τροχών ήταν τροχοπέδη στην ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων, τα οποία θα προσομοίωναν τη συμπεριφορά του οχήματος σε όλο το εύρος λειτουργίας του. Οι δυνάμεις που εντοπίζονται μεταξύ των ελαστικοφόρων τροχών και του οδοστρώματος είναι έντονα μη γραμμικές, γεγονός που οφείλεται στη φύση της δύναμης τριβής αλλά και στη βισκοελαστική συμπεριφορά του ελαστικού όταν παραμορφώνεται υπό την επίδραση των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό. Η ραγδαία εξέλιξη στην ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων για την περιγραφή της συμπεριφοράς του οχήματος πυροδοτήθηκε με την εμφάνιση των υπολογιστών. Η επίλυση εξισώσεων με τη χρήση περισσότερων βαθμών ελευθερίας και η επίλυση μη γραμμικών σχέσεων για τον υπολογισμό των δυνάμεων, ήταν πλέον εφικτή με τη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Με την πρόοδο της τεχνολογίας, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έχουν αναπτυχθεί προγράμματα που επιτρέπουν την πλήρη προσομοίωση της

<sup>1</sup> Αναπτύχθηκε από τον D. W. Whitcomb (1956).

<sup>2</sup> 'Theoretical prediction and experimental sustention of the responses of the automobile to steering control'(1956).

συμπεριφοράς του οχήματος. Η μοντελοποίηση δεν αφορά μόνο το όχημα σαν σύνολο, αλλά και τη διασύνδεση των μερών, όπως ο κινητήρας, το κιβώτιο ταχυτήτων, τα συστήματα πέδησης, οι αναρτήσεις και τα ελαστικά.

Ο έλεγχος της συμπεριφοράς του οχήματος μπορεί να είναι είτε υπολογιστικός είτε πειραματικός. Ο πειραματικός έλεγχος είναι ο πιο ασφαλής αλλά και ο περισσότερο δαπανηρός και χρονοβόρος καθώς απαιτεί την κατασκευή προτύπου. Ο υπολογιστικός έλεγχος από την άλλη αποτελεί σχετικά εύκολη και ταχεία διαδικασία με βασικό μειονέκτημα τη μειωμένη ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Η πιο συνηθισμένη επιλογή είναι η χρήση υπολογιστικών διαδικασιών κατά το στάδιο της προμελέτης και του επανασχεδιασμού και ο πειραματικός έλεγχος του προτύπου στο τέλος του κύκλου επανασχεδιασμών όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα.



Τέλος ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην παρατήρηση της συμπεριφοράς των αυτοκινήτων στις συγκρούσεις έχουν οι δοκιμές πρόσκρουσης. Με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών σήμερα, οι κατασκευαστές είναι σε θέση να πραγματοποιούν χιλιάδες εικονικές συγκρούσεις και να δίνουν κατάλληλες προδιαγραφές στα πρωτότυπα, που θα δοκιμαστούν στη διάρκεια της εξέλιξης ενός μοντέλου. Έτσι γίνεται εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος. Φυσικά δοκιμές πρόσκρουσης γίνονται και στα έτοιμα προς παραγωγή μοντέλα, ενώ crash tests σε αυτοκίνητα παραγωγής πραγματοποιούν και ανεξάρτητοι οργανισμοί, όπως ο Euro NCAP, βαθμολογώντας το κάθε όχημα ξεχωριστά.

### **1.3 Το αυτοκίνητο στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα το πρώτο αυτοκίνητο κυκλοφόρησε το έτος 1896 και ήταν ένα τρίκυκλο Peugeot που «εκινείτο χωρίς άλογα» όπως χαρακτηριστικά έγραψε ο τύπος της εποχής. Η λέξη αυτοκίνητο, προήλθε από την αντωνυμία «αυτό», η οποία δημιουργήθηκε από το «αυ», ενώ με την προσθήκη του ρήματος «κινέω» πλάστηκε το αρχαίο επίθετο “αυτοκίνητος” αυτός που κινείται από μόνος του. Οι Γάλλοι πήραν το επίθετο «αυτοκίνητος», κράτησαν το πρώτο συνθετικό αυτο, πρόσθεσαν τη δική τους λέξη για την κίνηση για την κίνηση mobile και έφτιαξαν νέα την autobobile (στομομπίλ). Οι Έλληνες λόγιοι του 18ου αιώνα, πήραν τη Γαλλική λέξη και την μετέφεραν στα ελληνικά σαν «αυτό-κινήτο». Την ίδια εποχή είχαν γίνει και άλλες απόπειρες να χρησιμοποιηθούν και άλλες «πιο ελληνοπρεπείς λέξεις». Από το 1870 ο Γρηγόριος Χαντσερής είχε προτείνει τη λέξη «μηχανοκίνητος» όπου και καθιερώθηκε για όλα τα οχήματα που κινούνται με μηχανή και ο Ιωάννης – Ισίδωρος Σκυλίσσης από το 1845 από το «ιππήλατο» είχε πλάσει τη λέξη “ποδήλατο” και άλλοι είχαν προτείνει το «μηχανήλατο», ενώ το 1891 η εφημερίδα «Εφημερίς», είχε προτείνει αυτός που το οδηγεί να ονομάζεται «μηχανηλάτης».

Τα πρώτα επιβατηγά αυτοκίνητα τα είχαν οι τότε Βασιλείς και οι πλούσιοι της εποχής. Άλλωστε και η Εφημερίδα “ΑΚΡΟΠΟΛΙΣ” το 1907, χαρακτήριζε τους πλούσιους της εποχής που είχαν αυτοκίνητο σαν “Πρίγκιπες του πλούτου”. Οι μεταφορές με τα μέσα μεταφοράς, τα πρώτα «Πολυφορεία» ή «Λαωφορεία» όπως τα αποκαλούσαν, εμφανίστηκαν στους χωματόδρομους της Αθήνας το έτος 1835, έτσι οι δρόμοι στους οποίους κυκλοφορούσαν ονομάστηκαν «Λεωφόροι». Το έτος 1880, ιδρύθηκε η πρώτη μεταφορική Εταιρεία από Έλληνες επιχειρηματίες για την συγκοινωνία με «πολυφορεία» και από τότε ονομάστηκαν «λεωφορεία». Μετά τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο και τους Βαλκανικούς πολέμους, μεγάλη ώθηση έδωσε η ίδρυση του Υπουργείου Συγκοινωνίας με τον ιδρυτικό του Ν. 276 το έτος 1914. Μέχρι τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο η συγκοινωνία γινότανε, εκτός από τα Λεωφορεία, με φορτηγά αυτοκίνητα κατάλληλα διασκευασμένα και κυρίως με το σιδηρόδρομο καθώς και με την ακτοπλοϊκή συγκοινωνία, που λειτουργούσε εκτός από τα νησιά και για την Ηπειρωτική Ελλάδα. Μετά το Β΄ Π.Π., όσα λεωφορεία υπήρχαν είχαν καταστραφεί, γι’ αυτό η συγκοινωνία γινόταν με συμμαχικά φορτηγά που είχαν εγκαταλειφθεί ή είχαν δωρίσει οι Σύμμαχοι.

Σήμερα ο μέσος Έλληνας είναι πλέον ιδιοκτήτης όχι μόνο ενός αυτοκινήτου αλλά και περισσότερων που δεν μπορεί πλέον να τα σταθμεύσει στις αστικές περιοχές, επιθυμεί καλύτερες οδικές υποδομές, παράλληλα όμως, αρχίζει να συνειδητοποιεί ότι απαιτούνται διοικητικά μέτρα για τον περιορισμό της χρήσης των αυτοκινήτων στις πόλεις και δηλώνει έτοιμος να επιβαρυνθεί πρόσθετο κόστος για λιγότερο ρυπογόνα αυτοκίνητα και καλύτερη προστασία του περιβάλλοντος.

Σε γενικές γραμμές η εικόνα που παρατηρείτε από τα αποτελέσματα της δημοσκόπησης «Ευρωβαρόμετρο» σχετικά με τη συμπεριφορά των Ευρωπαίων σε ότι αφορά τις οδικές μεταφορές, τα οποία δόθηκαν πρόσφατα στη δημοσιότητα στις Βρυξέλλες είναι η ακόλουθη. Σύμφωνα με το «Ευρωβαρόμετρο», το 86% των οικογενειών στην Ελλάδα έχει τουλάχιστον ένα επιβατικό αυτοκίνητο ιδιωτικής χρήσης. Επίσης το 49% των Ελλήνων δηλώνει ότι οδηγεί προσωπικά το αυτοκίνητο, ενώ το 35% δηλώνει ότι υπάρχει αυτοκίνητο στην οικογένειά του αλλά δεν είναι οι ίδιοι προσωπικά οι οδηγοί. Σε ότι αφορά τον τρόπο μετακίνησης των Ελλήνων το 48% δηλώνει ότι χρησιμοποιεί το αυτοκίνητό του, το 26% τα μέσα μαζικής μεταφοράς και το 23% δηλώνει ότι είτε περπατάει είτε πως χρησιμοποιεί ποδήλατο.

## 2. Ασφάλεια Οχημάτων

### 2.1 Γενικά στοιχεία

Η ασφαλής οδική συμπεριφορά των οχημάτων είναι απαραίτητη, κυρίως λόγω του έργου που επιτελούν, της ζημίας που μπορεί να προκαλέσουν, και της υψηλής αξίας τους. Τα λεωφορεία, καθώς και τα οχήματα μεταφοράς επικίνδυνων εμπορευμάτων πρέπει να πληρούν ακόμη αυστηρότερες προδιαγραφές ασφαλείας. Τον πιο ουσιαστικό ρόλο στην ασφάλεια έχει ο ίδιος ο οδηγός του οχήματος. Εξειδικευμένη, συνεχής, βελτιωμένη και πιστοποιημένη εκπαίδευση του οδηγού είναι προϋπόθεση της ασφαλούς οδήγησης. Επικουρικά στοιχεία του οχήματος, με εργονομικά σχεδιασμένο χώρο, καθίσματα και κλιματισμό επιτρέπουν στον οδηγό να εκτελέσει πιο άνετα το έργο του.

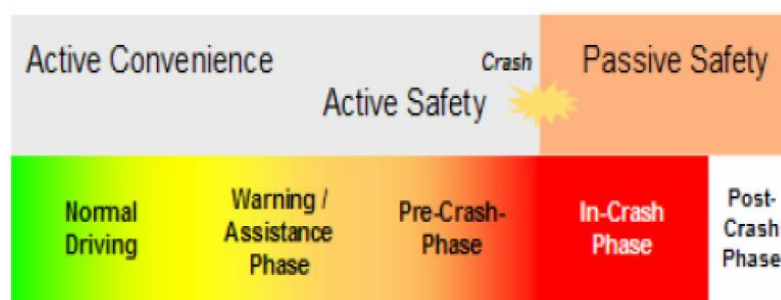
Τα συστήματα ασφαλείας διακρίνονται σε συστήματα:

1. ενεργητικής ασφαλείας
2. παθητικής ασφαλείας

Τα συστήματα ενεργητικής ασφαλείας είναι αυτά που παρέχουν τη δυνατότητα στον οδηγό του αυτοκινήτου να κατευθύνει και να ελέγχει τη πορεία του στο δρόμο, αποφεύγοντας τις συγκρούσεις. Κάποια από τα συστήματα ενεργητικής ασφαλείας είναι το Σύστημα Αντιμπλοκαρίσματος Τροχών, ο Ηλεκτρονικός έλεγχος του διαφορικού και Ηλεκτρονικό σταθεροποιητικό σύστημα δυναμικής κίνησης αυτοκινήτου ESP.

Αντίθετα τα συστήματα παθητικής ασφαλείας είναι εκείνα που σε περίπτωση σύγκρουσης του οχήματος, προστατεύουν τον οδηγό και τους υπόλοιπους επιβάτες από τραυματισμούς. Τέτοια συστήματα σε ένα όχημα είναι: Οι ζώνες ασφαλείας, οι προεντατήρες των ζωνών ασφαλείας, τα βυθιζόμενα καθίσματα, οι αερόσακοι οδηγού και συνοδηγού και οι πλευρικοί αερόσακοι.

Τα επαγγελματικά οχήματα εφοδιάζονται με τεχνικές διατάξεις, που επεμβαίνουν στην οδική συμπεριφορά του οχήματος και με την ενεργοποίησή τους προσπαθούν να αποτρέψουν ατυχήματα. Οι τεχνικές αυτές διατάξεις αποτελούνται από ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου (ECU), αισθητήρες (sensors) και ενεργοποιητές (actuators) και συνδέονται μεταξύ τους μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας CAN (Controller Area Network).



Εικόνα 1 Φάσεις ενός ατυχήματος

## 2.2 Ιστορική ανασκόπηση

Το πρώτο μοιραίο περιστατικό μηχανοκίνητων οχημάτων έγινε το 1889 στην πόλη της Νέας Υόρκης. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην γέννηση ενός νέου πεδίου μελέτης, αυτό της αυτοκίνητης ασφάλειας. Κατά τη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα, η ασφάλεια επιβατών έγινε ένας σημαντικός στόχος σχεδίου μεταξύ όλων των κριτηρίων απόδοσης των οχημάτων επίγειων μεταφορών. Οι κατασκευαστές αντιλήφθηκαν αρχικά την ανάγκη προστασίας των επιβατών προτού το αυτοκίνητο μετατραπεί σε βασικό μέσο μεταφοράς. Υπάρχουν τρεις ευδιάκριτες περίοδοι στην ιστορία ανάπτυξης της αυτοκίνητης ασφάλειας.

Μια πρόωρη περίοδος για την αυτοκίνητη ασφάλεια ξεκίνησε από την αρχή του προηγούμενου αιώνα έως το 1935, καθώς ήταν μια περίοδος γένεσης, ανάπτυξης και εξέλιξης στην κατανόηση της εξαιρετικά σύνθετης διαδικασίας των συγκρούσεων οχημάτων. Αυτή η περίοδος εστίασε σε βασικές βελτιώσεις όπως η μείωση του σκασίματος των ελαστικών για αποφυγή της απώλειας ελέγχου του οχήματος, ενσωμάτωση προβολέων για μεγαλύτερη ευκρίνεια τη νύχτα, τοποθέτηση στρώματος από γυαλί για μείωση των εκδορών του προσώπου και υιοθέτηση μιας ατσάλινης δομής όλου του οχήματος για την καλύτερη προστασία επιβατών. Επιπλέον, οι πρώτες πραγματικού μεγέθους δοκιμές πρόσκρουσης πραγματοποιήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '30. Αυτές οι δοκιμές περιέλαβαν προσομοιώσεις ανατροπής και σύγκρουσης οχήματος-εμποδίου. Οι στατιστικοί υπολόγισαν ότι το ποσοστό μοιραίου περιστατικού το 1935 ήταν περίπου 17 ανά 100 εκατομμύρια μίλια που διανύθηκαν από οχήματα.

Η δεύτερη περίοδος από το 1936 ως το 1965 ήταν μια ενδιάμεση περίοδος ασφάλειας. Νωρίς σε αυτήν την περίοδο, οι κατασκευαστές οχημάτων εισήγαγαν πολλές συσκευές αποφυγής συντριβής συμπεριλαμβανομένων των σημάτων στροφής, των διπλών τζαμιών, των βελτιωμένων προβολέων, δοκιμής για να προσομοιωθεί η πρόσκρουση κεφαλιού στο πίνακα οργάνων, και του υψηλής ανθεκτικότητας γυαλιού παρμπρίζ. Επιπλέον, η General Motors διεύθυνε την πρώτη μετωπική δοκιμή πρόσκρουσης αυτοκινήτου με εμπόδιο, προωθώντας ένα όχημα σε έναν τοίχο. Αυτές οι πρόωρες δοκιμές ήταν αρκετά στοιχειώδεις σε σχέση με τα σημερινά πρότυπα. Ούτε τα ομοιώματα ούτε η ηλεκτρονική οργάνωση δεν αναπτύχθηκαν αρκετά για τη χρήση στη δοκιμή συντριβής. Η αξιολόγηση της δομικής απόδοσης οχημάτων βασίστηκε στις παρατηρήσεις του συντριμμένου οχήματος. Ίσως η σημαντικότερη συσκευή ασφάλειας εκείνης της εποχής ήταν η εισαγωγή των ζωνών ασφαλείας ως επιπρόσθετη επιλογή το 1956.

Η τρίτη περίοδος αρχίζει το 1966, όταν υπέγραψε ο Πρόεδρος Lyndon Johnson το νόμο ασφάλειας εθνικών οδών, και ενέκρινε τη δημιουργία της εθνικής διοίκησης ασφάλειας κυκλοφορίας εθνικών οδών (NHTSA). Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, πολλά υποχρεωτικά πρότυπα ασφάλειας, γνωστά ως ομοσπονδιακά πρότυπα ασφάλειας μηχανοκίνητων οχημάτων (FMVSS), εισήχθησαν. Αυτά τα πρότυπα ρυθμίζουν διάφορες πτυχές της αξιολόγησης αποτελεσμάτων εσκεμμένης σύγκρουσης οχημάτων και της αποφυγής συντριβής. Οι βελτιώσεις ασφάλειας οχημάτων κατά τη διάρκεια των προηγούμενων επτά δεκαετιών έχουν εστιάσει στην τεχνολογία αποφυγής συντριβής, τη δομική αξιολόγηση αποτελεσμάτων εσκεμμένης σύγκρουσης, και τις συσκευές προστασίας κατόχων. Το ποσοστό μοιραίων περιστατικών το 1996 ήταν περίπου 1,6 ανά 100 εκατομμύρια μίλια που ταξίδεψαν. Παρά τις συνεχείς πτώσεις στο ποσοστό μοιραίων περιστατικών, οι στατιστικές των τραυματισμών στις εθνικές οδούς και οι θάνατοι παραμένουν παραπαίοντες. Το 1994, το εθνικό Συμβούλιο ασφάλειας υπολόγισε ότι 20 εκατομμύρια συντριβές οχημάτων πραγματοποιήθηκαν στους δρόμους στις Ηνωμένες Πολιτείες, με συνέπεια 43.000 μοιραία περιστατικά και 2,1 εκατομμύριο τραυματισμούς που απαιτούν την εισαγωγή σε νοσοκομείο. Από μια προοπτική δημόσιας υγείας, οι συντριβές μηχανοκίνητων οχημάτων είναι η τέταρτη κύρια αιτία του θανάτου μετά από τις καρδιακές παθήσεις, τον καρκίνο και το εγκεφαλικό.

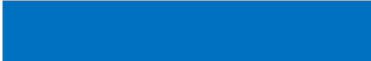




Σήμερα, οι προσπάθειες για μεγαλύτερη ασφάλεια στις μεταφορές εστιάζουν στην αξιολόγηση αποτελεσμάτων εσκεμμένης σύγκρουσης, την αποφυγή συντριβής, την απόδοση οδηγών, και την κατασκευή εθνικών οδών. Κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας οι κατασκευαστές οχημάτων έχουν προσθέσει πολλά χαρακτηριστικά γνωρίσματα για να βοηθήσουν τον οδηγό να αποφύγει μια


συντριβή, όπως τα αντιμπλοκαριστικά συστήματα, οι συσκευές αντιολίσθησης και οι πρωινής λειτουργίας λαμπτήρες. Τα οχήματα περιλαμβάνουν επίσης πολλά νέα χαρακτηριστικά γνωρίσματα όπως τα άκαμπτα τμήματα της καμπίνας που περιβάλλονται από τμήματα ενεργειακής απορρόφησης, τοποθετημένα σε κατάλληλα σημεία. Επιπλέον, τα οχήματα είναι εξοπλισμένα με μια εντυπωσιακή σειρά συστημάτων περιορισμού όπως οι μπάρες ενεργειακής απορρόφησης, οι ζώνες τριών σημείων, οι μπροστινοί και πλευρικοί αερόσακοι και οι επικεφαλής περιορισμοί για να μειώσουν τον κίνδυνο τραυματισμού. Οι μηχανικοί ασφάλειας σχεδιάζουν και κατασκευάζουν τη δομή των οχημάτων για να αντισταθμίσουν τα στατικά και δυναμικά φορτία που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των οχημάτων. Οι εξωτερικές μορφές παρέχουν το χαμηλό αεροδυναμικό συντελεστή. Το εσωτερικό παρέχει τον επαρκή χώρο για να φιλοξενήσει άνετα τους επιβάτες. Η δομή των οχημάτων μαζί με την ανάρτηση σχεδιάζεται για να ελαχιστοποιήσει τις ταλαντώσεις και την αεροδυναμική μεταφορά θορύβου στους κατόχους. Επιπλέον, η δομή οχημάτων σχεδιάζεται για να διατηρήσει την ακεραιότητά της και να παρέχει την επαρκή προστασία στις επιβιώσιμες συντριβές. Η αυτοκινητική δομή έχει εξελιχθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων δέκα δεκαετιών για να ικανοποιήσει τις καταναλωτικές ανάγκες. Ο χάλυβας, το υλικό που χρησιμοποιήθηκε χαρακτηριστικά στις δομές οχημάτων, επέτρεψε την οικονομική μαζική παραγωγή εκατομμυρίων μονάδων κατά τη διάρκεια των προηγούμενων οκτώ δεκαετιών. Οι βασικές προϋποθέσεις για τα υλικά κατασκευής οχημάτων περιλαμβάνουν την καλή διαμόρφωση, την αντίσταση διάβρωσης καθώς και την ανακυκλωσιμότητα. Τα υλικά κατασκευής πρέπει επίσης να παρουσιάζουν ικανοποιητική δύναμη και ελεγχόμενες παραμορφώσεις κάτω από το φορτίο για να απορροφήσουν την ενέργεια συντριβής, ενώ παράλληλα να διατηρούν ικανοποιητικό χώρο για την επαρκή προστασία των επιβατών κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης. Επιπλέον, η δομή πρέπει να είναι ελαφριά για να μειώσει την κατανάλωση καυσίμου. Η πλειοψηφία των μαζικά παραγμένων οχημάτων κατά τη διάρκεια των τελευταίων έξι δεκαετιών κατασκευάστηκε από τυποποιημένα τμήματα χάλυβα. Οι κατασκευαστές χτίζουν μόνο μερικά περιορισμένα οχήματα παραγωγής και ειδικότητας από σύνθετα υλικά ή αλουμίνιο. Ιστορικά, οι εκτιμήσεις προσδιορισμού και συσκευασίας οδήγησαν στο σχεδιασμό της δομής των οχημάτων, ενώ το τελικό σχέδιο ήταν το προϊόν μιας μακροχρόνιας εξέλιξης που καθοδηγήθηκε πρώτιστα από τη δοκιμή, που υποστηρίχθηκε από την απλή γραμμική δύναμη των υλικών μεθόδων. Με τις προόδους στο υλικό και το λογισμικό υπολογιστών, διάφορες αναλυτικές ικανότητες σχεδίου εξελίχθηκαν, παρέχοντας στους μηχανικούς ποικίλα εργαλεία για να σχεδιάσουν τις σύγχρονες δομές οχημάτων που μπορούν να ικανοποιήσουν τις αυξανόμενες απαιτήσεις πελατών για καλύτερη απόδοση σε περίπτωση σύγκρουσης, για πιο απολαυστική οδήγηση και αξιοπιστία. Αυτά τα εργαλεία περιλαμβάνουν τα ακτινικά πρότυπα στοιχείων, τα υβριδικά πρότυπα και τα πεπερασμένα πρότυπα στοιχείων. Αν και αυτά τα εργαλεία ποικίλλουν στην πολυπλοκότητα, καθένα είναι βασισμένο στις δομικές αρχές της μηχανικής που απαιτούν τη διατήρηση της μάζας, της ορμής και της ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια, βιομηχανία κατασκευής οχημάτων έχει βιώσει τη μέγιστη δυνατή απαίτηση από τους πελάτες, τους ρυθμιστές, και τα μέσα για να παρέχει ασφαλέστερα οχήματα. Αυτό μεταφράζεται σε καλύτερη αντοχή της δομής των οχημάτων και σε πιο αποτελεσματικά συστήματα περιορισμού. Τα παραδείγματα είναι: Ομοσπονδιακά πρότυπα ασφάλειας μηχανοκίνητων οχημάτων (FMVSS), νέα δοκιμή προγράμματος αξιολόγησης των αυτοκινήτων (NCAP), ασφαλιστικό ίδρυμα για τις δοκιμές ασφάλειας εθνικών οδών (IIHS), δοκιμή συμβατότητας, και δοκιμή για διασφάλιση της προστασίας των παιδιών και των μικρόσωμων ενήλικων επιβατών. Επιπλέον, ο ανταγωνισμός στη βιομηχανία για να χτίσει προϊόντα υψηλής ποιότητας μέσα στους σύντομους κύκλους σχεδιασμού οδηγεί στη χρήση αναλυτικών εργαλείων και αντικαθιστά τη δοκιμή εκτός από όταν είναι απαραίτητο απολύτως. Αυτή η δραματική αλλαγή στο δομικό σχεδιασμό οχημάτων, ειδικά στη συντριβή, επισημαίνει την ανάγκη για εργαλεία σχεδιασμού που θα είναι αποτελεσματικά στην ανάλυση των φαινομένων συντριβής.



Μια γενική επισκόπηση για τη βαθμολόγηση των αστεριών ασφαλείας με βάση το NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration):

	Κάτω από 10%	*****
	10-19%	****
	20-34%	***
	35-45%	**
	Πάνω από 45%	*

	Μετωπική Σύγκρουση (NHTSA)	
	Οδηγός	Επιβάτης
	****	****
Κριτήριο τραυματισμού (HIC)	847	670
Επιβράδυνση ταχύτητας στήθους	46	47
Φορτίο μηρού	538/664	696/699

Εικόνα 2 Πιθανότητα θανάσιμου τραυματισμού

## 2.3 Ενεργητική Ασφάλεια

Στα σύγχρονα οχήματα οι κατασκευαστές έχουν εφαρμόσει πολλά συστήματα για τον έλεγχο των τροχών και την κατεύθυνση του οχήματος σε δύσκολες καταστάσεις οδήγησης και πανικού. Τα συστήματα αυτά ανήκουν στα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας και στην εξέλιξή τους βοήθησε σημαντικά η εφαρμογή της ηλεκτρονικής στα οχήματα. Τα συστήματα αυτά αξιοποιούν τα εξαρτήματα καθώς και τους μηχανισμούς πέδησης και του συστήματος ABS, για να φρενάρουν περισσότερο ή λιγότερο μία ή δύο ρόδες, στον ίδιο ή σε διαφορετικό άξονα. Με τον τρόπο αυτό ελέγχεται η ασφαλής κίνηση του οχήματος, χωρίς την παρουσία φαινομένων ολίσθησης των τροχών λόγω διαφορετικής ταχύτητας (σπινάρισμα) ή λόγω υποστροφής ή υπερστροφής. Επιπλέον κάποια συστήματα χρησιμοποιούν και τους μηχανισμούς της ηλεκτρονικής διαχείρισης του κινητήρα, ώστε να υπολογίζουν και να ελέγχουν την ιδανική ροπή κινητήρα που πρέπει να εφαρμόζεται στους τροχούς σε καταστάσεις ολίσθησής τους.

Οι κατασκευαστές έχουν δώσει διάφορες ονομασίες και γι' αυτό συμβαίνει συστήματα που έχουν την ίδια λειτουργία, να έχουν παρεμφερή ή διαφορετική ονομασία από όχημα σε όχημα. Η ονομασία αυτή δηλώνεται με τα αρχικά γράμματα περιγραφής του συστήματος, όπως ASR (Antriebs Schlupf Regeleung) ή TCS (Traction Control System) ή ASC (Acceleration Skid Control). Και οι τρεις αυτές ονομασίες αναφέρονται στο ίδιο σύστημα που ελέγχει την ολίσθηση των τροχών κατά την εκκίνηση ή την επιτάχυνση του οχήματος.

### 2.3.1 Βασικά συστήματα ενεργητικής ασφάλειας

Στη συνέχεια αναφέρονται περιληπτικά τα βασικά συστήματα ενεργητικής ασφάλειας, τα οποία συσχετίζονται με την υποβοήθηση της πέδησης:

1. Ηλεκτρονικός έλεγχος (μπλοκάρισμα) του διαφορικού EDS ή EDL.

Το σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου μπλοκαρίσματος των τροχών EDS ή EDL χρησιμοποιεί τις πληροφορίες που παίρνει από τους αισθητήρες του συστήματος ABS και ελέγχει την ταχύτητα περιστροφής των κινητήριων τροχών, φρενάροντας αυτόν που περιστρέφεται με μεγαλύτερη ταχύτητα.

2. Ηλεκτρονικό σταθεροποιητικό σύστημα δυναμικής κίνησης αυτοκινήτου ESP ή ESBS.

Το ηλεκτρονικό σταθεροποιητικό σύστημα δυναμικής κίνησης αυτοκινήτου (ESP, ESBS, FDR, ή DSC) εξασφαλίζει την ευστάθεια του αυτοκινήτου κατά το φρενάρισμα σε στροφή. Χρησιμοποιεί το σύστημα ABS και διαφορετικό πρόγραμμα λειτουργίας.

Το σύστημα ρυθμίζει την υδραυλική πίεση των φρένων ξεχωριστά σε κάθε τροχό, κατά τρόπο ώστε να διατηρείται ο έλεγχος της θεωρητικής γραμμής διαδρομής του αυτοκινήτου, χωρίς όμως να επηρεάζεται η απόδοση των φρένων.

3. Σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου της ροπής του κινητήρα MSR ή EBC.

Ο βασικός προορισμός του συστήματος ηλεκτρονικού ελέγχου της ροπής του κινητήρα είναι να ελέγχει την ροπή του κινητήρα όταν μπλοκάρουν οι κινητήριοι τροχοί. Μετά από απότομη αλλαγή της ταχύτητας από μεγαλύτερη σε μικρότερη "κατέβασμα" ή από απότομο κλείσιμο του γκαζιού σε ολισθηρό οδόστρωμα, υπάρχει περίπτωση να μπλοκάρουν οι τροχοί, λόγω της απότομης επιβράδυνσης των στροφών του κινητήρα. Στην περίπτωση αυτή οι αισθητήρες του ABS ανιχνεύουν το μπλοκάρισμα του κινητήριου τροχού ή των τροχών, και το σύστημα αυξάνει ελεγχόμενα τη ροπή του κινητήρα. Σε μερικά συστήματα υπάρχει δυνατότητα εκτός από τη μεταβολή των στροφών να γίνεται και μεταβολή στο συγχρονισμό του συστήματος ανάφλεξης.

#### 4. Ηλεκτρονικός καταναμητής πίεσης φρένων EBV ή EBD

Ο ηλεκτρονικός καταναμητής πίεσης των φρένων ελέγχει την πίεση σε κάθε κύκλωμα των πίσω τροχών. Το σύστημα χρησιμοποιεί τα εξαρτήματα και τους μηχανισμούς του ABS, με διαφορετικό όμως λειτουργικό πρόγραμμα (software). Ρυθμίζει την πίεση που εφαρμόζεται σε κάθε τροχό ξεχωριστά, καταργώντας έτσι τον μηχανικό καταναμητή πίεσης που υπήρχε μέχρι τώρα στα αυτοκίνητα.

#### 5. Ηλεκτρονικό σύστημα άμεσης ενεργοποίησης φρεναρίσματος BAS ή EVA

Το σύστημα άμεσης ενεργοποίησης φρεναρίσματος είναι ένας μηχανισμός στο σύστημα πέδησης, που σκοπό έχει να συμβάλλει στη μείωση της απόστασης φρεναρίσματος σε επείγουσες καταστάσεις. Όταν ο οδηγός διστάζει να φρενάρι ή φρενάρι πολύ απαλά σε μια επείγουσα κατάσταση, το σύστημα άμεσης ενεργοποίησης φρεναρίσματος προκαλεί πέδηση με πλήρη ισχύ μέσα σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Το μπλοκάρισμα των τροχών αποφεύγεται κατά τη διάρκεια της πέδησης με πλήρη δύναμη, γιατί το ABS εξακολουθεί να ρυθμίζει τη δύναμη πέδησης.

#### 6. Σύστημα ελέγχου πρόσφυσης των τροχών κατά την εκκίνηση ASR, TCS ή ASC

Το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης των τροχών ASR επεμβαίνει όταν σπινάρουν οι κινητήριοι τροχοί κάτω από συνθήκες κακής πρόσφυσης, όπως για παράδειγμα η κίνηση σε χαλίκι ή σε πάγο, επεμβαίνοντας, είτε στις λειτουργίες διαχείρισης του κινητήρα, είτε στο σύστημα πέδησης είτε και στα δύο. Το σύστημα ASR εφαρμόστηκε στα αυτοκίνητα ως εξέλιξη του ABS. Γι' αυτό στις περισσότερες εφαρμογές - παραλλαγές του συστήματος περιλαμβάνει τα ίδια εξαρτήματα με αυτά του ABS.

### 2.3.2 Συστήματα ενεργητικής ασφάλειας στα βαρέα οχήματα

Υπάρχουν ακόμη κάποια βοηθητικά συστήματα πέδησης που εφαρμόζονται στα βαρέα οχήματα, φορτηγά κτλ.

#### 1. Volvo Stretch Brake System

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως η στροφή ή σε κατηφόρα σε ένα ολισθηρό δρόμο, ο κίνδυνος να πλησιάσει το trailer με το φορτηγό, δημιουργώντας ένα επικίνδυνο φαινόμενο γνωστό ως jack-knife<sup>3</sup>. Το Stretch Brake System είναι ένα νέο τεχνολογικό επίτευγμα από τη Volvo, σχεδιασμένο για να προλαμβάνεται η εμφάνιση του φαινομένου αυτού. Επιβραδύνοντας σταδιακά το ρυμουλκούμενο, τα δύο τμήματα του οχήματος βρίσκονται σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους και με τον τρόπο αυτό ο κίνδυνος μειώνεται. Το σύστημα μπορεί να ενεργοποιείται αυτόματα σε επικίνδυνες καταστάσεις, όταν το όχημα κινείται με ταχύτητες μέχρι 50 km/h.

#### 2. Φλας φρένων έκτακτης ανάγκης

Αν πατηθούν απότομα τα φρένα, τα φώτα φρένων αναβοσβήνουν γρήγορα για να προειδοποιήσουν τα οχήματα που ακολουθούν. Αυτός είναι ένας εύκολος τρόπος για την αποφυγή οπίσθιων συγκρούσεων, η οποία μπορεί να αποβεί μοιραία ή να οδηγήσει σε πολλαπλές συγκρούσεις οχημάτων (καραμπόλα).

Μερικά ακόμη σύγχρονα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας, τα οποία συσχετίζονται με την υποβοήθηση της πέδησης και ανήκουν σε κατασκευάστριες εταιρείες είναι τα εξής, Volvo City Safety<sup>4</sup>- 2010, Skoda Multi Collision Brake- 2013, Audi Secondary Collision Brake Assist- 2012, Ford My Key- 2012, Seat Multi Collision Brake-2012 , VW Multi Collision Brake- 2012.

<sup>3</sup> Το δυναμικό φαινόμενο jack-knife, κατά το οποίο το όχημα πλαγιολισθαίνει περιστρεφόμενο γύρω από τον νοητό κατακόρυφο άξονα των κινητήριων τροχών, καταλήγοντας στο εμπειρικά λεγόμενο 'δίπλωμα της ιταλικίας', δες Κεφ 4.5.

<sup>4</sup> Η Volvo αναφέρει ότι 80% των ατυχημάτων συμβαίνουν με ταχύτητα μικρότερη των 30km/h.

### 2.3.3 Υπόλοιπα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας

Υπάρχουν επιπλέον συστήματα ενεργητικής ασφάλειας που δεν αφορούν την ολίσθηση των τροχών αλλά προειδοποιούν τον οδηγό σε περιπτώσεις κρίσιμων καταστάσεων. Τέτοια είναι τα εξής:

1. Blind Spot Monitoring, το ανεπαρκές οπτικό πεδίο του οδηγού που προκαλείτε και από τη 'νεκρή γωνιά' είναι η αιτία αρκετών ατυχημάτων σε όλη την Ευρώπη τόσο στα φορτηγά οχήματα όσο και στα αυτοκίνητα. Το σύστημα αυτό εξασφαλίζει την ομαλή αλλαγή λωρίδας, έχοντας είτε κάμερα είτε ραντάρ και ειδοποιώντας τον οδηγό με ακουστικό σήμα όταν κάποιο άλλο όχημα βρίσκεται στη 'νεκρή γωνιά'.
2. Lane Support Systems, προειδοποιεί για την αλλαγή λωρίδας είτε με ηχητικό σήμα είτε με δόνηση του τιμονιού. Άλλα συστήματα λαμβάνουν ως δεδομένα μόνο τη μία διαγράμμιση ενώ άλλα χρειάζονται και τις δύο (δεξιά και αριστερά).
3. Speed Alert Systems, πολλές φορές οι οδηγοί υπερβαίνουν το όριο ταχύτητας, ακόμη και χωρίς να το αντιληφθούν, το σύστημα αυτό αναγνωρίζει είτε από την κάμερα που φέρει το όχημα είτε από το σήμα του GPS<sup>5</sup>, το ανώτατο όριο και ενημερώνει τον οδηγό.
4. Attention Assist, το σύστημα αναγνωρίζει τον οδηγό που βρίσκεται σε κατάσταση υπνηλίας και τον ειδοποιεί να κάνει παύση.
5. Automatic Emergency Call (eCall), το σύστημα αυτό στέλνει ένα αυτοματοποιημένο μήνυμα στην Υπηρεσία Public Safety Answering Point όταν κάποιο όχημα συγκρουστεί. Η ακριβής τοποθεσία δίνεται από το GPS και έτσι η επέμβαση των αρμοδίων είναι άμεση, καθώς δεν χάνεται πολύτιμος χρόνος όπως όταν το ατύχημα συγκρουστεί σε απομακρυσμένη περιοχή ή ο οδηγός δεν έχει την ικανότητα να καλέσει το 112 για να αναφέρει τη σύγκρουση. Το σύστημα αυτό δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
6. (Pre-) Crash systems, το σύστημα αναγνωρίζει από την δυναμική του οχήματος και τις κινήσεις πανικού ότι το όχημα τείνει να συγκρουστεί και λίγα δευτερόλεπτα πριν κάνει αυτόματα ορισμένες κινήσεις που ίσως αποδειχθούν σωτήριες (φροντίζει οι ζώνες ασφαλείας να μην είναι χαλαρές, ρυθμίζει τη θέση των καθισμάτων ώστε οι αερόσακοι να δράσουν με τον βέλτιστο τρόπο, κλείνει τα παράθυρα κτλ)
7. Vision Enhancement Systems, το σύστημα ακολουθεί την πορεία του οχήματος και στρέφει τους προβολείς προς την κατεύθυνση που στρίβει το όχημα. Τη νύχτα που το οπτικό πεδίο είναι περιορισμένο, το σύστημα αυτό όχι μόνο προλαμβάνει μία σύγκρουση αλλά δημιουργεί και αίσθημα ασφαλούς μετακίνησης καθώς ο οδηγός στηρίζεται στην όρασή του.

Τα παραπάνω συστήματα σε καμιά περίπτωση δεν αντικαθιστούν την ικανότητα οδήγησης του οδηγού άλλα απλά τη βελτιώνουν σε δύσκολες περιπτώσεις. Για την σωστή λειτουργία των παραπάνω συστημάτων θα πρέπει οι πιέσεις στα ελαστικά να είναι ίδιες με τις οριζόμενες από τον κατασκευαστή, τα ελαστικά να είναι σε καλή κατάσταση και του ίδιου τύπου.

---

<sup>5</sup> GPS (Global Positioning System), Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης.

## 2.4 Παθητική ασφάλεια

Παθητική ασφάλεια ονομάζεται η ασφάλεια που παρέχει η καμπίνα και γενικότερα το αμάξι στους επιβάτες σε περίπτωση σύγκρουσης. Η παθητική ασφάλεια περιλαμβάνει εκτός του αμαξώματος και όλα εκείνα τα συστήματα που προστατεύουν τον οδηγό και τους επιβάτες κατά τη σύγκρουση. Τέτοια συστήματα στα οχήματα είναι οι ζώνες ασφαλείας με τους προεντατήρες, τα βυθιζόμενα καθίσματα, οι αερόσακοι οδηγού, συνοδηγού, πλευρικοί αερόσακοι (τύπου κουρτίνας), αλλά και οι μπάρες στο σασί του αυτοκινήτου. Στα συστήματα παθητικής ασφάλειας περιλαμβάνονται επίσης το σύστημα απορρόφησης κρούσης (το εμπρός και το πίσω σύστημα συνθλίβονται εύκολα) με σκοπό να προστατευθεί η καμπίνα επιβατών, σαλόνι προστασίας, μαξιλαράκι αυχένα, πτυσσόμενη κολώνα τιμονιού, προστατευτική επένδυση του ταμπλό, κατάργηση προεξεχόντων αιχμών, ανεμοθώρακας με υαλοπίνακα πολλαπλής θραύσης σε μικρά τεμάχια, κλπ. Η παθητική ασφάλεια που παρέχει ένα όχημα διακρίνεται σε εξωτερική και εσωτερική ασφάλεια. Η εξωτερική παθητική ασφάλεια αφορά τα μέτρα προστασίας των πεζών, μοτοσικλετιστών και ποδηλατιστών σε περίπτωση σύγκρουσής τους με το αυτοκίνητο. Ενώ η εσωτερική παθητική ασφάλεια αφορά όλα τα μέτρα που λαμβάνονται για να μειώσουν τις επιταχύνσεις και τις δυνάμεις που ασκούνται στον οδηγό και τους επιβάτες κατά την σύγκρουση. Στην κατηγορία αυτήν ανήκουν και τα συστήματα συγκράτησης των επιβατών όπως είναι ζώνες ασφαλείας και αερόσακοι.

Η νομοθεσία κάθε χώρας καθορίζει ποια από τα παραπάνω συστήματα συγκράτησης θεωρούνται υποχρεωτικά. Παρατηρούνται έντονες διαφορές στο νομοθετικό πλαίσιο των χωρών, όπως για παράδειγμα στην Αμερική, που η ύπαρξη των αερόσακων είναι υποχρεωτική (διπλάσιοι σε μέγεθος) ενώ οι ζώνες ασφαλείας είναι προαιρετικές. Αντίθετα στην Ευρώπη οι ζώνες ασφαλείας είναι υποχρεωτικές και το σύστημα αερόσακων είναι προαιρετικό, για το λόγο αυτό καλούνται συμπληρωματικά συστήματα συγκράτησης (SRS). Εν κατακλείδι, πρέπει να σημειωθεί το ότι η παρουσία αερόσακου μπορεί να προκαλέσει θάνατο σε περίπτωση κακής ρύθμισης της απόστασης του οδηγού από τον πίνακα οργάνων και το τιμόνι, καθώς και σε περίπτωση που δεν υπάρχει πρόσδεση του οδηγού και του συνοδηγού με ζώνες ασφαλείας. Αυτό οφείλεται στις εξαιρετικά μεγάλες τιμές της επιτάχυνσης που αναπτύσσονται κατά την σύγκρουση. Έχει παρατηρηθεί ότι σε μια σύγκρουση ο θάνατος του οδηγού και του συνοδηγού οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στη δευτερογενή σύγκρουση, κατά την οποία οι συμμετέχοντες σε αυτήν εάν δεν είναι προσδεμένοι, μετακινούνται βίαια από τις θέσεις τους και προσκρούουν σε τμήματα του αυτοκινήτου. (παρ-πριζ, τιμόνι κτλ.). Ενδεικτικά αναφέρεται, ότι σε μια σύγκρουση με 45 km/h η πρόσκρουση στα διάφορα τμήματα του αυτοκινήτου ισοδυναμεί με πτώση ανθρώπου από τον 3<sup>ο</sup> όροφο μιας πολυκατοικίας με το κεφάλι προς τα κάτω. Με τον τρόπο αυτό γίνεται εύκολα κατανοητό ότι αν το όχημα είναι εφοδιασμένο με σύστημα αερόσακων, υπάρχει πιθανότητα από κακή ρύθμιση του καθίσματος, ως προς την απόσταση από τον πίνακα οργάνων, το άνοιγμα των αερόσακων να προκαλέσει κακώσεις στο κεφάλι μέχρι και θάνατο. Για το λόγο αυτό η ζώνη ασφαλείας και οι αερόσακοι χρησιμοποιούνται πάντοτε σε συνδυασμό.

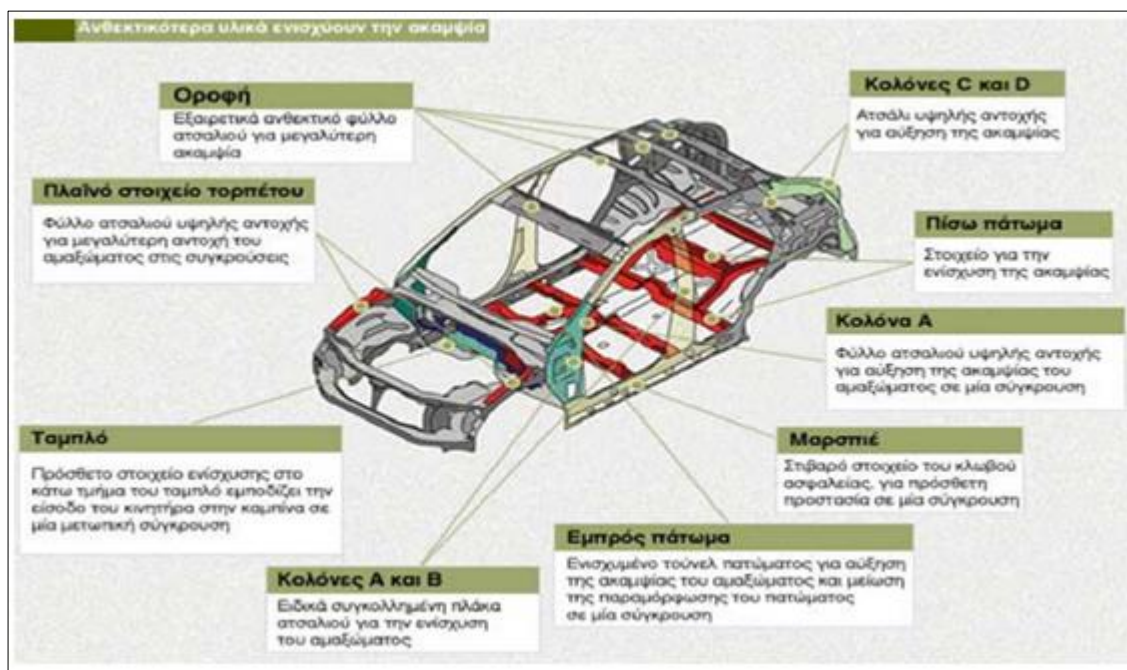
### 2.4.1 Η ζώνη ασφαλείας

Το σημαντικότερο σύστημα παθητικής ασφάλειας χωρίς αμφιβολία είναι η ζώνη ασφαλείας. Η πρώτη εταιρεία που εφάρμοσε στα αυτοκίνητά της το εν λόγω σύστημα παθητικής ασφάλειας ήταν η Volvo Car Corporation το 1959, κάτι που υπήρχε στην Αεροπορία από το 1913. Στην Ευρώπη, η Γαλλία έκανε υποχρεωτική τη χρήση της ζώνης ασφαλείας στις αστικές περιοχές το 1973 και η Σουηδία το 1975 έκανε υποχρεωτική τη χρήση τους στα μπροστινά καθίσματα. Από το 1993 είναι υποχρεωτικό σε όλη την Ευρώπη να υπάρχουν ζώνες ασφαλείας για όλες τις θέσεις στα αυτοκίνητα. Στην Ελλάδα ο νόμος θεσμοθέτησε ως υποχρεωτικές τις ζώνες ασφαλείας με νόμο (Κ.Ο.Κ.) από το έτος 1978, και πρόσφατα από το έτος 1997 με τον νέο Κ.Ο.Κ. είναι πλέον υποχρεωτικές για όλους τους επιβάτες, εμπρός και πίσω, σε εναρμόνιση με την Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 91/671/EEC. Αξίζει να σημειωθεί ότι στατιστικά «η χρήση ζώνης ασφαλείας μειώνει το ποσοστό θανάτων στα ατυχήματα κατά 50% και τους σοβαρούς τραυματισμούς κατά 60%».

Σήμερα οι ζώνες ασφαλείας είναι αυτόματες, δηλαδή "κλειδώνουν" με τη βοήθεια της αδράνειας, το ύψος ρυθμίζεται και διαθέτουν προεντατήρες, που με πυροκροτικό μηχανισμό τεντώνουν πριν λειτουργήσουν με το βάρος του σώματος, εξασφαλίζοντας χιλιοστά του δευτερολέπτου που μπορεί να φανούν κρίσιμα. Στη Βόρεια Αμερική, από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 τοποθετήθηκε σε όλα τα αυτοκίνητα ένα σύστημα υπενθύμισης χρήσης της ζώνης ασφαλείας για τους επιβάτες που κάθονται μπροστά. Στα σύγχρονα μοντέλα αυτοκινήτων είναι σχεδόν καθολικό. Οι ζώνες ασφαλείας ελαττώνουν σημαντικά τον κίνδυνο θανάτου ή σοβαρού τραυματισμού και πρέπει να τονιστεί η αναγκαιότητα χρήσης τους και στα πίσω καθίσματα. Ιδιαίτερα μάλιστα για τις μετωπικές προσκρούσεις, οι μελέτες δείχνουν ότι αν οι πίσω επιβάτες δε φορούν ζώνη, τότε εκτοξεύονται μπροστά, συνθλίβοντας τους μπροστινούς και σχεδόν πενταπλασιάζουν τον κίνδυνο θανάτου των μπροστινών επιβατών όταν φορούν τη ζώνη.

### 2.3.2 Το αμάξιωμα

Το αμάξιωμα είναι ένα από τα βασικά στοιχεία ενός αυτοκινήτου σχετικά με την παθητική του ασφάλεια. Οι κατασκευαστές φροντίζουν για τη σχετική ακαμψία της καμπίνας των επιβατών, έχοντας μεριμνήσει να την περιφρουρήσουν με ενισχυμένα υλικά, μπάρες στις πόρτες, ανθεκτικές τραβέρσες, αλλά και εμπρός και πίσω ζώνες ελεγχόμενης παραμόρφωσης. Αυτές είναι έτσι σχεδιασμένες με μαλακότερα υλικά, ώστε να απορροφούν την ενέργεια που εκλύεται σε μια σύγκρουση. Μπορεί να συνθλιβονται, αλλά η καμπίνα των επιβατών μένει το δυνατόν άθικτη. Σήμερα όλα τα αμαξώματα σχεδιάζονται με ειδικά προγράμματα σε πανίσχυρους υπολογιστές, γίνονται χιλιάδες εικονικές δοκιμές πρόσκρουσης, βασισμένες σε μαθηματικά μοντέλα, και έτσι, όταν έρθει η ώρα της δοκιμής των πρωτότυπων, τα αποτελέσματα έχουν προβλεφθεί, με αποτέλεσμα να εξοικονομούνται χρόνος και χρήμα.



Εικόνα 3 Ανθεκτικότερα υλικά ενισχύουν την ακαμψία του αμαξώματος

### **2.4.3 Ο αερόσακος**

Οι αερόσακοι άρχισαν να χρησιμοποιούνται επίσημα στην Αμερική το 1974 από τη Chevrolet, αλλά η διακοπή της παραγωγής τους ήρθε μόλις δύο χρόνια αργότερα λόγω μειωμένου ενδιαφέροντος. Το 1980 η Mercedes τους έφερε ξανά στο προσκήνιο με την S-Class W126 ενώ από το 1986 άρχισε να προσφέρεται και αερόσακος συνοδηγού. Το 1987 η Porsche 944 Turbo έγινε το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής με δύο στάνταρ αερόσακους. Η εταιρεία Volvo εισήγαγε το έτος 1994 τους πλευρικούς αερόσακους και σήμερα, εκτός από τους μετωπικούς, υπάρχουν αεροκουρτίνες, κολώνες, αλλά και αερόσακοι γονάτων του οδηγού. Η Toyota πρόσφατα παρουσίασε αερόσακους για τη ζώνη ασφαλείας των πίσω επιβατών, όπως και για ανάμεσα στο πίσω κάθισμα. Οι πιο εξελιγμένοι μετωπικοί αερόσακοι λειτουργούν με βάση το βάρος των επιβατών και έχουν πολλαπλά στάδια ανοίγματος για αποτελεσματικότερη προστασία.

Ο αερόσακος είναι γνωστός και ως συμπληρωματικό σύστημα συγκράτησης - SRS (supplementary restraint system) προς τη ζώνη ασφαλείας. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει ένα σάκο σχεδιασμένο κατάλληλα, έτσι ώστε κατά τη διάρκεια μιας πρόσκρουσης να φουσκώνει και να προφυλάσσει τους επιβάτες στους οποίους απευθύνεται από βίαια χτυπήματα στις εσωτερικές επιφάνειες του αυτοκινήτου. Η εντολή για την ενεργοποίηση δίνεται από μια κεντρική μονάδα, που παίρνει στοιχεία από αισθητήρες αρνητικών επιταχύνσεων και ενεργοποιεί έναν πυροκροτητή, που δημιουργεί μια μικρή έκρηξη σε ειδικό υλικό με βάση τη νιτρική αμμωνία, τα αέρια του οποίου, είτε άζωτο είτε αργό, φουσκώνουν τον αερόσακο. Μετά από χιλιοστά του δευτερολέπτου, ο αερόσακος ξεφουσκώνει για προστασία από την υπερβολική αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό του αυτοκινήτου, κυρίως όταν τα παράθυρα είναι κλειστά. Ο αερόσακος φουσκώνει μέσα σε 40 χιλιοστά του δευτερολέπτου και η ταχύτητα ανοίγματος συνήθως είναι 240 - 320 χλμ./ώρα. Εδώ πρέπει να τονιστεί, ότι ο αερόσακος ενεργοποιείται υπό συγκεκριμένες συνθήκες και ταχύτητες άνω των 16 - 19 χλμ./ώρα.

### **2.4.4 Υπόλοιπα συστήματα παθητικής ασφάλειας**

Στα σύγχρονα οχήματα έχει προστεθεί η χρήση των ενεργών προσκέφαλων, τα οποία σε περίπτωση σύγκρουσης στο πίσω μέρος, μετακινούνται προς τα εμπρός μέσα σε 20 χιλιοστά του δευτερολέπτου, συγκρατώντας μαλακά το κεφάλι, όταν αυτό κινηθεί πάλι προς τα πίσω. Μερικά ακόμα συστήματα παθητικής ασφάλειας είναι τα αποσπώμενα πεντάλ, η κολώνα τιμονιού που υποχωρεί, καθώς και οι αυτόματα εκτιναζόμενες μπάρες/προσκέφαλα για τους πίσω επιβάτες ανοιχτών τετραθέσιων αυτοκινήτων, σε περίπτωση ανατροπής.

## **2.5 Το πρόγραμμα Euro NCAP (European New Car Assessment Programme)**

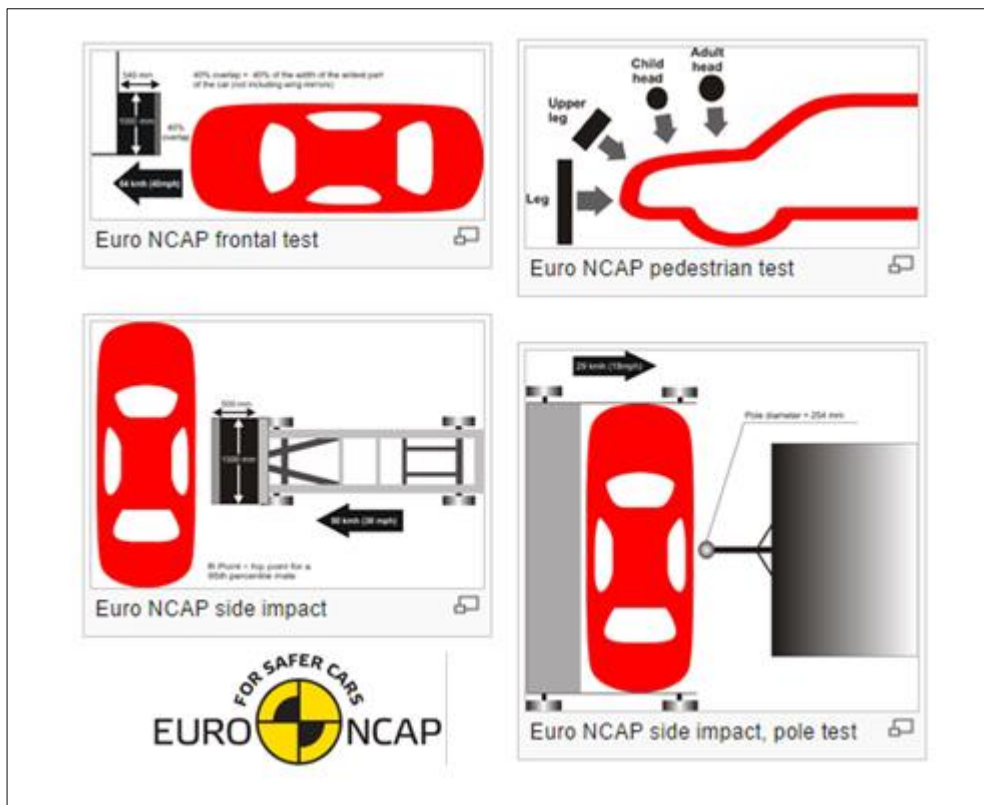
Το πρόγραμμα Euro NCAP έχει ως σκοπό να παρέχει αντικειμενική αξιολόγηση της απόδοσης κατά τη σύγκρουση των οχημάτων. Στόχος του προγράμματος είναι να ενημερωθούν οι καταναλωτές, ώστε αυτό να λειτουργήσει ως κίνητρο για τους κατασκευαστές καθώς και εκείνους που εργάζονται για την εξέλιξη της προστασίας επιβατών αλλά και πεζών. Οι χρησιμοποιούμενες δοκιμές είναι βασισμένες σε εκείνες που αναπτύσσονται από την Ευρωπαϊκή Ενισχυμένη Επιτροπή Ασφάλειας Οχημάτων (EEVC), για τη μετωπική και πλευρική προστασία των επιβαινόντων και για την προστασία των πεζών που συγκρούονται μετωπικά από τα αυτοκίνητα.

Η γέννηση της ιδέας για τη δημιουργία του ανεξάρτητου οργανισμού ήρθε τον Ιούλιο του 1994 και ένα χρόνο αργότερα η Ευρωπαϊκή Ένωση άρχισε να υποστηρίζει τις πρώτες προσπάθειες. Το Δεκέμβριο του 1996 διεξήχθη το εναρκτήριο συνέδριο του Euro NCAP, ενώ λίγους μήνες μετά γίνονται τα πρώτα τεστ και δημοσιεύονται τα αποτελέσματά τους. Η πρώτη αξιολόγηση του Euro NCAP έγινε στις 4 Φεβρουαρίου του 1997 και αφορούσε σε επτά αυτοκίνητα πόλης, τα Fiat Punto, Ford Fiesta, Nissan Micra, Renault Clio, Rover 100, Opel Corsa και VW Golf. Προκλήθηκε πληθώρα αντιδράσεων, αφού κάθε άλλο παρά κολάκευε την ασφάλεια που προσέφεραν. Παρά τις αντιδράσεις όμως, ήταν ουσιαστικά η πρώτη φορά που ο καταναλωτής μπορούσε να έχει στα χέρια του μια αντικειμενική αξιολόγηση από έναν ανεξάρτητο φορέα. Ίσως τότε 'ο αγοραστής δεν ενδιαφερόταν παρά μόνον για τη μέγιστη

υποδύναμη και την τελική ταχύτητα του μοντέλου, αυτά ήταν περίπου τα λόγια του Max Mosley, προέδρου της FIA, όμως η στραπατσариμένη εικόνα αποθηκεύταν στο υποσυνείδητό του, και σταδιακά η παθητική ασφάλεια απέκτησε μεγαλύτερη βαρύτητα στα κριτήρια επιλογής.

Με τον καιρό ο οργανισμός Euro NCAP μετατράπηκε σε έναν από τους πιο σημαντικούς μοχλούς πίεσης προς τις αυτοκινητοβιομηχανίες, ώστε αυτές να κατασκευάζουν πιο ασφαλή οχήματα. Έτσι, ενώ το 1997 δήλωναν ότι «τα κριτήρια υπολογισμού είναι τόσο σκληρά, που κανένα δε θα μπορέσει να ξεπεράσει τα τέσσερα αστέρια στην προστασία των ενηλίκων», σήμερα οι ίδιες χρησιμοποιούν τα αποτελέσματα του EuroNCAP ακόμη και για λόγους marketing, ενώ ο EuroNCAP θέτει ολοένα και πιο υψηλά στάνταρ. Το Φεβρουάριο του 2009, δήλωσε ότι θα συνεχίσει να θέτει ακόμα υψηλότερα στάνταρ και να επιβραβεύει τους κατασκευαστές, που θέτουν την ασφάλεια ως πρωταρχικό τους στόχο. Την ίδια χρονιά άλλαξε τον τρόπο αξιολόγησής του, βάζοντας στη γενική βαθμολογία μια νέα παράμετρο, αυτή των βοηθητικών συστημάτων. Το 2010 ξεκίνησε να βαθμολογεί και τα συστήματα που φρενάρουν αυτόματα το αυτοκίνητο. Έτσι, από εκεί που ήταν ο φορέας που αξιολογούσε την παθητική ασφάλεια ενός αυτοκινήτου, έχει μετατραπεί σε φορέα που αξιολογεί τη συνολική εικόνα του οχήματος, ενεργητική και παθητική.

Σύμφωνα με τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν το 2014, το μοντέλο Mercedes-Benz GLA-Class 'Urban' έλαβε την κορυφαία βαθμολογία 5 αστέρων στα crash test του Euro NCAP.<sup>6</sup>



Εικόνα 4 Δοκιμές πρόσκρουσης στις οποίες υπόκεινται τα οχήματα από τον οργανισμό EuroNCAP.

<sup>6</sup>Πηγή: EURO NCAP 2014. Στο Παράρτημα ακολουθεί ολοκληρωμένη παρουσίαση των αποτελεσμάτων που δημοσιεύτηκαν για το συγκεκριμένο μοντέλο αυτοκινήτου.



## 2.5 Δοκιμές Πρόσκρουσης

Με βάση τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όλα τα νέα μοντέλα υποχρεούνται να περάσουν από δοκιμές πρόσκρουσης. Η απαιτούμενη δοκιμασία περιλαμβάνει πλαγιομετωπική πρόσκρουση που καλύπτει το 40% της επιφάνειας του αυτοκινήτου, με ταχύτητα 64 χλμ./ώρα (35 μίλια/ώρα), καθώς και πλευρική πρόσκρουση με ταχύτητα 50 χλμ./ώρα (30 μίλια/ώρα). Πολλοί κατασκευαστές, θέλοντας να κατοχυρώσουν την ασφάλεια του προϊόντος τους, κάνουν κι άλλες δοκιμές πρόσκρουσης, με πιο συνηθισμένες αυτές της ανατροπής και τις οπίσθιες, αλλά και πλαγιομετωπικές οι οποίες καλύπτουν μεγαλύτερο ποσοστό (έως 50%) της μετωπικής επιφάνειας του αυτοκινήτου. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών, στις καμπίνες των αυτοκινήτων τοποθετούνται ειδικά ανδρείκελα (dummies) εξοπλισμένα με ηλεκτρονικά συστήματα και αισθητήρες ακριβείας. Η πρόσκρουση καταγράφεται από ειδικές κάμερες υψηλής ταχύτητας λήψης και, στη συνέχεια, αναλύεται λεπτομερώς σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Οι αισθητήρες που διαθέτουν τα ανδρείκελα βοηθούν τους κατασκευαστές να παίρνουν, κατά τη διάρκεια της πρόσκρουσης, τιμές επιτάχυνσης για κάθε μέλος του σώματος ξεχωριστά. Από αυτές τις τιμές εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, ο σχεδιασμός και εξοπλισμός του αυτοκινήτου, αφού ο κατασκευαστής πρέπει να 'επιτύχει' τέτοιες τιμές που να μην υπερβαίνουν τα όρια που προβλέπουν οι ισχύουσες προδιαγραφές.

### WHIPLASH PROTECTION

#### FRONT, REAR SEATS

2,7 pts



Front seats



Rear seats

#### HEAD RESTRAINT

Seat description	Standard fabric+Artico, 6 way manual
Head restraint type	Passive
Front geometric assessment	2 pts
<b>TESTS</b>	
- High severity	2,3 pts
- Medium severity	2,4 pts
- Low severity	2,5 pts
<b>AEB CITY</b>	
<b>3 pts</b>	
System name	Collision Prevention Assist Plus
Fitment	Standard

#### TESTS



Εικόνα 5 Μερική παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο δημοσιεύονται τα αποτελέσματα.



Εικόνα 6 Δοκιμή σύγκρουσης.

### 3. Συστήματα Πέδησης

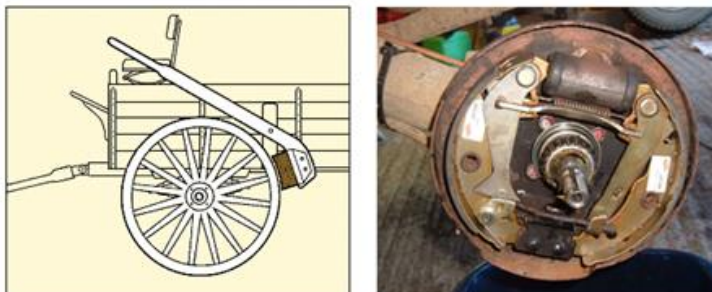
#### 3.1 Γενικά στοιχεία

Το σύστημα, το οποίο χρησιμοποιεί ο οδηγός για την επιβράδυνση και την ακινητοποίηση του οχήματος, ονομάζεται σύστημα πέδησης. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, δίνεται μία ολοκληρωμένη εικόνα της συγκρότησης και της λειτουργίας των σύγχρονων συστημάτων πέδησης. Επίσης γίνεται αναφορά στις βλάβες που παρουσιάζονται στο σύστημα και στους τρόπους επιδιόρθωσής τους. Στο όχημα το σύστημα πέδησης έχει σκοπό την ελάττωση της κινητικής του ενέργειας, την ακινητοποίησή του σε κατάλληλη απόσταση ακόμη και να το κρατά σταματημένο ανεξάρτητα από την κλίση του δρόμου.

Το σύστημα πέδησης ανήκει στα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας του οχήματος. Τα είδη των συστημάτων πέδησης που χρησιμοποιούνται διακρίνονται σε κύρια και βοηθητικά συστήματα πέδησης. Κύρια συστήματα πέδησης είναι εκείνα που έχουν ως βασικό στόχο τη μείωση της ταχύτητας και την ακινητοποίηση του οχήματος (μηχανικά, αερόφρενα, υδραυλικά) ενώ τα βοηθητικά ενισχύουν την προσπάθεια του οδηγού για καλύτερη απόδοση του συστήματος πέδησης αλλά και για τη διατήρηση του ελέγχου του οχήματος (σερβόφρενα, ηλεκτρόφρενα<sup>7</sup>, ABS). Στη μηχανολογία στις περισσότερες περιπτώσεις, η επιβράδυνση και το σταμάτημα είναι αποτέλεσμα της τριβής. Έτσι στο σύστημα πέδησης, η δύναμη που περιορίζει την κινητική ενέργεια του οχήματος, είναι η δύναμη της τριβής. Το μέγεθος της δύναμης αυτής αυξομειώνεται, σύμφωνα με την επιθυμία του οδηγού, ο οποίος επενεργεί ανάλογα στο πεντάλ των φρένων. Το πεντάλ πιεζόμενο, θέτει σε λειτουργία ορισμένα εξαρτήματα, που βρίσκονται μέσα στους τροχούς και ονομάζονται ενεργά μέρη του συστήματος πέδησης. Τα ενεργά μέρη διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα περιστρεφόμενα και στα σταθερά. Οι κύριοι μηχανισμοί του συστήματος είναι ο μηχανισμός χειρισμού (ποδόπληκτρο, μοχλός χειρόφρενου), ο μηχανισμός ενεργοποίησης μετάδοσης και ο μηχανισμός πέδησης τροχού.

#### 3.2 Ιστορική ανασκόπηση

Όλα τα συστήματα πέδησης και υποβοήθησης της πέδησης ανήκουν στην ενεργητική ασφάλεια που παρέχει ένα όχημα στους επιβάτες. Ένα σημαντικό ζήτημα για την κατανόηση των συστημάτων πέδησης είναι να αναφερθούν τα προβλήματα που σχετίζονται με το φρενάρισμα και παρουσιάστηκαν στο παρελθόν καθώς και οι εξελίξεις που πραγματοποιήθηκαν στον τομέα προκειμένου να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα. Η ιστορία των φρένων, φυσικά όχι με τη μορφή που έχουν σήμερα, ξεκινάει πριν από τη ρωμαϊκή αυτοκρατορία. Ένα από τα πρώτα είδη φρένων ήταν ένα πολύ αργό σύστημα, το οποίο περιελάμβανε το μοχλό του φρένου που πίεζε ένα απλό ξύλινο μπλοκ ενάντια στον τροχό, προκειμένου να επιβραδύνει το «κάρο» με την τριβή (Εικόνα 1).



Εικόνα 7 Πρώιμο σύστημα πέδησης με μοχλό και σύστημα γνωστό ως 'Brake shoe'.

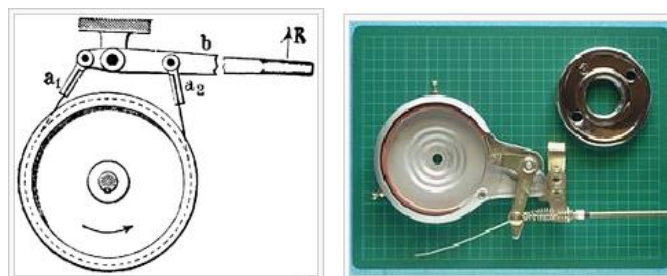
Πέρασαν 2000 χρόνια χωρίς βελτίωση αυτής της τεχνολογίας και στη Δύση, η μέθοδος ήταν διαδεδομένη ακόμα και στις άμαξες της εποχής. Επίσης τα πρώτα τρένα χρησιμοποιούσαν το σύστημα

<sup>7</sup> Ηλεκτρόφρενα: χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια. Ο μηχανισμός τοποθετείται στον κεντρικό άξονα μετάδοσης της κίνησης και επιβραδύνονται μόνο οι πίσω τροχοί. Χρησιμοποιούν σε βαριά οχήματα για την επιβράδυνσή τους ανεξάρτητα από το κύριο σύστημα πέδησης.

με το μπλοκ. Οι βελτιώσεις που υλοποιήθηκαν όσον αφορά στα υλικά, για παράδειγμα το ξύλο που αντικαταστάθηκε από χυτοσίδηρο, δεν επαρκούσαν για τις καταδιώξεις δραπετών, γεγονός που αποδείκνυε την ανάγκη για καλύτερα φρένα. Παρόλα αυτά η αρχή λειτουργίας του συστήματος αυτού είναι σε χρήση ακόμη και σήμερα, αλλά ως επί το πλείστον σε συνδυασμό με δισκόφρενα και άλλα συστήματα.

Για πολλά χρόνια η βασική απαίτηση από το σύστημα των φρένων ήταν απλά να επιβραδύνει το αυτοκίνητο στη μικρότερη δυνατή απόσταση. Η έκδοση του γερμανικού λεξικού το έτος 1906 ορίζει ότι: «τα φρένα είναι μηχανισμοί για να περιορίζουν ή να σταματούν την κίνηση μηχανής, εφαρμόζοντας τριβή στο κινούμενο μέρος, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε μέρος της κινητικής ενέργειας να μετατραπεί σε θερμότητα, οπότε μειώνεται και η ταχύτητα. Τα φρένα είναι δύο ειδών, με ιμάντα ή με σιαγόνες». Ο πληρέστατος αυτός ορισμός καλύπτει και τη δραστηριότητα που άρχισε ο Γερμανός Alfred Teves<sup>8</sup> κατά τον ίδιο χρόνο. Από την πρώτη στιγμή που εμφανίστηκε το πρώτο όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης, εμφανίστηκε η ανάγκη για ένα μηχανικό σύστημα που θα μείωνε την ταχύτητα του οχήματος ή θα την διατηρούσε αν κινούνταν σε κατωφέρεια<sup>9</sup>.

Ο 20<sup>ος</sup> αιώνας έφερε μεγάλες αλλαγές και άλματα προόδου στους τύπους της πέδησης. Με την ανάπτυξη της αυτοκινητοβιομηχανίας και των φορτηγών οχημάτων έπρεπε και τα συστήματα πέδησης να βελτιωθούν, ακολουθώντας την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Τα πρώιμα αυτοκίνητα είχαν φρένα τύπου ταινιοπέδη (band brakes, Εικόνα 7), τα οποία στη συνέχεια αντικαταστάθηκαν από ταμπούρα τα οποία αποτέλεσαν μεγάλη τεχνολογική εξέλιξη για την εποχή, ενώ και τα δύο είδη συστήματα συνδέονταν μηχανικά με το κύκλωμα πέδησης. Την πίεση στην ταινιοπέδη την ασκούσε ο οδηγός σε ένα μοχλό και μεταφερόταν μέσω ενός συρματόσχοινου στις δαγκάνες. Όσο όμως η ιπποδύναμη των κινητήρων αυξάνονταν αυτά τα συστήματα αποδείχθηκαν ανεπαρκή, δεν μπορούσαν να αντεπεξέλθουν στο έργο τους και σήμερα βρίσκουν εφαρμογή μόνο σε ποδήλατα, στην ιστιοπλοΐα και τα αλυσοπρίονα. Αυτό συμβαίνει διότι τα συγκεκριμένα συστήματα έχουν μικρό βάρος σχετικά με όλα τα υπόλοιπα.



Εικόνα 8 Ταινιοπέδη σε σχέδιο και από εφαρμογή σε ποδήλατο.

Η παρουσία του συστήματος πέδησης με ταμπούρα ήταν ιδιαίτερα σημαντική εξέλιξη καθώς τα υλικά τριβής είχαν πολύ υψηλότερη απόδοση, λόγω μεγαλύτερης επιφάνειας τριβής, καθώς και πολύ μεγαλύτερη αντοχή. Σταδιακά όμως έγιναν εμφανή τα δύο κύρια μειονεκτήματα αυτού του συστήματος πέδησης, πρόκειται για το βάρος και την πολύ μικρή ικανότητα απαγωγής της θερμότητας ακόμη και

<sup>8</sup> Ίδρυσε δική του εταιρεία το 1968 η οποία σήμερα φέρει την επωνυμία Ate Brake Systems, με έδρα το Γιοχάνεσμπουργκ. Αντικείμενο της Ate η έρευνα και ανάπτυξη (R&D) των ηλεκτρονικών συστημάτων καθώς και ABS. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 1989 διέθεσε 30 δις δραχμές για τους σκοπούς αυτούς. Η πορεία της εταιρείας έχει να επιδείξει ορισμένα σημεία σταθμούς:

- Το 1926 τοποθετήθηκαν τα πρώτα υδραυλικά φρένα σε αυτοκίνητο στην Ευρώπη.
- Πρώτο διπλό κύκλωμα φρένων στη Γερμανία.
- Πρώτη χρήση σερβόφρενου σε αγώνες σε παγκόσμια κλίμακα (1954 και Μερσέντες).
- Πρώτη ευρεία χρήση δισκοφρένου στη Γερμανία (Ford 17M, 1961).
- Πρώτο ολοκληρωμένο σύστημα στον κόσμο ABS.

Τα σημερινά προϊόντα είναι πάνω από 6.000 διαφορετικά κομμάτια Καθημερινά, πάνω από 120.000 σιαγόνες, 70.000 δίσκοι, 18.000 σερβομηχανισμοί και 3.300 ABS παράγονται, για περισσότερα από 70 μοντέλα 15 διαφορετικών κατασκευαστών αυτοκινήτων.

<sup>9</sup> Hohmann C. et al, 1999.

όταν τα ταμπούρα έγιναν αεριζόμενα. Τα υδραυλικά συστήματα πέδησης ήταν επίσης μια σημαντική εξέλιξη το 1920 - 1940, καθώς επέτρεπαν ομοιόμορφη κατανομή της δύναμης.

Τα απλά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούσαν τα πρώτα ατμοκίνητα αυτοκίνητα, εξελίχθηκαν τελικά σε μεγάλο βαθμό ιδιαίτερα από τη χρονολογία σταθμό για την ιστορία των φρένων, το 1952. Τη χρονιά αυτή η Jaguar κέρδισε τις 24 ώρες του Λε Μαν λόγω του ότι ήταν η μοναδική εταιρεία η οποία χρησιμοποιούσε δισκόφρενα. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί συνήθως ένα μεταλλικό δίσκο ο οποίος είναι πακτωμένος στον τροχό και περιστρέφεται μαζί του και μία δαγκάνα η οποία είναι πακτωμένη σε σταθερό σημείο σε σχέση με τον δίσκο και περιέχει δύο πλακίδια επενδεδυμένα με ειδικά υλικά τριβής τα οποία πιέζουν το δίσκο αναπτύσσοντας τριβή μεταξύ τους για να επιτευχθεί η πέδηση. Από το 1960, τα δισκόφρενα έγιναν κοινά για τα αυτοκίνητα και τα φορτηγά, με αποτέλεσμα μικρότερες αποστάσεις ακινητοποίησης. Αυτό είναι το τελευταίο σύστημα πέδησης που εφαρμόζεται σχεδόν καθολικά σήμερα με διάφορες μορφές. Με αυτά καλύφθηκε η βασική απαίτηση, που ήταν η δυνατότητα ικανοποιητικής επιβράδυνσης του τροχού και έπειτα το πρόβλημα μετατέθηκε στη βέλτιστη χρήση τους. Μέχρι τότε όλα τα αυτοκίνητα χρησιμοποιούσαν ταμπούρα ενώ η χρήση της υποβοήθησης για την αύξηση της ισχύος φρεναρίσματος δυσκόλευε την επικράτηση των δισκοφρένων. Το σύστημα πέδησης με δισκόφρενα είχε όλα τα πλεονεκτήματα του συστήματος με τα ταμπούρα, αλλά είχε μεγαλύτερη ικανότητα απαγωγής της παραγόμενης θερμότητας και αρκετά μικρότερο βάρος. Αυτοί είναι και οι λόγοι για τους οποίους έχει επικρατήσει. Όμως, αν και η ικανότητά του να απάγει την παραγόμενη θερμότητα είναι βελτιωμένη σε σχέση με τα προηγούμενα, λόγω σχεδιασμού, και μπορεί να βελτιωθεί με τη διάνοιξη οπών και αυλάκων στην επιφάνεια τριβής των δίσκων, εντούτοις οι περιορισμοί προέρχονται από το ίδιο το υλικό κατασκευής των δίσκων και την ικανότητά του να ανταπεξέλθει στο θερμικό σοκ που του προκαλούν ένα ή περισσότερα, διαδοχικά φρεναρίσματα από υψηλή ταχύτητα. Μετά από συνεχόμενη εφαρμογή, η θερμοκρασία των δίσκων και των υπόλοιπων τμημάτων αυξάνεται κατακόρυφα, φαινόμενο που εμφανίζεται σαν λάμψη κατά τη διάρκεια αγώνων. Έτσι δεν είναι ασύνηθες το φαινόμενο της δημιουργίας ρωγμών ή πλαστικών παραμορφώσεων στους δίσκους πέδησης λόγω των μεγάλων τάσεων που αναπτύσσονται εντός τους από την απότομη και κατακόρυφη αύξηση της θερμοκρασίας τους κατά τη διάρκεια πέδησης από πολύ υψηλή ταχύτητα<sup>10</sup>. Όταν τα φρένα θερμανθούν, οι τάσεις αυξάνονται και οι επιδόσεις εξασθενούν. Αυτό είναι ένα επικίνδυνο πρόβλημα, ειδικά όταν αφορά σε βαριά φορτωμένα οχήματα.

Η επόμενη επανάσταση στην εξέλιξη των συστημάτων πέδησης ήταν η παρουσίαση του ABS, το οποίο επεμβαίνει στη διαδικασία φρεναρίσματος έτσι ώστε να μην μπλοκάρουν οι τροχοί στα δυνατά φρεναρίσματα. Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών και της μηχανοτρονικής βελτίωσε τα υπάρχοντα συστήματα πέδησης και προκάλεσε την ανάπτυξη νέων βοηθητικών συστημάτων ελέγχου ολίσθησης των τροχών.

---

<sup>10</sup> Yevtushenko A. et al. 1995, Mackin T. J. et al. 2002.

### 3.3 Τεχνολογίες του μέλλοντος

Εξαιτίας της συνεχούς αύξησης των αυτοκινήτων, τα οποία παράλληλα γίνονται όλο και πιο γρήγορα, οι κατασκευαστές υιοθετούν συνεχώς νέες λύσεις οι οποίες εφαρμόζονται πρώτα στα αγωνιστικά αυτοκίνητα για να περάσουν μετέπειτα στα καθημερινά αυτοκίνητα. Σήμερα, η εξέλιξη των υλικών τριβής και η παρουσία των δισκοφρένων έχουν ουσιαστικά υπερκαλύψει τις υπάρχουσες ανάγκες και πλέον η προσοχή των εργαστηρίων, όπως αυτών της Lucas<sup>11</sup>, έχει στραφεί σε άλλους τομείς όπως τη βελτίωση της λειτουργίας τους με τη χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων που επεμβαίνουν στη διαδικασία φρεναρίσματος, όπως το ABS, τη χρήση οικολογικών υλικών που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον καθώς και τη μείωση των θορύβων που προέρχονται από τα φρένα. Έχοντας βελτιώσει σημαντικά τη λειτουργία των συστημάτων φρένων τα τελευταία χρόνια, οι εταιρείες αυτοκινήτων καθώς και αυτές που ειδικεύονται σε αυτόν τον τομέα έχουν να αντιμετωπίσουν μία νέα πρόκληση, το θόρυβο που προέρχεται από τη λειτουργία τους. Εφόσον πηγή του θορύβου που δημιουργείται είναι η τριβή μεταξύ των υλικών, είναι προφανές ότι ο θόρυβος δεν μπορεί να εξαφανιστεί τελείως, παρά μόνο να ελαττωθεί. Ο θόρυβος που προέρχεται από τα φρένα είναι δύο τύπων:

1. το σφύριγμα που οφείλεται στο συντονισμό του συστήματος.
2. οι κραδασμοί που προέρχονται από την εξαναγκασμένη ταλάντωση ορισμένων τμημάτων.

Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση του πρώτου φαινομένου απαιτείται η ανίχνευση των ιδιοσυχνοτήτων του συστήματος, κάτι που μπορεί να γίνει τόσο αναλυτικά όσο και πειραματικά. Η αναλυτική προσέγγιση της εξεύρεσης των ιδιοσυχνοτήτων γίνεται με τη βοήθεια προγραμμάτων δυναμικής ανάλυσης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπου γίνεται και η εξομοίωση της δυναμικής συμπεριφοράς του συστήματος των φρένων. Με βάση τα στοιχεία που αποκομίζονται από την ανάλυση αυτή δημιουργούνται τα πρωτότυπα πάνω στα οποία γίνονται τα πειράματα σε εργαστηριακές συνθήκες. Μετά από δοκιμές και επανασχεδιασμούς δημιουργούνται τα τελικά πρωτότυπα τα οποία τοποθετούνται πάνω σε αυτοκίνητα και δοκιμάζονται σε πραγματικές συνθήκες. Μια εναλλακτική πειραματική μέθοδος δυναμικής ανάλυσης ενός συστήματος δισκοφρένων είναι η χρήση ολογραφίας. Με τη μέθοδο αυτή οι μηχανικοί παίρνουν έγχρωμες απεικονίσεις της ταλάντωσης του συστήματος, στις οποίες ανάλογα με το χρώμα εμφανίζεται το εύρος της ταλάντωσης του κάθε τμήματος. Η αντιμετώπιση του προβλήματος γίνεται με τη διαφοροποίηση των ιδιοσυχνοτήτων των συνεργαζόμενων τμημάτων, έτσι ώστε να μην συντονίζονται όλα στην ίδια συχνότητα, με τις κατάλληλες αλλαγές στα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά. Παράλληλα, για τη μείωση της ταλάντωσης χρησιμοποιούνται ειδικά υλικά που λειτουργούν σαν αποσβεστήρες και τοποθετούνται στο πίσω μέρος του τακακιού, αυτό που έρχεται σε επαφή με τη δαγκάνα. Η μέθοδος όμως αυτή δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και πιέσεων που αναπτύσσονται στα τακάκια.

Η αντιμετώπιση των κραδασμών που αναπτύσσονται λόγω της εξαναγκασμένης ταλάντωσης του συστήματος είναι διαφορετική μιας και οι κραδασμοί οφείλονται στις σημειακές μεταβολές του πάχους της δισκόπλακας. Οι μεταβολές αυτές δημιουργούνται είτε λόγω της απότομης ψύξης, οπότε η πλάκα ουσιαστικά «στραβώνει», είτε λόγω της ανάπτυξης υψηλών θερμοκρασιών σε ορισμένα σημεία της, με αποτέλεσμα η διαστολή στα σημεία αυτά να είναι πολύ μεγαλύτερη και εκεί να διαφοροποιείται το πάχος. Η αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου είναι πολύ δύσκολη και επιτυγχάνεται μόνον με τον κατάλληλο σχεδιασμό της δισκόπλακας και τη χρήση υλικών τριβής που να «ταιριάζουν» με το υλικό της δισκόπλακας. Οι μηχανικοί κατασκευαστικών εταιρειών και των εργαστηρίων που μελετούν τα δύο προαναφερθέντα αντικείμενα μελέτης, γνωρίζουν ότι το μέλλον της βελτίωσης των συστημάτων πέδησης θα κριθεί από την εξάλειψη των ταλαντώσεων και των κραδασμών.

<sup>11</sup> Η εταιρεία J. Lucas & Sons ιδρύθηκε το 1897 κατασκευάζοντας στην Αγγλία φρένα για λογαριασμό της Bendix. Σήμερα έχει εργοστάσια στην Ευρώπη, την Αμερική ενώ επεκτάθηκε και στην Κίνα, ιδρύοντας ένα νέο εργοστάσιο κατασκευής φρένων έξω από το Πεκίνο. Συνεργάζεται με όλες τις ευρωπαϊκές εταιρείες, τις οποίες προμηθεύει με εξαρτήματα του συστήματος φρένων, όπως δισκόφρενα, ταμπούρα, κυλινδράκια, αντλίες φρένων, σερβομηχανισμούς και ABS.



### 3.4 Βασικές Θεωρίες

#### 3.4.1 Δυνάμεις πέδησης

Ένα όχημα μεταβάλλει συνεχώς την κατάσταση του καθώς φρενάρει, επιταχύνει, αλλάζει διεύθυνση, ή σταματάει. Οι καταστάσεις αυτές δημιουργούν ένα μεγάλο αριθμό δυνάμεων που μπορούν να συνοψισθούν στον όρο δυναμική του οχήματος. Εάν το σύνολο των δυνάμεων που επιδρούν δίνουν άθροισμα ίσο με το μηδέν, τότε το όχημα είναι σταματημένο. Εάν το αποτέλεσμα είναι διαφορετικό του μηδενός, τότε το αυτοκίνητο είναι σε κατάσταση κίνησης.

Οι δυνάμεις αυτές μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

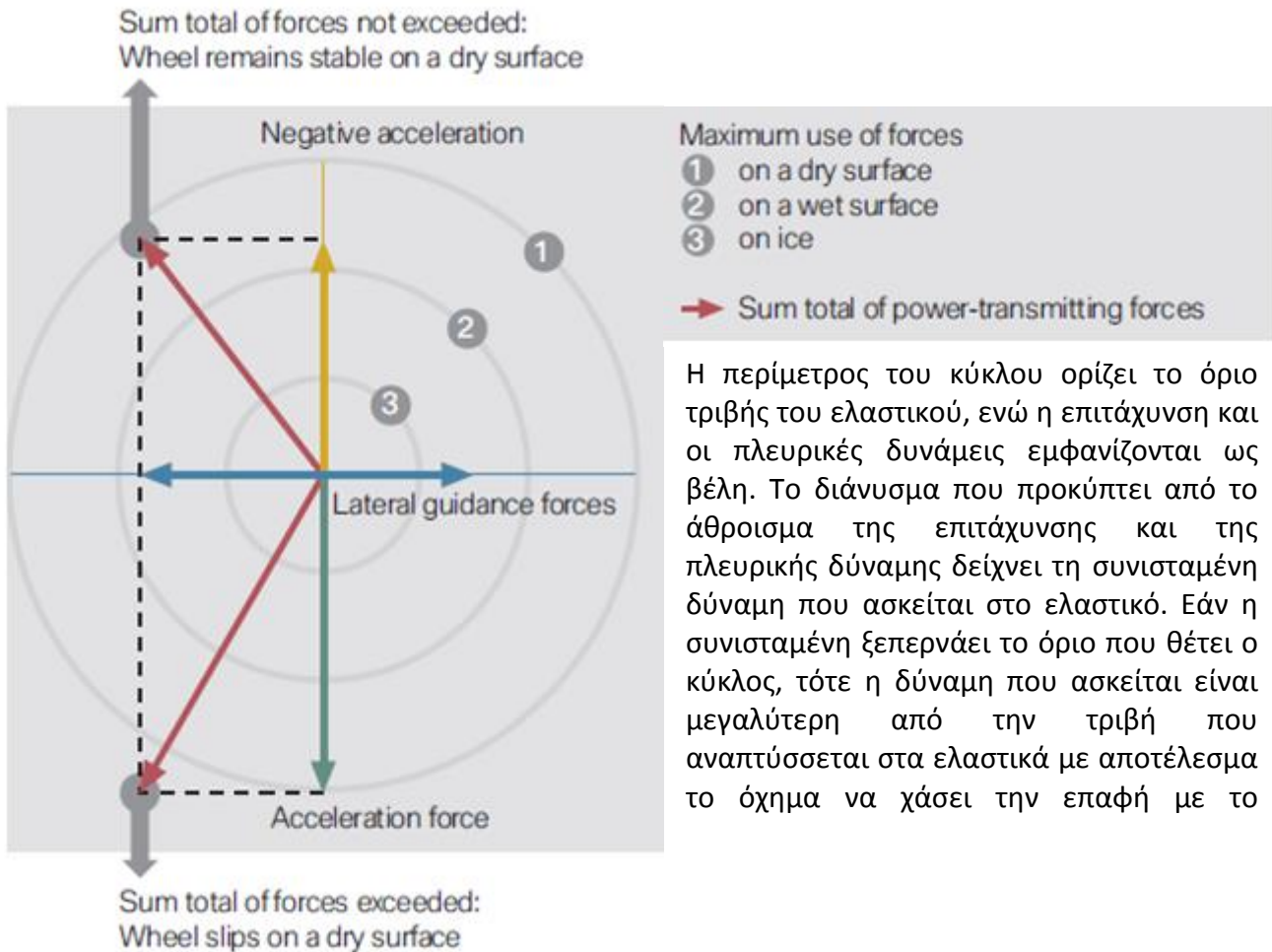
- i. τις *κινητήριες δυνάμεις*, που προέρχονται από τον κινητήρα και προκαλούν την κίνηση του αυτοκινήτου.
- ii. τις δυνάμεις *πλευρικής κατεύθυνσης*, που είναι υπεύθυνες για την αλλαγή διεύθυνσης του αυτοκινήτου.
- iii. τις δυνάμεις *πρόσφυσης*, που είναι οι κάθετες δυνάμεις από τον τροχό προς το έδαφος και εξαρτώνται από το βάρος του οχήματος.
- iv. τις δυνάμεις *πέδησης*, που επενεργούν αντίθετα από την κατεύθυνση κίνησης του τροχού. Οι δυνάμεις πέδησης εξαρτώνται από τον συντελεστή τριβής μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος και από τη δύναμη πρόσφυσης.



**Εικόνα 9 Δυνάμεις που επενεργούν στον τροχό του οχήματος.**

Για να διατηρηθεί η σταθερότητα του αυτοκινήτου, πρέπει οι δυνάμεις που επενεργούν στους τροχούς, και συγκεκριμένα το άθροισμα των κινητηρίων δυνάμεων και το άθροισμα των πλευρικών δυνάμεων, να μην υπερβαίνουν τα όρια πρόσφυσης των ελαστικών. Το όριο αυτό βρίσκεται μέσα στον κύκλο του Kamm ή 'Χάμ' (Διάγραμμα 2). Αν κάποια από τις δυνάμεις αυτές γίνει μεγαλύτερη και ξεπεράσει το όριο που θέτει η περίμετρος του κύκλου τότε το όχημα γίνεται ασταθές.

Οι φυγόκεντρες δυνάμεις που αναπτύσσονται σε στροφές (steering manoeuvres) απορροφώνται από τη πλευρική δύναμη τροχού (lateral guidance forces). Ο κύκλος του Kamm είναι ένας τρόπος για να παρουσιαστεί η κατανομή των δυνάμεων και της τριβής.



Η περίμετρος του κύκλου ορίζει το όριο τριβής του ελαστικού, ενώ η επιτάχυνση και οι πλευρικές δυνάμεις εμφανίζονται ως βέλη. Το διάνυσμα που προκύπτει από το άθροισμα της επιτάχυνσης και της πλευρικής δύναμης δείχνει τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο ελαστικό. Εάν η συνισταμένη ξεπερνάει το όριο που θέτει ο κύκλος, τότε η δύναμη που ασκείται είναι μεγαλύτερη από την τριβή που αναπτύσσεται στα ελαστικά με αποτέλεσμα το όχημα να χάσει την επαφή με το

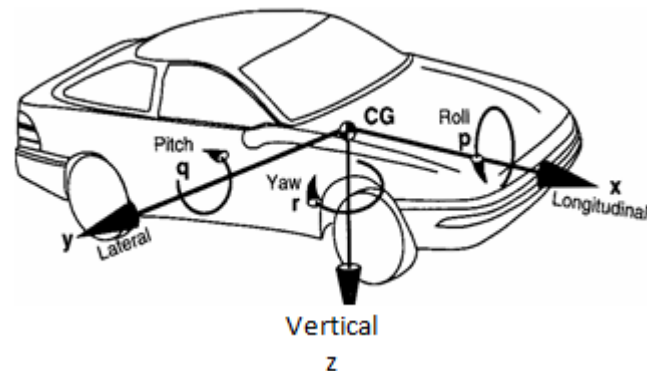
### Διάγραμμα 2 Κύκλος του Kamn – ‘Χάμ’

Η ιδιότητα της επιφάνειας που καθορίζει αν είναι περισσότερο ή λιγότερο ολισθηρή είναι γνωστή ως συντελεστής τριβής. Η απόσταση πέδησης έχει άμεση σχέση με το συντελεστή τριβής. Μία υψηλή τιμή του συντελεστή τριβής υποδηλώνει μία μη ολισθηρή επιφάνεια, όπως π.χ. στεγνή καινούργια ασφάλτο, ενώ μία χαμηλή τιμή υποδηλώνει μία ολισθηρή επιφάνεια, π.χ. έναν παγωμένο δρόμο. Όταν ένας τροχός μπλοκάρει και δεν περιστρέφεται αλλά γλιστράει πάνω στο δρόμο, τότε παρατηρείται το φαινόμενο της ολίσθησης του τροχού. Εκτός από τις δυνάμεις στις οποίες υπόκεινται οι τροχοί, υπάρχουν και άλλες δυνάμεις που επηρεάζουν τη δυναμική του αυτοκινήτου, όπως π.χ. η αντίσταση του ανέμου. Ένας ισχυρός πλευρικός άνεμος προκαλεί την εκτροπή του αυτοκινήτου. Το άθροισμα όλων αυτών των δυνάμεων που εξασκούνται στο αυτοκίνητο και τείνουν να προκαλέσουν την περιστροφή του αυτοκινήτου γύρω από τον κάθετο άξονα είναι γνωστές ως ροπές εκτροπής του αυτοκινήτου. Όταν η ροπή εκτροπής του αυτοκινήτου είναι μέσα στα όρια συνθηκών οδήγησης, το αυτοκίνητο κινείται στην επιθυμητή διαδρομή που ορίζεται από τον οδηγό. Όταν όμως διαγράφεται από το αυτοκίνητο μια άλλη καμπύλη τροχιά, εκτός της επιθυμητής διαδρομής, τότε ασκούνται στο αυτοκίνητο μία από τις δύο ροπές εκτροπής που είναι δυνατόν να υπάρξουν, ως προς το οριζόντιο επίπεδο, και ορίζονται ως υπερτροπή και υποτροπή<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Βλέπε Ηλεκτρονικό Πρόγραμμα Ευστάθειας, ESP.

### 3.4.3 Σύστημα συντεταγμένων

Ένα όχημα, όπως όλα τα στερεά σώματα, μπορεί να κινηθεί προς έξι κατευθύνσεις ακολουθώντας τους λεγόμενους έξι βαθμούς ελευθερίας. Σύμφωνα με την αρχή ελευθερία κινήσεως του οχήματος διαχωρίζεται η διαμήκης και η περιστροφική κίνηση γύρω από τους άξονες, όπως θα δοθούν στη συνέχεια. Οι κινήσεις του οχήματος στο δρόμο καθορίζονται σύμφωνα με το ορθοκανονικό σύστημα συντεταγμένων, κέντρο του οποίου θέτουμε το CG και το οποίο μετακινείται μαζί με το όχημα. Ακολουθώντας τη σύμβαση κατά ISO 855-DIN 7000, οι συντεταγμένες είναι:

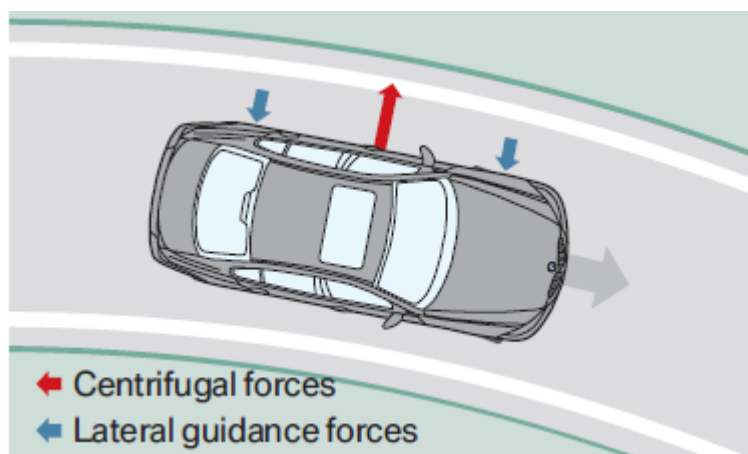


Εικόνα 10 SAE Σύστημα αξόνων του οχήματος

- x - Εμπρός και διαμήκης κίνηση του οχήματος
- y - Πλευρικά και προς τα έξω, από τη δεξιά πλευρά του οχήματος
- z - Προς τα κάτω σε σχέση με το όχημα
- p - Ταχύτητα στρέψης (roll velocity) γύρω από τον άξονα των x
- q - Ταχύτητα (pitch velocity) γύρω από τον άξονα των y
- r - Ταχύτητα εκτροπής (yaw velocity) γύρω από τον άξονα των z

### 3.4.2 Επίδραση των δυνάμεων του οχήματος προς την επιφάνεια του δρόμου

Οι δυνάμεις αυτές μεταδίδονται με την τριβή των ελαστικών που εμφανίζεται όταν όλοι οι τροχοί του οχήματος βρίσκονται στο δρόμο. Σε κανονικές συνθήκες, η αλληλεπίδραση των ελαστικών με το οδόστρωμα συντελεί στη μεταβίβαση δυνάμεων μέσω της θετικής τιμής της τριβής.



Εικόνα 11 Πλευρικές και φυγοκεντρικές δυνάμεις (Lateral and Centrifugal forces).



Όταν η κινητήρια δύναμη αυξηθεί και υπερβεί ένα συγκεκριμένο όριο, τα ελαστικά χάνουν την αμφίδρομη αλληλεπίδραση που είχαν και αρχίζουν να ολισθαίνουν, ενώ ταυτόχρονα το όχημα γλιστράει και είναι πολύ πιθανό να εκτραπεί. Το σημείο στο οποίο ξεκινάει να συμβαίνει η κατάσταση αυτή, εξαρτάται από το συντελεστή τριβής, ο οποίος σε στεγνή άσφαλτο είναι δέκα φορές μεγαλύτερος σε σχέση με την τιμή του συντελεστή στον πάγο. Με τον τρόπο αυτό γίνεται κατανοητό ότι η πλευρική ευστάθεια (lateral stability) στην περίπτωση του πάγου είναι το 1/10 της ασφάλτου και συνεπώς η απόσταση στην οποία θα ακινητοποιηθεί το όχημα θα είναι δέκα φορές μεγαλύτερη. Η τιμή του συντελεστή τριβής δεν εξαρτάται μόνον από την επιφάνεια του οδοστρώματος αλλά και από το είδος των ελαστικών, την κατάσταση στην οποία βρίσκονται καθώς και η σύνθεση και η ποιότητα τους.

### 3.4.4 Επιδόσεις οχήματος κατά την πέδηση

Ο ρόλος του συστήματος πέδησης είναι η εφαρμογή κατάλληλης ροπής πέδησης στο εκάστοτε όχημα το οποίο μελετάται. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται η εφαρμογή συγκεκριμένης δύναμης στο πεντάλ φρένου, με αποτέλεσμα την εμφάνιση της απαιτούμενης δυνάμεως τριβής σε κάθε έναν από τους τροχούς του οχήματος. Το μέγεθος της δυνάμεως τριβής εξαρτάται από την κατασκευή του συστήματος πέδησης που είναι τοποθετημένο στο όχημα. Στη συνέχεια, ορίζεται το μέγεθος που ονομάζεται χαρακτηριστική της πέδησης και συμβολίζεται με C:

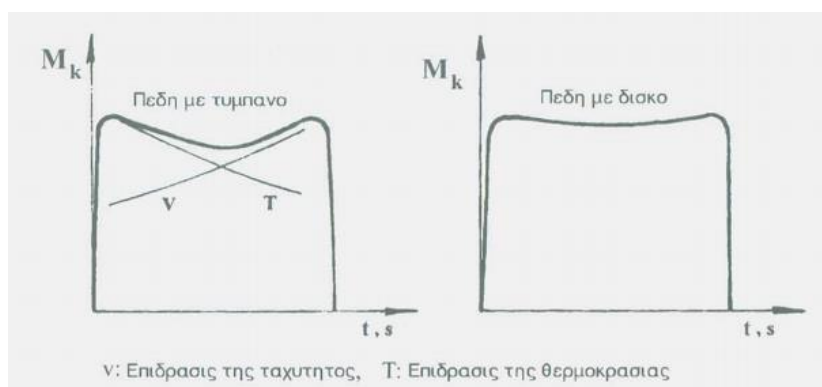
$$C = \frac{F_T}{F_a} \quad (1)$$

Όπου:

$F_T$  Δύναμη τριβής επιταχυνόμενη στην πέδηση του τροχού.

$F_a$  Δύναμη στο πεντάλ του φρένου, η οποία είναι αναγκαία για την ενεργοποίηση αυτής της πέδησης.

Κατά τη σχεδίαση ενός συστήματος πέδησης, ο κατασκευαστής στοχεύει στην μεγιστοποίηση της χαρακτηριστικής της πέδησης C. Τα οχήματα χρησιμοποιούν κυρίως δύο είδη συστημάτων πέδησης : με δίσκο ή με τύμπανο. Οι διαφορές των δύο συστημάτων με στόχο της αξιολόγησή τους καταγράφονται στο διάγραμμα 3 :



**Διάγραμμα 3 Ροπή πέδησης συναρτήσει του χρόνου, πέδηση με δίσκο και με τύμπανο**

Τα συμπεράσματα είναι τα εξής:

1. Η ροπή πέδησης με τύμπανο, παρουσιάζει σημαντικότερη μεταβολή συναρτήσει του χρόνου συγκριτικά με την πέδηση με δίσκο.
2. Κατά την μεταβολή της ροπής πέδησης με τύμπανο, η επίδραση τόσο της ταχύτητας όσο και της θερμοκρασίας είναι επικρατέστερη επί της ροπής πέδησης.
3. Η ροπή πέδησης με δίσκο επηρεάζεται λιγότερο από τη θερμοκρασία και την ταχύτητα, συγκριτικά με την πέδηση με τύμπανο.

Η αποτελεσματικότητα της πέδησης των συστημάτων παρουσιάζει 27 παραμέτρους, με κυριότερης σημασίας αυτές της θερμοκρασίας και της ταχύτητας. Πρακτικά δεχόμαστε ότι η ροπή πέδησης  $M_k$  εξαρτάται από την απαιτούμενη για την ενεργοποίηση της πέδης δύναμη  $F_\alpha$ , από την ταχύτητα του οχήματος  $v$  και από τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στα φρένα  $T$ , δηλαδή:

$$M_k = M_k (F_\alpha, v, T) \quad (2)$$

Η ενεργοποίηση του συστήματος πέδησης συνεπάγεται την εμφάνιση μίας δύναμης επιβραδύνσεως  $K$ , στην επιφάνεια επαφής του ελαστικού και του οδοστρώματος:

$$K = \frac{1}{r_1} (M_k - J_T \cdot \ddot{a}_T) \quad (3)$$

Όπου:

$M_k$	Ροπή πέδησης ασκούμενη στον τροχό
$J_T$	Ισοδύναμη ροπή αδράνειας του τροχού και των λοιπών περιστρεφόμενων μαζών
$\ddot{a}_T$	Γωνιακή επιβράδυνση του τροχού
$r_1$	Δυναμική ακτίνα εμφόρτου τροχού

Η μέγιστη τιμή της δύναμης πέδησης περιορίζεται από τη δύναμη πρόσφυσης,

$$K_{max} = \varphi \cdot Z_T \quad (4)$$

Όπου:

$K_{max}$	η μέγιστη τιμή της ασκούμενης δύναμης πέδησης στον έναν τροχό.
$Z_T$	η κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης του εδάφους στον τροχό.
$\varphi$	ο συντελεστής πρόσφυσης του τροχού στο έδαφος κατά την πέδηση.

Ο συντελεστής πρόσφυσης εξαρτάται από:

1. Τον συντελεστή ολίσθησης
2. Την κατάσταση του οδοστρώματος ( στεγνό, βρεγμένο, χιονισμένο, κτλ)
3. Την ταχύτητα κινήσεως του οχήματος
4. Την κατακόρυφη δύναμη αντιδράσεως του εδάφους στον εκάστοτε τροχό
5. Την πίεση του αέρα εντός του ελαστικού επισώτρου.

Από τη μηχανική προκύπτουν οι επόμενες σχέσεις:

$$j = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\omega_T r_1)}{dt} \quad (5)$$

$$\ddot{a}_T = \frac{j}{r_1} \quad (6)$$

Όπου:

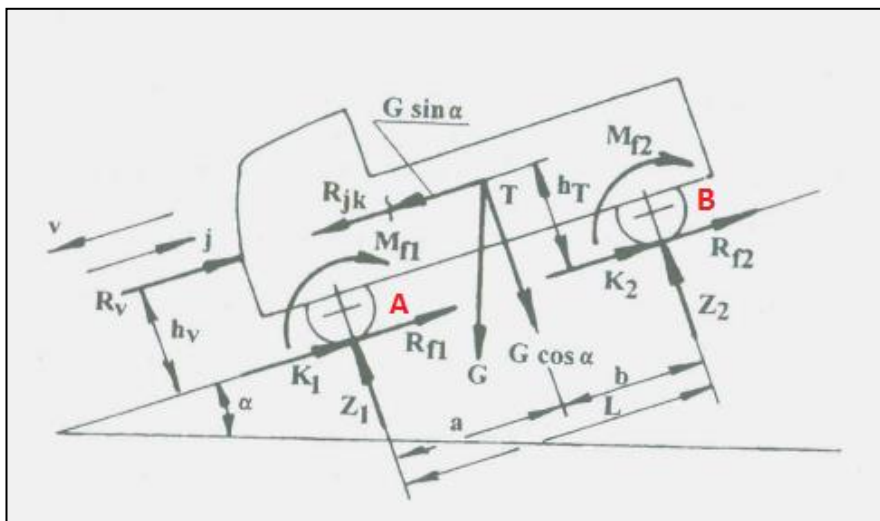
$j$	η επιβράδυνση του οχήματος κατά την πέδηση
$v$	η ταχύτητα του οχήματος
$r_1$	η Δυναμική ακτίνα του έμφορτου τροχού
$\omega_T$	η Γωνιακή ταχύτητα του τροχού
$\ddot{a}_T$	η Γωνιακή επιβράδυνση του τροχού

### 3.4.5 Μέγιστη τιμή της δύναμης πέδησης

Η μέγιστη τιμή της δύναμης πέδησης η οποία επενεργεί σε τροχό οχήματος είναι ίση με την εφικτή δύναμη πρόσφυσης. Θεωρούμε το μοντέλο της Εικόνας 12 στην οποία η συνισταμένη δύναμη πέδησης που επενεργεί στους εμπρόσθιους τροχούς είναι η  $K_1$  και η συνισταμένη δύναμη πέδησης η οποία επενεργεί στους οπίσθιους τροχούς είναι η  $K_2$ . Η ισορροπία όλων των ροπών των δυνάμεων εκφράζεται ως προς τα σημεία A και B αντιστοίχως και λαμβάνουμε δύο εξισώσεις ώστε να υπολογιστούν οι κατακόρυφες δυνάμεις αντιδράσεως του εδάφους στους τροχούς.

$$Z_1 = \frac{1}{L} [b \cdot G \cos \alpha + h_T \cdot (R_{jk} - R_v + G \sin \alpha)] \quad (7)$$

$$Z_2 = \frac{1}{L} [a \cdot G \cos \alpha - h_T \cdot (R_{jk} - R_v + G \sin \alpha)] \quad (8)$$



Εικόνα 12 Δυνάμεις που ενεργούν σε πεδούμενο όχημα

Επιπρόσθετα η σχέση ισορροπίας όλων των δυνάμεων κατά την κατεύθυνση  $x$  δίνει:

$$\sum X = 0 \Rightarrow R_{jk} = K_1 + K_2 + R_{f1} + R_{f2} + R_\omega - G \sin \alpha \quad (9)$$

Συνεπώς οι δυνάμεις αντιδράσεως που ασκεί το έδαφος προς τους τροχούς είναι:

$$Z_1 = \frac{1}{L} [b \cdot G \cos \alpha + h_T \cdot (K_1 + K_2 + f \cos \alpha)] \quad (10)$$

$$Z_2 = \frac{1}{L} [a \cdot G \cos \alpha - h_T \cdot (K_1 + K_2 + f \cos \alpha)] \quad (11)$$

Οι μέγιστες τιμές των δυνάμεων πέδησης υπολογίζονται για τις επόμενες τρεις περιπτώσεις.

A. Πέδηση των εμπρόσθιων τροχών (δείκτης I):

$$\text{Ισχύει η σχέση :} \quad K_I = K_1 = \varphi \cdot Z_1 \quad (12)$$

Ενώ οι σχέσεις (10) και (11) δίνουν:

$$Z_{1,I} = \frac{b+f \cdot h_T}{L-\varphi \cdot h_T} \cdot G \cos \alpha \quad (13)$$

$$Z_{2,I} = \frac{a-(f+\varphi) \cdot h_T}{L-\varphi \cdot h_T} \cdot G \cos \alpha \quad (14)$$

B. Πέδηση των οπίσθιων τροχών (δείκτης II):

$$\text{Ισχύει η σχέση :} \quad K_{II} = K_2 = \varphi \cdot Z_2 \quad (15)$$

Οι σχέσεις (10) και (11) δίνουν:

$$Z_{1,II} = \frac{b+(f+\varphi) \cdot h_T}{L+\varphi \cdot h_T} \cdot G \cos \alpha \quad (16)$$

$$Z_{2,II} = \frac{a-f \cdot h_T}{L+\varphi \cdot h_T} \cdot G \cos \alpha \quad (17)$$

C. Πέδηση όλων των τροχών (δείκτης IV):

Στην περίπτωση αυτή ισχύει η σχέση :

$$K_{IV} = K_1 + K_2 \quad (18)$$

$$K_1 = K_2 = \varphi \cdot G \cos \alpha \quad (19)$$

Ενώ οι σχέσεις (10) και (11) δίνουν:

$$Z_{1,IV} = \frac{1}{L} [b + h_T \cdot (f + \varphi)] \cdot G \cos \alpha \quad (20)$$

$$Z_{2,IV} = \frac{1}{L} [a - h_T \cdot (f + \varphi)] \cdot G \cos \alpha \quad (21)$$

### 3.4.6 Μέγιστη επιβράδυνση του οχήματος

Η μέγιστη επιβράδυνση ενός οχήματος που φρενάρει υπολογίζεται από τη διαφορική εξίσωση της κίνησής του.

$$m_e \cdot j = K + \sum R \Rightarrow \delta' \cdot \frac{G}{g} \cdot j = K + \sum R \quad (22)$$

Όπου:

$m_e = \delta' \cdot m$	Ισοδύναμη μάζα του πεδούμενου οχήματος
$\delta'$	Συντελεστής συμμετοχής των περιστρεφόμενων μαζών του οχήματος
$m = \frac{G}{g}$	Μάζα του οχήματος
$K$	Συνισταμένη όλων των δυνάμεων πέδησης επί των τροχών
$\sum R$	Συνισταμένη όλων των δυνάμεων αντίστασης επί του πεδούμενου οχήματος

Η μέγιστη επιβράδυνση επιτυγχάνεται σε οριζόντιο δρόμο και επομένως οι αντιστάσεις αναρρίχησης θεωρούνται αμελητέες. Αμελητέα θεωρείται επίσης η δύναμη αεροδυναμικής αντίστασης καθώς κατά τη δραστική πέδηση, η ταχύτητα του οχήματος λαμβάνει απότομα χαμηλή τιμή. Η διαφορική εξίσωση κίνησης του οχήματος είναι :

$$\frac{\delta' \cdot G}{g} \cdot j = K + R_f \quad (23)$$

Διακρίνονται πάλι τρεις περιπτώσεις πέδησης:

- A. Πέδηση των εμπρόσθιων τροχών (δείκτης I)
- B. Πέδηση των οπίσθιων τροχών (δείκτης II)
- C. Πέδηση όλων των τροχών (δείκτης I,II)

- A. Πέδηση των εμπρόσθιων τροχών (δείκτης I) :

Από τις σχέσεις (12), (13), (14) και (23) υπολογίζεται η μέγιστη επιβράδυνση ως εξής:

$$j_{I,max} = \frac{g \cdot (b \cdot \varphi + f \cdot L)}{\delta' \cdot (L - h_T \cdot \varphi)} \quad (24)$$

- B. Πέδηση των οπίσθιων τροχών (δείκτης II) :

Από τις σχέσεις (15), (16), (17) και (23) υπολογίζεται η μέγιστη επιβράδυνση ως εξής:

$$j_{II,max} = \frac{g \cdot (a \cdot \varphi + f \cdot L)}{\delta' \cdot (L - h_T \cdot \varphi)} \quad (25)$$

- C. Πέδηση όλων των τροχών (δείκτης I,II) :

Από τις σχέσεις (18), (19), (20), (21) και (23) υπολογίζεται η μέγιστη επιβράδυνση ως εξής:

$$j_{I,II,max} = \frac{g \cdot (\varphi + f)}{\delta'} \quad (26)$$

Οι σχέσεις (24), (25) και (26) οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η μέγιστη τιμή της επιβράδυνσης επιτυγχάνεται όταν ο συντελεστής πρόσφυσης είναι μέγιστος. Ο μέγιστος συντελεστής πρόσφυσης δεν εμφανίζεται στην περίπτωση που οι τροχοί παύουν να περιστρέφονται, δηλαδή όταν είναι μπλοκαρισμένοι ( $\omega_T = 0$ ), αλλά όταν υπάρχει ολίσθηση των τροχών το οχήματος κατά 20-30%. Επομένως η μεγιστοποίηση των δυνάμεων πέδησης εξασφαλίζεται μόνο υπό αυτή την συνθήκη.

Τα σύγχρονα οχήματα έχουν ενσωματωμένο ηλεκτρο-υδραυλικό σύστημα (ABS) το οποίο αποτρέπει τον μηδενισμό της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής των τροχών κατά την πέδηση (μπλοκάρισμα των τροχών). Το σύστημα αυτό διαθέτει αισθητήρες μέτρησης της γωνιακής ταχύτητας κάθε τροχού. Όταν ο ηλεκτρονικός ελεγκτής του συστήματος διαπιστώσει ότι η γωνιακή ταχύτητα ενός τροχού τείνει να μηδενισθεί, μειώνει την επιβαλλόμενη πίεση, δηλαδή μειώνει τη δύναμη πέδησης στη μέγιστη εφικτή τιμή συναρτήσει του διαθέσιμου συντελεστή πρόσφυσης και της ασκούμενη κάθετη δύναμη στον τροχό.

### 3.4.7 Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας της πέδησης

Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της πέδησης δεν επιτυγχάνεται αποκλειστικά με την προϋπόθεση της μέγιστης επιβράδυνσης. Χρησιμοποιούνται πολλές παράμετροι, οι οποίες λαμβάνουν υπ' όψιν τη διακύμανση της τιμής του συντελεστή πρόσφυσης που κυμαίνεται σε ευρύτατα όρια κατά τη χρήση ενός οχήματος. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι σημαντικότερες από αυτές.

Η αποτελεσματικότητα πέδησης  $k_k$  ορίζεται ως ο λόγος της επιτυγχανόμενης επιβράδυνσης προς το συντελεστή πρόσφυσης και ουσιαστικά δείχνει πόσο καλή χρήση γίνεται δεδομένου του συντελεστή πρόσφυσης και του υπάρχοντος συστήματος πέδησης.

$$k_k = \frac{j}{\varphi} \quad (27)$$

Ο χρησιμοποιούμενος συντελεστής πρόσφυσης,  $\varphi_{is}$ , ορίζεται από τη σχέση:

$$\varphi_{is} = \frac{K_i}{Z_i} \quad (28)$$

Όπου:

$K_i$  η επιτυγχανόμενη δύναμη πέδησης των τροχών του  $i$  άξονα του οχήματος  
 $Z_i$  η κατακόρυφη συνισταμένη δύναμη αντίδρασης του εδάφους προς τους τροχούς του  $i$  άξονα του οχήματος.

Ο βαθμός εκμετάλλευσης του συντελεστή πρόσφυσης,  $\eta_i$ , ορίζεται από τη σχέση:

$$\eta_i = \frac{\varphi_{is}}{\varphi_{i \max}} \quad (29)$$

Όπου:

$\varphi_{is}$  η τιμή του συντελεστή πρόσφυσης που χρησιμοποιείται στους τροχούς που φρενάρουν στον  $i$  άξονα του οχήματος  
 $\varphi_{i \max}$  η μέγιστη τιμή του διαθέσιμου συντελεστή πρόσφυσης στους τροχούς που φρενάρουν στον  $i$  άξονα του οχήματος

Ο λόγος της μέγιστης επιτυγχανόμενης επιβράδυνσης ως προς την επιτάχυνση της βαρύτητας,  $q$ , ορίζεται από τη σχέση:

$$q = \frac{j}{g} \quad (30)$$

Όπου:

$j$  η επιβράδυνση του πεδούμενου οχήματος  
 $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας

Ο λόγος  $q$  εκφράζεται επίσης συναρτήσει του χρησιμοποιούμενου συντελεστή πρόσφυσης ως εξής:

$$q \approx \frac{K_i}{G} = \frac{\sum \varphi_{is} \cdot Z_i}{G} \quad (31)$$

Τα κριτήρια που ορίστηκαν επιτρέπουν την αξιολόγηση της πέδησης τόσο του εκάστοτε τροχού (ή άξονα) του οχήματος όσο και του συνόλου του συστήματος πέδησης.

### 3.5 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η συνολική απόδοση της πέδησης

Η απόδοση ενός συστήματος πέδησης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με το σύστημα και επηρεάζουν τη συνολική επιβράδυνση του αυτοκινήτου.

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η συνολική απόδοση του συστήματος πέδησης είναι:

1. Η λειτουργική κατάσταση του συστήματος πέδησης και ιδιαίτερα ο συντελεστής τριβής που αναπτύσσεται ανάμεσα σε ταμπούρο - σιαγόνες ή ανάμεσα σε δισκόπλακα - τακάκια.
2. Η κατάσταση των ελαστικών και του οδοστρώματος και ο συντελεστής τριβής μεταξύ ελαστικών και οδοστρώματος.

### 3.6 Πραγματικές παράμετροι πέδησης

Κατά τη μελέτη και ανάλυση θεμάτων σχετικών με τη πέδηση των οχημάτων πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι εξής παράμετροι:

1. Το χρονικό διάστημα το οποίο μεσολαβεί από τη στιγμή που ο οδηγός αντιλήφθηκε ένα εμπόδιο ως τη στιγμή ενεργοποίησης του πεντάλ του φρένου. Αυτό το χρονικό διάστημα περιλαμβάνει το χρόνο αντίληψης, το χρόνο υπερνικήσεως του φόβου και το χρόνο αντίδρασης. Το άθροισμα των τριών αυτών χρόνων ονομάζεται συνολικός χρόνος αντίδρασης του οδηγού και εξαρτάται από τη φυσική κατάσταση του οδηγού, την ηλικία του, την πείρα κτλ. Η μέση τιμή του συνολικού χρόνου αντίδρασης κυμαίνεται από 0,3sec έως 1,5sec<sup>13</sup>. Αξίζει να σημειωθεί ότι καθ' όλη τη διάρκεια του συνολικού χρόνου αντίδρασης του οδηγού, το όχημα κινείται με αμείωτη ταχύτητα.
2. Η μέγιστη τιμή της δύναμης πέδησης δεν εμφανίζεται αμέσως μόλις ενεργοποιηθεί το σύστημα πέδησης, λόγω των ανοχών κατασκευής του συστήματος. Επίσης με την ενεργοποίηση του συστήματος, αρχικά επέρχεται η παραμόρφωση των τμημάτων του μηχανισμού μετάδοσης της πίεσης και στη συνέχεια κινούνται τα έμβολά του. Αυτός ο χρόνο ονομάζεται χρόνος υστέρησης του συστήματος πέδησης και εξαρτάται από την κατασκευή και κυμαίνεται από 0,2-2,5sec<sup>14</sup>.

Επομένως ο χρόνος στον οποίο ενεργεί το σύστημα πέδησης και αρχίζει να επιβραδύνει το όχημα πρέπει να προσυζητηθεί αφενός κατά το συνολικό χρόνο αντίδρασης του οδηγού και αφετέρου κατά το χρόνο υστέρησης του συστήματος πέδησης.

---

<sup>13</sup> Simic.D: Motorna vozila, Beograd,1988.

<sup>14</sup> Simic.D & Todorovic, Beograd,1988.

### 3.7 Λειτουργία και διάταξη του συστήματος πέδησης

#### 3.7.1 Γενικά στοιχεία

Με το σύστημα πέδησης επιτυγχάνεται η ελάττωση της ταχύτητας ή ακόμη και η ακινητοποίηση του οχήματος, καθώς επίσης και η διατήρηση σταθερής ή και μηδενικής ταχύτητας σε κατωφέρεια. Με το σύστημα πέδησης επιτυγχάνεται και η μέτρηση της ισχύος του κινητήρα, μέσω της ροπής αντιστάσεως.

Κατά την πέδηση η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα, η οποία αυξάνει τη θερμοκρασία τοπικά. Αυτή η τοπική υπερθέρμανση μπορεί να οδηγήσει σε λειτουργική αστοχία του συστήματος. Για τον λόγο αυτό πρέπει η θερμότητα να απαχθεί άμεσα στο περιβάλλον με κατασκευαστικά μέσα.

Σαν *Θεμελιώδη εξαρτήματα πέδησης* μπορούν να καθοριστούν τα εξαρτήματα που βρίσκονται τοποθετημένα στο εξωτερικό άκρο των αξόνων. Ένα σύστημα πέδησης, όπως αυτό χρησιμοποιείται σε βαρέως τύπου οχήματα, περιλαμβάνει τις ακόλουθες διατάξεις:

- Την πέδη λειτουργίας
- Την εφεδρική πέδη
- Την πέδη στάσεως (χειρόφρενο)
- Την μόνιμη πέδη (επιβραδυντής, retarder)
- Την αυτόματη πέδη (ρυμουλκούμενα, τρένα).

Οι διατάξεις πέδησης, ανάλογα με τον αριθμό των κυκλωμάτων που περιλαμβάνουν, διακρίνονται σε:

- Μονού κυκλώματος
- Διπλού κυκλώματος

Για λόγους ασφαλείας, στα επαγγελματικά οχήματα χρησιμοποιούνται πλέον τα συστήματα διπλού κυκλώματος. Το μειονέκτημα κάθε υδραυλικού συστήματος είναι ότι τυχόν απώλεια σε οποιοδήποτε σημείο θέτει όλο το σύστημα εκτός λειτουργίας. Στην περίπτωση του συστήματος πέδησης οι συνέπειες είναι σοβαρότερες, διότι ουσιαστικά το όχημα μένει χωρίς φρένα. Υπάρχει βέβαια το χειρόφρενο, αλλά αυτό δεν είναι ικανό να ακινητοποιήσει το αυτοκίνητο σε μικρό χρονικό διάστημα. Αν τοποθετήσουμε στο αυτοκίνητο ένα διπλό υδραυλικό σύστημα πέδησης, δηλαδή ένα σύστημα που να έχει δύο ανεξάρτητα μεταξύ τους κυκλώματα, τότε το πρόβλημα λύνεται. Με την τοποθέτηση διπλού υδραυλικού συστήματος πέδησης στο αυτοκίνητο, σε περίπτωση βλάβης, υπάρχει η περίπτωση ένα μέρος του κυκλώματος να μη λειτουργεί, ενώ κάποιο άλλο μέρος λειτουργεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Ένα ακόμη ζήτημα που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι θεωρητικά η δύναμη πέδησης θα πρέπει να κατανέμεται μεταξύ των μπροστινών και των πισινών τροχών, ανάλογα με το βάρος που φέρουν. Η πέδηση έχει ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση του βάρους προς τα μπρος. Αυτή η μεταφορά βάρους αυξάνει το φορτίο στους μπροστινούς τροχούς και ταυτόχρονα το φορτίο μειώνει στους οπίσθιους.

Ο μηχανισμός ενεργοποίησης μετάδοσης μπορεί να είναι μηχανικός, υδραυλικός, πνευματικός, υδροπνευματικός ή ηλεκτρομαγνητικός. Όλες οι αντιστάσεις κίνησης του οχήματος υποβοηθούν τις διατάξεις πέδησης. Το σύστημα πέδησης, σαν κύριο στοιχείο της *ενεργητικής ασφάλειας* του οχήματος, πρέπει να πληροί ορισμένες ελάχιστες απαιτήσεις, όπως αυτές καθορίζονται σε διεθνείς κανονισμούς. Η κύρια προδιαγραφή είναι η ελάχιστη μέση επιβράδυνση που πρέπει να διασφαλίζει το όχημα, ανάλογα με την κατηγορία του.



### 3.7.2 Διατάξεις συστημάτων μετάδοσης

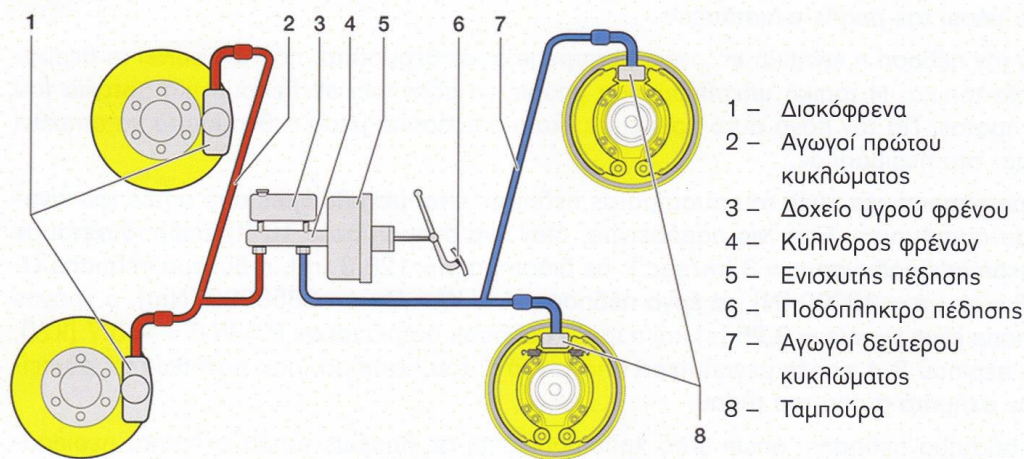
Χρησιμοποιούνται σχεδόν πάντα διατάξεις δύο κυκλωμάτων, δηλαδή διπλό κύκλωμα, για λόγους ασφαλείας. Ανάλογα με τη διάταξή τους, διακρίνονται σε:

- Κανονική. Ένα κύκλωμα για τους εμπρόσθιους και ένα κύκλωμα για τους οπίσθιους τροχούς.
- Διαγώνια. Δύο κυκλώματα, το καθένα για τους διαγώνιους τροχούς.
- Διευρυμένη κανονική. Το πρώτο κύκλωμα για τους εμπρόσθιους και το δεύτερο για όλους τους τροχούς.
- Δεύτερη διαγώνια. Το πρώτο κύκλωμα για τους εμπρόσθιους και ένα οπίσθιο τροχό και το δεύτερο κύκλωμα για τους εμπρόσθιους και το δεύτερο οπίσθιο τροχό.
- Διπλό κύκλωμα για όλους τους τροχούς. Η καλύτερη αλλά και ακριβότερη λύση.

### 3.8 Βασικοί μηχανισμοί

Οι κύριοι μηχανισμοί του συστήματος είναι ο μηχανισμός χειρισμού (ποδόπληκτρο, μοχλός χειρόφρενου), ο μηχανισμός ενεργοποίησης μετάδοσης και ο μηχανισμός πέδησης τροχού. Στην Εικόνα 13 δίνεται η τυπική μορφή ενός απλού υδραυλικού συστήματος πέδησης δύο κυκλωμάτων, που συναντάται σε μικρά φορτηγά.

Για την πέδηση του τροχού χρησιμοποιούνται κυρίως ταμπούρα και δισκόφρενα, τα οποία θα αναφερθούν στη συνέχεια του κεφαλαίου.



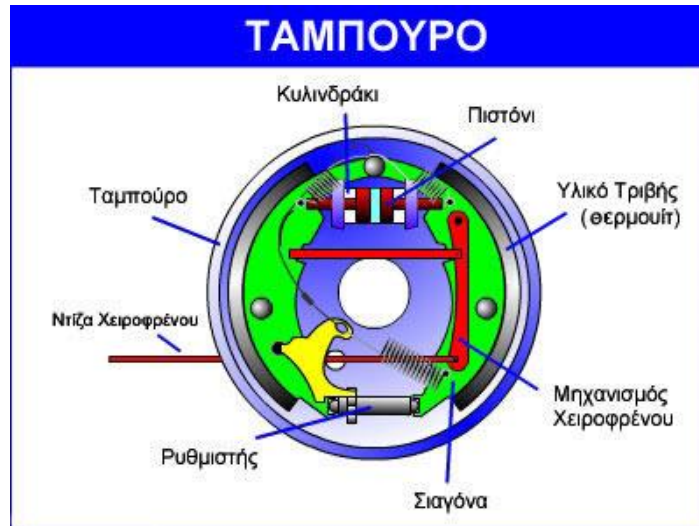
Εικόνα 13 Υδραυλικό σύστημα πέδησης δύο κυκλωμάτων

#### 3.8.1 Ταμπούρα

Αρχικά τα ταμπούρα ήταν ιδιαίτερα δημοφιλή, όπως φάνηκε με το "σκαραβαίο", κατά τη διάρκεια του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου Πολέμου όσο και μετά τον τερματισμό του. Το "Κατσαριδάκι" ήταν εξοπλισμένο με ταμπούρα σε κάθε έναν από τους τέσσερις τροχούς. Αυτά αποτελούνταν από ένα κοίλο κυλινδρικό τύμπανο στην εσωτερική επιφάνεια του οποίου πίεζαν δύο σιαγόνες επενδεδυμένες με ειδικά υλικά τριβής. Άλλωστε, η λέξη ταμπούρο παράγεται από την αραβική λέξη *tambur*, δηλαδή τύμπανο. Το τύμπανο ήταν πακτωμένο στο κέντρο του τροχού και περιστρεφόταν μαζί του, ενώ οι σιαγόνες ήταν εδρασμένες στον άξονα περιστροφής. Το υλικό κατασκευής ενός ταμπούρου είναι κατά κύριο λόγο ο χυτοσίδηρος ή και από κράμα αλουμινίου-χαλκού για εφαρμογές σε δίκυκλα οχήματα αλλά και σε επιβατικά. Αναφορικά με το υλικό των σιαγόνων, τα κράματα αλουμινίου είναι τα επικρατέστερο είδος. Παράγονται είτε με χύτευση είτε με συγκόλληση φύλλων χάλυβα. Το υλικό τριβής (θέρμουιτ) είναι κατασκευασμένο από θερμοπλαστική ρητίνη, το οποίο παράγεται μέσω θερμικής κατεργασίας.

### 3.8.1.1 Λειτουργία

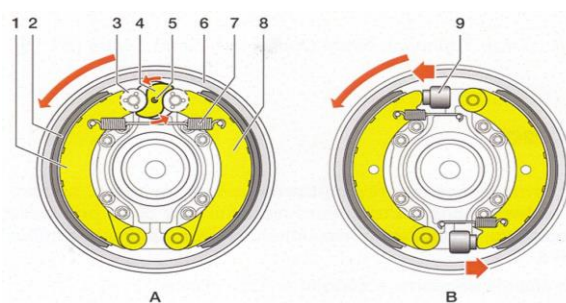
Στα ταμπούρα η πέδηση γίνεται με πίεση δύο σιαγόνων που έχουν ημικυλινδρική μορφή και φέρουν το υλικό τριβής. Όταν απομακρυνθεί η σιαγόνα από το κυλινδράκι και ασκήσει πίεση στο σώμα του τυμπάνου, δημιουργείται τριβή επί της εσωτερικής επιφάνεια του τυμπάνου πέδης (ταμπούρο). Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, είναι η επιβράδυνση ή ακόμα και η ολική ακινητοποίηση ενός οχήματος. Ανάλογα με τον τρόπο δράσης και ενεργοποίησης των σιαγόνων, δίνουν διαφορετικά χαρακτηριστικά στην πέδη.



Εικόνα 14 Ταμπούρο

Στο σύστημα Simplex υπάρχει ένας διπλός κύλινδρος, ενώ οι δύο σιαγόνες έχουν σταθερά σημεία περιστροφής. Διακρίνονται σε πρωτεύουσα και δευτερεύουσα σιαγόνα. Στην πρωτεύουσα σιαγόνα, υπάρχει αυτοενίσχυση της δύναμης, γιατί η δύναμη τριβής που αναπτύσσεται μεταξύ σιαγόνας και ταμπούρου, δημιουργεί μία ροπή ως προς το σημείο περιστροφής, που ωθεί τη σιαγόνα στο ταμπούρο. Έτσι, αυξάνεται η τριβή και η φθορά. Το αντίθετο συμβαίνει στη δευτερεύουσα σιαγόνα.

Στο σύστημα Duplex υπάρχουν δύο μονοί κύλινδροι, ενώ οι σιαγόνες έχουν σταθερά σημεία περιστροφής. Έτσι και στις δύο σιαγόνες υπάρχει αυτοενίσχυση της δύναμης (δύο πρωτεύουσες σιαγόνες). Στην Εικόνα 15 δίνονται οι μορφές των συστημάτων Simplex και Duplex.



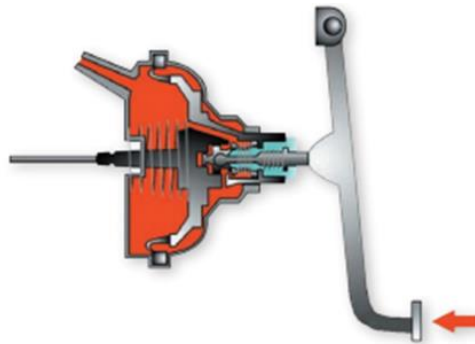
- 1 – Πρωτεύουσα σιαγόνα
- 2 – Υλικό τριβής
- 3 – Τροχός ενεργοποίησης
- 4 – Έκκεντρο
- 5 – Εκκεντροφόρος
- 6 – Τύμπανο πέδης
- 7 – Επανατατικό ελατήριο
- 8 – Δευτερεύουσα σιαγόνα
- 9 – Κύλινδρος Πέδης

Εικόνα 15 Ταμπούρο Simplex (A) και τύπου Duplex (B)

### 3.8.2 Σερβομηχανισμός

Το σερβόφρενο (vacuum power booster), χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά το 1954 σε αγώνες παγκοσμίου κλίμακας από την Mercedes Benz με τους οδηγούς Μος και Φάντζιο. Το συγκεκριμένο εξάρτημα είναι τοποθετημένο πριν την κεντρική αντλία υγρών- φρένων και είναι μια υποβοήθηση για την κυκλοφορία των υγρών φρένων. Αυτό γίνεται κατορθωτό είτε με την εκμετάλλευση μέρους της υποπίεσης που δημιουργείται στα έμβολα της μηχανής είτε με τη βοήθεια αντλίας που παίρνει κίνηση από τη μηχανή. Ο σερβομηχανισμός είναι ένα υποβοηθητικό σύστημα που έχει ως σκοπό να μειώνει σημαντικά τη δύναμη που πρέπει να καταβάλει ο οδηγός στο πεντάλ κατά την πέδηση. Η σύνδεση του σερβομηχανισμού με το υδραυλικό σύστημα επιτυγχάνεται με ένα κυλινδρικό σωλήνα, με τον οποίο μεταφέρετε η υποπίεση από την πολλαπλή εισαγωγή του αέρα στο σερβόφρενο. Με αυτόν τον τρόπο η διάταξη αυτή, προσφέρει μια ομαλότερη λειτουργία κατά την διάρκεια της επιβράδυνσης ενός οχήματος, όπως για παράδειγμα, μαλακότερο πεντάλ. Η εντατική χρήση των φρένων είναι κουραστική για τον οδηγό, ιδίως σε βαριά οχήματα και σε αυτοκίνητα με δισκόφρενα, όπου απαιτείται αυξημένη πίεση στο πεντάλ, για το λόγο αυτό ο σερβομηχανισμός έχει αποδειχθεί πολύτιμο εργαλείο για τους οδηγούς των φορτηγών.

Βασικό στοιχείο αυτού του εξαρτήματος είναι οι σωληνώσεις, όπου αποτελούν τους φορείς του ρευστού (υγρά φρένων). Τα μέρη του εξαρτήματος που καθιστούν την πέδηση εφαρμόσιμη, είναι τα μέσα τριβής. Οι σιαγόνες και τα τακάκια, είναι τέτοιου είδους εξαρτήματα, τα οποία ασκούν πίεση προς το ταμπύρο ή το δίσκο φρένου αντίστοιχα.

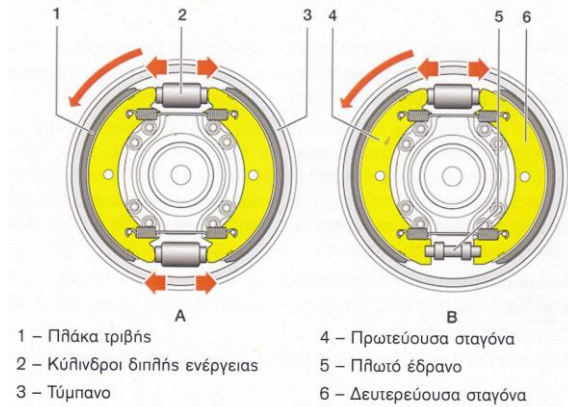


Εικόνα 16 Σερβόφρενο.

#### 3.8.2.1 Λειτουργία

Όταν ο οδηγός απελευθερώνει το πεντάλ του φρένου, η πίεση από την αντλία των φρένων διοχετεύεται στην αριστερή πλευρά του εμβόλου του Hydrovac (σερβό) και της βαλβίδας υποπίεσης. Υπό αυτές τις συνθήκες η ατμοσφαιρική πίεση διοχετεύεται στην αριστερή πλευρά του εμβόλου ισχύος. Το σύστημα σέρβο αποτελείται από ένα μονό κύλινδρο και από δύο σιαγόνες που συνδέονται μεταξύ τους με ένα μεταβλητό σημείο περιστροφής, ενώ η δεύτερη έχει στο άλλο άκρο της ένα σταθερό σημείο περιστροφής. Το Hydrovac έχει μερικά μειονεκτήματα. Αν ο κινητήρας σβήσει ή ο σωλήνας υποπίεσης αποσυνδεθεί από το Hydrovac, τότε η πίεση μειώνεται πολύ γρήγορα στο θάλαμο υποπίεσης, με αποτέλεσμα να υπάρχει μειωμένη υποβοήθηση. Αυτό μπορεί να προκαλέσει ακόμη και σύγκρουση.

Ακόμη, υπάρχουν και οι παραλλαγές διπλό Duplex και διπλό Σέρβο, εικόνα 17.

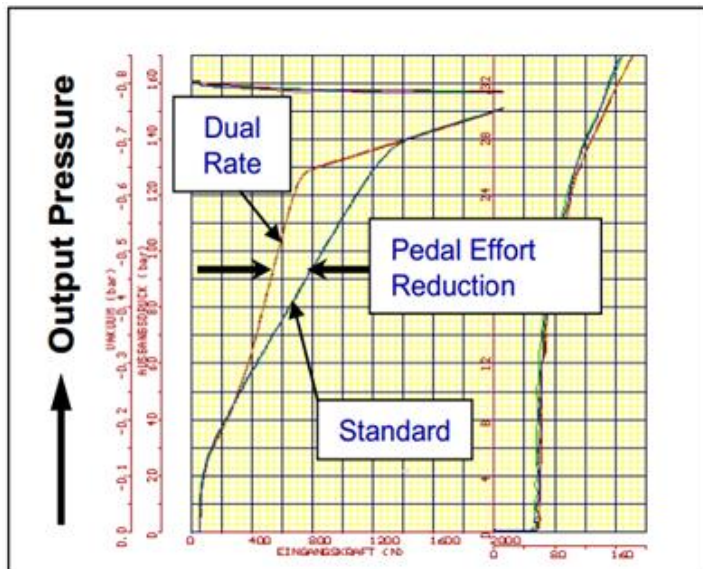


**Εικόνα 17 Ταμπούρο διπλό Duplex (A), διπλό Σέρβο (B)**

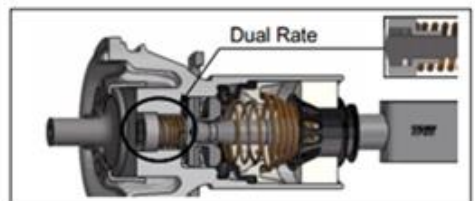
Στη συναρμολόγηση Duo Servo, ή όπως αναφέρεται στην ελληνική βιβλιογραφία Ταμπούρο με συνδυασμένες σιαγόνες, η μπροστινή σιαγόνα ονομάζεται οδηγός ενώ η πίσω οδηγούμενη. Ένας πλωτός ρυθμιστικός κοχλίας (σύνδεσμος) είναι τοποθετημένος μεταξύ του κάτω μέρους των δύο σιαγόνων και ο ρόλος του είναι η μετάδοση της δύναμης πέδησης από την οδηγό σιαγόνα στην οδηγούμενη. Πλέον οι σιαγόνες αυτού του τύπου δεν χρησιμοποιούνται εκτεταμένα στα μεσαίας κατηγορίας φορτηγά.

Η συναρμολόγηση Duplex διαθέτει ένα κυλινδράκι εγκατεστημένο μεταξύ των επάνω άκρων των σιαγόνων. Το επάνω άκρο του μοχλού πέδησης εφάπτεται στην ωστική ράβδο στο κυλινδράκι και το κάτω άκρο του μοχλού πέδησης εφάπτεται στο ρυθμιστικό κοχλίας. Η δομή αυτή πλέον δε χρησιμοποιείται στα φορτηγά μεσαίας κατηγορίας, μπορεί όμως να βρεθεί σε παλαιά φορτηγά.

Όσον αφορά στο διπλό σερβομηχανισμό, η καμπύλη που φανερώνει το ποσό εκμετάλλευση του μέρους της υποπίεσης, δίνεται στο διάγραμμα 4.



Η χαρακτηριστική καμπύλη απόδοσης του διπλού σερβομηχανισμού, αναπαριστά την εφαρμογή πίεσης  $20 \pm 10$  bar. Ο διπλός σερβομηχανισμός έχει εξίσου υψηλή απόδοση με τον απλό αλλά ασκώντας μικρότερη πίεση. Για την τοποθέτησή του δεν απαιτείτε να προϋπάρχει ABS, σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών.



**Διάγραμμα 4 Χαρακτηριστική καμπύλη απόδοσης διπλού σερβομηχανισμού.**



### 3.8.3 Δισκόφρενα

Η πρώτη εφαρμογή των δισκοφρένων ήταν από τη Jaguar το 1952, ενώ η πρώτη ευρεία χρήση τους σε επιβατικά ξεκίνησε από τη Γερμανία με το μοντέλο Ford 17M που βγήκε στην παραγωγή το 1961.

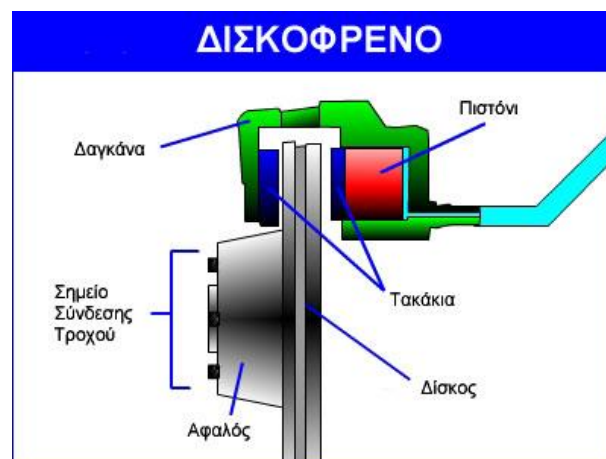
Το υλικό κατασκευής τέτοιων δίσκων είναι χάλυβας υψηλής αντοχής, αλλά και από ανθρακονήματα σε κατηγορίες αγωνιστικών οχημάτων. Το υλικό στα τακάκια, με τη σειρά τους, είναι κατασκευασμένα από θερμικές ρητίνες, ανθρακονήματα και κέβλαρ. Τα δύο τελευταία υλικά είναι γνωστά στον χώρο της μηχανολογίας λόγω του πολύ μικρού βάρους τους και της μεγάλης ανθεκτικότητας τους σε θερμικές και γεωμετρικές καταπονήσεις. Επίσης προτιμούνται στην μηχανοκίνηση λόγω της επίτευξης μεγάλου συντελεστή τριβής ακόμα και σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Μέχρι τώρα, όλα περιείχαν αμίαντο και το υλικό αυτό είναι από πολλά χρόνια γνωστό ως καρκινογόνο. Τα τελευταία χρόνια κατόρθωσαν οι τεχνικοί να κατασκευάσουν εναλλακτικά υλικά που να έχουν τις επιθυμητές ιδιότητες, δηλαδή σταθερό συντελεστή τριβής για τεράστιες θερμοκρασιακές μεταβολές. Σήμερα, χάρη στην έρευνα των εργαστηρίων και των κατασκευαστριών εταιρειών, τα τακάκια «*asbestos-free*» έχουν διαδοθεί και δεν προκαλούν εντύπωση.

Τα δισκόφρενα είναι ένας τύπος πέδησης που αποτελείται από δύο βασικά μέρη:

1. Έναν επίπεδο ρότορα (δίσκος), που είναι τοποθετημένος εντός και επί του τροχού ενός οχήματος και άρα περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα.
2. Μία δαγκάνα που είναι ακίνητη ως προς τον ρότορα και επικαλύπτει ένα μέρος της περιφέρειάς του.

#### 3.8.3.1 Λειτουργία

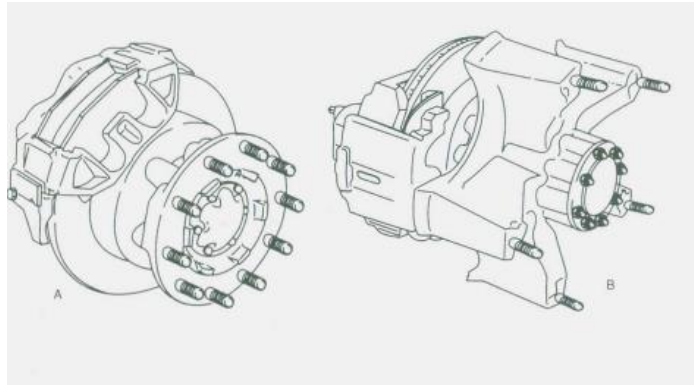
Όταν το πεντάλ του φρένου είναι πατημένο, προκαλεί τη δαγκάνα να πιέσει τα τακάκια (επιφάνειες πίεσης του ρότορα) αντιδιαμετρικά αντίθετα ως προς τις δύο πλευρές του περιστρεφόμενου δίσκου. Τα τακάκια προσπαθούν να συμπιέσουν ή να συγκρατήσουν τους δίσκους, με αποτέλεσμα να επιβραδύνονται ή να σταματήσουν οι τροχοί. Συχνά η θερμότητα που αναπτύσσεται είναι πολύ υψηλή και δημιουργεί προβλήματα παραμόρφωσης. Οι δίσκοι πρέπει να έχουν διαστασιακή σταθερότητα, μαζί με ελεγχόμενη αποβολή της θερμότητας.



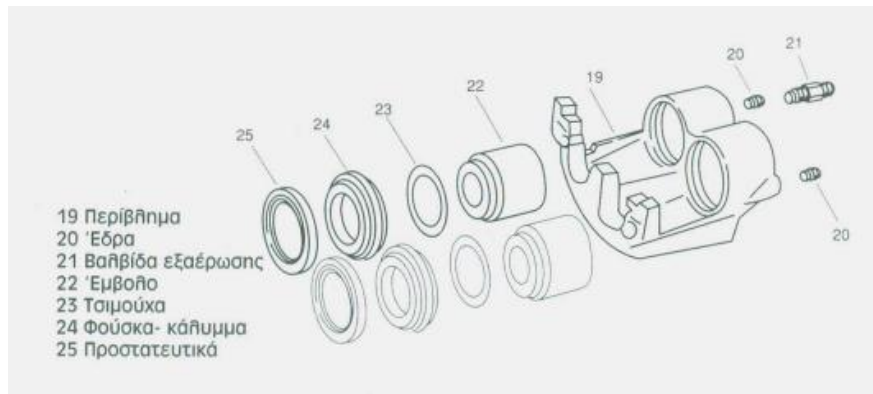
Εικόνα 18 Δισκόφρενο

Μερικά φορτηγά μεσαίας κατηγορίας με υδραυλικό σύστημα πέδησης έχουν δισκόφρενα μπροστά και πίσω. Στο δισκόφρενο τα τακάκια είναι τοποθετημένα μέσα στη δαγκάνα και εξωτερικά από το δίσκο. Ο δίσκος είναι στερεωμένος στην πλήμνη του τροχού (Εικόνα 19). Πίσω από τα τακάκια βρίσκονται μικρά έμβολα, συνήθως κατασκευασμένα από αλουμίνιο, τα οποία είναι τοποθετημένα μέσα σε μικρούς κυλίνδρους. Μία τσιμούχα είναι τοποθετημένη σε κάθε έμβολο για να αποτραπεί η διαρροή των υγρών

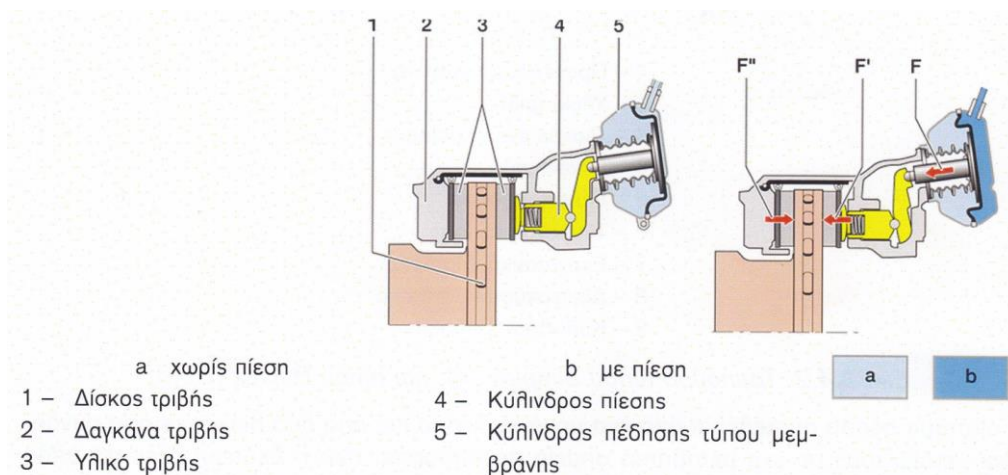
φρένων. Μία ελαστική φούσκα (κάλυμμα) βρίσκεται στο εξωτερικό άκρο του εμβόλου για να αποτραπεί η εισροή σκόνης μέσα στο υγρό φρένων, (Εικόνα 20). Ένας κοχλίας εξαέρωσης σε κάθε δαγκάνα επιτρέπει την εξαγωγή του αέρα από το σύστημα πέδησης. Οι πίσω δαγκάνες είναι παρόμοιου σχεδιασμού με τις μπροστινές. Στα δισκόφρενα πλωτής έδρασης, η έδραση κινείται αξονικά (Εικόνα 21).



Εικόνα 19 Δισκόφρενα, τακάκια και δίσκο.



Εικόνα 20 Εξαρτήματα δαγκάνας.



Εικόνα 21 Δισκόφρενα πλωτής έδρασης

### 3.8.3.2 Μηχανικά προβλήματα από τη φθορά δισκοφρένων

Αίτια που προκαλούν τη φθορά των δισκοφρένων:

1. Μια από τις βασικές αιτίες είναι η έντονη χρήση. Η τριβή φθείρει το υλικό και κατά συνέπεια μετά από ορισμένα χιλιόμετρα, τα οποία καθορίζει ο κατασκευαστής (συνήθως 15.000- 20.000 χλμ), πρέπει να γίνεται αλλαγή στα τακάκια.
2. Να έχει φθαρεί πλήρως το υλικό τριβής των τακακίων που έρχεται σε επαφή με το δίσκο. Υπό αυτές τις συνθήκες παρουσιάζεται τριβή μεταξύ δύο μετάλλων, γεγονός που προκαλεί ανεπανόρθωτες παραμορφώσεις στην επιφάνεια της δισκόπλακας και κατά συνέπεια απαιτείται αλλαγή.
3. Να έχει υπερθερμανθεί ο δίσκος από απότομο φρενάρισμα με μεγάλη ταχύτητα. Σε περίπτωση που ο δίσκος έχει 'πυρώσει' και στη συνέχεια της διαδρομής το όχημα διέλθει από σημείο με νερό, η απότομη αλλαγή θερμοκρασίας θα στραβώσει το δίσκο.

Συνέπειες και ενδείξεις φθαρμένων δισκοφρένων:

1. Η σημαντικότερη συνέπεια είναι ότι από τη στιγμή που τα τακάκια και οι δισκόπλακες έχουν φθαρεί αυξάνεται η απόσταση ακινητοποίησης του οχήματος.
2. Στα περισσότερα αυτοκίνητα, υπάρχουν είτε φωτεινές ενδείξεις στο ταμπλό των οργάνων είτε εμφανίζονται κάποια μηνύματα στη οθόνη ελέγχου, που προτρέπουν σε αλλαγή των υλικών τριβής, στα τακάκια.
3. Όταν τα δισκόφρενα είναι φθαρμένα, κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος το τιμόνι εμφανίζει "τρέμουλο".
4. Κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος τρέμει το πεντάλ των φρένων, ενώ η φθορά αποτελεί βασική αιτία για μειωμένη αίσθηση στο φρενάρισμα. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι στα οχήματα που είναι εφοδιασμένα με ABS όταν χρησιμοποιούμε όλη τη διαδρομή του πεντάλ, αυτό κάνει μια χαρακτηριστική κίνηση σαν 'κλότσημα'. Αυτό όμως δεν συσχετίζεται με πρόβλημα στα δισκόφρενα.
5. Μέσα από τη ζάντα είναι εύκολο να διακριθεί ο δίσκος και κατά συνέπεια να διαπιστωθεί εάν είναι φθαρμένος. Οι φθαρμένοι δίσκοι έχουν ως χαρακτηριστικό τους πολλούς χαραγμένους δακτυλίους.
6. Πατώντας τα φρένα παράγεται "σφυριχτός" θόρυβος. Αυτό είναι τυπικό δείγμα φθαρμένων τακακίων.

### 3.8.4 Μετρητική βαλβίδα

Η μετρητική βαλβίδα χρησιμοποιείται στα συστήματα πέδησης που διαθέτουν δισκόφρενα εμπρός και ταμπούρα πίσω. Κατά τη διάρκεια πέδησης σε αυτό το σύστημα φρένων, η πίεση του υγρού προς τα πίσω φρένα πρέπει να υπερνικήσει τη δύναμη από το ελατήριο επιστροφής των σιαγόνων που ωθεί τις σιαγόνες προς τα έξω. Απαιτείται ένα μικρό χρονικό διάστημα για να τροφοδοτηθούν τα πίσω φρένα. Τα τακάκια κινούνται πιο γρήγορα επάνω στο δίσκο ενώ η μετρητική βαλβίδα καθυστερεί την πίεση του υγρού φρένων στις μπροστινές δαγκάνες κατά τα ελαφρά φρεναρίσματα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η πέδηση μπρος και πίσω να εμφανίζεται την ίδια χρονική στιγμή. Η ενέργεια αυτή αποτρέπει το μπλοκάρισμα τροχών στα ελαφρά φρεναρίσματα σε ολισθηρό οδόστρωμα. Στα σκληρά φρεναρίσματα η μετρητική βαλβίδα παραμένει ανοικτή και δεν επιδρά στη λειτουργία των φρένων.

### 3.9 Είδη συστημάτων πέδησης

#### 3.9.1 Γενικά στοιχεία

Στα σύγχρονα αυτοκίνητα συναντούμε τρία είδη βασικών συστημάτων πέδησης:

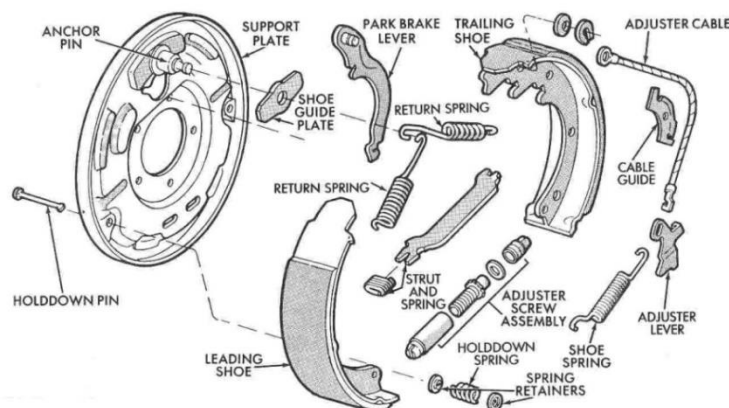
1. Το μηχανικό
2. Το υδραυλικό
3. Τα αερόφρενα

Το μηχανικό σύστημα, επειδή παρουσιάζει κάποια προβλήματα, όπως για παράδειγμα τη μη άμεση ανταπόκριση και μη ικανοποιητική πέδηση, δε χρησιμοποιείται ως βασικό σύστημα πέδησης, αλλά μόνο ως βοηθητικό. Ως βασικό σύστημα πέδησης χρησιμοποιούνται είτε τα υδραυλικά φρένα είτε τα αερόφρενα. Το υδραυλικό σύστημα φρένων, σε σύγκριση με τα αερόφρενα, είναι πιο απλό στην κατασκευή και έχει μικρότερο όγκο και βάρος. Σε περιπτώσεις όμως κατά τις οποίες απαιτείται απότομο φρενάρισμα, ο οδηγός είναι υποχρεωμένος να πατήσει με μεγάλη δύναμη το πεντάλ του φρένου (800-1000N). Γι' αυτό το υδραυλικό σύστημα χρησιμοποιείται στα ελαφρά αυτοκίνητα και σε φορτηγά οχήματα βάρους μέχρι 5-6t. Σε οχήματα με βάρος μεγαλύτερο των 8t, συνήθως τοποθετούνται αερόφρενα. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος για τον οποίο το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών που τοποθετείται εκ των υστέρων (retrofit) προϋποθέτει το όχημα να φέρει πνευματικό σύστημα πέδησης. Τα αερόφρενα είναι πιο πολύπλοκα στην κατασκευή τους και πιο δαπανηρά από τα υδραυλικά, παρουσιάζουν όμως υψηλότερη αποδοτικότητα, αφού η δύναμη της πέδησης, που δημιουργείται με τη βοήθεια πιεσμένου αέρα, είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη που μπορεί να εξασκήσει ο οδηγός.

Πέρα όμως από τα βασικά συστήματα πέδησης υπάρχουν και οι βοηθητικοί μηχανισμοί. Σε ορισμένα ημιφορτηγά και βαριά οχήματα τοποθετείται ένα σχετικά νέο σύστημα πέδησης, που δεν επιδρά όμως στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αλλά στο στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής (πέδηση με τη βοήθεια των καυσαερίων). Άλλος ένας βοηθητικός μηχανισμός είναι η ηλεκτρική πέδηση (Ηλεκτρόφρενα).

#### 3.9.2 Μηχανικό σύστημα πέδησης

Τα πρώτα φρένα, τα οποία και χρησιμοποιήθηκαν έως το 1950, ήταν μηχανικά (mechanical brakes, brake cam) και η ενεργοποίησή τους γινόταν με μεταλλικά συρματοσχοίνα. Σήμερα, το μόνο σύστημα πέδησης που ενεργοποιείται μηχανικά είναι το χειρόφρενο (handbrake). Το όργανο που χρησιμοποιείται είναι το μηχανικό ταμπόρο (drum brake), το οποίο χρησιμοποιεί σιαγόνες που διαστέλλονται στο εσωτερικό ενός τυμπάνου.



Εικόνα 22 Μηχανικό σύστημα πέδησης



### **3.9.2.1 Λειτουργία**

Η λειτουργία του μηχανικού συστήματος πέδησης, χρησιμοποιεί ένα μοχλό για την έλξη μιας ντίζας, (συρματόσκοινο) όπου ενεργοποιεί στην συνέχεια τα ελατήρια τα οποία διαστέλλουν τις σιαγόνες με την σειρά τους. Έτσι πετυχαίνουμε μια σχέση πέδησης 1:1, δηλαδή όση δύναμη ασκείται στον μοχλό από ένας οδηγό, τόση δύναμη μεταφέρεται μέσω της ντίζας στις σιαγόνες των ταμπούρων.

Τα ενεργά μέρη ενός τυπικού μηχανικού συστήματος πέδησης είναι στερεωμένα πάνω στην κιθάρα ή την πλήμνη του τροχού και είναι τα πιο κάτω: Το έκκεντρο, το τύμπανο, οι σιαγόνες, οι πύροι και το ελατήριο. Οι σιαγόνες κρατούνται κλειστές με τη βοήθεια του ελατηρίου. Το τύμπανο στερεώνεται πάνω στην πλήμνη του τροχού και περιστρέφεται μαζί του. Με το πάτημα του πεντάλ του φρένου οι σιαγόνες ανοίγουν, λόγω της περιστροφής του έκκεντρου. Το άνοιγμα των σιαγόνων συνεχίζεται, μέχρι που να έρθουν σε επαφή με το τύμπανο. Με την τριβή των σιαγόνων πάνω στο τύμπανο, επιτυγχάνεται η επιβράδυνση του τροχού. Όταν σταματήσουμε να πιέζουμε το πεντάλ του φρένου, το έκκεντρο επιστρέφει στην αρχική του θέση και το ελατήριο επαναφέρει τις σιαγόνες στη θέση που είχαν, πριν αρχίσει η πέδηση.

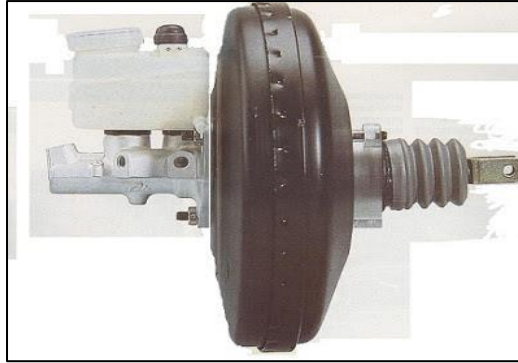
### **3.9.2.2 Χειρόφρενο**

Το χειρόφρενο είναι ένας χειροκίνητος τις περισσότερες φορές μηχανισμός, που χρησιμοποιείται για την ακινητοποίηση του αυτοκινήτου, αφού πρώτα σταματήσει με τα κανονικά φρένα. Ανήκει στα μηχανικά φρένα και δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βασικό σύστημα πέδησης στο αυτοκίνητο. Το χειρόφρενο πρέπει να είναι σε θέση να εξασφαλίζει τη σταθερότητα του αυτοκινήτου, ακόμα και σε κατηφορικό δρόμο με κλίση 25%. Μια άλλη χρήση του είναι το σταμάτημα του αυτοκινήτου σε περιπτώσεις άμεσης ανάγκης. Τις πιο πολλές φορές η ενεργοποίηση του χειρόφρενου γίνεται με το χέρι. Επειδή όμως αρκετοί μπορούν να εξασκήσουν μεγαλύτερη δύναμη με το πόδι παρά με το χέρι, πολλά αμερικάνικα και αρκετά ευρωπαϊκά αυτοκίνητα έχουν στη θέση του χειρόφρενου ποδόφρενο. Το χειρόφρενο ενεργεί συνήθως στα πισινά φρένα. Αν στους πισινούς τροχούς υπάρχουν τυμπανόφρενα, τότε οι σιαγόνες τους χρησιμοποιούνται και για το χειρόφρενο. Αν το αυτοκίνητο διαθέτει δισκόφρενα και στους τέσσερις τροχούς, τότε τοποθετούνται δύο ζεύγη πέδων πάνω στον ίδιο δίσκο είτε μπροστά είτε πίσω. Ένα για την κανονική πέδηση και ένα για την πέδηση με χειρόφρενο, που ενεργεί με μηχανικό τρόπο και με τη βοήθεια έκκεντρου. Σε άλλα αυτοκίνητα μπορεί να χρησιμοποιούνται τα πέδιλα υδραυλικής πέδησης και για το χειρόφρενο, τίθενται όμως σε λειτουργία και πάλι με μηχανικό τρόπο. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις το χειρόφρενο μπορεί να επενεργεί στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης.

Ο μοχλός του χειρόφρενου αποτελείται από ένα κουμπί, ένα ελατήριο και μία κασάνια που επιτρέπει στον οδηγό να «δέσει» και να «λύσει» τελείως το χειρόφρενο. Με το πάτημα του κουμπιού στην άκρη του μοχλού, η κασάνια απεμπλέκεται και ο μοχλός ελευθερώνεται. Κατά την εμπλοκή το δόντι της κασάνιας πιέζεται από το ελατήριο και εμπλέκεται. Με αυτό τον τρόπο κρατούμε το μοχλό σε όποια θέση θέλουμε. Ο μοχλός μπορεί να επενεργεί είτε σε ένα μόνο σύρμα, που συνοδεύεται από ένα περιστρεφόμενο στέλεχος σχήματος «Τ» και μεταδίδει την έλξη ομοιόμορφα, είτε σε δύο σύρματα, που συνδέουν το μοχλό με τους δύο τροχούς.

### 3.9.3 Υδραυλικό σύστημα πέδησης

Τα πρώτα υδραυλικά φρένα σε αυτοκίνητο στην Ευρώπη εμφανίστηκαν το 1922. Μετά από μόλις τέσσερα χρόνια, το 1926, το υδραυλικό σύστημα αντικατέστησε εξολοκλήρου το μηχανικό, διότι τα μηχανικά φρένα δεν ήταν σε θέση να ανταποκριθούν στις αυξημένες ανάγκες πέδησης, δεδομένης της αύξησης της ταχύτητας των οχημάτων. Το υδραυλικό σύστημα πέδησης πήρε την ονομασία του από το γεγονός ότι το άνοιγμα των σιαγόνων γίνεται με τη βοήθεια υγρού. Το πιο κοινό παράδειγμα για το υδραυλικό σύστημα πέδησης βρίσκεται στους τροχούς των αυτοκινήτων, όπου με το πάτημα του πεντάλ ενεργοποιούμε την αντλία υγρών-φρένων (master cylinder). Το υδραυλικό σύστημα ενεργοποίησης χρησιμοποιείται κυρίως σε επιβατικά και ελαφρά φορτηγά. Στο σύστημα αυτό υπάρχουν μικρές απώλειες κατά τη μετάδοση ενώ ο μέγεθός τους εξαρτάται από το διαθέσιμο χώρο.

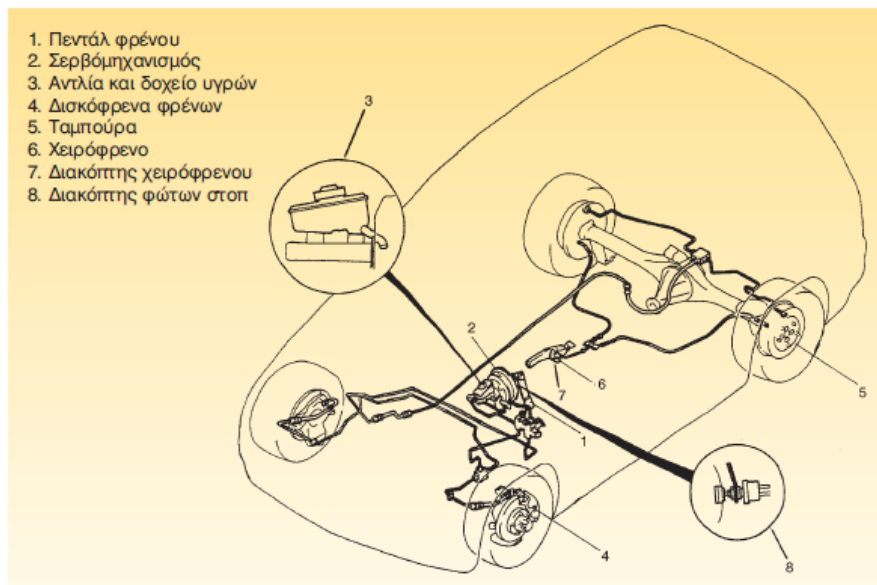


**Εικόνα 23** Στα αριστερά είναι η αντλία υγρών και δεξιά το σερβόφρενο.

Τα μέρη του συστήματος είναι:

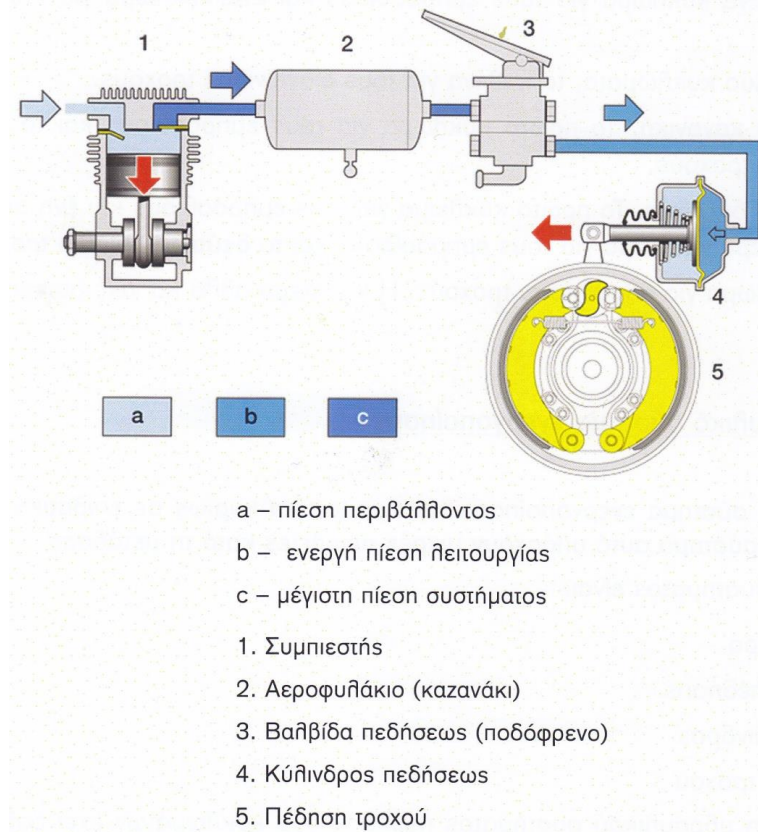
- Ποδόπληκτρο.
- Ενισχυτής πέδησης.
- Κύριος κύλινδρος.
- Κύλινδρος τροχού.

Το υδραυλικό σύστημα πέδησης αποτελείται στην απλή του μορφή από το πεντάλ του φρένου, την αντλία, τους σωλήνες και τους κυλίνδρους των τροχών με τα έμβολα τους. Όλα αυτά αποτελούν ένα στεγανό κύκλωμα, στο οποίο υπάρχει ειδικό υγρό, το υγρό των φρένων.



**Εικόνα 24** Κύκλωμα συμβατικού υδραυλικού συστήματος πέδησης

Στο ποδόπληκτρο υπάρχει διάταξη μοχλών, ώστε να αυξάνεται η δύναμη που ασκεί ο οδηγός. Ο ενισχυτής ενεργοποιείται είτε πνευματικά, μέσω υποπίεσης κινητήρα φυσικής αναρρόφησης, είτε υδραυλικά, μέσω ξεχωριστής αντλίας ελαίου. Σε ελαφρά φορτηγά με υπερπληρούμενο κινητήρα, καθώς και σε οχήματα με υποβοηθούμενο σύστημα διεύθυνσης (servo), χρησιμοποιείται ο υδραυλικός ενισχυτής πέδησης. Ο κεντρικός (εντολοδότης) κύλινδρος είναι το κυριότερο εξάρτημα του υδραυλικού συστήματος πέδησης, όπου η μηχανική δύναμη μετατρέπεται σε υδραυλική πίεση και κατανέμεται στα δύο κυκλώματα.



**Εικόνα 25 Τυπική διάταξη υδραυλικού συστήματος**

Ανάλογα με τη μορφή του διακρίνεται σε τύπου Tandem ή σε βαθμιαίας ανάδρασης. Στον κύλινδρο τύπου Tandem, υπάρχουν δύο μικρά έμβολα με ενδιάμεσο ελατήριο. Στους χώρους καταθλίψεως η πίεση είναι η ίδια. Όταν ένα κύκλωμα είναι εκτός λειτουργίας (διαρροές), το άλλο έχει την ίδια πίεση όπως και κατά την κανονική λειτουργία. Στον κύλινδρο βαθμιαίας αναδράσεως υπάρχει ένα μικρό έμβολο με ξεχωριστή επιφάνεια ανά κύκλωμα. Όταν το ένα κύκλωμα είναι εκτός λειτουργίας, το άλλο έχει μεγαλύτερη πίεση. Στους κυλίνδρους των τροχών μετατρέπεται η υδραυλική πίεση σε μηχανική δύναμη.

Η επιτυχία του υδραυλικού συστήματος πέδησης οφείλεται στους εξής λόγους:

1. Στη γρήγορη μεταφορά της πίεσης που εξασκεί το πεντάλ των φρένων πάνω στους τροχούς.
2. Στην ευχέρεια αύξησης ή μείωσης της δύναμης που καταβάλλει ο οδηγός.
3. Στην απλή και άρα οικονομική κατασκευή του.

### 3.9.3.1 Λειτουργία

Με το πάτημα του πεντάλ του φρένου, το έμβολο της αντλίας μετακινείται και πιέζει το υγρό, που βρίσκεται μέσα σ' αυτήν. Το υγρό μεταδίδει την πίεση στους τέσσερις κυλίνδρους των τροχών, με αποτέλεσμα τα έμβολα τους να μετακινηθούν προς τα έξω.

Όταν εφαρμοσθεί δύναμη στο πεντάλ του φρένου, τότε η ράβδος σύνδεσης εφαρμόζει τη δύναμη στο έμβολο του κεντρικού κυλίνδρου. Το έμβολο εφαρμόζει πίεση στο υγρό φρένων που περιέχεται στον κεντρικό κύλινδρο του συστήματος πέδησης. Να αναφερθεί ότι τα υγρά θεωρούνται ασυμπίεστα ενώ η πίεση μεταδίδεται μέσω των γραμμών του συστήματος πέδησης στα κυλινδράκια των τροχών. Η πίεση του υγρού κινεί τα μικρά έμβολα προς τα έξω και έτσι ωθούνται οι σιαγόνες πάνω στο τύμπανο - ταμπούρο (Εικόνα 14). Η τριβή που αναπτύσσεται ανάμεσα στις σιαγόνες και το τύμπανο- ταμπούρο, αναγκάζει το όχημα να ακινητοποιηθεί. Ο σκοπός της ύπαρξης των υγρών φρένων είναι να μεταδίδει τη δύναμη από τον κεντρικό κύλινδρο προς τα κυλινδράκια των τροχών. Όταν το πεντάλ απελευθερωθεί και δεν ασκούνται πλέον δυνάμεις σε αυτό, επιστρέφει στη θέση ηρεμίας, η πίεση του κεντρικού κυλίνδρου μειώνεται γρήγορα και τα ελατήρια που υπάρχουν στο σύστημα επαναφέρουν τις σιαγόνες και το έμβολο του κεντρικού κυλίνδρου πίσω στις θέσεις τους. Όταν ο οδηγός εφαρμόσει μεγαλύτερη δύναμη στο πεντάλ τα του φρένου, τότε εμφανίζεται μία ανάλογη αύξηση της δύναμης στα κυλινδράκια των τροχών. Αν η δύναμη που ασκείται στον κεντρικό κύλινδρο είναι 0.7 atm η διάμετρος του κυλίνδρου του τροχού είναι ακριβώς ίδια με αυτήν του κεντρικού κυλίνδρου. Αν η πίεση στον κεντρικό κύλινδρο είναι 1.75atm τότε η πίεση στα κυλινδράκια των τροχών αυξάνεται στις 1.75atm. Ο νόμος του Pascal αναφέρει ότι η πίεση ενός υγρού που βρίσκεται εγκλωβισμένο σε ένα δοχείο, μεταδίδεται ομοιόμορφα στα τοιχώματα του δοχείου. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η πίεση είναι παντού ίδια.

Η μετάδοση της πίεσης μέσω του υγρού, στηρίζεται στις πιο κάτω βασικές ιδιότητες των υγρών:

1. Τα υγρά δε συμπιέζονται. Στις μικρές σχετικά πιέσεις τα υγρά είναι ασυμπίεστα και κάθε πίεση που δέχονται τη μεταφέρουν χωρίς απώλειες, σαν να πρόκειται για στερεά σώματα.
2. Η πίεση που μεταφέρεται, μέσω των υγρών, είναι ίδια προς όλες τις κατευθύνσεις.

Παρατηρούμε δηλαδή ότι η δύναμη που εξασκεί ο οδηγός αυξάνεται, εξαιτίας του μοχλού του πεντάλ του φρένου, και μεταδίδεται στο έμβολο της αντλίας. Η ίδια δύναμη στη συνέχεια μεταφέρεται μέσω του υγρού στους κυλίνδρους των τροχών, όπου αυξάνεται και πάλι, επειδή η διάμετρος αυτών των κυλίνδρων είναι μεγαλύτερη από τη διάμετρο του κυλίνδρου της αντλίας.

Αν πάρουμε ως δεδομένο ότι το εμβαδόν του εμβόλου ( $S_3$ ) είναι τρεις φορές μεγαλύτερο από εκείνο του εμβόλου της αντλίας ( $S_1$ ), τότε η δύναμη  $F_3$  θα είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από την  $F_1$ . Αν επίσης το  $S_2$  είναι δύο φορές μεγαλύτερο από το  $S_1$ , τότε και η δύναμη  $F_2$  θα είναι δύο φορές μεγαλύτερη από την  $F_1$ .

### 3.9.3.2 Υδραυλικό σύστημα πέδησης με τυμπανόφρενα

Το πεντάλ του φρένου των φρένων βρίσκεται σε άμεση σχέση με την κεντρική αντλία των φρένων. Η αντλία συγκοινωνεί με τους τέσσερις τροχούς με τη βοήθεια σωλήνων και ελαστικών συνδέσμων (μαρκουτζιών). Μέσα στους τροχούς βρίσκονται οι σιαγόνες, οι οποίες κατά την πέδηση επενεργούν στα τύμπανα. Έτσι εξηγείται και η ονομασία τυμπανόφρενα. Αναλυτική περιγραφή των συγκροτημάτων και των εξαρτημάτων, που αποτελούν το σύστημα αμέσως πιο κάτω:

#### 3.9.3.2.1 Τυμπανόφρενα

Ο τροχός του αυτοκινήτου περιστρέφεται μαζί με το τύμπανο, μέσα στο οποίο υπάρχουν δύο σιαγόνες, που κρατούνται κλειστές με τη βοήθεια ελατηρίου. Οι σιαγόνες ακουμπούν στα δύο έμβολα που κινούνται στο εσωτερικό του κυλίνδρου του τροχού.

### 3.9.3.2.2 Κύλινδρος του τροχού

Τα συμβατικά κυλινδράκια τροχών έχουν δύο καλύμματα (στεγανοποιητικά) και δύο έμβολα τοποθετημένα στην οπή του κύριου κυλίνδρου το ένα απέναντι στο άλλο. Το περίβλημα που τα καλύπτει είναι από χυτοσίδηρο ή κράμα αλουμινίου. Ένα ελατήριο είναι τοποθετημένο μεταξύ των στεγανοποιητικών. Μερικά κυλινδράκια τροχών έχουν ένα εκτονωτικό (expander) ανάμεσα στο ελατήριο και το κάθε στεγανοποιητικό. Το εκτονωτικό πιέζει τα χείλη του στεγανοποιητικού πάνω στα τοιχώματα του κυλίνδρου του τροχού. Η ενέργεια αυτή αποτρέπει την εισροή αέρα στο σύστημα πέδησης κατά τη διάρκεια της κίνησης του εμβόλου. Μία φούσκα εξωτερικά στα άκρα του κυλίνδρου του τροχού αποτρέπει την εισροή σκόνης στο κυλινδράκι.

### 3.9.3.2.3 Σιαγόνες

Κατασκευάζονται από χυτό ή ελατό χάλυβα και έχουν τομή απλού T. Το πέλμα τους διαμορφώνεται σε τμήμα κύκλου, με ακτίνα μικρότερη από την ακτίνα του τύμπανου. Πάνω στο πέλμα καρφώνεται ή κολλείται η επένδυση. Αν η επένδυση είναι καρφωτή, τα καρφιά είναι ορειχάλκινα και η κεφαλή τους καλά βυθισμένη μέσα στην επένδυση. Αν είναι κολλητή, η κόλληση γίνεται μέσα σε φούρνο.

#### 3.9.3.2.3.1 Ρύθμιση των σιαγόνων

Με την πάροδο του χρόνου, η επένδυση των σιαγόνων φθείρεται. Το διάκενο ανάμεσα στη σιαγόνα και το τύμπανο προκαθορίζεται από τον κατασκευαστή και πρέπει να είναι το ίδιο σε όλους τους τροχούς του αυτοκινήτου, αν θέλουμε να έχουμε ομοιόμορφη πέδηση. Ειδικός μηχανισμός, ικανός να πλησιάζει ή να απομακρύνει τις σιαγόνες από το τύμπανο, ρυθμίζει το διάκενο σε κάθε τροχό. Στα σύγχρονα αυτοκίνητα χρησιμοποιούνται αυτορυθμιζόμενες σιαγόνες. Σε αυτήν την περίπτωση οι σιαγόνες έχουν να καλύψουν πάντα την ίδια απόσταση από τη θέση ηρεμίας τους μέχρι το τύμπανο, ανεξάρτητα από τη φθορά της επένδυσής τους. Αυτό γίνεται κατορθωτό, με τη βοήθεια ενός μοχλού (αυτορρύθμισης) που ενεργοποιεί έναν οδοντοτροχό. Αν ο μοχλός του χειρόφρενου καλύψει μεγάλη απόσταση, λόγω φθοράς της επένδυσης των σιαγόνων, τότε ο μοχλός αυτορρύθμισης θα εμπλακεί με το επόμενο δόντι του οδοντοτροχού, ο οποίος θα περιστραφεί ελαφρά και θα ανοίξει τις σιαγόνες. Αυτές θα παραμείνουν πιο ανοιχτές από ότι προηγουμένως και θα μειωθεί η απόσταση που τις χωρίζει από το τύμπανο.

#### 3.9.3.2.3.2 Υλικά τριβής σιαγόνων

Από τη στιγμή που έγινε γνωστό ότι ο αμιάντος προκαλεί καρκίνο των πνευμόνων, σταμάτησε να γίνεται χρήση του. Όμως σε μερικά φορτηγά μπορεί να συναντηθεί ακόμη στα υλικά τριβής των φρένων. Τα υλικά επικάλυψης των σιαγόνων είναι σημαδεμένα στο χείλος του πέλματος (στο πλάι) για να υποδεικνύουν την ποιότητά του. Η αντικατάστασή τους πρέπει να γίνεται με ακριβώς τα ίδια υλικά, τα οποία προτείνει ο κατασκευαστής του φορτηγού. Τα συνήθη υλικά τριβής που χρησιμοποιούνται για την επικάλυψη των σιαγόνων αλλά και των πλακιδίων (τακάκια) των δισκοφρένων μπορεί να περιλαμβάνουν τα εξής:

- i. Τα ημι-μεταλλικά υλικά τριβής, περιλαμβάνουν χαλύβδινες ίνες αναμιγμένες με προϊόντα γραφίτη ή κωκ. Ο τύπος αυτός των υλικών επικάλυψης σιαγόνων και πλακιδίων έχει για συντελεστή τριβής τον κωδικό (FF) και παρέχει εξαιρετική αντίσταση στις υψηλές θερμοκρασίες.
- ii. Τα οργανικά υλικά τριβής, περιλαμβάνουν ίνες κεραμικών υλικών αναμιγμένες με ίνες από Kevlar. Ο τύπος αυτός έχει για συντελεστή τριβής τον κωδικό (FF) και παρέχει πολύ καλή δράση πέδησης με μειωμένο θόρυβο.
- iii. Οι υάλινες ίνες, που είναι αναμιγμένες με ορυκτά υλικά, τα οποία είναι ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες. Ο τύπος αυτός έχει για συντελεστή τριβής τον κωδικό (FF) και παρέχει εξαιρετικές ποιότητες τριβής.

### 3.9.3.3 Υδραυλικό σύστημα πέδησης με δισκόφρενα

Επειδή τα τυμπανόφρενα παρουσιάζουν κάποιες αδυναμίες, στα περισσότερα σύγχρονα αυτοκίνητα συναντούμε ένα μεικτό σύστημα φρένων: Τυμπανόφρενα στους πισινούς τροχούς και δισκόφρενα στους μπροστινούς. Η λύση αυτή συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση του συστήματος πέδησης.

Τα δισκόφρενα πλεονεκτούν σε σχέση με τα τυμπανόφρενα στα πιο κάτω:

- Έχουν καλύτερη απόδοση
- Ψύχονται ευκολότερα
- Δε χρειάζονται ρύθμιση
- Έχουν μικρότερο βάρος
- Ελέγχονται καλύτερα οι τριβόμενες επιφάνειες

Τα δισκόφρενα μειονεκτούν στο ότι ο οδηγός πρέπει να εξασκήσει μεγαλύτερη δύναμη στο πεντάλ του φρένου, διότι τα πέδιλα των δισκοφρένων δεν 'αυτοσφηνώνονται' όπως οι σιαγόνες. Το πρόβλημα αμβλύνεται με την τοποθέτηση βοηθητικού μηχανισμού (σερβομηχανισμού). Ένα άλλο μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος, διότι απαιτείται συχνότερη αλλαγή των πέδινων και του υγρού των φρένων.

#### 3.9.3.3.1 Λειτουργία

Στο σύστημα πέδησης με δισκόφρενα, ο τροχός αντί για τύμπανο φέρει ένα δίσκο που περιστρέφεται μαζί του ανάμεσα στα σκέλη ενός σταθερού δίχαλου. Το δίχαλο καλύπτει μόνο ένα μικρό τομέα του δίσκου, ο οποίος επειδή είναι σχεδόν ακάλυπτος, ψύχεται πολύ πιο εύκολα από τον αέρα, από το τύμπανο στα τυμπανόφρενα. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει να χρησιμοποιούμε μεγαλύτερα σε διάμετρο έμβολα, που εξασφαλίζουν μεγαλύτερες δυνάμεις πέδησης. Τα έμβολα ακουμπούν σε δύο πέδιλα, ανάμεσα στα οποία κινείται ο δίσκος. Τα πέδιλα συνήθως έχουν τραπεζοειδές σχήμα με μια εγκοπή στη μέση. Μπορεί όμως να είναι τετράγωνα, παραλληλόγραμμα ή ελλειψοειδή. Τις περισσότερες φορές διακρίνονται μέσα από το άνοιγμα του δίχαλου, ευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο το έλεγχο και την αντικατάσταση σε περίπτωση φθοράς. Κάθε πέδιλο συγκρατείται στη θέση το με δύο μικρούς πύρους και δύο ελατήρια. Σε ορισμένα αυτοκίνητα χρησιμοποιούνται πέδιλα, που έχουν μια μεταλλική επαφή στο εσωτερικό της επένδυσής τους. Όταν η φθορά της επένδυσης ξεπεράσει τα επιτρεπτά όρια, η επαφή κλείνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, που ενεργοποιεί ένα ενδεικτικό λαμπάκι στον πίνακα οργάνων ελέγχου. Με αυτόν τον τρόπο προειδοποιείται ο οδηγός για την έγκαιρη αντικατάσταση των πέδινων.

Όταν ο οδηγός πατήσει το πεντάλ του φρένου, το υγρό πιέζει τα έμβολα από πίσω μετακινώντας τα προς τα έξω. Τα έμβολα κατά τη μετακίνηση τους παραμορφώνουν τα λαστιχάκια και σπρώχνουν τα πέδιλα αναγκάζοντας τα να σφίξουν ανάμεσα τους το δίσκο, με αποτέλεσμα την επιβράδυνση ή την ακινητοποίησή του.

### 3.9.3.4 Υδραυλικά συστήματα πέδησης αυξημένης ασφάλειας

Το μειονέκτημα του υδραυλικού συστήματος είναι ότι η πιθανή απώλεια σε οποιοδήποτε σημείο θέτει όλο το σύστημα εκτός λειτουργίας. Όπως θα δούμε πιο κάτω, με την τοποθέτηση διπλού υδραυλικού συστήματος πέδησης, σε περίπτωση βλάβης, ενώ μέρος του κυκλώματος δε λειτουργεί, κάποιο άλλο λειτουργεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Το διπλό κύκλωμα μπορεί να διαθέτει μία κεντρική αντλία φρένων διπλής ενέργειας (δίδυμη αντλία φρένων) ή το γνωστό τύπο κεντρικής αντλίας, ο οποίος να συνοδεύεται από μια διαφορική βαλβίδα ασφάλειας. Θεωρητικά η δύναμη πέδησης θα πρέπει να κατανέμεται μεταξύ των μπροστινών και των πισινών τροχών, ανάλογα με το βάρος που φέρουν, όμως η πέδηση έχει ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση του βάρους προς τα μπρος. Αυτή η μεταφορά βάρους

αυξάνει το φορτίο στους μπροστινούς τροχούς και ταυτόχρονα το μειώνει στους πισινούς. Το φαινόμενο αυτό γίνεται ακόμα πιο αισθητό, αν το φρενάρισμα είναι απότομο. Η μετατόπιση του βάρους είναι ακόμα μεγαλύτερη και οι πίσω τροχοί χάνουν την επαφή τους με το δρόμο. Αυτό προκαλεί το κλείδωμα τους (μπλοκάρισμα), με αποτέλεσμα την πλαγιολίσθηση του αυτοκινήτου και την απώλεια του ελέγχου του. Για να αποφευχθεί το κλείδωμα των πισινών τροχών, χρησιμοποιείται ο ρυθμιστής πίεσης στους πισινούς τροχούς. Ένα πιο βελτιωμένο σύστημα αντιμπλοκαρίσματος και των τεσσάρων τροχών του αυτοκινήτου είναι το σύστημα ABS. Το σύστημα αυτό είναι αρκετά πιο περίπλοκο και δαπανηρό από το ρυθμιστή πίεσης στους πισινούς τροχούς, αλλά πλέον τοποθετείται σε όλα τα επιβατικά αυτοκίνητα και σε ορισμένους τύπους φορτηγών.

#### *3.9.3.4.1 Διπλό υδραυλικό σύστημα πέδησης*

Το διπλό υδραυλικό σύστημα πέδησης διαθέτει δύο κυκλώματα με δύο ανεξάρτητες γραμμές που συνδέουν την κεντρική αντλία με τους τροχούς, σύμφωνα με κάποιους συνδυασμούς. Οι συνδυασμοί αυτοί ποικίλουν, ανάλογα με την τιμή στην οποία διατίθενται τα αυτοκίνητα στην αγορά και την ασφάλεια την οποία παρέχουν. Ένα από τα συστήματα διπλών κυκλωμάτων, που απαντάται στα σύγχρονα αυτοκίνητα είναι το σύστημα δύο ή τεσσάρων τροχών. Στο σύστημα αυτό ένα υδραυλικό κύκλωμα ενεργοποιεί όλα τα φρένα σε όλους τους τροχούς του αυτοκινήτου, ενώ το άλλο μόνο τα μπροστινά φρένα. Για την ενεργοποίηση των μπροστινών φρένων υπάρχουν δύο σωλήνες, που ξεκινούν από την κεντρική δίδυμη αντλία. Κάθε μπροστινός τροχός, δηλαδή έχει δύο κυλίνδρους, έναν για κάθε κύκλωμα. Αν παρουσιαστεί βλάβη, το αυτοκίνητο στη χειρότερη περίπτωση θα σταματήσει με τα μπροστινά φρένα, που ισοδυναμούν με τα δύο τρίτα περίπου της συνολικής ενέργειας πέδησης.

#### *3.9.3.4.2 Ρυθμιστής πίεσης στους πισινούς τροχούς*

Ο ρυθμιστής πίεσης, όπως δηλώνει και το όνομα του, ρυθμίζει την πίεση του υγρού που φτάνει στους πισινούς τροχούς κατά την πέδηση, με στόχο την αποφυγή του κλειδώματος των τροχών αυτών. Ο ρυθμιστής στερεώνεται στο κάτω μέρος του αμαξώματος, κοντά στον πισινό άξονα. Ενεργοποιείται από ένα μοχλό, του οποίου το ένα άκρο ενώνεται με τη θήκη του πισινού άξονα, ενώ το άλλο μπαίνει μέσα στο ρυθμιστή και ανεβοκατεβάζει το έμβολό του, ανάλογα με το ύψος του αμαξώματος από το δρόμο. Ο ρυθμιστής ρυθμίζει την πίεση του υγρού που φτάνει στους πίσω τροχούς. Αν ο οδηγός φρενάρει απότομα ο ρυθμιστής πίεσης αφήνει λίγο υγρό φρένων να πάει στους πίσω τροχούς με σκοπό να μην κλειδώσουν. Αν το όχημα είναι φορτωμένο τότε ο ρυθμιστής αφήνει περισσότερο υγρό φρένων να πάει στους πίσω τροχούς αφού λόγω του μεγαλύτερου βάρους πίσω οι τροχοί μπορούν να αντέξουν μεγαλύτερες δυνάμεις πέδησης χωρίς να κλειδώσουν.

### 3.9.4 Πνευματικό σύστημα πέδησης

Στις αρχές του 20ου αιώνα, τα πλεονεκτήματά του συγκεκριμένου συστήματος, αποδείχθηκαν κατά τη χρήση του σε σιδηροδρομικές μηχανές. Έπειτα, η χρήση τους εγκρίθηκε από κατασκευαστές βαρέων οχημάτων. Αυτό το σύστημα πέδησης χρησιμοποιεί πεπιεσμένο αέρα και αποτελείται από έναν ή δύο αεροσυμπιεστές, που συνδέεται με έναν αποξηραντήρα (βαλβίδα ασφάλειας έλεγχου αέρα). Το δεύτερο εξάρτημα αποξηραίνει τον αέρα, και δεν επιτρέπει την υγροποίηση του. Επόμενο στη σειρά εξάρτημα είναι ο διανομέας (κατανεμητής), όπου κατανέμει το φορτίο και στέλνει τον αέρα στα αεριοφυλάκια (καζάνια) όπου και εκεί αποθηκεύεται ο αέρας. Σε ένα όχημα βαρέως τύπου, υπάρχουν τρία φυλάκια, δύο για το διπλό κύκλωμα πέδησης (ένα για τους εμπρόσθιους και ένα για οπίσθιους τροχούς) και ένα για το μονό κύκλωμα πέδησης-στάθμευσης (χειρόφρενο). Τέλος υπάρχει μια βαλβίδα ρύθμισης πέδησης (ποδόπληκτρο) όπου με την πίεση του πεντάλ επιβράδυνσης, επιτρέπει στον πεπιεσμένο αέρα να εισέλθει στους κυλίνδρους πέδησης (φυσούνες). Αναλυτικότερα, υπάρχουν φυσούνες μόνης ενέργειας, όπου βρίσκονται στο εμπρόσθιο σύστημα και συμβάλουν μόνο στην επιβράδυνση του οχήματος. Υπάρχουν επίσης και φυσούνες διπλής ενέργειας, οι οποίες βρίσκονται στο οπίσθιο σύστημα πέδησης και αναλαμβάνουν την επίτευξη δύο λειτουργιών. Η μία είναι η επιβράδυνση του οχήματος και η άλλη είναι η ακινητοποίηση κατά την στάθμευσή του. Αναλόγως την εφαρμογή και τις προδιαγραφές ενός οχήματος, οι φυσούνες μπορούν να διοχετεύουν πεπιεσμένο αέρα είτε σε σύστημα πέδησης με ταμπούρα, είτε με δισκόφρενα. Σημαντικό στοιχείο που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι πλέον, φυσούνες διπλής ενέργειας συναντιούνται και σε εμπρόσθια συστήματα. Ο “μοχλός” που χρησιμεύει στην επιβράδυνση ενός οχήματος είναι το κοινό πεντάλ ποδιού, ενώ ο μοχλός για την ακινητοποίηση κατά την στάθμευση είναι το επίσης γνωστό χειρόφρενο.

Επειδή οι δυνάμεις πέδησης, που αναπτύσσονται στη διάρκεια του φρεναρίσματος στα οχήματα βαρέως τύπου (φορτηγά, λεωφορεία κτλ) είναι πολύ μεγάλες, το υδραυλικό σύστημα πέδησης δε μπορεί να ανταποκριθεί ικανοποιητικά. Ως υπαλλακτική λύση, οι κατασκευαστές σχεδίασαν αερόφρενα στα οποία το υγρό των φρένων αντικαταστάθηκε από τον πιεσμένο αέρα, που χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Το σύστημα αυτό έχει το μεγάλο πλεονέκτημα να εξασκεί μεγάλες δυνάμεις πέδησης, χωρίς να απαιτείται από τον οδηγό να καταβάλει μεγάλη δύναμη στο πεντάλ του φρένου. Το μόνο που απαιτείται από τον οδηγό είναι να ανοίξει μία βαλβίδα, που επιτρέπει στον πιεσμένο αέρα να εισαχθεί στο σύστημα. Ο αεροσυμπιεστής παίρνει κίνηση από το στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής, με τη βοήθεια καναλιού. Ο φιλτραρισμένος αέρας, που εισέρχεται στον αεροσυμπιεστή, συμπιέζεται μέχρι τα 7-8 bar και αποθηκεύεται σε ένα ντεπόζιτο. Όταν η πίεση στο ντεπόζιτο φτάσει στο επιθυμητό σημείο, τότε τίθεται σε λειτουργία ο ρυθμιστής πίεσης, που αναγκάζει τον αεροσυμπιεστή να περιστρέφεται χωρίς να στέλλει πιεσμένο αέρα. Η πίεση στο σύστημα ελέγχεται με τη βοήθεια μανόμετρου. Η βαλβίδα ασφάλειας περιορίζει την πίεση, σε περίπτωση που ο ρυθμιστής πίεσης τεθεί εκτός λειτουργίας.

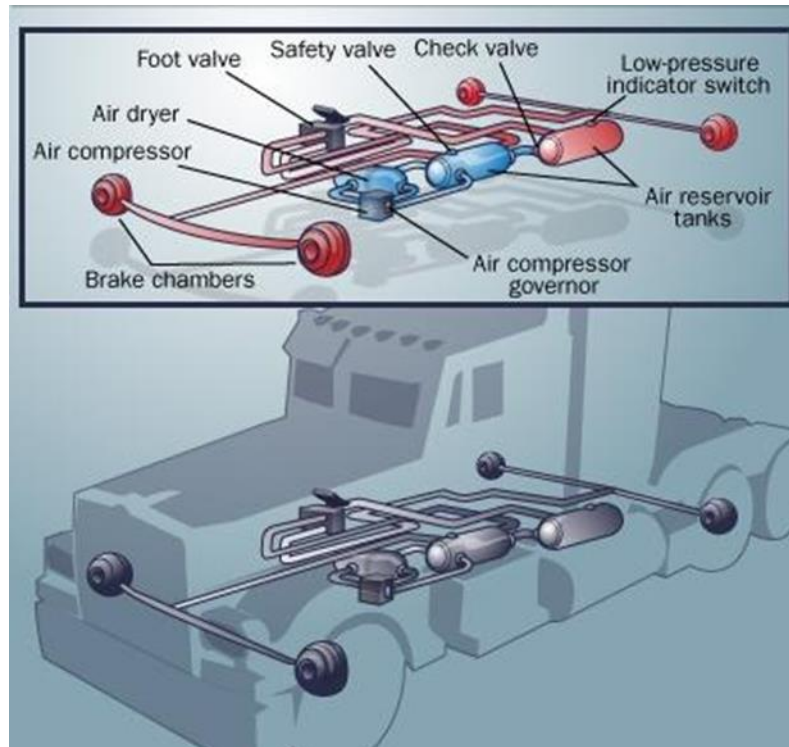
#### 3.9.4.1 Λειτουργία

Όταν ο οδηγός πατήσει το πεντάλ του φρένου των φρένων, η δίδυμη βαλβίδα πέδησης επιτρέπει στον πιεσμένο αέρα να περάσει από το ντεπόζιτο στους αεροθαλάμους των τροχών. Τα διαφράγματα των αεροθαλάμων μετακινούνται και συσπειρώνουν τα ελατήρια που βρίσκονται από κάτω τους. Η κίνηση του διαφράγματος έχει ως αποτέλεσμα να περιστραφούν τα έκκεντρα, να ανοίξουν τις σιαγόνες και να αρχίσει η πέδηση. Στη συνέχεια όταν το πεντάλ του φρένου αφηθεί ελεύθερο, οι σιαγόνες – με τη βοήθεια των ελατηρίων – επανέρχονται σε θέση ηρεμίας. Ο πιεσμένος αέρας επιστρέφει από τους αεροθαλάμους στη δίδυμη βαλβίδα, απ’ όπου φεύγει προς την ατμόσφαιρα. Έτσι εξηγείται ο χαρακτηριστικός θόρυβος εξαγωγής πιεσμένου αέρα, που ακούγεται κάθε φορά που ο οδηγός αφήνει το πεντάλ των φρένων. Σε ένα σύστημα πέδησης με αέρα, το αεριοφυλάκιο (δεξαμενή με αέρα) περιέχει τον αέρα των φρένων. Ο συμπιεστής λαμβάνει αέρα από την ατμόσφαιρα (με ατμοσφαιρική πίεση) και τον διοχετεύει μέσα στο ρεζερβουάρ αέρα μέχρι η πίεση με τη βοήθεια του συμπιεστή να φτάσει τις 7 με 10.5 atm.

Ο συμπιεσμένος αέρας είναι αποθηκευμένος στο ρεζερβουάρ αέρα, ως ενέργεια, η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην πέδηση του οχήματος όταν χρειαστεί. Η βαλβίδα των φρένων δρα σαν διακόπτης, προκειμένου να συγκρατεί την πίεση μέσα στον αεροθάλαμο (Εικόνα 26). Όταν ο οδηγός εφαρμόσει



δύναμη στο πεντάλ του φρένου, η πίεση μεταδίδεται στη βαλβίδα των φρένων και διοχετεύεται αέρας στους τροχούς. Σε κάθε θάλαμο πέδησης (κύλινδρος πέδησης, φυσούνα) η πίεση του αέρα μεταβάλλεται σε μηχανική δύναμη στο διάφραγμα της φυσούνας, προκειμένου να τροφοδοτήσει με πίεση τα φρένα.



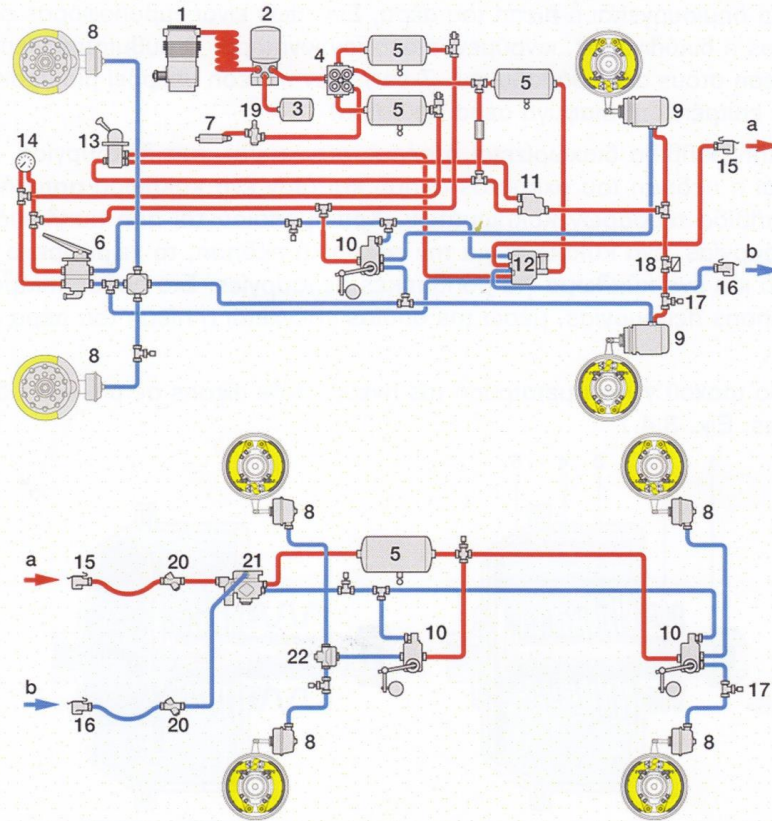
Εικόνα 26 Βασικό σύστημα πέδησης με αέρα (αερόφρενα)

Το πνευματικό σύστημα ενεργοποίησης χρησιμοποιείται κυρίως για μεσαίου και βαρέως τύπου φορτηγά και λεωφορεία. Ιδιαίτερο πλεονέκτημά του είναι η σύνδεση σε ρυμουλκούμενο. Η βασική διάταξη του πνευματικού συστήματος δίνεται στο διάγραμμα 5.

Στο συμπιεστή δημιουργείται η πίεση του αέρα. Συνήθως είναι εμβολοφόρος συμπιεστής, μονοκύλινδρος ή δικύλινδρος, κινούμενος από τον κινητήρα. Ο ρυθμιστής πίεσης ελέγχει τη μέγιστη πίεση στους αεροθαλάμους (~ 7 bar). Εάν η πίεση υπερβεί μία προκαθορισμένη τιμή, τότε επιτρέπει τη διαφυγή αέρα (σκάστρα).

Στην πολλαπλή βαλβίδα διαχωρίζεται ο αέρας στα κυκλώματα λειτουργίας. Πρέπει να εξασφαλίζεται η πέδηση του οχήματος ακόμη και όταν ένα κύκλωμα αστοχήσει. Συνήθως είναι βαλβίδα τεσσάρων κυκλωμάτων. Χρησιμοποιούνται δύο κυκλώματα για την πέδηση λειτουργίας, ένα κύκλωμα για την εφεδρική πέδηση, το χειρόφρενο και το ρυμουλκούμενο και ένα κύκλωμα για βοηθητικές λειτουργίες. Στο ποδόπληκτρο, υπάρχει βαλβίδα πέδησης λειτουργίας, μέσω της οποίας ελέγχεται η πίεση του αέρα στις πέδες των τροχών.

Στον κύλινδρο τροχού γίνεται μετατροπή της πνευματικής πίεσης σε μηχανική δύναμη μέσω μεμβράνης, διάγραμμα 6.

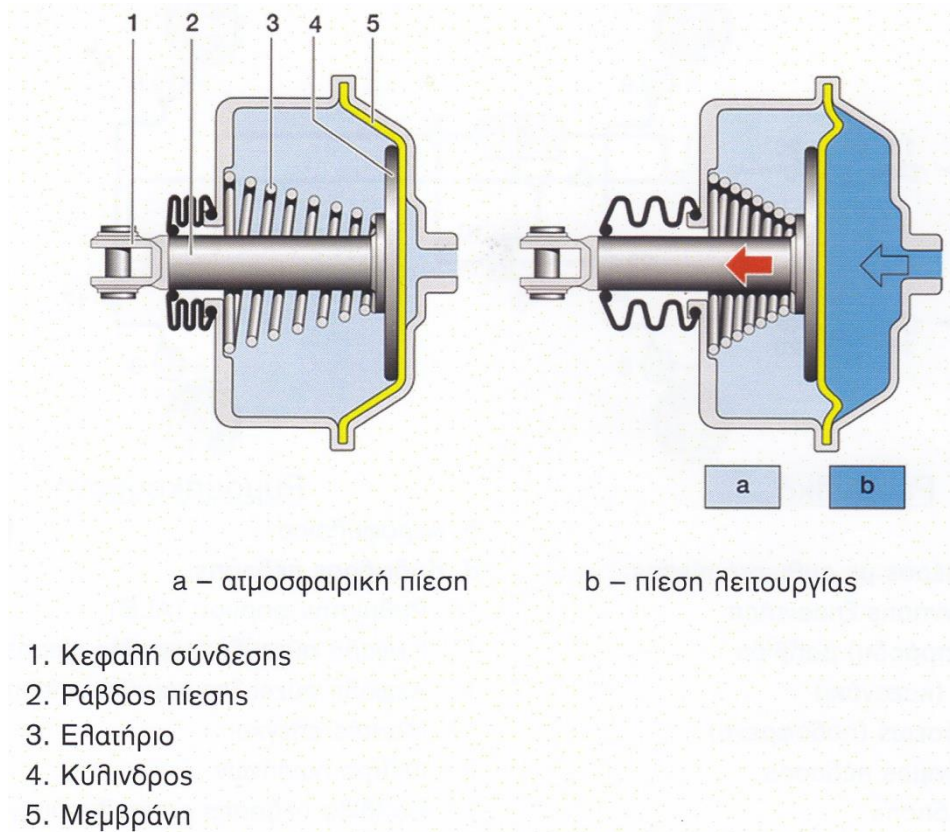


Ρυμουλκό

Ρυμουλκούμενο

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Συμπιεστής</li> <li>2. Ξηραντήρας αέρος με ρυθμιστή πίεσης</li> <li>3. Δοχείο αναγέννησης ξηραντήρα</li> <li>4. Πολλαπλή (τετράοδη) βαλβίδα</li> <li>5. Αεροφυλάκιο (καζανάκι)</li> <li>6. Βαλβίδα πεδήσεως (ποδόφρενο)</li> <li>7. Κύλινδρος μόνιμης πέδησης</li> <li>8. Κύλινδρος πέδησης</li> <li>9. Κύλινδρος πέδησης τύπου μεμβράνης</li> <li>10. Ρυθμιστής φόρτισης (ALB)</li> <li>11. Βαλβίδα προστασίας υπερφόρτισης</li> <li>12. Βαλβίδα ελέγχου ρυμουλκούμενου</li> <li>13. Βαλβίδα χειρόφρενου</li> <li>14. Μανόμετρο</li> <li>15. Κεφαλή σύζευξης υψηλής πίεσης</li> <li>16. Κεφαλή σύζευξης χαμηλής πίεσης</li> <li>17. Μαστός ελέγχου</li> <li>18. Προειδοποιητικός διακόπτης</li> <li>19. Βαλβίδα απαέρωσης</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Αεροφυλάκιο</li> <li>8. Κύλινδρος πέδησης</li> <li>10. Ρυθμιστής φόρτισης (ALB)</li> <li>15. Κεφαλή σύζευξης υψηλής πίεσης</li> <li>16. Κεφαλή σύζευξης χαμηλής πίεσης</li> <li>17. Μαστός ελέγχου</li> <li>20. Φίλτρο σωλήνων</li> <li>21. Βαλβίδα πέδησης ρυμουλκούμενου</li> <li>22. Βαλβίδα ανακούφισης</li> </ol> |
|---|--|

**Διάγραμμα 5 Πνευματικό σύστημα πέδησης ρυμουλκού- ρυμουλκούμενου**



a – ατμοσφαιρική πίεση

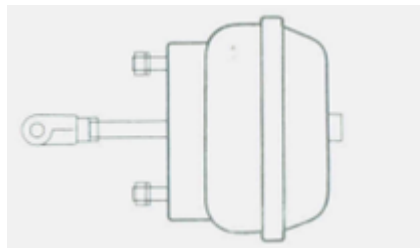
b – πίεση λειτουργίας

1. Κεφαλή σύνδεσης
2. Ράβδος πίεσης
3. Ελατήριο
4. Κύλινδρος
5. Μembrάνη

**Διάγραμμα 6 Πνευματικός κύλινδρος τροχών**

### 3.9.4.2 Θάλαμοι Πέδησης (Κύλινδροι Πέδησης – Φυσούνες)

Ο πεπιεσμένος αέρας διοχετεύεται ελεγχόμενος στους θαλάμους πέδησης (κυλίνδρους πέδησης – φυσούνες), προκειμένου να ελέγχεται η δύναμη της πέδησης. Αυτό γίνεται με τη σταδιακή πέδηση του πεντάλ και το σταδιακό άνοιγμα της βαλβίδας.

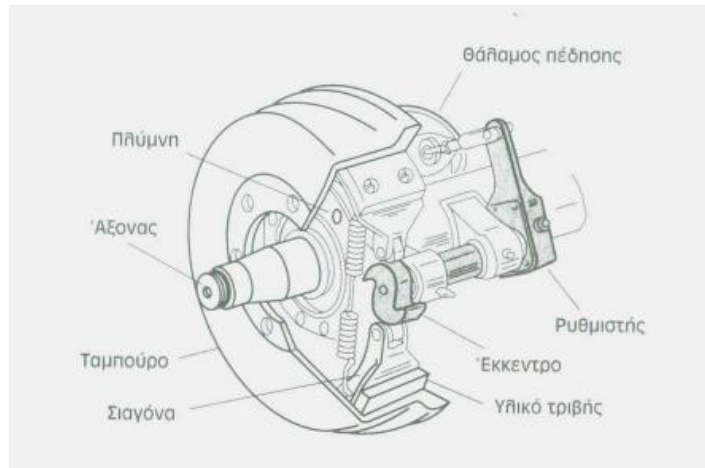


Πίεση αέρα (psi)	5	10	20	30	40	60	80	100
Αναπτυσσόμενη δύναμη (psi)	120	240	480	720	960	1440	1920	2400

**Εικόνα 27 Συνήθης θάλαμος πέδησης με επιφάνεια διαφράγματος 154.38 cm<sup>2</sup>**

Αν ένα διάφραγμα θαλάμου πέδησης έχει επιφάνεια 154.83cm<sup>2</sup> και η πίεση του αέρα που τροφοδοτεί το διάφραγμα είναι 0.7 atm, τότε η μηχανική δύναμη που αναφέρθηκε προηγουμένως αναπτύσσεται στο διάφραγμα, στο οποίο η πίεση ανέρχεται στις 16.8 atm. Όταν η πίεση του αέρα που τροφοδοτεί το διάφραγμα είναι 2.8 atm, η δύναμη που αναπτύσσεται στο διάφραγμα μεταδίδεται διαμέσου της ράβδου καθώς και του ασφαλιστικού αγκίστρου προς το ρυθμιστικό μοχλό. Η δύναμη σε αυτόν το ρυθμιστικό μοχλό περιστρέφει το έκκεντρο τύπου S ώστε να μετακινηθούν οι σιαγόνες (προς τα έξω) και να έρθουν σε επαφή με το τύμπανο – ταμπόρο (Εικόνα 28). Η δύναμη πέδησης που απαιτείται από ένα φορτηγό όχημα εξαρτάται από το συνολικό του βάρος (GVW = Gross Vehicle Weight) και από την κατανομή του βάρους μεταξύ των αξόνων.





Εικόνα 28 Συναρμολόγηση εξαρτημάτων συνεργαζόμενων με τις σιαγόνες

### 3.9.4.3 Έκκεντρα Τύπου S

Στα συστήματα πέδησης με αέρα (πνευματικά) η επιφάνεια του διαφράγματος του θαλάμου πέδησης πολλαπλασιαζόμενη με το μήκος του ρυθμιστικού μοχλού ονομάζεται συντελεστής AL. Ο συντελεστής αυτός καθορίζει τη ροπή που εφαρμόζεται από το ρυθμιστή στο έκκεντρο τύπου S. Για τους υπολογισμούς των συστημάτων πέδησης με αέρα χρησιμοποιείται πίεση 4.2atm. Το μήκος του ρυθμιστικού μοχλού είναι ένας σημαντικός παράγοντας στον καθορισμό της δύναμης που εφαρμόζεται από το ρυθμιστικό μοχλό στο έκκεντρο τύπου S. Το έκκεντρο τύπου S δρα σαν μοχλός για να ανοίξει τις σιαγόνες και να έρθουν σε επαφή με το τύμπανο – ταμπούρο. Αν το μήκος του ρυθμιστικού μοχλού 12.7cm και η ακτίνα του έκκεντρου 1.27cm, τότε το μηχανικό πλεονέκτημα είναι 10:1. Αν το μηχανικό πλεονέκτημα είναι 2:1, οι σιαγόνες ωθούνται προς τα έξω πάνω στο τύμπανο με μία δύναμη 6.075 Nm.

### 3.9.4.4 Αερόφρενα Σφηνοειδούς Τύπου

Ορισμένα πνευματικά συστήματα πέδησης διαθέτουν μία σφήνα, η οποία ωθεί τις σιαγόνες προς τα έξω, βρίσκεται δε στη θέση του εκκέντρου τύπου S. Η σφήνα αυτή είναι στο άκρο της ράβδου ώθησης (ωστηρίου), η οποία είναι συνδεδεμένη στο διάφραγμα του θαλάμου πέδησης. Σε αυτόν τον τύπο πέδησης η γωνία της σφήνας είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην εφαρμογή της δύναμης πέδησης. Αν αυξηθεί η γωνία της σφήνας, μειώνεται η δύναμη πέδησης.

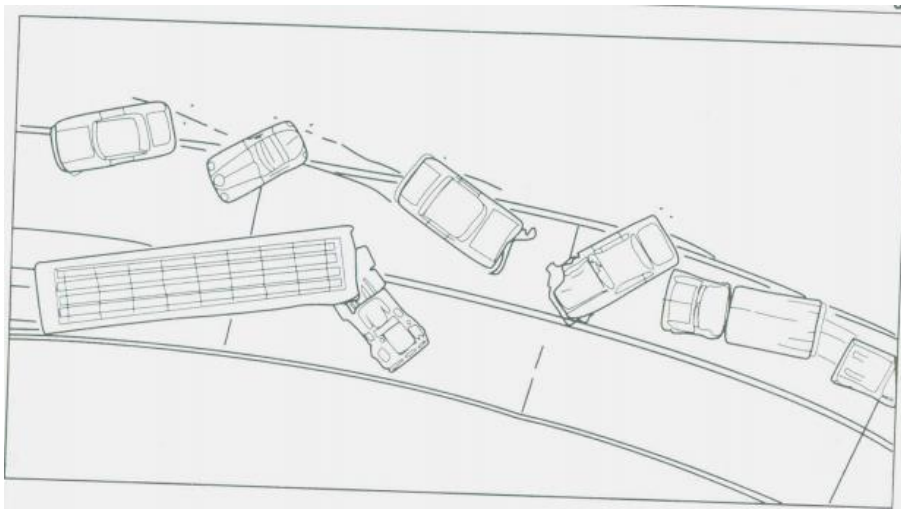
Η σφήνα σε σύγκριση με το έκκεντρο τύπου S, παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Οι ενεργοποιητές που συνεργάζονται με τη σφήνα αντιδρούν σε μικρότερο χρονικό διάστημα.
2. Οι ενεργοποιητές που συνεργάζονται με τη σφήνα χρησιμοποιούν μικρότερους θαλάμους πέδησης και λιγότερο αέρα.
3. Τα ταμπούρα φρένα που λειτουργούν με σφήνα έχουν μικρότερο τύμπανο (ταμπούρο) και σιαγόνες.
4. Τα ταμπούρα που διαθέτουν σφήνα για το άνοιγμα των σιαγόνων είναι ελαφρύτερα και μικρότερου μεγέθους.

Τα πλεονεκτήματα αυτά κάνουν τα ταμπούρα που διαθέτουν σφήνα περισσότερο ευκολόχρηστα τόσο στα λεωφορεία όσο και στα μεγάλα φορτηγά οχήματα.

### 3.9.4.5 Ισοσταθμισμένα Συστήματα Πέδησης

Το ισοσταθμισμένο σύστημα πέδησης καθορίζεται ως ένα σύστημα στο οποίο ο αέρας φθάνει με την ίδια πίεση σε όλους τους θαλάμους πέδησης στην ίδια χρονική στιγμή. Η ισορροπία αυτή του συστήματος είναι εξαιρετικά σημαντική για να επιτευχθεί μέγιστη δύναμη πέδησης ταυτόχρονα σε όλους τους τροχούς. Τα συστήματα πέδησης με πεπιεσμένο αέρα (αερόφρενα) πρέπει να ακολουθούν τους διεθνείς κανονισμούς και τις προδιαγραφές, ώστε να μην χαλάει ισορροπία του συστήματος που οδηγεί σε πρόκληση ατυχήματος. Αυτό ισχύει για τα φορτηγά, τα ρυμουλκά (tractors), τα ρυμουλκούμενα (trailers) και τα λεωφορεία. Οι διεθνείς κανονισμοί (FMVSS 121) προβλέπουν τον όγκο του αεριοφυλακίου, τη μέγιστη πίεση του αέρα, το χρόνο μεταβίβασης του αέρα, το χρόνο ανακούφισης του συστήματος, τη σταθερότητα στην απόσταση πέδησης σε υγρό και ξηρό οδόστρωμα και το 'επείγον' φρενάρισμα. Αν ένα σύστημα αερόφρενων δεν έχει την κατάλληλη ισοστάθμιση, ο ένας από τους τροχούς μπορεί να 'μπλοκάρει' κατά τη διάρκεια της πέδησης του οχήματος. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να προκαλέσει το 'δίπλωμα' (drape) του ρυμουλκούμενου και να προκληθούν σοβαρά τροχαία ατυχήματα.



Εικόνα 29 Ένα μη ισοσταθμισμένο σύστημα αερόφρενων μπορεί να προκαλέσει 'μπλοκάρισμα' των τροχών με αποτέλεσμα το 'δίπλωμα' του ρυμουλκούμενου οχήματος.

### 3.9.5 Βοηθητικά συστήματα πέδησης

Η αδυναμία των αερόψυκτων φρένων να απορροφήσουν την ενέργεια για παρατεταμένες διάρκειες δημιούργησε την ανάγκη για την κατασκευή προϊόντων που ονομάζεται "επιβραδυντές". Υπάρχουν διάφοροι τύποι τέτοιων μηχανισμών, οι οποίοι είναι βοηθητικές συσκευές που παρέχουν επιπρόσθετη 'επιβραδυντική' δύναμη. Αυτά τα προϊόντα είναι διαθέσιμα για πολλούς τύπους οχημάτων, βοηθώντας στο φρενάρισμα σε διαδρομές κατάβασης με παράλληλη βελτίωση της ασφάλειας και της ζωής των φρένων. Η ασφάλεια βελτιώνεται, λόγω της ικανότητας απορρόφησης ενέργειας ενώ η διάρκεια ζωής των βασικών φρένων βελτιώνεται λόγω της μειωμένης χρήσης και της μειωμένης θερμοκρασίας λειτουργίας, συγκριτικά με τη θερμοκρασία που θα αναπτυσσόταν με την απουσία των 'επιβραδυντών'. Μερικοί κοινοί τύποι βοηθητικών συστημάτων επιβράδυνσης είναι τα φρένα του κινητήρα, πέδηση με τη βοήθεια καυσαερίων, η ηλεκτρική πέδηση, και οι υδροδυναμικοί μηχανισμοί. Στη συνέχεια περιγράφονται τα βασικά είδη των επιβραδυντών.

### 3.9.5.1 Πέδηση με τη βοήθεια καυσαερίων

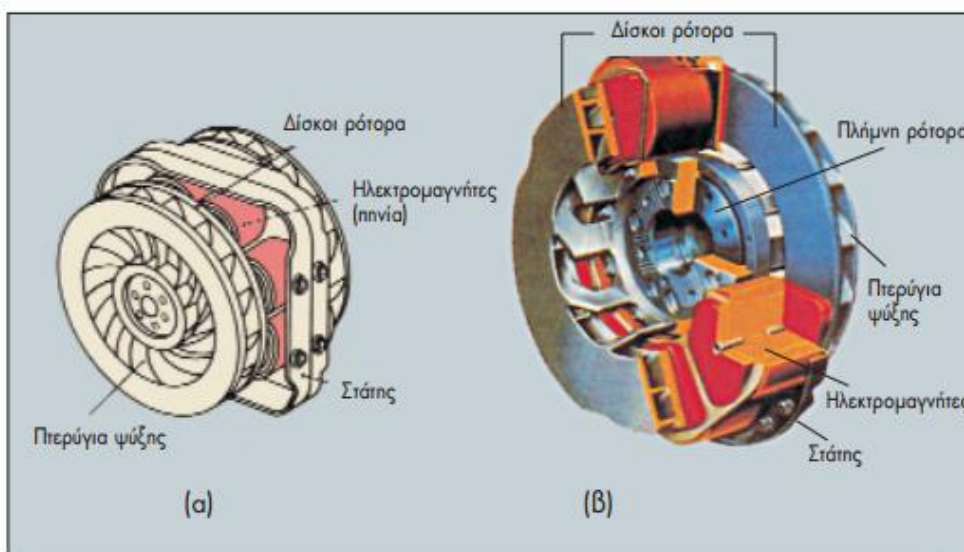
Κάτω από συνθήκες συνεχούς πέδησης η εντατική χρήση των φρένων μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες στην αποτελεσματικότητά τους, λόγω υπερθέρμανσης των ενεργών μερών του συστήματος πέδησης. Γι' αυτό, σε πολλά σύγχρονα βαριά και μέσου βάρους οχήματα τοποθετείται μηχανισμός πέδησης, που λειτουργεί με τη βοήθεια των καυσαερίων της μηχανής και μειώνει σημαντικά το χρόνο χρήσης του βασικού συστήματος πέδησης.

Η θήκη με την πεταλούδα βιδώνεται σε ένα ενισχυμένο μέρος της πολλαπλής εξαγωγής. Αποστολή της πεταλούδας είναι να παρεμποδίζει τη διαφυγή καυσαερίων, όταν κλείνει. Ιδιαίτερα προσοχή απαιτείται στις ενώσεις, διότι – όταν το σύστημα τεθεί σε λειτουργία – αναπτύσσονται πιέσεις που φτάνουν τα 350 kN/m<sup>2</sup>.

Το σύστημα λειτουργεί είτε με ηλεκτρικό τρόπο είτε με τη βοήθεια πιεσμένου αέρα, αν πρόκειται για όχημα με αερόφρενα. Ο οδηγός το θέτει σε λειτουργία είτε με το χέρι είτε με το πόδι. Ταυτόχρονα η παροχή καυσίμου διακόπτεται και η μηχανή μετατρέπεται σε αεροσυμπιεστή, που περιστρέφεται από τους κινητήριους τροχούς του αυτοκινήτου. Η δημιουργία αυξημένης πίεσης στο σύστημα εξαγωγής προκαλεί ταυτόχρονα βραδυπορία στην κίνηση των εμβόλων της μηχανής και στην περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα. Αφού δε ο στροφαλοφόρος άξονας είναι συνδεδεμένος με τους τροχούς, μέσω του συστήματος μετάδοσης της κίνησης, το όχημα συγκρατείται.

### 3.9.5.2 Ηλεκτρική πέδηση (Ηλεκτρόφρενα ή ηλεκτρομαγνητικός επιβραδυντής)

Τα ηλεκτρόφρενα χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια, ενώ ο μηχανισμός τοποθετείται είτε στον κεντρικό άξονα μετάδοσης της κίνησης 'σε σειρά', είτε αμέσως μετά το κιβώτιο ταχυτήτων, είτε ενδιάμεσα στον άξονα μετάδοσης, είτε πριν από το διαφορικό. Ο μηχανισμός αυτός επενεργεί επιβραδύνοντας μόνο τους πίσω τροχούς και χρησιμοποιείται σε βαριά οχήματα (φορτηγά, λεωφορεία) για την επιβράδυσή τους ανεξάρτητα από το κύριο σύστημα πέδησης. Τα ηλεκτρόφρενα αξιοποιούνται σε όσες κατηφορικές διαδρομές είναι απαραίτητο ο οδηγός να φρενάρει συνεχώς, προσφέροντας οικονομία και ασφάλεια των επιβατών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι επιτυγχάνεται αποφυγή υπερθέρμανσης των υλικών τριβής και των ταμπούρων, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται μείωση της φθοράς των υλικών τριβής (θερμουίτ).



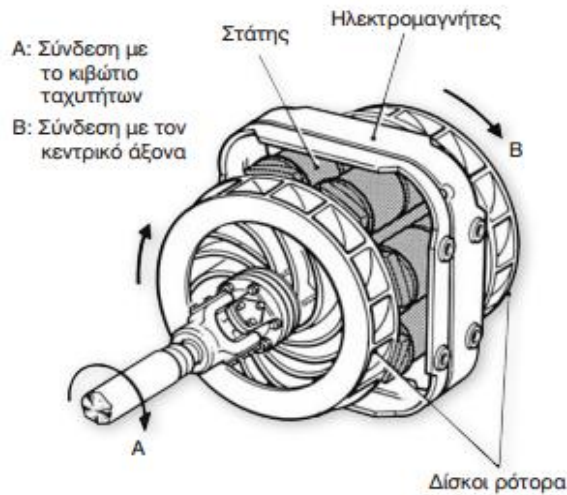
Εικόνα 30 Ηλεκτρόφρενα

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται είναι τα εξής:

1. Το ακίνητο μέρος, το στάτη που περιλαμβάνει τους ηλεκτρομαγνήτες και είναι προσαρμοσμένο στο πλαίσιο του οχήματος.
2. Το κινητό μέρος που περιλαμβάνει το ρότορα, ο οποίος αποτελείται αφενός από έναν άξονα, που εδράζεται σε δύο ρουλεμάν και αφετέρου από δύο δίσκους σφηνωμένους στον άξονα αυτό.

### 3.9.5.2.1 Λειτουργία

Όταν περάσει ηλεκτρικό ρεύμα, που προέρχεται από το συσσωρευτή (μπαταρία) του οχήματος, διεγείρει τα πηνία του στάτη, τα οποία γίνονται ηλεκτρομαγνήτες που ασκούν ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις επάνω στους δίσκους, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ροπή πέδησης στον ρότορα, μόνο όταν αυτός περιστρέφεται. Για να μην υπερθερμαίνεται το σύστημα των πηνίων, δηλαδή σε περίπτωση πέδησης μεγάλης διάρκειας όπως για παράδειγμα σε μεγάλες κατηφόρες, οι δίσκοι είναι διαμορφωμένοι ώστε τα πτερύγια που διαθέτουν, να λειτουργούν σαν ανεμιστήρας. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείτε ένα ρεύμα αέρα, το οποίο ψύχει τους δίσκους και τα πηνία.



**Εικόνα 31** Σύνδεση του μηχανισμού ηλεκτρόφρενων με το κιβώτιο ταχυτήτων και τον κεντρικό άξονα

### 3.10 Συντήρηση

Τα φρένα, όπως και όλα τα συστήματα του οχήματος, έχουν ανάγκη από συντήρηση, ρύθμιση και επισκευή. Η συστηματική συντήρηση των φρένων είναι ουσιαστική, τόσο από απόψεως νομοθεσίας, όσο και για την ασφάλεια των επιβατών του οχήματος. Η αμέλεια δε δημιουργεί μόνο πιθανούς κινδύνους, αλλά προκαλεί και ακύρωση της ασφαλιστικής κάλυψης, σε περίπτωση ατυχήματος με αιτία τα ελαττωματικά φρένα.

Μετά τα πρώτα 2000 χιλιόμετρα και κατόπιν κάθε 15000 χιλιόμετρα πρέπει να γίνεται έλεγχος:

- Της στεγανότητας του συστήματος πέδησης, δηλαδή όλων των ενώσεων.
- Της στάθμης του υγρού στο δοχείο υγρού.
- Της αποτελεσματικότητας των δισκοφρένων.

Κάθε 15000 χιλιόμετρα ελέγχεται η κατάσταση των πέδιλων στα δισκόφρενα.

Μετά τις πρώτες 2000 χιλιόμετρα και κατόπιν κάθε 30000 χιλιόμετρα πρέπει να ελέγχεται:

- Η λειτουργία του χειρόφρενου.
- Η ελεύθερη διαδρομή του πεντάλ των φρένων.
- Η αποτελεσματικότητα των πισινών τυμπανόφρενων.
- Οι βίδες που συγκρατούν τα διάφορα εξαρτήματα και συγκροτήματα του συστήματος πέδησης.

Κάθε 30000 χιλιόμετρα πρέπει να ελέγχεται:

- Η λειτουργία του ρυθμιστή πίεσης στους πισινούς τροχούς.
- Η επένδυση των τυμπανόφρενων.

Κάθε 45000 χιλιόμετρα γίνεται έλεγχος της λειτουργίας του σερβομηχανισμού.

Κάθε 75000 χιλιόμετρα γίνεται αντικατάσταση του υγρού στο σύστημα πέδησης.



## 4. Σύστημα Αντιμπλοκαρίσματος τροχών ABS

### 4.1 Γενικά στοιχεία

Η όλο και μεγαλύτερη ανάγκη για μείωση των ατυχημάτων, η οποία προκαλείται από την αυξανόμενη πυκνότητα της κυκλοφορίας και τα υψηλά ποσοστά νεκρών και τραυματιών, οδήγησε τα τελευταία χρόνια την αυτοκινητοβιομηχανία σε εντατικές προσπάθειες, να βελτιώσει την ενεργητική και την παθητική ασφάλεια. Σημαντική συμβολή στην ενίσχυση της ενεργητικής ασφάλειας προσφέρει το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών (Σ.Α.Τ) ή ονομασία του οποίου είναι ευρέως διαδεδομένη ως ABS που είναι τα αρχικά από την αγγλική ορολογία, Antilock Braking System.

Το Σύστημα Αντιμπλοκαρίσματος Τροχών ή ABS στοχεύει στην αποτροπή του μπλοκαρίσματος των τροχών στην περίπτωση που υπάρξει απότομο φρενάρισμα, παρέχοντας ασφαλή πέδηση, ακόμα και κάτω από τις πιο αντίξοες συνθήκες όπως για παράδειγμα πάγος, χιόνι, λάσπη. Το όχημα που έχει εγκατεστημένο το εν λόγω σύστημα υποβοήθησης πέδησης δεν πλαγιοδρομεί και ακολουθεί ευθεία πορεία μέχρι να ακινητοποιηθεί. Ένα ακόμη πλεονέκτημα του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών είναι ότι μειώνει κατά 15-20% την απόσταση φρεναρίσματος, αν η πέδηση γίνεται κάτω από ιδανικές συνθήκες. Ακολουθεί επομένως την εξής σχέση που αποδίδει την απόσταση ακινητοποίησης του οχήματος:

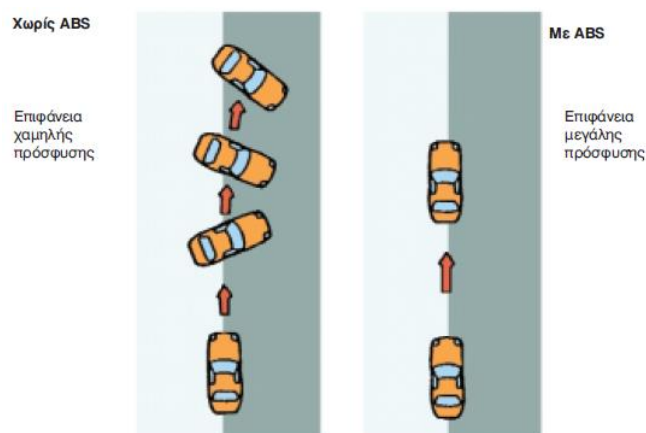
$$ABS \text{ Stopping Distance Improvement} = \frac{SD_{ABS \text{ disabled}} - SD_{ABS}}{SD_{ABS \text{ disabled}}} \times 100\%$$

where

$SD_{ABS \text{ disabled}}$  = stopping distance achieved with an ABS disabled (panic or best effort)

$SD_{ABS}$  = stopping distance achieved with the assistance of an ABS

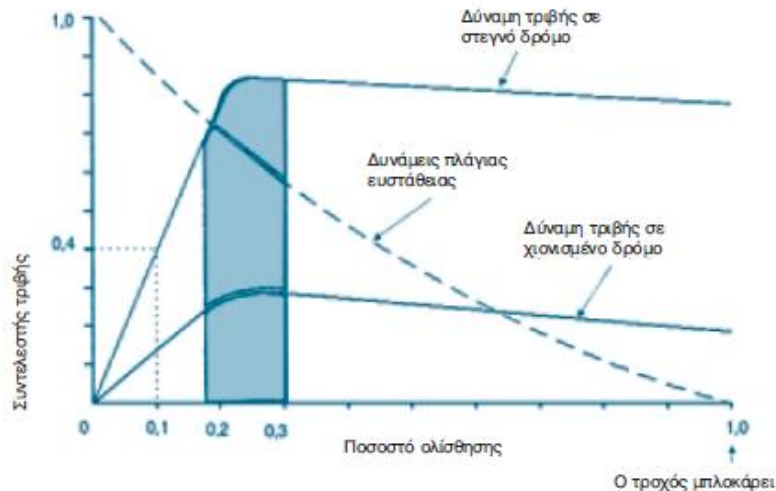
Στην εικόνα 32 φαίνεται η πορεία που θα ακολουθήσει ένα αυτοκίνητο εάν μπλοκάρουν κατά το φρενάρισμα οι αριστεροί τροχοί οι οποίοι κινούνται σε έδαφος με μικρότερο συντελεστή τριβής από τους δεξιούς τροχούς. Το αυτοκίνητο, χωρίς ABS, θα περιστραφεί προς τη δεξιά πλευρά, με αποτέλεσμα να φύγει από την πορεία του, ενώ το αυτοκίνητο με ABS θα παραμείνει στη διεύθυνση κίνησής του χωρίς ιδιαίτερο πρόβλημα.



Εικόνα 32 Διαφορά φρεναρίσματος αυτοκινήτου σε ευθεία χωρίς και με σύστημα ABS

Κατά το φρενάρισμα, αναπτύσσεται μία δύναμη τριβής μεταξύ ελαστικού και οδοστρώματος αλλά ταυτόχρονα το ελαστικό αρχίζει να ολισθαίνει στην επιφάνεια του οδοστρώματος. Όσο πιο μεγάλος είναι ο συντελεστής τριβής και όσο πιο μικρό το ποσοστό της ολίσθησης των τροχών, δηλαδή τόσο μικρότερη είναι και η απόσταση φρεναρίσματος.

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται οι δυνάμεις που αναπτύσσονται και ο συντελεστής τριβής συναρτήσει της ολίσθησης για μία τυπική περίπτωση σε στεγνό οδόστρωμα. Μέσα στο γραμμοσκιασμένο πεδίο, η δύναμη φρεναρίσματος που μπορεί να μεταδοθεί, φθάνει τη μέγιστη τιμή της. Αυτό είναι επίσης το πεδίο, μέσα στο οποίο λειτουργεί ρυθμιστικά και βελτιωτικά το σύστημα ABS.



**Διάγραμμα 7 Δυνάμεις τριβής και πλάγιας ευστάθειας του οχήματος συναρτήσει το συντελεστή ολίσθησης του τροχού**

Ολίσθηση τροχού εμφανίζεται όταν υπάρχει διαφορά μεταξύ της θεωρητικής και της πραγματικής απόστασης που διένυσε ο τροχός. Ένας τροχός για παράδειγμα που έχει περίμετρο 1.5μ και κάνει περιστροφές θα πρέπει να διανύσει απόσταση ίση με 12μ. Εάν δεν διανύσει αυτή την απόσταση τότε ο τροχός ολισθαίνει. Όταν μπλοκάρει ένας τροχός, επομένως, έχει ολίσθηση 100% και η δύναμη τριβής είναι κατά κανόνα μικρότερη από εκείνη που εμφανίζεται σε τροχό που κυλάει ακόμα. Το σύστημα ABS δημιουργεί τέτοιες συνθήκες δυνάμεων πέδησης στον τροχό ώστε η ολίσθηση να παραμένει μέσα στο γραμμοσκιασμένο πεδίο. Έτσι εξασφαλίζεται η μέγιστη δύναμη τριβής. Ταυτόχρονα απομένει μία αρκετά μεγάλη δύναμη πλάγιας ευστάθειας για την ικανότητα εκτέλεσης ελιγμών και την ευστάθεια πορείας

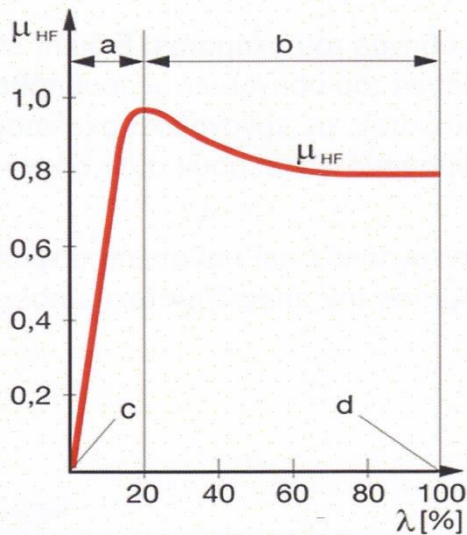
Ο τροχός σε πραγματικές συνθήκες κινήσεως ολισθαίνει κατά ένα ποσοστό. Η ολίσθηση του τροχού ορίζεται ως:

$$\lambda = \frac{v_R - \omega R_d}{V_R}$$

Όπου:

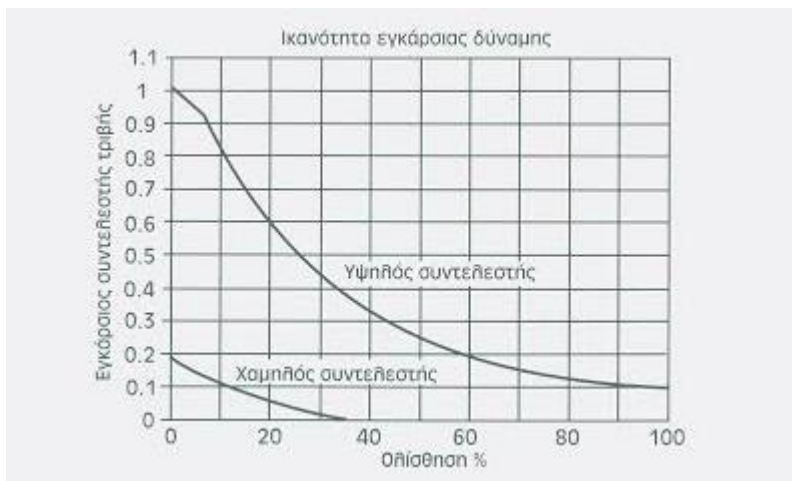
- $v_R$  η ταχύτητα του τροχού
- $\omega$  η γωνιακή ταχύτητα του τροχού
- $R_d$  η δυναμική ακτίνα του τροχού

Επομένως πρόκειται για τη εκατοστιαία διαφορά της ταχύτητας του τροχού στο σημείο επαφής με το έδαφος, σε σχέση με την ταχύτητα που θα είχε στο σημείο αυτό λόγω της γωνιακής ταχύτητάς του. Το κράτημα του τροχού, η πρόσφυσή του, εξαρτάται από την ολίσθηση. Στο διάγραμμα 8 δίνεται η σχετική σχέση μεταξύ του συντελεστή πρόσφυσης και της ολίσθησης. Ενώ στο διάγραμμα 9, δίνεται η ολίσθηση του ελαστικού κατά 20% σε στροφή συγκρινόμενο με ολίσθηση κατά την πέδηση.



- a - σταθερή περιοχή
- b - ασταθής περιοχή
- c - ελεύθερα περιστρεφόμενος τροχός («τρελλιά»)
- d - μπλοκαρισμένος τροχός

**Διάγραμμα 8 Συντελεστής πρόσφυσης σαν συνάρτηση της ολίσθησης**



**Διάγραμμα 9 Ολίσθηση του ελαστικού κατά 20% σε στροφή συγκρινόμενο με ολίσθηση κατά την πέδηση**

Το ABS προσφέρει στον οδηγό, εκτός από τη διατήρηση της σταθερότητας και του ελέγχου του αυτοκινήτου κατά το φρενάρισμα τόσο στην ευθεία όσο και στις στροφές, και τις παρακάτω λειτουργίες.

1. Ενώ εφαρμόζεται δύναμη φρεναρίσματος και πριν ενεργοποιηθεί ο μηχανισμός του ABS, η δύναμη κατανέμεται μεταξύ των μπροστινών και πίσω τροχών, έτσι ώστε να μη μπλοκάρουν οι πίσω τροχοί πολύ νωρίς και να εξασφαλιστεί η σταθερότητα του αυτοκινήτου.
2. Επιτυγχάνεται συχνά το ιδανικό διάστημα ακινητοποίησης του οχήματος.
3. Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών ABS εκμεταλλεύεται σχεδόν πλήρως τα όρια που δίνονται από τις φυσικές ιδιότητες των ελαστικών και του οδοστρώματος.

## 4.2 Ιστορική ανασκόπηση

### 4.2.1 Πρώιμο Σύστημα

Το σύστημα ABS αναπτύχθηκε για πρώτη φορά για χρήση σε αεροσκάφη το 1929, από τον Γάλλο Gabriel Voisin που ασχολήθηκε και με την αυτοκινητοβιομηχανία, καθώς στα αεροπλάνα η βέλτιστη πέδηση με χειροκίνητη ρύθμιση της πίεσης ώστε να επιτευχθεί η ελάχιστη απόσταση ακινητοποίησης χωρίς την ολίσθηση των τροχών (*threshold braking*) είναι σχεδόν αδύνατη. Αυτό το πρώιμο στάδιο του συστήματος χρησιμοποιούσε ένα βολάν<sup>15</sup> (Εικόνα 33) και μία βαλβίδα προσαρμοσμένη σε μία υδραυλική γραμμή που τροφοδοτεί τους κυλίνδρους του συστήματος πέδησης. Σε δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, παρατηρήθηκε 30% καλύτερη απόδοση της πέδησης, εφόσον οι πιλότοι εφάρμοζαν απευθείας τη μέγιστη πίεση στα φρένα και δεν προσπαθούσαν να αυξάνουν σταδιακά την πίεση μέχρι το σημείο μπλοκαρίσματος των τροχών. Ακόμη ένα πλεονέκτημα που παρατηρήθηκε ήταν η ελαχιστοποίηση της φθοράς των ελαστικών.



**Εικόνα 33** Αριστερά σύγχρονο βολάν, χρησιμοποιούμενο στην αυτοκίνηση και δεξιά βολάν χρησιμοποιούμενο στη βιομηχανία.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1950 το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών *Dunlop Maxaret* είχε αρκετά διαδεδομένη χρήση στην αεροπορία. Αεροσκάφη που χρησιμοποιούσαν το συγκεκριμένο σύστημα ήταν τα εξής: Avro Vulcan και Handley Page Victor, Vickers Viscount, Vickers Valiant, English Electric Lightning, de Havilland Comet 2c, de Havilland Sea Vixen, και στη συνέχεια τα αεροσκάφη Vickers VC10, Hawker Siddeley Trident, Hawker Siddeley 125, Hawker Siddeley HS 748 καθώς και τα ATP και BAC One-Eleven της British Aerospace στα οποία εφαρμόστηκε το Maxaret ως βασικός εξοπλισμός.

Το σύστημα Maxaret, ενώ μείωνε την απαιτούμενη απόσταση πέδησης κατά 30% σε παγωμένες και βρεγμένες επιφάνειες, ταυτόχρονα παρέτεινε τη ζωή των ελαστικών, μειώνοντας τη φθορά τους. Το βασικό πλεονέκτημα του συστήματος, σαν απόρροια των προηγούμενων, ήταν ότι πλέον τα αεροσκάφη μπορούσαν να απογειωθούν και να προσγειωθούν υπό συνθήκες που χωρίς το σύστημα Maxaret θα ήταν αδύνατο.

Το 1958, η μοτοσυκλέτα Royal Enfield Super Meteor χρησιμοποιήθηκε από την Road Research Laboratory για να υποβάλλει σε δοκιμές το Maxaret anti-lock brake. Διαπιστώθηκε ότι το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών θα μπορούσε να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμο στις μοτοσυκλέτες, στις οποίες η ολίσθηση των τροχών ενοχοποιείται σε υψηλό ποσοστό ατυχημάτων. Τότε ο διευθυντής Tony Wilson-Jones, του τεχνικού τμήματος της Enfield, θεώρησε ότι παρά τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το σύστημα αυτό, δε θα έχει ανταπόκριση στο μέλλον και γι' αυτό δεν προχώρησε στην παραγωγή του.

<sup>15</sup>Βολάν είναι μία περιστρεφόμενη μηχανολογική συσκευή που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση περιστροφικής ενέργειας. Τα βολάν έχουν υψηλή ροπή της αδράνειας και συνεπώς αντιστέκονται στις αλλαγές της ταχύτητας περιστροφής.

Ένα πλήρως μηχανικό σύστημα το οποίο χρησιμοποιήθηκε ελάχιστα στην αυτοκίνηση το 1966 στο αγωνιστικό αυτοκίνητο Ferguson P99, ήταν το Jensen FF καθώς και το πειραματικό Ford Zodiac, αλλά κανένα δεν κατάφερε να ανταποκριθεί στις προσδοκίες των ερευνητών. Το κόστος κατασκευής του συστήματος θεωρήθηκε ακριβό και η λειτουργία του αναξιόπιστη. Το πρώτο αμιγώς ηλεκτρονικό σύστημα αντιμπλοκαρίσματος αναπτύχθηκε στα τέλη του '60 για τα αεροσκάφη Concorde .

#### **4.2.2 Σύγχρονα Συστήματα**

Η Chrysler σε συνεργασία με την Bendix Corporation, εισήγαγαν ένα εξελιγμένο σύστημα ABS, μηχανογραφημένο 3κάναλο, με τέσσερις αισθητήρες τροχών για το μοντέλο Imperial του 1971, το οποίο ονομαζόταν "Sure Brake". Το σύστημα αυτό ήταν αποδεκτό για αρκετά χρόνια, λειτουργούσε με τον προβλεπόμενο τρόπο και αποδείχθηκε αξιόπιστο. Το 1970 , η Ford προσάρμοσε ένα αντιμπλοκαριστικό σύστημα πέδησης στους οπίσθιους τροχούς (ονομαζόταν "Sure-track") των Lincoln Continentals, σαν επιπρόσθετη επιλογή, το οποίο αμέσως (1971) προσαρμόστηκε στο βασικό εξοπλισμό.

Το 1971, η General Motors εισήγαγε το σύστημα ABS, "Trackmaster", μόνο για τους πίσω τροχούς σαν επιπρόσθετη επιλογή για τα μοντέλα Cadillac (κίνηση στους πίσω τροχούς) και για το Oldsmobile Toronado. Την ίδια χρονιά, η Nissan ανέπτυξε ένα ηλεκτρονικό σύστημα αντιμπλοκαρίσματος ως επιπρόσθετη επιλογή στο Nissan President, το οποίο εν συνεχεία έγινε το πρώτο Ιαπωνικό ηλεκτρονικό ABS.

Το 1985, εισήχθη στην Ευρωπαϊκή αγορά το μοντέλο Ford Scorpio με το ηλεκτρονικό σύστημα Teves στο βασικό εξοπλισμό του, το οποίο απέσπασε το βραβείο European Car of the Year το 1986. Μετά από αυτή την επιτυχία η Ford ξεκίνησε να ερευνά τα συστήματα αντιμπλοκαρίσματος σε όλα τα επίπεδα, γεγονός που ενθάρρυνε και άλλους κατασκευαστές να ασχοληθούν με το αντικείμενο.

Το 1986 η Bosch διέθεσε στην αγορά το TCS (Traction Control System) το οποίο εκμεταλλεύεται τους αισθητήρες του ABS και επέκτεινε τη λειτουργία του, με σκοπό να αποτρέπει το σπινάρισμα των κινητήριων τροχών κατά την επιτάχυνση του οχήματος, επεμβαίνοντας στη διαχείριση του κινητήρα.

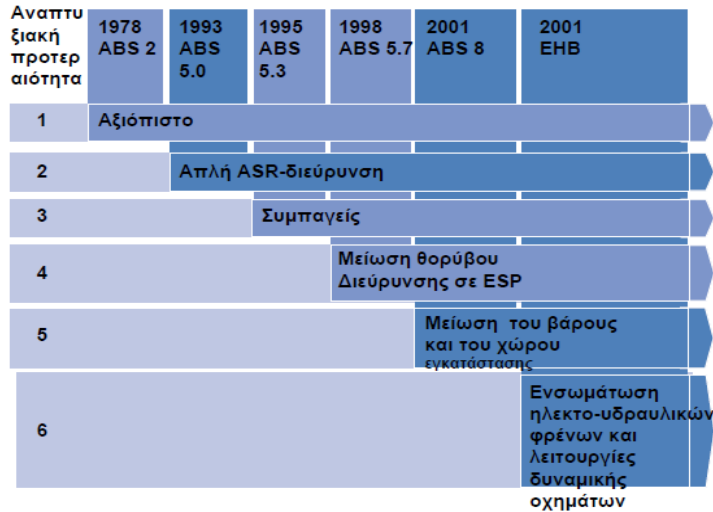
Το 1988, η BMW εισήγαγε την πρώτη εξοπλισμένη με ηλεκτρο-υδραυλικό ABS μοτοσυκλέτα, την BMW K100, ενώ ακολούθησε η Honda το 1992 με την ST1100 Pan European. Αρκετά χρόνια αργότερα, το 2005 η Harley-Davidson προσέφερε σαν επιπρόσθετη επιλογή το σύστημα ABS για τις μοτοσυκλέτες που χρησιμοποιούσε η Αστυνομία ενώ το 2007, η Suzuki παρήγαγε το μοντέλο GSF1200SA (Bandit) εξοπλισμένο με ABS.

Για μοντέλο ευρείας παραγωγής η πρωτιά όμως ανήκει στη Mercedes S-Class W116 και στην BMW Σειρά 7 με σύστημα της Bosch. Η γερμανική εταιρία Bosch διέθεσε το πρώτο εμπορικό σύστημα ABS το 1978, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στα κορυφαία μοντέλα των εταιριών BMW (1979) και Mercedes.

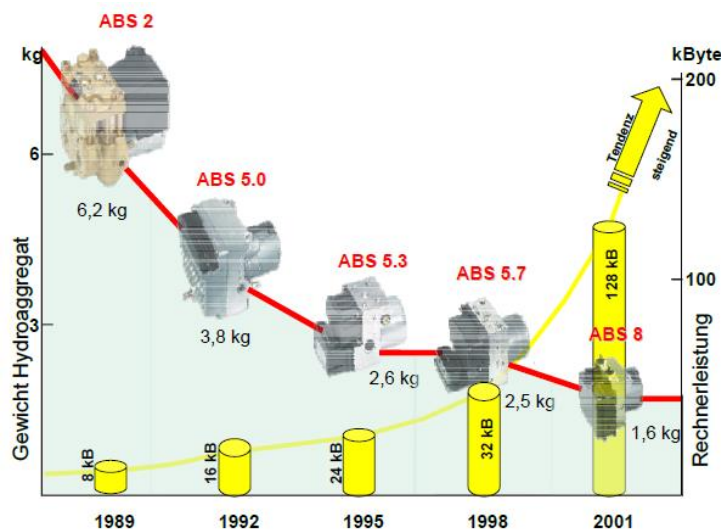
Το σύστημα ABS είναι υποχρεωτικά τοποθετημένο σε όλα τα επιβατικά οχήματα που κατασκευάζονται στην Ευρώπη από το 2007. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, ο οργανισμός NHTSA αρκετές φορές υποστήριξε την αναγκαιότητα υποχρεωτικής ύπαρξης του ABS στα αυτοκίνητα, αλλά δεν υλοποιήθηκε καμία ενέργεια λόγω μελετών δεδομένων και πραγματικών ατυχημάτων που δεν ανταποκρίθηκαν στις προσδοκίες.

#### 4.2.2.1 Εξέλιξη του ABS

Το πρώτο σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών εξελίχθηκε και οδήγησε στο πιο αξιόπιστο ABS 2, το 1978. Πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι να παραχθεί το νέο σύστημα ABS 5, το οποίο ζύγιζε 3.8kg, δηλαδή 2.4kg λιγότερο από το ABS 2. Ακολούθησαν τα όλο και περισσότερο εξελιγμένα ABS 5.3, ABS 5.7, ABS 8 και το σύστημα EHB (Electro-Hydraulic Brake) που το 2001 ενσωμάτωσε τα ηλεκτρο-υδραυλικά φρένα με τις λειτουργίες δυναμικής οχημάτων. Στο διάγραμμα 10 παρουσιάζεται η χρονολογική εξέλιξη του ABS. Η ανάπτυξη και η εφαρμογή νέας τεχνολογίας, συντέλεσε στη βαθμιαία εξέλιξη του συστήματος ελαχιστοποιώντας το βάρος (kg) και αυξάνοντας την υπολογιστική απόδοση (kByte), διάγραμμα 11.



Διάγραμμα 10 Σημεία ανάπτυξης και εξέλιξης του συστήματος



Διάγραμμα 11 Βαθμιαία εξέλιξη του συστήματος ABS, ελαχιστοποιώντας το βάρος και αυξάνοντας την υπολογιστική απόδοση.



### 4.3 Αλληλεπίδραση ελαστικού και οδοστρώματος

Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών (ABS) προτίθεται να ρυθμίσει την ολίσθηση των τροχών κατά την επαφή ελαστικού-οδοστρώματος. Η θεωρητική ανάλυση αυτής της αλληλεπίδρασης των επιφανειών είναι αρκετά σύνθετη αλλά μία περιεκτική ανάλυση είναι απαραίτητη ώστε να διευκρινιστούν οι συνθήκες κατά τις οποίες το ABS αποδεικνύεται χρήσιμο αν όχι απαραίτητο για την σταθεροποίηση και τον έλεγχο δυναμικής του οχήματος.

Η συμπεριφορά των δυνάμεων που επιδρούν στο ελαστικό κατά την διαδικασία της επιβράδυνσης παρουσιάζονται στο διάγραμμα 12. Η μέγιστη δύναμη επιβράδυνσης προκύπτει τη στιγμή που η ολίσθηση τροχού βρίσκεται στο 10%. Η ικανότητα ενός τροχού να παρέχει πλάγιες δυνάμεις, οι οποίες αφορούν είτε τη σταθεροποίηση είτε τους ελιγμούς, μειώνεται σταδιακά καθώς ο τροχός ολισθαίνει. Επίσης οι μέγιστες πλάγιες δυνάμεις αλλά και η επιβράδυνση που παρέχει η αλληλεπίδραση του ελαστικού με το οδόστρωμα, ελαττώνονται δραστικά αν συνυπολογιστούν οι εξής συνθήκες: τραχύτητα οδοστρώματος, νερό, πάγος καθώς και η κατάσταση του ελαστικού (υλικό, πίεση, διαστάσεις)<sup>16</sup>.

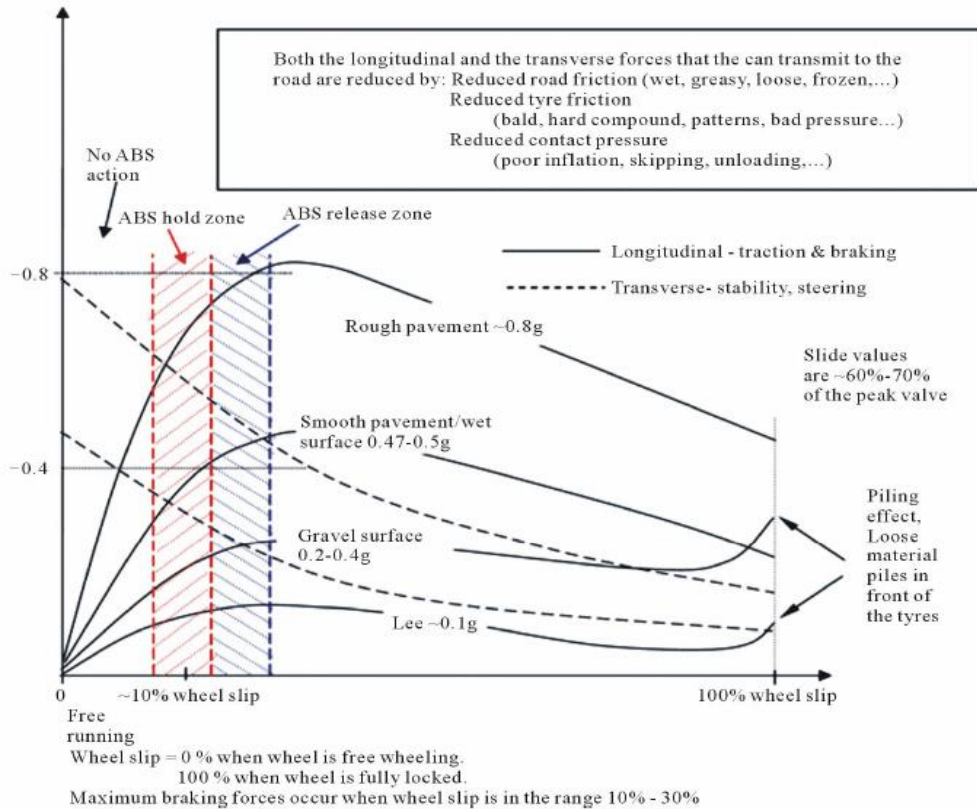
Σε χαμηλά επίπεδα ολίσθησης ο τροχός διατηρεί την επαφή (ομαλή κύλιση) με το οδόστρωμα. Στην περίπτωση όμως που η απαιτούμενη δύναμη πέδησης ξεπεράσει την κορυφή της ισχύουσας καμπύλης, ο τροχός μπλοκάρει και η ευστάθεια κατά τη πλάγια διεύθυνση χάνεται. Για να γίνει αυτό πλήρως κατανοητό ακολουθεί ένα παράδειγμα. Έστω  $X$  η επιθυμητή δύναμη που θα εφαρμοσθεί στον τροχό και εν συνεχεία θα μεταβιβασθεί στο οδόστρωμα. Διαγραμματικά λοιπόν καθίσταται σαφές ότι η δύναμη  $X$  μπορεί να επιτευχθεί χωρίς ολίσθηση σε τραχιά επιφάνεια αλλά όχι σε λεία.

Το διάγραμμα παρουσιάζει τη συμπεριφορά ενός τροχού πάνω σε μία επιφάνεια. Όταν υπάρχουν περισσότεροι τροχοί σε έναν άξονα τότε η ολίσθηση διαφοροποιείται, παρόλο που ο κάθε τροχός μεμονωμένα συμπεριφέρεται όπως δείχνει το διάγραμμα. Αύξηση του αριθμού των ελαστικών επιφέρει αύξηση των μέγιστων οριζόντιων δυνάμεων και αύξηση της ικανότητας μεταφοράς φορτίου.

Η κοινή λογική λοιπόν λέει ότι το μπλοκάρισμα ορισμένων τροχών είναι 'ανεκτό', εφόσον ένας τουλάχιστον τροχός σε κάθε ομάδα/άξονα παραμένει μη μπλοκαρισμένος. Φυσικά αυτό δεν επαρκεί (δηλαδή ο ένας και μόνο τροχός) για απότομους ελιγμούς σε ολισθηρές επιφάνειες, καθώς οι πλάγιες δυνάμεις που ασκούνται από τον τροχό που παραμένει σε κύλιση χωρίς ολίσθηση δεν επαρκούν για να διατηρήσουν τη σταθερότητα του οχήματος. Η δύναμη πέδησης μεταβιβάζεται από το ελαστικό στο οδόστρωμα .

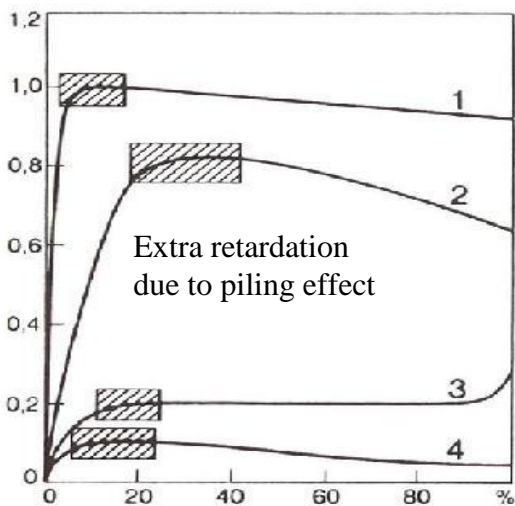
Η μέγιστη δύναμη πέδησης προκύπτει όταν η ολίσθηση του τροχού βρίσκεται περίπου στο 10%. Το ποσοστό της ολίσθησης μετρά το βαθμό στον οποίο ο τροχός περιστρέφεται συγκριτικά με έναν τροχό σε ελεύθερη περιστροφή. Για παράδειγμα ένα ελαστικό 11R22.5 που περιστρέφεται ελεύθερα στις 315 στροφές/km θα στρέφεται με 290 στροφές/km κατά την επιβράδυνση. Η ολίσθηση του τροχού υπολογίζεται στο 8%. Από τη στιγμή που ένας τροχός ξεκινάει να ολισθαίνει, δηλαδή να μπλοκάρει, δεν είναι πλέον δυνατό να μεταφέρει την απαραίτητη ροπή για την αποτελεσματική πέδηση.

<sup>16</sup> Οι πλάγιες δυνάμεις επηρεάζονται επιπρόσθετα από τη γωνία περιστροφής (steering angle), γεγονός που δεν συνυπολογίζεται στο διάγραμμα.



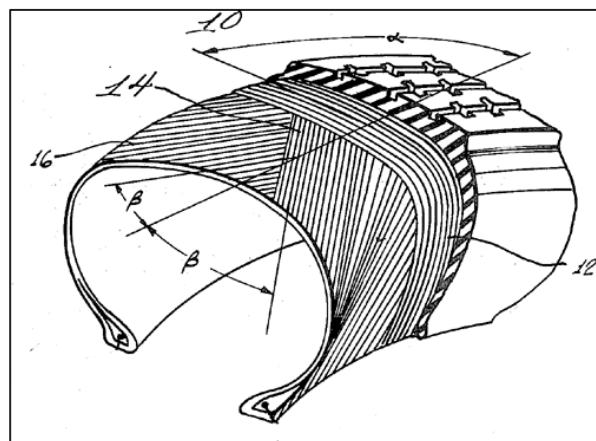
**Διάγραμμα 12 Σχέση της ολίσθηση τροχού συναρτήσει της τριβής**

Το εύρος μέσα στο οποίο λειτουργεί το σύστημα ABS δίνεται στο διάγραμμα 14. Οι αριθμημένες γραμμές υποδηλώνουν την κατάσταση του οδοστρώματος, είτε στεγνό σκυρόδεμα, χιόνι, πάγο και βρεγμένη άσφαλτο.



- 1 Radial tires on dry concrete
- 2 Bias-ply winter tires on wet asphalt
- 3 Radial tires on snow
- 4 Radial tires on wet, slippery ice
- ▨ ABS control ranges (Bosch)

**Διάγραμμα 13 Πεδίο εφαρμογής του ABS (Bosch)**



**Εικόνα 34 Διατομή ελαστικού.**

Radial tires (ή radial-ply): οι επιστρώσεις του ελαστικού τοποθετούνται σε γωνία 90 μοιρών από τον άξονα κίνησης του οχήματος δηλαδή ακτινικά από το κέντρο του ελαστικού (Νούμερο 10 και 12).

Bias-ply tires: οι επιστρώσεις του ελαστικού τοποθετούνται πλάγια αναφορικά με τον άξονα κίνησης του οχήματος (Νούμερα 14 και 16).



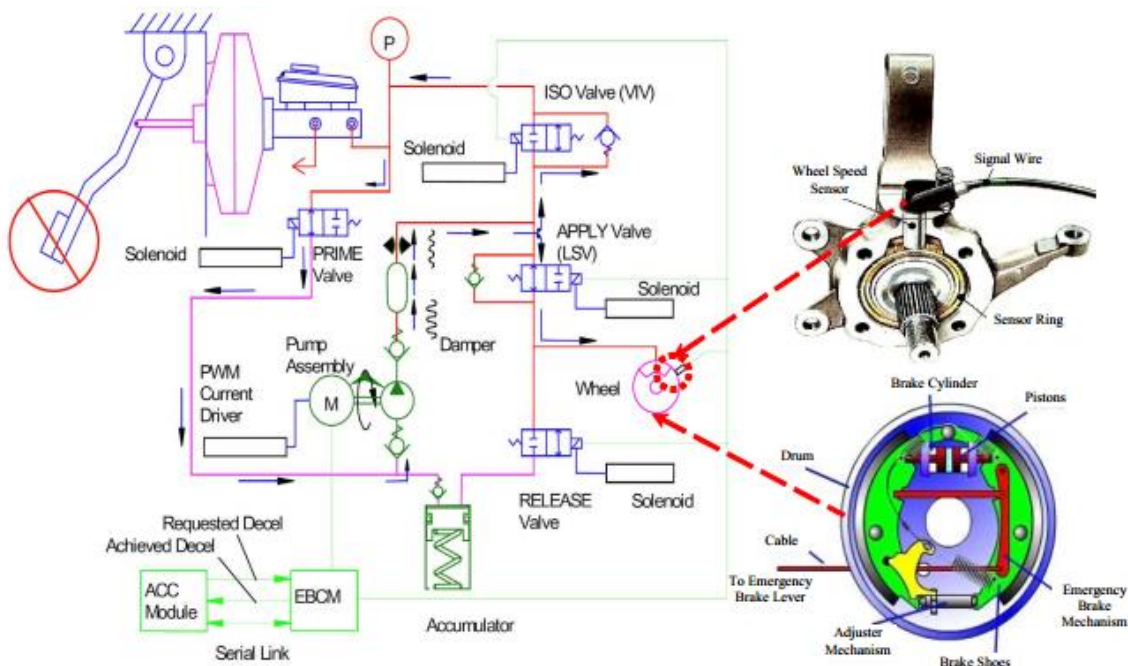
#### 4.4 Χρησιμότητα ABS

Το πλεονέκτημα των φρένων με σύστημα ABS, είναι πως εξαλείφουν ή ελαττώνουν κατά πολύ την πιθανότητα μπλοκαρίσματος των τροχών εξασφαλίζοντας έτσι καλύτερη οδήγηση και έλεγχο της πλοήγησης του αυτοκινήτου. Τα συμβατικά υδραυλικά φρένα, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, λειτουργούν χρησιμοποιώντας έναν κύλινδρο, ο οποίος συμπιέζει ταυτόχρονα τα ταμπούρα τα δισκόφρενα, γύρω από τον άξονα της ρόδας όταν πιέζεται το πετάλι των φρένων. Οι δυσκολίες με αυτά τα φρένα, προκύπτουν εάν ο δρόμος είναι λείος και ο οδηγός πατήσει απότομα το φρένο, σε μία στιγμή πανικού. Υπό αυτές τις συνθήκες, οι ρόδες μπορεί να μπλοκάρουν, κι επομένως το τιμόνι δεν μπορεί να ελέγξει την κίνηση του αυτοκινήτου. Όταν οι ρόδες χάσουν την πρόσφυσή τους στο δρόμο, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το όχημα να καταλήξει με μία ανεξέλεγκτη περιστροφή. Για το λόγο αυτό οι οδηγοί σε παλαιότερα οχήματα φρενάρουν βαθμιαία και προσεκτικά, όταν υπάρχουν παγωμένοι δρόμοι.

Τα φρένα με σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών, σχεδιάστηκαν για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα του κλειδώματος τροχών και των ανεξέλεγκτων περιστροφών. Δεδομένου ότι τα φρένα είναι τα περισσότερα αποτελεσματικά στο να επιβραδύνουν το όχημα σε ένα σημείο ακριβώς πριν από το πλήρες σταμάτημα των τροχών, ένα σύστημα που εξασφαλίζει πέδηση χωρίς μπλοκάρισμα των τροχών, είναι επιθυμητό. Τα αντιμπλοκαριστικά φρένα συμπεριφέρονται με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιώντας έναν υπολογιστικό επεξεργαστή ο οποίος επιτηρεί και ελέγχει την εφαρμογή των φρένων.

Κατά την πέδηση, ο επεξεργαστής ελέγχει την πίεση και τις στροφές/λεπτό σε καθέναν από τους τροχούς του οχήματος. Με αυτές τις πληροφορίες, συγκεκριμένα ποσά πίεσης αποστέλλονται σε κάθε τροχό με μορφή υδραυλικών παλμών πίεσης στους παχυμετρικούς διαβήτες. Αυτοί οι παλμοί επιτυγχάνουν την επιθυμητή πίεση φρεναρίσματος, αποτρέποντας το μπλοκάρισμα των τροχών. Κατά το μπλοκάρισμα του τροχού η γωνιακή του ταχύτητα μηδενίζεται, οπότε η ολίσθηση μεταξύ τροχού και εδάφους φθάνει το 100%, και ελαχιστοποιείται ο συντελεστής πρόσφυσης, με αποτέλεσμα να μη μπορεί ο τροχός να μεταφέρει τη δύναμη πεδήσεως στο οδόστρωμα και το όχημα να μην επιβραδύνει.

Το σύστημα ABS μετρά την περιστροφή του τροχού και βάσει της ταχύτητας του οχήματος υπολογίζει την ολίσθηση. Όταν αυτή υπερβεί μία προκαθορισμένη τιμή, δίνεται εντολή σε βαλβίδα ελέγχου να μειώσει την πίεση στον κύλινδρο πίεσης (Εικόνα 35).

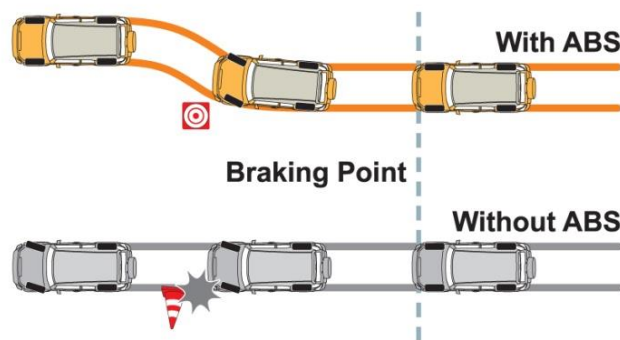


Εικόνα 35 Σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών

#### 4.4.1 Αποτελεσματικότητα του συστήματος ABS

Όταν ένας, όχι πολύ έμπειρος, οδηγός αυτοκινήτου βρίσκεται μπροστά σε κίνδυνο, έχει την τάση να πατάει το πεντάλ του φρένου ως το τέλος της διαδρομής του. Με αυτόν τον τρόπο, όμως, προκαλείται το μπλοκάρισμα των τροχών με αποτέλεσμα το όχημα να μην ελέγχεται. Σε τέτοιες ακριβώς περιπτώσεις, που ο οδηγός δε μπορεί εύκολα να ελέγξει τις αντιδράσεις του, επεμβαίνει το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών / ABS. Το ABS ελέγχει την πίεση των υγρών των φρένων που εφαρμόζεται στον κύλινδρο του φρένου κάθε τροχού από την αντλία των φρένων, ώστε να μη μπλοκάρει κανένας τροχός, ακόμη και όταν το πεντάλ έχει πατηθεί με μεγάλη δύναμη. Εξασφαλίζει έτσι την ικανότητα πλήρους ελέγχου του αυτοκινήτου και την ευστάθεια πορείας κατά το φρενάρισμα.

Η πορεία που θα ακολουθήσει ένα όχημα εάν μπλοκάρουν οι τροχοί κατά το φρενάρισμα πανικού, διαφέρει ανάλογα με την ύπαρξη ή μη συστήματος ABS. Το όχημα χωρίς ABS θα στρίψει με κατεύθυνση τη στροφή αλλά και ταυτόχρονα θα ακολουθήσει περιστροφή του οχήματος γύρω από τον άξονά του, με αποτέλεσμα να εκτραπεί από την πορεία του. Αντίθετα, το όχημα με ABS θα παραμείνει στη διεύθυνση κίνησης επάνω στη στροφή χωρίς ιδιαίτερο πρόβλημα.



**Εικόνα 36 Πορεία που θα ακολουθήσει ένα όχημα ανάλογα με την ύπαρξη ή μη συστήματος ABS.**

Μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2004 από το κέντρο μελέτης ατυχημάτων του Πανεπιστημίου Monash (Μαλαισία) υποστηρίζει ότι το σύστημα ABS:

- Μειώνει κατά 18% τον κίνδυνο σύγκρουσης πολλαπλών οχημάτων.
- Αυξάνει κατά 35% τον κίνδυνο σύγκρουσης σε συγκρούσεις εκτός δρόμου (run-off-road).

Σε επιφάνειες με υψηλό συντελεστή πρόσφυσης, όπως το σκυρόδεμα, τα περισσότερα οχήματα (όχι όλα) που ήταν εξοπλισμένα με το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών κατόρθωναν να ακινητοποιηθούν σε μικρότερη απόσταση, συγκριτικά με την απόσταση που θα διένυαν χωρίς το σύστημα ABS. Σε πραγματικές συνθήκες, ακόμη και ένας έμπειρος και προσεκτικός οδηγός δυσκολεύεται να αποδώσει εξίσου καλά με έναν τυπικό οδηγό οχήματος που φέρει ABS. Σύμφωνα με την έρευνα του πανεπιστημίου το ABS μειώνει όχι μόνο την πιθανότητα να συμβεί μία σύγκρουση αλλά και τη σοβαρότητα τυχών τραυματισμών. Για τους νέους οδηγούς, η προτεινόμενη τεχνική πέδησης σε οχήματα με ABS, είναι να πιέζουν το πεντάλ του φρένου όσο πιο σταδιακά είναι δυνατόν και όπου είναι απαραίτητο να στρέφουν το τιμόνι για να αποφύγουν το εμπόδιο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το ABS θα μειώσει δραστικά τις πιθανότητες να χαθεί ο έλεγχος του οχήματος.

Σε δρόμους με χαλίκι, άμμο και φρέσκο χιόνι, παρατηρήθηκε ότι το σύστημα ABS έχει την τάση να αυξάνει την απόσταση που διανύει το όχημα μέχρι την ακινητοποίησή του. Σε αυτές τις επιφάνειες, ο τροχός που μπλοκάρει βυθίζεται και έτσι το όχημα ακινητοποιείται γρηγορότερα, με το σύστημα ABS όμως αυτό δε συμβαίνει καθώς εμποδίζεται να μπλοκάρει κάποιος τροχός. Ορισμένες μετατροπές στον κύκλο λειτουργίας<sup>17</sup> του ABS, περιορίσαν αυτό το ζήτημα, επιτρέποντας στους τροχούς να μπλοκάρουν και να ξεμπλοκάρουν επαναληπτικά. Επίσης υπάρχουν κατασκευαστές που παρέχουν στον

<sup>17</sup> Βλέπε κεφ. 4.6 Κύκλος λειτουργίας συστήματος ABS.

οδηγό του οχήματος τη δυνατότητα να επιλέξει λειτουργία 'εκτός δρόμου' (off-road), ώστε να απενεργοποιηθεί το σύστημα ABS. Βεβαίως, όπως αναφέρει η μελέτη, το βασικό πλεονέκτημα που προσδίδει το ABS είναι η διατήρηση του ελέγχου και της ευστάθειας του οχήματος παρά το γεγονός ότι σε επιφάνειες με χαλίκι ή χιόνι, είναι αρκετά πιθανό να χαθεί ο έλεγχος. Τέλος, αναφέρεται ότι σε ιδιαίτερα ολισθηρές επιφάνειες όπως είναι οι επιφάνειες καλυμμένες από πάγο ή χαλίκι, είναι συνηθισμένο οι τροχοί να μπλοκάρουν ταυτόχρονα και αυτό εμποδίζει την άρτια λειτουργία του ABS, καθώς η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στη σύγκριση μεταξύ των στροφών των τροχών.

Μία δεύτερη μελέτη που προηγήθηκε χρονικά (1999) και πραγματοποιήθηκε από τον οργανισμό National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) κατέληξε ότι σε επιφάνειες με χαλίκι το σύστημα ABS αυξάνει την απόσταση που διανύει το όχημα μέχρι να ακινητοποιηθεί κατά μέσο όρο 27.2%.<sup>18</sup> Σύμφωνα με τον οργανισμό NHTSA «Το σύστημα ABS, εξυπηρετεί τον οδηγό καθώς η βέλτιστη πέδηση επέρχεται αυτόματα και δεν χρειάζεται να προσαρμόζει ο ίδιος τον τρόπο πέδησης (*threshold braking*) και με τον τρόπο αυτό παραμένει καθολικά συγκεντρωμένος στο στρίψιμο του τιμονιού».

Στα πρώτα ABS που κυκλοφόρησαν στην αγορά, είχε παρατηρηθεί από τους οδηγούς των οχημάτων ότι με την ενεργοποίηση του ABS, το πεντάλ του φρένου 'κλωτσούσε'. Εφόσον όμως οι οδηγοί σπάνια πιέζουν το πεντάλ το φρένου τόσο δυνατά ώστε να μπλοκάρει και επίσης σπάνια διαβάζουν το εγχειρίδιο ιδιοκτήτη (*owner's manual*), παρατηρούσαν αυτό το φαινόμενο στην καθημερινή οδήγηση αλλά μονάχα στην περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Ορισμένοι κατασκευαστές εισήγαγαν το βοηθητικό σύστημα υποβοήθησης πέδησης<sup>19</sup> (Brake assist system) το οποίο ρυθμίζει την πίεση στο πεντάλ του φρένου.

Σε μία άλλη έρευνα του πανεπιστήμιου του Μοναχό, εξετάστηκε μία ομάδα οχημάτων taxi, στην οποία τα μισά οχήματα εξοπλίστηκαν με τον μηχανισμό του ABS και τα υπόλοιπα είχαν το τυπικό σύστημα πέδησης. Το ποσοστό συγκρούσεων ήταν σχεδόν το ίδιο ανεξάρτητα αν είχαν το σύστημα ABS και συμπερασματικά κατέληξαν ότι αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι οδηγοί που στηρίζονταν στο ABS οδηγούσαν επιθετικά και επικίνδυνα, ενώ εκείνοι με συμβατικό σύστημα πέδησης ήταν πιο προσεκτικοί γνωρίζοντας ότι σε περίπτωση ανάγκης το ABS δεν θα είναι εκεί να τους βοηθήσει<sup>20</sup>.

Τέλος, το Ασφαλιστικό Ινστιτούτο για την Ασφάλεια στους Αυτοκινητόδρομους (Insurance Institute for Highway Safety) δημοσίευσε το 2010 μία μελέτη που υποστήριζε ότι οι μοτοσυκλέτες με ABS είχαν 37% μικρότερες πιθανότητες να εμπλακούν σε θανατηφόρα ατυχήματα συγκριτικά με εκείνες που δεν ήταν εξοπλισμένες με το εν λόγω σύστημα.<sup>21</sup>

Με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών το ABS έχει περάσει σήμερα ακόμα και στα φθηνότερα αυτοκίνητα, μάλιστα στις Η.Π.Α. είναι τοποθετημένο σε 1 στα 8 αυτοκίνητα που κυκλοφορούν. Στην Ευρώπη, από το 1996 αποτελεί υποχρεωτικό εξοπλισμό στα φορτηγά με βάρος πάνω από 3,5 τόνους. Παρόλα αυτά το ABS έχει κατηγορηθεί για την πρόκληση ατυχημάτων, τα οποία όμως προέρχονται από το γεγονός ότι ο μέσος οδηγός δεν ξέρει να το χρησιμοποιεί. Πατώντας δυνατά τα φρένα περιμένει το όχημα να «κοκαλώσει», ενώ δεν επιχειρεί να αποφύγει το εμπόδιο, βασική δυνατότητα που του παρέχει το ABS. Στη χειρότερη περίπτωση ο οδηγός στρίβει απότομα το τιμόνι και καταλήγει έξω από το δρόμο. Πριν από αρκετά χρόνια η εταιρεία Lucas πραγματοποίησε μια σειρά πειραμάτων με οδηγούς που ανήκαν στην κατηγορία του «μέσου οδηγού». Οι δοκιμές περιελάμβαναν οδήγηση σε δύσκολες καταστάσεις και χρησιμοποιήθηκαν αυτοκίνητα εκ των οποίων τα μισά ήταν εφοδιασμένα με ABS και τα υπόλοιπα χωρίς. Αν και το ABS αποδείχθηκε ιδιαίτερα χρήσιμο, το τελικό αποτέλεσμα έδειξε ότι ένας μεγάλος αριθμός των οδηγών σε κρίσιμες καταστάσεις δεν ήταν σε θέση να φρενάρουν σωστά ή να

<sup>18</sup> NHTSA, Light Vehicle Antilock Brake System Research Program Task 4: A Test Track Study of Light Vehicle ABS Performance Over a Broad Range of Surfaces and Maneuvers, Jan 1999.

<sup>19</sup> Βλέπε κεφ.5.2 Σύστημα υποβοήθησης επείγουσας πέδησης EBA (Emergency Brake assist).

<sup>20</sup> Gerald J. S. Wilde (1994). "7. Remedy by engineering?". *Psyc.queensu.ca*. Retrieved 2010-12-07.

<sup>21</sup> "Motorcycle ABS: Skepticism Debunked". *Ultimate Motorcycling*. 2012-05-16. Retrieved 2012-08-18.

κατευθύνουν το όχημά τους. Πολλοί μάλιστα πάτησαν τόσο λίγο τα φρένα που το ABS δεν ενεργοποιήθηκε καθόλου.

Σήμερα η Lucas παρουσιάζει, σε συνεργασία με τη Mercedes Benz, το EAS (Electronic Actuation System), ένα ηλεκτρονικό σύστημα υποβοήθησης των φρένων σε οχήματα που διαθέτουν ABS. Ο στόχος της προσπάθειας αυτής είναι να αντιμετωπιστούν τα φρεναρίσματα πανικού στα οποία ο οδηγός δεν προλαβαίνει να πατήσει αρκετά το πεντάλ του φρένου και τελικά δεν εκμεταλλεύεται στο μέγιστο τις δυνατότητες των φρένων του.

Τα βασικά εξαρτήματα του Ηλεκτρονικού Συστήματος Διαχείρισης Φρένων είναι οι ειδικοί αισθητήρες οι οποίοι καταγράφουν την ταχύτητα με την οποία ο οδηγός πατάει το πεντάλ του φρένου. Στο φρενάρισμα πανικού, που το πόδι του οδηγού πατάει με μεγάλη ταχύτητα το πεντάλ, το σύστημα ενεργοποιείται και αυτόματα μεγιστοποιεί την πίεση του σερβομηχανισμού, χωρίς να υπολογίζει τη δύναμη με την οποία ο οδηγός πατάει το πεντάλ. Με αυτόν τον τρόπο τα φρένα επιβραδύνουν τους τροχούς κατά το μέγιστο και τελικά ενεργοποιείται το ABS φροντίζοντας τελικά για το καλύτερο δυνατό φρενάρισμα. Παράλληλα με τη λειτουργία του σε φρενάρισμα πανικού, το EAS χρησιμοποιεί το ηλεκτρονικά ελεγχόμενο σύστημα υποβοήθησης (ηλεκτρονικό σέρβο) για το σύστημα ελέγχου της πρόσφυσης. Η μελλοντική εξέλιξη του συστήματος θα περιλαμβάνει και άλλες λειτουργίες, όπως αυτής της συγκράτησης του αυτοκινήτου πάνω σε δρόμο με μεγάλη κλίση. Στην περίπτωση αυτή το σύστημα θα κρατάει τα φρένα μέχρι οι τροχοί να αρχίσουν να τραβάνε το όχημα μπροστά. Τέλος το σύστημα θα μπορεί να αντιλαμβάνεται τις μεταβολές του φορτίου και να ρυθμίζει ανάλογα την πίεση των φρένων, διατηρώντας έτσι σταθερή η δύναμη που απαιτείται από το πόδι του οδηγού για να φρενάρει το όχημα.

#### 4.5 Ζητήματα ευστάθειας βαρέων οχημάτων και η επέμβαση του ABS

Ακολουθούν τρεις περιπτώσεις αποσταθεροποίησης ενός ημιρυμουλκούμενου φορτηγού οχήματος (semi-trailer), κατά τις οποίες παρατηρείται μπλοκάρισμα των τροχών και εμφανίζονται στην Εικόνα 21.

- A. *Μπλοκάρισμα των τροχών διεύθυνσης, του μπροστινού άξονα (Steer wheel lock-up), σε αυτήν την περίπτωση το όχημα συνεχίζει να κινείται ευθύγραμμα αλλά η δυνατότητα αλλαγής κατεύθυνσης έχει χαθεί. Επίσης η δύναμη πέδησης που ασκείται από τους πίσω τροχούς τείνει να 'τεντώνει' το συζευγμένο όχημα, δηλαδή ο τράκτορας και το ρυμουλκούμενο τμήμα.*
- B. *Μπλοκάρισμα των κινητήριων τροχών ή του κινητήριου άξονα, (Drive-wheel lock-up) μπορεί να προκαλέσει το δυναμικό φαινόμενο jack-knife<sup>22</sup>, κατά το οποίο το όχημα πλαγιολισθαίνει περιστρεφόμενο γύρω από τον νοητό κατακόρυφο άξονα των κινητήριων τροχών, καταλήγοντας στο εμπειρικά λεγόμενο 'δίπλωμα της νταλίκας'. Όταν το φορτηγό είναι μετρίως ή πλήρως φορτισμένο η δύναμη επιβράδυνσης που ασκείται από τον τράκτορα στο ρυμουλκούμενο μεταφέρεται μέσω του πείρου και προκαλεί μία ίση αντίθετη δύναμη προς τον τράκτορα (δράση αντίδραση) γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε τάση συστροφής του τράκτορα. Εάν η επιβράδυνση του ρυμουλκούμενου δεν επιτευχθεί με ισορροπία, γεγονός που αποδίδεται σε μη επαρκές σύστημα πέδησης, τότε το ρυμουλκούμενο τείνει να προσπεράσει τον τράκτορα, κάτι το οποίο επιδεινώνει την εμφάνιση του jack-knife. Μεγάλο ποσοστό των φορτηγών της Αυστραλίας διαθέτουν ανεξάρτητο σύστημα πέδησης για το ρυμουλκ. Ένας από τους κύριους λόγους που συμβαίνει αυτό είναι η παροχή επιπρόσθετου ελέγχου στον οδηγό τόσο της κίνησης όσο και της επιβράδυνσης του ρυμουλκού, στην περίπτωση που τείνει να εμφανιστεί ή ξεκινήσει να εξελίσσεται jack knife.*

<sup>22</sup> Το φαινόμενο που παρατηρείται στον κινητήριο άξονα είναι μία σοβαρή και επικίνδυνη δυναμική συμπεριφορά, δεδομένου ότι εξελίσσεται γρήγορα (συγκριτικά με το φαινόμενο συστροφής του ρυμουλκούμενου- trailer swing). Εάν εμφανιστεί jack-knife, θεωρείται εξαιρετικά δύσκολο να 'διορθωθεί'.

- C. Εάν η δύναμη επιβράδυνσης από το τριαξονικό είναι δυσανάλογα πιο έντονη ως προς την αντίστοιχη επιβράδυνση του τράκτορα τότε υπάρχει η τάση το ρυμουλκούμενο να σπρώχνει μπροστά το όχημα. Συχνά αυτή η περίπτωση συσχετίζεται με το *μπλοκάρισμα των τροχών του ρυμουλκούμενου τμήματος*. Εάν πράγματι μπλοκάρουν οι τροχοί του ρυμουλκούμενου παρατηρείται το φαινόμενο της 'κούνιας', κατά το οποίο το ρυμουλκούμενο πλαγιολισθαίνει (trailer swing).

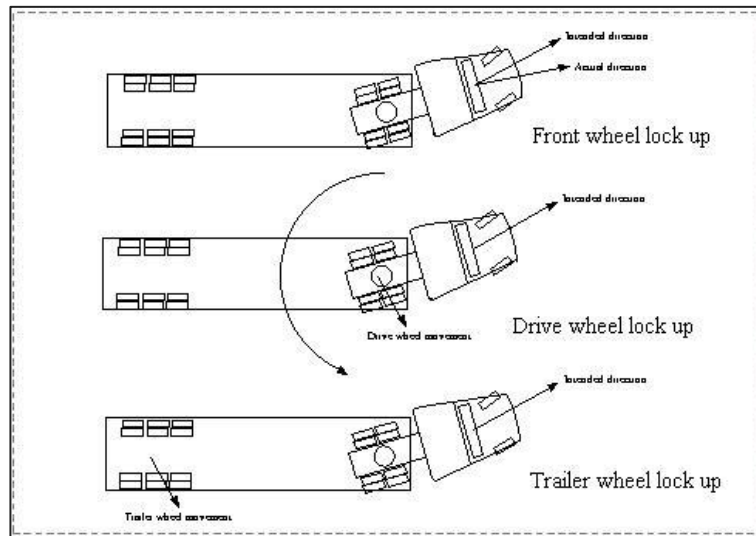
Σε ένα φορτηγό τύπου B-double<sup>23</sup> υπάρχουν δυνάμεις επιβράδυνσης που ασκούνται από το ακολουθούμενο trailer, οι οποίες δύνανται είτε να ελαττώσουν είτε να επιδεινώσουν το φαινόμενο της 'κούνιας'. Εάν η συστροφή του πρώτου trailer είναι έντονη και συνεχής τότε προκαλείται μία κατάσταση που αποκαλείται *trailer jack knife*. Στην περίπτωση που το φορτηγό φέρει δύο ρυμουλκούμενες μονάδες, η πρώτη παρέχει μερική επιβράδυνση της δεύτερης μονάδας μεταδίδοντας το σύνολο των δυνάμεων μέσω του πύρου ζεύξης (king pin). Εάν η ισορροπία κατά την πέδηση δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη, οι δυνάμεις που μεταφέρονται μέσω του πείρου θα είναι είτε μικρότερες είτε μεγαλύτερες συγκριτικά με το βέλτιστο.

Για να επιτευχθεί ευσταθής και ελεγχόμενη δυναμική συμπεριφορά κατά την πέδηση θα πρέπει ένα αρθρωτό φορτηγό να διανέμει ισάξια την επιβραδυνόμενη δύναμη καθώς και να μη καθυστερεί στην εφαρμογή των δυνάμεων στα τμήματα του ρυμουλκούμενου. Επειδή το βάρος ενός φορτηγού διαφοροποιείται είναι απαραίτητο να διαθέτει φρένα ανάλογα του συνολικού του φορτίου, ώστε να επιτυγχάνεται ισορροπία κατά την πέδηση. Ορίζεται στον περί Έγκρισης Τύπου Οχημάτων Νόμο του 2005, κάθε ρυμουλκούμενο όχημα του οποίου το μικτό βάρος υπερβαίνει τα 750 κιλά θα πρέπει να έχει αποτελεσματικό σύστημα πεδήσεως, όπως αυτό ορίζεται από τους εν δυνάμει Κανονισμούς και Διατάγματα.

Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών παρουσιάζει δύο βασικά πλεονεκτήματα, όπως αυτά έχουν αναφερθεί στην εισαγωγή το κεφαλαίου. Αρχικά μπορεί να βελτιώσει αισθητά την ευστάθεια του οχήματος, ιδιαίτερα στην περίπτωση που το υπάρχον σύστημα πέδησης εμφανίζει ελλείψεις. Αυτό συμβαίνει ελέγχοντας το μπλοκάρισμα των τροχών και κατ' επέκταση επιτρέποντας στον τροχό να παρέχει πλευρικές δυνάμεις, οι οποίες εξισορροπούν το όχημα.

Η απόσταση στην οποία ακινητοποιείται το όχημα μπορεί να περιοριστεί εάν επιλεγεί το σύστημα ABS να λειτουργήσει σε διαμόρφωση *select-high*, αλλά αυτό είναι εις βάρος της ευστάθειας του οχήματος. Η διαμόρφωση του *select high* 'αισθάνεται' τους τροχούς, οι οποίοι έχουν τη πιθανότητα να μπλοκάρουν ώστε να επιτευχθούν οι μικρότερες δυνατές αποστάσεις φρεναρίσματος. Ο αλγόριθμος *select low* εντοπίζει τον τροχό που έχει το χαμηλότερο συντελεστή τριβής και καθορίζει την πίεση στα φρένα του άξονα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνει ενισχυμένη ευστάθεια χωρίς όμως την ελάχιστη απόσταση ακινητοποίησης, έχοντας απλοποιημένο σχεδιασμό συστήματος, γεγονός που συντελεί στο μειωμένο κόστος του. Τα πιο πρόσφατα και εξελιγμένα συστήματα, είναι εξοπλισμένα με αλγόριθμους *select-smart*, τα οποία επιτρέπουν στον τροχό με τη μεγαλύτερη πρόσφυση να παρουσιάσει υψηλότερο ποσοστό ολίσθησης, ώστε ο τροχός με τη μικρότερη πρόσφυση να πλησιάσει την ιδανική ολίσθηση. Αυτό συμβάλλει εξισορρόπηση των αποστάσεων ακινητοποίησης με την πλευρική ευστάθεια του οχήματος.

<sup>23</sup> B-double ορίζονται τα ημι-ρυμουλκούμενα με δύο μονάδες trailer προσδεμένες στο φορτηγό, στο παράρτημα υπάρχει αναλυτική περιγραφή των κατηγοριών στις οποίες ταξινομούνται τα φορτηγά οχήματα.



Εικόνα 37 Τρεις διαφορετικές δυναμικές καταστάσεις αποσταθεροποίησης ενός ημιρυμουλκούμενου φορτηγού.

Πίνακας 1 Αξιολόγηση και προσέγγιση πιθανότητας και σοβαρότητας ποικίλων υποθετικών σεναρίων μπλοκαρίσματος τροχών σε φορτηγό όχημα.

Κατάσταση Μπλοκαρίσματος	Πιθανές Συνέπειες	Πιθανότερο Σενάριο	Αντίδραση Οδηγού	Πιθανότητα να συμβεί [X] (0 – 10)	Σοβαρότητα [Ψ] (0-10)	Βαθμονόμηση Επικινδυνότητας % [X x Ψ]
Κινητήριος άξονας. Και οι δύο πλευρές.	Πλαγιολίσθηση των τροχών οδηγώντας στο φαινόμενο jack-knife.	Μερικώς φορτωμένο. Δυσμενής πρόσφυση.	Πιθανότατα ανεξέλεγκτη κατάσταση.	6	Σοβαρότητα: 10 Χειρότερη περίπτωση να χαθεί η σύζευξη. <i>Bobtail</i>	60
Κινητήριος άξονας. Μόνο η μία πλευρά.	Μερική εμφάνιση jack-knife, οδηγεί σε αλλαγή διεύθυνσης του οχήματος. Δύσκολο να ελεγχθεί γρήγορα.	Μερικώς φορτωμένο. Εμπόδιο στη μία πλευρά του δρόμου.	Δύσκολο να ελεγχθεί από τον οδηγό.	3	Σοβαρότητα: 5	15
Φορτηγό B-double, μπλοκάρισμα του πρώτου ρυμουλκούμενου. Και οι δύο πλευρές.	Πλαγιολίσθηση των τροχών οδηγώντας στο φαινόμενο jack-knife. Movement down camber of roadway or outwards on corner.	Μερικώς φορτωμένο. Δυσμενής πρόσφυση.	Εξελίσσεται πιο αργά από το jack-knife σε κινητήριο άξονα. Ίσως ο οδηγός ανακτήσει τον έλεγχο.	6	Σοβαρότητα: 5	30
Μπλοκάρισμα ενός τροχού στον άξονα διεύθυνσης	Το όχημα συνεχίζει ευθύγραμμα. Η δυνατότητα αλλαγής διεύθυνσης μειώνεται, προκαλώντας δυσχέρεια στην αποφυγή εμποδίων.	Μερικώς φορτωμένο. Δυσμενής πρόσφυση.	Ο οδηγός μπορεί να ρυθμίσει τη δύναμη πέδησης.	0.6 <sup>1</sup>	Σοβαρότητα: 4	2.4
Ημιρυμουλκούμενο σε τριαξονικό. Μπλοκάρισμα όλων των τροχών και στις δύο πλευρές.	Το ρυμουλκούμενο ταλαντεύεται (κούνια).	Μερικώς φορτωμένο. Μικρός ή μέτριος συντελεστής τριβής.	Εξελίσσεται πιο αργά από jack-knife σε κινητήριο άξονα. Ενδεχομένως ο οδηγός να ανακτήσει τον έλεγχο ρυθμίζοντας τη δύναμη πέδησης.	10	Σοβαρότητα: 4	40
Φορτηγό B-double, μπλοκάρισμα του πρώτου ρυμουλκούμενου. Στη μία πλευρά.	Μερική εμφάνιση jack-knife, προκαλεί αλλαγή διεύθυνσης του ρυμουλκούμενου τμήματος.	Μερικώς φορτωμένο. Δυσμενής πρόσφυση.	Ο οδηγός ενδεχομένως να ανακτήσει τον έλεγχο ρυθμίζοντας τη δύναμη πέδησης.	3	Σοβαρότητα: 2	6
Τριαξονικό φορτηγό. Μπλοκάρισμα στη μία πλευρά.	Μερική εμφάνιση του φαινομένου της κούνιας, η ταλάντευση προκαλεί αλλαγή διεύθυνσης του ρυμουλκούμενου τμήματος εκτός της λωρίδας.	Μερικώς φορτωμένο. Μικρός ή μέτριος συντελεστής τριβής.	Ο οδηγός μπορεί να ελέγξει την κατάσταση, ρυθμίζοντας τη δύναμη πέδησης.	5	Σοβαρότητα: 1.5	7.5

Πηγή: Australian Prime Mover Ratings, 2003

<sup>1</sup> Απαιτείται εφαρμογή εξαιρετικά μεγάλης δύναμης πέδησης για να μπλοκάρουν οι κατευθυντήριοι τροχοί, επειδή το βάρος τμήματος του φορτίου και του τράκτορα ενισχύουν την επαφή μεταξύ του ελαστικού και του δρόμου.



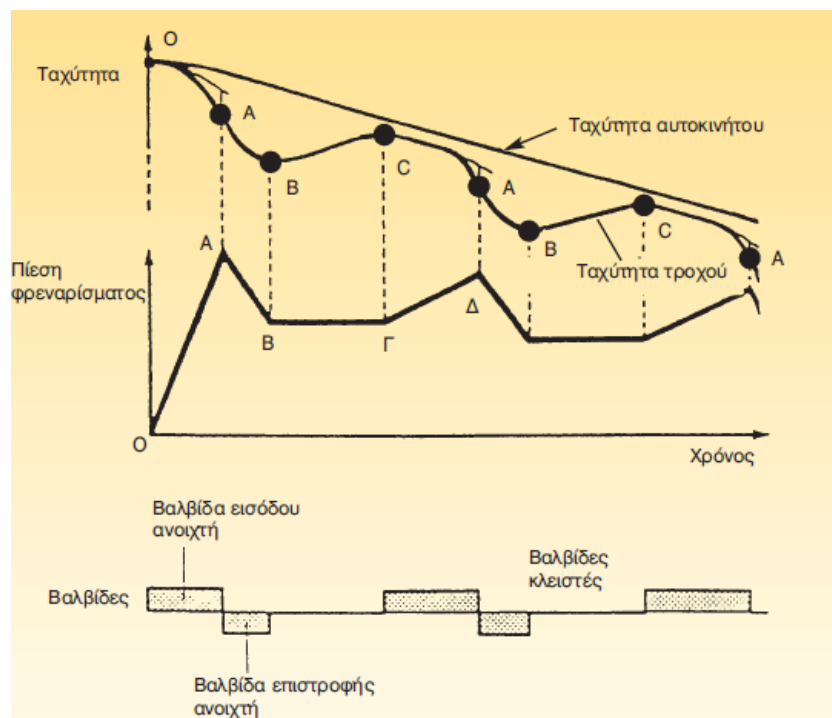
Μία έρευνα για την πιθανή σοβαρότητα αποσταθεροποίησης βαρέων φορτηγών οχημάτων, η οποία προκύπτει από το μπλοκάρισμα ομάδων τροχών-αξόνων παρουσιάζεται στον Πίνακα 1 που ακολουθεί. Ο πίνακας παρέχει πληροφορίες ουσιαστικής σημασίας, οι οποίες συσχετίζονται με τον έλεγχο στους τροχούς σε περίπτωση μπλοκαρίσματος των διάφορων ομάδων αξόνων. Οι προσεγγίσεις αυτές είναι ουσιώδης καθώς πολύ συχνά το σύστημα ABS τοποθετείται μόνο σε ορισμένα τμήματα του οχήματος, όπως ο τράκτορας, ενώ σε περιπτώσεις σύζευξης περισσότερων τμημάτων πρέπει να εξεταστεί η εγκατάσταση ABS και στα υπόλοιπα μέρη. Κατά τη διαδικασία εκτίμησης του κινδύνου, είναι απαραίτητο να αξιολογηθούν τόσο η σοβαρότητα εμφάνισης όσο και η συχνότητα με την οποία παρουσιάζονται τα σενάρια αλλά και η πιθανότητα να συμβούν.

Το βασικότερο πλεονέκτημα χρήσης του ABS προκύπτει κυρίως από τον έλεγχο του μπλοκαρίσματος των κινητήριων τροχών ή του κινητήριου άξονα (*Drive-wheel lock-up*) και επιπροσθέτως στην περίπτωση του B-double από τον έλεγχο του μπλοκαρίσματος των τροχών στο πρώτο ρυμουλκούμενο τμήμα.

Από την ανάλυση αυτή προκύπτει ότι το μπλοκάρισμα του drive axle συνιστά τον σοβαρότερο κίνδυνο. Έπειτα το μπλοκάρισμα τριαξονικού ρυμουλκούμενου και του πρώτου σε σειρά ρυμουλκούμενου σε B-double αποτελούν εξίσου σημαντικό κίνδυνο. Με βάση τον πίνακα που παρουσιάστηκε και την οικονομική ανάλυση που θα γίνει σε επόμενο κεφάλαιο, συμπεραίνουμε ότι η συμβολή του συστήματος ABS αποφυγή συγκρούσεων είναι εξίσου σημαντική είτε τοποθετηθεί στο κυρίως μέρος (τράκτορα) είτε στο ρυμουλκούμενο τμήμα (trailer).

#### 4.6 Κύκλος λειτουργίας συστήματος ABS

Η αρχική αύξηση της πίεσης προέρχεται από την δύναμη που ασκεί ο οδηγός στο πεντάλ του φρένου. Στη συνέχεια η συγκράτηση, η μείωση και η αύξηση πάλι της πίεσης γίνεται από το ίδιο το σύστημα. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος.



Διάγραμμα 14 Κύκλος λειτουργίας του συστήματος ABS

Στο διάγραμμα 14 φαίνεται η μεταβολή της ταχύτητας του οχήματος, η μεταβολή της ταχύτητας του τροχού και η πίεση φρεναρίσματος. Ενώ η ταχύτητα του οχήματος μειώνεται σταθερά, όπως φαίνεται από την καμπύλη του διαγράμματος, η επιβράδυνση των τροχών δεν είναι σταθερή αλλά παρουσιάζει διακυμάνσεις. Στο τμήμα ΟΑ υπάρχει μια μεγάλη επιβράδυνση των τροχών μετά από την απότομη αύξηση της πίεσης φρεναρίσματος που οφείλεται στη δύναμη που ασκεί ο οδηγός στο πεντάλ των φρένων. Τη στιγμή αυτή οι αισθητήρες στροφών πληροφορούν την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος για την ολίσθηση των τροχών. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ενεργοποιεί την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του συστήματος που μειώνει την πίεση στο υδραυλικό κύκλωμα των φρένων( τμήμα ΑΒ), με την βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων.

Στην συνέχεια γίνεται συγκράτηση της πίεσης και μείωση της επιβράδυνσης του τροχού (τμήμα ΒΓ). Η μείωση της επιβράδυνσης διαρκεί μέχρι να μηδενισθεί η ολίσθηση των τροχών. Έτσι η επιβράδυνση των τροχών έρχεται σε αντιστοιχία με την επιβράδυνση του οχήματος (τμήμα ΓΔ) οπότε αυξάνεται η πίεση των υγρών στο κύκλωμα των φρένων (για υδραυλικό σύστημα πέδησης). Η αύξηση της πίεσης των υγρών γίνεται από την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα και συγκεκριμένα από την αντλία υψηλής πίεσης. Ο κύκλος αυτός λειτουργίας (τμήμα ΑΒ - ΒΓ - ΓΔ) μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές το δευτερόλεπτο. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα ABS δημιουργεί ίδιες συνθήκες επιβράδυνσης τροχών και οχήματος.

## 4.7 Εξαρτήματα συστήματος ABS

Στα κύρια εξαρτήματα περιλαμβάνονται τα παρακάτω εξαρτήματα επιπλέον από αυτά που περιλαμβάνονται σε ένα συμβατικό σύστημα φρένων:

### 4.7.1 Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, η οποία συχνά αποκαλείται "εγκέφαλος" του ABS, με βάση τα σήματα από τους αισθητήρες στροφών των τροχών, στέλνει σήματα λειτουργίας προς την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του ABS, για τον έλεγχο της πίεσης που εφαρμόζεται στον κάθε τροχό, ώστε να αποτραπεί το μπλοκάρισμά του. Σκοπός της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου είναι να λαμβάνει τα σήματα εισόδου από τους αισθητήρες ταχύτητας των τροχών, παρέχοντας σήμα τάσεως εξόδου για να λειτουργήσουν οι βαλβίδες (διαμορφωτές<sup>24</sup>), ώστε η μέγιστη δύναμη πέδησης να διατηρηθεί σε καθέναν από τους τροχούς.

Επομένως η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου είναι ένας μικρός ηλεκτρονικός υπολογιστής. Δέχεται από τους αισθητήρες των στροφών τα ηλεκτρικά σήματα, που είναι μεγέθη ανάλογα προς την ταχύτητα των τροχών και αναφέρονται στην επιτάχυνση, την επιβράδυνση και την ολίσθηση. Με βάση τα σήματα που δέχεται ένας μικροεπεξεργαστής υπολογίζει την ταχύτητα επιβράδυνσης των τροχών και δίνει εντολή στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα και τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες του συστήματος για τη μείωση, τη συγκράτηση ή την αύξηση της πίεσης του κυκλώματος. Συνήθως δυο ξεχωριστά ηλεκτρονικά κυκλώματα στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Οι βαλβίδες που αναφέρονται είναι συνδεδεμένες στις γραμμές των αερόφρενων και παρέχουν δράση αντιμπλοκαρίσματος.

Ένα σύστημα αυτοδιάγνωσης, ανάλογο με αυτό που υπάρχει στα ηλεκτρονικά συστήματα ψεκασμού ελέγχει την κατάσταση των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων καθώς και των καλωδιώσεων. Στα περισσότερα συστήματα η μονάδα ελέγχου (ECU) ελέγχει μία προειδοποιητική λυχνία στον πίνακα οργάνων. Όταν ο διακόπτης ενεργοποίησης τεθεί σε θέση ON, τότε ανάβει η προειδοποιητική λυχνία. Αν δεν υπάρχει ελάττωμα ή άλλη ζημιά στο σύστημα ABS, τότε η λυχνία αυτή θα σβήσει όταν η ταχύτητα του οχήματος φτάσει στα 6km/h. Η ECU λοιπόν ανάβει τη λυχνία όταν παρουσιαστεί πρόβλημα στο ABS, ώστε να ενημερωθεί ο οδηγός ότι υπάρχει βλάβη στο σύστημα και πρέπει να ελεγχθεί. Το ίδιο το σύστημα μπορεί να τεθεί εκτός λειτουργίας εάν υπάρξει σοβαρό πρόβλημα. Όταν υπάρχει κάποια δυσλειτουργία

<sup>24</sup> Ο διαμορφωτής (modulator) είναι ένας ρυθμιστής πίεσης, ο οποίος φέρει ρυθμιστικές βαλβίδες (βαλβίδες διαμόρφωσης) με σκοπό τη διαμόρφωση της τιμής της πίεσης στα επιθυμητά επίπεδα.




και ανιχνευθεί κωδικός βλάβης <sup>25</sup>, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του ABS διακόπτει τη τάση τροφοδοσίας του ρελέ που τροφοδοτεί την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα. Τότε το σύστημα ABS δε λειτουργεί και στην περίπτωση αυτή το σύστημα πέδησης λειτουργεί όπως ένα συμβατικό σύστημα πέδησης. Σε κάθε περίπτωση η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU) δεν πρέπει να ανοίγεται, εφόσον ο κατασκευαστής ορίζει το άνοιγμά της ως άρση της εγγύησης.

Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος ABS μπορεί να είναι τοποθετημένη στον χώρο του κινητήρα, στο πλαίσιο του οχήματος, στο εσωτερικό της καμπίνας των επιβατών ή να είναι ενσωματωμένη μαζί με την ηλεκτροϋδραυλική μονάδα.

Τα βασικά κυκλώματα της μονάδας είναι,

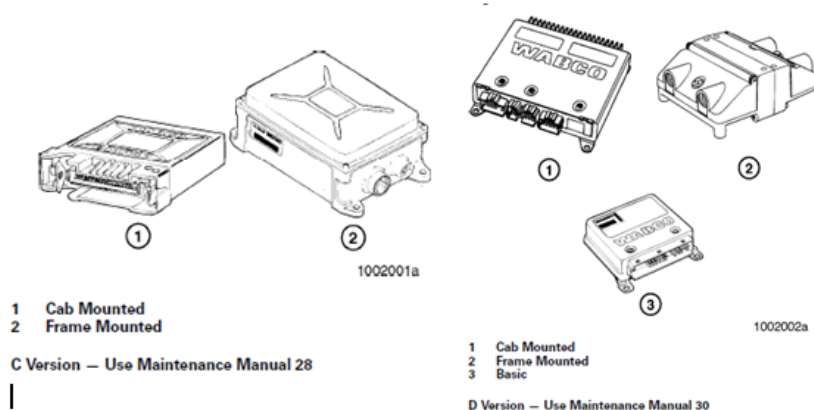
1. Το κύκλωμα λειτουργίας,
2. Το κύκλωμα ελέγχου, και
3. Το κύκλωμα αυτοδιάγνωσης.

### Πίνακας 2 Λειτουργία προειδοποιητικής λυχνίας του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος τροχών

<p>Ignition ON</p> 	Normal Operation	ABS lamp comes on at ignition momentarily for a bulb check, then goes out.	System is O.K.
	After servicing ABS	ABS lamp does not go out at ignition.	When vehicle is driven at speeds above 4 mph (6 km/h), lamp goes out. System is O.K.
	Off-road ABS operation. Refer to "Off-Road ABS" in this section.	ABS lamp flashes during vehicle operation.	The vehicle's normal ABS function is being modified due to road conditions.
	Existing Fault	ABS lamp does not go out at ignition.	Lamp does not go out at speeds above 4 mph (6 km/h) — a fault exists in the ABS system.

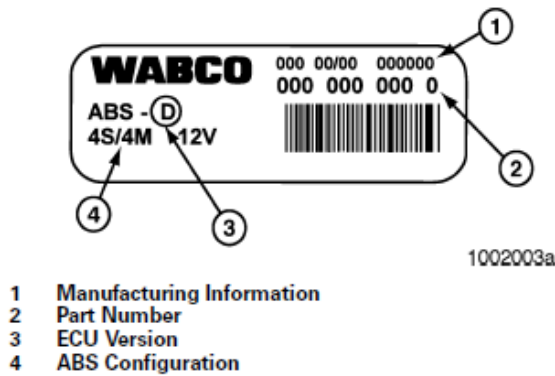
Στον Πίνακα 2, παρουσιάζεται η λειτουργία της ενδεικτικής λυχνίας. Μία από τις περιπτώσεις αναφέρεται στην 'off-road' λειτουργία του συστήματος ABS, η οποία είναι εγκατεστημένη σε ορισμένα οχήματα και η επιλογή της γίνεται από τον οδηγό. Αυτή η επιλογή στην λειτουργία βελτιώνει τον έλεγχο του οχήματος και μειώνει την απόσταση ακινητοποίησής του σε διαδρομές εκτός της ασφάλτου. Στην περίπτωση λοιπόν που έχει επιλεγεί η λειτουργία 'off-road', η ενδεικτική λυχνία εμφανίζεται να αναβοσβήνει, ώστε με τον τρόπο αυτό να ειδοποιεί τον οδηγό για την τροποποιημένη λειτουργία του ABS.

Η αναγνώριση του τύπου της ECU γίνεται εύκολα, ιδιαίτερα ανάμεσα στους τύπου C και D, Εικόνες 38, 39.



**Εικόνα 38 Τύποι Ηλεκτρονικής Μονάδας Ελέγχου C και D, αντίστοιχα.**

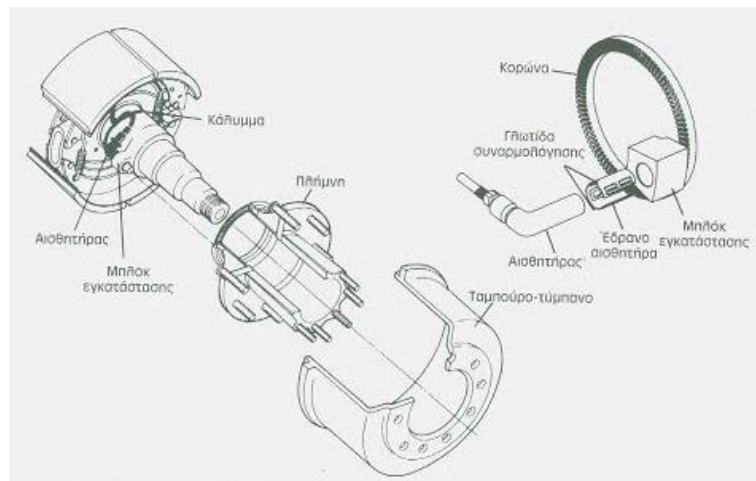
<sup>25</sup> Βλέπε Κεφάλαιο 4.11, Περιπτώσεις βλάβης.



Εικόνα 39 Αναγνώριση του τύπου της ECU

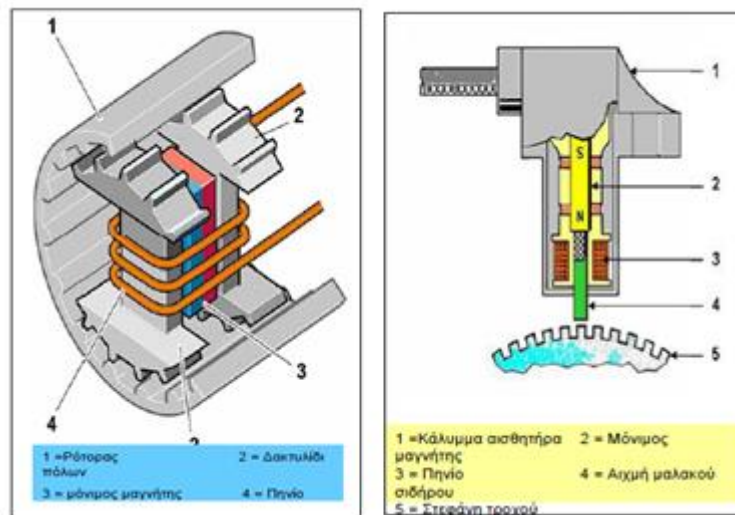
#### 4.7.2 Αισθητήρα ταχύτητας του τροχού και οδοντωτός δακτύλιος

Οι αισθητήρες στροφών των τροχών ανιχνεύουν την ταχύτητα περιστροφής καθενός τροχού και παράγουν σήματα εξόδου. Τα σήματα αυτά πληροφορούν την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για την ολίσθηση ή μη των τροχών. Ο αισθητήρας στροφών είναι αισθητήρας επαγωγικού τύπου. Ο σκοπός του κάθε αισθητήρα είναι να αποστέλλει σήμα τάσεως AC (εναλλασσόμενο) στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU= Electronic Control Unit) σε σχέση με την ταχύτητα περιστροφής του τροχού. Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής του τροχού, αυξάνονται αντίστοιχα και οι κύκλοι του AC σήματος τάσεως.



Εικόνα 40 Αισθητήρας ταχύτητας και οδοντωτός δακτύλιος

Η διάταξη περιλαμβάνει ένα πηνίο από σύρμα τυλιγμένο γύρω από ένα μόνιμο μαγνήτη (Εικόνα 41). Ο αισθητήρας αυτός είναι εγκατεστημένος σε σημείο το οποίο είναι τμήμα του περιβλήματος του άξονα. Ένα κλιπ συγκρατεί τον αισθητήρα σε σταθερό σημείο. Ο οδοντωτός δακτύλιος τοποθετείται στο εσωτερικό ημιαξόνιο του τροχού, στην πλήμνη (μουαγιέ), στο διαφορικό ή στον κεντρικό άξονα, ώστε τα δόντια του να βρίσκονται πρόσωπο με πρόσωπο με τον αισθητήρα. Ο αισθητήρας στροφών τοποθετείται σε σταθερή θέση, σε απόσταση 1 - 1,5 mm από τον οδοντωτό τροχό.

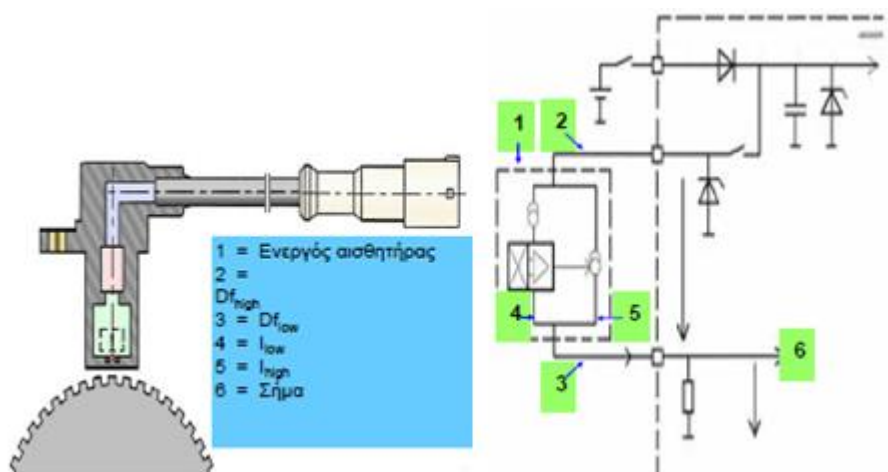


Εικόνα 41 Διάταξη αισθητήρα και οδοντωτού δακτυλίου

Ο ρότορας είναι ενσωματωμένος και ολόκληρος ο αισθητήρας βρίσκεται εσωτερικά του ρουλεμάν, του πίσω αριστερού ή δεξιού τροχού. Ο αισθητήρας αποτελείται από έναν μόνιμο μαγνήτη και δύο προεξοχές πόλων. Ένα πηνίο είναι τυλιγμένο γύρω από τις προεξοχές και τον μόνιμο μαγνήτη. Όταν ο τροχός κινείται, ο ρότορας περιστρέφεται γύρω από τον αισθητήρα. Κινούμενος ο τροχός, διακόπτει μαγνητικές γραμμές οπότε επηρεάζει τη μαγνητική ροή, που έχει σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη διαφοράς δυναμικού στα άκρα του πηνίου.

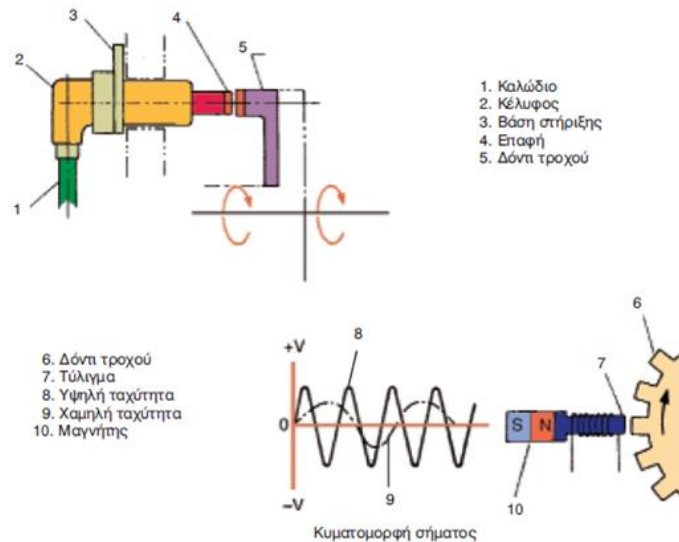
Τα πλεονεκτήματα του ενεργού αισθητήρα τύπου Hall, ενός τύπου αισθητήρα που χρησιμοποιείτε στο Σύστημα Αντιμπλοκαρίσματος Τροχών:

1. Σήμα ακόμα και αν το όχημα είναι ακίνητο
2. Καλύτερη λειτουργία σε χαμηλές ταχύτητες
3. Καλύτερη διαγνωστική λειτουργία
4. Απευθείας ψηφιακό σήμα στη μονάδα ελέγχου



Εικόνα 42 Ενεργός αισθητήρας και διάγραμμα λειτουργίας.

Η μεγαλύτερη πλειοψηφία οδοντωτών δακτυλίων, για τα φορτηγά βαριάς κατηγορίας, διαθέτουν 100 δόντια. Σε πολλές εφαρμογές το κλιπ θέτει τον αισθητήρα ταχύτητας του τροχού, έτσι που το διάκενο μεταξύ αισθητήρα και οδοντωτού δακτυλίου να είναι 0,038mm.



**Εικόνα 43** Αισθητήρας στροφών και συχνότητα σήματος τάσεως σε σχέση με την ταχύτητα περιστροφής του τροχού

Όταν ο οδοντωτός τροχός και η πλήμνη αυτού περιστρέφονται, τα δόντια του οδοντωτού τροχού περνάνε μπροστά από το άκρο του αισθητήρα. Με τον τρόπο αυτό παράγεται τάση AC στην περιέλιξη του αισθητήρα. Η συχνότητα είναι ανάλογη με την ταχύτητα του τροχού (Εικόνα 43). Τα καλώδια καθενός από τους αισθητήρες είναι συνδεδεμένα σε αντίστοιχες εισόδους στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU). Αυτά τα καλώδια μεταφέρουν πληροφορίες για την ταχύτητα περιστροφής του κάθε τροχού στη μονάδα ελέγχου. Η μονάδα ελέγχου υπολογίζει την ταχύτητα του τροχού από τη συχνότητα των κύκλων της AC τάσεως.

Προειδοποίηση: Οι αισθητήρες ταχύτητας των τροχών δεν πρέπει να τοποθετούνται στους άξονες που έχουν τη δυνατότητα να ανυψώνονται ανάλογα με την επιθυμία του οδηγού. Στην περίπτωση που υπάρχουν αισθητήρες σε άξονα ο οποίος ανυψωθεί με το όχημα σε κίνηση, οι τροχοί θα συνεχίσουν να περιστρέφονται. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να στέλνουν εσφαλμένα δεδομένα για την ταχύτητα περιστροφής των τροχών σε σχέση με αυτή που έχουν οι τροχοί που 'πατούν' στο οδόστρωμα. Έτσι η μονάδα ECU λειτουργεί αντικανονικά του συστήματος ABS.

#### 4.7.3 Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα

Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα του ABS<sup>26</sup>, λειτουργεί σύμφωνα με τα σήματα της ηλεκτρονικής μονάδας του για τον έλεγχο της πίεσης του αέρα που εφαρμόζεται σε καθέναν από τους τροχούς, ώστε να διατηρείται η μέγιστη δύναμη πέδησης χωρίς να μπλοκάρουν οι τροχοί.

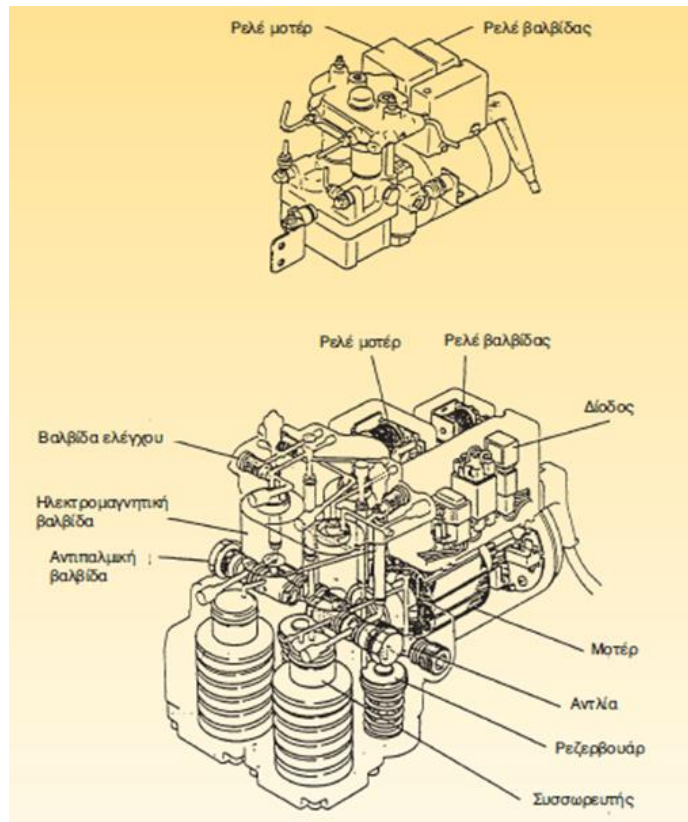
Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα είναι ο ενεργοποιητής του συστήματος και περιλαμβάνει:

1. Τον ηλεκτροκινητήρα και την αντλία, που διοχετεύουν το υγρό των φρένων το οποίο αφαιρέθηκε κατά τη μείωση της πίεσης από το κυλινδράκι του τροχού, πάλι πίσω στο αντίστοιχο κύκλωμα των φρένων.
2. Το συσσωρευτή της πίεσης του κυκλώματος, που διατηρεί την πίεση του συστήματος.
3. Τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες για τη ρύθμιση της πίεσης του κυκλώματος.
4. Τον αποσβεστήρα παλμών. Με τη λειτουργία των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων παρουσιάζεται αυξομείωση της πίεσης των υγρών των φρένων. Αυτό δημιουργεί παλμικές δονήσεις στο σύστημα που φθάνουν μέχρι το πεντάλ φρένων του οδηγού. Οι παλμικές αυτές κινήσεις αποσβένονται από τον αποσβεστήρα παλμών που υπάρχει στην διάταξη της ηλεκτροϋδραυλικής

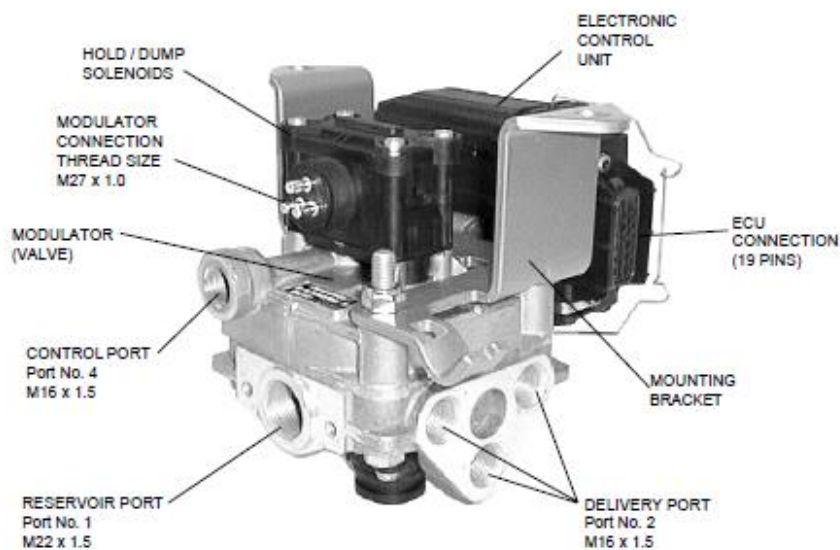
<sup>26</sup> Ξαν σωληνοειδές αναφέρεται ένας ηλεκτρομαγνητικός μηχανισμός, ο οποίος δρα σαν ενεργοποιητής. Με την τροφοδοσία αυτού με ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να γίνει κάποια μηχανική λειτουργία για την εξυπηρέτηση του συστήματος αερόφρενων, για παράδειγμα να κοπεί αυτόματα η παροχή αέρα κλείνοντας τον αγωγό τροφοδοσίας.

μονάδας, τους ποικίλους ηλεκτρονόμους (ρελέ), όπως το ρελέ της αντλίας, το ρελέ λειτουργίας έκτακτης ανάγκης κτλ.

5. Τα ρελέ όπως το ρελέ της αντλίας, το ρελέ λειτουργίας έκτακτης ανάγκης κτλ.



Εικόνα 44 Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα συστήματος ABS



Εικόνα 45 ECU και βαλβίδα διαμόρφωσης.

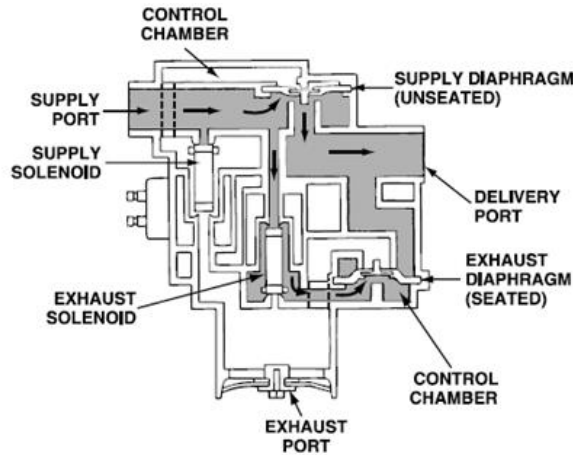


**4.7.3.1 Καταστάσεις λειτουργίας ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας**

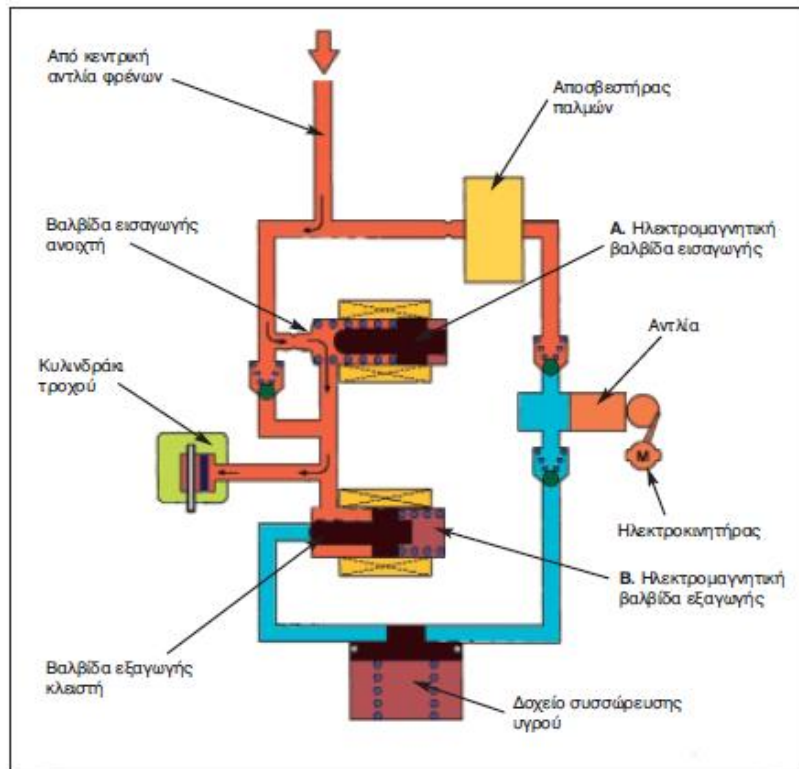
Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου έχει τη δυνατότητα να ρυθμίσει τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες σε τέσσερις καταστάσεις:

1. Αύξηση της πίεσης

Στην πρώτη κατάσταση επιλογής γίνεται απευθείας σύνδεση της κεντρικής αντλίας των φρένων με το κύλινδρο ενεργοποίησης του φρένου του τροχού. Η πίεση των υγρών των φρένων που εξασκείται από την κεντρική αντλία των φρένων φτάνει στο κυλινδράκι και επομένως, με την πίεση των πεντάλ του φρένου από τον οδηγό αυξάνει. Σε αυτή την θέση επιλογής, οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες A και B βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας και δε διαρρέονται από ρεύμα (Εικόνα 47).



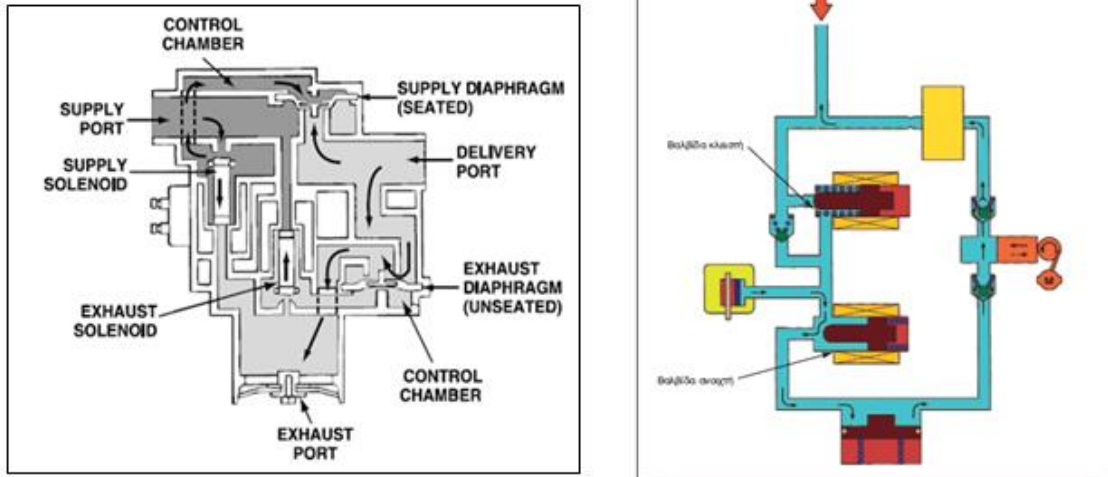
**Εικόνα 46 Αύξηση της πίεσης**



**Εικόνα 47 Κατάσταση απευθείας σύνδεσης της κεντρικής αντλίας φρένων.**

## 2. Μείωση της πίεσης

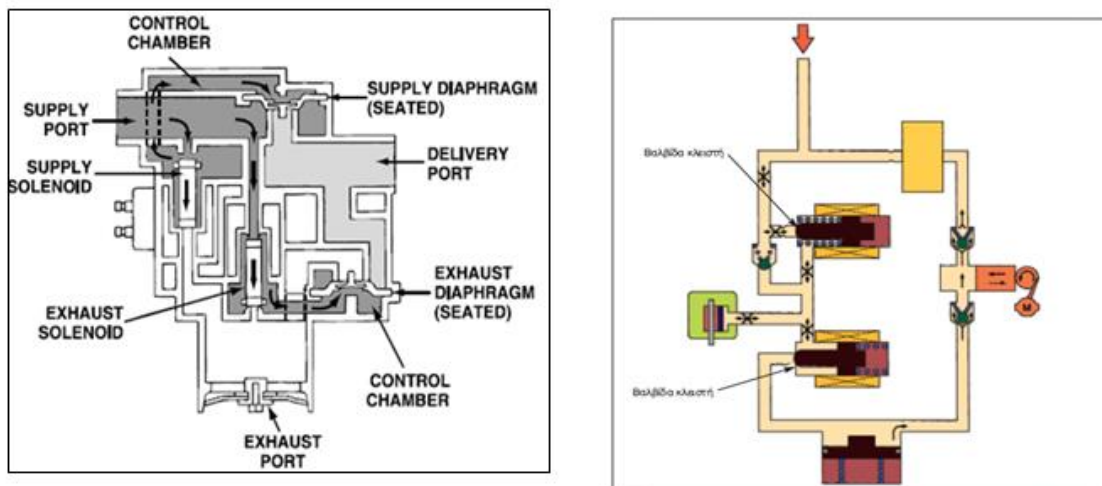
Στη δεύτερη κατάσταση επιλογής, όταν ο τροχός μπλοκάρει γίνεται μείωση της πίεσης, κλείνει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα A και ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα B. Έτσι απομονώνεται η γραμμή που συνδέει με την κεντρική γραμμή των φρένων και συνδέεται το κυλινδράκι των φρένων του τροχού με την γραμμή επιστροφής των υγρών των φρένων, οπότε η πίεση των υγρών στο κυλινδράκι του φρένου μειώνεται. Σε αυτή τη θέση επιλογής η ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες διαρρέονται από ρεύμα και λειτουργεί η αντλία (Εικόνα 48).



Εικόνα 48 Κατάσταση μείωσης της πίεσης

## 3. Σταθεροποίηση της πίεσης

Στην τρίτη κατάσταση επιλογής, όταν σταματήσει η ολίσθηση του τροχού, γίνεται σταθεροποίηση της πίεσης (κράτημα). Ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα A και κλείνει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα B. Έτσι, απομονώνεται το κυλινδράκι του φρένου του τροχού και από τη γραμμή που συνδέει με την κεντρική αντλία των φρένων και από την γραμμή επιστροφής των υγρών των φρένων, με αποτέλεσμα η πίεση των υγρών στο κυλινδράκι των φρένων να παραμείνει σταθερή. Σε αυτή τη θέση επιλογής, η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα A διαρρέεται από ρεύμα και κλείνει, ενώ η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα B δεν διαρρέεται από ρεύμα, παραμένει κλειστή και λειτουργεί η αντλία (Εικόνα 49).

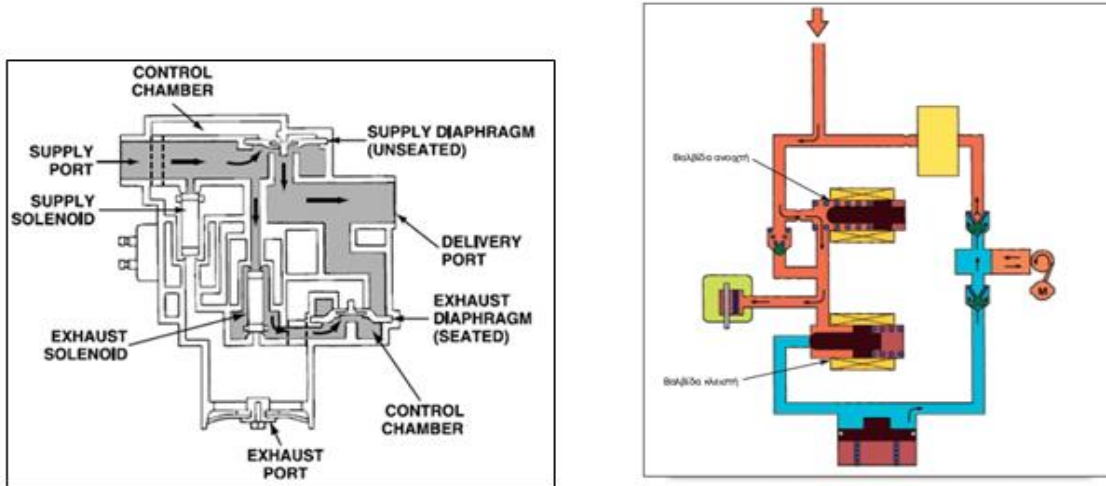


Εικόνα 49 Κατάσταση σταθεροποίησης της πίεσης



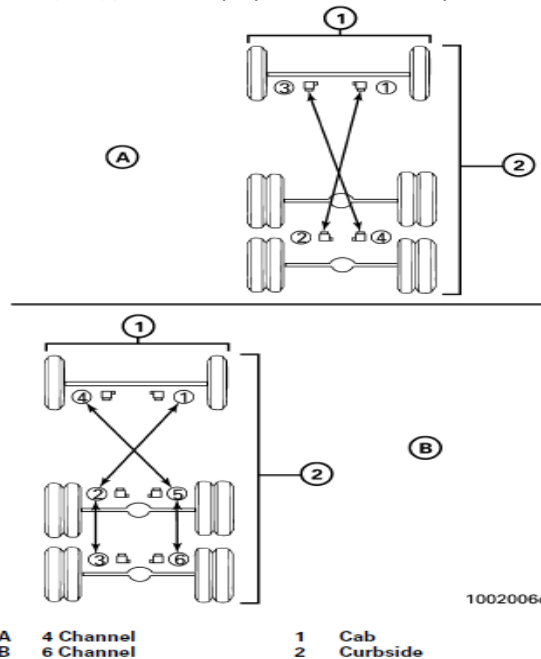
4. Αύξηση της πίεσης

Στην τέταρτη κατάσταση επιλογής το σύστημα επανέρχεται στην αρχική κατάσταση. Γίνεται ξανά απευθείας σύνδεση της κεντρικής αντλίας των φρένων με το κυλινδράκι ενεργοποίησης του φρένου του τροχού. Η πίεση των υγρών των φρένων που εξασκείται στην κεντρική αντλία των φρένων φτάνει στο κυλινδράκι και, επομένως, με την πίεση του πεντάλ του φρένου από τον οδηγό αυξάνει. Σε αυτή τη θέση επιλογής, οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες A και B βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας και δε διαρρέονται από ρεύμα, ενώ η αντλία εξακολουθεί να λειτουργεί. (Εικόνα 50).



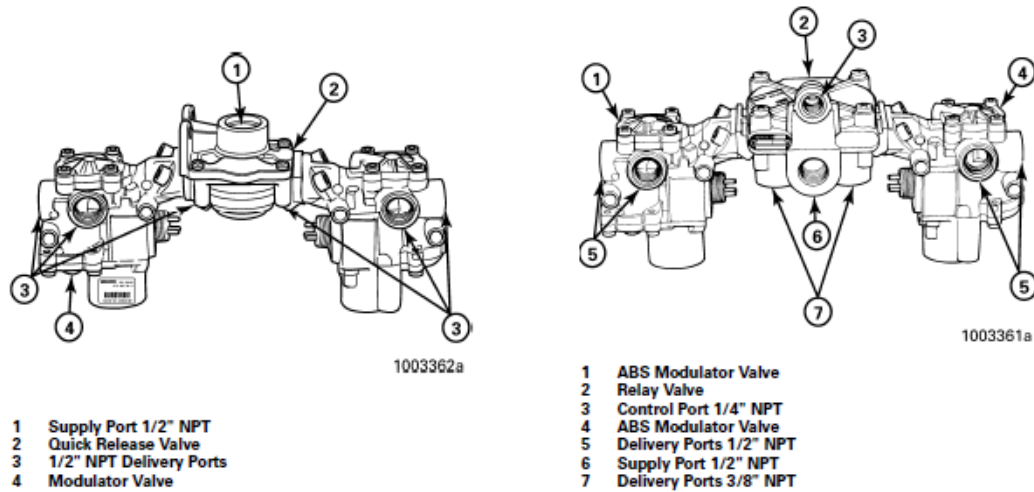
Εικόνα 50 Κατάσταση αύξησης της πίεσης

Ο τρόπος με τον οποίο είναι τοποθετημένες οι βαλβίδες διαμόρφωσης μπορεί να διαφέρει από εγκατάσταση σε εγκατάσταση. Σε μερικά συστήματα η μονάδα ECU και η βαλβίδα διαμόρφωσης παρέχουν λειτουργία ABS στον έναν ή στους δύο πίσω άξονες, αλλά ο μπροστινός άξονας έχει συμβατικό σύστημα πέδησης. Σε αυτό το σύστημα οι αισθητήρες ταχύτητας είναι εγκαταστημένοι μόνο στους δύο μπροστινούς τροχούς στο δίδυμο άξονα. Σε μερικά άλλα συστήματα στον μπροστινό άξονα μπορεί να συνδεθεί ένας διαμορφωτής στην αερογραμμή πριν τη βαλβίδα ταχείας ανακούφισης. Άλλα μπροστινά συστήματα πέδησης έχουν μεμονωμένες βαλβίδες διαμόρφωσης που είναι συνδεδεμένες μεταξύ βαλβίδας ταχείας ανακούφισης και των μπροστινών θαλάμων πέδησης.

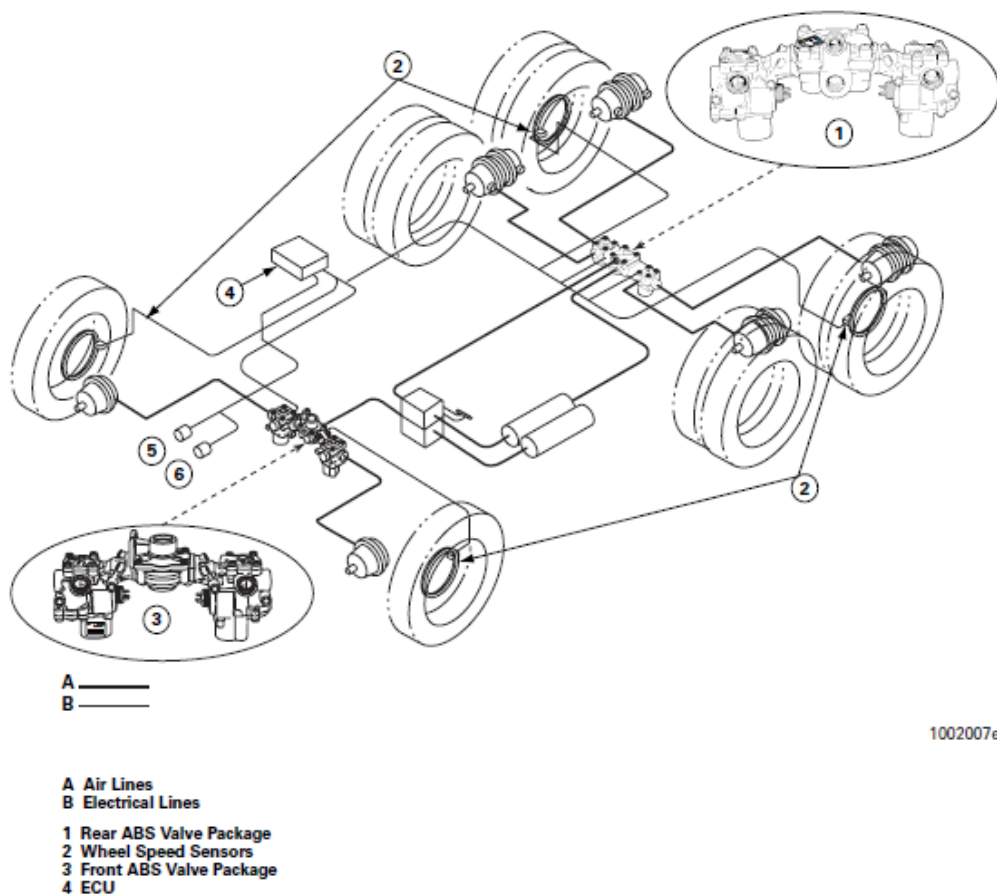


Εικόνα 51 Διαμορφώσεις A και B, ανάλογα με τις βαλβίδες διαμορφώσεις.

Υπάρχουν επίσης ομαδοποιημένες εγκαταστάσεις βαλβίδων, που απαντώνται σε μερικά οχήματα, όπως αυτό της εικόνας 52, 53. Η ομάδα βαλβίδων στον μπροστινό άξονα συνδυάζει μία βαλβίδα γρήγορης απελευθέρωσης με δύο βαλβίδες διαμόρφωσης. Αντίστοιχα η ομάδα βαλβίδων στον πίσω άξονα συνδυάζει ένα ρελέ με δύο βαλβίδες διαμόρφωσης (service brake relay valve).



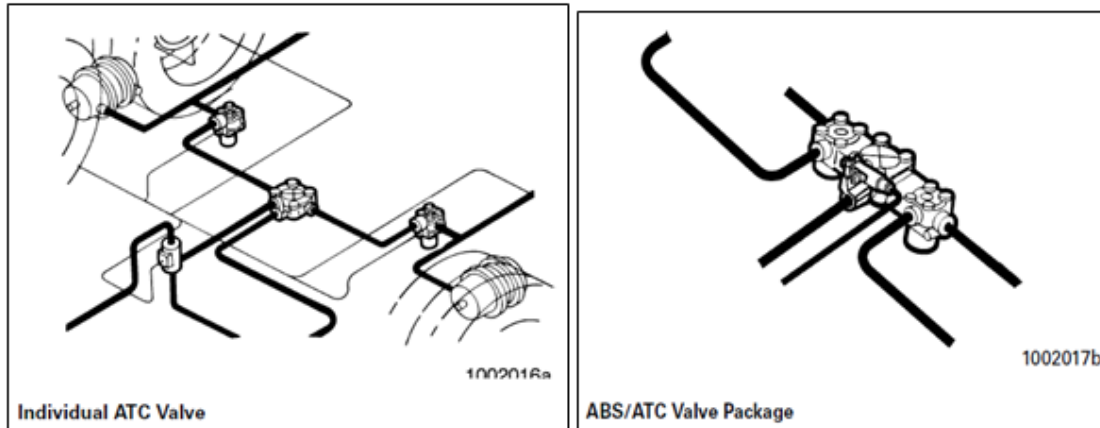
Εικόνα 52 Ομαδοποίηση μπροστινού και πίσω άξονα.



Εικόνα 53 Ομαδοποιημένες βαλβίδες διαμόρφωσης και αισθητήρες, για μπροστινό και πίσω άξονα.

#### 4.8 Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Πρόσφυσης (Automatic Traction Control, ATC)

Το σύστημα Αυτομάτου ελέγχου πρόσφυσης (ATC) είναι διαθέσιμο σαν επιλογή σε ορισμένα συστήματα αντιμπλοκαρίσματος τροχών ABS για εφαρμογές σε φορτηγά, τράκτορες και λεωφορεία. Το σύστημα Αυτομάτου ελέγχου πρόσφυσης ενδέχεται να χρησιμοποιεί είτε ανεξάρτητες βαλβίδες είτε ενσωματωμένες με το ABS.

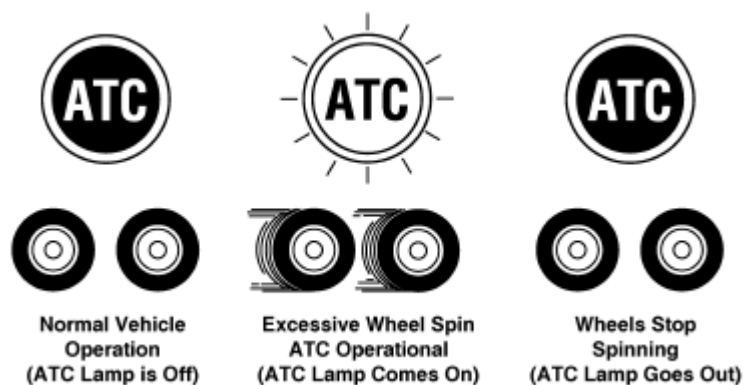


**Εικόνα 54 Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Πρόσφυσης, αριστερά με ανεξάρτητες βαλβίδες και δεξιά ενσωματωμένες με το ABS.**

Σκοπός του εν λόγω συστήματος είναι να βελτιώνει την πρόσφυση σε ολισθηρές επιφάνειες, μειώνοντας το σπινάρισμα των μπροστινών τροχών. Το σύστημα ATC λειτουργεί αυτόματα με δύο διαφορετικούς τρόπους:

1. Εάν ένας κινητήριος τροχός ξεκινήσει να σπινάρει, τότε το σύστημα Αυτομάτου ελέγχου πρόσφυσης εφαρμόζει πίεση μέσω του αέρα ώστε να φρενάρι τον συγκεκριμένο τροχό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεταφέρεται ροπή στους τροχούς που έχουν καλύτερη πρόσφυση.
2. Εάν όλοι οι κινητήριοι τροχοί σπινάρουν, το σύστημα μειώνει τη ροπή του κινητήρα ώστε να παρέχει ευκολότερα καλύτερη πρόσφυση.

Το σύστημα ενεργοποιείτε και απενεργοποιείτε αυτόνομα ώστε οι οδηγοί να μην απασχολούνται με τη λειτουργία του. Εάν ενεργοποιηθεί το σύστημα από το σπινάρισμα των κινητήριων τροχών, τότε ανάβει μία ενδεικτική λυχνία ATC/ASR ή Wheel Slip στον πίνακα οργάνων και σβήνει όταν οι τροχοί σταματήσουν να σπινάρουν.



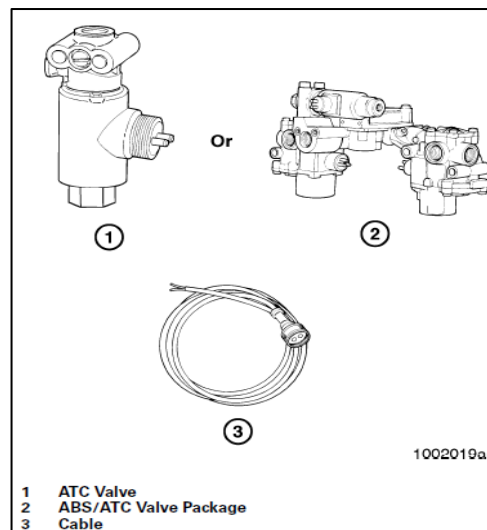
**Εικόνα 55 Ενδεικτική λυχνία ATC**

Υπάρχουν δύο επιλογές στο σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Πρόσφυσης, μία για χιόνι και μία για λάσπη. Η λειτουργία αυτή αυξάνει την διαθέσιμη υπάρχουσα πρόσφυση σε συνθήκες με χιόνι, λάσπη ακόμη και χαλίκι, αυξάνοντας ελάχιστα την επιτρεπόμενη περιστροφή του τροχού. Η επιλογή γίνεται με έναν διακόπτη και όταν το σύστημα είναι ενεργό, η ενδεικτική λυχνία αναβοσβήνει συνεχόμενα.

**Πίνακας 3 Λειτουργία του Αυτομάτου Ελέγχου Πρόσφυσης**

Driver Action	System Response	Function	
		Active	Not Active
Press deep snow and mud switch	ATC lamp blinks continuously	X	
Press switch again	ATC lamp stops blinking		X

Το σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Πρόσφυσης απαρτίζεται από δύο στοιχεία, ανεξάρτητες βαλβίδες ή ενσωματωμένες με το ABS και το καλώδιο που συνδέει την ATC βαλβίδα και την ECU, (Εικόνα 56).



**Εικόνα 56 Στοιχεία που απαρτίζουν το σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Πρόσφυσης, ATC.**

#### 4.9 Εύρος μεγέθους ελαστικών

Για την άρτια λειτουργία του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος τροχών, με την συνήθη ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου ECU, η απόκλιση ανάμεσα στο μέγεθος των εμπρός και πίσω ελαστικών πρέπει να κυμαίνεται  $\pm 14\%$ . Όταν η απόκλιση γίνει μεγαλύτερη, χωρίς να ρυθμιστεί ηλεκτρονικά η ECU, τότε επηρεάζεται η λειτουργία του συστήματος και η ενδεικτική λυχνία παραμένει μόνιμα αναμμένη. Η επόμενη σχέση βοηθάει στον υπολογισμό της απόκλισης:

$$\% \text{ Difference} = \left\{ \frac{\text{RPM Steer}}{\text{RPM Drive}} - 1 \right\} \times 100$$

*RPM – tire revolutions per mile*

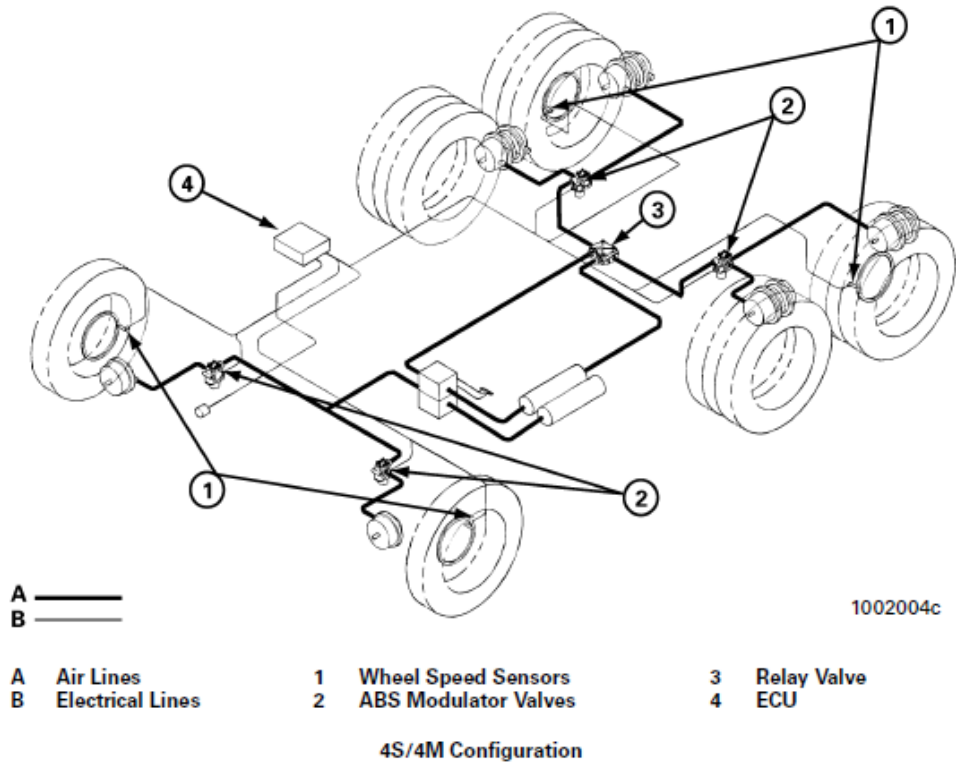
#### 4.10 Διαμορφώσεις συστήματος αντιμπλοκαρίσματος τροχών

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές διαμορφώσεις ABS ανάλογα με τον αριθμό των αισθητήρων των τροχών και των διαμορφωτών :

1. τέσσερις αισθητήρες και τέσσερις διαμορφωτές (4S/4M)
2. έξι αισθητήρες και τέσσερις διαμορφωτές (6S/4M)
3. έξι αισθητήρες και έξι διαμορφωτές (6S/6M)

Ο αριθμός των καναλιών σε ένα σύστημα ABS αναφέρεται στον αριθμό των βαλβίδων διαμόρφωσης του συστήματος. Ένα σύστημα ABS με τέσσερις βαλβίδες διαμόρφωσης είναι ένα 4κάναλο σύστημα.

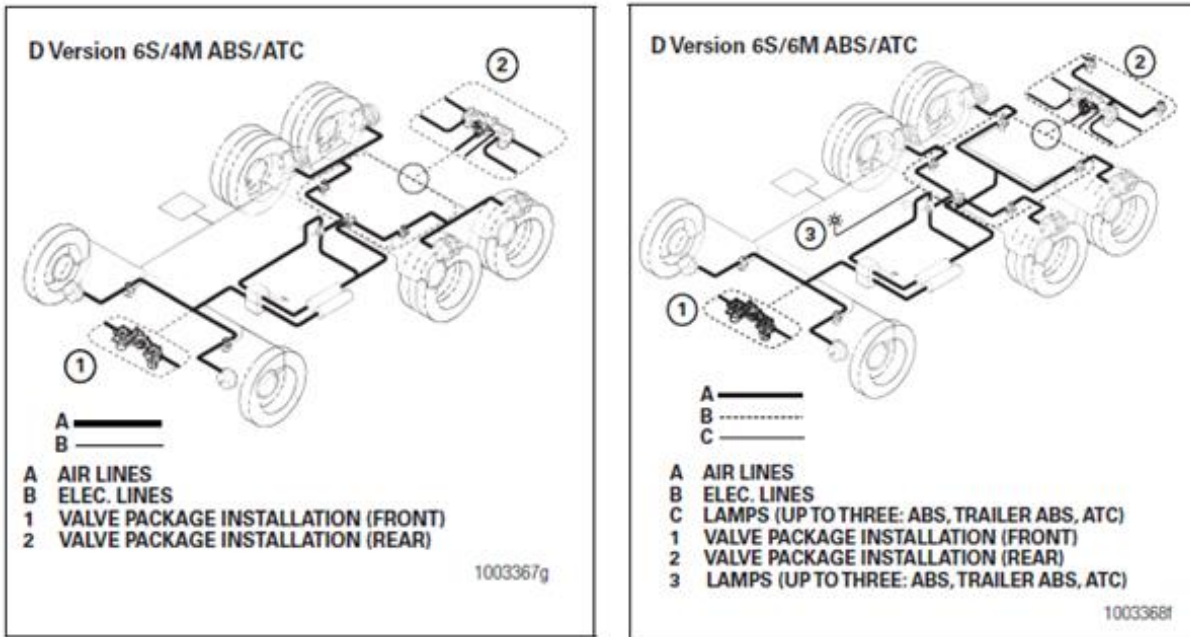
Ένα σύστημα ABS με **τέσσερις αισθητήρες και τέσσερις διαμορφωτές (4S/4M)** έχει μία βαλβίδα διαμόρφωσης, η οποία ελέγχει την πίεση του αέρα στους δύο πίσω αριστερά τροχούς στο δίδυμο άξονα. Υπάρχει επίσης μία δεύτερη βαλβίδα διαμόρφωσης, η οποία ελέγχει την πίεση του αέρα στους δύο πίσω δεξιά τροχούς στο δίδυμο άξονα. Σε αυτό το σύστημα, οι μεμονωμένες βαλβίδες διαμόρφωσης είναι συνδεδεμένες στις αερογραμμές στους δύο μπροστινούς τροχούς. Οι τέσσερις αισθητήρες ταχύτητας τροχών είναι εγκαταστημένοι στους δύο μπροστινούς τροχούς και στους δύο πίσω τροχούς (Διάγραμμα 10).



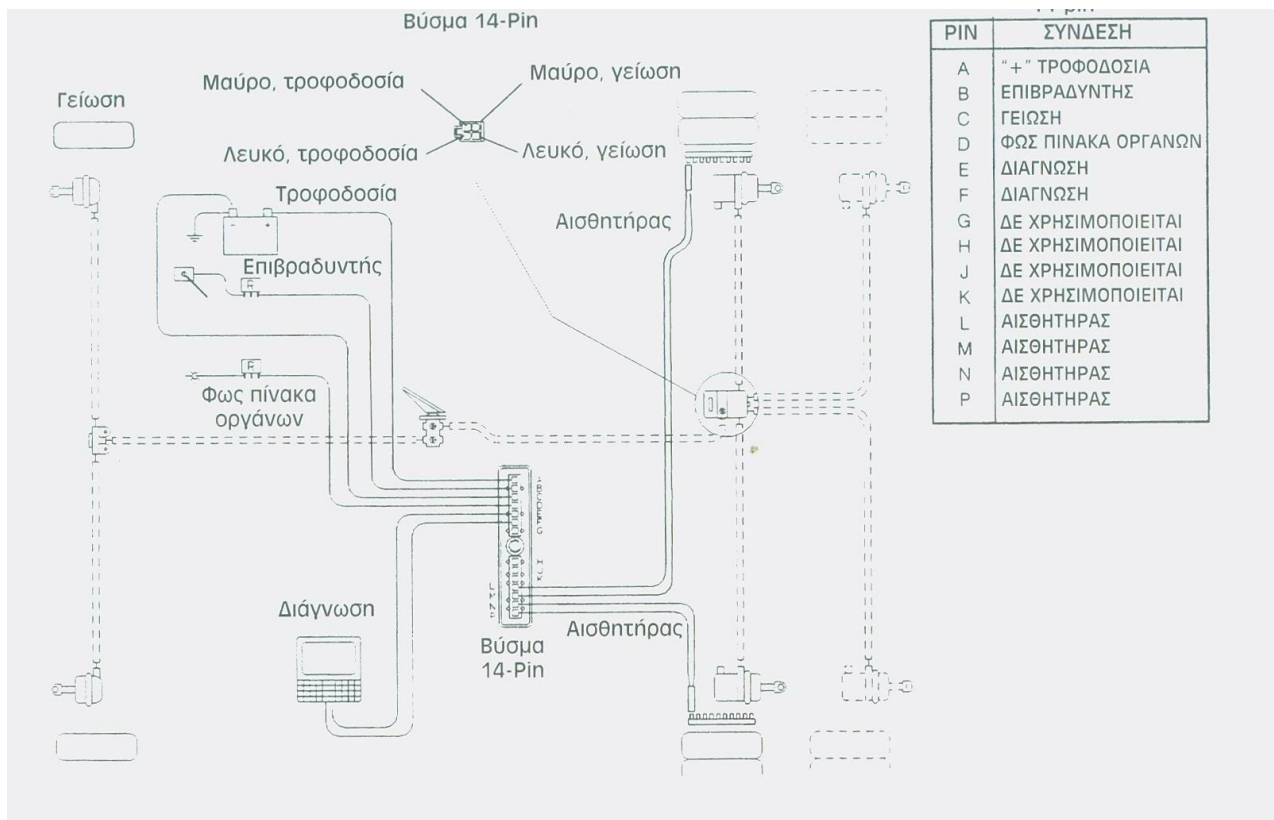
**Εικόνα 57 Διαμόρφωση με τέσσερις αισθητήρες και τέσσερις διαμορφωτές (4S/4M).**

Ένα σύστημα ABS με **έξι αισθητήρες και τέσσερις διαμορφωτές (6S/4M)** είναι παρόμοιο με το προηγούμενο (4S/4M), αλλά το σύστημα αυτό έχει αισθητήρες και στους τέσσερις τροχούς του δίδυμου άξονα (Διάγραμμα 11). Τέλος ένα σύστημα ABS με **έξι αισθητήρες και έξι διαμορφωτές (6S/6M)** έχει βαλβίδες διαμόρφωσης και αισθητήρες και στους έξι τροχούς στο μπροστινό και στους πίσω άξονες. (Διάγραμμα 12).

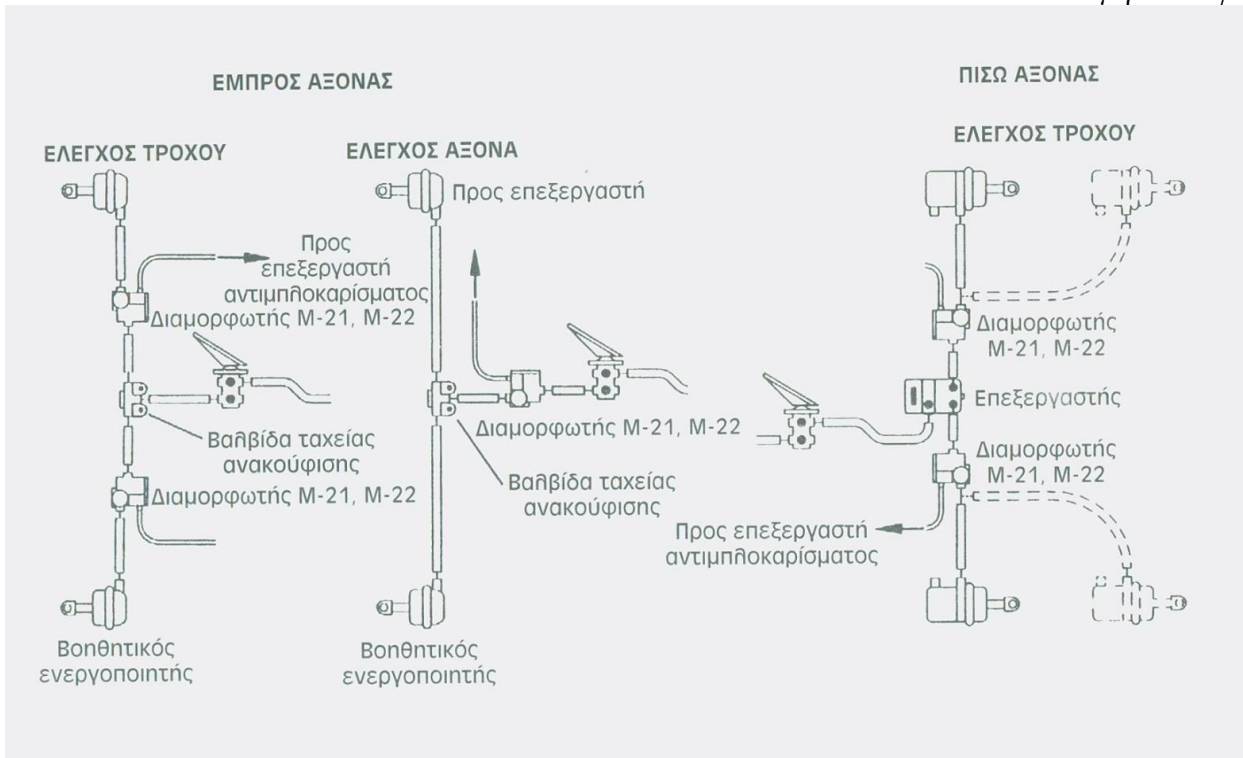




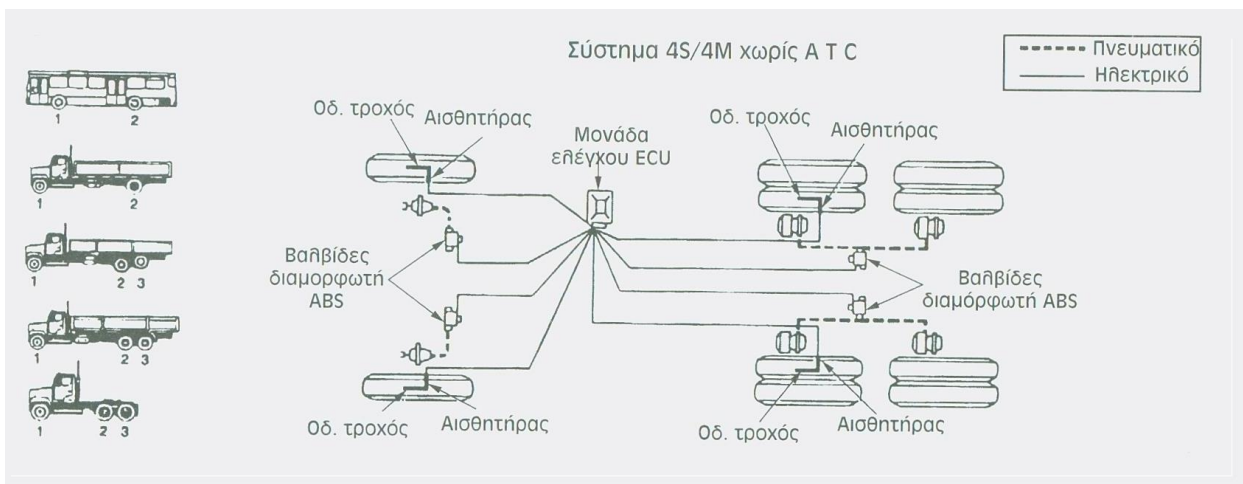
Εικόνα 58 Διαμόρφωση με έξι αισθητήρες και τέσσερις διαμορφωτές (6S/4M), αριστερά και με έξι αισθητήρες και έξι διαμορφωτές (6S/6M), δεξιά.



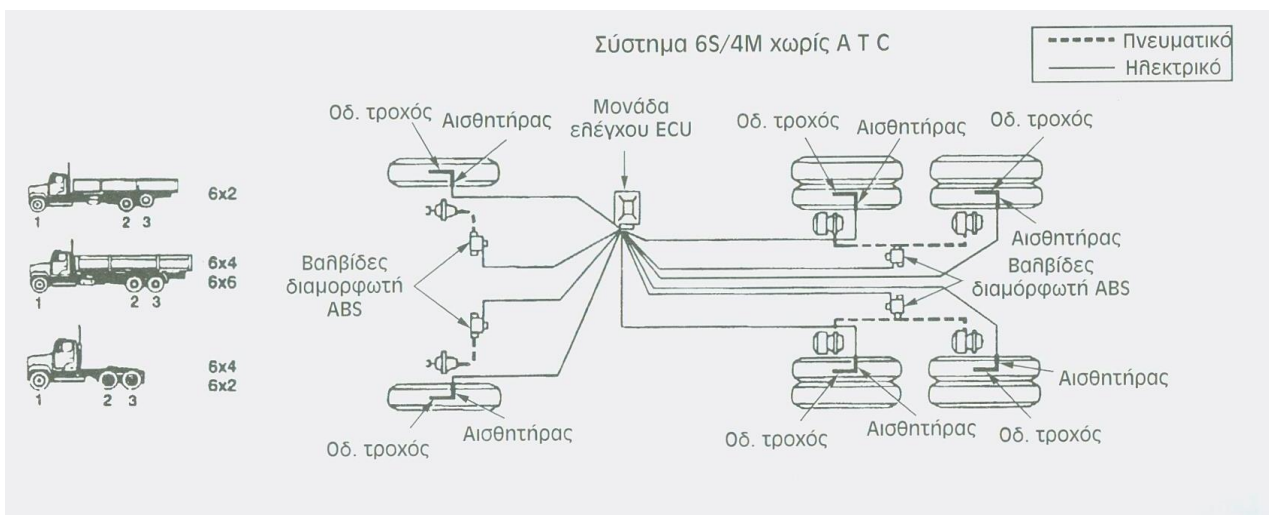
Διάγραμμα 8 Σύστημα ABS με λειτουργία μόνο στους πίσω τροχούς.



**Διάγραμμα 9 Συνδέσεις διαμορφωτών**

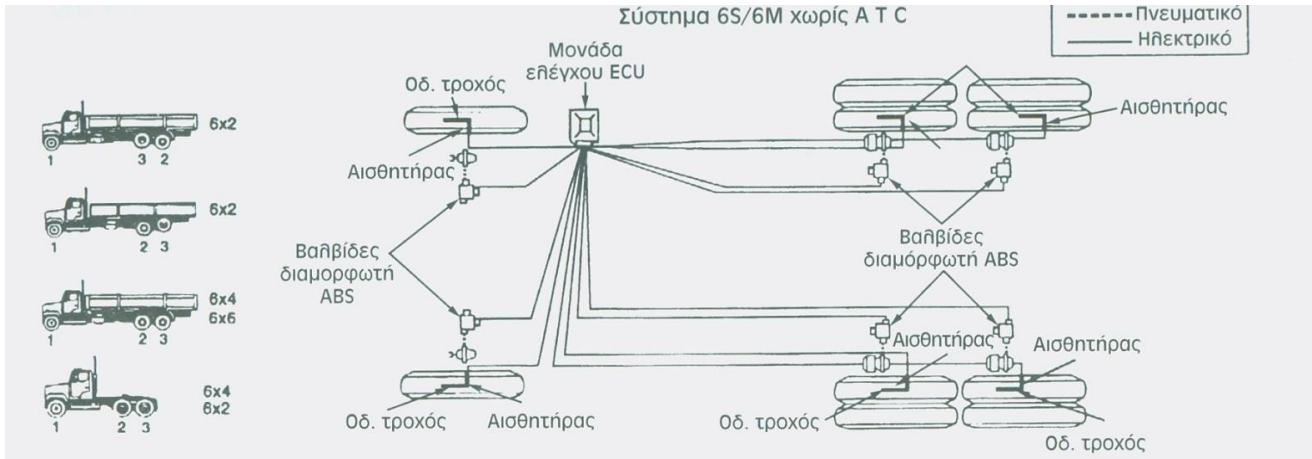


**Διάγραμμα 10 Σύστημα ABS με τέσσερις αισθητήρες και τέσσερις διαμορφωτές (4S/4M)**



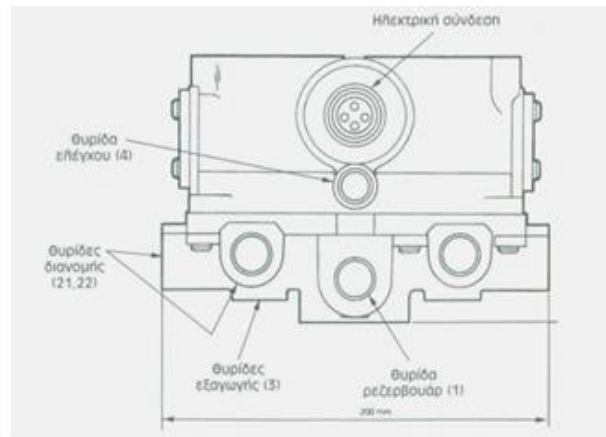
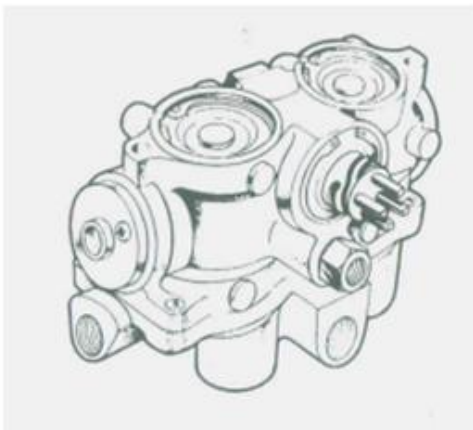
**Διάγραμμα 11 Σύστημα ABS με έξι αισθητήρες και τέσσερις διαμορφωτές (6S/4M)**





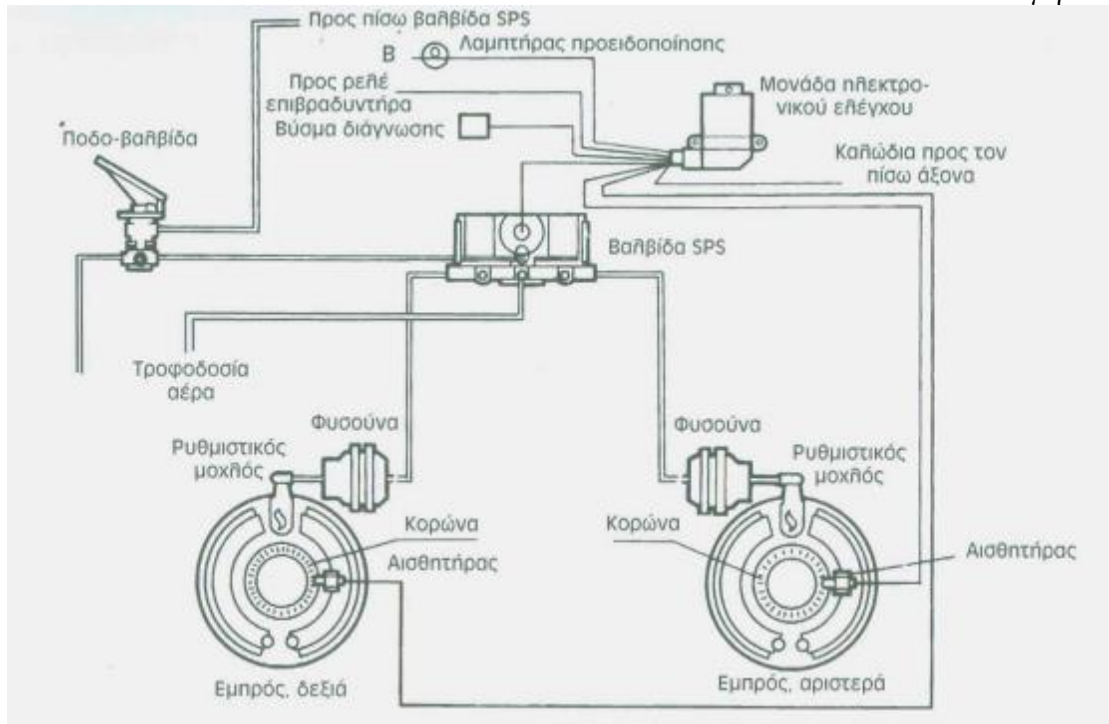
**Διάγραμμα 12 Σύστημα ABS με έξι αισθητήρες και έξι διαμορφωτές (6S/6M)**

Σε μερικά συστήματα ABS η μονάδα ελέγχου λειτουργεί τις βαλβίδες SPS27 (Εικόνα 54). Η βαλβίδα SPS είναι παρόμοια με μία βαλβίδα μεταβίβασης συνδυασμένη με δύο βαλβίδες διαμόρφωση. Οι βαλβίδες SPS είναι συνδυασμένες στις αερογραμμές των θαλάμων πέδησης σε καθέναν από τους άξονες. Η αερογραμμή από τη βαλβίδα εφαρμογής πέδησης είναι συνδεδεμένη στο κατάλληλο ρεζερβουάρ αποθήκευσης αέρα (Εικόνα 54). Οι θυρίδες διανομής σε αυτή τη βαλβίδα είναι συνδεδεμένες στους θαλάμους πέδησης (φυσούνες). Η βαλβίδα SPS περιλαμβάνει τρία σωληνοειδή και ένα μικρό θάλαμο. Τέσσερις ηλεκτρικοί ακροδέκτες είναι εγκατεστημένοι σε ένα βύσμα στο περίβλημα της βαλβίδας SPS. Εξωτερικά τα βύσματα αυτά είναι συνδεδεμένα στη μονάδα ελέγχου. Εσωτερικά οι ακροδέκτες 4 και 1 είναι συνδεδεμένοι στις περιελίξεις των σωληνοειδών που βρίσκονται αριστερά, ενώ οι 4 και 2 είναι συνδεδεμένοι στην περιέλιξη του δεξιού σωληνοειδούς.



**Εικόνα 59 Βαλβίδα SPS και Συνδέσεις αερογραμμών με βαλβίδα SPS.**

<sup>27</sup> Βαλβίδες SPS, αναγνωρίζουν το ντεραπάρισμα – γλίστρημα του οχήματος και ελέγχουν την πίεση του αέρα στο σύστημα των αερόφρενων.



**Εικόνα 60 Μπροστινός άξονας ABS με βαλβίδα SPS.**

## 4.11 Ενδεχόμενες βλάβες του συστήματος ABS.

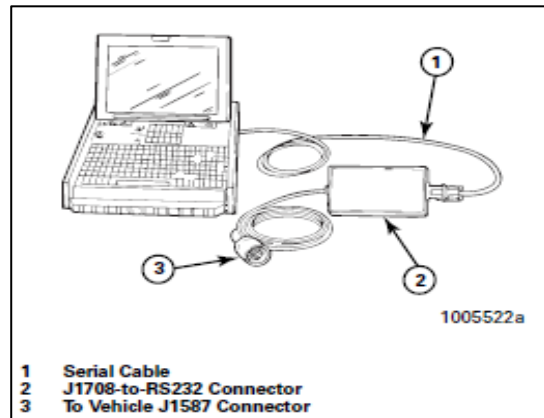
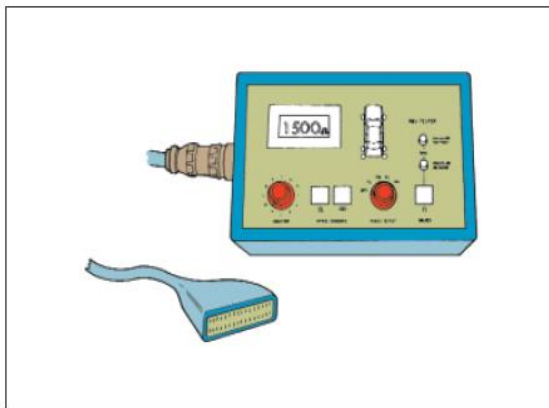
### 4.11.1 Γενικά στοιχεία

Η συντήρηση και ο έλεγχος του συστήματος πρέπει να γίνεται προσεκτικά γιατί λανθασμένες ενέργειες είναι δυνατόν να επηρεάσουν σημαντικά την απόδοσή του ή να δημιουργήσουν την ανάγκη για μεγάλες και δαπανηρές επισκευές. Για το συμβατικό τμήμα του συστήματος πέδησης ισχύουν η συντήρηση και οι έλεγχοι που ισχύουν για κάθε τυπικό σύστημα πέδησης. Ο έλεγχος του συστήματος ABS για βλάβες γίνεται με τη βοήθεια ειδικής διαγνωστικής συσκευής (Εικόνα 61). Οι βλάβες που είναι αποθηκευμένες στην μνήμη της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου (εγκέφαλος) αναγνωρίζονται από τη διαγνωστική συσκευή ή εμφανίζονται σε κάποια συστήματα με την ενδεικτική λυχνία, υπό τη μορφή κωδικών βλαβών. Στο Παράρτημα Α παρουσιάζεται η διάγνωση βλαβών με τη μέθοδο Blink Code Diagnostics.

Οι βλάβες του συστήματος ABS είναι:

1. Βλάβες εξαρτημάτων όπως οι αισθητήρες στροφών, οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, το μοτέρ της αντλίας και τα ρελέ του κυκλώματος.
2. Βλάβες λόγω χαλαρής ή κακής συνδεσμολογίας των καλωδιώσεων
3. Καμένη ενδεικτική λυχνία.
4. Βλάβη στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

Όλες οι παραπάνω βλάβες ανιχνεύονται με την βοήθεια της διαγνωστικής συσκευής. Φυσικά ο έλεγχος μπορεί να γίνει με την άμεση μέτρηση των αισθητήρων και των μηχανισμών που είναι δυνατόν να ελεγχθούν. Συχνά απαιτούνται και οι δύο τρόποι. Μετά από κάθε επισκευή ή αντικατάσταση εξαρτημάτων θα πρέπει να γίνεται μηδενισμός των βλαβών από τη μνήμη της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου. Ο έλεγχος του αισθητήρα στροφών μπορεί να γίνει επίσης με ένα απλό πολύμετρο ή με τη βοήθεια ενός παλμογράφου, αφού παράγει εναλλασσόμενη τάση όπως ένας επαγωγικός αισθητήρας.



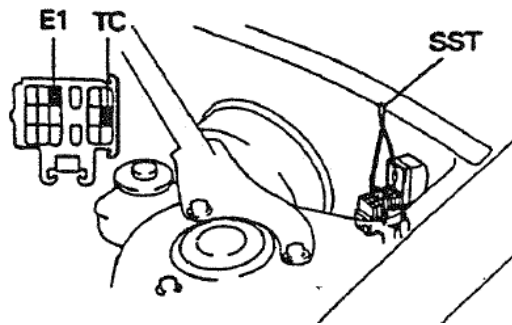
Εικόνα 61 Συσκευή διάγνωσης βλαβών ABS και διαγνωστικά εξαρτήματα Wabco

Κατά την επισκευή θα πρέπει τα ανταλλακτικά που χρησιμοποιούνται να είναι τα προτεινόμενα από τον κατασκευαστή. Οι τιμές των ροπών σύσφιξης των εξαρτημάτων κατά την επανασυναρμολόγηση πρέπει να είναι οι σωστές και να εξασφαλίζεται η κατάλληλη συνοχή όλων των συναρμολογούμενων εξαρτημάτων.

Η εταιρεία Meritor Wabco για τη διάγνωση των βλαβών σε συστήματα ABS, στα οποία η ECU είναι έκδοσης E (E version), χρησιμοποιεί τα εξαρτήματα της εικόνας 61, δεξιά.

#### 4.11.2 Διαγνωστικοί Κωδικοί

1. Έλεγχος της τάσης της μπαταρίας: πρέπει να είναι περίπου 12Volt
2. Έλεγχος της προειδοποιητικής λυχνίας του συστήματος ABS:
  - a. Άνοιγμα ( On) του διακόπτη ανάφλεξης.
  - b. Έλεγχος ότι η λυχνία ανάβει πάνω από 3δευτερόλεπτα. Αν δεν ανάβει θα πρέπει να ελεγχθεί και να επισκευαστεί η ασφάλεια του οργάνου, το προειδοποιητικό λαμπάκι ή η πλεξούδα καλωδίωσης.
3. Αναγνώριση των διαγνωστικών κωδικών
  - a. Άνοιγμα ( On) του διακόπτη ανάφλεξης.
  - b. Αποσύνδεση του φις service
  - c. Χρησιμοποιώντας το SST, συνδέονται οι ακροδέκτες TC και E1 του φις ελέγχου, Εικόνα 62.
  - d. Αν το σύστημα λειτουργεί κανονικά (χωρίς βλάβες), το προειδοποιητικό λαμπάκι θα αναβοσβήνει μία φορά κάθε 0.5 δευτερόλεπτα.
  - e. Στην περίπτωση βλάβης, μετά από 4 δευτερόλεπτα, το προειδοποιητικό λαμπάκι θα αρχίσει να αναβοσβήνει. Πρέπει να υπολογισθεί ο αριθμός των φορών που αναβοσβήνει.

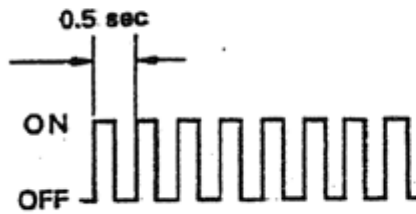


**Εικόνα 62** Σύνδεση των ακροδεκτών TC και E1.

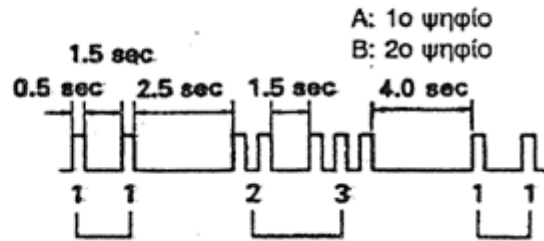
Το πρώτο γκρουπ αναβοσβημάτων θα είναι ίσο με το πρώτο ψηφίο των δύο (ψηφίων) του διαγνωστικού κωδικού. Μετά από 1.5sec παύση, το αναβόσβημα θα επανακτηθεί. Ο αριθμός αναβοσβημάτων της δεύτερης φοράς θα είναι ίσος με τον 2 αριθμό του κωδικού. Αν υπάρχουν δύο ή περισσότεροι κωδικοί θα υπάρξει μία παύση 2.5sec μεταξύ κάθε μίας και η έξοδος των κωδικών θα αρχίσει ξανά μετά από μία παύση 4.0sec. Οι κωδικοί θα εμφανίζονται κατά αύξουσα σειρά από τη μικρότερη τιμή προς τη μεγαλύτερη τιμή. Όλη η διαδικασία εμφανίζεται στην εικόνα 63.

- f. Επισκευή του συστήματος.
- g. Αφού επισκευαστούν τα ελαττωματικά τμήματα, πρέπει να μηδενιστούν οι αποθηκευμένοι διαγνωστικοί κωδικοί στην ECU. Αν κατά τη διάρκεια επισκευών, αποσυνδεθεί το καλώδιο της μπαταρίας, τότε όλοι οι διαγνωστικοί κωδικοί στην ECU θα σβηστούν.
- h. Αφαίρεση του SST από τους ακροδέκτες TC και E1 του φις ελέγχου.
- i. Σύνδεση του φις ελέγχου.
- j. Άνοιγμα του διακόπτη ανάφλεξης (on) και έλεγχος ότι το προειδοποιητικό λαμπάκι του ABS σβήνει αφού ανάψει για 3 δευτερόλεπτα.

Κανονικός κωδικός



Διαγνωστικοί κωδικοί Νο. 11 και 23























Εικόνα 63 Διαδικασία ανάγνωσης διαγνωστικού κωδικού.







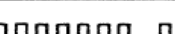
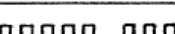
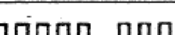
Πίνακας 4 Διαδικασία διάγνωσης βλαβών.

Πρόβλημα	Πιθανή αιτία		Κωδικοί διάγνωσης (Κωδικός λειτουργίας ελέγχου αισθητήρα)
	Εξάρτημα	Τύπος βλάβης	
Το προειδοποιητικό λαμπάκι *ABS* ανάβει χωρίς λόγο	Προειδοποιητικό λαμπάκι και κύκλωμα	Βραχυκυκλωμένο	—
	Ρελέ ηλεκτρομαγνήτη	Ανοικ. ή βραχ/νο κύκλωμα	11, 12
	Ρελέ μοτέρ ηλ. τρόμπας	Ανοικ. ή βραχ/νο κύκλωμα	13, 14
	Ηλεκτρ./της ενεργ/τή	Ανοικ. ή βραχ/νο κύκλωμα	21, 22, 23, 24
	Δίσκος και αισθητήρας ταχύτητας	Ελαττωματική λειτουργία	31, 32, 33, 34, 35, 36, 37,
	Κύκλωμα μπαταρίας και ισχύος	Ελαττ/κή λειτουργία, ανοικτό ή βραχ/νο κύκλ.	41
	Αισθ/ρας επιβρ/σης	Ελαττ/τική λειτουργία	43, 44
	Ενεργοποιητής αντλίας	Ελαττ/τική λειτουργία	51
	ECU	Ελαττ/τική λειτουργία	—
Το προειδοποιητικό λαμπάκι ABS δεν ανάβει για 3 δευτερόλεπτα, αφού ο διακόπτης ανάφλεξης ανοίξει (on).	Προειδοποιητικό λαμπάκι και κύκλωμα	Ανοικτό ή βραχυκυκλωμένο κύκλωμα	—
	Ρελέ ηλεκτρομαγνήτη και κύκλωμα	Ελαττωματική λειτουργία	—
Λειτουργία φρένου: • Τα φρένα τραβάνε προς μία πλευρά • Ανεπαρκές φρενάρισμα • Το ABS λειτουργεί κατά τη διάρκεια κανονικού φρεναρίσματος • Το ABS λειτουργεί λίγο πριν το σταμάτημα κατά τη διάρκεια κανονικού φρεναρίσματος. • Το πεντάλ του πάλλεται αφύσικα ενώ το ABS λειτουργεί.	Δίσκος και αισθητήρας ταχύτητας	Ελαττωματική εγκατάσταση	(71, 71, 73, 74)
		Βρώμικα	(71, 71, 73, 74)
		Απώλεια δοντιού στο δίσκο	(75, 76, 77, 78)
	Αισθητήρας επιβράδυνσης (Μοντέλα 4WD)	Ελαττωματική λειτουργία	—
	Ενεργοποιητής ABS	Ελαττ/τική λειτουργία	—
	ECU	Ελαττωματική λειτουργία	—
Δυσκολία για το ABS να λειτουργήσει	Διακόπτης φώτων stop	Ανοικ. ή βραχ/νο κύκλωμα	—
	Διακόπτης χειρ/φρένου	Ανοικ. ή βραχ/νο κύκλωμα	—

Πίνακας 5 Διαγνωστικοί Κωδικοί

Κωδικός	Κυμ/ρφή αναβοσβήματος	Διάγνωση	Περιοχή προβλήματος
11	On  Off	Ανοικτό (κομμένο) κύκλωμα στο κύκλωμα του ρελέ του ηλεκτρομαγνήτη	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εσωτερικό κύκλωμα ενεργοποιητή</li> <li>Ρελέ ελέγχου</li> <li>Πλεξούδα καλωδίωσης και φικ του κυκλώματος ρελέ ηλεκτρομαγνήτη</li> </ul>
12		Βραχυκύκλωμα στο κύκλωμα του ρελέ του ηλεκτρομαγνήτη	
13		Ανοικτό κύκλωμα στο κύκλωμα ρελέ του μοτέρ της ηλ. τρόμπας	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εσωτερικό κύκλωμα του ενεργοποιητή</li> <li>Ρελέ ελέγχου</li> <li>Πλεξούδα καλωδίωσης και φικ του κυκλώματος ρελέ του μοτέρ της ηλ. τρόμπας</li> </ul>
14		Βραχυκύκλωμα στο κύκλωμα ρελέ του μοτέρ της ηλ. τρόμπας	
21		Ανοικτό ή βραχυκυκλωμένο κύκλωμα στον 3 - θέσεων ηλεκτρομαγνήτη του δεξιού μπροστινού τροχού	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ηλεκτρομαγνήτης ενεργοποιητή</li> <li>Πλεξούδα καλωδίωσης και φικ του κυκλώματος ηλεκτρομαγνήτη του ενεργοποιητή</li> </ul>
22		Ανοικτό ή βραχυκυκλωμένο κύκλωμα στον 3 - θέσεων ηλεκτρομαγνήτη του αριστερού μπροστινού τροχού	
23		Ανοικτό ή βραχυκυκλωμένο κύκλωμα στον 3 - θέσεων ηλεκτρομαγνήτη του δεξιού πίσω τροχού	
24		Ανοικτό ή βραχυκυκλωμένο κύκλωμα στον 3 - θέσεων ηλεκτρομαγνήτη του αριστερούπίσω τροχού	
31		Βλάβη αισθητήρα ταχύτητας μπροστινού δεξιού τροχού	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αισθητήρας ταχύτητας τροχού</li> <li>Δίσκος αισθητήρα ταχύτητας τροχού</li> <li>Πλεξούδα καλωδίωσης και φικ αισθητήρα ταχύτητας τροχού</li> </ul>
32		Βλάβη αισθητήρα ταχύτητας μπροστινού αριστερού τροχού	
33		Βλάβη αισθητήρα ταχύτητας πίσω δεξιού τροχού	
34		Βλάβη αισθητήρα ταχύτητας πίσω αριστερού τροχού	
35		Ανοικτό κύκλωμα στον εμπρός αριστερό ή στον πίσω δεξιό αισθητήρα ταχύτητας τροχού	
36		Ανοικτό κύκλωμα στον εμπρός δεξιό ή στον πίσω αριστερό αισθητήρα ταχύτητας τροχού	
37		Βλάβη και των δύο δίσκων αισθητήρων ταχύτητας	<ul style="list-style-type: none"> <li>Δίσκος αισθητήρων ταχύτητας τροχού</li> </ul>
41		Αφύσικη τάση μπαταρίας (λιγότερο από 9.5 V ή περισσότερο από 16.2 V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μπαταρία</li> <li>Ρυθμιστής τάσης</li> </ul>
43		Βλάβη αισθητήρα επιβράδυνσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αισθητήρας επιβράδυνσης</li> <li>Εγκατάσταση αισθητήρα επιβράδυνσης</li> <li>Πλεξούδα καλωδίωσης και φικ αισθητήρα επιβράδυνσης</li> </ul>
44		Ανοικτό ή βραχυκυκλωμένο κύκλωμα στον αισθητήρα επιβράδυνσης	
51		Μοτέρ ηλ. τρόμπας ενεργοποιητή μιλκοκαρισμένο ή ανοικτό κύκλωμα στο κύκλωμα του μοτέρ της ηλ. τρόμπας του ενεργοποιητή	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μοτέρ ηλ. τρόμπας, ρελέ και μπαταρία</li> <li>Πλεξούδα καλωδίωσης, φικ και βίδες γείωσης ή κύκλωμα μοτέρ ηλ. τρόμπας ενεργ/τή</li> </ul>
Πάντοτε on		Βλάβη της ECU του ABS	<ul style="list-style-type: none"> <li>ECU</li> </ul>

Πίνακας 6 Διαγνωστικοί Κωδικοί Αισθητήρων

Κωδικός	Κυματομορφή αναβοσβήματος	Διάγνωση	Περιοχή βλάβης
	On  Off	Όλοι οι αισθητήρες ταχ/τας και οι δίσκοι αισθ/ρων είναι κανονικοί.	
71		Η τάση του σήματος του εμπρός δεξιού αισθητήρα είναι χαμηλή.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εμπρός δεξιός αισθητήρας ταχύτητας</li> <li>Τοποθέτηση αισθητήρα</li> </ul>
72		Η τάση του σήματος του εμπρός αριστερού αισθητήρα είναι χαμηλή.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εμπρός αριστερός αισθητήρας ταχύτητας</li> <li>Τοποθέτηση αισθητήρα</li> </ul>
73		Η τάση σήματος του πίσω δεξιού αισθητήρα ταχύτητας είναι χαμηλή.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Πίσω δεξιός αισθητήρας ταχύτητας</li> <li>Τοποθέτηση αισθητήρα</li> </ul>
74		Η τάση σήματος του πίσω αριστερού αισθητήρα ταχύτητας είναι χαμηλή.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Πίσω αριστερός αισθητήρας ταχύτητας</li> <li>Τοποθέτηση αισθητήρα</li> </ul>
75		Αφύσικη αλλαγή στο σήμα του εμπρός δεξιού αισθητήρα ταχύτητας.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εμπρός δεξιός δίσκος αισθητήρα</li> </ul>
76		Αφύσικη αλλαγή στο σήμα του εμπρός αριστερού αισθητήρα ταχύτητας	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εμπρός αριστερός δίσκος αισθητήρα</li> </ul>
77		Αφύσικη αλλαγή στο σήμα του πίσω δεξιού αισθητήρα ταχύτητας	<ul style="list-style-type: none"> <li>Πίσω δεξιός δίσκος αισθητήρα</li> </ul>
78		Αφύσικη αλλαγή στο σήμα του πίσω αριστερού αισθητήρα ταχύτητας.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Πίσω αριστερός δίσκος αισθητήρα</li> </ul>





## 4.12 Εκ των υστέρων τοποθέτηση ABS

Σήμερα έχουν βρει εφαρμογή στην πλειοψηφία των οχημάτων (μικρά και μεγάλα επιβατικά, φορτηγά κτλ) πάρα πολλά συστήματα αντιμπλοκαρίσματος τροχών από αρκετές κατασκευάστριες εταιρείες, όπως οι Bosch, Lucas, Ate, Akebono κ.ά. Τα συστήματα αυτά έχουν μεταξύ του σημαντικές διαφορές ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους, χρησιμοποιούν όμως στο σύνολό τους σχεδόν τα ίδια εξαρτήματα και μηχανισμούς με κοινές αρχές λειτουργίας.

Στον Ελλαδικό χώρο τα προϊόντα που εισάγονται με σκοπό την εκ των υστέρων τοποθέτηση συστημάτων ABS σε φορτηγά οχήματα με μικτό βάρος άνω των 3.5t, τα οποία δεν έφεραν το εν λόγω σύστημα από την κατασκευή τους ανήκουν σε τρεις εταιρίες.

**WABCO**

**Haldex**

  
**KNORR-BREMSE**

Το σύστημα ABS τοποθετείται μόνο σε πνευματικό σύστημα πέδησης και όχι σε υδραυλικό, επειδή σύμφωνα με το θεσμικό πλαίσιο της Ελλάδας τα βαρέα φορτηγά οχήματα φέρουν πνευματικό σύστημα πέδησης καθώς θεωρείτε περισσότερο ασφαλές για αυτού του τύπου οχήματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι ενημερωθήκαμε από τον προϊστάμενο του συνεργείου της HATKAR, κ.Κασμερίδη ότι το kit ABS τοποθετείται αποκλειστικά σε οχήματα με αερόφρενα, ενώ η εγγύηση για το προϊόν είναι ένα έτος, εφόσον έτσι ορίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Μετά από την επαφή με την εταιρία Saracakis Group αναφέρονται τα εξής:

- Το **πλαίσιο** του οχήματος αποστέλλεται στα κεντρικά σημεία παραγωγής του οχήματος και κατόπιν δικής τους εντολής τοποθετείται εκ των υστέρων το σύστημα ABS.
- Πριν ελεγχθεί το όχημα από ΚΤΕΟ απαιτείται τιμολόγιο, βεβαίωση, παραστατικό καθώς και όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκ των υστέρων τοποθέτηση του συστήματος ABS.

Όσον αφορά στην εγγύηση του προϊόντος, σύμφωνα με τον κανονισμό της Ευρωπαϊκή ένωση, ανέρχεται στο ένα έτος. Όσον αφορά στην εκ των υστέρων τοποθέτηση συστήματος ABS, δεν απαιτείται καμία δοκιμή εάν ο προμηθευτής έχει την πιστοποίηση τοποθέτησης, την έγκριση του εισαγωγέα και το πιστοποιητικό έγκρισης της UNECE Transport Division για φορτηγά οχήματα.

## 4.13 Μακροπρόθεσμο οικονομικό όφελος τοποθέτησης του συστήματος ABS σε φορτηγά οχήματα

### 4.13.1 Γενικά στοιχεία

Το κόστος και τα οφέλη τοποθέτησης ABS σε φορτηγά οχήματα διαφόρων τύπων εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα κριτήρια:

1. Οικονομικό όφελος από την αποφυγή πρόσκρουσης
2. Οικονομικό όφελος από τη μειωμένη φθορά ελαστικών
3. Κόστος συντήρησης
4. Κόστος εγκατάστασης

### 4.13.2 Οικονομικό όφελος από την αποφυγή πρόσκρουσης

Το κόστος των τροχαίων ατυχημάτων είναι κάτι που δεν μπορεί να υπολογιστεί εύκολα και σίγουρα δεν μπορεί να υπολογιστεί πλήρως. Το κοινωνικοοικονομικό κόστος των τροχαίων ατυχημάτων είναι ένα πολύπλοκο ζήτημα το οποίο σε ετήσια βάση υπολογίζεται περίπου στα δύομισι εκατομμύρια ευρώ (ΥΣΑΕ 2009) μονάχα για την απώλεια ζωής (νεκροί). Στην Ελλάδα κάθε βαριά τραυματισμένος κοστίζει περίπου 30.000 ευρώ ενώ κάθε ελαφριά τραυματισμένος 3.000 ευρώ. Η ελληνική οικονομία επιβαρύνεται ετησίως με δαπάνες πάνω από 14 εκατ. ευρώ για την πληρωμή αποζημιώσεων για νοσήλια, για αποκατάσταση ζημιών και σωματικών βλαβών χωρίς να συνυπολογιστεί η απώλεια εργατικού δυναμικού ή η επιπλέον εργασιακή απασχόληση για την αντιμετώπιση των συνεπειών των τροχαίων ατυχημάτων, δηλαδή ιατρικό προσωπικό, νοσοκομεία τροχονόμοι, πραγματογνώμονες, δικαστικοί, ασφαλιστές, όπως και με άλλα δευτερεύοντα έξοδα όπως δικαστικά, οδοιπορικά, που θα πρέπει να συνυπολογισθούν στην επιβάρυνση της ελληνικής οικονομίας.

Η Παγκόσμια Τράπεζα αναφέρει ότι το οικονομικό κόστος από τα τροχαία ατυχήματα ανέρχεται στο 1-3% του ΑΕΠ κάθε κράτους. Στην Ε.Ε. ετησίως διατίθεται ποσό ύψους 160 δισ. ευρώ, το οποίο ισοδυναμεί με το 2% του ΑΕΠ της Ε.Ε.-15.

Το κόστος ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονται βαρέα οχήματα μπορεί όμως να εκτιμηθεί αν υπολογιστεί το σύνολο των υλικών ζημιών και φυσικά των ανθρώπινων απωλειών και σοβαρών τραυματισμών. Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, το 2010 καταγράφηκαν 1703 συγκρούσεις στις οποίες εμπλέκονταν φορτηγά, εκ των οποίων τα 53 ήταν θανατηφόρα. Επίσης από τα ατυχήματα αυτά 52 άνθρωποι τραυματίστηκαν βαριά, γεγονός που σημαίνει ολική ή μερική αναπηρία, κώμα, παραμορφώσεις ακόμη και εγκεφαλικές βλάβες. Τα ποσοστά έχουν εκτιμηθεί με βάση τα στοιχεία του έτους 2010 για ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται φορτηγά μέχρι και άνω των 3.5 τόνων. Η συμμετοχή των φορτηγών στα ποσοστά ατυχημάτων στο σύνολο του Ελλαδικού χώρου παρουσιάζεται ως εξής:

- Καταγεγραμμένα ατυχήματα:	6.52%	(1703 στα 26109)
- Θανατηφόρα:	6.32%	(53 στους 838)
- Ατυχήματα με βαριά τραυματίες:	4.74%	(52 στους 1097)

Όσον αφορά στις υλικές φθορές, σε περίπτωση σύγκρουσης ενός φορτηγού, το κόστος είναι ιδιαίτερα υψηλό. Αρκεί να αναφερθεί ότι τα ψυγεία ενός βαρέως οχήματος, τα οποία βρίσκονται αμέσως μετά τον μπροστινό προφυλακτήρα του φορτηγού στοιχίζουν 500€ το ένα και είναι το πρώτο τμήμα που σε περίπτωση τροχαίου θα συντριβεί. Φυσικά το κόστος ποικίλει ανάλογα το μοντέλο και το μέγεθος του φορτηγού, όμως ως σημείο αναφοράς μία πρόσκρουση, ακόμα και αν δεν υπάρχουν ανθρώπινες απώλειες, το κόστος επισκευής είναι δυσανάλογα υψηλότερο από την εγκατάσταση του ABS.

Κατηγορία οχημάτων	Μέσο Κόστος Πληρωθείσας ζημιάς		
	2007	2008	2009
Επιβατηγά	1.480,2	1.430,8	1.638,2
Φορτηγά	1.503,87	1.346,87	1.396,87
Λεωφορεία	1.569	1.589	1.677,6
Μοτοσυκλέτες	934,2	899,6	979,2
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>5.487,27</b>	<b>5.266,27</b>	<b>5.691,87</b>

Πηγή: Στατιστική Επετηρίδα 2009

Με αυτά τα δεδομένα, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι το Ελληνικό κράτος πληρώνει τουλάχιστον 1,560,000 ευρώ για τους βαριά τραυματίες (2010), 156,000 ευρώ για τους ελαφριά τραυματισμένους, ενώ η απώλεια ενός ανθρώπου από το εργατικό δυναμικό της χώρας είναι ανυπολόγιστη. Τα ποσά αυτά αφορούν μόνο τις συγκρούσεις με βαρέα οχήματα και όχι το σύνολο των τροχαίων ατυχημάτων στην Ελλάδα. Στο κεφάλαιο 6 ακολουθεί ανάλυση των ατυχημάτων στην Ευρώπη και στην Ελλάδα.

#### 4.13.3 Οικονομικό όφελος από τη μειωμένη φθορά ελαστικών

Το οικονομικό όφελος από τη μειωμένη φθορά που παρουσιάζουν τα ελαστικά συγκριτικά με την κίνηση του φορτηγού χωρίς το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος των τροχών, δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο. Η μειωμένη ολίσθηση και άρα τριβή με το οδόστρωμα επιφέρει ελάττωση της φθοράς κατά 3-5%. Εκτιμάται ότι για κάθε φορτηγό που διανύει 100,000km το ποσό που εξοικονομείται από 192€ έως 480€. Κάθε ελαστικό για βαρέα φορτηγά οχήματα στοιχίζει από 400€ έως και 600€ και κάθε όχημα φέρει 6 ή ακόμα και 10 ελαστικά, ενώ η αλλαγή των ελαστικών προτείνεται να συμβαίνει κάθε 50,000 km. Συνολικά στα 100,000km, για ένα φορτηγό με 6 ελαστικά και κόστος 400€ ανά ελαστικό, το ποσό που αποταμιεύεται από τη βέλτιστη πέδηση που παρέχει το ABS είναι 192€. Αντίστοιχα, για ένα φορτηγό με 10 ελαστικά και κόστος 600€ ανά ελαστικό, το ποσό που εξοικονομεί το ABS είναι 480€.

#### 4.13.4 Κόστος συντήρησης

Το κόστος συντήρησης δεν μπορεί να υπολογισθεί καθώς δεν υπάρχει προκαθορισμένος έλεγχος (service) για το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών. Ο κατασκευαστής ορίζει τον έλεγχο του συστήματος με το διαγνωστικό της εκάστοτε εταιρείας, έξι μήνες μετά την εγκατάστασή του στο όχημα.

#### 4.13.4 Κόστος εγκατάστασης

Μετά από συναντήσεις με τους αντιπροσώπους και των τριών εταιριών αναφέρουμε ενδεικτικά ότι η εταιρεία Hatkar Service A.E. , Εξουσιοδοτημένος Επισκευαστής Mercedes-Benz τοποθετεί το kit της Knorr-Bremse με κόστος που κυμαίνεται μεταξύ 1500€ και 2300€ εξαρτώμενο από το μέγεθος του οχήματος. Στις ίδιες τιμές εκτείνεται η τοποθέτηση συστήματος ABS και από τον Όμιλο εταιριών Σαρακάκη, καθώς ο προϊστάμενος του συνεργείου κ. Πατηράκης επισήμανε ότι το κόστος εισαγωγής του προϊόντος ανέρχεται στα 760€ ενώ η τοποθέτηση απαιτεί τουλάχιστον 16 εργατοώρες. Στην τελική τιμή περιλαμβάνεται η πιστοποίηση της εταιρίας καθώς και η έγκριση από μηχανικό, η οποία είναι απαραίτητη για το ΚΤΕΟ.

Όσον αφορά το κόστος της μετατροπής, εταιρία Saracakis Group υπολογίζει:

- 750€ το κόστος εισαγωγής του kit, αθροίζοντας 20% επί του κόστους αυτού, συνολικά 900€.
- 16 εργατοώρες τουλάχιστον ή 3 μέρες εργασίας.

## 5. Συστήματα Ελέγχου Ολίσθησης Τροχών

Τα συστήματα που ελέγχουν την ολίσθηση των τροχών και την κατεύθυνση του αυτοκινήτου σε δύσκολες καταστάσεις οδήγησης ανήκουν στα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας. Τα συστήματα αυτά εκμεταλλεύονται και χρησιμοποιούν τα εξαρτήματα και τους μηχανισμούς του συστήματος πέδησης και του συστήματος ABS, για να φρενάρουν περισσότερο ή λιγότερο μία ή δύο ρόδες, στο ίδιο ή σε διαφορετικό άξονα. Με τον τρόπο αυτό, όταν η πραγματική πορεία του αυτοκινήτου, είναι ανεξέλεγκτη, ελέγχεται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του αυτοκινήτου και, με επιλεκτική πέδηση κάποιων τροχών, ταυτίζεται με την επιθυμητή πορεία του αυτοκινήτου που ορίζεται από τον οδηγό. Επίσης κάποια συστήματα χρησιμοποιούν και τους μηχανισμούς της ηλεκτρονικής διαχείρισης του κινητήρα, ώστε να υπολογίζουν και να ελέγχουν την ιδανική ροπή του κινητήρα που πρέπει να εφαρμόζεται στους τροχούς σε καταστάσεις ολίσθησής τους. Τα συστήματα αυτά βοηθούν τον οδηγό να διατηρεί τον απόλυτο έλεγχο του αυτοκινήτου σε δύσκολες καταστάσεις οδήγησης και πανικού. Στα συστήματα αυτά έχουν δοθεί από τους κατασκευαστές διάφορες ονομασίες με αποτέλεσμα, συστήματα που κάνουν την ίδια δουλειά και εργάζονται με τον ίδιο τρόπο να έχουν παρεμφερή ή διαφορετική ονομασία από όχημα σε όχημα.

Η βιομηχανία οχημάτων ερευνούσε από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, τη δυνατότητα ανάπτυξης ενός συστήματος, το οποίο θα αποτρέπει το μπλοκάρισμα και την ολίσθηση των τροχών κατά την πέδηση του οχήματος. Τα μηχανικά συστήματα δεν μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες, λόγω της μη επαρκούς ταχύτητας απόκρισης, δηλαδή να μετρήσουν την ταχύτητα περιστροφής του τροχού και να προσαρμόσουν την πέδηση. Με την εμφάνιση της μηχανοτρονικής<sup>28</sup>, τα ηλεκτρονικά και το λογισμικό αντικαθιστούν τα μικρότερης ακρίβειας, πιο ευπαθή και πιο ακριβά αναλογικά μηχανικά συστήματα με ψηφιακό ηλεκτρονικό έλεγχο.

Στη συνέχεια αναφέρονται τα βασικά βοηθητικά συστήματα ενεργητικής ασφάλειας που χρησιμοποιούνται στα οχήματα:

### 5.1 Ηλεκτρονικό Πρόγραμμα Ευστάθειας (Electronic Stability Program=ESP)

*Ονομασίες: Ηλεκτρονικό σταθεροποιητικό σύστημα δυναμικής κίνησης αυτοκινήτου ESP (Elektronische Stabilitäts Programm) ή ESBS (Electronic Stability Brake System). (ESC ή ESBS ή FDR ή DSC).*

#### 5.1.1 Ιστορική ανασκόπηση

Οι πρώτες μελέτες για την ανάπτυξη ενός συστήματος πλήρους ελέγχου της ευστάθειας των αυτοκινήτων ξεκίνησαν το 1987 από την Mercedes-Benz και η μαζικής παραγωγής εφαρμογή του διαμορφώθηκε το 1992, σε συνεργασία με την Bosch. Το 1995 η Mercedes σε συνεργασία με τη Bosch, διέθεσαν στην αγορά το πρώτο όχημα παραγωγής εξοπλισμένο με σύστημα ESC, την Mercedes S-Class W140. Το σύστημα της Bosch χρησιμοποιεί την εμπορική ονομασία Elektronisches Stabilitäts programm (ESP). Τον Σεπτέμβριο του 1995, το ESP έγινε πλέον διαθέσιμο σε όλες τις εκδόσεις και τους κυβισμούς των sedan και coupé, ως προαιρετικό έξτρα. Σχεδόν αμέσως μετά (τέλη του 1995) η BMW, κατόπιν συνεργασίας με τις Bosch και ITT Automotive εισήγαγε το δικό της πρόγραμμα ενεργής ευστάθειας με ονομασία DSC, Dynamic Stability Control στην BMW Σειρά 7 E38, ενώ και η Toyota εισήγαγε το δικής της εξέλιξης Vehicle Stability Control<sup>29</sup> στο πολυτελές Toyota Crown Majesta. Η General Motors εξέλιξε ένα

<sup>28</sup> Ο όρος "Μηχανοτρονική" επινοήθηκε για πρώτη φορά από τον Tetsuro Mori, ανώτερο μηχανικό της ιαπωνικής εταιρείας Yaskawa, το 1969. Η Μηχανοτρονική εναλλακτικά, μπορεί να αναφέρεται και ως η Επιστήμη των "Ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων" ή λιγότερο συχνά ως η Επιστήμη "ελέγχου και του αυτοματισμού της μηχανικής".

Το 1982 επιτρέπεται από την εταιρεία η ελεύθερη χρήση του όρου.

<sup>29</sup> Aga& Okada (2003), μελετώντας το σύστημα Vehicle Stability Control (VSC) και αναλύοντας ατυχήματα στη Ιαπωνία, κατέληξαν στα εξής: 35% μείωση των συγκρούσεων του οχήματος (single-vehicle crashes), 30% μείωση σε μετωπικές συγκρούσεις που περιελάμβαναν περισσότερων των δύο οχημάτων και αντιστοίχως 50% και 40% μείωση των ατυχημάτων που παρουσίαζαν υψηλού κόστους υλικές ζημιές και μικροζημιές. Συνολικά οι

αντίστοιχο δικό της σύστημα, σε συνεργασία με την Delphi Corporation και το 1996 (σεζόν του 1997) το εισήγαγε υπό το όνομα «StabiliTrak», στα κορυφαία μοντέλα της Cadillac. Έγινε έτσι η πρώτη αμερικανική αυτοκινητοβιομηχανία που προσέφερε κάτι τέτοιο. Από το 1999, άρχισε να διαδίδεται και στις άλλες εταιρείες του ομίλου και έως το 2007 έγινε στάνταρ σε όλα τα SUV και van της GM που πωλούνται στις ΗΠΑ και στον Καναδά, εκτός από ορισμένες εκδόσεις για εταιρικές πωλήσεις. Αν και τα περισσότερα μοντέλα της General Motors για την αμερικανική αγορά χρησιμοποιούν το όνομα «StabiliTrak», στις αγορές των άλλων ηπείρων η GM χρησιμοποιεί την ονομασία «Electronic Stability Control», με εξαίρεση το Saab 9-7X, όπου αναφέρεται επίσημα ως «StabiliTrak». Το 2000, και η Ford εισήγαγε τη δική της εκδοχή, υπό το όνομα Advance Track.

Αμέσως μετά την αλλαγή της χιλιετίας, το ESP εξαπλώθηκε ραγδαία σε όλες τις αυτοκινητοβιομηχανίες και είναι πλέον σπάνιο να βρεθεί μοντέλο στην αγορά χωρίς αυτό, έστω και προαιρετικά. Κατά κανόνα, όταν δεν είναι εγκατεστημένο στο βασικό εξοπλισμό, προσφέρεται ως τμήμα ενός ακριβότερου επιπέδου εξοπλισμού ή ενός εξοπλιστικού πακέτου, μαζί με άλλα στοιχεία. Αντιθέτως, είναι πάρα πολύ σπάνιο να υπάρχει ως ξεχωριστή προαιρετική επιλογή, αλλά και αν συμβεί αυτό, το επιπρόσθετο κόστος μπορεί να είναι μόλις 250 δολάρια στις ΗΠΑ.

Από το 2011 σε όλα τα νέα μοντέλα και τα αυτοκίνητα που παράγονται στην Ευρώπη και της ΗΠΑ το σύστημα βρίσκεται υποχρεωτικά στον τυπικό εξοπλισμό, ακλουθώντας τη σχετική διάταξη που ψηφίστηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς αποδεδειγμένα μειώνει την ολίσθηση περισσότερο από 50%.<sup>30</sup>

### 5.1.2 Λειτουργία

Το ESC ή ESP, όπως το έχει κατοχυρώσει η Bosch, είναι σχεδόν το ίδιο σύστημα με το ABS<sup>31</sup>, αλλά οι αισθητήρες μπορούν να διαγνώσουν επιπρόσθετα την έντονη επιτάχυνση ενός μόνο τροχού, δείγμα αποσταθεροποίησης του αυτοκινήτου.

Το ηλεκτρονικό σταθεροποιητικό σύστημα δυναμικής κίνησης, ESP (Electronic Stability Program=Ηλεκτρονικό Πρόγραμμα Ευστάθειας) είναι μια λειτουργία που σαν σκοπό έχει να μειώσει τις πιθανότητες ολίσθησης του αυτοκινήτου, εξασφαλίζοντας την ευστάθεια του αυτοκινήτου κατά το φρενάρισμα σε στροφή. Το σύστημα ρυθμίζει την υδραυλική πίεση των φρένων ξεχωριστά σε κάθε τροχό, κατά τρόπο ώστε να διατηρείται ο έλεγχος της θεωρητικής γραμμής διαδρομής του αυτοκινήτου, χωρίς όμως να επηρεάζεται η απόδοση των φρένων. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος είναι να συγκρίνει τη θεωρητική γραμμή κίνησης του αυτοκινήτου που ορίζεται από τον οδηγό με την πραγματική κίνηση του αυτοκινήτου. Υπάρχουν δύο αισθητήρες, ένας στο τιμόνι και ένας γυροσκοπικός, όταν δεν δείχνουν προς την ίδια κατεύθυνση το σύστημα επεμβαίνει και φέρνει το όχημα στη θέση που ορίζει ο αισθητήρας του τιμονιού. Όταν λοιπόν υπάρχει απόκλιση στη σύγκριση αυτή, το σύστημα φρενάρει επιλεκτικά έναν ή περισσότερους τροχούς, ώστε να επαναφέρει το όχημα στη θεωρητική πορεία που έχει επιλέξει ο οδηγός.

Το σύστημα λειτουργεί μόνο κατά την κίνηση του οχήματος προς τα εμπρός και το αποτέλεσμα της λειτουργίας του μπορεί να παρατηρηθεί σε περιπτώσεις υποστροφής ή υπερστροφής του οχήματος. Η υποστροφή και η υπερστροφή είναι τάσεις εκτροπής του οχήματος, οι οποίες συμβαίνουν κατά τη διάρκεια μιας στροφής σε ακραίες συνθήκες, είτε λόγω μεγάλης ταχύτητας είτε λόγω χαμηλής πρόσφυσης, είτε λόγω συνδυασμού αυτών (Εικόνα 66). Για παράδειγμα σε μια στροφή, μπορούμε να έχουμε τρεις διαφορετικές καταστάσεις. Η πρώτη και πιο επιθυμητή βέβαια είναι το όχημα να ακολουθεί την ουδέτερη τροχιά που επιλέγει ο οδηγός. Οι άλλες δύο τάσεις, υποστροφή και υπερστροφή, είναι το αποτέλεσμα ολίσθησης του αυτοκινήτου και είναι πολύ σοβαρές περιπτώσεις

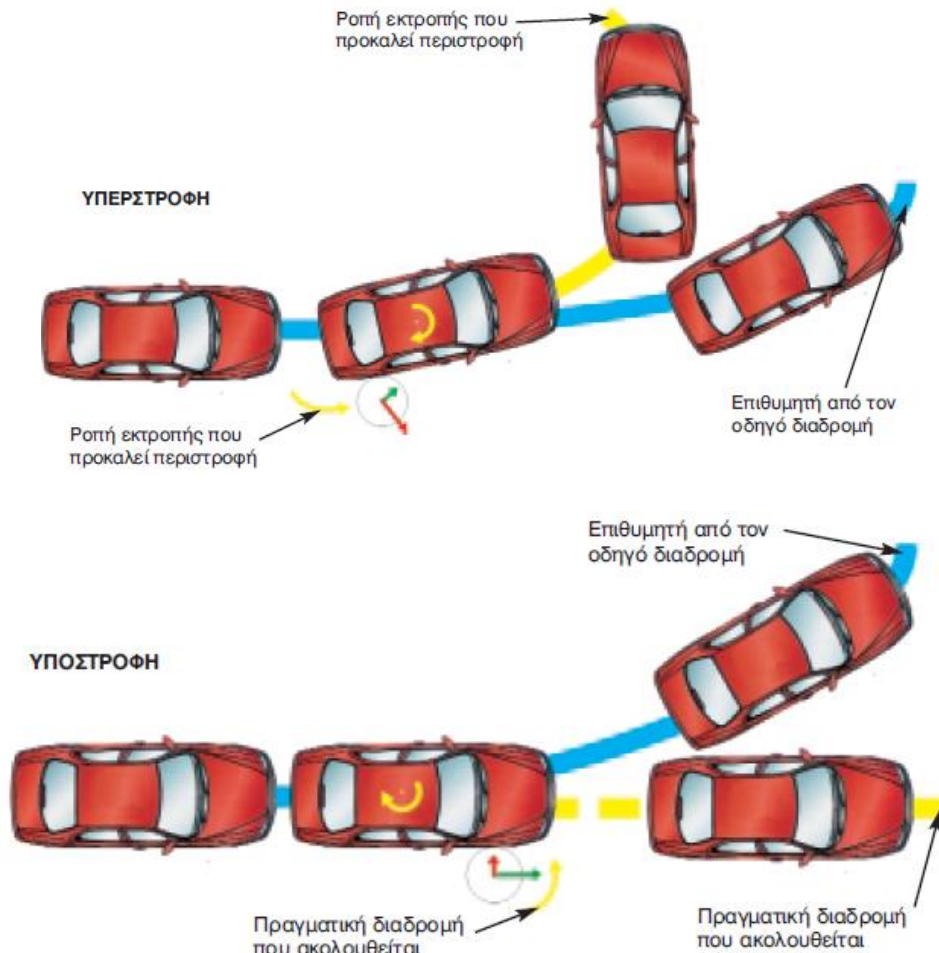
---

ανθρώπινες απώλειες σε οχήματα με VSC μειώθηκαν κατά 35% τόσο στις συγκρούσεις με ένα όχημα (single-vehicle), όσο και στις μετωπικές.

<sup>30</sup> ©TRW Automotive 2013, North America

<sup>31</sup> Ακόμα και το Ηλεκτρονικό Μπλοκέ διαφορικό τύπου Q2 στις μοντέρνες Alfa Romeo ή XDS στο VW Group είναι το ίδιο σύστημα με παρόμοιους αισθητήρες και πιο εξελιγμένη κεντρική μονάδα.

εκτροπής του οχήματος, αφού μπορούν να οδηγήσουν σε ατύχημα. Όταν η ροπή εκτροπής εμφανίζεται ως υπερστροφή, τότε το πίσω μέρος του αυτοκινήτου τείνει να ολισθήσει έξω από την επιθυμητή καμπύλη τροχιάς. Το φαινόμενο της υπερστροφής συνήθως παρατηρείται όταν οι πίσω τροχοί μπλοκάρουν σε ολισθηρό οδόστρωμα. Όταν η ροπή εκτροπής εμφανίζεται ως υποστροφή, τότε το μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου τείνει να ολισθήσει έξω από την επιθυμητή καμπύλη τροχιάς. Το φαινόμενο της υποστροφής συνήθως παρατηρείται όταν οι μπροστινοί τροχοί βρεθούν ξαφνικά σε παγωμένες επιφάνειες, χαλίκια κτλ που προκαλούν την ολίσθησή τους.



**Εικόνα 66 Υποστροφή και Υπερστροφή**

- A. Σε περίπτωση υποστροφής του οχήματος το εμπρόσθιο τμήμα του φεύγει από την πορεία του, θεωρητική γραμμή κίνησης. Το σύστημα θα εφαρμόσει μεγαλύτερη δύναμη πέδησης στον εσωτερικό πίσω τροχό με αποτέλεσμα να αλλάξει το κέντρο περιστροφής του οχήματος από τη νέα ροπή εκτροπής που δημιουργείται και το όχημα να επανέλθει στην κανονική του πορεία.
- B. Σε περίπτωση υπερστροφής του αυτοκινήτου το οπίσθιο τμήμα του αυτοκινήτου φεύγει από την πορεία του - θεωρητική γραμμή κίνησης. Το σύστημα θα εφαρμόσει μεγαλύτερη δύναμη πέδησης στον εξωτερικό μπροστινό τροχό με αποτέλεσμα να αλλάξει το κέντρο περιστροφής του οχήματος από τη νέα ροπή εκτροπής που δημιουργείται και το όχημα να επανέλθει στην κανονική του πορεία.

### 5.1.3 Βασικά μέρη

Για την λειτουργία του ηλεκτρονικού σταθεροποιητικού συστήματος της δυναμικής κίνησης του αυτοκινήτου (ESC/ ESP), χρησιμοποιείται η υποδομή του συστήματος ABS<sup>32</sup>, με μερικούς επιπλέον αισθητήρες για τη λήψη πρόσθετων βασικών πληροφοριών που χρειάζεται η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου.

Οι επιπρόσθετοι αυτοί αισθητήρες είναι οι εξής:

1. Τον αισθητήρα γωνίας περιστροφής του τιμονιού. Ο αισθητήρας αυτός είναι τοποθετημένος στην κολώνα του τιμονιού και μετράει τη γωνία περιστροφής του τιμονιού και το σήμα του χρησιμοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για τη λειτουργία του ESP.
2. Τον αισθητήρα πλευρικής επιτάχυνσης. Ο αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης είναι τοποθετημένος στην κολώνα του τιμονιού και ανιχνεύει την πλευρική επιτάχυνση των τροχών. Το σήμα του χρησιμοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για τη λειτουργία του ESP.
3. Τον αισθητήρα διαμήκους επιτάχυνσης. Ο αισθητήρας διαμήκους επιτάχυνσης είναι τοποθετημένος στο αμάξωμα. Υπάρχει μόνο στα οχήματα με κίνηση στους τέσσερις τροχούς επειδή σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να υπάρχει διαφορά πρόσφυσης μεταξύ μπροστινού και πίσω άξονα. Ο αισθητήρας αυτός ανιχνεύει τη διαμήκη επιτάχυνση του οχήματος και το σήμα του χρησιμοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για τη λειτουργία του ESP.
4. Τον αισθητήρα ροπής εκτροπής. Ο αισθητήρας υπολογισμού της ροπής εκτροπής του οχήματος είναι τοποθετημένος στην κολώνα του τιμονιού και ανιχνεύει, αν το όχημα παρουσιάζει τάση εκτροπής ή ολίσθησης γύρω από τον κάθετο άξονά του. Το σήμα του χρησιμοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για την λειτουργία του ESP.

Όλοι οι παραπάνω αισθητήρες ελέγχονται πλήρως από μία Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα, η οποία διαρκώς επεξεργάζεται τις πληροφορίες που λαμβάνει και τις συγκρίνει με τις εντολές του οδηγού 25 φορές / δευτερόλεπτο. Επίσης διαφορετικό είναι και το πρόγραμμα λειτουργίας του συστήματος (Software) γιατί λαμβάνει υπόψη τα δεδομένα και τα επεξεργάζεται με διαφορετικό τρόπο. Αναγνωρίζονται οι επικίνδυνες, σε ότι αφορά την ενεργητική ασφάλεια καταστάσεις και ρυθμίζονται κατάλληλα από τη δύναμη του φρεναρίσματος. Από τα δεδομένα που λαμβάνονται καθ' όλη τη διάρκεια του φρεναρίσματος αξιολογείται η κατάσταση και μειώνεται η πίεση πέδησης κάποιου ή κάποιων τροχών, ώστε ο οδηγός να επανακτήσει τον έλεγχο του αυτοκινήτου. Σε περιπτώσεις που υπάρχουν διαδοχικές καταστάσεις υποστροφής ή υπερστροφής του αυτοκινήτου, όπως στην περίπτωση αποφυγής κάποιου εμποδίου, το σύστημα θα διορθώνει συνεχώς την πορεία του αυτοκινήτου.

Με βάση τον συνδυασμό όλων αυτών των πληροφοριών, μπορεί να αντιληφθεί εγκαίρως αν υπάρχει απόκλιση μεταξύ των εντολών του οδηγού και της πορείας του οχήματος. Αν διαπιστώσει κίνδυνο εκτροπής από την επιθυμητή πορεία, τότε ενεργοποιεί το φρένο του κατάλληλου τροχού ή τροχών<sup>33</sup>. Στα νεότερα μοντέλα μπορεί ακόμα και να μειώσει προσωρινά την ισχύ του κινητήρα, ώστε να σταθεροποιήσει το όχημα και να βοηθήσει τον οδηγό να το επαναφέρει στην επιθυμητή πορεία του.

<sup>32</sup> Για τον λόγο αυτό, όλα τα μοντέλα που φέρουν ESP, φέρουν στον εξοπλισμό πάντα και ABS και traction control system.

<sup>33</sup> Σε κάποια μεταγενέστερα μοντέλα, η μορφή αυτή αναφερόταν ως Σύστημα Ευστάθειας στις Στροφές / Cornering Stability Control / CSC, σε αντιδιαστολή με το πλήρες ESP και είχε υπό έλεγχο το σύστημα πέδησης κατά την οδήγηση σε στροφές



#### 5.1.4 Χρησιμότητα του ESP

Αυτό το πρόγραμμα συντελεί στο να ακολουθεί το όχημα την πορεία που επιθυμεί ο οδηγός, με σκοπό αφενός μεν τη μείωση των ατυχημάτων και αφετέρου τη σοβαρότητα των συγκρούσεων για τις σωματικές και υλικές βλάβες.

Από δεδομένα ατυχημάτων που συνέβησαν στη Σουηδία από το 2000 έως το 2002, τα οποία αξιολογήθηκαν από τον Tingvall et al (2003), μελετήθηκε η επίδραση του συστήματος ESP στη μείωση τραυματισμών σε πραγματικά ατυχήματα. Συνολικά τα δεδομένα περιελάμβαναν 442 ατυχήματα όπου τα οχήματα έφεραν ESP και 1967 συγκρούσεις με οχήματα δίχως ESP. Τα αποτελέσματα, δεδομένου ότι όλα τα οχήματα ήταν εξοπλισμένα με ABS, έδειξαν την θετική επίδραση του συστήματος αυτού ειδικά σε ολισθηρές επιφάνειες. Η συνολική επιρροή στη μείωση συγκρούσεων ήταν  $22.1 \pm 21\%$ , για βρεγμένο οδόστρωμα η επιρροή του συστήματος ήταν  $31.5 \pm 23.4\%$  ενώ για δρόμο με πάγο και χιόνι ήταν  $38.2 \pm 26.1\%$ .

Στη συνέχεια ο Fennel μελέτησε στοιχεία ατυχημάτων, τα οποία συνέβησαν στη Γερμανία για την Mercedes Benz (2003). Παρατήρησε ότι από το 1999, χρονιά που το σύστημα ESP εισήχθη στο βασικό εξοπλισμό όλων των επιβατικών οχημάτων της εταιρείας, οι συγκρούσεις είχαν μειωθεί κατά 15%.

Την ίδια χρονιά ο Langweider et al.(2003) προσπάθησε να αποδείξει τα ουσιώδη πλεονεκτήματα του ESP, στηριζόμενος στο γεγονός ότι το σύστημα αυτό αποτρέπει την απώλεια του ελέγχου του οχήματος. Αναλύοντας τα δεδομένα ατυχημάτων, επικεντρώθηκε σε εκείνα που δεν έφεραν ESP και αιτία πρόκλησης του ατυχήματος ήταν η απώλεια ελέγχου του οχήματος. Το αποτέλεσμα έδειξε ότι 25% με 30% των οδηγών επιβατικών αυτοκινήτων έχασαν τον έλεγχο και η σύγκρουση συντέλεσε στην ύπαρξη τραυματιών. Όσον αφορά στα φορτηγά οχήματα, κατέληξε ότι θα μπορούσε να επιτευχθεί μείωση της τάξης του 9% στον αριθμό των σοβαρών συγκρούσεων που εμπλέκονται φορτηγά εάν εγκατασταθεί το σύστημα ESP.

## 5.2 Σύστημα υποβοήθησης επείγουσας πέδησης EBA (Emergency Brake assist)

*Ονομασίες: Σύστημα επείγουσας πέδησης EBA (Emergency Brake assist) ή BAS (Brake Assist System) ή Collision Warning with Auto Brake (CWAB).*

### 5.2.1 Ιστορική ανασκόπηση

Η πρώτη εφαρμογή αναπτύχθηκε από τη Daimler-Benz σε συνεργασία με την TRW/LucasVarity, μετά από έρευνα που διεξήχθη το 1992 στον προσομοιωτή οδήγησης της Mercedes-Benz στο Βερολίνο. Η ανάπτυξη του συστήματος EBA βασίστηκε στα πορίσματα των ερευνών για τα ατυχήματα που αποκάλυψαν, ότι ενώ οι οδηγοί αντιδρούν γρήγορα σε κρίσιμες καταστάσεις, δεν πατούν με επαρκή δύναμη το πεντάλ των φρένων. Το φαινόμενο αυτό επιβεβαιώθηκε από τεστ που έγιναν σε γυναίκες και άνδρες οδηγούς. Περισσότερο από το 90 % των οδηγών που συμμετείχαν στα τεστ, δίστασαν να πιέσουν το πεντάλ του φρένου με επαρκή δύναμη για "μεγάλο χρονικό διάστημα" ή, απλά, αντέδρασαν λάθος.

Το Δεκέμβριο του 1996 το σύστημα BAS βγήκε για πρώτη φορά στην παγκόσμια αγορά με το μοντέλο Mercedes-Benz S-Class και το SL-Class. Το 1998 η ίδια εταιρεία ήταν η πρώτη που ενσωμάτωσε το σύστημα επείγουσας πέδησης στο βασικό εξοπλισμό όλων των μοντέλων που ήταν στην παραγωγή της. Στη συνέχεια ακολούθησαν και άλλες κατασκευάστριες εταιρείες όπως η Volvo και η BMW.

### 5.2.2 Λειτουργία

Το σύστημα άμεσης ενεργοποίησης φρεναρίσματος είναι ένας βοηθητικός μηχανισμός στο σύστημα πέδησης, που σκοπό έχει να συμβάλλει στη μείωση της απόστασης φρεναρίσματος σε επείγουσες καταστάσεις. Όταν ο οδηγός διστάζει να φρενάρει ή φρενάρει πολύ απαλά σε μια επείγουσα κατάσταση, το σύστημα BAS προκαλεί πέδηση με πλήρη ισχύ μέσα σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Συχνά οι μη έμπειροι οδηγοί οχημάτων έχουν την τάση είτε να πατούν απότομα το πεντάλ του φρένου είτε πολύ ελαφριά σε επείγουσες καταστάσεις (Käding and Hoffmeyer, 1995). Όταν το σύστημα αναγνωρίσει μία επείγουσα κατάσταση, με βάση την ταχύτητα του οχήματος και τη δύναμη που ασκείται στο πεντάλ<sup>34</sup>, τότε το σύστημα επείγουσας πέδησης EBA εφαρμόζει μέγιστη δύναμη μέχρι το σημείο που ενεργοποιείται η λειτουργία αντιεμπλοκής των τροχών. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιείται η απόσταση ακινητοποίησης του οχήματος.

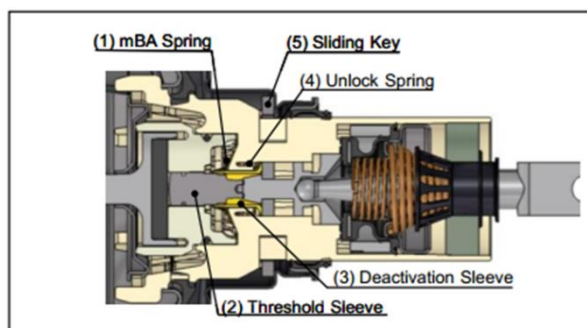
Η Volvo με το σύστημα Collision Warning with Auto Brake (CWAB) χρησιμοποιεί ένα ραντάρ για να εντοπίζει περιπτώσεις πιθανής πρόσκρουσης και να προετοιμάσει τα φρένα, ώστε ακόμη και εάν ο οδηγός εφαρμόσει μικρή δύναμη, τα φρένα ενεργοποιούνται στην πλήρη ικανότητά τους. Επιπρόσθετα το σύστημα εμφανίζει μία λυχνία και έναν προειδοποιητικό ήχο. Εάν ο οδηγός του οχήματος δεν ανταποκριθεί στα προειδοποιητικά μηνύματα και όταν πλέον η σύγκρουση είναι αδύνατον να αποφευχθεί, τότε ενεργοποιείται αυτόματα το σύστημα υποβοήθησης επείγουσας πέδησης.

Η Mercedes Benz ανέπτυξε το σύστημα Brake Assist Plus (BAS Plus), το οποίο ήταν το πρώτο που τοποθετήθηκε ως βασικός εξοπλισμός στο μοντέλο W221 S-Class (2006). Αυτό το σύστημα λειτουργεί ακριβώς όπως το αντίστοιχο της Volvo αλλά δεν ενεργοποιείται αυτόματα σε περίπτωση που ο οδηγός δεν αντιδράσει.

Υπάρχουν συστήματα BAS που λειτουργούν με μηχανικό τρόπο όπως το EVA (Emergency Valve Assistant) της Bosch, καθώς επίσης και το ηλεκτρονικά ελεγχόμενο BAS της Mercedes. Το σύστημα υποβοήθησης φρένων έκτακτης ανάγκης, EVA της Bosch, είναι ένα μηχανικό σύστημα, με το οποίο επιτυγχάνεται αύξηση της δύναμης πέδησης σε περίπτωση που ο οδηγός πατήσει γρήγορα αλλά "αδύνατα" το πεντάλ φρένων. Χρησιμοποιείται το σερβόφρενο (Εικόνα 67) για να αυξηθεί η δύναμη πέδησης και έτσι μειώνεται η απόσταση φρεναρίσματος.

### 5.2.3 Βασικά μέρη

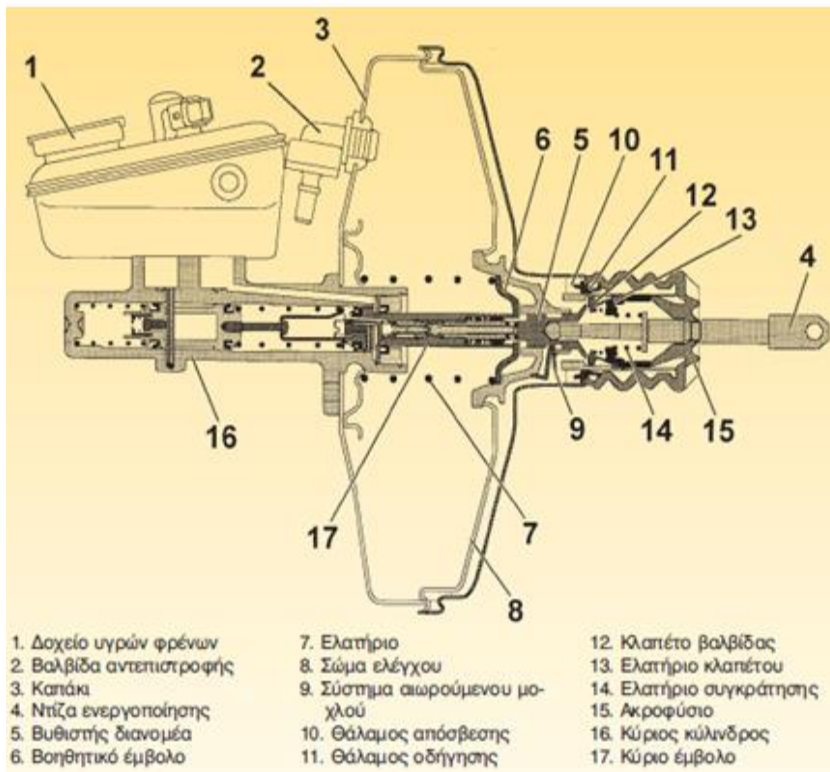
Το σύστημα Mechanical Brake Assist (mBA) της εταιρείας TRW, λειτουργεί όπως το BAS της Mercedes Benz, δηλαδή έχει ενσωματωθεί στο σερβόφρενο και διατηρεί έτοιμη τη μέγιστη πίεση μέχρι ο οδηγός να μειώσει αρκετά τη δύναμη που ασκεί στο εντάλ του φρένου (< 20N). Και αυτό το σύστημα ενεργοποιείται αυτόματα, ανεξάρτητα από την ταχύτητα με την οποία θα πιέσει ο οδηγός τα φρένα.



Εικόνα 67 Τα επιπρόσθετα μέρη που απαρτίζουν το σύστημα Mechanical Brake Assist (mBA)

<sup>34</sup> Η αναγνώριση της ανάγκης άμεσης πέδησης γίνεται με σήμα, από το πόσο γρήγορα ο οδηγός αφήνει το γκάζι ή πόσο γρήγορα πατά φρένο (Hara et al., 1998).

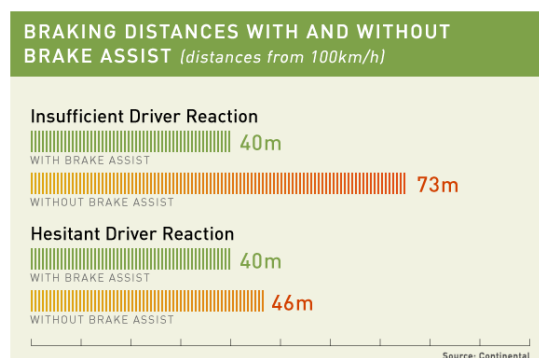
Το σύστημα BAS έχει ενσωματωθεί στο τροποποιημένο σερβόφρενο σε ορισμένα μοντέλα της Mercedes Benz. Όταν ενεργοποιηθεί η πέδηση με πλήρη δύναμη, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του συστήματος ενεργοποιεί μια ηλεκτρονικά ελεγχόμενη βαλβίδα που επιτρέπει την αύξηση της πίεσης στον ένα από τους δύο θαλάμους του σερβόφρενου και υποβοηθά κατ' αυτόν τον τρόπο τη δύναμη πέδησης στο μέγιστο. Το μπλοκάρισμα των τροχών είναι αδύνατο κατά τη διάρκεια της πέδησης με πλήρη δύναμη, γιατί το ABS εξακολουθεί να ρυθμίζει τη δύναμη πέδησης με ακρίβεια, εξασφαλίζοντας ότι η δύναμη αυτή παραμένει ακριβώς κάτω από το όριο ολίσθησης και ότι το όχημα εξακολουθεί να είναι σε κατάσταση τέτοια, ώστε να μπορεί να ελεγχθεί η πορεία του. Όταν ο οδηγός σταματήσει να πατά το πεντάλ των φρένων, ένας διακόπτης κλείνει την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, που αποσυμπλέκει αυτόματα τον μηχανισμό του σερβόφρενου.



Εικόνα 68 Το σύστημα BAS/EVA έχει ενσωματωθεί στο τροποποιημένο σερβόφρενο.

#### 5.2.4 Χρησιμότητα του EBA

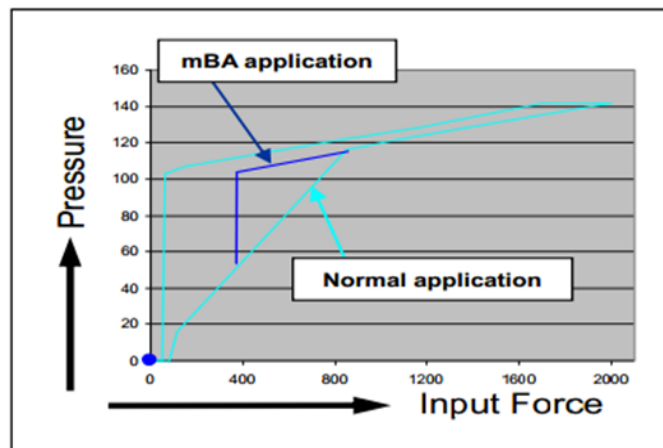
Το σύστημα υποβοήθησης BAS Plus έχει αποδειχθεί ότι μειώνει δραστικά τις συγκρούσεις στο πίσω τμήμα των προπορευόμενων οχημάτων (rear-end collisions) ενώ όλα τα συστήματα υποβοήθησης επείγουσας πέδησης επιτυγχάνουν μικρότερες αποστάσεις ακινητοποίησης του οχήματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση τόσο των υλικών ζημιών όσο και των ανθρώπινων τραυματισμών, γι' αυτό θεωρείται ότι έχει θετική επίδραση στην ασφάλεια των οχημάτων.



Εικόνα 69 Σύστημα υποβοήθησης επείγουσας πέδησης EBA

Στην Εικόνα 69, παρουσιάζεται ένα τυπικό παράδειγμα της χρησιμότητας του συστήματος και εντοπίζονται δύο περιπτώσεις σε όχημα που κινείται με 100χλμ/ώρα. Στην πρώτη ο οδηγός πάτησε το πεντάλ των φρένων αλλά όχι επαρκώς, δεδομένου ότι πρόκειται για μία κρίσιμη κατάσταση. Χωρίς το σύστημα υποβοήθησης επείγουσας πέδησης το όχημα ακινητοποιήθηκε στα 73μέτρα, ενώ με εγκατεστημένο το εν λόγω σύστημα η απόσταση αυτή ήταν μόλις 40. Στη δεύτερη περίπτωση, το όχημα κινείται πάλι με 100χλμ/ώρα και τη στιγμή που παρουσιάζεται η επείγουσα κατάσταση ο οδηγός δίστασε να αντιδράσει και δεν πάτησε γρήγορα το πεντάλ. Με το σύστημα Brake Assist η απόσταση ακινητοποίησης ήταν 40 μέτρα ενώ δίχως το σύστημα ήταν 46μέτρα.

Στο διάγραμμα 16 γίνεται εμφανής η διαφορά ανάμεσα στα τυπικά συστήματα υποβοήθησης επείγουσας πέδησης και το εξελιγμένο σύστημα mBA της TRW. Στους άξονες βρίσκεται η πίεση (κατακόρυφα) και η ασκούμενη δύναμη (οριζόντια).



Διάγραμμα 15 Σύγκριση μεταξύ τυπικής εφαρμογής επείγουσας πέδησης και του εξελιγμένου συστήματος mBA.

### 5.3 Σύστημα αντιολίσθησης ASR (Anti-Slip-Regulation)

Ονομασίες: Σύστημα αντιολίσθησης ASR (Anti-Slip-Regulation) ή σύστημα ελέγχου πρόσφυσης τροχών ASR (Antriebs Schlupf Regeleung) ή TCS (Traction Control System) ή ASC (Acceleration Skid Control).

#### 5.3.1 Ιστορική ανασκόπηση

Ο προκάτοχος των σύγχρονων ηλεκτρονικών συστημάτων ελέγχου αντιολίσθησης βρίσκεται στα αυτοκίνητα με υψηλή ροπή, υψηλή ισχύ μετάδοσης κίνησης στους πίσω τροχούς, όπως ένα διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης. Ένα διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης είναι ένα καθαρά μηχανικό σύστημα που μεταφέρει ένα σχετικά μικρό ποσό της ισχύος στον τροχό που δεν ολισθαίνει, ενώ εξακολουθεί να επιτρέπει τη μερική περιστροφή του τροχού.

Το 1971, η εταιρεία Buick Auto-Vim and Power εισήγαγε το σύστημα MaxTrac, το οποίο χρησιμοποιούσε ένα πρώιμο υπολογιστικό σύστημα για να ανιχνεύσει το σπινάρισμα των πίσω τροχών και να ρυθμίσει την ισχύ του κινητήρα ανάλογα, στους τροχούς που είχαν περισσότερη πρόσφυση. Η Buick εγκατέστησε το πρωτοποριακό για εκείνη την εποχή σύστημα, σε όλα τα μοντέλα, όπως τη Riviera, Estate Wagon, Electra 225, Centurion, και LESABRE. Έπειτα η Cadillac παρουσίασε το Traction Monitoring System (TMS) το 1979 στο ανασχεδιασμένο μοντέλο Eldorado. Στις μοτοσυκλέτες το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης ήταν για πρώτη φορά διαθέσιμο στο μοντέλο της BMW K1 το 1988. Μέχρι το 2009, το σύστημα ελέγχου πρόσφυσης για μοτοσυκλέτες βρισκόταν σε πολλά μοντέλα της BMW και της Ducati.

### 5.3.2 Λειτουργία

Το σύστημα αντιολίσθησης τροχών ASR επεμβαίνει όταν σπινάρουν οι κινητήριοι τροχοί κάτω από συνθήκες κακής πρόσφυσης, όπως για παράδειγμα η κίνηση σε χαλίκι ή σε πάγο, επεμβαίνοντας, είτε στις λειτουργίες διαχείρισης του κινητήρα, είτε στο σύστημα πέδησης είτε και στα δύο.

Όταν το ASR επεμβαίνει στην διαχείριση του κινητήρα τότε δίνει εντολή στον ενεργοποιητή ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού να κλείσει. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση στις στροφές του κινητήρα με αντίστοιχη μείωση στη μεταφερόμενη ροπή από τον κινητήρα στους τροχούς. Εάν το μέτρο δεν είναι αρκετό, το σύστημα επεμβαίνει και στην αλλαγή λειτουργίας του κινητήρα. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η ροπή στους τροχούς και αποτρέπεται η ολίσθηση των κινητήριων τροχών κατά την επιτάχυνση με οποιαδήποτε ταχύτητα ή συνθήκες φορτίου. Επίσης η ενεργοποίηση του συστήματος ASR έχει την δυνατότητα να φρενάρει τον τροχό ή τους τροχούς που σπινάρουν χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες και ενεργοποιητές του ABS ώστε να αποκτήσουν πρόσφυση και το όχημα να κινηθεί με ασφάλεια. Ενεργεί λοιπόν στην περίπτωση αυτή σαν ένα ηλεκτρονικό μπλοκέ διαφορικό, διευκολύνοντας την εκκίνηση σε ολισθηρές επιφάνειες. Μπορεί επίσης εάν είναι επιθυμητό, να προστεθεί όταν στο όχημα υπάρχει εγκατεστημένο ήδη το ABS.

Το σύστημα ASR, εφαρμόστηκε στα αυτοκίνητα ως εξέλιξη του ABS. Γι' αυτό στις περισσότερες εφαρμογές - παραλλαγές του συστήματος περιλαμβάνει τα ίδια εξαρτήματα με το ABS. Υπάρχει η δυνατότητα απενεργοποίησης του συστήματος με το πάτημα ενός κουμπιού, αλλά, κατά κανόνα, θα πρέπει πάντα να βρίσκεται σε λειτουργία.

Οι περιπτώσεις κατά τις οποίες επιτρέπεται η ολίσθηση, άρα θεωρείται σκόπιμη η απενεργοποίηση του ASR, είναι:

- Κατά την οδήγηση με εφεδρικό τροχό.
- Κατά την οδήγηση με αντιολισθητικές αλυσίδες.
- Κατά την οδήγηση με παχύ στρώμα χιονιού ή μαλακό υπόστρωμα.
- Όταν το όχημα έχει κολλήσει σε λάσπη ή χιόνι.
- Πάνω σε δυναμοπέδη.

*Συνήθως το ASR συνεργάζεται, εκτός από το ABS, και με άλλα ηλεκτρονικά συστήματα του αυτοκινήτου, όπως το EDS, το EPS, το EBV κτλ.*

### 5.3.3 Βασικά μέρη

Τα βασικά εξαρτήματα του συστήματος ASR είναι:

#### 1. Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου

Τα βασικά κυκλώματα της μονάδας είναι:

- i. το κύκλωμα λειτουργίας
- ii. το κύκλωμα ελέγχου
- iii. το κύκλωμα αυτοδιάγνωσης.

#### 2. Ηλεκτροϋδραυλική μονάδα

Η ηλεκτροϋδραυλική μονάδα ελέγχει την υδραυλική πίεση που ασκείται σε κάθε κυλινδράκι σύμφωνα με τα σήματα που παίρνει από τη μονάδα ελέγχου. Οι τρεις λειτουργίες ελέγχου της πίεσης είναι:

- i. η μείωση της πίεσης,
- ii. η διατήρηση της πίεσης και
- iii. η αύξηση της πίεσης.

## 3. Αισθητήρες τροχών

Οι αισθητήρες των τροχών είναι παλμογεννήτριες επαγωγικού τύπου και παράγουν εναλλασσόμενη τάση από την περιστροφή του κινητήρα. Το σήμα αυτό πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για την ταχύτητα περιστροφής του τροχού.

## 4. Ρελέ κυκλώματος

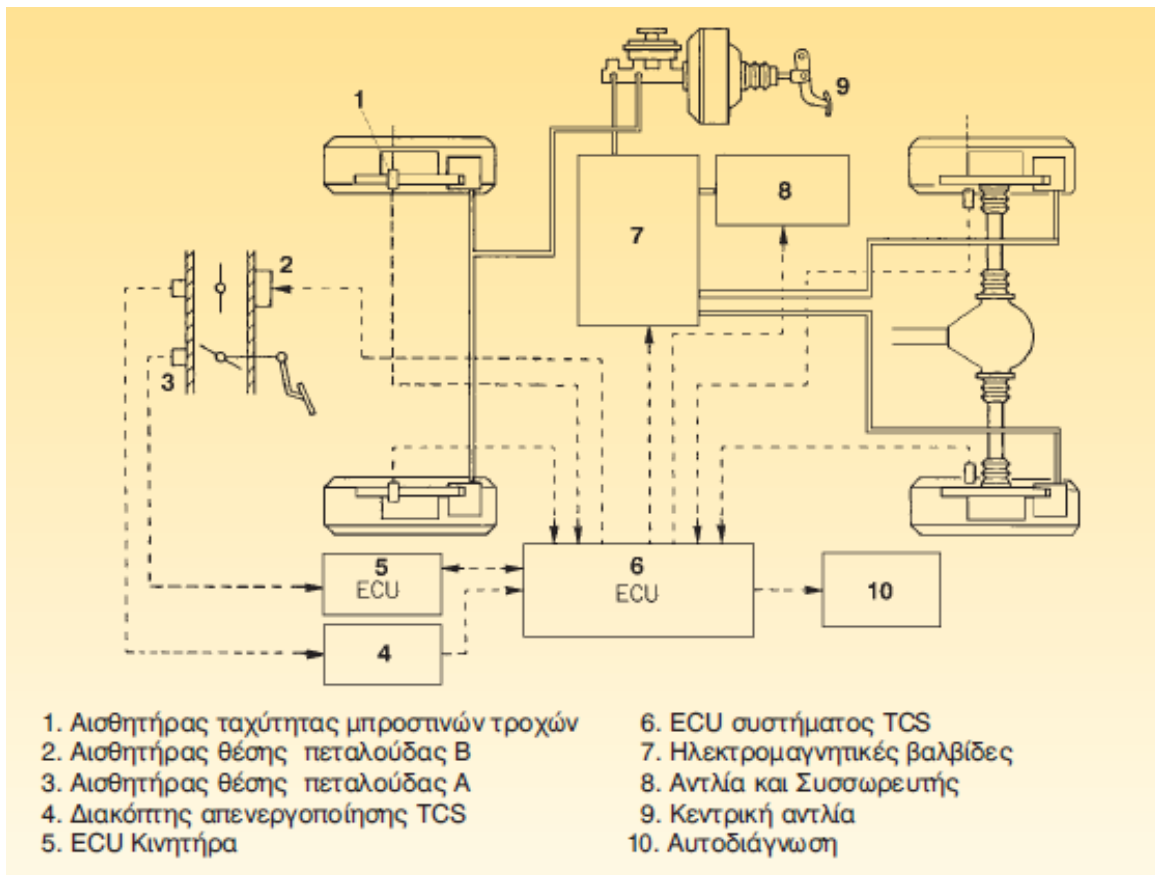
Το ρελέ κυκλώματος ελέγχει το ηλεκτρικό κύκλωμα της ηλεκτροϋδραυλικής μονάδας και των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων.

## 5. Διακόπτης φώτων στοπ

Ο διακόπτης φώτων στοπ πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για το πάτημα του πεντάλ του φρένου από τον οδηγό.

Επίσης, ανάλογα με την κατασκευή του συστήματος αλλά και με ποια συστήματα συνεργάζεται, μπορεί να υπάρχουν τα παρακάτω εξαρτήματα:

- Διακόπτης χειρόφρενου
- Αισθητήρας ροπής εκτροπής
- Αισθητήρας πλευρικής επιτάχυνσης
- Αισθητήρας διαμήκου επιτάχυνσης
- Αισθητήρας πίεσης πέδησης



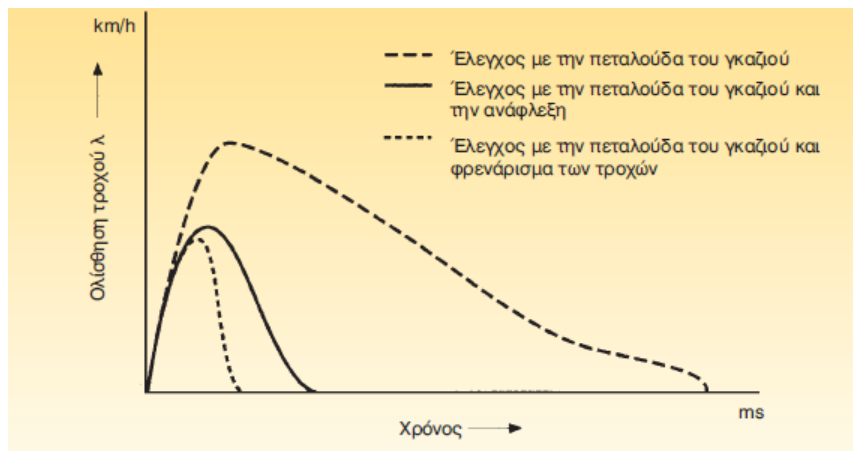
Διάγραμμα 16 Σύστημα ελέγχου πρόσφυσης τροχών TCS.



### 5.3.4 Χρησιμότητα του ASR /TCS

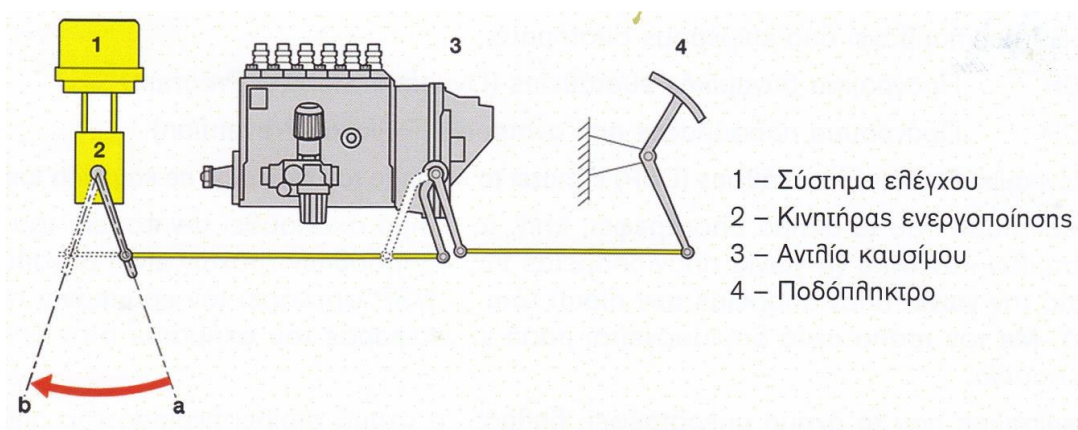
Το σύστημα ελέγχου αντιολίσθησης δεν χρησιμοποιείται μόνο για να βελτιώσει την επιτάχυνση κάτω ολισθηρές συνθήκες αλλά μπορεί να βοηθήσει τον οδηγό να στρίψει με μεγαλύτερη ασφάλεια. Εάν για παράδειγμα στις στροφές εφαρμοστεί μεγάλη επιτάχυνση, οι κινητήριοι τροχοί χάνουν την πρόσφυση τους και τείνουν να γλιστρούν. Αυτό συμβαίνει, όπως στην περίπτωση της υποστροφής σε οχήματα με κίνηση στους μπροστινούς τροχούς και στην υπερστροφή σε οχήματα με κίνηση στους οπίσθιους τροχούς. Το σύστημα ASR /TCS μπορεί να αποτρέψει αυτό το ενδεχόμενο με το να περιορίσει την ισχύ στους τροχούς. Ουσιαστικά δε μπορεί να αυξήσει τα διαθέσιμα όρια της πρόσφυσης αλλά χρησιμοποιείται μόνο για να μειώσει τις συνέπειες του λάθους του οδηγού ή να αντισταθμίσει την αδυναμία του οδηγού να αντιδράσει αρκετά γρήγορα στην πιθανή ολίσθηση των τροχών.

Οι κατασκευαστές της αυτοκινητοβιομηχανίας αναφέρουν στα εγχειρίδια του οχήματος (vehicle manuals) ότι τα συστήματα αντιολίσθησης δεν πρέπει να ενθαρρύνουν την επικίνδυνη οδήγηση ή την οδήγηση σε συνθήκες πέρα από τις ικανότητες του οδηγού.



**Διάγραμμα 17** Σχηματική παράσταση απόκλισης των ελεγχόμενων μεταβλητών κατά τη διάρκεια λειτουργίας του ASR με διαφορετικούς ενεργοποιητές.

Με το σύστημα ASR φρενάρεται ο τροχός και ταυτόχρονα ελαττώνεται η ροπή του κινητήρα (Εικόνα 70).



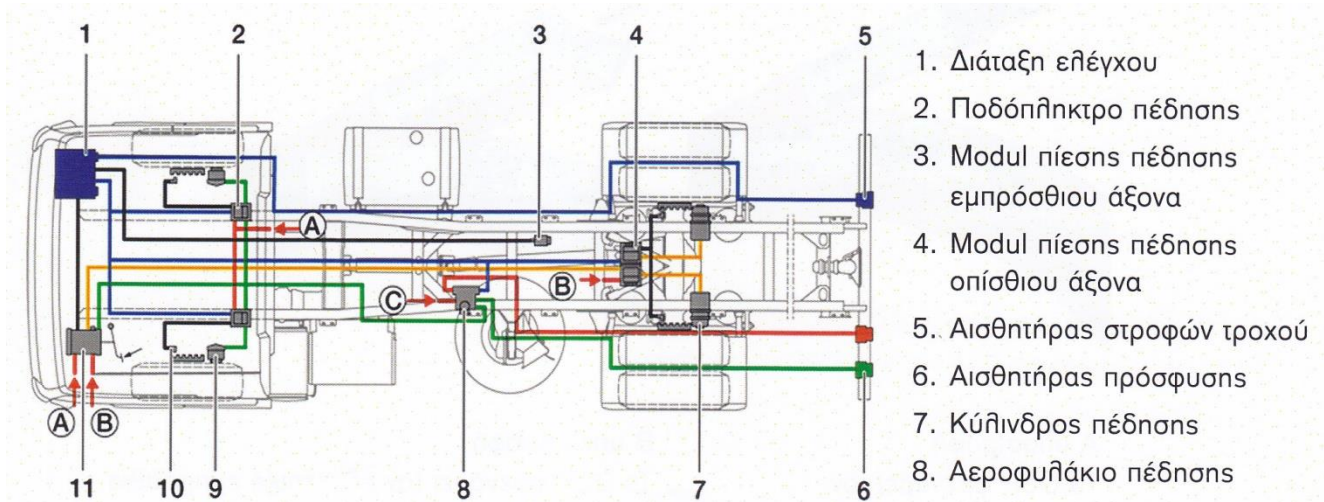
**Εικόνα 70** Σύστημα αντιολίσθησης ASR. Μείωση της ροπής κινητήρα



## 5.4 Ηλεκτρονικό σύστημα πέδησης EBS (Electronic Brake System)

Όνομασίες: Ηλεκτρονικό σύστημα πέδησης EBS (Electronic Brake System).

Ο συνδυασμός των τριών ανωτέρω συστημάτων δημιουργεί το ηλεκτρονικό σύστημα πέδησης EBS, που αποτελεί το κύριο σύστημα ενεργητικής ασφάλειας των οχημάτων. Τυπική διάταξη του συστήματος EBS δίνεται στην εικόνα 71.



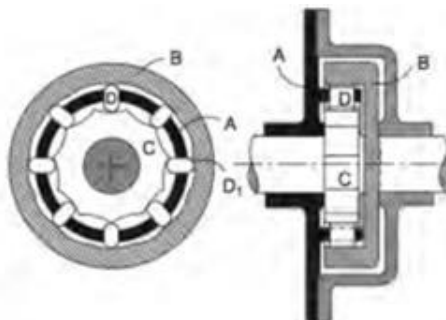
Εικόνα 71 Σύστημα EBS

## 5.5 Ηλεκτρονικός έλεγχος μπλοκαρίσματος του διαφορικού

Όνομασίες: EDS (Elektronische Differential Sperre) ή EDL (Electronic Differential Lock).

### 5.5.1 Ιστορική ανασκόπηση

Η ιστορία που πρώιμο διαφορικού συστήματος ξεκινάει από την ωρολογοποιεία το 1720 και τον Joseph Williamson. Όμως για τα οχήματα η πρωτιά ανήκει στον Richard Roberts που το 1832 κατασκεύασε στην Αγγλία, ένα διαφορικό για τις οδικές μηχανές. Ακολούθησε η πρώτη διαδεδομένη χρήση του διαφορικού το 1897σε ένα αυστραλιανό όχημα ατμό-κινούμενο από τον David Shearer. Βελτιώνοντας το σύστημα, το 1913 ο Packard εισάγει τη σπείρα-κορώνα διαφορικού, το οποίο μειώνει το θόρυβο μετάδοσης. Η μεγαλύτερη αλλαγή στο σύστημα πραγματοποιήθηκε όταν το 1932, ο Ferdinand Porsche σχεδίασε ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο Grand Prix για την εταιρεία Auto Union. Η μεγάλη ισχύς του προκάλεσε το υπερβολικό σπινάρισμα σε έναν από τους πίσω τροχούς σε ταχύτητες έως και 160 χλμ/ώρα. Το 1935, η Porsche ανέθεσε στη μηχανολογική εταιρεία ZF να σχεδιάσει ένα διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης που να αποδίδει καλύτερα. Το διαφορικό της ZF " sliding pins and cams " έγινε γρήγορα διαθέσιμο, και ένα παράδειγμα ήταν το μοντέλο B-70 για την Volkswagen (Εικόνα 72). Τέλος το 1958, απονεμήθηκε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στον Vernon Gleasman για το διαφορικό Torsen dual-drive, ένα είδος διαφορικού περιορισμένης ολίσθησης.

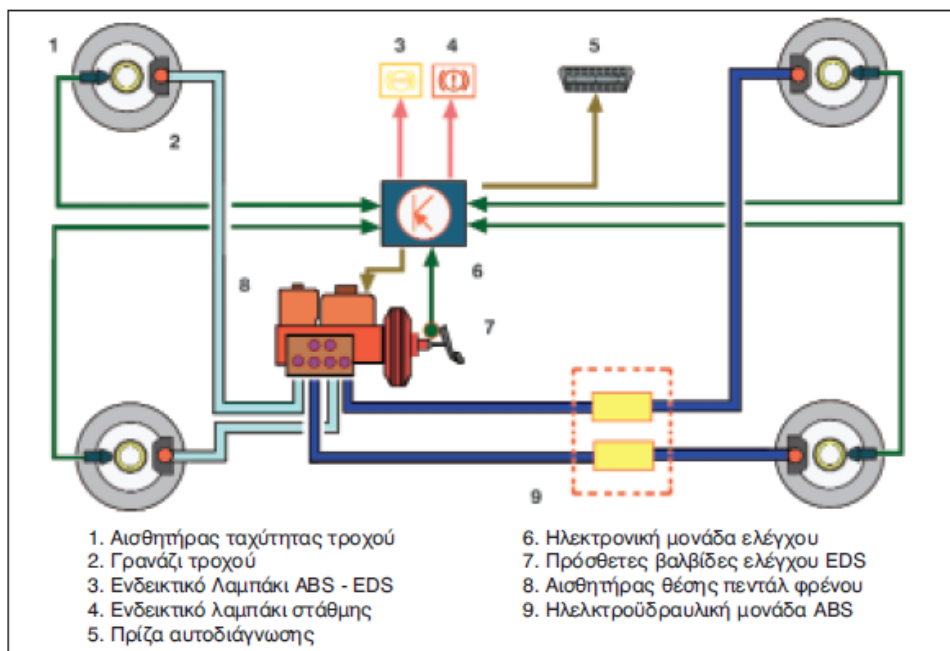


Εικόνα 72 Διαφορικό της εταιρείας ZF.

Στα συμβατικά οχήματα που χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη εποχή υλοποιείται ένα πολύπλοκο μηχανικό σύστημα για τη διαχείριση της παραγόμενης ροπής από τον κινητήρα τους. Οι σύγχρονες κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν πολύ χαμηλή μέγιστη ροπή συγκριτικά με αυτή που απαιτείται για την κίνηση του οχήματος για αυτό και είναι απαραίτητο ένα σύστημα πολλαπλασιασμού της ροπής ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η ταχύτητα στον άξονά του.

### 5.5.2 Λειτουργία

Στα συμβατικά επιβατικά οχήματα ένα ηλεκτρονικό διαφορικό είναι συνήθως ένα μηχανικό διαφορικό που χρησιμοποιεί έναν ενσωματωμένο υπολογιστικό σύστημα για να ελέγχεται άμεσα και να προσαρμόζεται η κατανομή της ροπής και η διαφορά στην ταχύτητα του τροχού κατά μήκος του άξονα. Αυτό επιτυγχάνεται με τους ηλεκτρονικούς ενεργοποιητές στο συμπλέκτη και με τους μηχανισμούς κλειδώματος για να πραγματοποιείται ο έλεγχος αντιστόψησης των τροχών. Είναι δηλαδή ένα διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης (LSD) και μπλοκέ διαφορικό, τα οποία μαζί ελέγχονται από έναν υπολογιστή, ο οποίος μπορεί να ρυθμίσει τη βέλτιστη κατανομή της ροπής. Στα ηλεκτρικά οχήματα, ένα ηλεκτρονικό διαφορικό είναι απλά ένας υπολογιστής που ελέγχει την ταχύτητα των μέσα και έξω τροχών με βάση τη γωνία του τιμονιού, για να επιτύχει το ίδιο αποτέλεσμα όπως ένα κανονικό



Εικόνα 73 Σύστημα ABS- EDS

### 5.5.3 Βασικά μέρη

Το σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου μπλοκαρίσματος των τροχών EDS ή EDL τοποθετείται σε συνδυασμό με το ABS χρησιμοποιώντας τους ίδιους αισθητήρες. Τοποθετούνται λίγα νέα εξαρτήματα για τον έλεγχο σπινάριατος των τροχών και βελτιώνεται το πρόγραμμα λειτουργίας (software) της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου του ABS.

Τα πρόσθετα εξαρτήματα που τοποθετούνται είναι:

1. Ένας διακόπτης πίεσης, ο οποίος είναι τοποθετημένος στην ηλεκτροϋδραυλική μονάδα και πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, τότε πατάει ο οδηγός το φρένο για να διακόψει την λειτουργία του EDS.
2. Ένα ρελέ ενεργοποίησης της αντλίας κατά την λειτουργία του EDS. Το ρελέ ενεργοποιείται από την ηλεκτρονική μονάδα και τροφοδοτεί με τάση την αντλία που είναι συνδεδεμένη, στη φάση αυτή της λειτουργίας, με μία αντίσταση σε σειρά, έτσι ώστε να περιορίζονται οι στροφές της και να μειώνεται η πίεση φρεναρίσματος κατά την λειτουργία του EDS. Η πίεση φρεναρίσματος των τροχών είναι 60 bar.
3. Δυο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ελέγχου πίεσης των πίσω τροχών. Οι βαλβίδες αυτές απομονώνουν το υδραυλικό κύκλωμα πέδησης των πίσω τροχών για να μη δημιουργείται πίεση φρεναρίσματος στους πίσω τροχούς, όταν λειτουργεί το EDS.

Οι αισθητήρες ταχύτητας των τροχών ανιχνεύουν, τότε ένας από τους εμπρόσθιους κινητήριους τροχούς, λόγω κακής πρόσφυσης, παίρνει περισσότερες στροφές από τον άλλο. Η διαφορά στροφών των τροχών πρέπει να είναι τουλάχιστον 100, για να ενεργοποιήσει η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου την υδραυλική αντλία του ABS και τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες του EDS ή EDL, φρενάροντας, όσο χρειάζεται, τον τροχό με τις περισσότερες στροφές. Η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχει τη συχνότητα και το χρόνο λειτουργίας του συστήματος EDS ή ED L. Όταν ξεπεράσει ορισμένες τιμές τίθεται εκτός λειτουργίας, για να μην υπάρξει υπερθέρμανση των φρένων, χωρίς όμως να επηρεάζεται η λειτουργία του ABS.

Το σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου μπλοκαρίσματος των τροχών EDS ή EDL λειτουργεί μέχρι την ταχύτητα των 40 χλμ./ώρα για τα απλά επιβατικά οχήματα ενώ για κάποια βελτιωμένα μοντέλα μπορεί να φτάσει και μέχρι τα 80 χλμ./ώρα.

### 5.5.4 Χρησιμότητα του EDS /EDL

Το σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου μπλοκαρίσματος των τροχών EDS ή EDL χρησιμοποιεί τις πληροφορίες που παίρνει από τους αισθητήρες του συστήματος ABS και ελέγχει την ταχύτητα περιστροφής των κινητήριων τροχών. Εάν κάποιος από τους κινητήριους τροχούς αρχίσει και γυρνάει με μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής από τον άλλο - σπινάρει - λόγω μειωμένης πρόσφυσης κατά την εκκίνηση του αυτοκινήτου, όπως όταν ο τροχός πατάει σε λάσπη, χώμα, πάγο κτλ. τότε ενεργοποιείται το σύστημα EDS ή EDL. Φρενάρει τον τροχό που γυρνάει με μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής - σπινάρει - και μεταφέρει τη ροπή του κινητήρα στον τροχό που έχει πρόσφυση.

Οι παραπάνω μηχανισμοί EDS ή EDL κάνουν την ίδια δουλειά που κάνει το παραδοσιακό μηχανικό μπλοκέ διαφορικό, εξαλείφοντας όμως τα μειονεκτήματά του. Βασικότερο εκ των οποίων είναι ότι το μηχανικό μπλοκέ διαφορικό δεν μπορεί να εφαρμοσθεί σε οχήματα με μπροστινή κίνηση γιατί οι μπροστινοί τροχοί έχουν και τον πρόσθετο ρόλο του στριψίματος. Οι διαφορετικές δυνάμεις που ασκούνται στους τροχούς μειώνουν την άνεση στις στροφές, δημιουργώντας το "κοσκίνισμα" του τιμονιού. Ακόμη το συμβατικό μηχανικό μπλοκέ διαφορικό δεν είναι συμβατό με τα συστήματα ABS γιατί επηρεάζει την ρύθμιση του φρεναρίσματος.

## 5.6 Ηλεκτρονικός καταναμητής πίεσης φρένων (EBV ή EBD)

Ονομασίες: *EBV (Elektronische Bremskraft Verteilung)* ή *EBD (Electronic Brake Pressure Distribution)*.

### 5.6.1 Ιστορική ανασκόπηση

Η ηλεκτρονική κατανομή πέδησης παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1994 από την Opel και την Bosch στο μοντέλο Opel Omega της σειράς 'B'. Το βασικό κίνητρο για την ανάπτυξη του εν λόγω συστήματος δημιουργήθηκε από την σχεδόν ανύπαρκτη κατανομή της μηχανικής δύναμης πέδησης συναρτήσει του βάρους και για λόγους μείωσης κόστους. Εφόσον η ηλεκτρονική κατανομή δύναμης πέδησης είναι προσαρμοσμένη στα συστήματα ABS ή ASR ως μέρος του εκτεταμένου λογισμικού τους, δεν χρειάστηκε να τοποθετηθεί νέο πρόσθετο υλικό.

Η Bosch αρχικά πρότεινε την ονομασία DME (Druckmindererersatzlogik- pressure reducing valve replacement logic) αλλά επειδή το όνομα του προϊόντος έμοιαζε περίπλοκο και δεν υιοθετήθηκε.

### 5.6.2 Λειτουργία

Ο ηλεκτρονικός καταναμητής πίεσης των φρένων ελέγχει την πίεση σε κάθε κύκλωμα των πίσω τροχών. Όταν οι αισθητήρες του συστήματος ABS ανιχνεύσουν διαφορά στροφών μεταξύ μπροστινών και πίσω τροχών του αυτοκινήτου, ενεργοποιείται η ηλεκτρονική μονάδα του ABS και μειώνει την πίεση των υγρών στο κύκλωμα των πίσω τροχών. Έτσι, αποφεύγεται το υπερβολικό φρενάρισμα των πίσω τροχών και το όχημα παραμένει σταθερό στην πορεία του. Το σύστημα λειτουργεί ακόμη και σε μικρά φρεναρίσματα, κυρίως σε στροφές.

### 5.6.3 Βασικά μέρη

Το σύστημα χρησιμοποιεί τα εξαρτήματα και τους μηχανισμούς του ABS με διαφορετικό όμως λειτουργικό πρόγραμμα (software). Ρυθμίζει την πίεση που εφαρμόζεται σε κάθε τροχό ξεχωριστά, καταργώντας έτσι τον μηχανικό καταναμητή πίεσης που υπήρχε μέχρι τώρα στα αυτοκίνητα.

### 5.6.4 Χρησιμότητα του EBV ή EBD

Ένα από τα προφανή οφέλη του συστήματος EBD είναι ο βελτιωμένος έλεγχος σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Ένα πιθανό εμπόδιο στο δρόμο υποχρεώνει τον οδηγό να φρενάρι απότομα, αλλά εάν είναι αδύνατο να το αποφύγει χωρίς αλλαγή της κατεύθυνσης, το σύστημα EBD δίνει στον οδηγό αυτή τη δυνατότητα, ενώ επιβραδύνει χωρίς να χαθεί ο έλεγχος του οχήματος λόγω εμπλοκή των τροχών ή επί του τιμονιού. Ομοίως, το σύστημα ανιχνεύει το ποσοστό ολίσθησης των μεμονωμένων ελαστικών, καθιστώντας το ασφαλέστερο και πιο εύκολο να εκτελέσει μια στάση έκτακτης ανάγκης σε παγωμένους δρόμους. Ένα λιγότερο προφανές όφελος είναι η βελτίωση του ελέγχου του οχήματος ατά τη μεταφορά φορτίο. Τοποθετώντας επιπρόσθετο βάρος στο όχημα, αλλάζει η κατανομή των δυνάμεων και συχνότερα επιβαρύνει τους πίσω τροχούς. Το σύστημα ηλεκτρονικού καταναμητής πίεσης φρένων ανιχνεύει τη διαφορά στα λάστιχα που γλιστρούν και προβαίνει σε ανάλογες αναπροσαρμογές.

## 5.7 Σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου της ροπής του κινητήρα (MSR)

Όνομασίες: MSR (Motor Schlepptomment Regelung) ή EBC (Engine Braking Control)

### 5.7.2 Λειτουργία

Ο βασικός προορισμός του συστήματος ηλεκτρονικού ελέγχου της ροπής του κινητήρα είναι να ελέγχει την ροπή του κινητήρα όταν μπλοκάρουν οι κινητήριιοι τροχοί. Μετά από απότομη αλλαγή της ταχύτητας από μεγαλύτερη σε μικρότερη "κατέβασμα" ταχύτητας ή από απότομο κλείσιμο του γκαζιού σε ολισθηρό οδόστρωμα υπάρχει περίπτωση να μπλοκάρουν οι τροχοί λόγω της απότομης επιβράδυνσης των στροφών του κινητήρα. Στην περίπτωση αυτή οι αισθητήρες του ABS ανιχνεύουν το μπλοκάρισμα του κινητήριου τροχού ή των τροχών και το σύστημα αυξάνει ελεγχόμενα τη ροπή του κινητήρα. Το ηλεκτρομηχανικό σύστημα ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού ανοίγει την πεταλούδα, αυξάνοντας τις στροφές του κινητήρα μέχρι ο τροχός να αρχίσει πάλι να περιστρέφεται. Η εντολή αυτή δίνεται από την ηλεκτρονική μονάδα του ABS στην ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του κινητήρα ο οποίος αυξάνει τις στροφές λειτουργίας του σε ιδανικό βαθμό για την ευστάθεια της πορείας του αυτοκινήτου. Το σύστημα παραμένει σε ισχύ σε όλο το εύρος των στροφών λειτουργίας του κινητήρα. Σε μερικά συστήματα υπάρχει δυνατότητα εκτός από την μεταβολή των στροφών να γίνεται και μεταβολή στην προπορεία του συστήματος ανάφλεξης.

### 5.7.3 Βασικά μέρη

Το σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου της ροπής του κινητήρα (MSR) είναι ένα σύστημα υποβοήθησης της οδήγησης, το οποίο είναι συνήθως μέρος είτε του συστήματος ηλεκτρονικού προγράμματος ευστάθειας (ESP) είτε του συστήματος ελέγχου πρόσφυσης (ASR).

### 5.7.4 Χρησιμότητα του MSR

Το σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου της ροπής του κινητήρα αποτρέπει την ολίσθηση των κινητήριων τροχών, ιδίως σε ολισθηρό οδόστρωμα. Σύμφωνα με τον κύκλο του *Kamm*, κάτω από ορισμένες συνθήκες γίνεται υπέρβαση της μέγιστης ικανής μεταφοράς δυνάμεων από τα ελαστικά των οχημάτων προς το οδόστρωμα. Ο ελεγκτής ρυθμίζει στη συνέχεια τον κινητήρα εάν είναι απαραίτητο, ώστε να κρατήσει το όχημα σταθερό και ελέγξιμο.

## 5.8 Συντήρηση, έλεγχος, βλάβες των συστημάτων ελέγχου ολίσθησης

Η συντήρηση και ο έλεγχος των βοηθητικών συστημάτων ενεργητικής ασφάλειας του αυτοκινήτου, που ελέγχουν την ολίσθηση και την εκτροπή από την πορεία του, πρέπει να γίνεται προσεκτικά. Επειδή τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν το βασικό σύστημα ABS, ο έλεγχος και οι βλάβες είναι αντίστοιχες με αυτές του συστήματος ABS. Βλάβες ή δυσλειτουργίες στο σύστημα πέδησης και το ABS επηρεάζουν και όλα τα προαναφερθέντα συστήματα. Για το συμβατικό τμήμα του συστήματος πέδησης ισχύουν η συντήρηση και οι έλεγχοι που ισχύουν για κάθε τυπικό σύστημα πέδησης.

Ο έλεγχος του συστήματος ABS, καθώς και όλων των συστημάτων ελέγχου ολίσθησης των τροχών, για βλάβες γίνεται με την βοήθεια της διαγνωστικής συσκευής. Οι βλάβες που είναι αποθηκευμένες στη μνήμη της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου (εγκέφαλος) αναγνωρίζονται από την διαγνωστική συσκευή ή εμφανίζονται σε κάποια συστήματα, με την ενδεικτική λυχνία, ως κωδικοί βλαβών. Μετά από κάθε επισκευή ή αντικατάσταση εξαρτημάτων θα πρέπει να γίνεται μηδενισμός των βλαβών από την μνήμη της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου. Κατά την επισκευή θα πρέπει τα ανταλλακτικά που χρησιμοποιούνται να είναι τα προτεινόμενα από τον κατασκευαστή. Οι τιμές των ροπών σύσφιξης των εξαρτημάτων κατά την επανασυναρμολόγηση πρέπει να είναι οι σωστές και να εξασφαλίζεται η κατάλληλη συνοχή όλων των συναρμολογούμενων εξαρτημάτων. Επίσης για την σωστή λειτουργία και τον έλεγχο των παραπάνω συστημάτων θα πρέπει οι πιέσεις στα ελαστικά να είναι ίδιες με τις οριζόμενες από τον κατασκευαστή, τα ελαστικά σε καλή κατάσταση και του ίδιου τύπου.

## 6. Ατυχήματα

Η σύγκρουση οχημάτων είναι μια συνέπεια των περιστάσεων που παράγουν μη ομαλές συνθήκες για το όχημα. Εάν η σύγκρουση πραγματοποιηθεί με ένα άλλο όχημα ή με ένα στάσιμο εμπόδιο, υποβάλλει τη δομή του οχήματος σε δυνάμεις και παραμορφώσεις. Εάν οι δυνάμεις αυτές υπερβαίνουν το ανώτερο επιτρεπτό όριο της ενέργειας που μπορεί να απορροφηθεί από τη δομή του οχήματος τότε οι επιβάτες κινδυνεύουν να τραυματιστούν ή να σκοτωθούν. Παρά τις προσπάθειες των εταιρειών να κατασκευάζουν οχήματα με συστήματα ενεργητικής ασφάλειας υψηλής τεχνολογίας, ώστε να αποφευχθούν όσο το δυνατόν οι συγκρούσεις, αυτό δεν επιτυγχάνεται πάντοτε, με αποτέλεσμα εκατοντάδες ατυχήματα και δυστυχήματα παγκοσμίως. Πολλές κατασκευάστριες εταιρείες συγκεντρώνουν δεδομένα από πραγματικά ατυχήματα, μελετούν τις συνθήκες υπό τις οποίες πραγματοποιήθηκαν και θέτουν μελλοντικούς στόχους για την ασφάλεια των επιβατών των οχημάτων τους. Για παράδειγμα, ο εκπρόσωπος τύπου της Volvo Car Corporation δήλωσε ότι ο μεσοπρόθεσμος στόχος είναι μέχρι το 2020, κανένας να μην κινδυνεύει να πεθάνει ή να τραυματιστεί μέσα σε ένα όχημα της Volvo.

Ακολουθεί παρουσίαση αριθμητικών και στατιστικών στοιχείων που αφορούν τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης από το 2001 έως το 2010, με σκοπό να γίνει κατανοητή η επιτακτική ανάγκη για ουσιαστική μείωση των συγκρούσεων, βελτιώνοντας και αναπτύσσοντας νέα συστήματα είτε ενεργητικής είτε παθητικής ασφάλειας. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται αφορούν τα ατυχήματα που καταγράφηκαν από την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία στα οποία εμπλέκονται φορτηγά οχήματα και λεωφορεία με άλλα επιβατικά οχήματα, πεζούς ή καθώς και ατυχήματα πολλαπλών συγκρούσεων. Σε κάθε πίνακα, ο οποίος παρουσιάζει δεδομένα χωρών της ΕΕ, τα στοιχεία της Ελλάδας είναι γραμμοσκιασμένα με κίτρινο χρώμα, καθώς στην εργασία αυτή πέρα από τη σύγκριση με άλλες χώρες είναι απαραίτητο να εξετασθεί μεμονωμένα το σύνολο των ελληνικών στατιστικών στοιχείων.

Όσον αφορά τα πιο πρόσφατα χρόνια, το 2012, ο αριθμός των νεκρών από τροχαία ατυχήματα στην Ευρωπαϊκή Ένωση μειώθηκε κατά 9%. Σύμφωνα με νέα αριθμητικά στοιχεία που δημοσίευσε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, το 2012 ήταν το έτος με τον χαμηλότερο αριθμό ατόμων που έχασαν τη ζωή τους σε τροχαία ατυχήματα στις χώρες της ΕΕ από τότε που ξεκίνησε η συλλογή των πρώτων σχετικών στοιχείων. Ο Αντιπρόεδρος κ. Siim Kallas, Επίτροπος αρμόδιος για τις μεταφορές, δήλωσε ότι το 2012 ήταν έτος σταθμός για την ευρωπαϊκή οδική ασφάλεια, με τον χαμηλότερο αριθμό θανάτων από τροχαία ατυχήματα που σημειώθηκε ποτέ. Το ποσοστό μείωσης 9% σημαίνει ότι σώθηκαν 3.000 ζωές το προηγούμενο έτος. Ωστόσο, 75 άτομα χάνουν τη ζωή τους καθημερινά στους δρόμους της Ευρώπης. Σε σύγκριση με τα απογοητευτικά αριθμητικά στοιχεία του 2011, έτος κατά το οποίο η πρόοδος στη μείωση του αριθμού των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων έπεσε στο 2%, η μείωση σε ποσοστό 9% για το 2012 δείχνει ότι τα κράτη μέλη επανήλθαν σε ορθή πορεία ως προς την επίτευξη του στόχου της μείωσης των θανάτων κατά το ήμισυ μεταξύ 2010 και 2020. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, χρειάζεται μείωση της τάξης του 7% περίπου.

Από τις τρέχουσες εκτιμήσεις προκύπτει ότι :

- Κάθε χρόνο 250.000 περίπου άτομα τραυματίζονται σοβαρά σε τροχαία ατυχήματα στην ΕΕ — ενώ το 2012 σημειώθηκαν 28.000 θανατηφόρα τροχαία ατυχήματα.
- Ενώ ο αριθμός των θανάτων από τροχαία ατυχήματα μειώθηκε κατά 43% κατά την τελευταία δεκαετία, ο αριθμός των σοβαρά τραυματισμένων ατόμων μειώθηκε μόνον κατά 36%.

Οι πλέον συνηθισμένοι σοβαροί τραυματισμοί από τροχαία ατυχήματα είναι οι κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις, ακολουθούμενοι από τραυματισμούς στα άκρα και στη σπονδυλική στήλη. Οι ευάλωτοι χρήστες του οδικού δικτύου, όπως οι πεζοί, οι ποδηλάτες, οι μοτοσικλετιστές και οι ηλικιωμένοι, είναι αυτοί που θίγονται ιδιαίτερα από σοβαρούς τραυματισμούς στα τροχαία ατυχήματα. Οι σοβαροί τραυματισμοί από τροχαία ατυχήματα σημειώνονται πιο συχνά σε αστικές περιοχές παρά σε αγροτικούς δρόμους.

## 6.1 Στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονται φορτηγά

Δεδομένου ότι τα φορτηγά οχήματα βαρέως τύπου (Heavy Goods Vehicles- HGVs) ορίζονται ως οχήματα μικτού βάρους άνω των 3,5 τόνων, τα ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται HGV τείνουν να είναι ιδιαίτερα σοβαρά συγκριτικά με άλλα ατυχήματα, εξαιτίας της μάζας που φέρουν. Τα λεωφορεία και τα μικρά φορτηγά συμπεριλαμβάνονται σε αυτή τη έρευνα, δεδομένου του μεγάλου όγκου και βάρους τους.

Το 2010 στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU-24<sup>35</sup>) περισσότεροι από 4800 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους σε αυτοκινητιστικά ατυχήματα στα οποία εμπλέκονταν φορτηγά όχημα βαρέως τύπου. Είναι ευτυχές το γεγονός ότι η έρευνα και οι κατασκευαστικές βελτιώσεις των οχημάτων συντέλεσαν στην σταδιακή μείωση του αριθμού των νεκρών σχεδόν σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Παρατηρείται μείωση της τάξεως του 42%, καθώς το 2001 οι νεκροί συνολικά σε αυτά τα ατυχήματα, στα κράτη EU-19, έφταναν τους 7,867 ενώ το 2010 τους 4,576.

Στον Ελλαδικό χώρο το 2001 καταγράφηκαν 220 νεκροί από ατυχήματα στα οποία εμπλέκονταν φορτηγά οχήματα βαρέως τύπου, ενώ η βαθμιαία μείωση του αριθμού των νεκρών οδήγησε το 2010 σε 127, δηλαδή το ποσοστό ελάττωσης είναι της τάξεως του 42%. Αντίθετα στη Ρουμανία από το 2001 μέχρι το 2009 τα θανατηφόρα ατυχήματα παρουσίασαν ανοδική τάση και ο αριθμός των νεκρών παραμένει αρκετά υψηλός (193).

Τα μεγαλύτερα ποσοστά μείωσης των θανάτων παρατηρήθηκαν στις εξής χώρες τις Γαλλία, Ηνωμένο Βασίλειο, Πορτογαλία και Σουηδία, καθώς οι νεκροί από το 2001 έως και το 2010 μειώθηκαν κατά 50%. Ιδιαίτερη αίσθηση προκαλεί το παράδειγμα της Σουηδίας, έχοντας το 2009 μόλις 45 θανάτους σε τέτοιου είδους δυστυχήματα.

**Πίνακας 7 Θάνατοι σε ατυχήματα όπου εμπλέκονται φορτηγά οχήματα στην EU-19, 2001-2010**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BE	193	178	136	143	161	133	156	122	117	111
CZ	222	234	241	257	240	215	220	169	163	175
DK	78	80	69	65	79	49	66	62	35	36
DE	824	836	815	738	684	719	687	625	536	534
IE	70	42	54	55	51	57	40	44	22	13
EL	220	219	217	181	158	167	141	138	113	127
ES	803	860	834	766	714	659	528	452	353	333
FR	1.057	988	758	727	726	683	658	596	502	552
IT	1.412	1.438	1.312	1.244	1.174	1.140	1.017	977	785	835
LU	6	12	9	6	4	7	7	2	2	9
NL	169	129	158	137	103	129	123	107	95	-
AT	122	143	140	144	126	120	89	107	81	97
PL	1.443	1.474	1.462	1.487	1.425	1.374	1.246	1.155	952	947
PT	197	214	213	187	163	130	145	112	120	95
RO	193	191	224	207	297	263	271	292	252	191
SI	15	19	11	21	21	4	20	7	12	7
FI	118	105	97	107	92	82	97	106	70	92
SE	118	135	92	59	61	83	92	72	45	-
UK	607	561	548	478	510	434	449	380	287	282
EU-19 <sup>2</sup>	7.867	7.858	7.390	7.009	6.789	6.448	6.052	5.525	4.542	4.576
Yearly reduction		0,1%	6,0%	5,2%	3,1%	5,0%	6,1%	8,7%	17,8%	-0,7%

<sup>35</sup> Στο παράρτημα ακολουθεί Πίνακας με επεξήγηση του διαχωρισμού των χωρών της ΕΕ.



Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται ο αριθμός των νεκρών σε κάθε χώρα της ΕU-24 σε μία δεκαετία (2001-2010), από ατυχήματα στα οποία συμμετείχαν λεωφορεία, ελαφριά φορτηγά και πούλμαν. Ο συνολικός αριθμός των νεκρών στο σύνολο των χωρών της ΕU-19 μειώθηκε από τους 1,382 το 2001 στους 744 το 2010, ποσοστό που φτάνει στο 46%. Το γεγονός ότι καθολικά στην Ευρώπη από το 2007 έως το 2008, οι θάνατοι από τέτοια δυστυχήματα μειώθηκαν κατά 14% είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικό. Μοναδική εξαίρεση το 2003 που παρατηρήθηκε αύξηση των θανάτων 4,8%. Στη δεκαετία που αφορά τα δεδομένα αυτής της μελέτης, σχεδόν όλες οι χώρες πέτυχαν αξιοσημείωτη πτώση του αριθμού των νεκρών. Η μόνη χώρα που δεν ακολούθησε την καθοδική πορεία των θανάτων σε ατυχήματα στα οποία συμμετείχαν λεωφορεία, ελαφριά φορτηγά και πούλμαν ήταν η Ρουμανία που το 2001 οι νεκροί ήταν 52, ενώ το 2010 ήταν 89.

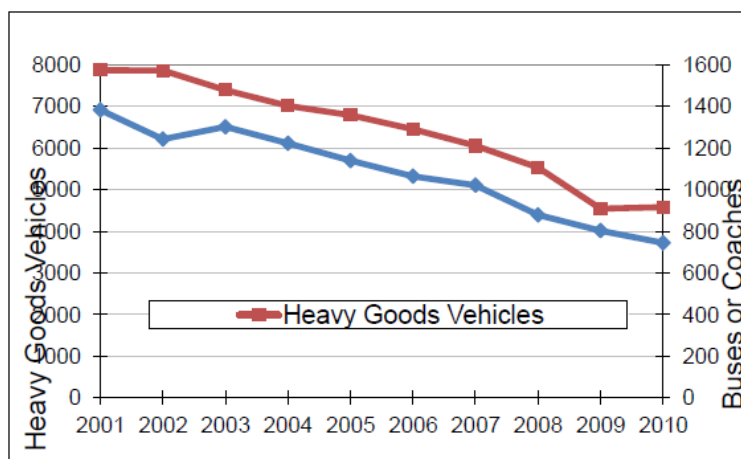
Σε αντίθεση με τη Ρουμανία στην Ελλάδα, όπως άλλωστε και στις περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι θάνατοι μειώθηκαν κατά 50%, καταγράφοντας το 2010 μόνο 31 νεκρούς. Φυσικά ο αριθμός αυτός δεν είναι μικρός αν σκεφτεί κανείς την ταχύτητα με την οποία συνηθίζουν να κινούνται τα λεωφορεία καθώς και όλα τα συστήματα ενεργητικής και παθητικής ασφάλειας που είναι τοποθετημένα στα λεωφορεία και τα επαγγελματικά ελαφριά φορτηγά. Δυστυχώς, στην Ελλάδα το βασικότερο σύστημα παθητικής ασφάλειας, η ζώνη ασφαλείας, δεν είναι υποχρεωτικό στις μετακινήσεις με λεωφορεία και πούλμαν, γεγονός που δεν θα έπρεπε να είναι αποδεκτό από τις αρμόδιες αρχές.

Συνολικά στην Ευρώπη περισσότεροι από 800 άνθρωποι πέθαναν σε αυτοκινητιστικά ατυχήματα με λεωφορεία, ελαφριά φορτηγά και πούλμαν το 2010.

**Πίνακας 8 Θάνατοι σε ατυχήματα όπου εμπλέκονται λεωφορεία και πούλμαν στην ΕU-19, 2001-2010**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BE	29	31	29	31	19	31	30	23	22	17
CZ	44	42	68	49	31	34	35	27	28	20
DK	14	22	26	15	11	14	20	10	9	13
DE	137	117	110	105	108	86	94	75	66	91
IE	9	8	2	17	11	11	7	10	7	7
EL	59	60	94	48	53	36	35	33	33	31
ES	135	109	126	80	108	102	73	81	69	51
FR	117	109	97	99	91	76	110	80	66	60
IT	122	107	131	136	108	116	91	102	71	79
LU	6	4	1	2	2	0	0	1	2	1
NL	27	21	21	15	18	14	15	14	14	-
AT	33	17	20	24	10	19	17	8	15	17
PL	251	216	246	247	252	174	148	142	128	119
PT	66	51	26	41	23	13	33	21	15	21
RO	52	113	86	102	120	117	132	100	123	89
SI	6	4	12	12	8	2	2	4	8	3
FI	28	17	13	29	13	19	13	13	8	9
SE	32	29	33	16	13	36	15	13	17	-
UK	215	165	160	154	140	164	151	121	102	85
EU-19 <sup>2</sup>	1.382	1.242	1.301	1.222	1.139	1.064	1.021	878	803	744
Yearly reduction		10,1%	-4,8%	6,1%	6,8%	6,6%	4,0%	14,0%	8,5%	7,3%

Πίνακας 9 Αριθμός νεκρών από ατυχήματα, EU-19, 2001-2010



Φαίνεται λοιπόν από τους δύο αυτούς πίνακες και από τον συγκεντρωτικό πίνακα 4, ότι ο αριθμός των νεκρών έχει μειωθεί αισθητά, όμως στις περιπτώσεις όπου εμπλέκονται βαρέως τύπου φορτηγά οι απώλειες σε ανθρώπινο δυναμικό είναι σχεδόν πενταπλάσιες συγκριτικά με εκείνους που πεθαίνουν από συγκρούσεις με λεωφορεία. Ο ετήσιος αριθμός των νεκρών στην EU-19 από ατυχήματα είτε με βαρέως τύπου φορτηγά είτε με ελαφριά είτε με λεωφορεία και πούλμαν έχει μειωθεί κατά 40% ανάμεσα στο 2001 και το 2010. Μπορούμε ίσως να υποθέσουμε ότι η υποχρεωτική τοποθέτηση ABS αλλά και τα υπόλοιπα συστήματα που βελτιώνουν την απόδοση της πέδησης και του ελέγχου του οχήματος έχουν συνδράμει καθοριστικά στη μείωση αυτή.

Στον επόμενο πίνακα φαίνεται πόσες είναι οι πιθανότητες να σκοτωθεί κανείς στις χώρες της EU-24 από τέτοιο ατύχημα, με βάση τα ποσοστά θανάτου και τον πληθυσμό κάθε χώρας.

Πίνακας 10 Ποσοστά θανάτων ανά εκατομμύριο πληθυσμού για κάθε χώρα της EU-24, 2010

	HGVs accidents	Bus or Coach accidents
BE	10,3	1,6
CZ	16,7	1,9
DK	6,5	2,4
DE	6,5	1,1
EE	16,2	3,1
IE	3,0	1,6
<b>EL</b>	<b>11,2</b>	<b>2,7</b>
ES	7,3	1,1
FR	8,6	0,9
IT	13,9	1,3
LV	17,8	4,8
LU	18,0	2,0
HU	14,4	4,1
MT	2,5	2,5
NL	5,8	0,8
AT	11,5	2,0
PL	24,9	3,1
PT	9,0	2,0
RO	8,9	4,1
SI	3,5	1,5
SK	19,6	3,3
FI	17,5	1,7
SE	4,9	1,8
UK	4,6	1,4
<b>EU-24</b>	<b>10,0</b>	<b>1,7</b>

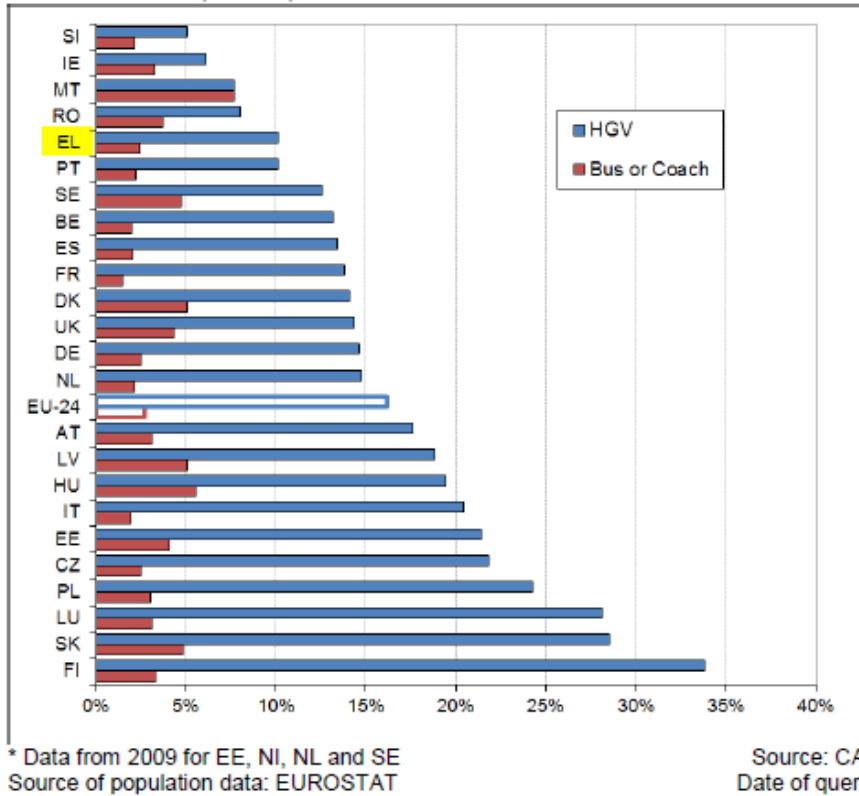
\* Data from 2009 for EE, NI, NL and SE

Source: CARE Database / EC

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η πιθανότητα να σκοτωθεί κανείς σε ατύχημα όπου εμπλέκεται φορτηγό στην Πολωνία είναι οκτώ φορές μεγαλύτερη από ότι στην Ιρλανδία. Αντίστοιχα στην Ελλάδα η πιθανότητα είναι τριπλάσια συγκριτικά με την Ιρλανδία.

Ο επόμενος πίνακας δείχνει ότι το 1/6 του συνολικού αριθμού νεκρών το 2010 πέθαναν σε ατυχήματα με φορτηγά βαρέως τύπου.

**Πίνακας 11 Η αναλογία θανάτων με φορτηγά και λεωφορεία, EU-24, 2010.**



Συμπεραίνει εύκολα κάποιος ότι η αναλογία νεκρών από φορτηγά προδίδει πως είναι πολλαπλάσια πιο επικίνδυνα σε σχέση με τα λεωφορεία. Δηλαδή, στις χώρες της EU-24 το 2010, το 16.2% των θανάτων οφείλεται σε ατυχήματα τέτοιου είδους ενώ μόλις το 2.7% σε ατυχήματα όπου εμπλέκονταν λεωφορεία, ελαφριά φορτηγά και πούλμαν.

### 6.1.2 Θέση του ατόμου στο ατύχημα

Στη συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας 6, ο οποίος δείχνει τη θέση του νεκρού στο ατύχημα στα οποία εμπλέκονται είτε φορτηγά βαρέως τύπου, είτε ελαφριά, είτε λεωφορεία συνολικά σε όλη την Ευρώπη. Αναλυτικά το 15% των θανάτων σε ατυχήματα με φορτηγά το 2010 ήταν οι ίδιοι οι οδηγοί των φορτηγών και ομοίως το 15% των θανάτων σε ατυχήματα με λεωφορεία και πούλμαν ήταν οι ίδιοι οι οδηγοί των οχημάτων αυτών. Δυστυχώς το 50% του συνόλου των νεκρών το 2010 που ενεπλάκησαν σε τέτοιου είδους ατυχήματα ήταν οι οδηγοί καθώς και οι επιβάτες των αυτοκινήτων, τα οποία συγκρούστηκαν με φορτηγά βαρέως τύπου. Με τον τρόπο αυτό γίνεται κατανοητή η επιτακτική ανάγκη τα φορτηγά να γίνουν περισσότερο ασφαλή όχι μόνο για τους χειριστές τους αλλά και για τους υπόλοιπους χρήστες του οδικού δικτύου.

Αξιοσημείωτο είναι το ποσοστό θνησιμότητας των πεζών που ενεπλάκησαν σε ατύχημα με λεωφορείο ή πούλμαν το 2010, το οποίο αγγίζει σχεδόν το 30%.

Πίνακας 12 Θέση του νεκρού σε ατυχήματα με φορτηγά &amp; με λεωφορεία, EU-24, 2010.

	Accidents involving			
	HGVs		Buses or Coaches	
	fatalities	%	fatalities	%
HGV occupant	722	15%	11	1%
Bus or Coach occupant	23	0%	119	15%
Car occupant	2.453	50%	315	39%
Light GV occupant	175	4%	16	2%
Moped rider	104	2%	19	2%
Motorcycle rider	328	7%	58	7%
Pedal cyclist	296	6%	37	5%
Pedestrian	754	15%	233	29%
Other/unknown	52	1%	7	1%
All	4.907	100%	815	100%

\* Data from 2009 for EE, NI, NL and SE

Source: CARE Database / EC  
Date of query: September 2012

### 6.1.3 Είδος δρόμου

Τα δεδομένα που περισυλλέχθηκαν από την CARE data δείχνουν επίσης τον αριθμό των ατυχημάτων με βαρέα οχήματα που συνέβησαν σε αυτοκινητόδρομο, αγροτικό ή αστικό δίκτυο. Με βάση τα στοιχεία αυτά έχουμε τον πίνακα 13, ο οποίος δείχνει για κάθε χώρα της EU-24 τα ποσοστά των ατυχημάτων αυτών στο οδικό δίκτυο για το έτος 2010.

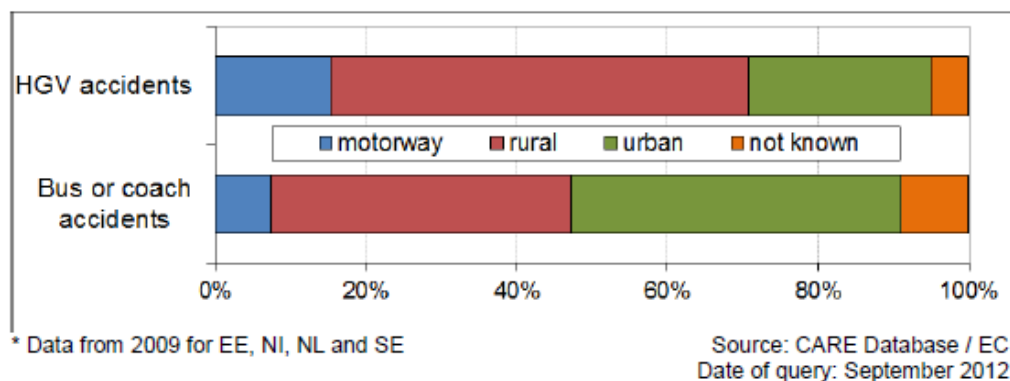
Πίνακας 13 Ποσοστά ατυχημάτων συναρτήσεως του οδικού δικτύου, EU-24, 2010.

	Motorway	Non-motorway		Not known	Total
		Rural	Urban		
BE	31%	47%	23%	0%	111
CZ	7%	62%	30%	0%	175
DK	14%	50%	36%	0%	36
DE	35%	46%	19%	0%	534
EE	0%	0%	0%	100%	21
IE	8%	0%	0%	92%	13
EL	14%	20%	0%	66%	127
ES	25%	69%	5%	0%	333
FR	17%	62%	21%	0%	552
IT	19%	54%	28%	0%	835
LV	0%	78%	22%	0%	41
LU	44%	44%	11%	0%	9
HU	14%	67%	19%	0%	144
MT	0%	0%	100%	0%	1
NL	19%	49%	31%	1%	95
AT	21%	45%	34%	0%	97
PL	1%	58%	30%	11%	947
PT	19%	44%	37%	0%	95
RO	1%	56%	43%	0%	191
SI	29%	29%	43%	0%	7
SK	8%	56%	36%	0%	106
FI	3%	86%	11%	0%	92
SE	9%	76%	11%	4%	45
UK	16%	52%	24%	8%	282
EU-24	15%	55%	24%	5%	4.889

Γίνεται αντιληπτό ότι το 55% των θανατηφόρων ατυχημάτων με φορτηγά βαρέως τύπου το 2010 στο σύνολο των ευρωπαϊκών χωρών συνέβησαν σε αγροτικούς δρόμους, ενώ για τη Σουηδία, τη Φινλανδία και τη Λετονία το ποσοστό αυτό είναι υψηλότερο από 68%. Αντιστοίχως για τα λεωφορεία το 45% των δυστυχημάτων συμβαίνουν στο αστικό δίκτυο (πίνακας 8).

Για την Ελλάδα, που το 2010 θρήνησε 127 νεκρούς σε τέτοιου είδους δυστυχήματα, το 14% του συνόλου των συγκρούσεων με φορτηγά καταγράφηκαν στον αυτοκινητόδρομο, το 20% στο αγροτικό οδικό δίκτυο, ενώ για ένα μεγάλο ποσοστό (66%) παραμένει άγνωστο το είδος του δρόμου στον οποίο συνέβησαν, λόγω έλλειψης συγκέντρωσης στοιχείων από τις αρμόδιες αρχές.

**Πίνακας 14 Ποσοστά δυστυχημάτων με φορτηγά και λεωφορεία στο οδικό δίκτυο.**



#### 6.1.4 Θάνατοι συναρτήσει της ηλικίας και του φύλου των επιβατών

Με βάση την ηλικία των νεκρών στα δυστυχήματα με φορτηγά εντός του Ελλαδικού οδικού δικτύου για το έτος 2010, τα ποσοστά ισομοιράζονται σε τρεις κλίμακες:

	0-14	15-24	25-39	40-59	60+	Unknown	Total
EL	4%	10%	29%	28%	26%	2%	127

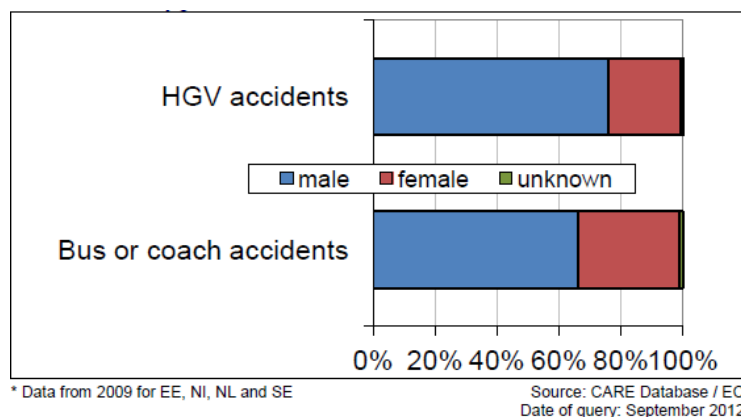
Με βάση το φύλο, τα ποσοστά θνησιμότητας διαφοροποιούνται σε εξαιρετικά μεγάλο βαθμό:

	Male	Female	Unknown	Total
EL	73%	27%	0%	127
EU-24	76%	23%	1%	4.889

Στο σύνολο της Ευρώπης, όπως και στην Ελλάδα, περισσότερο από το 70% των νεκρών για το 2010 ήταν άντρες. Το ίδιο υψηλό ποσοστό θνησιμότητας των αντρών παρατηρείται στα δυστυχήματα που εμπλέκονται ελαφριά φορτηγά, λεωφορεία και πούλμαν. Τα στοιχεία παρουσιάζονται στον πίνακα 10.

Η ιδιαίτερα μεγάλη απόκλιση που παρατηρείται οφείλεται σε κάποιο βαθμό στο γεγονός ότι όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στον πίνακα 7, το 15% των νεκρών σε σύγκρουση με φορτηγό και το 15% σε σύγκρουση με λεωφορείο είναι οι ίδιοι οι οδηγοί των οχημάτων αυτών, οι οποίοι κατά γενική ομολογία είναι άντρες. Οπότε το υψηλό ποσοστό θνησιμότητας των αντρών δεν θα πρέπει να οδηγήσει σε άλλου είδους συμπεράσματα.

Πίνακας 15 Διαφοροποίηση των ποσοστών θνησιμότητας συναρτήσει του φύλου, 2010, EU-24.



### 6.1.5 Η πιο επικίνδυνη ημέρα της εβδομάδας

Στη συνέχεια από τα στατιστικά στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, η Δευτέρα φαίνεται να είναι η πιο επικίνδυνη ημέρα της εβδομάδας, καθώς εκείνη την ημέρα καταγράφονται οι περισσότερες συγκρούσεις στις οποίες εμπλέκονται φορτηγά βαρέως τύπου.

Για την Ελλάδα 22% τέτοιου είδους ατυχημάτων λαμβάνουν χώρα Δευτέρα και ακολουθεί η Τρίτη με ποσοστό 17%. Όπως εύκολα μπορεί κάποιος να υποθέσει το ποσοστό αυτών των ατυχημάτων είναι αισθητά μικρότερο (8% Σάββατο και 13% Κυριακή) καθώς δεν κυκλοφορεί μεγάλο πλήθος φορτηγών.

### 6.1.6 Η πιο επικίνδυνη εποχή του χρόνου

Ο πίνακας 16 δείχνει την κατανομή των δυστυχημάτων με φορτηγά κατά τη διάρκεια ενός έτους στις χώρες της EU-24 για το 2010. Μικρή είναι η διακύμανση μεταξύ των μηνών αλλά για την Ελλάδα ο Σεπτέμβριος και ο Οκτώβριος συγκεντρώνουν το υψηλότερο ποσοστό (27%).

Πίνακας 16 Κατανομή των δυστυχημάτων στα οποία εμπλέκονται φορτηγά κατά τη διάρκεια του χρόνου, 2010.

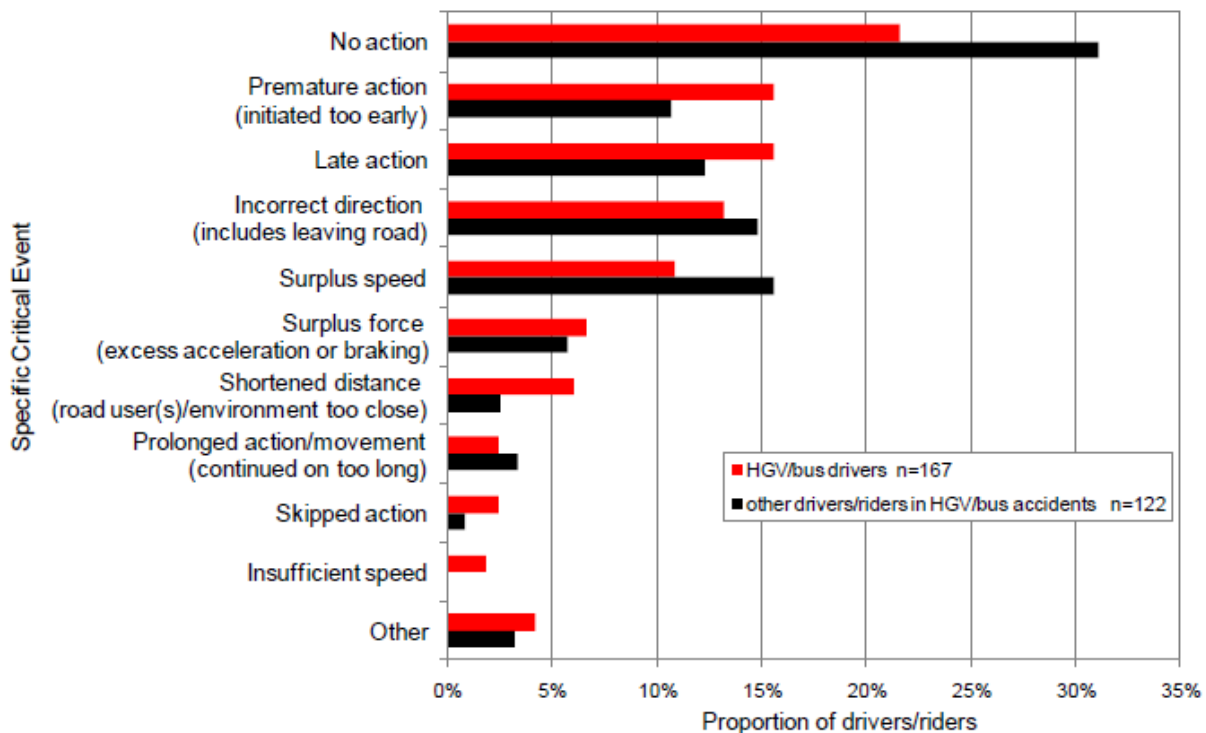
	Jan-Feb	Mar-Apr	May-Jun	Jul-Aug	Sep-Oct	Nov-Dec	Total
BE	8%	24%	9%	22%	16%	21%	111
CZ	13%	14%	17%	17%	21%	19%	175
DK	14%	17%	31%	8%	14%	17%	36
DE	13%	17%	16%	18%	19%	16%	534
EE	19%	14%	10%	0%	29%	29%	21
IE	23%	15%	15%	15%	23%	8%	13
EL	16%	17%	14%	12%	27%	14%	127
ES	13%	14%	19%	20%	19%	16%	333
FR	14%	14%	11%	24%	20%	17%	552
IT	13%	16%	19%	20%	15%	17%	835
LV	15%	15%	2%	32%	20%	17%	41
LU	11%	0%	11%	11%	11%	56%	9
HU	13%	8%	18%	17%	26%	17%	144
MT	0%	0%	0%	100%	0%	0%	1
NL	15%	16%	15%	19%	24%	12%	95
AT	15%	13%	25%	16%	16%	13%	97
PL	12%	14%	14%	20%	23%	16%	947
PT	13%	20%	12%	23%	17%	16%	95
RO	10%	13%	15%	19%	21%	22%	191
SI	14%	0%	14%	29%	14%	29%	7
SK	16%	8%	13%	25%	16%	22%	106
FI	10%	16%	12%	26%	12%	24%	92
SE	13%	11%	13%	24%	27%	11%	45
UK	16%	15%	13%	22%	15%	18%	282
EU-24	13%	15%	15%	20%	19%	17%	4.889



## 6.2 Αίτια ατυχήματος

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την Safety Net Accident Caution Database από το έτος 2005 έως το 2008, συγκεντρώθηκαν δεδομένα που αφορούν σε δυστυχήματα που περιελάμβαναν είτε φορτηγά οχήματα βαρέως τύπου είτε λεωφορεία, τα οποία συνέβησαν στη Γερμανία, Ιταλία, Κάτω Χώρες, Φινλανδία, Σουηδία και Ηνωμένο Βασίλειο<sup>36 37</sup>. Μετά την ανάλυση των δεδομένων αυτών (158) έγινε προσπάθεια να συνδεθεί το κρίσιμο γεγονός με το αίτιο το οποίο οδήγησε στο δυστύχημα. Ερωτήθηκαν 167 οδηγοί φορτηγών/λεωφορείων (79% οδηγοί φορτηγών και 21% οδηγοί λεωφορείων, εκ των οποίων 94% ήταν άντρες) και 122 οδηγοί οχημάτων που συγκρούστηκαν με φορτηγά/λεωφορεία. Στον επόμενο πίνακα δίνεται η κατανομή των κρίσιμων γεγονότων όπως διαμορφώθηκε από τις απαντήσεις των οδηγών.

Πίνακας 17 Κατανομή των κρίσιμων γεγονότων.



N=289

Source: SafetyNet Accident Causation Database 2005 to 2008 / EC  
Date of query: 2010

Συνολικά για τους οδηγούς φορτηγών και λεωφορείων το 52% των κρίσιμων γεγονότων συσχετίζεται με το χρόνο (timing), δηλαδή είτε πρόωμη<sup>38</sup>, είτε καθυστερημένη αντίδραση. Αντίθετα περισσότερο από το 30% των οδηγών άλλων οχημάτων θεωρούν ότι η μη ύπαρξη οποιασδήποτε αντίδρασης είναι το βασικό κρίσιμο γεγονός στα ατυχήματα αυτά. Επίσης σχεδόν το 15% ορίζει ως κρίσιμο γεγονός τη λαθεμένη ανακατεύθυνση του οχήματος, συμπεριλαμβανομένης της περίπτωσης να βγει το όχημα από το δρόμο. Αν λοιπόν αθροιστεί το 15% που αναφέρθηκε με τα ποσοστά υπερβολικά αυξημένης ταχύτητας (13%), υπερβολικής άσκησης δύναμης είτε επιτάχυνσης, είτε πέδησης (6%) καθώς και της μειωμένης απόστασης οχήματος-περιβάλλοντος (5%) τότε το συνολικό ποσοστό είναι 39%. Όπως αναλύθηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο, το Σύστημα Αντιεμπλοκής Πέδησης συμβάλλει θετικά στη μείωση της απόστασης ακινητοποίησης του οχήματος ενώ βοηθάει στον έλεγχο του σε περίπτωση πλαγιολίσθησης ή αποφυγής εμποδίων που βρίσκονται σε στροφή χωρίς το όχημα να αλλάξει την πορεία του ή να βγει εκτός του οδοστρώματος.

<sup>36</sup> SafetyNet D5.5, Glossary of Data Variables for Fatal and Accident Causation Databases

<sup>37</sup> SafetyNet D5.8, In-Depth Accident Causation Databases and Analysis Report

<sup>38</sup> Πρόωμη αντίδραση θεωρείται εκείνη που πραγματοποιήθηκε προτού οι συνθήκες το επιτρέψουν, για παράδειγμα η είσοδος σε μία διασταύρωση πριν απελευθερωθεί από άλλα οχήματα.



Τα κρίσιμα γεγονότα που αφορούν τη λανθασμένη διεύθυνση και την υπερβολική ταχύτητα είναι τα μόνα που απ' τη μεριά των οδηγών των άλλων οχημάτων βρίσκονται ψηλότερα συγκριτικά με τους οδηγούς των φορτηγών. Η έννοια της λανθασμένης διεύθυνσης αφορά για παράδειγμα μία μανούβρα είτε προς τη λάθος κατεύθυνση, είτε εκτός οδοστρώματος. Η υπερβολική ταχύτητα θεωρείται με βάση είτε τις συνθήκες είτε μία μανούβρα, επίσης αφορά στην οδήγηση με ταχύτητα άνω του επιτρεπόμενου ορίου.

Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει τις δέκα πιο συχνές αιτίες πρόκλησης ατυχημάτων καθώς και τη σύνδεσή τους, κατά τους οδηγούς των φορτηγών και των λεωφορείων.

**Πίνακας 18** Σύνδεση των δέκα συχνότερα παρουσιαζόμενων αιτιών πρόκλησης ατυχημάτων κατά τους οδηγούς φορτηγών και λεωφορείων.

Links between causes	Freq
Faulty diagnosis - Information failure (between driver and traffic environment or driver and vehicle)	43
Observation missed - Permanent sight obstruction	23
Observation missed - Distraction	13
Equipment failure - Unpredictable system functions/characteristics	10
Observation missed - Faulty diagnosis	8
Observation missed - Permanent obstruction to view	7
Observation missed - Inadequate plan	6
Equipment failure - Maintenance failure – condition of vehicle	6
Observation missed - Inattention	5
Observation missed - Temporary obstruction to view	5
Others	69
Total	195

Source: SafetyNet Accident Causation Database 2005 to 2008 / EC  
Date of query: 2010

Για τους οδηγούς αυτοκινήτων η λανθασμένη αντίληψη (faulty diagnosis) και η στιγμιαία έλλειψη παρατηρητικότητας (observation missed) είναι οι συχνότερες αιτίες πρόκλησης ατυχήματος. Λανθασμένη αντίληψη νοείται είτε η λάθος είτε η ελλιπής κατανόηση των συνθηκών του δρόμου ή των κινήσεων των άλλων χρηστών του οδικού δικτύου. Η λανθασμένη αντίληψη συνδέεται τόσο με την αποτυχία μετάδοσης πληροφοριών<sup>39</sup> (information failure) όσο και με αποτυχία επικοινωνίας<sup>40</sup> μεταξύ των οδηγών των οχημάτων (communication failure).

Για τους οδηγούς φορτηγών οχημάτων και λεωφορείων, η κυριότερη αλλά και συχνότερη αιτία έλλειψης παρατηρητικότητας είναι τα μόνιμα σημεία που παρεμποδίζουν την οδήγηση. Αυτό αναφέρεται στα 'τυφλά σημεία' των φορτηγών οχημάτων, τα οποία κρύβουν σε μόνιμη βάση ένα τμήμα

<sup>39</sup> Για παράδειγμα, η σύγκρουση δύο οχημάτων επειδή ο οδηγός νομίζει ότι το προπορευόμενο όχημα συνεχίζει να κινείται ενώ στην πραγματικότητα έχει ακινητοποιηθεί.

<sup>40</sup> Για παράδειγμα, όταν ένας οδηγός δεν έχει ανάψει φλας για να στρίψει και την τελευταία στιγμή επιβραδύνει ενώ το όχημα που ακολουθεί δεν προλαβαίνει να φρενάρει.

του οδικού δικτύου και ότι βρίσκεται πάνω σε αυτό. Πλέον τα επιβατικά αυτοκίνητα αλλά κυρίως τα φορτηγά έχουν εγκατεστημένο το συστήματα ενεργητικής ασφάλειας Blind Spot Monitoring, που προειδοποιεί τον οδηγό σε περιπτώσεις κρίσιμων καταστάσεων. Το σύστημα αυτό εξασφαλίζει την ομαλή αλλαγή λωρίδας, έχοντας είτε κάμερα είτε ραντάρ και ειδοποιώντας τον οδηγό με ακουστικό αλλά και οπτικό σήμα όταν κάποιο άλλο όχημα βρίσκεται στη 'νεκρή γωνία'.

Τέλος η αστοχία του εξοπλισμού (equipment failure) αφορά σε ελλιπή συντήρηση αλλά και σε μη αναμενόμενες δυσλειτουργίες. Συνολικά το 22% των συνδυασμών μεταξύ των αιτιών προκύπτει από τη λανθασμένη αντίληψη (faulty diagnosis) και την αποτυχία μετάδοσης πληροφοριών (information failure).

**Πίνακας 19** Συνοτομογραφίες των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης που χρησιμοποιήθηκαν

EU-19		EU-24 = EU-19 +	
BE	Belgium	EE	Estonia
CZ	Czech Republic	LV	Latvia
DK	Denmark	HU	Hungary
DE	Germany	MT	Malta
IE	Ireland	SK	Slovakia
EL	Greece		
ES	Spain		
FR	France		
IT	Italy		
LU	Luxembourg		
NL	Netherlands		
AT	Austria		
PL	Poland		
PT	Portugal		
RO	Romania		
SI	Slovenia		
FI	Finland		
SE	Sweden		
UK	United Kingdom (GB+NI)		

### 6.3 Τα ατυχήματα στην Ελλάδα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία για το σύνολο των ατυχημάτων με φορτηγά μέχρι 3.5 και άνω των 3.5 τόννων στην Ελλάδα, όπως καταγράφηκαν από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛ.ΣΤΑΤ). Τα πιο πρόσφατα δεδομένα αφορούν τα έτη 2009 και 2010. Στους πίνακες που ακολουθούν γίνεται ανάλυση των δεδομένων ανάλογα με την ύπαρξη ή μη του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος τροχών ABS. Επίσης διαφοροποιείται το σύνολο των τραυματιών σε δύο κατηγορίες, βαριά και ελαφρά τραυματίες. Στους βαριά τραυματίες συμπεριλαμβάνονται άνθρωποι με μόνιμες σωματικές βλάβες, αναπηρία, εγκεφαλική δυσλειτουργία, τραυματισμό στη σπονδυλική στήλη και ακρωτηριασμό.

Συνολικά το 2009 στην Ελλάδα καταγράφηκαν 25.645 ατυχήματα εκ των οποίων τα 20.141 αφορούν οχήματα χωρίς σύστημα ABS, δηλαδή περισσότερο από το 78% των συνολικών ατυχημάτων, ενώ τα υπόλοιπα 5.504 έφεραν ABS. Συνολικά στο ελλαδικό οδικό δίκτυο μόνο το έτος 2009, πέθαναν 964 άνθρωποι. Το 86% των νεκρών βρισκόταν σε οχήματα που δεν έφεραν το σύστημα ABS ενώ 59 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους σε σύγκρουση με φορτηγό όχημα το οποίο επίσης δεν έφερε ABS. Αντίστοιχα οι θάνατοι σε τροχαία δυστυχήματα που το όχημα στο οποίο επέβαιναν ήταν εξοπλισμένο με ABS είναι 128 (13%) ενώ όσον αφορά στα φορτηγά οι νεκροί ήταν μόλις 7.

**Πίνακας 20 Παρουσίαση των ατυχημάτων στην Ελλάδα, έτος 2009.**

ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΔΥΝΑΜΕΝΟΥ ΝΑ ΦΕΡΕΙ ABS	ΕΜΠΛΑΚΕΝΤΕΣ ΟΔΗΓΟΙ ΟΧΗΜΑΤΩΝ											ΕΤΟΣ: 2009
	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΕ ABS					ΧΩΡΙΣ ABS					
		ΣΥΝΟΛΟ	ΣΩΟΙ	ΝΕΚΡΟΙ	ΤΡΑΥΜΑΤΙΣ		ΣΥΝΟΛΟ	ΣΩΟΙ	ΝΕΚΡΟΙ	ΤΡΑΥΜΑΤΙΣ		
					ΒΑΡΙΑ	ΕΛΑΦΡΑ				ΒΑΡΙΑ	ΕΛΑΦΡΑ	
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΕΛΛΑΔΟΣ</b>												
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>25645</b>	<b>5504</b>	<b>3802</b>	<b>128</b>	<b>128</b>	<b>1446</b>	<b>20141</b>	<b>9119</b>	<b>836</b>	<b>967</b>	<b>9219</b>	
Φορτηγό μέχρι 3.5 τόννους	1320	169	127	6	3	33	1151	784	56	32	279	
Φορτηγό άνω των 3.5 τόννων	390	65	51	1	2	11	325	282	3	7	33	
<b>ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ</b>												
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>10325</b>	<b>2128</b>	<b>1691</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>415</b>	<b>8197</b>	<b>4070</b>	<b>85</b>	<b>134</b>	<b>3908</b>	
Φορτηγό μέχρι 3.5 τόννους	216	35	31	0	0	4	181	162	2	1	16	
Φορτηγό άνω των 3.5 τόννων	83	12	11	0	0	1	71	66	1	0	4	
<b>ΛΟΙΠΗ ΧΩΡΑ</b>												
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>11624</b>	<b>2473</b>	<b>1537</b>	<b>102</b>	<b>104</b>	<b>730</b>	<b>9151</b>	<b>3786</b>	<b>662</b>	<b>719</b>	<b>3984</b>	
Φορτηγό μέχρι 3.5 τόννους	966	108	76	6	3	23	858	533	51	31	243	
Φορτηγό άνω των 3.5 τόννων	248	39	27	1	1	10	209	175	1	7	26	

Παρόμοια παραμένουν δυστυχώς τα ποσοστά την επόμενη χρονιά καθώς το 2010 καταγράφηκαν από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία 26.109 ατυχήματα με 838 νεκρούς. Η ύπαρξη του ABS είναι εμφανής και εδώ εφόσον το 87% των θανάτων (731) προέρχονται από δυστυχήματα όπου τα εμπλεκόμενα οχήματα δεν έφεραν το εν λόγω σύστημα. Σε δυστυχήματα στα οποία εμπλέκονταν φορτηγά με ABS οι θάνατοι ήταν μόλις 4 ενώ ο αντίστοιχος αριθμός για τα φορτηγά χωρίς ABS είναι 49 (σχεδόν το 6% των συνολικών θανάτων).

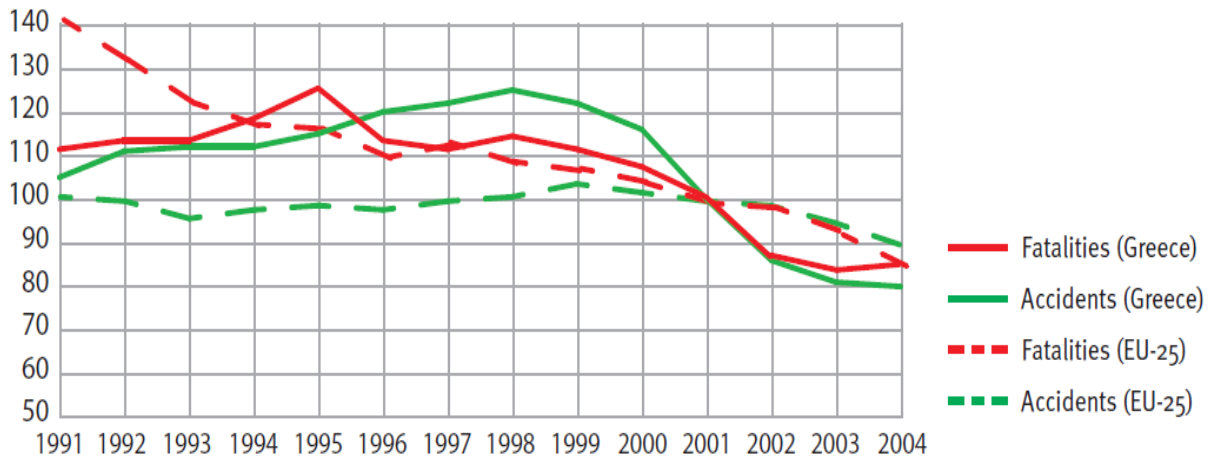
Η σημαντικότητα του συστήματος ABS γίνεται επίσης αισθητή κοιτώντας τη στήλη του πίνακα που αφορά στους βαριά τραυματίες. Το 2009 οι βαριά τραυματίες οδηγοί φορτηγών ήταν 44, εκ των οποίων οι 39 οδηγούσαν φορτηγά που δεν έφεραν ABS. Αντιστοίχως το 2010 οι βαριά τραυματισμένοι οδηγοί φορτηγών ήταν συνολικά 52, εκ των οποίων οι 49 οδηγούσαν φορτηγά που δεν έφεραν ABS (ελαφρώς αυξημένος αριθμός συγκριτικά με το 2009).

Πίνακας 21 Παρουσίαση των ατυχημάτων στην Ελλάδα, έτος 2010

ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΔΥΝΑΜΕΝΟΥ ΝΑ ΦΕΡΕΙ ABS	ΕΜΠΛΑΚΕΝΤΕΣ ΟΔΗΓΟΙ ΟΧΗΜΑΤΩΝ										ΕΤΟΣ: 2010
	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΕ ABS					ΧΩΡΙΣ ABS				
		ΣΥΝΟΛΟ	ΣΩΟΙ	ΝΕΚΡΟΙ	ΤΡΑΥΜΑΤΙΕΣ		ΣΥΝΟΛΟ	ΣΩΟΙ	ΝΕΚΡΟΙ	ΤΡΑΥΜΑΤΙΕΣ	
					ΒΑΡΙΑ	ΕΛΑΦΡΑ				ΒΑΡΙΑ	ΕΛΑΦΡΑ
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΕΛΛΑΔΟΣ</b>											
ΣΥΝΟΛΟ	26109	5002	3530	107	111	1254	21107	9583	731	986	9807
Φορτηγό μέχρι 3.5 τόννους	1272	182	129	3	1	49	1090	728	41	44	277
Φορτηγό άνω των 3.5 τόννων	431	82	66	1	2	13	349	299	8	5	37
<b>ΝΟΜΑΡΧΙΑ ΑΘΗΝΩΝ</b>											
ΣΥΝΟΛΟ	9806	1636	1346	5	4	281	8170	4014	81	123	3952
Φορτηγό μέχρι 3.5 τόννους	162	22	21	0	0	1	140	129	0	0	11
Φορτηγό άνω των 3.5 τόννων	100	17	17	0	0	0	83	78	0	0	5
<b>ΛΟΙΠΗ ΧΩΡΑ</b>											
ΣΥΝΟΛΟ	12754	2656	1713	95	94	754	10098	4302	566	753	4477
Φορτηγό μέχρι 3.5 τόννους	1016	146	95	3	1	47	870	543	40	41	246
Φορτηγό άνω των 3.5 τόννων	262	56	44	0	2	10	206	165	7	5	29

Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ

Στη συνέχεια ακολουθεί σύγκριση των τροχαίων ατυχημάτων στην Ελλάδα και στην Ευρώπη.



Source: CARE project data (see also: [http://europa.eu.int/comm/transport/care/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/transport/care/index_en.htm))

#### Διάγραμμα 18 Σύγκριση τροχαίων ατυχημάτων μεταξύ Ελλάδας και Ευρώπης (έτος 2001=100).

Το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα αποτυπώνεται από ένα μεγάλο αριθμό θανάτων ανά εκατομμύριο κατοίκους σε σύγκριση με το μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μια ανάλυση των παραγόντων των τροχαίων ατυχημάτων, που εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Στρατηγικό Σχέδιο 2001-2005 (National Strategic Plan), δείχνει ότι ο χρήστης του οδικού δικτύου και το οδικό περιβάλλον αποτελούν τις κύριες αιτίες των ατυχημάτων στην Ελλάδα. Η συμπεριφορά των Ελλήνων οδηγών, όπως το χαμηλό ποσοστό χρήσης της ζώνης ασφαλείας και του κράνους στους μοτοσικλετιστές καθώς και η υπέρβαση των ορίων ταχύτητας εκτιμάται ότι έχει σημαντικές επιπτώσεις, όπως θανατηφόρα ατυχήματα, ενώ η οδήγηση υπό την επήρεια ουσιών και αλκοόλ εμφανίζεται επίσης ως πρόβλημα, αλλά σε μικρότερο βαθμό.

Τα κύρια επιτεύγματα στην Ελλάδα συνδέονται με τη σημαντική μείωση του αριθμού των θανάτων και τραυματισμών από το 1998 και την πτωτική τάση των θανάτων που οφείλονται στη συμπεριφορά του οδηγού.

## 6.4 Οργανισμοί, Αρμόδιες Υπηρεσίες και Αρχές σχετικές με την οδική ασφάλεια

Στην Ελλάδα υπάρχουν τέσσερα υπουργεία που εμπλέκονται άμεσα με την οδική ασφάλεια, αυτά είναι τα εξής:

1. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, υπεύθυνο για την ασφαλή δρόμο,
2. Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, υπεύθυνο για την οδική ασφάλεια του χρήστη και των οχημάτων,
3. Υπουργείο Δημόσιας Τάξης, υπεύθυνο για την επιβολή αποτελεσματικής οδικής ασφάλειας,
4. Υπουργείο Δημόσιας Υγείας και Κοινωνικής Πρόνοιας υπεύθυνο για την αποτελεσματική θεραπεία μετά από τροχαίο ατύχημα.

Επιπλέον, το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, το Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας και το Υπουργείο Δικαιοσύνης εμπλέκονται άμεσα σε θέματα οδικής ασφάλειας, αλλά σε μικρότερο βαθμό. Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) είναι υπεύθυνο για το οδικό δίκτυο της χώρας. Οι Περιφέρειες και η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση της κατάστασης είναι υπεύθυνες για το υπόλοιπο εθνικό και επαρχιακό οδικό δίκτυο. Οι δήμοι είναι υπεύθυνοι για όλα τα τοπικά οδικά δίκτυα. Σε περιφερειακό επίπεδο, όλες οι κεντρικές αποφάσεις και οι δράσεις για την οδική ασφάλεια εφαρμόζονται από τις Γενικές Διευθύνσεις των περιφερειών, την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση και την τοπική Τροχαία.

Η αρχή που είναι υπεύθυνη για το συντονισμό της εφαρμογής της Εθνικής Οδικής Ασφάλειας Στρατηγικού Σχεδίου είναι η Διυπουργική Επιτροπή για την Οδική Ασφάλεια (*Inter-ministerial Committee on Road Safety, ICRF*) η οποία ιδρύθηκε το 1999, παρακολουθεί και συντονίζει όλες τις προσπάθειες, τις αποφάσεις και τις δράσεις για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας σε εθνικό επίπεδο. Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων εμπλέκεται σε θέματα οδικής ασφάλειας μέσω της Γενικής Διεύθυνσης Συγκοινωνιακών Έργων. Η Γενική Διεύθυνση Μεταφορών και Έργων περιλαμβάνει ένα Γραφείο Οδικής Ασφάλειας (*Road Safety Office, RSO*) ιδρύθηκε το 1997 και τα καθήκοντά του αφορούν αποκλειστικά την οδική ασφάλεια.

Η ένωση των Ασφαλιστικών Εταιρειών στην Ελλάδα, η Λέσχη Αυτοκινήτου και Περιηγήσεως Ελλάδας, το Ελληνικό Ινστιτούτο Συγκοινωνιολόγων.

Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, το Πανεπιστήμιο Πατρών.

Το Ελληνικό Ινστιτούτο Μεταφορών (*Hellenic Institute of Transport, HIT*) είναι μια εθνική οργάνωση με την ευθύνη για την προώθηση και τη διεξαγωγή έρευνας στις μεταφορές. Ιδρύθηκε το 2000, με το Προεδρικό Διάταγμα 77/2000, ως μέρος του Εθνικού Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (*National Centre for Research and Technology, CERTH*).

## 7. Συμπεράσματα

### 7.1 Επίδραση του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος τροχών στα βαρέως τύπου οχήματα

1. Το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών παρέχει ενισχυμένη ευστάθεια σε ένα φορτηγό κατά τη διάρκεια της πέδησης.
2. Υπάρχει μακροπρόθεσμο οικονομικό όφελος από την υποχρεωτική τοποθέτηση συστήματος ABS σε όλα τα φορτηγά οχήματα. Η εξοικονόμηση από τη μειωμένη φθορά των ελαστικών σε συνδυασμό με την αποτροπή ενός ατυχήματος, που συνεπάγεται υψηλότατο κόστος για το ελληνικό κράτος καθιστούν την τοποθέτηση του ABS εξαιρετικά χρήσιμη, αν όχι απαραίτητη.
3. Το σύστημα ABS δεν πρέπει να θεωρηθεί πανάκεια, ούτε η πέδηση του οχήματος να στηρίζεται στη λειτουργία του όταν το βασικό σύστημα πέδησης δεν συντηρείται κατάλληλα. Παρόλα αυτά το ABS, μπορεί να αποτρέψει το μπλοκάρισμα των τροχών, το οποίο παρατηρείται συχνά όταν το σύστημα πέδησης δεν είναι ισοσταθμισμένο.

### 7.2 Απολογισμός ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονται φορτηγά

Από τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 6, τα βασικά σημεία του τραγικού απολογισμού είναι τα εξής:

1. Το 2001 οι νεκροί συνολικά σε αυτοκινητιστικά ατυχήματα στα οποία εμπλέκονταν φορτηγά όχημα βαρέως τύπου, στα κράτη της ΕΕ, έφταναν τους 7,867. Ενώ το 2010 περισσότεροι από 4800 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους σε τροχαία δυστυχήματα με φορτηγά στις χώρες της ΕΕ.
2. Το 16.2% των θανάτων, στις χώρες της ΕΕ για το 2010, οφείλεται σε ατυχήματα με φορτηγά ενώ μόλις το 2.7% σε ατυχήματα όπου εμπλέκονταν λεωφορεία, ελαφριά φορτηγά και πούλμαν.
3. Στην Ελλάδα το 2009 καταγράφηκαν 25.645 ατυχήματα εκ των οποίων τα 20.141 αφορούν οχήματα χωρίς σύστημα ABS, δηλαδή περισσότερο από το 78% των συνολικών ατυχημάτων.
4. Μόνο το 2009 πέθαναν στο ελλαδικό οδικό δίκτυο 964 άνθρωποι. Το 86% των νεκρών βρισκόταν σε οχήματα που δεν έφεραν το σύστημα ABS. Αντίστοιχα οι θάνατοι σε τροχαία δυστυχήματα που το όχημα στο οποίο επέβαιναν ήταν εξοπλισμένο με ABS είναι 128 ενώ όσον αφορά στα φορτηγά οι νεκροί ήταν μόλις 7.
5. Το 2010 καταγράφηκαν 26.109 ατυχήματα με 838 νεκρούς στους ελληνικούς δρόμους. Το 87% των θανάτων προέρχονται από δυστυχήματα όπου τα εμπλεκόμενα οχήματα δεν έφεραν ABS. Σε δυστυχήματα στα οποία εμπλέκονταν φορτηγά με ABS οι θάνατοι ήταν μόλις 4 ενώ ο αντίστοιχος αριθμός για τα φορτηγά χωρίς ABS είναι 49.

*Βασικά σημεία:*

1. Η οδική ασφάλεια είναι μείζων κοινωνικό θέμα. Μόνο το 2011, περισσότεροι από 30,000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους στο οδικό δίκτυο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
2. Εκτιμάται ότι για κάθε θάνατο στους ευρωπαϊκούς δρόμους, σημειώνονται τέσσερις άνθρωποι οι οποίοι μένουν ανάπηροι μετά από σοβαρούς τραυματισμούς είτε στο κεφάλι είτε στη σπονδυλική στήλη, επίσης οκτώ άνθρωποι τραυματίζονται σοβαρά ενώ 50 πιο ελαφριά.

## 7.2 Μελλοντική έρευνα

Στη συνέχεια ακολουθούν ορισμένα θέματα τα οποία χρήζουν έρευνας και θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικής μηχανολογικής έρευνας.

1. Το ποσοστό των συγκρούσεων με οχήματα που φέρουν ABS εμφανίζεται να αρκετά μικρότερο συγκριτικά με αυτό των οχημάτων που το εν λόγω σύστημα απουσιάζει. Συνεπώς τα εξοπλισμένα με σύστημα αντιολίσθησης οχήματα συμμετέχουν με μικρότερο ποσοστό και άρα επωφελούνται από μικρότερες ή και ελάχιστες υλικές ζημιές. Θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μία εκτενέστερη μελέτη για το μακροπρόθεσμο οικονομικό όφελος τοποθέτησης του συστήματος ABS, πέρα από το 2-5% των ελαστικών που αναφέρθηκε στην εργασία.
2. Συχνά το σύστημα ABS τοποθετείται μόνο σε ορισμένα τμήματα του οχήματος, όπως ο τράκτορας, ενώ σε περιπτώσεις σύζευξης περισσότερων τμημάτων πρέπει να εξεταστεί η εγκατάσταση ABS και στα υπόλοιπα μέρη.
3. Ανάλυση του τύπου βαρέως οχήματος που εμπλέκεται περισσότερο σε θανατηφόρα ή σοβαρά τροχαία ατυχήματα, τα αίτια και τρόποι για τη μείωση της συχνότητας σύγκρουσης.
4. Τα ενσωματωμένα καθίσματα παιδιών φαίνονται να είναι μια ανάγκη, δεδομένου ότι μερικές μελέτες έχουν δείξει ότι τα φορητά όχι εργοστασιακά καθίσματα ασφάλειας έχουν μέχρι 80% πιθανότητα εσφαλμένης εγκατάστασης ή σύνδεσης με το παιδί. Στην ελληνική βιβλιογραφία δεν υπάρχουν εκτενείς έρευνες αναφορικά με την παθητική ασφάλεια ανήλικων ατόμων.



## 8. Βιβλιογραφία

### Ελληνική

- [1] Σπέντζας Κων., Mir Demic (2004), *Θεωρία κινήσεως τροχοφόρων οχημάτων*, ΕΜΠ, Αθήνα.
- [2] Knowles Don (1999), Φρένα φορτηγών αυτοκινήτων και βαρέων οχημάτων, ΙΟΝ.
- [3] Βέργαδος Γ.Αντρέας (2008), *Παθητική Ασφάλεια Οχημάτων, Απαιτήσεις και Κανονισμοί Δοκιμών Σύγκρουσης Ευρώπης και Αμερικής*, ΕΜΠ, Αθήνα.
- [4] Καπετανάκης Γ. (2003), *ABS Λειτουργία και έλεγχος, Ινστιτούτο Διαρκούς Επιμόρφωσης Επιχειρήσεων Αυτοκινήτου, Σεμινάριο, Ελλάδα.*
- [5] Ταμβάκης Κ.Δ. (2005), *Μελέτη Θερμο-Μηχανικής Συμπεριφοράς Συστήματος Πέδησης Κατασκευασμένου από ινοπλισμένα κεραμικά υλικά*, Πολυτεχνείο Κρήτης.
- [6] Διον. Καλαντζής (2011), *Έπιστημονική διερεύνηση τροχαίου ατυχήματος, 1<sup>ος</sup> Τόμος, Τροχονόμων*, Αθήνα.
- [7] Άρθρο Καθημερινής (2010), *‘Κυκλοφοριακή αγωγή και κόστος τροχαίων ατυχημάτων’*, Αθήνα.
- [8] Δελτίο Τύπου (2013), *Οδική ασφάλεια*, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Βρυξέλλες.
- [9] Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, *Τροχαία ατυχήματα 2009-2010*, ΕΛ.ΣΤΑΤ.

### Ξενόγλωσση

- [1] Gillespie Thomas D. (2014), *Fundamentals of vehicles dynamics*, Society of Automobile Engineers Inc.
- [2] Pace J.F., et al. (2012), Basic Fact Sheet, *Heavy Good Vehicle and Buses*, Deliverable D 3.9 of the EC FP7 Project DaCoTA.
- [3] Hart Peter, (2003), *ABS Braking Requirements, Prime Mover Standards Project*, Hartwood Consulting Pty Ltd, Victoria.
- [4] Burton D., Delarey A., Newstead S., Logan D., Fildes B., (2004), *Effectiveness of ABS and Vehicle Stability Control Systems*, Royal Automobile Club of Victoria Ltd.
- [5] Wong J.Y., (2001), *Theory of ground vehicles*, John Wiley & Sons Inc, United States of America.
- [6] Research Program on Light Vehicle Antilock Brake System, (1999), *NRD-22* NHTSA.
- [7] Pacejka H.B (2002), *Tire and Vehicle Dynamics*, Butterworth- Heinemann.
- [8] Svendenius Jacob, (2007), *Tire Modeling and Friction Estimation*, Lund University of Sweden.
- [9] Insurance Institute for highway safety, Data.
- [10] European Commission/European Road Safety Charter.
- [11] S. Taheri and E. H. Law, "Slip Control Braking of an Automobile during Combined Braking and Steering Manoeuvres," *American Society of Magazine Editors*, Vol. 40, No. 1, 1991, pp.209-227.
- [12] "Non-Skid Braking". *Flight International*. 30 October 1953. pp. 587–588.
- [13] "Browse Flight's archive of Historic Aviation". Flightglobal.com. Retrieved 2014-08-26.
- [14] Reynolds, Jim (1990). *Best of British Bikes*. Patrick Stephens Ltd. ISBN 1-85260-033-0.

- [15] "Directory Index: Chrysler\_and\_Imperial/1972 Chrysler/1972\_Imperial\_Press\_Kit". Oldcarbrochures.com. Retrieved 2014-08-26.
- [16] Ayman A. Aly, El-Shafei Zeidan, Ahmed Hamed, Farhan Salem (2011) *An Antilock-Braking Systems (ABS) Control: A Technical Review*, Scientific Research.
- [17] András Bálint, Helen Fagerlind, Jan Martinsson, Kristian Holmqvist (2014), *Accident analysis for traffic safety aspects of High Capacity Transports*, Final report , Chalmers University of Technology.
- [18] H. Takahashi and Y. Ishikawa, "Anti-Skid Braking Con-trol System Based on Fuzzy Inference," U.S. Patent No. 4842342, 1989.
- [19] J. Song, H. Kim and K. Boo, "A study on an Anti-Lock Braking System Controller and Rear-Wheel Controller to Enhance Vehicle Lateral Stability," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, Vol. 221 No. 7, 2007, pp. 777- 787.
- [20] P. M. Hart, "Review of Heavy Vehicle Braking Systems Requirements (PBS Requirements)," Draft Report, 24 April 2003.
- [21] "Electro antilock system (installed in Nissan President)". *240 Landmarks of Japanese Automotive Technology*. Society of Automotive Engineers in Japan, Inc.
- [22] "Light Vehicle Brake Systems". DOT 809 747. NHTSA. Retrieved 7 June 2011.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

## Α.1 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Φάσεις ενός ατυχήματος.....	13
Εικόνα 2 Πιθανότητα θανάσιμου τραυματισμού .....	16
Εικόνα 3 Ανθεκτικότερα υλικά ενισχύουν την ακαμψία του αμαξώματος.....	21
Εικόνα 4 Δοκιμές πρόσκρουσης στις οποίες υπόκεινται τα οχήματα από τον οργανισμό EuroNCAP.....	23
Εικόνα 5 Μερική παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο δημοσιεύονται τα αποτελέσματα. ....	24
Εικόνα 6 Δοκιμή σύγκρουσης. ....	24
Εικόνα 7 Πρώιμο σύστημα πέδησης με μοχλό και σύστημα γνωστό ως 'Brake shoe'.....	25
Εικόνα 8 Ταινιοπέδη σε σχέδιο και από εφαρμογή σε ποδήλατο. ....	26
Εικόνα 9 Δυνάμεις που επενεργούν στον τροχό του οχήματος. ....	29
Εικόνα 10 SAE Σύστημα αξόνων του οχήματος.....	31
Εικόνα 11 Πλευρικές και φυγοκεντρικές δυνάμεις (Lateral and Centrifugal forces).....	31
Εικόνα 12 Δυνάμεις που ενεργούν σε πεδούμενο όχημα.....	34
Εικόνα 13 Υδραυλικό σύστημα πέδησης δύο κυκλωμάτων.....	40
Εικόνα 14 Ταμπούρο .....	41
Εικόνα 15 Ταμπούρο Simplex (A) και τύπου Duplex (B).....	41
Εικόνα 16 Σερβόφρενο. ....	42
Εικόνα 17 Ταμπούρο διπλό Duplex (A), διπλό Σέρβο (B) .....	43
Εικόνα 18 Δισκόφρενο.....	44
Εικόνα 19 Δισκόφρενα, τακάκια και δίσκο. ....	45
Εικόνα 20 Εξαρτήματα δαγκάνας.....	45
Εικόνα 21 Δισκόφρενα πλωτής έδρασης .....	45
Εικόνα 22 Μηχανικό σύστημα πέδησης.....	47
Εικόνα 23 Στα αριστερά είναι η αντλία υγρών και δεξιά το σερβόφρενο. ....	49
Εικόνα 24 Κύκλωμα συμβατικού υδραυλικού συστήματος πέδησης.....	49
Εικόνα 25 Τυπική διάταξη υδραυλικού συστήματος .....	50
Εικόνα 26 Βασικό σύστημα πέδησης με αέρα (αερόφρενα) .....	56
Εικόνα 27 Συνήθης θάλαμος πέδησης με επιφάνεια διαφράγματος $154.38 \text{ cm}^2$ .....	58
Εικόνα 28 Συναρμολόγηση εξαρτημάτων συνεργαζόμενων με τις σιαγόνες .....	59
Εικόνα 29 Ένα μη ισοσταθμισμένο σύστημα αερόφρενων μπορεί να προκαλέσει 'μπλοκάρισμα' των τροχών με αποτέλεσμα το 'δίπλωμα' του ρυμουλκούμενου οχήματος. ....	60
Εικόνα 30 Ηλεκτρόφρενα .....	61
Εικόνα 31 Σύνδεση του μηχανισμού ηλεκτρόφρενων με το κιβώτιο ταχυτήτων και τον κεντρικό άξονα .	62
Εικόνα 32 Διαφορά φρεναρίσματος αυτοκινήτου σε ευθεία χωρίς και με σύστημα ABS.....	64
Εικόνα 33 Αριστερά σύγχρονο βολάν, χρησιμοποιούμενο στην αυτοκίνηση και δεξιά βολάν χρησιμοποιούμενο στη βιομηχανία. ....	67
Εικόνα 34 Διατομή ελαστικού. ....	71
Εικόνα 35 Σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών.....	72
Εικόνα 36 Πορεία που θα ακολουθήσει ένα όχημα ανάλογα με την ύπαρξη ή μη συστήματος ABS. ....	73
Εικόνα 37 Τρεις διαφορετικές δυναμικές καταστάσεις αποσταθεροποίησης ενός ημιρυμουλκούμενου φορτηγού.....	77
Εικόνα 38 Τύποι Ηλεκτρονικής Μονάδας Ελέγχου C και D, αντίστοιχα.....	80
Εικόνα 39 Αναγνώριση του τύπου της ECU.....	81
Εικόνα 40 Αισθητήρας ταχύτητας και οδοντωτός δακτύλιος .....	81
Εικόνα 41 Διάταξη αισθητήρα και οδοντωτού δακτυλίου.....	82
Εικόνα 42 Ενεργός αισθητήρας και διάγραμμα λειτουργίας.....	82
Εικόνα 43 Αισθητήρας στροφών και συχνότητα σήματος τάσεως σε σχέση με την ταχύτητα περιστροφής του τροχού.....	83

**A.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

Διάγραμμα 1 Συμπεριφορά οχήματος με μη γραμμική συμπεριφορά ελαστικών.....	10
Διάγραμμα 2 Κύκλος του Kampp – ‘Χάμ’ .....	30
Διάγραμμα 3 Ροπή πέδησης συναρτήσει του χρόνου, πέδηση με δίσκο και με τύμπανο .....	32
Διάγραμμα 4 Χαρακτηριστική καμπύλη απόδοσης διπλού σερβομηχανισμού. ....	43
Διάγραμμα 5 Πνευματικό σύστημα πέδησης ρυμουλκού- ρυμουλκούμενου.....	57
Διάγραμμα 6 Πνευματικός κύλινδρος τροχών.....	58
Διάγραμμα 7 Δυνάμεις τριβής και πλάγιας ευστάθειας του οχήματος συναρτήσει το συντελεστή ολίσθησης του τροχού.....	65
Διάγραμμα 8 Συντελεστής πρόσφυσης σαν συνάρτηση της ολίσθησης .....	66
Διάγραμμα 9 Ολίσθηση του ελαστικού κατά 20% σε στροφή συγκρινόμενο με ολίσθηση κατά την πέδηση.....	66
Διάγραμμα 10 Σημεία ανάπτυξης και εξέλιξης του συστήματος.....	69
Διάγραμμα 11 Βαθμιαία εξέλιξη του συστήματος ABS, ελαχιστοποιώντας το βάρος και αυξάνοντας την υπολογιστική απόδοση. ....	69
Διάγραμμα 12 Σχέση της ολίσθησης τροχού συναρτήσει της τριβής.....	71
Διάγραμμα 13 Πεδίο εφαρμογής του ABS (Bosch) .....	71
Διάγραμμα 14 Κύκλος λειτουργίας του συστήματος ABS.....	78
Διάγραμμα 15 Σύγκριση μεταξύ τυπικής εφαρμογής επείγουσας πέδησης και του εξελιγμένου συστήματος mBA.....	111
Διάγραμμα 16 Σύστημα ελέγχου πρόσφυσης τροχών TCS. ....	113
Διάγραμμα 17 Σχηματική παράσταση απόκλισης των ελεγχόμενων μεταβλητών κατά τη διάρκεια λειτουργίας του ASR με διαφορετικούς ενεργοποιητές. ....	114
Διάγραμμα 18 Σύγκριση τροχαίων ατυχημάτων μεταξύ Ελλάδας και Ευρώπης (έτος 2001=100). ....	132

**A.3 ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

Πίνακας 1 Αξιολόγηση και προσέγγιση πιθανότητας και σοβαρότητας ποικίλων υποθετικών σεναρίων μπλοκαρίσματος τροχών σε φορτηγό όχημα. ....	77
Πίνακας 2 Λειτουργία προειδοποιητικής λυχνίας του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος τροχών.....	80
Πίνακας 3 Λειτουργία του Αυτομάτου Ελέγχου Πρόσφυσης.....	90
Πίνακας 4 Διαδικασία διάγνωσης βλαβών. ....	98
Πίνακας 5 Διαγνωστικοί Κωδικοί .....	99
Πίνακας 6 Διαγνωστικοί Κωδικοί Αισθητήρων .....	99
Πίνακας 7 Θάνατοι σε ατυχήματα όπου εμπλέκονται φορτηγά οχήματα στην EU-19, 2001-2010 .....	121
Πίνακας 8 Θάνατοι σε ατυχήματα όπου εμπλέκονται λεωφορεία και πούλμαν στην EU-19, 2001-2010.....	122
Πίνακας 9 Αριθμός νεκρών από ατυχήματα, EU-19, 2001-2010 .....	123
Πίνακας 10 Ποσοστά θανάτων ανά εκατομμύριο πληθυσμού για κάθε χώρα της EU-24, 2010.....	123
Πίνακας 11 Η αναλογία θανάτων με φορτηγά και λεωφορεία, EU-24, 2010.....	124
Πίνακας 12 Θέση του νεκρού σε ατυχήματα με φορτηγά & με λεωφορεία, EU-24, 2010.....	125
Πίνακας 13 Ποσοστά ατυχημάτων συναρτήσει του οδικού δικτύου, EU-24, 2010.....	125
Πίνακας 14 Ποσοστά δυστυχημάτων με φορτηγά και λεωφορεία στο οδικό δίκτυο. ....	126
Πίνακας 15 Διαφοροποίηση των ποσοστών θνησιμότητας συναρτήσει του φύλου, 2010, EU-24.....	127
Πίνακας 16 Κατανομή των δυστυχημάτων στα οποία εμπλέκονται φορτηγά κατά τη διάρκεια του χρόνου, 2010.....	127
Πίνακας 17 Κατανομή των κρίσιμων γεγονότων.....	128
Πίνακας 18 Σύνδεση των δέκα συχνότερα παρουσιαζόμενων αιτιών πρόκλησης ατυχημάτων κατά τους οδηγούς φορτηγών και λεωφορείων. ....	129
Πίνακας 19 Συντομογραφίες των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης που χρησιμοποιήθηκαν.....	130
Πίνακας 20 Παρουσίαση των ατυχημάτων στην Ελλάδα, έτος 2009. ....	131
Πίνακας 21 Παρουσίαση των ατυχημάτων στην Ελλάδα, έτος 2010 .....	132

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### Β.1 Ταξινομήσεις Οχημάτων

Ταξινόμηση των επίγειων οχημάτων με κριτήριο την αυτονομία κινήσεως:

1. Αυτοκινούμενα οχήματα
2. Ρυμουλκούμενα οχήματα

Ταξινόμηση των φορτηγών οχημάτων με κριτήριο τον αριθμό των αξόνων που φέρουν:

1. Διαξονικά
2. Τριαξονικά
3. Τετραξονικά

Ταξινόμηση των τροχοφόρων οχημάτων σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία:

1. Ομάδα L: Αυτοκινούμενα οχήματα με αριθμό τροχών < 4
2. Ομάδα M: Αυτοκινούμενα οχήματα μεταφοράς προσώπων (λεωφορεία) με τουλάχιστον 4 τροχούς

M1: Λεωφορεία συνολικού βάρους < 3.5 t και αριθμό επιβατών < 9

M2: Λεωφορεία συνολικού βάρους < 5 t και αριθμό επιβατών > 9

M3: Λεωφορεία συνολικού βάρους > 5 t και αριθμό επιβατών > 9

3. Ομάς N: Αυτοκινούμενα οχήματα μεταφοράς αγαθών (φορτηγά) με αριθμό τροχών > 4

N1: Συνολικού βάρους < 3.5 t

N2: Συνολικού βάρους > 3.5 t και < 12 t

N3: Συνολικού βάρους > 12 t

4. Ομάς O: Ρυμουλκούμενα οχήματα

O1: Μονοαξονικά ρυμουλκούμενα οχήματα συνολικού βάρους < 0.75 t

O2: Ρυμουλκούμενα οχήματα συνολικού βάρους > 0.75 t και < 3.5 t

O3: Ρυμουλκούμενα οχήματα συνολικού βάρους > 3.5 t και < 10 t

O4: Ρυμουλκούμενα οχήματα συνολικού βάρους > 10 t

### Β.2 Κανονισμοί που αφορούν οχήματα, όπως έχουν οριστεί από την Ελληνική Νομοθεσία.

(α) Μέγιστη απόσταση μετρούμενη παράλληλα προς το διαμήκη άξονα του οδικού συρμού από το απώτατο εμπρόσθιο εξωτερικό σημείο του χώρου φόρτωσης πίσω από το θάλαμο οδήγησης έως το απώτατο οπίσθιο εξωτερικό σημείο του ρυμουλκούμενου του συνδυασμού, μείον την απόσταση μεταξύ του οπίσθιου άκρου του ρυμουλκούμενου και του εμπρόσθιου άκρου του ρυμουλκούμενου 15,65 m.

(β) Μέγιστη απόσταση μετρούμενη παράλληλα προς το διαμήκη άξονα του οδικού συρμού από το απώτατο εμπρόσθιο εξωτερικό σημείο του χώρου φόρτωσης πίσω από το θάλαμο οδήγησης έως το απώτατο οπίσθιο εξωτερικό σημείο του ρυμουλκούμενου του συνδυασμού 16,40 m.

Νοείται ότι όλες οι επιτρεπόμενες διαστάσεις που περιλαμβάνονται στην παρούσα παράγραφο, μετρούνται χωρίς θετικό περιθώριο ανοχής, βάσει του Προτύπου CYS ISO 612.

Όσον αφορά στο επιτρεπόμενο βάρος:

(γ) Οχήματα που αποτελούν μέρος συνδυασμού οχημάτων:

- |     |                          |       |
|-----|--------------------------|-------|
| i.  | Διαξονικό ρυμουλκούμενο  | 18 t. |
| ii. | Τριαξονικό ρυμουλκούμενο | 24 t. |

(δ) Συνδυασμοί οχημάτων:

- |    |  |       |
|----|--|-------|
| i. | Οδικοί συρμοί με πέντε ή έξι άξονες:                                 |       |
| a. | Διαξονικό όχημα με κινητήρα με τριαξονικό ρυμουλκούμενο              | 40 t. |
| b. | Τριαξονικό όχημα με κινητήρα με διαξονικό ή τριαξονικό ρυμουλκούμενο | 40t.  |

- ii. Αρθρωτά οχήματα με πέντε ή έξι άξονες:
    - a. Διαξονικό όχημα με κινητήρα με τριαξονικό ημιρυμουλκούμενο 40 t.
    - b. Τριαξονικό όχημα με κινητήρα με διαξονικό ή τριαξονικό ημιρυμουλκούμενο 40 t.
    - c. Τριαξονικό όχημα με κινητήρα με διαξονικό ή τριαξονικό ημιρυμουλκούμενο που φέρει, σε περίπτωση συνδυασμένης μεταφοράς εμπορευματοκιβώτιο ISO 40ποδών 44 t.
  - iii. Τετραξονικοί οδικοί συρμοί αποτελούμενοι από διαξονικό όχημα με κινητήρα και από διαξονικό ρυμουλκούμενο 36 t.
  - iv. Τετραξονικά αρθρωτά οχήματα που αποτελούνται από διαξονικό όχημα με κινητήρα και από διαξονικό ημιρυμουλκούμενο, αν η απόσταση των αξόνων του ημιρυμουλκούμενου:
    - a. Είναι ίση προς ή μεγαλύτερη από 1,3 m και ίση προς ή μικρότερη από 1,8 m 36 t.
    - b. Είναι μεγαλύτερη από 1,8 m 36 t
- +2 τόνοι ανοχής όταν τηρούνται το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος του οχήματος με κινητήρα (18 τόνοι) και με μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος του δίδυμου άξονα του ημιρυμουλκούμενου (20 τόνοι) και ο κινητήριος άξονας είναι εξοπλισμένος με διπλά ελαστικά και αναρτήσεις πεπιεσμένου αέρα ή αναρτήσεις αναγνωρισμένες ως ισοδύναμες προς αυτές, όπως αυτές ορίζονται στο Νόμο, όπως εκάστοτε ισχύει.
- v. Οχήματα με κινητήρα:
    - a. Διαξονικά οχήματα με κινητήρα 18 t.
    - b. Τριαξονικά οχήματα με κινητήρες - 25 t- 26 t

Το βάρος που φέρει ο κινητήριος άξονας ή οι κινητήριοι άξονες ενός συνδυασμού οχημάτων δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το 25% του συνολικού βάρους του έμφορτου οχήματος ή συνδυασμού οχημάτων έμφορτου οχήματος ή συνδυασμού οχημάτων όταν χρησιμοποιούνται για διεθνείς μεταφορές.

**(6)<sup>41</sup> Κάθε ρυμουλκούμενο όχημα του οποίου το μικτό βάρος υπερβαίνει τα 750 κιλά θα πρέπει να έχει αποτελεσματικό σύστημα πεδήσεως, όπως αυτό ορίζεται στον περί Έγκρισης Τύπου Οχημάτων Νόμο του 2005 και τους δυνάμει αυτού εκδιδόμενους Κανονισμούς και Διατάγματα**

Ακολουθεί ερμηνεία ορισμένων όρων που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία, σύμφωνα με τους Κανονισμούς 1984 περί μηχανοκίνητων οχημάτων και τροχαίας κινήσεως όπως διαμορφώθηκαν μέχρι το Μάρτιο 2013.

«**αρθρωτόν μηχανοκίνητον όχημα**» σημαίνει οιονδήποτε μηχανοκίνητον όχημα, μετά ρυμουλκούμενου τοιούτου, μη έχοντος πρόσθιον άξονα και ούτω προηρησομένου, ώστε μέρος του ρυμουλκούμενου οχήματος να υπερτίθεται του μηχανοκινήτου οχήματος και σημαντικόν βάρος του ρυμουλκούμενου οχήματος και του φορτίου αυτού να βαρύνη το μηχανοκίνητον όχημα ·

«**ελαφρύ φορτηγό μηχανοκίνητο όχημα**»<sup>42</sup> σημαίνει όχημα της κατηγορίας N1, όπως αυτή ορίζεται στους περί Έγκρισης Τύπου Οχημάτων (Κατηγορίες M, N και O), των Κατασκευαστικών Στοιχείων, Συστημάτων και Χωριστών Τεχνικών Μονάδων τους Κανονισμούς.

«**λεωφορείον**»<sup>43</sup> σημαίνει όχημα των κατηγοριών M2 και M3, όπως αυτές ορίζονται στους περί Έγκρισης Τύπου Οχημάτων (Κατηγορίες M, N και O), των Κατασκευαστικών Στοιχείων και Χωριστών Τεχνικών Μοναδων τους Κανονισμών

<sup>41</sup> Κ.Δ.Π. 189/08

<sup>42</sup> Κ.Δ.Π. 189/08 Επίσημος Εφημερίς Παράρτημα Τρίτον(Ι): 16.6.2005

<sup>43</sup> Κ.Δ.Π. 189/2008

**«φορτηγόν μηχανοκίνητον όχημα»<sup>44</sup>** σημαίνει όχημα της κατηγορίας N, όπως αυτή ορίζεται στους περί Έγκρισης Τύπου Οχημάτων (Κατηγορίες M, N και O), των Κατασκευαστικών Στοιχείων, Συστημάτων και Χωριστών Τεχνικών Μονάδων τους Κανονισμούς

**«φορτηγόν μηχανοκίνητον όχημα βαρέος τύπου»** σημαίνει όχημα των κατηγοριών N2 και N3, όπως αυτές ορίζονται στους περί Έγκρισης Τύπου Οχημάτων (Κατηγορίες M, N και O), των Κατασκευαστικών Στοιχείων, Συστημάτων και Χωριστών Τεχνικών Μοναδων τους Κανονισμούς

**«ημιρυμουλκούμενο»<sup>45</sup>** σημαίνει όχημα που προορίζεται να είναι ζευγμένο σε όχημα με κινητήρα με τρόπο ώστε ένα μέρος του ρυμουλκούμενου αυτού να στηρίζεται στο όχημα με κινητήρα και ένα σημαντικό μέρος του βάρους του και του βάρους του φορτίου του να αναλαμβάνεται από το εν λόγω όχημα, και το οποίο λόγω της κατασκευής και της διαμόρφωσής του, προορίζεται για τη μεταφορά εμπορευμάτων,

**«ρυμουλκούμενο»** σημαίνει όχημα που προορίζεται να είναι ζευγμένο σε όχημα με κινητήρα, εκτός από τα ημιρυμουλκούμενα, και το οποίο λόγω της κατασκευής και της διαμόρφωσής του, προορίζεται για τη μεταφορά εμπορευμάτων,

---

<sup>44</sup> Κ.Δ.Π. 189/08

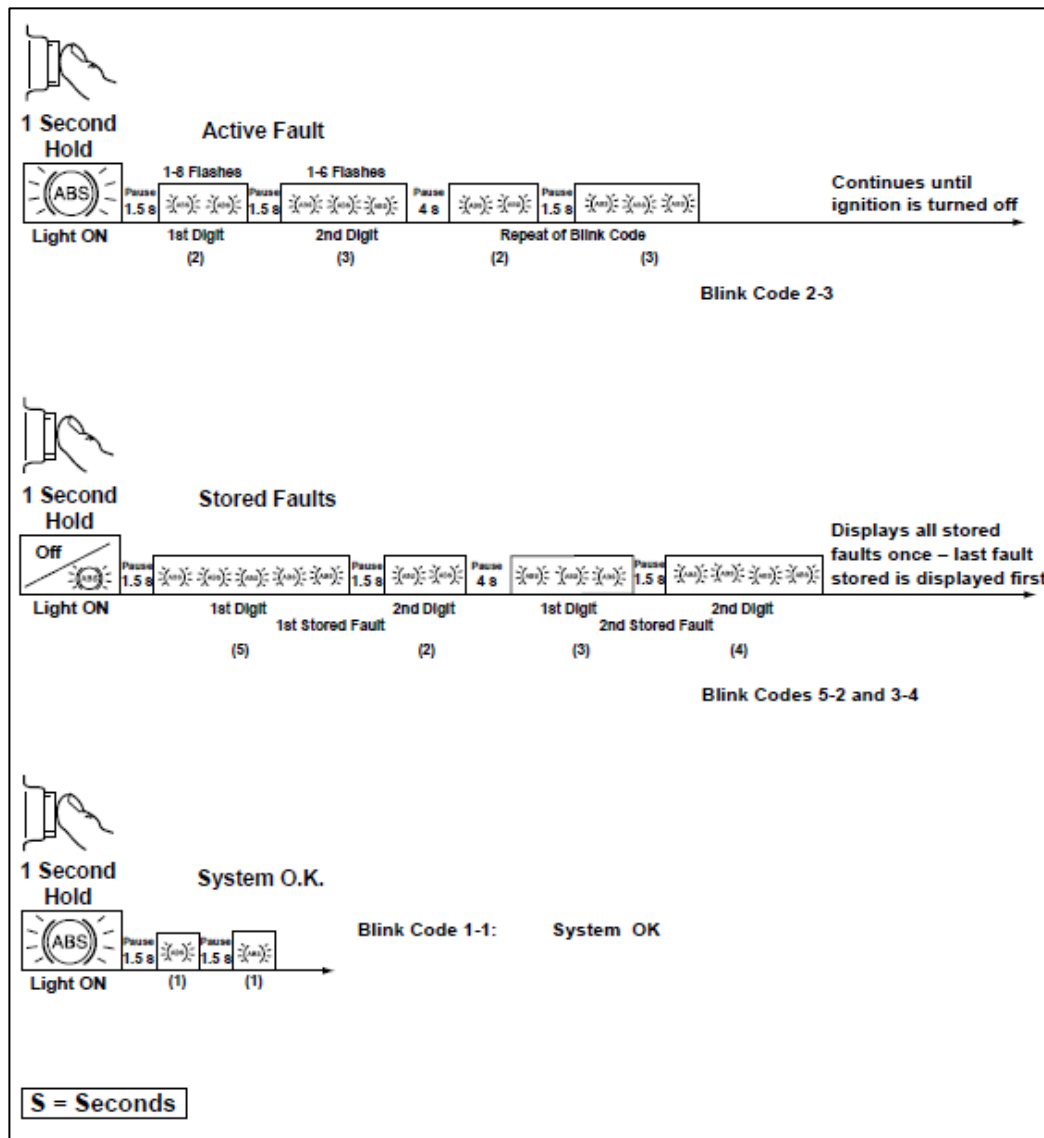
<sup>45</sup> Κ.Δ.Π 194/05



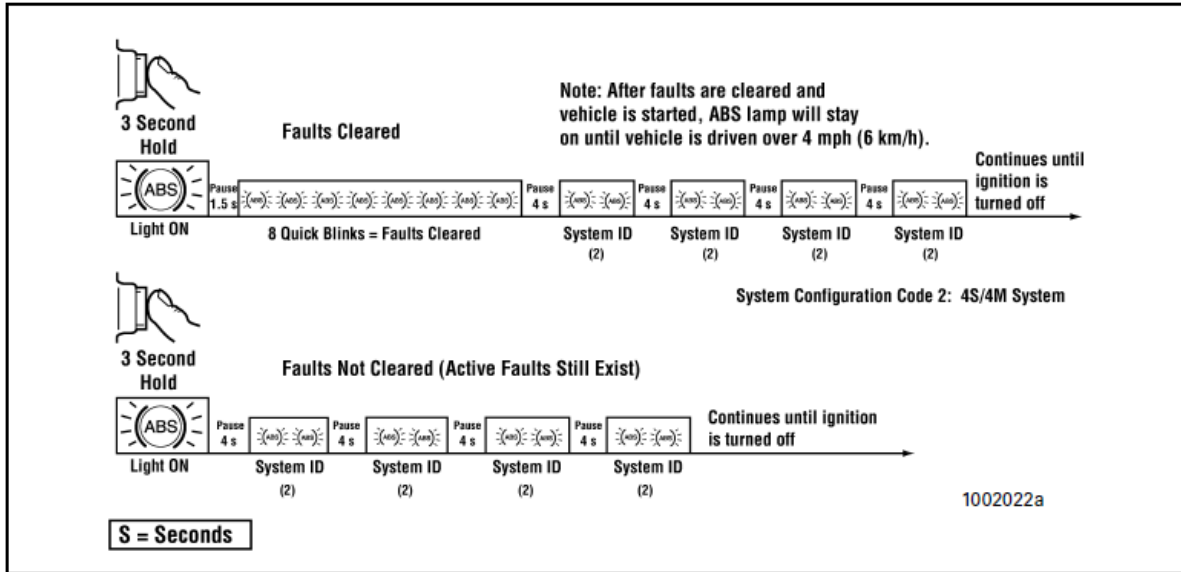
### B.3 Διάγνωση βλαβών με τη μέθοδο Blink Code Diagnostics

Η διαδικασία που ακολουθείται για την διάγνωση βλαβών με τη μέθοδο Blink Code Diagnostics είναι η ακόλουθη:

Πίνακας 21 Παρουσίαση Blink Code Diagnostics



Πίνακας 22 Συνέχεια από προηγούμενο πίνακα



Πίνακας 23 Αναγνώριση και επεξήγηση των κωδικών

Blink Code Identification	
First Digit (Type of Fault)	Second Digit — Specific Location of Fault
1 No faults	1 No Faults
2 ABS modulator valve	1 Right front steer axle (curb side)
3 Too much sensor gap	2 Left front steer axle (driver's side)
4 Sensor short or open	3 Right rear drive axle (curb side)
5 Sensor signal erratic	4 Left rear drive axle (driver's side)
6 Tooth wheel	5 Right rear/additional axle (curb side)*
	6 Left rear/additional axle (driver's side)*
7 System function**	1 J1922 or J1939 datalink
	2 ATC valve
	3 Retarder relay (third brake)
	4 ABS indicator lamp
	5 ATC configuration
	6 Reserved for future use
8 ECU	1 Low power supply
	2 High power supply
	3 Internal fault
	4 System configuration error
	5 Ground

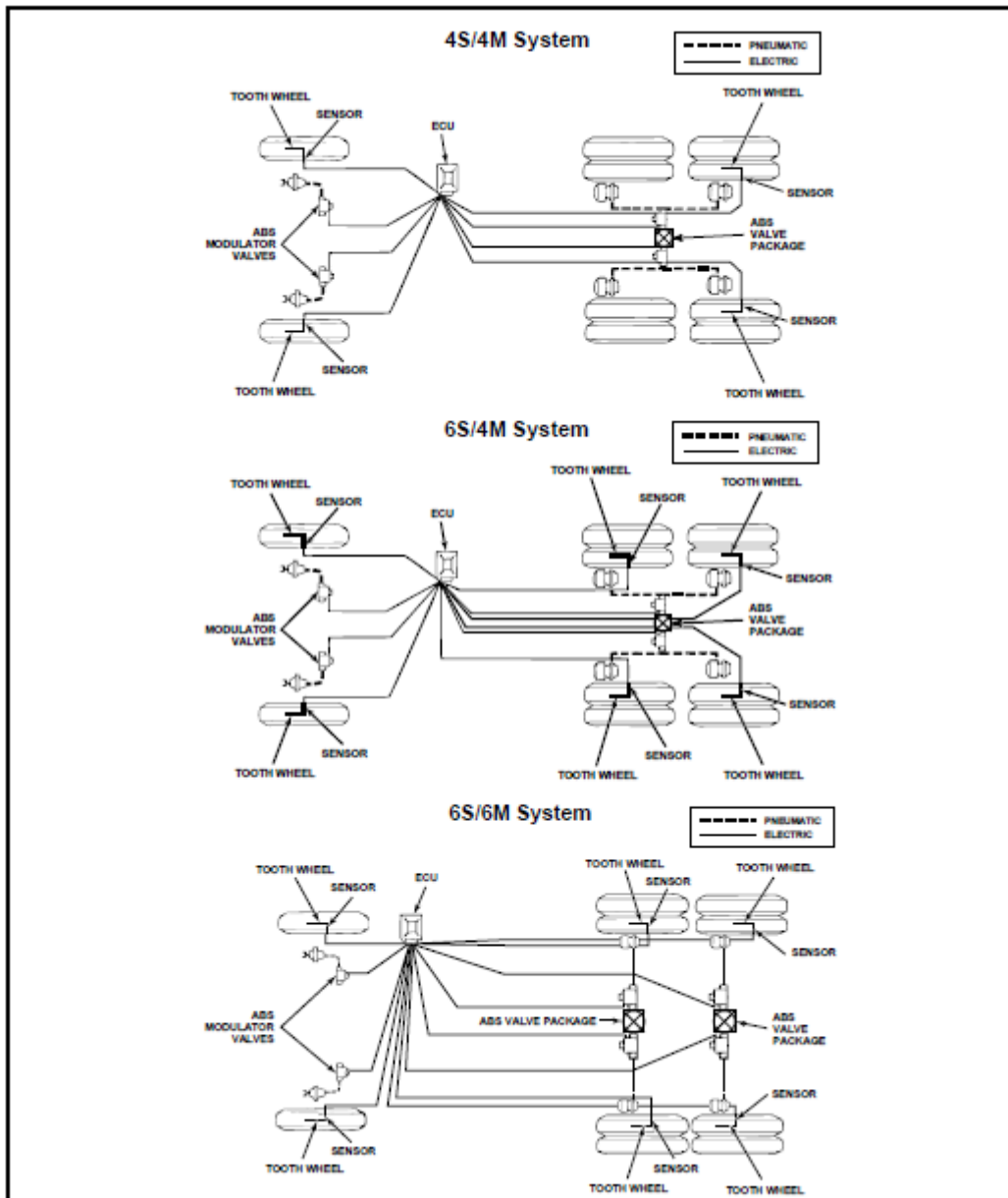
\* Tandem, lift, tag or pusher axle depending upon the type of suspension.

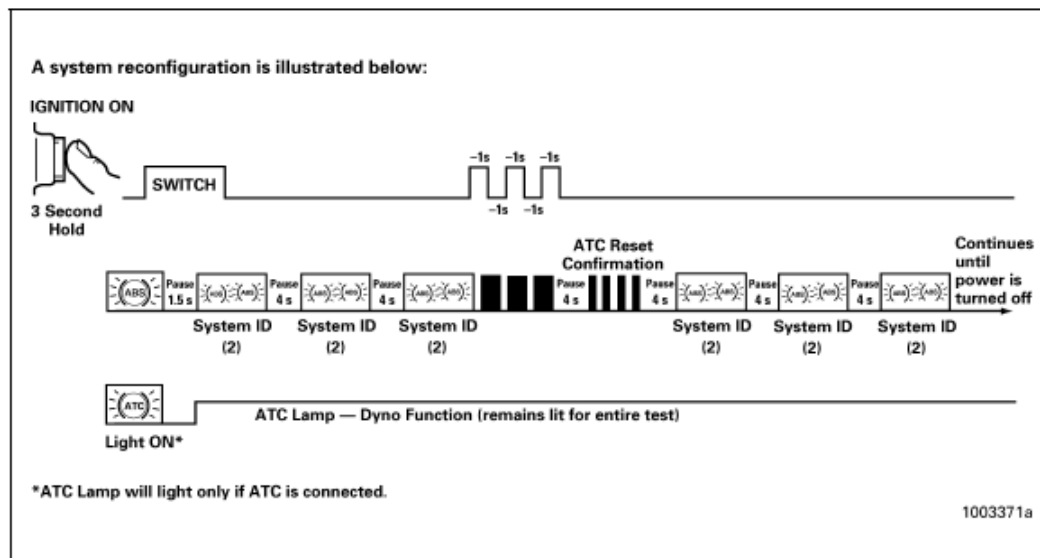
\*\* If this code continues after all repairs have been made — or if you receive a code for a component that is not installed on the vehicle — it may be necessary to reconfigure the ECU. Contact ArvinMeritor's Customer Service Center at 800-535-5560 for reconfiguration information.

Blink Code	Action Required	Reference
2-1 2-4	Check ABS modulator valve, valve cable, and connectors.	Refer to "Valve Tests," page 30.
2-2 2-5	12-volt system: Verify 4.0-9.0 ohms resistance (ABS modulator valve).	
2-3 2-6	24-volt system: Verify 11.0-21.0 ohms resistance (ABS modulator valve).	
3-1 3-4	Adjust wheel sensor to touch tooth wheel.	Refer to "Sensor Adjustment," page 29, "Sensor Output Voltage Test," page 29, and "Component Tests," page 24.
3-2 3-5	Check sensor gap.	
3-3 3-6	Check for loose wheel bearings or excessive hub runout. Verify minimum 0.2 volts AC output @ 30 RPM.	
4-1 4-4	Check sensor, sensor cable, and connectors.	Repair or replace as needed.
4-2 4-5	Verify 900-2000 ohms resistance.	
4-3 4-6		
5-1 5-4	Check for tire size mismatch or tooth wheel difference.	Refer to "Tire Size Range," page 28.
5-2 5-5	Check sensor, sensor cable, and connector for intermittent contact.	
5-3 5-6		
6-1 6-4	Check for damaged tooth wheel.	Repair or replace as needed.
6-2 6-5		
6-3 6-6		
7-1*	Check for proper data link connection (J1922 and J1939). Verify wheel spin on each axle.	Refer to wiring diagram in Appendix II.
7-2*	Check ATC Valve, valve cables, and connectors. Verify 7 to 14 ohms resistance for a 12-volt system, 28-49 ohms resistance for a 24-volt system.	Refer to "Valve Tests," page 30.
7-3*	Check retarder (third brake) connections.	Refer to wiring diagram in Appendix II.
7-4*	Check ABS indicator light connections. Verify blink code switch was activated longer than 16 seconds.	
7-5*	Verify proper ATC set-up.	Verify engine data link connection.
7-6*	Verify accuracy of blink code and clear from ECU memory.	Refer to "Blink Code Diagnostics," page 16.
8-1	Check for low voltage. Check vehicle voltage, fuse, and supply to ECU (9.5-14 volts).	Refer to wiring diagram in Appendix II and "Voltage Check," page 28.
8-2	Check for high voltage. Check vehicle voltage (9.5-14 volts for a 12-volt system, 18-30 volts for a 24-volt system). Verify accuracy of blink code and clear from ECU memory.	Refer to "Voltage Check," page 28, and "Blink Code Diagnostics," page 16.
8-3	Verify accuracy of blink code and clear from ECU memory.	Refer to "Blink Code Diagnostics," and "Clear Mode," page 15.
8-4	Verify all ECU connectors are in place. Verify accuracy of blink code and clear from ECU memory. <i>If code does not clear, it may be necessary to replace the ECU.</i>	Contact ArvinMeritor's Customer Service Center at 800-535-5560.
8-5	(Full function, cab-mounted only) Check all ABS valve ground connections for diagonals 1 and 2 (open, shorted to ground or shorted to battery).	Refer to wiring diagram in Appendix II.

\* If this code continues after all repairs have been made — or if you receive a code for a component that is not installed on the vehicle — it may be necessary to reconfigure the ECU. Contact ArvinMeritor's Customer Service Center at 800-535-5560 for reconfiguration information.

## Β.4 Διαμορφώσεις του Συστήματος Αντιμπλοκαρίσματος Τροχών





Action	Result	Reason
<p>1 Turn ignition <b>ON</b>.</p> <p>2 Press and hold blink switch for at least three seconds.</p> <p><b>NOTE:</b> Do not hold this switch longer than seven seconds.</p>	<p>ABS lamp displays the ABS system configuration code*:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• One blink: 6S/6M</li> <li>• Two blinks: 4S/4M</li> <li>• Four blinks: 6S/4M</li> </ul> <p>* The ABS lamp may display eight quick flashes before the system configuration code begins.</p>	<p>Stored faults cleared, no active faults present. Continue with reconfiguration.</p> <p><b>NOTE:</b> The reconfiguration procedure can not be conducted if there are active faults present. These must be repaired before proceeding with the reconfiguration.</p>
Observe the ABS and ATC lamps.	<p>ATC lamp comes on and stays on.</p> <p>ABS lamp will continuously blink the system configuration code.</p>	<p>A complete ATC system — including an ATC lamp — is installed. If not, the ATC lamp will not come on.</p> <p>ECU reconfiguring the system.</p> <p>The ECU checks the following components and reprograms itself based on the new system:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ATC valve AND/OR</li> <li>• Retarder relay AND/OR</li> <li>• Datalink SAE J1922 or J1939</li> </ul>
<p>While the configuration code is flashing, press the blink code switch three times (one second each, with a one second pause between each).</p> <p>Turn ignition <b>OFF</b>.</p>	<p>ABS lamp displays <b>four quick flashes</b>, followed by a continuous display of the system configuration code.</p> <p><b>NOTE:</b> System configuration code continues until ignition is turned OFF.</p>	Successfully reconfigured.

## B.5 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων από τον οργανισμό Euro NCAP για το μοντέλο Mercedes-Benz GLA-Class 'Urban'



### Mercedes-Benz GLA-Class

Mercedes-Benz GLA-Class GLA200 CDI 'Urban' 4x2, LHD

2014 ★★★★★



ADULT OCCUPANT



CHILD OCCUPANT



PEDESTRIAN



SAFETY ASSIST

#### DETAILS OF TESTED CAR

#### ADULT OCCUPANT

Total 37 pts | 96%

#### CRASH TEST PERFORMANCE

##### FRONT OFFSET

15,4 pts



Driver



Passenger

##### SIDE CAR

8 pts

##### SIDE POLE

7,7 pts



Side car



Side pole

##### FRONT OFFSET

###### HEAD

Driver airbag contact stable

Passenger airbag contact stable

###### CHEST

Passenger compartment stable

Windscreen Pillar rearward none

Steering wheel rearward none

Steering wheel upward none

Chest contact with steering wheel none

###### UPPER LEGS, KNEES AND PELVIS

Stiff structures in dashboard none

Concentrated loads on knees none

###### LOWER LEGS AND FEET

Footwell Collapse none

Rearward pedal movement Brake - 18mm

Upward pedal movement none

##### SIDE

Head protection airbag Yes

Chest protection airbag Yes



## WHIPLASH PROTECTION

### FRONT, REAR SEATS

2,7 pts



Front seats



Rear seats



### HEAD RESTRAINT

Seat description	Standard fabric+Artico, 6 way manual
Head restraint type	Passive
Front geometric assessment	2 pts

#### TESTS

- High severity	2,3 pts
- Medium severity	2,4 pts
- Low severity	2,5 pts

### AEB CITY 3 pts

System name	Collision Prevention Assist Plus
Fitment	Standard

## CHILD OCCUPANT

Total 43 pts | 88%

### CRASH TEST PERFORMANCE

#### 18 MONTH OLD CHILD

Restraint	Römer BabySafe
Facing	rearward facing
Installation	Adult seatbelt



PERFORMANCE 12 pts

#### FRONTAL IMPACT

Head forward movement	protected
Head acceleration	good
Chest load	good

#### SIDE IMPACT

Head containment	protected
Head acceleration	good

#### 3 YEAR OLD CHILD

Restraint	Römer Duo Plus
Facing	forward facing
Installation	ISOFIX and TopTether



PERFORMANCE 10,1 pts

#### FRONTAL IMPACT

Head forward movement	protected
Head acceleration	good
Chest load	fair

#### SIDE IMPACT

Head containment	protected
Head acceleration	good

## CHILD SAFETY FEATURES AND CRS INSTALLATION CHECK



Safety features score	9 pts
Installation check score	12 pts

Pass	Install without problem
Partial Fail	Install with care
Fail	Safety critical problem
Exempt	Installation not allowed



**SAFETY ASSIST**

Total 9 pts | 70%

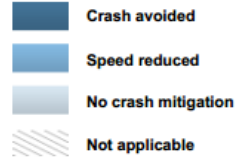
<b>SPEED ASSISTANCE SYSTEM</b>	<b>1,3 pts</b>
Optional (meeting fitment requirements)	
Speed Information	Not applicable
Speed Assistance (Manual)	Pass

<b>ELECTRONIC STABILITY CONTROL (ESC)</b>	<b>3 pts</b>
- ESP	Meets requirements

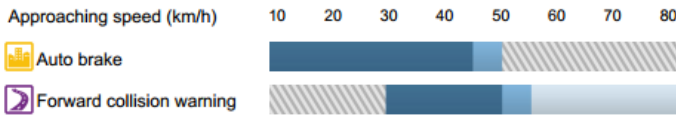
<b>SEATBELT REMINDER</b>	<b>3 pts</b>
- driver and passenger	Pass
- rear	Pass

<b>LANE SUPPORT SYSTEMS</b>	<b>0 pts</b>
Optional (not meeting fitment requirements)	
Lane Departure Warning	

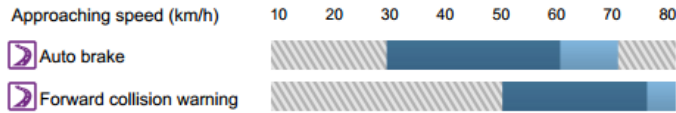
<b>AEB INTERURBAN SYSTEMS</b>	<b>1,8 pts</b>
Collision Prevention Assist Plus	Standard
Human machine interface	Default On
Performance	



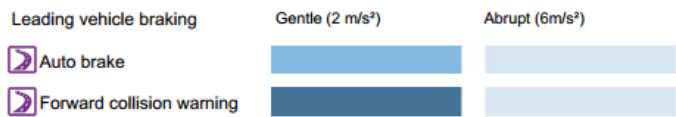
**APPROACHING A STATIONARY VEHICLE**



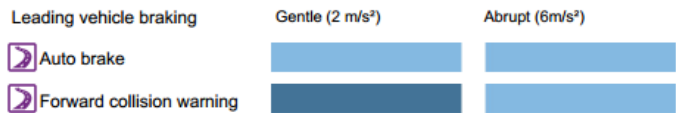
**APPROACHING A SLOW MOVING VEHICLE**



**APPROACHING A BRAKING VEHICLE WITH SHORT HEADWAY**



**APPROACHING A BRAKING VEHICLE WITH LONG HEADWAY**



**PEDESTRIAN**

Total 24 pts | 67%



<b>HEAD</b>	18,4 pts
<b>PELVIS</b>	0 pts
<b>LEG</b>	6 pts



**EURO NCAP ADVANCED REWARDS**

2011 - Mercedes-Benz Attention Assist  
2010 - Mercedes-Benz PRE-SAFE®

