

**ΟΙ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΑ
ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ ΤΗΣ ΠΟΛΕΜΙΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ.**

*Η εργασία υποβάλλεται για την μερική κάλυψη των απαιτήσεων με στόχο την
απόκτηση του διπλώματος*

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ LOGISTICS

από

ΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Καρανικόλας Γρηγόριος (ΜΠΛ/0802)

Κρικέλλης Ζ. Αναστάσιος (ΜΠΛ/0812)

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



Πειραιάς 2010

ΘΑ ΘΕΛΑΜΕ ΝΑ ΕΚΦΡΑΣΟΥΜΕ ΤΙΣ ΠΙΟ ΘΕΡΜΕΣ ΜΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ ΣΤΟΝ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΥΡΙΟ ΙΩΑΝΝΗ ΒΟΣΣΟ, ΑΝ. ΓΕΝΙΚΟ ΔΙΕΥΘΥΝΤΗ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΥΤΙΜΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ, ΤΗΝ ΑΡΙΣΤΗ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΑΣ, ΤΙΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΥΠΟΛΕΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΡΚΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

Copyright © Καρανικόλας Γρηγόριος
Κρικέλλης Αναστάσιος, Πειραιάς Σεπτέμβριος 2010

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Σκοπός της Εργασίας.....	11
Περίληψη.....	12
Κεφάλαιο 1^ο / Συντήρηση.....	14
1.1 Εισαγωγή.....	14
1.2 Συντήρηση – ορισμός.....	15
1.3 Βασικοί Στόχοι Συντήρησης.....	19
1.4 Μέθοδοι Συντήρησης.....	22
1.4.1 Διορθωτική Συντήρηση (Breakdown Maintenance).....	24
1.4.1.1 Στάδια διορθωτικής συντήρησης.....	25
1.4.1.2 Στόχοι Διορθωτικής Συντήρησης.....	28
1.4.1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα.....	30
1.4.2 Προληπτική Συντήρηση (Preventative Maintenance).....	32
1.4.2.1 Ορισμός Προληπτικής Συντήρησης.....	33
1.4.2.2 Είδη Προληπτικής Συντήρησης.....	34
1.4.2.3 Στάδια - Οργάνωση προληπτικής συντήρησης.....	35
1.4.2.4 Στόχοι της προληπτικής συντήρησης.....	37
1.4.2.5 Καθορισμός χρονικών ορίων προληπτικών αντικαταστάσεων.....	41
1.4.3 Παράδειγμα (MTBF).....	43
1.4.4 Ευκαιριακή Συντήρηση.....	47
1.4.5 Επιβελτιωτική Συντήρηση / Αναβάθμιση Εξοπλισμού.....	47
1.4.5.1 Ορισμός.....	47
1.4.5.2 Αιτίες Συντήρησης.....	48
<i>Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος</i>	4

1.4.5.3 Αιτίες παραγωγής και πωλήσεων.....	48
1.4.5.4 Στόχοι της επιβελτιωτικής συντήρησης.....	49
1.4.5.5 Οργάνωση επιβελτιωτικής συντήρησης.....	49
1.4.6 Προβλεπτική Συντήρηση.....	50
1.4.6.1 Ορισμός.....	50
1.4.6.2 Μέθοδοι προβλεπτικής συντήρησης.....	52
1.4.6.3 Μέθοδος περιοδικού ελέγχου στάθμης ταλαντώσεων / κραδασμών του εξοπλισμού.....	53
1.4.6.4 Ανάλυση υπέρυθρης ενέργειας για προβλεπτική συντήρηση μηχανών με κάμερες υπέρυθρων ακτίνων.....	56
1.4.6.5 Πλεονεκτήματα προβλεπτικής Συντήρησης.....	58
1.4.6.6 Προβλεπτική συντήρηση και e-Maintenance.....	59
1.4.7 Οι Δυνατότητες και τα Οφέλη της Ηλεκτρονικής Συντήρησης.....	61
1.4.8 Φιλοσοφία Reliability Centered Maintenance (RCM) και Risk Based Maintenance (RBM).....	65
1.4.8.1 Εφαρμογή της RCM.....	70
1.4.8.2 Συντήρηση βασισμένη στο κίνδυνο (RBM).....	71
1.4.9 Φιλοσοφία Συντήρησης TPM.....	73
1.4.9.1 Ορισμός.....	73
1.4.9.2 Στόχος TPM.....	75
1.4.9.3 Γιατί TPM;.....	76
1.5 Τεχνικές Μέτρησης και Βελτίωσης.....	79
1.5.1 Χρησιμοποίηση.....	80
1.5.2 Διαθεσιμότητα.....	80

1.5.3 Αξιοπιστία.....	81
1.5.4 Δείκτης Παραγωγικής Διαδικασίας.....	82
1.5.5 Δείκτης Ποιότητας.....	82
1.5.6 Συνολική Αποδοτικότητα Εξοπλισμού.....	83
1.5.7 Κόστος Συντήρησης ανά Μονάδα Χρόνου.....	83
1.5.8 Σύγκριση με δεδομένα πρότυπα.....	84
1.5.9 Στατιστικές συγκρίσεις.....	85
1.5.10 Ανάλυση γραμμής τάσης.....	87
1.5.11 Τεχνικές Benchmarking.....	88
1.5.12 Παράγοντες επιτυχίας.....	89
1.5.13 Τιμές στόχοι.....	89
1.5.14 Συνειδητοποίηση της φυσικής μεταβλητότητας.....	89
1.5.15 Σύνδεση με ενέργειες βελτίωσης.....	90
Κεφάλαιο 2^ο / Η Συντήρηση στη Πολεμική Αεροπορία.....	91
2.1 Πρόλογος.....	91
2.2 Η φιλοσοφία συντήρησης της Π.Α.....	92
2.3 Επίπεδα συντήρησης στη Π.Α.....	92
2.4 Συντήρηση και Εκπαίδευση στη Π.Α.....	96
2.5 Τεχνικά Εγχειρίδια.....	97
2.6 Μέθοδοι Συντήρησης στη Π.Α.....	100
2.6.1 Πρόλογος.....	100
2.6.2 Η διορθωτική συντήρηση στη Π.Α.....	101
2.6.3 Τάγμα.....	103
<i>Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος</i>	6

2.6.4 Η προληπτική Συντήρηση στη Π.Α.....	104
2.6.4.1 Συστήματα.....	105
2.6.4.2 Αεροκινητήρας.....	105
2.6.4.3 Δομικά στοιχεία.....	106
2.6.4.4 Μορφές Προληπτικής Συντήρησης.....	110

Κεφάλαιο 3^ο / Αξιοπιστία.....112

3.1 Πρόλογος.....	112
3.2 Ορισμός Αξιοπιστίας.....	113
3.3 Υπολογισμός Αξιοπιστίας Εξοπλισμού.....	115
3.3.1 Αξιοπιστία και εξωτερικό περιβάλλον.....	115
3.3.2 Αξιοπιστία και ανθρώπινο δυναμικό.....	115
3.3.3 Αξιοπιστία ποιοτικά πρότυπα και τυποποίηση.....	116
3.4 Βασικές έννοιες / Υπολογισμός αξιοπιστίας.....	118
3.5 Επισκευάσιμα και μη επισκευάσιμα συστήματα.....	121
3.6 Αξιοπιστία συστήματος-Διαγράμματα Ροής Αξιοπιστίας.....	121
3.7 Διάταξη Συστημάτων.....	122
3.8 Υποστηριξιμότητα συντήρησης (Maintenance Supportability).....	125
3.9 Διαθεσιμότητα (Availability).....	125

Κεφάλαιο 4^ο / Η Έννοια της Εφοδιαστικής Υποστήριξης - Supportability & Logistics.....128

4.1 Γενικά.....	128
4.2 Logistics Support, Έννοια και Σημασία.....	130

4.3 Κύρια Στοιχεία Logistics για την εξασφάλιση της λειτουργίας ενός συστήματος.....	135
4.4 Logistics Support και System Operational Effectiveness.....	138
4.5 Οι Τρεις Κύριες Φάσεις των Logistics που αφορούν σε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο ενός συστήματος ή εξοπλισμού.....	143
4.5.1 Η φάση της σωστής χρήσης του εξοπλισμού (use phase).....	144
4.5.2 Το στάδιο των φυσικών απαιτήσεων του εξοπλισμού (physical requirements stage).....	144
4.5.3 Η φάση των λειτουργικών απαιτήσεων (functional requirements phase).....	145
4.6 Οι βασικές Αρχές του Logistics Support στα πλαίσια υποστήριξης πολύπλοκων συστημάτων.....	146
4.7 System Logistics.....	150
4.8 Η σπουδαιότητα του Integrated Logistics Support στην υποστήριξη πολύπλοκων συστημάτων.....	152
4.8.1 Συνεργασία στα πλαίσια της ολοκληρωμένης εφοδιαστικής υποστήριξης.....	162
4.8.2 Οι Στόχοι του ILS.....	163
4.9 Ο Κύκλος Απόκτησης Υλικού.....	164
4.9.1 Στάδιο προετοιμασίας.....	165
4.9.2 Στάδιο ανάπτυξης εναλλακτικών σεναρίων.....	166
4.9.3 Στάδιο απόδειξης και τεκμηρίωσης.....	167
4.9.4 Στάδιο μηχανολογικής και κατασκευαστικής ανάπτυξης (EMD).....	167
4.9.5 Το στάδιο της παραγωγής και ανάπτυξης επιχειρησιακού εξοπλισμού.....	168
4.9.6 Επιχειρησιακό και υποστηρικτικό στάδιο.....	169
4.9.7 Το στάδιο της απαλλαγής (disposal, recycling & demilitarization).....	169
4.10 Το Κόστος του Κύκλου Ζωής ενός Συστήματος (Life – Cycle Cost).....	171

4.10.1 Στοιχεία Κόστους.....	173
4.10.1.1 Acquisition Costs.....	174
4.10.1.2 Operation & Support Costs.....	177
4.10.1.3 Disposal Cost.....	179
4.10.2 Τα Χαρακτηριστικά του Μοντέλου Κοστολόγησης.....	180
4.11 Εξοπλισμός Υποστήριξης.....	182
4.11.1 Ταξινόμηση Εξοπλισμού Υποστήριξης.....	184
4.11.2 Προσδιορισμός Απαιτήσεων Εξοπλισμού Υποστήριξης.....	185
4.12 Εφοδιαστική Υποστήριξη - Πρόβλεψη και Προμήθεια Ανταλλακτικών.....	187
4.13 Οι Απαιτήσεις των Υλικών.....	189
4.13.1 Spares Pipeline.....	194
4.14 Η Προμήθεια των Υλικών.....	194
4.15 Διαχείριση Αποθεμάτων.....	200
4.15.1 Το Πρόβλημα Διαχείρισης Αποθεμάτων.....	202
4.15.2 Σκοπός Διατήρησης Αποθεμάτων.....	202
4.15.3 Στοιχεία Κόστους Αποθεμάτων.....	203
4.15.4 Τύποι Αποθεμάτων.....	204
4.15.5 Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων.....	207
4.16 Η έννοια της Οικονομικής Ποσότητας Παραγγελίας (EOQ).....	208
4.17 Σύνοψη.....	210

Κεφάλαιο 5^ο / Η Εφοδιαστική Υποστήριξη των Αεροσκαφών της Πολεμικής Αεροπορίας.....213

5.1 Εισαγωγικά.....	213
---------------------	-----

5.2 Ο ρόλος και η δομή του 201 Κέντρου Εφοδιασμού (201 ΚΕΦΑ).....	216
5.3 Τομέας Διοίκησης Υλικού.....	219
5.3.1 Ο τρόπος αξιολόγησης μιας απαίτησης.....	222
5.4 Τομέας Ανεφοδιασμού.....	225
5.5 Τομείς Γενικών Αποθηκών και Παραλαβής & Αποστολής Υλικού.....	227
5.6 Τομέας Μηχανοργάνωσης.....	228
5.7 Το Μηχανογραφικό Σύστημα Παρακολούθησης Υλικού (ΜΗΣΠΥ).....	229
Συμπεράσματα.....	235
Ευρετήριο Σχημάτων / Εικόνων.....	237
Ευρετήριο Ακρωνύμιων.....	244
Βιβλιογραφία / Πηγές.....	247

Σκοπός της Εργασίας

Η ιδέα του θέματος της παρούσας διπλωματικής γεννήθηκε με το πέρας του μαθήματος επιλογής «**Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων**», του οποίου υπεύθυνος καθηγητής υπήρξε ο κύριος Βόσσος. Η σπουδαιότητα και η τεράστια σημασία των Logistics στο σύγχρονο επιχειρείν αποτελεί πλέον δογματική αρχή για όλους τους τελειόφοιτους μεταπτυχιακούς φοιτητές του τμήματος Logistics. Μέσα σε αυτή την αρχή ήρθε να προστεθεί και ακόμα μια πολύ σημαντική έννοια, αυτή της Συντήρησης. Εκμεταλλευόμενοι την προσωπική εμπειρία (περίπου δεκαετή) που είχαμε ο ένας στον χώρο της εφοδιαστικής αλυσίδας της Π.Α και ο άλλος στον τομέα της συντήρησης των αεροσκαφών, θελήσαμε να καταγράψουμε την σχέση των δύο αυτών εννοιών, όχι όμως ως αυτόνομες και μοναδιαίες έννοιες αλλά ως ένα αλληλένδετο ενιαίο σύνολο. Διαβάζοντας κάποιος λοιπόν την παρούσα εργασία θα μπορεί να αποκτήσει μια συνολική εικόνα των εννοιών Logistics –Συντήρηση βελτιώνοντας παράλληλα τις διαδικασίες του συστήματος του. Ειδικότερα στον χώρο της Π.Α επιδιώκουμε μέσω της παρούσας να καλύψουμε τα όποια γνωστικά κενά υπάρχουν στο προσωπικό συντήρησης και στο προσωπικό του εφοδιασμού πιστεύοντας ότι κατά αυτό τον τρόπο θα οδηγηθούμε σε αύξηση της αποτελεσματικότητας, της αποδοτικότητας καθώς και σε εξοικονόμηση πόρων. Τέλος η παρούσα μπορεί να αποτελέσει εγχειρίδιο για τους φοιτητές της Σχολής Ικάρων (επί το πλείστον των μηχανικών και των εφοδιαστών) δίνοντας τους κάποια αρχικά αλλά σημαντικά γνωστικά εφόδια πάνω στον τομέα της Συντήρησης και των Logistics.

Περίληψη

Με την εκπόνηση της παρούσας εργασίας επιχειρούμε την προσέγγιση σε δύο από τα βασικότερα «κομμάτια», τόσο της ανάπτυξης πολύπλοκων (και μη) συστημάτων όσο και της εν γένει παραγωγής,

- της **συντήρησης - αξιοπιστίας** του εξοπλισμού και
- των **logistics** που υποστηρίζουν τόσο την συντήρηση όσο και ολόκληρο το σύστημα παραγωγής γενικότερα.

Επιχειρούμε δε να αναπτύξουμε και να αναλύσουμε τα διάφορα παρακλάδια των δύο όρων ώστε να κατανοήσουμε τη σημασία τους αλλά και την φιλοσοφία σχεδιασμού και ανάπτυξης τους στο πέρασμα του χρόνου. Παράλληλα θα αναφερθούμε στο πως αυτές οι δύο έννοιες είναι δομημένες στο χώρο της **Πολεμικής Αεροπορίας** εκμεταλλευόμενοι την όποια εμπειρία μας, καθώς και την πολύτιμη βοήθεια του επιβλέποντα την εργασία, κ. Ι. Βόσσου, Διευθυντή Υποστήριξης της Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας .

Προκειμένου να καλυφθεί το ευρύτερο φάσμα των υπό εξέταση εννοιών δίνονται οι ορισμοί της συντήρησης, της αξιοπιστίας, της **διαθεσιμότητας** των μέσων/μηχανών και της **εφοδιαστικής υποστήριξης**. Αναφέρονται οι **βασικοί στόχοι της συντήρησης** και αναλύονται οι διάφορες **μέθοδοι**. Γίνεται λόγος για την “φιλοσοφία” συντήρησης **TPM** αλλά και για τη σπουδαιότητα του **e-maintenance**. Περιγράφονται οι διάφορες **τεχνικές μέτρησης κόστους και απόδοσης** του συστήματος ενώ παράλληλα εξετάζονται οι βασικές έννοιες που συνθέτουν την αξιοπιστία, τους τρόπους υπολογισμού της καθώς και τον τρόπο με τον οποίο οι εκάστοτε διατάξεις των συστημάτων την επηρεάζουν.

Επιπροσθέτως, σκιαγραφούνται οι **βασικές αρχές, τα κύρια στοιχεία και η σημασία της έννοιας της εφοδιαστικής υποστήριξης**. Μνημονεύονται οι κύριες **φάσεις ανάπτυξης**

του *Logistics Support* και εκθέτεται η σπουδαιότητα των στοιχείων του *ILS*. Περιγράφεται ο *κύκλος απόκτησης υλικού*, αναλύεται το *life-cycle cost* ενός συστήματος και δηλώνονται οι *διαδικασίες πρόβλεψης / προμήθειας* ανταλλακτικών και περιγράφεται ο *τρόπος διαχείρισης των αποθεμάτων*.

Πρόκειται για μία προσπάθεια η οποία έχει σαν στόχο την κατανόηση σημαντικών παραμέτρων, ο σωστός συγκερασμός των οποίων, μπορεί να μας οδηγήσει στη δημιουργία και την ανάπτυξη πολύπλοκων συστημάτων τα οποία θα είναι ταυτόχρονα οικονομικά και αποτελεσματικά. Ποιος είναι ο ρόλος και ποιος ο κατάλληλος σχεδιασμός της συντήρησης, της αξιοπιστίας και της εφοδιαστικής υποστήριξης με σκοπό την ανάπτυξη ενός *cost – effective συστήματος*; Πως η Πολεμική Αεροπορία, ως κάτοχος σύγχρονων αεροσκαφών κατορθώνει και συμβαδίζει στα *υψηλά πρότυπα συντήρησης, αξιοπιστίας και εφοδιαστικής υποστήριξης*, που θέτονται από κορυφαίους κατασκευαστικούς οίκους της Αεροπορικής Βιομηχανίας; Είναι καίρια ερωτήματα που προσπαθούν να απαντηθούν στην παρούσα εργασία.

Κατά αυτό τον τρόπο, ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης που θα μελετήσει την εργασία θα καταφέρει να κατανοήσει τη *σημασία των εννοιών, την αλληλένδετη σχέση τους* και πως μέσα από την *επιλογή της σωστής πολιτικής συντήρησης και logistics μπορούμε να αποκτήσουμε το στρατηγικό πλεονέκτημα* έναντι των υπολοίπων στον αγωνιστικό στίβο των συστημάτων παραγωγής.

Κεφάλαιο 1^ο / Συντήρηση

1.1 Εισαγωγή

Η σύγχρονη Βιομηχανία λειτουργεί και αναπτύσσεται έχοντας ως συνεχή επιδίωξη την προσπάθεια μείωσης του κόστους και των αποθεμάτων καθώς και την αύξηση αποδοτικότητας των γραμμών παραγωγής, προσφέροντας υπηρεσίες και προϊόντα τα οποία ανταποκρίνονται πλήρως στις ανάγκες και απαιτήσεις του πελάτη. Σύμμαχο στη προσπάθεια αυτή αποτελεί ο εξειδικευμένος εξοπλισμός. Η ύπαρξη τεχνολογικά εξελιγμένου εξοπλισμού και η διαρκής αυξανόμενη ανάγκη για ανανέωση του, η ανάγκη ελέγχου του κόστους και της ποιότητας παραγωγής καθώς και οι δύσκολες συνθήκες κάτω από τις οποίες λειτουργούν οι επιχειρήσεις σήμερα, οδηγούν στο συμπέρασμα πως βιώσιμες θα είναι εκείνες που μεταξύ των άλλων θα έχουν ολοκληρωμένη και αποτελεσματική οργάνωση της συντήρησης.

Η συντήρηση τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να απομακρύνεται από τον αρχικό, πλήρως βασισμένο στη παραγωγή, σκοπό της καθώς και από τις παραδοσιακές πρακτικές της προληπτικής συντήρησης, των επιθεωρήσεων και των επισκευών και στρέφεται σε πιο σύνθετα αλλά και αποδοτικότερα συστήματα που έχουν ως στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας, της διαθεσιμότητας και της αξιοπιστίας του παραγωγικού εξοπλισμού των επιχειρήσεων. Έτσι έκαναν την εμφάνιση τους προσεγγίσεις και αναλύσεις που βασίζονται στο κίνδυνο και στο κόστος, στην αξιοπιστία και στην κατάσταση του εξοπλισμού (θεωρία κινδύνων). Ο στόχος αυτών των προσεγγίσεων είναι να επικεντρωθούν οι πόροι της συντήρησης και ιδιαίτερα των επιθεωρήσεων στις κρίσιμες (με υψηλότερο κίνδυνο) περιοχές των εγκαταστάσεων/εξοπλισμού. Για τον προσδιορισμό

αυτών των κινδύνων απαιτούνται συγκεκριμένοι μέθοδοι ,αξιόπιστη εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης τους και του αντίκτυπου αυτών κατά τρόπο ποσοτικό. Σχεδόν όλες οι προσεγγίσεις προσπαθούν να αξιολογήσουν την πιθανότητα εμφάνισης ενός ανεπιθύμητου γεγονότος και των συνεπειών που θα επιφέρει από άποψη επίδρασης στο χρόνο (καθυστερήσεις) ,στο κόστος και στην ποιότητα.

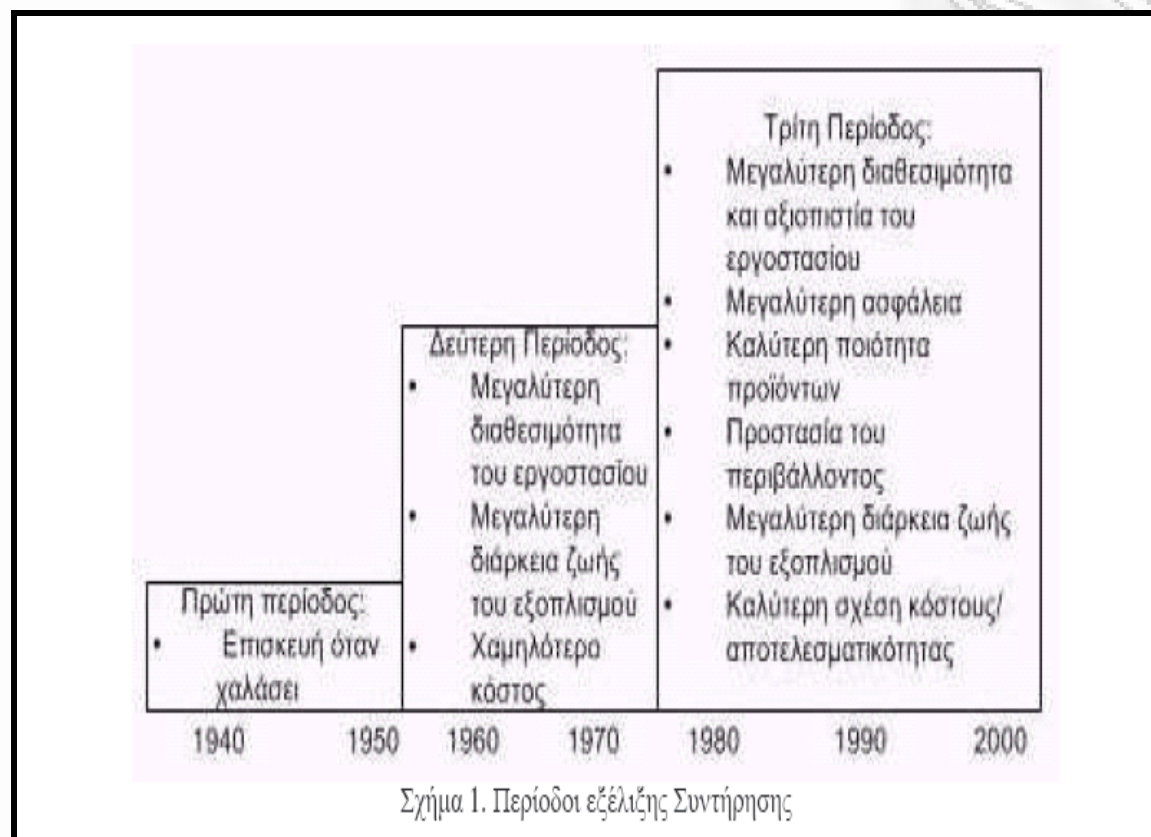
1.2 Συντήρηση - ορισμός

Η συντήρηση αποτελεί για τον Βιομηχανικό εξοπλισμό ότι και η ιατρική επιστήμη για τον άνθρωπο. Δεν μπορούμε να αναφερόμαστε σε λειτουργία κα αποδοτικότητα ενός βιομηχανικού συστήματος χωρίς την ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου και άρτια δομημένου συστήματος συντήρησης. Αυτός είναι και ο σημαντικότερος λόγος για τον οποίο η συντήρηση θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των βιομηχανικών/παραγωγικών συστημάτων από την αρχική τους σχεδίαση, μέχρι το τέλος της ύπαρξής τους.

Ορισμός.

« Συντήρηση είναι η βασική λειτουργία της επιχείρησης , η επιφορτισμένη με τη συνεχή διατήρηση των εγκαταστάσεων/εξοπλισμού που υποστηρίζει ή και εμπορεύεται στις προδιαγεγραμμένες του επιδόσεις του, παρέχοντας προστασία και ασφάλεια από τη χρήση του εξοπλισμού, κρατώντας παράλληλα το συνολικό κόστος στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα. Περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως ο έλεγχος , οι δοκιμές, οι μετρήσεις , οι αντικαταστάσεις, οι ρυθμίσεις των εξαρτημάτων ,οι επισκευές και σε μερικές περιπτώσεις διοικητικές ενέργειες »

Μελετώντας τα ιστορικά δεδομένα , μπορούμε να πούμε πως η εξέλιξη της συντήρησης από το 1930 μέχρι και σήμερα, διακρίνεται σε τρεις περιόδους. Μια σύντομη ιστορική αναδρομή της εξέλιξης αυτής θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε καλύτερα την σύγχρονη μορφή και κουλτούρα συντήρησης .



Σχήμα 1.1 Περίοδοι εξέλιξης Συντήρησης

Πρώτη περίοδος.

Η πρώτη περίοδος καλύπτει το διάστημα μέχρι τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Την περίοδο αυτή η βιομηχανία βασίζεται περισσότερο στο ανθρώπινο δυναμικό από ότι στις μηχανές. Το κόστος μη λειτουργίας αυτών είναι επομένως μικρό και η ιδέα της

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

προληπτικής συντήρησης βρίσκεται σε πολύ χαμηλή προτεραιότητα. Ταυτόχρονα ο εξοπλισμός είναι απλός και σχεδιασμένος με μεγάλο βαθμό ασφαλείας , γεγονός που τον καθιστά αξιόπιστο και εύκολα επισκευάσιμο. Κάθε φορά που διαπιστώνονταν μια βλάβη, το χαλασμένο εξάρτημα επισκευαζόταν, είτε αντικαθίσταται από ένα καινούργιο. Εφαρμοζόταν με λίγα λόγια η διορθωτική συντήρηση (Breakdown or On – Failure Maintenance). Ως εκ τούτου δεν υπάρχει ανάγκη για ένα συστηματικό πρόγραμμα συντήρησης , εκτός από τις συνηθισμένες λειτουργίες καθαρισμού , επισκευής και συμπλήρωσης μέσων λίπανσης.

Δεύτερη περίοδος.

Ο δεύτερος παγκόσμιος πόλεμος ανέτρεψε τις συνθήκες της πρώτης περιόδου με δραματικό τρόπο. Το εργατικό δυναμικό ελαττώθηκε , ενώ ταυτόχρονα η ζήτηση πολεμικών εφοδίων αυξήθηκε κατακόρυφα. Αυτό οδήγησε στη χρήση περισσότερων μηχανών. Τη δεκαετία του 1950 οι μηχανές ήταν περισσότερες και πιο πολύπλοκες, και η βιομηχανία βασιζόταν σε αυτές. Το κόστος μη λειτουργίας έγινε υψηλότερο καθώς αυτή η εξάρτηση μεγάλωνε με το πέρασμα του χρόνου. Στόχος πλέον της συντήρησης ήταν η μείωση του χρόνου αυτού για κάθε μηχανήμα που είχε σχέση με την παραγωγή. Η εξέλιξη αυτή οδήγησε στην ανάπτυξη της ιδέας της προληπτικής συντήρησης (Preventive Maintenance - PM) που υποστήριζε πως οι βλάβες θα μπορούσαν και θα έπρεπε να προβλέπονται. Μέχρι και την δεκαετία του 1960 η προληπτική συντήρηση περιορίζεται στην διενέργεια γενικών επισκευών του εξοπλισμού σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα. Η ανάπτυξη του προγραμματισμού της συντήρησης προκλήθηκε από την

αύξουσα πορεία του κόστους συντήρησης. Σήμερα ο σχεδιασμός είναι αναπόσπαστο τμήμα της διαδικασίας συντήρησης και επιδιώκει να ελαττώσει το κόστος.

Τρίτη περίοδος

Τα τελευταία είκοσι χρόνια έχουν αναπτυχθεί εκατοντάδες νέες τεχνικές και φιλοσοφίες σχετικές με τη συντήρηση. Η κλασική μέθοδος της γενικής επιθεώρησης συμπληρώνεται από νέα εργαλεία :

- Εργαλεία υποστήριξης των αποφάσεων , όπως μελέτες κινδύνων και αναλύσεις των αιτιών και των επιπτώσεων των βλαβών.
- Νέες τεχνικές συντήρησης , όπως καταγραφή της κατάστασης (condition monitoring).
- Ο σχεδιασμός του εξοπλισμού με έμφαση στην αξιοπιστία και στη συντηρησιμότητα.
- Η αλλαγή της μορφής οργάνωσης προς τη συμμετοχή , την ευελιξία και την ομαδική εργασία.

Η σημαντικότερη πρόκληση για το σημερινό στέλεχος του τομέα της συντήρησης είναι αφενός να γνωρίζει όλες τις νέες τεχνικές και αφετέρου να αποφασίζει ποιες από αυτές είναι εφαρμόσιμες και αποτελεσματικές στον οργανισμό που εργάζεται. Παίρνοντας τις σωστές αποφάσεις μπορούμε να βελτιώσουμε την λειτουργία των συστημάτων , ενώ ταυτόχρονα περιορίζουμε το κόστος συντήρησης.

1.3 Βασικοί Στόχοι Συντήρησης

Η μεγάλη σημασία της συντήρησης έγκειται στην σπουδαιότητα των ίδιων των στόχων της. Στη παρούσα παράγραφο θα αναφερθούμε στους βασικούς στόχους ενός καλά οργανωμένου συστήματος συντήρησης αναλύοντας κάθε φορά τις βασικές συνιστώσες που τους απαρτίζουν. Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία αναφέρονται οι εξής:

- *Η ελαχιστοποίηση του κόστους των παραγωγικών απωλειών.*
- *Ελαχιστοποίηση του χρόνου εκτός λειτουργίας του παραγωγικού εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων. Ο χρόνος εκτός λειτουργίας ενός μηχανήματος, ανέκαθεν επηρέαζε αρνητικά την παραγωγική ικανότητα ενός συστήματος παραγωγής, αυξάνοντας τα λειτουργικά του κόστη και δυσχεραίνοντας την εξυπηρέτηση του πελάτη. Από τις δεκαετίες του 60' και του 70' , ο χρόνος αυτός αποτελούσε τον βασικό προβληματισμό των υπεύθυνων συντήρησης βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Οι επιδράσεις που προξενούσε ένα μηχάνημα εκτός λειτουργίας, έγιναν ακόμη πιο καταστρεπτικές με την εφαρμογή των συστημάτων «just in time».*
- *Διατήρηση των χαρακτηριστικών και ικανοτήτων του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων στα πλαίσια των προδιαγραφών του κατασκευαστή τους. Δεν είναι δυνατό να αναφερόμαστε σε παραγωγή που ακολουθεί τα ποιοτικά πρότυπα και τους κανόνες τυποποίησης αν ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός δεν λειτουργεί σύμφωνα με τις αρχικές του προδιαγραφές. Οι σύγχρονες απαιτήσεις για μηδενικές*

ανοχές λάθους δεν αφήνουν κανένα περιθώριο στη χρησιμοποίηση εξοπλισμού που δεν είναι πιστοποιημένος.

- *Η ελαχιστοποίηση του κόστους της λειτουργίας της συντήρησης.* Ως κόστος λειτουργίας της συντήρησης εννοούμε το κόστος μισθών, το κόστος υπεργολαβιών συντήρησης, των ανταλλακτικών και των αναλώσιμων και γενικότερα το κόστος logistics. Προσπάθεια μας είναι η μείωση αυτού του κόστους η οποία μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός ορθού προγραμματισμού και μιας ολοκληρωμένης πολιτικής συντήρησης.

- *Η ελαχιστοποίηση του ολικού κόστους των δύο παραπάνω ποσοτήτων (Θεμελιώδης στόχος της σύγχρονης συντήρησης).* Από το παρακάτω σχεδιάγραμμα παρατηρούμε τη σχέση του συνολικού κόστους (παραγωγικού και λειτουργικού) με την πολιτική συντήρησης που εφαρμόζουμε. Αναλύοντας τη γραφική παράσταση, παρατηρούμε ότι μια αύξηση της συντήρησης επιφέρει μείωση του παραγωγικού κόστους, αλλά από την άλλη προκαλεί και αύξηση του λειτουργικού κόστους (υλικά, ανταλλακτικά, εργατοώρες, κ.λ.π). Αυτό που επιθυμούμε είναι η συντήρηση του βέλτιστου σημείου η οποία θα ελαχιστοποιεί και το ολικό κόστος. Μια πολιτική ελλιπούς συντήρησης ή υπερσυντήρησης από την άλλη θα επέφερε ραγδαία αύξηση του συνολικού κόστους.

ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΧΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ



Σχήμα 1.2 Γραφική Παράσταση Στόχων Συντήρησης

- Μεγιστοποίηση του Ολικού Βαθμού Απόδοσης,

όπου $O.B.A = (\text{Διαθεσιμότητα}) \times (\text{Παραγωγικότητα}) \times (\text{Ποιότητα})$

Σε ότι αφορά στη σημασία και στην έννοια της Διαθεσιμότητας θα αναφερθούμε εκτενώς σε επόμενη παράγραφο. Με τον όρο Διαθεσιμότητα εννοούμε τον καθαρό χρόνο λειτουργίας ή δυνατότητας λειτουργίας των μέσων παραγωγής προς τον συνολικά διαθέσιμο.

Η παραγωγικότητα είναι ο λόγος της παραγομένης ποσότητας ως προς την δυναμικότητα των μέσων παραγωγής.

Τέλος η Ποιότητα αναφέρεται στο λόγο της ποιοτικά αποδεκτής ποιότητας ως προς το σύνολο της παραγόμενης.

• Η προστασία του περιβάλλοντος. Ιδιαίτερα στην εποχή μας γίνεται επιτακτική η εφαρμογή πολιτικών συντήρησης οι οποίες δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον. Αυτό μεταφράζεται ως :

· Συντήρηση εξοπλισμού και διατήρηση αρχικών προδιαγραφών λειτουργίας. (χαμηλές καταναλώσεις, χαμηλοί ρύποι, κλπ)

· Ειδική μεταχείριση-αποθήκευση τοξικών υγρών και ελαιολιπαντικών προς αποφυγή μόλυνσεως του υδροφόρου ορίζοντα αλλά και του περιβάλλοντος.

· Χρησιμοποίηση υλικών και ανάπτυξη μεθόδων συντήρησης φιλικών ως προς το περιβάλλον.

• Η προστασία της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων από τους κινδύνους των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού που χειρίζονται. Η μη τήρηση των απαιτήσεων συντήρησης του κατασκευαστή συνιστά μέγιστο κίνδυνο για το προσωπικό αφού μια αστοχία μπορεί να οδηγήσει πλην των οικονομικό-υλικών καταστροφών και σε ανθρώπινες απώλειες. Σωστά συντηρημένος εξοπλισμός – εγκαταστάσεις ελαχιστοποιεί τις πιθανότητες συμβάντων και γενικότερων καταστροφών.

1.4 Μέθοδοι Συντήρησης

Όλος ο εξοπλισμός κάποια στιγμή χρήζει συντήρησης. Βιομηχανικός εξοπλισμός, εγκαταστάσεις, αεροπλάνα, πλοία, λεωφορεία, απαιτούν συντήρηση και αντικαταστάσεις παρελκομένων. Συντήρηση αποτελεί οποιαδήποτε ενέργεια εκτελείται προκειμένου να διατηρηθεί ο εξοπλισμός σε μια επιθυμητή λειτουργική κατάσταση ή να επισκευασθεί

όταν παρατηρηθεί κάποια δυσλειτουργία. Ο προγραμματισμός της συντήρησης είναι μια διαδικασία κατά την οποία

- Συγκεντρώνουμε και καταγράφουμε τις αναμενόμενες απαιτήσεις συντήρησης για τον εξοπλισμό ή τις εγκαταστάσεις μας.
- Αποφασίζουμε ποιος θα εκτελέσει τις απαιτούμενες ενέργειες συντήρησης
- Ορίζουμε τον χρόνο και τον τόπο που αυτές θα υλοποιηθούν



Εικόνα 1.1 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς και Οπλικά Συστήματα (γενικώς μέσα και μηχανές) που υπόκεινται σε συντήρηση. Οι συνέπειες μια πιθανής αστοχίας είναι διαφορετικές για κάθε μέσο και επιβάλλεται να αντιμετωπίζονται αναλόγως.

Γίνεται αντιληπτό ότι όλες οι εργασίες συντήρησης απαιτούν εφοδιαστική υποστήριξη (ανταλλακτικά, αναλώσιμα κλπ), κατάλληλες εγκαταστάσεις και εξειδικευμένο εξοπλισμό. Η αστοχία ενός συστήματος μπορεί να προέλθει από μια πληθώρα παραγόντων. Πιθανή αστοχία του αυτοκινήτου, μπορεί να μας οδηγήσει στο να περπατήσουμε για κάποια απόσταση. Σε πιθανή αστοχία ενός αεροσκάφους σίγουρα δεν έχουμε την ίδια επιλογή. Αυτό προφανώς σημαίνει ότι κάθε αστοχία ή δυσλειτουργία δεν έχει τις ίδιες συνέπειες ή ακόμα ότι ο εξοπλισμός μας δεν είναι όλος της ίδιας κρισιμότητας και πρέπει να αντιμετωπίζεται αναλόγως.

Γνωρίζοντας εκ των προτέρων τι εργασίες συντήρησης πρέπει να εκτελεστούν σε ένα σύστημα γλιτώνουμε σε κόστος (χρηματικό, υλικών καταστροφών, ανθρώπινων απωλειών).

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

Σε αυτή τη παράγραφο θα αναλύσουμε τις πιο γνωστές μεθόδους συντήρησης που εφαρμόζονται στη βιομηχανία και κυρίως:

- τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε μεθόδου
- τη φιλοσοφία που κρύβεται πίσω από κάθε μέθοδο
- τη σχέση κάθε μεθόδου με την εφοδιαστική υποστήριξη (logistics).
- ποιες οι σύγχρονες τάσεις και που οδηγείται η σημερινή φιλοσοφία συντήρησης.

1.4.1 Διορθωτική Συντήρηση (Breakdown Maintenance).

Διορθωτική είναι η συντήρηση που εκτελείται για την αποκατάσταση της βλάβης που εμφανίζεται συνήθως αιφνίδια στον εξοπλισμό και προκαλεί την μερική ή την ολική ακινησία του. Η αποκατάσταση της βλάβης συντελείται με αντικατάσταση εξαρτημάτων ή και με επισκευή. Η διάγνωση της αιτίας της βλάβης και κατ' επέκταση του εξαρτήματος του εξοπλισμού που την προκάλεσε, είναι πολλές φορές προβληματική και χρονοβόρα και εδώ αποτελεί τεράστιο κεφάλαιο η ύπαρξη εξειδικευμένου και έμπειρου προσωπικού.

Η διορθωτική συντήρηση μπορεί να κατηγοριοποιηθεί περαιτέρω ως εξ αναβολής ή άμεση συντήρηση.

Εξ αναβολής συντήρηση (Deferred Maintenance)

Η διορθωτική συντήρηση που δεν εκτελείται αμέσως μετά την ανίχνευση κάποιου ελαττώματος αλλά αναβάλλεται σύμφωνα με κάποιους δεδομένους κανόνες συντήρησης.

Άμεση συντήρηση (Immediate Maintenance)

Η συντήρηση που εκτελείται χωρίς καθυστέρηση αμέσως μετά την ανίχνευση κάποιου ελαττώματος προς αποφυγή ανεπιθύμητων συνεπειών.

1.4.1.1 Στάδια διορθωτικής συντήρησης.

Τα κύρια στάδια που διακρίνουμε στη διορθωτική συντήρηση τα εξής:

Στάδιο 1.

Προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία της διορθωτικής συντήρησης πρέπει να υπάρχει μία «μηχανή» που σταματά η λειτουργία της ή ακόμα, που να δυσλειτουργεί. Ο χρήστης ή ο υπεύθυνος της μηχανής οφείλει να ενημερώσει, ονομαστικά, το αρμόδιο γραφείο ελέγχου συντήρησης (Οργάνωση) για το είδος αστοχίας, τα στοιχεία της εν λόγω μηχανής (Αριθμό – ταυτότητα του μηχανήματος) καθώς και για τον χρόνο και τον τόπο που διαπιστώθηκε η παρατήρηση.



Σχήμα 1.3 Στάδια Διορθωτικής Συντήρησης

Στάδιο 2.

Το γραφείο συντήρησης καταγράφει τα παραπάνω σε ειδική φόρμα, δίνοντας ταυτόχρονα και έναν αριθμό σε αυτήν. Ο αριθμός αποτελεί την ταυτότητα για το πρόβλημα. Η φόρμα αυτή μπορεί επίσης να αποτελέσει εντολή εργασίας για χρέωση ωρών και ανταλλακτικών. Εν συνεχεία διαβιβάζει τη συμπληρωμένη φόρμα στο υπεύθυνο συνεργείο για τη συγκεκριμένη βλάβη.

Στάδιο 3

Το υπεύθυνο συνεργείο προγραμματίζει χρονικά την επισκευή αναλόγως της προτεραιότητας και της διαθεσιμότητας του ανθρώπινου δυναμικού. Προβαίνει σε διερεύνηση της βλάβης προκειμένου :

- Να εντοπιστούν τα αίτια της βλάβης
- Να εντοπιστούν τα υλικά/ανταλλακτικά/εξοπλισμός που θα απαιτηθούν για την αποκατάσταση της και ζητά από την αποθήκη τα απαιτούμενα ανταλλακτικά μέσω της *ΑΙΤΗΣΗΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ/ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ* όπου έχει αναγράψει την αντίστοιχη εντολή εργασίας,
- Να εκτιμηθεί το σύνολο των εργατωρών που θα απαιτηθούν έως την παράδοση της μηχανής στη αλυσίδα της παραγωγικής διαδικασίας

Στάδιο 4

Πρόκειται για τον χρόνο που απαιτείται ώστε να ανευρεθούν τα αναγκαία ανταλλακτικά/εξοπλισμός. Σε αυτό το σημείο κατανοούμε πλήρως την αναγκαιότητα ύπαρξης μιας πλήρως οργανωμένης εφοδιαστικής αλυσίδας καθώς και την άρρηκτη σχέση των logistics με τη συντήρηση. Η ταχύτητα εξυπηρέτησης του πελάτη σε αυτή τη περίπτωση θα καθορίσει και το σύνολο του χρόνου που η «μηχανή» θα είναι εκτός λειτουργίας.

Στάδιο 5

Το υπεύθυνο συνεργείο προβαίνει σε επισκευή της βλάβης. Ο χρόνος επισκευής καθορίζεται ως χρόνος MTTR (Mean Time To Repair) και χρησιμοποιείται ευρέως στην στατιστική ανάλυση της συντήρησης.

Στάδιο 6

Με το πέρας των εργασιών συντήρησης και την αποκατάσταση της βλάβης το αρμόδιο τεχνικό προσωπικό υπογράφει τις απαιτήσεις συντήρησης. Το σύνολο των προαναφερόμενων καταγράφεται σε έντυπα συντήρησης και κατ' αυτό τον τρόπο δημιουργείται το ιστορικό αρχείο συντήρησης της μηχανής. Με την υπογραφή των απαιτήσεων συντήρησης πιστοποιείται και ο χρόνος εκτός λειτουργίας του μηχανήματος. Ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών βλαβών της «μηχανής» είναι ο χρόνος MTBF (Mean Time Between Failures). Με τον MTBF θα ασχοληθούμε σε επόμενα εδάφια όταν θα αναφερθούμε στην έννοια της αξιοπιστίας.

1.4.1.2 Στόχοι Διορθωτικής Συντήρησης.

Δύο είναι κυρίως οι στόχοι της διορθωτικής συντήρησης :

- α) Η ελαχιστοποίηση του χρόνου αποκατάστασης της βλάβης.
- β) Η διατήρηση των χαρακτηριστικών του εξοπλισμού που υπέστη τη βλάβη, στα όρια που προδιαγράφει ο κατασκευαστής.

Σύμφωνα και με όσα προαναφέραμε στα διάφορα στάδια και στις επιμέρους διαδικασίες της διορθωτικής συντήρησης προκειμένου να επιτευχθεί ο πρώτος στόχος είναι αναγκαία:

- Η ύπαρξη οργανωμένου συστήματος διορθωτικής συντήρησης και ελέγχου της.
- Η ύπαρξη οργανωμένου συστήματος logistics το οποίο να παρέχει άμεση εξυπηρέτηση στις ανάγκες του «πελάτη» και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις υψηλής κρισιμότητας ώστε να μη καθυστερεί η επισκευή εξ αιτίας της έλλειψης υλικών / ανταλλακτικών.
- Η ύπαρξη διαγνωστικού συστήματος πάνω στη μηχανή.
- Η ύπαρξη σωστής και αναλυτικής βιβλιογραφίας όπου δίδονται οδηγίες διάγνωσης/επισκευής.
- Η σωστή εκπαίδευση των τεχνικών της συντήρησης.
- Η εμπειρία του συντηρητή
- Η πληροφόρηση μέσω του κατασκευαστή.
- Η συνεργασία με τους χρήστες
- Η ύπαρξη του κατάλληλου εξοπλισμού για τη συντήρηση

Σε ότι αφορά στο δεύτερο στόχο της διορθωτικής συντήρησης που είναι η διατήρηση των χαρακτηριστικών του εξοπλισμού κρίνεται αναγκαία :

- Η άριστη γνώση των ποιοτικών προτύπων από τους τεχνικούς συντήρησης και η τήρησή τους.
- Η χρησιμοποίηση πιστοποιημένου εξοπλισμού, εργαλείων και ανταλλακτικών ιδιαίτερα σε περιπτώσεις υψηλής εξειδίκευσης.

- Η σωστή εκπαίδευση των τεχνικών της συντήρησης
- Η διενέργεια ελέγχων ποιοτικής επιβεβαίωσης κατά τους οποίους θα διαπιστώνεται η ποιότητα των ενεργειών συντήρησης.

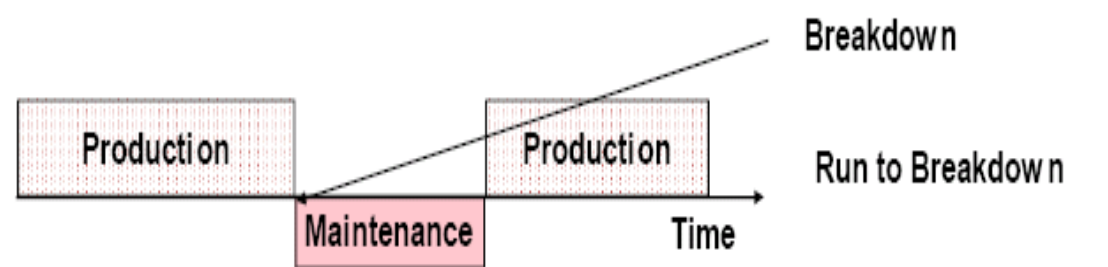
1.4.1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Η διορθωτική συντήρηση αν και είναι από τις πρώτες μεθόδους συντήρησης που αναπτύχθηκαν, χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα σε μεγάλο βαθμό από πολλές επιχειρήσεις στο χώρο της βιομηχανίας. Πρόκειται για μία οικονομική μέθοδο συντήρησης που αφορά στον μη κρίσιμο εξοπλισμό, αυτόν δηλαδή που το κόστος επισκευών αλλά και μη λειτουργίας (downtime cost) είναι χαμηλότερο από την ανάπτυξη και εφαρμογή μιας διαφορετικής πολιτικής συντήρησης. Παράλληλα μας εξασφαλίζει συγκριτικά χαμηλότερο λειτουργικό και διοικητικό κόστος. Δεν υπάρχουν απαιτήσεις ακριβού ηλεκτρονικού εξοπλισμού ελέγχου λειτουργίας των μηχανημάτων, καθώς και πρόσληψης εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού. Η φιλοσοφία «το φτιάχνω μόλις χαλάσει» δεν απαιτεί ανάλωση πόρων για ανάπτυξη εξειδικευμένης και πολυσύνθετης πολιτικής συντήρησης ή της διαχείρισης/ανάλυσης στατιστικών ιστορικών δεδομένων συντήρησης. Επιπρόσθετα δεν έχουμε καμία παρεμβολή της συντήρησης στο προγραμματισμό και την διαδικασία της παραγωγής.

Το μεγάλο μειονέκτημα της διορθωτικής συντήρησης είναι ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί στον κρίσιμο εξοπλισμό μας. Το σύγχρονο επιχειρείν στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στη ταχύτητα και στην εξειδίκευση δύο παράγοντες που αναγκαιούν κρίσιμου

εξοπλισμού. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η εφαρμογή και μόνο της διορθωτικής συντήρησης στο σύνολο του εξοπλισμού μας θα παρουσίαζε τα εξής μειονεκτήματα :

- Μεγάλο κόστος παραγωγικών απωλειών λόγω αιφνίδιων προβλημάτων των μηχανών και μεγάλων χρόνων εκτός λειτουργίας.



Σχήμα 1.4 Εφ' όσον για τη συντήρηση συγκεκριμένου εξοπλισμού χρησιμοποιείται αποκλειστικά η πολιτική της διορθωτικής συντήρησης, αυτός θα αφήνεται να δουλέψει μέχρις ότου αστοχήσει . Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει τις περισσότερες φορές μεγάλο κόστος εργατικών και ανταλλακτικών (κόστος συντήρησης) αλλά και μεγάλο κόστος παραγωγικών απωλειών.

- Χαμηλή διαθεσιμότητα του εξοπλισμού.
- Έλλειψη προγραμματισμού συντήρησης και δυνατότητας κλιμάκωσης απαιτήσεων συντήρησης. Το στοιχείο αυτό μπορεί να αυξήσει σημαντικά το κόστος συντήρησης.
- Έλλειψη παρακολούθησης του εξοπλισμού και άγνοια πραγματικής λειτουργικής κατάστασης του. Καταστάσεις που θα μπορούσαν να προληφθούν με τους ελάχιστους πόρους στο αρχικό στάδιο εμφάνισης τους οδηγούν ακόμα και σε ολική καταστροφή του εξοπλισμού μας. Εδώ βεβαίως υπεισέρχεται και το στοιχείο της ασφάλειας του προσωπικού και του κινδύνου τραυματισμών.

- Απαίτηση διατήρησης υψηλών αποθεμάτων σε ανταλλακτικά και ανάλογου κόστους διατήρησης. Οι έκτακτες ανάγκες σε ανταλλακτικά μεμονωμένων περιπτώσεων βλαβών, οδηγούν σε άμεσες παραγγελίες με αποτέλεσμα το υψηλό κόστος προμήθειας.
- Κόστος απαξίωσης αποθεμάτων (φθορές, λήξη ορίου ζωής, κλπ)
- Απαίτηση διατήρησης προσωπικού για αποκατάσταση πιθανών βλαβών και κόστος υπερωριών στη προσπάθεια μείωσης του χρόνου εκτός λειτουργίας των μηχανών και της παραγωγικής διαδικασίας.
- Το κόστος αποζημιώσεων λόγω εκπρόθεσμων παραδόσεων παραγγελιών στο πελάτη.

Μελετώντας τα χαρακτηριστικά της διορθωτικής συντήρησης οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η επιλογή της μεθόδου συντήρησης που θα επιλέξουμε για τον εξοπλισμό αλλά και για τις εγκαταστάσεις μας θα πρέπει να είναι «συμβατή» και «παράλληλη» των αναγκών μας. Στο δυναμικό και ανταγωνιστικό περιβάλλον που επιχειρούμε, η διορθωτική συντήρηση μπορεί να χαρακτηριστεί ως αναχρονιστική αφού η ολική απόδοση του συστήματος παραγωγής μας θα παρουσίαζε απώλειες στα βασικά στοιχεία του κόστους, της ποιότητας, του χρόνου και της ευελιξίας. Επιστρέφοντας στο παράδειγμα με το αυτοκίνητο και το αεροπλάνο μπορούμε πλέον να καταλάβουμε γιατί η διορθωτική συντήρηση δεν θα μπορούσε να εφαρμοστεί ως η μοναδική μέθοδος συντήρησης.

1.4.2 Προληπτική Συντήρηση (Preventative Maintenance).

Η σχέση συντήρησης – παραγωγής είναι πολύ ιδιαίτερη και αυτός είναι άλλωστε ο λόγος που στο πέρασμα των χρόνων έχουν τροποποιηθεί τόσο πολύ οι διάφορες

φιλοσοφίες συντήρησης . Δεν μπορεί να υπάρξει παραγωγή χωρίς συντήρηση και από την άλλη για να εκτελεστεί συντήρηση σταματά η παραγωγή. Ο σκοπός ή καλύτερα ο αυτοσκοπός μιας βιομηχανίας είναι η παραγωγή. Αυτός είναι ο λόγος ύπαρξής της και μέσω της παραγωγής υπάρχει η συνέχεια. Κατά αυτή την έννοια η συντήρηση με μια πρώτη ματιά είναι ένα καθαρό κόστος. Από την άλλη ένας ασυντήρητος εξοπλισμός αποτελεί μη αξιόπιστο εξοπλισμό που μας οδηγεί σε αιφνίδιες και πολλές φορές ανεξέλεγκτες καταστάσεις. Το αποτέλεσμα αυτού είναι παύση παραγωγής και μείωση της κερδοφορίας. Επιπρόσθετα κάτι που είναι εξίσου σημαντικό των χρημάτων είναι το πρόβλημα της φτωχής ποιότητας. Ο εξοπλισμός μη διατηρώντας τα αρχικά χαρακτηριστικά του δεν ανταποκρίνεται στις ανάγκες της παραγωγής με αποτέλεσμα την δημιουργία προϊόντων που δεν ακολουθούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Αυτοί οι συλλογισμοί οδήγησαν στο να αναθεωρηθεί η αντίληψη περί της συντήρησης και καταλήξαμε στην Προληπτική Συντήρηση. Θα μπορούσαμε λοιπόν να πούμε ότι η Προληπτική Συντήρηση αποτελεί εξέλιξη της διορθωτικής συντήρησης.

1.4.2.1 Ορισμός Προληπτικής Συντήρησης

Η Προληπτική Συντήρηση αφορά στον σχεδιασμό/ προγραμματισμό όλων των απαιτήσεων συντήρησης που ως στόχο έχει την αποφυγή αστοχιών του εξοπλισμού και της παύσης της παραγωγής. Ο κύριος στόχος της είναι η «πρόληψη» της αστοχίας του εξοπλισμού ακριβώς πριν εκδηλωθεί. Σχεδιάζεται ώστε να διατηρεί την λειτουργική κατάσταση και την αξιοπιστία του εξοπλισμού αντικαθιστώντας φθαρμένα εξαρτήματα πριν αστοχήσουν. Οι δραστηριότητες της προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνουν ελέγχους του εξοπλισμού, μερικές ή ολικές επιθεωρήσεις (Overhauls) σε καθορισμένες

χρονικές περιόδους, αντικαταστάσεις ελαίων και λιπαντικών. Παράλληλα των προληπτικών ενεργειών συντήρησης τηρούνται ιστορικά αρχεία συντήρησης προκειμένου να αντικαθίστανται ή να επισκευάζονται κρίσιμα εξαρτήματα πριν αστοχήσουν. Στην εποχή μας οι δυνατότητες που μας δίνονται από τη χρήση του σύγχρονου εξοπλισμού μας επιτρέπουν την εκτέλεση εξειδικευμένων επιθεωρήσεων και διαγνώσεων που συμβάλλουν στην διατήρηση της αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού μας.

1.4.2.2 Είδη Προληπτικής Συντήρησης

Η προληπτική συντήρηση χωρίζεται στις εξής δύο κατηγορίες:

- Πρωταρχική Προληπτική Συντήρηση (1^{ης} Βαθμίδας)
- Κύρια Προληπτική Συντήρηση (2^{ης} Βαθμίδας)

Προληπτική Συντήρηση 1ης βαθμίδας είναι η καθημερινή εκτέλεση ελέγχων και εργασιών που επιβάλλεται να γίνονται από τους χειριστές του εξοπλισμού για τη συντήρησή του αλλά και την προφύλαξη και ασφάλεια τους. Εφαρμόζεται σε βιομηχανίες από τους χειριστές του εξοπλισμού αλλά και σε πολλά βιομηχανικά προϊόντα όπου εκτός των οδηγιών χρήσης υπάρχουν απλές οδηγίες και εργασίες συντήρησης για τους αγοραστές /χρήστες.

Προληπτική Συντήρηση 2ης βαθμίδας είναι η περιοδική βάσει λίστας επιθεώρηση, καθαρισμός, ρύθμιση, σύσφιγξη, λίπανση και εκτέλεση μικροεπισκευών και αντικαταστάσεων πρώτης ανάγκης στον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις σύμφωνα με τα

τεχνικά εγχειρίδια και την αποκτώμενη εμπειρία των τεχνικών που συντηρούν τον εξοπλισμό

1.4.2.3 Στάδια - Οργάνωση προληπτικής συντήρησης

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση των διαφόρων σταδίων και της οργάνωσης της προληπτικής συντήρησης πρέπει να απαντήσουμε σε ένα πολύ σημαντικό ερώτημα:

Πότε έχει νόημα η ανάπτυξη και εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης για τον εξοπλισμό/εγκαταστάσεις μας ;

Η απάντηση σε αυτό το βασικό ερώτημα είναι ότι για να επιλέξουμε την προληπτική συντήρηση πρέπει να ισχύουν παράλληλα οι παρακάτω δύο βασικές προϋποθέσεις:

- Προϋπόθεση #1: Ο εξοπλισμός /εξάρτημα για το οποίο μελετάται η εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης θα πρέπει να παρουσιάζει έναν αναλογικά αυξανόμενο ρυθμό αστοχιών σε σχέση με το χρόνο ή με πιο απλά λόγια « χρησιμοποιώ κάτι τόσο πολύ που σταματά να λειτουργεί». Δεν θα είχε νόημα να εφαρμόσουμε προληπτική συντήρηση για ένα εξάρτημα το οποίο παρουσιάζει μια εκθετική κατανομή αστοχιών ή με άλλα λόγια μια αμετάβλητη κατανομή αστοχιών σε σχέση με το χρόνο.

- Προϋπόθεση # 2: Το συνολικό κόστος της προληπτικής συντήρησης πρέπει να είναι μικρότερο από το συνολικό κόστος της διορθωτικής.

(Σημείωση : Το συνολικό κόστος της διορθωτικής συντήρησης πρέπει να περιλαμβάνει τις βοηθητικές υλικές ή άυλες δαπάνες όπως το κόστος downtime , η απώλεια του κόστους παραγωγής , πιθανές αγωγές από την αστοχία κάποιου κρίσιμου εξαρτήματος/εξοπλισμού κλπ.)

Εάν οι δύο προαναφερθείσες προϋποθέσεις ισχύουν τότε και μόνο τότε έχει νόημα η εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης.

Τα στάδια και η οργάνωση που διακρίνονται στη προληπτική συντήρηση φαίνονται στο παρακάτω σχήμα. Εν συντομία επιλέγεται ο εξοπλισμός που θα εφαρμοστεί η συγκεκριμένη μέθοδος συντήρησης έχοντας πάντα στο νου τις προαναφερόμενες δύο προϋποθέσεις. Επιπρόσθετα η επιλογή μας θα πρέπει να στηρίζεται σε συνεργασία του τμήματος συντήρησης και του χρήστη. Κατόπιν ομαδοποιείται ο εξοπλισμός μας σε ότι αφορά στο είδος της προληπτικής συντήρησης που θα εφαρμοστεί. Δημιουργείται το χρονοδιάγραμμα της προληπτικής συντήρησης το οποίο περιλαμβάνει το σύνολο των απαιτούμενων εργασιών συντήρησης. Εκδίδονται οι απαιτούμενες εντολές προληπτικής συντήρησης οι οποίες περιέχουν στοιχεία φασεολόγιου, απαιτούμενων ανταλλακτικών (συνεισφορά εφοδιαστικής υποστήριξης) , εμπλεκόμενες ειδικότητες (συνεργεία) και χρόνου υλοποίησης. Τέλος έχουμε την εκτέλεση της προληπτικής συντήρησης και σχετική πιστοποίηση πέρατος εργασίας (υπογραφές στα εκδιδόμενα έντυπα συντήρησης κλπ). Εάν κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της προληπτικής συντήρησης παρατηρηθούν

εργασίες που πρέπει να προστεθούν ή να αφαιρεθούν από τις αντίστοιχες εντολές γίνονται οι σχετικές ενέργειες.

ΣΤΑΔΙΑ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Επιλογή εξοπλισμού και εγκαταστάσεων για εφαρμογή προληπτικής συντήρησης	Ομαδοποίηση εξοπλισμού όσον αφορά το είδος (φρασεολόγιο) της προληπτικής συντήρησης	Δημιουργία χρονοδιαγράμματος προληπτικής συντήρησης
--	---	---

Έκδοση εντολών προληπτικής συντήρησης που περιέχουν.

Περιγραφή φάσεων εργασίας (φρασεολόγιο).
Απαιτούμενα ανταλλακτικά
Συνεργείο ή συνεργεία που θα την εκτελέσουν.
Χρονικό διάστημα υλοποίησης.

Εκτέλεση της προληπτικής συντήρησης και σχετική πιστοποίηση πέρατος της εργασίας

ΑΠΟΘΗΚΗ ΑΝΤΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ

Σχήμα 1.5 Στάδια Προληπτικής Συντήρησης

1.4.2.4 Στόχοι της προληπτικής συντήρησης

Ως βασικοί στόχοι της προληπτικής συντήρησης αναφέρονται οι εξής:

- Ελαχιστοποίηση των τυχαίων/απρογραμματίστων σταματημάτων (βλαβών) και κατ' επέκταση του χρόνου εκτός λειτουργίας του εξοπλισμού.
- Διατήρηση των χαρακτηριστικών και ικανοτήτων του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων στα πλαίσια των προδιαγραφών του κατασκευαστή τους.
- Η προστασία του περιβάλλοντος.
- Η προστασία της υγείας και της ασφάλειας των πελατών και των εργαζόμενων από τους κινδύνους των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού που χειρίζονται.

Παρατηρώντας του παραπάνω στόχους καταλαβαίνουμε άμεσα την ιδιαίτερη σημασία της προληπτικής συντήρησης. Παρόλα ταύτα υπάρχουν πολλές λανθασμένες αντιλήψεις σχετικά με τη προληπτική συντήρηση και μια από αυτές είναι ότι η εφαρμογή της είναι υπέρμετρα κοστοβόρα και δαπανηρή. Αυτή η αντίληψη προέρχεται μέσα από την πρώτη απλή σκέψη που μπορεί να κάνει κάποιος.

Γιατί να το συντηρήσω αν δεν είναι απολύτως απαραίτητο;

Η παραπάνω σκέψη σαφώς έχει μια ισχυρή δόση αλήθειας αφού πράγματι για ένα μεγάλο κομμάτι του εξοπλισμού μας η διορθωτική συντήρηση δεν είναι η πλέον κατάλληλη. Κατά την ανάπτυξη της μεθόδου συντήρησης του εξοπλισμού μας δεν πρέπει να σκεφτόμαστε μόνο τα μεσοπρόθεσμα οφέλη. Στόχος μας είναι να εντοπίσουμε τα οφέλη που θα προκύψουν στο μακρινό μέλλον ώστε τα αποτελέσματα της σύγκρισης των μεθόδων συντήρησης να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

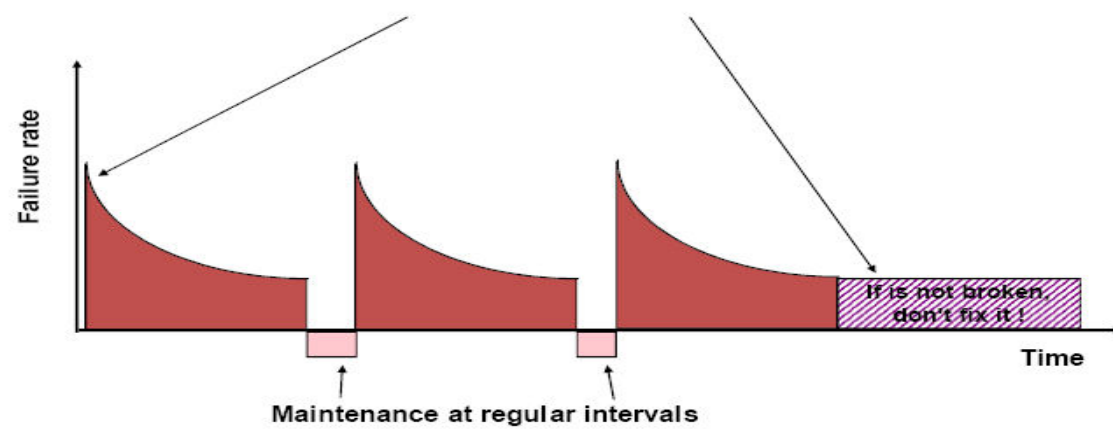
Η εφαρμογή λοιπόν της προληπτικής συντήρησης έχει πολλά μακροπρόθεσμα οφέλη εκ των οποίων τα πιο σημαντικά είναι:

- Βελτιωμένη αξιοπιστία του συστήματος μας.
- Μειωμένο κόστος αντικαταστάσεων.
- Μειωμένος χρόνος που το σύστημα μας είναι εκτός λειτουργίας (downtime)
- Καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων των ανταλλακτικών και των εξαρτημάτων.

Παρόλα τα θετικά οφέλη που μπορούν να αποκομιστούν από την εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να επιδειχτεί στα παρακάτω:

- η προβλεπτική συντήρηση δεν εξαλείφει τις καταστροφικές αστοχίες.
- υπάρχει απαίτηση ,μεγάλης έντασης, σε εργατικό δυναμικό.
- η εκτέλεση της απαιτεί παύση παραγωγής
- εξαρτήματα μπορούν να αντικατασταθούν ενώ είναι πλήρως λειτουργικά
- ο εξοπλισμός μπορεί να επιστρέψει στο στάδιο της παιδικής θνησιμότητας μετά από την επέμβαση συντήρησης.

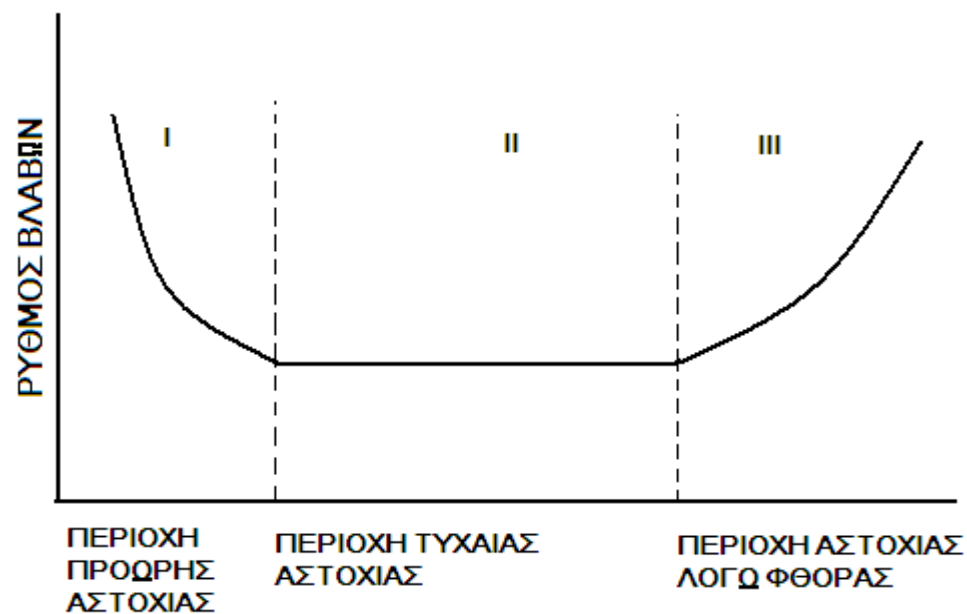
ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ



Σχήμα 1.6 Μειονεκτήματα Προληπτικής Συντήρησης

Για να κατανοήσουμε τον όρο της παιδικής θνησιμότητας αλλά και το παραπάνω διάγραμμα θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά στον ρυθμό βλαβών που παρουσιάζει ένα εξάρτημα ή και εξοπλισμός από την αρχή της ζωής του έως και το τέλος.

Στο πρώτο των τριών σταδίων (αρχή ζωής) ,το ποσοστό βλαβών μειώνεται προς τα κάτω γρήγορα από μια υψηλή αφετηρία (παιδική θνησιμότητα). Η αποτυχία κατά την διάρκεια αυτού του σταδίου μπορεί να αποδοθεί σχεδόν εξ' ολοκλήρου στις ατέλειες κατασκευής και εγκατάστασης. Η αποτυχία που προκαλείται από τις ατέλειες κατασκευής ή η φτωχή εγκατάσταση τείνει να παρουσιαστεί σχεδόν αμέσως ,αποτελώντας την υψηλή αφετηρία. Στο δεύτερο στάδιο έχει σταθεροποιηθεί ο ρυθμός βλαβών και καλείται και σαν στάδιο τυχαίας αστοχίας. Στο τρίτο και τελικό στάδιο όπου ο εξοπλισμός μας βαδίζει προς το τέλος της λειτουργικής του ζωής παρουσιάζεται μια αυξητική τάση του ρυθμού βλαβών κάτι που οφείλεται στις αστοχίες λόγω φθορών.



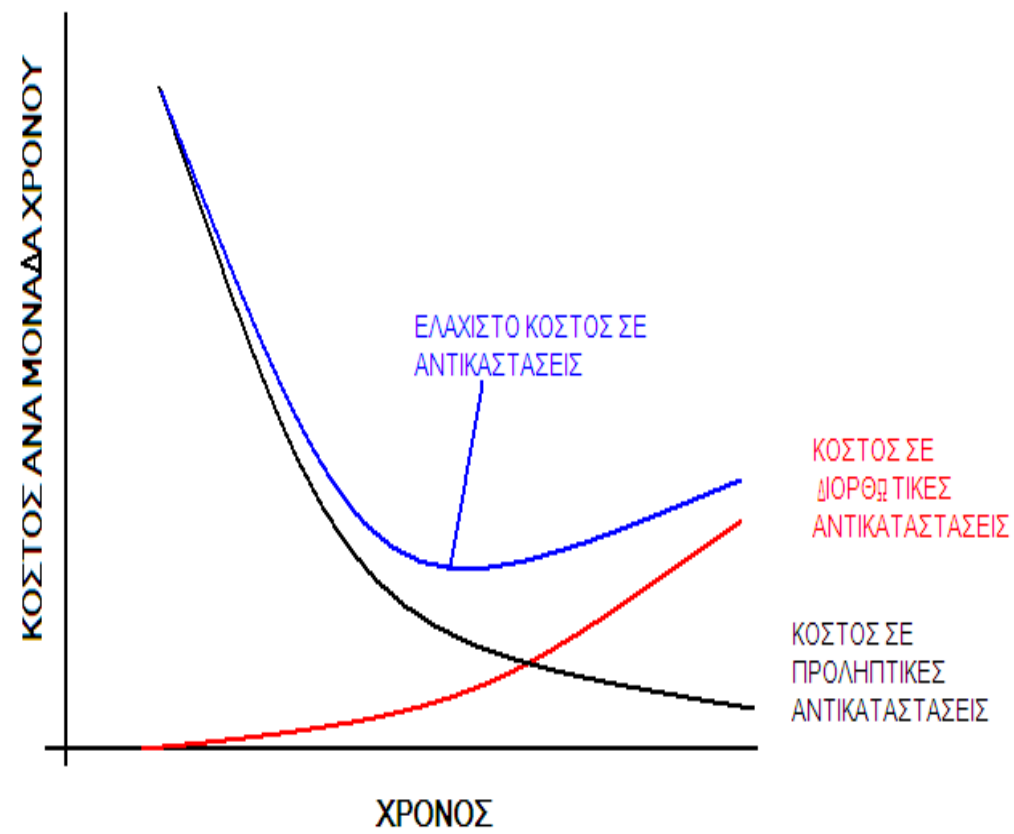
Σχήμα 1.7 Καμπύλη Πιθανότητας προς Αστοχία (bath tub curve)

1.4.2.5 Καθορισμός χρονικών ορίων προληπτικών αντικαταστάσεων

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα της προληπτικής συντήρησης είναι το πότε (χρονικά) πρέπει να προβώ σε προληπτική αντικατάσταση ενός εξαρτήματος. Μια προσεκτικά σχεδιασμένη και προγραμματισμένη προληπτική συντήρηση μπορεί να μας προσδώσει σημαντικό όφελος στην αξιοπιστία/διαθεσιμότητα του συστήματος μας. Από την άλλη μια λανθασμένη πολιτική μπορεί να επιφέρει κόστος πολύ υψηλότερο από τα συνολικά οφέλη που προσκομίζουμε. Ο αντικειμενικός σκοπός μιας σωστά οργανωμένης πολιτικής συντήρησης είναι να μειώσει το ολικό κόστος (downtime, κλπ) καθώς και να πετύχει το επιθυμητό μέγεθος αξιοπιστίας του εξοπλισμού και γενικότερα όλου του συστήματος. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο πρέπει να καθοριστεί ο χρόνος μεταξύ δύο προγραμματισμένων επιθεωρήσεων/ ενεργειών συντήρησης ή αντικατάστασης παρελκομένων.

Ένας τρόπος επίλυσης του προβλήματος είναι το παρακάτω μοντέλο το οποίο συναντά τις εξής δύο παραδοχές:

- Το εξάρτημα μας έχει έναν αναλογικά αυξανόμενο ρυθμό αστοχιών σε σχέση με το χρόνο
- Το κόστος των προγραμματισμένων αντικαταστάσεων είναι σημαντικά μικρότερο από αυτό των απρογραμματίστων.



Σχήμα 1.8 Κόστος ανά μονάδα χρόνου σε σχέση με το χρόνο, για διορθωτικές και προληπτικές αντικαταστάσεις.

Στο σχήμα 1.8 παρουσιάζεται το κόστος ανά μονάδα χρόνου σε σχέση με το χρόνο. Παρατηρούμε ότι το κόστος που αφορά στη διορθωτική συντήρηση αυξάνει όσο αυξάνει και το μεσοδιάστημα δύο διαδοχικών αντικαταστάσεων εξαρτημάτων. Με άλλα λόγια όσο λιγότερα συχνά εκτελούμε μια «ενέργεια» προληπτικής συντήρησης τόσο υψηλότερο θα είναι το κόστος της διορθωτικής. Αυτό είναι προφανές αφού όσο πιο πολύ επιτρέπουμε σε ένα σύστημα να λειτουργεί τόσο αυξάνει και η πιθανότητα αστοχίας του (παραδοχή μοντέλου) όπως αναλογικά αυξάνουν τα κόστη διορθωτικής συντήρησης. Το αντίθετο συμβαίνει με το κόστος που αφορά στη προληπτική συντήρηση. Όσο πιο πολύ

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος 42

περιμένουμε για να εκτελέσουμε μια προληπτική αντικατάσταση τόσο λιγότερο είναι το κόστος, ενώ αν εκτελούμε συχνές προληπτικές αντικαταστάσεις τόσο αυξάνει το κόστος. Αν συνδυάσουμε τα δύο αυτά κόστη μπορούμε να δούμε ότι υπάρχει ένα βέλτιστο σημείο το οποίο ελαχιστοποιεί το κόστος. Ως απόφθεγμα των όλων αυτό που επιθυμούμε είναι μια ισορροπία μεταξύ του ρίσκου (κόστους) που σχετίζεται με μια αστοχία και της μεγιστοποίησης του χρόνου μεταξύ δυο διαδοχικών «ενεργειών» προληπτικής συντήρησης.

1.4.3 Παράδειγμα (MTBF)

Πριν προχωρήσουμε στα αριθμητικά και γραφικά δεδομένα του παραδείγματός μας κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια αναφορά σε ένα πολύ σημαντικό μέγεθος της συντήρησης που είναι ο χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών αστοχιών ενός εξαρτήματος (Mean Time Between Failures) . Ως MTBF για ένα εξάρτημα ορίζεται ο λόγος του αριθμού των Unit Hours χρόνου λειτουργίας προς τον αριθμό των βλαβών. Δηλαδή αν είχα 10 συμπίεστρες οι οποίοι λειτούργησαν συνολικά για 1000 ώρες και χάλασαν οι δύο τότε:

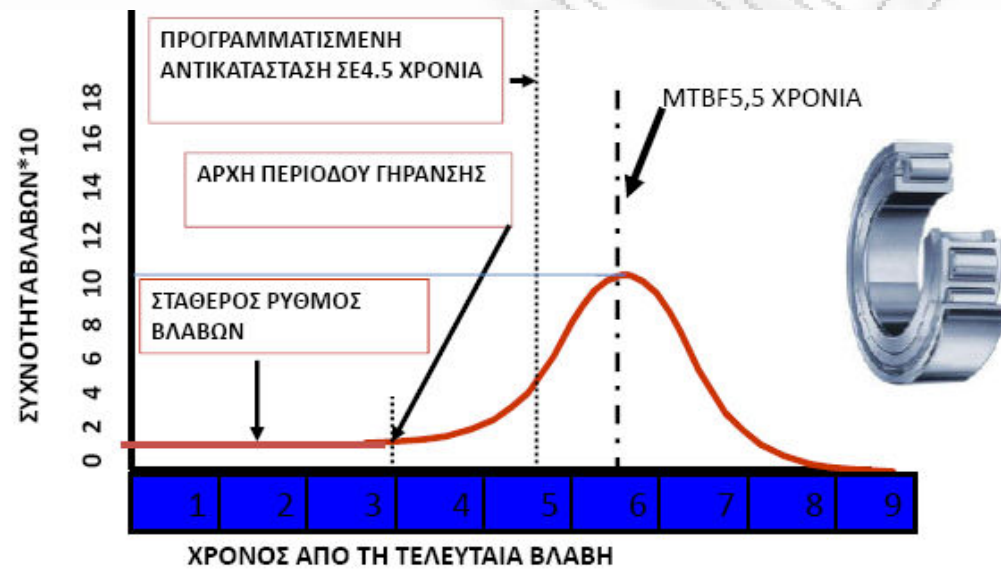
$$MTBF=1000/2=500h$$

Ένα από τα πιο κρίσιμα εξαρτήματα του μηχανολογικού εξοπλισμού είναι ο τριβέας (ρουλεμάν). Πιθανή αστοχία του μπορεί να οδηγήσει σε ανυπολόγιστες ζημιές με τεράστιες προεκτάσεις. Υποθέτουμε ότι έχουμε ένα σύνολο 340 ρουλεμάν με την παρακάτω κατανομή "α":

Κατανομή "α"

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΑΞΥ ΒΛΑΒΩΝ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΛΑΒΩΝ
0.50-1.50	10
1.50-2.50	10
2.50-3.50	10
3.50-4.50	20
4.50-5.25	80
5.25-5.75	100
5.75-6.50	80
6.50-7.50	20
7.50-8.50	10

Φτιάχνοντας από τα δεδομένα την αντίστοιχη γραφική κατανομή θα είχαμε:



Σχήμα 1.9 Η συχνότητα των βλαβών σε σχέση με το χρόνο από τη τελευταία βλάβη (κανονική κατανομή).

10 ρουλεμάν χαλούσαν κάθε χρόνο μεταξύ 1 και 3 ετών.

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

20 ρουλεμάν αστόχησαν μεταξύ 3,5 και 4,5 ετών, κ.λ π.

Από τα 3, 5 έτη ο ρυθμός των βλαβών άρχισε να αυξάνεται

Μέχρι τα 5,5 έτη το 50% των ρουλεμάν είχε αστοχήσει

Μερικά ρουλεμάν δεν αστόχησαν μέχρι και τα 8,5 έτη

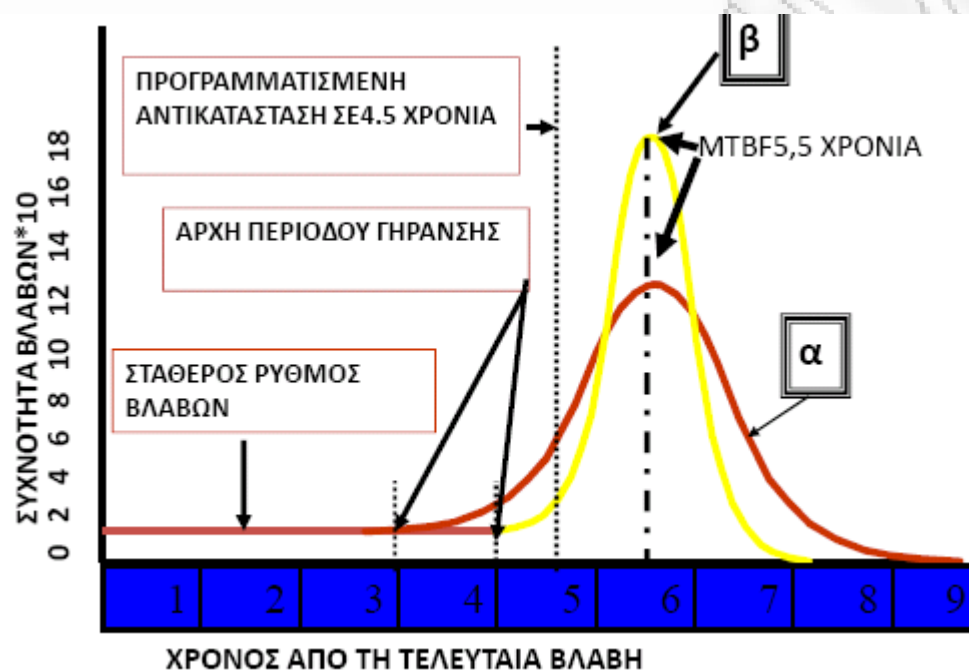
Φανταστείτε μια στρατηγική προληπτικής αντικατάστασης όλων των ρουλεμάν σε 4,5 έτη. Η συχνότητα της αποτυχίας είχε αρχίσει να αυξάνεται κατά τη διάρκεια ενός έτους νωρίτερα και μερικά ρουλεμάν θα συνέχιζαν να λειτουργούν ικανοποιητικά για άλλα 3,7 έτη. Η προγραμματισμένη συντήρηση είναι 1 έτος πριν από τη μέση ζωή των 5,5 ετών, ένας σημαντικός αριθμός αποτυχιών εμφανίζεται ακόμα πριν τη προγραμματισμένη συντήρηση. Αυτή η προγραμματισμένη συντήρηση είναι ακριβή δεδομένου ότι αλλάζει την πλειοψηφία των ρουλεμάν νωρίς (μέχρι 4 έτη νωρίτερα) και δεν αποτρέπει τις αποτυχίες καθώς ένα μικρό ποσό εμφανίζεται ακόμα.

Έστω ότι αλλάζουμε τα δεδομένα μας και έχουμε μια διαφορετική κατανομή αποτυχιών "β" .

Κατανομή "β"

ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΑΞΥ ΒΛΑΒΩΝ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΛΑΒΩΝ
0.50-1.50	10
1.50-2.50	10
2.50-3.50	10
3.50-4.50	10
4.50-5.25	30
5.25-5.75	180
5.75-6.50	26
6.50-7.50	4
7.50-8.50	0

Η προγραμματισμένη συντήρηση για τη κατανομή "β" αστοχίας στην οποία η πλειοψηφία των αποτυχιών εμφανίζεται στην περίοδο 4,3 έτη έως 7 έτη θα ήταν αποτελεσματικότερη. Πραγματοποιείται πάλι 1 έτος πριν από το μέσο όρο αλλά 2 έτη πριν από τη μέγιστη αναμενόμενη ζωή. Αν και σε αυτή τη περίπτωση η προληπτική συντήρηση είναι καταλληλότερη από ότι στη πρώτη, αναλαμβάνει ακόμα τις δαπάνες λόγω της πρόωρης συντήρησης.



Σχήμα 1.10 Οι καμπύλες τύπων α είναι πιο συνηθισμένες στη βιομηχανία από τη β. Για τη β και την α η προβλεπτική συντήρηση θα ήταν κατάλληλη.

Ένα ακόμη στοιχείο που αντιλαμβανόμαστε είναι ότι όσο μικρότερη διασπορά έχουν τα δεδομένα μας (β κατανομή) τόσο πιο ικανοποιητική είναι η εφαρμογή μιας προληπτικής συντήρησης.

Οι καμπύλες τύπων α είναι πιο συνηθισμένες στη βιομηχανία από τη β.

Για τη β και την α η προβλεπτική συντήρηση θα ήταν η πιο κατάλληλη την οποία και θα αναλύσουμε σε επόμενα εδάφια.

1.4.4 Ευκαιριακή Συντήρηση

Δεν είναι ουσιαστικά ιδιαίτερη στρατηγική συντήρησης αλλά συνδυασμός προληπτικής και διορθωτικής. Μπορεί να είναι χρήσιμη όταν ένα αιφνίδιο σταμάτημα δίνει στη συντήρηση αναπάντεχη πρόσβαση στον εξοπλισμό για να εκτελέσει ελέγχους η και συντήρηση. Γίνεται μια προσπάθεια εκμετάλλευσης του downtime των μηχανών προκειμένου να γλιτώσουμε εργατοώρες συντήρησης στο μέλλον.

1.4.5 Επιβελτιωτική Συντήρηση / Αναβάθμιση Εξοπλισμού

1.4.5.1 Ορισμός

Επιβελτιωτική συντήρηση ορίζεται σαν η τροποποίηση και αναβάθμιση λειτουργούντος παραγωγικού εξοπλισμού και εγκαταστάσεων. Σε ευρύτερη διατύπωση στην έννοια της επιβελτιωτικής συντήρησης περιλαμβάνεται και η ολική αντικατάσταση υπάρχοντος εξοπλισμού όπου αυτό κρίνεται οικονομοτεχνικά αναγκαίο. Συντελείται με αντικατάσταση ή και προσθήκη εξαρτημάτων κατόπιν σχετικής μελέτης / επανασχεδίασης.

Βασικές αιτίες που δημιουργούν την ανάγκη της επιβελτιωτικής συντήρησης.

Δύο είναι οι πηγές αιτίων που δημιουργούν την ανάγκη της αναβάθμισης του εξοπλισμού αλλά και της επιβελτιωτικής συντήρησης. Από τη μια είναι οι αιτίες που

προέρχονται από την ίδια την συντήρηση και από την άλλη οι αιτίες που δημιουργούνται από την παραγωγή και τις πωλήσεις.

1.4.5.2 Αιτίες Συντήρησης

Κατά την λειτουργία του εξοπλισμού μας κάποιες φορές παρατηρείται μια έξαρση βλαβών και αστοχιών που ως άμεση συνέπεια έχουν την μειωμένη απόδοση σε σχέση με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και την αύξηση του χρόνου εκτός λειτουργίας (downtime). Η κατάσταση αυτή εμφανίζεται συνήθως κατά το τρίτο στάδιο ζωής του εξοπλισμού μας, το στάδιο της γήρανσης.

Ένας ακόμη πολύ σημαντικός παράγοντας που σχετίζεται με το είδος του εξοπλισμού, την αξιοπιστία του κατασκευαστή αλλά και την σύμβαση που υπογράφηκε κατά την αγορά του εξοπλισμού είναι η αδυναμία υποστήριξης του εξοπλισμού σε ανταλλακτικά.

1.4.5.3 Αιτίες παραγωγής και πωλήσεων

Μια από τις σημαντικότερες αιτίες που μας οδηγούν στην αναβάθμιση και την βελτίωση του εξοπλισμού μας είναι η ανάγκη για αύξηση πωλήσεων καθώς και η προσθήκη νέων προϊόντων/υπηρεσιών στα ήδη παραγόμενα. Στο σύγχρονο επιχειρησιακό περιβάλλον πρέπει το προϊόν να ακολουθεί τα συνεχώς διαφοροποιούμενα «θέλω» των πελατών. Η διαφοροποίηση των προϊόντων μιας επιχείρησης μπορεί να της δώσει σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών της. Η διαφοροποίηση των προϊόντων είτε με επανασχεδίαση είτε σε λειτουργικά χαρακτηριστικά, αυξάνει το μερίδιο αγοράς της επιχείρησης καθώς ενισχύει και το όνομα της.

Επιπρόσθετα η ανταγωνιστικότητα των παραγομένων προϊόντων / υπηρεσιών ως προς το κόστος και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά καθώς και η ανάγκη βελτίωσης της τεχνολογίας αποτελούν βασικές αιτίες που δημιουργούν την ανάγκη της επιβελτιωτικής συντήρησης.

1.4.5.4 Στόχοι της επιβελτιωτικής συντήρησης.

Έπειτα από την αναφορά στις αιτίες που δημιούργησαν την ανάγκη για επιβελτιωτική συντήρηση εύκολα καθορίζονται και οι στόχοι αυτής. Ως βασικότεροι στόχοι αναφέρονται οι εξής:

- Η ελαχιστοποίηση του χρόνου εκτός λειτουργίας του εξοπλισμού και του χρόνου της διορθωτικής συντήρησης.
- Η ελαχιστοποίηση του κόστους διορθωτικής και προληπτικής συντήρησης.
- Η συνέχιση υποστήριξης του εξοπλισμού σε ανταλλακτικά.
- Η επέκταση των χαρακτηριστικών και ικανοτήτων του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων ώστε να καθιστά τα ποιοτικά και κοστολογικά στοιχεία του προϊόντος ανταγωνιστικά στο περιβάλλον της αγοράς (Στοιχείο που ενδιαφέρει κυρίως την παραγωγή και τις πωλήσεις).

1.4.5.5 Οργάνωση επιβελτιωτικής συντήρησης

Περιλαμβάνει τις εξής επιμέρους λειτουργίες:

- Διατήρηση και ενημέρωση ιστορικού αρχείου βλαβών τουλάχιστον για τον κύριο υφιστάμενο εξοπλισμό.

- Συστηματική επικοινωνία με τον κατασκευαστή του εξοπλισμού για προτάσεις βελτίωσης / αναβάθμισης.
- Συστηματική ενημέρωση για τις νέες τάσεις και τεχνολογίες στο κύριο παραγωγικό εξοπλισμό αλλά και στις εγκαταστάσεις.
- Εκπόνηση μελετών σκοπιμότητας της αναβάθμισης ή αντικατάστασης και σύνταξη τεχνικών προδιαγραφών σε άμεση συνεργασία με την παραγωγή.
- Εκτέλεση της τροποποίησης / αναβάθμισης από το προσωπικό της συντήρησης ή και τον κατασκευαστή του εξοπλισμού.

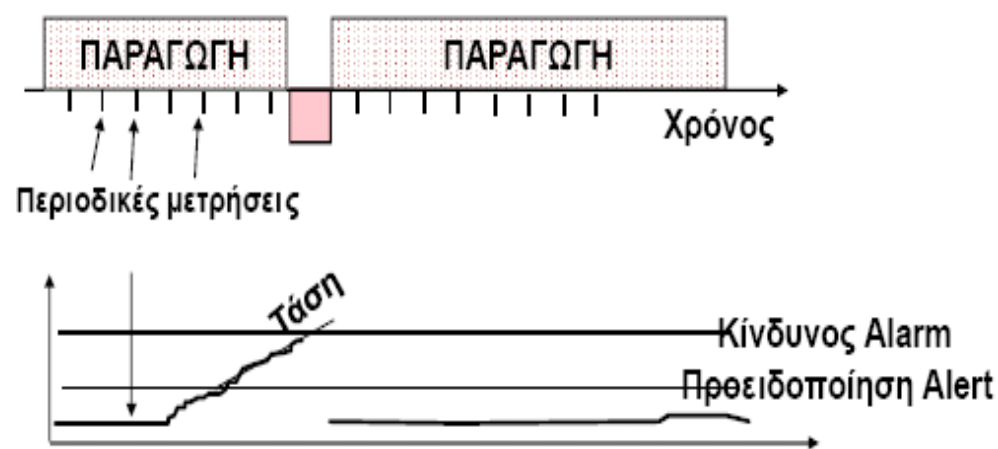
1.4.6 Προβλεπτική Συντήρηση

1.4.6.1 Ορισμός

Προβλεπτική συντήρηση είναι η συντήρηση που συντελείται με συστηματική επιτήρηση της κατάστασης του εξοπλισμού μέσω περιοδικών επιθεωρήσεων και μετρήσεων και αντικατάσταση εξαρτημάτων λίγο πριν αστοχήσουν. Η μεγάλη και κύρια διαφοροποίηση της από την προληπτική συντήρηση είναι ότι χρησιμοποιεί μεθόδους οι οποίες βοηθούν να καθοριστεί η κατάσταση του εξοπλισμού με απώτερο σκοπό την εκδήλωση ενεργειών συντήρησης όταν απαιτείται και όχι ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Η προσέγγιση λοιπόν της προβλεπτικής συντήρησης συμβάλλει στην εξοικονόμηση πόρων αφού η συντήρηση δεν ακολουθεί ένα πρόγραμμα ρουτίνας ,αλλά ακολουθεί την λειτουργική κατάσταση του εξοπλισμού. Ένα ακόμη πολύ σημαντικό βήμα που αφορά στις λειτουργικές παραμέτρους της προβλεπτικής συντήρησης είναι ο καθορισμός των

- Τι μετράμε (Σωστή επιλογή του μεγέθους προς μέτρηση)
- Κάθε πότε θα μετράμε (Επιλογή της περιοδικότητας)
- Που και πως θα μετρήσουμε (Τρόπο μέτρησης)

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια της παραγωγής εκτελούμε περιοδικούς ελέγχους, οι οποίοι μπορεί να είναι και συνεχείς, προκειμένου να ελέγχουμε την κατάσταση του εξοπλισμού μας. Όταν διαπιστώσουμε ότι κάποιος από τους υπό έλεγχο παράγοντες (πχ μια ρωγμή) φτάσει στα όρια, τα οποία εμείς έχουμε θέσει (τα μηχανικά αυτά όρια λειτουργίας είναι συνήθως αρκετά αυστηρά, ώστε τα προβλήματα να εντοπίζονται πολύ πριν πραγματοποιηθεί η εκτεταμένη ζημιά στον εξοπλισμό) σταματούμε την παραγωγή, προβαίνουμε σε αποκατάσταση της παρατήρησης και συνεχίζουμε την παραγωγή. Αυτός είναι ουσιαστικά και ο αλγόριθμος της προβλεπτικής συντήρησης.



Σχήμα 1.11 Στα πλαίσια της προβλεπτικής συντήρησης, κατά την διάρκεια της παραγωγής εκτελούμε περιοδικούς ελέγχους, οι οποίοι μπορεί να είναι και συνεχείς, προκειμένου να ελέγχουμε την κατάσταση του εξοπλισμού μας.

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

Αν μπορούσαμε να αναφερθούμε σε απόλυτους στόχους , ο απόλυτος στόχος της προβλεπτικής συντήρησης είναι η εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών συντήρησης σε προγραμματισμένο χρονικό σημείο και μάλιστα σε εκείνο το χρονικό σημείο όπου θα ισχύουν τα εξής :

- οι δραστηριότητες συντήρησης θα πληρούν την βέλτιστη συνθήκη κόστους – αποτελεσματικότητας.
- ο εξοπλισμός δεν θα έχει χάσει την απόδοση του.

1.4.6.2 Μέθοδοι προβλεπτικής συντήρησης

Για την αξιολόγηση της κατάστασης του εξοπλισμού η προβλεπτική συντήρηση χρησιμοποιεί μη καταστροφικούς ελέγχους και μεθόδους όπως ακουστικές , υπέρυθρων , ανάλυσης κραδασμών, φασματοσκοπικών αναλύσεων και άλλες. Σκοπός αυτών των μεθόδων είναι η μέτρηση σημαντικών μεγεθών όπως:



- Ταλαντώσεις
- Θερμοκρασία

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

- Λιπαντικό λάδι (πιθανές προσμίξεις ξένων σωματιδίων)
- Ήχος
- Άλλες παράμετροι

Πληροφορίες σε μετρητές η στο σύστημα ελέγχου μιας μηχανής όπως πίεση, ροή, ταχύτητα τα οποία μπορούν να μας φανερώσουν την παρούσα αλλά και μελλοντική λειτουργική κατάσταση του εξοπλισμού μας.

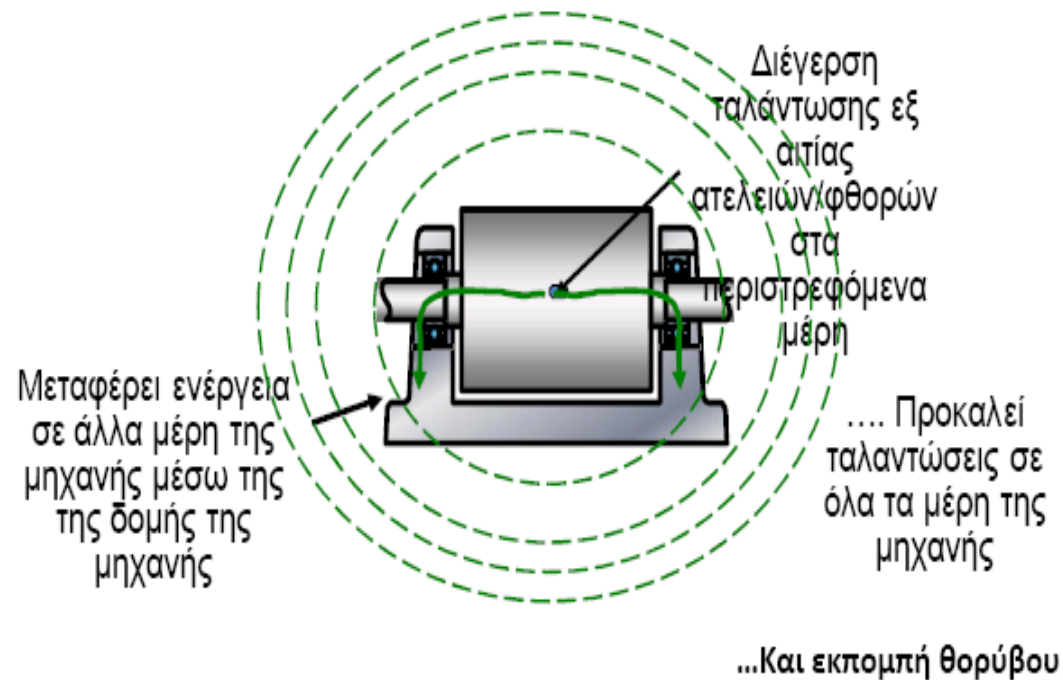
1.4.6.3 Μέθοδος περιοδικού ελέγχου στάθμης ταλαντώσεων/ κραδασμών του εξοπλισμού.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή εκτελούνται μετρήσεις, κατά τακτά χρονικά διαστήματα, της στάθμης δονήσεων και των κραδασμών του μηχανολογικού εξοπλισμού. Παρακολουθώντας την εξέλιξή τους μπορούμε να προβλέψουμε πότε αρχίζει μια φθορά ή βλάβη και να αποφασίσουμε από την εξέλιξή της τη χρονική στιγμή που θα επέμβουμε για την εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών συντήρησης. Η μέθοδος αυτή βρίσκει κυρίως εφαρμογή σε μηχανές με περιστρεφόμενα και παλινδρομικά μέρη . Δίνει τη δυνατότητα διάγνωσης φθοράς σε έδρανα, γρανάζια, πτερωτές, μάντες , αζυγοσταθμίας σε ατράκτους, κακής ευθυγράμμισης κλπ.

Οι μηχανές σχεδιάζονται για να εκτελέσουν διάφορες εργασίες. Μια ιδανική μηχανή δεν δημιουργεί ταλαντώσεις και όλη η ενέργεια μετατρέπεται σε ωφέλιμο έργο. Στη πραγματικότητα όμως δεν υπάρχει ιδανική μηχανή. Εξ' αιτίας ακατάλληλου σχεδιασμού και κατασκευής αλλά και εξ αιτίας της φθοράς που συντελείται με το χρόνο

οι μηχανές ταλαντώνονται και παράγουν θόρυβο. Ακόμη και μια καλά σχεδιασμένη και κατασκευασμένη μηχανή παρουσιάζει εξ αιτίας κατασκευαστικών μικροατελειών ταλαντώσεις / δονήσεις χαμηλού όμως πλάτους. Καθώς η μηχανή παλιώνει και τα μέρη της φθείρονται, παρουσιάζονται αλλαγές στη δυναμική της συμπεριφορά. Οι άξονες χάνουν τη ζυγοστάθειά τους, εξαρτήματα αρχίζουν να φθείρονται και οι ανοχές χειροτερεύουν. Όλα αυτά οδηγούν σε αύξηση του πλάτους ταλαντώσεων της μηχανής.

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΛΟΓΩ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ



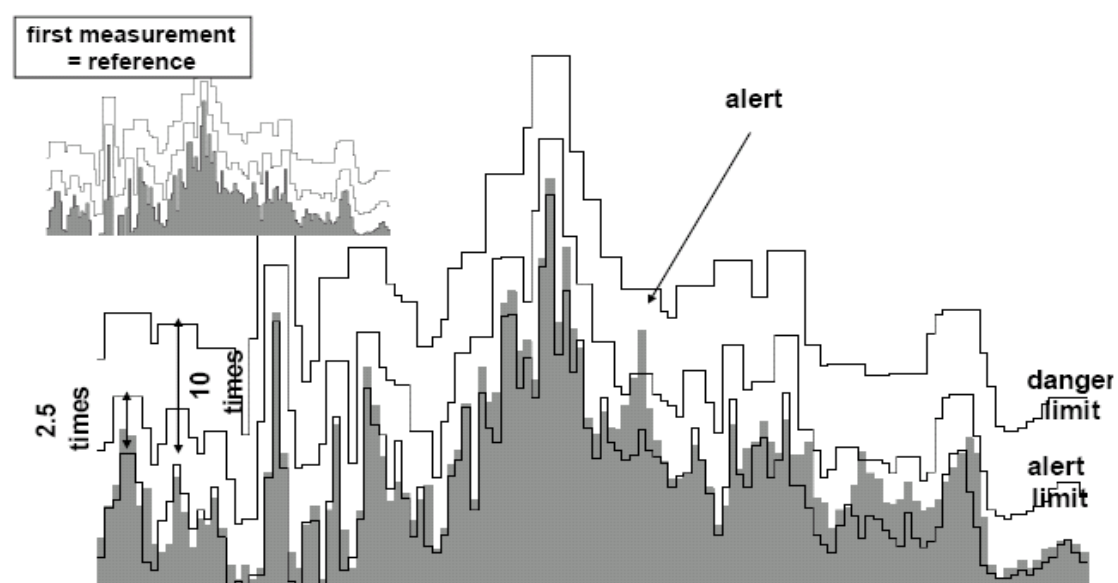
Σχήμα 1.12 Απεικόνιση μεταφοράς ενέργειας και θορύβου από τις μηχανές λόγω ταλάντωσης.

Τα όργανα μέτρησης συχνοτήτων και πλάτους ταλαντώσεων διέπονται από 2 βασικές αρχές:

1η αρχή

Τα διάφορα εξαρτήματα μιας μηχανής ταλαντώνονται σε συγκεκριμένες πάντοτε συχνότητες για δεδομένο αριθμό στροφών του κεντρικού άξονα της. Δίνουν επομένως οι συχνότητες ταλάντωσης τη ταυτότητα των εξαρτημάτων που αποτελούν μια μηχανή.

σημείο αναφοράς – αρχική μέτρηση όταν η μηχανή παραλαμβάνεται



Σχήμα 1.13 Η δημιουργία ενός σημείου αναφοράς μέσω αρχικής μέτρησης με τη παραλαβή της μηχανής είναι απαραίτητη ώστε να είναι εφικτή η αξιοποίηση των μετρήσεων των κραδασμών – ταλαντώσεων.

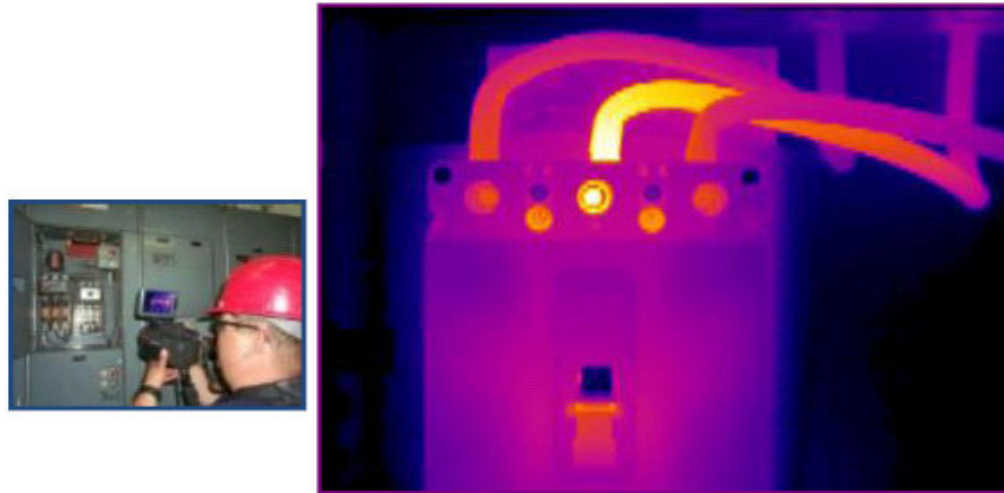
2η αρχή

Τα πλάτη στις διάφορες συχνότητες και η εξέλιξή τους δίδουν έγκαιρα προειδοποίηση της βλάβης στη συγκεκριμένη συχνότητα άρα και στο εξάρτημα που αντιστοιχεί. Για να είναι εφικτή η αξιοποίηση των μετρήσεων των κραδασμών – ταλαντώσεων θα πρέπει να δημιουργηθεί **ένα σημείο αναφοράς** μέσω αρχικής μέτρησης με τη παραλαβή της μηχανής.

1.4.6.4 Ανάλυση υπέρυθρης ενέργειας για προβλεπτική συντήρηση μηχανών με κάμερες υπέρυθρων ακτίνων

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ειδική φωτογραφική κάμερα κατάλληλη για την αποτύπωση της υπέρυθρης ενέργειας η οποία δεν είναι ορατή με το γυμνό μάτι. Η ενέργεια από το υπό εξέταση αντικείμενο εστιάζεται δια μέσου φακών σε ένα ανιχνευτή υπέρυθρων ακτίνων. Η υπέρυθρη πληροφόρηση κατόπιν μεταφέρεται σε ηλεκτρονικούς αισθητήρες για επεξεργασία και δημιουργία της εικόνας η οποία μπορεί να είναι φωτογραφία η εικόνα σε οθόνη. Οι σημερινές κάμερες δεν απαιτούν ψύξη όπως γινόταν μέχρι σήμερα και έτσι έχουν την δυνατότητα να είναι μεγαλύτερης ακρίβειας και οικονομικότερες. Η χρήση και διάγνωση των τυχόν προβλημάτων γίνεται από πιστοποιημένους θερμογράφους (thermographers) οι οποίοι έχουν γνώση της λειτουργίας των υπό εξέταση αντικειμένων καθώς και των υλικών κατασκευής των.

Η θερμογραφία καλύπτεται από το ISO 6781 όπως και από το European Standard EN 473.



Εικόνα 1.2 Η μεσαία φάση αυτού του αυτόματου διακόπτη ισχύος παρουσιάζει μη φυσιολογική θερμοκρασία. Πιθανή αιτία του προβλήματος είναι η μη καλή επαφή του καλωδίου.



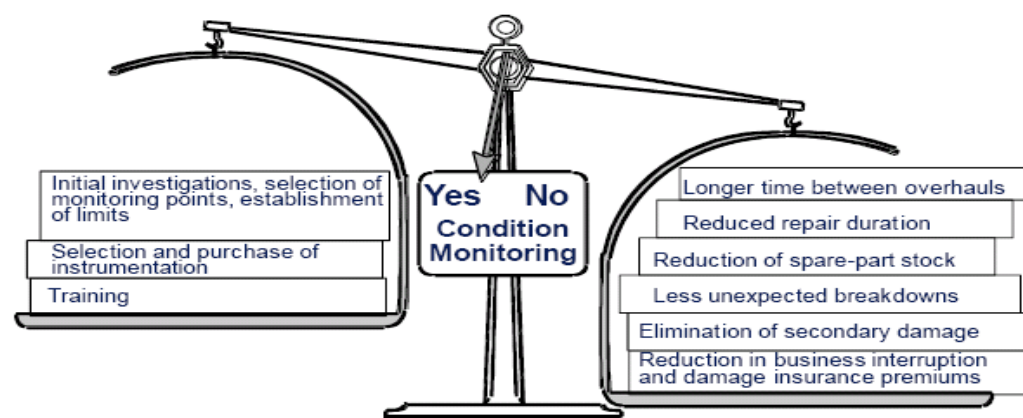
Εικόνα 1.3 Η θερμική απεικόνιση ενός καινούργιου ηλεκτρικού κινητήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα σαν σημείο αναφοράς για ολόκληρη την ωφέλιμη ζωή του κινητήρα

1.4.6.5 Πλεονεκτήματα προβλεπτικής Συντήρησης.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της προβλεπτικής συντήρησης είναι:

- Οικονομικότερη (Cost Effective) σε σχέση με τις κλασικές μεθόδους. Προσεγγίζει τη λογική J.I.T. (Just In Time) στη διαχείριση των ανταλλακτικών. Περιορίζονται επίσης και οι ανθρωποώρες επισκευής.
- Εντοπίζει τα προβλήματα έγκαιρα (Locates Problems) και ως εκ τούτου περιορίζονται οι απρόβλεπτες βλάβες (αύξηση αξιοπιστίας) και ο χρόνος εκτός λειτουργίας (Eliminates Downtime).
- Επιμηκύνεται η ζωή των μηχανημάτων (Extend Equipment Life) προλαμβάνοντας το πρόβλημα στην πηγή του πριν δημιουργήσει αλυσιδωτές επιπτώσεις και σε άλλα μέρη του εξοπλισμού.
- Επιβεβαιώνει τη σωστή κατασκευή (Confirm Proper Construction).
- Επιβεβαιώνει τις τυχόν επισκευές (Verify repairs).

Why Make Condition Monitoring ?



Σχήμα 1.14 Why make condition monitoring?

1.4.6.6 Προβλεπτική συντήρηση και e-Maintenance

Η ηλεκτρονική συντήρηση (e-Maintenance) αποτελεί το μέσο που μπορεί να υποστηρίξει την φιλοσοφία της προβλεπτικής συντήρησης με βάση την αξιοπιστία, μέσω της συνεχούς παρακολούθησης και απολογισμού της λειτουργίας του εξοπλισμού. Μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στον παραγωγικό εξοπλισμό μίας βιομηχανικής μονάδας της επιχείρησης, όσο και στον εξοπλισμό που διαθέτουν οι πελάτες μίας επιχείρησης, λόγω της δυνατότητας να παρακολουθείται ο εξοπλισμός από απόσταση. Ο ρόλος και η σημασία της συντήρησης υποστηρίζεται σήμερα από τις τεχνολογίες της πληροφορικής και των επικοινωνιών, διαμορφώνοντας έτσι την έννοια της ηλεκτρονικής συντήρησης (e-Maintenance), άμεσα συσχετιζόμενης με τις έννοιες του ηλεκτρονικού επιχειρείν (e-Business) και της ηλεκτρονικής παραγωγής (e-Manufacturing). Ο όρος e-Maintenance χρησιμοποιείται τη δεκαετία που διανύουμε για να προσδιορίσει τη νέα γενιά των συστημάτων συντήρησης. Ο όρος ενοποιεί τις υφιστάμενες πρακτικές των πληροφοριακών συστημάτων συντήρησης με τις αρχές των διαδικτυακών υπηρεσιών (web-services) και ηλεκτρονικών συνεργασιών (e-collaboration). Σε ένα συνεργατικό περιβάλλον ηλεκτρονικής συντήρησης, η γνώση είναι διαθέσιμη προς χρήση στο σωστό σημείο και στο σωστό χρόνο προκειμένου να λαμβάνονται οι κατάλληλες αποφάσεις για τη συντήρηση του εξοπλισμού.

Στις βιομηχανικές επιχειρήσεις, η έννοια της ηλεκτρονικής συντήρησης έχει καθιερωθεί ως η ενσωμάτωση των τεχνολογιών της πληροφορικής και των τεχνολογιών (ICT) εντός των στρατηγικών συντήρησης ή και των πλάνων συντήρησης, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες για καινοτομίες στις παραγωγικές διαδικασίες και στο επιχειρησιακό περιβάλλον γενικότερα. Επομένως, η ηλεκτρονική συντήρηση στο πλαίσιο

της ηλεκτρονικής παραγωγής και του ηλεκτρονικού επιχειρείν μπορεί να οριστεί ως η υποστήριξη της λειτουργίας του εξοπλισμού με ένα σύνολο πόρων, υπηρεσιών, τεχνολογιών και διοικητικών δράσεων για την επίτευξη των αποφάσεων πρόληψης των βλαβών και δυσλειτουργιών του εξοπλισμού με τη χρήση τεχνολογιών ενσύρματων και ασύρματων μετρήσεων, πληροφοριακών συστημάτων, διαδικτυακών εφαρμογών, καθώς και δραστηριοτήτων ηλεκτρονικής παρακολούθησης (e-monitoring) και διάγνωσης (e-diagnosis).

Η ηλεκτρονική συντήρηση ενισχύει τη δυνατότητα για συνεχή παρακολούθηση των μηχανών στο χώρο της παραγωγής, συλλογή δεδομένων για την κατάσταση του εξοπλισμού σε απομακρυσμένες εγκαταστάσεις, σύνδεση των συστημάτων παραγωγής και συντήρησης και ολοκλήρωσή τους με το σύνολο των επιχειρησιακών πληροφοριακών συστημάτων.

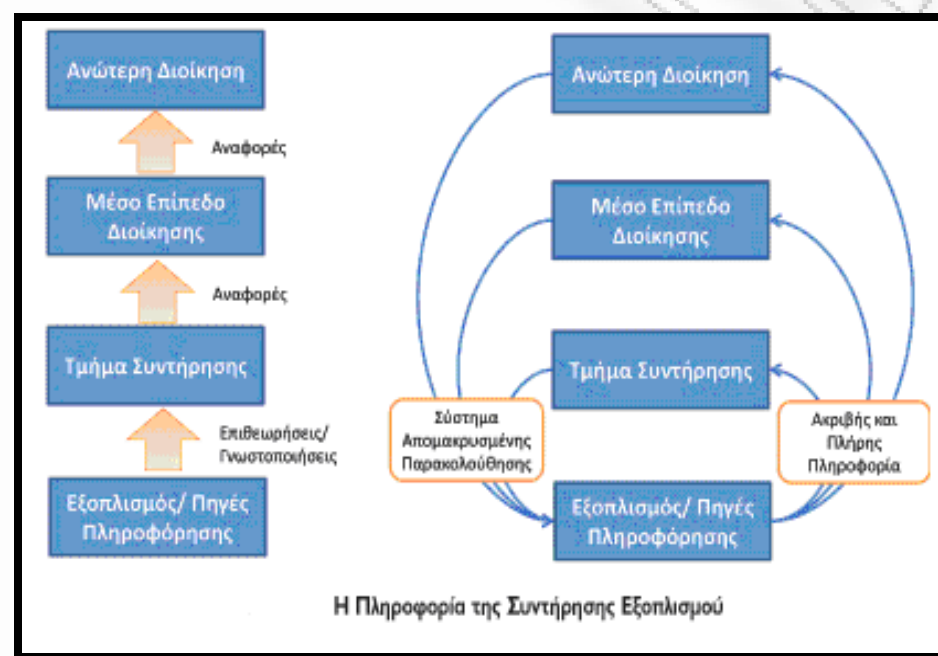
Ένας γενικός προσδιορισμός που αποδίδεται στην ηλεκτρονική συντήρηση είναι «το σύστημα συντήρησης με το οποίο ο εξοπλισμός παρακολουθείται και διαχειρίζεται μέσα από το Internet». Έτσι, μέσω των τεχνολογιών του διαδικτύου και των ασύρματων επικοινωνιών, η ηλεκτρονική συντήρηση μπορεί να μεταμορφώσει τις αμιγώς παραγωγικές επιχειρήσεις, δίνοντας τους τη δυνατότητα παροχής υπηρεσιών υποστήριξης της λειτουργίας του εξοπλισμού των πελατών τους, οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Προϋπόθεση για την υλοποίηση παρόμοιων συστημάτων είναι η χρήση ασύρματων διατάξεων και αισθητήρων, φορητών υπολογιστικών συστημάτων και τεχνολογιών κινητών συσκευών. Για παράδειγμα, με τη χρήση συσκευών PDA και αισθητήρων στις μηχανές που συνδέονται μέσω ασύρματων δικτύων με το σύστημα επεξεργασίας των δεδομένων, το τεχνικό προσωπικό αλλά και οποιοσδήποτε εμπλεκόμενος έχει τη δυνατότητα να αποκτά άμεση πρόσβαση σε μετρήσεις, ιστορικά δεδομένα και όλη την

απαιτούμενη πληροφορία για την αναγνώριση της κατάστασης της λειτουργίας του εξοπλισμού και την πρόταση δράσεων για άμεσες ή προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης. Ορισμένες εταιρείες, όπως η General Motors, η Cannon, η Rockwell, η SKF, έχουν διερευνήσει εδώ και χρόνια τις δυνατότητες και τις ευκαιρίες που προσφέρει η ηλεκτρονική συντήρηση και την έχουν ήδη υιοθετήσει, τροποποιώντας σημαντικά τις επιχειρησιακές διαδικασίες τους και αποκομίζοντας τελικά σημαντικά οφέλη.

1.4.7 Οι Δυνατότητες και τα Οφέλη της Ηλεκτρονικής Συντήρησης

Δεδομένου ότι οι χρήστες μπορούν να εισέλθουν και λειτουργήσουν το ηλεκτρονικό σύστημα από οπουδήποτε, ενώ η καταγραφή της κατάστασης του εξοπλισμού πραγματοποιείται αυτόματα και για οποιονδήποτε εξοπλισμό σε οποιοδήποτε γεωγραφικό σημείο, ένα σύστημα ηλεκτρονικής συντήρησης παρέχει νέες δυνατότητες στη στρατηγική συντήρησης κάθε οργανισμού. Οι κυριότερες νέες δυνατότητες της ηλεκτρονικής συντήρησης που την καθιστούν σημαντική στην εφαρμογή των νέων φιλοσοφιών συντήρησης περιλαμβάνουν τις λειτουργίες απομακρυσμένης συντήρησης και λήψης των αποφάσεων, την ολοκλήρωση των διαδικασιών συντήρησης με τις άλλες διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας (παραγωγή, εξυπηρέτηση πελάτη), την παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού σε πραγματικό χρόνο και από απομακρυσμένο σημείο, την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης. Επιπλέον, παρέχονται δυνατότητες και εργαλεία για σημαντικές βελτιώσεις στο επίπεδο της ανάλυσης των βλαβών και των δυσλειτουργιών μέσω ειδικών δικτυακών διατάξεων παρακολούθησης και διάγνωσης της κατάστασης του εξοπλισμού. Επίσης σημαντικές

βελτιώσεις παρέχονται στο επίπεδο της τεκμηρίωσης των ενεργειών συντήρησης. Η ηλεκτρονική συντήρηση προϋποθέτει την υλοποίηση μίας πληροφοριακής υποδομής που συνδέει γεωγραφικά διασπαρμένα υποσυστήματα και εμπλεκόμενους στη συντήρηση, κυρίως μέσω του διαδικτύου, επιτρέποντας έτσι τη συνεργασία στη λήψη αποφάσεων και την παροχή κοινής εικόνας σε όλους. Με την ηλεκτρονική συντήρηση επιτυγχάνεται αυτή η κοινή αντίληψη από όλους και η διαφάνεια εντός της επιχείρησης. Παρέχεται έτσι η ευκαιρία για την εξάλειψη των διαχωριστικών τειχών μεταξύ τμημάτων, προσωπικού ακόμα και διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων που εμπλέκονται στη συντήρηση. Για παράδειγμα, στο κατωτέρω Σχήμα παρουσιάζεται η περίπτωση της παραδοσιακής συντήρησης, όπου η ροή της πληροφορίας προς την ανώτερη διοίκηση αναφορικά με θέματα βλαβών και συντήρησης εξοπλισμού, περνάει σταδιακά από διαφορετικά διοικητικά επίπεδα και μέσα από ειδικές αναφορές (reports) πληροφόρησης.



<http://www.plant-management.gr/index.php?id=14920>

Σχήμα 1.15 Η πληροφορία της συντήρησης εξοπλισμού
Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

Αντιθέτως, στην περίπτωση της ηλεκτρονικής συντήρησης, όλοι οι εμπλεκόμενοι και ενδιαφερόμενοι από οποιοδήποτε επίπεδο της διοίκησης μπορούν να παρακολουθήσουν, να αναλύσουν και να αξιολογήσουν την πληροφορία από την παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού προκειμένου να ληφθούν οι καταλληλότερες αποφάσεις που αφορούν τη συντήρηση αλλά και τις άλλες διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ως παράδειγμα συστήματος ηλεκτρονικής συντήρησης δίνεται εν συντομία αυτό που έχει αναπτύξει μεγάλη εταιρεία στο χώρο των μηχανολογικών εξαρτημάτων.

Το σύστημα αυτό παρέχει στους χρήστες του τη δυνατότητα να εισέλθουν στο σύστημα (login) από οποιοδήποτε, να παρακολουθήσουν μέσω του διαγνωστικού κέντρου όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται με βάση ένα σύνολο τεχνικών (ανάλυση λιπαντικών, ανάλυση δονήσεων, θερμογραφία κ.λπ.), να λάβουν αναφορές για την κατάσταση του εξοπλισμού σχετικά με τους κινδύνους που έχουν εντοπιστεί, το επίπεδο κρισιμότητας αυτών, τις προτεινόμενες ενέργειες που πρέπει να γίνουν, τις αυτόματες γνωστοποιήσεις συντήρησης που εκδίδονται από το σύστημα, τα επίπεδα προτεραιότητας των επεμβάσεων, τις στατιστικές αναλύσεις μετρήσεων, το κόστος βλαβών και το κόστος διακοπής της λειτουργίας. Επιπλέον οι χρήστες του συστήματος μπορούν να εντοπίσουν τις εντολές συντήρησης που έχουν εκδοθεί από το σύστημα και να παρακολουθήσουν την πορεία τους, ενώ τελικά λαμβάνουν και απολογιστικές αναφορές παρακολούθησης όλων των ενεργειών που έχουν πραγματοποιηθεί μέσα από το σύστημα ηλεκτρονικής συντήρησης και αναφορές αποτελεσματικότητας/ακρίβειας των προτάσεων του συστήματος, καθώς και αναφορές παρακολούθησης του κόστους συντήρησης, αποκατάστασης των δυσλειτουργιών, οφέλους στο κόστος από την αποτροπή σταματήματος του εξοπλισμού και από την εξοικονόμηση ενέργειας.

Στα βασικά οφέλη από την υιοθέτηση και χρήση συστημάτων ηλεκτρονικής συντήρησης, τα οποία καταγράφονται από τις μέχρι στιγμής υλοποιήσεις παγκοσμίως, περιλαμβάνονται:

- Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας των διαδικασιών συντήρησης από όλους (από την ανώτερη Διοίκηση έως τους υπεύθυνους μηχανικούς), μέσω της δυνατότητας απομακρυσμένης πρόσβασης.
- Κοινή πρόσβαση σε θέματα απόδοσης του εξοπλισμού και κατάσταση των εγκαταστάσεων.
- Υπολογισμός των ωφελειών στο κόστος από τη χρήση ηλεκτρονικού συστήματος συντήρησης σε σχέση με τους παραδοσιακούς τρόπους (συμβόλαια υπηρεσιών συντήρησης, εσωτερικά συνεργεία συντήρησης).
- Στους μεγάλους οργανισμούς, δίνεται η δυνατότητα επένδυσης του παραγωγικού χρόνου των ειδικών στην παρακολούθηση της κατάστασης και της αξιοπιστίας του εξοπλισμού, σε άλλες σημαντικές δραστηριότητες έγκαιρης αντιμετώπισης ενδεχόμενων βλαβών του εξοπλισμού (proactive work).
- Στους μικρότερους οργανισμούς εξασφαλίζεται ότι λόγω του συστήματος ηλεκτρονικής συντήρησης δεν απαιτείται η επένδυση σε ακριβό εξειδικευμένο προσωπικό για την παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού.
- Η μετάδοση της γνώσης στους χρήστες της επιχείρησης τόσο από την ομάδα υποστήριξης του συστήματος ηλεκτρονικής συντήρησης όσο και από τις βέλτιστες πρακτικές που αυτό ενσωματώνει.
- Ελαχιστοποίηση των επενδυμένων κεφαλαίων στη συντήρηση, καθώς η ύπαρξη ενός κεντρικού σημείου συγκέντρωσης και διαχείρισης της πληροφορίας μειώνει την ανάγκη

για περιττή ανάλυση σε επιμέρους σημεία, γεγονός που σημαίνει όφελος στο κόστος hardware, software αλλά και ανθρωποωρών εργασίας.

- Επίτευξη αποτελεσματικότητας και συνέπειας, καθώς τα δεδομένα της συντήρησης διαχειρίζονται πιο αποτελεσματικά και με ενιαίο τρόπο σε ολόκληρο τον οργανισμό.
- Παρακολούθηση και έλεγχος του κόστους της προγνωστικής (predictive) και προβλεπτικής (proactive) συντήρησης μέσω του συστήματος ηλεκτρονικής συντήρησης, καθώς και των ωφελειών από την αποτελεσματικότερη συντήρηση.
- Αδιάλειπτη παρακολούθηση της κατάστασης λειτουργίας του εξοπλισμού 24 ώρες το 24ωρο και 7 ημέρες την εβδομάδα μέσω της δυνατότητας απομακρυσμένης πρόσβασης, καθώς τα δεδομένα συλλέγονται από φορητές συσκευές σε πραγματικό χρόνο στο διαγνωστικό κέντρο.
- Κεντρική διαχείριση των δεδομένων που συλλέγονται στο διαγνωστικό κέντρο για την ανάλυσή τους και τη δημιουργία αναφορών, που στη συνέχεια διαχέονται στους χρήστες.
- Καλύτερα πληροφορημένοι πελάτες/χρήστες του συστήματος, δεδομένου ότι έχουν πρόσβαση σε πλήρη και εγκαίρως ενημερωμένα στοιχεία της κατάστασης των μηχανών και της συντήρησής τους.

1.4.8 Φιλοσοφία Reliability Centered Maintenance (RCM) και Risk Based Maintenance (RBM).

Τα προβλήματα συντήρησης που αντιμετωπίζουν τα σύγχρονα εργοστάσια είναι πάρα πολλά και πολυσύνθετα και για να συστηματοποιηθούν οι στρατηγικές αντιμετώπισης αυτών αναπτύχθηκε η μέθοδος RCM, η οποία προσφέρει τον τρόπο για να εξεταστεί μία γενική προσέγγιση στη βελτιστοποίηση της συντήρησης παραγωγικών

συστημάτων.

Η Συντήρηση βασισμένη στην αξιοπιστία αναπτύχθηκε από μελέτες που έγιναν κατά την διάρκεια της κατασκευής του Boeing 747. Οι μελέτες αυτές έδειξαν ότι οι αστοχίες των εξαρτημάτων σε ένα αεροσκάφος είναι επί το πλείστον τυχαίες.

Εκείνη την εποχή η συντήρηση των αεροσκαφών ήταν βασισμένη κυρίως στις ώρες πτήσης. Έτσι μια νέα μέθοδος συντήρησης αεροσκαφών θεωρήθηκε απαραίτητη. Έτσι, από το 1978 οι Nowlan και Hear συμπέραναν με την ανάπτυξη μίας μελέτης για τη διαδικασία συντήρησης των αεροσκαφών της πολιτικής αεροπορίας των ΗΠΑ πως η χρήση ενός προγράμματος συντήρησης ενάντια στη γήρανση έχει πολύ μικρή, ή και καθόλου, επίδραση στο ρυθμό εμφάνισης βλαβών. Η μελέτη αυτή ονομάστηκε Reliability Centered Maintenance (RCM) και αποτελεί τη βάση ανάπτυξης όλων των προσεγγίσεων στην φιλοσοφία της μεθόδου RCM που αναπτύχθηκαν από τότε.

Η προσέγγιση RCM υποθέτει την μη προγενέστερη γνώση των υλικών ή αλλιώς μηδενική βάση (zero based) ή των κατ' αρχήν κανόνων (first principles). Κάθε εξάρτημα στο αεροσκάφος αναλύεται συστηματικά για να αναγνωριστούν οι τρόποι αστοχίας του και κατόπιν προσδιορίζεται ο τρόπος συντήρησης τους. Η μέθοδος αυτή, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60300-3-11, χρησιμοποιεί διαδικασίες προληπτικής συντήρησης και επιτρέπει με αποτελεσματικό και αποδοτικό τρόπο, την επίτευξη του απαιτούμενου επιπέδου ασφάλειας και διαθεσιμότητας του παραγωγικού εξοπλισμού. Η μέθοδος αυτή, προσπαθεί να δημιουργήσει το βέλτιστο συνδυασμό της εμπειρίας που έχει αποκτηθεί και μίας σχολαστικής στατιστικής προσέγγισης, έτσι ώστε τη μεγιστοποίηση της διάρκειας ζωής του παραγωγικού εξοπλισμού. Απώτερος σκοπός είναι να επιτευχθεί η ζητούμενη αξιοπιστία και διαθεσιμότητα του με το ελάχιστο κόστος. Η μέθοδος RCM χρησιμοποιεί γνώσεις από πολλά επιστημονικά πεδία, όπως είναι η θεωρία της αξιοπιστίας, η θεωρία

της συντήρησης και της λειτουργίας, η σχεδίαση και κατασκευή των αντικειμένων κ.ά.

Υπάρχουν αρκετές προσπάθειες για την βελτίωση και την εξέλιξη αυτής της μεθόδου από τότε. Η κύρια προσπάθεια γίνεται για να ελαττωθεί ο χρόνος που απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής. Η ύπαρξη αρκετών μεθόδων οι οποίες ονομάζονται RCM από τους ερευνητές που τις ανέπτυξαν, δημιουργεί πολλαπλά προβλήματα. Πολλές από αυτές τις εξελιγμένες μεθόδους δεν έχουν τα ίδια αποτελέσματα, ενώ ελλοχεύουν και αρκετοί κίνδυνοι. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε με την ανάπτυξη ενός προτύπου από την Society of Automotive Engineers (SAE) το 1999. Το πρότυπο αυτό δίνει μια σειρά από προϋποθέσεις τις οποίες που πρέπει να πληρεί μία διαδικασία για να μπορεί να ονομαστεί RCM. Ο τίτλος του προτύπου είναι Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes (SAEJA1011). Για να ονομάζεται μία διαδικασία RCM, σύμφωνα με το πρότυπο, αλλά και τον Moubgray (1991) κύριο συντελεστή του, πρέπει να εξασφαλίζει πως οι ερωτήσεις που ακολουθούν θα απαντηθούν με τη σειρά που δίνεται και πως θα λάβουν, όλες, ικανοποιητική απάντηση.

1. Ποιες είναι οι λειτουργίες και τα επιθυμητά κριτήρια απόδοσης του εξοπλισμού στην παρούσα λειτουργία του;

Οι λειτουργίες κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- On –line λειτουργίες οι οποίες χρησιμοποιούνται συνέχεια με τέτοια συχνότητα που το προσωπικό έχει συνεχή επίγνωση της κατάστασης τους.

- Λειτουργίες Stand-by οι οποίες είναι κάτω υπό την ευθύνη των χειριστών που όμως χρησιμοποιούνται τόσο σπάνια που ο ειδικός έλεγχος απαιτείται για να αναγνωρισθούν οι πιθανές αστοχίες.

2. Σε ποιες περιπτώσεις μπορεί να αστοχήσει κατά τη λειτουργία του ο εξοπλισμός;

Οι τρόποι αστοχίας που μπορούν να ληφθούν υπόψη είναι :

- Αστοχίες που είχαν παρουσιαστεί και προηγουμένως στο μηχάνημα ή σε παρεμφερές.
- Πιθανές αστοχίες οι οποίες δεν έχουν συμβεί πριν αλλά μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις.
- Αστοχία μετά από προληπτική συντήρηση που έχει ήδη γίνει προκειμένου να αποφευχθεί αστοχία.

3. Τι προκαλεί την αστοχία του εξοπλισμού;

Κάθε αστοχία πρέπει να ερευνηθεί για να αναγνωρισθεί κάθε πιθανό αίτιο που την προκάλεσε. Κατόπιν γίνονται οι απαραίτητες ενέργειες συντήρησης προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι αιτίες και όχι τα συμπτώματα της αστοχίας. Αυτό το στάδιο της RCM πρέπει να ελέγχεται γιατί μπορεί να απολεσθεί χρόνος ερευνώντας απίθανες αιτίες αστοχίας.

4. Τι συμβαίνει όταν εμφανίζεται μία αστοχία;

Είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τις επιπτώσεις που έχουμε μετά από κάθε λειτουργική αστοχία προκειμένου να αποφασίσουμε εάν απαιτείται κάποια προληπτική συντήρηση.

5. Ποιες είναι οι επιπτώσεις από την αστοχία;

Αφού αναγνωρισθούν οι επιπτώσεις από κάθε λειτουργική αστοχία κατηγοριοποιούνται έτσι ώστε να προσδιοριστεί η ανάλογη εργασία συντήρησης.

6. Πως μπορεί να προβλεφθεί ή να αποτραπεί η αστοχία;

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε αστοχίας αναδεικνύεται και ποια από τις τέσσερις στρατηγικές συντήρησης θα επιλεγεί.

7. Τι πρέπει να γίνει εάν δεν μπορεί να βρεθεί το κατάλληλο μέτρο για την αποτροπή της αστοχίας;

Μπορεί να μην υπάρχει προφανής εργασία συντήρησης για ορισμένους τρόπους αστοχίας. Η RCM δίνει λεπτομερές δέντρο αποφάσεων για να διασφαλιστεί ότι ο σωστός τύπος συντήρησης έχει επιλεγεί για κάθε αστοχία.

1.4.8.1 Εφαρμογή της RCM

Η εφαρμογή της RCM μπορεί να γίνει μέσω ομάδων της Συντήρησης που θα δουλέψουν τις επτά προηγούμενες ερωτήσεις για να αναπτύξουν τις απαραίτητες προϋποθέσεις συντήρησης του υπό έλεγχο μηχανήματος. Η zero based προσέγγιση επιβάλει υψηλό βαθμό γνώσης του υπό ανάλυση μηχανήματος. Εάν οι απαιτούμενες επιδεξιότητες δεν υφίστανται στην εταιρεία μπορούμε να καλέσουμε εξωτερικούς ειδικούς προκειμένου να ενισχύσουν την ομάδα και να συζητήσουν το ειδικό τυχόν πρόβλημα. Κάθε ομάδα ηγείται από ένα συντονιστή που ελέγχει την ροή πληροφοριών και τις αποτυπώνει σε ανάλογες κάρτες της RCM .

Η πρώτη ομάδα εργάζεται για να απαντήσει στις πρώτες τέσσερις από τις συνολικά επτά ερωτήσεις . Οι κάρτες εργασιών χρησιμοποιούνται για να γράφονται οι απαντήσεις στις εξής ερωτήσεις :

- Σκοπός λειτουργίας του μηχανήματος.
- Λειτουργική αστοχία
- Τρόπος αστοχίας
- Επίδραση της αστοχίας

Η επόμενη φάση της RCM είναι η απάντηση στις τελευταίες τρεις ερωτήσεις όπου αξιολογούνται οι επιπτώσεις από τις πιθανές αστοχίες και αναθέτονται οι απαραίτητες εργασίες συντήρησης. Σε αυτή τη φάση εφαρμόζεται η δένδροειδής ανάλυση της RCM (fault tree analysis). Το αποτέλεσμα της ομάδας θα είναι η κάρτα εργασίας με αποφάσεις και λεπτομέρειες για τα εξής :

Κομμάτι ή ανταλλακτικό

Προτεινόμενη εργασία

Περιοδικότητα

Απαιτούμενη ειδικότητα

Κατόπιν είναι ευθύνη της συντήρησης και της παραγωγής να εντάξει τις αναθεωρημένες εργασίες στη παραγωγή.

1.4.8.2 Η συντήρηση βασισμένη στο κίνδυνο (RBM) είναι μια προσέγγιση για τη βελτίωση των πρακτικών της διαχείρισης της συντήρησης. Σύμφωνα με την προσέγγιση RBM ο μεγαλύτερος βαθμός κινδύνου σε μια εγκατάσταση περιέχεται σε μια μικρή μερίδα του εξοπλισμού της. Η προσέγγιση αυτή έχει σαν σκοπό να επικεντρώσει τις επιθεωρήσεις και τους πόρους της συντήρησης στην αύξηση του επιπέδου κάλυψης στα στοιχεία υψηλού κινδύνου.

Ο κίνδυνος ορίζεται σαν το γινόμενο της πιθανότητας εμφάνισης ενός γεγονότος πολλαπλασιαζόμενο επί του αντικτύπου του. Στη συντήρηση η πιθανότητα εμφάνισης ενός γεγονότος όπως η αστοχία του εξοπλισμού μπορεί να προσδιοριστεί είτε χρησιμοποιώντας υποκειμενικές κρίσεις ειδικών είτε μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας αντικειμενικά ιστορικά στοιχεία από τις κατάλληλες βάσεις δεδομένων που τηρούνται από τον τομέα της συντήρησης. Η πιθανότητα εμφάνισης μπορεί να δοθεί σαν η πιθανότητα αστοχίας ανά χιλιάδες ώρες λειτουργίας. Ο αντίκτυπος μπορεί να ορισθεί ως ο αριθμός των αστοχιών που προκαλούνται ή ως η οικονομική απώλεια που προκαλείται από τις αστοχίες.. Αυτός ο ορισμός κινδύνου μας οδηγεί στο να

αντιληφθούμε άμεσα μια ποσοτικοποιημένη απόδοση της απώλειας π.χ. ανά ώρα λειτουργίας.

Ο προγραμματισμός της RBM συνδυάζει τον προγραμματισμό των επιθεωρήσεων βασισμένων στο κίνδυνο (Risk Based Inspection, RBI) για τον στατικό εξοπλισμό και την ανάλυση της συντήρησης που θα επικεντρώνεται στην αξιοπιστία (RCM) για τα περιστρεφόμενα και άλλα κομμάτια του εξοπλισμού για να εξασφαλιστεί ένα πλαίσιο για τη βελτιστοποίηση των προγραμμάτων συντήρησης.

Οι επιθεωρήσεις βασισμένες στον κίνδυνο είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιεί τον κίνδυνο ως βάση για την κατηγοριοποίηση και την απόδοση προτεραιότητας στις εργασίες ενός προγράμματος επιθεωρήσεων. Ένα πρόγραμμα RBI επιτρέπει στους πόρους της συντήρησης να εξασφαλίσουν ένα μεγαλύτερο επίπεδο κάλυψης στα στοιχεία υψηλού κινδύνου και μια κατάλληλη προσέγγιση για τα στοιχεία χαμηλότερου κινδύνου, καταλήγοντας σε μια βελτίωση της διαθεσιμότητας και της αξιοπιστίας της εγκατάστασης. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τον ορισμό του κινδύνου που περιγράφηκε προηγουμένως και το γινόμενο που προκύπτει δίνει τον κίνδυνο για κάθε συσκευή. Κατά αυτό τον τρόπο η επίδραση του κινδύνου στις επιθεωρήσεις ποσοτικοποιείται και η μείωση του κινδύνου μπορεί να αποτιμηθεί με βάσει των προτεραιοτήτων του προγράμματος επιθεωρήσεων. Ένα ακόμη όφελος ενός τέτοιου προγράμματος επιθεωρήσεων είναι η αύξηση των περιόδων λειτουργίας των παραγωγικών εγκαταστάσεων, καθώς και ο αποτελεσματικός έλεγχος του συνολικού κινδύνου.

1.4.9 Φιλοσοφία Συντήρησης TPM

1.4.9.1 Ορισμός:

Το TPM είναι μια μέθοδος επίτευξης της μέγιστης αποδοτικότητας του εξοπλισμού , και της ελαχιστοποίησης του κόστους που συνδέεται με το χρόνο εκτός λειτουργίας εξ αιτίας βλαβών μέσω της συμμετοχής της διοίκησης , των εργαζομένων χειριστών και συντηρητών σε κοινά συμφωνημένο πρόγραμμα συντήρησης.

Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance, TPM) είναι μια μέθοδος που δημιουργεί στενή σχέση μεταξύ της συντήρησης και της παραγωγικότητας , και αποδεικνύει πως η καλή φροντίδα και η συντήρηση του εξοπλισμού οδηγούν σε υψηλότερη παραγωγικότητα. Η TPM συνδυάζει την πρακτική της Προληπτικής Συντήρησης με τη Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (TQM) και τη συνολική συμμετοχή των εργαζομένων, για να δημιουργήσει μια κουλτούρα όπου οι χειριστές αναπτύσσουν ένα αίσθημα ιδιοκτησίας με τον εξοπλισμό τους και γίνονται πλήρεις συνεργάτες με το Τμήμα Συντήρησης, τη Διεύθυνση Παραγωγής και τη Διοίκηση της επιχείρησης για να εξασφαλίσουν ότι ο εξοπλισμός θα λειτουργεί καθημερινά όπως χρειάζεται. Η TPM είναι μια φιλοσοφία της συνεχούς βελτίωσης . Μέσω αυτής , όλοι φτάνουν σε ένα νέο επίπεδο υψηλότερης ευθύνης και δέσμευσης. Ο στόχος ενός προγράμματος TPM είναι να αυξηθεί εμφανώς η παραγωγή , αυξάνοντας συγχρόνως το ηθικό των εργαζομένων και την ικανοποίηση από την εργασία. Το πρόγραμμα TPM είναι για τη συντήρηση ότι είναι η Διοίκηση Ολικής Ποιότητας για την Παραγωγή (Nakajima,1986). Φιλοσοφικά , μοιάζει με την Διοίκηση Ολικής Ποιότητας σε διάφορες πτυχές όπως :

- Απαιτείται η συνολική δέσμευση για το πρόγραμμα από την ανώτερη Διοίκηση
- Οι εργαζόμενοι πρέπει να «ενδυναμωθούν» για να μπορούν να εφαρμόζουν διορθωτικές δράσεις
- Πρέπει να υπάρχει μια μακροχρόνια προοπτική δεδομένου ότι η TPM μπορεί να πάρει ένα χρόνο ή και περισσότερο για να εφαρμοστεί και να γίνει καθημερινή πρακτική. Πρέπει επίσης να γίνουν αλλαγές στη νοοτροπία των εργαζομένων ως προς τις ευθύνες που αφορούν στην εργασία τους.

Η TPM φέρνει την συντήρηση στο προσκήνιο, σαν απαραίτητο και ζωτικά σημαντικό μέρος της επιχείρησης. Δεν θεωρείται πλέον ως μη κερδοφόρα δραστηριότητα. Οι παύσεις για συντήρηση προγραμματίζονται ως μέρος της ημερήσιας ρουτίνας και, σε μερικές περιπτώσεις, ως αναπόσπαστο τμήμα της διεργασίας παραγωγής. Δεν συμπίεζεται απλά ανάμεσα στα κενά της ροής των υλικών. Ο στόχος είναι να κρατηθεί η συντήρηση έκτακτης ανάγκης και η απρογραμμάτιστη συντήρηση στο ελάχιστο.

Η μέθοδος αυτή ορίζεται ως ολική παραγωγική συντήρηση που απαιτεί ολική συμμετοχή, δηλαδή την εφαρμογή της σε όλη την εταιρεία και όχι μόνο σε τμήματα τα οποία ασχολούνται με την παραγωγή (πχ διοίκηση, τμήμα πωλήσεων κλπ). Οι κατευθυντήριοι άξονες της μεθόδου είναι οι εξής:

- Κατασκευή ενός συλλογικού οργανισμού, ο οποίος θα μεγιστοποιήσει την αποτελεσματικότητα του συστήματος παραγωγής.
- Προσέγγιση του επιπέδου εργασίας με σκοπό την κατασκευή ενός οργανισμού ο οποίος θα αποτρέπει κάθε είδος απώλειας (ατυχήματα, σκάρτα στην παραγωγή, αστοχίες εξοπλισμού) για όλη την διάρκεια ζωής του συστήματος παραγωγής.

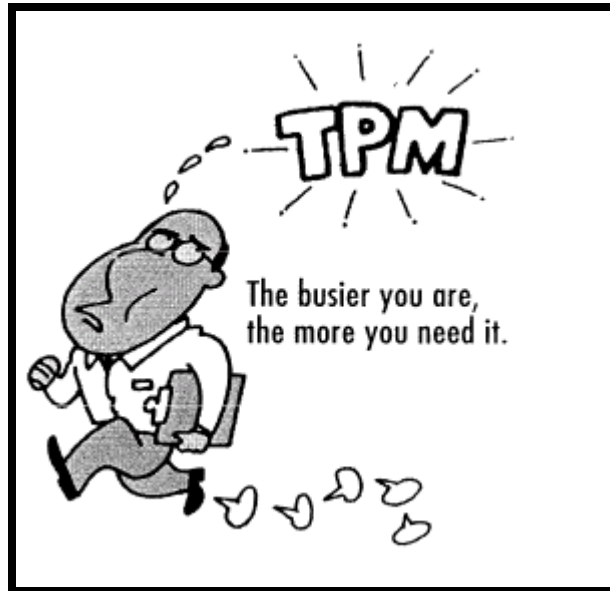
- Συμμετοχή όλων των τμημάτων στην εφαρμογή του TPM , συμπεριλαμβανομένων των τμημάτων ανάπτυξης των προϊόντων , πωλήσεων και διοίκησης.
- Συμμετοχή όλου του προσωπικού , από την διοίκηση μέχρι τους εργαζόμενους στην παραγωγή.
- Διεξαγωγή δραστηριότητας «μηδενικών απωλειών» μέσω επικαλυπτόμενων μικρών ομάδων.

1.4.9.2 Στόχος TPM

Οι στόχοι της TPM είναι οι εξής:

- Επίτευξη κατ' ελάχιστο του 90% της αποτελεσματικότητας του συνόλου του εξοπλισμού.
- Συνεχής λειτουργία του εξοπλισμού
- Δραστηριοποίηση κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχουν παράπονα πελατών
- Μείωση του κατασκευαστικού κόστους κατά 30%.
- Επίτευξη 100% επιτυχίας στη διανομή των αγαθών σύμφωνα με την επιθυμία του πελάτη
- Διασφάλιση ενός ασφαλούς εργασιακού περιβάλλοντος (μηδενικό δείκτη ατυχημάτων)
- Εμπλοκή των εργαζομένων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων (αύξηση των προτάσεων/νέων ιδεών από τους εργαζόμενους κατά τρεις φορές)
- Δημιουργία περιβάλλοντος που ευνοεί την ευελιξία των εργατών και ανεβάζει το ηθικό τους φρόνημα.

1.49.3 Γιατί TPM;



Εικόνα 1.4 TPM: *The busier you are, the more you need it*

Η βασική διαφορά που αναδεικνύει τη φιλοσοφία TPM από οποιαδήποτε άλλη προσέγγιση είναι ότι οι χρήστες/χειριστές των μηχανημάτων /εξοπλισμού εμπλέκονται στη διαδικασία της συντήρησης. Η λογική του « εγώ χειρίζομαι (χρήστης) και εσύ συντηρείς (τμήμα συντήρησης)» δεν ακολουθείται. Έτσι απλές εργασίες συντήρησης όπως λίπανση, καθαρισμός και συσφίξεις εκτελούνται από τον ίδιο τον χρήστη ο οποίος πρέπει να προσθέσουμε έχει εκπαιδευτεί και αξιολογηθεί μέσα από ένα ολοκληρωμένο σύστημα εκπαίδευσης. Άμεση συνέπεια είναι η «ισχυροποίηση» του τμήματος συντήρησης αφού πλέον θα δαπανά περισσότερο χρόνο σε ουσιαστικά θέματα και δεν θα αναλώνεται σε θέματα ρουτίνας.

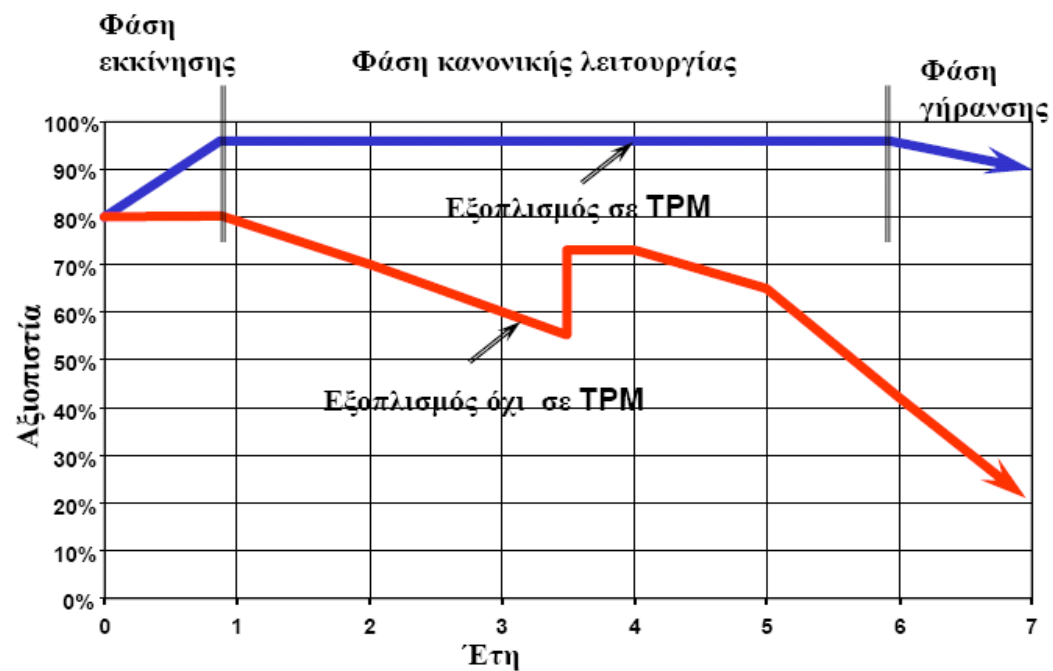
Στο ερώτημα αν πρέπει ή όχι να αναπτύξουμε σε μια επιχείρηση τη φιλοσοφία TPM υπάρχουν πολλοί λόγοι που συνηγορούν θετικά σε αυτό και τους παραθέτουμε παρακάτω :

- Το TPM τυποποιεί ένα πλήρες πρόγραμμα συντήρησης
- Οι χειριστές γνωρίζουν καλά τη μηχανή τους και εκτελούν απλές λειτουργίες συντήρησης.
- Οι συντηρητές δαπανούν περισσότερο χρόνο σε πολύπλοκα προβλήματα
- Οι συντηρητές δαπανούν λιγότερο χρόνο σε πυροσβεστικές καταστάσεις
- Δημιουργεί κλίμα ομάδας και ελαττώνει την απογοήτευση των εργαζόμενων.
- Το TPM είναι ο πρόδρομος της πιστοποίησης των διεργασιών μας προσπαθώντας να διατηρήσει προδιαγραφές των μηχανών στα προδιαγραφόμενα όρια. Επεμβαίνει επομένως στις ασταθείς διεργασίες ελαχιστοποιώντας τη μεταβλητότητα τους (reduce variability)
- Το TPM βελτιώνει τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού (μείωση βλαβών και χρόνου εκτός λειτουργίας) , επεμβαίνοντας καθοριστικά στις 4 πρώτες από τις 6 βασικές αιτίες μιας βλάβης. Οι βασικές αιτίες μιας βλάβης είναι οι εξής:
 - 1) Η μη διατήρηση στοιχειωδών περιοδικών απαιτήσεων της μηχανής ή της εγκατάστασης π.χ. καθαρισμός, λίπανση, συσφίξεις, επιθεωρήσεις.
 - 2) Η μη διατήρηση σωστών συνθηκών λειτουργίας π.χ θερμοκρασία, δυσανάλογα φορτία, προώσεις, ταχύτητες, δυνάμεις, ροπές, πιέσεις, ταλαντώσεις.
 - 3) Κακή εκπαίδευση του χειριστή
 - 4) Έλλειψη εμπειρίας /προσοχής από το χειριστή.
 - 5) Φυσιολογική φθορά εξαρτημάτων π.χ έδρανα, τροχοί, λαμπτήρες

6) Αρχική σχεδιαστική ατέλεια της μηχανής π.χ λάθος τοποθέτηση, αστοχία υλικού.

- Βελτιώνει κατ' επέκταση την αξιοπιστία του εξοπλισμού

Το TPM θα βελτιώσει, την αξιοπιστία του εξοπλισμού



Σχήμα 1.16 TPM και αξιοπιστία σε σχέση το χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού και κατά τη διάρκεια των διαφόρων φάσεων.

- υποστηρίζει τη λογική Just-In-Time (JIT) στα αποθέματα μειώνοντας έτσι και το κόστος αποθεμάτων (διατήρησης, απαξίωσης, αποθήκευσης κλπ).
- Μειώνει τα ατυχήματα δημιουργώντας ένα ασφαλές περιβάλλον εργασίας και μέσω της υψηλής αξιοπιστίας του εξοπλισμού

Με τον υψηλό ανταγωνισμό και τη σύγχρονη μορφή των παραγωγικών συστημάτων η TPM μπορεί να αποτελέσει το μόνο πράγμα μεταξύ της επιτυχίας και της απόλυτης καταστροφής. Έχει αποδειχτεί ότι είναι ένα «πρόγραμμα» που δουλεύει. Μπορεί να αναπτυχθεί όχι μόνο σε ένα βιομηχανικό σύστημα παραγωγής αλλά και σε άλλα όπως κατασκευαστικά, συντήρησης κτηρίων, μεταφορές κλπ. Οι εργαζόμενοι αποτελούν την καρδιά του συστήματος και πρέπει να εκπαιδεύονται και να πειστούν ότι η TPM δεν είναι ένα ακόμη πρόγραμμα που έρχεται να προστεθεί στα είδη υπάρχοντα. Από την άλλη η διοίκηση οφείλει να δείξει απόλυτη αφοσίωση στο πρόγραμμα της TPM και την ανάλογη υπομονή για υλοποίηση της (απαίτηση σημαντικού χρονικού διαστήματος). Εάν ο κάθε ένας που εμπλέκεται στη TPM προσφέρει αυτά που πρέπει, η απόδοση των επενδυμένων πόρων θα επιφέρει μια αναλογικά πολύ αυξημένη επιστροφή κερδών.

1.5 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

Η μέτρηση και ανάλυση της απόδοσης της συντήρησης βοηθούν τη διοίκηση στην αναγνώριση της τρέχουσας κατάστασης συγκριτικά με τους στόχους της εταιρίας και στον προσδιορισμό νέων ρεαλιστικών στόχων. Συγχρόνως, τα διάφορα μέτρα της απόδοσης αποτελούν ένα πολύ ισχυρό εργαλείο υποκίνησης και καθοδήγησης νέων ενεργειών για περαιτέρω βελτίωση.

Όταν τα μέτρα απόδοσης της συντήρησης αναλύονται με κατάλληλο τρόπο, παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό βελτιωτικών ενεργειών. Με αυτόν τον τρόπο, η αποδοτικότητα των

διαδικασιών συντήρησης μπορεί να αυξηθεί περισσότερο και η συνολική απόδοση του συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά.

Για να προκύψουν αξιόπιστα και χρήσιμα συμπεράσματα, τα μέτρα απόδοσης πρέπει να βασίζονται σε επαρκή και ακριβή δεδομένα. άρα πρέπει να υπάρχει μία αξιόπιστη πηγή δεδομένων.

Υπάρχουν διάφορα μέτρα απόδοσης για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας της συντήρησης, τα κυριότερα εκ των οποίων σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα, την αξιοπιστία, τη συντηρησιμότητα, την αποδοτικότητα της παραγωγικής διαδικασίας και το κόστος. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια από τα πιο σημαντικά μέτρα απόδοσης.

1.5.1 Χρησιμοποίηση

Η Χρησιμοποίηση (Utilization - U) είναι ένα μέτρο της δυναμικότητας της παραγωγικής διαδικασίας και εκφράζεται ως ο λόγος του προγραμματισμένου χρόνου παραγωγής προς τον ημερολογιακό χρόνο:

$$U = \text{Προγραμματισμένος Χρόνος Παραγωγής} / \text{Ημερολογιακός Χρόνος}$$

1.5.2 Διαθεσιμότητα

Διαθεσιμότητα είναι η ικανότητα ενός αντικειμένου να είναι σε τέτοια κατάσταση ώστε να εκτελεί μια απαιτούμενη λειτουργία σε δεδομένες συνθήκες και σε δεδομένη χρονική στιγμή ή κατά τη διάρκεια δεδομένου χρονικού διαστήματος, υπό την προϋπόθεση πως παρέχονται οι απαιτούμενοι εξωτερικοί πόροι.

Η Διαθεσιμότητα (Availability - A) είναι ένα μέτρο χρόνου λειτουργίας ή αντιστρόφως μη λειτουργίας και εκφράζεται ως ο λόγος του προγραμματισμένου χρόνου λειτουργίας μείον όλους τους νεκρούς χρόνους προς τον προγραμματισμένο χρόνο:

$$A = (\text{Προγρ. Χρον. Λειτουργ.} - \text{Νεκρούς Χρόν.}) / \text{Προγρ. Χρον. Λειτουργ.}$$

Το ποσοστό των καθυστερήσεων, Id, υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Id = 1 - \text{Διαθεσιμότητα}$$

(Σε ότι αφορά στη διαθεσιμότητα θα αναφερθούμε και σε επόμενα εδάφια όπου θα την εκφράσουμε συναρτήσει του χρόνου MTBF.)

1.5.3 Αξιοπιστία

Η Αξιοπιστία (Reliability - R) ενός αντικειμένου ορίζεται ως η ικανότητά του να εκτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία σε δεδομένες συνθήκες κατά τη διάρκεια δεδομένου χρονικού διαστήματος. Συνεπώς, χαμηλότερη αξιοπιστία του εξοπλισμού σημαίνει υψηλότερες ανάγκες συντήρησης. Τα πιο συχνά μέτρα αξιοπιστίας είναι τα ακόλουθα:

α) Συνάρτηση Αξιοπιστίας (R(t)):

$$(R(t)): R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt$$

όπου:

F(t): αθροιστική συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας

f(t): συνάρτηση πιθανότητας βλαβών.

β) Ρυθμός Βλαβών (h(t)):

$$h(t) = R(t)/f(t)$$

γ) Μέσος Χρόνος μέχρι τη βλάβη: (Mean time to failure - MTTF):

Ο Μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών (Mean time between failures – MTBF) είναι ένα μέτρο συχνότητας βλαβών που ορίζεται ως ο λόγος του χρόνου λειτουργίας προς το συνολικό αριθμό βλαβών.

1.5.4 Δείκτης Παραγωγικής Διαδικασίας

Ο Δείκτης παραγωγικής διαδικασίας (Process rate - PR) είναι ένα μέτρο της παραγωγικής διαδικασίας και ορίζεται ως ο λόγος του πραγματικού ρυθμού παραγωγής προς τον ιδανικό:

$$PR = \text{Πραγματικός Ρυθμός Παραγωγής} / \text{Ιδανικός Ρυθμός Παραγωγής}$$

1.5.5 Δείκτης Ποιότητας

Ο Δείκτης ποιότητας (Quality rate - QR) είναι ένα μέτρο της ακρίβειας της διαδικασίας ή του εξοπλισμού που ορίζεται ως ο λόγος της συνολικής παραγωγής μείον

τις απορρίψεις προς τη συνολική παραγωγή. Οι απορρίψεις συμπεριλαμβάνουν τις απώλειες προϊόντων που καταλήγουν στην ανακύκλωση, σε τελική απόρριψη ή σε υποβαθμισμένα τελικά προϊόντα:

$$QR = (\text{Συνολική Παραγωγή} - \text{Απορρίψεις}) / \text{Συνολική Παραγωγή}$$

1.5.6 Συνολική Αποδοτικότητα Εξοπλισμού

Η Συνολική αποδοτικότητα εξοπλισμού (Overall equipment effectiveness - OEE) είναι το γινόμενο της Διαθεσιμότητας επί το Ρυθμό της παραγωγικής διαδικασίας επί το Δείκτη ποιότητας:

$$OEE = A \times PR \times QR$$

1.5.7 Κόστος Συντήρησης ανά Μονάδα Χρόνου

Το Κόστος συντήρησης ανά μονάδα χρόνου είναι ένα μέτρο ανεξάρτητο του συνολικού λειτουργικού χρόνου της μηχανής και είναι αναγκαίο όταν συγκρίνουμε μηχανές με διαφορετικούς χρόνους λειτουργίας. Ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού κόστους συντήρησης προς το συνολικό χρόνο λειτουργίας της μηχανής:

$$\text{Κόστος Συντ/σης ανά Μονάδα Χρόνου} = \text{Συνολικό Κόστος Συντ/σης} / \text{Χρόνος Λειτουργίας}$$

Τα μέτρα της απόδοσης της συντήρησης είναι πολύ χρήσιμα για τους εξής δύο λόγους:

- α) παρέχουν πληροφορίες για την πρόοδο της απόδοσης της διαδικασίας στο χρόνο και
- β) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συγκρίσεις μεταξύ εταιριών (benchmarking).

Συνεπώς, τα μέτρα της απόδοσης της συντήρησης είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την υποκίνηση και καθοδήγηση ενεργειών βελτίωσης και πρέπει να συνδυάζονται με τεχνικές συνεχούς βελτίωσης. Σε κάθε περίπτωση τα μέτρα της απόδοσης της συντήρησης πρέπει να ικανοποιούν ορισμένες απαιτήσεις όπως:

- πρέπει να είναι κατατοπιστικά και να περιγράφουν τη συμπεριφορά της απόδοσης της διαδικασίας
- πρέπει να είναι απλά, να κατανοούνται και να εφαρμόζονται εύκολα
- πρέπει να είναι ευμετάβλητα στις αλλαγές της απόδοσης της συντήρησης
- δεν πρέπει να επηρεάζονται εύκολα από εξωγενείς παράγοντες.

1.5.8 Σύγκριση με δεδομένα πρότυπα

Μόλις μετρηθεί η απόδοση της συντήρησης πρέπει να κριθεί αν η απόδοση αυτή καλή, κακή ή αδιάφορη. Υπάρχουν πολλοί τρόποι να αποτιμηθεί η τρέχουσα απόδοση με σύγκριση με δεδομένα πρότυπα (standards):

ΣΤΑΝΤΑΡΝΤ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Τα στάνταρντ από ιστορικά δεδομένα χρησιμοποιούνται για τη σύγκριση της τρέχουσας απόδοσης με παλαιότερες αποδόσεις. Τα στάνταρντ από ιστορικά δεδομένα χρησιμοποιούνται για να κριθεί αν οι ενέργειες συντήρησης έχουν βελτιωθεί με την πάροδο του χρόνου αλλά δεν αποσαφηνίζουν αν η απόδοση θα πρέπει να θεωρείται ικανοποιητική.

ΣΤΑΝΤΑΡΝΤ ΣΤΟΧΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Τα στάνταρντ στόχων απόδοσης τίθενται συνήθως αυθαίρετα και αντικατοπτρίζουν κάποιο επίπεδο απόδοσης που θεωρείται ως κατάλληλο.

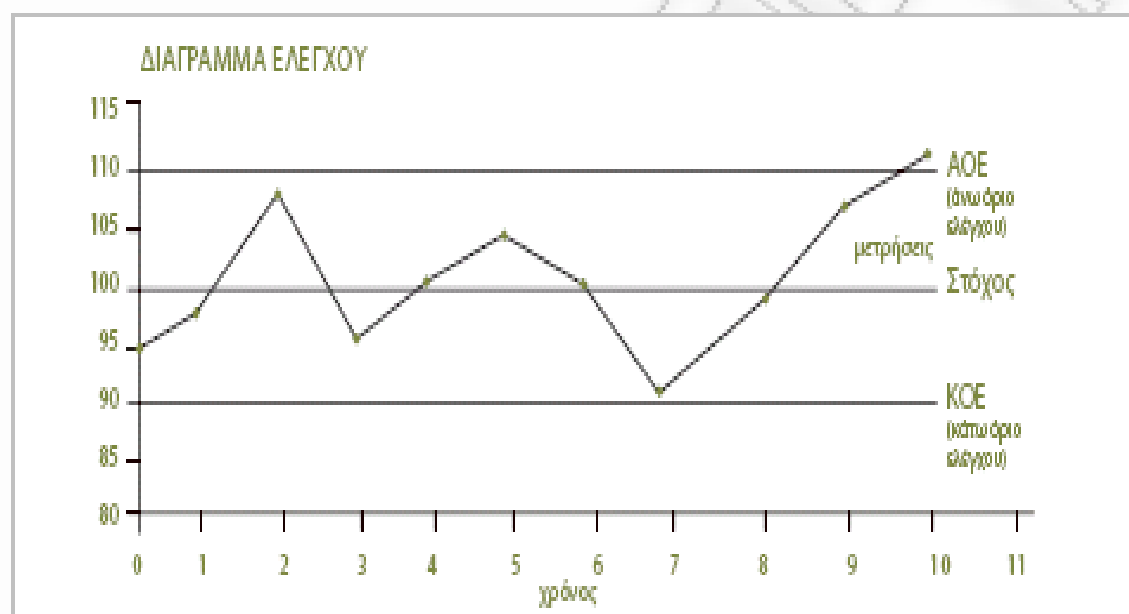
ΣΤΑΝΤΑΡΝΤ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΩΝ

Τα Στάνταρντ απόδοσης των ανταγωνιστών χρησιμοποιούνται για τη σύγκριση της τρέχουσας απόδοσης των διαδικασιών συντήρησης της εταιρίας με τους ανταγωνιστές της. Τα στάνταρντ αυτά είναι πολύ χρήσιμα καθώς παρέχουν πληροφορίες γύρω από τη θέση της εταιρίας έναντι του ανταγωνισμού. Ανεξάρτητα του ακριβούς τύπου των στάνταρντ που χρησιμοποιούνται για τις συγκρίσεις τα τελικά συμπεράσματα πρέπει να εξάγονται κατόπιν συστηματικής ανάλυσης των αριθμητικών αποτελεσμάτων. Τα συνηθέστερα εργαλεία και μεθοδολογίες στο πλαίσιο αυτό είναι τα ακόλουθα:

1.5.9 Στατιστικές συγκρίσεις

Διαφορετικές τιμές της απόδοσης της συντήρησης μπορεί να εξηγηθούν από τη φυσική μεταβλητότητα της διαδικασίας. Συνεπώς, για να διαχωριστούν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές, πρέπει να γίνει έλεγχος υποθέσεων στα συγκρινόμενα μέτρα

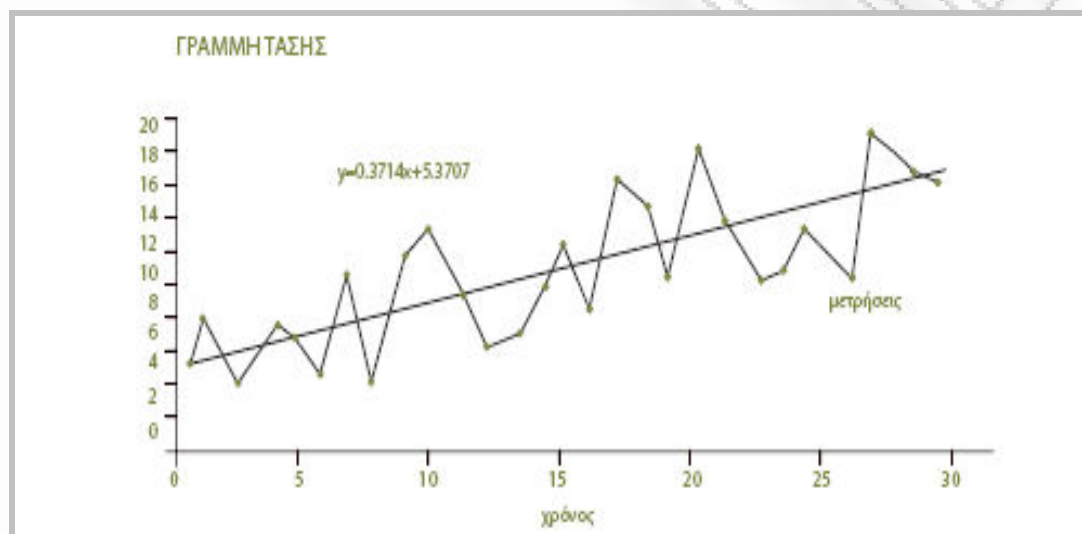
απόδοσης. Με τον τρόπο αυτό, ελέγχεται αν υπάρχει ισχυρή στατιστική ένδειξη για τις παρατηρούμενες διαφορές, αποτρέποντας από παραπλανητικά συμπεράσματα. Επίσης, χρησιμοποιούνται τα διαστήματα εμπιστοσύνης και τα διαγράμματα ελέγχου για να διαπιστωθεί αν υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στην τιμή κάποιου μέτρου απόδοσης. Ένα τυπικό διάγραμμα ελέγχου παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.17 όπου οι τιμές της μετρούμενης παραμέτρου συγκρίνονται περιοδικά με άνω και κάτω όρια ελέγχου. Όταν υπάρχουν σημεία που βρίσκονται εκτός των ορίων ελέγχου αυτό θεωρείται πως οφείλεται σε διαφοροποίηση της πραγματικής τιμής της μετρούμενης παραμέτρου και όχι στη φυσική μεταβλητότητα της διαδικασίας.



Σχήμα 1.17 Γραφική απεικόνιση μετρήσεων με χρήση διαγράμματος ελέγχου.

1.5.10 Ανάλυση γραμμής τάσης

Σε περιπτώσεις όπου εξετάζεται η εξέλιξη του μέτρου απόδοσης συναρτήσει του χρόνου, μπορούν να εφαρμοστούν τεχνικές ανάλυσης τάσης. Με τις τεχνικές ανάλυσης τάσης μελετάται η απόδοση συναρτήσει του χρόνου ώστε να εντοπιστεί ένα μοτίβο ή μια τάση στα στοιχεία. Και πάλι, η ύπαρξη και η μορφή της τάσης πρέπει να ελεγχθεί στατιστικά (με γραμμικές και μη γραμμικές τεχνικές παλινδρόμησης) ώστε να διασφαλιστεί ότι δεν μπορεί να αποδοθεί σε φυσική μεταβλητότητα. Μία γραμμή τάσης που προσαρμόζεται σε μια σειρά μετρήσεων καθώς και η προκύπτουσα μαθηματική σχέση παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.18.



Σχήμα 1.18 Ανάλυση γραμμής τάσης σε μια σειρά μετρήσεων.

1.5.11 Τεχνικές Benchmarking

Το benchmarking είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για τη σύγκριση και την αξιολόγηση των επιπέδων της επιτευχθείσας απόδοσης μιας εταιρίας με την αντίστοιχη απόδοση της καλύτερης εταιρίας στον κλάδο. Συνεπώς, το benchmarking στοχεύει όχι μόνο στην αξιολόγηση της απόδοσης των διαδικασιών συντήρησης αλλά το σημαντικότερο, στην υποκίνηση ανάπτυξης ή υιοθέτησης νέων ιδεών και πρακτικών. Το benchmarking θεωρείται μια συνεχής διαδικασία που συνδέεται έντονα με τις τεχνικές συνεχούς βελτίωσης. Με άλλα λόγια, το benchmarking συντήρησης αποτελεί έναν τρόπο αναγνώρισης της καλύτερης απόδοσης που επιτυγχάνεται από τον ανταγωνισμό όταν αυτός χρησιμοποιεί περίπου τον ίδιο εξοπλισμό. Αυτό μπορεί τελικά να οδηγήσει στην υιοθέτηση μιας πιο αποδοτικής οικονομικά πολιτικής συντήρησης και συνεπώς σε αξιοσημείωτη βελτίωση στην απόδοση της παραγωγικής διαδικασίας.

Τα τυπικά βήματα της μεθοδολογίας του benchmarking συντήρησης είναι τα ακόλουθα:

- i) Προσδιορισμός άλλων εταιριών με παρόμοιο εξοπλισμό
- ii) Προσδιορισμό των καλύτερων εταιριών στο χώρο
- iii) Επισκόπηση των πρακτικών και μεθόδων των εταιριών αυτών
- iv) Επίσκεψη στις εταιρίες που εφαρμόζουν τις καλύτερες τεχνικές – πρακτικές ώστε να προσδιορίσετε εις βάθος τις βέλτιστες πρακτικές
- v) Εφαρμογή των νέων και βελτιωμένων τεχνικών συντήρησης

1.5.12 Παράγοντες επιτυχίας

Ένα πετυχημένο σύστημα μέτρησης της απόδοσης της συντήρησης θα πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- *Περιορισμένος αριθμός μέτρων απόδοσης*

Ο αριθμός των μέτρων απόδοσης που χρησιμοποιείται θα πρέπει να είναι μικρός ώστε να αποφεύγεται συσσώρευση άχρηστων δεδομένων τα οποία δεν προσθέτουν αξία στην ανάλυση. Επιπλέον, τα μέτρα απόδοσης θα πρέπει οπωσδήποτε να είναι αντιπροσωπευτικά και εύκολα κατανοήσιμα.

- *Ακρίβεια και επάρκεια δεδομένων*

Η αξιοπιστία των επικείμενων συμπερασμάτων βασίζεται εν πολλοίς στον όγκο και την ακρίβεια των αντίστοιχων μέτρων απόδοσης. Συνεπώς, ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί ώστε να διασφαλιστεί πως όλα τα μέτρα είναι αξιόπιστα και όλα τα συμπεράσματα υποστηρίζονται επαρκώς από τα υπάρχοντα δεδομένα.

1.5.13 Τιμές στόχοι

Ο κύριος λόγος για τον οποίο μετράται η απόδοση είναι για να διαπιστωθεί αν σημειώνεται πρόοδος προς συγκεκριμένους στόχους. Συνεπώς, είναι ουσιώδους σημασίας να τίθενται ξεκάθαροι στόχοι απόδοσης.

1.5.14 Συνειδητοποίηση της φυσικής μεταβλητότητας

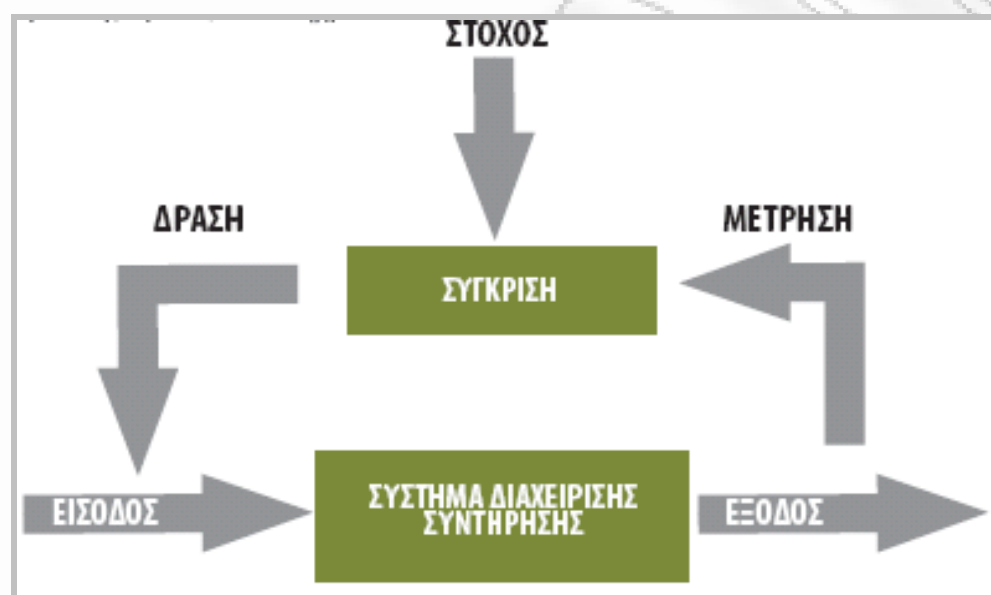
Κάθε διαδικασία χαρακτηρίζεται από κάποιου βαθμού φυσική μεταβλητότητα. Είναι πολύ σημαντικό αυτή η μεταβλητότητα να λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση των δεδομένων. Διαφορετικά, μπορεί να προκύψουν παραπλανητικά συμπεράσματα σχετικά

με την επίδραση των εξωγενών ενεργειών στην απόδοση της διαδικασίας και πολύτιμος χρόνος μπορεί να χαθεί σε ανώφελες παρεμβάσεις.

1.5.15 Σύνδεση με ενέργειες βελτίωσης

Οι μετρήσεις της απόδοσης της συντήρησης θα επηρεάζουν θετικά τις διαδικασίες συντήρησης μόνο εάν τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα χρησιμοποιούνται για περαιτέρω βελτίωση. Αυτό σημαίνει πως θα πρέπει να υπάρχουν συγκεκριμένες ενέργειες βελτίωσης που θα υποδεικνύονται από την ανάλυση των μετρούμενων δεδομένων έτσι ώστε τελικά να επιτυγχάνεται η επιθυμητή επίδοση.

Εν συντομία, τα κύρια χαρακτηριστικά μιας αποτελεσματικής διαδικασίας μέτρησης συντήρησης, ανάλυσης και βελτίωσης παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.19.



Σχήμα 1.19 Κύρια στοιχεία μιας αποτελεσματικής διαδικασίας μέτρησης συντήρησης, ανάλυσης και βελτίωσης.

Κεφάλαιο 2^ο / Η Συντήρηση στη Πολεμική Αεροπορία

2.1 Πρόλογος

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθούμε σε ένα από τα σημαντικότερα και πιο κρίσιμα κομμάτια του έργου της Πολεμικής Αεροπορίας (Π.Α) που είναι η συντήρηση. Η συντήρηση μέσα στους κόλπους της Π.Α δεν αφορά μόνο στο πολεμικό αεροσκάφος αλλά σε μια πληθώρα λοιπού εξοπλισμού και εγκαταστάσεων. Επιγραμματικά αφορά στους παρακάτω τομείς:

- Ιπτάμενων μέσων (Αεροσκαφών, ελικοπτέρων)
- Συγκροτημάτων και εξαρτημάτων
- Πολεμικού Εξοπλισμού (βόμβες, πύραυλοι κλπ)
- Συσκευών και μέσων εξυπηρέτησης Αεροσκαφών
- Μεταφορικών μέσων
- Αντιαεροπορικών συστημάτων
- Τηλεπικοινωνιακών μέσων
- Διαδρόμων προσγείωσης
- Κτιριακών εγκαταστάσεων

Με τη παρούσα εργασία θα εξετάσουμε τη συντήρηση υπό το πρίσμα των πολεμικών αεροσκαφών και πως οι απαιτήσεις του σύγχρονου αυτού όπλου έχουν διαμορφώσει τη φιλοσοφία και την πολιτική συντήρησης που εφαρμόζεται.

2.2. Η φιλοσοφία συντήρησης της Π.Α

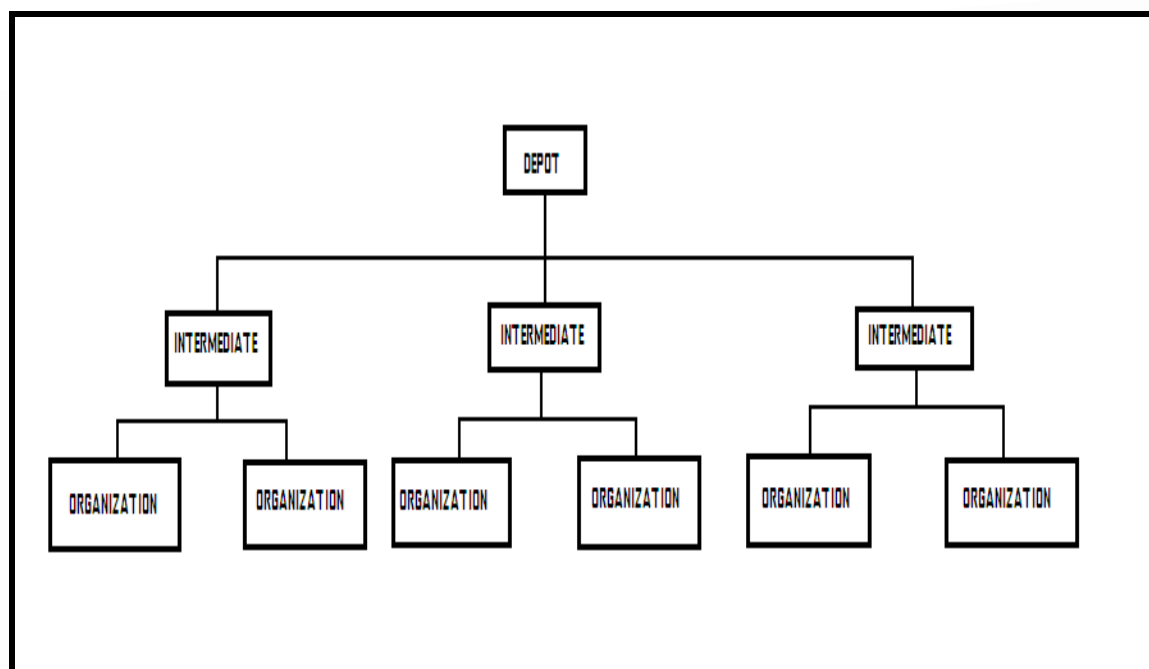
Η Π.Α οφείλει να έχει Αεροπορικές Βάσεις για τα αεροσκάφη της και η φιλοσοφία συντήρησης των αεροσκαφών της επικεντρώνεται σε αυτό ακριβώς το γεγονός. Έτσι η συντήρηση εκτελείται μέσα στο σταθερό χωροταξικό πλαίσιο των αεροπορικών βάσεων. Πολλές φορές βέβαια λόγω απρόσμενων βλαβών τα αεροσκάφη αναγκάζονται να προσγειωθούν σε απομακρυσμένες περιοχές. Σε αυτή τη περίπτωση έχουμε μια μετακίνηση της συντήρησης (τεχνικής υποστήριξης) αλλά αυτή η μετακίνηση δεν είναι μια «κανονική» διαδικασία αλλά μια διαδικασία ανάγκης.

2.3 Επίπεδα συντήρησης στη Π.Α.

Ο όρος *επίπεδα συντήρησης* χρησιμοποιείται προκειμένου να περιγράψει τις διαφορετικές «δυνατότητες» στην εκτέλεση συντήρησης. Στη Π.Α υπάρχουν τα παρακάτω τρία επίπεδα συντήρησης:

- Πρώτος Βαθμός Συντήρησης ή Οργανική Συντήρηση (organizational level)
- Δεύτερος Βαθμός Συντήρησης ή Συντήρηση Βάσης (intermediate level)
- Τρίτος Βαθμός Συντήρησης ή Εργοστασιακή Συντήρηση (depot level)

Στο σχήμα 2.1 βλέπουμε την σχέση μεταξύ των επιπέδων συντήρησης.



Σχήμα 2.1 Σχέση των Επιπέδων Συντήρησης

Πρώτος Βαθμός Συντήρησης

Ο στόχος του πρώτου βαθμού συντήρησης είναι να διατηρεί το αεροσκάφος και τα υποσυστήματά του σε πλήρη επιχειρησιακή δυνατότητα, βελτιστοποιώντας παράλληλα την διαδικασία συντήρησης. Περιορίζεται σε απλές ενέργειες συντήρησης όπως:

- περιοδική εξυπηρέτηση των συστημάτων του αεροσκάφους
- περιοδικοί έλεγχοι αεροσκάφους και υποσυστημάτων
- έλεγχος και διάγνωση βλαβών για εντοπισμό αστοχιών
- αφαιροτοποθετήσεις κύριων εξαρτημάτων.
- αποκαταστάσεις βλαβών (μικρής έκτασης συνήθως) και ρυθμίσεις οι οποίες δεν απαιτούν εξειδικευμένο εξοπλισμό.

Στη Π.Α τη συντήρηση πρώτου βαθμού, η οποία είναι και γνωστή σαν *συντήρηση γραμμής πτήσεων*, εκτελεί ανάλογα εκπαιδευμένο τεχνικό προσωπικό.

Οι παράγοντες που περιορίζουν την συντήρηση σε αυτό το επίπεδο αφορούν σε εργαλεία, σε εξοπλισμό ελέγχου, και τέλος στην εκπαίδευση του προσωπικού. Αν πάρουμε για παράδειγμα τη συντήρηση του συστήματος πέδησης του αεροσκάφους ο 1^{ος} βαθμός θα περιορίζονταν στον καθημερινό έλεγχο προκειμένου να διαπιστωθεί η ικανότητα ορθής λειτουργίας του και στην αντικατάσταση κάποιου εξαρτήματος που θα προκαλούσε δυσλειτουργία.

Στις επιχειρησιακές Μονάδες η πρώτου βαθμού συντήρηση εκτελείται σε εγκεκριμένες εγκαταστάσεις. Μια Πολεμική (αεροπορική) Μοίρα στην οποία εκτελείται και ο πρώτος βαθμός συντήρησης, μπορεί να έχει τις δικές της εγκαταστάσεις ή να τις «μοιράζεται» με άλλες .

Δεύτερος Βαθμός Συντήρησης

Εργασίες συντήρησης που δεν είναι στα όρια των δυνατοτήτων του πρώτου βαθμού περνούν άμεσα στον υψηλότερο βαθμό συντήρησης, στο δεύτερο βαθμό.

Τα αυξημένα σε πολυπλοκότητα θέματα συντήρησης χρήζουν ενός μεγαλύτερου φάσματος εργαλείων και εξοπλισμού ελέγχων. Επιπρόσθετα το τεχνικό προσωπικό έχει ανώτερη εκπαίδευση προκειμένου να ανταπεξέρχεται στις όποιες απαιτήσεις. Ερχόμενοι στο παράδειγμα του συστήματος πέδησης ο 2^{ος} βαθμός συντήρησης θα προβεί σε διερεύνηση και αποκατάσταση της βλάβης των εξαρτημάτων που αφαιρέθηκαν από τον 1^ο βαθμό (π.χ το συγκρότημα φρένων).

Ο 2^{ος} βαθμός συντήρησης εκτελείται στις κεντρικές εγκαταστάσεις της τεχνικής υποστήριξης. Πρωταρχικός στόχος του είναι η διατήρηση της πτητικής ικανότητας των

αεροσκαφών των Πολεμικών Μοιρών προσφέροντας αξιόπιστα ανταλλακτικά καθώς και ποιοτική τεχνική υποστήριξη την κατάλληλη χρονική στιγμή και με την ελάχιστη κατανάλωση πόρων.

Οι εργασίες που εκτελούνται στο δεύτερο βαθμό συντήρησης είναι :

- Έλεγχος και διάγνωση βλαβών, πέραν δυνατοτήτων 1^{ου} βαθμού, για εντοπισμό αιτιών (σε ότι αφορά αεροσκάφος και ανταλλακτικά του).
- Αφαιροτοποθετήσεις κύριων εξαρτημάτων και διερευνήσεις αστοχιών τους.
- Αποκαταστάσεις βλαβών (μεγάλης πολυπλοκότητας) και ρυθμίσεις οι οποίες απαιτούν εξειδικευμένο εξοπλισμό.
- Περιοδικές επιθεωρήσεις (ωρολογιακές ή ημερολογιακές) όποτε απαιτηθεί.

Τρίτος Βαθμός Συντήρησης

Οι Εργασίες συντήρησης που δεν δύναται να εκτελεστούν τόσο στον 1^ο όσο και στον 2^ο βαθμό συντήρησης εκτελούνται στο 3^ο επίπεδο , την εργοστασιακή συντήρηση. Με λίγα λόγια, σε αυτό το επίπεδο, υπάρχει η δυνατότητα να εκτελεστεί οποιαδήποτε πολυπλοκότητας και ιδιαιτερότητας εργασία συντήρησης που να αφορά στο αεροσκάφος και στα υποσυγκροτήματα του . Οι εγκαταστάσεις του 3^{ου} βαθμού παρέχουν το ευρύτερο φάσμα σε εργαλεία , εξοπλισμό ελέγχων και γνώσεων του τεχνικού προσωπικού. Εκτελούνται εργασίες όπως:

- Κατασκευές και επιδιορθώσεις δομικών τμημάτων
- Γενικές Επιθεωρήσεις αεροσκαφών και λοιπού υποστηρικτικού εξοπλισμού
- Πλήρεις αναδομήσεις εξοπλισμού
- Τροποποιήσεις και επιβελτιώσεις.

και βεβαίως όλες οι εργασίες συντήρησης των 1^{ου} και 2^{ου} βαθμού συντήρησης.

Η συντήρηση 3^{ου} επιπέδου είναι μια δουλειά που εκτελείται σε εργοστασιακές εγκαταστάσεις. Μια τέτοια εγκατάσταση μπορεί να είναι είτε στρατιωτική είτε πολιτική. Για την Ελληνική Π.Α κύριο φορέα εργοστασιακής συντήρησης αποτελεί η Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία (ΕΑΒ ΑΕ).

2.4 Συντήρηση και Εκπαίδευση στη Π.Α

Στην Π.Α οποιαδήποτε ενέργεια συντήρησης απαιτείται, ανεξαρτήτου πολυπλοκότητας, εκτελείται από εξουσιοδοτημένα άτομα. Η εξουσιοδότηση είναι μια έννοια παράλληλη με την εκπαίδευση. Προκειμένου να εξουσιοδοτηθεί ένας τεχνικός για την εκτέλεση μιας εργασίας πρέπει να περάσει από τα παρακάτω στάδια:

- Εκπαίδευση επί του αντικειμένου σε θεωρητικό σε επίπεδο.
- Εκπαίδευση, για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, επί του αντικειμένου σε πρακτικό επίπεδο (On Job Training).
- Αξιολόγηση τόσο στο θεωρητικό υπόβαθρο όσο και κατά στο πρακτικό.

Αναλόγως της εμπειρίας (χρονικό διάστημα εκτέλεσης εργασιών συντήρησης), της εκπαίδευσης αλλά και της προέλευσης (π.χ Ανώτατα ή Ανώτερα εκπαιδευτικά ιδρύματα) διακρίνονται οι εξής βαθμίδες εξουσιοδότησης:

- Βοηθός Εκτελεστή

- Εκτελεστής 1^{ου} ή 2^{ου} βαθμού συντήρησης
- Επιθεωρητής 1^{ου} ή 2^{ου} βαθμού συντήρησης
- Επιθεωρητής Ελέγχου Ποιότητας

Το σύνολο του Προσωπικού της τεχνικής Υποστήριξης μιας Μονάδας ανήκει σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες. Όσο μετακινούμαστε από τον Βοηθό Εκτελεστή στον Επιθεωρητή Ελέγχου Ποιότητας τόσο ανεβαίνει ο βαθμός εξουσιοδότησης και αυξάνει τη δυνατότητα τεχνικής επέμβασης επί των εργασιών συντήρησης.

2.5 Τεχνικά Εγχειρίδια

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που συντελεί στην αποτελεσματικότητα και την αξιοπιστία της συντήρησης της Π.Α είναι η ύπαρξη και τήρηση των **Ποιοτικών Προτύπων**. Με τον όρο Ποιοτικά Πρότυπα εννοούμε οποιοδήποτε κείμενο (διαταγή ή βιβλιογραφία) το οποίο αναφέρεται σε διαδικασίες εκτέλεσης εργασιών συντήρησης και ελέγχου της ποιότητας των χρησιμοποιούμενων υλικών. Τμήμα των ποιοτικών προτύπων αποτελούν και τα τεχνικά εγχειρίδια.

Το τεχνικό εγχειρίδιο είναι το μόνο έγγραφο το οποίο παραλαμβάνεται από τον κύριο χρήστη του εξοπλισμού (και πέραν των αεροσκαφών). Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά έγγραφα που ετοιμάζει ο κατασκευαστής του εξοπλισμού. Το συναντάμε είτε ως Τεχνικά Εγχειρίδια (Technical Manuals) είτε ως Τεχνικές Διαταγές (Technical Orders / T.O.) και πρόκειται για μια σειρά εγχειριδίων τα οποία παρέχουν πληροφορίες στο χρήστη που αφορούν στη εγκατάσταση, λειτουργία,

συντήρηση και υποστήριξης του εξοπλισμού. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνονται εγχειρίδια :

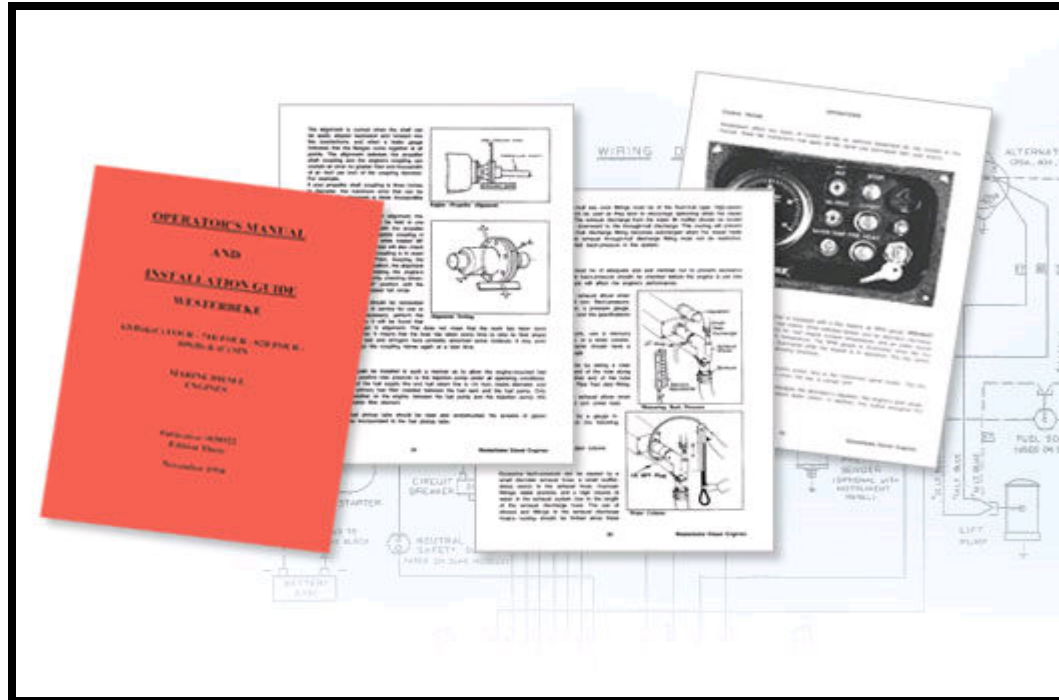
- για τον χρήστη (αν αναφερθούμε στο αεροσκάφος τότε το εγχειρίδιο Ιπταμένου)
- εγκατάστασης
- συντήρησης (για όλα τα επίπεδα συντήρησης)
- ρυθμίσεων και λειτουργικών ελέγχων
- προβλεπόμενων εξαρτημάτων για αποκαταστάσεις βλαβών και λοιπών παρατηρήσεων
- που περιλαμβάνουν εικονογραφημένα όλα τα υποσυστήματα του εξοπλισμού σε βάθος ανάλυσης που καταλήγει σε μια απλή βίδα
- ειδικών εργαλείων και ειδικού εξοπλισμού.

Στόχος των εγχειριδίων είναι η παροχή όλων των απαραίτητων πληροφοριών που θα καταστήσουν ικανό το χρήστη ή τον υπεύθυνο συντήρησης του εξοπλισμού να λειτουργήσει και να συντηρήσει τον εξοπλισμό του βάσει των προβλεπόμενων κανόνων που έχει θέσει ο κατασκευαστής. Έτσι εξασφαλίζεται αφενός η ικανότητα του εξοπλισμού να ανταπεξέρχεται στην αποστολή του αφετέρου η ασφάλεια του εξοπλισμού και των εμπλεκόμενων , η ορθή λειτουργία και αξιοπιστία του, η αύξηση του προσδόκιμου ζωής του.

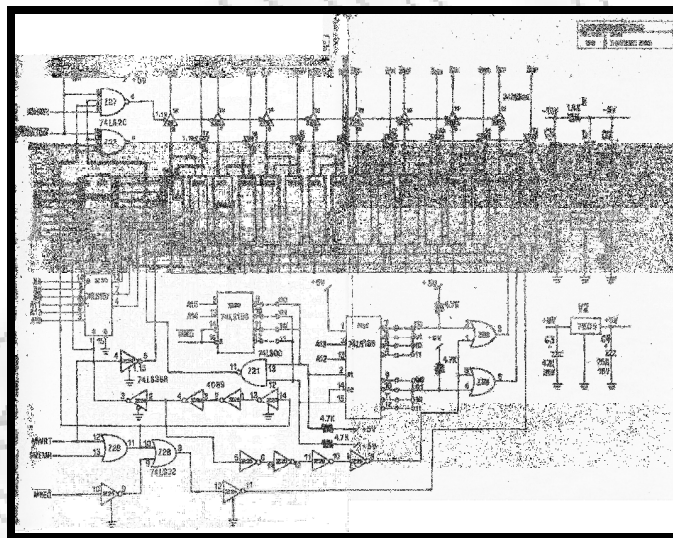
Στη Π.Α δεν εκτελείται καμία εργασία συντήρησης χωρίς την χρήση του ανάλογου εγχειριδίου. Ακόμα και όταν μια εργασία έχει εκτελεστεί δεκάδες φορές και ο τεχνικός την γνωρίζει , η χρήση του εγχειριδίου είναι και πάλι υποχρεωτική αφού έχει

Οι έννοιες της Συντήρησης, της Αξιοπιστίας και της Εφοδιαστικής Υποστήριξης. Εφαρμογή στα αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας.

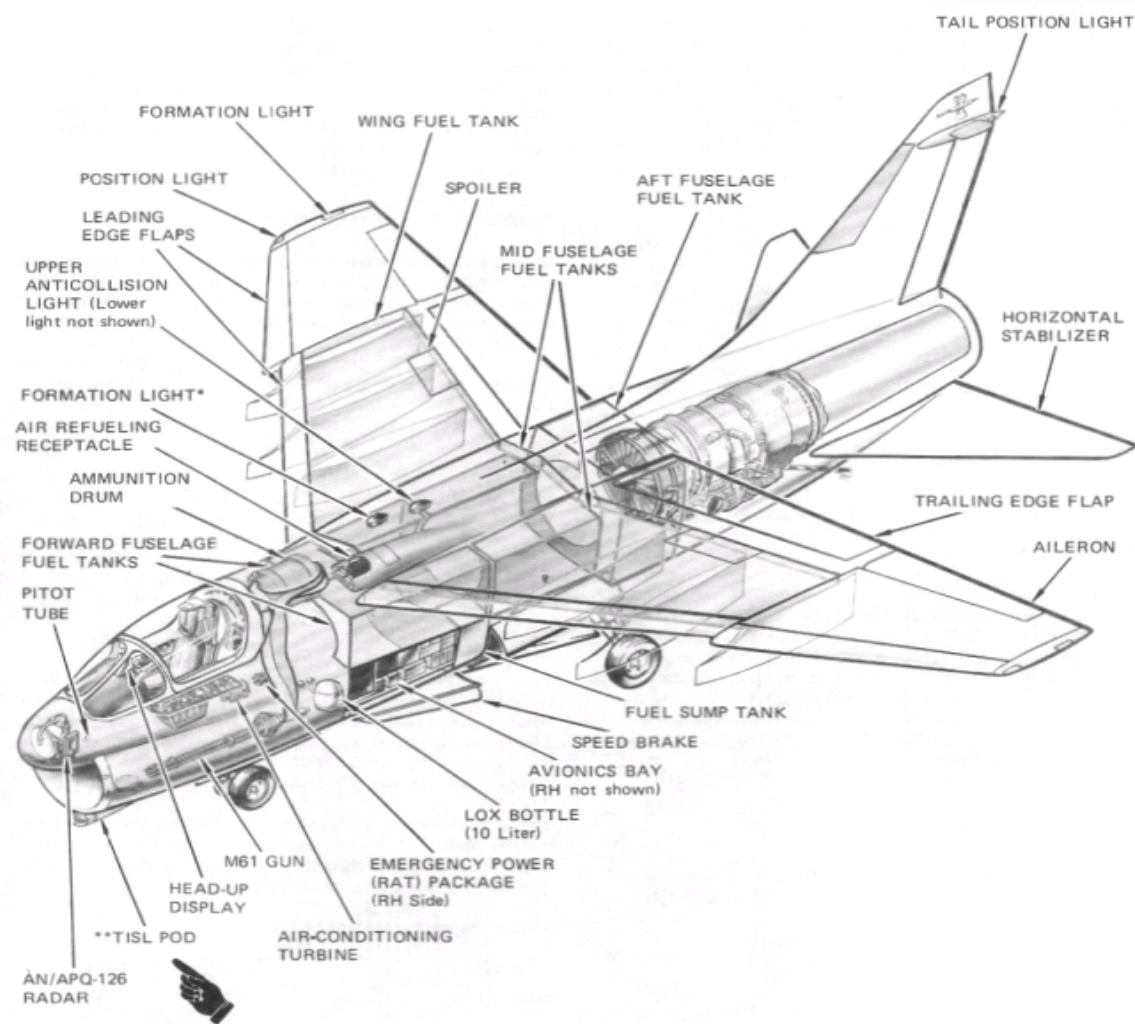
διαπιστωθεί ότι συμβάλει τα μέγιστα στην ασφάλεια πτήσεων και εδάφους διατηρώντας τις απώλειες σε έμψυχο και άψυχο υλικό σε μηδενικά επίπεδα.



Εικόνα 2.1 Τεχνικά Εγχειρίδια



Εικόνα 2.2 Η ανάλυση επιμέρους συστήματος του αεροσκάφους σε Τ.Ο.



Εικόνα 2.3 Η ανάλυση των μερών του αεροσκάφους σε Τ.Ο.

2.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗ Π.Α

2.6.1 Πρόλογος

Ο προγραμματισμός της συντήρησης διαιρεί τις απαιτήσεις συντήρησης σε δύο μεγάλες κατηγορίες, την προγραμματισμένη και την απρογραμμάτιστη συντήρηση. Η διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών είναι προφανής. Προγραμματισμένη καλείται η συντήρηση που εκτελείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα (ωρολογιακά ή ημερολογιακά).

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

Από την άλλη η απρογραμμάτιστη συντήρηση εκτελείται όταν υπάρχει απαίτηση για αποκατάσταση μιας βλάβης ή αστοχίας. Η κοινή λογική λέει ότι εργασίες όπως εξυπηρέτηση και πλήρωση των συστημάτων του αεροσκάφους θα πρέπει να προγραμματίζονται με βάση την λειτουργία του αεροσκάφους. Παρόλα αυτά υπάρχουν εργασίες που δεν είναι προφανές αν θα πρέπει να τις εντάξουμε σε μια πολιτική προγραμματισμένης συντήρησης ή αν θα αρκεστούμε στη μεθοδολογία της διορθωτικής. Όλες οι προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης που εκτελούνται στη Π.Α εντάσσονται στο πλαίσιο της Προληπτικής Συντήρησης (Preventive Maintenance). Η μέθοδος η οποία καθορίζει ποιες εργασίες θα εκτελούνται στο πλαίσιο της Προληπτικής Συντήρησης, τουλάχιστον για τα αεροσκάφη του ναυτικού (Naval Aircraft ,CORSAIR A-7 & PHANTOM F-4) όπως αναφέρονται καθορίζεται από την MIL-STD 2173 (Application of Reliability-Centered Maintenance to Naval Aircraft, Weapon Systems and Support Equipment). Η φιλοσοφία της RCM αναπτύχθηκε σε προηγούμενα εδάφια και ότι αναφέρθηκε ισχύει και στη λειτουργία της Π.Α. Στα επόμενα εδάφια θα γίνει μια πιο συγκεκριμένη αναφορά στις μεθόδους συντήρησης όπως περιγράφηκαν στο κεφάλαιο ... και ποια η εφαρμογή τους στη Π.Α.

2.6.2 Η διορθωτική συντήρηση στη Π.Α

Το κόστος αλλά και η γενικότερη αξία ενός αεροσκάφους είναι τεράστιο. Ως εξοπλισμός ανήκει στην κατηγορία του κρίσιμου εξοπλισμού και για την ακρίβεια αποτελεί τον κρισιμότερο εξοπλισμό της Π.Α. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να διατηρεί ακέραια όλα τα χαρακτηριστικά του σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή αλλά και με τα ισχύοντα ποιοτικά πρότυπα. Η εφαρμογή λοιπόν της διορθωτικής

συντήρησης, σύμφωνα και με όσα προαναφέραμε, δεν θα έπρεπε να αποτελεί κύρια μορφή συντήρησης. Οι συνθήκες όμως και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος που λειτουργεί και αξιοποιείται ένα μαχητικό αεροσκάφος, είναι εξαιρετικά δύσκολες και κάποιες φορές απρόβλεπτες. Το δυναμικό αυτό περιβάλλον σε συνδυασμό και με την παλαιότητα, ενίοτε, του αεροσκάφους δημιουργεί την ανάγκη για εφαρμογή της διορθωτικής συντήρησης αφού εμφανίζονται προβλήματα που αφορούν:

- στη μη ορθή λειτουργία των συστημάτων και πτητικής συμπεριφοράς του αεροσκάφους.
- σε βλάβες υποσυστημάτων.
- σε χτυπήματα και παραμορφώσεις δομικών τμημάτων και επικαλύψεων (π.χ πτηνά, FODs)
- σε παρατηρήσεις ασυνήθιστων θορύβων
- σε λοιπές παρατηρήσεις από το ιπτάμενο προσωπικό του αεροσκάφους.

Όλα τα παραπάνω προβλήματα η συντήρηση καλείται να τα αντιμετωπίσει με τη διορθωτική συντήρηση. Τα στάδια που ακολουθούνται δεν διαφέρουν από τα στάδια όπως περιγράφηκαν στην ανάλυση της μεθόδου (κεφ. 1^ο). Βασικός στόχος της συντήρησης είναι η άμεση αποκατάσταση του συνόλου των παρατηρήσεων του αεροσκάφους και η απόδοση του στο διαθέσιμο δυναμικό. Στοιχεία όπως:

- η ύπαρξη έμπειρου και εξουσιοδοτημένου τεχνικού προσωπικού που θα μειώσει το χρόνο διερεύνησης και αποκατάστασης της παρατήρησης
- η διάθεση εξοπλισμού και επιγείων μέσων

- η ύπαρξη οργανωμένης βιβλιοθήκης τεχνικών εγχειριδίων συντήρησης και ποιοτικών προτύπων
- η ταχεία παροχή των κατάλληλων ανταλλακτικών και εξαρτημάτων (εδώ έγκειται η τεράστια σημασία του άρτια οργανωμένου συστήματος logistics)
- η ορθή και άμεση ανταλλαγή πληροφοριών των τμημάτων της συντήρησης, αποτελούν μόνιμη επιδίωξη της διοίκησης /οργάνωσης της συντήρησης.

2.6.3 Τάζμα

Με τον όρο ΤΑΖΜΑ (Ταχεία Αποκατάσταση Ζημιών Μάχης) εννοούμε την ουσιώδη επισκευή, η οποία μπορεί να βασίζεται σε αυτοσχεδιασμούς, που πραγματοποιείται ταχύτατα σε ένα περιβάλλον μάχης προκειμένου να καταστήσει ένα αεροσκάφος (χτυπημένο) ικανό να «επιχειρήσει» εκ νέου.

Το τεχνικό προσωπικό που εμπλέκεται στη ΤΑΖΜΑ έχει ως στόχο:

- τον ταχύτατο καθορισμό της κρισιμότητας των διαφόρων χτυπημάτων και δυσλειτουργιών.
- την άμεση επισκευή των παρατηρήσεων μετά τον καθορισμό τους
- την απόδοση του αεροσκάφους για εκ νέου εκμετάλλευση.

Οι εργασίες συντήρησης που εκτελούνται σε αυτό το είδος «επιτακτικής» συντήρησης δεν ακολουθούν τα ίδια δεδομένα της συνήθους διορθωτικής συντήρησης. Τα ποιοτικά πρότυπα που τηρούνται και αφορούν στο αεροσκάφος είναι τροποποιημένα. Οι επισκευές που υλοποιούνται στηρίζονται πολλές φορές σε αυτοσχεδιασμούς και

έξυπνες ιδέες. Οι πόροι (εργαλεία, ανταλλακτικά, κλπ) που υπάρχουν στη διάθεση του προσωπικού είναι ελλείπει. Τα νέα αυτά δεδομένα επιβάλλουν ένα και μόνο πράγμα :

Ταχύτερη απόδοση ενός ασφαλούς , πτήσιμου αεροσκάφους ακόμα και όταν τα συστήματα του δεν είναι 100% λειτουργικά.

Αυτό με άλλα λόγια σημαίνει ότι σε μια πολεμική κατάσταση δεν με ενδιαφέρει και τόσο πολύ να αποκατασταθούν όλες οι παρατηρήσεις / βλάβες του αεροσκάφους παρά μόνο οι κρίσιμες. Εδώ έγκειται και ο μεγάλος ρόλος των *εκτιμητών* που καθορίζουν την κρισιμότητα των διαφόρων προβλημάτων.

Το τεχνικό προσωπικό που απαρτίζει μια ομάδα ΤΑΖΜΑ έχει παρακολουθήσει εξειδικευμένη εκπαίδευση που ακολουθεί τη φιλοσοφία αυτής της συντήρησης. Οι κανόνες ΤΑΖΜΑ ξεφεύγουν από τα πλαίσια της συνήθους διορθωτικής συντήρησης και σε αυτούς καλούνται να εκπαιδευτούν τα μέλη της.

2.6.4 Η προληπτική Συντήρηση στη Π.Α

Το μαχητικό αεροσκάφος, κυρίως λόγω των απαιτήσεων σχεδίασής του, είναι μία μηχανή σχεδιασμένη να λειτουργεί πάντα στα όριά της. Το γεγονός αυτό επέβαλλε ένα πολύπλοκο και σφιχτό σύστημα συντήρησης ικανό να παρακολουθεί , κυρίως αποτρεπτικά, την αποδοτική λειτουργία του και στην αποφυγή οποιασδήποτε αστοχίας. Η προληπτική συντήρηση που εφαρμόζεται στα αεροσκάφη της Π.Α στηρίζεται στη φιλοσοφία της RCM .

Η λογική της RCM ανάλυσης στηρίζεται στην επιλογή του κρίσιμου εξοπλισμού/υποσυστημάτων και στην κατηγοριοποίηση τους σε:

- Συστήματα/εξοπλισμός Κρίσιμα ως προς την Λειτουργία (Functionally Significant Items, FSIs)
- Συστήματα/εξοπλισμός Κρίσιμα ως προς την Δομή (Structurally Significant Items, SSIs)

Ο εξοπλισμός ενός αεροσκάφους μπορεί να αναλυθεί σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τα συστήματα (systems), τον αεροκινητήρα (powerplant) και τα δομικά στοιχεία (structure).

2.6.4.1 Συστήματα

Τα περισσότερα συστήματα του αεροσκάφους είναι κατασκευασμένα από ξεχωριστά συγκροτήματα ή εξαρτήματα τα οποία συνδέονται προκειμένου να εκτελέσουν την επιθυμητή λειτουργία τους. Η σύνδεση αυτή μπορεί να επιτευχθεί με ηλεκτρικές καλωδιώσεις, υδραυλικές σωλήνες κλπ. Για τα περισσότερα από τα συγκροτήματα/εξαρτήματα αυτά, είναι γνωστή η αξιοπιστία τους αφού έχουν χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενα αεροσκάφη ή έχουν γίνει ανάλογες μετρήσεις σε δοκιμαστικούς ελέγχους. Μπορούμε λοιπόν γνωρίζοντας την αξιοπιστία των «υποσυστημάτων» να προσδιορίσουμε και την αξιοπιστία του «συστήματος».

2.6.4.2 Αεροκινητήρας.

Μια αστοχία σε ένα αεροκινητήρα είναι επί το πλείστον σημαντική και η κρισιμότητα της αυξάνει όταν ένα αεροσκάφος φέρει έναν αεροκινητήρα. Η αποκατάσταση των αστοχιών ενός κινητήρα είναι μια δαπανηρή υπόθεση και δεδομένου ότι επιφέρει και την καθήλωση του αεροσκάφους έχει και κόστος στις επιχειρησιακές

συνέπειες. Το χειρότερο σενάριο που μπορεί να αφορά μια αστοχία ενός αεροκινητήρα είναι η πτώση του αεροσκάφους η οποία μπορεί να επιφέρει και ανθρώπινες απώλειες. Σε αυτή τη περίπτωση το κόστος είναι ανυπολόγιστο. Για αυτούς όλους τους λόγους υπάρχει ένα ισχυρό κίνητρο στο να εφαρμοστεί μια ολοκληρωμένη και αποτελεσματική προληπτική συντήρηση η οποία θα ελαχιστοποιεί την πιθανότητα αστοχίας ενός αεροκινητήρα.

Σε όλα τα σύγχρονα πολεμικά αεροσκάφη υπάρχουν συστήματα που καταγράφουν κατά την διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα ένα σύνολο παραμέτρων που αφορούν στην ορθή λειτουργία του . Κραδασμοί , πίεση και θερμοκρασία ελαίου, ροή καυσίμου, θερμοκρασίες κρίσιμων περιοχών, τάσεις ρεύματος των ηλεκτρικών κυκλωμάτων είναι κάποιες από τις παραμέτρους αυτές. Η καταγραφή και η μετέπειτα επεξεργασία των στοιχείων αυτών μπορούν να αποτελέσουν ένα ισχυρό όπλο στη διαδικασία συντήρησης. Την διαδικασία ελέγχου (monitoring) των κραδασμών μιας συσκευής την συναντήσαμε στην ανάπτυξη της προβλεπτικής συντήρησης. Με αυτή τη λογική θα μπορούσαμε να εντάξουμε τα συστήματα παρακολούθησης του αεροκινητήρα ως μέσα προβλεπτικής συντήρησης.

2.6.4.3 Δομικά στοιχεία

Ως δομικά στοιχεία του αεροσκάφους εννοούμε όλα εκείνα τα συστήματα/μέλη/στοιχεία που παραλαμβάνουν φορτία (αεροδυναμικά, ώθησης, προσγείωσης, εμπλοκής σε συρματόσχοινο ανάγκης (arresting) κλπ.) Τέτοια δομικά στοιχεία αποτελούν :

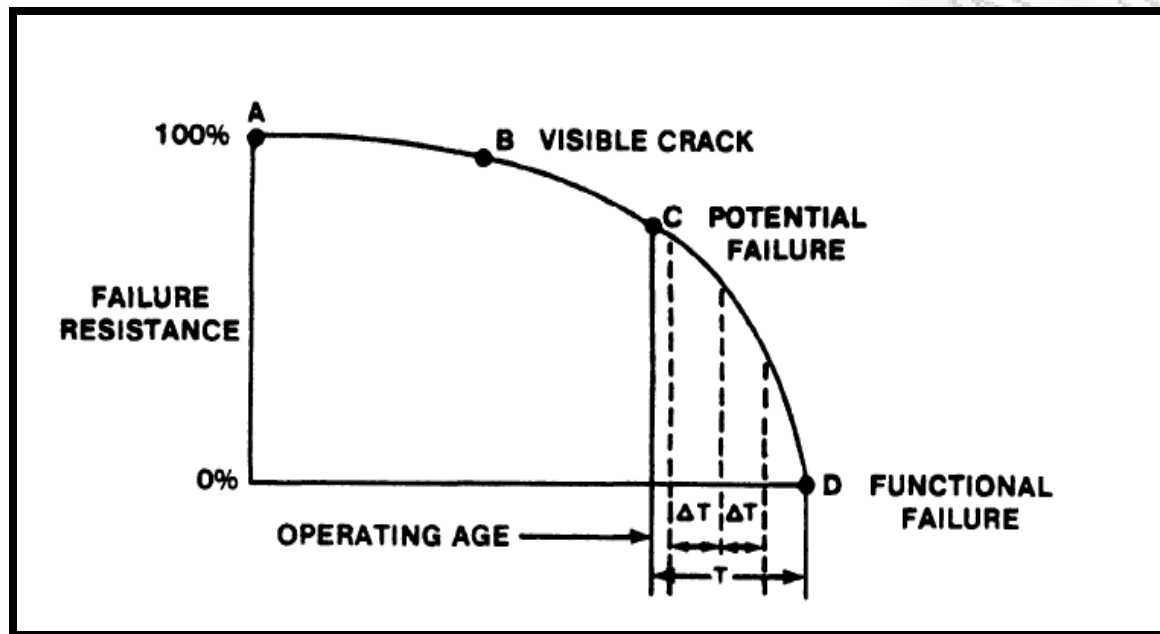
- η πτέρυγα του αεροσκάφους

- η άτρακτος
- τα σημεία στήριξης του αεροκινητήρα επί του αεροσκάφους
- το σύστημα προσγείωσης
- επιφάνειες ελέγχου και σημεία στήριξης τους.
- σύστημα αγκίστρωσης σε συρματόσχοινο (arresting system)

Η δομή του αεροσκάφους δεν αλλάζει ουσιαστικά στο πέρασμα του χρόνου. Η σκέψη αυτή οδηγεί τους σχεδιαστές των δομικών τμημάτων του αεροσκάφους να τα σχεδιάζουν κατά τέτοιο τρόπο ώστε το προσδόκιμο ζωής τους να ξεπερνά το χρόνο ζωής/εκμετάλλευσης του αεροσκάφους. Ο στόχος λοιπόν της προληπτικής συντήρησης είναι είτε να αποτρέψει μια πρώτη αστοχία, αν μιλάμε για φιλοσοφία σχεδίασης safe life, είτε να εντοπίσει αστοχίες στο αρχικό τους στάδιο (φιλοσοφία σχεδίασης damage tolerant).

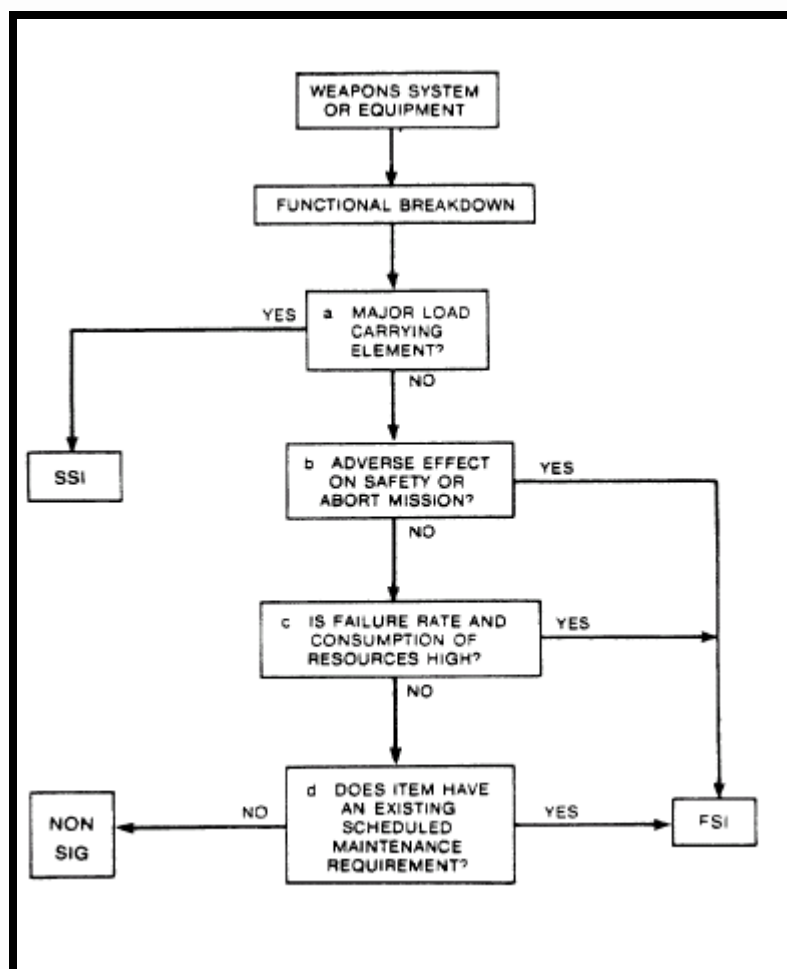
Σημείωση. Φιλοσοφία της safe life (ασφαλούς ζωής) σχεδίασης είναι η σχεδίαση ενός εξαρτήματος/ συστήματος ώστε να μην αστοχήσει ποτέ κατά την διάρκεια λειτουργίας του, στο σύνολο του προσδόκιμου χρόνου ζωής του. Μια αστοχία σε ένα δομικό στοιχείο που έχει σχεδιαστεί βάση αυτής της προσέγγισης είναι καταστροφική. Η φιλοσοφία της damage tolerant (ανοχή σε ζημιά) σχεδίασης επιτρέπει την αστοχία ενός στοιχείου του συστήματος με την προϋπόθεση ότι τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος θα είναι ικανά να προσφέρουν μια στατικο-δυναμική αντοχή ώστε να μην έχουμε ολική καταστροφή του συστήματος. Μια ακόμα προσέγγιση αυτής της φιλοσοφίας είναι ότι ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνει μια ρωγμή κόπωσης που έχει εμφανιστεί σε ένα στοιχείο θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε η ρωγμή να εντοπιστεί πριν φτάσει το κρίσιμο όριο της. Στο

παρακάτω σχήμα βλέπουμε ακριβώς στην πράξη αυτή τη προσέγγιση. Μόλις εντοπιστεί μια ρωγμή και καθοριστεί ο ρυθμός προόδου της, καθορίζεται ένα κατάλληλο μεσοδιάστημα ΔT μεταξύ δυο επιθεωρήσεων που θα μας επιτρέψει να εντοπίσουμε μια εν δυνάμει αστοχία πριν την λειτουργική.



Σχήμα 2.2 Απεικόνιση του μεσοδιαστήματος (ΔT) μεταξύ δυο επιθεωρήσεων που θα μας επιτρέψει να εντοπίσουμε μια εν δυνάμει αστοχία πριν την λειτουργική.

Έπειτα των ανωτέρω η προβλεπτική συντήρηση των αεροσκαφών «βλέπει» τα συστήματα και τον αεροκινητήρα του αεροσκάφους υπό το πρίσμα των FSIs (Functionally Significant Items) ενώ τα δομικά στοιχεία τα εξετάζει ως SSIs (Structurally Significant Items). Ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζεται η προβλεπτική συντήρηση στα FSIs και SSIs συστήματα δεν θα αναπτυχθεί στη παρούσα αφού δεν αποτελεί στόχο μια τόσο εξειδικευμένη προσέγγιση.



FSI/SSI Selection Diagram for RCM

Σχήμα 2.3

Ο καθορισμός των απαιτήσεων της προληπτικής συντήρησης καθώς η ανάπτυξη του προγράμματος συντήρησης των αεροσκαφών έχει τις ρίζες του στις αναλύσεις της RCM που αφορούν ακριβώς στα κρίσιμα συστήματα FSIs & SSIs. Η διαδικασία της RCM ανάλυσης απαιτεί:

- Ανάπτυξη των Κρίσιμων συστημάτων

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

- Καθορισμό των τρόπων αστοχίας (failure modes) και ανάλυση των επιπτώσεων (effects analysis).
- Εκτίμηση/έλεγχος των συνεπειών της αστοχίας
- Εκτίμηση/έλεγχος των προτεινόμενων εργασιών συντήρησης.

2.6.4.4 Μορφές Προληπτικής Συντήρησης

Οι εργασίες προληπτικής συντήρησης που αναπτύχθηκαν σύμφωνα με τη φιλοσοφία RCM , βασίζεται στα χαρακτηριστικά αξιοπιστίας του εξοπλισμού. Οι εργασίες αυτές μπορεί να αφορούν σε επιθεωρήσεις ή αντικαταστάσεις ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Οι εργασίες προληπτικής συντήρησης δύναται να εκτελεστούν σε οποιοδήποτε επίπεδο συντήρησης (O,I,D). Πιο συγκεκριμένα η διαδικασία της RCM καθορίζει απαιτήσεις και χρονικά μεσοδιαστήματα (intervals) για τις παρακάτω προληπτικές εργασίες:

- Εξυπηρέτηση/Λίπανση (Servicing/Lubrication). Η εξυπηρέτηση εκτελείται προκειμένου να αναπληρωθούν τα αναλώσιμα (καύσιμα, υδραυλικά, κλπ) που καταναλώθηκαν κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας του εξοπλισμού. Συνήθως εκτελείται πριν την απόδοση του αεροσκάφους για λειτουργία/αξιοποίηση. Η λίπανση εκτελείται λόγω απαίτησης από την σχεδίαση του εξοπλισμού. Το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο διαδοχικές λιπάνσεις εξαρτάται από το αναμενόμενο ή μετρημένο προσδόκιμο ζωής του λιπαντικού.
- Συμφώνου κατάσταση (On Condition). Πρόκειται για προγραμματισμένες επιθεωρήσεις σε συστήματα, που έχουν ως στόχο τον εντοπισμό παρατηρήσεων που μπορούν να οδηγήσουν σε μια λειτουργική αστοχία. Περιλαμβάνουν επιθεωρήσεις και

στους τρεις βαθμούς συντήρησης προκειμένου να διαπιστωθούν οποιαδήποτε σημάδια δυνητικής αστοχίας. Ο εξοπλισμός/υποσυστήματα παραμένουν εν ενεργεία μέχρι τη διαπίστωση μιας αστοχίας εκτός ορίων. Έχει εφαρμογή σε πολλά συστήματα του αεροσκάφους, στον αεροκινητήρα καθώς και σε δομικά στοιχεία. Παράδειγμα αποτελεί ο έλεγχος ενδοσκοπίου (borescope) ο οποίος αναπτύχθηκε προκειμένου να ελέγχονται οι τουρμπίνες των αεροκινητήρων. Εκμεταλλευόμενοι τα αποτελέσματα των επιθεωρήσεων μπορούμε να εκμεταλλευόμαστε το μέγιστο της ωφέλιμης ζωής των συστημάτων μας αποφεύγοντας τις πρώιμες αντικαταστάσεις/απορρίψεις.

- Προγραμματισμένες αφαιρέσεις συστημάτων πριν από κάποιο μέγιστο όριο ζωής , προς αποφυγή λειτουργικών αστοχιών (Hard Time Tasks). Πολλά συστήματα δείχνουν σημάδια φθορών με το πέρασμα του χρόνου. Η πιθανότητα αστοχίας τους αυξάνει σημαντικά μετά από ένα συγκεκριμένο όριο λειτουργίας τους. Υπάρχουν δύο επιλογές για τα συστήματα που αφαιρέθηκαν. Η μία είναι η απόρριψη και η άλλη είναι η επιδιόρθωση και επαναχρησιμοποίηση.
- Συνδυασμός On Condition και Hard Time όταν το ένα από τα δύο κρίνεται ανεπαρκές.
- Εντοπισμός Αστοχιών. Πρόκειται για την εκτέλεση επιθεωρήσεων που ως στόχο έχουν τον εντοπισμό αστοχιών ή καταστάσεων που μπορούν να οδηγήσουν σε πολλαπλές αστοχίες.

Κεφάλαιο 3^ο / Αξιοπιστία

3.1 Πρόλογος

Η μεγάλη και όλο ένα αυξανόμενη ανταγωνιστικότητα που παρατηρείται στο σύγχρονο τρόπο ζωής απαιτεί και αυξανόμενες παροχές από τα σύγχρονα συστήματα παραγωγής. Η ικανοποίηση του πελάτη, είτε αυτός είναι εσωτερικός είτε εξωτερικός, εξαρτάται από την ικανότητα των συστημάτων παραγωγής αλλά και γενικότερα της αλυσίδας εφοδιασμού να παρέχει αγαθά ή υπηρεσίες στο σωστό χρόνο, σε ανταγωνιστική τιμή καλύπτοντας κάθε φορά το επιθυμητό επίπεδο ποιοτικών προδιαγραφών. Για να επιτύχουμε σε αυτήν την αποστολή τα συστήματά μας πρέπει να είναι **αξιόπιστα**. Παρόλα αυτά η συνεχής λειτουργία και η γήρανση των συστημάτων, μας οδηγούν στη σταδιακή μείωση της απόδοσής τους, της αξιοπιστίας τους και της ασφάλειάς τους. Φθορά, διάβρωση, κόπωση και ενάρξεις ρωγμών αποτελούν κύριες συνιστώσες της **υποβάθμισης** (degration) του συστήματος. Με τον όρο υποβάθμιση ενός συστήματος καθορίζουμε την κατάσταση εκείνη κατά την οποία το σύστημα μας εξακολουθεί να λειτουργεί μέσα στα επιτρεπτά όρια, όχι όμως στα βέλτιστα. Υποβάθμιση έχουμε ακόμα και όταν το σύστημα μας εκτελεί ορισμένες εκ του συνόλου των απαιτούμενων λειτουργιών. Όταν η υποβάθμιση του συστήματος μας ξεπεράσει τα επιτρεπτά όρια που έχουμε καθορίσει τότε μιλάμε πλέον για αστοχία του συστήματος.

Μια αστοχία μπορεί μερικές φορές να είναι καταστροφική. Όταν δε αφορά σε αεροπορικά μέσα μπορούμε να μιλάμε για εκτεταμένες καταστροφές αλλά και για ανθρώπινες απώλειες. Αυτός είναι άλλωστε και ο λόγος που ειδικές επιτροπές διερεύνησης ατυχημάτων της αεροπορίας μελετούν και εξετάζουν όλες τις περιπτώσεις ατυχημάτων ακόμα και αστοχιών προκειμένου να εντοπιστούν οι κύριες αλλά και

δευτερεύουσες γενεσιουργές αιτίες που συντέλεσαν στο ατύχημα. Μια βελτίωση των τεχνικών επιθεώρησης του εξοπλισμού μας και των συστημάτων μας σίγουρα θα επιφέρουν μια μείωση των αστοχιών αλλά ποτέ δεν θα οδηγήσουν στη πλήρη αποφυγή τους.

Ακόμα και αν μια αστοχία δεν είναι καταστροφική μπορεί να οδηγήσει σε μείωση ή ακόμα και σταμάτημα της παραγωγής καθώς και σε καθυστερήσεις παραδόσεων. Οι συνέπειες των ανωτέρω θα επιφέρουν επιπρόσθετα κόστη, πιθανή απαξίωση υλικών και πρώτων υλών, προβλήματα ποιότητας, μείωση του περιθωρίου κέρδους και κατά συνέπεια μείωση της ανταγωνιστικότητας και του μεριδίου μας στην αγορά.

3.2 Ορισμός Αξιοπιστίας

Σε ότι αφορά την εμφάνιση μιας αστοχίας σε ένα σύστημα/εξάρτημα υπάρχει μια αβεβαιότητα και εξαρτάται από την τεχνική κατάσταση από την γήρανση αλλά και από το βαθμό υποβάθμισης. Αυτήν την αβεβαιότητα έρχεται να καλύψει η αξιοπιστία η οποία εκφράζει την κατάσταση ενός συστήματος/μηχανισμού/εξαρτήματος σε όρους πιθανότητας.

Ως μηχανική αξιοπιστία ενός συστήματος/εξαρτήματος καθορίζεται η πιθανότητα μηδενικής αστοχίας στην εκτέλεση της προδιαγεγραμμένης εργασίας του για καθορισμένο χρονικό διάστημα και δεδομένο λειτουργικό περιβάλλον. Χωρίς αυτόν τον τεχνικό ορισμό της αξιοπιστίας δεν θα ήταν δυνατό για τους μηχανικούς ή την διοίκηση ενός εργοστασίου να κάνει ουσιαστική σύγκριση μεταξύ των εναλλακτικών μηχανημάτων του εργοστασίου.

Κατά τον 19 και τις αρχές του 20 αιώνα η σχεδίαση των εξαρτημάτων δεν ακολουθούσε αυστηρούς περιοριστικούς κανόνες που να αφορούν στο κόστος , στη χρήση , στις υψηλές απαιτήσεις παραγωγής κτλ. Κατά συνέπεια ,σε πολλές περιπτώσεις , υψηλά επίπεδα αξιοπιστίας επιτυγχάνονταν ως αποτέλεσμα σχεδιασμού βασισμένου σε υπέρμετρους συντελεστές ασφάλειας και σχεδίασης. Για αυτόν τον λόγο δεν υπήρξε και η ανάγκη για **ανάλυση αξιοπιστίας**. Η ανάγκη για έκφραση της αξιοπιστίας ως ποσοτικό μέτρο προέκυψε κατά την διάρκεια του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου. Η ανάγκη για αξιόπιστα αμυντικά συστήματα οδήγησε και στην αύξηση της αξιοπιστίας των πυραύλων (Dhillon 2002). Η έννοια της αξιοπιστίας για μεγάλο χρονικό διάστημα νοούνταν με όρους ποιοτικούς αλλά καθορίστηκε ποσοτικά στις αρχές του 1950. (Barlow and Porschan, 1965). Η ίδρυση και καθιέρωση μιας ειδικής επιτροπής σε θέματα αξιοπιστίας του ηλεκτρονικού εξοπλισμού από το υπουργείο αμύνης των ΗΠΑ οδήγησε στην αναγνώριση της αξιοπιστίας σαν ανεξάρτητο εξειδικευμένο πεδίο.

Η ανάλυση αξιοπιστίας βοηθά να αναγνωρίσουμε την κατάσταση του τεχνικού μας εξοπλισμού και να προβλέψουμε το υπόλοιπο αξιοποιήσιμο χρόνο ενός συστήματος/εξαρτήματος. Πληροφορίες που σχετίζονται με την παρούσα αλλά και μελλοντική κατάσταση του εξοπλισμού μας (στατιστικά δεδομένα αστοχιών σε συνδυασμό με προβλεπόμενα κόστη) αποτελούν κύριους δείκτες καθορισμού της οργάνωσης της παραγωγής (και της γενικότερης λειτουργίας) αλλά και της πολιτικής συντήρησης που θα εφαρμοστεί.

Μια εναλλακτική σχεδίαση των συστημάτων μας μπορεί να μας προσφέρει βελτίωση της αξιοπιστίας μας. Πολλές φορές όμως δεν είναι εφικτό να οδηγηθούμε σε σχεδιαστικές αλλαγές λόγω πολυπλοκότητας και υψηλού κόστους . Σε αυτή τη περίπτωση προσπαθούμε να διασφαλίσουμε την αξιοπιστία μέσω αποτελεσματικής

συντήρησης. Γνώση της κατάστασης (βαθμός υποβάθμισης σε σχέση με την αρχική σχεδιαστική κατάσταση) των συστημάτων μας αποτελούν οδηγό στη λήψη αποφάσεων ως προς τον τύπο και την συχνότητα των απαιτούμενων ενεργειών συντήρησης.

3.3 Υπολογισμός Αξιοπιστίας Εξοπλισμού

Ο υπολογισμός της Αξιοπιστίας του εξοπλισμού ενός παραγωγικού συστήματος δεν είναι εύκολη υπόθεση και αυτό οφείλεται σε ένα πλήθος παραγόντων οι οποίοι και θα αναλυθούν παρακάτω .

3.3.1 Αξιοπιστία και εξωτερικό περιβάλλον

Ο ορισμός της αξιοπιστίας περιλαμβάνει ένα αριθμό εξωτερικών μεταβλητών ως προς το μηχάνημα που αναλύεται η αξιοπιστία του. Ίδια μηχανήματα μπορεί να έχουν διαφορετικές απαιτήσεις ρυθμών λειτουργίας (προδιαγεγραμμένης εργασίας) όπως συχνά σταματήματα ή συνεχή λειτουργία. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες (λειτουργικό περιβάλλον) όπως σκόνη, υψηλές θερμοκρασίες κλπ μπορεί να επηρεάσουν τη μηχανή. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες θα πρέπει να συνεκτιμώνται κατά την μέτρηση της αξιοπιστίας.

3.3.2 Αξιοπιστία και ανθρώπινο δυναμικό

Η αξιοπιστία συνδέεται στενά με το ανθρώπινο δυναμικό. Η μη σωστή συντήρηση συμβάλει σε ένα σημαντικό ποσοστό ατυχημάτων και συμβάντων. Αυτό συμβαίνει διότι, ένα μικρό ποσοστό εργασιών συντήρησης γίνεται με λάθος τρόπο, ή παρατηρούνται παραλήψεις λόγω του **ανθρώπινου παράγοντα**. Τα παραδείγματα συμπεριλαμβάνουν,

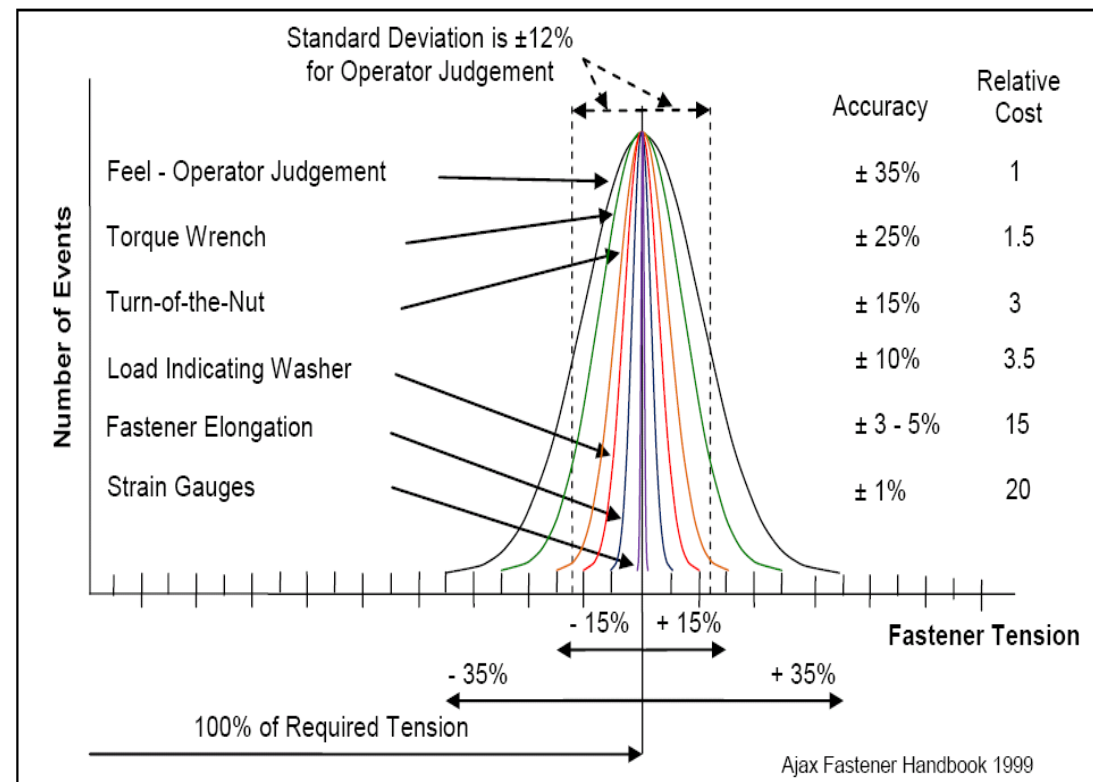
λάθος εγκατεστημένα ανταλλακτικά, ελλείποντα μέρη και παραλείψεις των απαραίτητων ελέγχων. Αν και δεν υπάρχουν διαθέσιμες ακριβείς στατιστικές, έχει γίνει αποδεκτό ότι, η μεγάλη πλειοψηφία των λαθών συντήρησης είναι δευτερεύουσας σημασίας, ένα μικρό όμως ποσοστό αυτών αποτελεί σημαντική απειλή για την ασφάλεια και την αξιοπιστία του εξοπλισμού. Στη προσπάθεια λοιπόν υπολογισμού της αξιοπιστίας πρέπει να λαμβάνεται πολύ σοβαρά υπόψη το έμψυχο δυναμικό του συστήματος. Εκπαίδευση, εμπειρία, ηθικό, κόπωση είναι παράγοντες που επηρεάζουν την ανθρώπινη συμπεριφορά και την απόδοση στην εργασία.

3.3.3 Αξιοπιστία ποιοτικά πρότυπα και τυποποίηση

Ένας ακόμη πολύ βασικός παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα της συντήρησης και άρα της αξιοπιστίας του εξοπλισμού είναι η τυποποίηση. Σε ένα ολοκληρωμένο και άρτιο σύστημα συντήρησης κάθε εργασία πρέπει να εκτελείται βάσει των ποιοτικών προτύπων και βάσει τυποποιημένων διαδικασιών. Στη Πολεμική Αεροπορία η τυποποίηση αποτελεί συνεχή επιδίωξη αφού έχει αποδειχτεί ότι ελαχιστοποιεί την πιθανότητα λάθους και έχει συμβάλει τα μέγιστα στην ασφάλεια πτήσεων και εδάφους. Ότι απομακρύνεται της τυποποίησης και των ποιοτικών προτύπων οδεύει στο «περίπου». Η μεταβλητότητα των διαδικασιών που προέρχεται από το «περίπου» αυξάνει το εύρος των πιθανών αποτελεσμάτων απομακρύνοντας μας από το ένα το επιθυμητό.

Ένα σύνηθες παράδειγμα μεταβλητότητας διαδικασιών και ενεργειών συντήρησης το οποίο οδηγεί στην αστοχία του εξοπλισμού είναι η σύσφιξη των βιδών –πιρτσινιών. Η λανθασμένη σύσφιξη των μέσων σύνδεσης αποτελεί τη κύρια αιτία παρατηρήσεων όπως διαρροές, χαλαρότητα συνδέσμων και προβλήματα κραδασμών. Στο παρακάτω σχήμα

παρατηρούμε κάποιες μεθόδους (ποικιλία μεθόδων) που χρησιμοποιούνται για τη σύσφιξη των μέσων σύνδεσης. Η μέθοδος που παρουσιάζει την μεγαλύτερη απόκλιση (από την ιδεατή σύσφιξη) είναι αυτή όπου προσπαθούμε να πετύχουμε την ιδανική σύσφιξη μέσω της αίσθησης των μυών μας. Η απόκλιση είναι της τάξης του $\pm 35\%$. Ακόμα και όταν χρησιμοποιούμε ένα λιβρόμετρο η απόκλιση φτάνει το ποσοστό του $\pm 25\%$. Κάποιες ειδικές μέθοδοι καταφέρνουν να την περιορίσουν στο $\pm 15\%$ και ακόμη χαμηλότερα.



Σχήμα 3.1 Variability in Methods of Providing the Correct Tension for Fasteners

Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι η επιθυμία για αξιοπιστία πρέπει να συνοδεύεται από αντίστοιχα τυποποιημένες και ποιοτικές εργασίες συντήρησης. Αυτός είναι και ο

λόγος όπου στην πολεμική αεροπορία αλλά και σε όλους τους φορείς συντήρησης αεροπορικού υλικού η τήρηση των ποιοτικών προτύπων σε συνδυασμό με τη τυποποίηση αποτελούν μονόδρομο.

3.4 Βασικές έννοιες / Υπολογισμός αξιοπιστίας

- **MTBF (MEAN TIME BETWEEN FAILURES)**

Η πιο βασική έννοια της αξιοπιστίας είναι το MTBF. Η έννοια του MTBF αναλύθηκε σε προηγούμενο εδάφιο. Πρόκειται για το μέσο χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ δύο αστοχιών ενός εξαρτήματος. Συντελεστές MTBF δίνονται πολλές φορές από τους προμηθευτές. Προκύπτουν από τεστ αξιοπιστίας και μελέτες προβλέψεων.

- **DUTY CYCLE**

Πολλές φορές ο προμηθευτής δίνει ταυτόχρονα και το duty cycle με το οποίο έγιναν οι δοκιμές. Πρόκειται για τον λόγο του πραγματικού χρόνου λειτουργίας της συσκευής προς τον συνολικό (χρόνος λειτουργίας και χρόνος εκτός λειτουργίας).

- **NFR (NORMAL FAILURE RATE)**

Είναι ο μέσος ρυθμός αστοχιών ανά μονάδα χρόνου. Είναι το αντίστροφο του MTBF και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$NFR = 1 / MTBF$$

- **Συντηρησιμότητα- MTTR (MEAN TIME TO REPAIR)**

Ως συντηρησιμότητα καλούμε την ικανότητα ενός αντικειμένου υπό δεδομένες συνθήκες χρήσης να μπορεί να διατηρηθεί ή να επιστρέψει σε μια κατάσταση στην οποία μπορεί να εκπληρώσει τις απαιτούμενες από αυτό λειτουργίες, όταν η συντήρησή του εκτελείται σε δεδομένες συνθήκες και με τη χρήση καθορισμένων διαδικασιών και πόρων.

Μόλις ένα εξάρτημα αστοχήσει πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα αποκατάστασης της βλάβης όσον το δυνατόν ταχύτερα. Μέσος χρόνος επισκευής ενός εξαρτήματος (MTTR) είναι το γινόμενο του χρόνου που απαιτείται για να εκτελεστεί κάθε προσδοκώμενη επισκευή επί τη σχετική συχνότητα με την οποία θα εμφανιστεί (συνήθως εκφράζεται σε αριθμό επαναλήψεων μέσα στο χρόνο).

Τα δεδομένα MTTR που δίνονται από τους κατασκευαστές είναι καθαροί χρόνοι επισκευής. Υποθέτουν ότι η διάγνωση της βλάβης γίνεται άμεσα και ότι είναι διαθέσιμα το απαιτούμενο προσωπικό και ανταλλακτικά. Το MTTR για τον χρήστη θα περιλαμβάνει και τη λογιστική καθυστέρηση.

- *Στοχαστική Εξέλιξη κατά Poisson.*

Η πιθανότητα ένα ενδεχόμενο να πραγματοποιηθεί x φορές σε ένα χρονικό διάστημα t δίνεται από τη σχέση:

$$P(x) = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^x}{x!}$$

όπου

ν : η μέση συχνότητα πραγματοποίησης του ενδεχόμενου στη μονάδα χρόνου και

t : το χρονικό διάστημα εντός του οποίου πραγματοποιείται το ενδεχόμενο



Αν στη προηγούμενη σχέση θεωρήσουμε:

- σαν ενδεχόμενο να έχουμε μηδενική αστοχία στο χρονικό διάστημα t , δηλαδή $x=0$ και
- σαν τη μέση συχνότητα εμφάνισης αστοχίας $\nu=1/MTBF$

Η σχέση που δίνει τη πιθανότητα μηδενικής αστοχίας στο χρονικό διάστημα t (χρόνος t μετά την τελευταία αστοχία) διαμορφώνεται ως εξής:

$$P(0)=R(t)=e^{-t/MTBF}$$

Παράδειγμα υπολογισμού αξιοπιστίας

Ο απαιτούμενος μέσος χρόνος μεταξύ αστοχιών που πρέπει να δοθεί από ένα κατασκευαστή προκειμένου να έχουμε αξιοπιστία μεγαλύτερη από 80% για δύο (2) χρόνια πρέπει να είναι δέκα (10) χρόνια.

Όντως για $MTBF=10$ χρόνια και $t=2$ χρόνια έχουμε :

$$R(t)=e^{-2/10}=0,82=82\%$$

Με άλλα λόγια ένας κινητήρας θα έχει 82% πιθανότητα να λειτουργήσει χωρίς αστοχία τα επόμενα δύο χρόνια.

3.5 Επισκευάσιμα και μη επισκευάσιμα συστήματα

Στη μηχανική αξιοπιστίας τα επισκευάσιμα και μη επισκευάσιμα συστήματα αντιμετωπίζονται διαφορετικά. Ένα μη επισκευάσιμο σύστημα μπορεί να αντικατασταθεί με ένα καινούριο το οποίο θα είναι τόσο καλό όσο με αυτό που αντικαταστήσαμε. Έτσι σε ένα μη επισκευάσιμο σύστημα η πιθανότητα αστοχίας παραμένει σταθερή.

Σε ένα επισκευάσιμο σύστημα μετά από βλάβη η πιθανότητα αστοχίας δεν θα είναι η ίδια όπως όταν ήταν καινούριο. Φθορά και λάθη κατά την επισκευή θα έχουν σαν αποτέλεσμα την αυξημένη πιθανότητα αστοχίας.

Ένα μηχάνημα αποτελείται από πληθώρα εξαρτημάτων επισκευάσιμων και μη, των οποίων η πιθανότητα αστοχίας είναι διαφορετική. Με την ανάμιξη των επισκευάσιμων και μη επισκευάσιμων εξαρτημάτων η πιθανότητα μη αστοχίας του μηχανήματος μπορεί να είναι σταθερή και ονομάζεται ψευδο-σταθερή πιθανότητα.

3.6 Αξιοπιστία συστήματος-Διαγράμματα Ροής Αξιοπιστίας

Πριν επιχειρηθεί οποιαδήποτε ανάλυση αξιοπιστίας είναι απαραίτητο να παρουσιαστεί το υπό εξέταση σύστημα με ένα διάγραμμα ροής. Το διάγραμμα ροής μπορεί να απεικονίζει την κάθε μονάδα ενός εργοστασίου με ένα ορθογώνιο και αν κρίνεται απαραίτητο δημιουργούνται και υποκατηγορίες.

Οι βασικοί τύποι διαγραμμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντιπροσωπευτεί ένα σύστημα είναι οι εξής:

- Σχέδιο που απεικονίζει την πραγματική διάταξη ενός εργοστασίου και τον τρόπο που ενώνονται οι διάφορες μονάδες.
- Λογικό διάγραμμα ροής το οποίο είναι και το πιο κατάλληλο στην κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος και κατ' επέκταση στην εκτίμηση της αξιοπιστίας.

3.7 Διάταξη Συστημάτων

Στη βιομηχανία υπάρχουν τρία βασικά συστήματα :

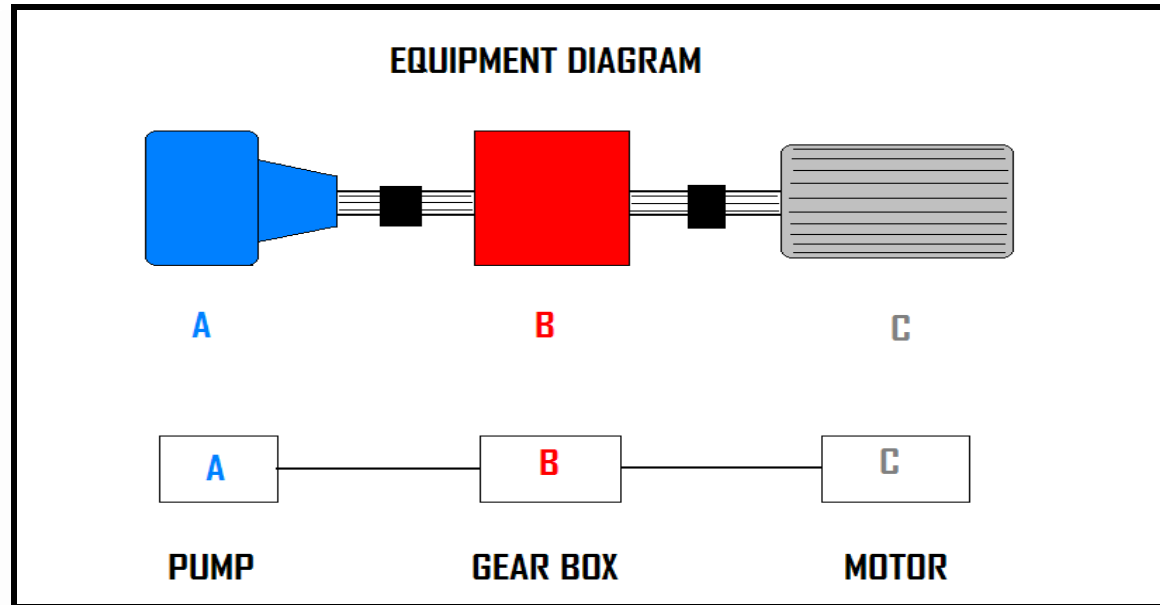
- Το σειριακό
- Το παράλληλο ή σύστημα πλήρους εναλλαξιμότητας
- Το σύστημα μερικής εναλλαξιμότητας (M out of N).

Στο σειριακό σύστημα η αστοχία μιας μονάδας συνεπάγεται και αστοχία ολόκληρου του συστήματος. Τοποθετώντας μονάδες στη σειρά αυξάνουμε την πιθανότητα αστοχίας και μειώνουμε την συνολική αξιοπιστία του συστήματος.

Η αξιοπιστία του σειριακού συστήματος είναι :

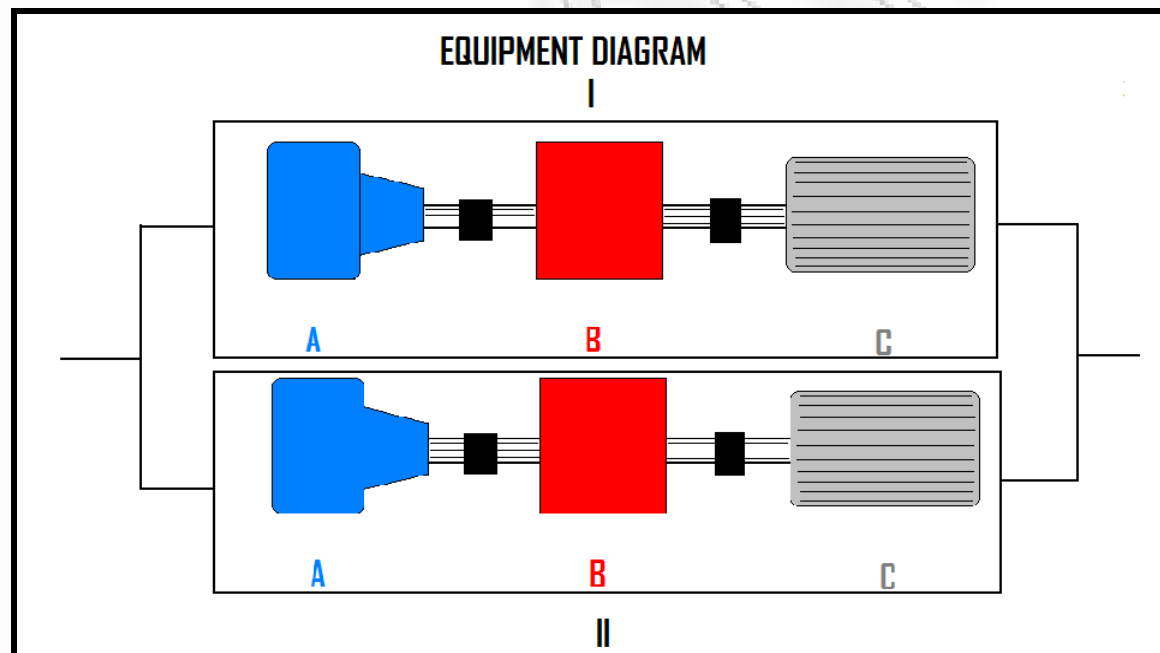
$$R=R_1 * R_2 * R_3 * \dots * R_i * \dots * R_n$$

όπου n ο αριθμός των υποσυστημάτων του συστήματος και R_i η αξιοπιστία του i υποσυστήματος.

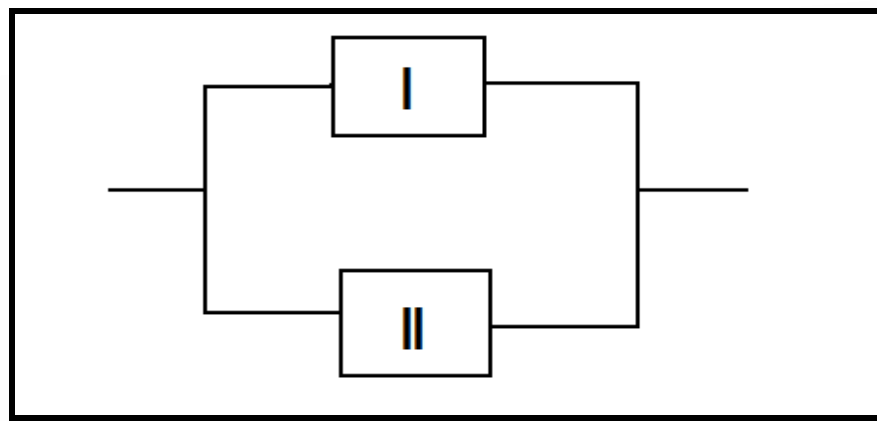


Εικόνα 3.1 Σειριακό Σύστημα

Στο σύστημα πλήρους εναλλαξιμότητας διατηρείται η λειτουργία του συστήματος ακόμα και αν μια μονάδα τεθεί εκτός λειτουργίας.



Εικόνα 3.2 Σύστημα Πλήρους Εναλλαξιμότητας



Ας υποθέσουμε ότι η αξιοπιστία του (I) συστήματος είναι 0.8 και το υποστηρίζουμε παράλληλα με ένα όμοιο σύστημα (II) και με ίδιο βαθμό αξιοπιστίας.

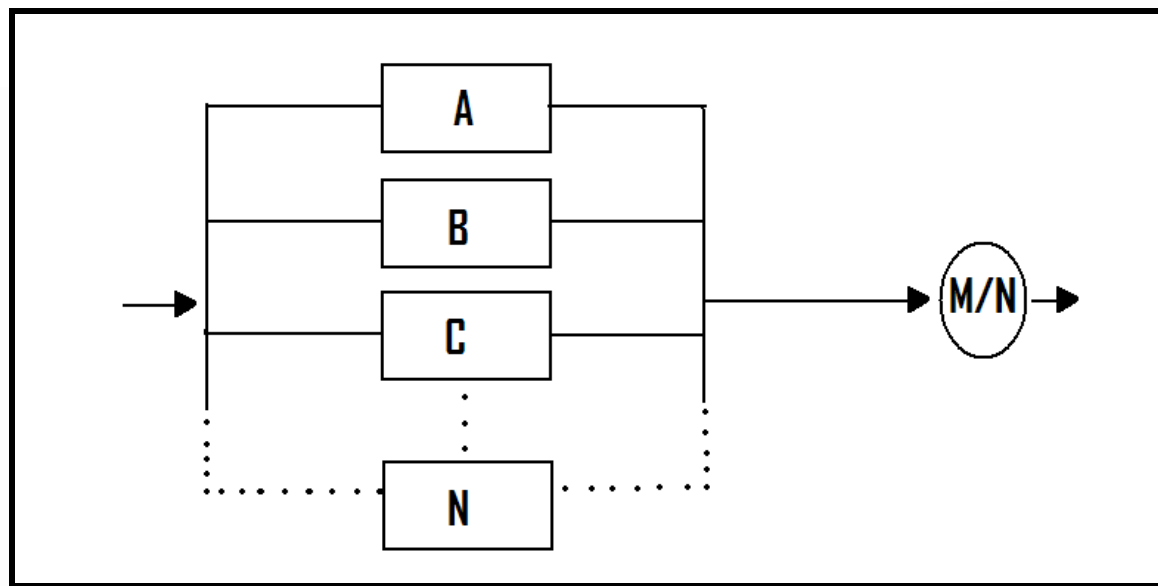
Η συνολική αξιοπιστία του συστήματος θα είναι:

$$\text{Πιθανότητα του (I) να δουλεύει } 0.8 + \left[\begin{array}{l} \text{Πιθανότητα του (II) να δουλεύει} \\ \text{X} \\ \text{Πιθανότητα απαίτησης του (II)} \end{array} \right] = 0.96$$

$(1-0.8)$

Στο σύστημα μερικής εναλλαξιμότητας οι μονάδες που το αποτελούν μοιράζονται τη λειτουργία του συστήματος.

Το τελευταίο μπορεί να διατηρηθεί σε ικανοποιητικό επίπεδο λειτουργίας εάν μια ή περισσότερες μονάδες αστοχήσουν.



Εικόνα 3.3 Σύστημα Μερικής Εναλλαξιμότητας (M out of N)

Για την ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος θα πρέπει από το σύνολο των N μονάδων να λειτουργούν οι M.

3.8 Υποστηριξιμότητα συντήρησης (Maintenance Supportability)

Η ικανότητα ενός οργανισμού συντήρησης να διαθέτει την κατάλληλη υποστήριξη συντήρησης στον απαραίτητο χώρο για τη διενέργεια των απαιτούμενων ενεργειών συντήρησης σε κάποια δεδομένη χρονική στιγμή ή κατά τη διάρκεια ενός δεδομένου χρονικού διαστήματος.

3.9 Διαθεσιμότητα (Availability)

Ως διαθεσιμότητα καλούμε την ικανότητα ενός αντικειμένου να βρίσκεται σε μια κατάσταση στην οποία μπορεί να εκπληρώσει τις απαιτούμενες από αυτό λειτουργίες σε δεδομένες συνθήκες, σε κάποια δεδομένη χρονική στιγμή ή κατά τη διάρκεια ενός

δεδομένου χρονικού διαστήματος, θεωρώντας ότι του παρέχονται όλοι οι απαιτούμενοι εξωγενείς πόροι.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από το συνδυασμό των διαστάσεων της αξιοπιστίας, της συντηρησιμότητας και της υποστηριξιμότητας της συντήρησης.



Σχήμα 3.2 Η σχέση μεταξύ κάποιων όρων της απόδοσης διαθεσιμότητας

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Οι απαιτούμενοι εξωγενείς πόροι, πέραν των πόρων συντήρησης, δεν επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα του αντικειμένου.

Η διαθεσιμότητα αποτελεί ύψιστο στόχο για ένα παραγωγικό σύστημα. Τόσο το σύστημα συντήρησης όσο και το τεχνικό σύστημα είναι δομημένα κατά τρόπο που να οδηγούν σε μια υψηλή διαθεσιμότητα του εξοπλισμού. Πιο ειδικά σε ότι αφορά στη

πολεμική αεροπορία ο στόχος της διαθεσιμότητας των αεροσκαφών συνοδευμένος από την ασφάλεια πτήσεων και εδάφους αποτελεί τον κύριο άξονα δράσης και λειτουργίας του τμήματος συντήρησης. Ο προγραμματισμός των εργασιών, η πολιτική συντήρησης που εφαρμόζεται, η προτεραιότητα που δίνεται στην αποκατάσταση βλαβών, ο καθορισμός της κρισιμότητας του εξοπλισμού και των εξαρτημάτων όλα καθορίζονται βάσει του άξονα διαθεσιμότητας –ασφάλειας. Καταστάσεις που προκαλούν προβλήματα στη διαθεσιμότητα (βλάβες, μη προγραμματισμένη συντήρηση, ελλείψεις ανταλλακτικών, κτλ.) αντιμετωπίζονται μέσα από ένα άρτιο οργανωμένο σύστημα συντήρησης και logistics.

Η διαθεσιμότητα ενός συστήματος είναι η πιθανότητα να λειτουργεί το σύστημα στο χρόνο t. Για μια απλή μηχανή ορίζεται ως εξής:

$$A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

Κεφάλαιο 4^ο / Η Έννοια της Εφοδιαστικής Υποστήριξης - Supportability & Logistics

4.1 Γενικά

Πολύ λίγα συστήματα παραμένουν λειτουργικά καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους: αεροσκάφη, αυτοκίνητα, λεωφορεία, πλοία και άλλα συστήματα απαιτούν επισκευή ή/και αντικατάσταση. Απαιτείται δηλαδή μία συνεχής ροή υλικών και μέσων που θα εξασφαλίζουν την αδιάκοπη ορθή λειτουργία των εκάστοτε συστημάτων ή την μέγιστη δυνατή διαθεσιμότητα. Σημαντική μείωση στο ποσοστό του επιπέδου λειτουργικότητας ενός συστήματος παρατηρείται κάθε φορά που κάποιο «μέρος» του αστοχεί. Το σύστημα τίθεται “εκτός ενεργείας” με πολλαπλές συνέπειες. Επιτυγχάνουμε την επαναφορά ενός μηχανήματος – μέσου σε κατάσταση “εν ενεργεία” δια μέσω της καλά οργανωμένης συντήρησης. Βεβαίως οι όποιες δραστηριότητες μίας καλά οργανωμένης συντήρησης απαιτούν να υποστηρίζονται με υλικά, μέσα, εγκαταστάσεις, προσωπικό κ.α.



Εικόνα 4.1 “Picture from NAO (National Audit Office) about the “transforming logistics support for fast jets”

Η αστοχία ενός συστήματος μπορεί να μεταφραστεί ως ένα απλό πρόβλημα το οποίο εύκολα μπορεί να διευθετηθεί όμως μπορεί παράλληλα να σημαίνει και την αιτία απώλειας ανθρώπινων ζωών. Η προκαταβολική γνώση του χρόνου που απαιτείται για την έναρξη της συντήρησης μιας μηχανής μπορεί να σώσει π.χ. το παραγωγικό μας πλάνο, να εξασφαλίσει την προστασία και ασφάλεια των χρηστών και φυσικά να εξοικονομήσει χρήματα. Ειδικότερα θα λέγαμε ότι σε ένα αεροσκάφος απαιτείται οι εμπλεκόμενοι να αποφασίζουν για τον άριστο χρόνο εφαρμογής των εκάστοτε μεθόδων συντήρησης λαμβάνοντας υπόψη ένα συνδυασμό απαιτήσεων προερχόμενο από την ανάλυση των πιο απλών συσκευών (oil pressure warning lights, fuel gauge, magnetic oil filter plugs) έως των πιο πολύπλοκων συστημάτων (HUMS : engine health and usage monitoring systems).

Η αξιοπιστία (reliability) μπορεί να προβλέψει πότε ένα σύστημα θα προσεγγίσει την κατάσταση “state of failure”. Από την άλλη η συντηρησιμότητα (maintainability) εκτός των άλλων θα προβλέψει το χρόνο που θα απαιτηθεί ώστε η διαδικασία της συντήρησης να επαναφέρει το σύστημα, όμως η υποστηριξιμότητα (supportability) είναι αυτή η οποία θα αποφασίσει πότε, που και με ποιά μέσα αξίζει η όποια αποκατάσταση.

Όλα τα σύγχρονα μέσα, βεβαίως και τα αεροσκάφη, ταυτίζονται με την φιλοσοφία του supportability engineering, δηλαδή σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να υποστηρίζονται με το ελάχιστο κόστος κύκλου ζωής (minimum life cycle cost). Δηλαδή πρέπει να συνυπολογίζονται οι εγκαταστάσεις, ο εξοπλισμός και οι πόροι που θα απαιτηθούν έτσι ώστε να παρέχουν στο σύστημα υποστήριξη με τον πιο οικονομικά αποτελεσματικό και αποδοτικό τρόπο.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα επιχειρήσουμε να κάνουμε μια σύντομη ανάλυση της έννοιας “Logistic Support” προσεγγίζοντας κυρίως τις βασικές φάσεις εφαρμογής

της στα σύγχρονα συστήματα. Παράλληλα παρουσιάζονται οι βασικές αρχές των Integrated Logistics Support, η φιλοσοφία δηλαδή πάνω στην οποία στηρίζεται και η συνεχής προσπάθεια των μελών της Πολεμικής Αεροπορίας για το υψηλότερο δυνατό ποσοστό διαθεσιμότητας των αεροσκαφών. Στο επόμενο κεφάλαιο ακολουθεί μία αναφορά σχετικά με την παρούσα κατάσταση στο πλαίσιο της εφοδιαστικής υποστήριξης των αεροσκαφών της Πολεμικής Αεροπορίας.

4.2 Logistics Support, Έννοια και Σημασία

A. Logistics is the science of planning and implementing the acquisition and use of the resources necessary to sustain the operation of a system. -- (Reference: ECRC University of Scranton / Defence Logistics Agency Included with permission from: HUM - The Government Computer Magazine "Integrated Logistics" December 1993, Walter Cooke, Included with permission from: HUM - The Government Computer Magazine.)

B. Ενώ σύμφωνα με την Ελληνική Εταιρεία Logistics αποδίδεται μία πιο γενική προσέγγιση της έννοιας, δηλαδή “Logistics είναι εκείνο το τμήμα της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας που σχεδιάζει, υλοποιεί και ελέγχει την αποδοτική και αποτελεσματική κανονική και αντίστροφη ροή και αποθήκευση των προϊόντων, υπηρεσιών και των σχετικών πληροφοριών από το σημείο προέλευσης τους έως το σημείο κατανάλωσης τους, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των πελατών”.

Τι εννοούμε όμως όταν λέμε Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας;

Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας αναφέρεται στο σχεδιασμό και τη διαχείριση όλων των ενεργειών-δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις διαδικασίες προμήθειας την



παραγωγή-μεταποίηση και όλες τις δραστηριότητες της διανομής. Επιπλέον,

συμπεριλαμβάνει το συντονισμό και τη συνεργασία με όλους τους εταίρους του καναλιού εφοδιασμού, που μπορεί να είναι προμηθευτές, μεσάζοντες, εταιρείες παροχής υπηρεσιών Third Party Logistics (3PL) και πελάτες. Κατ' ουσία, η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας ενοποιεί και ολοκληρώνει το σχεδιασμό, τις προμήθειες, την παραγωγή, την αποθήκευση, τη μεταφορά και τις πωλήσεις τόσο μέσα στις επιχειρήσεις όσο και μεταξύ αυτών. Ο αντικειμενικός λοιπόν σκοπός της Διαχείρισης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι η αύξηση της συνολικής κερδοφορίας κατά μήκος της αλυσίδας που συνεπάγεται την αύξηση της κερδοφορίας όλων των εταίρων της. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατανόηση και ικανοποίηση των πελατειακών αναγκών στον απαιτούμενο χρόνο, και με την προσφορά προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας και ανταγωνιστικού κόστους. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, απαραίτητα χαρακτηριστικά των εφοδιαστικών αλυσίδων που ανταγωνίζονται μέσα στο σύγχρονο παγκοσμιοποιημένο περιβάλλον είναι η ευελιξία και η ταχεία προσαρμοστικότητα τους στις δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες.

Συνεχίζοντας τον ορισμό θα λέγαμε ότι τα Logistics, βρίσκουν εφαρμογή σε δύο κυρίως πεδία:

Το πρώτο πεδίο είναι η επιχείρηση, η οποία πρέπει να οργανώσει την εισροή, την εσωτερική διακίνηση και την εκροή υλικών και προϊόντων κατά τέτοιον τρόπο, έτσι ώστε να εξασφαλίζει τη μέγιστη ικανοποίηση των πελατών της.

Το δεύτερο πεδίο είναι η εφοδιαστική αλυσίδα, η οποία αποτελείται από όλες εκείνες τις επιχειρήσεις και οργανισμούς που είναι απαραίτητοι έτσι ώστε ένα προϊόν, από πρώτες ύλες να καταλήξει στον τελικό πελάτη. Η αποτελεσματική οργάνωση και διοίκηση της ροής προϊόντων και πληροφοριών σε αυτήν την αλυσίδα αποτελεί επιτακτική ανάγκη σε μία παγκοσμιοποιημένη και ψηφιακή οικονομία, όπου ο ανταγωνισμός από ατομικός (επιχείρηση εναντίον επιχείρησης) γίνεται συλλογικός (εφοδιαστική αλυσίδα εναντίον εφοδιαστικής αλυσίδας).

Ποια είναι όμως τα στοιχεία εκείνα που συνθέτουν την έννοια των Logistics; Η απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα είναι ότι τα Logistics αφορούν σε:

Απαιτήσεις: Οι δραστηριότητες των Logistics εμπλέκονται με την ανάλυση, σύνθεση και καθορισμό των πόρων που απαιτούνται να επιτύχουμε ένα σκοπό ή να φέρουμε σε πέρας μία επιχείρηση κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Ο συνολικός στόχος, του να καθορίσουμε απαιτήσεις είναι μία λειτουργία σχεδιασμού που εμπλέκει ταυτόχρονα και την στρατηγική και τα Logistics. Ο καταμερισμός των κυρίων διαθέσιμων πόρων, αν είναι λιγότεροι από τους απαιτούμενους και η αξιολόγηση του αποτελέσματος των ελλείψεων για την επίτευξη των κυρίων στόχων, είναι κύριες ευθύνες της στρατηγικής και όχι λειτουργία των Logistics.

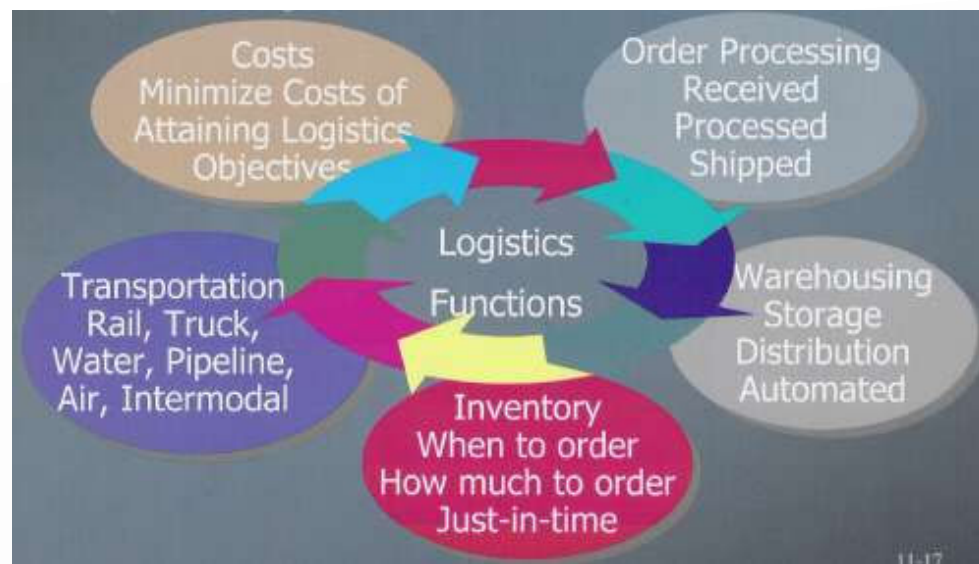
Σχεδιασμός: Αυτή η λειτουργία περιλαμβάνει όλο το πλάνο του σχεδιασμού μέσα από λεπτομερή σχεδιασμό των προϊόντων, συστημάτων και υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων της ανάπτυξης, δοκιμής και αξιολόγησης του σχεδιασμού. Το Logistics Engineering έχει να κάνει με τον σχεδιασμό του εφοδιασμού και της συντήρησης κάτω από το πρίσμα της αποτελεσματικότητας κόστους, σε αντίθεση του σχεδιασμού της εύκολης παραγωγής ή χρήσης.

Εφοδιασμό: Αυτή η περιοχή εμπλέκει τον φυσικό εφοδιασμό και διανομή όλων των διαθέσιμων πόρων π.χ. προμήθειες, πρόσληψη και εκπαίδευση Προσωπικού, υποστήριξη παραγωγής, συσκευασία, Διοίκηση Αποθεμάτων, διακίνηση και μεταφορές, ιχνηλασιμότητα προϊόντων, διαδικασία παραγγελιών, αποθήκευση, αποσύρσεις, κ.λ.π. Υπάρχουν λειτουργίες που δημιουργούν 'χρονική και χωροταξική χρησιμότητα' σε αντίθεση με τις λειτουργίες παραγωγής που χρησιμοποιούν 'χρησιμότητα τυποποίησης' και τις λειτουργίες του marketing που δημιουργούν χρησιμότητα ιδιοκτησίας.

Συντήρηση: Η συντήρηση εκλαμβάνεται ευρέως σαν την διατήρηση των εγκαταστάσεων, προϊόντων, ανθρώπινου δυναμικού, συστημάτων και υπηρεσιών των παραγωγών και χρηστών, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας, διατήρησης και ανάκτησης όλων των διατιθέμενων πόρων.

Πόρους: Πρώτες ύλες (υλικά), εξοπλισμός εγκαταστάσεις, προσωπικό, συμπεριλαμβανομένων των κεφαλαίων και πληροφοριών. Τα Logistics συχνά συνδέονται με την διοίκηση των υλικών, όμως οι τεχνικές της διοίκησης των υλικών μπορούν επίσης να εφαρμοσθούν στην διοίκηση του ανθρώπινου δυναμικού, χρημάτων και πληροφοριών.

Οι δραστηριότητες των Logistics συμπληρώνουν και υποστηρίζουν την στρατηγική και την τακτική. Υποστηρίζουν τους στόχους, τα σχέδια και τις επιχειρησιακές δραστηριότητες των συστημάτων. Τα υποστηριζόμενα συστήματα μπορεί να είναι Οργανισμοί ή μεμονωμένα άτομα.



Εικόνα 4.2 “The logistics functions”

Ο παραπάνω ορισμός των Logistes δεν δηλώνει ότι τα Logistics προσδιορίζουν τις απαιτήσεις, ούτε ότι είναι μηχανικός σχεδιασμός, ούτε ότι είναι διοίκηση. Δηλώνει μόνο ότι: όταν μία προκαθορισμένη διοίκηση, συγκεκριμένη τεχνική μεθοδολογία και συγκεκριμένες τεχνικές δραστηριότητες, εμπλέκονται με ειδικές λειτουργίες υποστήριξης, τότε ο συνδυασμός των παραγόντων αυτών αποτελεί εφαρμογή των Logistics.

Η εφαρμογή των Logistics έχει διαφορετικούς τρόπους δράσης και διαφορετικά αποτελέσματα κατά περίπτωση, που εξαρτώνται από το περιβάλλον μέσα στο οποίο αναπτύσσονται και τους παράγοντες που το επηρεάζουν, όπως : η οικονομική κατάσταση, η πολιτική κατάσταση, το κοινωνικό καθεστώς, το μορφωτικό επίπεδο, το ηθικό περιβάλλον, το τεχνολογικό περιβάλλον, το νομικό καθεστώς και το φυσικό περιβάλλον. Η σπουδαιότητα των Logistics φαίνεται εξάλλου και από το γεγονός ότι πλέον έχουν διεισδύσει σε διάφορες πολυποίκιλες περιοχές της κάθε είδους επιχειρησιακής δραστηριότητας, δημιουργώντας δικά τους επιστημονικά πεδία μελέτης και τομείς, όπως: Business Logistics, Systems Logistics, Defence Logistics , Crisis Logistics, Supply Chain

Management, Environmental Logistics, Logistics in Services, Logistics Information Systems κα. Στη συνέχεια της εργασίας και δεδομένου ότι μελετάμε την έννοια του Logistics Support, εστιάζοντας στην υποστήριξη πολύπλοκων συστημάτων/αεροσκαφών, θα αναφερθούμε εκτενέστερα στα στοιχεία Logistics που σχετίζονται με μία τέτοια διαδικασία.

4.3 Κύρια Στοιχεία Logistics για την εξασφάλιση της λειτουργίας ενός συστήματος

Η υποστήριξη ενός συστήματος μέσω των διαδικασιών logistics θεωρείται η σύνθεση όλων εκείνων των παραγόντων που εξασφαλίζουν την αποτελεσματική και οικονομική υποστήριξη ενός συστήματος καθ' όλο τον προγραμματισμένο κύκλο ζωής του. Τα στοιχεία της υποστήριξης logistics είναι απαραίτητο να είναι ενσωματωμένα και στα υποσυστήματα του συστήματος προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι και οι επιχειρησιακές/λειτουργικές απαιτήσεις και οι απαιτήσεις κόστους, καλύπτονται.

Τα κύρια στοιχεία της υποστήριξης ενός συστήματος/εξοπλισμού μέσω logistics, είναι τα εξής :

- *Σχέδιο Συντήρησης.*

Περιλαμβάνει όλο τον προγραμματισμό και την ανάλυση των απαιτήσεων για την συνολική υποστήριξη ενός συστήματος, καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.

- *Υποστήριξη Ανεφοδιασμού.*

Η υποστήριξη ανεφοδιασμού περιλαμβάνει όλα τα ανταλλακτικά, τα αναλώσιμα, τα ειδικά εφόδια και τα σχετικά αποθέματα που απαιτούνται για να υποστηρίξουν συνολικά το εκάστοτε σύστημα.

- *Εξοπλισμός Ελέγχου και Υποστήριξης.*

Η συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνει όλο τον εργαλειακό εξοπλισμό, τον ειδικό εξοπλισμό ελέγχου και δοκιμών, τον διαγνωστικό εξοπλισμό και τον εξοπλισμό διακρίβωσης που είναι απαραίτητοι για την υποστήριξη των προγραμματισμένων αλλά και των απρογραμματίστων εργασιών συντήρησης που συνδέονται με το σύστημα.

- *Μεταφορά/Διακίνηση*

Αυτό το στοιχείο των logistics περιλαμβάνει όλο τον ειδικό εξοπλισμό, τα εμπορευματοκιβώτια, τα οχήματα, τα εφόδια κλπ., που είναι απαραίτητα για να υποστηρίξουν τη συσκευασία, τη συντήρηση, την αποθήκευση, τη διακίνηση και την μεταφορά του κύριου εξοπλισμού, του εξοπλισμού ελέγχου και υποστήριξης, των ανταλλακτικών, του προσωπικού, των δεδομένων αλλά ακόμη και των τυχόν κινητών εγκαταστάσεων. Στην ουσία, αυτή η κατηγορία καλύπτει, τις ανάγκες διανομής των υλικών, καθώς και την μεταφορά του προσωπικού και του εξοπλισμού που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η συντήρηση.

- *Προσωπικό*

Πρόκειται για το προσωπικό που απαιτείται για την εγκατάσταση, τον έλεγχο, την λειτουργία, τον χειρισμό και την συντήρηση του συστήματος και του σχετικού εξοπλισμού ελέγχου, δοκιμών και υποστήριξης.

- *Υποδομές / Εγκαταστάσεις*

Αυτή η κατηγορία αναφέρεται σε όλες τις ειδικές και μη υποδομές (εγκαταστάσεις, συνεργεία, εργαστήρια, αποθήκες κα) που απαιτούνται για την αποδοτική λειτουργία της συντήρησης σε κάθε επίπεδο.

- *Τεχνικά Στοιχεία*

Οι διαδικασίες εγκατάστασης, ενεργοποίησης και ελέγχου των συστημάτων, οι οδηγίες λειτουργίας και συντήρησης, οι διαδικασίες επιθεώρησης και διακρίβωσης, οι διαδικασίες γενικής επισκευής, οι οδηγίες τροποποίησης, τα στοιχεία των εγκαταστάσεων, τα σχέδια και οι προδιαγραφές που είναι απαραίτητες κατά την εκτέλεση των λειτουργιών της συντήρησης των συστημάτων σε όλα τα επίπεδα, συμπεριλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία.

- *Υποστήριξη Μηχανοργάνωσης / Μηχανογράφηση*

Αναφέρεται στους υπολογιστές, στα περιφερειακά, στο λογισμικό, στις βάσεις δεδομένων κλπ, στοιχεία δηλαδή απαραίτητα για την εφοδιαστική υποστήριξη και συντήρηση, σε όλα τα επίπεδα. Ένα από τα πλέον βασικά στοιχεία logistics στην εν γένει υποστήριξη των σύγχρονων πολύπλοκων συστημάτων.

- *Design Interface / Σχεδιαστική Αλληλεπίδραση*

Αυτή συνδέει τις σχεδιαστικές παραμέτρους του συστήματος και σχετίζει τα logistics, με την πραγματική δυνατότητα των πόρων και το κόστος υποστήριξης. Αυτοί οι σχεδιαστικοί παράγοντες εκφράζονται με επιχειρησιακούς – λειτουργικούς όρους και σαφώς συνδέονται με τους στόχους που έχουν τεθεί για την ετοιμότητα του συστήματος, καθώς και με το κόστος υποστήριξης.

4.4 Logistics Support και System Operational Effectiveness

Όλοι οι χρήστες ενός συστήματος/εξοπλισμού προσδοκούν ότι αυτό δεν θα αποτύχει ή ότι δεν θα δυσλειτουργήσει κατά τη διάρκεια της επιχειρησιακής του ζωής. Αν παρόλα αυτά παρουσιαστεί κάποια αποτυχία ή έστω μείωση της απόδοσης ο χρήστης θα πρέπει να αναμένει μία άμεση επισκευή (ή αντικατάσταση) σε λογικό κόστος σχετικά με την τιμή απόκτησής του. Επιπρόσθετα αυτό που επιθυμεί ο χρήστης είναι ένα σύστημα το οποίο θα απαιτεί την ελάχιστη δυνατή προγραμματισμένη συντήρηση έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί τόσο ο χρόνος εκτός λειτουργίας του συστήματος όσο και το κόστος κτήσης αυτού.

Οι ανταπόκριση στις ανωτέρω απαιτήσεις έχει επιτευχθεί με την βελτίωση της αξιοπιστίας και κατ' επέκταση της διάρκειας ζωής των συστημάτων, καθώς επίσης και με την εξάλειψη ή έστω ελαχιστοποίηση των όποιων απαιτήσεων για προληπτική συντήρηση. Τα ανωτέρω βέβαια γεγονότα για να πραγματοποιηθούν, απαιτείται εκπαιδευμένο προσωπικό, κατάλληλες εγκαταστάσεις, εργαλεία, εξοπλισμός ελέγχου, εξοπλισμός δοκιμών, τεχνικά εγχειρίδια και φυσικά ανταλλακτικά.

Είναι κατανοητό ότι για να επιτευχθούν στο ακέραιο τα όσα αναφέραμε, απαιτείται οι πόροι των Logistics να είναι προδιαγεγραμμένοι, να έχει δηλαδή ληφθεί η απαραίτητη μέριμνα από την σύλληψη της ιδέας για την δημιουργία του συστήματος. Δηλαδή πρέπει ο κατασκευαστής να έχει επενδύσει χρόνο και χρήμα προσανατολιζόμενος προς αυτές τις κατευθύνσεις από την φάση του σχεδιασμού του συστήματος αλλά και καθ' όλη την διάρκεια ανάπτυξής του.

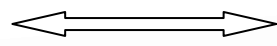
Όπως είδαμε και παραπάνω, ο προγραμματισμός, η ταξινόμηση αλλά και η πρόσκτηση των απαραίτητων, για την συντήρηση - επισκευή - αντικατάσταση ενός

συστήματος, πόρων καλείται υποστήριξη μέσω logistics. Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες και οι προσδοκίες των χρηστών επιβάλλεται να αναπτυχθούν συστήματα λαμβάνοντας υπόψη την όλη προοπτική του κύκλου ζωής τους. Ότι έχει να κάνει με την αξιοπιστία, την συντηρησιμότητα αλλά και την υποστηριξιμότητα των συστημάτων πρέπει να εξετάζεται από τον εκάστοτε διευθυντή προγράμματος σχεδίασης και ανάπτυξης του συστήματος, ως οι πλέον βασικές αρχές που θα το ακολουθήσουν σε όλη την επιχειρησιακή του ζωή. Αρχές οι οποίες θα καθορίσουν και την επιτυχία ή όχι του συστήματος.

Ο όλος σχεδιασμός και ανάπτυξη των συστημάτων είναι απαραίτητο να έχουν ως γνώμονα την πλήρη ικανοποίηση των απαιτήσεων του χρήστη, ο οποίος και θα στηρίζει την απόδοση και αποτελεσματικότητα της εργασίας του στην απόδοση και αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού που χειρίζεται, με άμεσο αντίκτυπο σε αυτόν αλλά και στον οργανισμό ή επιχείρηση που ανήκει. Αυτές οι απαιτήσεις όμως των χρηστών δεν μπορούν να ικανοποιηθούν επαρκώς εάν δε στηριχθούμε στη υποστήριξη logistics των συστημάτων και στην κατάλληλη ενσωμάτωση αυτών στις προδιαγραφόμενες εφαρμογές και λειτουργίες του συστήματος. Και βεβαίως όταν αναφερόμαστε στον όρο σύστημα, δεν εννοούμε απλώς τον κύριο εξοπλισμό αλλά και το σχετικό λογισμικό και κάθε άλλο πόρο που συνθέτει αυτό που ονομάζουμε logistics support.

Μπορούμε να πούμε ότι μία τυπική διαδικασία σχεδιασμού ενός συστήματος με βάση το logistics support (διαδικασία σχεδιασμού υποστήριξης), συντίθεται από τα κατωτέρω στοιχεία:

Design for Support



Design the Support

Στο στάδιο Design for Support συναντάμε τις εξής παραμέτρους:

- ❖ **Performance Requirement**
 - a) Operational Requirements Document
 - b) Mission Need Statement
- ❖ **Environment**
 - c) Operations
 - d) Support
 - e) Maintenance
 - f) Production
 - g) Supportability
- ❖ **Simultaneous Design of:**
 - a) product
 - b) production
 - c) supportability
- ❖ **Support System:**
 - a) training
 - b) support
 - c) equipment
 - d) spares, etc.
- ❖ **Design Interface and Maintenance Planning**

Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός θα λέγαμε ότι είναι μεταβατικός καθώς σχεδιάζεται προκειμένου να μεταβούμε πιο ομαλά στο στάδιο Design the Support και λειτουργεί ως μέσο ανάδρασης για το προηγούμενο στάδιο.

❖ Life Cycle Cost Analysis

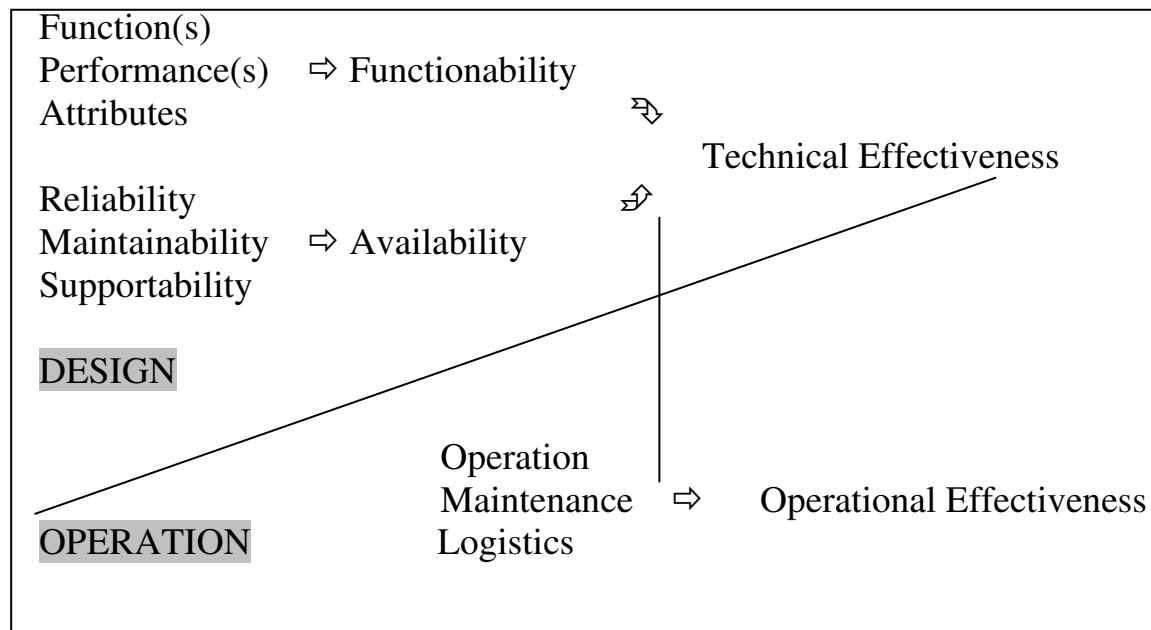
❖ Maintenance Plan

- a) supply support
- b) computer resources
- c) support equipment
- d) personnel
- e) trainers
- f) technical data
- g) facilities

Οδηγούμαστε από την ανάλυση των ανωτέρω αλληλοεξαρτώμενων στοιχείων, ότι:
“Maintenance Planning and Design Interface Drive the Cost Effective Support Solution”

Επιπρόσθετα και προς επίρρωση των όσων αναφέρθηκαν θα λέγαμε ότι με τον όρο support ή logistics δεν εννοούμε τίποτε άλλο παρά τον σαφή καθορισμό του τι (facilities, equipment, resources), του πότε και του πού, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούνται στο μέγιστο (αποτελεσματικά και αποδοτικά) όλες οι προσδοκίες μας (π.χ. ελάχιστο κόστος, το πρόγραμμα της συντήρησης προχωράει χωρίς καθυστέρηση). Στις μέρες μας το supportability engineering παίζει ηγετικό ρόλο σε αυτό που ονομάζουμε κύκλο ζωής ενός προϊόντος/μηχανήματος, δεδομένου ότι είναι γενικά αποδεκτή η συνεισφορά του, τόσο στο “λειτουργικό προφίλ” του προϊόντος/μηχανήματος όσο και στο εν γένει επιχειρησιακό του κόστος.

Στο Σχήμα 4.1 που ακολουθεί μπορούμε να διαπιστώσουμε πως τα ανωτέρω συνδέονται και σχετίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να συμβάλλουν καίρια στην επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα ενός συστήματος.



Σχήμα 4.1 System Operational Effectiveness (Reliability, Maintenance and Logistic Support). A life cycle approach. / Dinesh Kumar

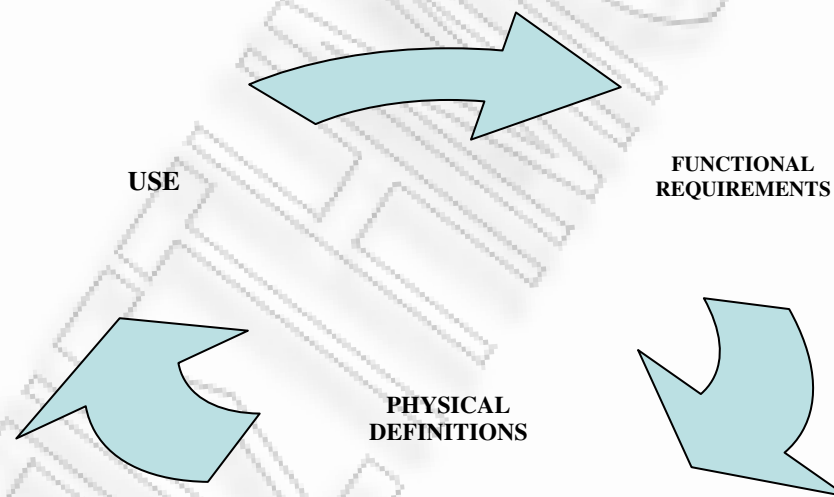
Η πιο κατάλληλη περίοδος προκειμένου να εφαρμοστεί το πλάνο υποστήριξης ενός συστήματος είναι η αρχή του κύκλου ζωής του (*the early design stage*). Τότε έχουμε και την δυνατότητα να επιλέξουμε μέσα από μία μεγάλη γκάμα των καλύτερων μοντέλων υποστήριξης κάνοντας παράλληλα εξολοκλήρου χρήση των διαθέσιμων πόρων. Μία οποιαδήποτε αλλαγή σε προχωρημένο στάδιο συνήθως σημαίνει και σημαντική αύξηση του κόστους.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα επιτυχημένου μοντέλου υποστήριξης είναι αυτό της εταιρείας Boeing η οποία αποφάσισε τον σχεδιασμό όμοιων cockpits για όλα τα τελευταία αεροσκάφη που βγήκαν στην παραγωγή. Έτσι ένας πιλότος που είχε εκπαιδευτεί να πετάει ένα από αυτά θα είχε την δυνατότητα να πετάξει και όλα τα υπόλοιπα αεροσκάφη της ίδιας κατηγορίας χωρίς να επισκεφθεί τον εκάστοτε flight

simulator. Το γεγονός αυτό είχε άμεσο θετικό οικονομικό αντίκτυπο για τους πελάτες της εταιρείας καθώς οι πιλότοι ήταν διαθέσιμοι συχνότερα ενώ παράλληλα μειώθηκε και αριθμός των flight simulators που σε αντίθετη περίπτωση θα έπρεπε, για την εκπαίδευση των χειριστών, να αγοραστούν.

4.5 Οι Τρεις Κύριες Φάσεις των Logistics που αφορούν σε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο ενός συστήματος ή εξοπλισμού

Δεδομένου ότι τα logistics αναφέρονται σε έναν ευρύτατο κλάδο δραστηριοτήτων (Manpower and Personnel, Maintenance, Training, Supply, Transportation, Computer Support, Tools and Test Equipment κ.α.), είναι απαραίτητο να εστιάσουμε την συγκεκριμένη μελέτη στις πλέον σύγχρονες δραστηριότητες. Γενικά μιλώντας θα λέγαμε ότι υπάρχουν τρεις βασικές φάσεις ή στάδια ή εφαρμογές των logistics που αφορά σε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο ενός συστήματος ή εξοπλισμού: οι λειτουργικές/functional απαιτήσεις, οι “φυσικές”/physical απαιτήσεις και η χρήση/use. Οι ανωτέρω φάσεις φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί. Κάθε φάση έχει τον δικό της διακριτό σκοπό.



Σχήμα 4.2 Logistics Life Cycle (Courtesy Logistics Management Associates)

4.5.1 α) Η φάση της σωστής χρήσης του εξοπλισμού (use phase)

Είναι περισσότερο εύκολο να περιγράψει κανείς τις προαναφερθείσες φάσεις των logistics ξεκινώντας την ανάλυση από την συγκεκριμένη φάση. Οποιαδήποτε δραστηριότητα σχετίζεται με το προϊόν όταν αυτό είναι στην κατοχή του χρήστη αποτελεί μέρος της εν λόγω φάσης και πολλοί είναι εκείνοι που καλούν το συγκεκριμένο στάδιο ως “in-service phase”. Ιεραρχικά αλλά και ιστορικά θα λέγαμε ότι πρόκειται για εκείνο το στάδιο όπου τα επίσημα πλέον logistics ξεκινούν. Μάλιστα όταν ο εξοπλισμός στον οποίο αναφερόμαστε γίνεται πιο πολύπλοκος, τότε συνηθίζεται στα μέλη των χρηστών του συγκεκριμένου εξοπλισμού να παρέχεται υποστήριξη από μία κοινή πηγή. Πρόκειται για μία τακτική η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στις ένοπλες δυνάμεις των χωρών στα πλαίσια ενός οργανισμού.

Η συγκεκριμένη τακτική εφαρμόζεται κατά κόρον και από την Πολεμική Αεροπορία στα πλαίσια της συμμετοχής της σε οργανισμούς που μεταξύ των άλλων σκοπό έχουν την συνεχή υποστήριξη των οπλικών της μέσων και φυσικά των αεροσκαφών που χρησιμοποιεί. Στη συγκεκριμένη φάση οι δραστηριότητες των logistics εστιάζονται στην εύρυθμη λειτουργία και συντήρηση του εξοπλισμού. Αυτό περιλαμβάνει την προμήθεια, την συντήρηση, την εκπαίδευση, την μεταφορά και άλλες δραστηριότητες που σχετίζονται με την σωστή χρήση του εξοπλισμού.

4.5.2 β) Το στάδιο των φυσικών απαιτήσεων του εξοπλισμού (physical requirements stage)

Όσο πιο πολύπλοκος γίνεται ο εξοπλισμός και ο χρόνος υστέρησης που σχετίζεται με την υποστήριξή του μεγαλύτερος, η ανάγκη για πρώιμο σχεδιασμό υποστήριξης / αναζήτηση και εντοπισμό πηγών προμήθειας, γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη, ζωτικής

σημασίας για τον εκάστοτε χρήστη. Θα λέγαμε ότι το συγκεκριμένο στάδιο του κύκλου των logistics είναι αυτό όπου οι βασικές τεχνικές πλέον αρχές των logistics αρχίζουν να εφαρμόζονται. Πρόκειται δηλαδή για το σημείο εκείνο όπου έχουμε:

- Προσδιορισμό της ταυτότητας και προμήθεια ανταλλακτικών
- Προετοιμασία του technical documentation
- Προσδιορισμό της ταυτότητας και προμήθεια εργαλείων και όλου του απαιτούμενου εξοπλισμού υποστήριξης
- Εκπαίδευση

Συνήθως, σε έναν οργανισμό η διεκπεραίωση των ανωτέρω σταδίων αναλαμβάνεται εξ ολοκλήρου από ξεχωριστά εξειδικευμένα τμήματα. Πρόκειται για ένα μοντέλο το οποίο υιοθετεί η Πολεμική Αεροπορία προκειμένου να υποστηρίξει τα αεροσκάφη. Εδώ απαιτείται ο καλός προγραμματισμός και διοίκηση των τμημάτων κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα να είναι συντονισμένες, με το μικρότερο δυνατό κόστος, αποτελεσματικές και η όλη διαδικασία να χαρακτηρίζεται ως αποτέλεσμα της συνεκτικότητας αυτών.

4.5.3 γ) Η φάση των λειτουργικών απαιτήσεων (functional requirements phase)

Η τελευταία αυτή φάση των απαιτήσεων του εξοπλισμού που σχετίζεται με τα logistics, θα λέγαμε ότι πρόκειται για την φάση εκείνη η οποία αναπτύσσεται πριν την ύπαρξη των οποιωνδήποτε απαιτήσεων φυσικού σχεδιασμού, όπως αναλύθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Πολλοί αναφέρονται στην συγκεκριμένη δραστηριότητα με τον όρο “supportability engineering” ή “logistics engineering” ή “front-end analysis”. Λαμβάνοντας υπόψη τους ανωτέρω όρους θα λέγαμε ότι πρόκειται για μία διαδικασία όπου:

1. θέτει στόχους
2. θέτει περιορισμούς
3. αναπτύσσει την όλη σχεδίαση του εξοπλισμού, έτσι ώστε το αποτέλεσμα που θα προκύψει να είναι συνάμα αποτελεσματικό, αποδοτικό και φυσικά οικονομικό. Πρόκειται για ένα στάδιο το οποίο κανείς δύσκολα μπορεί να κατανοήσει, δεδομένου ότι ιστορικά οι βασικές αρχές των logistics εστιάζουν κυρίως στα φυσικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε συστήματος. Βεβαίως σήμερα όσοι ασχολούνται με την εν γένει υποστήριξη πολύπλοκων συστημάτων, όπως τα αεροσκάφη, έχουν κατά κόρον στραφεί στην ανάπτυξη και μελέτη των απαιτήσεων σχεδιασμού πριν καν οι οποιεσδήποτε φυσικές απαιτήσεις υπάρξουν, λειτουργώντας παράλληλα ως οι βασικοί “οδηγοί” για τον σχεδιασμό του καλύτερου, τελικά, δυνατού εξοπλισμού.

Είναι απαραίτητο να αναφέρουμε ότι η Πολεμική Αεροπορία με βάση το γεγονός ότι αποτελεί αγοραστή έτοιμων αεροσκαφών από μεγάλες αεροπορικές βιομηχανίες, δεν μπορεί ουσιαστικά να έχει ιδιαίτερη συμμετοχή στο συγκεκριμένο στάδιο. Η όποια συμμετοχή της περιορίζεται στα νέα, υπό παραγγελία ή υπό αναβάθμιση, αεροσκάφη τα οποία οφείλουν να διαθέτουν ορισμένα ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά (π.χ. λόγω της χρήσης, του ρόλου, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της χώρας κ.α.) και τα οποία είναι εφικτό να ενσωματωθούν κατά την διάρκεια της παραγωγής.

4.6 Οι βασικές Αρχές του Logistics Support στα πλαίσια υποστήριξης πολύπλοκων συστημάτων

Ο Στρατός (οι ένοπλες δυνάμεις) ήταν ο πρώτος που ανέπτυξε την θεωρία σχετικά με τις βασικές αρχές που πρέπει να διέπουν την διαδικασία του logistics support.

Αντίστοιχα και οι επιχειρήσεις διαπιστώνοντας την σημαντικότητα των logistics, ανέπτυξαν ανάλογες αρχές με σκοπό την κάλυψη των δικών τους αναγκών και απαιτήσεων.

Πρόκειται για αρχές οι οποίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εξασφάλιση της επιχειρησιακής αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας. Είναι, θα λέγαμε, οι οδηγοί του προγραμματισμού, της οργάνωσης, της διαχείρισης και της εφαρμογής. Δεν πρόκειται για δογματικούς κανόνες και φυσικά δεν ισχύουν πάντοτε, αλλά θα πρέπει να προσαρμόζονται ώστε να έχουν δυνατότητα εφαρμογής στις εκάστοτε περιπτώσεις. Δεν πρόκειται για μια αυστηρή λίστα ελέγχου αλλά για έναν απαραίτητο οδηγό που προάγει την αναλυτική σκέψη, τον συνετό προγραμματισμό αλλά και πολλές φορές την διορατικότητα που απαιτείται για την αποφυγή απρόσμενων καταστάσεων. Οι εν λόγω αρχές απαιτούν συντονισμό ώστε να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα των logistics και παράλληλα η εφαρμογή τους από αποτελεσματικούς logisticians απαιτεί βαθιά γνώση του αντικειμένου, ευελιξία και καινοτομία.

Αναλυτικά οι αρχές είναι οι κατωτέρω:

1. Απλότητα

Η απλότητα ενθαρρύνει την αποδοτικότητα τόσο στον προγραμματισμό όσο και στην εκτέλεση των διαδικασιών. Λακωνικές διαταγές και τυποποιημένες διαδικασίες συνεισφέρουν στην απλότητα. Καθιέρωση προτεραιοτήτων και διασπορά των προμηθειών και των υπηρεσιών από τις μονάδες υποστήριξης μπορούν να απλοποιήσουν την υποστήριξη logistics.

2. Ευελιξία

Πρόκειται για την δυνατότητα να προσαρμοστεί η δομή και οι διαδικασίες των logistics στις μεταβαλλόμενες καταστάσεις της αποστολής και της έννοιας ενός

οργανισμού/επιχείρησης. Το διαχειριστικό πλάνο των logistics θα πρέπει να είναι ευέλικτο ώστε να επιτύχει ανταποκρισιμότητα αλλά και οικονομία. Η αρχή της ευελιξίας περιλαμβάνει επίσης και τις έννοιες του, της αναμονής, του εναλλακτικού προγραμματισμού, της ανακατανομής των πλεοναζόντων πόρων και τον κεντρικό έλεγχο με αποκεντρωμένες διαδικασίες.

3. *Ανταπόκριση*

Δηλαδή η σωστή υποστήριξη στο σωστό τόπο και στο σωστό χρόνο. Δεν είναι λίγοι εκείνοι που, ορθώς όπως αποδεικνύεται, υποστηρίζουν ότι η συγκεκριμένη αρχή είναι η βασικότερη. Όλες οι άλλες αρχές δεν έχουν εφαρμογή εάν η υποστήριξη δεν τίθεται στα πλαίσια της άμεσης ανταπόκρισης για την πλήρη κάλυψη της όποιας απαίτησης.

4. *Οικονομία*

Η οικονομία παρέχει ικανοποιητική υποστήριξη με το ελάχιστο δυνατό κόστος, χωρίς να διακυβευτεί η αποστολή του συστήματος και του οργανισμού ή της επιχείρησης γενικότερα και χωρίς βεβαίως να θέτονται θέματα ασφάλειας και να κινδυνεύουν οι ζωές των εμπλεκομένων. Σε κάποιο επίπεδο και μέχρι ενός ορισμένου βαθμού, οι πόροι είναι πάντα περιορισμένοι. Σκοπός είναι η σωστή κατανομή τους, ώστε να έχουμε επιτυχές αποτέλεσμα, χωρίς δυσαναλογία ή υπερβολή.

5. *Διατηρησιμότητα*

Πρόκειται για την δυνατότητα της υποστήριξης logistics, σε όλους τους χρήστες και σε όλο το πεδίο και καθ' όλη την διάρκεια της ζωής ενός συστήματος. Η μακροπρόθεσμη υποστήριξη είναι ίσως η μεγαλύτερη πρόκληση για έναν logistician, που πρέπει όχι μόνο να επιτύχει τα ελάχιστα βασικά επίπεδα κρίσιμων υλικών στην αρχή, αλλά θα πρέπει παράλληλα να εξασφαλίζει στο σύστημα τα απαραίτητα εκείνα στοιχεία,

για όσο αυτό απαιτηθεί, ώστε να μπορεί να εκτελεί αποτελεσματικά και αποδοτικά την όποια αποστολή του.

6. *Επάρκεια ή Εφικτότητα*

Αναφερόμαστε στη δυνατότητα εφοδιασμού με τις πλέον απαραίτητες προμήθειες και υπηρεσίες που απαιτούνται για την έναρξη και την εν συνεχεία εύρυθμη λειτουργία ενός συστήματος. Το προσωπικό logistics αναπτύσσει την έννοια της υποστήριξης logistics, ολοκληρώνει την εκτίμηση για τα logistics και προσδιορίζει τους πόρους logistics που θα απαιτηθούν για το συγκεκριμένο σύστημα, τις απαιτήσεις του οποίου είναι υπεύθυνοι να καλύπτουν. Ένας οργανισμός ή μία επιχείρηση δεν πρέπει να αναλάβει την οποιαδήποτε ευθύνη υποστήριξης ενός συστήματος/εξοπλισμού εάν πρώτα και αποδεδειγμένα δεν εξασφαλιστούν τα ελάχιστα επίπεδα υποστήριξης. Η ανάλυση της Επάρκειας/Εφικτότητας είναι ένα πολύ σημαντικό εργαλείο το οποίο μπορεί να μας αποτρέψει εξ αρχής από εξαιρετικά δύσκολες καταστάσεις σε πολλά επίπεδα.

7. *Επιβιωσιμότητα*

Είναι η ικανότητα που έχει μία μονάδα να προστατεύσει τις δυνάμεις και τους πόρους της. Οι μονάδες και οι εγκαταστάσεις logistics αυτών είναι στόχοι μεγάλης αξίας που πρέπει να προστατευθούν. Δεδομένου ότι το φυσικό περιβάλλον μειώνει τις ικανότητες logistics, θα πρέπει αυτό να εξεταστεί κατά τον σχεδιασμό της υποστήριξης. Η επιβιωσιμότητα μπορεί να υπαγορεύσει τη διασπορά και τη διοικητική αποκέντρωση σε βάρος της οικονομίας. Η κατανομή των εφεδρειών, η ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών, η προσαρμογή στις αλλαγές και ο συγχρονισμός της υποστήριξης logistics συμβάλλουν στην ικανότητα επιβίωσης.

4.7 System Logistics

Το σύνολο των δραστηριοτήτων και ενεργειών συντονισμένης ανάπτυξης όλων των στοιχείων υποστήριξης ενός συστήματος, οι οποίες αρχίζουν από τη φάση της σχεδίασης του συστήματος και ολοκληρώνονται παράλληλα με αυτό, με σκοπό να το διατηρούν διαθέσιμο (available) στο μέγιστο της απόδοσης του (Systems Effectiveness) με ταυτόχρονη μείωση του Συνολικού Κόστους στον προγραμματισμένο Κύκλο Ζωής (Life Cycle Cost), το ονομάζουμε System Logistics. Τα System Logistics περιλαμβάνουν ένα ευρύ και ολοκληρωμένο φάσμα μελέτης των όσων σχετίζονται με το logistics support ενός συστήματος/εξοπλισμού. Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικούς από τους τομείς που καλύπτει η συγκεκριμένη ολοκληρωμένη μελέτη στα πλαίσια της υποστήριξης πολύπλοκων συστημάτων :

- **Systems Logistics & Logistics Support:** Πρόκειται για την ενότητα εκείνη που επιδιώκει την ανάλυση, τον ρόλο και την κατανόηση των εννοιών Systems Logistics και Logistics Support, και τη σημασία τους στο σχεδιασμό των συστημάτων, την παραγωγή και την υποστήριξή τους σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής. Με την συγκεκριμένη ανάλυση είναι βέβαιο ότι κανείς αποκτά την πλήρη εικόνα των όλων παραμέτρων και των στοιχείων που συνθέτουν το Logistics Support και της σημασίας τους στην αποδοτική λειτουργία ενός συστήματος.
 - **Configuration Management:** Ο σκοπός της εν λόγω ενότητας είναι η παρουσίαση και η εισαγωγή των μεθοδολογιών αναγνώρισης και καθορισμού των δομικών στοιχείων από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα, των διαδικασιών και των πρακτικών καταγραφής της υφιστάμενης δομής ενός συστήματος, αλλά και των
- Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος* 150

μεθοδολογιών πραγματοποίησης και παρακολούθησης των αλλαγών και των τρόπων διεξαγωγής αποτελεσματικών Configuration Audits.

- **Maintenance Management:** Οι έννοιες της συντήρησης και ο τρόπος επίδρασής της για μέγιστη λειτουργική ετοιμότητα ενός συστήματος, καθ' όλο τον κύκλο ζωής του, παρουσιάζονται και αναλύονται. Επίσης, παρουσιάζονται οι βασικές αρχές αναγνώρισης των απαιτήσεων της συντήρησης και οι μεθοδολογίες ανάπτυξης και σχεδιασμού συστημάτων συντήρησης.
- **Supply Support & Spares Optimization:** Πρόκειται για μια διαδικασία κατανόησης των αρχών της εφοδιαστικής υποστήριξης, σαν ένα αναπόσπαστο κομμάτι του Integrated Logistics Support . Επιπρόσθετα, στη συγκεκριμένη ανάλυση παρουσιάζονται και αναλύονται οι πρακτικές και οι μεθοδολογίες βελτιστοποίησης της εφοδιαστικής υποστήριξης, με τα λιγότερα αποθέματα απαιτούμενων υλικών.
- **Life Cycle Cost Management (LCC):** Αναπτύσσονται αναλύονται και εξηγούνται, οι αρχές και οι έννοιες του Κόστους Κύκλου Ζωής (LCC). Εδώ παρουσιάζονται και αναλύονται οι τεχνικές διοίκησης για την αναγνώριση των στοιχείων και των παραμέτρων που προσδιορίζουν το κόστος LCC, και οι τρόποι, τα εργαλεία και οι μεθοδολογίες για την αποτελεσματική διαχείριση του κόστους αυτού, σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός συστήματος.
- **Integrated Logistics Support (ILS):** Αναπτύσσεται η έννοια του ILS ως ένα εργαλείο για αποτελεσματική υποστήριξη ενός συστήματος, σε όλο τον Κύκλο Ζωής του. Αναλύονται τα στοιχεία του ILS, οι απαιτήσεις υποστήριξης και η συνταύτιση της

υποστήριξης με το μοντέλο επιχειρησιακής λειτουργίας και το πρόγραμμα συντήρησης του συστήματος.

Στη συνέχεια της εργασίας μας θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε ορισμένες βασικές ενότητες των System Logistics, όπως π.χ. το Life Cycle Cost Management, το Supply Support & Spares Optimization και βεβαίως θα επιδιώξουμε μια λεπτομερέστερη αναφορά σε αυτό που ονομάζουμε Integrated Logistics Support.

4.8 Η σπουδαιότητα του Integrated Logistics Support στην υποστήριξη πολύπλοκων συστημάτων

a. ILS is a management function that provides planning, funding, and functioning controls which help to assure that the system meets performance requirements, is developed at a reasonable price, and can be supported throughout its life cycle. --

(Reference: Air Force Institute of Technology, Graduate School of Acquisition and Logistics.)

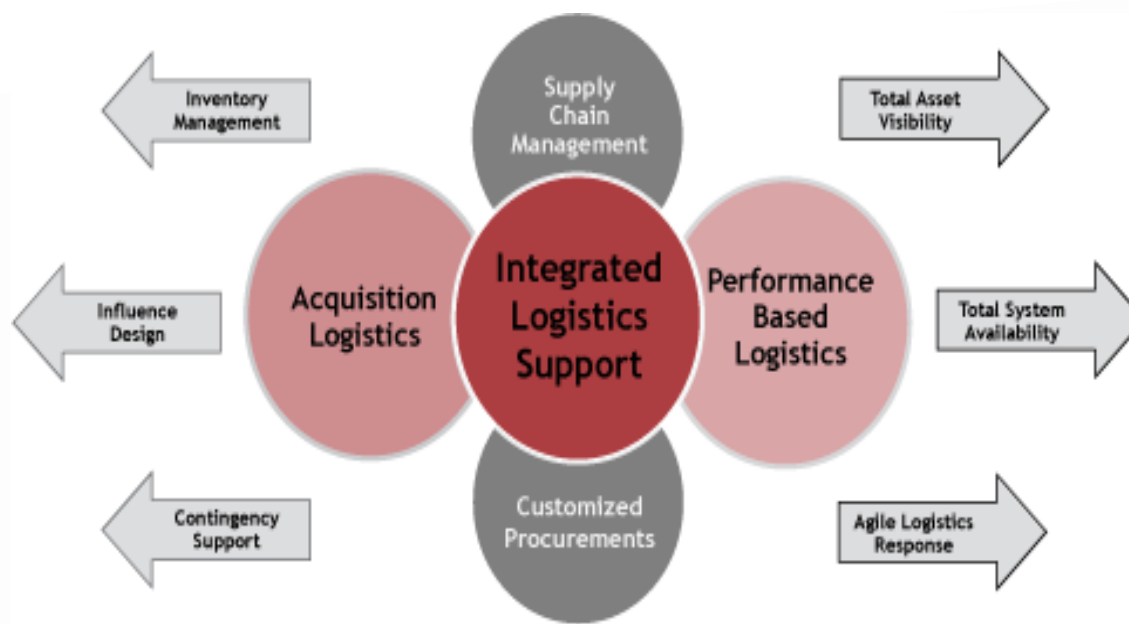
b. The Department of Defense defines integrated logistics support as a management and technical approach used to influence the support of a designed system in order that the system can be supported at a minimum cost during the utilization phase of the systems life cycle.—(The development of a framework for an integrated logistics support system within a high technology industry in a developing country, Keith Richard Lambert)

Σήμερα, λόγω της σημαντικής ανάπτυξης της τεχνολογίας, της πολυπλοκότητας των συστημάτων, του περιορισμού των διαθέσιμων πόρων αλλά και παράλληλα λόγω των ολοένα και αυξανόμενων απαιτήσεων των συστημάτων για αξιοπιστία, συντηρησιμότητα και υποστηριξιμότητα, οδηγηθήκαμε στο εργαλείο που ονομάζεται Integrated Logistics Support (ILS). Πρόκειται για ένα εργαλείο που βασίζει την όλη φιλοσοφία ύπαρξής του, στη χρησιμοποίηση τεχνικών υποστήριξης μέσα από μια διαδικασία δομημένης ανάλυσης, επιτυγχάνοντας την αναγνώριση, τον εντοπισμό αλλά και τον περιορισμό του κόστους κατά την διάρκεια ζωής ενός συστήματος.

Δεδομένου ότι το ILS στην πράξη στηρίζεται στην πλήρη μηχανογράφηση των στοιχείων για την εξαγωγή συμπερασμάτων, θα λέγαμε ότι είναι πιο σωστό να αντιμετωπίζεται ως ένα “μηχανογραφημένο σύστημα ολοκληρωμένης εφοδιαστικής υποστήριξης”, με άμεσο σκοπό τον σχεδιασμό, την απόκτηση, την ανάπτυξη και την διαχείριση των πόρων και των μέσω υποστήριξης των οπλικών συστημάτων και του ανθρώπινου δυναμικού, ώστε αυτά να διατηρούνται στα επιθυμητά επίπεδα ετοιμότητας.

Το βασικό εργαλείο management με το οποίο γίνεται πράξη η φιλοσοφία της ολοκληρωμένης και αποτελεσματικής υποστήριξης του κάθε συστήματος στον κύκλο ζωής του είναι, όπως ήδη αναφέρθηκε στις ανωτέρω παραγράφους, το Integrated Logistics Support (ILS) που βασίζεται:

- Στο **Configuration** του Συστήματος
- Στο **μοντέλο Επιχειρησιακής Λειτουργίας** και
- Στις **απαιτήσεις σε Logistics**



Εικόνα 4.3 “Integrated Logistics Services for all phases of lifecycle support”

Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι η ανωτέρω φιλοσοφία του ILS αναπτύχθηκε και πλέον εφαρμόζεται κατά κόρον στις ένοπλες δυνάμεις προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις ιδιαίτερες απαιτήσεις των πολύπλοκων συστημάτων και οπλικών μέσων που διαθέτουν. Το “εργαλείο” που λέγεται ILS, δανείζεται το σύνολο των στοιχείων που συνθέτουν την έννοια των logistics και τα προσαρμόζει στις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει η αποτελεσματική και αποδοτική υποστήριξη ενός πολύπλοκου συστήματος. Σε γενικές γραμμές θα λέγαμε ότι οι τομείς υποστήριξης που καλύπτει ένα πρόγραμμα ILS είναι:

- **Η συντήρηση (σχέδιο συντήρησης – maintenance planning)**

Σωστή και προγραμματισμένη συντήρηση του συστήματος, προκειμένου να βρίσκεται πάντα σε καλή κατάσταση και σε επιχειρησιακή ετοιμότητα, ώστε να μεγιστοποιείται η αποδοτικότητα και ο ωφέλιμος χρόνος ζωής, καταρτίζεται το σχέδιο

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

της συντήρησης, με τη συγκεκριμένη διαδικασία να παίρνει σάρκα και οστά και παράλληλα να τυποποιείται, μέσω της Logistics Support Analysis / LSA (η οποία εφαρμόζει ένα σύνολο έργων – tasks – με συγκεκριμένα αντικείμενα και αποτελέσματα και πρόκειται ουσιαστικά για τη συστηματική τεχνική διαδικασία ανάλυσης των συστημάτων και συσκευών ως προς το σύνολο των στοιχείων υποστήριξης με σκοπό τον καθορισμό των απαιτήσεων τη συλλογή των στοιχείων/δεδομένων, την επιλογή εναλλακτικών λύσεων, την τεκμηρίωση, τον έλεγχο του πακέτου υποστήριξης και η οποία πραγματοποιείται κυρίως από τον κατασκευαστή του συστήματος) αλλά και της ανάλυσης του επιπέδου επισκευής, Repair Level Analysis / RLA και τελικά τα όποια εξαγόμενα δεδομένα να καταχωρούνται στο αρχείο ανάλυσης υποστήριξης logistics, Logistics Support Analysis Record / LSAR. Αφορά όλες τις απαραίτητες για την συντήρηση ενέργειες κατά την διάρκεια της επιχειρησιακής ζωής ενός οπλικού συστήματος, για την διατήρηση ή την επαναφορά (π.χ. αποκατάσταση βλάβης) σε κατάσταση ετοιμότητας και περιλαμβάνει :

1. την όλη φιλοσοφία της συντήρησης
2. το πλάνο της συντήρησης, δηλαδή:
 - καθορίζονται για κάθε σύστημα οι όποιες απαιτήσεις συντήρησης
 - καθορίζονται οι όποιες απαιτήσεις σε εργαλειακό εξοπλισμό
 - ανατίθενται τα έργα συντήρησης και στα τρία επίπεδα συντήρησης
 - καθορίζονται διαδικασίες και οδηγίες για την εκτέλεση των έργων συντήρησης
 - καθορίζονται οι depot level εγκαταστάσεις και οι απαιτήσεις αυτών
 - αναπτύσσεται και εγκαθίσταται σύστημα προγραμματισμένης συντήρησης
 - εξετάζονται, αναλύονται και καθορίζονται οι όποιες λεπτομέρειες διορθωτικής συντήρησης

- **Configuration Management**

Πρόκειται για την συστηματική διαδικασία αναγνώρισης, ελέγχου, ταξινόμησης καταχώρησης και ελέγχου μεταβολών των υποσυστημάτων, συσκευών και εξαρτημάτων που απαρτίζουν το εκάστοτε σύστημα. Αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς τομείς του ILS καθόσον διασυνδέει, υποτυπώνει και παρακολουθεί την πλειοψηφία των αντικειμένων του ILS.

- **Ο εφοδιασμός (supply support)**

Τα υλικά διαθέσιμα στην σωστή ποσότητα, ποιότητα, τόπο και χρόνο ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία και συντήρηση του συστήματος. Αναφέρεται σε όλες τις διοικητικές λειτουργίες και επιστημονικά παραδεκτές τεχνικές που είναι απαραίτητες για τον καθορισμό απαιτήσεων, για την προμήθεια, κωδικοποίηση, ταξινόμηση, παραλαβή, αποθήκευση, μεταφορά, χορήγηση, επισκευή και απόσυρση ή εκποίηση των ανταλλακτικών ή μονάδων του συστήματος και των υποσυστημάτων που το αποτελούν ή το υποστηρίζουν. Το Supply Support ενδεικτικά θα λέγαμε ότι περιλαμβάνει:

1. Προσδιορισμός, απόκτηση και παρακολούθηση των υλικών σύμφωνα με το σχετικό χρονοδιάγραμμα
2. Προσδιορισμός και παρακολούθηση των υλικών με μακρύ χρόνο παράδοσης
3. Προσδιορισμός και παρακολούθηση των υλικών προγραμματισμού (π.χ. λήξης ορίου ζωής, λήξης ορίου λειτουργίας κλπ)
4. Έκδοση της λίστας και παρακολούθηση των επισκευάσιμων υλικών (repairable items list)

5. Ανάπτυξη των εφοδιαστικών εκδόσεων και των provisioning technical documentation
6. Προσδιορισμός του χρόνου αρχικής υποστήριξης για τα νέα οπικά συστήματα
7. Προσδιορισμός των τυχόν υπαρκτών νεκρών χρόνων ανεφοδιασμού αλλά και επισκευής
8. Κατάρτιση προγραμμάτων επισκευών
9. Κατάρτιση προγραμμάτων κατασκευών
10. Αναζήτηση, εντοπισμός αλλά και επαφή με εναλλακτικές πηγές προμήθειας
11. Σύναψη συμβάσεων για την προμήθεια κάποιων ιδιαίτερων υλικών (π.χ. ελαστικά αεροσκαφών)
12. Για τα αεροσκάφη προσδιορισμός των κατ' έτος συνολικών ορών πτήσεων. Στοιχείο βασικό στην όλη προσπάθεια για την εξασφάλιση της εν συνεχεία υποστήριξης.

- **Μέσα Ελέγχου και Υποστήριξης (support and test equipment)**

Εννοούνται όλα τα απαραίτητα μέσα και συσκευές για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας, την διάγνωση των βλαβών, την πιστοποίηση της καλής λειτουργίας των συστημάτων, καθώς και για τον βοηθητικό εξοπλισμό συντήρησης και εξυπηρέτησης που απαιτείται για τις διάφορες εργασίες σε όλα τα επίπεδα συντήρησης. Επιπρόσθετα γίνεται η διάκριση σχετικά με τις απαιτήσεις των εργαλείων και οργάνων ελέγχου, ως φορητά, ειδικά, γενικής χρήσεως, εγκατεστημένα, με σκοπό:

1. την ομοιογένεια
2. την τυποποίηση
3. την αποφυγή λαθών

4. την εγγύηση/εξασφάλιση ότι τα επιλεγμένα test equipment καλύπτουν το πλάνο συντήρησης

- **Physical Distribution-Materials Handling & Storage Equipment**

Διάθεση και πλήρης αξιοποίηση όλων των απαραίτητων μέσων για την διατήρηση, αποθήκευση και διακίνηση τόσο του κυρίως συστήματος καθώς και όλων των υποσυστημάτων και απαραίτητων για την υποστήριξη και τη λειτουργία των μέσων και υλικών.

Με λίγα λόγια συμπεριλαμβάνονται:

1. τα μέσα
2. οι προδιαγραφές και
3. οι διαδικασίες διασφάλισης ότι όλα τα υλικά, οι συσκευασίες και ο εξοπλισμός υποστήριξης και ελέγχου :
 - a) θα είναι κατάλληλα συσκευασμένα
 - b) θα είναι κατάλληλα εγκιβωτισμένα
 - c) θα χειρίζονται σωστά και με ασφάλεια
 - d) θα αποθηκεύονται σωστά και με ασφάλεια
 - e) θα μεταφέρονται με τα κατάλληλα μέσα μεταφοράς (αναλόγως τη φύση του υλικού, τη σπουδαιότητα, την προτεραιότητα, κα)
 - f) θα μεταφέρονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτονται οι όποιες απαιτήσεις ευπάθειας, ασφάλειας αλλά και περιβαλλοντολογικής επικινδυνότητας.

- **Προσωπικό και Εκπαίδευση (manpower and human factors / training and training equipment)**

Αφορά τον τρόπο εκπαίδευσης, τα μέσα εκπαίδευσης αλλά και το απαραίτητο ποσοτικά και ποιοτικά, κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό για την ορθή και απρόσκοπτη λειτουργία του συστήματος. Τα ενδεικτικά επιμέρους στοιχεία του εν λόγω τομέα θα λέγαμε ότι είναι τα εξής:

1. απόκτηση γνώσεων για κάθε εμπλεκόμενο σύστημα τόσο σε θέματα χρήσης όσο και σε θέματα διαδικασιών
2. εκπαίδευση - απόκτηση γνώσεων σε θέματα διαδικασιών
3. καθορισμός διαδικασιών εκπαίδευσης
4. εξοικείωση του προσωπικού υποστήριξης με το εκάστοτε μηχανογραφικό σύστημα
5. εκπαίδευση για χρήση και συντήρηση του συστήματος και των επιμέρους συσκευών
6. καθορισμός απαιτήσεων προσωπικού

- **Εγκαταστάσεις/Υποδομές (facilities)**

Αφορά τις εγκαταστάσεις που είναι αναγκαίες και πρέπει να είναι διαθέσιμες προκειμένου το σύστημα να λειτουργεί και να συντηρείται στο κατάλληλο περιβάλλον. Επιπρόσθετα περιλαμβάνονται οι απαιτήσεις σε αναβάθμιση, επέκταση ή και κατασκευή νέων υποδομών προκειμένου να πραγματοποιηθούν τα έργα υποστήριξης. Τέτοιες υποδομές είναι:

1. αποθηκευτικοί χώροι
2. συνεργεία συντήρησης

3. εκπαιδευτικοί χώροι
4. χώροι αναβάθμισης και επέκτασης εξοπλισμού
5. για τα αεροσκάφη ακόμα και οι χώροι φύλαξής τους (shelters)

- **Τεκμηρίωση Δεδομένων / Τεχνικά Εγχειρίδια (Technical Documentation)**

Όλα τα απαραίτητα για το χειρισμό, τη λειτουργία και τη συντήρηση του συστήματος, εγχειρίδια στην κατάλληλη μορφή και όλες τις απαραίτητες σε ποσότητα και ποιότητα πληροφορίες. Περιλαμβάνει:

1. τεχνικά εγχειρίδια
2. εγχειρίδια συντήρησης
3. εγχειρίδια χρήστη
4. εγχειρίδια εφοδιαστικής υποστήριξης
5. εγχειρίδια εκπαίδευσης
6. εγχειρίδια δοκιμών
7. κατασκευαστικά σχέδια
8. Technical Orders κα.

- **Υποστήριξη μέσω Ηλεκτρονικών Υπολογιστών/Μηχανογραφική Υποστήριξη (Computer Support)**

Περιλαμβάνει τη ροή των πληροφοριών, το hardware, το software, τις data bases, στοιχεία δηλαδή απαραίτητα για την απόκτηση, ανάπτυξη και διαχείριση των μέσων αλλά και των αντίστοιχων έργων υποστήριξης. Σήμερα δε νοείται υποστήριξη τέτοιων υπερσύγχρονων, πολύπλοκων μέσων όπως τα αεροσκάφη, χωρίς τη χρήση τεχνολογιών

“electronic data interchange” με παράλληλη “on real time” μηχανογραφική υποστήριξη.

Μία συνηθισμένη, τέτοιου είδους μηχανογραφική υποστήριξη, περιλαμβάνει:

1. αναφορές εφοδιασμού
2. χρονικό προγραμματισμό
3. αποτελέσματα logistics support analysis
4. επεξεργασία στοιχείων κόστους
5. δεδομένα συντήρησης
6. δεδομένα αστοχίας υλικών
7. configuration management data
8. ιστορικό παραγγελιών
9. δυνατότητα δοσοληψιών, κα.
10. Ακόμη, η υποστήριξη του συστήματος με Η/Υ μπορεί να επεκταθεί και σε τομείς λειτουργίας δια του computer simulation για θέματα π.χ. management προσωπικού και όχι μόνο αποθεμάτων.

- **Reliability & Maintainability**

Πόσο μπορεί ένα σύστημα να λειτουργήσει χωρίς να αστοχήσει και πόσο θα διαρκέσει η επισκευή του εάν αυτό τελικά απαιτηθεί ή πόσο θα διαρκέσει μία προγραμματισμένη συντήρηση, διαμορφώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο και τις αντίστοιχες απαιτήσεις υποστήριξης.

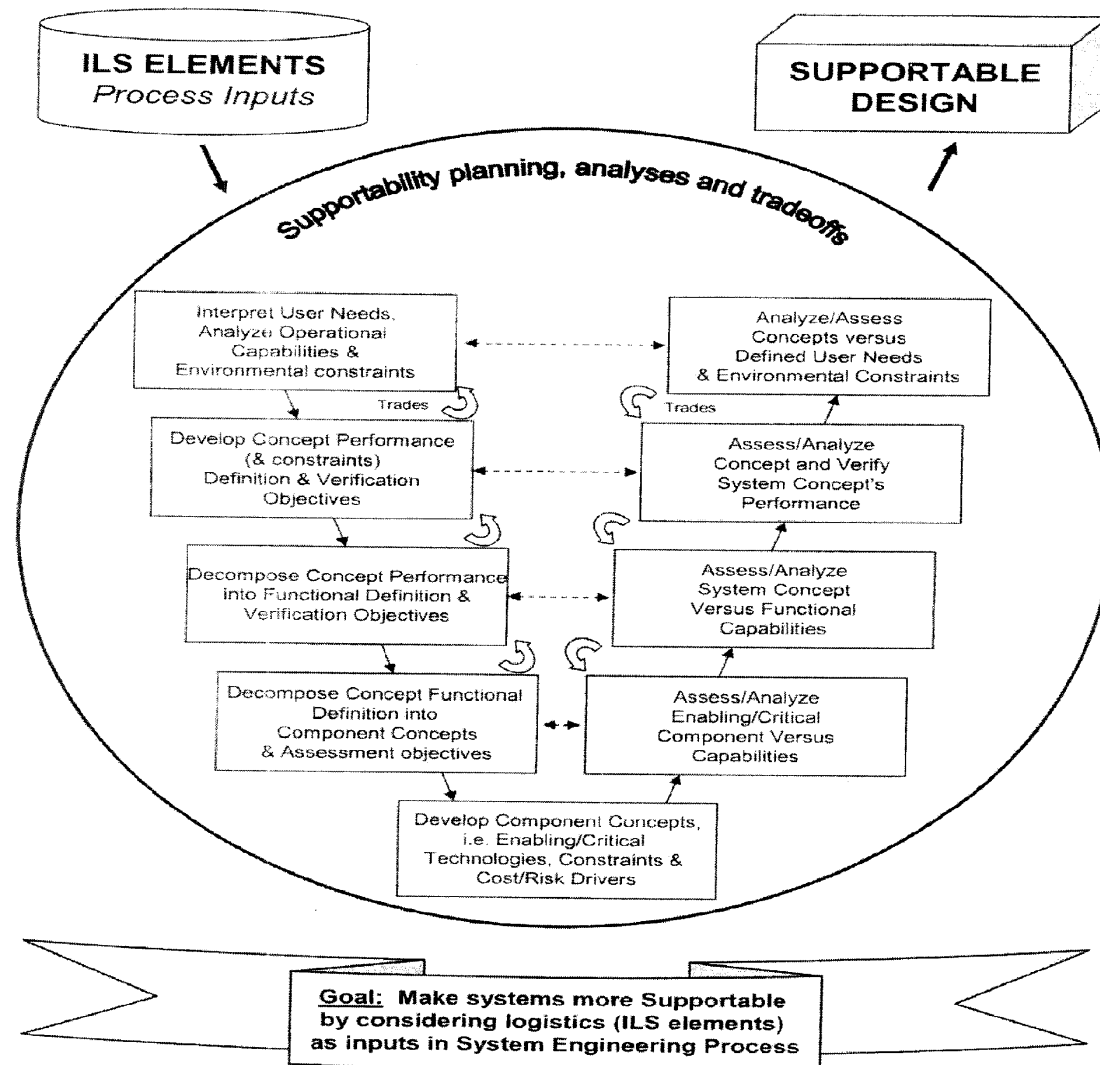
MAINTENANCE PLANNING
MANPOWER AND PERSONNEL
SUPPLY SUPPORT
SUPPORT AND TEST EQUIPMENT
TRAINING AND TRAINING DEVICES
TECHNICAL DOCUMENTATION
COMPUTER RESOURCES
PACKAGING, HANDLING, STORAGE AND TRANSPORTABILITY
FACILITIES
RELIABILITY AND MAINTAINABILITY

Σχήμα 4.3 “The principal elements of ILS”

4.8.1 «Συνεργασία στα πλαίσια της ολοκληρωμένης εφοδιαστικής υποστήριξης»

Η όλη διαδικασία ανάπτυξης μεθόδων υποστήριξης ενός συστήματος δια μέσω της φιλοσοφίας του Integrated Logistics Support, στηρίζεται στην στενή και ομαλή συνεργασία των δύο μερών, που εργάζονται σαν μία ομάδα για την επίτευξη των στόχων του προγράμματος. Πρόκειται δηλαδή για δύο συνεργάτες όπου ο ένας αποτελεί τον “buyer” ο οποίος καθορίζει τις ανάγκες του συστήματος (π.χ. Πολεμική Αεροπορία) και ο ανάδοχος ο οποίος σχεδιάζει και τελικά παράγει το σύστημα (π.χ. USAF, US NAVY, αεροπορικές βιομηχανίες, εργοστάσια εσωτερικού/εξωτερικού κ.α.).

4.8.2 Οι Στόχοι του ILS



Εικόνα 4.4 "Integrated logistics support process"

Οι βασικοί στόχοι της φιλοσοφίας της ολοκληρωμένης εφοδιαστικής υποστήριξης είναι οι εξής :

1. *support influence design* (η όποια σχεδίαση ενός συστήματος θα πρέπει να επηρεάζεται κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μπορεί, μελλοντικά αν απαιτηθεί, να τροποποιηθεί αλλά και παράλληλα να εξασφαλιστεί η εν συνεχεία υποστήριξή του)

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

2. **develop resource requirements** (ο προσδιορισμός και η ανάπτυξη των απαιτήσεων υποστήριξης του συστήματος)
3. **acquire resources** (ο εντοπισμός πηγών προμήθειας και η απόκτηση απαραίτητων πόρων έτσι ώστε να μπορεί το σύστημα να υποστηρίζεται άμεσα, κατά την διάρκεια της χρήσης του ή όταν αυτό απαιτηθεί)
4. **provide support for minimum cost** (η παροχή υποστήριξης με το ελάχιστο δυνατό κόστος)

Όπως θα δούμε παρακάτω, σύμφωνα με μελέτες, περίπου το 80% του Life Cycle Cost ενός συστήματος, αντιστοιχεί στο κόστος που προκύπτει από την υποστήριξη του καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του και επομένως γίνεται εύκολα αντιληπτή η σπουδαιότητα εφαρμογής του Integrated Logistics Support.

4.9 Ο Κύκλος Απόκτησης Υλικού

Όπως όλα τα προγράμματα εφοδιασμού έτσι και εκείνα που χαρακτηρίζονται ως προγράμματα ολοκληρωμένης εφοδιαστικής υποστήριξης, ξεκινούν με τον σχεδιασμό της απόκτησης υλικού ή εξοπλισμού και συνεχίζουν με τις απαιτούμενες ενέργειες που εξασφαλίζουν την συνεχή λειτουργία του συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του. Αυτή η εξελικτική διαδικασία είναι η ίδια για όλα τα υλικά, από το πιο μικρό μέρος ενός εξοπλισμού μέχρι το μεγαλύτερο οπλικό σύστημα.

Ο κύκλος απόκτησης μπορεί να διαιρεθεί σε πολλές διακριτές φάσεις, οι οποίες εξαρτώνται κυρίως από την πηγή προμήθειας και έτσι υπάρχουν διάφορα ονόματα τα οποία τα οποία μπορούν να αποδοθούν σε κάθε μια ξεχωριστή φάση του κύκλου ζωής.

Μπορούμε να περιγράψουμε έναν τέτοιο κύκλο με βάση τις κατωτέρω φάσεις:

1. *pre-concept*
2. *concept*
3. *demonstration/validation*
4. *engineering & manufacturing development*
5. *production & deployment*
6. *operation*
7. *disposal, recycling, demilitarization*

Κάθε μία από τις ανωτέρω φάσεις έχει συγκεκριμένη αρχή και τέλος αν και πολλές φορές είναι πιθανό να υπάρξει μία κάποια “αλληλοεπικάλυψη αρμοδιοτήτων” μεταξύ των φάσεων. Ας αναλύσουμε όμως κάθε ένα στάδιο ξεχωριστά προκειμένου να διαπιστώσουμε την σημασία της όλης διαδικασίας. Η οποία διαδικασία αποτελεί παράλληλα και ένα γενικό υπόδειγμα για τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται η απόκτηση υλικών που αφορούν στην υποστήριξη των αεροσκαφών της Π.Α., διευκρινίζοντας βεβαίως την μικρή συμμετοχή της στα στάδια 4 & 5, όταν πλέον αναφερόμαστε στην απόκτηση έτοιμων υλικών από εξωτερικές πηγές προμήθειας (η Π.Α. συμμετέχει κυρίως στα εν λόγω στάδια σε περιπτώσεις κατασκευής ή επισκευής υλικών ή εξοπλισμού μέσω των εργοστασίων της ή με βάση την συνεργασία της με την Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία, όπως θα αναλύσουμε και στο κεφάλαιο που ακολουθεί).

4.9.1 Στάδιο προετοιμασίας

Ο εν λόγω κύκλος ξεκινάει με το συγκεκριμένο στάδιο στο οποίο και καθορίζεται και η ανάγκη για την απόκτηση του νέου εξοπλισμού. Αυτή η ανάγκη μπορεί να οφείλεται είτε στον προσδιορισμό ότι ο υπάρχον εξοπλισμός δεν μπορεί πλέον να εκπληρώσει την αποστολή του είτε ακόμη και στο γεγονός ότι έχουμε μία νέα αποστολή

(έργο) την οποία δεν μπορούμε να φέρουμε εις πέρας με τον υπάρχοντα εξοπλισμό παρά την καλή του λειτουργία. Ο σκοπός αυτής της φάσης είναι ο πλήρης καθορισμός της νέας ανάγκης, η ολοκληρωμένη ανάπτυξη και περιγραφή της αποστολής του νέου εξοπλισμού, η σε γενικές γραμμές εξακρίβωση των πηγών προμήθειας που θα υποστηρίξουν τη νέα αγορά και η εγκαθίδρυση και ιεράρχηση των προτεραιοτήτων ώστε να εξασφαλισθεί η συνέχιση της όλης διαδικασίας (acquisition process).



Εικόνα 4.5 “What information do I need to make a decision about a possible acquisition? How do I anticipate the cost of owning this work? What master material and equipment should come with the acquisition”?

4.9.2 Στάδιο ανάπτυξης εναλλακτικών σεναρίων

Εφόσον οι ανάγκες έχουν πλήρως καθοριστεί, οι πηγές προμήθειας εντοπιστεί και οι προτεραιότητες ιεραρχηθεί, το επόμενο βήμα είναι η ανάπτυξη εναλλακτικών προσεγγίσεων για την ικανοποίηση των αναγκών. Στη συγκεκριμένη φάση αναπτύσσονται και αναλύονται όλα τα πιθανά εναλλακτικά σενάρια. Για κάθε μία εναλλακτική, τα θετικά στοιχεία και το ενδεχόμενο ρίσκο αξιολογούνται παράλληλα ώστε να είμαστε σίγουροι ότι μπορεί τελικά το συγκεκριμένο σενάριο να βοηθήσει

αποτελεσματικά στην ικανοποίηση των αναγκών. Εάν δεν είναι δυνατό να εντοπιστεί καμία εναλλακτική, τότε επιστρέφουμε στο προηγούμενο στάδιο και επαναπροσδιορίζουμε τις ανάγκες.

4.9.3 Στάδιο απόδειξης και τεκμηρίωσης

Το εναλλακτικό ή εναλλακτικά σενάρια έχουν ήδη ολοκληρωθεί και έχει ήδη καθοριστεί πότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη τυχόν αναγκών. Το παρόν στάδιο διακρίνεται από δύο βασικούς άξονες :

- εφαρμόζουμε το concept του προηγούμενου σταδίου σε πραγματικές συνθήκες και διαπιστώνουμε ότι όντως λειτουργεί
- τεκμηριώνουμε για το υλικό/εξοπλισμό ότι μπορούν τελικά να καλυφθούν οι ανάγκες του, οι οποίες είχαν από το πρώτο κιόλας στάδιο καθοριστεί.

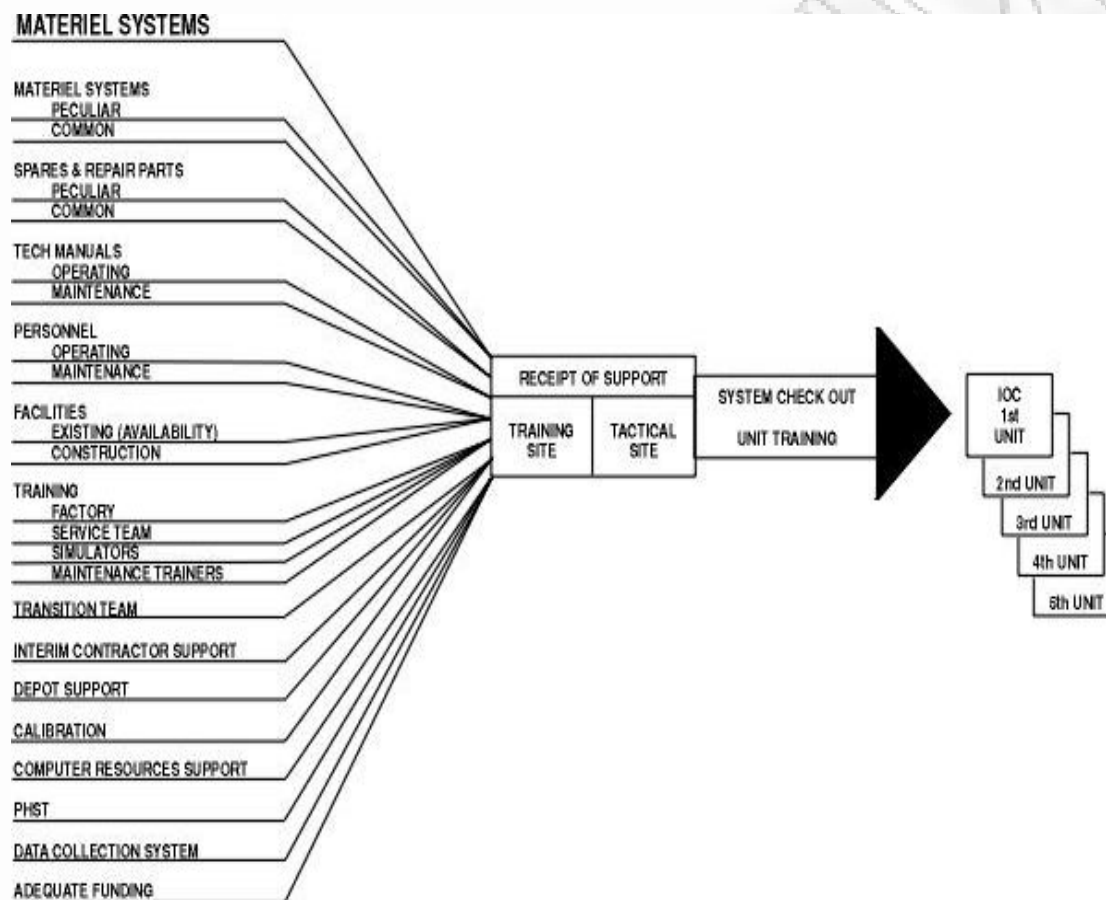
Η τυχόν αποτυχία απόδειξης/τεκμηρίωσης μας οδηγεί στο προηγούμενο στάδιο για αναζήτηση νέων σεναρίων.

4.9.4 Στάδιο μηχανολογικής και κατασκευαστικής ανάπτυξης (EMD)

Το στάδιο αυτό ονομάζεται και στάδιο «ολοκληρωμένης κλιμακωτής ανάπτυξης» . Κατά τη διάρκεια του EMD σταδίου, ο προτεινόμενος εξοπλισμός υπόκειται μια σειρά πολύπλοκων μηχανολογικών διαδικασιών ανάπτυξης που ταυτίζονται με τις αρχικές σχεδιαστικές του απαιτήσεις. Ο σκοπός του EMD σταδίου είναι η παραγωγή ενός υλικού/εξοπλισμού ο οποίος θα είναι αξιόπιστος, συντηρήσιμος και υποστηρίξιμος.

4.9.5 Το στάδιο της παραγωγής και ανάπτυξης επιχειρησιακού εξοπλισμού

Στην πραγματικότητα η κατασκευή του νέου υλικού γίνεται σε αυτό το στάδιο όπου έχουμε τελικά και την πρώτη εμφάνιση ενός έτοιμου και επιχειρησιακά ολοκληρωμένου εξοπλισμού. Παράλληλα, εάν απαιτείται ή προβλέπεται, κατασκευάζεται ή διαμορφώνεται και το υποστηρικτικό πακέτο το οποίο δίνεται στον χρήστη ή παραμένει έτοιμο όταν απαιτηθεί από αυτόν, ώστε πλέον ο εξοπλισμός να μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για την εκπλήρωση της αποστολής του.



Εικόνα 4.6 Deployment Requirements

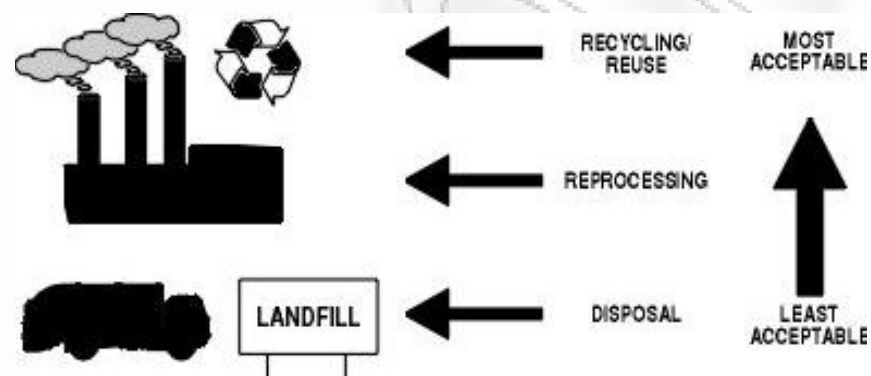
4.9.6 Επιχειρησιακό και υποστηρικτικό στάδιο

Εδώ πλέον ξεκινά το επιχειρησιακό στάδιο αλλά συνάμα και το στάδιο υποστήριξης του εξοπλισμού. Έχει ήδη δοθεί στον χρήστη ο οποίος το έχει θέσει σε λειτουργία. Η ικανότητά του να εκπληρώνει τις απαιτήσεις για τις οποίες έχει κατασκευαστεί/προμηθευτεί αξιολογείται συνεχώς, όπως συνεχώς αξιολογείται η απόδοσή του.

4.9.7 Το στάδιο της “απαλλαγής” (disposal, recycling & demilitarization)

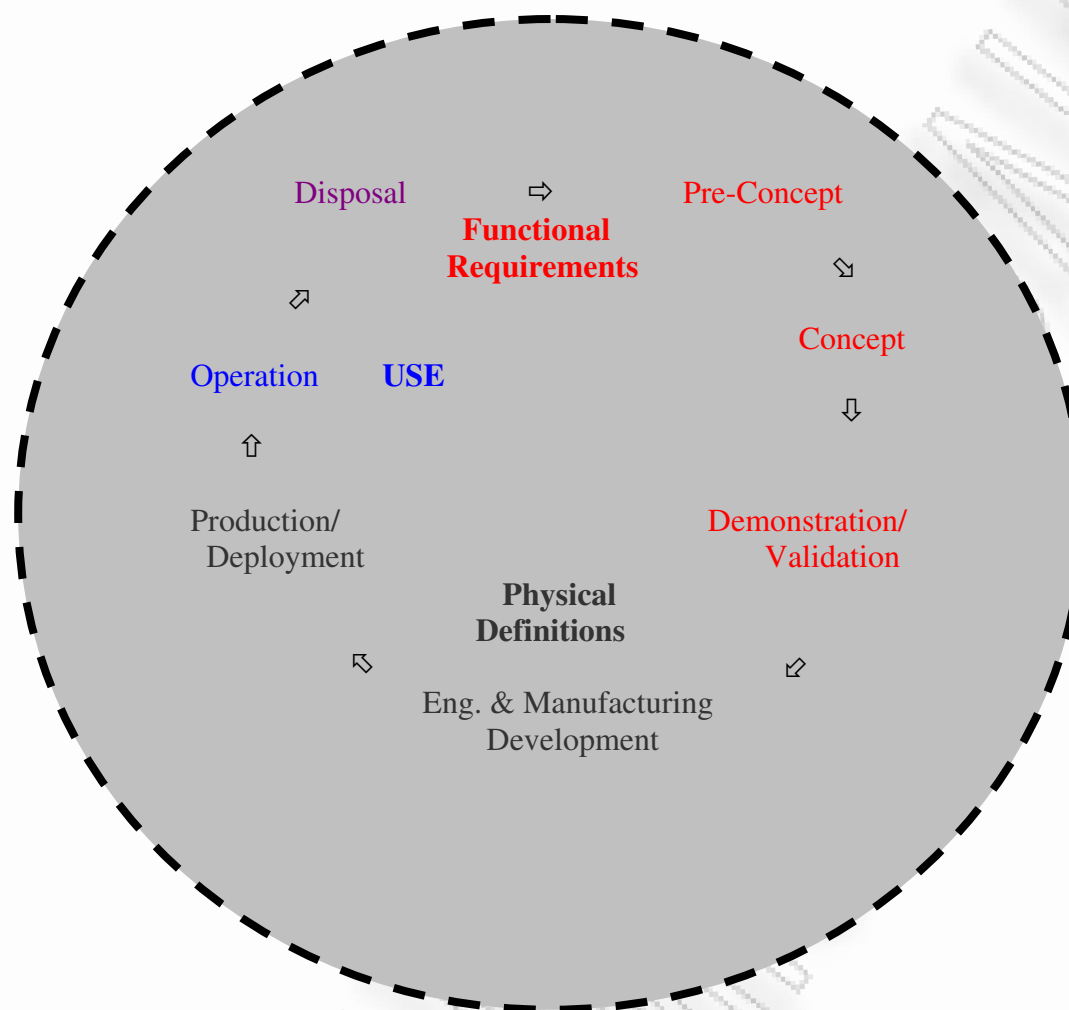
“The significant problems we face cannot be solved at the same level of thinking we were at when we created them.”

Albert Einstein



Εικόνα 4.7 “Demilitarization Approaches”

Πρόκειται για το στάδιο της απαλλαγής από όλα τα παλαιά/άχρηστα πλέον υλικά τα οποία έχουν ολοκληρώσει την αποστολή τους σύμφωνα με τις προδιαγραφές τους (ή έχουν αστοχήσει) και αντικαθίστανται από νέα.



*Σχήμα 4.4 Logistics phases applied to acquisition phases
(Courtesy Logistics Management Associates)*

Στην ανωτέρω ανάλυση επιδιώχθηκε η παρουσίαση και ανάπτυξη δύο διαφορετικών φάσεων, αυτών των logistics αλλά και εκείνων που σχετίζονται με το acquisition cycle. Πρέπει να κατανοήσουμε ότι τα δύο αυτά διαφορετικά concepts είναι

ουσιαστικά αλληλένδετα μεταξύ τους. Οι φάσεις των logistics ταυτοποιούν ουσιαστικά τους διαφορετικούς τύπους των δραστηριοτήτων των logistics ενώ τα στάδια του acquisition cycle αφορούν κυρίως την ανάλυση των επιμέρους σταδίων της ζωής ενός συστήματος.

Η φάση των logistics λειτουργικών απαιτήσεων ξεκινάει από την αρχή του σταδίου προετοιμασίας του acquisition cycle και συνεχίζει μέχρι το engineering drawing για τον τελικό σχεδιασμό ο οποίος τις περισσότερες φορές λαμβάνει χώρα κατά το στάδιο της ανάπτυξης. Από την άλλη η φάση των logistics physical requirements ξεκινάει εκεί που το engineering drawing είναι πλέον διαθέσιμο και συνεχίζει μέχρι το σύστημα να παραδοθεί στον χρήστη. Παρατηρούμε ότι γενικά υπάρχει μία αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των όσων συμβαίνουν στις εκάστοτε φάσεις και τελικά κάθε πρόγραμμα μπορεί εν τέλει να διαφέρει ελάχιστα. Επομένως, όταν αναφερόμαστε στην υποστήριξη αεροσκαφών, γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι απαιτείται η πολύ καλή προετοιμασία, ανάλυση και επεξεργασία των ανωτέρω φάσεων, ώστε να επιτύχουμε τελικά την μέγιστη δυνατή απόδοση και αποτελεσματικότητα σε ένα σύστημα που έχει να κάνει με την υποστήριξη ιδιαίτερος πολύπλοκων εξοπλισμών με πολλές τεχνολογικές και όχι μόνο απαιτήσεις.

4.10 Το Κόστος του Κύκλου Ζωής ενός Συστήματος (Life – Cycle Cost)

Defence acquisition policy, includes the requirement to obtain quality products, “... at a fair and reasonable price.” Acquisition Logistics Guide, Published by the Defense

Systems Management College Fort Belvoir

“Remember, ILS is responsible for influencing the design to produce a system that is as supportable as possible for the lowest cost, while still having the capability to perform its intended use”.

Integrated Logistics Support Handbook, James V. Jones, Second Edition

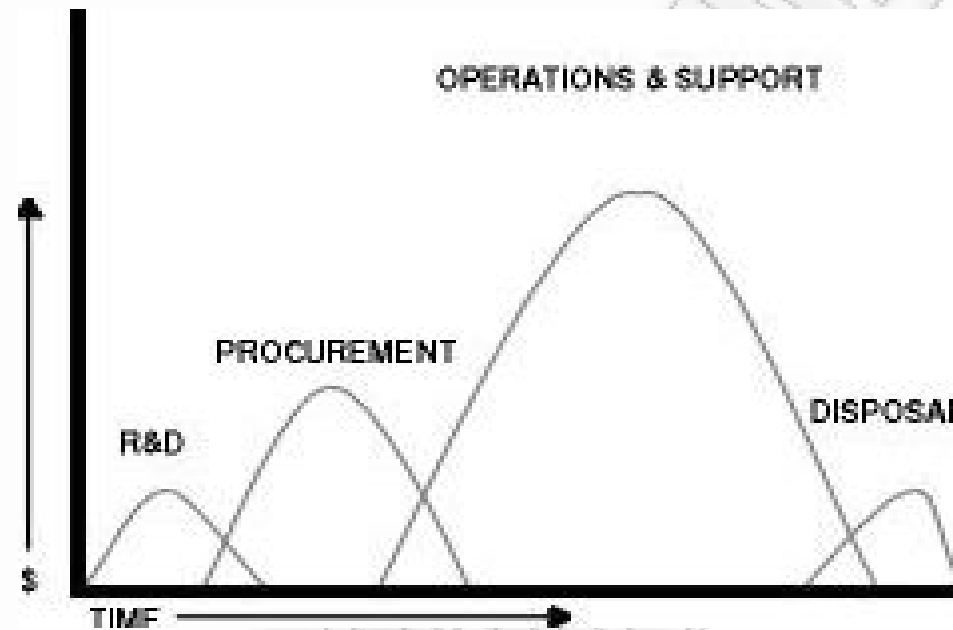
Η πρόβλεψη του συνολικού κόστους με το οποίο “επιβαρύνεται” ένα σύστημα ή ένας οποιοσδήποτε εξοπλισμός καθ’ όλη την διάρκεια της ζωής του, διαδραματίζει έναν καθοριστικό ρόλο στην όλη διαδικασία απόκτησής του. Το συνολικό κόστος του κύκλου ζωής ενός συστήματος (LCC), περιλαμβάνει κάθε “νοητό” άμεσο και έμμεσο κόστος το οποίο σχετίζεται με την απόκτηση, την λειτουργία, την υποστήριξη (εφοδιασμό) αλλά και την τελικά απόρριψη/κατάργηση του εν λόγω συστήματος ή εξοπλισμού. Ο προσδιορισμός του συνολικού Life Cycle Cost αποτελεί ένα από τα πιο χρήσιμα εργαλεία (όπως επίσης χρήσιμα εργαλεία είναι το level of repair analysis και το logistics support analysis) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την εκπόνηση ενός σχεδίου ολοκληρωμένης εφοδιαστικής υποστήριξης, όταν πλέον το σύνολο των καλύτερων εναλλακτικών για design configurations, operation concepts, maintenance concepts, production schemes και logistics support policies, έχουν αποφασιστεί κατά την διάρκεια της μελέτης, ανάλυσης και ανάπτυξης της διαδικασίας απόκτησης του συστήματος η εξοπλισμού.

Παρακάτω θα προσπαθήσουμε να κάνουμε μία σύντομη αναφορά στα στοιχεία κόστους που διέπουν ένα σύστημα και που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο κατά την αγορά του όσο και κατά την μετέπειτα λειτουργία του, κάνοντας παράλληλα και μια απλή αναφορά στα κυριότερα σημεία ενός γενικού μοντέλου (πλέον ο καθένας μπορεί να

διαλέξει μέσα από μια ευρεία γκάμα μοντέλων κοστολόγησης που έχουν αναπτυχθεί κοστολόγησης.

4.10.1 Στοιχεία Κόστους

Το προβλέψιμο, τελικά συνολικό κόστος του κύκλου ζωής ενός συστήματος, καθορίζεται συνδυάζοντας όλα τα σχετικά στοιχεία κόστους τα οποία αντιστοιχούν, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στα: acquisition (περιλαμβάνει επίσης το κόστος που αντιστοιχεί στο research, development “R & D”, investment), operation, support και disposal, όπως φαίνεται και στο κατωτέρω σχεδιάγραμμα.



Σχήμα 4.5 “Growth in Weapon System Life-Cycle Cost”

Τα εν λόγω κόστη, έμμεσα και άμεσα, αντικατοπτρίζουν το συνολικό κόστος του κατόχου του συστήματος ή του εξοπλισμού. Όπως μπορούμε να διακρίνουμε από το ανωτέρω σχεδιάγραμμα την μερίδα του λέοντος που αφορά στο total life cycle cost ενός συστήματος κατέχει το operation & support cost σε αντίθεση με το acquisition και disposal cost. Επομένως, είναι πλέον κατανοητό ότι η πιο σημαντική προσπάθεια που

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος 173

πρέπει να καταβάλουμε κατά την διαδικασία απόκτησης ενός συστήματος είναι η απόφαση για ένα σύστημα το οποίο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να επιχειρεί και να υποστηρίζεται με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

4.10.1.1 Acquisition Costs

Ως acquisition costs, θεωρούνται όλα τα κόστη από την αρχή ανάπτυξης της ιδέας (concept phase) μέχρι το τέλος, δηλαδή την φάση της παραγωγής. Γεγονός που επιβαρύνει τον πελάτη, ο οποίος και τελικά θα αποκτήσει τον συγκεκριμένο εξοπλισμό, με έξοδα που δεν σχετίζονται μόνο με την πληρωμή π.χ. στον ανάδοχο για τον σχεδιασμό και ανάπτυξη του εξοπλισμού/συστήματος αλλά με έξοδα που εκτείνονται, όπως θα δούμε παρακάτω, από το R & D μέχρι όλα εκείνα τα απαραίτητα στοιχεία για την επιτυχημένη αρχική λειτουργία και υποστήριξη του (investment cost).

a) Research & Development Costs

Τα κόστη εκείνα τα οποία “επισύρονται” από τον πελάτη και τον ανάδοχο (της σύμβασης) κατά την διάρκεια των concept phase, demonstration phase, validation phase, κατηγοριοποιούνται και εντάσσονται σε αυτό που ονομάζουμε R & D κόστη. Επιπρόσθετα, μερικά από τα προτεύοντα κόστη που σχετίζονται με την φάση του engineering και manufacturing development, περιλαμβάνονται στα R & D κόστη. Τι επιδιώκουμε όμως με το Research & Development, ώστε να διαπιστώσουμε ότι δικαιολογούνται τα σχετικά κόστη; Με το R & D επιδιώκουμε την αποπεράτωση ενός λεπτομερειακού – αναλυτικού συνόλου στοιχείων (documentation), όπως : i) Engineering drawings, ii) Specifications, iii) Plans, κ.α., δηλαδή στοιχεία απαραίτητα προκειμένου να μπορέσεις να προχωρήσεις στην φάση της παραγωγής. Όλα εκείνα τα κόστη τα οποία

σχετίζονται με την προσπάθεια του Research & Development συμπεριλαμβανομένων και των:

- Planning
- Management
- Engineering
- Test
- Evaluation
- Special equipment
- Facilities

είναι κόστη που θεωρούνται ότι περιλαμβάνονται στο R & D στοιχείο κόστους.



*Εικόνα 4.8 Total Life Cycle Cost Iceberg
(Acquisition is just the most obvious of the cost)*

b) Investment Costs

Τα κόστη τα οποία σχετίζονται με την παραγωγή του συστήματος, την ανάπτυξη της απαραίτητης αρχικής υποστήριξης και την εγκαθίδρυση της αρχικής operating capability, θεωρούνται investments costs. Αυτό περιλαμβάνει και το κόστος για το “χτίσιμο” του συστήματος, δηλαδή τα αρχικά ανταλλακτικά και επισκευάσιμα μέρη, την εκπαίδευση σχετικά με την λειτουργία του συστήματος, τη συντήρηση, αλλά και του επιβλέποντος προσωπικού, τον εφοδιασμό και τις συσκευές δοκιμών/ελέγχου, τις εγκαταστάσεις συντήρησης αλλά το technical documentation. Τα investments costs συχνά επισκιάζουν άλλα κόστη του κύκλου ζωής ενός συστήματος καθώς θεωρούνται ότι αντικατοπτρίζουν την τιμή που ο πελάτης πληρώνει κατά την απόκτησή του. Αυτό όμως είναι μόνο η αρχή. Η προμήθεια ενός πολύπλοκου σύγχρονου συστήματος μπορεί να φτάνει σε μερικά δισεκατομμύρια Euro, το οποίο δείχνει να φαντάζει ένα απίστευτα μεγάλο ποσό όμως αυτό αντιπροσωπεύει μόλις ένα πολύ μικρό ποσοστό από το συνολικό κόστος που τελικά θα κληθεί ο κάτοχος του συστήματος να πληρώσει όσο αυτό λειτουργεί. Έχουμε, λοιπόν τα κατωτέρω investments cost:

- Production
- Planning
- Management
- Initial spares
- Training
- Support equipment
- Technical manuals
- Engineering
- Test

- Facilities

4.10.1.2 Operation & Support Costs

Τα συγκεκριμένα κόστη αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό στο σύνολο του κόστους που προκύπτει κατά τη διάρκεια της ζωής ενός συστήματος και συμπεριλαμβάνουν άμεσα και έμμεσα κόστη, απαραίτητα για την διατήρηση της λειτουργίας του συστήματος.

I. Άμεσα operation & support costs

Κάθε κόστος το οποίο έχει άμεση σχέση με την λειτουργία και την υποστήριξη ενός συστήματος καλείται άμεσο κόστος. Τα άμεσα κόστη είναι τα εξής:

- Personnel
- Consumables
- Replacement spares
- Support equipment
- Facilities
- Maintenance
- Technical data
- Supply management
- Modifications

Τα κόστη που αναφέρονται στο προσωπικό, περιλαμβάνουν τους χρήστες, το προσωπικό συντήρησης και τους επιβλέποντες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τη λειτουργία και τη συντήρηση του συστήματος και των επιμέρους εξαρτημάτων. Επίσης περιλαμβάνει και το προσωπικό υποστήριξης το οποίο σχετίζεται άμεσα με την προσπάθεια επιτυχούς εκπλήρωσης της αποστολής του συστήματος. Ένα, θα λέγαμε,

υποστοιχείο κόστους που αφορά στο εμπλεκόμενο προσωπικό, είναι αυτό που σχετίζεται με την εκπαίδευσή του, τόσο σε σχέση με την λειτουργία όσο και με τη συντήρηση του συστήματος. Δηλαδή μιλάμε για κόστη που προέρχονται από την on job εκπαίδευση αλλά και τα κόστη από τη συνεχή εκπαίδευση του προσωπικού.

Τα κόστη τα οποία προέρχονται από την αγορά αναλώσιμων υλικών ή την αξιοποίηση των επισκευάσιμων υλικών, τα οποία είναι απαραίτητα για την συνέχιση της καλής λειτουργίας του συστήματος, λογίζονται ως άμεσα κόστη. Γενικότερα, το κόστος για τη συντήρηση, την υποστήριξη, τις συσκευές δοκιμών και ελέγχου, την προμήθεια των προς αντικατάσταση υλικών, είναι επίσης ένα άμεσο κόστος. Όσο αφορά στα κόστη των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη και συντήρηση του εξοπλισμού, θεωρούνται και αυτά άμεσα κόστη, χωρίς βέβαια να λαμβάνονται υπόψη, κόστη όπως αυτά της κατασκευής ή των τυχόν τροποποιήσεων.

Η σωστή συντήρηση των προμηθειών και του υποστηρικτικού εξοπλισμού είναι ένα άμεσο κόστος αλλά τα κόστη για τα τυχόν εργαστήρια συντήρησης του συστήματος, περιλαμβάνονται στα κόστη του προσωπικού και δεν πρέπει να συγχέονται με τα συγκεκριμένα κόστη. Τα technical data αρχικώς μπορούν να θεωρηθούν ως investments cost, ωστόσο η διατήρηση και συνεχής ενημέρωση των δεδομένων είναι ένα άμεσο O & S κόστος. Το supply management cost έχει να κάνει κυρίως με την διαχείριση των αποθεμάτων των spare και repair parts, τα οποία παίζουν έναν καθοριστικό ρόλο στην υποστήριξη της λειτουργίας και της συντήρησης του συστήματος καθώς θα πρέπει να είναι διαθέσιμα ανά πάσα στιγμή, στην κατάλληλη ποσότητα και ποιότητα. Το συγκεκριμένο βέβαια κόστος σχετίζεται με όλα τα επίπεδα της προμηθευτικής αλυσίδας από την οργάνωση των προμηθειών, ως και τα εκάστοτε διοικητική κόστη. Επιπρόσθετα όλες οι μηχανολογικές αλλαγές και τροποποιήσεις του συστήματος, επιφέρουν ένα άμεσο

κόστος το οποίο έχει να κάνει με την όλη επιδίωξή μας για την διατήρηση της αξιοπιστίας, της καλής συντήρησης, της ευκολότερης υποστήριξης και βεβαίως την συνέχιση της καλής επιχειρησιακής λειτουργίας. .

II. Έμμεσα operation & support costs

Εκείνα τα κόστη τα οποία έχουν να κάνουν με συναφείς υπηρεσίες, την υποστήριξη του προσωπικού και άλλα απαραίτητα για τη λειτουργία και συντήρηση του συστήματος που όμως δε συνδέονται άμεσα με το συγκεκριμένο σύστημα, καλούνται έμμεσα O & S κόστη. Πρόκειται για μία ευρεία γκάμα από δραστηριότητας που επισύρουν κόστη, όπως: δημιουργία στρατιωτικών εγκαταστάσεων, ιατρικές εγκαταστάσεις, ιατρικό προσωπικό, διοικητικό προσωπικό, αρχική εκπαίδευση προσωπικού/επιθεωρητών κ.α. Τα έμμεσα κόστη της συγκεκριμένης κατηγορίας, εστιάζονται στα κατωτέρω:

- Personnel
- Facilities
- Training

4.10.1.3 Disposal Cost

Ένα στοιχείο κόστους το οποίο συχνά αγνοείται είναι το κόστος για την απαλλαγή/αποστρατικοποίηση/εκποίηση/απόρριψη ενός συστήματος το οποίο είτε καταργείτε είτε αποφασίζεται να αντικατασταθεί. Πολλές είναι εκείνες οι φορές όπου ένα σύστημα διατηρεί μια κάποια υπολειμματική αξία που μπορεί να ισοσταθμίσει το συγκεκριμένο κόστος. Πριν την καταδίκη οποιουδήποτε συστήματος είμαστε υποχρεωμένοι να δούμε εάν μπορούμε να εκμεταλλευτούμε κάποια από τα μέρη του.

Ιδίως πολύπλοκα συστήματα, όπως είναι τα αεροσκάφη, μπορούν να μας δώσουν πολλά χρήσιμα υλικά, τα οποία είτε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οι ίδιοι είτε μπορούν να πουληθούν σε άλλους χρήστες. Όμως σε τέτοιου είδους συστήματα που διαθέτουν πολλές ανοικτές γραμμές υποστήριξης (π.χ. ανοικτές συμβάσεις) αλλά και ιδιαίτερα επικίνδυνα για την υγεία υλικά (π.χ. χημικά, ιδιαίτερα λεπτή και δαπανηρή η διαδικασία απόρριψης) απαιτείται ιδιαίτερη μελέτη αλλά και προσοχή στον χειρισμό, κυριολεκτικά και μεταφορικά, πριν την οποιαδήποτε απόφαση. Όλα όμως τα ανωτέρω εμπεριέχουν κάποιο κόστος, ακόμη και η απόρριψη ή μελέτη για μελλοντική χρήση των στοιχείων που αθροίστηκαν κατά την διάρκεια της ζωής του συστήματος (για την αξιοπιστία, τη συντήρηση, την υποστήριξη), είναι μία διαδικασία που απαιτεί και αυτή κόστος. Κυρίως το disposal cost έχει να κάνει με κόστη που αντιστοιχούν στα:

- Inventory closeout
- Data management
- Waste management
- Demilitarization
- Refurbishment

4.10.2 Τα Χαρακτηριστικά του Μοντέλου Κοστολόγησης

Από τα ανωτέρω μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι μπορούμε να προσδιορίσουμε το κόστος του κύκλου ζωής ενός συστήματος χρησιμοποιώντας το εξής μοντέλο: $C_T = C_{RD} + C_I + C_{OS} + C_D$, όπου:

- C_T = total life cycle cost

- C_{RD} = total research and development cost
- C_I = total investment cost
- C_{OS} = total operation and support cost
- C_D = total disposal cost

Το συγκεκριμένο μοντέλο όμως προκειμένου να λειτουργήσει θα πρέπει να διέπεται από ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά, όπως:

- A.** Τα αποτελέσματα που εξάγονται από το μοντέλο θα πρέπει να είναι εύχρηστα στην όποια ανασκόπησή τους και παράλληλα να προσφέρουν την κατάλληλη βοήθεια κατά την διαδικασία απόκτησης του συστήματος.
- B.** Το μοντέλο θα πρέπει να είναι ευαίσθητο στην διαχείριση και τον έλεγχο των διαφόρων εμπλεκόμενων συνιστωσών, στις τυχόν σχεδιαστικές αλλαγές αλλά και στα ποικίλα σενάρια που μπορούν να αναπτυχθούν σχετικά με την ίδια την λειτουργία του συστήματος αλλά και την εφοδιαστική του υποστήριξη
- C.** Όλοι οι προφανείς οδηγοί κόστους (cost drivers) θα πρέπει να εξετάζονται με τη δέουσα προσοχή και θα πρέπει να ενσωματώνονται στο μοντέλο με τον πιο ευδιάκριτο τρόπο.
- D.** Η ίδια η ανάπτυξη, η λειτουργία, η ενημέρωση και η τυχόν μετατροπή του μοντέλου θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο κοστοβόρα.
- E.** Τα απαιτούμενα στοιχεία θα πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμα.
- F.** Τα αποτελέσματα θα πρέπει να είναι αξιόπιστα.
- G.** Τόσο τα στοιχεία που εισάγουμε στο σύστημα όσο και τα αποτελέσματα που τελικά θα εξαχθούν, είναι απαραίτητο να εκφράζονται με όρους που να είναι οικείοι

στους ίδιους τους χρήστες του συστήματος, έτσι ώστε να μπορούν εύκολα να επαληθευτούν αλλά και συνάμα να επιβεβαιώνουν την εγκυρότητά τους.

H. Το μοντέλο θα πρέπει να αποτελείται από διαδραστικές αλλά και παράλληλα αυτόνομες μονάδες ώστε να είναι εύκολη μια πιθανή τροποποίηση που θα ζητηθεί.

I. Το μοντέλο θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από ευελιξία και ικανότητα να προσαρμόζεται στις ολοένα και αυξανόμενες απαιτήσεις (πολυπλοκότητα) που παρουσιάζει συνήθως μια διαδικασία απόκτησης πολύ ακριβών και υψηλών απαιτήσεων συστημάτων (αεροσκάφη).

J. Θα πρέπει να εξετάζεται η ποιότητα και η ποσότητα των δεδομένων που εισάγονται στο σύστημα ελέγχοντας και μελετώντας τις πηγές από τις οποίες προέρχονται, όπως:

- engineering design data
- manufacturing data
- ils analyses
- other development costs
- force structure
- operational scenarios κλπ.

4.11 Εξοπλισμός Υποστήριξης

Τα συστήματα και άλλα υλικά ενός εξοπλισμού φυσιολογικά απαιτούν την χρήση επιπρόσθετου εξοπλισμού ο οποίος θα υποστηρίζει τόσο το έργο της επιχειρησιακής λειτουργίας όσο και αυτό της συντήρησης. Κάθε τέτοιος εξοπλισμός που έχει ως στόχο να υποστηρίξει το ανωτέρω έργο, καλείται Εξοπλισμός Υποστήριξης. Ο εξοπλισμός υποστήριξης μπορεί να είναι ένα ειδικό αντικείμενο που έχει σχεδιαστεί για μία

συγκεκριμένη χρήση (special to type) ή μπορεί να είναι υλικά με πολλαπλές χρήσεις (common items, π.χ. έτσι ονομάζονται και τα υλικά τα οποία είναι κοινά μεταξύ διαφόρων τύπων αεροσκαφών). Επιπρόσθετα για τα αεροσκάφη θα λέγαμε ότι στον operational support equipment υπάγεται και ο εξοπλισμός υποστήριξης εδάφους ενώ όσο αφορά στον maintenance support equipment εκεί διακρίνουμε τον εξοπλισμό για την εφαρμογή του έργου της συντήρησης αλλά και τον εξοπλισμό ελέγχου (testing).



Εικόνα 4.9 Ground Support Equipment

Θα μπορούσε βεβαίως να αναρωτηθεί κανείς εάν το testing αποτελεί ουσιαστικά μέρος του έργου της συντήρησης, ωστόσο η μέθοδος “test – fix – test” που εφαρμόζεται πολλές φορές κατά την διάρκεια της συντήρησης προσδίδει και έναν σαφή καθορισμό μεταξύ των διαφόρων τύπων υποστηρικτικού εξοπλισμού. Ο έλεγχος, η μέτρηση και ο διαγνωστικός γενικά εξοπλισμός χρησιμοποιούνται κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε το λεγόμενο testing να μπορεί να εντοπίσει το πρόβλημα (τι δεν πηγαίνει καλά με το συγκεκριμένο υλικό;) ενώ από την άλλη ο maintenance support equipment

χρησιμοποιείται για να αποκαταστήσει (ή να προλάβει) το πρόβλημα. Μιλάμε για δύο αλληλοεξαρτώμενες καταστάσεις που επιβάλλεται να αναπτύσσονται ταυτόχρονα.

4.11.1 Ταξινόμηση Εξοπλισμού Υποστήριξης

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να κατατάξουμε έναν εξοπλισμό υποστήριξης. Ανάλογα με την χρήση, την διαθεσιμότητα, την εφαρμογή, την πολυπλοκότητα, το κόστος κ.α. . Ο πιο συνηθισμένος όμως τρόπος για την ταξινόμηση του εξοπλισμού υποστήριξης έχει να κάνει με αυτό που αναφέραμε στην εισαγωγή, δηλαδή κάνουμε αναφορά στα υλικά ως common ή special to type εξοπλισμό υποστήριξης. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι οι ανωτέρω δύο κατηγορίες έχουν ως προς την έκτασή τους μία ευρεία γκάμα ερμηνείας που εξαρτάται και από την συγκεκριμένη κάθε φορά εφαρμογή.

- **Κοινός Εξοπλισμός Υποστήριξης**

Γενικά μιλώντας θα λέγαμε ότι κάθε υλικό το οποίο χρησιμοποιείται από τις ένοπλες δυνάμεις για την υποστήριξη μέσων και συστημάτων και το οποίο έχει πολλαπλές εφαρμογές χαρακτηρίζεται ως κοινό (common item) υλικό/εξοπλισμός υποστήριξης. Ένα τέτοιο υλικό μπορεί να είναι ένα απλό εργαλείο χειρός μέχρι συμπιεστές, υδραυλικούς ανυψωτές, ταλαντοσκόπια, βολτόμετρα κ.α. . Όλα αυτά τα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα διάφορα στάδια της συντήρησης και έχουν παράλληλα πολλές εφαρμογές. Τα υλικά τα οποία έχουν καταχωρηθεί στους αντίστοιχους καταλόγους υλικών από τους εκάστοτε επίσημους εμπλεκόμενους φορείς και στα οποία έχει αποδοθεί και αντίστοιχο NSN (αφορά στην κωδικοποίηση των υλικών όπου θα αναφερθούμε εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο) χαρακτηρίζονται ως “standard items”. Αντίστοιχα τα υλικά εκείνα τα οποία δεν έχουν υπαχθεί στην ανωτέρω διαδικασία, π.χ.

ένα καινούργιο υλικό το οποίο θα αντικαταστήσει ένα ήδη υπάρχον, χαρακτηρίζονται ως “nonstandard common items”. Ο όλος έλεγχος για την καταλληλότητα, ταξινόμηση και κωδικοποίηση των υλικών είναι μία ιδιαίτερος λεπτομερής διαδικασία, ιδίως για αυτή την κατηγορία των κοινών υλικών. Το αποτέλεσμα της όλης διαδικασίας είναι η δημιουργία ιδιαίτερος χρήσιμων καταλόγων (π.χ. ο General Services Administration Catalog/USA) που περιλαμβάνει σαφέστατες πληροφορίες για την χρήση κάθε υλικού, την ομαδοποίησή του (π.χ. Federal Stock Classes/FSC) αλλά και το αντίστοιχο NSN του υλικού.

- **Ειδικός Εξοπλισμός Υποστήριξης**

Πρόκειται για υλικά τα οποία έχουν περιορισμένες εφαρμογές ή που έχουν κατασκευαστεί προκειμένου να εφαρμόζονται σε συγκεκριμένη λειτουργία ενός και μόνο συστήματος. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ένας εξεζητημένος ηλεκτρονικός σταθμός ο οποίος σχεδιάστηκε με σκοπό τον έλεγχο ενός και μόνο οπλικού συστήματος. Συνήθως τέτοιου είδους υλικά παραγγέλλονται και προωθούνται παράλληλα με το οπλικό σύστημα που υποστηρίζουν.

4.11.2 Προσδιορισμός Απαιτήσεων Εξοπλισμού Υποστήριξης

Ο προσδιορισμός των απαιτήσεων για έναν εξοπλισμό υποστήριξης πρέπει να ξεκινάει από τα αρχικά στάδια της διαδικασίας απόκτησής του. Η όλη αυτή διαδικασία πρέπει να στηρίζεται :

- ❖ Στον έγκαιρο προσδιορισμό και σχεδίαση του οικονομικού σκέλους του εξοπλισμού υποστήριξης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την βοήθεια προσομοιώσεων με βάση όμοια συστήματα ή με βάση το σύστημα που πρόκειται να αντικατασταθεί. Το

σημαντικό στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι να αναγνωρίζεις ότι οι απαιτήσεις υπάρχουν και ότι ένα μέρος των οικονομικών πόρων πρέπει να μείνει στην άκρη προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη του εξοπλισμού.

- ❖ Στον τύπο της τεχνολογίας που ενσωματώθηκε κατά την σχεδίαση του νέου συστήματος.
- ❖ Στην τεκμηριωμένη πρόβλεψη για τα απαιτούμενα spare parts και repair parts, όπως ακριβώς και στην περίπτωση του οπλικού συστήματος που αποκτάται, με στόχο την συνεχή διαθεσιμότητα του υποστηρικτικού εξοπλισμού.
- ❖ Στις μεθόδους συντήρησης που θα υιοθετήσουμε για το σύστημά μας.
- ❖ Στην προσδοκώμενη “built-in test” ικανότητα του εξοπλισμού.
- ❖ Στην αξιολόγηση στοιχείων βασισμένα στο “Maintenance Planning” αλλά και στην “Logistics Support Analysis”, τα αποτελέσματα της οποίας θα χρησιμοποιηθούν προκειμένου να ποσοτικοποιήσουμε τις συνολικές απαιτήσεις αλλά και τις μερικές απαιτήσεις ανά επίπεδο συντήρησης.
- ❖ Στην δυνατότητα απόκτησης αναλυτικών τεχνικών εγχειριδίων του εξοπλισμού με δυνατότητα ανανέωσης.
- ❖ Στην δυνατότητα εκπαίδευσης (πιθανό επιπρόσθετο κόστος) του προσωπικού (χειρισμός – συντήρηση)

Όλα τα ανωτέρω στοιχεία συνυπολογίζονται προκειμένου το αποτέλεσμα που θα εξαχθεί να αποτελεί εμπειρισταωμένη πρόβλεψη στην οποία θα βασιστούμε ώστε να υποστηρίξουμε ή όχι την απόκτηση του εξοπλισμού. Η όποια απόφαση απαιτείται να είναι πλήρως τεκμηριωμένη και να δικαιολογεί όλες τις πτυχές που αφορούν στην τυχόν αγορά και προσδοκώμενη χρήση του εξοπλισμού.

4.12 Εφοδιαστική Υποστήριξη - Πρόβλεψη και Προμήθεια Ανταλλακτικών

Τα spare parts (αναλώσιμα, επισκευάσιμα, υλικά λήξης ορίου ζωής, υλικά λήξης ορίου λειτουργίας κ.α.) απαιτούνται για την υποστήριξη τόσο της προγραμματισμένης όσο και της απρογραμμάτιστης συντήρησης. Εάν τα spare parts δεν είναι διαθέσιμα τότε η όποια διαδικασία συντήρησης δεν θα μπορέσει να ολοκληρωθεί με αποτέλεσμα να έχουμε έναν ανενεργό εξοπλισμό. Το ουσιαστικό αντικείμενο της σωστής διαδικασίας προμήθειας και κατ' επέκταση της εφοδιαστικής υποστήριξης είναι, το απαιτούμενο υλικό στη σωστή ποσότητά του να είναι διαθέσιμο όταν και όποτε απαιτηθεί.

Πριν την οποιαδήποτε ανάλυση είναι απαραίτητο να γίνει η εξής διευκρίνιση. Όταν αναφερόμαστε στο σύστημα προμηθειών και εφοδιαστικής υποστήριξης των οπλικών συστημάτων της Πολεμικής Αεροπορίας και των Ενόπλων Δυνάμεων ανά τον κόσμο γενικότερα, αναφερόμαστε σε μία διαδικασία η οποία παρουσιάζει κάποιες αισθητές διαφορές (οι τεχνικές κατά βάση παραμένουν ίδιες και εξελίσσονται παράλληλα) ως προς την φιλοσοφία σε σχέση με ότι γνωρίζουμε για το εμπόριο. Πρόκειται για μία διαδικασία η οποία στο εμπόριο έχει την βάση της στο κόστος (cost-based) αλλά και στη ζήτηση (demand-oriented) ενώ από την άλλη μιλάμε για μια διαδικασία που λαμβάνει υπόψη το κόστος αλλά επιδιώκει παράλληλα, όπου αυτό είναι εφικτό, την αποθήκευση υλικών με στόχο την μελλοντική χρησιμοποίηση. Ουσιαστικά εδώ μιλάμε για μία συγκεκριμένη ζήτηση η οποία πρέπει να ικανοποιηθεί και σχετίζεται άμεσα με τον χρόνο ζωής ενός συστήματος.

Όταν αναφερόμαστε στην **πρόβλεψη – πρόγνωση της ζήτησης** για την κάλυψη των όποιων απαιτήσεων, θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη:

- Τα αποθέματά μας

- Τις απαιτήσεις του προσωπικού και βέβαια
- Τις απαιτήσεις του εξοπλισμού

Εάν η ζήτηση παρέμενε σταθερή τότε η διαχείριση ενός συστήματος θα ήταν πολύ εύκολη. Όμως όπως συμβαίνει στις περισσότερες των περιπτώσεων έτσι και στα αεροσκάφη απαιτείται η καλύτερη δυνατή χρησιμοποίηση των πόρων δεδομένου ότι αναφερόμαστε σε μία σειρά από τυχαία πολλές φορές γεγονότα που έχουμε να αντιμετωπίσουμε. Έτσι κάνουμε προβλέψεις με βάση τον χρονικό ορίζοντα (περιορισμένο, μεσαίο ή μεγάλο) που θέλουμε να καλύψουμε και ανάλογα με το είδος και την φύση των υλικών. Σε κάθε περίπτωση η βασική ιδέα πίσω από οποιαδήποτε μέθοδο πρόγνωσης είναι η χρησιμοποίηση προηγούμενων στοιχείων (past or historical data) προκειμένου να προβλεφθούν μελλοντικές τιμές.

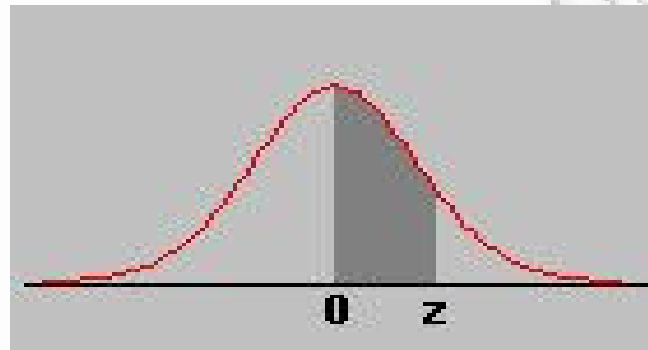
Η μέθοδος ανάλυσης των ιστορικών στοιχείων της ζήτησης σε συνάρτηση με τον χρόνο (Time Series Analysis), γίνεται εργαλείο πρόγνωσης με την βοήθεια των παρακάτω τεχνικών :

- ΖΗΤΗΣΗ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ
- ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ
- ΚΙΝΗΤΟΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ
- ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ
- ΚΙΝΗΤΟΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ ΠΟΥ Η ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΟΣΟ ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ Η ΗΛΙΚΙΑ ΤΟΥΣ

Κάθε μια τεχνική μπορεί να ελεγχθεί για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της (προβλέψεων) με την εκτίμηση του λάθους πρόβλεψης. Το λάθος πρόβλεψης αναφέρεται στο πόσο κοντά βρίσκεται η πρόβλεψη στη πραγματική ζήτηση.

ΛΑΘΟΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ = ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ-ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΖΗΤΗΣΗ

Η μορφή της κατανομής της συχνότητας του λάθους πρόβλεψης είναι κανονική (όπως φαίνεται στο σχήμα 4.6). Η τυπική απόκλιση της κατανομής δίνει επομένως το μέγεθος του λάθους.



Σχήμα 4.6 Η κανονική κατανομή της συχνότητας του λάθους πρόβλεψης

4.13 Οι Απαιτήσεις των Υλικών

Ο προσδιορισμός του εύρους, της ταξινόμησης και της κλίμακας κάθε εφεδρικού εξαρτήματος (αριθμός διαφορετικών υλικών, ποσότητα κάθε υλικού, κ.α.) αποτελεί τον κύριο παράγοντα μιας επιτυχημένης τακτικής για μέγιστη δυνατή διαθεσιμότητα του εξοπλισμού μας. Δεν υπάρχει κάποια μαγική φόρμουλα την οποία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε προκειμένου να εντοπίσουμε τις απαιτήσεις σε εφεδρικά εξαρτήματα και αυτό διότι δεν υπάρχει μία μέθοδος πρόβλεψης η οποία να μας δίνει ακριβώς την απάντηση για την κάλυψη των μελλοντικών απαιτήσεων. Οι μέθοδοι οι οποίες είναι

διαθέσιμες και που μπορούν να μας δώσουν πολύ καλά αποτελέσματα σχετικά με τις απαιτήσεις σε υλικά για δεδομένη περίοδο στο μέλλον, στηρίζονται στην προβολή, στον συγκερασμό και στην αξιολόγηση στατιστικών στοιχείων και βασίζονται κυρίως στην εμπειρία και στην πολύ καλή γνώση του παρελθόντος και στην μεθοδική συγκέντρωση στοιχείων.

Εάν θεωρήσουμε ότι όλοι οι παράγοντες (π.χ. η χρήση του εξοπλισμού, απαιτήσεις συντήρησης κ.α.) οι οποίοι επηρεάζουν τις απαιτήσεις των υλικών, είναι σταθεροί, τότε θα λέγαμε ότι οι ανωτέρω μέθοδοι παρουσιάζουν ένα πάρα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα. Το πρόβλημα όμως είναι ότι αυτοί οι παράγοντες δεν είναι τελικά σταθεροί. Για παράδειγμα πάντα θα προκύψει μία μετάπτωση στην λειτουργία του εξοπλισμού, οι περιβαλλοντικές συνθήκες επηρεάζουν και αυτές ενώ δεν πρέπει να παραβλέπουμε και τον παράγοντα ηλικία ενός εξοπλισμού. Επομένως, καμία μέθοδος δεν μπορεί να είναι απόλυτα ακριβής. Έτσι ο στόχος είναι να είμαστε όσο το δυνατό πιο ακριβείς στην πρόβλεψη, προσθέτοντας παράλληλα, εφόσον αυτό είναι εφικτό και κάποιο αποδεκτό επίπεδο ασφαλείας στην όποια πρόβλεψη ώστε να μπορούμε να έχουμε και κάποιο περιθώριο λάθους.

Ας δώσουμε όμως ορισμένες επεξηγήσεις και βασικούς όρους που αφορούν στις κατηγορίες των εφεδρικών εξαρτημάτων προτού προχωρήσουμε στην όποια ανάλυση. Σε γενικές γραμμές θα λέγαμε ότι διακρίνουμε τρεις μεγάλες βασικές κατηγορίες υλικών:

1. Επισκευάσιμα Υλικά (repairable)

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα υλικά εκείνα τα οποία μετά την παρουσία κάποιας βλάβης, μπορούν να επισκευαστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Πρόκειται

για μία διαδικασία που μειώνει κατά πολύ την ποσότητα των καινούριων υλικών που πρέπει να αποκτηθούν για την κάλυψη της απαίτησης, μειώνοντας παράλληλα το κόστος της υποστήριξης. Βεβαίως ο χρόνος που χρειάζεται ένα επισκευάσιμο υλικό για αποκατάσταση της βλάβης, λαμβάνεται ως δεδομένο στην όλη διαδικασία υποστήριξης ενός εκάστοτε εξοπλισμού.

2. Αναλώσιμα (consumables)

Υλικά τα οποία κατά την χρησιμοποίησή τους χάνουν μερικώς ή ολικώς την αρχική τους μορφή.

3. Μη Επισκευάσιμα Υλικά (non repairable)

Πρόκειται για υλικά τα οποία μετά την παρουσία βλάβης ή αστοχίας δεν δύναται να επισκευαστούν. Τα υπόψη υλικά πρέπει να αντικαθίστανται ένα προς ένα μετά την εμφάνιση βλάβης (στην συγκεκριμένη κατηγορία θα λέγαμε ότι μπορούν να υπαχθούν και εκείνα τα επισκευάσιμα υλικά που τεκμηριωμένα η επισκευή τους κρίνεται αντικοινομική).

Έχοντας ως βάση τις δύο ανωτέρω κατηγορίες υλικών, επιμέρους διακρίσεις μπορούν να γίνουν διευκολύνοντας έτσι τις διαδικασίες εφοδιαστικής υποστήριξης και συντήρησης πολύπλοκων συστημάτων (π.χ. αεροσκάφη), όπως : Κατηγοριοποίηση με βάση :

- τη μορφή και την αποστολή του υλικού
- την αξία
- την ποιοτική κατάσταση
- τον χρόνο ζωής

Και βεβαίως όταν αναφερόμαστε σε έναν νέο (ή προς απόκτηση) εξοπλισμό δεν πρέπει να παραλείψουμε μία πολύ σημαντική κατηγορία, αυτή των υλικών αρχικής υποστήριξης (ένα μείγμα δηλαδή υλικών από αναλώσιμα, επισκευάσιμα, υλικά συντήρησης και συσκευών υποστήριξης), ο κύριος σκοπός των οποίων είναι η συνεχής εξασφάλιση της λειτουργίας του συστήματος έως ότου σταδιακά διαμορφωθούν και τα πρώτα ιστορικά στοιχεία ζήτησης.

Επιπλέον άξιο αναφοράς είναι και το γεγονός της κατηγοριοποίησης των διαφόρων επιπέδων/μερών ενός εξοπλισμού με βάση την “πολυπλοκότητά” τους. Ένας διαχωρισμός ο οποίος χρησιμοποιείται κατά κόρον όταν θέλουμε να περιγράψουμε τα διάφορα, μικρά και μεγάλα, μέρη/συστήματα ενός αεροσκάφους. Έτσι λοιπόν θα λέγαμε ότι ένας εξοπλισμός μπορεί να αποτελείται από:

- **Parts**

Η μικρότερη υποδιαίρεση υλικού ενός εξοπλισμού π.χ. παξιμάδι, μπουλόνι, αντίσταση κ.α. που συνήθως θεωρούνται άχρηστα μετά την αποσυναρμολόγηση.

- **Subassembly**

Συνήθως πρόκειται για τον συνδυασμό δύο ή περισσότερων parts. Είναι το μικρότερο επίπεδο του εξοπλισμού που μπορούμε να εφαρμόσουμε την διαδικασία συντήρησης, τις περισσότερες φορές με απλή αντικατάσταση των parts.

- **Assembly**

Π.χ. power supply, circuit card assembly, fuel pump. Ο συνδυασμός δηλαδή subassemblies και parts μαζί. Η διαφορά με το subassembly έγκειται στη χρήση του υλικού. Ένα assembly είναι ικανό να εκτελέσει μία συγκεκριμένη λειτουργία, σε αντίθεση με το subassembly που εξαρτάται από άλλα subassemblies για την εκτέλεση μιας λειτουργίας.

- **Unit**

Πρόκειται για το μικρότερο επίπεδο ενός εξοπλισμού το οποίο φυσιολογικά είναι ικανό να εκτελέσει από μόνο του περισσότερες από μία λειτουργίες και αποτελείται από τα παραπάνω μέρη (π.χ. electric motor, computer disk drive).

- **Group**

Είναι το αμέσως επόμενο επίπεδο και αποτελεί ουσιαστικά έναν συνδυασμό από assemblies και units τα οποία δεν είναι ικανά να εκτελέσουν από μόνα τους μία ολοκληρωμένη λειτουργία αλλά έχουν όμως την ικανότητα να συνδυάζονται αποτελεσματικά, για την εκτέλεση της συγκεκριμένης λειτουργίας.

- **Set**

Είναι ο συνδυασμός units και groups και είναι ικανά να εκτελούν ανεξάρτητα μία επιχειρησιακή λειτουργία (radar set).

- **Subsystem**

Είναι ο συνδυασμός units, groups, sets και assemblies και συναντάται συνήθως σε ιδιαίτερος πολύπλοκα συστήματα όπως τα αεροσκάφη (radar subsystem, avionics subsystem).

- **System**

Είναι το μέγιστο επίπεδο ενός εξοπλισμού. Περιλαμβάνει ένα συνολικό πακέτο από parts μέχρι subsystems και είναι ικανό να εκτελέσει πλέον μία επιχειρησιακή αποστολή (aircraft, missile system).

Όταν λοιπόν αναφερόμαστε στην προμήθεια ή επισκευή υλικών για την υποστήριξη πολύπλοκων συστημάτων, οι εκάστοτε παραγγελίες προμήθειας ή επισκευής αναφέρονται στις προαναφερθείσες κατηγορίες υλικών.

4.13.1 Spares Pipeline

Πρόκειται για την ροή εξαρτημάτων/υλικών από τον κατασκευαστή στον τελικό χρήστη. Επιπλέον η όλη διαδικασία όπως φαίνεται και στο ανωτέρω σχήμα περιλαμβάνει την αξιοποίηση των επισκευάσιμων υλικών και την επιστροφή τους για πιθανή μελλοντική χρήση. Η αρχική πρόβλεψη των εξαρτημάτων πρέπει να είναι ακριβής έτσι ώστε να ξεκινήσει σωστά η όλη διαδικασία. Τα επιπρόσθετα νέα τεμάχια που θα αγοραστούν θα ενισχύσουν την ροή, αντικαθιστώντας τα επισκευάσιμα εκείνα υλικά τα οποία παρουσίασαν εκτεταμένη βλάβη χωρίς δυνατότητα επισκευής ή η επισκευή τους κρίθηκε ανοικονομική και τελικά αχρηστεύθηκαν.

“Spares Pipeline”

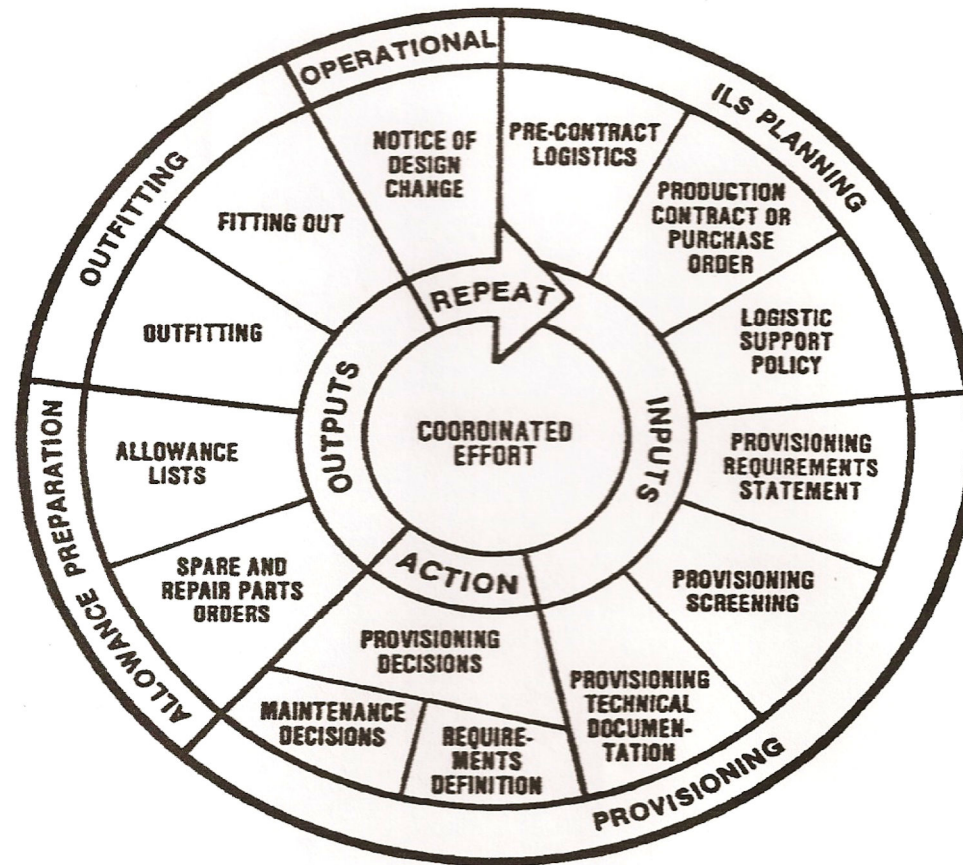
SUPPLIER ⇒ new spares ⇒ SUPPLY ACTIVITY ⇒ new or repaired spares
⇒ USER ⇒ failed spares ⇒ MAINTENANCE ACTIVITY ⇒ repaired
spares (or new spares and...) ⇒ ...SUPPLY ACTIVITY

4.14 Η Προμήθεια των Υλικών

Η προμήθεια υλικών, ιδίως για πολύπλοκα οπλικά συστήματα (αεροσκάφη), είναι μία σύνθετη διαδικασία πρόβλεψης, εντοπισμού και απόκτησης του απαιτούμενου για την

υποστήριξη του εξοπλισμού αποθέματος. Ενώ αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται κατ' ουσίαν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο σε κάθε χώρα, στην πραγματικότητα κάθε μια από αυτές έχει τις δικές της διαδικασίες, δεδομένα και απαιτήσεις.

PROVISIONING CYCLE



Εικόνα 4.10 “This figure graphically describes the full provisioning cycle that begins at the time of end item or system definition and continues until the end item or system is removed from service”, from Naval Supply Systems Command, NAVSUP Publication 541

Η προσπάθεια του NATO να κωδικοποιήσει τα υλικά έτσι ώστε οι χώρες μέλη να μπορούν, έχοντας ένα κοινό σύστημα κωδικοποίησης, να εντοπίζουν με μία σχετική ευκολία τα προς προμήθεια υλικά, έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μιας σχετικής εναρμόνισης όσον αφορά στις διαδικασίες προμήθειας. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω της ύπαρξης μιας ευρείας γκάμας κοινών πλέον δεδομένων σχετικά με τις εκάστοτε απαιτήσεις σε υλικά. Ωστόσο έχει παρατηρηθεί ότι διαφορετικές πρακτικές και κανόνες κάνουν την όλη διαδικασία μοναδική για κάθε χώρα.

Σε γενικές γραμμές η προμήθεια των υλικών, κυρίως αυτή που αναφέρεται στην υποστήριξη πολύπλοκων οπλικών συστημάτων όπως λόγω χάρη τα αεροσκάφη, συνίσταται από τα κάτωθι στοιχεία:

a. Ορισμός διαδικασιών προμήθειας

- Οργάνωση εσωτερικών διαδικασιών
- Ορισμός υπευθύνων υλοποίησης του έργου
- Σύναψη συμβολαίων με προμηθευτικούς οίκους
- Εξασφάλιση οικονομικών πόρων
- Καθιέρωση συναντήσεων με τους εξωτερικούς συνεργάτες
- Δημιουργία λίστας υλικών αναλόγως: της φύσης των υλικών, της προτεραιότητας, της σπουδαιότητας, του χρόνου προμήθειας, της δυνατότητας εξασφάλισης από εναλλακτικές πηγές κ.α.

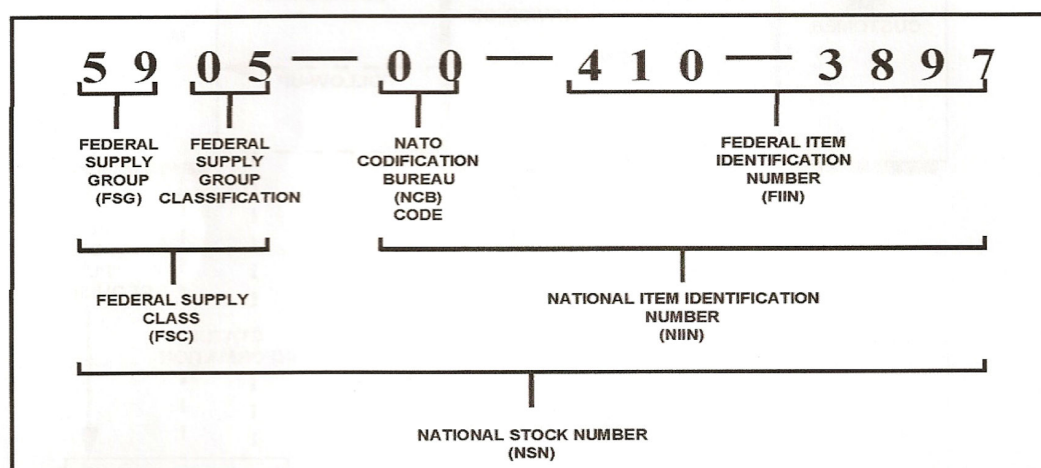
b. Χρήση τεχνικών εγχειριδίων

- Παραλαβή από τον κατασκευαστή parts list η οποία θα περιλαμβάνει όλα τα υλικά του εξοπλισμού, πληροφορίες για κάθε υλικό, λεπτομερή περιγραφή και διαδικασίες χρήσης και συντήρησης, η οποία θα λειτουργεί κάθε φορά ως το κύριο συμβουλευτικό εργαλείο για αρχικές προμήθειες υλικών αλλά και για την εν συνεχεία παρακολούθησή τους.
- Αντίστοιχη λίστα για εργαλεία και υποστηρικτικό εξοπλισμό (συσκευές ελέγχου, f/s κ.α.)
- Εγχειρίδια ασφαλούς διακίνησης και αποθήκευσης υλικών (ογκώδη, ραδιενεργά κ.α.)

c. Καταχώρηση και επεξεργασία δεδομένων

- Δημιουργία μηχανογραφικού συστήματος παρακολούθησης υλικών
- Καταχώρηση στη βάση πληροφοριών βασικά στοιχεία των υλικών, όπως:
 - Την ταυτότητα του υλικού / NSN (National or NATO Stock Number)
“A National Stock Number is simply the official label applied to an item of supply that is repeatedly procured, stocked, stored, issued, and used throughout the federal supply system. It is a unique item identifying series of numbers. When a NSN is assigned to an item of supply, data is assembled to describe the item. Some data elements include information such as an item name, manufacturer's part number, unit price, and physical and performance characteristics. NSN's are an essential part of the military's logistics supply chain used in managing, moving, storing, and disposing of material. The NSN is officially recognized by the United States government, the North Atlantic Treaty Organization (NATO), and many governments around the world. Currently, there are over 7 million NSN's in the federal supply system.”

Components of a National Stock Number



Εικόνα 4.11 From "Foreign Military Sales Customer Supply System Guide"
Fourth Revised Edition--Change 3 10 October 2003


Ένα NSN αποτελείται από είκοσι συνολικά ψηφία και χαρακτήρες. Στο ανωτέρω γράφημα δίνεται ένα παράδειγμα ενός τυχαίου υλικού στο οποίο αντιστοιχεί το συγκεκριμένο NSN. Όπου τα τέσσερα πρώτα ψηφία, FSC ή NSC (Federal or National Stock/Supply Classification), αντιστοιχούν στον τύπο του υλικού. Τα επόμενα δύο ψηφία NCB (National Codification Bureau) ή NSIC (NATO Source Identification Code), υποδηλώνουν τη χώρα προέλευσης του υλικού (π.χ. ΗΠΑ: 00 και 01, Ελλάδα: 23, κ.α.). Το NIIN (National Item Identification Number) αντιστοιχεί στον συνδυασμό του NSIC και των επτά τυχαίων ψηφίων, που ουσιαστικά μας δίνουν το συγκεκριμένο, από μία ομάδα ομοειδών, υλικό. Τα υπόλοιπα επτά ψηφία- χαρακτήρες αντιστοιχούν: 3 στο πρόθεμα (prefix code, που διακρίνουμε τον: cognizance code/2 ψηφία και τον material control code/1 ψηφίο) και 4 στην κατάληξη (suffix code, διακρίνοντας τον: special material identification code/2 ψηφία και τον activity code/2 ψηφία).

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

- Το Part Number του κατασκευαστή.
- Τον CAGE code του κατασκευαστή. Commercial and Government Entity Code.
Πρόκειται για ένα πενταψήφιο κωδικό που αντιστοιχεί σε έναν μοναδικό κατασκευαστή.
- Την ονομασία του υλικού
- Την τιμή απόκτησης υλικού
- Την ποσότητα ανά συγκρότημα και
- Όλα εκείνα τα στοιχεία που κατά περίπτωση απαιτούνται για την διευκόλυνση των διαδικασιών εντοπισμού και απόκτησης ενός υλικού

“Modern tools require modern access facilities in order to exploit the information fully”.
Searches can be performed on the following parameters:

1. Item of Supply (NSN) related data:	2. Address (NCAGE) related data:
NATO Stock Number (NSN)	NATO CAGE Code (NCAGE)
NATO Item Identification Number (NIIN)	Manufacturer/Vendor Name
NATO Codification Bureau (NCB) Code	Country UNMCRL-WEB
NATO Supply Class (NSC)	City UNMCRL-WEB
Reference Number (RN)	Postal/ZIP Code
NATO CAGE Code (NCAGE)	National Identification Number (IDN)
Manufacturer/Vendor Name	United Nations Standard Products and Services Classification Code
Item Name	North American Industrial Classification System
Item Name Code (INC)	Classification System of Economic Activities -
Code Type of item Identification Code	Reference Number Category Code
Reference Number Category Code	Reference Number Variation Code
Reference Number Variation Code	Document Availability Code
Document Availability Code	User Code
User Code	UN Code (United Nations Common Coding System)
UN Code (United Nations Common Coding System)	MRC (Technical Characteristics Search)



Εικόνα 4.12 “The NATO Master Catalogue of References for Logistics”

d. Επεξεργασία απαραίτητων στοιχείων για την προεκβολή των απαιτήσεων και εκτέλεσης της παραγγελίας

- Καθορισμός της συνιστώμενης ποσότητας (provision – inventory management)
- Γνώση του χρόνου υστέρησης της παραγγελίας (ο χρόνος από την στιγμή τοποθέτησης της παραγγελίας ως την παράδοση του υλικού)
- Τρόπος μεταφοράς (βάση της κρισιμότητας και της φύσης του υλικού)

4.15 Διαχείριση Αποθεμάτων

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί μια σημαντική ευθύνη και κρίσιμη διαδικασία για τη διοίκηση ενός συστήματος. Ως απόθεμα θεωρείται η ποσότητα οποιοδήποτε οικονομικού αγαθού, υλικού ή όχι, εισάγεται στο σύστημα και υπερβαίνει την ποσότητα του αγαθού αυτού που εξάγεται από το σύστημα. Η δημιουργία αποθεμάτων μπορεί είτε να είναι σχεδιασμένη με σκοπό να εξομαλύνει τις παρουσιαζόμενες διαφορές μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης του αγαθού είτε αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων όπως κακός προγραμματισμός ή έκτακτα φαινόμενα. Η αναγκαιότητα ύπαρξης του αποθέματος οφείλεται κυρίως στην αβεβαιότητα αναφορικά με την προσφορά και τη ζήτηση του αγαθού για την κάλυψη των εκάστοτε αναγκών.

Ο έλεγχος των αποθεμάτων (inventory control) είναι μια τεχνική με επιστημονικές βάσεις που σκοπό έχει να παρακολουθεί την αποθηκευμένη ποσότητα του αγαθού και να λαμβάνει τις σχετικές αποφάσεις όπως, πότε και σε τι ποσότητα θα πρέπει να παραγγελθεί το υλικό κα. Ένα σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων θεωρείται το σύνολο των κανονισμών και ελέγχων που καθορίζουν το ύψος των αποθεμάτων, πότε θα πρέπει τα αποθέματα να ανανεώνονται και πόσο μεγάλες θα πρέπει να είναι οι παραγγελίες. Σε ένα

παραγωγικό σύστημα, τα αποθέματα διακρίνονται σε πρώτες ύλες, τελικά προϊόντα, ενδιάμεσα προϊόντα και εφόδια. Αποθέματα δημιουργούνται και στις υπηρεσίες με την έννοια των υλικών αγαθών και προμηθειών που υποστηρίζουν την υπηρεσία αυτή.

Ο βασικός σκοπός ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων είναι να καθορίζει πρώτον πότε θα πρέπει να παραγγελθούν τα αγαθά και δεύτερον πόσο μεγάλη θα πρέπει να είναι η παραγγελιά. Ορισμένοι οργανισμοί προτιμούν να διατηρούν μακροχρόνιες σχέσεις με τους προμηθευτές τους για την ικανοποίηση των αναγκών τους. Ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων, εξοικονομεί πόρους για τον εκάστοτε οργανισμό ελαχιστοποιώντας το κόστος.

Η έννοια του αποθέματος είναι γενική και δεν περιορίζεται στην περίπτωση των πρώτων υλών, των προϊόντων και εμπορευμάτων αλλά καλύπτει ένα ευρύ φάσμα οικονομικών φαινομένων. Ανεξάρτητα από τη γενικότητα του όρου, το πρόβλημα της διαχείρισης των αποθεμάτων είναι πολύ σημαντικό για όλους τους οργανισμούς καθώς τα αποθέματα τους δεσμεύουν συνήθως ένα μεγάλο ποσοστό του κεφαλαίου τους κι έχουν σημαντικό κόστος διατήρησης.

Το πρόβλημα ελέγχου των αποθεμάτων έχει απασχολήσει σε μεγάλο βαθμό ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια την βιβλιογραφία κι έχει γίνει μεγάλη προσπάθεια ανάλυσης και εμπάθυνσης του προβλήματος. Στη θεωρητική προσέγγιση του προβλήματος, έχει δημοσιευτεί πλήθος επιστημονικών μελετών, έχουν γίνει πολλές και πολύπλοκες μαθηματικές αναλύσεις κι έχουν διατυπωθεί πολλές θεωρίες και μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων. Όμως, από πρακτικής απόψεως, μόνο ένα μικρό μέρος των θεωριών έχουν εφαρμοστεί σε πραγματικό επιχειρησιακό περιβάλλον.

Στη συνέχεια, θα παρουσιαστεί το πρόβλημα διαχείρισης των αποθεμάτων, τα μοντέλα διαχείρισης αποθέματος καθώς και η προσέγγιση του προβλήματος κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Μία διαδικασία ιδιαίτερος κρίσιμη για την εν συνεχεία υποστήριξη (επιχειρησιακή λειτουργία, συντήρηση) πολύπλοκων οπλικών και μη εξοπλισμών.

4.15.1 Το Πρόβλημα Διαχείρισης Αποθεμάτων

Το πρόβλημα διαχείρισης αποθεμάτων ορίζεται γενικώς ως πρόβλημα εξισορρόπησης μεταξύ του κόστους έλλειψης και του κόστους πλεονάσματος αποθέματος. Ένας σωστός σχεδιασμός διαχείρισης αποθεμάτων εξομαλύνει τις όποιες διακυμάνσεις της ζήτησης, ελαττώνει το κόστος και διασφαλίζει την εν συνεχεία λειτουργία ενός συστήματος.

4.15.2 Σκοπός Διατήρησης Αποθεμάτων

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές λειτουργίες που σχετίζονται με την εν γένει εφοδιαστική υποστήριξη ενός εξοπλισμού, για διάφορους λόγους. Για παράδειγμα, όταν αναφερόμαστε σε μία παραγωγική διαδικασία, αν η ζήτηση ενός προϊόντος ήταν γνωστή τότε η επιχείρηση θα μπορούσε να παράγει το προϊόν αυτό σε τέτοια ποσότητα έτσι ώστε να αντιστοιχεί ακριβώς στη ζήτηση. Επειδή όμως στην πραγματικότητα η ζήτηση είναι σπάνια γνωστή, με τη διατήρηση τελικών αποθεμάτων δίνεται η δυνατότητα στην επιχείρηση να αποσυνδέσει το παραγωγικό σύστημα από τη ζήτηση και να αντιμετωπίσει τυχόν μεταβολές της. Συνεπώς, η δημιουργία αποθεμάτων συμβάλει στην επιτάχυνση και βελτίωση της έγκαιρης παράδοσης των προϊόντων μειώνοντας τις πιθανότητες μη εκπλήρωσης μίας παραγγελιάς ή καθυστερημένης

παράδοσης. Η ύπαρξη αποθεμάτων πρώτων υλών και ενδιάμεσων προϊόντων εξασφαλίζει τη συνεχή τροφοδοσία του παραγωγικού συστήματος και την ομαλή ροή της παραγωγής, χωρίς να επηρεάζεται από καθυστερήσεις των προμηθευτών. Επίσης εξασφαλίζει την ανεξάρτητη λειτουργία των παραγωγικών σταδίων, την αύξηση του ρυθμού παραγωγής και τη μείωση του κόστους παραγωγής.

Σε πλήρη αντιστοιχία με την ανωτέρω φιλοσοφία σχετικά με την ύπαρξη αποθεμάτων βρίσκεται και η όλη διαδικασία που προστάζει την διατήρηση αποθεμάτων για την υποστήριξη της λειτουργίας και της συντήρησης πολύπλοκου εξοπλισμού και συστημάτων, όπως είναι τα αεροσκάφη και οι εκάστοτε υποστηρικτικές συσκευές. Ερωτήματα όπως ποιό το ύψος των αποθεμάτων για κάθε υλικό, μπορούν να απαντηθούν μόνο αν ληφθούν υπόψη και συνυπολογιστούν μία σειρά από διάφορες παραμέτρους, όπως θα αναλύσουμε και παρακάτω.

Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής: Κάθε καινούργια παραγγελία συνεπάγεται κόστος για κάθε οργανισμό το οποίο δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα της παραγγελίας. Συνεπώς όσο μεγαλύτερη είναι η παραγγελία, τόσο μικρότερος θα είναι ο συνολικός αριθμός των παραγγελιών και συνεπώς τόσο μικρότερο το κόστος αυτών. Επιπρόσθετα, ένας οργανισμός με τη διατήρηση αποθεμάτων έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις πληρωμές της σε προμηθευτές, κάνοντας μεγαλύτερες παραγγελίες σε περιόδους που οι τιμές των προμηθευτών είναι χαμηλές, κα.

4.15.3 Στοιχεία Κόστους Αποθεμάτων

Για την λήψη αποφάσεων σχετικά με το ύψος των αποθεμάτων, ο εκάστοτε οργανισμός/επιχείρηση θα πρέπει να λάβει υπ' όψιν και τα ακόλουθα κόστη.

- Κόστος τήρησης αποθέματος (holding/storage cost). Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει το κόστος αποθηκευτικού χώρου, το κόστος δεσμευμένου κεφαλαίου, το κόστος ασφάλισης αποθέματος, το κόστος απαρχαίωσης αποθέματος και το κόστος του χειρισμού του (handling) κατά την αποθήκευση και τη μεταφορά του. Ειδικότερα για το κόστος δεσμευμένου κεφαλαίου, αυτό πηγάζει από την ανάγκη της επιχείρησης να επενδύσει τα κεφαλαία της για την διατήρηση αποθεμάτων έναντι των άλλων εναλλακτικών χρήσεων των κεφαλαίων της. Το κόστος του δεσμευμένου κεφαλαίου είναι πάντα ίσο ή μεγαλύτερο της απόδοσης που θα είχε η επιχείρηση εάν είχε επενδύσει τα κεφάλαιά της σε χρηματοοικονομικά προϊόντα πολύ χαμηλού κινδύνου.
- Κόστος προμήθειας αποθέματος. Περιλαμβάνει τόσο το σταθερό κόστος για την τοποθέτηση μιας παραγγελίας στους προμηθευτές της επιχείρησης όσο και το κόστος αγοράς του αποθέματος από αυτούς.
- Κόστος Έλλειψης/ μη ικανοποίησης της ζήτησης (shortage cost). Αν εξαντληθούν τα αποθέματα ενός προϊόντος, η εκάστοτε επιχείρηση ή οργανισμός είναι υποχρεωμένη/νος να καθυστερήσει ή να ακυρώσει την παραγγελία χάνοντας με τον τρόπο αυτό κέρδος αλλά και φήμη. Αντίστοιχα το κόστος έλλειψης αποθέματος για τα αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας μπορεί να μεταφραστεί ως την έλλειψη δυνατότητας εκτέλεσης του κρίσιμου επιχειρησιακού τους έργου ή ακόμα επειδή μιλάμε με όρους οικονομικούς, μία επιπρόσθετη επιβάρυνση στην ανάγκη για την άμεση απόκτηση των εν ελλείψει κρίσιμων υλικών.

4.15.4 Τύποι Αποθεμάτων

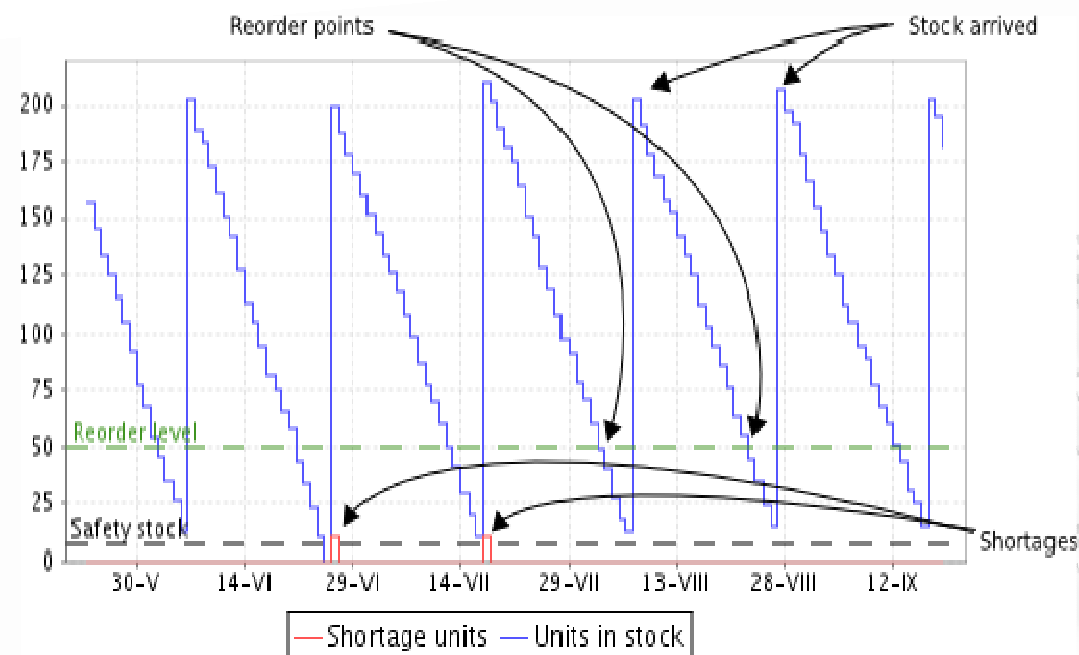
Τα αποθέματα, ανάλογα με τον τρόπο που δημιουργούνται, μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις κατηγορίες, κυκλικό, ασφαλείας, αναμονής και σε κίνηση. Τα διαφορετικά

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

αυτά είδη αποθεμάτων δεν διακρίνονται σε φυσική μορφή αλλά με βάση την αιτία της δημιουργίας τους.

➤ Το **κυκλικό απόθεμα** (cycle inventory) είναι το τμήμα του συνολικού αποθέματος που καθορίζεται άμεσα από το μέγεθος της παραγγελίας. Το ύψος του κυκλικού αποθέματος εξαρτάται από τον χρόνο ανάμεσα σε δυο παραγγελίες. Για παράδειγμα, αν γίνεται μια παραγγελία κάθε μήνα, το ύψος του αποθέματος θα πρέπει να ισούται με τη μηνιαία ζήτηση. Όσο μεγαλύτερη είναι η χρονική περίοδος ανάμεσα σε δυο παραγγελίες τόσο μεγαλύτερο θα είναι το κυκλικό απόθεμα.

➤ Προκειμένου να αποφύγουμε τα προβλήματα σχετικά με την μη διαθεσιμότητα εξαρτημάτων, συχνά κρατάμε ένα **απόθεμα ασφαλείας** (safety stock inventory). Τα αποθέματα ασφαλείας είναι χρήσιμα όταν οι προμηθευτές δεν παραδίδουν την απαιτούμενη ποσότητα στην προκαθορισμένη ημερομηνία σε αποδεκτή ποιότητα ή όταν τα παρασκευασμένα αντικείμενα έχουν υποστεί ζημιές ή απαιτούν περαιτέρω διορθώσεις. Η διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία της όποιας παραγωγικής διαδικασίας σε περίπτωση τέτοιων προβλημάτων. Για τη διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας, μία επιχείρηση κάνει μία παραγγελία νωρίτερα απ' ό,τι τη χρειάζεται πραγματικά είτε σε μεγαλύτερη ποσότητα. Η Πολεμική Αεροπορία για την υποστήριξη των αεροσκαφών, χρησιμοποιεί επίσης το απόθεμα ασφαλείας ως την ελάχιστη ποσότητα κάτω από την οποία το εναπομείναν απόθεμα χορηγείται ώστε να ικανοποιηθούν μόνο οι ανάγκες προτεραιότητας και παράλληλα αντιπροσωπεύει το ύψος εκείνο του αποθέματος που επιτρέπει τη διατήρηση της εφοδιαστικής υποστήριξης, σε περιπτώσεις διακοπής της συνηθισμένης ροής ανεφοδιασμού ή απρόβλεπτης αύξησης της ζήτησης ενός συγκεκριμένου υλικού.



Σχήμα 4.7 “Example of Stock/inventory cycle”

- Ως **απόθεμα αναμονής** (anticipation inventory) καθορίζεται το απόθεμα που χρησιμοποιείται για να απορροφήσει ανόμοια ζήτηση (ή ακόμα και σε περιπτώσεις αβεβαιότητας σχετικά με την πρόσφορα) σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Για παράδειγμα, το 90% της ετήσιας ζήτησης του πετρελαίου θέρμανσης εμφανίζεται μέσα σε τέσσερις μήνες στο χρόνο. Με τη διατήρηση αποθεμάτων αναμονής, οι επιχειρήσεις δεν είναι υποχρεωμένες να προβαίνουν σε σημαντικές αυξομειώσεις της παραγωγής που συνεπάγονται κόστος.
- Τα αποθέματα που κινούνται από το ένα σημείο του συστήματος ροής υλικών στο άλλο καλούνται **αποθέματα σε κίνηση** (pipeline inventory). Τα αποθέματα αυτά αποτελούν παραγγελίες που έχουν γίνει αλλά δεν έχουν παραληφθεί ακόμα. Μπορούν να υπολογιστούν ως η μέση ζήτηση κατά το χρόνο μεταξύ της παραλαβής δυο διαδοχικών παραγγελιών.

Στη συνέχεια της εργασίας θα δούμε πως η Π.Α. χρησιμοποιεί τους ανωτέρω τύπους, με στόχο τη σωστή διαχείριση των αποθεμάτων της.

4.15.5 Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων

Ο προσδιορισμός μιας πολιτικής για τη διαχείριση των αποθεμάτων ενός οργανισμού ή μιας επιχείρησης συνίσταται στον προσδιορισμό του πότε θα πρέπει να γίνει μια νέα παραγγελία, καθώς και της ποσότητας που θα πρέπει να παραγγελθεί κάθε φορά. Η απόφαση που θα παρθεί για μια παραγγελία θα έχει επιπτώσεις σε όλες τις επόμενες παραγγελίες και συνεπώς σε όλη τη διαχείριση αποθέματος από τη στιγμή εκείνη.

Τα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων, τα οποία κατά περίπτωση χρησιμοποιούνται για την ορθή διαχείριση των αποθεμάτων των ανταλλακτικών αεροσκαφών της Πολεμικής Αεροπορίας με την βοήθεια πλέον πλήρως μηχανογραφημένων διαδικασιών, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- 1) τα συστήματα **σταθερής ποσότητας παραγγελίας** (ή συστήματα συνεχούς παρακολούθησης αποθέματος),
- 2) τα συστήματα **σταθερής περιόδου παραγγελίας** (ή συστήματα περιοδικής παρακολούθησης αποθέματος) και
- 3) το μικτό σύστημα **επιλεκτικής αναπλήρωσης** (ουσιαστικά ο συνδυασμός των ανωτέρω δύο συστημάτων).

Ένα σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας ενεργοποιεί εντολές όταν το απόθεμα φτάσει σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο. Το γεγονός αυτό μπορεί να συμβεί οποιαδήποτε

στιγμή ανάλογα με τη ζήτηση για το υλικό αυτό. Εν αντιθέσει, ένα σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας περιορίζεται στην τοποθέτηση εντολών στο τέλος μιας προκαθορισμένης περιόδου. Για τη χρησιμοποίηση ενός συστήματος σταθερής παραγγελίας, το απόθεμα θα πρέπει να ελέγχεται συνέχεια. Το σύστημα αυτό απαιτεί κάθε φορά που προστίθεται ή αφαιρείται κάτι από το απόθεμα, να ανανεώνονται τα σχετικά αρχεία έτσι ώστε να μπορεί να καθοριστεί πότε έχει φτάσει το σημείο για νέα παραγγελία. Στο σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας, καταμετρήσεις του αποθέματος γίνονται μόνο σε περιόδους αναθεωρήσεων.

Μεταξύ των δύο συστημάτων υπάρχουν και κάποιες επιπρόσθετες διαφορές, που επηρεάζουν την επιλογή του κατάλληλου συστήματος. Για παράδειγμα, τα συστήματα σταθερής ποσότητας παραγγελίας προτιμούνται σε πιο ακριβά υλικά που έχουν μικρότερα αποθέματα. Επίσης, είναι πιο κατάλληλα για υλικά σημαντικά στην παραγωγική διαδικασία (π.χ. ανταλλακτικά), καθώς υπόκεινται σε αυστηρό έλεγχο και συνεπώς υπάρχει πιο γρήγορη αντίδραση σε περιπτώσεις εξάντλησης τους. Απαιτούν, ωστόσο, περισσότερο χρόνο για τη συντήρησή τους, καθώς για κάθε προσθήκη ή άντληση αποθέματος θα πρέπει να γίνεται η σχετική ενημέρωση. Από την άλλη πλευρά, τα συστήματα σταθερής περιόδου παραγγελίας διατηρούν μεγαλύτερα αποθέματα κατά μέσο όρο γιατί θα πρέπει να προλαμβάνουν τυχόν ελλείψεις κατά την περίοδο αναθεώρησης.

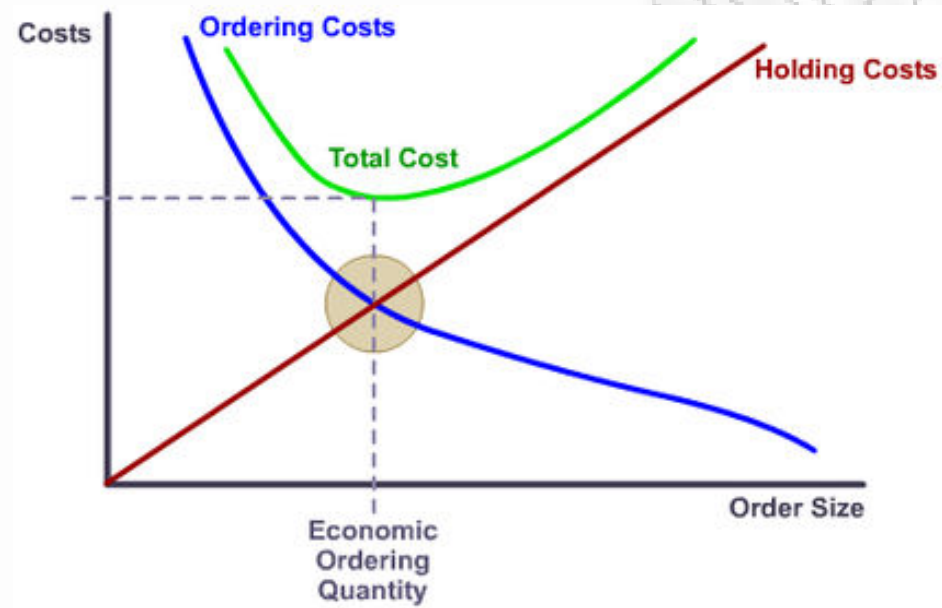
4.16 Η έννοια της Οικονομικής Ποσότητας Παραγγελίας (EOQ)

Το ερώτημα βεβαίως που τίθεται σχετικά με την διαχείριση των αποθεμάτων, είναι πως θα μπορούσαμε να προσδιορίσουμε τον βέλτιστο δυνατό τρόπο για τον εντοπισμό του κόστους που επισύρει τόσο η διαδικασία παρακολούθησης και διατήρησης του

Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

αποθέματος των ανταλλακτικών που απαιτούνται για την λειτουργία και την συντήρηση ενός εξοπλισμού όσο και της διαδικασίας παραγγελίας επιπρόσθετων ανταλλακτικών για την αναπλήρωση της βέλτιστης, κάθε φορά, ποσότητας.

Πολλές είναι εκείνες οι περιπτώσεις όπου είναι πιο cost-effective να παραγγέλνεις μεγάλες ποσότητες υλικών μειώνοντας τον αριθμό των παραγγελιών ή το αντίστροφο, με σκοπό την μείωση του ολικού κόστους αποθέματος αλλά και της εν γένει εφοδιαστικής διαδικασίας. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί με τον καθορισμό της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας, όπως φαίνεται και στο κατωτέρω σχήμα :



Σχήμα 4.8 "EOQ concept"

Από το ανωτέρω σχήμα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η οικονομική ποσότητα παραγγελίας, είναι το βέλτιστο εκείνο σημείο όπου έχουμε και το χαμηλότερο ολικό κόστος. Η φόρμα υπολογισμού της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας ενός υλικού είναι η κατωτέρω:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2(\text{Annual usage in units})(\text{Order cost})}{(\text{Annual carrying cost per unit})}}$$

Εικόνα 4.13. "EOQ formula"

Ο κύριος στόχος της ανάπτυξης του μοντέλου της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας, είναι όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η χορήγηση της απαιτούμενης ποσότητας υλικών με ταυτόχρονη μείωση του ολικού κόστους. Το εν λόγω μοντέλο, αυτούσιο ή με παραλλαγές ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις, ακολουθείται κατά κόρον (στην Πολεμική Αεροπορία το υπόψη μοντέλο με κατάλληλη διαμόρφωση χρησιμοποιείται για την κάλυψη απαιτήσεων των αεροσκαφών σε αναλώσιμα και επισκευάσιμα υλικά), ώστε να παρέχει ένα προσεκτικό σχεδιασμό και ανάλυση των υπό προμήθεια ανταλλακτικών, με σκοπό το σύστημα που υποστηρίζουν να είναι ικανό να έχει την προσδοκώμενη διαθεσιμότητα με λογικό κόστος.

4.17 Σύνοψη

Η άμεση, αποτελεσματική και συνάμα οικονομικώς αποδοτική υποστήριξη logistics, είναι απαραίτητη προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη ετοιμότητα, διαθεσιμότητα και αξιοπιστία των συστημάτων, στα πλαίσια των στόχων που θέτει και αφορούν το κόστος του κύκλου ζωής τους. Παραπάνω, έγινε μια προσπάθεια προκειμένου να καλύψουμε το σύνολο εκείνων των στοιχείων και των εννοιών που συνθέτουν την πλήρη εφοδιαστική υποστήριξη πολύπλοκων σύγχρονων συστημάτων όπως, λόγω χάρη στην περίπτωσή μας, τα αεροσκάφη.

Αναφερθήκαμε στην έννοια και τη σημασία του όρου logistics και προβάλαμε τα κύρια στοιχεία μιας πλήρους εφοδιαστικής υποστήριξης. Μελετήσαμε τη σχέση του

Logistics support με την έννοια της αξιοπιστίας ενός συστήματος και πως μπορεί αυτή να επιτευχθεί. Αναλύσαμε τις κύριες φάσεις και τις βασικές αρχές που διέπουν τα logistics κατά την εφαρμογή τους στα πλαίσια της υποστήριξης ενός συστήματος. Επικεντρωθήκαμε, στην έννοια και τους στόχους της ολοκληρωμένης εφοδιαστικής υποστήριξης (ils), καθόσον πρόκειται για μια ολοκληρωμένη πρόταση στην υποστήριξη των αεροσκαφών, που εξάλλου εφαρμόζεται κατά κόρον, έστω με τις κατά περίπτωση παραλλαγές (αναλόγως το σύστημα και το έργο που έχει να επιτελέσει, με σκοπό την επιτυχία του προγράμματος), από το σύνολο των Πολεμικών, Εμπορικών Αεροποριών και κυρίως των Αεροπορικών Βιομηχανιών.

Παρουσιάσαμε, τον κύκλο απόκτησης ενός συστήματος/υλικού και εστίασαμε στα στοιχεία εκείνα που συνθέτουν την κρίσιμη ανάλυση σχετικά με το κόστος κατά τον κύκλο ζωής ενός συστήματος/εξοπλισμού. Κάναμε λόγο για τον, απαραίτητο για ένα σύστημα, εξοπλισμό υποστήριξης, Είδαμε σε γενικές γραμμές τις διάφορες κατηγορίες των ανταλλακτικών που υποστηρίζουν ένα αεροσκάφος, τον τρόπο με τον οποίο προσδιορίζουμε και προβλέπουμε τις απαιτήσεις αλλά και κάποια βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούμε με σκοπό την προμήθειά τους, ακόμη και την σημασία που έχει η σωστή διαχείριση των αποθεμάτων που δημιουργούμε για την άμεση υποστήριξη του συστήματός μας.

Στη συνέχεια, θα επιδιώξουμε, σε γενικές γραμμές, να παρουσιάσουμε τον τρόπο με τον οποίο η Πολεμική μας Αεροπορία, αντιμετωπίζει την πρόκληση για παροχή έγκαιρης εφοδιαστικής υποστήριξης, σε έναν αρκετά μεγάλο και πολυσύνθετο – διαφορετικών τύπων και ρόλων – στόλο αεροσκαφών, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο έχει υιοθετήσει τα κρίσιμα για την επιτυχία του συγκεκριμένου έργου της στοιχεία logistics, εκείνα δηλαδή που ήδη αναπτύξαμε.

Πρέπει όμως πρωτίστως να τονίσουμε ότι, ένα κακώς δομημένο σύστημα υποστήριξης, είναι βέβαιο ότι θα οδηγήσει σε πολλαπλά και πολλές φορές ανεπανόρθωτα προβλήματα. Λόγου χάρη, μεγάλος χρόνος εκτός ενεργείας με άμεση συνέπεια την ανάληψη δαπανηρών και συχνά ατελέσφορων και σπασμωδικών ενεργειών επαναφοράς των συστημάτων στην ορθή λειτουργική/επιχειρησιακή τους κατάσταση. Ένας τρόπος προκειμένου να αποφύγουμε τις συγκεκριμένες δυσάρεστες συνέπειες είναι μέσω ενός αποτελεσματικού και ολοκληρωμένου τρόπου υποστήριξης, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω, με σκοπό την εξασφάλιση ενός συστήματος που θα είναι:

- Λειτουργικά αποτελεσματικό
- Αξίопιστο
- Διαθέσιμο ανά πάσα στιγμή
- Επιχειρησιακά ικανό
- Οικονομικώς αποδοτικό
- Υποστηρίξιμο

Κεφάλαιο 5^ο / Η Εφοδιαστική Υποστήριξη των Αεροσκαφών της Πολεμικής Αεροπορίας.

5.1 Εισαγωγικά

Προκειμένου η Πολεμική Αεροπορία να φέρει εις πέρας την αποστολή της, τόσο στα πλαίσια του αμυντικού της έργου όσο και στα πλαίσια της προσφοράς της στο κοινωνικό σύνολο, απαιτείται η επίτευξη μιας σειράς αλληλοσυνδεόμενων στόχων. Σημαντικό μερίδιο στην όλη προσπάθεια επωμίζεται η συνεχής επιδίωξη του εμπλεκόμενου προσωπικού για την υψηλότερη δυνατή διαθεσιμότητα των πτητικών μέσων. Διαθεσιμότητα, η οποία μπορεί να εκφραστεί ως αποτέλεσμα διαφόρων συνιστωσών όπως οι διαθέσιμοι οικονομικοί πόροι, η τεχνική υποστήριξη, η πολιτική συντήρησης, οι διαθέσιμες πηγές ανεφοδιασμού κλπ. Κρίσιμη βεβαίως συνιστώσα της συγκεκριμένης επιδίωξης, αποτελεί η άρτια και οργανωμένη, σε όλους τους τομείς, εφοδιαστική υποστήριξη, ενός στόλου που διακρίνεται για την ποικιλομορφία του και τους πολλαπλούς του ρόλους. Ας δούμε όμως ποια είναι τα πτητικά εκείνα μέσα της Πολεμικής Αεροπορίας, τα οποία χρήζουν αυτής της άρτιας και καλά οργανωμένης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, εφοδιαστικής υποστήριξης:

- **F-16C/D Block-52+ advanced** (30)
- **F-16C/D Block-52+** (60)
- **F-16C/D Block-50** (40)
- **F-16C/D Block-30** (32)
- **Mirage 2000-5Mk2** (15)
- **Mirage 2000EG/BG** (32)
- **F-4E Phantom -2000** (34)



F-16C/D Block-52+

- **F-4E Phantom II** (25)
- **RF-4E Phantom II** (24)
- **A-7E/H** (60)
- **ERIEYE/EMB-145-H** (4)
- **C-130-H/B** (15)
- **C-27J SPARTAN** (12)
- **T-6A TEXAN II** (45)
- **T-2E** (40)
- **T-41D** (20)
- **AS-332 CSAR Helicopter** (6)
- **AB-205 Helicopter** (13)
- **AB-212 Helicopter** (4)
- **CL-415 Fire –fighting aircraft** (10)
- **CL-215 Fire –fighting aircraft** (14)
- **PZL M-18** (21)
- **G-16** (12)
- **GULFSTREAM** (1)
- **EMB** (2)



EMB -145AEW-C



T-6A TEXAN II



CL-415

Εικόνα 5.1 type of aircrafts and number of units,

Πηγή Greek Defence News, August 2009

Παρατηρούμε ότι, για τα δεδομένα του μεγέθους της χώρας (σε όλα τα επίπεδα..) πρόκειται για έναν αρκετά μεγάλο αριθμό αεροσκαφών, όπως είπαμε διαφορετικών ρόλων, από διάφορες χώρες προέλευσης και επομένως είναι εύκολο να κατανοήσουμε και τις όποιες τυχόν δυσκολίες και ιδιαιτερότητες σχετικά με την εφοδιαστική τους υποστήριξη. Σε γενικές γραμμές θα λέγαμε ότι η Πολεμική Αεροπορία στα πλαίσια της ολοκληρωμένης έννοιας της υποστηριξιμότητας των πτητικών της μέσων, εστιάζει στους εξής βασικούς άξονες:

- Στην τεχνική υποστήριξη (που αναλύσαμε στα προηγούμενα κεφάλαια), με αποστολή την διατήρηση του υλικού σύμφωνα με τα ισχύοντα τεχνικοοικονομικά δεδομένα, σε κατάσταση άμεσης, ασφαλούς και αποδοτικής λειτουργίας και χρησιμοποίησης.
- Στις μεταφορές, με στόχο την πλήρη εκμετάλλευση των μεταφορικών μέσων προς κάλυψη των όποιων μεταφορικών αναγκών.
- Στα έργα υποδομής και εγκαταστάσεων που άμεσα ή έμμεσα εξυπηρετούν και υποστηρίζουν τις αεροπορικές επιχειρήσεις.
- Στην εκπαίδευση του προσωπικού που εμπλέκεται στην υποστήριξη των πτητικών μέσων και στην παροχή όλων των επιπρόσθετων δυνατών διευκολύνσεων με σκοπό την επιτυχή διεκπεραίωση του έργου τους.
- Στον καθορισμό αρμοδιοτήτων στα εμπλεκόμενα όργανα του εφοδιασμού
- Στην εκπόνηση κανονισμών που αφορούν την καθιέρωση, τροποποίηση ή αναθεώρηση των μεθόδων εφοδιασμού
- Και βεβαίως, σε αυτό που κυρίως εξετάζουμε και αφορά στον καθεαυτό εφοδιασμό, που έχει ως κύριο στόχο:
 - την πρόβλεψη, εκτίμηση και προβολή των αναγκών
 - την απόκτηση
 - την παραλαβή
 - την αποθήκευση
 - τη σωστή συντήρηση, διατήρηση και διαχείριση
 - τη χορήγηση
 - τη διακίνηση και
 - την λογιστική παρακολούθηση των υλικών των αεροσκαφών και του απαιτούμενου επίγειου εξοπλισμού υποστήριξης.

Από την επιτυχία ή όχι της αποστολής των ανωτέρω αξόνων, εξαρτάται και η επίτευξη ή όχι της υψηλής διαθεσιμότητας των αεροσκαφών, που όπως ήδη αναφέρθηκε είναι το ζητούμενο και η βασική επιδίωξη για την επιτυχή υλοποίηση του επιχειρησιακού έργου ή όποιου άλλου έργου ανατίθεται από την Πολιτεία στην Πολεμική Αεροπορία.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα επιδιώξουμε να αναλύσουμε τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται η υλοποίηση του έργου της εφοδιαστικής υποστήριξης των αεροσκαφών της Πολεμικής Αεροπορίας, δια μέσω των διαδικασιών και των δραστηριοτήτων που διέρχονται του 201 Κέντρου Εφοδιασμού της Πολεμικής Αεροπορίας. Τον κύριο δηλαδή άξονα ρεαλιστικής εφοδιαστικής έκφρασης και απεικόνισης παρόμοιων δραστηριοτήτων υποστήριξης, που ξεκινούν από την εκάστοτε Αεροπορική Μονάδα δια μέσω των Μοιρών Υποστήριξης (Μοίρα Εφοδιασμού, Μοίρα Συντήρησης Βάσης κλπ) και καταλήγουν δια μέσω του 201 ΚΕΦΑ στο αρμόδιο επισκευαστικό ή προμηθευτικό κέντρο του εσωτερικού ή του εξωτερικού εφόσον αυτό απαιτείται.

5.2 Ο ρόλος και η δομή του 201 Κέντρου Εφοδιασμού (201 ΚΕΦΑ)

Το 201 Κέντρο Εφοδιασμού είναι το βασικό κέντρο εφοδιασμού της Πολεμικής Αεροπορίας, υπάγεται διοικητικά και επιχειρησιακά στη Διοίκηση Αεροπορικής Υποστήριξης (η ΔΑΥ έχει ουσιαστικά την ευθύνη της ομαλής εφοδιαστικής υποστήριξης των Μονάδων και των Υπηρεσιών της Πολεμικής Αεροπορίας μέσω των Εφοδιαστικών και των Επισκευαστικών Κέντρων που υπάγονται σε αυτή) και αποστολή του είναι η παροχή έγκαιρης εφοδιαστικής υποστήριξης στις Μονάδες της Πολεμικής Αεροπορίας με το μικρότερο δυνατό κόστος, για την επίτευξη υψηλού επιπέδου διαθεσιμότητας των αεροπορικών δυνάμεων τόσο σε ειρηνική όσο και σε πολεμική περίοδο. Ευθύνεται

ουσιαστικά για την εφοδιαστική υποστήριξη των αεροσκαφών σε όλες τις κατηγορίες υλικών πλην των πυρομαχικών και των εκρηκτικών.



Εικόνα 5.2. Θυρεός 201 ΚΕΦΑ

Οι κύριες εγκαταστάσεις του βρίσκονται στο Αεροδρόμιο της Ελευσίνας, ενώ κλιμάκιο υπάρχει και στην Τανάγρα (κυρίως για την άμεση διεκπεραίωση διαδικασιών που σχετίζονται με την Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία). Στο 201 ΚΕΦΑ υπάγονται και διοικητικά οι ακόλουθες Μονάδες:

- 1ο Προωθημένο Εφοδιαστικό Κέντρο (1^ο ΠΕΚ)
- 2ο Προωθημένο Εφοδιαστικό Κέντρο (2^ο ΠΕΚ)
- 3ο Προωθημένο Εφοδιαστικό Κέντρο (3^ο ΠΕΚ),

που ως αποστολή έχουν την εξυπηρέτηση των σχεδίων γεωγραφικής διασποράς των αποθεμάτων υλικού του 201 ΚΕΦΑ καθώς και την εγγύς εφοδιαστική υποστήριξη των όμορων Μονάδων.

Το 201 ΚΕΦΑ συγκροτείται από τις κατωτέρω Διευθύνσεις και Τομείς:

- ✚ Διεύθυνση Επιχειρήσεων – Υποστήριξης
- ✚ Διεύθυνση Απαιτήσεων

- ✚ Διεύθυνση Οικονομικού
- ✚ Διεύθυνση Πολιτικού Προσωπικού
- ✚ Τομέα Διοίκησης Υλικού
- ✚ Τομέας Ανεφοδιασμού
- ✚ Τομέας Γενικών Αποθηκών
- ✚ Τομέας Λογιστικής Παρακολούθησης Υλικού
- ✚ Τομέας Παραλαβής – Αποστολής Υλικού
- ✚ Τομέας Μηχανοργάνωσης

Την όλη λειτουργία του Κέντρου Εφοδιασμού έρχεται να συμπληρώσει η Υπηρεσία Διακίνησης, η οποία αποτελεί και τον κύριο μεταφορικό φορέα της Π.Α. στο εσωτερικό της χώρας. Πρόκειται για μία Υπηρεσία που μεριμνά για την διακίνηση των υλικών που αποστέλλονται από το 201 ΚΕΦΑ στις Μονάδες και αντίστροφα, για τον εκτελωνισμό και παραλαβή από τους μεταφορείς των υλικών τα οποία προωθούνται από τα κέντρα ανεφοδιασμού ή επισκευών και αντίστροφα και τέλος παρέχει στις ενδιαφερόμενες Μονάδες πληροφορίες σχετικά με τα στοιχεία μεταφοράς των υλικών.

Παρατηρούμε ότι η δομή του Κέντρου Εφοδιασμού προσομοιάζει, τουλάχιστον σε ότι αφορά τους κύριους τομείς εφοδιαστικής υποστήριξης, με την δομή μιας εταιρείας logistics. Ας αναλύσουμε τους κυριότερους τομείς προκειμένου να έχουμε μία ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τις εφοδιαστικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα.

5.3 Τομέας Διοίκησης Υλικού

Πρόκειται κυριολεκτικά για την “καρδιά” του 201 ΚΕΦΑ, εκεί δηλαδή που βρίσκονται οι υπεύθυνοι για την παρακολούθηση των υλικών των αεροσκαφών της Π.Α. , οι αντίστοιχοι δηλαδή logistics managers μιας εταιρείας παροχής υπηρεσιών logistics. Οι κύριες αρμοδιότητες των υπεύθυνων για την παρακολούθηση των υλικών είναι σε γενικές γραμμές οι εξής:

- Ο έλεγχος των αιτήσεων των Μονάδων που καταχωρούνται στο Μηχανογραφικό Σύστημα Παρακολούθησης Υλικού (ΜΗΣΠΥ)
- Ο έλεγχος των αιτήσεων των Μονάδων που για κάποιο λόγο απορρίφθηκαν από το ΜΗΣΠΥ
- Η εκδήλωση ενεργειών για την ικανοποίηση των αιτήσεων των Μονάδων (αναλόγως προτεραιότητας)
- Η παρακολούθηση των κρίσιμων υλικών και η εκδήλωση κατάλληλων ενεργειών σε συνεργασία με τις υπόλοιπες Διευθύνσεις και Τομείς (και προϊστάμενες Αρχές) με σκοπό τη συντομότερη άρση της κρισιμότητας
- Η ορθή κωδικοποίηση και καταχώρηση στη βάση πληροφοριών του ΜΗΣΠΥ όλων των απαραίτητων, για την ορθή Διοίκηση Υλικού, πληροφοριών
- Η αναγνώριση, ταξινόμηση και κωδικοποίηση των υλικών που αιτούνται για πρώτη φορά



Εικόνα 5.3 Picture from the presentation of Air Force Global Logistics Support Center (AFGLSC / 19-25 October 2008)

Σχετικά με την διαβίβαση των αιτήσεων των Μονάδων στο 201 ΚΕΦΑ, είναι απαραίτητο να κάνουμε την κατωτέρω αναφορά, που δείχνει την διαδικασία την οποία οι Μονάδες ακολουθούν εσωότου απευθυνθούν στο Κέντρο Εφοδιασμού για την ικανοποίηση κάποιας αίτησης. Μία σύγχρονη Αεροπορική Μονάδα δομείται από τις Μοίρες των Αεροσκαφών και τις αντίστοιχες Μοίρες Υποστήριξης, όπως λόγω χάρη η Μοίρα Εφοδιασμού (ΜΕΦ) και η Μοίρα Συντήρησης Βάσης (ΜΣΒ). Στη Μοίρα Εφοδιασμού τηρούνται ανταλλακτικά αεροσκαφών πρώτου και δευτέρου βαθμού συντήρησης, τα οποία προωθούνται τόσο στη γραμμή πτήσης όσο και στη Μοίρα Συντήρησης Βάσης για αποκατάσταση της βλάβης. Εάν απαιτηθεί η εκδήλωση ενεργειών εργοστασιακής συντήρησης προωθούνται τα προς επισκευή ανταλλακτικά στους κατάλληλους επισκευαστικούς φορείς εσωτερικού ή εξωτερικού μέσω των εφοδιαστικών κέντρων. Σε κάθε περίπτωση είτε η Μονάδα αιτείται κάποιο αναλώσιμο υλικό ή την επιστροφή του αξιοποιημένου πλέον επισκευάσιμου, αυτή η απαίτησή της εκφράζεται με

μια αίτηση η οποία είτε θα ικανοποιηθεί αμέσως από την ύπαρξη τυχόν διαθέσιμου αποθέματος, είτε θα γίνουν οι κατάλληλες ενέργειες ικανοποίησης της αίτησης (μέσω προμήθειας ή επισκευής), με διαδικασίες άμεσες, επείγουσες ή κοινές ανάλογα με την προτεραιότητα που ακολουθεί την εκάστοτε αίτηση.

Όσον αφορά στον εκάστοτε manager, πέρα από τις αρμοδιότητες/υποχρεώσεις που είδαμε πιο πάνω, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι είναι υπεύθυνος για την παρακολούθηση των υλικών ενός (ή και περισσότερων) αεροσκαφών. Βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με τους αρμόδιους στις αντίστοιχες Μονάδες που εδρεύουν τα αεροσκάφη, τα υλικά των οποίων παρακολουθεί, συνεργάζεται άμεσα με τους υπεύθυνους των προϊστάμενων Αρχών και βρίσκεται σε ανοικτή επικοινωνία με τα αντίστοιχα γραφεία προμηθειών – υποστήριξης των Αεροπορικών Ακολούθων ή Συνδέσμων που εδρεύουν στη χώρα προέλευσης των αεροσκαφών ή αντίστοιχα στη χώρα του προμηθευτικού ή επισκευαστικού φορέα που έχουμε απευθυνθεί για την ικανοποίηση της αίτησης. Εκμεταλλεύεται πλήρως τα διαθέσιμα μηχανογραφικά προϊόντα, χρησιμοποιεί τις εγκεκριμένες και κοινές για τις χώρες του NATO βάσεις δεδομένων (FED LOG – *FED LOG is a logistics information system that allows you to retrieve information from the Federal Logistics Information System / FLIS* - και NATO NMCRL), επιδιώκει την ενημέρωση σχετικά με την πορεία μιας παραγγελίας ή επισκευής ή κατασκευής (παρακολούθηση status κλπ), κ.α. .

Οι έννοιες της Συντήρησης, της Αξιοπιστίας και της Εφοδιαστικής Υποστήριξης. Εφαρμογή στα αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας.

S/A	SOS	AAC	QUP	UI	Unit Price	A/E	MMYY	SLC	CIIC	RC	MGMT	CTL	US
PC	Phrase	Statement				UI	Conv	Factor	OOU	JTC			
DA	A12	D	1	EA	10.28			0	U				I
DA	A12	D	1	EA	10.28			0	U	Z	B22WSX-		A
DF	A12	D	1	EA	10.28			0	U	N	SF9SX-N		F
DM	A12	D	1	EA	10.28			0	U	Z	1-56---		M
DN	A12	D	1	EA	10.28			0	U		9E-----		N

Part Number	CAGE	SC	C	CC	VC	C	AAC	MSDS	SADC
MILD38024	81349	M	2	4	1	X	XX		
61D2459	81337	A	2	3	2	1	ZZ		
61D2459	98750	H	2	5	9	1	SE		

CAGE Code: 81337	Status: A	Type: A	CAO: S2206A	ADP: HQ0337
------------------	-----------	---------	-------------	-------------

Company Name and Address:
 US ARMY NATICK SOLDIER CENTER AMSRD-NSC-AD-B
 15 KANSAS ST
 NATICK MA 01760 Phone: 508-233-5431
 UNITED STATES FAX:
 FORMERLY US ARMY NATICK RESEARCH AND DEVELOPMENT LABORATORIES ATTN DRDNA

RPLM Code:	ASSOC Code:	AFFIL Code:
SIZE: N	Primary Business: N	Type of Business: N
SIC Codes:		Women Owned: N

NAME	ITEM NAME	DROGUE, PARACHUTE STATIC LINE
TEXT	GENERAL CHARACTERISTICS	MATERIAL, NYLON CLOTH DUCK,
	ITEM DESCRIPTION	OLIVE DRAB; DIM., 5.732 IN.
		PORM 0.188 IN. DIA AT FRONT
		END, 2.786 IN. PORM 0.188
		IN. DIA AT REAR END, 8.250

Εικόνα 5.4 “FED LOG, the military’s digital answer to managing an enormous supply and logistics infrastructure, from Defense Logistics Information Center”

5.3.1 Ο τρόπος αξιολόγησης μιας απαίτησης

Το σημαντικότερο βήμα ώστε να ολοκληρωθεί επιτυχώς ο κύκλος της εφοδιαστικής υποστήριξης που αφορά σε ένα συγκεκριμένο υλικό, διέρχεται δια μέσω της σωστής αξιολόγηση της αρχικής του απαίτησης. Υπεύθυνος για την όλη διαδικασία είναι ο manager του συγκεκριμένου υλικού ο οποίος δέχεται τη συγκεκριμένη απαίτηση συνοδευόμενη από ένα πλήθος πληροφοριών (αυτές οι οποίες περιέχονται σε μια Κατάσταση Διοίκησης Υλικού / ΚΔΥ και αφορούν τόσο στην ίδια την αίτηση όσο και στο ίδιο το υλικό. Ενδεικτικά, σε μια ΚΔΥ περιέχονται πληροφορίες όπως το NSN , τυχόν

εναλλακτά η υποκατάστατα υλικά, ο κωδικός χρήσης του υλικού, η τιμή κτήσης, σύνολο αποθεμάτων, εκκρεμείς παραγγελίες ή επισκευές, status, προτεραιότητες κ.α.). Παρακάτω θα περιγράψουμε ενδεικτικά μία σειρά στοιχείων που λαμβάνουμε υπόψη στην εν λόγω διαδικασία, καθόσον αποτελούν έναν μοναδικό τρόπο απεικόνισης - σκιαγράφησης των πληροφοριών, των εφοδιαστικών στοιχείων αλλά και των διαθέσιμων πηγών ανεφοδιασμού, που λαμβάνει κατά νου και επεξεργάζεται ο εκάστοτε manager, σε μία προσπάθεια για την καλύτερη – ταχύτερη δυνατή ικανοποίηση της απαίτησης.

1. Εξετάζεται η προτεραιότητα και το είδος της αίτησης
2. Εξετάζεται εάν πρόκειται για υλικό ΛΟΛ ή ΛΟΖ
3. Εξετάζεται εάν πρόκειται για υλικό αναλώσιμο ή επισκευάσιμο ή αν ανήκει σε άλλη κατηγορία
4. Εξετάζεται η ύπαρξη τυχόν διαθέσιμου αποθέματος σε 201 ΚΕΦΑ, Μονάδες, ΠΕΚ, Εργοστάσια, ΕΑΒ και ενεργούμε αναλόγως
5. Εξετάζεται η ύπαρξη αποθέματος σε εναλλακτά ή υποκατάστατα
6. Εξετάζεται η ύπαρξη καθοδόν εύχρηστου αποθέματος
7. Εξετάζονται τα status των εκκρεμουσών παραγγελιών ή επισκευών ή κατασκευών (Πολλές είναι εκείνες οι φορές που τα status δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα καθόσον παρατηρείται χρόνος υστέρησης εωσότου ενημερωθεί η εκάστοτε Β.Π. κι έτσι απαιτείται μία συνεχής επικοινωνία με τους εκάστοτε αρμόδιους).
8. Εξετάζεται εάν υπάρχουν εκκρεμείς παραγγελίες και γίνονται οι αντίστοιχες επισπεύσεις εάν απαιτείται
9. Εξετάζεται εάν υπάρχουν υλικά σε επισκευαστικά κέντρα και γίνονται οι αντίστοιχες επισπεύσεις αξιοποίησης εάν απαιτείται

10. Εξετάζεται εάν το υλικό υποστηρίζεται από πηγές FMS, NAMSA, AA, συμβάσεις ΚΟΚ.
11. Τοποθετούνται παραγγελίες σε αρμόδια ανεφοδιαστικά κέντρα εσωτερικού ή εξωτερικού
12. Εξετάζουμε εάν υπάρχει απόθεμα επισκευασίμων
13. Προωθούνται επισκευάσιμα για αξιοποίηση σε αντίστοιχα επισκευαστικά κέντρα εσωτερικού ή εξωτερικού
14. Εξετάζεται τυχόν δυνατότητα κατασκευής σε Μονάδα, σε ΕΑΒ Α.Ε. ή εργοστάσια της Π.Α
15. Τοποθετούμε εντολή προμήθειας ή επισκευής σε οίκους εσωτερικού – εξωτερικού
16. Εξετάζουμε εάν ευσταθούν οι πληροφορίες σχετικά με τις πηγές υποστήριξης και εάν όχι τις ενημερώνουμε
17. Ενημερώνουμε το status της αίτησης ανάλογα με την ενέργεια στην οποία έχουμε προβεί για την κάλυψή της
18. Συμβουλευόμαστε FED LOG, NMCRL
19. Συμβουλευόμαστε τα επιπρόσθετα μηχανογραφικά προϊόντα (π.χ. καταστάσεις με εκτιμώμενες ημερομηνίες παραλαβής παραγγελιών κοινής προτεραιότητας κ.α.)
20. Είμαστε σε συνεχή επικοινωνία με τους εμπλεκόμενους, μέχρι την ικανοποίηση της αίτησης

Τα ανωτέρω και μια πλειάδα άλλων διεργασιών, αναλόγως την περίπτωση που κάθε φορά καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε, σκιαγραφούν μια διαδικασία ιδιαίτερας κρίσιμης, η επιτυχία της οποίας αντικατοπτρίζει ένα συνολικά υψηλό επίπεδο εφοδιαστικής υποστήριξης για κάθε τύπο αεροσκάφους.

5.4 Τομέας Ανεφοδιασμού

Θα λέγαμε ότι αποτελεί, αυτό που σε μια εταιρεία logistics θα ονομάζαμε, τμήμα προμηθειών του Κέντρου Εφοδιασμού. Οι κύριες αρμοδιότητες του εν λόγω τμήματος επιγραμματικά είναι οι κατωτέρω:

- Τοποθετεί παραγγελίες στις πηγές ανεφοδιασμού για την απόκτηση των υλικών που απαιτούνται από τις εκάστοτε Μονάδες, για την υποστήριξη των αεροσκαφών
- Προωθεί τα επισκευάσιμα υλικά που επιστρέφουν οι Μονάδες σε επισκευαστικά κέντρα του εσωτερικού ή εξωτερικού για αξιοποίηση και τα επανεντάσσει πλέον ως εύχρηστα
- Παρακολουθεί τις συμβάσεις και τα διάφορα επισκευαστικά και κατασκευαστικά προγράμματα
- Παρακολουθεί την οριστικοποίηση των δικαιολογητικών χορήγησης υλικού

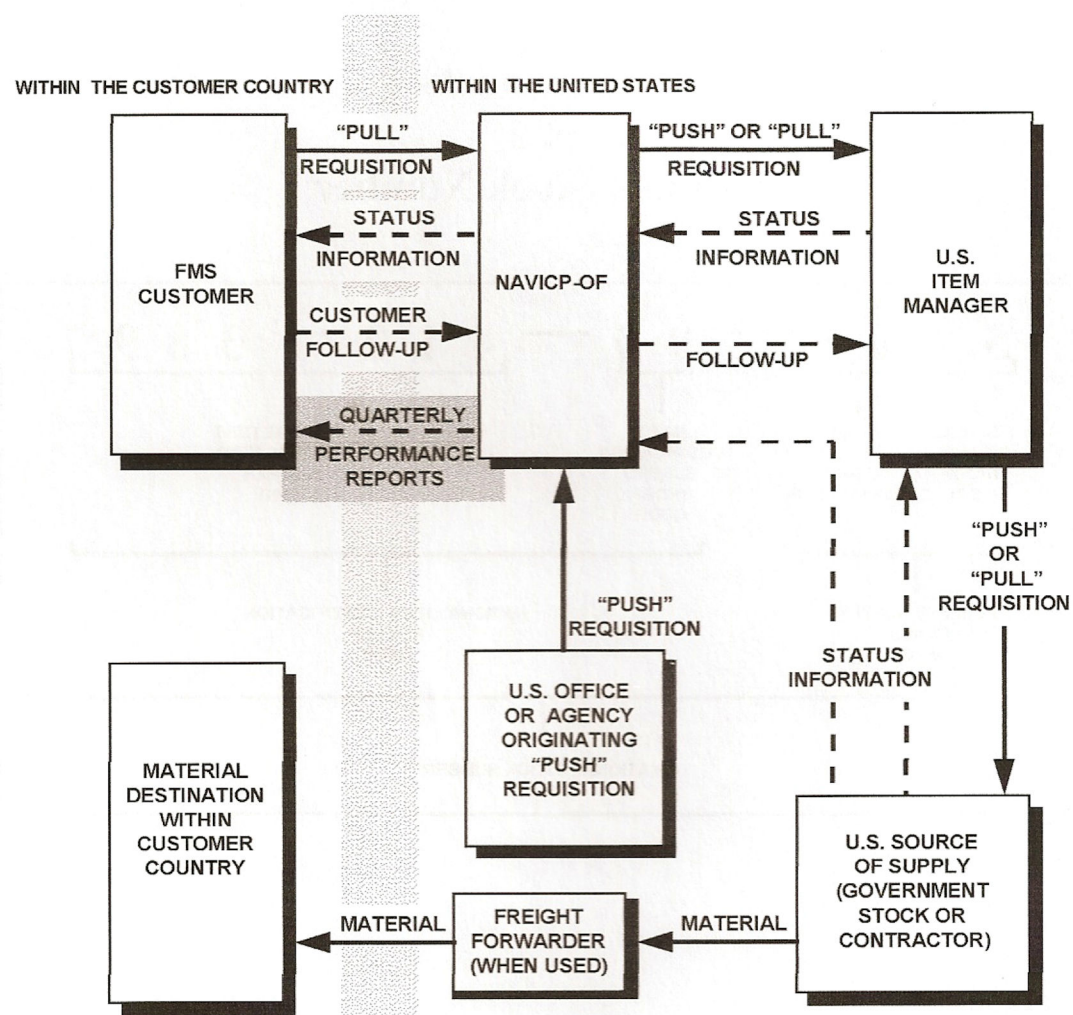
Σε ποιες όμως πιστοποιημένες πηγές ανεφοδιασμού απευθύνεται το 201 ΚΕΦΑ για την υποστήριξη των αεροσκαφών αλλά και του εξοπλισμού υποστήριξης;

Αυτές οι πηγές είναι οι εξής:

- Κέντρα Εφοδιασμού ΗΠΑ (μέσω των προγραμμάτων FOREIGN MILITARY SALES - FMS)
- Κέντρο Εφοδιασμού NAMSA
- Γαλλικές Εταιρείες
- Βιομηχανικοί – Εμπορικοί Οίκοι
- Συμμαχικές Χώρες (NLSE – MESS)
- Κέντρα Επισκευών Εξωτερικού (FMS, NAMSA, Επισκευαστικοί Οίκοι)

- Εργοστάσια Π.Α.
- Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία (ΕΑΒ ΑΕ)
- Υπηρεσία Αεροπορικών Εκδόσεων (ΥΑΕ)
- Κέντρα Εφοδιασμού και Επισκευών Σ.Ξ. & Π.Ν
- Εμπόριο

The Complete FMS Requisitioning Process



Σχήμα 5.1 From "Foreign Military Sales Customer Supply System Guide"

Fourth Revised Edition--Change 3 10 October 2003

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία τη μερίδα του λέοντος όσον αφορά στις προμήθειες εξωτερικού κατέχουν τα Κέντρα Εφοδιασμού των ΗΠΑ / FMS (σε ποσοστό σχεδόν 50% απευθυνόμαστε εκεί για την προμήθεια ή επισκευή των υλικών). Από την άλλη, όσον αφορά δηλαδή στις προμήθειες εσωτερικού, με ποσοστό πάνω από 50% απευθυνόμαστε στην Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία (το μεγάλο αυτό ποσοστό μεταφράζεται ως αποτέλεσμα των διαφόρων ετήσιων προγραμμάτων επισκευών / κατασκευών).

5.5 Τομείς Γενικών Αποθηκών και Παραλαβής & Αποστολής Υλικού

Αποτελούν τους τομείς εκείνους του Κέντρου Εφοδιασμού που επωμίζονται την ευθύνη για:

- Την παραλαβή των υλικών από τις πηγές ανεφοδιασμού
- Την επιθεώρηση των υλικών προτού την οριστική παραλαβή και την εισαγωγή τους στο ΜΗΣΠΥ
- Την εναποθήκευση και σωστή διατήρηση των υλικών στους αποθηκευτικούς χώρους του 201 ΚΕΦΑ



Εικόνα 5.5 Αποθήκες Υλικού συνολικής έκτασης 45.500m²



Εικόνα 5.6 Ράμπες συνολικής έκτασης 16.000m²

- Την χορήγηση των υλικών κατόπιν αιτήσεων των Μονάδων
- Την προώθηση των επισκευάσιμων υλικών σε επισκευαστικά κέντρα εσωτερικού και εξωτερικού
- Την κατάλληλη συσκευασία και σήμανση των προς αποστολή υλικών
- Την εισαγωγή στο ΜΗΣΠΥ των πληροφοριών αποστολής των υλικών (π.χ. ημερομηνία αποστολής, τρόπος μεταφοράς κα)

5.6 Τομέας Μηχανοργάνωσης

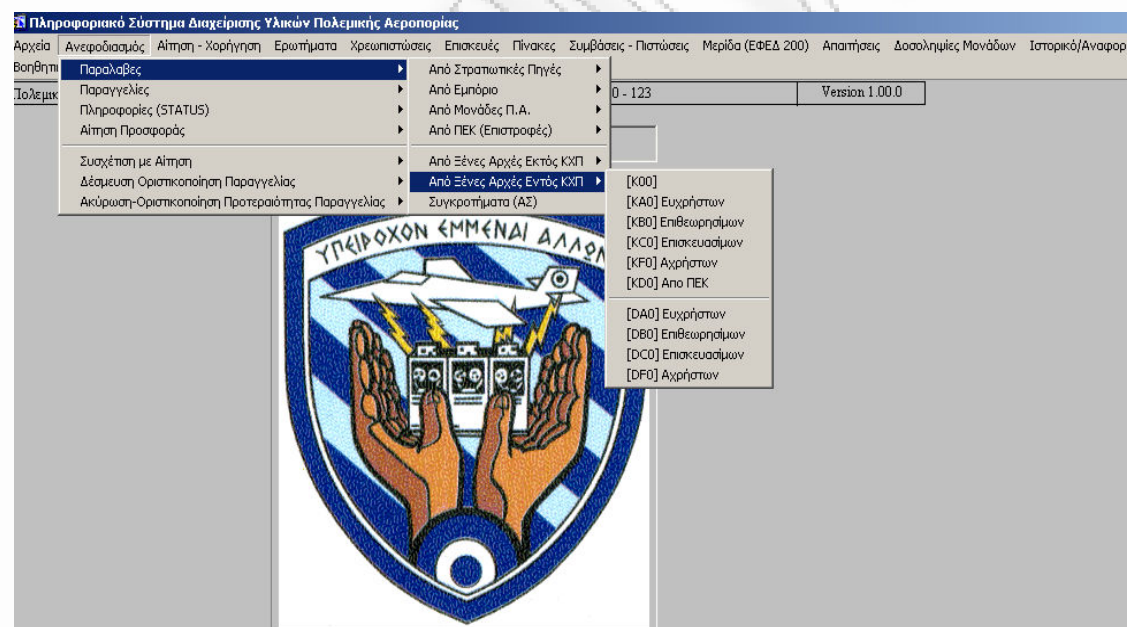
Η εμπλοκή του Τομέα Μηχανοργάνωσης στην υποστήριξη των αεροσκαφών της Π.Α. είναι ιδιαίτερα σημαντικός ιδίως σήμερα όπου η ταχύτητα ροής της πληροφορίας παίζει ρόλο σημαντικό σε τέτοιου είδους διεργασίες. Σε γενικές γραμμές θα λέγαμε ότι ο εν λόγω Τομέας:

- Διασφαλίζει την ομαλή λειτουργία του Μηχανογραφικού Συστήματος Παρακολούθησης Υλικών
- Παράγει τα απαιτούμενα μηχανογραφικά παραστατικά όπως π.χ. γραμμάτια δοσοληψιών

- Εκδίδει τις απαιτούμενες, για επεξεργασία και ενημέρωση, σύμφωνα με τις διαταγές καταστάσεις υλικού (π.χ. πληροφορίες προόδου ικανοποίησης αιτήσεων κ.α.)
- Εκδίδει έκτακτα μηχανογραφικά προϊόντα (π.χ. στατιστικά στοιχεία, οικονομικά στοιχεία κ.α.) που απαιτούνται για την λήψη οικονομοτεχνικής απόφασης
- Μεριμνεί για την συνεχή βελτίωση και αναβάθμιση του λογισμικού
- Παρέχει τεχνική υποστήριξη στις συνδεδεμένες με το ΜΗΣΠΥ Μονάδες κ.α.

5.7 Το Μηχανογραφικό Σύστημα Παρακολούθησης Υλικού (ΜΗΣΠΥ)

Το Μηχανογραφικό Σύστημα Παρακολούθησης Υλικού της Πολεμικής Αεροπορίας, διαδραματίζει έναν ιδιαίτερος καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία της αποστολής του έργου της εφοδιαστικής υποστήριξης των αεροσκαφών και κατ' επέκταση και στην διατήρηση του υψηλού επιπέδου διαθεσιμότητας των πτητικών και των μέσων υποστήριξης της Π.Α., που είναι και το ζητούμενο. Πρόκειται για ένα εξελιγμένο σύστημα ERP, το οποίο χαρακτηρίζεται από ευελιξία και ευχρηστικότητα.

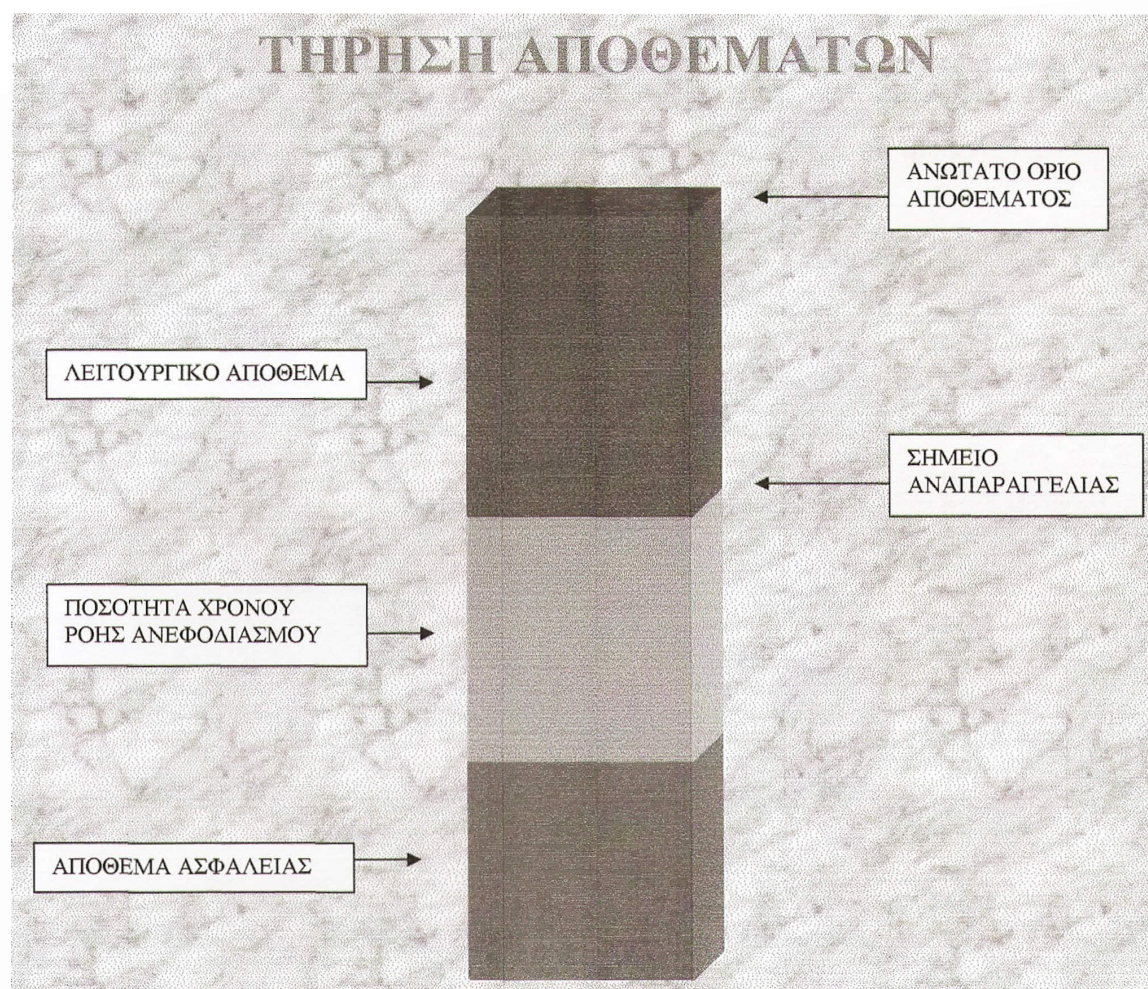


Εικόνα 5.7 Αρχική σελίδα Πληροφοριακού Συστήματος Διαχείρισης Υλικών
Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

Το αντικείμενο του ΜΗΣΠΥ είναι η πλήρης λογιστική παρακολούθηση και διοίκηση του υλικού, τόσο σε επίπεδο 201 ΚΕΦΑ όσο και στο επίπεδο των εφοδιαστικά ανεξάρτητων Μονάδων. Ειδικότερα θα λέγαμε ότι μέσω του ΜΗΣΠΥ, επιτυγχάνεται:

- a. Η τυποποίηση των διαδικασιών
- b. Η αυτόματη διεκπεραίωση των εργασιών
- c. Η ορθότητα, ακρίβεια και ταχύτατη επεξεργασία των εφοδιαστικών και λογιστικών στοιχείων
- d. Η συγκέντρωση, η μεθοδική ταξινόμηση και η εκμετάλλευση πλήθους πληροφοριών για την λήψη ορθών αποφάσεων
- e. Η σύντμηση του χρόνου ανταπόκρισης του εφοδιαστικού κυκλώματος
- f. Η πλήρης εκμετάλλευση των πηγών εφοδιασμού εσωτερικού – εξωτερικού
- g. Ο κεντρικός έλεγχος και διοίκηση του υλικού
- h. *Η αριστοποίηση του ύψους των τηρούμενων αποθεμάτων

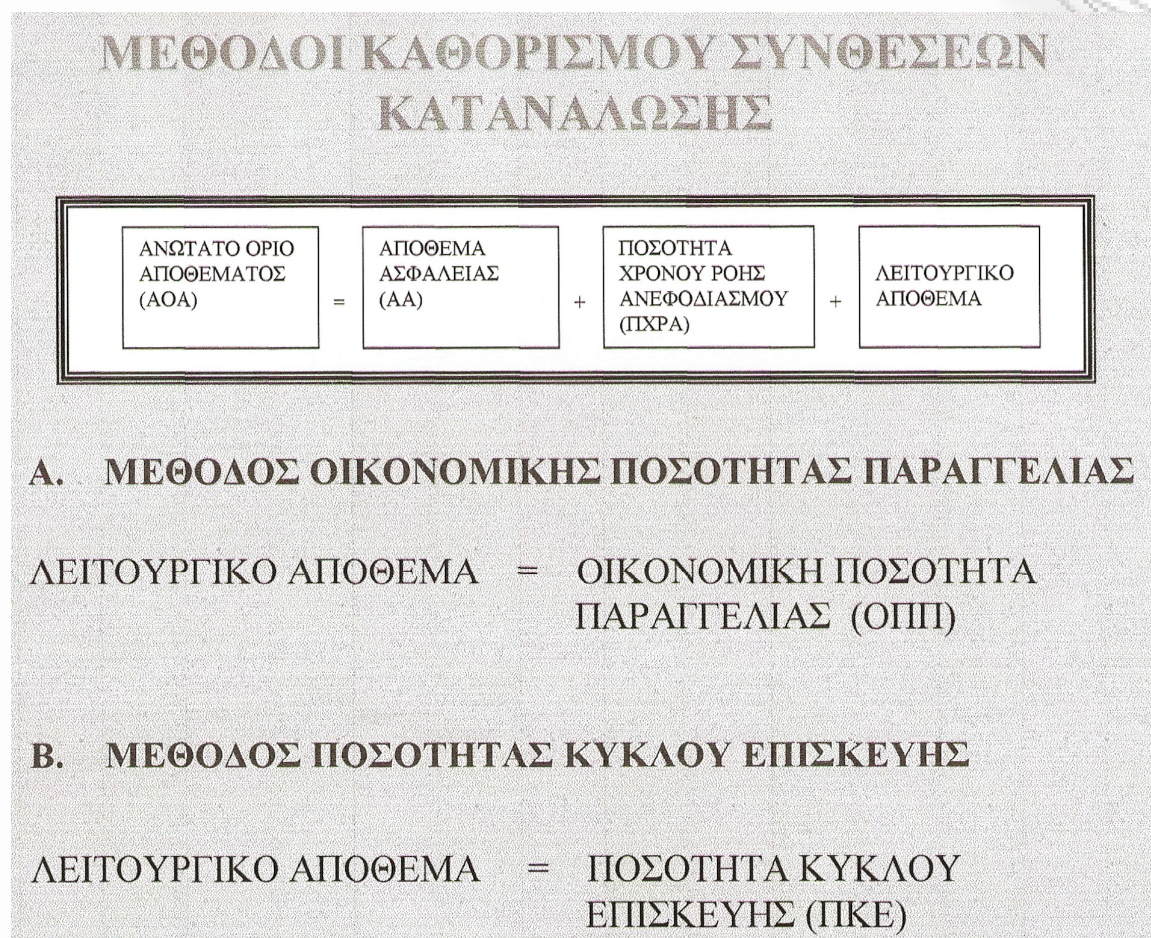
*Πως όμως επιτυγχάνεται η αριστοποίηση του ύψους των τηρούμενων αποθεμάτων που αφορούν στα υλικά των αεροσκαφών; Όπως ήδη αναφέραμε η όλη προσπάθεια που γίνεται στην Πολεμική Αεροπορία σχετικά με την παροχή ομαλής εφοδιαστικής υποστήριξης στα πτητικά μέσα, έχει ως βασικό γνώρισμα, δεδομένων και των περιορισμένων οικονομικών πόρων, το χαμηλότερο δυνατόν κόστος. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, η βάση δεδομένων του συστήματος είναι έτσι δομημένη ώστε να χρησιμοποιεί ένα μικτό σύστημα διαχείρισης των αποθεμάτων (τα οποία περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο) ανάλογα με την τιμή, το είδος, τη φύση και την πηγή προμήθειας των υλικών, ακόμη και τις κατ' εκτίμηση ώρες πτήσεις των αεροσκαφών κατ' έτος, χρησιμοποιώντας μεγέθη όπως:



Εικόνα 5.8 Τήρηση Αποθεμάτων

- τον χρόνο ροής ανεφοδιασμού
 - την ποσότητα χρόνου ροής ανεφοδιασμού
 - το απόθεμα ασφαλείας
 - το λειτουργικό απόθεμα
 - το λογιστικό απόθεμα
 - την τηρητέα στάθμη αποθέματος
 - το σημείο αναπαραγγελίας
 - τα στοιχεία ενεργητικού και παθητικού
 - το ανώτατο όριο αποθέματος κλπ.
- Καρανικόλας Γρηγόριος / Κρικέλλης Αναστάσιος

Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι για τον προσδιορισμό και την διαχείριση μεγάλης κατηγορίας αναλώσιμων υλικών, εφαρμόζεται, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τα ανωτέρω μεγέθη, η μέθοδος της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας που εδώ ορίζεται πλέον ως *Λειτουργικό Απόθεμα* (εικόνα 5.9).



Εικόνα 5.9 Μέθοδοι Καθορισμού Συνθέσεων Κατανάλωσης

- i. Η εκτίμηση των πιστώσεων προμήθειας
- j. Η επιτάχυνση στην ικανοποίηση των αιτήσεων υλικού κ.α.
- k. Αύξηση της εν γένει εφοδιαστικής υποστήριξης και διευκόλυνση του έργου των managers (π.χ. αυτόματη αναπλήρωση αποθεμάτων)

Οι έννοιες της Συντήρησης, της Αξιοπιστίας και της Εφοδιαστικής Υποστήριξης. Εφαρμογή στα αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας.

Μέσω του ΜΗΣΠΥ, ο εκάστοτε manager αλλά και ο κάθε εμπλεκόμενος στο εφοδιαστικό κύκλωμα, έχει πρόσβαση όχι μόνο σε ένα σπουδαίο πλήθος πληροφοριών (για παράδειγμα το σύνολο των πληροφοριών που μπορεί να σου προσφέρει μια Κατάσταση Διοίκησης Υλικού) αλλά και σε ένα μεγάλο πλήθος υπηρεσιών, όπως:

- a) Χορήγηση υλικών από το ΚΕΦΑ στις Μονάδες
- b) Ανακατανομή υλικών μεταξύ των Μονάδων
- c) Δυνατότητα ενημέρωσης της Βάσης Πληροφοριών του ΜΗΣΠΥ μέσα από ένα πλήθος δοσοληψιών
- d) Πρόσβαση στο ιστορικό δοσοληψιών

The screenshot shows the MESHPIY software interface. At the top, there is a menu bar with options like 'Αρχεία', 'Ανεφοδιασμός', 'Αίτηση - Χορήγηση', etc. Below the menu bar is a toolbar with various icons. The main window displays a table titled 'Ιστορικό Δοσοληψιών ΚΕΦΑ'. The table has columns for 'Dic', 'Wh', 'Stnr', 'Ui', 'Trd', 'Sgnt', 'Act', 'Qty', 'Bal', 'Sign', 'Dlt', 'Mst', 'Spac', 'Dn', 'Ste', 'Prb', 'Whm', 'Sturm', and 'Uim'. The first row is highlighted in yellow and contains the following data: DA0 10 6830008089530 CZ 98008 1003141A 2000 19150 97364 D CY8EM2 AY100080074810 99 13. Below the table, there is a section for 'Λοιπά Στοιχεία' and a box for 'Καταχωρήθηκε από:' containing the text 'ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΚΑΤΑΧΩΡΙΣΗΣ ΔΟΣΟΛΗΨΙΩΝ (BIBO)'.

Dic	Wh	Stnr	Ui	Trd	Sgnt	Act	Qty	Bal	Sign	Dlt	Mst	Spac	Dn	Ste	Prb	Whm	Sturm	Uim
DA0	10	6830008089530	CZ	98008	1003141A	2000	19150	97364	D	CY8EM2	AY100080074810	99	13					
DA0	10	6830008089530	CZ	98008	1003231A	600	19750	98008	D	CY8EM2	AY100080074812	99	13					
DA0	10	6830008089530	CZ	98008	1003291A	1200	20950	98008	D	CY8EM2	AY100080074814	99	13					
VA0	10	6830008089530	CZ	98008	1003562A	5000	15950	98008			AA400173491853		11					
DA0	10	6830008089530	CZ	98008	1006851A	600	16550	98008	D	CY8EM2	AY100080084811	99	13					
VA0	10	6830008089530	CZ	98008	1007202A	600	15950	98008			AA200073395402		11					
DA0	10	6830008089530	CZ	98009	5658	1A	1200	17150	98008	D	CY8EM2	AY100080094860	99	13				
VA0	10	6830008089530	CZ	98013	7905	2A	8000	9150	98009		AD300080135351		15					
DA0	10	6830008089530	CZ	98020	438	1A	1200	10350	98013	D	CY8EM2	AY100080164804	99	13				
DA0	10	6830008089530	CZ	98020	448	1A	1200	11550	98020	D	CY8EM2	AY100080164806	99	13				
DA0	10	6830008089530	CZ	98020	457	1A	1000	12550	98020	D	CY8EM2	AY100080164809	99	13				
VA0	10	6830008089530	CZ	98020	485	2A	3400	9150	98020		AA400173631854		11					

Εικόνα 5.10 Ιστορικό Δοσοληψιών ΜΗΣΠΥ

- e) Πρόσβαση στο ιστορικό παραγγελιών
- f) Προώθηση υλικών σε επισκευαστικούς φορείς
- g) Παρακολούθηση των αποθεμάτων του 201 ΚΕΦΑ

- h) Παρακολούθηση των αποθεμάτων των Μονάδων κλπ.
- i) Επιπρόσθετα, το ΜΗΣΠΥ παρέχει ένα πλήθος πληροφοριών για κάθε μερίδα υλικού ακόμα και για κάθε τεμάχιο αυτού. Για παράδειγμα είναι διαθέσιμες ανά πάσα στιγμή πληροφορίες όπως π.χ. η εκτιμώμενη ημερομηνία υλοποίησης μία παραγγελίας ή ο εκτιμώμενος χρόνος επισκευής ή κατασκευής, η πορεία εξέλιξης μιας παραγγελίας ή μιας επισκευής ή μιας κατασκευής κλπ.

Συμπεράσματα

Η συντήρηση, η αξιοπιστία και η εφοδιαστική υποστήριξη παίζουν έναν ιδιαίτερα κρίσιμο ρόλο στη δημιουργία ενός ανταγωνιστικού προϊόντος. Η προσπάθεια να περιορίσει κανείς τα όποια κατασκευαστικά κόστη, είναι σημαντική για την επιτυχία ενός προϊόντος, αλλά όμως δεν αποτελεί το μοναδικό εκείνο πεδίο το οποίο μπορεί να βοηθήσει στην επίτευξη ενός εν γένει ανταγωνιστικού πλαισίου. Τα στοιχεία εκείνα τα οποία μπορούν να οδηγήσουν στην επιτυχία δεν είναι άλλα από τη βελτιωμένη κατασκευαστική και επιχειρησιακή ποιότητα και απόδοση, σε συνδυασμό με μειωμένο acquisition αλλά και in-service cost. Είναι, θα λέγαμε, η πρώιμη φάση σχεδίασης εκείνη η οποία προσφέρει τη μεγαλύτερη ευκαιρία προκειμένου να κατευθυνθούμε στον πιο αξιόλογο τρόπο κάλυψης των τυχόν απαιτήσεων του συστήματος, ενός συστήματος που θα διακρίνεται από αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.

Ο αντικειμενικός στόχος της παρούσας εργασίας δεν ήταν άλλος από την παροχή μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης σχετικά με τις έννοιες που πραγματεύεται. Επιχειρήθηκε επομένως, μια εποικοδομητική προσέγγιση και ανάλυση της αξιοπιστίας, της συντήρησης και της υποστηριξιμότητας η οποία παράλληλα να ενισχύει τις συνιστώσες εκείνες που σχετίζονται τόσο με τη σωστή σχεδίαση και παραγωγή όσο και με την εν γένει καλή απόδοση του συστήματος, στα χέρια πλέον του εκάστοτε χρήστη. Δεν ήταν απλά μια προσέγγιση στον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να βελτιώσουμε την όλη σχεδιαστική διαδικασία ώστε να αποκτήσουμε απλώς και μόνο ένα value for money νέο σύστημα, αλλά εξετάσαμε μία συνολική θεώρηση, το αποτέλεσμα της οποίας μας δείχνει πως μπορεί ο χρήστης να αποκομίσει τα μέγιστα οφέλη σε όλα τα επίπεδα λειτουργίας και συντήρησης.

Ως παρόμοιο χρήστη πολύπλοκων συστημάτων, αντιμετωπίστηκε στη συγκεκριμένη εργασία και η Πολεμική Αεροπορία. Είναι σαφές ότι η Π.Α. δεν έχει τη δυνατότητα να συμμετέχει στα πρώιμα στάδια μελέτης και ανάπτυξης των αεροσκαφών, επικεντρώνοντας έτσι όλο το ενδιαφέρον στη συντήρηση και την εφοδιαστική υποστήριξη, έχοντας ως στόχο τη μέγιστη δυνατή διαθεσιμότητα. Τυχόν ελλείψεις σε εξελιγμένα υποστηρικτικά μέσα, περιορισμένοι οικονομικοί πόροι αλλά και ένα αρτηριοσκληρωτικό γραφειοκρατικό σύστημα μεταξύ των εμπλεκόμενων υπηρεσιών, είναι θα λέγαμε τα κύρια μειονεκτήματα του όλου κυκλώματος. Παρ' όλα αυτά όμως, όπως αναλύθηκε στην παρούσα εργασία, τόσο το επίπεδο των διαδικασιών και διεργασιών της εφοδιαστικής υποστήριξης όσο και αυτό των διαδικασιών και διεργασιών της συντήρησης των αεροσκαφών, που έχουν αναπτυχθεί με το πέρασμα των ετών και λαμβάνουν χώρα στους κόλπους της Π.Α., είναι ικανό να προσδώσει τον χαρακτηρισμό μιας ιδιαίτερα ανταγωνιστικής και σύγχρονης Αεροπορίας.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

ΣΧΗΜΑΤΑ

- Σχήμα 1.1 Περίοδοι εξέλιξης συντήρησης.....16
- Σχήμα 1.2 Γραφική Παράσταση Στόχων Συντήρησης, «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωσης της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....21
- Σχήμα 1.3 Στάδια Διορθωτικής Συντήρησης, «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωσης της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....26
- Σχήμα 1.4 Εφ' όσον για τη συντήρηση συγκεκριμένου εξοπλισμού χρησιμοποιείται αποκλειστικά η πολιτική της διορθωτικής συντήρησης, αυτός θα αφήνεται να δουλέψει μέχρις ότου αστοχήσει . Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει τις περισσότερες φορές μεγάλο κόστος εργατικών και ανταλλακτικών (κόστος συντήρησης) αλλά και μεγάλο κόστος παραγωγικών απωλειών. «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωσης της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....31
- Σχήμα 1.5 Στάδια Προληπτικής Συντήρησης, «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωσης της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....37
- Σχήμα 1.6 Μειονεκτήματα Προληπτικής Συντήρησης, «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωσης της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....39

- Σχήμα 1.7 Καμπύλη Πιθανότητας προς Αστοχία (bath tub curve) , «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωση της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....40
- Σχήμα 1.8 Κόστος ανά μονάδα χρόνου σε σχέση με το χρόνο, για διορθωτικές και προληπτικές αντικαταστάσεις.....42
- Σχήμα 1.9 Η συχνότητα των βλαβών σε σχέση με το χρόνο από τη τελευταία βλάβη (κανονική κατανομή). «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωση της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....44
- Σχήμα 1.10 Οι καμπύλες τύπων α είναι πιο συνηθισμένες στη βιομηχανία από τη β. Για τη β και την α η προβλεπτική συντήρηση θα ήταν κατάλληλη. «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωση της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....46
- Σχήμα 1.11 Στα πλαίσια της προβλεπτικής συντήρησης, κατά την διάρκεια της παραγωγής εκτελούμε περιοδικούς ελέγχους, οι οποίοι μπορεί να είναι και συνεχείς, προκειμένου να ελέγχουμε την κατάσταση του εξοπλισμού μας. «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωση της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....51
- Σχήμα 1.12 Απεικόνιση μεταφοράς ενέργειας και θορύβου από τις μηχανές λόγω ταλάντωσης. «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωση της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....54
- Σχήμα 1.13 Η δημιουργία ενός σημείου αναφοράς μέσω αρχικής μέτρησης με τη παραλαβή της μηχανής είναι απαραίτητη ώστε να είναι εφικτή η αξιοποίηση των μετρήσεων των κραδασμών – ταλαντώσεων. «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων,

παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωση της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....	55
▪ Σχήμα 1.14 Why make condition monitoring? «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Σύγχρονες Τάσεις στη Διοίκηση και Οργάνωση της Συντήρησης, Ιωάννης Βόσσος».....	58
▪ Σχήμα 1.15 Η πληροφορία της συντήρησης εξοπλισμού, http://www.plant-management.gr/index.php?id=14920	62
▪ Σχήμα 1.16 TPM και αξιοπιστία σε σχέση το χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού και κατά τη διάρκεια των διαφόρων φάσεων. «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο TPM, Ιωάννης Βόσσος».....	78
▪ Σχήμα 1.17 Γραφική απεικόνιση μετρήσεων με χρήση διαγράμματος ελέγχου.....	86
▪ Σχήμα 1.18 Ανάλυση γραμμής τάσης σε μια σειρά μετρήσεων.....	87
▪ Σχήμα 1.19 Κύρια στοιχεία μιας αποτελεσματικής διαδικασίας μέτρησης συντήρησης, ανάλυσης και βελτίωσης.....	90
▪ Σχήμα 2.1 Σχέση των Επιπέδων Συντήρησης.....	93
▪ Σχήμα 2.2 Απεικόνιση του μεσοδιαστήματος (ΔT) μεταξύ δυο επιθεωρήσεων που θα μας επιτρέψει να εντοπίσουμε μια εν δυνάμει αστοχία πριν την λειτουργική.....	108
▪ Σχήμα 2.3 FSI / SSI Selection Diagram of RCM.....	109
▪ Σχήμα 3.1 Variability in Methods of Providing the Correct Tension for Fasteners.....	117
▪ Σχήμα 3.2 Η σχέση μεταξύ κάποιων όρων της απόδοσης διαθεσιμότητας.....	126
▪ Σχήμα 4.1 System Operational Effectiveness (Reliability, Maintenance and Logistic Support. A life cycle approach. / Dinesh Kumar).....	142
▪ Σχήμα 4.2 Logistics Life Cycle (Courtesy Logistics Management Associates), Integrated Logistics Support Handbook, James V. Jones, Second Edition.....	143

- Σχήμα 4.3 “The principal elements of ILS”, *Integrated Logistics Support Handbook, James V. Jones, Second Edition*.....162
- Σχήμα 4.4 *Logistics phases applied to acquisition phases (Courtesy Logistics Management Associates), ”, Integrated Logistics Support Handbook, James V. Jones, Second Edition*.....170
- Σχήμα 4.5 “Growth in Weapon System Life-Cycle Cost”, *Acquisition Logistics Guide, Third Edition, Published by the Defense Systems Management College fort Belvoir, Chapter Logistics Cost Estimating*.....173
- Σχήμα 4.6 *Η κανονική κατανομή της συχνότητας του λάθους πρόβλεψης*.....189
- Σχήμα 4.7 “Example of Stock / inventory cycle”.....206
- Σχήμα 4.8 “EOQ concept”209
- Σχήμα 5.1 *The Complete FMS Requisitioning Process, From “Foreign Military Sales Customer Supply System Guide” Fourth Revised Edition--Change 3 10 October 2003*.....226

EΙΚΟΝΕΣ

- *Εικόνα 1.1 Μέσα Μαζικής Μεταφοράς και Οπλικά Συστήματα (γενικώς μέσα και μηχανές) που υπόκεινται σε συντήρηση. Οι συνέπειες μια πιθανής αστοχίας είναι διαφορετικές για κάθε μέσο και επιβάλλεται να αντιμετωπίζονται αναλόγως*.....23
- *Εικόνα 1.2 Η μεσαία φάση αυτού του αυτόματου διακόπτη ισχύος παρουσιάζει μη φυσιολογική θερμοκρασία. Πιθανή αιτία του προβλήματος είναι η μη καλή επαφή του καλωδίου. Προβλεπτική Συντήρηση*.....57

- *Εικόνα 1.3 Η θερμική απεικόνιση ενός καινούργιου ηλεκτρικού κινητήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα σαν σημείο αναφοράς για ολόκληρη την ωφέλιμη ζωή του κινητήρα. Προβλεπτική Συντήρηση.....57*
- *Εικόνα 1.4 TPM: The busier you are, the more you need it.....76*
- *Εικόνα 2.1 Τεχνικά Εγχειρίδια.....99*
- *Εικόνα 2.2 Η ανάλυση επιμέρους συστήματος του αεροσκάφους σε Τ.Ο.....99*
- *Εικόνα 2.3 Η ανάλυση των μερών του αεροσκάφους σε Τ.Ο.....100*
- *Εικόνα 3.1 Σειριακό Σύστημα «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Αξιοπιστία,, Ιωάννης Βόσσο».....123*
- *Εικόνα 3.2 Σύστημα Πλήρους Εναλλαξιμότητας «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Αξιοπιστία,, Ιωάννης Βόσσο».....123*
- *Εικόνα 3.3 Σύστημα Μερικής Εναλλαξιμότητας (M out of N) «Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, παρουσίαση με τίτλο Αξιοπιστία,, Ιωάννης Βόσσο».....125*
- *Εικόνα 4.1 “Picture from NAO (National Audit Office) about the “transforming logistics support for fast jets”.....128*
- *Εικόνα 4.2 “The logistics functions”.....134*
- *Εικόνα 4.3 “Integrated Logistics Services for all phases of lifecycle support”, picture from <http://www.parkerscitech.com/Logistics%20Support%20Services.htm>.....154*
- *Εικόνα 4.4 “Integrated logistics support process”, Integrated Logistics Support, Army Regulations 700 – 127, Rapid Action Revision, 29 April 2009.....163*
- *Εικόνα 4.5 “What information do I need to make a decision about a possible acquisition? How do I anticipate the cost of owning this work? What master material and equipment should come with the acquisition”?.....166*

- *Εικόνα 4.6 Deployment Requirements, Acquisition Logistics Guide, Third Edition, Published by the Defense Systems Management College fort Belvoir, Chapter Deployment / Fielding.....168*
- *Εικόνα 4.7 “Demilitarization Approaches”, Acquisition Logistics Guide, Third Edition, Published by the Defense Systems Management College fort Belvoir, Chapter Disposal, Recycling and Demilitarization.....169*
- *Εικόνα 4.8 Total Life Cycle Cost Iceberg (Acquisition is just the most obvious of the cost).....175*
- *Εικόνα 4.9 Ground Support Equipment.....183*
- *Εικόνα 4.10 “This figure graphically describes the full provisioning cycle that begins at the time of end item or system definition and continues until the end item or system is removed from service”, from Naval Supply Systems Command, NAVSUP Publication 541.....195*
- *Εικόνα 4.11 Components of a National Stock Number, From “Foreign Military Sales Customer Supply System Guide” Fourth Revised Edition--Change 3 10 October 2003.....198*
- *Εικόνα 4.12 “The NATO Master Catalogue of References for Logistics”.....199*
- *Εικόνα 4.13. “EOQ formula”.....210*
- *Εικόνα 5.1 type of aircrafts and number of units, Πηγή Greek Defence News, August 2009.....214*
- *Εικόνα 5.2. Θυρεός 201 ΚΕΦΑ.....217*
- *Εικόνα 5.3 Picture from the presentation of Air Force Global Logistics Support Center (AFGLSC / 19-25 October 2008).....220*

- *Εικόνα 5.4 “FED LOG, the military’s digital answer to managing an enormous supply and logistics infrastructure, from Defense Logistics Information Center”.....222*
- *Εικόνα 5.5 Αποθήκες Υλικού συνολικής έκτασης 45.500m2, www.haf.gr.....227*
- *Εικόνα 5.6 Ράμπες συνολικής έκτασης 16.000m2, www.haf.gr.....228*
- *Εικόνα 5.7 Αρχική σελίδα Πληροφοριακού Συστήματος Διαχείρισης Υλικών.....229*
- *Εικόνα 5.8 Τήρηση Αποθεμάτων.....231*
- *Εικόνα 5.9 Μέθοδοι Καθορισμού Συνθέσεων Κατανάλωσης.....232*
- *Εικόνα 5.10 Ιστορικό Δοσοληγιών ΜΗΣΠΥ.....233*

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

- CAGE Code: Commercial and Government Entity Code
- EMD: Engineering and Manufacturing Development
- EOQ: Economic Order Quantity
- FED LOG: Federal Logistics Data
- FMS: Foreign Military Sales
- FOD: Foreign Object Damage
- F/S: Flight Simulator
- FSC: Federal Stock Classes
- FSIs: Functionally Significant Items
- HUMS: Health and Usage Monitoring System
- JIT: Just In Time
- ILS: Integrated Logistics Support
- LCC: Life Cycle Cost
- LSA: Logistics Support Analysis
- LSAR: Logistics Support Analysis Record
- MTBF: Mean Time Between Failures
- MTTR: Mean Time To Repair
- NAMSA: NATO Maintenance Supply Agency
- NATO: North Atlantic Treaty Organization
- NCAGE Code: NATO Commercial and Government Entity Code
- NCB: National Codification Bureau
- NFR: Normal Failure Rate
- NIIN: National Item Identification Number

- NMCRL: NATO Master Catalogue of References for Logistics
- NSC: National Supply Classification
- NSIC: NATO Source Identification Code
- NSN: National or NATO Stock Number
- OEE: Overall Equipment Effectiveness
- PDA: Personal Digital Assistant
- PM: Preventive Maintenance
- PR: Process Rate
- QR: Quality Rate
- RBM : Risk Based Maintenance
- RCM : Reliability Centered Maintenance
- R & D : Research & Development
- RLA : Repair Level Analysis
- SSIs : Structurally Significant Items
- STNR : Stock Number
- T.O.: Technical Order
- TPM : Total Productive Maintenance
- TQM : Total Quality Management
- ΑΑ : Αεροπορικός Ακόλουθος
- Β.Π. : Βάση Πληροφοριών
- ΔΑΥ: Διοίκηση Αεροπορικής Υποστήριξης
- ΕΑΒ : Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία
- ΚΔΥ : Κατάσταση Διοίκησης Υλικού
- ΚΕΦΑ : Κέντρο Εφοδιασμού Αεροπορίας

- ΛΟΖ : Λήξη Ορίου Ζωής
- ΛΟΛ : Λήξη Ορίου Λειτουργίας
- ΜΗΣΠΥ : Μηχανογραφικό Σύστημα Παρακολούθησης Υλικού
- ΜΕΦ : Μοίρα Εφοδιασμού
- ΜΣΒ : Μοίρα Συντήρησης Βάσης
- ΟΒΑ : Ολικός Βαθμός Απόδοσης
- ΠΑ : Πολεμική Αεροπορία

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ / ΠΗΓΕΣ

- *Reliability, Maintenance and Logistic Support. A life cycle approach. / by Dinesh Kumar, John Crocker, J. Knezevic, M. El-Haram*
- *Integrated Logistics Support Handbook, Third Edition, James V. Jones,*
- *Supportability Engineering Handbook, Implementation Measurement and Management, James V. Jones*
- *Logistics: Principles and Applications, Second Edition, John Langford*
- *Foreign Military Sales Customer Supply System Guide, Fourth Revised Edition-Change 3, 10 October 2003*
- *NAVSUP Publication 541, Naval Supply Systems Command*
- *Acquisition Logistics Guide, Third Edition, Published by the Defense Systems Management College fort Belvoir*
- *Integrated Logistics Support, Army Regulations 700 – 127, Rapid Action Revision, 29 April 2009*
- *NATO Logistics Handbook (www.nato.int)*
- *System Supportability Engineering – SMART Integrated Logistics Support, Mark Willis, 14th International Mirce Symposium 1 – 3 December 2004, Woodbury Park, Exeter, UK*
- *Greek Defence News, The monthly defence and security news letter, Greece's Airpower in 2009, August 2009*
- *Σημειώσεις από το μάθημα του 3^{ου} εξαμήνου, Συντήρηση Εξοπλισμού και Εγκαταστάσεων, Ιωάννης Βόσσος*
- *Εργασία με τίτλο, Logistics: Κλειδί για αξιόπιστα, συντηρήσιμα και υποστηρίξιμα συστήματα, Ταφανίδης Κυριάκος*

Οι έννοιες της Συντήρησης, της Αξιοπιστίας και της Εφοδιαστικής Υποστήριξης. Εφαρμογή στα αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας.

- Εργασία με τίτλο, Νέες τεχνολογίες στην εφοδιαστική αλυσίδα της Πολεμικής Αεροπορίας, Φουσέκης Ιωάννης, 2008
- Πληροφορίες από την ιστοσελίδα www.dlis.dla.mil
- Πληροφορίες από την ιστοσελίδα www.haf.gr
- Πληροφορίες από την ιστοσελίδα www.logistics.org.gr
- Πληροφορίες από την ιστοσελίδα www.namsa.nato.int

Οι έννοιες της Συντήρησης, της Αξιοπιστίας και της Εφοδιαστικής Υποστήριξης.
Εφαρμογή στα αεροσκάφη της Πολεμικής Αεροπορίας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ