



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

« ΤΑ LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ »

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ:
ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ & ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ
(LOGISTICS)**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Λάμπρος Λάϊος

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: Παναγιώτης Ν. Μπαλάσκας

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2003

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία σκοπό έχει να προσεγγίσει όσο το δυνατό πιο απλά, αλλά και ουσιαστικά, τον πολύπλοκο και τόσο σημαντικό ρόλο που έχουν οι δραστηριότητες των Logistics στη συντήρηση σύγχρονων βιομηχανικών μονάδων.

Σήμερα, όσο ποτέ άλλοτε, οι νέες αυτοματοποιημένες μέθοδοι συντήρησης απαιτούν τη συνεργασία με όλες τις επιμέρους λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας προκειμένου να επιτευχθούν σημαντικοί στόχοι της βιομηχανικής διοίκησης, όπως η εξοικονόμηση ενέργειας και η αύξηση της αποδοτικότητας του έμψυχου και υλικοτεχνικού δυναμικού ενός εργοστασίου.

Θα ήθελα εκ των προτέρων, να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή και Πρόεδρο του τμήματος « Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας » κύριο Λάμπρο Λάϊο για τη διακριτική και εποικοδομητική καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να κάνω ιδιαίτερη μνεία στον Διευθυντή των «Facilities» της Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας (ΕΑΒ) κύριο Ιωάννη Βώσσο, καθώς και στο συνεργάτη του, Ηλεκτρολόγο Μηχανικό κύριο Κοσμά Βλάχο, για την αμέριστη βοήθεια και συνεργασία που μου πρόσφεραν στη συλλογή στοιχείων από τις δραστηριότητες συντήρησης που πραγματοποιούνται στην εταιρεία τους. Η συμβολή τους ήταν σημαντική για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Τέλος θα ήθελα να αφιερώσω την εργασία αυτή στη γυναίκα μου Χριστίνα που με την ηθική της συμπαράσταση με στήριξε για να αποφοιτήσω απ' αυτό το σπουδαίο μεταπτυχιακό πρόγραμμα.

Μελίσσια, Μάιος 2003

Παναγιώτης Ν. Μπαλάσκας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
Κατάλογος Σχημάτων	5
Κατάλογος Πινάκων	6
Κατάλογος Φωτογραφιών	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	9
2.1 Ορισμός	9
2.2 Βασικοί στόχοι της συντήρησης	9
2.3 Ιστορική εξέλιξη της συντήρησης	11
2.3.1 Η πρώτη γενιά	12
2.3.2 Η δεύτερη γενιά	12
2.3.3 Η τρίτη γενιά	14
2.3.3.1 Νέες έρευνες για τα αίτια των βλαβών	16
2.3.3.2 Νέες τεχνικές	17
3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	19
3.1 Διορθωτική Συντήρηση (Breakdown Maintenance)	20
3.1.1 Στόχοι της διορθωτικής συντήρησης	22
3.1.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα	23
3.1.3 Διαδικασία διορθωτικής συντήρησης	25
3.1.4 Η διορθωτική συντήρηση στην ΕΑΒ	27
3.2 Προληπτική Συντήρηση (Preventive Maintenance)	29
3.2.1 Τα είδη της προληπτικής συντήρησης	30
3.2.2 Η προληπτική συντήρηση στην ΕΑΒ	32
3.3 Προβλεπτική Συντήρηση (Predictive Maintenance)	38
3.3.1 Το φάσμα εφαρμογής της προβλεπτικής συντήρησης	40

3.3.2 Τα χαρακτηριστικά ενός πληροφοριακού συστήματος προβλεπτικής συντήρησης	41
3.3.3 Οι μέθοδοι προβλεπτικής συντήρησης	44
3.3.3.1 Μέθοδος περιοδικού ελέγχου στάθμης δονήσεων – κραδασμών (Vibration Analysis)	44
3.3.3.2 Μέθοδος περιοδικού ελέγχου των λιπαντικών (Oil Analysis)	52
3.3.3.3 Μέθοδος ελέγχου ευθυγράμμισης με λέιζερ (Laser Alignment)	56
3.3.3.4 Μέθοδος περιοδικών μετρήσεων και αξιολόγησης των υπερήχων (Ultrasonic Evaluation)	59
3.3.3.5 Μέθοδος περιοδικής μέτρησης της θερμοκρασίας (θερμογράφημα – Infrared Imaging)	63
3.3.4 Η προβλεπτική συντήρηση στην ΕΑΒ	80
3.4 Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της προβλεπτικής συντήρησης	91
3.5 Η επιβελτιωτική συντήρηση (Corrective Maintenance)	95
4. Η ΑΝΑΘΕΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΕ ΤΡΙΤΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ	100
5. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ LOGISTICS ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	106
6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	114
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	119

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Γραφική παράσταση των στόχων της συντήρησης	11
Σχήμα 2: Η ιστορική εξέλιξη των προσδοκιών της συντήρησης	14
Σχήμα 3: Η ιστορική εξέλιξη των θεωριών για τις βλάβες στον εξοπλισμό	16
Σχήμα 4: Οι αλλαγές στις τεχνικές συντήρησης	17
Σχήμα 5: Οι φάσεις της διορθωτικής συντήρησης	27
Σχήμα 6: Χρονοδιάγραμμα προγραμματισμού προληπτικής συντήρησης	33
Σχήμα 7: Φύλλο εντολής εργασίας προληπτικής συντήρησης	34
Σχήμα 8: Χρονοδιάγραμμα προληπτικής συντήρησης σε σχέση με το εργατικό κόστος	35
Σχήμα 9: Κύκλος λειτουργίας προβλεπτικής συντήρησης	39
Σχήμα 10: Καμπύλη μεταβολής δονήσεων – κραδασμών σε σχέση με το χρόνο	46
Σχήμα 11: Καμπύλη μεταβολής πλάτους δονήσεων σε σχέση με τη συχνότητα	47
Σχήμα 12: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	63
Σχήμα 13: Περιπτώσεις βλάβης σε σχέση με την ηλικία του εξοπλισμού	98

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Το φάσμα εφαρμογής της προβλεπτικής συντήρησης	40
Πίνακας 2: Πίνακας αντιστοιχίας των τιμών δονήσεων – κραδασμών μίας μηχανής με την κατάσταση λειτουργίας της	48
Πίνακας 3: Πίνακας ανάλυσης κόστους εφαρμογής του περιοδικού ελέγχου κραδασμών – δονήσεων των μηχανών ενός εργοστασίου	50
Πίνακας 4: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της μεθόδου περιοδικού ελέγχου κραδασμών – δονήσεων	51
Πίνακας 5: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της μεθόδου περιοδικού ελέγχου των λιπαντικών	55
Πίνακας 6: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της μεθόδου ευθυγράμμισης με λέιζερ	58
Πίνακας 7: Υπολογισμός αρχικού κόστους επένδυσης σε εξοπλισμό μέτρησης υπερήχων	60
Πίνακας 8: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδου μέτρησης υπερήχων	62
Πίνακας 9: Κριτήρια και γνωματεύσεις θερμογραφικών μετρήσεων	67
Πίνακας 10: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδου περιοδικής μετρήσεως της θερμοκρασίας	78
Πίνακας 11: Χρόνοι υλοποίησης σταδίων ελέγχου και επισκευής με τη μέθοδο της θερμογραφίας στους ηλεκτρικούς πίνακες της ΕΑΒ	82
Πίνακας 12: Συγκριτική ανάλυση κόστους διορθωτικής – προβλεπτικής συντήρησης	87
Πίνακας 13: Ανάλυση κόστους ανάπτυξης συστήματος προβλεπτικής συντήρησης από τρίτο φορέα	118

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

Φωτογραφία 1: Ηλεκτρονικός Καρδιογράφος	45
Φωτογραφία 2: Ευθυγράμμιση με λέιζερ	56
Φωτογραφία 3: Μέτρηση για απώλειες αερίων	59
Φωτογραφία 4: Μέτρηση σε πύργους υψηλής τάσης	59
Φωτογραφία 5: Συσκευές Υπερήχων	61
Φωτογραφία 6: Θερμογραφικές κάμερες	64
Φωτογραφία 7: Χρησιμοποίηση ακατάλληλου καλωδίου σε πίνακα διανομής	65
Φωτογραφία 8: Κακή σύνδεση καλωδίου σε ηλεκτρικό πίνακα	66

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως ειπώθηκε και στον πρόλογο, σκοπός της εργασίας αυτής είναι να μελετήσει και να αναλύσει, όσο είναι δυνατό, την αλληλεπίδραση των δραστηριοτήτων των « logistics » με τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα για τη συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού ενός εργοστασίου.

Για να επιτευχθεί αυτό, πρώτα απ' όλα προσεγγίζονται και αναλύονται τα διάφορα είδη συντήρησης που εφαρμόζονται σήμερα στα εργοστάσια, ενώ ταυτόχρονα τονίζονται και οι συνέπειες που έχει κάθε τύπος συντήρησης στο σύστημα « logistics » του εργοστασίου.

Ιδιαίτερη μνεία στην εργασία αυτή γίνεται για την προβλεπτική συντήρηση, « **Predictive Maintenance (PdM)** » που αποτελεί κατά τη γνώμη του υποφαινομένου και το πιο σύγχρονο τύπο συντήρησης. Επίσης, στην εργασία αυτή γίνεται μία προσπάθεια ανάλυσης των σημαντικότερων μεθοδολογιών της εν λόγω συντήρησης και παρουσιάζονται σύντομα τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιούνται σε κάθε μέθοδο.

Η προβλεπτική συντήρηση ανοίγει έτσι τον δρόμο για να θιχτούν και άλλα σημαντικά θέματα, όπως η φιλοσοφία της συγκεντρωτικής συντήρησης βασισμένη στην αξιοπιστία, « **Reliability Centered Maintenance (RCM)** », καθώς και η φιλοσοφία διαχείρισης της συντήρησης μέσω πληροφοριακών συστημάτων, « **Computerized Maintenance Management Systems (CMMS)** ».

Σε όλα τα ανωτέρω ζητήματα, γίνεται μία προσπάθεια για την πρακτική τους προσέγγιση διαμέσου των προβλημάτων που παρουσιάζονται κατά τις διεργασίες συντήρησης στην « **Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία (EAB)** ». Από την ανάλυση αυτών των διεργασιών, καθώς και του κόστους που προκαλείται από μία τυχαία βλάβη, εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τις θετικές και αρνητικές αλληλεπιδράσεις που δημιουργούνται κατά την λειτουργία των διαδικασιών της Διεύθυνσης των « **Facilities** » και των « **Logistics** ».

2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Η συντήρηση αποτελεί μία σημαντική διεργασία , αν όχι η σημαντικότερη, του κύκλου ζωής των βιομηχανικών συστημάτων και θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, καθ'όλη τη διάρκεια της ζωής αυτών των συστημάτων, από την αρχική τους σχεδίαση, μέχρι το τέλος της ύπαρξής τους . Η συντήρηση σχετίζεται με τα δύο πιο σημαντικά στοιχεία ενός βιομηχανικού συστήματος που είναι: η **λειτουργία** του και η **αποδοτικότητά** του. Γι' αυτό το λόγο και κρίνεται απαραίτητη η καθιέρωση της συστηματικής συντήρησης, ως φιλοσοφία αλλά και ως αναπόσπαστο κομμάτι της σωστής διαχείρισης του βιομηχανικού εξοπλισμού.

2.1 Ορισμός.

Από τα ανωτέρω , μπορούμε να δώσουμε τον εξής ορισμό :

« Συντήρηση είναι η βασική λειτουργία της επιχείρησης , η επιφορτισμένη με τη συνεχή διατήρηση των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού της στις προδιαγεγραμμένες του επιδόσεις, κρατώντας παράλληλα το συνολικό κόστος στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα. »

2.2 Βασικοί στόχοι της συντήρησης.

Μέσα από τη σχετική βιβλιογραφία, προκύπτει ότι οι βασικοί στόχοι που θα πρέπει να έχει θέσει η Διεύθυνση των « facilities » κάθε βιομηχανικής μονάδας, προκειμένου να επιτευχθεί μία σωστή και καλά οργανωμένη συντήρηση είναι οι παρακάτω:

- **Η ελαχιστοποίηση του κόστους των παραγωγικών απωλειών.**

Αυτό σημαίνει:

- Ελαχιστοποίηση του χρόνου εκτός λειτουργίας του παραγωγικού εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων.
- Διατήρηση των χαρακτηριστικών και ικανοτήτων του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων στα πλαίσια των προδιαγραφών του κατασκευαστή τους.

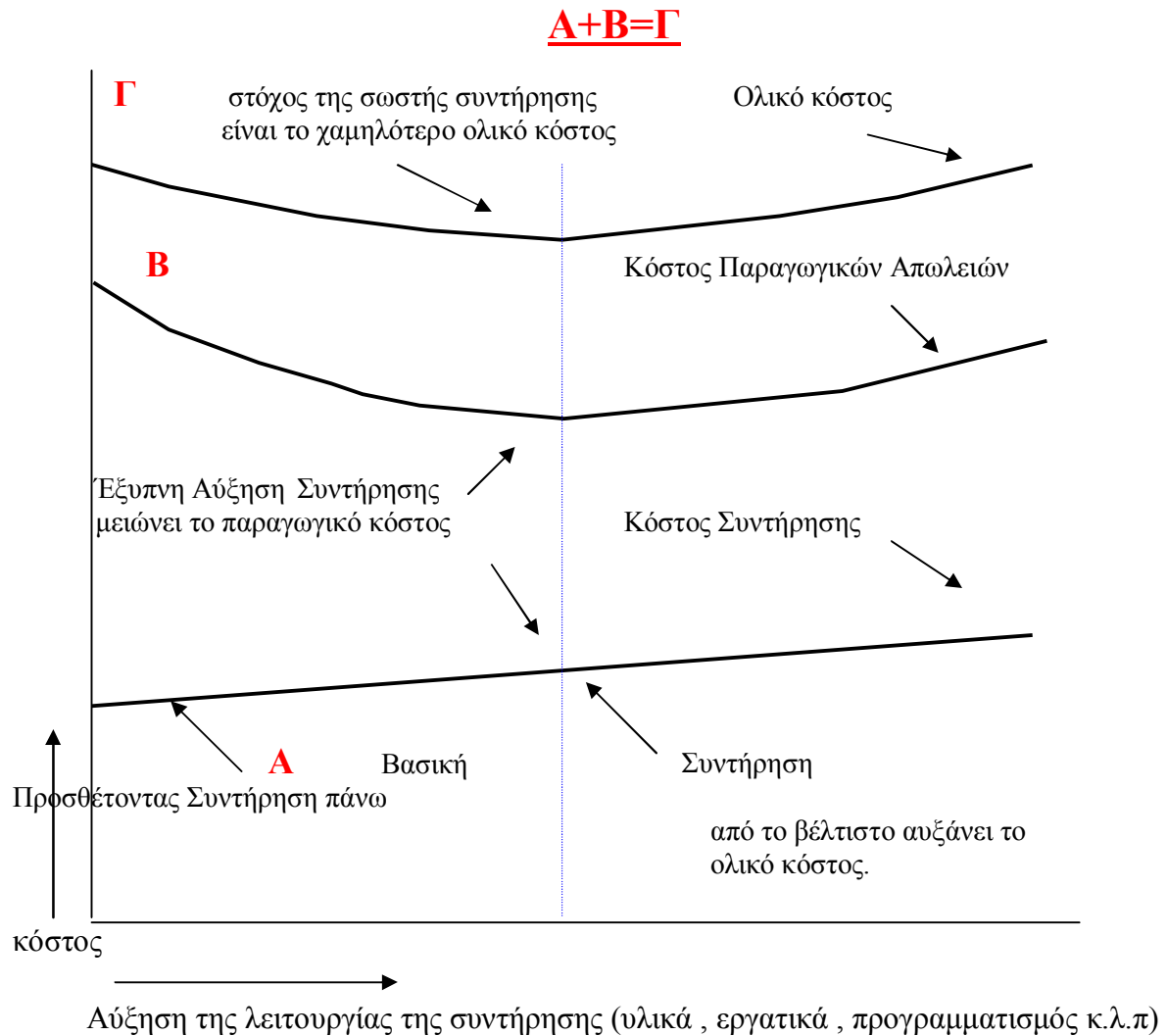
➤ **Η ελαχιστοποίηση του κόστους της λειτουργίας της συντήρησης** (όπως μισθοί, υπεργολαβίες συντήρησης, ανταλλακτικά, αναλώσιμα κ.λ.π).

➤ **Η ελαχιστοποίηση του ολικού κόστους των δύο παραπάνω ποσοτήτων. (Θεμελιώδης στόχος της σύγχρονης συντήρησης)**

➤ **Η προστασία του περιβάλλοντος.**

➤ **Η προστασία της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων από τους κινδύνους των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού που χειρίζονται.**

Από τα ανωτέρω βλέπουμε, πόσο συνδέονται τα οικονομικά μοντέλα που ακολουθεί κάθε εργοστάσιο προκειμένου να μεγιστοποιήσει τα κέρδη του, με την πολιτική συντήρησης που εφαρμόζει. Η σχέση αυτή του συνολικού κόστους (παραγωγικό - λειτουργικό), με τον τρόπο συντήρησης φαίνεται στην παρακάτω γραφική παράσταση. Απ' το παρακάτω διάγραμμα, παρατηρούμε πως η αύξηση της συντήρησης, μπορεί από τη μία πλευρά να προκαλέσει τη μείωση του παραγωγικού κόστους, αλλά από την άλλη μπορεί να επιφέρει την αύξηση του λειτουργικού κόστους (π.χ εργατ6ρες, αγορά πολυδάπανων μηχανημάτων χωρίς βέλτιστη χρησιμότητα για την επιχείρηση κ.λ.π), με αποτέλεσμα το συνολικό κόστος να απογειωθεί στα ύψη.



ΣΧΗΜΑ 1: Γραφική παράσταση των στόχων της συντήρησης

2.3 Ιστορική εξέλιξη της συντήρησης.

Μελετώντας τα ιστορικά δεδομένα , μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα πως η συντήρηση από το 1930 μέχρι και σήμερα, εξελίχθηκε διαμέσου τριών γενεών. Η φιλοσοφία της συγκεντρωτικής συντήρησης βασισμένη στην αξιοπιστία (RCM), που αποτελεί το θεμέλιο λίθο της τρίτης γενεάς και που σ' αυτήν στηρίζεται η εφαρμογή της προβλεπτικής συντήρησης (PdM), μπορεί να κατανοηθεί καλύτερα μόνο εάν μελετήσουμε τις πρώτες γενιές εξέλιξης.

2.3.1 Η πρώτη γενιά

Η πρώτη γενιά καλύπτει τη χρονική περίοδο από το 1930 μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 40'. Η βιομηχανία εκείνης της περιόδου δεν ήταν καθόλου αυτοματοποιημένη. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν απλά στην κατασκευή τους και στον χειρισμό τους, με αποτέλεσμα κάθε επισκευή να ήταν βατή και απλή. Γι' αυτό το λόγο και οι μηχανικοί της τότε εποχής δεν έδιναν βαρύτητα στην πρόβλεψη βλαβών του μηχανολογικού εξοπλισμού του εργοστασίου, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει η τάση για συστηματική συντήρηση. Συντήρηση ενός μηχανήματος, εκείνης της εποχής, σήμαινε ένα απλό καθάρισμα των μερών του και οι τυπικές διαδικασίες ρουτίνας για τη λίπανσή του. Όταν δε υπήρχε βλάβη, το χαλασμένο εξάρτημα είτε επισκευαζόταν, είτε αντικαθιστούταν από ένα καινούργιο. Εφαρμοζόταν με λίγα λόγια η **διορθωτική συντήρηση (Breakdown or On – Failure Maintenance)**. Επίσης, οι απαιτήσεις για το μορφωτικό επίπεδο του προσωπικού που χειριζόταν αυτά τα μηχανήματα, ήταν πολύ λίγες σε σύγκριση με τις απαιτήσεις της εποχής μας.

2.3.2 Η δεύτερη γενιά.

Οι συνθήκες στην βιομηχανία άλλαξαν δραματικά κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Η πίεση του πολέμου για αύξηση της παραγωγής και η απαίτηση για βελτίωση της αξιοπιστίας των προϊόντων, με την ταυτόχρονη μείωση σε εργατικό δυναμικό, οδήγησε στην ανάγκη για αύξηση της αυτοματοποίησης στα εργοτάξια. Έτσι, μετά το τέλος του πολέμου και ειδικότερα κατά την δεκαετία του 50' , οι παντός τύπου εργαλιομηχανές ήταν πολύ πιο περισσότερες και πιο πολύπλοκες. Η βιομηχανία, άρχισε σιγά - σιγά να εξαρτάται άμεσα από τα ημιαυτοποιημένα και αργότερα από τα αυτοματοποιημένα συστήματα παραγωγής. Η συνεχώς αυξανόμενη αυτή εξαρτοποίηση οδήγησε τους μηχανικούς συντήρησης στο να επικεντρωθούν και

να δώσουν μεγαλύτερη βαρύτητα στο χρόνο εκτός λειτουργίας των μηχανημάτων.

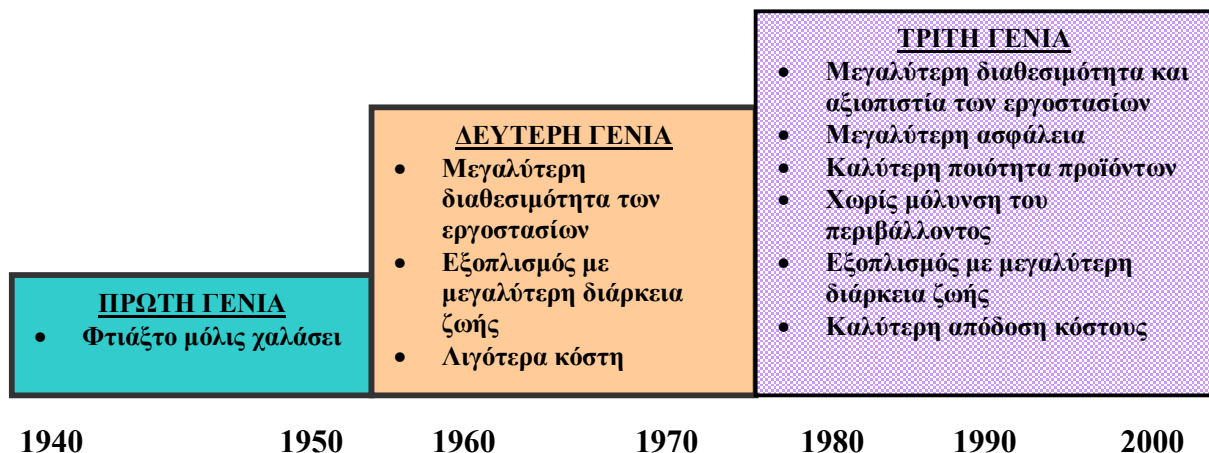
Στόχος πλέον της συντήρησης ήταν η μείωση του χρόνου αυτού για κάθε μηχανήμα που είχε σχέση με την παραγωγή. Αυτό οδήγησε στην εδραίωση της φιλοσοφίας για **προληπτική συντήρηση** (**Preventive Maintenance - PM**), που υποστήριζε πως οι βλάβες θα μπορούσαν και θα έπρεπε να προβλέπονται.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 60', αυτού του τύπου η συντήρηση, αναπτύχθηκε κυρίως με την εκτέλεση περιοδικών επιθεωρήσεων στο μηχανολογικό εξοπλισμό των εργοστασίων. Η ανάπτυξη όμως και η εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης έφερε ως αποτέλεσμα και τη βαθμιαία αύξηση του κόστους της, το οποίο συνδεόταν άμεσα με όλα τα λειτουργικά κόστη του εργοστασίου, όπως είναι για παράδειγμα και το κόστος των logistics. Έτσι, προκειμένου να αντιμετωπισθεί αποτελεσματικά η αύξηση του κόστους αυτού, άρχισε να εδραιώνεται στη σκέψη των υπευθύνων η ιδέα και η εφαρμογή ενός σωστού σχεδίου συντήρησης με την παράλληλη ανάπτυξη ειδικών συστημάτων ελέγχου. Αυτό συνέφερε αποτελεσματικά στο να τεθούν υπό έλεγχο όλες οι λειτουργίες συντήρησης, τα δε συστήματα ελέγχου να γίνουν στην πράξη αναπόσπαστο μέρος των διαδικασιών συντήρησης.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο εκείνης της περιόδου (1950 – 1975), ήταν και η συνεχής αύξηση των τιμών στο μηχανολογικό εξοπλισμό. Η ανάπτυξη μετά τον πόλεμο και ο συνεχής αυξανόμενος ανταγωνισμός μεταξύ των βιομηχανιών, οδήγησε στην κατασκευή ολοένα και πιο πολύπλοκων μηχανημάτων με υψηλές τιμές απόκτησης. Η αντικατάσταση ενός πολύπλοκου μηχανήματος παραγωγής ή και υποστήριξης λόγω βλάβης, όπως είναι οι πύργοι ψύξεως, δεν αποτελούσε πια μια εύκολη απόφαση για τους υπευθύνους. Έτσι, άρχισε να καλλιεργείτε η ιδέα της προσπάθειας για μεγιστοποίηση του χρόνου ζωής των μηχανημάτων που χαρακτηρίζονταν από υψηλό κόστος απόκτησης.

2.3.3 Η τρίτη γενιά.

Κατά τη χρονική περίοδο 1970 – 1975, τα παραπάνω αναφερόμενα ζητήματα της μείωσης του χρόνου εκτός λειτουργίας και της μεγιστοποίησης της διάρκειας ζωής του μηχανολογικού εξοπλισμού, οδήγησαν τους υπεύθυνους του « industrial management » σε ένα αγώνα δρόμου, προκειμένου να επέλθουν οι απαραίτητες αλλαγές που σχετίζονταν με τις νέες προσδοκίες, τις νέες έρευνες που διεξάγονταν στη βελτίωση της απόδοσης των μηχανημάτων και τις νέες μεθόδους λειτουργίας και συντήρησής . Στο παρακάτω σχήμα, φαίνεται η ιστορική διαδρομή των προσδοκιών της συντήρησης, διαμέσου των τριών γενεών εξέλιξής της.



Σχήμα 2: Η ιστορική εξέλιξη των προσδοκιών της συντήρησης

Ο χρόνος εκτός λειτουργίας ενός μηχανήματος, ανέκαθεν επηρέαζε αρνητικά την παραγωγική ικανότητα ενός εργοταξίου, 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, όπως στα ορυχεία, στις κατασκευές και στις μεταφορές. Στον κατασκευαστικό τομέα, οι επιδράσεις που προξενούσε ένα μηχάνημα εκτός λειτουργίας, έγιναν ακόμη πιο καταστρεπτικές με την εφαρμογή των συστημάτων « just in time ».

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Η μείωση στα αποθέματα των ανταλλακτικών και των πρώτων υλών, είχε ως αποτέλεσμα λιγότερες μηχανές εκτός λειτουργίας να επιφέρουν πιο εύκολα « shutdown » σε ένα ολόκληρο εργοστάσιο. Στις μέρες μας, η « διαθεσιμότητα » και η « αξιοπιστία » των μηχανών, αποτελούν λέξεις κλειδιά σε τομείς όπως η υγεία (π.χ νοσοκομεία), η επεξεργασία δεδομένων (π.χ στις εταιρείες πληροφορικής), οι επικοινωνίες (π.χ ΟΤΕ), η διαχείριση και συντήρηση μεγάλων κτιρίων. Επίσης, μεγαλύτερη αυτοματοποίηση σημαίνει πως οι βλάβες στο μηχανολογικό εξοπλισμό επηρεάζουν σημαντικά και τα κριτήρια ποιότητας που θέτει ο κατασκευαστής για τα παραγόμενα προϊόντα . Στη περίπτωση της Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας (ΕΑΒ), συχνές βλάβες στο μηχανολογικό εξοπλισμό του εργοστασίου μπορούν να επιφέρουν δυσλειτουργίες στο κεντρικό σύστημα κλιματισμού ή ηλεκτροδότησης, με αποτέλεσμα να επηρεαστεί αρνητικά η παραγωγή σε όλα τα εργοτάξια, η ποιότητα των προϊόντων, καθώς και η απόδοση του εργατικού δυναμικού του εργοστασίου.

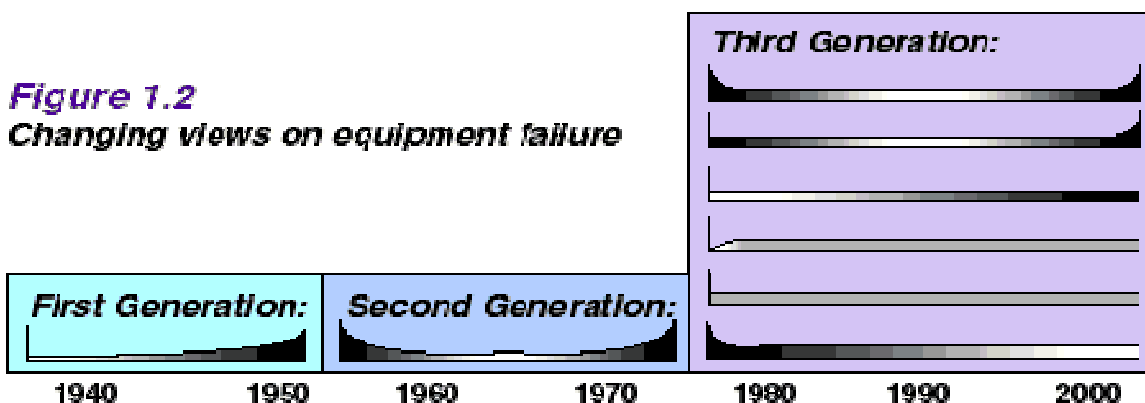
Ένα άλλο σημαντικό θέμα που επισημαίνεται από τους σύγχρονους υπεύθυνους συντήρησης, είναι και το γεγονός πως οι ολοένα περισσότερες βλάβες, μειώνουν τα ποσοστά ασφαλείας στη λειτουργία των εργοταξίων και προκαλούν μόλυνση του περιβάλλοντος, σε μια εποχή, όπου οι περιβαλλοντολογικοί νόμοι της Ευρωπαϊκής Κοινότητας και οι κανόνες ασφαλείας που εφαρμόζονται γίνονται ολοένα και πιο αυστηροί . Υπάρχουν χιλιάδες περιπτώσεις εργοστασίων που τελικά έβαλαν λουκέτο, καθώς οι ιδιοκτήτες τους αναγκάστηκαν να πληρώσουν τεράστιες αποζημιώσεις, είτε στις εκάστοτε τοπικές αρχές για λόγους μόλυνσης του περιβάλλοντος, είτε σε συγγενείς θυμάτων από εργατικά ατυχήματα, που οδηγούσαν κατά καιρούς και σε απεργίες των εργαζομένων, σε αυξήσεις των μισθών τους και σε αναγκαστικές πολυδάπανες αντικαταστάσεις μηχανολογικού εξοπλισμού. Εάν σε όλα τα παραπάνω προσθέσουμε και το γεγονός, πως το κόστος απόκτησης και λειτουργίας του μηχανολογικού εξοπλισμού αυξάνεται καθημερινά, με αποτέλεσμα το συνολικό κόστος συντήρησης να αποτελεί το δεύτερο μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος ενός εργοστασίου, συμπεραίνουμε πως

αποτελεί επιτακτική ανάγκη η εξεύρεση μεθόδων συντήρησης που να εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη λειτουργία των μηχανών, για όσο καιρό απαιτείται προκειμένου να αποσβεσθεί το αρχικό κόστος επένδυσης και να ωφεληθεί η παραγωγή τα μέγιστα .

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε πως μέσα σε τριάντα χρόνια, η συντήρηση από τελευταία μεταξύ των διαφόρων λειτουργιών της βιομηχανικής διοίκησης, βρέθηκε πρώτη, όσον αφορά στην προτεραιότητά της για καλύτερο έλεγχο του κόστους των δραστηριοτήτων της.

2.3.3.1 Νέες έρευνες για τα αίτια των βλαβών.

Νέες έρευνες, οδήγησαν τους ειδικούς της συντήρησης να αναθεωρήσουν τις βασικές τους αρχές που είχαν σχέση με την **ηλικία** των μηχανών και τις **βλάβες** τους. Στο πρώτο συμπέρασμα που έφτασαν ήταν πως υπάρχει πολύ μικρή εξάρτηση, μεταξύ της χρονικής διάρκειας λειτουργίας της εκάστοτε μηχανής και του κατά πόσο έχει τη τάση, αυτή η μηχανή, να χαλάει. Στο παρακάτω σχήμα, φαίνεται καθαρά η εξελικτική πορεία των θεωριών που αναπτύχθηκαν από τους υπεύθυνους της συντήρησης, από το 1940 μέχρι και σήμερα, όσον αφορά τα αίτια που προκαλούν τις βλάβες στο μηχανολογικό εξοπλισμό.

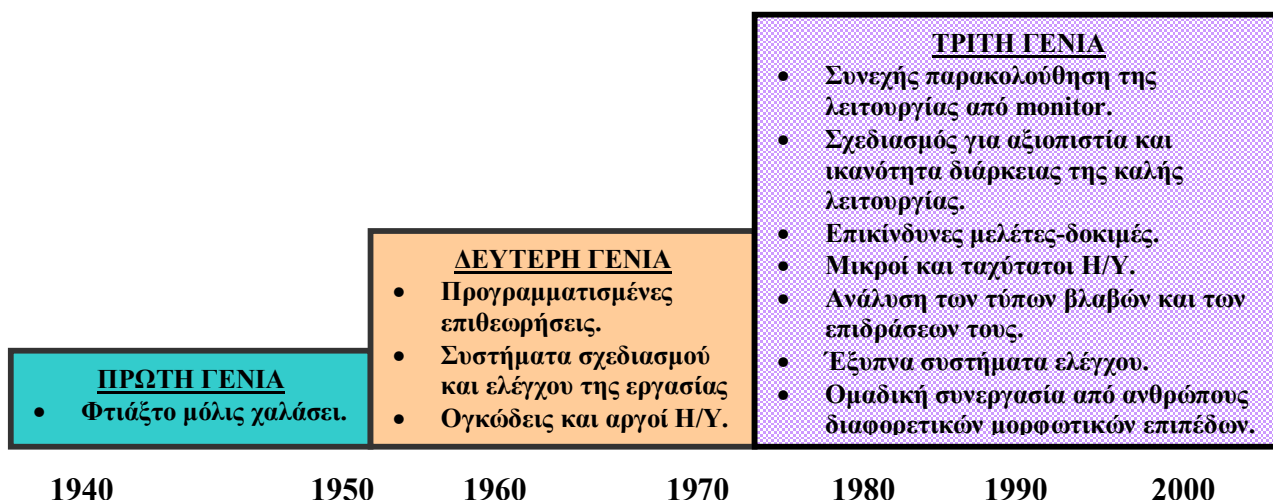


Σχήμα 3: Η ιστορική εξέλιξη των θεωριών για τις βλάβες στον εξοπλισμό.

Από τις παραπάνω καμπύλες παρατηρούμε πως, ενώ στην πρώτη γενεά εξέλιξης οι υπεύθυνοι συντήρησης πίστευαν στην ανάλογη σχέση που έχουν οι βλάβες με την ηλικία των μηχανημάτων, δηλαδή όσο μεγαλώνει ένα μηχάνημα τόσο πιο επιρρεπές γίνεται αυτό σε βλάβη, κατά τη δεύτερη γενιά εξέλιξης της συντήρησης, δίνεται περισσότερο προσοχή στην « παιδική θνησιμότητα » που μπορεί να παρουσιάσει ένα μηχάνημα, ως προϊόν σφάλματος της παραγωγής. Στη δε τρίτη γενιά εξέλιξης της συντήρησης, την πλέον σύγχρονη, οι υπεύθυνοι θεωρούν ότι υπάρχουν, ούτε μία, ούτε δύο, αλλά έξι αίτια βλαβών που λαμβάνουν χώρα κατά τη λειτουργία των μηχανημάτων και που τα οποία θα δούμε αναλυτικότερα στις επόμενες παραγράφους της εργασίας.

2.3.3.2 Νέες τεχνικές.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαπέντε χρόνων, οι υπεύθυνοι δοκίμασαν και εφάρμοσαν πολλές νέες τεχνικές, με απώτερο σκοπό την αποτελεσματικότερη συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού. Στο παρακάτω σχήμα, φαίνεται ακριβώς αυτή η ιστορική εξέλιξη των διαφόρων τεχνικών που εφαρμόστηκαν κατά καιρούς στην βιομηχανία. Παρατηρούμε πως η εξέλιξη των τεχνικών αυτών, οδήγησε στην ανάπτυξη νέων τύπων επιθεωρήσεων και διοικητικών συστημάτων ελέγχου, με απώτερο σκοπό τη βελτιστοποίηση της συντήρησης σε όλες τις παραγωγικές δραστηριότητες.



Σχήμα 4: Οι αλλαγές στις τεχνικές συντήρησης.

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε στο ανωτέρω σχήμα, η ανάπτυξη των μεθόδων συντήρησης που εφαρμόζονται σήμερα στην βιομηχανία περιλαμβάνει:

- Χρησιμοποίηση εργαλείων υποστήριξης για λήψη αποφάσεων, όπως είναι τα έξυπνα συστήματα (π.χ σχεσιακές βάσεις δεδομένων – RDBMS), τα εργαλεία αναλύσεων των τύπων βλαβών και των αρνητικών επιδράσεων που έχουν στις υπόλοιπες λειτουργίες (π.χ εφοδιαστική αλυσίδα).
- Την εφαρμογή νέων τεχνικών, όπως είναι η συνεχής παρακολούθηση της λειτουργίας των μηχανών μέσω Η/Υ.
- Το σχεδιασμό του εξοπλισμού με έμφαση στην αξιοπιστία και στην ικανότητα διατήρησης της καλής λειτουργίας.
- Τη τάση για ομαδική συνεργασία των ανθρώπων που ασχολούνται με τη συντήρηση, ανεξάρτητα από το επίπεδο των γραμματικών γνώσεων που κατέχουν.

Η μεγάλη πρόκληση επομένως για τους ανθρώπους της συντήρησης είναι το πως θα καταφέρουν να εκτιμήσουν σωστά τις παραπάνω τεχνικές, προκειμένου να τις εφαρμόσουν στα εργοστάσιά τους. Είναι σίγουρο πως μια κακή επιλογή στο είδος της τεχνικής της συντήρησης θα δημιουργήσει προβλήματα όχι μόνο στα « facilities », αλλά και στο σύστημα « logistics » του εργοστασίου. Αντίθετα, με την επιλογή μιας κατάλληλης τεχνικής, είναι δυνατό να επιτευχθεί όχι μόνο η μείωση του κόστους της συντήρησης, αλλά όλων των λειτουργιών του εργοστασίου και έτσι να υπάρξει σωστή εκμετάλλευση των χρημάτων που επενδύθηκαν σε κεφαλαιουχικό εξοπλισμό με ταυτόχρονη βελτίωση της αποδοτικότητάς αυτού του εξοπλισμού.

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Κάθε παραγωγική δραστηριότητα απαιτεί τη σωστή συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού που την υποστηρίζει προκειμένου να μην υπάρχουν απρόβλεπτες διακοπές στην παραγωγή. Ανάλογα με τη φύση του παραγόμενου προϊόντος η συντήρηση αυτή μπορεί να είναι συνεχής ή και περιοδική.

Μπορούμε λοιπόν να κατηγοριοποιήσουμε τις διάφορες μεθόδους συντήρησης λαμβάνοντας υπόψη:

- τη συχνότητα που εφαρμόζονται
- τα κίνητρα που ωθούν τους υπεύθυνους συντήρησης στην εφαρμογή τους.

Επίσης, πρέπει να τονίσουμε πως οι μέθοδοι αυτοί διαφέρουν μεταξύ τους τόσο ως προς το κόστος που απαιτείται για την αγορά του απαραίτητου εξοπλισμού, όσο και στον αριθμό του εργατικού δυναμικού που απασχολείται.

Παρακάτω, θα εξετασθούν διεξοδικά οι τέσσερις (4) πιο γνωστές μέθοδοι συντήρησης που εφαρμόζονται σήμερα στην βιομηχανία, προσπαθώντας να αναλύσουμε τις επιδράσεις που έχει ξεχωριστά κάθε μέθοδος στις λειτουργίες των « logistics » ενός εργοστασίου, όπως είναι η Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία.

Οι τέσσερις αυτοί μέθοδοι συντήρησης είναι:

1. Η **Διορθωτική Συντήρηση (Breakdown or On – Failure Maintenance)**.
2. Η **Προληπτική Συντήρηση (Preventative Maintenance)**.
3. Η **Προβλεπτική Συντήρηση (Predictive Maintenance)**.
4. Η **Επιβελτιωτική Συντήρηση (Corrective Maintenance)**.

3.1 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. Συνήθως, η συντήρηση αυτή 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.

Σε αυτού του τύπου τη συντήρηση δεν παρατηρείται συνεχόμενη δραστηριότητα. Ουσιαστικά καμία ενέργεια συντήρησης δεν γίνεται εάν δεν διαπιστωθεί βλάβη στη λειτουργία ενός μηχανήματος ή εάν δεν παραχθεί ένα μη αποδεκτό προϊόν. Με τη πρώτη ματιά, μπορούμε να πούμε πως η διορθωτική συντήρηση είναι η πιο αποτελεσματική, ως προς τη μείωση του λειτουργικού κόστους που προκαλεί, καθώς τόσο η χρησιμοποίηση εργατικού δυναμικού όσο και τα συνοδευόμενα κόστη του είναι τα ελάχιστα δυνατά. Με μια όμως πιο προσεκτική ανάλυση βλέπουμε ότι από τη στιγμή που λαμβάνει χώρα μία βλάβη σε ένα μηχάνημα, διάφορα άλλα έμμεσα κόστη που δεν φαίνονται, κάνουν την εμφάνισή τους και προσθέτονται στο συνολικό κόστος της συντήρησης αλλά παράλληλα επηρεάζουν και άλλα κόστη συναφών λειτουργιών του εργοστασίου, όπως είναι το συνολικό κόστος των logistics. Τέτοια κόστη είναι:

1. Οι υπερωρίες που εκτελεί το εργατικό δυναμικό για να επιδιορθώσει την βλάβη.
2. Ο αριθμός του επιπλέον εργατικού δυναμικού που είναι υποχρεωμένη η επιχείρηση να προσλαμβάνει, προκειμένου να γίνονται αυτές οι εργασίες συντήρησης.
3. Το κόστος ασφάλισης του επιπλέον εργατικού δυναμικού.

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

4. Οι εργατ6ρες των εργαζομένων που χάνονται από την προγραμματισμένη εργασία τους , με αποτέλεσμα να πηγαίνει πίσω η παραγωγή.
5. Οι αποζημιώσεις που αναγκάζονται να πληρώσουν οι διοικήσεις των εργοστασίων όταν, λόγω της βλάβης, η παραγωγή σταματήσει για μεγάλο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα η παράδοση της παραγγελίας στον πελάτη να γίνει εκπρόθεσμα.
6. Το αυξημένο κόστος αποθεμάτων που είναι αναγκασμένος ο εργοδότης να έχει στην αποθήκη του, προκειμένου να αποκαθίστανται οι βλάβες γρήγορα.
7. Το κόστος από άχρηστα ληγμένα ανταλλακτικά που τελικά δεν χρησιμοποιήθηκαν ή και από απώλειες αυτών μέσα από την αποθήκη.
8. Το κόστος από επείγουσες μη προγραμματισμένες παραγγελίες μεμονομένων εξαρτημάτων ή και μηχανημάτων.
9. Το κόστος από επείγουσες μεταφορές εξοπλισμού εκτός εργοστασίου, προκειμένου αυτό να επισκευασθεί από εξωτερικούς φορείς .

Παρατηρώντας τα παραπάνω έμμεσα κόστη καταλήγουμε στο συμπέρασμα, πως η Διεύθυνση των « Facilities » ενός εργοστασίου, όταν εφαρμόζει εξ' ολοκλήρου τη μέθοδο της διορθωτικής συντήρησης, έχει το υψηλότερο κόστος σε ότι αφορά την αντικατάσταση μερών του μηχανολογικού εξοπλισμού. Αυτό συμβαίνει διότι αναγκάζεται να λειτουργεί ένα ξεχωριστό τμήμα, (ή απλά μια ξεχωριστή διαδικασία), που σαν σκοπό έχει την διατήρηση κατάλληλου αποθέματος ανταλλακτικών και του προγραμματισμού παραγγελιών των εκάστοτε αναγκαίων υλικών. Η πραγματικότητα με τη διορθωτική συντήρηση είναι ότι φαίνεται σαν η πιο φτηνή λύση, καθώς ο υπολογισμός του κόστους της συντήρησης γίνεται χωρίς να υπολογίζονται τα κρυφά κόστη που πηγάζουν από τις έκτακτες

διεργασίες που λαμβάνουν μέρος στο σύστημα των logistics.

3.1.1 Στόχοι της διορθωτικής συντήρησης.

Η διορθωτική συντήρηση παρόλα αυτά, αποτελεί ακόμη και σήμερα μία ουσιαστική δραστηριότητα του τμήματος συντήρησης κάθε εργοστασίου. Γι' αυτό το λόγο και κρίνεται αναγκαία μία θεωρητική ανάλυση των στόχων της και των διαδικασιών της, καθώς και μια προσπάθεια πρακτικής της προσέγγισης, μέσα από την Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία (ΕΑΒ). Ως στόχους της διορθωτικής συντήρησης μπορούμε να αναγνωρίσουμε τους παρακάτω:

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

Προκειμένου να επιτευχθεί ο πρώτος στόχος, θα πρέπει:

- Να υπάρχει οργανωμένο σύστημα διορθωτικής συντήρησης.
- Να υπάρχουν αποθέματα των πρώτης ανάγκης ανταλλακτικών για κάθε μηχανή, οπότε με την εναλλαγή παλαιού – νέου ανταλλακτικού, να εντοπίζεται το προβληματικό εξάρτημα.
- Να υπάρχει διαγνωστικό σύστημα πάνω στη μηχανή.
- Να υπάρχει σωστή και αναλυτική βιβλιογραφία, όπου να δίδονται οδηγίες για διάγνωση και επισκευή.
- Να υπάρχει σωστή εκπαίδευση στους τεχνικούς συντήρησης.

Επίσης, όσον αφορά τον δεύτερο στόχο, που είναι η ελαχιστοποίηση των βλαβών και κατ' επέκταση του χρόνου εκτός λειτουργίας του μηχανολογικού εξοπλισμού θα πρέπει:

- Να υιοθετηθεί από την εταιρεία η επιβελτιωτική συντήρηση και να γίνει αντιληπτό, ότι τέτοιου είδους συντήρηση

οικονομοτεχνικά , συμφέρει μεσοπρόθεσμα για τον παλαιό εξοπλισμό.

- Να εκπαιδευθούν οι χειριστές στη σωστή χρήση των μηχανών.
- Να εφαρμοσθεί η συστηματική εκτέλεση της προληπτικής συντήρησης 1^{ης} και 2^{ης} βαθμίδας, όπως θα αναλύσουμε παρακάτω.

3.1.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

Από όσα έχουν αναλυθεί, μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα πως η διορθωτική συντήρηση έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

1. Χαμηλό λειτουργικό κόστος για δραστηριότητες ρουτίνας που υποστηρίζουν την συντήρηση, όπως για παράδειγμα, η μη απαίτηση ακριβού ηλεκτρονικού εξοπλισμού ελέγχου λειτουργίας των μηχανημάτων, καθώς και η μη αναγκαιότητα για πρόσληψη εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού.
2. Χαμηλό κόστος επιδιόρθωσης της βλάβης, όταν η βλάβη αυτή εντοπιστεί και επισκευασθεί γρήγορα.
3. Δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση εξειδικευμένων συμβούλων για την κατάρτιση ενός προχωρημένου σχεδίου συντήρησης , όταν έχει εξασφαλιστεί η διαθεσιμότητα των αναγκαίων ανταλλακτικών.

Τα δε μειονεκτήματα που παρατηρούμε είναι τα παρακάτω:

1. Φτωχή αξιοπιστία του εξοπλισμού.
2. Δεν υπάρχει καμία προειδοποίηση πριν τη βλάβη, με αποτέλεσμα να αυξάνεται τόσο το ποσοστό κινδύνου για την ασφάλεια των

- εργαζομένων, όσο και η πιθανότητα εκτεταμένης βλάβης στο μηχάνημα.
3. Ο χρόνος εκτός λειτουργίας του μηχανολογικού εξοπλισμού κρίνεται αρκετά μεγάλος, σε σχέση με τους χρόνους των άλλων τύπων συντήρησης.
 4. Λόγω του ανωτέρου μειονεκτήματος, παρατηρείται και μεγάλη καθυστέρηση στην παραγωγή.
 5. Απαιτείται να υπάρχει ειδική ομάδα τεχνικών προκειμένου να αντιμετωπίζονται οι έκτακτες βλάβες.
 6. Το κόστος επισκευής ενός μηχανήματος κρίνεται πολύ υψηλό, εξαιτίας της ανικανότητας να προγραμματισθεί η εν λόγω επισκευή.
 7. Παρατηρείται δε, πως μία δεύτερη συνεχόμενη βλάβη στο ίδιο μηχάνημα απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο επισκευής, απ' ό τι την πρώτη φορά.
 8. Δεν μπορεί να υπάρξει έλεγχος των αποθεμάτων, καθώς οι παραγγελίες γίνονται μεμονωμένα για κάθε βλάβη, με αποτέλεσμα να υπάρχουν περιπτώσεις συσσώρευσης μεγάλου αριθμού ομοίων ανταλλακτικών.
 9. Οι έκτακτες ανάγκες σε ανταλλακτικά μεμονωμένων περιπτώσεων βλαβών, οδηγούν σε άμεσες παραγγελίες μικρών ποσοτήτων, με αποτέλεσμα το Τμήμα Προμηθειών του εργοστασίου, να μην μπορεί να τις ομαδοποιήσει και να επιτύχει έτσι οικονομικότερες τιμές απόκτησης.

Ανεξάρτητα όμως από τα μειονεκτήματά της, η διορθωτική συντήρηση μπορεί ακόμη και στις μέρες του πλήρη αυτοματισμού να θεωρηθεί μία αποδεκτή λύση. Έτσι, η Διεύθυνση των « Facilities » ενός εργοστασίου μπορεί να χρησιμοποιήσει τη διορθωτική συντήρηση για εκείνο το μηχανολογικό εξοπλισμό που:

- η λειτουργία του δεν επηρεάζει σημαντικά την παραγωγή.
- η αξία απόκτησής του δεν είναι αξιόσημαντη.
- ο χρόνος παραμονής του εκτός λειτουργίας να θεωρείται ασήμαντος.

3.1.3 Διαδικασία διορθωτικής συντήρησης.

Μία απλή και δοκιμασμένη μέθοδος διορθωτικής συντήρησης είναι η επονομαζόμενη « **trouble call** ». Σύμφωνα με αυτή τη διαδικασία , ακολουθούνται τα παρακάτω στάδια:

1. Ο χειριστής / αιτών , ενημερώνει τηλεφωνικά τον κεντρικό παραλήπτη των προβλημάτων της επιχείρησης. Η ενημέρωση αυτή περιλαμβάνει:

- ❖ Αριθμό – ταυτότητας του μηχανήματος.
- ❖ Θέση μηχανήματος.
- ❖ Ονοματεπώνυμο του αιτούντα.
- ❖ Την αιτούμενη εργασία, εφ' όσον είναι δυνατό.

2. Ο κεντρικός παραλήπτης καταγράφει τα παραπάνω σε ειδική φόρμα, δίνοντας ταυτόχρονα και έναν αριθμό σε αυτήν. Ο αριθμός αποτελεί την ταυτότητα για το πρόβλημα.

3. Ο κεντρικός παραλήπτης διαβιβάζει τη συμπληρωμένη φόρμα στο υπεύθυνο συνεργείο για τη συγκεκριμένη μηχανή.

4. Το υπεύθυνο συνεργείο εκτελεί την επισκευή και καταγράφει:

- ❖ Την αιτία της βλάβης.
- ❖ Το είδος του προβλήματος.
- ❖ Τα ανταλλακτικά που χρησιμοποιήθηκαν.
- ❖ Τις εργατώρες που δαπανήθηκαν.

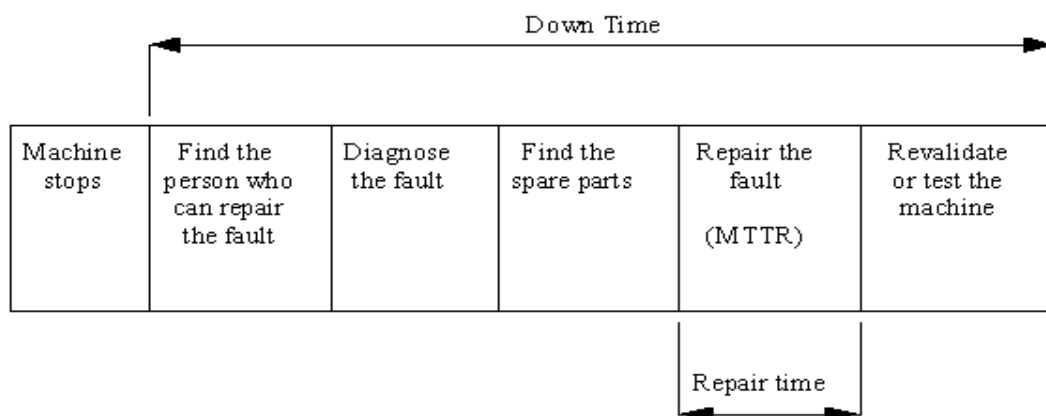
Έτσι δημιουργείται το ιστορικό αρχείο συντήρησης της μηχανής.

5. Ο αιτών υπογράφει, πάνω στην σχετική φόρμα, το πέρας της επισκευής και έτσι πιστοποιείται και ο χρόνος εκτός λειτουργίας του μηχανήματος.

Όλες οι παραπάνω ενέργειες γίνονται και στη περίπτωση που η επιχείρηση έχει προμηθευθεί και εφαρμόζει ένα μηχανογραφημένο σύστημα επικοινωνίας. Σε αυτή την περίπτωση :

- i. Η συμπλήρωση των στοιχείων της ενέργειας 1 , γίνονται σε ειδική ηλεκτρονική φόρμα.
- ii. Αυτόματα η ηλεκτρονική φόρμα αποκτά έναν δικό της αριθμό αναγνώρισης από το μηχανογραφικό σύστημα.
- iii. Είτε ηλεκτρονικά είτε με την εκτύπωσή της, η σχετική φόρμα διαβιβάζεται στο υπεύθυνο συνεργείο για την επισκευή.
- iv. Μετά την επισκευή , είτε ο υπεύθυνος τεχνικός είτε ο προϊστάμενός του, (με γνώσεις H/Y), συμπληρώνει μηχανογραφικά τα στοιχεία της επισκευής, προκειμένου αυτά να κατοχυρωθούν στο σύστημα.

Στο παρακάτω σχήμα, φαίνονται χοντρικά οι φάσεις επιδιόρθωσης ενός μηχανήματος, όταν εφαρμόζεται η διορθωτική συντήρηση.



Σχήμα 5: Οι φάσεις της διορθωτικής συντήρησης.

Από το παραπάνω σχήμα μπορούμε να βγάλουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Ο χρόνος εκτός λειτουργίας του μηχανήματος σε καμία περίπτωση δεν είναι ο ίδιος με τον χρόνο επισκευής του (**Mean Time To Repair – MTTR**).
- Σημαντικό ρόλο στην μείωση του χρόνου αποκατάστασης της βλάβης παίζουν τα logistics και ειδικότερα, η λειτουργία της αποθήκης του εργοστασίου και του τμήματος προμηθειών .

3.1.4 Η διορθωτική συντήρηση στην ΕΑΒ.

Όπως σε όλα τα εργοστάσια, έτσι και στην Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία (ΕΑΒ), η διορθωτική συντήρηση βρίσκει εφαρμογή σε μηχανήματα που η λειτουργία τους κρίνεται μικρής σημασίας για την παραγωγική δραστηριότητα. Η δε διαδικασία που εφαρμόζεται είναι όμοια με την διαδικασία « trouble call », με τη σημείωση ότι στο εργοστάσιο ήδη έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν ορισμένα « modules » του SAP, με αποτέλεσμα η επικοινωνία μεταξύ του προϊσταμένου τεχνικού συντήρησης και των υπολοίπων τμημάτων του εργοστασίου να γίνεται ηλεκτρονικά.

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Αυτό που πρέπει να τονίσουμε είναι ότι, ο τεχνίτης που είναι υπεύθυνος για την βλάβη θα πρέπει να αναφέρει στον προϊστάμενό του δύο πολύ σημαντικά πράγματα:

- 1) Την πρόβλεψή του για την ποσότητα και το είδος των απαιτούμενων ανταλλακτικών.
- 2) Την εκτίμησή του για το χρόνο επισκευής του μηχανήματος.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί ο έγκαιρος εντοπισμός της βλάβης, η εταιρεία θέτει ως πρωτεύοντες στόχους τα εξής:

- Σε κάθε νέα προμήθεια, να υπάρχει απαραίτητα από τον προμηθευτή και λίστα με τα πιο συνήθη ανταλλακτικά, που κατά τη γνώμη του, θα απαιτηθούν σε περίπτωση βλάβης του μηχανήματος (Recommended spare parts list).
- Την ύπαρξη σωστής και αναλυτικής βιβλιογραφίας μέσα στην οποία να δίνονται οδηγίες διάγνωσης και επισκευής.
- Τη σωστή εκπαίδευση των τεχνικών του εργοστασίου στο χειρισμό και τη συντήρηση του μηχανήματος, εάν αυτό απαιτείται.

Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε πως για να επιτευχθεί μία αποτελεσματική διορθωτική συντήρηση, θα πρέπει να υπάρχει πάνω απ' όλα άριστη συνεργασία μεταξύ της Διεύθυνσης των «facilities» και του Τμήματος Προμηθειών του εργοστασίου, για την κατάρτιση των συμβάσεων αγοράς και συντήρησης μηχανολογικού εξοπλισμού, καθώς στην ΕΑΒ δεν υπάρχει ξεχωριστό Τμήμα Logistics που να ελέγχει συλλογικά τις λειτουργίες της εφοδιαστικής αλυσίδας.

3.2 Προληπτική Συντήρηση (Preventative Maintenance).

Η προληπτική συντήρηση δεν είναι τίποτα άλλο παρά η εξέλιξη της διορθωτικής συντήρησης. Εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια που μία μηχανή λειτουργεί ομαλά, προκειμένου να αποφευχθεί μια μελλοντική αστοχία της. Η συχνότητα εφαρμογής της προληπτικής συντήρησης είναι συνήθως σταθερή και βασίζεται στην εκτιμώμενη διάρκεια ζωής των εξαρτημάτων του κάθε μηχανήματος. Ως παραδείγματα προληπτικής συντήρησης μπορούμε να αναφέρουμε, την λίπανση των τριβομένων μερών μιας μηχανής έπειτα από ένα καθορισμένο αριθμό ωρών λειτουργίας, καθώς και την αντικατάσταση των προειδοποιητικών λαμπτήρων ενδείξεων λειτουργίας των κινητήρων «jet» έπειτα από ένα συγκεκριμένο αριθμό φωτεινών τους ενδείξεων . Αυτή η μέθοδος συντήρησης συνοδεύεται και από ένα υψηλό λειτουργικό κόστος καθώς η Διεύθυνση των «facilities» είναι αναγκασμένη να έχει στο οργανόγραμμά της και ένα ξεχωριστό τμήμα (ή ομάδα) με μοναδικό σκοπό απασχόλησης :

- Τη διατήρηση κατάλληλου αποθέματος ασφαλείας για ανταλλακτικά.
- Την κατάρτιση προγράμματος συντήρησης κατά τη διάρκεια διακοπής της παραγωγής.
- Την ομαδοποίηση και κατηγοριοποίηση των μηχανών , ανάλογα με το πότε απαιτείται επιθεώρηση συντήρησης.

Με την προληπτική συντήρηση επιτυγχάνεται μείωση του συνολικού κόστους συντήρησης ενός εργοστασίου αφού:

- Η συντήρηση των μηχανών προγραμματίζεται σε περιόδους που η απαίτηση για παραγωγή είναι μικρή.

- Επιτυγχάνονται αποταμιεύσεις, καθώς πραγματοποιείται προγραμματισμένη χρήση επιπλέον εργατικού δυναμικού και μηχανολογικού εξοπλισμού.

3.2.1 Τα είδη της προληπτικής συντήρησης.

Η προληπτική συντήρηση χωρίζεται στις εξής δύο κατηγορίες:

◆ Πρωταρχική Προληπτική Συντήρηση (1^{ης} Βαθμίδας)

Δεν είναι τίποτα άλλο παρά η βασικές λειτουργίες συντήρησης που πρέπει να γίνονται, (όπως είναι η λίπανση, ο καθαρισμός μερών των μηχανών, οι τυπικές αναβαθμίσεις), προκειμένου να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού του εργοστασίου. Η πρωταρχική προληπτική συντήρηση είναι σε γενικές γραμμές απλή, όταν εφαρμόζεται σε μικρό αριθμό μηχανών, με μικρό χρόνο εκτός λειτουργίας και με τη δυνατότητα διάθεσης από πλευράς των οικονομικών υπηρεσιών, ενός ικανοποιητικού χρηματικού ποσού για την αγορά ανταλλακτικών. Τα προβλήματα σε αυτή τη κατηγορία συντήρησης, αρχίζουν να εμφανίζονται όταν θα πρέπει να εφαρμοστεί σε μεγάλο αριθμό μηχανών. Χωρίς προγραμματισμό και έλεγχο των εργασιών, γίνεται κακή εκμετάλλευση του εξοπλισμού με αποτελέσματα όπως:

- Ο μεγάλος χρόνος εκτός λειτουργίας των μηχανών.
- Οι έκτακτες προμήθειες ομοίων ανταλλακτικών σε μικρές ποσότητες.
- Ο κακός έλεγχος των αποθεμάτων.
- Οι μεγάλες απώλειες της παραγωγικής ικανότητας των εργοταξίων.

Η πρωταρχική προληπτική συντήρηση είναι γνωστή και ως **προληπτική συντήρηση 1^{ης} βαθμίδας**. Εφαρμόζεται αποκλειστικά από τους χρήστες του μηχανολογικού εξοπλισμού και μπορούμε να πούμε πως είναι η καθημερινή εκτέλεση ελέγχων και εργασιών που επιβάλλεται να γίνονται από τους χειριστές, για τη συντήρηση των μηχανών αλλά και την προφύλαξη και ασφάλειά των ίδιων

κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Η πρωταρχική προληπτική συντήρηση έχει τις ελάχιστες απαιτήσεις αλλά δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδο πρόβλεψης μελλοντικών βλαβών.

◆ **Κύρια Προληπτική Συντήρηση (2^{ης} Βαθμίδας)**

Η κύρια προληπτική συντήρηση δεν περιλαμβάνει μόνο τις δραστηριότητες της πρωταρχικής, αλλά σαν στόχο έχει επίσης και την αποφυγή κάθε μελλοντικής βλάβης που μπορεί να λάβει χώρα στον μηχανολογικό εξοπλισμό του εργοστασίου. Κατά την κύρια προληπτική συντήρηση, ο εξοπλισμός προγραμματίζεται σε καθορισμένες ημερομηνίες και πέρα από τη συντήρηση της 1^{ης} βαθμίδας, ώστε να περνά μία πιο εξονυχιστική επιθεώρηση. Κατά την επιθεώρηση αυτή, μέρη του μηχανολογικού εξοπλισμού, όπως είναι οι αισθητήρες, τα καρούλια, οι τροχοί, οι σωληνώσεις κ.λ.π, με κριτήριο ένα καθορισμένο αριθμό ωρών λειτουργίας ή κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ζωής τους, αντικαθίστανται, όχι επειδή έχουν παρουσιάσει βλάβη, αλλά με σκοπό να αποφευχθεί αυτή η βλάβη στο εγγύς μέλλον. Το ανωτέρω χρονικό διάστημα ύπαρξης του μηχανολογικού εξοπλισμού που καθορίζει την αντικατάσταση των διαφόρων μερών, οριοθετείτε μέσα από την εμπειρία και από στατιστικές μετρήσεις. Επομένως με την πρακτική που ακολουθείτε, είναι δυνατή η αντικατάσταση μερών του μηχανολογικού εξοπλισμού τα οποία βρίσκονται σε καλή κατάσταση λειτουργίας και άρα υπάρχουν περιπτώσεις που το κόστος αυτής της συντήρησης αυξάνεται χωρίς να προσδώσει οφέλη στο εργοστάσιο. Η κύρια προληπτική συντήρηση είναι γνωστή και ως **προληπτική συντήρηση 2^{ης} βαθμίδας** η οποία εκτελείται εξ' ολοκλήρου από το τμήμα των «facilities» ενός εργοστασίου. Πάντως, ως προς την αξιοπιστία που εξασφαλίζουν αυτοί οι δύο τύποι της προληπτικής συντήρησης στην ομαλή λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού, οι απόψεις δίστανται. Γι' αυτό το λόγο και στην πράξη χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός και των δύο.

3.2.2 Η προληπτική συντήρηση στην ΕΑΒ.

Όπως σε όλα τα ελληνικά εργοστάσια, έτσι και στην ΕΑΒ, χρησιμοποιούνται κατά κόρον και οι δύο τύποι της προληπτικής συντήρησης. Ειδικότερα στην Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία, εάν παραλείψουμε την απλή διαδικασία της προληπτικής συντήρησης 1^{ης} βαθμίδας, βλέπουμε πως η οργάνωση της κύριας προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνει τις εξής επί μέρους λειτουργίες:

- Σε Εγκατεστημένο Εξοπλισμό
 - ✓ Επιλογή εξοπλισμού και εγκαταστάσεων για εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης. Αυτή η επιλογή πραγματοποιείται κατόπιν συνεργασίας μεταξύ της Διεύθυνσης Παραγωγής και των « Facilities ».
 - ✓ Ομαδοποίηση του εξοπλισμού , όπου αυτό είναι δυνατό, όσον αφορά το είδος (φασεολόγιο) της προληπτικής συντήρησης.
 - ✓ Δημιουργία χρονοδιαγράμματος προληπτικής συντήρησης σε συνεργασία με την παραγωγή (σχήμα 6).
 - ✓ Έκδοση εντολών προληπτικής συντήρησης για κάθε μηχάνημα (σχήμα 7).
 - ✓ Περιγραφή φάσεων εργασίας (φασεολόγιο).
 - ✓ Οργάνωση συνεργείου ή συνεργείων που θα την εκτελέσουν.
 - ✓ Χρονικό διάστημα υλοποίησης . Το τελευταίο καθορίζεται σε συνεργασία με τον χρήστη και της δυνατότητες διάθεσης τόσο του μηχανήματος όσο και του προσωπικού συντήρησης που απαιτείται (σχήμα 8).
 - ✓ Εκτέλεση της συντήρησης και σχετική πιστοποίηση πέρατος της εργασίας.

ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Α/Α	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΜΗΝΕΣ											
			ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ
1	0001	A			Y		Q1					Q1		
			Q1											
2	0002	B				Y		Q1				Q1		
			Q1											
3	0003	A			Q1				Y		Q1			Q1
									Y					
4	0004	B				Q1					Q1			Q1
5	0005	A				Q1					Q1	Y		
6	0006	B	Y				Q1				B			Q1
											Q1			
7	0007	A		Y		Q1					Q1	B		Q1
8	0008	B			Q1				Q1				Y	Q1
9	0009	A								Q2				Q2
10	0010	B				Q2					Q2			Q2
11	0011	A					Q2					Q2		Q2
12	0012	B						Q2					Q2	
			Q2											
13	0013	A			Q2					Q2				Q2
14	0014	B				Q2					Q2			Q2
15	0015	A					Q2					Q2		Q2
16	0016	B						Q2					Q2	
17	0017	A							Q2					Q2
18	0018	B								Q2				Q2
						Q2								

Σημ.

Y ΜΗΧΑΝΕΣ ΠΟΥ ΧΡΕΙΑΖΟΝΤΑΙ ΕΤΗΣΙΟΥΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ

Q1 ΤΕΤΡΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΜΗΧΑΝΩΝ

Q2 ΤΕΤΡΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕΣΑΙΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΜΗΧΑΝΩΝ

B ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΩΝ

ΜΗΧ. ΣΥΧΝ. ΤΕΧΝ. ΗΜΕΡ. ΩΡΕΣ

8 1 3 3 7 504

8 3 3 1 7 504

10 3 2 1 7 420

2 2 3 1 7 84

1.512 Hrs

Σχήμα 6: Χρονοδιάγραμμα προγραμματισμού προληπτικής συντήρησης.

ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΜΗΧ	ΣΥΧΝ	ΤΕΧΝΤΕΣ	ΗΜΕΡΕΣ	ΩΡΕΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΑΤΩΡΩΝ	ΚΩΔ. ΚΕΙΜΕΝΟΥ
1	ΨΥΚΤΕΣ ΝΕΡΟΥ Κεντρικού Κλιματισμού(2 τεμ.)		Υ1		Υ2									2	1	3	12	7	504	
2	ΨΥΚΤΕΣ ΝΕΡΟΥ Βιομηχ. Ψύξης (3 τεμ.)						Υ1	Υ2						3	1	2	4	7	168	
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
ΣΥΝΟΛΟ																			672	

Υ= Ετήσια
Σ= Εξαμηνιαία

Σχήμα 8: Χρονοδιάγραμμα προληπτικής συντήρησης σε σχέση με το εργατικό κόστος.

▪ Σε Υπό Παραγγελία Εξοπλισμό

Ζητείται εξ' αρχής από τον προμηθευτή:

- ✓ Πρόταση εκπαίδευσης του προσωπικού συντήρησης.
- ✓ Εγχειρίδιο συντήρησης.
- ✓ Εγχειρίδιο λειτουργίας.
- ✓ Κατάλογος προτεινόμενων ανταλλακτικών πρώτης ανάγκης.
- ✓ Πρόταση σύμβασης υποστήριξης για την μετά το πέρας της εγγύησης περίοδο λειτουργίας του μηχανήματος.

Με βάση τα παραπάνω , επιλέγεται από τη Διεύθυνση των «Facilities», η πολιτική συντήρησης που θα ακολουθηθεί στο νέο μηχάνημα, μετά την εγκατάστασή του. Βλέπουμε δηλαδή, τη μεγάλη σημασία που έχει για την εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης στον εξοπλισμό , η σωστή συνεργασία μεταξύ των τμημάτων προμηθειών, παραγωγής και « facilities » της εταιρείας, ως προς την κατάρτιση και σύνταξη των τεχνικών προδιαγραφών και των ειδικών όρων των συμβάσεων που θα υπογραφούν.

Από μια ματιά στο οργανόγραμμα της εταιρείας, φαίνεται καθαρά η απουσία ενός ξεχωριστού τμήματος « logistics » το οποίο κανονικά θα έπρεπε να ήταν υπεύθυνο για όλες οι δραστηριότητες της εταιρείας που έχουν να κάνουν με την προμήθεια, την αποθήκευση και την μεταφορά του παραγγελθέντος μηχανήματος και των ανταλλακτικών του. Σήμερα στην Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία η λειτουργία των «Logistics» εκτελείτε από τα υπάρχοντα τμήματα : Παραγωγής, Facilities και Οικονομικού.

Το σύστημα αποθήκευσης της εταιρείας μπορεί να κριθεί αποτελεσματικό για τη σωστή διακίνηση και παράδοση των υλικών, καθώς υπάρχει ένα σύστημα δικτύου «αστέρα». Δηλαδή υπάρχει μία κεντρική αποθήκη και μικρές αποθήκες σε κάθε εργοτάξιο.

Τα υλικά που εισέρχονται για πρώτη φορά στο εργοστάσιο, παραλαμβάνονται από το προσωπικό της κεντρικής αποθήκης, όπου και αποθηκεύονται, αφού πρώτα λάβει χώρα η ηλεκτρονική τους καταχώρηση στο SAP.

Όταν ένα εργοτάξιο χρειαστεί ένα υλικό, γίνεται ηλεκτρονική αίτηση από την συγκεκριμένη αποθήκη και κατόπιν πηγαίνουν οι υπεύθυνοι τεχνίτες και το παραλαμβάνουν .

Στη περίπτωση της προληπτικής συντήρησης, στην κεντρική αποθήκη της εταιρείας υπάρχουν τα υλικά αυτά που αναγράφονται στους καταλόγους προτεινόμενων ανταλλακτικών πρώτης ανάγκης, για κάθε μηχάνημα που λειτουργεί στο εργοστάσιο. Η παραγγελία των ανταλλακτικών αυτών γίνεται από την εταιρεία με κριτήριο την τιμή τους και του κατά πόσο επηρεάζει τη παραγωγή του εργοστασίου (ημέρες εκτός λειτουργίας).

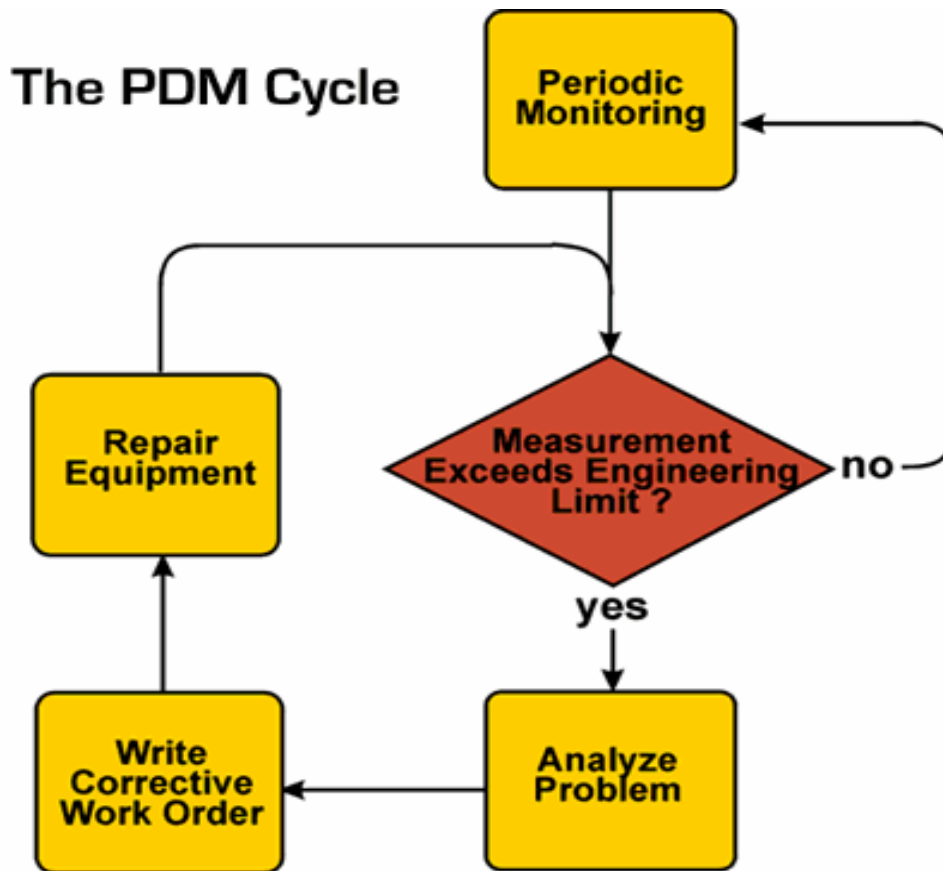
Παρατηρούμε δηλαδή, ότι με τη βοήθεια του SAP, η ΕΑΒ μπορεί και ελέγχει ικανοποιητικά τα αποθέματα ασφαλείας των υλικών πρώτης ανάγκης, ενώ από την άλλη, η τήρηση φακέλου μητρώου συντήρησης σε κάθε μηχάνημα που εφαρμόζεται η προληπτική συντήρηση, δημιουργεί μεγάλο πρόβλημα ανεύρεσης χώρου. Στη περίπτωση της Διεύθυνσης Συντήρησης, δεξιά και αριστερά των διαδρόμων, υπάρχουν μεγάλες μεταλλικές ντουλάπες που χρησιμοποιούνται για τη φύλαξη του μητρώων των μηχανημάτων εμποδίζοντας την άνετη διέλευση των εργαζομένων. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να λυθεί μόνο με την ηλεκτρονική καταχώριση των φακέλων της προληπτικής συντήρησης μέσω του SAP. Οι υπεύθυνοι όμως απάντησαν σε σχετική ερώτηση του υποφαινομένου ότι αυτό δεν μπορεί να γίνει για δύο λόγους:

- 1) Δεν υπάρχει σχετικό module που να έχει προβλεφθεί από το SAP.
- 2) Χρειάζονται χιλιάδες εργατώρες σε υπερωρίες από το προσωπικό προκειμένου να εισαχθούν τα ιστορικά στοιχεία στο σύστημα, με αποτέλεσμα το όλο εγχείρημα να κρίνεται αντιοικονομικό για την εταιρεία.

3.3 Προβλεπτική Συντήρηση (Predictive Maintenance).

Προβλεπτική συντήρηση δεν είναι τίποτα άλλο παρά η παρακολούθηση του μηχανολογικού εξοπλισμού και η ανακάλυψη τυχόν βλαβών του, προτού αυτές λάβουν χώρα. Αποτελεί μία καινούργια προσέγγιση της διαχείρισης των συστημάτων συντήρησης που εφαρμόζονται στα εργοστάσια τη τελευταία δεκαετία. Κατά την προβλεπτική συντήρηση, πραγματοποιείται σύγκριση των τάσεων των υπολογιζόμενων φυσικών παραμέτρων με τα γνωστά μηχανικά όρια αντοχής του εξοπλισμού. Αυτό σημαίνει πως κάθε φυσική παράμετρος λειτουργίας του εξοπλισμού, όπως είναι η λίπανση, η θερμοκρασία, η πίεση, η τάση, η ένταση του ρεύματος, πρέπει να υπολογίζεται και να τίθεται αντίστοιχα ένα μηχανικό όριο λειτουργίας για κάθε μηχανήμα, ώστε οποιοδήποτε πρόβλημα να μπορεί να ανακαλυφθεί κατά τη διάρκεια συστηματικής επιτήρησης μέσω μετρήσεων και περιοδικών επιθεωρήσεων. Τα μηχανικά αυτά όρια λειτουργίας είναι συνήθως αρκετά αυστηρά, ώστε τα προβλήματα να εντοπίζονται πολύ πριν πραγματοποιηθεί η εκτεταμένη ζημιά στον εξοπλισμό.

Το μυστικό της επιτυχίας ενός συστήματος προβλεπτικής συντήρησης που εφαρμόζεται σε ένα εργοστάσιο είναι να μπορεί πάντα να ανακαλύπτει και να προλαβαίνει την αρχική βλάβη του εξοπλισμού. Κάθε μηχανήμα που αποφασίζεται να μπει στο σύστημα της προβλεπτικής συντήρησης, εισάγεται στο λεγόμενο «κύκλο λειτουργίας» της, που σχηματικά αποδίδεται στο σχήμα της επόμενης σελίδας.



Σχήμα 9: Κύκλος λειτουργίας προβλεπτικής συντήρησης.

Οι μετρήσεις που παίρνονται από τη συνεχή παρακολούθηση του εξοπλισμού, μπορεί να είναι εβδομαδιαίες, μηνιαίες, εξαμηνιαίες, ανάλογα τη φύση του και τη σημασία που δίνουν σε αυτόν οι υπεύθυνοι της συντήρησης. Εάν οι μετρήσεις αγγίζουν τα καθορισμένα όρια λειτουργίας, τότε ακολουθεί μία πιο προσεκτική ανάλυση της λειτουργίας του συγκεκριμένου μηχανήματος. Κατά την ανάλυση αυτή, ο υπεύθυνος μπορεί να ακολουθήσει διάφορες μεθόδους της προβλεπτικής συντήρησης προκειμένου να εξάγει χρήσιμα συμπεράσματα, όπως είναι για παράδειγμα η μέτρηση των κραδασμών των τριβομένων μερών ενός κινητήρα κ.λ.π. Στη περίπτωση που οι μετρήσεις δίνουν τιμές που απέχουν αρκετά από τα καθορισμένα όρια, οι υπεύθυνοι έχουν την πολυτέλεια του χρόνου να επιδιορθώσουν το πρόβλημα με την ησυχία τους.

Σε κάθε περίπτωση όμως, επιλέγεται η πιο αποτελεσματική διορθωτική ενέργεια. Συνήθως, για να ξεκινήσει μία επισκευή απαιτείται μία γραπτή εντολή που να καθορίζει το είδος της βλάβης, τα ανταλλακτικά που θα απαιτηθούν και που της οποίας η φόρμα είναι συνήθως εφάμιλλη με αυτή που χρησιμοποιείται στην περίπτωση της διορθωτικής και προληπτικής συντήρησης (σχήμα 7). Μόλις επιλυθεί το πρόβλημα, ο εξοπλισμός είναι σε θέση να ενταχθεί ξανά στο σύστημα περιοδικής παρακολούθησης .

3.3.1 Το φάσμα εφαρμογής της προβλεπτικής συντήρησης.

Στο παρελθόν, είχε εδραιωθεί στους υπεύθυνους της συντήρησης, η κακή αντίληψη πως οι βλάβες του μηχανολογικού εξοπλισμού δεν θα μπορούσαν ποτέ να προβλεφθούν. Παρ' όλα αυτά, με τη χρήση συστημάτων προβλεπτικής τεχνολογίας, αποδείχτηκε με το καιρό ότι είναι δυνατή η πρόβλεψη ενός σημαντικού αριθμού βλαβών . Στο παρακάτω πίνακα, μπορούμε να δούμε το φάσμα του μηχανολογικού εξοπλισμού στο οποίο μπορεί να εφαρμοστεί αυτού του είδους η συντήρηση.

Το φάσμα της Προβλεπτικής Συντήρησης				
Κατηγορίες Εξοπλισμού	Είδη Εξοπλισμού	Είδος Βλάβης	Αιτίες Βλάβης	Μέθοδοι Ανάλυσης
Τριβόμενοι Μηχανισμοί	Αντλίες, Κινητήρες, Συμπιεστές, Ανεμιστήρες	Πρώιμη απώλεια ευθυγράμμισης	Υπερβολική άσκηση δύναμης	Ανάλυση λίπανσης
		Βλάβη στη λίπανση	Μη σωστή λίπανση, Ζέστη , Υγρασία	Γραφική ανάλυση φάσματος λειτουργίας
Ηλεκτρικός Εξοπλισμός	Κινητήρες, Καλώδια, Γεννήτριες, Μετασχηματιστές	Μονωτική Βλάβη	Ζέστη, Υγρασία	Έλεγχοι αντιστάσεων και χρόνου, Θερμογραφία , Αναλύσεις λαδιού
		Διαρροή ενέργειας	Υγρασία, Ελαττωματικές συνδέσεις	Υπέρηχοι
Εξοπλισμός Μεταφοράς Θερμότητας	Ανταλλάκτες, Ψύκτες , Μπαταρίες	Σπάσιμο εξαρτημάτων	Σημαντική αύξηση ιζημάτων και υλικών	Υπολογισμοί Μεταφοράς Θερμότητας
Εξοπλισμός Μεταφοράς και Αποθήκευσης	Δεξαμενές, Σωλήνες , Αντιδραστήρες	Διάβρωση	Χημικές αντιδράσεις	Μέτρηση Διάβρωσης, Έλεγχοι αντοχής
		Ρωγμές	Κούραση Μετάλλων	Μελέτη ακουστικών εκπομπών

Πίνακας 1: Το φάσμα εφαρμογής της προβλεπτικής συντήρησης .

3.3.2 Τα χαρακτηριστικά του πληροφοριακού συστήματος προβλεπτικής συντήρησης.

Μέσα από τη σχετική βιβλιογραφία προκύπτει ότι ένα τυπικό μηχανογραφικό σύστημα προβλεπτικής συντήρησης περιέχει τα εξής κύρια στοιχεία:

1. Ένα μικροεπεξεργαστή κατάλληλο για τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων.
2. Ένα κεντρικό υπολογιστή (server).
3. Λογισμικά προγράμματα (software).
4. Πρωτόκολλα επικοινωνίας και συμβατότητας για την εισαγωγή δεδομένων με διαφορετική διαμόρφωση (format).

Τα ανωτέρω στοιχεία κρίνονται θεμελιώδη και απαραίτητα για την αποτελεσματική λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος . Από την άλλη μεριά τα ουσιώδη χαρακτηριστικά που θα πρέπει να το συνοδεύουν, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι είναι:

▪ **Η φιλικότητα του λογισμικού (software) και του τεχνικού υλικού (hardware) προς τον χρήστη**

Τις περισσότερες φορές οι μηχανικοί και τεχνικοί που υποχρεώνονται να λειτουργήσουν ένα τέτοιο μηχανογραφικό σύστημα σε ένα εργοστάσιο, έχουν ελάχιστες γνώσεις από υπολογιστές. Για να μπορεί το προσωπικό αυτό να εργασθεί αποτελεσματικά πάνω στο σύστημα και για να έχει ωφέλιμα αποτελέσματα στη συντήρηση του εξοπλισμού, θα πρέπει από την αρχική σχεδίαση του συστήματος, να χρησιμοποιηθούν λογισμικά προγράμματα και περιβάλλοντα (interfaces), που να είναι ευκολονόητα για οποιονδήποτε χρήστη και τα οποία να τον οδηγούν σε γρήγορες και απλές λειτουργίες. Επίσης, οι διορθώσεις σε οποιαδήποτε σφάλματα που θα παρουσιαστούν, θα πρέπει να γίνονται με απλές ενέργειες, χωρίς όμως να επιτρέπουν και την αυθαίρετη παραποίηση της μορφής των δεδομένων.

▪ **Η αυτόματη διαχείριση καταχώρησης των δεδομένων**

Η ύπαρξη ενός μικροεπεξεργαστή συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, με το κατάλληλο λογισμικό, έχει ως αντικειμενικό σκοπό την εξάλειψη της πιθανότητας ενός ανθρώπινου λάθους κατά την διάρκεια εισαγωγής των απαραίτητων στοιχείων και την ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων σε ανθρώπινο δυναμικό.

▪ **Η ευελιξία**

Το σύστημα θα πρέπει να είναι ικανό να συλλέξει, να αποθηκεύσει και να παρουσιάσει δεδομένα, όπως είναι για παράδειγμα τα δεδομένα λίπανσης ενός μηχανήματος τα οποία έχουν διάφορες μορφές (συχνότητα, επιτάχυνση, ταχύτητα, μετακίνηση μερών κ.λ.π) και να είναι σε θέση να παρέχει ακριβές αναλύσεις αυτών των δεδομένων. Επίσης, θα πρέπει να είναι συμβατό με κάθε διαθέσιμο εμπορικό λογισμικό πακέτο δεδομένων .

▪ **Η αξιοπιστία:**

Τόσο ο τεχνικός εξοπλισμός, όσο και τα λογισμικά προγράμματα θα πρέπει να έχουν αποδείξει την εμπειρία τους στο πεδίο της συντήρησης. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει η επιλογή των ανωτέρω να γίνει μετά από συνεργασία με εκείνους τους ανθρώπους που έχουν εμπειρία στις διεργασίες συντήρησης του εργοστασίου.

▪ **Η ακρίβεια**

Τα δεδομένα θα πρέπει να είναι ακριβή και να μπορούν να ανακτώνται πολλές φορές για ανάλυση, έως ότου εξαχθούν τα σωστά συμπεράσματα για την κατάσταση του εξοπλισμού.

▪ **Η τεχνική υποστήριξη**

Η εκπαίδευση του προσωπικού και η τεχνική υποστήριξη αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο παράγοντα αξιολόγησης ενός μηχανογραφικού συστήματος προβλεπτικής συντήρησης. Ένα κατάλληλα δομημένο σύστημα

παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για την κατάσταση του εξοπλισμού μας με την ελάχιστη απαίτηση σε ανθρώπινο δυναμικό και μόνο με την απαραίτητη γνώση σχετικά με τη θεωρία των πρακτικών προβλεπτικής συντήρησης που εφαρμόζονται. Είναι πάντως σίγουρο πως κάθε σύστημα απαιτεί την εκπαίδευση του προσωπικού στις βασικές γνώσεις σχετικά με την ανάπτυξη βάσεων δεδομένων και τις μεθόδους διάγνωσης.

▪ Η δημιουργία αναφοράς

Είναι σημαντικό για ένα μηχανογραφικό σύστημα προβλεπτικής συντήρησης να χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη ευελιξία σε ότι αφορά τη δομή και το περιεχόμενο των αναφορών που μπορεί να παράγει, προκειμένου αυτές οι αναφορές να μπορούν να τροποποιούνται ανάλογα με τις απαιτήσεις των υπευθύνων της συντήρησης και να μπορούν να δίνουν σημαντικές λεπτομέρειες σχετικά με τη λειτουργία και τις τυχόν βλάβες που λαμβάνουν χώρα στον εξοπλισμό. Εάν το σύστημα δεν μπορεί να δώσει αυτόματα στους υπεύθυνους της συντήρησης τις παρακάτω σημαντικές αναφορές, τότε οι απαιτήσεις σε ανθρώπινο δυναμικό, θα αυξήσουν σημαντικά το διοικητικό κόστος λειτουργίας της συντήρησης του εργοστασίου. Οι σημαντικότερες αναφορές που πρέπει να αναπαράγονται είναι οι παρακάτω:

- Η έκτακτη αναφορά: Τέτοιου είδους αναφορά θα πρέπει το σύστημα να μπορεί να μας τη δίνει στις περιπτώσεις που σε κάποιο συγκεκριμένο μηχανήμα έχουν καταγραφεί επανειλημμένα μετρήσεις που ξεπερνούν ή και που αγγίζουν τα καθορισμένα όρια λειτουργίας. Επίσης, τέτοια αναφορά θα πρέπει να εξάγεται από το σύστημα και στη περίπτωση που σημειωθεί απώλεια κάποιων δεδομένων λειτουργίας .

- Η αναφορά τελευταίας μέτρησης: Αυτού του είδους η αναφορά περιλαμβάνει:

- 1) Μία λίστα από τα διάφορα εξαρτήματα του μηχανήματος.

- 2) Διάφορες χρήσιμες σημειώσεις που έχουν να κάνουν με το ιστορικό συντήρησης του.
- 3) Σημεία μέτρησης της απόδοσης του μηχανήματος που δεν καταγράφηκαν.
- 4) Τους ενδιάμεσους χρόνους, από την τελευταία αναφορά, κατά τους οποίους σημειώθηκαν βλάβες στο υπό παρακολούθηση μηχάνημα.

ο Η αναφορά ιστορικού: Περιλαμβάνει όλα τα ιστορικά στοιχεία της συντήρησης ενός μηχανήματος. Έχει ιδιαίτερη αξία για το προσωπικό συντήρησης, καθώς απ' αυτή εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για την αξιοπιστία του εξοπλισμού.

3.3.3 Οι μέθοδοι προβλεπτικής συντήρησης.

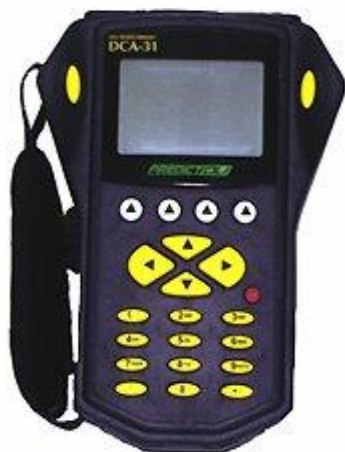
Υπάρχει μία πληθώρα διαθέσιμων μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μόνες τους είτε σε συνδυασμό, προκειμένου να καταρτισθεί και να εφαρμοσθεί ένα πρόγραμμα προβλεπτικής συντήρησης σε ένα εργοστάσιο. Οι σημαντικότερες απ' αυτές τις μεθόδους είναι οι παρακάτω:

3.3.3.1 Μέθοδος περιοδικού ελέγχου στάθμης δονήσεων κραδασμών (Vibration Analysis).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, εκτελούνται μετρήσεις της στάθμης δονήσεων και κραδασμών του μηχανολογικού εξοπλισμού κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Παρακολουθώντας τις τιμές αυτές, μπορούμε να προβλέψουμε πότε αρχίζει μία φθορά – βλάβη και να αποφασίσουμε από την εξέλιξή της τη χρονική στιγμή που θα παρέμβουμε για την απαραίτητη συντήρηση. Η μέθοδος αυτή βρίσκει κυρίως εφαρμογή σε μηχανές με περιστρεφόμενα μέρη, δίνοντας δυνατότητα διάγνωσης σε περιπτώσεις όπως :

- 1) Φθορά σε έδρανα, γρανάζια, πτερωτές .
- 2) Κακή ευθυγράμμιση και ζυγοστάθμιση σε ατράκτους κ.λ.π.

Για το τμήμα συντήρησης του εργοστασίου, ιδανική περίπτωση θα ήταν ο μηχανολογικός εξοπλισμός να μην δημιουργεί καμία στάθμη δονήσεων. Δυστυχώς όμως, αυτό συμβαίνει μόνο στην αρχή λειτουργίας κάθε μηχανής κατά την οποία η όλη ενέργεια μετατρέπεται σε ωφέλιμο έργο. Μία καλά σχεδιασμένη και κατασκευασμένη μηχανή παρουσιάζει δονήσεις χαμηλού πλάτους. Καθώς η μηχανή παλιώνει και τα μέρη της φθείρονται, παρουσιάζονται αλλαγές στη δυναμική συμπεριφορά της. Οι άξονες χάνουν τη ζυγοστάθμισή τους, τα εξαρτήματα αρχίζουν να φθείρονται και οι ανοχές χειροτερεύουν. Όλα αυτά οδηγούν με το πέρασμα του χρόνου σε αύξηση της στάθμης δονήσεων της μηχανής. Σύμφωνα με τη μέθοδο μέτρησης δονήσεων και κραδασμών του μηχανολογικού εξοπλισμού, η φθορά των τριβομένων μερών μπορεί να παρακολουθείται με τη βοήθεια οργάνων, όπως είναι ο ηλεκτρονικός καρδιογράφος στις παρακάτω φωτογραφίες.

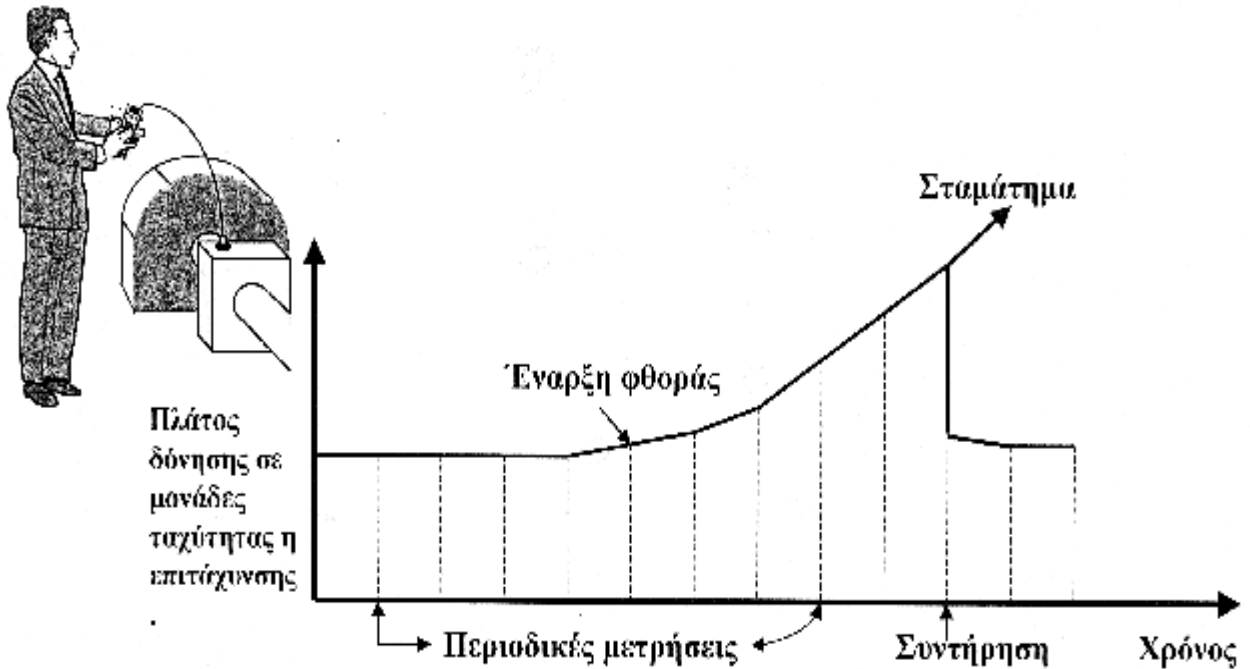


Ηλεκτρονικός Καρδιογράφος

Τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιούνται μπορούμε να τα διακρίνουμε :

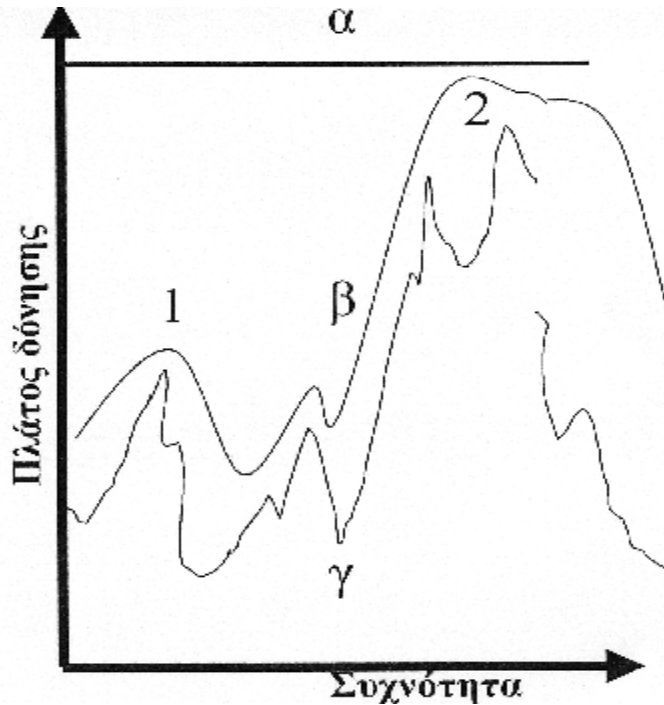
1. Σε απλά όργανα, όπως το ακουστικό και ο ηλεκτροκαρδιογράφος, όπου το επιταχυνσιόμετρο τοποθετείται πάντοτε στο ίδιο σημείο της υπό παρακολούθηση μηχανής για να μετρηθεί η στάθμη δονήσεων / κραδασμών στο σημείο αυτό. Η μέτρηση αυτή γίνεται σε ένα μεγάλο φάσμα συχνοτήτων σε συνάρτηση με το χρόνο.

Η δε χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής που εξάγεται μετά από επαναλαμβανόμενες μετρήσεις φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 10: Καμπύλη μεταβολής δονήσεων – κραδασμών σε σχέση με τον χρόνο.

2. Σε σύνθετα όργανα , όπου η ίδια στάθμη δονήσεων αναλύεται κατά συχνότητα και έτσι μας δίνεται η ευκαιρία να αναγνωρίσουμε πολλές άλλες συνιστώσες συχνότητας, που αν και έχουν μικρά πλάτη, έχουν μεγάλη σημασία για τον έγκαιρο εντοπισμό της βλάβης. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται αυτή η μεταβολή του πλάτους δόνησης σε συνάρτηση με τη μεταβολή της συχνότητας . Παρατηρούμε πως οι συχνότητες 2 , κυρίως προσδιορίζουν την ολική στάθμη δόνησης σε συνάρτηση με το χρόνο. Αυξήσεις πλάτους άλλων σημαντικών συνιστωσών όπως οι 1 , δεν επηρεάζουν πολύ την ολική στάθμη για να γίνουν αντιληπτές.



- α. Στάθμη δόνησης σε συνάρτηση με το χρόνο
- β. Στάθμη δόνησης με μικρή λεπτομέρεια
- γ. Στάθμη δόνησης με μεγάλη λεπτομέρεια

Σχήμα 11: Καμπύλη μεταβολής πλάτους δονήσεων σε σχέση με τη συχνότητα.

Όποιο πάντως και αν είναι το είδος των οργάνων που χρησιμοποιούμε (απλά ή σύνθετα), η μέτρηση καταγράφεται είτε με το χέρι, σε ένα φύλλο παρακολούθησης της κάθε μηχανής, είτε ηλεκτρονικά με την αυτόματη εισαγωγή των μετρήσεων σε μία βάση δεδομένων που υποστηρίζεται από κατάλληλο λογισμικό πρόγραμμα για την περαιτέρω επεξεργασία τους.

Υπάρχουν διεθνείς πίνακες και πρακτικοί κανόνες, που ανάλογα με τον τύπο και την ιπποδύναμη της μηχανής, μας λένε πόσο επιτρέπεται να ανέβει η στάθμη δονήσεων, λόγω φθοράς ή βλάβης, για να αναγκασθούμε να προγραμματίσουμε τη διακοπή της μηχανής για συντήρηση. Σαν μονάδα μέτρησης μίας δόνησης ή ενός κραδασμού χρησιμοποιείται η ίντσα ανά δευτερόλεπτο (Inches Per Second , IPS). Στο παρακάτω πίνακα αναγράφονται τα επίπεδα τιμών των δονήσεων ή κραδασμών και οι αντίστοιχες εκτιμήσεις της κατάστασης λειτουργίας του προς μέτρηση μηχανήματος.

<u>ΕΠΙΠΕΔΑ ΔΟΝΗΣΕΩΝ-ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ</u>	<u>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</u>
Λιγότερο από 0,0150 IPS	Άριστη
Από 0,0150 έως 0,100 IPS	Καλή
Από 0,100 έως 0,200 IPS	Αποδεκτή
Από 0,200 έως 0,400 IPS	Μη αποδεκτή
Μεγαλύτερη από 0,400 IPS	Ενδεικτικό για βλάβη.

Πίνακας 2: Πίνακας αντιστοιχίας των τιμών δονήσεων – κραδασμών μιας μηχανής με την κατάσταση λειτουργίας της.

Εξίσου σημαντικό είναι και η ανάλυση κόστους που πρέπει να γίνεται όταν μία βιομηχανική μονάδα αποφασίζει να εφαρμόσει αυτή τη μέθοδο για τη συντήρηση του εξοπλισμού της. Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

- ◆ **Η ανάπτυξη και εφαρμογή να γίνεται από το τμήμα Facilities του εργοστασίου.**

Σε αυτή τη περίπτωση απαιτούνται:

- Σαράντα χιλιάδες ευρώ (**40.000€**) κατά μέσο όρο για την απόκτηση του κατάλληλου εξοπλισμού (hardware) και λογισμικού (software).
- Μία (1) εβδομάδα εκπαίδευση των τεχνικών στα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν.
- Οι τεχνικοί που θα εκπαιδευθούν θα πρέπει να ασχολούνται στα πλαίσια εξάσκησης των γνώσεών τους, τουλάχιστον τρεις (3) μέρες τον μήνα, με τις μετρήσεις κραδασμών – δονήσεων του εξοπλισμού.

Από τα ανωτέρω παρατηρούμε πως το εργοστάσιο, εκτός από την μεγάλη αρχική επένδυση που είναι υποχρεωμένο να κάνει με την αγορά του κατάλληλου εξοπλισμού, επιβαρύνεται και με επιπλέον κρυφά λειτουργικά κόστη που σχετίζονται με την ενασχόληση σημαντικού αριθμού τεχνικών με την εκπαίδευση και την εξάσκησή τους σε αυτόν τον εξοπλισμό.

Το λειτουργικό αυτό κόστος που προκύπτει από την απώλεια παραγωγικής εργασίας του τεχνικού προσωπικού και το οποίο μεταφράζεται σε πληρωμένες εργατώρες, εξαρτάται από τον αριθμό των τεχνικών που κρίνεται απαραίτητο από τη Διεύθυνση να εκπαιδευθεί και να αναλάβει την διαδικασία μέτρησης των κραδασμών – δονήσεων του μηχανολογικού εξοπλισμού του εργοστασίου. Εάν θεωρήσουμε πως ο ελάχιστος αριθμός τεχνικών που κρίνεται απαραίτητος για να αναλάβει τον περιοδικό έλεγχο των κραδασμών – δονήσεων του μηχανολογικού εξοπλισμού του εργοστασίου είναι τρεις(3) , τότε εύκολα μπορούμε να υπολογίσουμε τα κρυφά κόστη που δημιουργούνται για την επιχείρηση. Έτσι, θεωρώντας ως ημερήσια αποζημίωση ενός τεχνικού τα τριάντα ευρώ (30€) , έχουμε:

- Μία εβδομάδα εκπαίδευση που ισοδυναμεί με τουλάχιστον σαράντα (40) εργατώρες , δηλαδή κόστος χαμένης παραγωγικής εργασίας ύψους χιλίων διακοσίων ευρώ (1200€) περίπου. Σε αυτό το κόστος μπορεί να προστεθεί και η τυχόν ανάγκη πρόσληψης έκτακτου τεχνικού προσωπικού, καθώς και η ανάγκη κάλυψης δαπανών μέριμνας για το τεχνικό προσωπικό που εκπαιδεύεται, ιδίως στην περίπτωση που η εκπαίδευση αυτή πραγματοποιείται στο εξωτερικό.
- Τρεις μέρες κάθε μήνα για εξάσκηση του εκπαιδευομένου προσωπικού στην εφαρμογή της μεθόδου , που ισοδυναμεί με ένα πάγιο κόστος χαμένης παραγωγικής εργασίας πέντε χιλιάδων τετρακόσια ευρώ (5750€) το χρόνο.

◆ **Η ανάπτυξη και εφαρμογή να γίνεται από μισθωμένη εταιρεία συντήρησης (3PL).**

Σε αυτή τη περίπτωση απαιτείται μίσθωση της εν λόγω εταιρείας με σύμβαση που η κοστολόγησή της ξεκινά από επτά χιλιάδες ευρώ (7.000€) το χρόνο και άνω . Βέβαια, το κόστος αυτό στις διάφορες συμβάσεις που υπογράφονται κατά

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

καιρούς από τα εργοστάσια, εξαρτάται από τον αριθμό των μηχανημάτων που υποχρεούται η συμβαλλόμενη εταιρεία να συντηρεί.

Η πιο συνηθισμένη πρακτική που ακολουθούν οι διοικήσεις των βιομηχανικών μονάδων στις μέρες μας είναι να χρησιμοποιούν τη προβλεπτική αυτή μέθοδο στο 60 – 80% των μηχανών τους και αυτό διότι έχει υπολογισθεί ότι το κόστος που προκύπτει κατά την εφαρμογή της μεθόδου περιοδικού ελέγχου των κραδασμών και δονήσεων των μηχανών, είναι κατά μέσο όρο **3,5€ με 7€ ανά ελεγχόμενο μέρος μιας μηχανής**. Στο παρακάτω πίνακα συνοψίζουμε τις ανωτέρω παρατηρήσεις μας, σχετικά με την ανάλυση του κόστους εφαρμογής του περιοδικού ελέγχου κραδασμών και δονήσεων του μηχανολογικού εξοπλισμού μιας βιομηχανικής μονάδας.

ΚΡΥΦΑ ΚΟΣΤΗ	ΑΝΑΠΤΥΞΗ – ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΠΟ ΤΟ ΤΜΗΜΑ FACILITIES ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	ΑΝΑΘΕΣΗ ΣΕ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ 3PL
Αγορά απαραίτητου εξοπλισμού	40000€	
Εκπαίδευση προσωπικού	1200€ + Έξοδα διοικητικής μέριμνας	
Πρακτική εξάσκηση προσωπικού	5750€ το χρόνο	
Πρόσληψη έκτακτου προσωπικού	Ανάλογα με τον αριθμό των προσληφθέντων	
Μίσθωση εταιρείας 3PL		7000€ και άνω
Ετήσια τιμαριθμική αναπροσαρμογή του συμβολαίου		Εξαρτάται από το γενικό οικονομικό κλίμα που εκάστοτε επικρατεί και τους ειδικούς όρους της σύμβασης.

*Πίνακας 3: Πίνακας ανάλυσης κόστους εφαρμογής του περιοδικού ελέγχου
κραδασμών – δονήσεων των μηχανών ενός εργοστασίου.*

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Θα πρέπει να τονίσουμε πως και στις δύο περιπτώσεις εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου προβλεπτικής συντήρησης, τα κόστη μισθοδοσίας – εκπαίδευσης του τεχνικού προσωπικού, καθώς και της αποζημιώσεως των εταιρειών 3PL, αυξάνονται με το χρόνο.

Επιπροσθέτως, στη περίπτωση σύμβασης με εταιρεία παροχής υπηρεσιών συντήρησης, τα κρυφά κόστη που προκύπτουν εξαρτώνται και από τους ειδικούς όρους που υπάρχουν στη σύμβαση. Για παράδειγμα, μπορούμε να αναφέρουμε την πολιτική των εταιρειών 3PL να αποζημιώνονται για τις υπηρεσίες τους σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και σε περιπτώσεις αφερεγγυότητας των πελατών τους να ενεργοποιούν ποινικές ρήτρες των συμβάσεων που ανεβάζουν το κόστος συντήρησης. Η πολιτική όμως ανάθεσης της συντήρησης σε εταιρείες “third party”, είναι ένα σημαντικό θέμα που θα εξετάσουμε σε άλλο κεφάλαιο της εργασίας.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε πως η λήψη απόφασης για την ανάπτυξη και εφαρμογή αυτής της μεθόδου προβλεπτικής συντήρησης, εξαρτάται από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, όπως αυτά αναγράφονται στο παρακάτω πίνακα.

<u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u>	<u>ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u>
<ul style="list-style-type: none">- Εύκολη διαδικασία συλλογής των μετρήσεων.- Προκαλεί σημαντική μείωση στο κόστος συντήρησης (μείωση βλαβών – χρόνου διάρκειας επισκευών – υψηλή διαθεσιμότητα εξοπλισμού).- Εκτιμώμενος χρόνος ανάκτησης του αρχικού κόστους επένδυσης σε 18 με 24 μήνες.	<ul style="list-style-type: none">- Ακριβή επένδυση (κατά μέσο όρο 40000€)- Πολύπλοκη μέθοδος. Απαιτείται εκπαίδευση προσωπικού.- Περιορισμένη χρήση (μόνο σε τριβόμενα μηχανικά μέρη – rotating machinery).- Απαιτείται η πρόσληψη επιπλέον εργατικού δυναμικού.

Πίνακας 4: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της μεθόδου περιοδικού ελέγχου κραδασμών και δονήσεων.

3.3.3.2 Μέθοδος περιοδικού ελέγχου των λιπαντικών (Oil Analysis).

Αποτελεί την πιο παλιά μέθοδο προβλεπτικής συντήρησης. Η μεγάλη αξία αυτής της μεθόδου φαίνεται από:

1. Το γεγονός πως το **50%** των βλαβών που παρουσιάζονται στα τριβόμενα μέρη του εξοπλισμού οφείλονται στη κακή λίπανσή τους.
2. Τη δυνατότητα να εντοπισθεί η βλάβη στα μηχανικά μέρη δύο(2) ολόκληρους μήνες πριν τη χρησιμοποίηση της μεθόδου περιοδικού ελέγχου κραδασμών και δονήσεων.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή τα έλαια ή τα υγρά που χρησιμοποιούνται για τη λίπανση των μηχανών, αναλύονται για την κατάσταση, το επίπεδο και το τύπο της μη καθαρότητάς τους. Επιγραμματικά μπορούμε να πούμε πως παρακολουθούνται τρεις διαφορετικές καταστάσεις:

- Η κατάσταση του λιπαντικού.
- Η κατάσταση του συστήματος λίπανσης της μηχανής.
- Η κατάσταση λειτουργίας της μηχανής.

Οι βλάβες που είναι δυνατό να εντοπισθούν με τη μέθοδο αυτή στο μηχανολογικό εξοπλισμό είναι:

- Η παρουσία αερίων, υγρών και προσμίξεων αυτών στο σύστημα λίπανσης.
- Η υπερβολική τριβή ορισμένων μηχανικών μερών.
- Η κακή κατάσταση των υγρών – λιπαντικών που χρησιμοποιούνται.
- Η μη καθαρότητα αυτών.

Οι διαδικασίες που μπορούν να καταγραφούν ως στάδια προετοιμασίας και εφαρμογής αυτής της μεθόδου είναι οι εξής:

- Μελέτη και καθορισμός των λιπαντικών που απαιτούνται ανάλογα με τις τεχνικές προδιαγραφές των μηχανών.
- Έγγραφο πιστοποίηση της καταλληλότητάς τους.
- Παραγγελία - Προμήθεια.
- Δημιουργία αποθέματος και διαχείριση της ποσότητας που χρησιμοποιείται.

- Διαχείριση της αποθήκευσής τους (τήρηση κατάλληλων συνθηκών , τήρηση του αποθέματος ασφαλείας κ.λ.π).
- Κατάλληλη εφαρμογή των διαδικασιών λίπανσης των μηχανών.
- Παραλαβή δειγμάτων.
- Ανάλυση και μετρήσεις ποιότητας των λιπαντικών.
- Συνεχή παρακολούθηση των μηχανών με λήψη δειγμάτων.
- Απόθεση των λημμάτων, σύμφωνα με τους κανονισμούς περιβάλλοντος που ισχύουν.

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες του Ινστιτούτου Έρευνας Ηλεκτρικής Ενέργειας των ΗΠΑ (**E**lectric **P**ower **R**esearch **I**nstitute – EPRI), για την προβλεπτική συντήρηση στη αμερικάνικη βιομηχανία, βρέθηκε ότι το κόστος για κάθε ανάλυση ελαίου διακυμαίνεται από **\$29** μέχρι **\$75** το δείγμα. Η τιμή αυτή εξαρτάται από τον τύπο του ελαίου που χρησιμοποιείται και τη μέθοδο ανάλυσης που ακολουθείται από το εργαστήριο.

Παρατηρούμε και στη μέθοδο αυτή πως το κόστος της σχετίζεται άμεσα με το κόστος των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας του εργοστασίου.

Δραστηριότητες των logistics όπως η προμήθεια (τήρηση τεχνικών προδιαγραφών), η αποθήκευση των λιπαντικών, επηρεάζουν σημαντικά το κόστος συντήρησης.

Για παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε τις δυσμενείς επιπτώσεις που έχει η κακή αποθήκευση λιπαντικών με αυστηρές προδιαγραφές (μη τήρηση συγκεκριμένων συνθηκών αποθήκευσης), με αποτέλεσμα την αχρηστία των λιπαντικών, την έκτακτη παραγγελία νέων ποσοτήτων, την δυσλειτουργία του συγκεκριμένου προγραμματισμού συντήρησης κ.λ.π. Επίσης , και στη μέθοδο του περιοδικού ελέγχου των λιπαντικών, παρατηρούμε πως οι μετρήσεις της ποιότητας των λιπαντικών μπορούν να ανατεθούν σε εξωτερικά – ιδιωτικά εργαστήρια με συμβάσεις συγκεκριμένου χρόνου.

Το μειονέκτημα που μπορεί να προκύψει σε αυτή τη περίπτωση έχει να κάνει με τη πιθανή αφερεγγυότητα παράδοσης των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και επομένως τη μη τήρηση του χρονοδιαγράμματος συντήρησης.

Έρευνες έχουν δείξει ότι ο προβλεπόμενος χρόνος ανάλυσης ενός δείγματος και παράδοσης των αποτελεσμάτων, είτε σε εργαστήριο της επιχείρησης είτε σε τρίτο φορέα, κυμαίνεται από δύο έως τέσσερις μέρες. Από την άλλη μεριά, η οργάνωση και λειτουργία κατάλληλου εργαστηρίου αποτελεί ένα σημαντικό κόστος επένδυσης για κάθε βιομηχανική Μονάδα, καθώς θα απαιτηθούν σημαντικά ποσά για την απόκτηση ειδικού εξοπλισμού και απαραίτητης εκπαίδευσης του προσωπικού που θα το χρησιμοποιήσει.

Τα μειονεκτήματα που θα μπορούσαμε να πούμε ότι έχει αυτή η μέθοδος σχετίζονται άμεσα με τα κόστη παραγγελίας εξοπλισμού, αποθήκευσης και λειτουργικών δαπανών που προκύπτουν κατά την εφαρμογή της. Συγκεκριμένα:

- Η λήψη των δειγμάτων θα πρέπει να γίνεται σε επαναλαμβανόμενα χρονικά διαστήματα, ενώ κατά την ανάλυσή τους, θα πρέπει να εφαρμόζονται επακριβώς όλες οι προβλεπόμενες διαδικασίες επεξεργασίας. Αυτό σημαίνει κόστος σε χαμένη παραγωγική εργασία των τεχνικών που θα απασχοληθούν, καθώς και πιθανή απαίτηση πρόσληψης επιπλέον τεχνικού προσωπικού για την κάλυψη έκτακτων αναγκών συντήρησης.
- Τα δείγματα που θα παρθούν θα πρέπει να αποθηκευθούν και η διαχείριση από τους υπεύθυνους υπαλλήλους να γίνει αυστηρά, σύμφωνα με τις ισχύουσες διαδικασίες του εργοστασίου. Αυτό σημαίνει επιπλέον λειτουργικό κόστος για τους εργαζόμενους στο χώρο της αποθήκης, καθώς θα πρέπει να εξασφαλίζουν κάθε φορά τις προβλεπόμενες συνθήκες αποθήκευσης (π.χ το συγκεκριμένο χώρο αποθήκευσης, επιπλέον εξοπλισμό, πιθανή επιπρόσθετη συσκευασία φύλαξης κ.λ.π).
- Ως προς τις παραγγελίες, η διοίκηση του εργοστασίου αναγκάζεται να διαθέτει σε τακτά χρονικά διαστήματα, σημαντικά ποσά για την παραγγελία ειδικού εξοπλισμού, όπως είναι οι δοκιμαστικοί σωλήνες λήψης των δειγμάτων κ.λ.π.
- Η εκπαίδευση του προσωπικού στις διαδικασίες λήψης και ανάλυσης των δειγμάτων αποτελεί ένα επιπλέον αναπόφευκτο κόστος .

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Σημαντικό πάντως μειονέκτημα της μεθόδου περιοδικού ελέγχου των λιπαντικών σε σχέση με τις άλλες μεθόδους , είναι το γεγονός ότι πολλές φορές δεν μπορούμε με την εφαρμογή της να εντοπίσουμε τη συγκεκριμένη αιτία της βλάβης.

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

<u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u>	<u>ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u>
<ul style="list-style-type: none">- Αρκετά φθηνή επένδυση.- Απλή διαδικασία λήψης των δειγμάτων.- Εύκολη στην εκπαίδευση.- Προκαλεί σημαντική μείωση στο κόστος συντήρησης (μείωση βλαβών των τριβομένων μερών – υψηλή διαθεσιμότητα εξοπλισμού).- Εκτιμώμενος χρόνος ανάκτησης του αρχικού κόστους επένδυσης σε λιγότερο από δώδεκα (12) μήνες.- Η πιθανότητα εντοπισμού της βλάβης δύο(2) μήνες πριν τη χρησιμοποίηση της μεθόδου περιοδικού ελέγχου κραδασμών – δονήσεων.	<ul style="list-style-type: none">- Τήρηση αυστηρών διαδικασιών λήψης – ανάλυσης δειγμάτων.- Υψηλό ποσοστό ενασχόλησης του τεχνικού προσωπικού.- Αυστηροί όροι αποθήκευσης και διαχείρισης των δειγμάτων.- Πιθανή πρόσληψη επιπλέον εργατικού δυναμικού.- Προμήθεια σε τακτά χρονικά διαστήματα ειδικού εξοπλισμού.- Η πιθανότητα ανικανότητας εντοπισμού της πηγής της βλάβης.- Αρκετά μεγάλος χρόνος αναμονής των αποτελεσμάτων (2 – 4 ημέρες).

Πίνακας 5: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της μεθόδου περιοδικού ελέγχου των λιπαντικών.

3.3.3.3 Μέθοδος ελέγχου ευθυγράμμισης με λέιζερ (Laser Alignment).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή γίνεται χρήση διπλών συστημάτων λέιζερ προκειμένου να εξετασθεί η πιθανή κακή ευθυγράμμιση μεταξύ των μερών του μηχανολογικού εξοπλισμού. Κάθε λέιζερ έχει τη δική του μονάδα επεξεργασίας (CPU), προκειμένου να του επιτρέπεται η αποθήκευση δεδομένων κατά την ώρα των μετρήσεων.



Ευθυγράμμιση με λέιζερ

Επίσης , το σύστημα αυτό:

1. Διαθέτει οπτική επικοινωνία με το όργανο συλλογής των πληροφοριών των μετρήσεων. Κάθε κεφαλή λέιζερ έχει ακτίνα εμβέλειας οπτικής επικοινωνίας πάνω από τριάντα (30) πόδια.

2. Είναι φορητό και διαθέτει την ικανότητα διασύνδεσης με πληροφοριακά συστήματα προκειμένου να αποθηκεύει ταυτόχρονα με αυτά δεδομένα, καθώς και να διαθέτει την ικανότητα μεταφοράς αρχείων και εκτύπωσης αυτών.
3. Επιτρέπει την εκτέλεση διαφόρων εργασιών όπως:
 - Την μέτρηση της ευθυγράμμισης σε απλά μηχανικά μέρη ή και σε συστήματα μερών του μηχανολογικού εξοπλισμού.
 - Την μέτρηση της αποστάσεως μεταξύ των μερών.
 - Τον έλεγχο του παραλληλισμού και της οριζοντίωσης των διαφόρων εξαρτημάτων των μηχανών.

Για τη συντήρηση, η μεγάλη σημασία της μεθόδου αυτής έγκειται στο γεγονός ότι η κακή ευθυγράμμιση των μηχανικών μερών του εξοπλισμού αποτελεί την κυριότερη αιτία της επιταχυνόμενης φθοράς τους, που τις περισσότερες φορές, οδηγεί και σε καταστροφική βλάβη των μηχανών. Οι στατιστικές μελέτες των βλαβών του μηχανολογικού εξοπλισμού έχουν δείξει ότι το **30%** με **50%** αυτών, οφείλονται κατά κύριο λόγο στην κακή ευθυγράμμιση. Πάντως η μέθοδος ευθυγράμμισης με λέιζερ δεν χρησιμοποιείται μόνο για τον έλεγχο της δομής των μερών του εξοπλισμού που ήδη βρίσκεται σε λειτουργία, αλλά και στην περίπτωση που επιθυμούμε να ελέγξουμε τη προμήθεια νέου εξοπλισμού που δεν έχει ακόμη εγκατασταθεί.

Σχετικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν το 1989-1990 έδειξαν ότι με τη χρησιμοποίηση αυτής της μεθόδου επιτυγχάνεται:

- Η αποταμίευση **7%** περίπου στον ετήσιο προϋπολογισμό της συντήρησης.
- Η αύξηση **12%** περίπου στη διαθεσιμότητα των μηχανών.
- Η μείωση **50%** περίπου στις βλάβες που οφείλονταν σε κακή ευθυγράμμιση και που οδηγούσαν τον εξοπλισμό εκτός λειτουργίας.
- Η εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του **11%** κατά τη λειτουργία απλών αντλιών που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα εργοστάσια για την κυκλοφορία νερού σε συστήματα ψύξης καθώς και για άλλες εφαρμογές.

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Σήμερα η απόκτηση του εξοπλισμού αυτής της μεθόδου κοστολογείται μεταξύ **13.000€** και **15.000€**. Επίσης, η διοίκηση του εργοστασίου θα πρέπει να θυσιάσει μία εργάσιμη μέρα (8 εργατώρες) για την εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού που θα χρησιμοποιεί αυτό το εργαλείο συντήρησης. Συνοψίζοντας , μπορούμε να πούμε ότι η χρήση λέιζερ για την ευθυγράμμιση των μηχανικών μερών επιφέρει σημαντικές αποταμιεύσεις τόσο σε επίπεδο συντήρησης, όσο και σε επίπεδο logistics (μειωμένα αποθέματα ανταλλακτικών, λιγότερες προμήθειες κ.λ.π). Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της εν λόγω μεθόδου μπορούμε να τα δούμε και περιληπτικά στο παρακάτω πίνακα.

<u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u>	<u>ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u>
<ul style="list-style-type: none">- Αύξηση διαθεσιμότητας μηχανών (12%).- Μείωση των βλαβών κατά το ήμισυ.- Εξοικονόμηση ενέργειας 11% κατά την εφαρμογή της μεθόδου σε απλές αντλίες.- Μικρός χρόνος εκπαίδευσης του προσωπικού (8 εργατώρες).- Δυνατότητα διασύνδεσης με πληροφοριακά συστήματα συντήρησης.- Αποταμίευση 7% στο ετήσιο προϋπολογισμό για τη συντήρηση.- Μικρός χρόνος εφαρμογής του ελέγχου (3 - 8 ώρες).	<ul style="list-style-type: none">- Ακριβή επένδυση (13.000€ - 15.000€).- Μετρήσεις ευαίσθητες στις εκάστοτε επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες.

Πίνακας 6: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της μεθόδου ευθυγράμμισης με λέιζερ.

3.3.3.4 Μέθοδος περιοδικών μετρήσεων και αξιολόγησης των υπερήχων (Ultrasonic Evaluation).

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την ανακάλυψη τυχόν διαρροών μεταξύ των υλικών μερών των μηχανών και ιδίως μεταξύ των μεταλλικών εξαρτημάτων τους. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι τελευταίας ψηφιακής τεχνολογίας και φέρουν φορητούς μικροεπεξεργαστές για την επεξεργασία και καταχώρηση των μετρήσεων. Με την περιοδική μέτρηση των υπερήχων του εξοπλισμού μπορούμε να ελέγξουμε την πιθανότητα ύπαρξης ηλεκτρικών τόξων, την πιθανότητα διάχυσης ενέργειας από ένα μηχάνημα, καθώς και να επισημάνουμε ανεπιθύμητους κραδασμούς και δονήσεις. Σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η δυνατότητα που έχει το τεχνικό προσωπικό του εργοστασίου να επιθεωρήσει από απόσταση ηλεκτρικές συσκευές υψηλής τάσεως όταν αυτές βρίσκονται σε λειτουργία, όπως είναι για παράδειγμα οι υποσταθμοί κεντρικής τάσεως.



Μέτρηση για απώλειες αερίων



Μέτρηση σε πύργους υψηλής τάσης.

Για τους υπεύθυνους της συντήρησης, η μέθοδος μέτρησης των υπερήχων έρχεται να συμπληρώσει μια άλλη σημαντική διεργασία της προβλεπτικής συντήρησης που είναι η λήψη θερμογραφικών εικόνων (infrared imaging) του μηχανολογικού εξοπλισμού και την οποία θα εξετάσουμε παρακάτω. Χαρακτηριστική εφαρμογή του συνδυασμού αυτού αποτελεί η περίπτωση περιοδικού ελέγχου του ηλεκτρικού εξοπλισμού υψηλής τάσεως και ιδιαίτερα στις περιοχές των εγκλεισμένων διακοπών.

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Στις μεγάλες ηλεκτρικές συσκευές (π.χ ηλεκτρικοί πίνακες), υπάρχουν ορισμένες εσωτερικές περιοχές οι οποίες είναι αδύνατο να ελεγχθούν περιοδικά με τη χρησιμοποίηση θερμογραφικής κάμερας. Η συσκευή υπερήχων μας δίνει τη δυνατότητα να ανιχνεύουμε τους ήχους που παράγονται στις περιοχές αυτές και έτσι να αξιολογείται αποτελεσματικά η κατάσταση λειτουργίας των κρυφών ηλεκτρικών επαφών. Το κόστος αγοράς του κατάλληλου εξοπλισμού για την εφαρμογή της μεθόδου μετρήσεων των υπερήχων υπολογίζεται περίπου στα **4.300€** και μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικό σε σχέση με τις αποταμιεύσεις που επιτυγχάνονται. Ιδιαίτερα ακριβό πάντως είναι το κόστος για την εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού.

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	ΚΟΣΤΟΣ
Αγορά εξοπλισμού	4300€
Εκπαίδευση προσωπικού	4500€ + Έξοδα διοικητικής μέριμνας
Απώλεια εργατών λόγω αρχικής εκπαίδευσης του προσωπικού.	3600€
Απώλεια εργατών λόγω ετήσιας επαναξιολόγησης του προσωπικού	1440€ το χρόνο
	ΣΥΝΟΛΟ: 13.840€ (με αυξητικές τάσεις κάθε χρόνο)

Πίνακας 7: Υπολογισμός αρχικού κόστους επένδυσης σε εξοπλισμό μέτρησης υπερήχων.

Στο παραπάνω πίνακα γίνεται μία προσπάθεια υπολογισμού της αρχικής επένδυσης που απαιτείται, στη περίπτωση που αποφασιστεί να εφαρμοστεί η εν λόγω μέθοδος.

Η ανωτέρω κοστολόγηση γίνεται με τις εξής παραδοχές:

- Ως κόστος μίας εργατώρας θεωρούνται τα **30€**.
- Κρίνεται αναγκαία η εκπαίδευση τριών τεχνικών.

Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία, για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου προβλεπτικής συντήρησης, απαιτείται αρχική εκπαίδευση του προσωπικού

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

διάρκειας σαράντα (40) ωρών, με εκτιμώμενο κόστος **1.500€** το άτομο.

Επίσης, δύο φορές τον χρόνο απαιτείται η αξιολόγηση και επαναπιστοποίηση του εκπαιδευμένου προσωπικού, διάρκειας οκτώ(8) ωρών (μία εργάσιμη μέρα).

Έτσι, συνδυάζοντας τα ανωτέρω στοιχεία με τις παραδοχές, προκύπτει ότι:

1. Το κόστος αρχικής εκπαίδευσης του προσωπικού ανέρχεται στα **4500€**, χωρίς να λαμβάνουμε υπόψη τυχόν έξοδα διοικητικής μέριμνας, όπως για παράδειγμα στη περίπτωση που απαιτηθεί η εκπαίδευση αυτή να γίνει σε χώρα του εξωτερικού.

2. Η απώλεια παραγωγικής εργασίας θα ισοδυναμεί με **3.600€**, τουλάχιστον για τον πρώτο χρόνο εφαρμογής.

3. Κάθε χρόνο θα απαιτούνται επιπλέον δεκαέξι(16) εργατώρες για την επαναξιολόγηση του εκπαιδευμένου προσωπικού, που ισοδυναμεί με ένα κόστος **1440€** σε χαμένη παραγωγική εργασία, το οποίο όμως θα αυξάνεται με το χρόνο λόγω της ετήσιας αύξησης των διδάκτρων.

Στην παραπάνω κοστολόγηση δεν λαμβάνουμε υπόψη τη περίπτωση πιθανής απαίτησης για την πρόσληψη έκτακτου τεχνικού προσωπικού η οποία επιβαρύνει ακόμη περισσότερο το συνολικό κόστος αυτού του είδους συντήρησης.



Συσκευές Υπερήχων

Συνοπτικά θα μπορούσαμε να πούμε πως η μέθοδος μετρήσεων των υπερήχων χρησιμοποιείται κυρίως για τον έλεγχο:

- Των τριβόμενων μερών των μηχανών.
- Της λίπανσης των βαλβίδων.
- Των κινητήρων και των κιβωτίων ταχυτήτων.

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

- ο Των ανεμιστήρων και συμπιεστών.

Τα δε πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που μπορούμε να διαπιστώσουμε για αυτή τη μέθοδο προβλεπτικής συντήρησης, αναγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί.

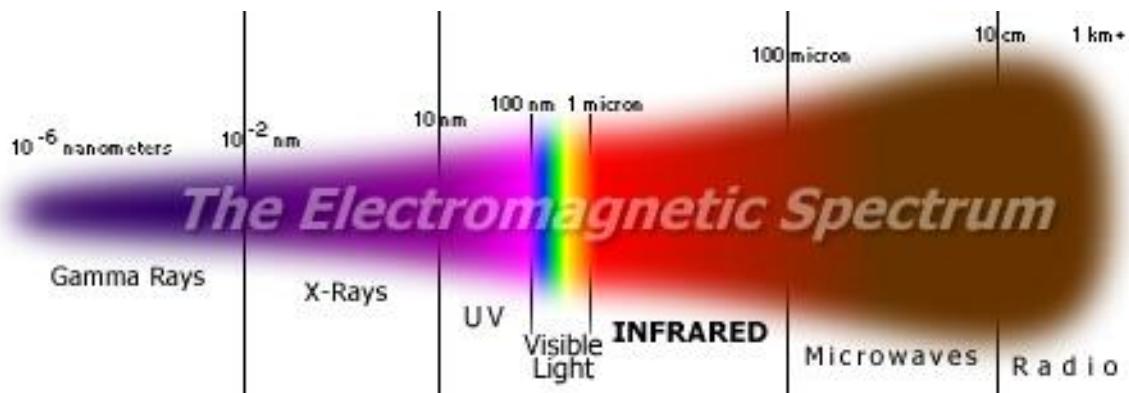
<u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u>	<u>ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u>
<ul style="list-style-type: none">- Μέτριο κόστος απόκτησης του εξοπλισμού.- Απλές διαδικασίες μέτρησης.- Απλές και εύχρηστες συσκευές.- Επιτυγχάνονται σημαντικές αποταμιεύσεις από τον εντοπισμό:<ul style="list-style-type: none">α. Απώλειας αέρα.β. Διαρροών ατμών.- Εκτιμώμενος χρόνος ανάκτησης του αρχικού κόστους επένδυσης σε λιγότερο από δώδεκα (12) μήνες	<ul style="list-style-type: none">- Ακριβό κόστος εκπαίδευσης.- Περιορισμένη χρήση σε συσκευές που παράγουν μετρήσιμους υπερήχους..

Πίνακας 8: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδου μέτρησης υπερήχων.

Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία η αποταμίευση που επιτυγχάνεται από τον εντοπισμό διαρροών ατμών στον μηχανολογικό εξοπλισμό με τη μέθοδο μετρήσεως των υπερήχων είναι της τάξεως των χιλιάδων ευρώ, καθώς από μία απλή διαρροή ατμού σε μια μηχανή έχει βρεθεί ότι, το κόστος που σχετίζεται με την αποδοτικότητα της είναι περίπου **2.000€** το χρόνο.

3.3.3.5 Μέθοδος περιοδικής μέτρησης της θερμοκρασίας (θερμογράφημα – infrared imaging).

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για τον εντοπισμό τυχόν υπερθέρμανσης σε μέρη του εργοστασιακού εξοπλισμού. Βρίσκει μεγάλη εφαρμογή σε ηλεκτρικούς διακόπτες, μετασχηματιστές, ασφάλειες, ηλεκτρικούς πίνακες και αγωγούς. Για την υλοποίηση τη μεθόδου αυτής χρησιμοποιούνται κυρίως θερμογραφικές (infrared) κάμερες. Αυτού του είδους οι φωτογραφικές μηχανές δίνουν μία παραστατική αποτύπωση της υπέρυθρης ενέργειας που εκπέμπεται από τα διάφορα αντικείμενα μεταξύ 0.75 και 1000 εκατομμυριοστά του μέτρου (microns). Η υπέρυθρη αυτή περιοχή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα που απεικονίζει το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.



Σχήμα 12: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

Με απλά λόγια οι εν λόγω κάμερες σε αφήνουν να δεις θερμότητα, δημιουργώντας μια εικόνα διαφορετικών θερμοκρασιών (heat picture). Παίρνοντας φωτογραφίες κατά τακτά χρονικά διαστήματα μπορούμε να παρατηρήσουμε ασυνήθιστες αυξήσεις θερμοκρασίας, καθώς στις κάμερες αποτυπώνεται κάθε μεταβολή θερμοκρασίας άνω των 0° Kelvin (- 275,15°C). Όσο πιο θερμό είναι ένα αντικείμενο, τόσο πιο κίτρινο φαίνεται στη θερμοφωτογραφία. Οι κάμερες που χρησιμοποιούνται μοιάζουν πολύ με τις σημερινές ψηφιακές βιντεοκάμερες, τόσο στο βάρος (2,5kg περίπου), όσο και στο μέγεθος. Η ενέργεια από το υπό εξέταση αντικείμενο εστιάζεται δια μέσου φακών σε ένα ανιχνευτή υπέρυθρων ακτινών.

Η υπέρυθρη πληροφόρηση κατόπιν μεταφέρεται σε ηλεκτρονικούς αισθητήρες για επεξεργασία και δημιουργία της εικόνας η οποία μπορεί να είναι φωτογραφία ή εικόνα σε οθόνη της ίδιας της κάμερας ή ενός υπολογιστή. Η δυνατότητα αυτή υπάρχει, καθώς οι θερμογραφικές μηχανές είναι εφοδιασμένες με φορητό αποθηκευτικό μέσο (δισκέτα), αρκετά μεγάλης χωρητικότητας η οποία μπορεί να μεταφέρει τα δεδομένα (φωτογραφίες) σε υπολογιστή, όπου με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού διεκπεραιώνεται η επεξεργασία τους.

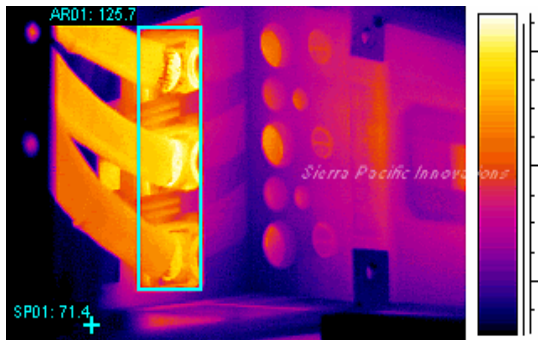


Θερμογραφικές Κάμερες

Οι σημερινές κάμερες δεν απαιτούν ψύξη, όπως γινόταν μέχρι σήμερα και έτσι έχουν τη δυνατότητα να είναι μεγαλύτερες ακρίβειας και οικονομικότερες. Είναι εύκολες στη λειτουργία τους, αφού χρησιμοποιούν όμοια κουμπιά (buttons) και μενού επιλογής με αυτά ενός κοινού PC. Η χρήση τους και η διάγνωση τυχών προβλημάτων κατά τους ελέγχους γίνεται από πιστοποιημένους θερμογράφους (thermographers), οι οποίοι έχουν πολύ καλή γνώση της λειτουργίας των υπό εξέταση αντικειμένων, καθώς και των υλικών κατασκευής των. Γεγονός πάντως είναι ότι το κίτρινο χρώμα σε μια θερμοφωτογραφία δεν σημαίνει και απαραίτητα βλάβη, αφού υπάρχει η περίπτωση να αποτελεί και αντανάκλαση του φωτός στο σημείο αυτό.

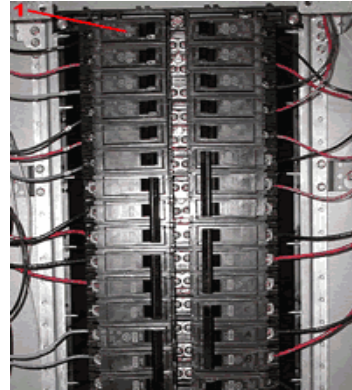
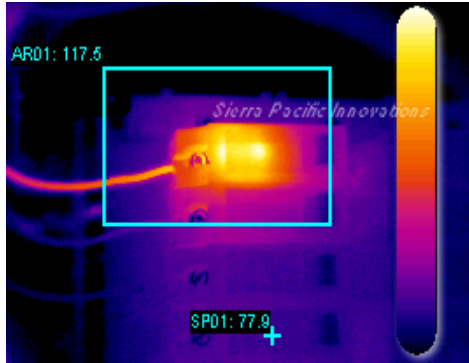
TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Επομένως, κρίνεται απαραίτητη η σωστή εκπαίδευση των θερμογράφων προκειμένου να μπορούν να αναγνωρίζουν τέτοιες περιπτώσεις και να μην οδηγούνται σε λανθασμένα συμπεράσματα τα οποία κοστίζουν σε επιπλέον επιθεωρήσεις και απασχόληση του προσωπικού της συντήρησης. Η θερμογραφία καλύπτεται από το πιστοποιητικό ποιότητας ISO 6781, καθώς και από το European Standard EN 473. Μερικά παραδείγματα από θερμογραφικές φωτογραφίες τα οποία είναι δυνατό να τα συναντήσουμε σε έναν περιοδικό έλεγχο των εγκαταστάσεων φαίνονται παρακάτω.



Χρησιμοποίηση ακατάλληλου καλωδίου σε πίνακα διανομής

Στις παραπάνω φωτογραφίες φαίνεται καθαρά η περίπτωση υπερφόρτωσης του κυκλώματος σε ένα ηλεκτρικό πίνακα διανομής ενός εργοστασίου. Επειδή το καλώδιο – αγωγός που χρησιμοποιείται έχει τη δυνατότητα μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος μικρότερης εντάσεως, στην περιοχή γύρω από τα καλώδια παροχής αρχίζει να εκλύεται υψηλή θερμότητα που μετά από κάποιες ώρες λειτουργίας μπορεί να οδηγήσει και σε βραχυκύκλωμα ή ακόμη και σε ηλεκτρική πυρκαγιά. Με τη λήψη της θερμοφωτογραφίας το πρόβλημα αυτό εντοπίζεται εγκαίρως και γίνονται οι απαραίτητες επισκευές. Επίσης, στις παρακάτω φωτογραφίες βλέπουμε καθαρά τη περίπτωση εντοπισμού κακής σύνδεσης καλωδίου σε ηλεκτρικό πίνακα με τη βοήθεια της θερμογραφικής κάμερας.



Κακή σύνδεση καλωδίου σε ηλεκτρικό πίνακα

Σήμερα , η μέθοδος της περιοδικής μέτρησης της θερμοκρασίας με τη χρήση θερμογραφικών φωτογραφικών μηχανών χρησιμοποιείται:

- Στις επιθεωρήσεις των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων των μεγάλων κτιρίων και των εργοστασίων.
- Στους ελέγχους για οποιαδήποτε διαρροή θερμότητας.
- Στις επιθεωρήσεις για τυχόν διάβρωση των κτιριακών εγκαταστάσεων.
- Στους ελέγχους στεγανότητας των ταρατσών.
- Στους ελέγχους για την καλή λειτουργία του υδραυλικού συστήματος θέρμανσης των κτιρίων, καθώς και στον έλεγχο σωστής κατανομής της θερμότητας στους εσωτερικούς χώρους αυτών.
- Στις αξιολογήσεις καλής λειτουργίας των μετασχηματιστών στους ηλεκτρικούς υποσταθμούς ενός εργοστασίου.
- Στους ελέγχους για τυχόν υπερθέρμανση των ηλεκτρικών κινητήρων.
- Στις αξιολογήσεις καλής λειτουργίας του συστήματος ψύξης (air-conditioning).
- Στους ελέγχους για την στεγανότητα αποθηκών – ψυγείων.
- Στις επιθεωρήσεις στεγανότητας των καυστήρων θέρμανσης.
- Στους ελέγχους ποιότητας των μονωτικών αγωγών και καλωδίων που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

Επίσης, είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι οι θερμογραφικές μετρήσεις επηρεάζονται από την ταχύτητα του ανέμου καθώς και από τις μεταλλικές επιφάνειες των αντικειμένων που ελέγχουν.

ΤΑ LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Στο παρακάτω πίνακα καταγράφονται τα κριτήρια αύξησης της θερμοκρασίας (πέρα των ορίων), σύμφωνα με τα οποία ο υπεύθυνος χειριστής της θερμογραφικής κάμερας θα πρέπει να προτείνει και αντίστοιχες διορθωτικές ενέργειες.

ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
Ασήμαντο	1° – 10° C	Επισκευή όταν επιτρέψει το προκαθορισμένο πρόγραμμα συντήρησης. Υπάρχει μικρή πιθανότητα για βλάβη.
Μικρό	10° – 30° C	Επισκευή στο άμεσο μέλλον (2 – 4 εβδομάδες). Απαιτείται η παρακολούθηση της λειτουργίας του μηχανήματος και της μεταβολής θερμοκρασίας του αντικειμένου που παρουσιάζει το πρόβλημα. Υπάρχει πιθανότητα για βλάβη στο αντικείμενο χωρίς όμως να επηρεαστούν άλλα κοντινά σε αυτό εξαρτήματα.
Σοβαρό	30° – 70° C	Γρήγορη επισκευή (σε 1-2 μέρες). Αντικατάσταση του προβληματικού εξαρτήματος και έλεγχο για την κατάσταση των γειτονικών σε αυτό μερών του εξοπλισμού.
Πολύ σοβαρό	πάνω από 70° C	Άμεση επισκευή. Αντικατάσταση του προβληματικού αντικειμένου. Επιθεώρηση των γειτονικών σε αυτό εξαρτημάτων. Μετά την εγκατάσταση του νέου εξαρτήματος, έλεγχος με τη θερμογραφική κάμερα.
Οι μετρήσεις γίνονται: <ul style="list-style-type: none">▪ Με ταχύτητα ανέμου μικρότερη των 15 mph (μιλίων ανά ώρα).▪ Με λειτουργία της ελεγχόμενης μηχανής πάνω από το 50% της απόδοσής της.		

Πίνακας 9: Κριτήρια και γνωματεύσεις θερμογραφικών μετρήσεων.

Από όσα έχουν ειπωθεί μέχρι τώρα, βλέπουμε πως τα πλεονεκτήματα από τη χρήση αυτής της μεθόδου, είναι τεράστια. Κάθε εργοστάσιο με την εφαρμογή της περιοδικής μέτρησης της θερμοκρασίας με θερμογραφικές κάμερες, επιτυγχάνει να αποταμιεύει χρόνο και χρήμα. Τα προτερήματα αυτά μπορούμε να τα δούμε μέσα από το πρίσμα τριών διαφορετικών τομέων:

1. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ

➤ Η μείωση των μη προγραμματισμένων διακοπών παραγωγής.

Οποτεδήποτε συμβαίνει διακοπή στην παραγωγή ή στην παροχή υπηρεσιών μιας επιχείρησης, τότε αυτή η επιχείρηση χάνει χρήματα. Όταν η διακοπή αυτή έχει να κάνει με την παροχή ενέργειας σε ένα εργοστάσιο, τότε η οικονομική ζημιά είναι διπλή. Από τη μία έχουμε τους εργαζόμενους που πρέπει να πληρωθούν ανεξάρτητα εάν παράγουν ή όχι. Από την άλλη έχουμε οικονομική ζημιά από την αδυναμία πώλησης των προϊόντων, αφού αυτά δεν μπορούν να παραχθούν. Και στις δύο περιπτώσεις το κόστος ποικίλλει από μερικές δεκάδες μέχρι και μερικές εκατοντάδες χιλιάδες ευρώ. Έχει υπολογισθεί ότι από την αύξηση της παραγωγικότητας ενός εργοστασίου, μόνο το **1%** έως το **2%** αποτελεί το κόστος εφαρμογής της μεθόδου της θερμογραφίας. Αυτό που σίγουρα αποτελεί την αιτία για σημαντική αύξηση τόσο του κόστους συντήρησης, όσο και του συνολικού κόστους των logistics, αποτελεί οι μη προγραμματισμένες διακοπές λειτουργίας του εξοπλισμού του εργοστασίου. Γι' αυτό το λόγο και αντικειμενικός σκοπός κάθε τμήμα «facilities» είναι η εκτέλεση των θερμογραφικών επιθεωρήσεων πριν από τις προγραμματισμένες διακοπές εκάστοτε εξοπλισμού για συντήρηση. Πάντως ακόμη και οι προγραμματισμένες διακοπές για την απαραίτητη συντήρηση του εξοπλισμού στοιχίζουν πολύ ακριβά. Η βασική αρχή σε αυτή την περίπτωση είναι η εξής: «Όσο λιγότερο διαρκεί μία προγραμματισμένη συντήρηση, τόσο λιγότερο θα είναι και το κόστος των διεργασιών επισκευής και υποστήριξης (logistics)». Αυτό το τελευταίο μας οδηγεί στο επόμενο οικονομικό προτέρημα αυτής της μεθόδου.

➤ Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας του τεχνικού προσωπικού.

Ας αναλογιστούμε πόσο χρόνο χρειάζονται οι ηλεκτρολόγοι ενός εργοστασίου να εντοπίσουν και έπειτα να επιδιορθώσουν το πρόβλημα δυσλειτουργίας ενός κεντρικού ηλεκτρικού πίνακα. Το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου επισκευής αναλύσκεται σε μη απαραίτητες επιθεωρήσεις καθώς, όσο πιο δυσδιάκριτη είναι η βλάβη, τόσο περισσότερο ο υπεύθυνος τεχνικός προσπαθεί να μαντέψει τη πηγή του κακού ψάχνοντας έναν προς έναν όλους τους διακόπτες, τα καλώδια και τους συνδέσμους του πίνακα. Στη περίπτωση που ο ίδιος τεχνικός έχει εκπαιδευθεί και μπορεί να ελέγξει την κατάσταση του πίνακα εν λειτουργία, με τη βοήθεια μιας θερμογραφικής κάμερας, τότε είναι σε θέση κατά τον χρόνο της συντήρησης να επισκευάσει μόνο τα εξαρτήματα εκείνα που έχουν πρόβλημα. Βλέπουμε δηλαδή πως με τη χρήση της θερμογραφικής κάμερας και τον έγκαιρο εντοπισμό των βλαβών, ο υπεύθυνος της συντήρησης κάνει καλή εκμετάλλευση του εργατικού του δυναμικού και καλή διαχείριση των ανταλλακτικών που έχει ανάγκη για την επισκευή. Άμεσο αποτέλεσμα των ανωτέρω είναι η μείωση του χρόνου επισκευής του εκάστοτε μηχανήματος, που συνεπάγεται την αύξηση του ποσοστού παραγωγικότητάς του, καθώς και τη μείωση στα κόστη έκτακτων προμηθειών για ανταλλακτικά που απαιτούνται.

Επίσης, ο ανταγωνισμός σήμερα ωθεί τις επιχειρήσεις να παράγουν περισσότερα προϊόντα ή να προσφέρουν περισσότερες υπηρεσίες με το ίδιο όμως εργατικό δυναμικό. Αυτό έχει ως άμεση συνέπεια την υπεραπασχόληση των τεχνικών της συντήρησης με πολλές βλάβες που μερικές φορές οδηγεί και στο φαινόμενο παράτασης της επισκευής του εξοπλισμού. Με τη χρήση της μεθόδου της θερμογραφίας το προσωπικό της συντήρησης έχει τη δυνατότητα να εργασθεί «έξυπνα» και να επιλύει τα τυχόν τεχνικά προβλήματα που δημιουργούνται χωρίς να επηρεάζεται η παραγωγή και χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα σε λειτουργίες των «logistics», όπως η παραγγελία μη κατάλληλων ανταλλακτικών, η αναγκαιότητα για έκτακτες προμήθειες, η συσσώρευση αποθεμάτων λόγω της καθυστέρησης του προγράμματος των επισκευών κ.λ.π.

➤ Η μείωση της πιθανότητας για καταστροφική βλάβη του εξοπλισμού.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της θερμογραφικής κάμερας είναι το γεγονός ότι με τη χρήση της, μπορείς να εντοπίσεις και να διορθώσεις τις βλάβες προτού αυτές προκαλέσουν καταστροφή στον εξοπλισμό. Κλασικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση κακής σύνδεσης καλωδίων μέσα στο κεντρικό πίνακα διανομής ηλεκτρικού ρεύματος ενός εργοστασίου. Με τη χρήση της θερμογραφίας εντοπίζεται η κακή σύνδεση και επισκευάζεται προτού αυτή προκαλέσει με την έκλυση θερμότητας βραχυκύκλωμα ή και ηλεκτρική πυρκαγιά. Στην πρώτη περίπτωση θα γίνει απλά η αντικατάσταση ενός εξαρτήματος, ενώ στην δεύτερη περίπτωση θα απαιτηθεί ένα τεράστιο ποσό για την αντικατάσταση πολλών εξαρτημάτων ή ακόμη και για την αντικατάσταση ολόκληρου του πίνακα διανομής. Επίσης, πολλές εταιρείες χρησιμοποιούν τις θερμογραφικές κάμερες προκειμένου να ελέγξουν την κατάσταση του εξοπλισμού τους, η οποία σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές του, βρίσκεται προς το τέλος του κύκλου ζωής του (life cycle). Οι θερμογραφικές επιθεωρήσεις σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμεύουν στο να διαπιστωθεί είτε η ανάγκη αντικατάστασης του εκάστοτε ηλικιωμένου μηχανήματος, είτε στο να αποδειχθεί η καλή του λειτουργία παρά τα όρια ηλικίας που θέτει ο κατασκευαστής. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται από την μία πλευρά η αποτελεσματική αξιολόγηση της παραγωγικότητας των μηχανημάτων, ενώ από την άλλη επιτυγχάνεται και οικονομία στην αγορά νέου εξοπλισμού που μπορεί να θεωρηθεί και πλεονάζων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι θερμογραφικές επιθεωρήσεις στις πτέρυγες πολιτικών αεροσκαφών για τον έλεγχο αντοχής της δομής τους. Μέσα από αυτές τις επιθεωρήσεις πολλές αερομεταφορικές εταιρείες έχουν αποταμιεύσει χρήματα από παραγγελίες ανταλλακτικών, καθώς έχει αποδειχθεί ότι με την κατάλληλη συντήρηση τους είναι δυνατή η παράταση της χρησιμοποίησής τους. Βλέπουμε δηλαδή πως η μέθοδο της θερμογραφίας, ως μέθοδος προβλεπτικής συντήρησης, επηρεάζει θετικά τη διαχείριση των παραγγελιών, καθώς η πιστοποιημένη επιμήκυνση του χρόνου ζωής του εξοπλισμού επιφέρει σημαντικές αποταμιεύσεις και στο συνολικό κόστος των «logistics».

➤ Η βελτίωση και ο έλεγχος της ποιότητας.

Είναι γνωστό ότι στο πλήρως ανταγωνιστικό περιβάλλον του 21^{ου} αιώνα, οι επιχειρήσεις δίνουν όλο και περισσότερη σημασία στην ποιότητα και αξιοπιστία της υπηρεσίας ή του παραγόμενου προϊόντος. Τα ανωτέρω διασφαλίζονται με την εφαρμογή της θερμογραφίας για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας ενός εξαρτήματος ή μηχανήματος το οποίο, είτε έχει επισκευασθεί και ξαναμπαίνει στην παραγωγική διαδικασία, είτε εγκαθίσταται για πρώτη φορά. Στη περίπτωση παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας στα διάφορα εργοτάξια ενός εργοστασίου, η θερμογραφία προσφέρει τη δυνατότητα στο προσωπικό της συντήρησης να εντοπίσει το αίτιο της βλάβης ακόμη και αν αυτό βρίσκεται πολύ μακριά από το σημείο που εκδηλώνεται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η βλάβη στο ηλεκτρικό δίκτυο της Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας που θα εξετάσουμε παρακάτω. Μέσα από μια προσπάθεια ανάλυσης του κόστους της και προσεγγίζοντάς την τόσο με την μεθοδολογία της διορθωτικής συντήρησης όσο και με αυτήν της προβλεπτικής, θα προσπαθήσουμε να αποδείξουμε και πρακτικά τα μεγάλα οικονομικά οφέλη της θερμογραφικής μεθόδου.

➤ Η αποταμίευση ενέργειας και η αύξηση της αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού.

Η θερμογραφία είναι η μοναδική προβλεπτική μέθοδος συντήρησης η οποία μπορεί να εντοπίσει γρήγορα τις απώλειες οποιασδήποτε ενέργειας κατά τις παραγωγικές διεργασίες του εργοστασίου (θερμότητα, ηλεκτρική ενέργεια κ.λ.π). Για τις περισσότερες βιομηχανικές μονάδες οι παραπάνω απώλειες αποτελούν και το σημαντικότερο κόστος λειτουργίας τους, καθώς έχει διαπιστωθεί πως είναι η σημαντικότερη αιτία για τους υπέρογκους λογαριασμούς π.χ ηλεκτρικού ρεύματος που πληρώνουν και που σε αρκετές περιπτώσεις ξεπερνούν ακόμη και το 1.000.000€. Οι μεγάλες βιομηχανίες παραγωγής στηριζόμενες στη περιοδική μέτρηση της θερμοκρασίας με τη χρησιμοποίηση θερμογραφικών φωτογραφικών μηχανών, καταφέρνουν μέσα από τις πληροφορίες που τους δίνει αυτή η μέθοδος να

επιτύχουν σημαντικές αποταμιεύσεις στο ενεργειακό τους κόστος, επισκευάζοντας ή αντικαθιστώντας τον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις που παρουσιάζουν βλάβη ή διάβρωση. Αυτό επιτυγχάνεται με:

1. Τον εντοπισμό των υπερθερμενόμενων μηχανών σε λειτουργία.

Με τη μέθοδο της θερμογραφίας εντοπίζονται οι μηχανές εκείνες που λειτουργούν σε κατάσταση υπερθέρμανσης, οπότε με την επισκευή τους, αποφεύγεται τόσο η μελλοντική και απροσδόκητη διακοπή λειτουργίας τους, όσο και η μειωμένη αποδοτικότητάς τους η οποία συνοδεύεται και από περισσότερη κατανάλωση ενέργειας. Αποτελεί αδιαμφισβήτητο γεγονός πως βελτιώνοντας την αποδοτικότητα του εξοπλισμού επιτυγχάνεις και μείωση του κόστους επένδυσης. Για παράδειγμα είναι πιο φτηνό να βελτιώσεις την αποδοτικότητα δύο υπαρχόντων εργοστασίων παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από το να κτίσεις ένα καινούργιο.

2. Τον εντοπισμό διαρροών θερμότητας και διαβρώσεων στις κτιριακές εγκαταστάσεις.

Είναι πολύ σημαντικό για το Τμήμα Συντήρησης ενός εργοστασίου να είναι σε θέση να εντοπίζει γρήγορα οποιαδήποτε διαρροή θερμότητας, καθώς και τυχόν περιπτώσεις διάβρωσης των κτιριακών εγκαταστάσεων του εργοστασίου. Ο εντοπισμός και η γρήγορη αντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων ελαχιστοποιεί την υπερκατανάλωση ενέργειας, η οποία σημειώνεται κυρίως εξαιτίας της λειτουργίας του συστήματος ψύξης κατά την περίοδο του καλοκαιριού και του συστήματος θέρμανσης του εργοστασίου κατά τους χειμερινούς μήνες. Αν αναλογιστούμε κιόλας πως υπάρχουν παραγωγικές διεργασίες που εξαρτώνται από τις κατάλληλες θερμοκρασιακές συνθήκες, π.χ το εργοτάξιο των ηλεκτρονικών, τότε βλέπουμε πως η ελαχιστοποίηση των διαρροών θερμότητας δεν συμβάλλει μόνο στην ενεργειακή αποταμίευση αλλά παίζει σημαντικό ρόλο και στην εξασφάλιση της ομαλής παραγωγικής διαδικασίας αποταμιεύοντας και παραγωγικό κόστος. Από την άλλη μεριά ο έγκαιρος εντοπισμός τυχόν διαβρώσεων στις κτιριακές εγκαταστάσεις, συμβάλλει σημαντικά στην ελαχιστοποίηση επικείμενων βλαβών στο ηλεκτρικό δίκτυο του εργοστασίου επιτυγχάνοντας και αυτός με τη σειρά του σημαντικές αποταμιεύσεις τόσο στο ενεργειακό όσο και παραγωγικό κόστος.

- Η εξασφάλιση της λειτουργίας του εξοπλισμού σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς περιβάλλοντος και ασφαλείας.

Σε μια εποχή όπου οι περιβαλλοντολογικοί κανονισμοί γίνονται ολοένα και πιο αυστηροί, η μέθοδος της θερμογραφίας αποκτά ξεχωριστή βαρύτητα, αφού με τη χρήση της, ελαχιστοποιείται το ποσοστό εκείνων των μηχανών που εξαιτίας κακής λειτουργίας εκπέμπουν καυσαέρια ακατάλληλα για το περιβάλλον. Η μη τήρηση των εν λόγω κανονισμών επιφέρουν στις βιομηχανίες εξαιρετικά μεγάλα κόστη που σχετίζονται τόσο με αποζημιώσεις στις τοπικές κοινωνίες και το κράτος, όσο και με την αναγκαστική διακοπή της παραγωγής τους. Με τη χρήση μιας θερμογραφικής κάμερας το Τμήμα Συντήρησης του εκάστοτε εργοστασίου είναι σε θέση να προλάβει τα ανωτέρω.

Για παράδειγμα, μπορούμε να αναφέρουμε την περίπτωση ενός εργοστασίου παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες όπου οι αρμόδιες κρατικές υπηρεσίες αναγκάστηκαν να διακόψουν τη λειτουργία του, καθώς διαπιστώθηκε η εκπομπή μολυσματικών αερίων για το περιβάλλον. Μετά από επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του εργοστασίου με τη βοήθεια θερμογραφικής κάμερας διαπιστώθηκε πως η εκπομπή αυτών των καυσαερίων είχε προκληθεί από τη μερική διάβρωση που είχε λάβει χώρα σε διάφορα τμήματα των αγωγών ψύξης.

Επιπρόσθετα, ο έλεγχος της λειτουργίας του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων ενός εργοστασίου με τη περιοδική μέτρηση της θερμοκρασίας αποτελεί ένα επιπλέον μέτρο ασφαλείας τόσο για το εργαζόμενο προσωπικό, όσο και για τις εταιρείες που αναλαμβάνουν την ασφαλιστική κάλυψη του πάγιου εξοπλισμού. Στην Ευρώπη και στην Αμερική παρατηρείται την τελευταία δεκαετία το φαινόμενο τα συνδικαλιστικά όργανα του τεχνικού προσωπικού να απαιτούν από τους εργοδότες τους την εφαρμογή της μεθόδου της θερμογραφίας για εκείνα τα μηχανήματα που η τυχόν πιθανή βλάβη ή η κακή λειτουργία τους να έχουν άμεσες δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων. Πολλές φορές, στη περίπτωση που δεν υλοποιηθεί η παραπάνω απαίτησή τους από τη Διοίκηση του εργοστασίου,

τα εργατικά συνδικάτα οδηγούνται σε απεργιακές κινητοποιήσεις με συνέπεια την απώλεια αρκετών δεκάδων ωρών παραγωγής που ανεβάζει το παραγωγικό κόστος αλλά και το κόστος των logistics στα ύψη.

Από την άλλη μεριά, στις μέρες μας, οι περισσότερες ασφαλιστικές εταιρείες που ασχολούνται με την ασφάλιση τόσο του εργαζόμενου προσωπικού, όσο και του εξοπλισμού που υπάρχει σε μία βιομηχανική μονάδα, δίνουν μεγάλη βαρύτητα στις μεθόδους συντήρησης που εφαρμόζονται. Οι μέθοδοι αυτοί συντήρησης καθορίζουν τόσο την τιμολογιακή πολιτική των ασφαλιστικών εταιρειών, όσο και τους όρους που επιβάλουν σε κάθε ασφαλιστική σύμβαση. Κατά γενική ομολογία, η εφαρμογή μεθόδων προβλεπτικής συντήρησης και ιδιαίτερα η εφαρμογή του περιοδικού θερμογραφικού ελέγχου του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων, οδηγεί τις ασφαλιστικές εταιρείες στο να προσφέρουν μειωμένες τιμές ασφαλιστικής κάλυψης καθώς κρίνουν ότι το ρίσκο για βλάβες και για ατυχήματα μειώνεται σημαντικά. Έτσι, η εκάστοτε βιομηχανική μονάδα που εφαρμόζει την μέθοδο της θερμογραφίας, μπορεί να επιτύχει σημαντική μείωση των ασφαλιστικών της δαπανών αλλά και των εκτάκτων εξόδων της που πηγάζουν από ένα πιθανό εργατικό ατύχημα.

➤ Η μείωση του αποθεματικού κόστους.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της εφαρμογής της θερμογραφίας, ως μεθόδου προβλεπτικής συντήρησης, που σχετίζεται άμεσα με τις δραστηριότητες logistics ενός εργοστασίου, αποτελεί η δυνατότητα αποτελεσματικής μείωσης του συνολικού κόστους των αποθηκευτικών διεργασιών. Με τον περιοδικό έλεγχο των μηχανημάτων και των εγκαταστάσεων από θερμογραφικές κάμερες, το Τμήμα Συντήρησης του εργοστασίου έχει το στρατηγικό πλεονέκτημα να προβλέπει τη βλάβη και επομένως να έχει ένα σημαντικό χρονικό διάστημα στη διάθεσή του προκειμένου να εξασφαλίσει τα υλικά που χρειάζεται για την αναμενόμενη επισκευή. Η συνεργασία επομένως μεταξύ των υπευθύνων της προβλεπτικής συντήρησης και των logistics έχει ως αποτέλεσμα την δυνατότητα σημαντικής

μείωσης των αποθεμάτων ασφαλείας των ανταλλακτικών που απαιτούνται. Η μείωση των αποθεμάτων δρα καταλυτικά στην ελαχιστοποίηση του αποθεματικού κόστους, τη μείωση του κόστους των προγραμματισμένων και έκτακτων παραγγελιών και γενικά στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των λειτουργιών της εφοδιαστική αλυσίδας και της συντήρησης του εξοπλισμού. Κρυφά κόστη που δημιουργούνται από την ανάγκη π.χ για επιπρόσθετο αποθηκευτικό χώρο, για εκποίηση φθαρμένων αποθεμάτων λόγω απραξίας και μη τήρησης των κατάλληλων συνθηκών αποθήκευσης, παύουν πια να υφίστανται. Όπως θα δούμε και παρακάτω στην περίπτωση θερμογραφικής συντήρησης της ΕΑΒ, η μείωση του συνολικού κόστους των διεργασιών logistics και συντήρησης είναι τεράστια.

➤ Η βελτίωση της σχεδίασης του εξοπλισμού.

Μία άλλη παράμετρος που θα πρέπει να τονίσουμε είναι η θετική επίδραση που έχει ο περιοδικός θερμογραφικός έλεγχος στη βελτίωση της σχεδίασης του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται σε μία βιομηχανική μονάδα. Οι σχεδιαστές των μηχανημάτων και των διαφόρων εξαρτημάτων πολλές φορές, δεν μπορούν να προβλέψουν τις απροσδόκητες επιδράσεις που έχουν για την ομαλή τους λειτουργία οι διάφοροι εξωτερικοί παράγοντες, όπως είναι για παράδειγμα οι ποικίλες κλιματολογικές συνθήκες στις οποίες είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η καταγραφή συμβάντων κακής λειτουργίας συνδέσμων (connectors) που χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε ηλεκτρικούς πίνακες διανομής και οι οποίοι διαπιστώθηκε, με τη χρήση θερμογραφικής κάμερας, ότι η λειτουργία τους επηρεάζεται από τις διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες στις οποίες χρησιμοποιούνται. Βλέπουμε δηλαδή, ότι με τη μέθοδο της θερμογραφίας το προσωπικό της συντήρησης είναι σε θέση να εντοπίσει τις όποιες κατασκευαστικές ατέλειες του εξοπλισμού και των εξαρτημάτων του και έτσι να είναι σε θέση να προβεί σε οποιαδήποτε δυνατή ενέργεια βελτίωσης του.

Η βελτίωση αυτή μπορεί να επιτευχθεί είτε παρεμβαίνοντας στις ρυθμίσεις του εκάστοτε μηχανήματος, είτε τροποποιώντας ή αντικαθιστώντας τα εξαρτήματα εκείνα που δημιουργούν την δυσλειτουργία του. Και στις δύο περιπτώσεις έχουμε μία σειρά από διορθωτικές ενέργειες οι οποίες καταγράφονται στα εγχειρίδια χρήσεως των μηχανημάτων αυξάνοντας έτσι στο μέγιστο την αποτελεσματικότητα των χρηστών τους. Το ωφέλιμο αυτού του προτερήματος για τα logistics είναι ότι το προσωπικό της συντήρησης με τη βοήθεια της περιοδικής μετρήσεως της θερμοκρασίας είναι σε θέση δημιουργώντας και διατηρώντας ένα πλήρη ιστορικό του εξοπλισμού, να προβεί στη σύνταξη των πλέων κατάλληλων τεχνικών προδιαγραφών για την προμήθεια του νέου εξοπλισμού ή για την απόκτηση των καταλληλότερων ανταλλακτικών του. Αποτέλεσμα των ανωτέρω είναι:

- Η ελαχιστοποίηση του ποσοστού προμήθειας ακατάλληλων εξαρτημάτων.
- Η μείωση του κόστους προμηθειών της επιχείρησης.
- Η αποτελεσματικότερη χρήση του εξοπλισμού.
- Η ουσιώδης αξιολόγηση των προμηθευτών από πλευράς ποιότητας των προϊόντων τους.

2. ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η μέθοδος του περιοδικού ελέγχου της θερμοκρασίας με τη βοήθεια θερμογραφικής κάμερας εξασφαλίζει τόσο την ασφάλεια του μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού ενός εργοστασίου, όσο και την ασφάλεια του τεχνικού προσωπικού που εργάζεται σε αυτά τα μηχανήματα. Από τη μία δηλαδή επιτυγχάνεται η διασφάλιση της επιβιωσιμότητας του υπάρχοντος εξοπλισμού με την οποία αποφεύγεται η δαπανηρή και έκτακτη αγορά νέου καθώς και η ξαφνική διακοπή της παραγωγικής διεργασίας, ενώ από την άλλη εξασφαλίζεται η υγεία και η σωματική ακεραιότητα των υπαλλήλων με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των εργατικών ατυχημάτων.

Στις μέρες μας, η σύγχρονη φιλοσοφία της βιομηχανικής Διοίκησης προσδίδει ιδιαίτερη σημασία καθώς αυτή αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες ομαλής διεξαγωγής όλων των παραγωγικών διεργασιών και του συνόλου των δραστηριοτήτων των logistics.

3. Η ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΧΕΣΕΩΝ

Ένα εξίσου σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου της θερμογραφίας είναι και το γεγονός ότι συμβάλει τα μέγιστα στη διαμόρφωση της «καλής εικόνας» για την εκάστοτε επιχείρηση. Ο περιοδικός έλεγχος της θερμοκρασίας του εξοπλισμού μίας βιομηχανικής μονάδας δεν αποτελεί μόνο όπλο για το τμήμα συντήρησης του εργοστασίου αλλά και σημαντικό πλεονέκτημα για το τμήμα προώθησης (marketing) των παραγόμενων προϊόντων του. Η προβλεπτική συντήρηση με τη χρήση της θερμογραφικής κάμερας γίνεται έτσι ένα όπλο διαφήμισης της αξιοπιστίας και της μέγιστης ασφάλειας που παρέχει το εργοστάσιο, τόσο στο εργαζόμενο προσωπικό όσο και στα προϊόντα που παράγει. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε τις χημικές βιομηχανίες οι οποίες τονίζουν τόσο στους κρατικούς φορείς όσο και στην τοπική αυτοδιοίκηση τη χρήση αυτής της μεθόδου, προκειμένου να επιτύχουν την κοινή αποδοχή της κοινωνίας για τις προσπάθειες που κάνουν. Από την άλλη η διαφήμιση της χρησιμοποίησης αυτής της μεθόδου προσβλέπει στην δημιουργία εμπιστοσύνης μεταξύ του κατασκευαστή και του πελάτη. Πρόκειται για μία σχέση “ win/win”, καθώς επιτυγχάνεται από τη πλευρά του κατασκευαστή σημαντικές αποταμιεύσεις σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας και της παραγωγικής διεργασίας, πράγμα που έχει και θετικό αντίκτυπο στην τιμή απόκτησης των αγαθών από τους ενδιάμεσους και τελικούς πελάτες.

<u>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u>	<u>ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</u>
<ul style="list-style-type: none">- Η μείωση των απροσδόκητων διακοπών παραγωγής.- Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας του προσωπικού.- Η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας για καταστροφική βλάβη του εξοπλισμού.- Η βελτίωση και ο έλεγχος της ποιότητας τόσο του εξοπλισμού όσο και των παραγόμενων προϊόντων.- Η αποταμίευση ενέργειας και η αύξηση του ποσοστού αποτελεσματικότητας των μηχανών.- Η εξασφάλιση της λειτουργίας του εξοπλισμού σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς περιβάλλοντος και ασφαλείας.- Η μείωση του αποθεματικού κόστους.- Η βελτίωση της σχεδίασης του εξοπλισμού υποστήριξης και των εξαρτημάτων του.- Η εξασφάλιση υγιεινών και ασφαλών συνθηκών εργασίας για το εργαζόμενο προσωπικό.- Η βελτίωση των δημοσίων σχέσεων της εταιρείας.- Η γρήγορη και σε μεγάλο ποσοστό επιστροφή της αρχικής επένδυσης (ROI).	<ul style="list-style-type: none">- Το υψηλό κόστος αγοράς του διαγνωστικού εξοπλισμού.- Η δαπανηρή εκπαίδευση του προσωπικού.- Η απαίτηση για πρόσληψη επιπλέον τεχνικού προσωπικού.- Τα προτερήματα δεν γίνονται εύκολα αντιληπτά στη Διοίκηση.

Πίνακας 10: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδου περιοδικής μετρήσεως της θερμοκρασίας.

Συνοψίζοντας, θα μπορούσαμε να πούμε πως τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του θερμογραφικής κάμερας για τον περιοδικό έλεγχο του εξοπλισμού είναι πολύ περισσότερα απ' ό τι τα μειονεκτήματα. Στα τελευταία θα μπορούσαμε να αναφέρουμε:

- Το καθόλου ευκαταφρόνητο ποσό που θα πρέπει να διατεθεί για την αγορά του εξοπλισμού. Έρευνα για την αγορά των διαγνωστικών αυτών μηχανημάτων έδειξε ότι οι τιμές κυμαίνονται από **10.000€ – 60.000€**. Το κόστος αυτό εξαρτάται από τον τύπο του μηχανήματος, τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες που επιθυμούμε να έχει. Στη περίπτωση δε που αποφασιστεί η ανάθεση αυτού του είδους προβλεπτικής συντήρησης σε τρίτο φορέα (3PL), το κόστος κυμαίνεται ημερησίως από **800€ - 1200€**.
- Η αποκλειστική διάθεση, από πλευράς της επιχείρησης, καθορισμένου τεχνικού προσωπικού που θα είναι υπεύθυνο για την συλλογή και διάγνωση των μετρήσεων. Αυτό πολλές φορές οδηγεί στην αναγκαστική πρόσληψη νέων τεχνικών προκειμένου να καλυφθούν οι κενές θέσεις εργασίας με αποτέλεσμα την αύξηση του λειτουργικού κόστους της επιχείρησης. Στο λειτουργικό αυτό κόστος μπορεί να προστεθεί και το κόστος που πηγάζει από την αρχική εκπαίδευση του προσωπικού αλλά και από τα επιμορφωτικά σεμινάρια που θα πρέπει να παρακολουθεί κατά τακτά χρονικά διαστήματα.
- Η αρχική εντύπωση που δημιουργείται στους διοικούντες του εργοστασίου από τα ανωτέρω υψηλά κόστη επένδυσης, ότι η μέθοδος αυτή είναι οικονομικά ασύμφορη, καθώς τα προτερήματα που έχουμε ήδη αναλύσει σχετίζονται με έμμεσες αποταμιεύσεις που δεν είναι εύκολο να εντοπισθούν με την πρώτη ματιά, αλλά μόνο μέσα από μία ανάλυση των δραστηριοτήτων της συντήρησης και των logistics.

Στη συνέχεια εξετάζοντας την εφαρμογή του περιοδικού ελέγχου της θερμοκρασίας στον εξοπλισμό της ΕΑΒ, θα προσπαθήσουμε να δούμε πρακτικά τα ανωτέρω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, κάνοντας μία ανάλυση του κόστους των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα σε μία βλάβη. Μέσα απ' αυτή την ανάλυση

θα καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η επιστροφή του ποσού αρχικής επένδυσης (Return Of Investement – ROI), γίνεται γρήγορα και σε μεγάλο ποσοστό προσδίδοντας στην επιχείρηση τεράστια οικονομικά οφέλη τόσο στη συντήρηση όσο και στις δραστηριότητες των logistics.

3.3.4 Η προβλεπτική συντήρηση στην ΕΑΒ .

Η προβλεπτική συντήρηση στην Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία εφαρμόζεται με τη χρήση θερμογραφικής κάμερας στον περιοδικό έλεγχο της θερμοκρασίας ηλεκτρικών μηχανών του εργοστασίου. Επίσης, με τη βοήθεια μηχανήματος μετρητού δονήσεων παρακολουθείται η ομαλή λειτουργία των μηχανικών μερών των αντλιών και άλλου σημαντικού βιομηχανικού εξοπλισμού(vibration analysis).

Στην εργασία αυτή θα περιοριστούμε στην χρήση της θερμογραφίας ως μέθοδος της προβλεπτικής συντήρησης και θα προσπαθήσουμε μέσα από παραδείγματα πιθανών βλαβών να κοστολογήσουμε την όλη διαδικασία συγκρίνοντας τις οικονομικές της επιπτώσεις με αυτές που προκύπτουν εφαρμόζοντας παραδοσιακούς τρόπους συντήρησης (π.χ διορθωτική). Επίσης, θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε και τις επιπτώσεις που προκαλεί η εφαρμογή της θερμογραφίας στη συνεργασία των δραστηριοτήτων συντήρησης και logistics της εταιρείας.

Μετά από μία σειρά συνεντεύξεων με τους υπεύθυνους φορείς συντήρησης, σχηματίζει κανείς μία πρώτη θετική εντύπωση του τρόπου με τον οποίο το τμήμα συντήρησης προσεγγίζει το πρόβλημα της διατήρησης της ομαλής λειτουργίας του βιομηχανικού εξοπλισμού του εργοστασίου.

Η προσπάθεια εφαρμογής της προβλεπτικής συντήρησης ξεκίνησε με την αγορά μίας θερμογραφικής κάμερας «IR Snapshot» αξίας **11.000€** περίπου και την εκπαίδευση ενός ηλεκτρολόγου μηχανικού ως χρήστη και υπεύθυνου αυτού του προγράμματος συντήρησης η οποία κόστισε συνολικά γύρω στα **5.000€**.

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Η αρχική επομένως επένδυση της επιχείρησης προκειμένου να αποκτήσει τον κατάλληλο εξοπλισμό και τις τεχνικές γνώσεις για την χρήση και την εκμετάλλευσή του δεν ξεπέρασε τα **16.000€**.

Στη περίπτωση της επιθεώρησης των ηλεκτρικών πινάκων του εργοστασίου που απαρτίζονται από δεκαοκτώ(18) ντουλάπια, ο υπεύθυνος χειριστής της θερμογραφικής κάμερας μας πληροφόρησε ότι χρειαζόταν **δύμιση(2^{1/2})** ώρες περίπου προκειμένου να ελέγξει την ομαλή λειτουργία των ηλεκτρικών πεδίων. Στη περίπτωση που απαιτείται η συντήρηση σε δύο(2) από τα εν λόγω ντουλάπια, με παράδειγμα βλάβης την αντικατάσταση καλωδίου σύνδεσης 40cm και την αντικατάσταση ενός(1) σφικτήρα, τότε ο υπεύθυνος προϊστάμενος μας δήλωσε ότι θα χρειαστεί **μία(1) ώρα** περίπου για τη σύνταξη της σχετικής αναφοράς.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονίσουμε πως τα αγορασμένα υποπρογράμματα (modules) του «SAP» δεν είναι συμβατά με την ηλεκτρονική συμπλήρωση και υποβολή αναφοράς βλάβης με τη μέθοδο της θερμογραφίας, με αποτέλεσμα ο υπεύθυνος αυτού του προγράμματος να αναγκάζεται να συντάσσει την αναφορά του σε κοινό έγγραφο του «Microsoft Word», χωρίς να μπορεί να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες που του δίνει το πακέτο εφαρμογής της θερμογραφικής κάμερας για την άμεση σύνταξη και υποβολή της αναφοράς βλάβης στο σύστημα ηλεκτρονικής διαχείρισης των πληροφοριών της εταιρείας (Management Information System – MIS). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται ο χρόνος συμπλήρωσης, επεξεργασίας και υποβολής της σχετικής αναφοράς και επομένως να έπεται και αύξηση στο λειτουργικό κόστος εξαιτίας του αυξημένου χρόνου απασχόλησης. Από τη στιγμή που υποβληθεί η ανωτέρω αναφορά στον Τομέα Υπηρεσίας Προγραμματισμού, απαιτείται η παρέλευση **μισής(1/2) ώρας** προκειμένου να εκδοθεί η σχετική εντολή εργασίας (μέσω του SAP), για την επισκευή της βλάβης από τους ηλεκτρολόγους. Οι τεχνικοί με τη σειρά τους (ο ηλεκτρολόγος και ο βοηθός του), χρειάζονται **μισή(1/2) ώρα** περίπου για την συγκεκριμένη επισκευή (αντικατάσταση σφικτήρα και καλωδίου σύνδεσης 40cm), ενώ συνολικά θα απασχοληθούν **δύμιση(2^{1/2}) ώρες** (επιτόπιος έλεγχος – παραλαβή ανταλλακτικών

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

από την κεντρική αποθήκη – επισκευή – υποβολή αναφοράς πέρατος της επισκευής).

Η παραπάνω διαδικασία ελέγχου με τη μέθοδο της θερμογραφίας των ηλεκτρικών πινάκων της ΕΑΒ, σε συνάρτηση με τους χρόνους που απαιτούνται για κάθε φάση, απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα που ακολουθεί.

<u>ΣΤΑΔΙΑ</u> <u>ΕΛΕΓΧΟΥ - ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ</u>	<u>ΧΡΟΝΟΙ</u> <u>ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ</u>
- Θερμογραφικός έλεγχος ηλεκτρικών πινάκων (18 ντουλάπια).	2,5 ώρες
- Σύνταξη αναφοράς βλάβης.	1 ώρα
- Έκδοση εντολής εργασίας.	½ ώρα
- Επισκευή της βλάβης.	½ ώρα
- Απασχόληση του συνεργείου για τη βλάβη εκτός την καθαυτού επισκευή.	2 ώρες
<u>ΣΥΝΟΛΟ:</u> 6,5 ώρες	

Πίνακας 11: Χρόνοι υλοποίησης σταδίων ελέγχου και επισκευής με τη μέθοδο της Θερμογραφίας στους ηλεκτρικούς πίνακες της ΕΑΒ.

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε πως παρόλο που το εργοστάσιο διαθέτει κατάλληλο εξοπλισμό για την έγκαιρη πρόβλεψη οποιασδήποτε ηλεκτρικής βλάβης (χρήση θερμογραφικής κάμερας για τον περιοδικό έλεγχο της θερμοκρασίας), η υποδομή της εταιρείας σε πληροφοριακά συστήματα και η οργάνωση των διαδικασιών ελέγχου και συντήρησης είναι τέτοιες που αποτελούν τροχοπέδη για την πλήρη εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων που προσδίδει η χρήση της θερμογραφικής κάμερας. Το χρονικό διάστημα των εξήμισι (6 ½) εργατών που απαιτούνται για την πλήρη αποκατάσταση αυτής της βλάβης, δείχνει το πώς οι διαδικασίες και η οργάνωση μιας επιχείρησης μπορούν να προσθέσουν επιπλέον κόστος στις λειτουργίες της συντήρησης και των logistics.

Το λειτουργικό κόστος σε αυτή τη περίπτωση, κρίνεται πάρα πολύ μεγάλο εάν αναλογιστούμε ότι δύο(2) τεχνικοί απασχολούνται αποκλειστικά και μόνο με αυτή την επισκευή. Εάν μελετήσουμε τον παραπάνω πίνακα θα παρατηρήσουμε πως μεγάλος χρόνος χάνεται:

- Στην υποβολή της αρχικής αναφοράς βλάβης.
- Στις δευτερεύουσες εργασίες του συνεργείου επισκευής, όπως είναι η παραλαβή των ανταλλακτικών, η μεταφορά, η σύνταξη αναφοράς πέρατος της επισκευής.

Ο υπεύθυνος του προγράμματος προβλεπτικής συντήρησης της εταιρείας μας δήλωσε πως γίνονται προσπάθειες για τροποποίηση του SAP, έτσι ώστε να καταστεί συμβατό με το πρόγραμμα της θερμογραφικής κάμερας και επομένως να είναι εφικτή η αυτόματη εισαγωγή της αρχικής αναφοράς βλάβης.

Κατά τη γνώμη μας θα πρέπει να επανεξετασθεί και η διαδικασία παραλαβής των ανταλλακτικών από την κεντρική αποθήκη, καθώς διαπιστώθηκε ότι ο τεχνικός πηγαίνει στην κεντρική αποθήκη και παραλαμβάνει τα υλικά με τη σχετική εντολή εργασίας που του έχει δοθεί από το Τομέα Υπηρεσίας Προγραμματισμού, χωρίς να έχει ξεκινήσει ήδη η διαδικασία περισυλλογής των απαιτούμενων ανταλλακτικών από τους υπαλλήλους της αποθήκης που εκ των προτέρων γνωρίζουν τη σχετική απαίτηση μέσω του «SAP». Μάλιστα στη περίπτωση που η ανωτέρω βλάβη διαβαθμιστεί ως επείγουσα («Top Priority»), η σχετική εντολή εργασίας κωδικοποιείται ως «01-A» και μεταδίδεται μέσω του πληροφοριακού συστήματος στην αποθήκη για να περαστεί ως εντολή πρώτης προτεραιότητας περισυλλογής των υλικών («order picking»). Η καθυστέρηση στην όλη διαδικασία πιστεύουμε ότι οφείλεται στον ανθρώπινο παράγοντα, καθώς είναι σύνηθες το φαινόμενο οι παλαιότεροι υπάλληλοι να μην προσαρμόζονται εύκολα στις νέες συνθήκες εργασίας που τους επιβάλλει η εγκατάσταση και λειτουργία ενός πληροφοριακού συστήματος. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι υπάλληλοι της αποθήκης να μη δίνουν τηρέπουσα σημασία στις εντολές που έρχονται σε αυτούς μέσω του πληροφοριακού συστήματος, με άμεση συνέπεια την καθυστέρηση περισυλλογής των απαραίτητων

ανταλλακτικών και πολλές φορές την καθυστέρηση στο να διαπιστώσουν την έλλειψη κάποιων απ' αυτών απ' τα αποθέματα.

Στο σημείο αυτό φέρνοντας διάφορα παραδείγματα βλαβών, θα προσπαθήσουμε να αποδείξουμε την αποταμιευτική αξία που έχει η εφαρμογή της θερμογραφίας στη συντήρηση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων της εταιρείας. Μέσα από την ανάλυση του κόστους των δραστηριοτήτων συντήρησης που αντιστοιχούν στις μεθόδους της διορθωτικής και προβλεπτικής συντήρησης, θα αποδείξουμε πως η μέθοδος της θερμογραφίας όχι μόνο μειώνει ουσιαστικά το κόστος της συντήρησης και των διεργασιών logistics, αλλά συνεισφέρει άμεσα και στην αποτελεσματική επιστροφή της αρχικής επένδυσης για την απόκτηση τόσο του κατάλληλου εξοπλισμού, όσο και των γνώσεων που απαιτούνται για την αποτελεσματική χρήση του. Ως πρώτο παράδειγμα θα αναφέρουμε την περίπτωση βραχυκυκλώματος σε γραμμή παροχής ηλεκτρικού ρεύματος του εργοστασίου.

Είναι γενικά αποδεκτό πως το σύστημα διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα εργοστάσιο αποτελεί το πιο νευραλγικό δίκτυο της επιχείρησης. Ας αναλογιστούμε τι θα σήμαινε για την επιχείρηση η κακή λειτουργία αυτού του συστήματος τη στιγμή που όλες οι παραγωγικές διεργασίες της στηρίζονται στην ομαλή και συνεχόμενη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Το ηλεκτρικό αυτό δίκτυο απαρτίζεται από διάφορα χρήσιμα αλληλοεξαρτώμενα υλικά (αγωγοί, μονωτικά καλώδια, ηλεκτρικοί διακόπτες, μετασχηματιστές κ.λ.π), των οποίων μία πιθανή βλάβη στη λειτουργία τους μπορεί να προκαλέσει από δυσλειτουργία της ηλεκτρικής παροχής μέχρι και βραχυκύκλωμα και επομένως παύση της ηλεκτροδότησης ολόκληρων τομέων εργασίας του εργοστασίου. Στη περίπτωση αυτού του παραδείγματος θα μελετήσουμε τη περίπτωση διάβρωσης του μονωτικού καλωδίου που προστατεύει τα καλώδια σε μία γραμμή παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Η συγκεκριμένη βλάβη αποτελεί μία πολύ δύσκολη περίπτωση επισκευής για το Τμήμα Συντήρησης του εργοστασίου, καθώς το αποτέλεσμα από τη διάβρωση αυτή είναι η αύξηση της θερμοκρασίας στο συγκεκριμένο σημείο, η δημιουργία καπνού άνθρακα (λευκός καπνός – ηλεκτρική πυρκαϊά), από τα λιωμένα μονωτικά υλικά και πιθανότατη πρόκληση βραχυκυκλώματος του τομέα που ηλεκτροδοτείται.

Η δυσκολία αυτής της βλάβης έγκειται στο γεγονός πως οι τεχνικοί θα πρέπει να ελέγξουν δύο περιπτώσεις:

- Είτε τη περίπτωση κακής λειτουργίας της ασφάλειας στον ηλεκτρικό πίνακα ελέγχου για τη συγκεκριμένη γραμμή παροχής.
- Είτε τη περίπτωση βλάβης στην ίδια γραμμή παροχής.

Στη πρώτη περίπτωση το πρόβλημα λύνεται με την αντικατάσταση του διακόπτη ασφαλείας, χωρίς να απαιτούνται περισσότερες διεργασίες συντήρησης. Στη περίπτωση όμως που η βλάβη οφείλεται στη διάβρωση του μονωτικού του καλωδίου παροχής, οι τεχνικοί οφείλουν να ελέγξουν όλη τη κατά μήκος γραμμή ηλεκτροδότησης μέχρι να εντοπίσουν το σημείο βλάβης. Στο παράδειγμα μας η γραμμή αυτή παροχής που θα πρέπει να ελεγχθεί έχει μήκος **305μ**.

Εάν εφαρμοσθεί ο παραδοσιακός τρόπος συντήρησης (διορθωτική), το συνεργείο θα πρέπει να αντικαταστήσει το μονωτικό περίβλημα. Επίσης, λόγω της πιθανότητας να έχει πάθει ζημία (λιώσιμο) τα ηλεκτρικά καλώδια, μετακινώντας τα μεταλλικά κουτιά με λοστούς και άλλα αιχμηρά εργαλεία θα πρέπει να εξετασθεί και η περίπτωση αντικατάστασης της παλιάς καλωδίωσης με καινούργια. Στο παράδειγμά μας θεωρούμε απαραίτητη την αντικατάσταση μόνο του μονωτικού περιβλήματος. Θα πρέπει δε να επισημάνουμε την ανάγκη εργασιών εκσκαφής στα τμήματα εκείνα που το ηλεκτρικό δίκτυο είναι εγκαταστημένο μέσα στο έδαφος.

Με τη διορθωτική συντήρηση παρατηρούμε πως οι εργασίες επισκευής που απαιτούνται είναι χρονοβόρες και δαπανηρές. Το συνεργείο επισκευής είναι αναγκασμένο να ανακαλύψει το πρόβλημα ψάχνοντας τη γραμμή παροχής σπιθαμή προς σπιθαμή και τις περισσότερες φορές είναι πιο συμφέρον, όχι μόνο για αυτό αλλά και για την οικονομία της επιχείρησης, αφού η βλάβη δεν περιορίζεται στην εσφαλμένη λειτουργία ενός ασφαλειοδιακόπτη του ηλεκτρικού πίνακα ελέγχου, να προχωρήσει στην άμεση αντικατάσταση του μονωτικού περιβλήματος ολόκληρης της γραμμής παροχής. Η ενέργεια αυτή συμφέρει αν αναλογιστούμε τους κινδύνους φθοράς (π.χ κοψίματος), που μπορεί να υποστούν η καλωδίωση και τα διάφορα εξαρτήματα του ηλεκτρικού δικτύου κατά τη διάρκεια των ανωτέρω εκσκαφών και επιδιορθωτικών εργασιών.

Στη περίπτωση που το πρόβλημα αντιμετωπιστεί με τη μέθοδο της προβλεπτικής συντήρησης, δίνεται η δυνατότητα στον υπεύθυνο τεχνικό με τη βοήθεια της θερμογραφικής κάμερας, κατά τους περιοδικούς ελέγχους που πραγματοποιούνται στον ηλεκτρικό πίνακα ελέγχου, να παρατηρήσει οποιαδήποτε αύξηση της θερμοκρασίας στον ασφαλειοδιακόπτη της συγκεκριμένης γραμμής παροχής. Με αυτό τον τρόπο μπορεί η βλάβη να προβλεφθεί έγκαιρα, οπότε να αποφευχθεί η απροσδόκητη διακοπή ηλεκτροδότησης με την υλοποίηση του ελέγχου και επισκευής της επερχόμενης βλάβης σε καθορισμένο χρονικό διάστημα που να μην επηρεάζει το παραγωγικό έργο του εργοστασίου. Συνήθως τέτοιοι προβλεπτικοί έλεγχοι και τυχόν επισκευές, πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια των ημερών αργίας. Υπάρχει όμως και η περίπτωση που η διάβρωση του μονωτικού περιβλήματος να γίνει ταχέα και σε χρόνο ενδιάμεσο των θερμογραφικών επιθεωρήσεων με αποτέλεσμα να λάβει τελικά χώρα η απότομη διακοπή παροχής ηλεκτρικού ρεύματος κατά την ώρα εργασίας. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε απώλεια παραγωγικού έργου που όμως είναι κατά πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη που θα προκύψει εάν η βλάβη αντιμετωπιστεί με τρόπους παραδοσιακής διορθωτικής συντήρησης. Αυτό συμβαίνει επειδή η θερμογραφική κάμερα δίνει τη δυνατότητα στο προσωπικό συντήρησης να εντοπίσει εύκολα το σημείο της καλωδίωσης που έχει υποστεί την διάβρωση και έτσι να επέμβει τοπικά για άμεση επισκευή μειώνοντας ουσιαστικά τον χρόνο απώλειας του παραγωγικού έργου. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η ανάλυση κόστους της συγκεκριμένης βλάβης χωρίς να ληφθεί υπόψη το κόστος της παραγωγικής απώλειας. Αυτό συμβαίνει διότι το εν λόγω κόστος είναι σύνθετο και τις περισσότερες φορές σχετίζεται και με άλλους εξωτερικούς παράγοντες, όπως είναι οι εκάστοτε ποινικές ρήτρες των συμβάσεων σε περίπτωση που καθυστερήσει η παράδοση των παραγόμενων προϊόντων, το είδος των προϊόντων που πρέπει να παραχθούν και που το οποίο καθορίζει τη παραγωγική διαδικασία και βέβαια ας μην ξεχνάμε τον χρόνο επισκευής που διαφέρει από βλάβη σε βλάβη.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΚΑΛΩΔΙΟΥ
ΜΕ ΤΗ ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

<u>ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ</u>	<u>ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ</u>		<u>ΕΠΙΣΚΕΥΗ</u>	
	ΩΡΕΣ	30€/ώρα	ΩΡΕΣ	30€/ώρα
Έλεγχος των φάσεων (1 τεχνικός)	2	60€	2	60€
Εργασίες εκσκαφής (2 τεχνικοί)	6	360€	-	-
Απομάκρυνση της καλωδίωσης (2 τεχνικοί)	24	1.440€	-	-
Απομόνωση του προβληματικού τμήματος και τροφοδότηση με συνεχές ρεύμα (2 τεχνικοί)	-	-	2	120€
Έλεγχος υπερθέρμανσης (2 τεχνικοί)	-	-	2	120€
Απομάκρυνση του προβληματικού μέρους και των εξαρτημάτων του (2 τεχνικοί)	-	-	4	240€
Εγκατάσταση νέας σωλήνωσης (2 τεχνικοί)	-	-	6	360€
Ένωση του επισκευασμένου μέρους με την υπόλοιπη καλωδίωση (2 τεχνικοί)	-	-	6	360€
Τοποθέτηση νέας καλωδίωσης (2 τεχνικοί)	24	1.440€	-	-
Έλεγχος Λειτουργίας της γραμμής (2 τεχνικοί)	2	180€	2	180€
<u>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ</u>		3.480€		1.440€
<u>ΥΛΙΚΑ</u>	ΜΟΝΑΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ	ΚΟΣΤΟΣ
καλώδια 500 MCM (13,5€ / m) X 4	1220m	16.470€	7.5m	98,65€
Νέο μέρος καλωδίωσης (NEMA) Διαστάσεων (20.3cm x 20.3cm x 3m)	-	-	1	152€
Συνδετήρες (11€ / έκαστος)	-	-	8	88€
Διάφορα υλικά – εργαλεία υποστήριξης	-	-		100€
Μονωτική ταινία		22€		50€
<u>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ</u>		16.492€		488,65€
<u>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΒΛΑΒΗΣ</u>		19.972€		1.928,65€

Πίνακας 12: Συγκριτική ανάλυση κόστους βλάβης διορθωτικής - προβλεπτικής συντήρησης.

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε πως στην περίπτωση χρησιμοποίησης της θερμογραφικής κάμερας (προβλεπτική συντήρηση), θα απαιτούνταν μόνο η αντικατάσταση ενός μόνο τμήματος της καλωδίωσης με αποτέλεσμα το συνολικό κόστος συντήρησης να φτάσει το **9,7%** του κόστους αντικατάστασης όλης της γραμμής παροχής στη περίπτωση που οι τεχνικοί ακολουθούσαν τις παραδοσιακές μεθόδους της διορθωτικής συντήρησης.

Αξιοσημείωτο αποτελεί το γεγονός πως εάν στο συνολικό κόστος των διεργασιών επισκευής με μεθόδους προβλεπτικής συντήρησης προστεθεί και το κόστος αρχικής επένδυσης του κατάλληλου εξοπλισμού και της εκπαίδευσης των χρηστών του, αυτό δεν ξεπερνά τα **18.000€**, δηλαδή και πάλι θα έχουμε μία αποταμίευση στο κόστος συντήρησης και προμηθειών των υλικών της τάξης του **10%**.

Από τα ανωτέρω μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε πως με τη χρήση της θερμογραφικής κάμερας σε μία μόνο τέτοια βλάβη, η Διοίκηση του εργοστασίου θα έχει επιτύχει την άμεση επιστροφή του αρχικού ποσού επένδυσης (Return Of Investment – ROI).

Επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η μελέτη περιοδικού ελέγχου της θερμοκρασίας με θερμογραφική κάμερα στον ηλεκτρικό κινητήρα του ανεμιστήρα του πύργου ψύξης του εργοστασίου. Η ΕΑΒ διαθέτει δύο πύργους ψύξης από τους οποίους ο πιο νεώτερος και μικρότερος που χρησιμοποιείται καθημερινώς κόστισε **20.500€** περίπου, ενώ ο παλαιότερος και μεγαλύτερος που μπαίνει σε λειτουργία μόνο κατά τους θερινούς μήνες κοστολογείται στις **61.700€** περίπου.

Ανεξάρτητα από το ποιος πύργος ψύξης είναι σε λειτουργία, η πιθανή βλάβη στον ηλεκτρικό κινητήρα του ανεμιστήρα του αποτελεί μία από τις σημαντικότερες βλάβες για τη Διεύθυνση των «Facilities» του εργοστασίου, καθώς αυτό θα σήμαινε τη παύση λειτουργίας του κλιματιστικού συστήματος σε όλο το εργοστάσιο.

Πλήρης ανάλυση κόστους στην ενδεχόμενη αυτή βλάβη δεν μπορεί να γίνει καθώς υπάρχουν πολλοί αστάθμητοι παράγοντες που δεν μπορούν να κοστολογηθούν παρά μόνο να αναφερθούν όπως για παράδειγμα οι συμβάσεις συντήρησης των πύργων ψύξης που είναι διαβαθμισμένες για την εταιρεία κ.λ.π.

Παρ' όλα αυτά η αναφορά και μόνο των επιπτώσεων που έχει για την Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία η συγκεκριμένη βλάβη, αποτελεί ένα καλό παράδειγμα της χρησιμότητας που έχει σήμερα η δυνατότητα πρόβλεψης με τη βοήθεια της θερμογραφικής κάμερας.

Στη περίπτωση που εφαρμοζόταν η διορθωτική συντήρηση και ένα καλώδιο του κινητήρα παρουσίαζε προβλήματα (π.χ διάβρωση), αυτό δεν θα ήταν δυνατό να εντοπισθεί με αποτέλεσμα την μεγάλη πιθανότητα εκδηλώσεως βραχυκυκλώματος που θα σήμαινε την απότομη διακοπή του κινητήρα και το χάσιμο του ανεμιστήρα του πύργου ψύξης. Σε αυτή την περίπτωση το κόστος της βλάβης είναι υπέρογκο καθώς ο ανεμιστήρας «chealer» κοστολογείται περίπου στα **264.000€**.

Σύμφωνα με τους υπεύθυνους τεχνικούς του εργοστασίου υπάρχουν δύο τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος:

- Η ανάθεση επισκευής του κινητήρα σε τρίτη εταιρεία.

Σε αυτή την περίπτωση θα έχουμε μία καθυστέρηση στην **τριών(3) ημερών**.

Δηλαδή η παραγωγή και οι εργασίες σε εργοτάξια που εξαρτώνται άμεσα από τον κλιματισμό θα σταματούσαν για **72 ώρες**. Επίσης στα υπόλοιπα τμήματα εργασίας του εργοστασίου θα παρατηρούνταν μείωση της αποδοτικότητας του προσωπικού λόγω των δυσμενών συνθηκών εργασίας ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Το δε κόστος επισκευής του εξοπλισμού θα ήταν σημαντικό λόγω του μικρού χρονικού διαστήματος κατά το οποίο θα έπρεπε να επισκευασθεί. Από την άλλη η κρατική φύση της επιχείρησης, με τους εν ισχύ νόμους περί κρατικών προμηθειών, δεν δίνει τη δυνατότητα στο Τμήμα Προμηθειών αυτής για σύναψη μακροχρόνιων Συμβάσεων με τρίτους φορείς συντήρησης, προκειμένου να επιτευχθεί οικονομία στο κόστος των έκτακτων προμηθειών και υπηρεσιών.

- Η αγορά νέου ηλεκτρικού κινητήρα.

Για να επιτευχθεί αυτή, σύμφωνα με τους τεχνικούς, θα υπάρξει μία καθυστέρηση δύο(2) ημερών. Δηλαδή και σε αυτή την περίπτωση θα έχουμε ολικές και μερικές παραγωγικές απώλειες, καθώς και διάφορα επιπλέον διοικητικά κόστη λειτουργίας της τάξεως των **48 ωρών**.

Αξιοσημείωτο αποτελεί το γεγονός ότι και στους δύο αυτούς χρόνους καθυστέρησης των παραπάνω περιπτώσεων, δεν έχει υπολογισθεί ο χρόνος εργασίας των συνεργείων για την απομάκρυνση και επανεγκατάσταση του εν λόγω κινητήρα.

Οι παραπάνω εργασίες κρίνονται από τους υπεύθυνους της συντήρησης ιδιαίτερα χρονοβόρες και δύσκολες λόγω της κακής τοποθέτησης του κινητήρα. Οι τεχνικοί κρίνουν ότι θα χρειαστεί η συμβολή Μηχανικών – Ηλεκτρολόγων και ενός γερανού, αρχικά για την απομάκρυνση του κινητήρα και αργότερα για την επανατοποθέτησή του. Σε κάθε περίπτωση το ανωτέρω πρόβλημα επιβαρύνει σημαντικά τόσο το επιπλέον εργατικό κόστος που θα απαιτηθεί εξαιτίας της μείζονος σημασίας που έχει για το εργοστάσιο η επαναλειτουργία του κλιματιστικού συστήματος (υπερωρίες), όσο και το χρόνο της συνολικής παραγωγικής απώλειας.

Και στις δύο παραπάνω βλάβες που θίξαμε παρατηρούμε ότι υπάρχει άμεση επίδραση των επιλογών μεθόδων συντήρησης που ακολουθούμε με τις διαδικασίες των Logistics του εργοστασίου (προμήθειες – διαχείριση ανταλλακτικών – κατάρτιση συμβάσεων συντήρησης κ.λ.π). Στη περίπτωση της βλάβης του ηλεκτρικού κινητήρα του ανεμιστήρα του πύργου ψύξης του εργοστασίου βλέπουμε πως η επιλογή της προβλεπτικής συντήρησής του με τη μέθοδο της θερμογραφίας επηρεάζει θετικά τόσο τη δυνατότητα πρόβλεψης της βλάβης, όσο και την επίτευξη σημαντικής μείωσης του χρόνου των εργασιών επισκευής που θα απαιτηθούν, εάν χρειαστεί. Έτσι, χρησιμοποιώντας τη θερμογραφική κάμερα μπορούμε να αντιληφθούμε έγκαιρα το μέγεθος της βλάβης και να προγραμματίσουμε την επισκευή του εν λόγω εξοπλισμού χωρίς αυτό να αποφέρει σημαντικό κόστος στην παραγωγή και στο συνολικό κόστος των διεργασιών «logistics» που θα απαιτηθούν.

3.5 Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της προβλεπτικής συντήρησης.

Η προβλεπτική συντήρηση αποτέλεσε εδώ και πέντε χρόνια το κύριο θέμα έρευνας των ειδικών για τη συντήρηση του βιομηχανικού εξοπλισμού. Η αμερικάνικη βιομηχανία από το 1985 μέχρι και σήμερα έχει ξοδέψει παραπάνω από \$200 δις δολάρια για τη συντήρηση των μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού των εργοστασίων. Το Ινστιτούτο Έρευνας της Ηλεκτρικής Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών (Electric Power Research Institute – ERPI), κάνοντας μία έρευνα σχετικά με το κόστος λειτουργίας του εξοπλισμού ενός εργοστασίου, προχώρησε στη συλλογή μετρήσεων του εν λόγω κόστους, βάζοντας τα μηχανήματα να λειτουργούν και να συντηρούνται και με τις τρεις μεθόδους συντήρησης που έχουμε αναλύσει μέχρι τώρα (διορθωτική – προληπτική – προβλεπτική συντήρηση). Η έρευνα αυτή κατέληξε στα εξής συμπεράσματα:

- ⇒ Στη περίπτωση που εφαρμόζεται διορθωτική συντήρηση τα μηχανήματα παρουσιάζουν κόστος λειτουργίας **\$17 με \$18** ανά ίππο.
- ⇒ Με εφαρμογή μεθόδων προληπτικής συντήρησης τα ίδια μηχανήματα έχουν κόστος λειτουργίας **\$11 με \$13** ανά ίππο.
- ⇒ Με την προβλεπτική συντήρηση ο εν λόγω εξοπλισμός έχει κόστος λειτουργίας **\$7 με 9\$** ανά ίππο.

Παρατηρούμε δηλαδή ότι εφαρμόζοντας μεθόδους προβλεπτικής συντήρησης μπορούμε να επιτύχουμε μείωση του ετήσιου κόστους της συντήρησης κατά **50%**. Εάν αυτό το συνδυάσουμε και με το γεγονός ότι το κόστος συντήρησης αποτελεί το **9% με 15%** της αξίας του παραγόμενου προϊόντος και με το **8% έως 12%** του κόστους παραγωγής, μπορούμε να αντιληφθούμε τη σημασία που έχει η προβλεπτική συντήρηση στην αποταμίευση του συνολικού κόστους της επιχείρησης.

Συνοπτικά τα προτερήματα της προβλεπτικής συντήρησης είναι τα ακόλουθα:

- ◆ Μειώνει ή και μηδενίζει πολλές φορές τον εκτός λειτουργίας χρόνο του βιομηχανικού εξοπλισμού, αυξάνοντας το χρόνο χρησιμοποίησής του.
- ◆ Ελαχιστοποιεί ή και μηδενίζει τις περιπτώσεις καταστροφικών βλαβών, οι οποίες τις περισσότερες φορές είναι πιο ακριβές από ότι η συνηθισμένες βλάβες.
- ◆ Μειώνει το συνολικό κόστος συντήρησης.
- ◆ Ελαχιστοποιεί τη πιθανότητα για απρόβλεπτη συντήρηση και επισκευή που τις περισσότερες φορές επιδρά αρνητικά στον προγραμματισμό και τη ροή της παραγωγής.
- ◆ Συντελεί στη μείωση των αποθεμάτων των ανταλλακτικών, καθώς η δυνατότητα που έχουν οι υπεύθυνοι της συντήρησης να προγραμματίζουν τις επισκευές ενισχύει την προσπάθεια για εδραίωση και εφαρμογή της φιλοσοφίας «Just In Time - JIT».
- ◆ Ενισχύει την λειτουργικότητα του εξοπλισμού με καθορισμένες προδιαγραφές.
- ◆ Μειώνει σημαντικά την υπέρογκη κατανάλωση ρεύματος που οφείλεται σε μη σωστή λειτουργία των μηχανών.
- ◆ Επιτυγχάνει αποταμιεύσεις σε επενδύσεις εξοπλισμού και κτιριακών εγκαταστάσεων ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για επιπρόσθετο εξοπλισμό που θα εξασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία της βιομηχανικής μονάδας και που τις περισσότερες φορές απαιτεί και επιπρόσθετο χώρο για τη τοποθέτηση του.
- ◆ Αυξάνει τη παραγωγικότητα του εργοστασίου όπου χρησιμοποιείται.
- ◆ Μειώνει σημαντικά τη πιθανότητα υποτίμησης του βιομηχανικού εξοπλισμού που συνήθως οφείλεται στη φτωχή συντήρησή του. Με τη προβλεπτική συντήρηση τα μηχανήματα ζουν περισσότερο και λειτουργούν καλύτερα.

- ◆ Μειώνει τις μη απαραίτητες επισκευές, καθώς τα μηχανήματα επιδιορθώνονται μόνο στη περίπτωση που αποδίδουν λιγότερο των καθορισμένων προδιαγραφών.
- ◆ Ελαχιστοποιεί τις περιπτώσεις επισκευής λόγω λανθασμένης διάγνωσης.
- ◆ Συνηγορεί στην μείωση των ανικανοποίητων ή και χαμένων πελατών εξαιτίας της φτωχής ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.
- ◆ Συντελεί στην ελαχιστοποίηση της επανάληψης της παραγωγής των αγαθών που οφείλεται στην πολλές φορές στην κακή αποδοτικότητα του εξοπλισμού.
- ◆ Συντελεί στη σημαντική μείωση των ελαττωματικών προϊόντων που οφείλονται στη κακή λειτουργία του παραγωγικού εξοπλισμού και που δημιουργούν επιπλέον κόστη στις δραστηριότητες των «reverse logistics» του εργοστασίου.
- ◆ Ελαχιστοποιεί την αναγκαιότητα για υπερωρίες που μπορεί να οφείλονται είτε σε απροσδόκητη διακοπή της παραγωγής, είτε σε φτωχή απόδοση του εξοπλισμού.
- ◆ Μειώνει τη πιθανότητα υλοποίησης των ποινικών ρητρών που υπάρχουν σε κάθε σύμβαση και που έχουν να κάνουν με τη καθυστέρηση στην παράδοση των προϊόντων στον πελάτη.
- ◆ Συμβάλει στην μείωση των αποζημιώσεων που αναγκάζεται να πληρώσει ο κατασκευαστής στους πελάτες όταν παραδίδονται σε αυτόν ελαττωματικά προϊόντα που δεν πληρούν τις καθορισμένες προδιαγραφές.
- ◆ Συμβάλει στην ελαχιστοποίηση του ποσοστού μη πληρωμένων παραγγελιών που οφείλονται στην άρνηση του παραπονούμενου πελάτη να πληρώσει μέχρις ότου το ελαττωματικό προϊόν επισκευασθεί ή αντικατασταθεί.
- ◆ Ελαχιστοποιεί το ποσοστό εργατικών ατυχημάτων εξαιτίας της μη αξιόπιστης λειτουργίας του εξοπλισμού.
- ◆ Μειώνει σημαντικά το ποσοστό των αποζημιώσεων που οφείλονται σε εργατικά ατυχήματα.

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

- ◆ Συμβάλει στην ουσιαστική μείωση των ασφαλιστρών που εξαρτώνται από την εφαρμογή αποτελεσματικών μεθόδων συντήρησης.
- ◆ Ελαχιστοποιεί το ποσοστό προστίμων εξαιτίας της λειτουργίας μη αξιόπιστων μηχανημάτων.
- ◆ Συμβάλει σημαντικά στην ελαχιστοποίηση του χρόνου επισκευής του εξοπλισμού, καθώς προσδίδει στους τεχνικούς τη δυνατότητα αποτελεσματικού προγραμματισμού των απαιτούμενων επισκευών.
- ◆ Αυξάνει την αποδοτικότητα του εξοπλισμού.
- ◆ Συντελεί στην απλοποίηση των διαδικασιών λειτουργίας των μηχανημάτων.

Τα μειονεκτήματα που μπορούμε να διακρίνουμε όταν αποφασίζεται να εφαρμοσθούν μέθοδοι προβλεπτικής συντήρησης είναι:

- ◆ Το σημαντικό αρχικό κόστος επένδυσης για τον απαραίτητο διαγνωστικό εξοπλισμό.
- ◆ Το σημαντικό ποσό που πρέπει να διατεθεί από την επιχείρηση για την εκπαίδευση του προσωπικού που θα χειρίζεται αυτόν τον εξοπλισμό.
- ◆ Το γεγονός ότι οι αποταμιεύσεις που επιτυγχάνονται δεν είναι άμεσα εμφανείς στην Διοίκηση της επιχείρησης.
- ◆ Η μη πλήρης εκμετάλλευση, από πλευράς των επιχειρήσεων, των ανωτέρω προτερημάτων.
- ◆ Η πιθανότητα ότι οι ακριβές τεχνικές προβλεπτικής συντήρησης να μην είναι ικανές να ανακαλύψουν μία επερχόμενη βλάβη του εξοπλισμού.

3.6 Η επιβελτιωτική συντήρηση (Corrective Maintenance).

Μία άλλη μέθοδος συντήρησης είναι η επιβελτιωτική συντήρηση δηλαδή η τροποποίηση και αναβάθμιση του λειτουργούντος παραγωγικού εξοπλισμού και εγκαταστάσεων. Σε ευρύτερη διατύπωση, η έννοια της επιβελτιωτικής συντήρησης περιλαμβάνει και την ολική αντικατάσταση των μηχανημάτων, όπου κρίνεται ότι αυτή είναι οικονομοτεχνικά αναγκαία. Η αντικατάσταση καθώς και η προσθήκη κάποιων εξαρτημάτων στον εξοπλισμό, πραγματοποιείται έπειτα από τη σύνταξη σχετικής μελέτης και επανασχεδίασης του εξοπλισμού.

Οι βασικές αιτίες που δημιουργούν τον προβληματισμό και την ανάγκη για νέο εξοπλισμό ή βελτίωση / αναβάθμιση του ήδη υπάρχοντος προέρχονται είτε από τη συντήρηση του εξοπλισμού, είτε από την παραγωγή και τις πωλήσεις της εταιρείας.

Οι βασικές αιτίες που προέρχονται από τη συντήρηση είναι:

- Η αύξηση των βλαβών.
- Η αύξηση του χρόνου εκτός λειτουργίας της μηχανής.
- Η μειωμένη απόδοση σε σχέση με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.
- Η αύξηση του κόστους συντήρησης η οποία συνήθως εμφανίζεται στην τρίτη περίοδο της ηλικίας μιας μηχανής, δηλαδή κατά την περίοδο της γήρανσης.
- Η αδυναμία υποστήριξης του εξοπλισμού σε ανταλλακτικά που χρονικά εμφανίζεται ανάλογα με το είδος του εξοπλισμού, την αξιοπιστία του προμηθευτή αλλά και την σύμβαση που υπογράφηκε κατά την απόκτησή του.

Οι δε αιτίες που προέρχονται από την παραγωγή και τις πωλήσεις των παραγόμενων προϊόντων είναι:

- Η αύξηση πωλήσεων στα υπάρχοντα προϊόντα.
- Η προσθήκη νέων προϊόντων στα ήδη παραγόμενα.
- Η ανταγωνιστικότητα των παραγομένων προϊόντων σε κόστος και σε ποιοτικά χαρακτηριστικά που οδηγεί στην αναγκαιότητα αλλαγής της τεχνολογίας παραγωγής.

- Ο συνδυασμός των ανωτέρω αιτιών που αποτελεί και την συνηθέστερη περίπτωση.

Ως στόχους της επιβελτιωτικής συντήρησης μπορούμε να διακρίνουμε:

- ⇒ Την ελαχιστοποίηση του χρόνου εκτός λειτουργίας του εξοπλισμού καθώς και του χρόνου διάρκειας της διορθωτικής συντήρησης.
- ⇒ Την ελαχιστοποίηση του κόστους της διορθωτικής και προληπτικής συντήρησης.
- ⇒ Τη απρόσκοπτη υποστήριξη του εξοπλισμού σε ανταλλακτικά.
- ⇒ Την αναβάθμιση των χαρακτηριστικών και ικανοτήτων των μηχανημάτων 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).

Με βάση τα παραπάνω αναφερόμενα βλέπουμε πως η επιβελτιωτική συντήρηση επεμβαίνει ουσιαστικά τόσο στην ελαχιστοποίηση του χρόνου και του κόστους συντήρησης, όσο και στην ανταγωνιστικότητα της παραγωγικής διαδικασίας του εργοστασίου.

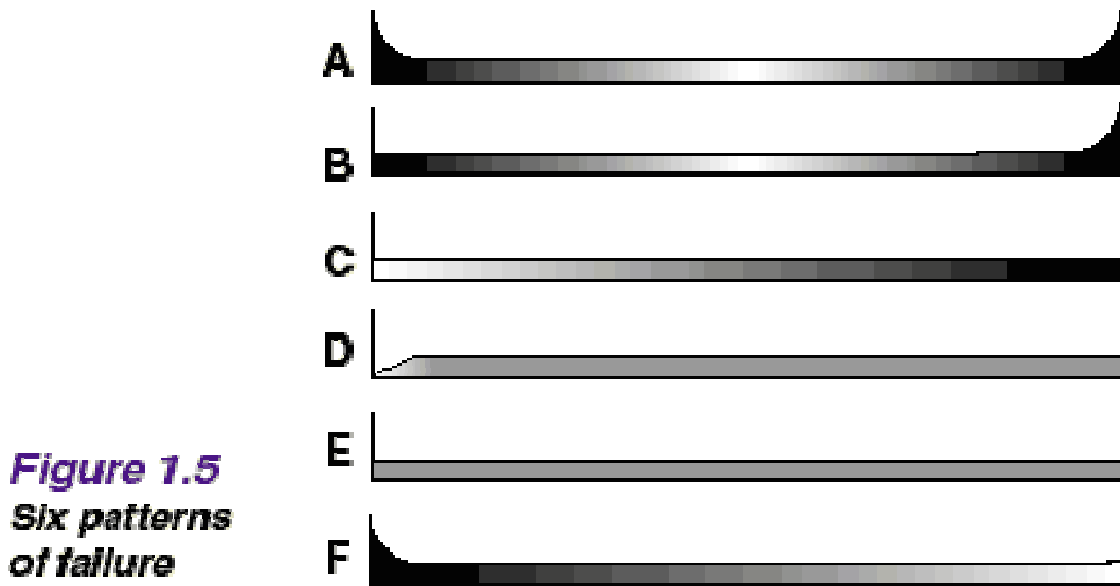
Για να μπορούμε να εφαρμόσουμε αποτελεσματικά την επιβελτιωτική συντήρηση θα πρέπει να λαμβάνουν χώρα οι παρακάτω επιμέρους λειτουργίες:

- Η διατήρηση και ενημέρωση του ιστορικού αρχείου βλαβών τουλάχιστον για τον κύριο υφιστάμενο εξοπλισμό του εργοστασίου.
- Η συστηματική επικοινωνία με τον κατασκευαστή του εξοπλισμού για τυχόν προτάσεις βελτίωσης / αναβάθμισης. Σε αυτή τη λειτουργία ενεργό ρόλο παίζει και το Τμήμα Προμηθειών του εργοστασίου.
- Η συστηματική ενημέρωση των υπεύθυνων της συντήρησης για τις νέες τάσεις και τεχνολογίες που εμφανίζονται στην αγορά για τον κύριο παραγωγικό εξοπλισμό αλλά και για τις εγκαταστάσεις.
- Η εκπόνηση μελετών σκοπιμότητας της αναβάθμισης ή αντικατάστασης και η σύνταξη των τεχνικών προδιαγραφών σε άμεση συνεργασία με την παραγωγή.

- Η εκτέλεση της τροποποίησης / αναβάθμισης από το προσωπικό της συντήρησης ή και τον κατασκευαστή του εξοπλισμού.

Από τα παραπάνω εύκολα καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως και στη περίπτωση της επιβελτιωτικής συντήρησης ο ρόλος που παίζουν τα «logistics» είναι σημαντικός. Για να πραγματοποιηθεί η σωστή αναβάθμιση του εξοπλισμού από τον κατασκευαστή του θα πρέπει εκ των προτέρων η επιχείρηση μέσω του Τμήματος Προμηθειών να ασκεί τέτοια πολιτική στην κατάρτιση των διαφόρων Συμβάσεων ώστε να ενισχύεται η εμπιστοσύνη και η καλή συνεργασία μεταξύ προμηθευτού και πελάτη. Παράλληλα, με τη τήρηση της λίστας των καλύτερων προμηθευτών της επιχείρησης, καθώς και της τήρησης ιστορικών στοιχείων για κάθε προμηθευτή, οι υπεύθυνοι της συντήρησης θα είναι σε θέση να αποφασίσουν εάν η αναβάθμιση του εξοπλισμού θα πρέπει να πραγματοποιηθεί από τον κατασκευαστή του ή από τρίτο φορέα, ακόμα και από την ίδια την επιχείρηση. Στοιχεία όπως, οι καθυστερήσεις άλλων αναβαθμισμένων μηχανημάτων, η σύγχρονη οικονομική κατάσταση του κατασκευαστή, η βελτίωση ή επιδείνωση της ποιότητας των μηχανημάτων του, παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόφαση αυτή.

Επίσης, καθοριστικό ρόλο στην απόφαση για επιβελτιωτική συντήρηση του εξοπλισμού παίζει η σχέση της ηλικίας του εκάστοτε μηχανήματος που θέλουμε να αναβαθμίσουμε με την ενδεχόμενη βλάβη του. Όπως είδαμε και στο σχήμα 3 της παρούσας εργασίας, η πολυπλοκότητα των σύγχρονων μηχανημάτων οδήγησε τους ανθρώπους της συντήρησης να αναθεωρήσουν τις απόψεις τους σχετικά με την ανάλογη σχέση που πίστευαν ότι υπάρχει μεταξύ της ηλικίας του μηχανήματος και της πιθανότητας που έχει αυτό το μηχάνημα να υποστεί βλάβη. Οι έξι αυτές διαφορετικές περιπτώσεις βλάβης του εξοπλισμού σε σχέση με την ηλικία του παριστάνονται γραφικά στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 13: Περιπτώσεις βλάβης σε σχέση με την ηλικία του εξοπλισμού.

Όπως βλέπουμε και από το σχήμα υπάρχουν οι εξής περιπτώσεις:

1. Στο **A** διάγραμμα, γνωστό και ως « bathtub curve», η αρχή λειτουργίας του μηχανήματος κρύβει μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης βλάβης, γνωστή και ως «παιδική θνησιμότητα». Μετά φυσικά από τη παρέλευση κάποιου χρόνου λειτουργίας η πιθανότητα για βλάβη του εξοπλισμού μειώνεται σημαντικά και παραμένει σε σταθερά επίπεδα, μέχρι τη χρονική περίοδο γύρασης όπου και αυξάνεται.
2. Στο **B** διάγραμμα απεικονίζεται η παραδοσιακή σχέση της ηλικίας του εξοπλισμού με την ενδεχόμενη βλάβη. Σε αυτή την περίπτωση, από την αρχή που τίθεται το μηχάνημα σε λειτουργία η πιθανότητα για βλάβη είναι μικρή και σταθερή, μέχρι ότου αυτό φτάσει στην περίοδο γύρασης, οπότε αρχίζει και αυξάνεται σταδιακά.
3. Στο **C** διάγραμμα απεικονίζεται η περίπτωση του εξοπλισμού όπου η τυχαία βλάβη του δεν εξαρτάται από την ηλικία του.

4. Με τη **D** καμπύλη απεικονίζεται η περίπτωση του εξοπλισμού που ενώ στην αρχή της λειτουργίας του υπάρχει μηδαμινή πιθανότητα για βλάβη, κατόπιν αυτή η πιθανότητα αυξάνεται και καταλήγει σε ένα σταθερό επίπεδο μέχρι το τέλος του κύκλου λειτουργίας του.
5. Στο **E** διάγραμμα παριστάνεται γραφικά η περίπτωση του εξοπλισμού εκείνου που η πιθανότητα βλάβης του παραμένει σταθερή καθόλη τη διάρκεια ζωής του.
6. Τέλος, με την **F** καμπύλη απεικονίζεται ο εξοπλισμός εκείνος ενώ παρουσιάζει μεγάλη πιθανότητα παιδικής θνησιμότητας κατόπιν αυτή η πιθανότητα για βλάβη μειώνεται σε σταθερά επίπεδα μέχρι τη περίοδο γύρασης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου εξοπλισμού είναι τα ηλεκτρονικά μηχανήματα.

Μελέτες σχετικά με την εμφάνιση βλάβης σε εξαρτήματα αεροσκαφών έδειξαν πως το **4%** αυτών αντιστοιχούν στην καμπύλη A, μόλις **2%** στην καμπύλη B, **5%** στην καμπύλη C, **7%** στο διάγραμμα D, **14%** στην καμπύλη E και περισσότερο από το **68%** των υλικών στην καμπύλη F.

Στα ίδια συμπεράσματα καταλήγουν και μελέτες σχετικά με τον εξοπλισμό συντήρησης ενός εργοστασίου, καθώς η πλειοψηφία αυτού του εξοπλισμού αντιστοιχεί στις καμπύλες E και F και επομένως τίθεται κάθε φορά το μεγάλο ερώτημα στους υπεύθυνους της συντήρησης εάν είναι τελικά αναγκαία η εφαρμογή της επιβελτιωτικής συντήρησης. Η απάντηση είναι ότι δεν απαιτείται επιβελτιωτική συντήρηση σε μη κύριο εξοπλισμό του εργοστασίου. Η φιλοσοφία της συγκεντρωτικής συντήρησης βασισμένη στην αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance – RCM) διαιρεί τις επιβελτιωτικές εργασίες στον κύριο εξοπλισμό σε:

- Προγραμματισμένες διεργασίες αναβάθμισης. (προληπτική συντήρηση)
- Προγραμματισμένες διεργασίες αποσυναρμολόγησης. (προληπτική συντήρηση).
- Προγραμματισμένες διεργασίες επισκευής σε πραγματικό χρόνο λειτουργίας. (προβλεπτική συντήρηση με τη βοήθεια μηχανημάτων παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού σε πραγματικό χρόνο).

4. Η ΑΝΑΘΕΣΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΕ ΤΡΙΤΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ

Μέχρι πριν από μερικά χρόνια η πιθανότητα να ανατεθούν δραστηριότητες συντήρησης σε τρίτους φορείς (maintenance outsourcing), ακουγόταν ως κάτι το εξωπραγματικό. Οι διοικούντες ενός εργοστασίου εφάρμοζαν την παραδοσιακή αντίληψη που ήθελε τη συντήρηση του εξοπλισμού ως αποκλειστική δραστηριότητα της αντίστοιχης Διεύθυνσης του εργοστασίου. Σήμερα η αντίληψη αυτή έχει αλλάξει. Η επανάσταση στην τεχνολογία και στα υπολογιστικά συστήματα παρακολούθησης των μηχανών, το υπέρογκο αρχικό ποσό απόκτησης του διαγνωστικού αυτού εξοπλισμού, σε συνδιασμό με το σημαντικό ποσό που πρέπει να δαπανηθεί στην εξειδικευμένη εκπαίδευση του προσωπικού που θα το χειρίζεται, οδήγησαν τις βιομηχανίες να εξετάσουν το ενδεχόμενο της ανάθεσης ορισμένων διεργασιών συντήρησης σε τρίτο φορέα, προκειμένου να σημειώσουν αποταμιεύσεις στο λειτουργικό και παραγωγικό τους κόστος. Η απόφαση αυτή βέβαια εξαρτάται κάθε φορά από το είδος της επιχείρησης, την ανταγωνιστικότητα που αντιμετωπίζει, καθώς και από τον τρόπο της βιομηχανικής διοίκησης που ασκεί (η πολιτική έναντι στη διαχείριση του κεφαλαιουχικού της εξοπλισμού, των προμηθευτών της κ.λ.π).

Στον τομέα της βιομηχανίας μπορούμε να διακρίνουμε πέντε(5) διαφορετικά επίπεδα συνεργασίας μεταξύ της Διοίκησης του εργοστασίου και των τρίτων φορέων συντήρησης. Αυτά είναι:

- **1^ο Επίπεδο:** Ανάθεση διαφόρων υπηρεσιών και μελετών.

Η Διοίκηση του εργοστασίου αναθέτει σε εξωτερική εταιρεία συμβούλων την καταγραφή των δραστηριοτήτων συντήρησης και την υποβολή προτάσεων βελτίωσης της αποτελεσματικότητας των διεργασιών συντήρησης. Επίσης, μπορεί να αναθέσει σε εξωτερική εταιρεία συντήρησης (συνήθως στον κατασκευαστή), την επισκευή ή και αναβάθμιση συγκεκριμένου εξοπλισμού.

Συνήθως οι αναθέσεις του 1^{ου} επιπέδου γίνονται μέσα από συμβάσεις στις οποίες η απόφαση των επισκευαστικών και επιβελτιωτικών διεργασιών λαμβάνεται αποκλειστικά και μόνο από τον πελάτη. Σε αυτές τις συμβάσεις το πνεύμα εμπιστοσύνης μεταξύ της συμβαλλόμενης εταιρείας και του εργοστασίου είναι επιφανειακό, με την εταιρεία συντήρησης να είναι υποχρωμένη να αναφέρει στη σύμβαση το εργατικό κόστος, το χρόνο παράδοσης του επισκευασθέντος εξοπλισμού κ.λ.π.

- **2^ο Επίπεδο:** Ανάθεση ολοκληρωμένου έργου συντήρησης.

Η Διοίκηση του εργοστασίου σε συμφωνία με τη Διεύθυνση των «facilities», προχωρά στην ανάθεση, σε εξωτερική εταιρεία, συγκεκριμένου έργου συντήρησης. Αυτό γίνεται συνήθως εξαιτίας μίας έκτακτης επισκευαστικής απαιτήσης που το προσωπικό της συντήρησης δεν είναι σε θέση να την υλοποιήσει εξαιτίας του υπερβολικού φόρτου εργασίας. Και σε αυτές τις συμβάσεις η απόφαση της ανάθεσης εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τον πελάτη. Παρ' όλα αυτά υπάρχει μία τάση να παρέχονται στην συμβαλλόμενη εταιρεία συντήρησης διάφορες εξουσιοδοτήσεις σχετικές με την επισκευαστική εργασία προκειμένου το όλο έργο να υλοποιηθεί το συντομότερο. Πρέπει να τονίσουμε πως οι συμβάσεις αυτές, εκτός του ότι καλύπτουν και τις δραστηριότητες του 1^{ου} επιπέδου, δεν δίνουν καμία πρωτοβουλία στην εταιρεία συντήρησης να παίρνει αποφάσεις σχετικές με τις επισκευαστικές διεργασίες του έργου. Ο τρίτος φορέας συντήρησης θα πρέπει να ακολουθήσει κατά γράμμα τους όρους που έχει επιβάλλει ο πελάτης στη σύμβαση και είναι ο αποκλειστικός υπεύθυνος για την ασφάλεια των εργασιών, την επίτευξη των τεχνικών προδιαγραφών, τη τήρηση του χρονοδιαγράμματος υλοποίησης, για τα δηλοθέντα στη σύμβαση κόστη και τέλος για την αποτελεσματική χρησιμοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού.

- **3^ο Επίπεδο:** Ανάθεση της συντήρησης του εργοστασίου.

Στην περίπτωση αυτή η εξωτερική εταιρεία αναλαμβάνει τη συντήρηση του εργοστασίου σύμφωνα με τις οδηγίες της Διοίκησης. Στις συμβάσεις αυτού του επιπέδου η συμβαλλόμενη εταιρεία συντήρησης έχει το δικαίωμα να παίρνει σημαντικές αποφάσεις σχετικές για τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό των διαφόρων επισκευαστικών διεργασιών, καθώς και για τη διαχείριση του προϋπολογισμού συντήρησης του εργοστασίου. Στις περισσότερες περιπτώσεις η βιομηχανική Μονάδα διατηρεί ένα πυρήνα τεχνικών για την εκτέλεση τυπικών διαδικασιών προληπτικής και προβλεπτικής συντήρησης. Οι διεργασίες των ανωτέρω επιπέδων περιλαμβάνονται και σε αυτό το επίπεδο ανάθεσης. Επιπρόσθετα ανατίθενται στον τρίτο φορέα συντήρησης και διεργασίες όπως ο έλεγχος των επισκευών, οι προμήθειες των υλικών κ.λ.π.

- **4^ο Επίπεδο:** Ανάθεση της ολοκληρωτικής συντήρησης του εργοστασίου.

Σε αυτό το επίπεδο η Σύμβαση παρέχει στην συμβαλλόμενη εταιρεία συντήρησης το δικαίωμα της ολοκληρωτικής διαχείρισης και εκτέλεσης υπηρεσιών συντήρησης, πάντα σε συμφωνία με τους αντικειμενικούς στόχους που έχει θέσει η Διοίκηση του εργοστασίου. Ο συμβαλλόμενος φορέας είναι υπεύθυνος για:

- ⇒ Την ανάπτυξη στρατηγικών σχεδίων συντήρησης του βιομηχανικού εξοπλισμού.
- ⇒ Τον σχεδιασμό, προγραμματισμό και υλοποίηση των απαιτούμενων επισκευαστικών διεργασιών.

Στην ουσία η εξωτερική εταιρεία συντήρησης παίρνει τη θέση της αντίστοιχης Διεύθυνσης του εργοστασίου με ότι συνεπάγεται αυτό σε υποχρεώσεις και δικαιώματα.

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Η συμβαλλόμενη εταιρεία αναπτύσσει διάφορα επιχειρηματικά σχέδια (business plans) και καταρτίζει τον σχετικό προϋπολογισμό συντήρησης, σύμφωνα πάντα με τους αντικειμενικούς στόχους της επιχείρησης.

Σε αυτού του είδους τις Συμβάσεις, η συμβαλλόμενη εταιρεία συντήρησης έχει το δικαίωμα ανάθεσης συγκεκριμένων έργων και σε άλλες τέταρτες εταιρείες (sub-contractors), προκειμένου να φέρει σε πέρας το έργο της. Οι επιχειρήσεις που επιθυμούν την υπογραφή τέτοιων συμβάσεων αποσκοπούν:

- ⇒ Σε μία αξιοσημείωτη αλλαγή κουλτούρας και πρακτικών διαχείρισης της συντήρησης του εξοπλισμού.
- ⇒ Σε μία επιμόρφωση των στελεχών τους σε νέους εξοπλισμούς και τεχνολογίες συντήρησης, διαμέσου της συνεργασίας τους με εταιρείες που ως κύρια δραστηριότητα έχουν τη συντήρηση.
- ⇒ Στην άμεση υλοποίηση των στόχων της επιχείρησης.
- ⇒ Στην επικέντρωση των προσπαθειών τους στη κύρια δραστηριότητα τους που τις περισσότερες φορές είναι η παραγωγή προϊόντων.

Τα επιπρόσθετα προτερήματα των Συμβάσεων ανάθεσης συντήρησης 4^{ου} επιπέδου που μπορούμε να διακρίνουμε είναι:

- ⇒ Η δυνατότητα που παρέχεται στη συντήρηση να αποτελεί μία διαδικασία προστιθέμενης αξίας για το εργοστάσιο και όχι απλά μία αναγκαστική διαδικασία που επιφέρει μόνο κόστος.
- ⇒ Οι δημιουργία κατάλληλων οργανωτικών προϋποθέσεων για την εγκατάσταση και την αποτελεσματική λειτουργία πληροφοριακών συστημάτων συντήρησης (Computerized Maintenance Management Systems – CMMS).

- **5^ο Επίπεδο:** Ανάθεση διαχείρισης βοηθητικών διαδικασιών.

Οι Συμβάσεις αυτού του επιπέδου περιλαμβάνουν την ανάθεση της διαχείρισης, εκτός των διεργασιών συντήρησης και δευτερευόντων λειτουργιών του εργοστασίου σε τρίτους φορείς, όπως είναι η διαχείριση της ενέργειας, των διαδικασιών logistics κ.λ.π. Η συμβαλλόμενη εταιρεία είναι αποκλειστικά υπεύθυνη για τη διαχείριση των βοηθητικών δραστηριοτήτων του εργοστασίου μέσα από τον καθορισμό των απαραίτητων κριτηρίων λειτουργίας και την παροχή ολοκληρωμένων υπηρεσιών συντήρησης. Οι αποφάσεις για τη διαχείριση αυτή βασίζονται πάντα στις απαιτήσεις της παραγωγής και στους στρατηγικούς στόχους της επιχείρησης.

Οι δείκτες που χρησιμοποιεί η επιχείρηση σε αυτή την περίπτωση για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του συμβαλλόμενου μέρους, έχουν να κάνουν με την ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών, την κατάσταση του εξοπλισμού, την ασφάλεια των εργαζομένων, τους χρόνους παράδοσης των ανατιθεμένων έργων, πάντα σε σχέση με τον προγραμματισμό της παραγωγής.

Ο κύριος λόγος για τον οποίο η Διοίκηση αποφασίζει την ανάθεση των δευτερευόντων δραστηριοτήτων του εργοστασίου σε τρίτο φορέα είναι η ολοένα και αυξανόμενη πίεση που δέχεται από τους πελάτες για άμεση παράδοση των παραγόμενων προϊόντων. Αυτό οδηγεί την επιχείρηση σε συχνές αναθεωρήσεις των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας, αναγκάζοντας την να επικεντρώνεται περισσότερο στις κύριες δραστηριότητες του εργοστασίου που σχετίζονται με την παραγωγή.

Τα προτερήματα που μπορούμε να διακρίνουμε για όλα τα επίπεδα ανάθεσης της συντήρησης σε τρίτους φορείς είναι τα παρακάτω:

- ◆ Η αντιμετώπιση και υλοποίηση εξειδικευμένων έργων συντήρησης πέρα των δυνατοτήτων του Τμήματος συντήρησης του εργοστασίου.

- ◆ Η άμεση παροχή εξειδικευμένου ή και απλού εργατικού δυναμικού, προκειμένου να επιλυθεί το πρόβλημα της πρόσληψης από το ίδιο το εργοστάσιο σε περιπτώσεις έκτακτων βλαβών.
- ◆ Η μείωση των απαιτήσεων για επίβλεψη, καθώς οι τρίτες εταιρείες συντήρησης παρέχουν τους δικούς τους επιβλέποντες για την υλοποίηση των επισκευαστικών διεργασιών, απαλλάσσοντας τους αντίστοιχους υπαλλήλους του εργοστασίου απ' αυτό το επιπλέον καθήκον.
- ◆ Η δυνατότητα που παρέχεται στην επιχείρηση να παρατηρήσει και να αξιολογήσει τους ξένους εργάτες, προκειμένου εάν το επιθυμεί, να προσλάβει αυτούς που θεωρεί πιο ικανούς. Στη περίπτωση δε που κάποιος τεχνικός δημιουργεί προβλήματα, η επιχείρηση μπορεί να δώσει εντολή στο συμβαλλόμενο μέρος για άμεση απομάκρυνσή του χωρίς η ίδια να ανακατευθεί.
- ◆ Η ελαχιστοποίηση του διοικητικού κόστους για τη Διοίκηση του εργοστασίου, καθώς τα κόστη που προέρχονται από αποζημιώσεις σε περιπτώσεις απολύσεων ή από την υγειονομική ασφάλιση των εργατών βαρύνουν αποκλειστικά την συμβαλλόμενη εταιρεία συντήρησης.

Τα δε αρνητικά σημεία της συντήρησης από τρίτους φορείς είναι τα εξής:

- ◆ Δεν μπορεί να υπάρξει έλεγχος, από πλευράς της επιχείρησης, για την ποιότητα των εργατών που χρησιμοποιεί η συμβαλλόμενη εταιρεία συντήρησης. Παρ' όλα αυτά το πρόβλημα όπως είδαμε, μπορεί να λυθεί με το δικαίωμα που έχει η Διοίκηση του εργοστασίου να ζητήσει την απομάκρυνση των τεχνικών εκείνων που θεωρεί ακατάλληλους.
- ◆ Η πιθανότητα να δυσαρεστηθούν οι υπάλληλοι του εργοστασίου, καθώς βλέπουν τη συμβαλλόμενη εταιρεία να παίρνει μέρος της εργασίας τους. Αυτό πολλές φορές το μεταφράζουν σαν θέληση του εργοστασίου να μειώσει τις μόνιμες θέσεις εργασίας ή άλλες φορές ως εμπόδιο στο να προωθηθούν οι ίδιοι σε καλύτερες θέσεις εργασίας. Ο μοναδικός τρόπος

αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος, που επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την αποδοτικότητα του μόνιμου προσωπικού, είναι η συνεχής επαφή της Διοίκησης του εργοστασίου με το προσωπικό, προκειμένου να συνειδητοποιήσει το τελευταίο από την μία πλευρά την αναγκαιότητα της εκάστοτε ανάθεσης συντήρησης σε άλλη εταιρεία και από την άλλη τα προτερήματα που αναφέραμε παραπάνω και που τα οποία έχουν θετικά αποτελέσματα και στο ίδιο.

- ◆ Η αβεβαιότητα της ασφάλειας και ποιότητας των υπηρεσιών που προσφέρει η συμβαλλόμενη εταιρεία και η οποία μπορεί να εξασφαλισθεί μόνο με ειδική μνεία στους όρους της Σύμβασης.

5. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ «LOGISTICS» ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Σύμφωνα με έρευνες που έγιναν σε βιομηχανίες των ΗΠΑ, οι μισές απ' αυτές δήλωσαν ότι το κόστος των αποθεμάτων των ανταλλακτικών που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση του βιομηχανικού εξοπλισμού, αποτελούν το **40%** του συνολικού ετήσιου κόστους συντήρησης. Επίσης, οι περισσότερες βιομηχανίες θεωρούν πολύ σημαντική την ανάλυση των δραστηριοτήτων logistics, καθώς μέσα απ' αυτή μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τις αποταμιεύσεις που μπορούν να επιτευχθούν στα αποθέματα και στο συνολικό κόστος συντήρησης, από την εφαρμογή των ανωτέρω μεθόδων που αναλύσαμε παραπάνω. Ως παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε τη συχνότητα αναπαραγωγής των εξαρτημάτων από την οποία μπορούν να βγουν ωφέλιμα συμπεράσματα σχετικά με τις συνθήκες λειτουργίας του εξοπλισμού και την αντοχή των μηχανημάτων στις διάφορες απαιτήσεις της παραγωγής. Βλέπουμε δηλαδή ότι τα στοιχεία που παρέχονται από την ανάλυση των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας, αποτελούν αξιόπιστες αποδείξεις σχετικά με το πόσο αποτελεσματικές είναι οι διεργασίες συντήρησης του εξοπλισμού.

Επίσης, εκτελώντας σε αυτά τα αποθεματικά ανταλλακτικά μία ταξινόμηση κατά “Α – Β – C” παρατηρούμε πως:

1. Στην κατηγορία “Α” ανήκει μόνο το **10%** των υλικών που είναι υπεύθυνα για το **47%** του συνολικού κόστους των αποθεμάτων.
2. Στην κατηγορία “Β” ανήκει το **62%** των ανταλλακτικών που είναι αποθηκευμένα και των οποίων το κόστος απόκτησης αντιστοιχεί στο **49%** του συνολικού αποθεματικού κόστους.
3. Τέλος στην τελευταία κατηγορία “C” ανήκει το υπόλοιπο **28%** των αποθεματικών ανταλλακτικών που αντιστοιχούν στο υπόλοιπο **4%** του συνολικού κόστους.

Σύμφωνα με την παραπάνω ταξινόμηση, οι υπεύθυνοι της συντήρησης μπορούν να βγάλουν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με το πόσα και ποία μηχανήματα επηρεάζουν περισσότερο το συνολικό κόστος συντήρησης του εργοστασίου και την παραγωγική διαδικασία. Με αυτά τα κριτήρια η Διεύθυνση των «Facilities» μπορεί να προχωρήσει σε μία ταξινόμηση του εξοπλισμού σχετικά με τις μεθόδους συντήρησης που τη συμφέρει να εφαρμόσει. Για παράδειγμα, σε μηχανήματα που απαρτίζονται από μεγάλο αριθμό ανταλλακτικών “Α” κατηγορίας και των οποίων η λειτουργία είναι κρίσιμη για την παραγωγή θα πρέπει να εφαρμόζονται μέθοδοι προβλεπτικής συντήρησης. Για μηχανήματα που η διακοπή λειτουργία τους δεν επηρεάζει σημαντικά την παραγωγική διαδικασία αλλά τα περισσότερα ανταλλακτικά τους ανήκουν στις κατηγορίες “Α” και “Β” κρίνεται φρόνιμο η εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης. Στον υπόλοιπο εξοπλισμό που και τα ανταλλακτικά έχουν μηδαμινή αξία αλλά και δεν επηρεάζουν την παραγωγή συνίσταται η διορθωτική συντήρηση. Είναι σημαντικό να τονίσουμε σε αυτό το σημείο πως η παραπάνω ιεράρχηση των μηχανημάτων είναι αναγκαία προκειμένου να αποφευχθούν άσκοπες δαπάνες για την αγορά ακριβού διαγνωστικού εξοπλισμού που ανεβάζει το ετήσιο κόστος συντήρησης του εργοστασίου στα ύψη χωρίς τελικά να χρειάζεται.

Τη σημασία των logistics όμως μπορούμε να τη δούμε και μέσα από τη σχέση που υπάρχει μεταξύ των δραστηριοτήτων της συντήρησης και της διαχείρισης των διαφόρων υλικών. Παρατηρούμε πως αυτή η σχέση επικεντρώνεται στα εξής δύο(2) σημεία:

- Στη διατήρηση των ενδιάμεσων αποθεμάτων (Decoupling Inventory Policy).
- Στη διαχείριση των απαιτούμενων ανταλλακτικών (Spare Parts Inventory Policy).

Είναι γεγονός πως το ενδιάμεσο απόθεμα συντελεί σημαντικά στη μείωση του χρόνου εκτός λειτουργίας ενός μηχανήματος και επομένως στην ανακούφιση της λειτουργίας του υπόλοιπου εξοπλισμού που βρίσκεται στο φασεολόγιο μετά απ' αυτό. Η πολιτική των ενδιάμεσων αποθεμάτων αποβλέπει στην εξισορρόπηση της δαπάνης αποθήκευσης με τις πιθανές δαπάνες που προκαλούνται από την ακινητοποίηση ανθρώπων και μηχανών. Η ευθύνη για τα ενδιάμεσα αποθέματα είναι πολύ μεγάλη, γιατί αποτελούν όπως λέγεται ένα «ύπουλο» και «κρυφό» απόθεμα.

Από την άλλη πλευρά, η πολιτική διαχείρισης των ανταλλακτικών αποβλέπει στην εξισορρόπηση της δαπάνης αποθήκευσης με τις δαπάνες αναπαραγγελίας και τις δαπάνες ακινητοποίησης μηχανών λόγω έλλειψης υλικού.

Τα εργαλεία που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε προκειμένου να χαράξουμε μία σωστή αποθεματική πολιτική σχετίζονται με τη χρήση πληροφοριακών συστημάτων που έχουν ως στόχο τη καταγραφή, συλλογή και δημιουργία ιστορικού διαφόρων δραστηριοτήτων logistics και συντήρησης (Warehousing Management Systems - WMS, Computerised Maintenance Management Systems - CMMS).

Για παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε το σύστημα μέτρησης και ελέγχου χρόνου εκτός λειτουργίας παραγωγικού εξοπλισμού και εγκαταστάσεων ενός εργοστασίου το οποίο αναλύεται ως εξής:

- ⇒ Επιλογή του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων για εφαρμογή του συστήματος μέτρησης.

- ⇒ Συστηματική συλλογή τουλάχιστον σε εβδομαδιαία βάση πρωτογενών στοιχείων για:
 - Ώρες προγραμματισμένης λειτουργίας εξοπλισμού.
 - Ώρες εκτός ενεργείας εξοπλισμού λόγω αναμονής επισκευής από τη Συντήρηση και λόγω αναμονής ανταλλακτικών από Εφοδιασμό / Οικονομικό.
- ⇒ Επεξεργασία στοιχείων παραγωγής.
- ⇒ Περιοδική καταγραφή και παρουσίαση αποτελεσμάτων.
- ⇒ Εξαγωγή δεικτών ανά μηχανή και στο σύνολο.
- ⇒ Σύγκριση των δεικτών με τους καθορισμένους στόχους.
- ⇒ Εξαγωγή συμπερασμάτων.
- ⇒ Διορθωτικές ενέργειες.

Το μεγάλο στοίχημα τόσο για τους logisticians όσο και για τους υπεύθυνους της συντήρησης ενός εργοστασίου, είναι η εύρεση τρόπου μείωσης των αποθεμάτων χωρίς αυτό να επηρεάσει αρνητικά τις δραστηριότητες της συντήρησης και της παραγωγής. Κάτω από το πρίσμα της φιλοσοφίας « Just In Time – JIT », η όσο δυνατή μείωση των αποθεματικών ανταλλακτικών αποτελεί μονόδρομο για τη Διοίκηση του εργοστασίου. Καθοριστικός παράγοντας για να κερδιθεί το παραπάνω στοίχημα αποτελεί ο σωστός επανακαθορισμός τόσο του « χρονικού σημείου αναπαραγγελίας », όσο και της « ποσότητας αναπαραγγελίας ».

Το χρονικό σημείο αναπαραγγελίας ενός ανταλλακτικού εξαρτάται από το χρόνο ζωής του (life cycle) και από τη κατά μέσο όρο χρήση του. Από την άλλη πλευρά η απόφαση για τον καθορισμό των ποσοτήτων αναπαραγγελίας των εξαρτημάτων βασίζεται σε καθαρά οικονομικά κριτήρια που σχετίζονται με το κόστος αποθέματος του εξαρτήματος και το κόστος παραγγελίας του. Αξιοσημείωτο αποτελεί το γεγονός ότι το διοικητικό κόστος κάθε παραγγελίας ποικίλλει από **30€** έως και **150€** ανάλογα με τις διαδικασίες που ακολουθούνται από εταιρεία σε εταιρεία. Για να μειωθεί επομένως αυτό το «κρυφό» κόστος, θα πρέπει να υπάρχει

ομαδοποίηση των παραγγελιών, πράγμα που επιτυγχάνεται μόνο μέσα από την αρμονική συνεργασία της Διεύθυνσης των « Facilities » και του Τμήματος Προμηθειών του εργοστασίου. Ένα άλλο σημείο που θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα, είναι η περίπτωση αντικατάστασης παλαιού εξοπλισμού με καινούργιο. Αυτό θα πρέπει να γίνεται μέσα από τον ετήσιο προγραμματισμό συντήρησης και κατόπιν συννενοήσεως με τους υπεύθυνους logistics του εργοστασίου, προκειμένου να αποφευχθούν ανεπιθύμητες παρενέργειες στη λειτουργία της κεντρικής αποθήκης του εργοστασίου, όπως η κατάληψη σημαντικού αποθηκευτικού χώρου από παροπλισμένα ανταλλακτικά. Ας μη ξεχνάμε πως ακόμη και η απομάκρυνση των εξαρτημάτων του παλαιού εξοπλισμού από την αποθήκη, επιβαρύνει με πρόσθετα κόστη τη λειτουργία της, καθώς τις περισσότερες περιπτώσεις απαιτείται η χρησιμοποίηση αποθηκευτικού εξοπλισμού (π.χ κλαρκ), επιπλέον απασχόληση του υπαλληλικού προσωπικού της αποθήκης κ.λ.π.

Σε όλα αυτά τα προβλήματα σημαντικές λύσεις δίνουν οι τεχνικές μετρήσεως της αξιοπιστίας του εξοπλισμού, που συνήθως σχετίζονται με τη μελέτη και καταγραφή των βλαβών του καθόλη τη διάρκεια της ζωής του. Με τη βοήθεια των CMMS η υπεύθυνοι συντήρησης είναι σε θέση να αναπτύξουν ένα πρόγραμμα συντήρησης που να απορρέει από τη λειτουργική διάρκεια ζωής του εξοπλισμού, καθώς και από τις επισκευαστικές επεμβάσεις που έχουν γίνει σε αυτόν.

Ένα άλλο σημείο το οποίο προβληματίζει τόσο τους υπεύθυνους των logistics όσο και αυτούς της συντήρησης, είναι οι μέθοδοι που πρέπει να εφαρμοσθούν προκειμένου να επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση του χρόνου υλοποίησης της παραγγελίας των ανταλλακτικών του βιομηχανικού εξοπλισμού. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν οι παρακάτω επιμέρους χρόνοι:

1. Ο χρόνος που απαιτείται για να γίνει αντιληπτό πως ένα εξάρτημα είναι κάτω από το σημείο αναπαραγγελίας.

Συνήθως το πρόβλημα αυτό λύνεται από μέρους των υπευθύνων των logistics, με τη χρησιμοποίηση ενός αυτοματοποιημένου αποθηκευτικού συστήματος (Warehousing Management System – WMS). Εάν δεν υπάρχει τέτοιο σύστημα, πράγμα πολύ

σπάνιο στις μέρες μας, ο υπεύθυνος της κεντρικής αποθήκης του εργοστασίου μπορεί να κάνει και μία εβδομάδα για να συνηθητοποιήσει το πρόβλημα. Ακόμα πάντως και με τη χρήση των WMS, παρατηρείται μία χρονική καθυστέρηση στις περιπτώσεις που τα ανταλλακτικά πέφτουν κάτω από το σημείο αναπαραγγελίας κατά τις απογευματινές βάρδιες ή κατά τη διάρκεια των αργιών. Αυτό συμβαίνει διότι η επαναπαραγγελία του ανταλλακτικού υποχρεωτικά θα γίνει την επόμενη εργάσιμη ημέρα με αποτέλεσμα να έχουμε μία καθυστέρηση από **12** έως και **48** ώρες. Σε μερικές περιπτώσεις καθυστέρηση μπορούμε να παρατηρήσουμε ακόμα και κατά τις εργάσιμες ημέρες, είτε εξαιτίας της αξιοπιστίας του πληροφοριακού συστήματος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται από την εταιρεία, είτε λόγω καθυστέρησης στην εισαγωγή των μεταβολών των αποθηκευμένων υλικών στο σύστημα. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο προϊστάμενος της κεντρικής αποθήκης θα πρέπει σε καθημερινή βάση να τυπώνει μία λίστα με τα υλικά που βρίσκονται κοντά στο σημείο αναπαραγγελίας, προκειμένου να παρακολουθεί αποτελεσματικά την μεταβολή των αποθεμάτων.

2. Ο χρόνος σύνταξης και έγκρισης της αίτησης παραγγελίας.

Ο χρόνος αυτός εξαρτάται αποκλειστικά από τις οργανωτικές δομές της εκάστοτε επιχείρησης, καθώς και από τον τρόπο με τον οποίο συντάσσονται από τους υπεύθυνους συντήρησης οι αιτήσεις για αγορά ανταλλακτικών. Η ομαδοποίηση των παραγγελιών αποτελεί μία καλή λύση που όμως κρύβει παγίδες. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες σε μία παραγγελία υπάρχουν ανόμοια ανταλλακτικά με διαφορετικές απαιτήσεις προμήθειας που δυσχαιρένουν το Τμήμα Προμηθειών στην ολοκληρωτική υλοποίηση της. Σαν αποτέλεσμα έχουμε από τα είκοσι ανταλλακτικά που μπορούν να αγοραστούν σε δύο μέρες, η παραγγελία να μην υλοποιείται για ένα εξάρτημα που η προμήθεια του απαιτεί την παρέλευση ακόμα και ενός μηνός από την ημέρα σύνταξης της αίτησης. Γι' αυτό το λόγο απαιτείται η οργάνωση και η διεξαγωγή σεμιναρίων στους τεχνικούς συντήρησης από υπαλλήλους του Τμήματος Προμηθειών, προκειμένου να υπάρξει κατανόηση των διαδικασιών και ανταλλαγή απόψεων επί του θέματος. Η καλύτερη λύση για την

ελαχιστοποίηση των γραφειοκρατικών διαδικασιών έγκρισης μίας αίτησης παραγγελίας είναι η αίτηση αυτή να γίνεται μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Με την ανάπτυξη δικτύου μέσα στο εργοστάσιο, μπορεί να επιτευχθεί μία αυτοματοποιημένη επικοινωνία μεταξύ των στελεχών του έτσι ώστε να κερδηθεί ακόμη περισσότερος χρόνος.

3. Ο χρόνος υποβολής της παραγγελίας στον προμηθευτή.

Συνήθως οι υπεύθυνοι των παραγγελιών ή ακόμα και ο προϊστάμενος της αποθήκης περιμένει να συλλέξει πρώτα αιτήσεις για παραγγελίες με μικρές ποσότητες των ίδιων ανταλλακτικών που προέρχονται από διαφορετικούς φορείς του εργοστασίου, προκειμένου να συντάξει μία συλλογική παραγγελία προς τον προμηθευτή. Η χρονική αυτή καθυστέρηση που λαμβάνει χώρα, μπορεί να είναι της τάξεως των δύο ή και τριών εβδομάδων με αποτέλεσμα να υπάρξει καθυστέρηση στην επισκευή μιας βλάβης και χάσιμο πολύτιμου χρόνου για την παραγωγή. Το πρόβλημα αυτό συνήθως λύνεται από τη Διοίκηση του εργοστασίου με την εξουσιοδότηση στον προϊστάμενο της αποθήκης για συλλογικές παραγγελίες υλικών που χρησιμοποιούνται συχνά στη συντήρηση πολλών μηχανημάτων, όπως είναι για παράδειγμα οι σύνδεσμοι αγωγών, τα φίλτρα κ.λ.π. Οι παραγγελίες αυτές συνήθως δίνονται είτε μέσω fax, είτε διαμέσου του Internet.

4. Ο χρόνος παράδοσης των ανταλλακτικών.

Όταν τα παραγγελθέντα υλικά φτάσουν στην επιχείρηση πρέπει να περάσουν από επιθεώρηση προκειμένου να παραληφθούν. Οι διαδικασίες παραλαβής διαφέρουν από εργοστάσιο σε εργοστάσιο και εξαρτώνται κάθε φορά όχι μόνο από τη φύση των υλικών αλλά και από την οργανωτική δομή του εργοστασίου, καθώς υπάρχει η περίπτωση η κεντρική αποθήκη να μην είναι υπεύθυνη για την παραλαβή και επιθεώρηση των παραγγελθέντων ανταλλακτικών. Συνήθως η σχετική επιθεώρηση και τοποθέτηση του ανταλλακτικού στην κεντρική αποθήκη του εργοστασίου διαρκεί μία – δύο μέρες.

Ιδανική λύση αποτελεί η ενσωμάτωση της διαδικασίας επιθεώρησης και παραλαβής των ανταλλακτικών στις διεργασίες της κεντρικής αποθήκης. Βέβαια υπάρχουν υλικά τα οποία για να πιστοποιηθεί η καταλληλότητά τους θα πρέπει να ελεγχθούν από εξειδικευμένους τεχνίτες της συντήρησης. Σε αυτή τη περίπτωση έχουμε αναγκαστική παράταση του εν λόγω χρόνου που όμως μπορεί να αποφευχθεί, εάν μέσα στους όρους της Σύμβασης δεσμεύσουμε τον προμηθευτή όπως κατά τη παράδοση, να είναι υποχρεωμένος να μας υποβάλλει και πιστοποιημένους ελέγχους καλής λειτουργίας του υπό προμήθεια εξοπλισμού. Βέβαια αυτό δε σημαίνει για την εκάστοτε επιχείρηση ότι δεν θα πρέπει να κάνει έναν προληπτικό δειγματοληπτικό έλεγχο προκειμένου να ελαχιστοποιήσει την πιθανότητα παραλαβής εσφαλμένων εξαρτημάτων.

5. Ο χρόνος για αποθήκευση και αποστολή των ανταλλακτικών στον αιτούντα φορέα.

Το πιο άσχημο πράγμα που μπορεί να συμβεί σε μία έκτακτη βλάβη είναι το συνεργείο επισκευής να μην βρίσκει στο ράφι της κεντρικής αποθήκης το απαραίτητο ανταλλακτικό, επειδή αυτό βρίσκεται ακόμα στο χώρο παραλαμβανομένων υλικών. Κανονικά η διαδικασία καταχώρησης – αποθηκείωσης και παραλαβής από το ενδιαφερόμενο συνεργείο δεν πρέπει να ξεπερνά τη μία ώρα. Εξαιρούνται τα ανταλλακτικά εκείνα για οποία απαιτούνται επιπρόσθετοι τεχνικοί έλεγχοι πριν τη χρησιμοποίησή τους. Σε μία πλήρη αυτοματοποιημένη αποθήκη με τη χρησιμοποίηση αυτοματοποιημένων ανυψωτικών μηχανών και αυτόματης καταχώρισης και αναγνώρισης των αποθηκευμένων εξαρτημάτων με τη τεχνολογία του γραμμωτού κώδικα, ο σχετικός αυτός χρόνος καθυστέρησης τείνει να μηδενισθεί.

6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Κάθε χρόνο οι αμερικάνικες βιομηχανίες ξοδεύουν περισσότερα από 300 δις δολάρια σε επισκευαστικές και παραγωγικές διεργασίες. Εκτιμάται ότι το 80% περίπου αυτού του ποσού αντιστοιχεί στο κόστος που δημιουργούν οι διαδικασίες συντήρησης. Με την εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων συντήρησης στο βιομηχανικό εξοπλισμό, όπως είναι οι διάφορες μέθοδοι προβλεπτικής συντήρησης, μπορεί να επιτευχθεί ελαχιστοποίηση των μακροχρόνιων βλαβών των μηχανημάτων με άμεση συνέπεια τη σημαντική μείωση του συνολικού κόστους συντήρησης κατά **40%** και **60%** περίπου. Αυτό σημαίνει μία ετήσια αποταμίευση στην περίπτωση της αμερικάνικης βιομηχανίας της τάξεως των 115 δις δολλαρίων, η οποία μπορεί να επιτευχθεί χωρίς την αναγκαστική οργανωτική αναδόμηση του εργοστασίου, χωρίς απολύσεις εργατικού δυναμικού και το κυριότερο χωρίς να χρειαστεί να παραμεληθεί η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Ο μεγαλύτερος εχθρός στην εφαρμογή και συλλογική αποδοχή των νέων μεθόδων συντήρησης που αναλύσαμε παραπάνω είναι, από την μία πλευρά, η εμμονή των εργαζομένων σε παλαιές πρακτικές συντήρησης και από την άλλη, η αντίληψη που λέει ότι είναι φυσιολογικό κάθε μηχανήμα να χαλάει, ότι κάθε άνθρωπος κάνει λάθη και ότι κάθε σύστημα μπορεί να παθαίνει αστοχία. Όπως είδαμε και στην περίπτωση της EAB, ο αρμόδιος τεχνικός για τις θερμογραφικές μετρήσεις θεωρεί ότι το πιο δύσκολο πράγμα, είναι να πείσεις έναν τεχνίτη να αλλάξει ξαφνικά τις διαδικασίες εργασίας του, διαδικασίες και συνήθειες που κάνει καθημερινά εδώ και είκοσι(20) χρόνια.

Το μεγάλο στοίχημα επομένως των υπευθύνων της συντήρησης σε κάθε βιομηχανική μονάδα είναι το πώς θα καταφέρουν να αναπτύξουν ένα σύστημα προβλεπτικής συντήρησης, προκειμένου να αντιμετωπίσουν τόσο τις μακροχρόνιες όσο και τις σποραδικές βλάβες του εξοπλισμού, σε συνεργασία με το εργαζόμενο τεχνικό προσωπικό.

Τα βήματα που πρέπει να γίνουν προκειμένου να επιτευχθεί ο ανωτέρω σκοπός θεωρούμε ότι είναι:

- Ο ακριβής προσδιορισμός του συνολικού κόστους του προγράμματος συντήρησης που εφαρμόζεται ήδη στο εργοστάσιο.

Θα πρέπει να υπολογισθούν επακριβώς το εργατικό κόστος του τεχνικού προσωπικού, το κόστος των διαφόρων επισκευαστικών διεργασιών, τα αποθεματικά κόστη και το συνολικό κόστος σε παραγγελίες ανταλλακτικών, που σχετίζονται άμεσα με το συνολικό κόστος των δραστηριοτήτων «logistics» του εργοστασίου, καθώς επίσης και τα κρυφά κόστη που συνοδεύουν την διακοπή λειτουργίας ενός μηχανήματος.

- Ο καθορισμός του συνολικού αριθμού ανθρωποωρών που απαιτούνται για την παρακολούθηση και χρήση του διαγνωστικού εξοπλισμού ενός συστήματος προβλεπτικής συντήρησης.

Υπολογίζοντας τα σημεία ελέγχου που θα πρέπει να παρακολουθούνται και καταμετρώντας τον βιομηχανικό εξοπλισμό για τον οποίο θα εφαρμοστεί η σύγχρονη αυτή μέθοδος συντήρησης, οι αρμόδιοι θα είναι ικανοί να υπολογίσουν με ακρίβεια το εργατικό δυναμικό που χρειάζονται.

- Η ταξινόμηση του εξοπλισμού ανάλογα με την αξία του και την σημασία που έχει για την εξασφάλιση της απρόσκοπτης παραγωγικής διαδικασίας.

Μέσα από αυτήν την ταξινόμηση μπορεί να γίνει και ένας επανέλεγχος της εκτίμησης που έχουμε κάνει για τον αριθμό του εργαζομένων που χρειαζόμαστε για την εγκατάσταση και λειτουργία του συστήματος προβλεπτικής συντήρησης, καθώς τα μηχανήματα που απαιτούν συνεχή παρακολούθηση αυξάνουν και τις απαιτήσεις σε τεχνικό προσωπικό. Τον εξοπλισμό στον οποίο θα πρέπει να εφαρμοστεί η προβλεπτική συντήρηση μπορούμε να τον ταξινομήσουμε ως εξής:

- Εξοπλισμός κλάσης “1”

Σε αυτή τη κατηγορία περιλαμβάνονται τα μηχανήματα εκείνα που παίζουν μεγάλο ρόλο στη παραγωγική διαδικασία του εργοστασίου και γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να βρίσκονται σε συνεχή παρακολούθηση.

Η διακοπή λειτουργίας σε αυτόν τον εξοπλισμό έχει άμεσες αρνητικές επιδράσεις στην ασφάλεια, την παραγωγικότητα και τη διαθεσιμότητα της επιχείρησης. Επίσης σε αυτή τη κατηγορία θα πρέπει να περιλαμβάνονται και τα μηχανήματα εκείνα που έχουν υψηλό κόστος επισκευής ή που τα εξαρτήματά τους χαρακτηρίζονται από μεγάλους χρόνους προμήθειας.

- Εξοπλισμός κλάσης “2”

Πρόκειται για εξοπλισμό που είναι υπεύθυνο για ένα κύριο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας, με υψηλό κόστος απόκτησης και με διάφορα χρόνια προβλήματα συντήρησης.

- Εξοπλισμός κλάσης “3”

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται ο εξοπλισμός που δεν τόσο σημαντικός για την παραγωγική διαδικασία αλλά απαιτείται η συνεχής παρακολούθησή του προκειμένου να εξασφαλισθεί η λειτουργικότητα των παραγωγικών διεργασιών.

- Εξοπλισμός κλάσης “4”

Είναι τα υπόλοιπα μηχανήματα που είτε λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες, είτε χαρακτηρίζονται από υπερβολικούς χρόνους λειτουργίας, με αποτέλεσμα να υποφέρουν από πρόωρες βλάβες σε σχέση με τον κύκλο ζωής τους (life cycle). Τα μηχανήματα αυτά έχουν συνήθως μικρή σημασία για τη παραγωγική διαδικασία.

▪ Ο προγραμματισμός συλλογής των διαγνωστικών μετρήσεων.

Θα πρέπει να καθορισθεί από τους υπεύθυνους της συντήρησης τα χρονικά σημεία μέσα στο έτος που θα συλλέγονται οι διάφορες μετρήσεις. Οι χρόνοι αυτοί εξαρτώνται από το είδος του βιομηχανικού εξοπλισμού, καθώς και από τις ανάγκες

της παραγωγής και των logistics του εργοστασίου. Μέσα από αυτόν τον προγραμματισμό θα μπορεί να διευκρινισθεί στη Διοίκηση του εργοστασίου και η πιθανή απαίτηση πρόσληψης εποχικού τεχνικού προσωπικού.

- Η όσο το δυνατό ακριβή καστολόγηση της ανάπτυξης και λειτουργίας ενός συστήματος προβλεπτικής συντήρησης.

Το τελευταίο βήμα θεωρείται και το πιο σημαντικό καθώς όλες οι αποφάσεις που παίρνονται από τη Διοίκηση του εργοστασίου είναι οικονομικές και έχουν ως μοναδικό στόχο την επίτευξη όλο και μεγαλύτερης αποταμίευσης. Με την υλοποίηση των ανωτέρω βημάτων είναι δυνατός ο ικανοποιητικός υπολογισμός του κόστους λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος. Επίσης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες πέρα από τους καθαρά τεχνικούς, όπως η εκπαίδευση του προσωπικού, ο απαιτούμενος χώρος που θα χρειαστεί για την εγκατάσταση του διαγνωστικού εξοπλισμού κ.λ.π.

Στον πίνακα που ακολουθεί προτείνουμε μία προσπάθεια κοστολόγησης των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την ανάπτυξη και λειτουργία ενός συστήματος προβλεπτικής συντήρησης από μία τρίτη εταιρεία συντήρησης . Μέσα από την ανάλυση των επιμέρους δαπανών μπορούμε να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα για τις αποταμιεύσεις που μπορούμε να πετύχουμε εφαρμόζοντας την προβλεπτική συντήρηση για οποιαδήποτε βλάβη του εξοπλισμού. Επίσης, μέσα από αυτή την ανάλυση κόστους, είναι δυνατό να υπολογίσουμε και τον χρόνο επιστροφής της αρχικής μας επένδυσης, συμπεριλαμβανομένου κάθε φορά και τις τυχόν μεταβολές της μίσθωσης των υπηρεσιών που μας προσφέρει ο τρίτος φορέας. Πιστεύουμε πως ο παρακάτω πίνακας δεν είναι χρήσιμος μόνο για την κοστολόγηση των διαφόρων δραστηριοτήτων συντήρησης, αλλά αποτελεί και ένα εργαλείο αξιολόγησης και ελέγχου προκειμένου να διαπιστωθεί εάν το εφαρμοσμένο σύστημα προβλεπτικής συντήρησης φέρνει τα επιθυμητά αποτελέσματα για τα οποία προτιμήθηκε.

TA LOGISTICS ΣΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

A.	<u>Άμεσο Επισκευαστικό Κόστος</u>	<u>Ποσό σε (€)</u>
	<p>1. Εργασία</p> <p>α. Εργασίες εντός ωραρίου για έκτακτες βλάβες (ώρες X κόστος σε € / ώρα)</p> <p>β. Υπερωρίες για έκτακτες βλάβες (ώρες X κόστος σε € / ώρα)</p> <p>γ. Επισκευές για προγραμματισμένη συντήρηση (ώρες X κόστος σε € / ώρα)</p> <p>δ. Υπερωρίες για προγραμματισμένη συντήρηση (ώρες X κόστος σε € / ώρα)</p> <p>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΡΓΑΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (1)</p> <p>2. Εξαρτήματα και υλικά</p> <p>α. Η αξία των καλών εξαρτημάτων που αναγκαστικά αντικαθίστανται.</p> <p>β. Το κόστος αποκτησης των ανταλλακτικών</p> <p>γ. Το κόστος αντικατάστασης ενός μηχανισμού</p> <p>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ – ΥΛΙΚΩΝ(2)</p> <p>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΜΕΣΟ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (1+2)</p>	
B.	<u>Έμμεσα Κόστη</u>	
	<p>1. Απώλεια παραγωγής (ώρες X κόστος σε € / ώρα)</p> <p>2. Υπηρεσίες επισκευής από τρίτους</p> <p>3. Υπερβολικά αποθέματα ανταλλακτικών</p> <p>4. Το κόστος για να διατηρούνται κάποια μηχανήματα «standby»</p> <p>5. Υπερβολικά κόστη ασφάλισης</p> <p>6. Αποθέματα εκτός προδιαγραφών ή χαλασμένα</p> <p>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ</p> <p>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΙΘΑΝΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΜΕΣΩΝ – ΕΜΕΣΩΝ ΚΟΣΤΩΝ</p>	
Γ.	<u>Κόστος ανάθεσης της συντήρησης σε τρίτο φορέα</u>	
	<p>1. Κόστος έρευνας για την ανάπτυξη συστήματος συντήρησης</p> <p>2. Κόστος αρχικής τοποθέτησης του εξοπλισμού και δοκιμή αυτού</p> <p>3. Κόστος συλλογής των διαγνωστικών μετρήσεων (Αριθμ. Επισκέψεων / έτος X κόστος σε € / επίσκεψη)</p> <p>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ</p>	
Δ.	<u>Συγκεντρωτικά κόστη</u>	
	<p>1. ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (ΑΜΕΣΟ + ΕΜΕΣΟ)</p> <p>2. ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΠΙΣΚΕΥΣΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΜΕ ΠΙΘΑΝΗ ΜΕΙΩΣΗ 35% (Γραμμή 1 x 0.35)</p> <p>3. ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΕΙΣ 50% ΤΟΥ ΣΥΝΟΛ. ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ (Γραμμή 2 x 0.5)</p> <p>4. ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ</p> <p>5. ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΣΕΙΣ (Γραμμή 3 – Γραμμή 4)</p> <p>6. ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (Γραμμή 4 / Γραμμή 3) σε χρόνια</p>	

Πίνακας 13: Ανάλυση κόστους ανάπτυξης συστήματος προβλεπτικής συντήρησης από τρίτο φορέα.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- John Schultz & Dave Friebel: “ The business Case For Reliability”, Reliability Magazine Volume 8, Issue 6, Dec. 2002.
- L. Douglas Berry: “Vibration Versus Bearing Life”, Reliability Magazine Vol.2, Issue 4, Nov. 2001.
- Lockheed Space Operations Company, Predictive Engineering Technology, Program Implementation Plan, 10/94.
- EG&G Florida, KSC Predictive Maintenance Plan, EGG-4061130, 20/11/92.
- P/PM Technology Publications (issues from 1986 or present).
- Maintenance Technology Publications (issues from 1993 to present).
- Charles J. Latino, President, Reliability Center Inc., Hopewell, VA: “Where are failures occurring and which represent the greatest potential for reducing costs?”, Nov.2001.
- Terry Wireman: “Reliability- Centered Maintenance – which approach is best for your company?”, Dec. 2000, Adans Business Media.
- Moubray J M (1997): “Reliability- centered Maintenance”, 2nd Edition, Industrial Press, New York, NY
- APMA, Australian Pump Technical Handbook(1987).
- Karassik, I J (Ed), Pump Handbook McGraw-Hill(1986).
- Haynes, C J and Fitzgerald, M A, Scheduling Power Plant Maintenance Using Performance Data ASME Paper 86-JPGC-Pwr-63(1986).
- John S. Mitchell: “Introduction to Machinery Analysis and Monitoring; Second Edition; PennWell Publishing Co.
- Hardwick, B.R.; Dunlop, T: Application of Vibration Monitoring to Cold Mill Processes Iron and Steel Engineer 75(1998).
- Nowlan F S and Heap H (1978): “Reliability- centered Maintenance”. National Technical Information Service, US Department of Commerce, Springfield, Virginia.

- Moore R, Oct.2000: “ Applying predictive analysis to electrical systems”
Adans Business Media.
- “Benefits of an Infrared Predictive Maintenance Program”, Infrasppection
Institute Inc. Copyright 1998-2000.
- Sean Finneson: “ Electrical Fault Location for Surface Mounted Feeders in
Metallic Conduit”, Jun. 2001.
- Charles A. Totten: “ How Maintenance Adds Real Value”, Reliability
Magazine Volume 4, Issue 8, Dec. 2001.
- Abbott, H. 1981. The impact of strict liability on reliability. Reliability
'81. Proceedings of the Third National Reliability Conference, p. 2 vol. 626, 4C/3/1-
4 vol.2
- Butler, B. 1989. Safety first-profits last? Quality and Reliability
Engineering International. Vol. 5. (April-June): 95-100.
- Rouben, B. 1990. Development of a methodology for estimating the socio-
economic impact of accidents. Proceedings. 11th Annual Conference. Canadian
Nuclear Society, p 413.
- Riedel, T., N. Tiemann, M.G. Wahl, and T. Ambler. 1998. Life cycle cost
analysis. IEEE AUTOTESTCON Proceedings. IEEE Systems Readiness
Technology Conference. P 43-47.
- Scarf, P.A. and M. Deara. 1998. On the development and application of
maintenance policies for a two-component system with failure dependence. IMA
Journal of Mathematics Applied in the Business and Industry. Vol. 9, No. 2 p. 91-
107.
- Thomas, L.C. 1986. A survey of maintenance and replacement models for
maintainability and reliability of multi-item systems. Reliability Engineering. Vol.
16, No. 4, p. 297-309.
- Abbott, H. 1981. The impact of strict liability on reliability. Reliability '81.
Proceedings of the Third National Reliability Conference, p. 2 vol. 626, 4C/3/1-4
vol.2

- Butler, B. 1989. Safety first-profits last? Quality and Reliability Engineering International. Vol. 5. (April-June): 95-100.
- Rouben, B. 1990. Development of a methodology for estimating the socio-economic impact of accidents. Proceedings. 11th Annual Conference. Canadian Nuclear Society, p 413.
- Riedel, T., N. Tiemann, M.G. Wahl, and T. Ambler. 1998. Life cycle cost analysis. IEEE AUTOTESTCON Proceedings. IEEE Systems Readiness Technology Conference. P 43-47.
- Scarf, P.A. and M. Deara. 1998. On the development and application of maintenance policies for a two-component system with failure dependence. IMA Journal of Mathematics Applied in the Business and Industry. Vol. 9, No. 2 p. 91-107.
- Thomas, L.C. 1986. A survey of maintenance and replacement models for maintainability and reliability of multi-item systems. Reliability Engineering. Vol. 16, No. 4, p. 297-309.
- Dibble, R.E. 1984. Trends in the maintenance of IT systems. Information Age. Vol. 6. No. 1 (January): 39-43.
- Kahn, S. 1986. Economic Estimates of the value of life. IEEE Technology and Society Magazine. (June): 24-30.
- Sandy Dunn, 1997, “Optimising Production Scheduling for Maximum Plant Utilisation and Minimum Downtime”, conference paper to the Dolar Driven Mining Conference – Perth, Western Australia.
- Dean A. Lofall, Tom A. Mereckis: “Integrating CMMS with Predictive Maintenance Software”, Dec 2001.
- Ken Henderson: “Five levels of outsourcing operations and maintenance”, Jul. 2000, COPYRIGHT 2000 Adams Business Media.
- Michael V. Brown: “ Take Stock of your Maintenance Storerooms”, New Standard Institute, Inc, Oct. 2002.

- Maquire, M., 1992, “Predictive maintenance: what does it do?,” Electrical World.
- Langan, g., 1995 “Maintenance automation: out of the broom closet and into the boardroom,” IIE Solutions.
- Smith, A.M., 1993, Reliability-centered maintenance, McGraw-Hill:NY.
- Bandes, A. S., 1998, “Predictive maintenance and inspection through airborne ultrasound technology”, Iron and Steel Engineer.
- Taylor, J.I., 1992, “State-of-the-art predictive maintenance programs”, Tappi Journal.
- Silver, E.A., 1985, “Decision systems for inventory management and production planning (2nd Edition), John Wiley&Sons:NY.
- Tajiri, M. and Gotoh, F.,1992, “TPM implementation- McGraw-Hill:NY.
- Norman, R.M. and Brautigan, D.P. (1992), “Cut costs with predictive maintenance, Modern Casting.

