

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΩΝ»

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΕ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ CMMS»

“DEVELOPMENT OF OPTIMAL ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT
MAINTENANCE PROCEDURES IN INDUSTRIAL ENVIRONMENT, WITH USE OF
CMMS SOFTWARE”

ΜΟΥΣΤΑΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΤΜΔ:1806

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΧΟΝΔΡΟΚΟΥΚΗΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ

ΒΩΣΣΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2021

ΔΗΛΩΣΗ

«Η εργασία αυτή είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου». «Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του μη πρωτότυπου υλικού ΜΔΕ ανήκουν στο μεταπτυχιακό φοιτητή και το επιβλέπον μέλος ΔΕΠ εις ολόκληρο, δηλαδή εκάτερος μπορεί να κάνει χρήση αυτών χωρίς τη συναίνεση άλλου. Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του πρωτότυπου μέρους ΜΔΕ ανήκουν στον μεταπτυχιακό φοιτητή και τον επιβλέποντα από κοινού, δηλαδή δεν μπορεί ο ένας από τους δύο να κάνει χρήση αυτού χωρίς τη συναίνεση του άλλου. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η δημοσίευση του πρωτότυπου μέρους της διπλωματικής εργασίας σε επιστημονικό περιοδικό ή πρακτικά συνεδρίου από τον ένα εκ των δύο, με την προϋπόθεση ότι αναφέρονται τα ονόματα και των δύο (ή των τριών σε περίπτωση συνεπιβλέποντα) ως συν-συγγραφέων. Στην περίπτωση αυτή προηγείται γραπτή ενημέρωση του μη συμμετέχοντα στη συγγραφή του επιστημονικού άρθρου. Δεν επιτρέπεται η κατά οποιοδήποτε τρόπο δημοσιοποίηση υλικού το οποίο έχει δηλωθεί εγγράφως ως απόρρητο».

Ευχαριστίες:

Ευχαριστώ τον Αντώνη Απέργη , τον Πέτρο Πιζάνη και τον Σαράντο Ζηλάκο για την ευκαιρία που μου έδωσαν να βελτιωθώ σε μέγιστο βαθμό ως μηχανικός, εργαζόμενος στο πλαίσιο τους στον καθημερινό «αγώνα της διαθεσιμότητας». Η εμπειρία αυτή σε συνδυασμό με την άρτια επιστημονική προσέγγιση της συντήρησης εξοπλισμού του κ.Αντώνη Βώσσου έγιναν πηγή έμπνευσης για την εργασία αυτή.

Η εργασία είναι αφιερωμένη στην μνήμη του παππού μου, Ιωάννη.

Περίληψη:

Βρισκόμαστε στην αρχή της λεγόμενης 4^{ης} Βιομηχανικής επανάστασης, όπου οι άνθρωποι είναι υποχρεωμένοι, λόγω του τεράστιου όγκου πληροφοριών και συστημάτων αλλά και την συνεχώς αυξανόμενη παραγωγική ζήτηση, να «αφήσουν» την εκτέλεση μεγάλου ποσοστού εργασιών στις μηχανές (ρομποτικά συστήματα, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, έξυπνα αυτοματοποιημένα συστήματα) και εκείνοι να επικεντρωθούν στην παρακολούθηση, την έρευνα και την ανάπτυξη. Η εργασία έχει σαν θεωρητικό υπόβαθρο την διοίκηση έργων και εστιάζει στην θεωρητική ανάπτυξη μέσω παραδειγμάτων των σύγχρονων διαδικασιών συντήρησης του εξοπλισμού σε βιομηχανικά περιβάλλοντα και την βελτιστοποίηση αυτών μέσω του λογισμικού “CMMS”.

Abstract:

We are at the beginning of the so-called 4th Industrial Revolution. People are forced, due to the huge volume of information and systems but also the ever-increasing productive demand, to let the execution of a large percentage of work on machines (robotic systems, computers, smart automatic systems) and they focus on monitoring, research and development. The thesis has as a theoretical background of project management and focuses on the theoretical development through examples, of modern equipment maintenance processes in industrial environments and their optimization through the "CMMS" software.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 ^ο Εισαγωγικά και θεωρητικά στοιχεία συντήρησης εξοπλισμού.....	7
1.1 Η ιστορική εξέλιξη της βιομηχανίας και της συντήρησης.....	7
1.2 Στόχοι και σχεδιασμός της συντήρησης	9
1.2.1 Η σημασία της επιτυχημένης συντήρησης	9
1.2.2 Σύγχρονες παραδοχές της συντήρησης	13
1.2.3 Αστοχίες εξοπλισμού σε σχέση με το χρόνο και την γήρανση.....	14
1.3 Συντήρηση και Διοίκηση Έργων - Project Management.....	16
1.3.1 Ανάλυση ρίσκων και ποιοτικός έλεγχος.....	17
1.4 Συντήρηση και διαθεσιμότητα - Maintenance vs Operation.....	18
Κεφάλαιο 2 ^ο Στρατηγικές και τεχνικές συντήρησης.....	21
2.1 Συνολική παραγωγική συντήρηση – TPM (Total Productive Maintenance)	21
2.2 Συντήρηση εστιασμένη στην αξιοπιστία - RCM (Reliability Centered Maintenance)	25
2.2.1 Μέθοδος ανάλυσης αιτιών αστοχίας- FMEA -Failure Mode and Effect Analysis.....	26
2.3 Επιδιορθωτική συντήρηση έκτακτης ανάγκης - Breakdown Emergency Maintenance.....	28
2.4 Προληπτική συντήρηση - Preventive Maintenance.....	32
2.4.1 Αυτόνομη συντήρηση - Autonomous Maintenance.....	35
2.4.2 Περιοδική συντήρηση - Periodic Maintenance.....	36
2.4.3 Προβλεπτική συντήρηση - Predictive Maintenance.....	38
2.5 Βελτιωτική Συντήρηση-Upgrading Maintenance.....	40
2.5.1 Κύριες αιτίες βελτιωτικής συντήρησης και ενέργειες αντιμετώπισης.....	41
2.5.2 Υπεργολάβοι -Outsourcing	44
2.5.3 Προσομοίωση ενός έργου βελτιωτικής συντήρησης.....	46
Κεφάλαιο 3 ^ο Συντήρηση και Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας	51
3.1 Ανταλλακτικά- Spare Parts	52
3.2 Ιεράρχηση και αποδόμηση παγίων - BOM&EBOM.....	55
Κεφάλαιο 4 ^ο Δείκτες απόδοσης και παραγωγικότητας - KPIs.....	59
4.1 Συνολική αποτελεσματικότητα εξοπλισμού - OEE - Overall Equipment Efficiency.....	59
4.2 Αξιοπιστία - Reliability.....	61

4.2.1 Μηχανική Αξιοπιστία - Mechanical Reliability.....	62
4.2.2 Χρόνος Μέχρι την Αστοχία - MTBF	64
4.3 Αποδοτικότητα Διαδικασιών Συντήρησης.....	66
4.3.1 Ποσοστό Ολοκλήρωσης Προγραμματισμένων Εργασιών Προληπτικής Συντήρησης - Preventive Maintenance Compliance.....	66
4.3.2 Χρόνος μέχρι την αποκατάσταση της αστοχίας - MTTR.....	67
4.3.3 Συντηρησιμότητα εξοπλισμού	68
4.3.4 Παραγωγικότητα ανθρωπίνου δυναμικού.	69
Κεφάλαιο 5 ^ο Η συνδρομή του “Computerized Maintenance Management System” στην βελτιστοποίηση των διαδικασιών συντήρησης.....	72
Βιβλιογραφία:	79

Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγικά και θεωρητικά στοιχεία συντήρησης εξοπλισμού

1.1 Η ιστορική εξέλιξη της βιομηχανίας και της συντήρησης

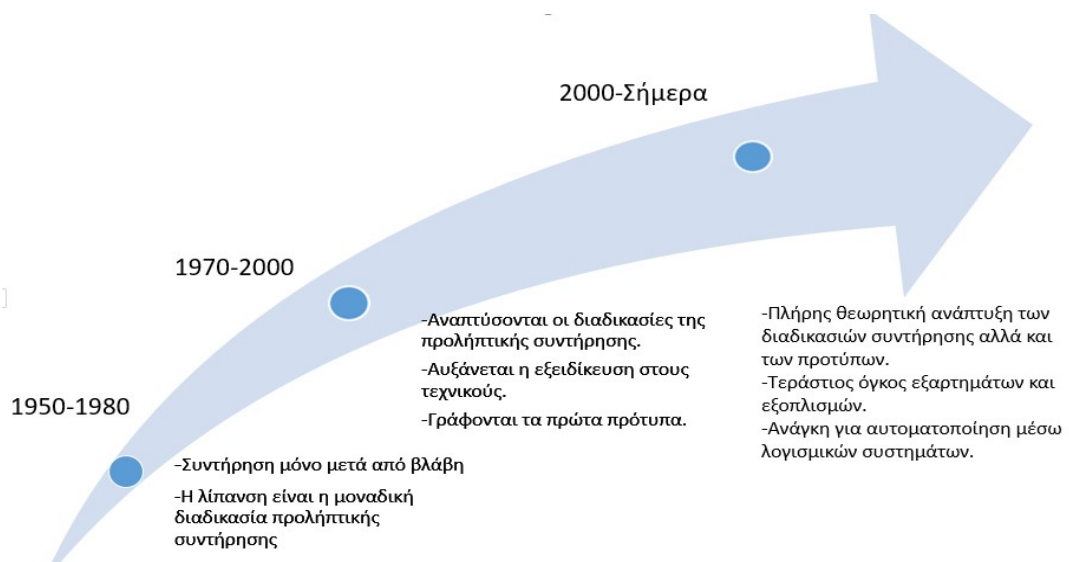
Τα τελευταία χρόνια οι ρυθμοί με τους οποίους «αλλάζουν τα πράγματα» αυξάνονται με γεωμετρική πρόοδο. Ο άνθρωπος από την μία πλευρά δημιουργεί συνεχώς ανάγκες μέσω της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας και από την άλλη καλείται να ανταποκριθεί στην κάλυψη αυτών μέσω της παραγωγικής-βιομηχανικής διαδικασίας. Δεν είναι πολύ μακρινή η εποχή όπου άνθρωποι ήταν τα κύρια γρανάζια μια παραγωγικής-βιομηχανικής διαδικασίας. Σήμερα, οι μηχανές οποίας μορφής και να είναι αυτές (κινητήρες, ρομποτικά συστήματα, πληροφοριακά συστήματα) καλύπτουν και αντικαθιστούν με μεγάλη επιτυχία τον άνθρωπο, ο οποίος καλείται να βρει ρόλο ενός αποδοτικού διαχειριστή.



Εικόνα 1: Οι τέσσερις "βιομηχανικές επαναστάσεις" μας δείχνουν την εξέλιξη της βιομηχανίας στο χρόνο.

Η συντήρηση ενός σύγχρονου βιομηχανικού εξοπλισμού είναι το αντικείμενο που θα αναλύσουμε. Ιστορικά, η συντήρηση άρχισε να παίρνει την μορφή και την δομές που γνωρίζουμε σήμερα στις αρχές της δεκαετίας του 90'. Μέχρι τότε η συντήρηση εφαρμοζόταν μόνο σε περίπτωση βλάβης και η λίπανση ήταν ο κύριος πυλώνας της τότε προληπτικής συντήρησης. Η ραγδαία ανάπτυξης της τεχνολογίας, που είχε σαν αποτέλεσμα και την εκτόξευση του συνολικού κόστους του κύκλου ζωής ενός εξοπλισμού δημιούργησε την ανάγκη για την ανάπτυξη των διαδικασιών συντήρησης. Παράλληλα, την περίοδο εκείνη υπάρχει και η γενικότερη επαγρύπνηση του επιστημονικού και όχι μόνο τομέα, σε θέματα ασφάλειας και εξοικονόμησης ενέργειας.

Σήμερα, ο τεράστιος όγκος πληροφοριών ό οποίος υπάρχει λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας καθιστά απαραίτητη την βελτιστοποίηση όλων των διαδικασιών συντήρησης σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την βοήθεια ενός λογισμικού «CMMS», το οποίο θα προσαρμοστεί στις ανάγκες της εκάστοτε εταιρίας και θα λειτουργεί με βάση τις απαιτήσεις και τις ανάγκες του παραγωγικού εξοπλισμού. Η συμβολή του χρήστη είναι εξαιρετικά κρίσιμη για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος.



Εικόνα 2: Η εξέλιξη της συντήρησης εξοπλισμού στον χρόνο.

1.2 Στόχοι και σχεδιασμός της συντήρησης

1.2.1 Η σημασία της επιτυχημένης συντήρησης

Η συντήρηση εξοπλισμού, όπως υπάρχει και εφαρμόζεται σήμερα, μπορούμε να πούμε πως είναι μια ενοποίηση πολλών διαφορετικών τεχνικών και διοικητικών ενεργειών και διαδικασιών που εφαρμόζονται σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός εξοπλισμού, με στόχο να επιτυγχάνονται υψηλοί βαθμοί απόδοσης σε δείκτες όπως: η διαθεσιμότητα, η αξιοπιστία, η συντηρησιμότητα, η ασφάλεια, η εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και το κόστος συντήρησης.

Ο τρόπος με τον οποίο εκτελείται η συντήρηση, πρέπει να εξασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία του εξοπλισμού με βάση τις τεχνικές του προδιαγραφές και την προγραμματισμένη λειτουργία του. Η διατήρηση του εξοπλισμού, όσο πιο κοντά γίνεται, στην αρχική του κατάσταση, με το βέλτιστο δυνατό κόστος, μπορούμε να πούμε ότι είναι μια επιτυχημένη συντήρηση.

Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε αρκετά χρόνια πριν, αλλά είναι ακόμη επίκαιρη δείχνει ποσοτικά την αλλαγή στους χρόνους διαθεσιμότητας του εξοπλισμού ανάλογα με τις τεχνικές συντήρησης που εφαρμόστηκαν.

Ενέργειες	Αλλαγή του χρόνου διαθεσιμότητας (%)
<i>Αρχική Διαθεσιμότητα Εξοπλισμού: 83,5%</i>	
Σχεδιασμός & Προγραμματισμός εργασιών συντήρησης	+1,3%
Προληπτική & Προβλεπτική συντήρηση	-2,4%
Εφαρμογή όλων των παραπάνω τεχνικών μαζί	+5,1%
Μείωση των αστοχιών	+14,8%

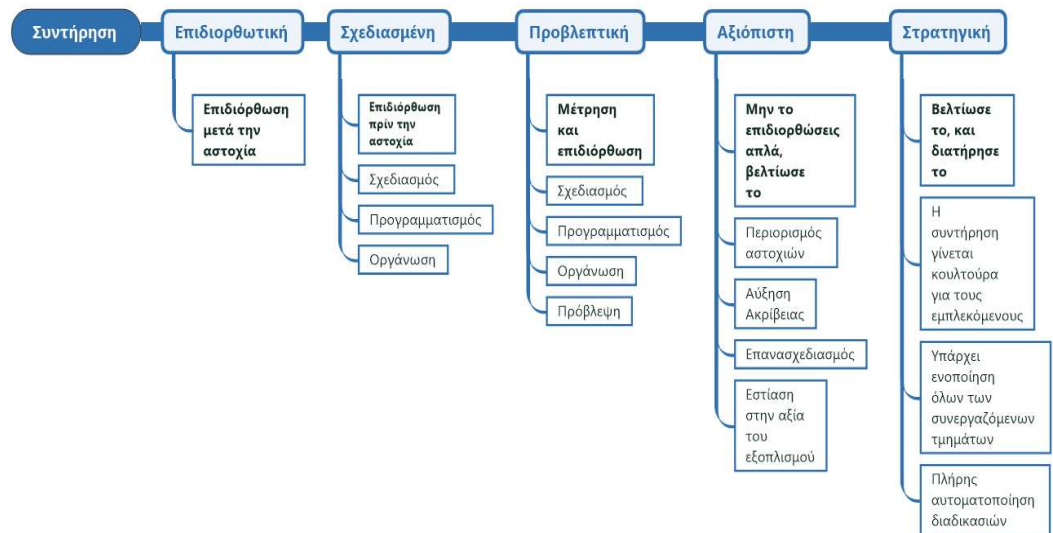
Διαθεσιμότητα Εξοπλισμού Μετά τις παρεμβάσεις: 98,3%

Εικόνα 3: Έρευνα σχετικά με την αλλαγή του χρόνου διαθεσιμότητας του εξοπλισμού, εφόσον εφαρμοστούν τεχνικές συντήρησης. (Ερευνητής: Winston Ledet)

Παρατηρούμε ότι οι εργασίες προληπτικής και προβλεπτικής συντήρησης μειώνουν τον χρόνο διαθεσιμότητας, όμως σε βάθος χρόνου ο σχεδιασμός και ο προγραμματισμός ενός άρτιου προγράμματος προληπτικής συντήρησης αυξάνει την διαθεσιμότητα του εξοπλισμού κατά 5,1%. Αξιοσημείωτο είναι πως ο περιορισμός των αστοχιών, δηλαδή η επιδιόρθωση μιας αστοχίας προτού αυτή θέσει τον εξοπλισμό εκτός λειτουργίας αυξάνει σημαντικά την διαθεσιμότητα (14,8%), κάτι το οποίο είναι αρκετά δύσκολο να επιτευχθεί. Θα αναλύσουμε παρακάτω τρόπους και τεχνικές για την μείωση των αστοχιών.

Είναι προφανές πως η συντήρηση δεν μπορεί να σχεδιαστεί σήμερα και να εφαρμόζεται για πάντα σε ένα ευμετάβλητο βιομηχανικό περιβάλλον. Ο αρχικός σχεδιασμός θέτει γερές βάσεις για την αρχική εφαρμογή των διαδικασιών συντήρησης που έχουν επιλεγεί και τα αποτελέσματα της εφαρμογής θα καθορίσουν την διατήρησης της κατάστασης ή τον επανασχεδιασμό αυτής.

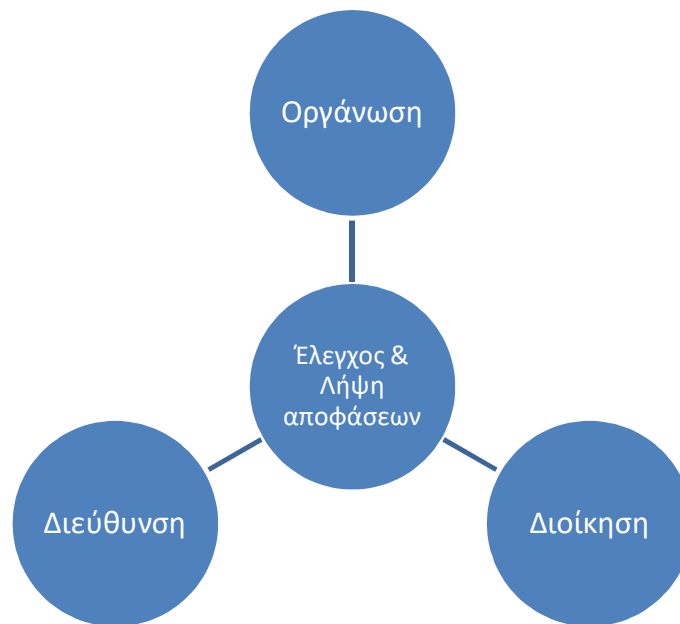
Το επίπεδο αποτελεσματικότητας ή ωρίμανσης ενός προγράμματος συντήρησης αντικατοπτρίζεται μέσα από τις καθημερινές διεργασίες που σχεδιάζονται και πραγματοποιούνται, την συμπεριφορά και την παραγωγικότητα των ανθρώπων, τα συστήματα και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται αλλά και τη γενικότερη κουλτούρα του τμήματος.



Εικόνα 4: Τα επίπεδα αποτελεσματικότητας-ωρίμανσης της συντήρησης. (Συγγραφέας: Winston Ledet)

	Επιδιορθωτική	Σχεδιασμένη	Προβλεπτική	Αξιόπιστη	Στρατηγική
Άνθρωποι	Συνήθως εργάζονται σαν ήρωες	Συνήθως υπάρχουν αλληλεπικαλυπτόμενες αρμοδιότητες	Εξειδίκευση ανάλογα με την αρμοδιότητα	Εκάθαροι ρόλοι και αρμοδιότητες	Υψηλό επίπεδο εξειδίκευσης και παραγωγικότητας
Διεργασίες	Μηδαμινός σχεδιασμός	Βασικός σχεδιασμός σχετικά με τα ανταλλακτικά τον εξοπλισμό και τις εργασίες	Προγραμματισμένες εργασίες και αυτοματοποίηση παραγγελιών	Συνεχής παρακολούθηση διεργασιών και ενέργειες διόρθωσης	Ολική Παραγωγική Συντήρηση (TPM)
Λογισμικά	Απλή καταγραφή βλαβών και ανταλλακτικών αντικατάστασης	Λεπτομερής καταγραφή ανταλλακτικών, εξοπλισμού και εργασιών	Προγραμματισμός εργασιών και παραγγελιών	Αυτοματοποίηση διαδικασιών	Συνεχής καταγραφή του κύκλου ζωής όλων των εξοπλισμών
Τεχνολογία	Απλή χρήση μεμονωμένων Η/Υ	Διαμοιρασμός πληροφοριών	Αρκετά συστήματα διαμοιρασμού πληροφοριών και μεγαλύτερη συγκέντρωση	Φορητά συστήματα διαμοιρασμού πληροφοριών	Χρήση RFID και Barcode στους εξοπλισμούς
Διοίκηση	Μηδαμινή παρακολούθηση και αξιολόγηση	Βασικοί Δείκτες παρακολούθησης	Βασικοί Δείκτες αξιολόγησης και παραγωγικότητας	Συνεχής βελτίωση με βάση τους δείκτες	Εταιρική στρατηγική σχετικά με την κρίση και την διαχείριση των αποτελεσμάτων των δεικτών

Εικόνα 5: Η σύνδεση του επιπέδου της συντήρησης με τις επιμέρους βασικές κατηγορίες που την απαρτίζουν.



Εικόνα 6: «Πυλώνες» αποτελεσματικής διοίκησης

- **Οργάνωση**

Χρησιμοποιείται σε οποιονδήποτε οργανισμό για να συνδέσει βέλτιστα ανθρώπους, διαδικασίες, στόχους, άυλους πόρους και χρονικά διαστήματα. Έτσι και σε ένα τμήμα συντήρησης η οργάνωση θα πρέπει να είναι η βάση για να μπορέσουμε να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

- **Διεύθυνση**

Ο όρος διεύθυνση αναφέρεται κυρίως στην επιτυχή διαχείριση του ανθρώπινου παράγοντα. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να είναι ξεκάθαρες οι αρμοδιότητες των ανώτερων και κατώτερων στελεχών και να υπάρχει κλίμα εμπιστοσύνης και συνεργασίας με στόχο το βέλτιστο αποτέλεσμα. Βασικός παράγοντας στην επιτυχημένη διεύθυνση είναι η συνεχής και ποιοτική επικοινωνία μεταξύ των εργαζομένων.

- **Προγραμματισμός**

Είναι όλες εκείνες οι ενέργειες που έχει αποφασίσει η διοίκηση ότι πρέπει να γίνουν προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί. Με λίγα λόγια καθορίζεται το «τι» πρέπει να γίνει, «πότε» πρέπει να γίνει, με «ποιόν» τρόπο και «ποιος» θα το κάνει.

- **Έλεγχος & Λήψη αποφάσεων**

Όλες οι παραπάνω διαδικασίες πρέπει συνεχώς να ελέγχονται για την αποτελεσματικότητα τους σε συνάρτηση πάντα με την επιτυχία στην επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί. Για να γίνει δυναμικό το μοντέλο όπου απεικονίσαμε σχηματικά θα πρέπει μετά τον έλεγχο να υπάρχουν και οι σχετικές αποφάσεις, κυρίως στις περιπτώσεις όπου τα πράγματα δεν πηγαίνουν και τόσο καλά.

1.2.2 Σύγχρονες παραδοχές της συντήρησης

- **Οι αστοχίες δεν εξαρτώνται από τον χρόνο και την γήρανση του εξοπλισμού.**

Θα ήταν ιδανικό για οποιονδήποτε ασχολείται με την συντήρηση, οι αστοχίες και οι βλάβες να ήταν άμεσα εξαρτημένες με τον χρόνο και την γήρανση του εξοπλισμού, όμως κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει. Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές καταστάσεις αστοχίας σε σχέση με τον χρόνο και τον ρυθμό βλαβών που θα αναλύσουμε σε επόμενη ενότητα.

- **Ιεράρχησε τις αστοχίες σου σε κρίσιμες και μη κρίσιμες.**

Θα πρέπει με βάση την γνώση και την εμπειρία να γνωρίζουμε ποιες αστοχίες θα μας κοστίζουν περισσότερο και ποιες λιγότερο.

- **Αντικατέστησε το, πριν αστοχήσει ανεπανόρθωτα.**

Πολλές φορές είναι πιο βέλτιστο να αντικαταστήσουμε κάτι πριν αυτό αστοχήσει, πόσο μάλλον εάν η επικείμενη αστοχία θα έχει μεγάλες επιπτώσεις. Καμία αστοχία κρίσιμη ή μη κρίσιμη δεν πρέπει να καλύπτεται με πρόχειρες μεθόδους καθώς σε βάθος χρόνου μπορεί να δημιουργήσει μεγάλα προβλήματα.

- **Πρέπει να ανακαλύπτεις τις κρυφές αστοχίες.**

Για να μπορέσει ένα τμήμα συντήρησης να φτάσει σε επίπεδο να ανακαλύπτει κρυφές αστοχίες πριν καν αυτές εμφανιστούν χρειάζεται γνώση, εμπειρία και πολύ υψηλά επίπεδα οργάνωσης και διοίκησης. Εάν τα καταφέρει μιλάμε για την βέλτιστη συντήρηση.

- **Επιδιόρθωσε το τώρα, από το να το επιδιορθώνεις για πάντα.**

Είναι συνήθης τακτική και νοοτροπία η προχειρότητα σε κάποιες εργασίες συντήρησης. Η προχειρότητα απλά καθιστά διαθέσιμο και πάλι τον εξοπλισμό. Εάν οι εργασίες δεν γίνονται με βάση τις προδιαγραφές που ορίζονται σχετικά, οι αστοχίες θα συμβαίνουν ξανά και ξανά.

- **Όσο και να συντηρήσεις κάτι, εάν δεν έχει σχεδιαστεί σωστά θα αστοχεί συνεχώς.**

Μια σχεδιαστική αστοχία ή μια λάθος επιλογή ενός εξοπλισμού δεν θα πρέπει να απασχολεί το τμήμα συντήρησης σε θέματα συντηρησιμότητας και αξιοπιστίας καθώς είναι δεδομένο πώς οι πιθανότητες αστοχίας είναι μεγάλες. Μια τεχνοοικονομική ανάλυση θα δείξει τον «δρόμο» σχετικά με την αντικατάσταση ή την βελτίωση ενός τέτοιου εξοπλισμού.

- **Τα αποδοτικά προγράμματα συντήρησης, δεν σπαταλούν υλικούς και άυλους πόρους και πρέπει να βελτιστοποιούνται συνεχώς.**




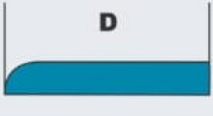

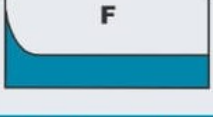
Η συντήρηση, ακόμη και όταν φτάσει σε επίπεδο να αξιοποιεί στο έπακρο υλικούς και άυλους πόρους, δεν θα πρέπει να μένει ίδια, θα πρέπει να αλλάζει και να προσαρμόζεται στα νέα δεδομένα.

- **Κατέγραψε τα πάντα.**

Κάθε μια πληροφορία η οποία προκύπτει σχετικά με την κατάσταση ενός εξοπλισμού θα πρέπει να αξιολογείται και στη συνέχεια να καταγράφεται στο αντίστοιχο λογισμικό. Με αυτή την απλή τεχνική ενοποιούνται όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες, που έχουν προκύψει από πολλούς διαφορετικούς ανθρώπους και έτσι οποιοσδήποτε μπορεί να έχει πρόσβαση σε αυτές.

1.2.3 Αστοχίες εξοπλισμού σε σχέση με το χρόνο και την γήρανση

Παλαιότερα υπήρχε η θεώρηση πως κάθε μια βλάβη σχετίζεται με την γήρανση του εξοπλισμού, έτσι προχωρούσαν σε μαζικές αντικαταστάσεις εξαρτημάτων μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα για να ανανεωθεί ο χρόνος ζωής του εξοπλισμού. Η γήρανση είναι μια πολύ μεγάλη αιτία αστοχίας αλλά δεν είναι και η μοναδική. Μια πολύ «ευαίσθητη» σε αστοχίες βιομηχανία είναι η αεροπορική. Αντιλαμβανόμαστε πως μια αστοχία ενός αεροσκάφους μπορεί να έχει τεράστιες συνέπειες. Μετά από έρευνες που έγιναν στην αεροπορική βιομηχανία των Η.Π.Α πριν από αρκετά χρόνια, προέκυψαν κάποια διαγράμματα χρόνου και πιθανότητας αστοχίας ενός εξοπλισμού τα οποία συνοδεύονται από ποσοστά εμφάνισης της αστοχίας.

Διαγράμματα αστοχίας και πιθανότητα εμφάνιση						
Διάγραμμα	Πιθανότητα				Περιγραφή	
	UAL 1968	Broberg 1973	MSP 1982	SUBMEPP 2001		
Αστοχία βάση χρόνου		4%	3%	3%	2%	Σε αυτή την περίπτωση ο εξοπλισμός παρουσιάζει μεγάλη πιθανότητα αστοχίας κατά την αρχική του χρήση και προς το τέλος του κύκλου ζωής του. Ενδιάμεσα σε αυτές τις δύο καταστάσεις έχει μια σταθερή πιθανότητα αστοχίας.
		2%	1%	17%	10%	Ο εξοπλισμός ξεκινά να αυξάνει την πιθανότητα αστοχίας προς το τέλος του κύκλου ζωής του.
		5%	4%	3%	17%	Ο εξοπλισμός από την αρχή μέχρι το τέλος του κύκλου ζωής του, αυξάνει προοδευτικά τις πιθανότητες να αστοχήσει.
Τυχαία αστοχία		7%	11%	6%	9%	Αρχικά ο εξοπλισμός είναι σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό απο πλευράς βλαβών στη συνέχεια αυξάνεται γρήγορα η πιθανότητα αστοχίας και μένει σταθερή μέχρι τέλους.
		14%	15%	42%	56%	Καθαρά τυχαία η πιθανότητα εμφάνισης βλάβης.
		68%	66%	29%	6%	Ο εξοπλισμός παρουσιάζει πολύ μεγάλη πιθανότητα να αστοχήσει στην αρχική του χρήση και στην συνέχεια έχει μια σταθερή πιθανότητα αστοχίας.
Αστοχία βάση χρόνου	11%	8%	23%	29%		
Τυχαία αστοχία	89%	92%	77%	71%		

Εικόνα 7: Διαγράμματα αστοχίας εξοπλισμού σε σχέση με τον χρόνο και την πιθανότητα αστοχίας.

Τα αποτελέσματα μας δείχνουν ότι στην συντριπτική τους πλειονότητα (82%) οι αστοχίες είναι τυχαίες και εμφανίζονται σε οποιαδήποτε χρονικό διάστημα του κύκλου ζωής ενός εξοπλισμού. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να εφαρμόζουμε τεχνικές εντοπισμού των αστοχιών πριν αυτές καταστήσουν τον εξοπλισμό εκτός διαθεσιμότητας. Για το υπόλοιπο (18%) των βλαβών που εξαρτώνται από την γήρανση, η προληπτική συντήρηση θα φροντίσει για την μείωση τους.

1.3 Συντήρηση και Διοίκηση Έργων - Project Management

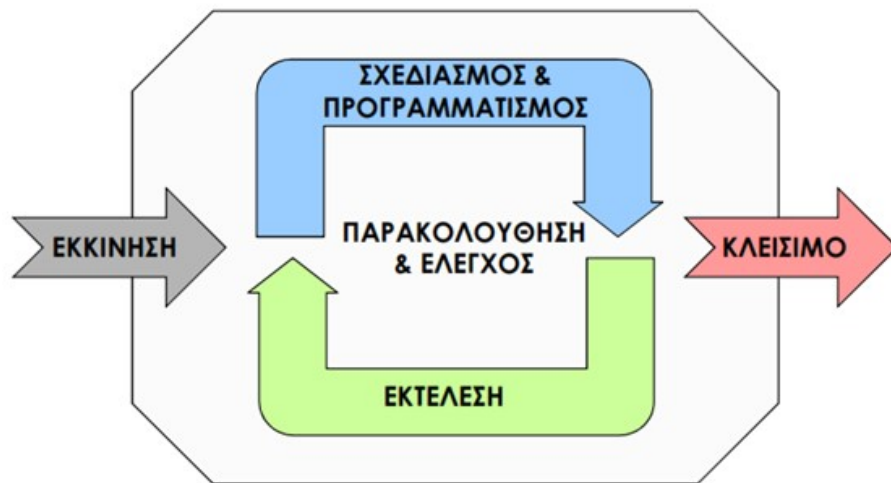
Ο ορισμός ενός έργου (project) αναφέρεται σε μια προσωρινή προσπάθεια η οποία δημιουργεί ένα μοναδικό προϊόν, υπηρεσία ή αποτέλεσμα. Επομένως κάθε μια εργασία συντήρησης σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον, μπορούμε να πούμε πως είναι ένα έργο το οποίο μπορεί να διαρκεί από μία ώρα (μια τυπική εργασία προληπτικής συντήρησης) έως αρκετές ημέρες (μια εργασία βελτιωτικής συντήρησης).

Ένα τμήμα το οποίο διαχειρίζεται την συντήρηση σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον, μπορούμε να πούμε πως είναι σαν ένα Γραφείο Διοίκησης Έργων (Project Management Office) το οποίο οργανώνει, συντονίζει και συγκεντρώνει όλα τα έργα συντήρησης.

Η δημιουργία, η οργάνωση και εν τέλει η εύρυθμη και αποτελεσματική λειτουργία ενός τμήματος συντήρησης σε μια βιομηχανία, μόνο εύκολη υπόθεση δεν είναι. Οι ταχύτεροι ρυθμοί που επικρατούν σήμερα, όσον αφορά τους παραγωγικούς δείκτες αλλά και τις αλλαγές που προκύπτουν καθημερινά σε όλα τα επίπεδα (νέες τεχνολογίες, νομοθεσία, πρότυπα, οικονομικά δεδομένα) επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις διαδικασίες.

Στο τεχνικό σκέλος, υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί εξοπλισμοί, οι οποίοι με τη σειρά τους αποτελούνται από εκατοντάδες εξαρτήματα και φυσικά τεράστιος όγκος πληροφοριών οι οποίες προκύπτουν από τα τεχνικά εγχειρίδια.

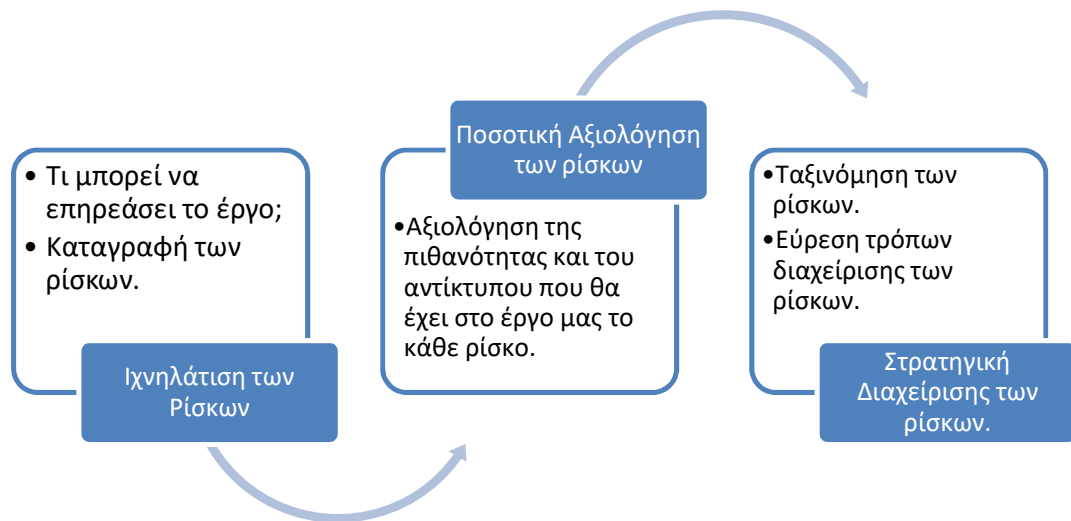
Όλα τα παραπάνω (υλικοί και άυλοι πόροι) θα πρέπει να συνδεθούν αρμονικά από την διοίκηση, η οποία θα ορίσει στόχους, αρμοδιότητες και διαδικασίες με στόχο πάντα το βέλτιστο τεχνοοικονομικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 8: Κύριες Φάσεις Ενός Έργου

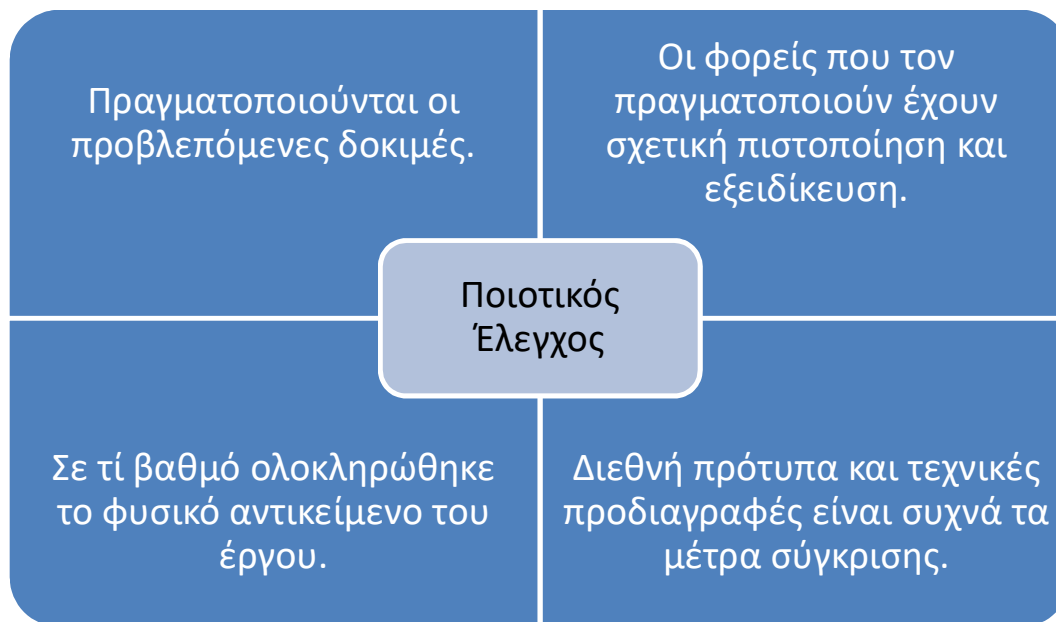
1.3.1 Ανάλυση ρίσκων και ποιοτικός έλεγχος

Είναι απαραίτητο να γίνεται συχνά παρακολούθηση της εξέλιξης του έργου, για πιθανές καθυστερήσεις, ενώ εξαιρετικά χρήσιμη θα ήταν και μια ανάλυση ρίσκων (Project Risk Management) που σχετίζονται με το έργο τα οποία μπορούν να το επηρεάσουν.



Εικόνα 9:Στάδια διαχείρισης ρίσκων

Όταν ολοκληρωθεί το έργο σημαντικό είναι να γίνει μια ποιοτική ανάλυση (Quality Control) σχετικά με τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν για να είναι σαφές αν έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα με βάση τους αρχικούς στόχους που τέθηκαν.



Εικόνα 10: Βασικά στάδια ποιοτικού ελέγχου.

1.4 Συντήρηση και διαθεσιμότητα - Maintenance vs Operation

Οποιασδήποτε μορφής εργασία συντήρησης συνεπάγεται και διακοπή της διαθεσιμότητας για μικρό ή μεγάλο διάστημα. Όταν η εργασία αυτή είναι προγραμματισμένη τότε και το αντίστοιχο τμήμα που διαχειρίζεται την παραγωγή κάνει τις απαραίτητες ενέργειες για να συνεχιστεί απρόσκοπτα η παραγωγική διαδικασία.

Αρκετά προβλήματα όμως εμφανίζονται όταν προκύψει μια βλάβη. Μια βλάβη μπορεί να θέσει έναν εξοπλισμό εκτός λειτουργίας ακόμη και για εβδομάδες. Το ιδανικό είναι να έχουν εκπονηθεί μελέτες σε συνεργασία με τα αρμόδια τμήματα προκειμένου να υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις σε τέτοιες καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Βέβαια στην πράξη τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά. Το τμήμα διαχείρισης της παραγωγικής διαδικασίας είναι επιφορτισμένο με την επίτευξη των στόχων της παραγωγής και φτάνει τον εξοπλισμό πολλές φορές στα «όρια» του, με την ανοχή του τεχνικού τμήματος το οποίο αδυνατεί να πραγματοποιήσει τις προγραμματισμένες εργασίες προληπτικής συντήρησης στην ώρα τους. Μοιραία ο εξοπλισμός δεν συντηρείται άρτια επομένως η αξιοπιστία του μειώνεται και η πιθανότητα βλάβης αυξάνεται.



Εικόνα 11: Η ιδανική και "αναίμακτη" συνεργασία μεταξύ των τμημάτων συντήρησης και διαχείρισης της παραγωγικής διαδικασίας είναι μια δύσκολη αποστολή ενός ανώτερου στελέχους μιας βιομηχανίας.

- Χειριστές Εξοπλισμού

Στην Ελλάδα σήμερα, τα κριτήρια επιλογής ενός χειριστή βιομηχανικού εξοπλισμού δεν εμπεριέχουν πολλές απαιτήσεις, πράγμα το οποίο στο μεγαλύτερο ποσοστό των περιπτώσεων δημιουργεί σημαντικά προβλήματα. Συνήθως παρατηρείται ελλιπής γνώση ακόμα και βασικών λειτουργιών του εξοπλισμού αλλά και πρόκληση βλαβών είτε από δόλο είτε από κακό χειρισμό.



Εικόνα 12: Αν και μόνο αν ο χειριστής έχει διαβάσει και κατανοήσει το εγχειρίδιο χρήσης και τους κανόνες ασφαλείας, πρέπει να κρίνεται ικανός για χειρισμό.

Κεφάλαιο 2^ο Στρατηγικές και τεχνικές συντήρησης

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό ο όγκος και η πολυπλοκότητα της πληροφορίας σε ένα τμήμα το οποίο διαχειρίζεται την συντήρηση ενός βιομηχανικού εξοπλισμού, είναι πολύ μεγάλος. Η καταχώρηση και η επεξεργασία αυτής της πληροφορίας μπορεί να γίνει πιο εύκολη με τη χρήση ενός λογισμικού «CMMS», όμως ένα λογισμικό δεν μπορεί να βελτιστοποιήσει όλες τις διαδικασίες στις οποίες εμπλέκονται άνθρωποι, πληροφορίες και εξοπλισμός.

Για αυτό το λόγο ιδανικό είναι να εφαρμόζεται και μια ενιαία τεχνική-φιλοσοφία συντήρησης η οποία θα βάζει κανόνες και όρια στον ανθρώπινο παράγοντα προκειμένου να μπορεί να υπάρξει εξαιρετικά παραγωγικός σε οποιαδήποτε αρμοδιότητα και να έχει και όχι να εγκλωβίζεται ανάμεσα σε ασαφείς και ημιτελής διαδικασίες.

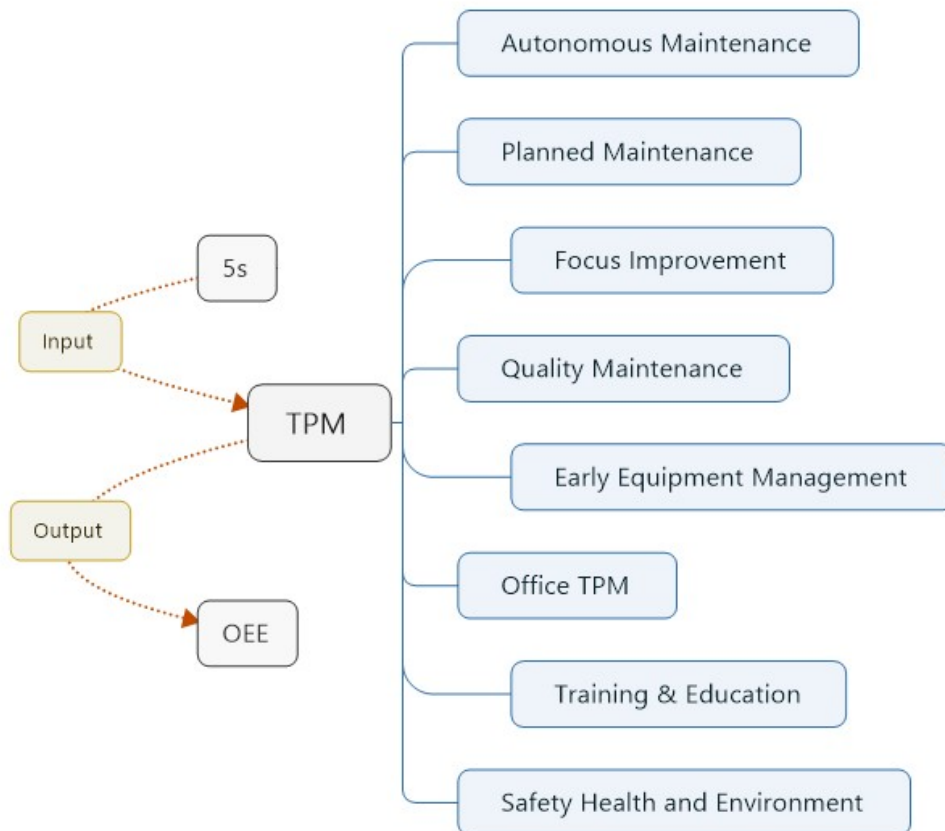
2.1 Συνολική παραγωγική συντήρηση – TPM (Total Productive Maintenance)

Η πιο διαδεδομένη τεχνική είναι η “TPM” (Total Productive Maintenance). Η τεχνική αυτή έχει ρίζες στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και την Ιαπωνία. Αποτελείται από μια ολόκληρη δομή από τεχνικές και κανόνες οι οποίοι μπορούν να εφαρμοσθούν σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον με σκοπό την διατήρηση του εξοπλισμού, σε όλη τη διάρκεια του χρόνου ζωής του, σε υψηλά επίπεδα παραγωγικότητας αλλά και συντηρησιμότητας. Στηρίζεται σε κάποιους βασικούς πυλώνες τους οποίους θα αναλύσουμε αλλά και στην αλλαγή νοοτροπίας και κουλτούρας όλων των εμπλεκόμενων.

Σαν βάση της έχει την μεθοδολογία “5S”, η οποία είναι μια μεθοδολογία η οποία έχει σαν κύρια έννοια την οργάνωση και με πέντε λέξεις περιγράφει πως μπορούμε να βελτιώσουμε την εργασιακή μας καθημερινότητα . Κάθε μια από αυτές τις πέντε λέξεις μεμονωμένα ή και σε συνδυασμό μεταξύ τους εφόσον ενσωματωθούν σε όλα τα επίπεδα μιας εταιρίας μπορούν να βελτιώσουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών και την παραγωγικότητα των εργαζομένων. Τα τελευταία χρόνια έχει προστεθεί και ένα έκτο “S” το οποίο είναι η λέξη “Safe” και αναφέρεται στην ασφάλεια.

- Sort (Κρατάω μόνο τα απαραίτητα στον χώρο εργασίας μου).
- Set in Order (Τακτοποιώ και βάζω με τη βέλτιστη σειρά τα αντικείμενα).
- Shine (Κρατάω το χώρο μου καθαρό).
- Standardize (Σταθεροποιώ την εργασιακή μου καθημερινότητα).
- Sustain (Διατηρώ όλα τα προηγούμενα).
- Safe (Πρώτα από όλα είναι η ασφάλεια).

Η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της αντικατοπτρίζεται από τον δείκτη “Overall Equipment Efficiency”, και προκύπτει από την διαθεσιμότητα (availability), την απόδοση (performance) και την ποιότητα (quality losses). Ο δείκτης αυτός θα αναλυθεί στο 4^ο κεφάλαιο.



Εικόνα 13: Οργανόγραμμα μιας δομής TPM

- Autonomous Maintenance (Αυτόνομη Συντήρηση)

Η αυτόνομη συντήρηση έχει σαν κύριο στόχο να προσθέσει στο ανθρώπινο δυναμικό της συντήρησης του εξοπλισμού, τους χειριστές των μηχανημάτων. Στο μεγαλύτερο ποσοστό των περιπτώσεων ακόμη και σήμερα, υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ των χειριστών και των τεχνικών συντήρησης, πράγμα το οποίο δημιουργεί τεράστια προβλήματα.

- Planned Maintenance (Προγραμματισμένη Συντήρηση)

Η προγραμματισμένη συντήρηση είναι ένα ολοκληρωτικό και δυναμικό πλάνο που θα πρέπει να σχεδιάζεται από την διοίκηση ενός τμήματος συντήρησης και να έχει σαν κύριο στόχο την αύξηση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού μέσω της αύξησης του χρόνου διαθεσιμότητας. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη του στόχου αυτού είναι η αυτοματοποίηση των διαδικασιών μέσω της καταχώρησης ανταλλακτικών και εξοπλισμού σε ένα λογισμικό “CMMS”, αλλά και ο καθορισμός αρμοδιοτήτων σε ότι αφορά τους ανθρώπινους πόρους.

- Focus Improvement (Εστιασμένη Βελτίωση)

Η διεργασία αυτή εστιάζει στην βελτίωση διαδικασιών ή διατάξεων (εξοπλισμός) οι οποίες συνήθως είναι πολύπλοκες και απασχολούν αρκετό ανθρώπινο δυναμικό διαφορετικών βαθμίδων και τμημάτων. Για να μπορέσει να εφαρμοστεί βέλτιστα και αποτελεσματικά η μέθοδος, θα πρέπει να εφαρμοστούν συγκεκριμένες τεχνικές οι οποίες θα εντοπίσουν τα προβλήματα και τις δυσλειτουργίες, να εξεταστούν οι πιθανές λύσεις, να εφαρμοστούν στην πράξη και αφού υπάρξουν τα επιθυμητά αποτελέσματα, αυτές να εδραιωθούν.

- Quality Maintenance (Ποιοτική Συντήρηση)

Φυσικά και ο πρακτικά ανέφικτος στόχος της ποιοτικής συντήρησης είναι οι μηδενικές βλάβες. Είναι όμως εφικτό να εφαρμόζονται τεχνικές για την εύρεση και την κατανόηση των πραγματικών αιτιών μιας βλάβης. Αυτό μελλοντικά και εφόσον πραγματοποιηθούν ενέργειες αντιμετώπισης θα μειώσει σημαντικά τον μελλοντικό αριθμό αντίστοιχων βλαβών. Η πρόληψη μιας βλάβης έχει και οικονομικά οφέλη καθώς είναι προφανές πως μια επισκευή ενός εξοπλισμού πριν αυτός αστοχήσει είναι οικονομικά πιο συμφέρουσα από την επισκευή μιας βλάβης η οποία προέκυψε απρόσμενα.

- Early Equipment Management (Εγκαιρη Διαχείριση Εξοπλισμού)

Η ταχύτερη και αποτελεσματικότερη διαχείριση ενός εξοπλισμού ή μιας διαδικασίας είναι και η βέλτιστη καθώς, είναι πιο εύκολο να γίνουν οι απαιτούμενες αλλαγές με το μικρότερο δυνατό κόστος. Για να γίνει βέβαια αυτό θα πρέπει να υπάρχει και η απαιτούμενη εμπειρία. Μια τέτοια διεργασία μπορεί να υπάρξει στην αντικατάσταση ενός ανταλλακτικού, χωρίς αυτό να έχει αστοχήσει, σε έναν εξοπλισμό ή ακόμα και στην ομαλότερη εγκατάσταση και προσαρμογή στην παραγωγή ενός νέου εξοπλισμού-με παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά από τους ήδη υπάρχοντες. Η εμπειρία από τις παθογένειες ενός υπάρχοντος εξοπλισμού θα βοηθήσει στην βέλτιστη προσαρμογή του νέου.

- Office Support and Training and Education (Διοικητική Υποστήριξη και Εκπαίδευση)

Προφανώς και η διοίκηση παίζει τον σημαντικότερο ρόλο για την επιτυχημένη εφαρμογή τόσο σημαντικών τεχνικών και διεργασιών. Πρώτα από όλα θα πρέπει να υπάρξουν συγκεκριμένες αρμοδιότητες για να ξέρει ο καθένας τι πρέπει να κάνει και με ποιόν τρόπο. Ακόμη, όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, ο όγκος των πληροφοριών και των διαδικασιών είναι τεράστιος, επομένως οι πρέπει να υπάρξει μεγάλη αυτοματοποίηση των διαδικασιών και μείωση των λαθών, όσο αυτό είναι εφικτό. Θα πρέπει να γίνονται συχνά συναντήσεις και έλεγχοι αποδοτικότητας των διαδικασιών για τυχόν τροποποιήσεις ή βελτιώσεις. Η ομαλότητα και η αίσθηση της διοικητικής υπεροχής –με την έννοια του επαγγελματισμού και της αποτελεσματικότητας- κάνει και τους κατώτερους διοικητικά υπαλλήλους να αισθάνονται εμπιστοσύνη και να εργάζονται πιο ήρεμοι και συχνά πιο παραγωγικοί.

Η συνεχής εκπαίδευση και κατάρτιση του προσωπικού σε όλα τα επίπεδα μια εταιρίας είναι επιτακτική ανάγκη, καθώς η πολυπλοκότητα των συστημάτων και η τεχνολογική τους εξέλιξη έχουν ξεπεράσει τα ανθρώπινα όρια. Χωρίς εκπαίδευση, δεν υπάρχει εξέλιξη, δεν μπορούν να υπάρχουν απαιτήσεις από το προσωπικό και βέβαια η φήμη της εταιρίας δεν μπορεί να είναι σε υψηλά επίπεδα.

- Safety and Environment (Ασφάλεια και Προστασία του Περιβάλλοντος)

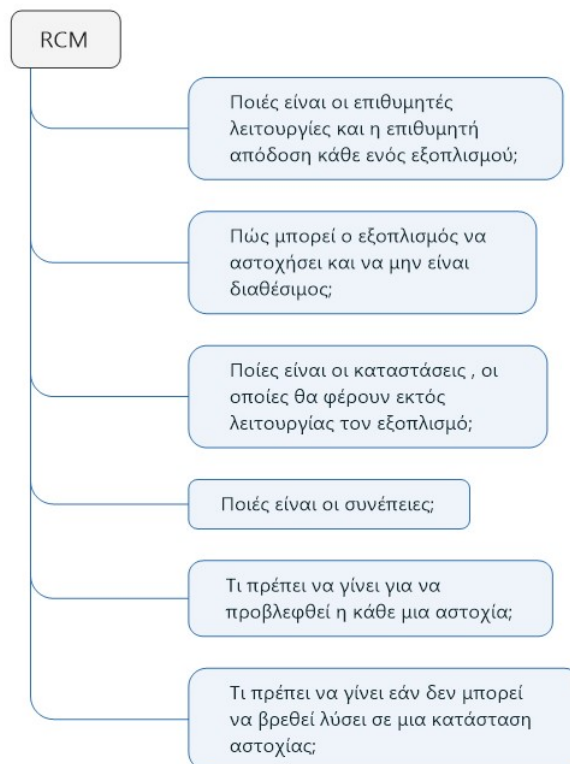
Η ασφάλεια του προσωπικού είναι πάνω από όλα και για αυτό θα πρέπει να γίνεται σαφές ότι πάνω από όλα είναι ο άνθρωπος και όχι η επανέναρξη μιας παραγωγικής διαδικασίας με ηρωισμούς και ενέργειες εκτός κανόνων ασφαλείας. Από την άλλη πλευρά έχει γίνει πλήρως κατανοητό ότι η εξοικονόμηση ενέργειας πρέπει να γίνει καθημερινή μας συνήθεια και τα βιομηχανικά απόβλητα οποιασδήποτε μορφής πρέπει να επεξεργάζονται με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον.

2.2 Συντήρηση εστιασμένη στην αξιοπιστία - RCM (Reliability Centered Maintenance)

Η στρατηγική της εστίασης στην αξιοπιστία είναι ευρέως διαδεδομένη από τη δεκαετία του 70', καθώς άρχισε να χρησιμοποιείται από τις Η.Π.Α στα οπλικά συστήματα και την αεροπορική βιομηχανία, με εντυπωσιακά, για την εποχή, αποτελέσματα.

Η συγκεκριμένη στρατηγική, εστιάζει σε μεγάλο βαθμό σε κάθε έναν εξοπλισμό ξεχωριστά και μέσα από μεθόδους εύρεσης και ανάλυσης των βλαβών (FMEA-Failure Mode and Effects Analysis), βοηθάει στην επιλογή του αντίστοιχου πλάνου συντήρησης. Το πλάνο αυτό μπορεί συχνά να αναπροσαρμόζεται με βάση τα νέα δεδομένα μιας νέας ανάλυσης, πιθανές αλλαγές στην λειτουργικότητα του εξοπλισμού αλλά και την γενικότερη εμπειρία που προστίθεται.

Επομένως αντιλαμβανόμαστε ότι η μεμονωμένη εφαρμογή της συντήρησης σε κάθε ένα πάγιο ξεχωριστά σίγουρα βελτιστοποιεί την κατάσταση του παγίου, με τον οικονομικότερο και πιο ασφαλή τρόπο, στο μέγιστό δυνατό βαθμό αλλά και αφαιρεί τις περιττές ενέργειες που μπορεί να υπάρχουν σε ένα ενιαίο πλάνο συντήρησης.



Εικόνα 14: Βασικές ερωτήσεις για την ανάπτυξη μια εστιασμένης στην αξιοπιστία συντήρησης, ενός εξοπλισμού.

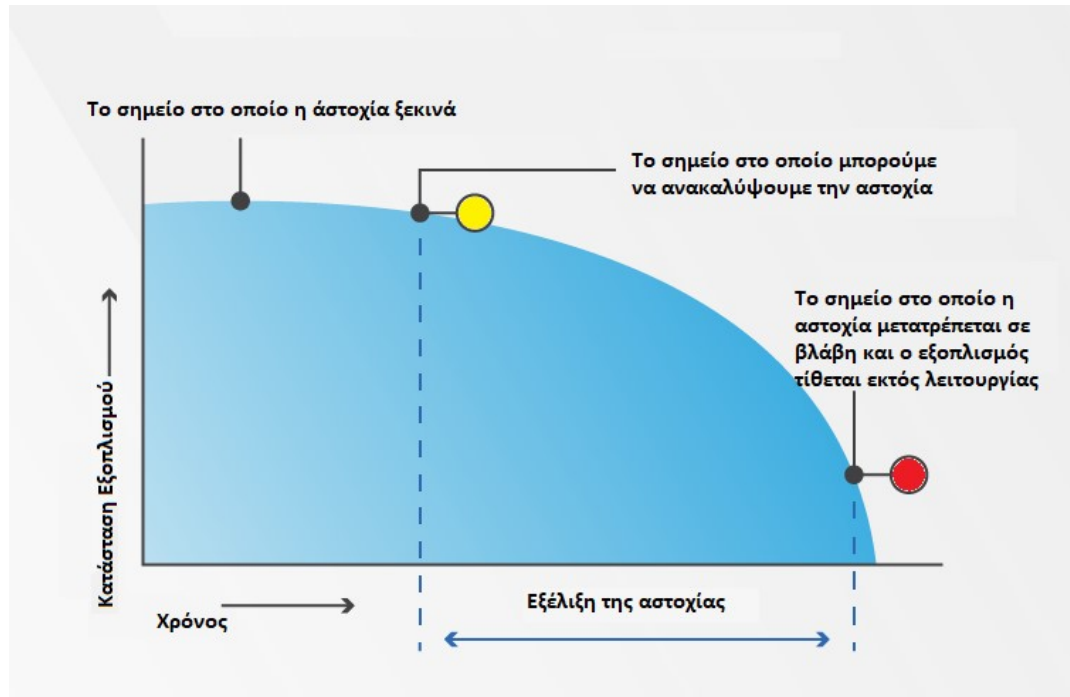
2.2.1 Μέθοδος ανάλυσης αιτιών αστοχίας- FMEA -Failure Mode and Effect Analysis

Η τεχνική αυτή είναι ευρέως γνωστή και χρησιμοποιείται σχεδόν παντού για την ανίχνευση, την ποσοτικοποίηση και την αντιμετώπιση προβλημάτων. Σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον αρχικά πρέπει να συγκεντρώσουμε όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες σχετικά με τον εξοπλισμό και τους υπό-εξοπλισμούς που τον συνθέτουν. Στη συνέχεια θα πρέπει να ανακαλύψουμε τις πιθανές βλάβες. Η διαδικασία αυτή απαιτεί αρκετή εμπειρία από παλιότερες βλάβες ίδιου ή και παρόμοιου εξοπλισμού, ατέλειες ή και παραλείψεις του συστήματος συντήρησης και φυσικά μελέτη των τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού. Στη συνέχεια καταγράφουμε τις συνέπειες αυτών και τις αξιολογούμε όσον αφορά την πιθανότητα να συμβούν και την επίπτωση που θα έχουν. Όπως γίνεται αντιληπτό η τεχνική αυτή είναι ένα δυναμικό μοντέλο ανάλυσης δεδομένων και δεν πρέπει να εκτελείται εφάπαξ για έναν εξοπλισμό, εφόσον ποτέ και για κανένα εξοπλισμό δεν θα είμαστε σε θέση να ανιχνεύσουμε το 100% των βλαβών και των αστοχιών. Θα πρέπει να ανανεώνουμε συχνά τα δεδομένα και να εκτελούμε ξανά την τεχνική και να επεξεργαζόμαστε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν.

Εξοπλισμός	Υπό-Εξοπλισμός	Δυσλειτουργία Υποεξοπλισμού	Αίτια Δυσλειτουργίας	Συνέπειες βλάβης	Πιθανότητα (1 μικρή-10 μεγάλη)	Κρισιμότητα (1 μικρή-10 μεγάλη)	Δυνατότητα Ανίχνευσης (10 μικρή -1 μεγάλη)	Τρόπος Ανίχνευσης	Κατάταξη του κινδύνου	Τρόπος Αντιμετώπισης ή Περιορισμού
Γερανός	Διάταξη ανύψωσης	Κινητήρας διάταξης ανύψωσης	Βραχυκύκλωμα τυλιγμάτων	Καταστροφή κινητήρα	2	9	5	Μέτρηση τυλιγμάτων κινητήρα	(Πιθανότητα*Επίπτωση)+Δυνατότητα Ανίχνευσης=23 (Κλίμακα 2-110)	Περιοδική συντήρηση κάθε 1 χρόνο με τους ελέγχους που αναφέρονται στους τρόπους ανίχνευσης
								Έλεγχος ρευμάτων κινητήρα	Χαμηλός κίνδυνος	
								Έλεγχος ορθής λειτουργίας της θερμικής προστασίας του κινητήρα		
								Έλεγχος ορθής λειτουργίας της διάταξης ελέγχου του κινητήρα και των αγωγών τροφοδοσίας		

Ο πραγματικός στόχος μιας τέτοιας τεχνικής είναι η εύρεση μιας αστοχίας ενός υπό-εξοπλισμού, πριν αυτή η αστοχία θέσει εκτός διαθεσιμότητας τον εξοπλισμό. Όπως παρατηρούμε και στην παρακάτω γραφική παράσταση ο πραγματικός στόχος είναι η καμπύλη της εξέλιξης της αστοχίας να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη και με

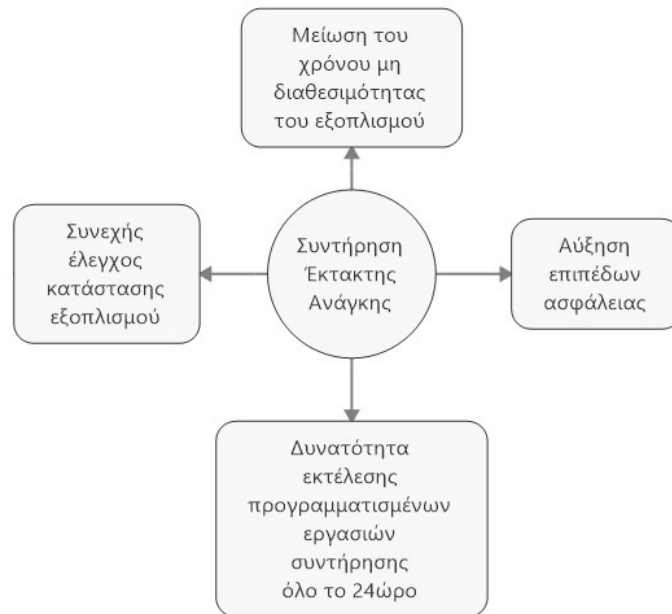
μικρότερη συχνότητα, πράγμα το οποίο σημαίνει περισσότερος χρόνος για ανίχνευση της αστοχίας και μικρή επαναληπτικότητα, προκειμένου να υπάρχει μια ροή αποτελεσμάτων.



Εικόνα 15: Καμπύλη κατάστασης εξοπλισμού.

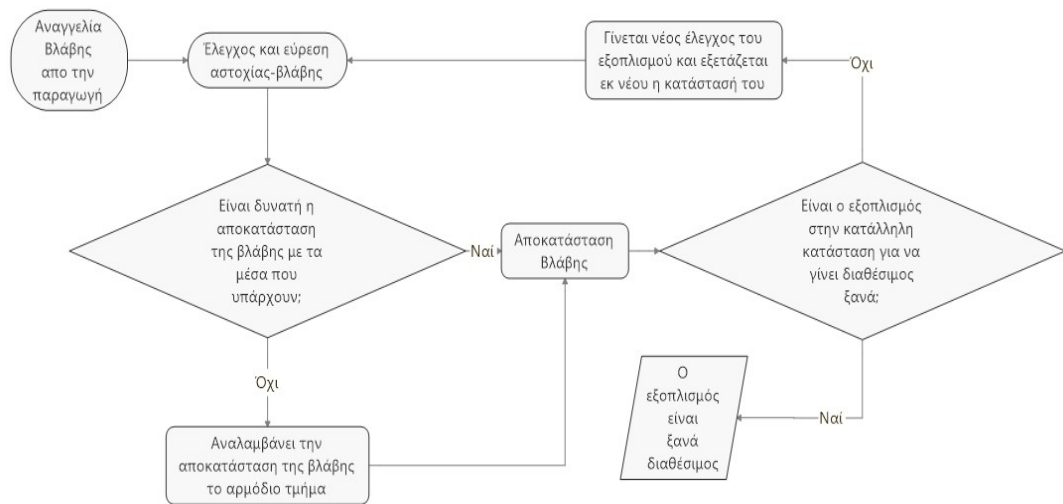
2.3 Επιδιορθωτική συντήρηση έκτακτης ανάγκης - Breakdown Emergency Maintenance

Η επιδιορθωτική συντήρηση είναι η παλαιότερη τεχνική συντήρησης αλλά πάντοτε επίκαιρη. Είναι η συντήρηση-επισκευή ενός εξοπλισμού αμέσως μετά την αστοχία η οποία θα τον θέσει εκτός λειτουργίας. Σε πολύ μεγάλο ποσοστό εταιριών, όπου είτε η οργάνωση και ο προγραμματισμός υπάρχει μόνο σε θεωρητικό πλαίσιο, είτε ο εξοπλισμός δεν είναι κρίσιμος για την παραγωγή, η επιδιορθωτική συντήρηση είναι και η μοναδική συντήρηση που πραγματοποιείται στον αντίστοιχο εξοπλισμό.



Εικόνα 16: Βασικά χαρακτηριστικά συντήρησης έκτακτης ανάγκης.

Σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, συνήθως υπάρχει πάντα σε κατάσταση αναμονής μια ομάδα από τεχνικούς οι οποίοι ανά πάσα στιγμή είναι διαθέσιμοι να ανταποκριθούν σε οποιαδήποτε αστοχία ενός παραγωγικού εξοπλισμού και να προσπαθήσουν να τον επαναφέρουν σε λειτουργική κατάσταση διαθεσιμότητας. Σε περίπτωση που δεν καταφέρουν, με τα μέσα που διαθέτουν εκείνη την στιγμή, τότε ο εξοπλισμός τίθεται με ασφάλεια εκτός λειτουργίας και ακολουθείται το προγραμματισμένο πλάνο για αυτές τις περιπτώσεις. Συνήθως εργάζονται σε κυλιόμενες βάρδιες και καλύπτουν όλο τον παραγωγικό χρόνο. Η συντήρηση αυτή ορίζεται ως συντήρηση έκτακτης ανάγκης (emergency maintenance).



Εικόνα 17: Προσομοίωση ακολουθίας διεργασιών σε μια αναγγελία βλάβης η οποία θα μετατραπεί σε μία εργασία συντήρησης έκτακτης ανάγκης.

Η σημαντικότητα της συντήρησης έκτακτης ανάγκης δεν περιορίζεται μόνο στην αποκατάσταση της διαθεσιμότητας. Τον χρόνο όπου δεν υπάρχει κάποια βλάβη, οι τεχνικοί είναι διαθέσιμοι να κάνουν μικρής έκτασης προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης όπως η λίπανση ή η συμπλήρωση των φύλλων καταγραφής της κατάστασης του εξοπλισμού. Γενικότερα, όπως αντιλαμβανόμαστε η παρουσία τους δίνει μια πολύ καλή εικόνα της κατάστασης του εξοπλισμού η οποία ανανεώνεται ανά πάσα στιγμή λόγω της 24ωρης εργασίας τους.

ΛΙΣΤΑ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΟΜΑΔΑΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ					ΗΜ: 10-06-2020	ΒΑΡΔΙΑ: Α
A/A	ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΣΤΟ CMMS	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ
1	10:20	10:30	ΤΑΙΝ/ΜΟΣ 2	Επανεκίνηση συστήματος ελέγχου	ΒΛ32467	
2	10:50	11:20	ΦΟΥΡΝΟΣ 6	Αντικατάσταση Θερμοστάτη	ΒΛ32468	
3	10:55	12:00	ΜΟΤΕΡ 14	Αντικατάσταση Ρουλεμάν	ΒΛ32469	
4	11:42		ΤΑΙΝ/ΜΟΣ 4	Βλάβη συστήματος ελέγχου	ΒΛ32470	
5	12:40	14:00	ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ 1	Αντικατάσταση κομπρεσέρ	ΒΛ32471	
6	13:00	14:00		ΠΕΡ47855	ΕΡ47855	
7	13:30	14:00		ΠΕΡ47856	ΕΡ47856	
8	14:00	16:00		ΠΕΡ47857	ΕΡ47857	
9						
10						
ΛΙΣΤΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΚΤΕΛΕΣΤΟΥΝ					ΗΜ: 10-06-2020	ΒΑΡΔΙΑ: Α
A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ			ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΣΤΟ CMMS	
1	ΚΤΙΡΙΟ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ	Αντικατάσταση λαμπτήρων			ΠΕΡ47855	
2	ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ 3	Αντικατάσταση Φίλτρων			ΠΕΡ47856	
3	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ	Έλεγχος και συμπλήρωση του φύλλου καταγραφής			ΠΕΡ47857	
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Εικόνα 18: Λίστα εργασιών-βλαβών ομάδας συντήρησης έκτακτης ανάγκης.

Work Order 1127942 COMMUNICATION BUS FAULT.

Record View **Comments** * Activities Book Labor Closing Parts Cost Summary Additional Costs Meter Readings

Checked all bus connectors (cables and on-off switches). One connector on safety plc (e-room) founded it with unscrew bolts. We fix it with no result. Many resets were made at all the plc with no result. The problem is possible at the e-room safety plc. No spare parts founded at store. The machine was setted out of order.

Created 11-06-2020 05:58
Chief Engineer G.M

Εικόνα 19:Περιγραφή βλάβης.

Work Order 1127942 COMMUNICATION BUS FAULT.

Record View Comments **Activities** * Book Labor Closing Parts Cost Summary Additional Costs Meter Readings

All Activities Edit

Activity	Trade	With Pending Item	PI/FU Completed	Note/Pending Item	Original Pending WO-Activity	Start Date	Pe
10 *	[A]	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pending item	[A]	11-06-2020	

Εικόνα 20: Με τον ορισμό "pending", υποδηλώνεται ότι η βλάβη δεν αποκαταστάθηκε από το τμήμα της συντήρησης έκτακτης ανάγκης και θα την αναλάβει το αρμόδιο τμήμα.

Κάθε μια νέα εργασία οποιουδήποτε τμήματος συντήρησης, απαιτεί μια νέα εγγραφή στο "CMMS" και ονομάζεται "Work Order". Στην περίπτωση μιας βλάβης η οποία δεν επιδιορθώθηκε από το τμήμα της συντήρησης έκτακτης ανάγκης, τότε η εργασία παραμένει ανολοκλήρωτη "Pending" και ολοκληρώνεται "Completed" αφού όλες οι διεργασίες που απαιτήθηκαν ολοκληρώθηκαν με επιτυχία.

Record View Comments **Activities** Book Labor Closing **Parts** Cost Summary Additional Costs Meter Readings

All Activities Edit

Activity	Trade	With Pending Item	PI/FU Completed	Note Pending Item	Original Pending WO-Activity	Start Date	Percent Complete	Requisition - Line
10 *	[A]	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	[A]	[A]	11-06-2020		[A]

Σε περίπτωση όπου μια βλάβη επιδιορθωθεί συμπληρώνονται παρακάτω στοιχεία και η εργασία "work order" κλείνει και μένει στο αρχείο.

Στην ενότητα των ανταλλακτικών "parts" θα προστεθούν τα ανταλλακτικά που χρησιμοποιήθηκαν για την αποκατάσταση της βλάβης.

Records: 1 of 1 123

Activity Details Αναλυτική περιγραφή διεργασιών "activity" που εκτελέστηκαν προκειμένου να ολοκληρωθεί η αποκατάσταση της βλάβης

Note/Pending Item: [] Σχόλια διεργασίας

Activity: 10 A/A διεργασίας

Trade: TECHN Τμήμα

People Required: [] Αριθμός τεχνικών που χρειάστηκαν

Estimated Hours: [] Εκτιμώμενος χρόνος

Suggested End Date: []

Latest Scheduled Date: []

With Pending Item:

Start Date: []

End Date: []

Scheduled Hours: []

Hours Remaining: []

Hired Labor:

Labor Type: []

Original Pending WO-Activity: [] - []

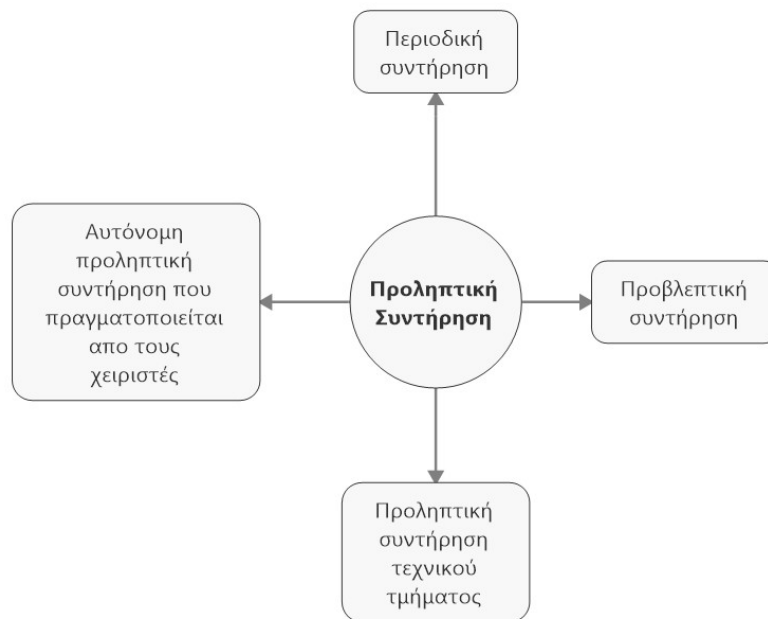
Direct Materials on Deferred Activity:

Εικόνα 21: Αποκατάσταση βλάβης και συμπλήρωση των απαραίτητων στοιχείων για να ολοκληρωθεί η εργασία.

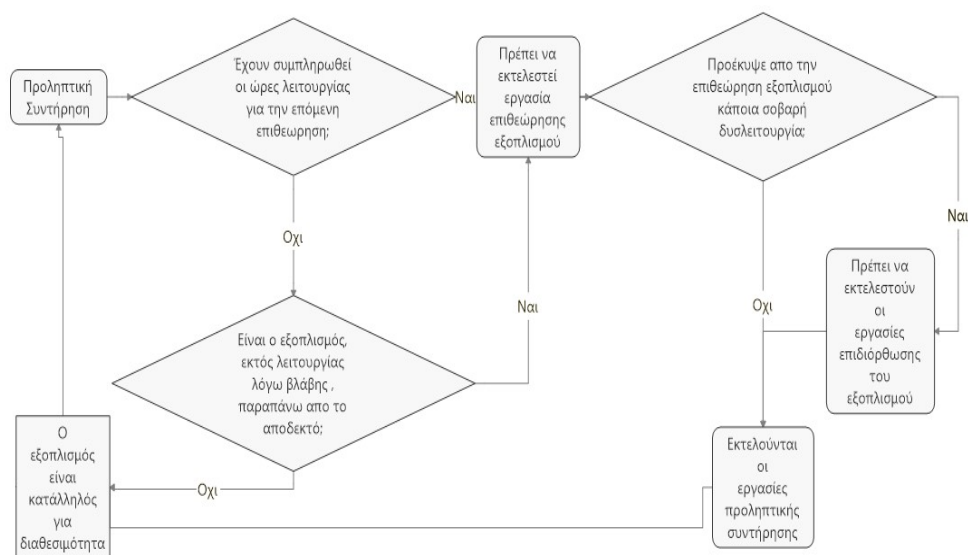
2.4 Προληπτική συντήρηση - Preventive Maintenance

Η προληπτική συντήρηση αποτελεί σήμερα τον πιο σημαντικό κλάδο ενός τμήματος συντήρησης που διαχειρίζεται βιομηχανικό εξοπλισμό. Ο κλάδος αυτός περιέχει διαδικασίες όπως η περιοδική και η προβλεπτική συντήρηση και ο βασικός στόχος είναι η διατήρηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός εξοπλισμού πριν αυτός αστοχήσει, αλλά και η εξασφάλιση της βέλτιστης τεχνο-οικονομικά συντήρησης σε όλο τον κύκλο ζωής του.

Η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου προγράμματος προληπτικής συντήρησης απαιτεί λεπτομερή συλλογή δεδομένων και εκτεταμένη γνώση λειτουργιών του εξοπλισμού. Εφόσον καταρτιστεί, η υλοποίηση του απαιτεί: αυτοματοποίηση διαδικασιών, πειθαρχία από τους εμπλεκόμενους (χειριστές, τεχνικούς, ανώτερα στελέχη, εργαζόμενους στο τμήμα της εφοδιαστικής αλυσίδας αλλά και της παραγωγικής διαδικασίας), συνεχή παρακολούθηση των βαθμών απόδοσης και ευελιξία στις αλλαγές, οποίας μορφής και αν είναι αυτές.



Οι εργασίες της προληπτικής συντήρησης πραγματοποιούνται από εξειδικευμένους τεχνικούς οι οποίοι έχοντας κάθε απαραίτητη πληροφορία και ανταλλακτικό, εκτελούν την προγραμματισμένη εργασία με βάση τους κανόνες της τέχνης και της επιστήμης.



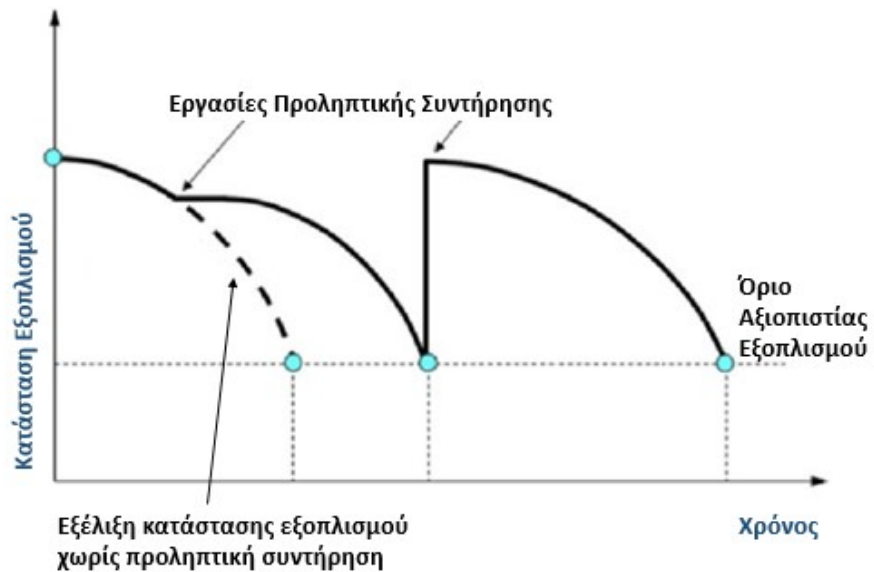
Εικόνα 22: Ένα τυπικό διάγραμμα ροής της παρακολούθησης ενός εξοπλισμού.

Προφανώς και πρέπει να υπάρχει άμεση συνεργασία των δύο βασικών τμημάτων της συντήρησης (επιδιορθωτική-προληπτική) καθώς ο στόχος είναι κοινός. Επομένως μια επαναλαμβανόμενη μικρή αστοχία, η οποία εμφανίζεται συνεχώς στον εξοπλισμό δεν πρέπει να περνάει απαρατήρητη. Η επιδιορθωτική συντήρηση θα πρέπει να αναφέρει την επαναλαμβανόμενη αστοχία και η προληπτική συντήρηση να την εξετάσει προτού αυτή θέσει εκτός διαθεσιμότητας τον εξοπλισμό για αρκετό διάστημα.

ΛΙΣΤΑ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΟΜΑΔΑΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ					ΗΜ: 10-06-2020	ΒΑΡΔΙΑ: Α
A/A	ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΣΤΟ CMMS	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ
1	6:20	6:30	ΤΑΙΝ/ΜΟΣ 2	Επανεκκίνηση συστήματος ελέγχου	ΒΛ32467	
2	10:50	11:20	ΦΟΥΡΝΟΣ 6	Αντικατάσταση Θερμοστάτη	ΒΛ32468	
3	10:55	12:00	ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ 14	Αντικατάσταση Ρουλεμάν	ΒΛ32469	
4	11:42	12:00	ΤΑΙΝ/ΜΟΣ 4	Βλάβη συστήματος ελέγχου	ΒΛ32470	
5	12:40	14:00	ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ 1	Αντικατάσταση κομπρεσέρ	ΒΛ32471	
ΛΙΣΤΑ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΟΜΑΔΑΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ					ΗΜ: 10-06-2020	ΒΑΡΔΙΑ: Β
A/A	ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΣΤΟ CMMS	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ
1	15:10	15:30	ΤΑΙΝ/ΜΟΣ 2	Επανεκκίνηση συστήματος ελέγχου	ΒΛ32472	
2	17:10	18:10	ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΤΟΜΕΑ Α	Αντικατάσταση ρελέ ελέγχου	ΒΛ32473	
3	17:20	18:20	ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ 14	Αντικατάσταση Κινητήρα	ΒΛ32474	
4	19:00	19:49	ΤΑΙΝ/ΜΟΣ 4	Αντικατάσταση ταινίας	ΒΛ32475	
5	19:10	19:20	Υ/Σ 1	Επανεκκίνηση Κεντρικού διακόπτη	ΒΛ32490	
6	20:49	22:00	ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ 4	Αντικατάσταση πλακέτας	ΒΛ32476	
ΛΙΣΤΑ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΟΜΑΔΑΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ					ΗΜ: 10-06-2020	ΒΑΡΔΙΑ: Γ
A/A	ΧΡΟΝΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΛΗΞΗΣ ΣΥΜΒΑΝΤΟΣ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΣΤΟ CMMS	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ
1	22:34	22:39	ΤΑΙΝ/ΜΟΣ 2	Επανεκκίνηση συστήματος ελέγχου	ΒΛ32477	
2	23:12	23:55	ΦΟΥΡΝΟΣ 2	Αντικατάσταση Θερμοστάτη	ΒΛ32478	
3	2:00	3:00	ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ 19	Αντικατάσταση Κινητήρα	ΒΛ32479	
4	4:00	4:30	ΤΑΙΝ/ΜΟΣ 4	Βλάβη συστήματος ελέγχου	ΒΛ32480	

Εικόνα 23: Μια συγκεντρωτική λίστα από τις αστοχίες των εξοπλισμών έτσι όπως καταγράφηκαν από τις ομάδες της συντήρησης έκτακτης ανάγκης.

Παρατηρούμε στο παραπάνω πίνακα ότι υπήρξε μια αστοχία που συνέβη τρεις φορές σε ένα 24ωρο και άφησε τον εξοπλισμό εκτός διαθεσιμότητας για 35λεπτά. Αυτή η επαναλαμβανόμενη αστοχία είναι αρκετή για να «δημιουργήσει» μια επιθεώρηση του εξοπλισμού την επόμενη κιόλας ημέρα.



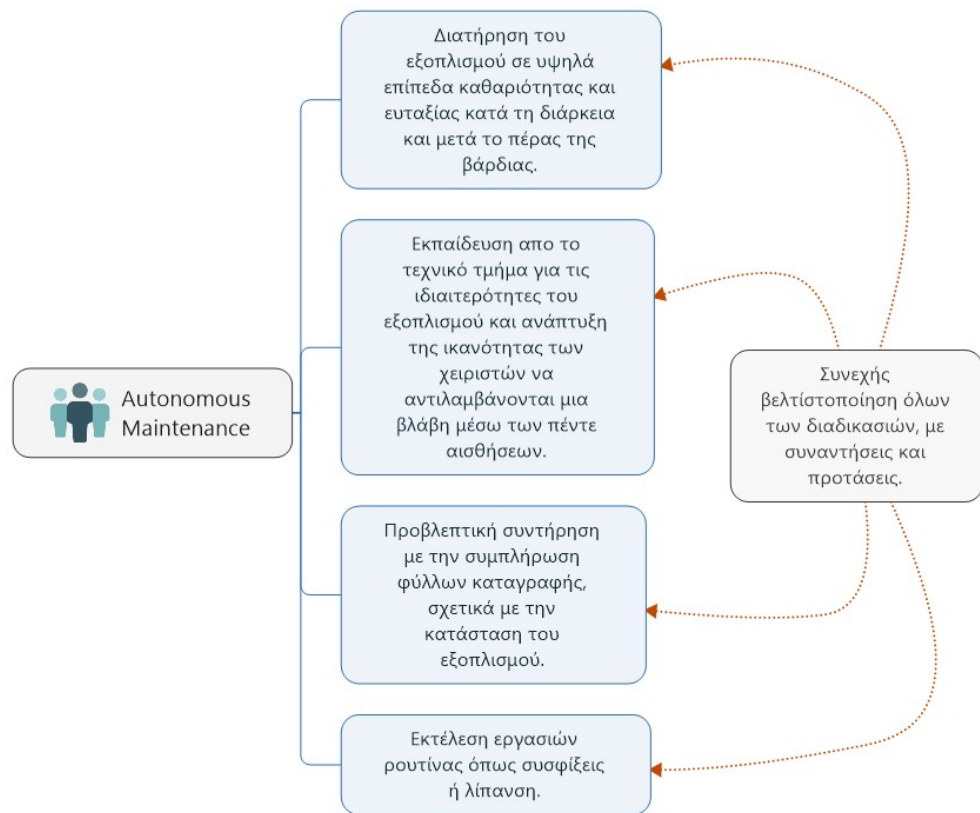
Εικόνα 24: Η συμβολή της προληπτικής συντήρησης στον βαθμό αξιοπιστίας ενός εξοπλισμού.

Η αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος προληπτικής συντήρησης δεν εξασφαλίζεται από την μεγάλη συχνότητα εργασιών και την εξασφάλιση μεγάλου αριθμού πόρων αλλά από την αύξηση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού και της μείωσης των αστοχιών.

2.4.1 Αυτόνομη συντήρηση - Autonomous Maintenance

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, όσο αποτελεσματική και να είναι η συντήρηση που πραγματοποιείται από το τεχνικό τμήμα, τα συνολικά αποτελέσματα της δεν θα είναι τα επιθυμητά εάν οι χειριστές των μηχανημάτων δεν γίνουν «κομμάτι της εξίσωσης» που λέγεται βέλτιστη συντήρηση εξοπλισμού.

Επομένως η φιλοσοφία που θα πρέπει να περάσει από την διοίκηση είναι πως ο εξοπλισμός είναι ένα περιουσιακό στοιχείο της εταιρίας και η διατήρηση της διαθεσιμότητας του σε υψηλά επίπεδα διαθεσιμότητας είναι ευθύνη όλων όσων εμπλέκονται με αυτόν.



Εικόνα 25: Η αυτόνομη συντήρηση είναι ένας βασικός πυλώνας της “TPM”. Η βασική της αρχή είναι ότι ο χειριστής δεν είναι μόνο υπεύθυνος για τον χειρισμό του εξοπλισμού αλλά και για την γενικότερη κατάσταση του, όπως αναφέρομε στην εικόνα.

2.4.2 Περιοδική συντήρηση - Periodic Maintenance

Ένα πρόγραμμα περιοδικής συντήρησης πρέπει να περιέχει όλες εκείνες τις απαραίτητες, με βάση τα εγχειρίδια συντήρησης, προγραμματισμένες εργασίες. Ακόμη απαραίτητο είναι να προστεθούν περιοδικοί έλεγχοι ορθής λειτουργίας του εξοπλισμού. Τα διαστήματα ανά τα οποία θα γίνονται οι εργασίες θα πρέπει να είναι συγκεκριμένα και να μην αυξάνονται από εξωγενείς παράγοντες καθώς αυτό είναι κάτι που ενδέχεται να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα.

AC Induction Motors

Relubrication Time Interval & Amounts - motors with regreasing provisions

Service Condition	NEMA Frame Size ¹					
	140-180		210-360		400-510	
	1800 RPM & Less	Over 1800 RPM	1800 RPM & Less	Over 1800 RPM	1800 RPM & less	Over 1800 RPM
Standard	3 years	6 months	2 years	6 months	1 year	3 months
Severe	1 year	3 months	1 year	3 months	6 months	1 month
Seasonal	See Note 2.					

¹ For motors nameplated as "belted duty only" divide the intervals by 3.

² Lubricate at the beginning of the season. Then follow service schedule above.

SEASONAL SERVICE: The motor remains idle for a period of 6 months or more.

STANDARD SERVICE: Up to 16 hours of operation per day, indoors, 38° C (100° F) maximum ambient.

SEVERE SERVICE: Greater than 16 hours of operation per day. Continuous operation under high ambient temperatures 38°-65° C 100°-150° F) and/or any of the following: dirty, moist locations, high vibration (above NEMA standards), heavy shock loading, or where shaft extension end is hot.

Εικόνα 26: Το εγχειρίδιο συντήρησης ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα. Το συγκεκριμένο τμήμα αφορά την λίπανση.

General Electrical Maintenance Requirement			
EQUIPMENT No.	TECHNICIANS:	DATE:	
No.	INSPECTION ITEMS	DESCRIPTION	RESULT/COMMENT
	Classification	Monthly check item need to be inspected	
	PC-ROOM	1. LIGHTS AND SOCKETS	
		2. A/C	
		3. UPS	
		4. PC(CMS-PLC-BYPASSES)	
	E-ROOM	1. LIGHTS AND SOCKETS	
		2. A/C	
		3. PANELS	
		4. LOCAL PANEL	
		5. CONTACTORS PANELS	
		6. CONVERTER PANELS	
		7. INVERTERS PANELS	
		8. UPS	
		9. E-DRAWINGS	

Εικόνα 27: Ενδεικτικό φύλλο καταγραφής επιθεώρησης εξοπλισμού.

Η περιοδική συντήρηση πρέπει να είναι μια πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία στο λογισμικό “CMMS” και τα αποτελέσματα των περιοδικών ελέγχων να λαμβάνονται υπόψη και να «παράγουν» νέες εργασίες προληπτικής συντήρησης.

PM Schedule INSP-ZPMC-006 Service interval for annual inspection - ZPMC

Record View Comments Activities Equipment Work Orders

PM Schedule: INSP-ZPMC-006 * Service interval for annual inspection - ZPMC QC

Organization: []

PM Details

Type: Variable Class: []

Out of Service: Λεπτομέρειες σχετικά με την μορφή της περιοδικής συντήρησης (εάν χρειαστεί να βγει εκτός διαθεσιμότητας ή όχι).

Scheduling

Perform Every: 1 Years Χρονικό διάστημα ανάμεσα στα επαναλαμβανόμενα προγράμματα προληπτικής συντήρησης.

Meter Interval: 4.000 OP []

Nesting Reference: ZPMC SERVICE []

Revision Control

Status: Approved Revision: 0

Work Order Details

WO Type: Preventive maintenanc

Duration: 7

WO Class: INSP []

Manage Group: ENG-CRANES []

Priority: []

WO Custom Fields

Custom Fields

Εικόνα 28: Προγραμματισμένη-επαναλαμβανόμενη περιοδική συντήρηση ελέγχου ορθής λειτουργίας εξοπλισμού.

PM Schedule INSP-ZPMC-006 Service interval for annual inspection - ZPMC

Record View Comments Activities Equipment Work Orders *

α/α εργασίας προληπτικής συντήρησης	Οργανισμός	Ημερομηνία που πρέπει να εκτελεστεί η εργασία	Κατάσταση εργασίας	Τύπος εργασίας	Τύπος εξοπλισμού	Εξοπλισμός			
Work Order	Organization	PM Revision	Due Date	Meter Due	WO Status	WO Class	WO Class Org.	Equip. Type	Equipment
[A] []	[A] []	[]	[]	[]	[A] []	[A] []	[A] []	[A] []	[A] []
1127758		0	03-06-2021		Awaiting Release	INSP	*	Asset	QC32
1127702		0			Awaiting Release	INSP	*	Asset	QC42
1125154		0	30-04-2021		Completed	INSP	*	Asset	QC32
1124720		0	24-04-2021		Awaiting Release	INSP	*	Asset	QC33
1124221		0	18-04-2021		Awaiting Release	INSP	*	Asset	QC17
1124216		0	17-04-2021		Awaiting Release	INSP	*	Asset	QC15
1123411		0	03-04-2021		Awaiting Release	INSP	*	Asset	QC40
1123015		0	04-04-2021		Awaiting Release	INSP	*	Asset	QC31
1122990		0	04-04-2021		Awaiting Release	INSP	*	Asset	QC36
1122645		0	28-03-2021		Completed	INSP	*	Asset	QC32
1122641		0	28-03-2021		Awaiting Release	INSP	*	Asset	QC35
1122401		0	21-03-2021		Completed	INSP	*	Asset	QC33
1122399		0	21-03-2021		Awaiting Release	INSP	*	Asset	QC34

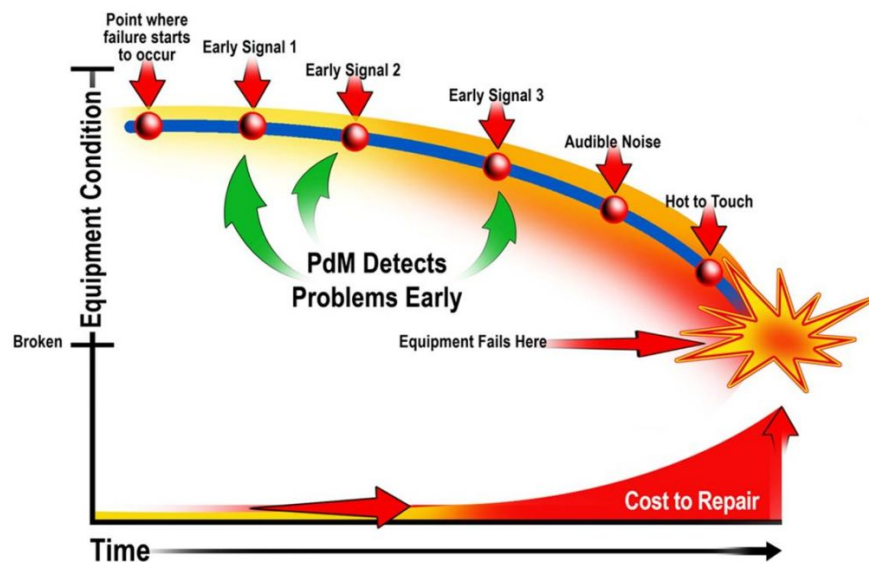
Εικόνα 29: Αναλυτική εικόνα εξοπλισμού και ημερομηνιών προγραμματισμένων εργασιών προληπτικής συντήρησης.

2.4.3 Προβλεπτική συντήρηση - Predictive Maintenance

Η πρόβλεψη γήρανσης ενός ανταλλακτικού και μιας επικείμενης αστοχίας η οποία μπορεί να επιφέρει ανυπολόγιστες συνέπειες απαιτεί ακρίβεια και χρήση ειδικού-εξειδικευμένου εξοπλισμού.

Το πιο δύσκολο σκέλος της προβλεπτικής συντήρησης είναι να γίνει η βέλτιστη επιλογή όσον αφορά τον εξοπλισμό ο οποίος πρέπει να παρακολουθείται. Η επιλογή προφανώς θα πρέπει να γίνεται με βάση έναν βαθμό κρισιμότητας ο οποίος θα προκύπτει από την ενσωμάτωση στοιχείων όπως : κόστος αντικατάστασης, διαθεσιμότητα ανταλλακτικών, όγκος εργασιών, ευκολία ανίχνευσης μιας αστοχίας.

Εφόσον επιλεγθεί ο εξοπλισμός στην συνέχεια θα πρέπει να γίνει μια έρευνα από διατάξεις οι οποίες με την βοήθεια προηγμένων τεχνολογικά αισθητήρων μετρούν και καταγράφουν κρίσιμα για τον εξοπλισμό δεδομένα, όπως κραδασμοί ή θερμοκρασία, τα οποία συγκρίνονται με τα αντίστοιχα που προβλέπει ο κατασκευαστής και έτσι ανά πάσα στιγμή γνωρίζουμε την κατάσταση τους.

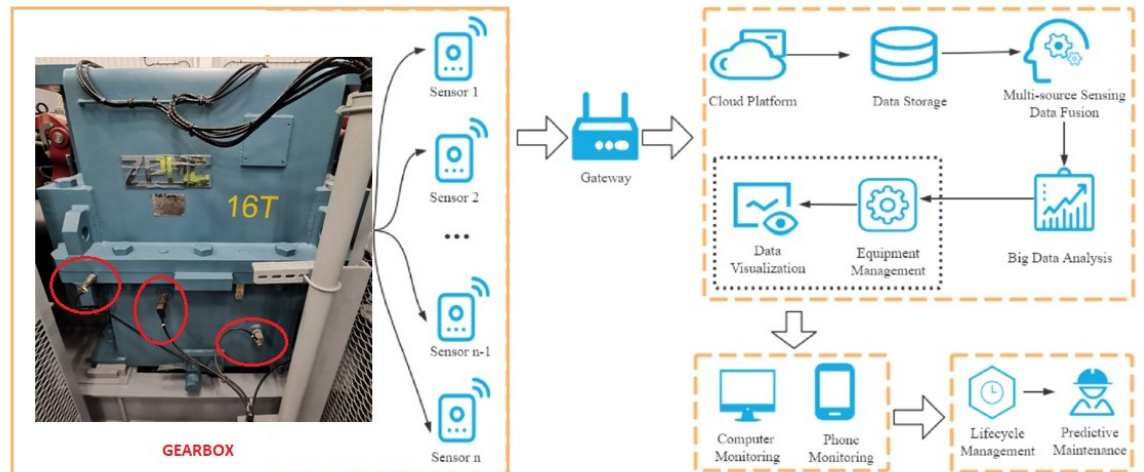


Εικόνα 30: πηγή:videlube.com

Μια καμπύλη κατάστασης εξοπλισμού η οποία μας δείχνει ότι η προβλεπτική συντήρηση μας είχε δείξει αρκετά πριν την αστοχία σημάδια μη φυσιολογικής λειτουργίας τα οποία αγνοήθηκαν. Ανάλογο φυσικά είναι και το κόστος επισκευής. Βέβαια αυτό που δεν μπορεί να υπολογιστεί άμεσα και εύκολα είναι το κόστος από την διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας, το οποίο τις περισσότερες φορές είναι πολλαπλάσιο από αυτό της επισκευής του εξοπλισμού.



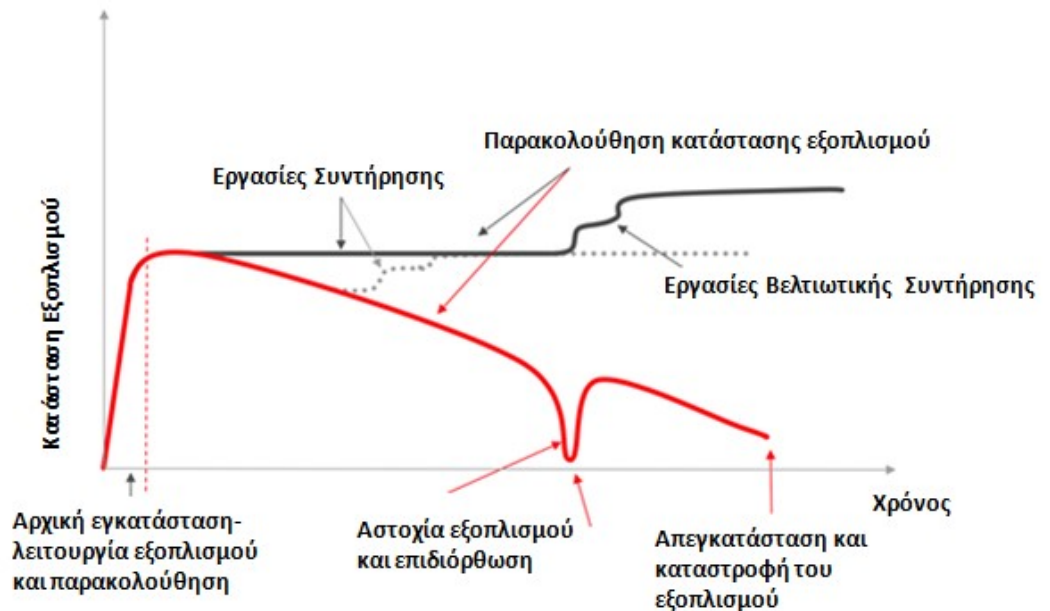
Εικόνα 31:Γραφική παράσταση μετρήσεων βασικών χαρακτηριστικών εξοπλισμού.



Ο μειωτήρας (gearbox) είναι μια πολύ κρίσιμη διάταξη και αποτελείται από πολλά μηχανικά εξαρτήματα τα οποία είναι αδύνατον να γνωρίζουμε ανά πάσα στιγμή τη λειτουργική τους κατάσταση. Επομένως χρησιμοποιώντας ειδικούς αισθητήρες που ανιχνεύουν μεγέθη όπως η δόνηση και η επιτάχυνση μετρούμενα σε συχνότητα, έχουμε την δυνατότητα ανά πάσα στιγμή να γνωρίζουμε την λειτουργική κατάσταση τους.

2.5 Βελτιωτική Συντήρηση-Upgrading Maintenance

Μια ενέργεια βελτιωτικής συντήρησης μπορεί να πραγματοποιηθεί λόγω του ότι συχνά οι εξοπλισμοί κυρίως λόγω της πολυπλοκότητας των συστημάτων αλλά και της μεγάλης ζήτησης στα παραγωγικά αποτελέσματα εμφανίζουν σημάδια επαναλαμβανόμενης αστοχίας, σοβαρά λειτουργικά σφάλματα ή και σημάδια γήρανσης.



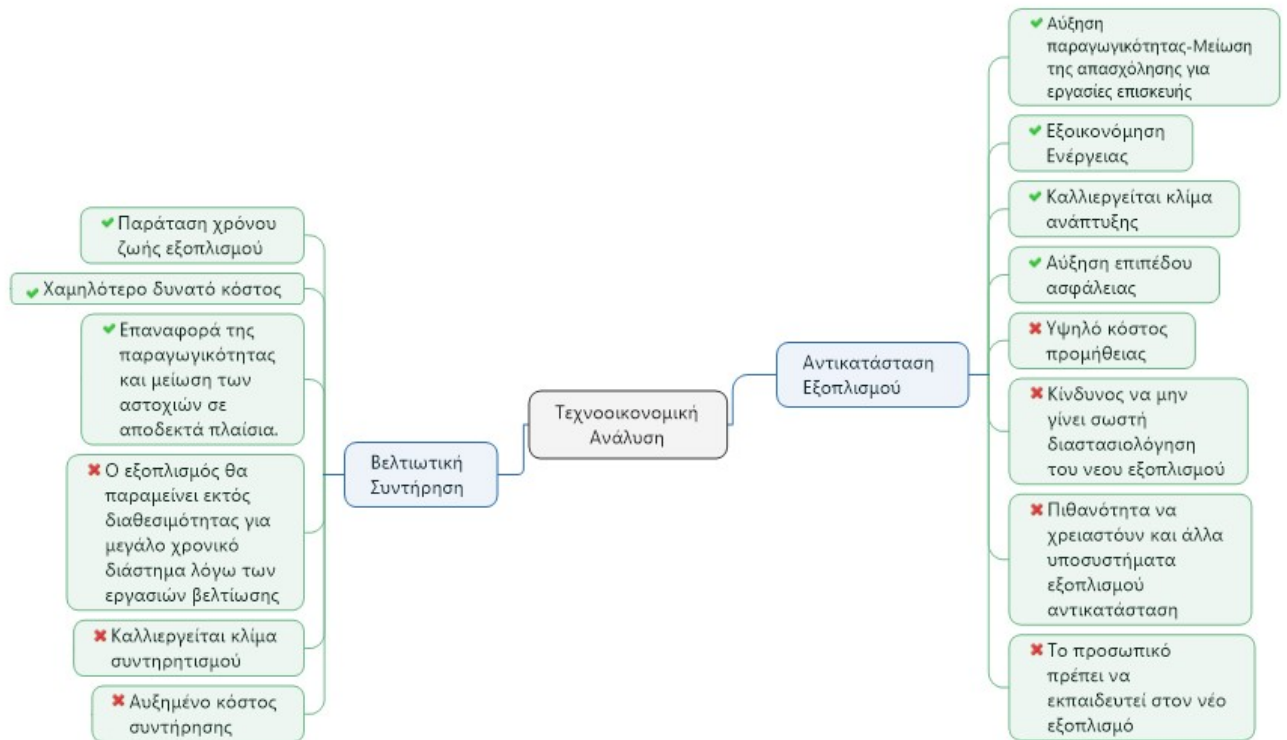
Εικόνα 32: Η συμβολή της βελτιωτικής συντήρησης στον κύκλο ζωής ενός εξοπλισμού.

Βέβαια ένα έργο βελτιωτικής συντήρησης αφενός κοστίζει αρκετά χρήματα, σε σχέση πάντα με ένα τυπικό έργο συντήρησης-επισκευής και αφετέρου αφήνει εκτός διαθεσιμότητας τον εξοπλισμό για αρκετό χρονικό διάστημα. Συνήθως τέτοιες ενέργειες θα πρέπει να έχουν μεγάλο ποσοστό επιτυχίας για να μπορούν να δικαιολογήσουν το κόστος τους αλλά και τον χαμένο χρόνο παραγωγικότητας του εξοπλισμού. Το μεγάλο δίλλημα συνήθως εμφανίζεται στην επιλογή: βελτίωση ή αντικατάσταση και για αυτό γίνονται πολύ προσεκτικές τεχνοοικονομικές μελέτες και αναλύσεις.

2.5.1 Κύριες αιτίες βελτιωτικής συντήρησης και ενέργειες αντιμετώπισης

- Γήρανση εξοπλισμού

Σε μια βιομηχανία η οποία δεν είναι νεοσύστατη και δεν έχει αλλάξει σε μεγάλο βαθμό το προφίλ της παραγωγής της, υπάρχει μεγάλο ποσοστό γερασμένου εξοπλισμού ο οποίος μπορεί να δημιουργεί μια σειρά από προβλήματα τα οποία αναφέραμε παραπάνω. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να εξετάζουμε την πιο συμφέρουσα λύση μεταξύ της βελτιωτικής συντήρησης και της αντικατάστασης.

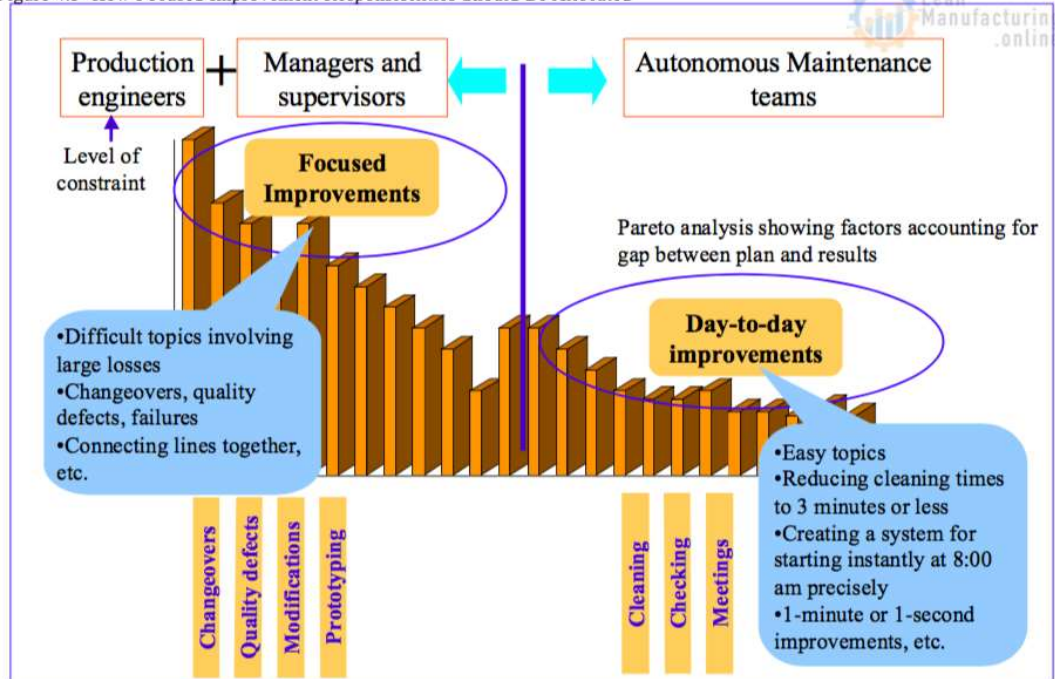


- Μη βέλτιστος αρχικός σχεδιασμός- Συνεχείς αστοχίες

Υπάρχουν αμέτρητα παραδείγματα όπου έχουν πραγματοποιηθεί λάθη στον αρχικό σχεδιασμό και στη διαστασιολόγηση συστημάτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις το βάρος πέφτει στο διαδικαστικό κομμάτι της υπόθεσης καθώς αναζητούνται ευθύνες για το πρόβλημα. Εφόσον το πρόβλημα προέρχεται από κατασκευαστική ατέλεια η επισκευή καλύπτεται από τον κατασκευαστή στα πλαίσια της αρχικής τεχνικής υποστήριξης-εγγύησης που παρέχει.

Στις περιπτώσεις όπου το λάθος προέρχεται από κάποια λάθος διαστασιολόγηση τότε ο κατασκευαστής μπορεί να προτείνει λύσεις, οι οποίες πραγματοποιούνται σε εργασίες βελτιωτικής συντήρησης από το τεχνικό τμήμα. Στις περιπτώσεις όπου διακρίνεται το πρόβλημα μεταγενέστερα συνήθως ο κατασκευαστής έχει αντιμετωπίσει προβλήματα και με άλλους όμοιους εξοπλισμούς που έχει προμηθεύσει και σε συνεννόηση με το τεχνικό τμήμα, προκρίνονται οι βέλτιστες λύσεις.

Figure 4.3 How Focused Improvement Responsibilities Should Be Allocated



Εικόνα 33: Η διαφορά της εστιασμένης βελτίωσης από την απλή καθημερινή βελτίωση και πώς καταμερίζονται οι αρμοδιότητες σε όλα τα επίπεδα. Πηγή: <https://leanmanufacturing.online/focused-improvement/>.

Συνήθως ένα οργανωμένο και αποτελεσματικό τμήμα συντήρησης έχει την ικανότητα και το υψηλό επίπεδο γνώσης και αντίληψης για να δημιουργήσει μια εργασία εστιασμένης βελτίωσης ενός εξοπλισμού. Τέτοιου είδους εργασίες ενός εξοπλισμού περιέχουν αρκετούς περιορισμούς και πρέπει να εμπλέκονται σε αυτές ανώτερα στελέχη και εκπρόσωποι του κατασκευαστή.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι εταιρίες προχωρούν αυτόβουλα σε μικρές ή μεγαλύτερες παρεμβάσεις-τροποποιήσεις σε εξοπλισμούς χωρίς την έγκριση του κατασκευαστή. Οι ενέργειες αυτές ενέχουν πολύ μεγάλο βαθμό κινδύνου και ως προς την λειτουργικότητα του εξοπλισμού αλλά και ως προς την ασφάλεια και καλό θα είναι να αποφεύγονται.



Εικόνα 34: Η δοκιμή που προσπάθησαν να πραγματοποιήσουν οι τεχνικοί του πυρηνικού αντιδραστήρα του Τσέρνομπύλ τον Απρίλιο του 1986 ήταν κατά κάποιο τρόπο μια εργασία βελτιωτικής συντήρησης καθώς τα αποτελέσματα της θα ήταν πολύ χρήσιμα για μελλοντικούς χειρισμούς του αντιδραστήρα. Όμως η δοκιμή έγινε παρακάμπτοντας όλες τις ασφαλιστικές διατάξεις και σε συνδυασμό με ένα σοβαρό κατασκευαστικό λάθος, είχε σαν αποτέλεσμα την έκρηξη του αντιδραστήρα, τον θάνατο χιλιάδων ανθρώπων και μια ανυπολόγιστη οικολογική καταστροφή.

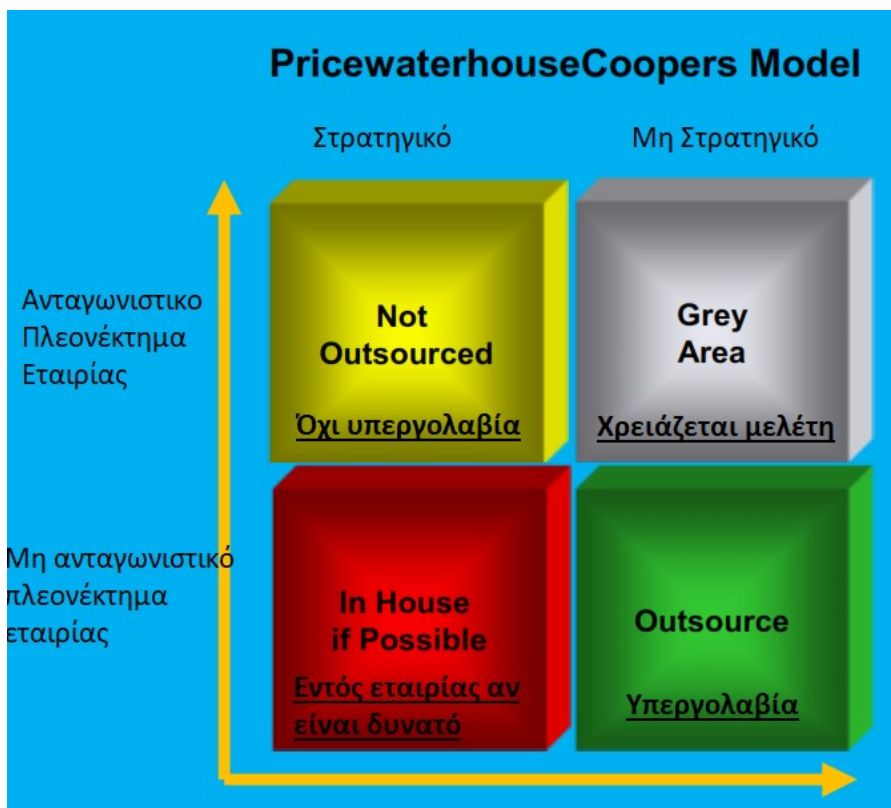
2.5.2 Υπεργολάβοι -Outsourcing

Υπεργολαβία ονομάζεται η εργασία που πραγματοποιεί ένας εξωτερικός οργανισμός για λογαριασμό της εταιρίας. Οι υπεργολαβίες παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο τα τελευταία χρόνια στις εταιρίες καθώς αρκετές είναι οι περιπτώσεις όπου περισσότερες εργασίες γίνονται από εξωτερικά συνεργεία παρά από το προσωπικό της.

Κύριοι λόγοι επιλογής υπεργολάβου

- Μείωση κόστους.
- Μείωση επενδύσεων κεφαλαίου για αγορά τεχνογνωσίας συντήρησης ,σχετικού εξοπλισμού και ανταλλακτικών και αυξάνεται η χρηματοοικονομική ροή της.
- Υπάρχει πρόβλημα τεχνογνωσίας επισκευής και εύρεσης ανταλλακτικών.
- Μείωση κινδύνων αστοχιών , υπολειτουργίας και αύξηση αξιοπιστίας του εξοπλισμού.
- Υπερπήδηση εσωτερικών περιορισμών προσωπικού(ωράρια,αμοιβές).
- Η εταιρία δίνει βάση στις κύριες δραστηριότητες της.

Συγγραφέας: Α.Βώσσης



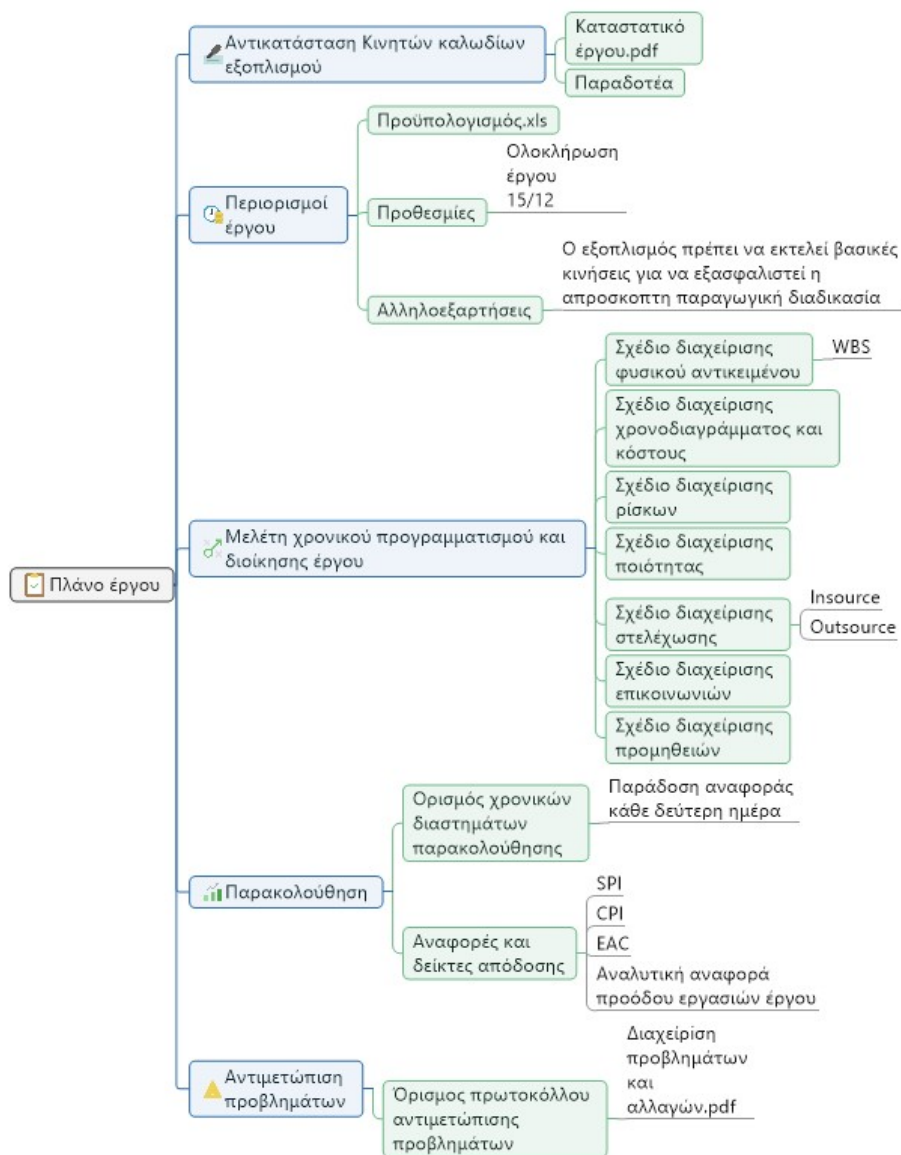
Εικόνα 35: Κριτήρια επιλογής ή όχι υπεργολάβου. Συγγραφέας: Α.Βώσσης.

Η επιλογή της εκτέλεσης μιας εργασίας από έναν υπεργολάβο δεν είναι μια απλή υπόθεση και χρειάζεται μελέτη. Οι εταιρίες σε επίπεδο ανώτατης διοίκησης επιλέγουν στρατηγικές και κατέχουν ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα. Όταν ένας υπεργολάβος εισχωρήσει σε μία εταιρία για να πραγματοποιήσει μια εργασία η οποία δεν είναι κοινή για της όλες τις εταιρίες του κλάδου, τότε μπορεί σχετικά εύκολα να την αντιγράψει και έτσι ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα παύει να υφίσταται.



Εικόνα 36: Το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα παρέχει σε μια επιχείρηση την δυνατότητα να δημιουργήσει μια βιώσιμη κατάσταση στην αγορά στην οποία δραστηριοποιείται.

2.5.3 Προσομοίωση ενός έργου βελτιωτικής συντήρησης.



Εικόνα 37: Αναλυτική περιγραφή της αποδόμησης ενός έργου.

- Καταστατικό έργου (Project charter)

Το καταστατικό ενός έργου ή οδικός χάρτης ενός έργου που εκδίδεται από τον εκκινήτη ή το χορηγό του έργου, εγκρίνει τυπικά την ύπαρξη ενός έργου και παρέχει στον διευθυντή του έργου την εξουσία να αναθέσει πόρους του οργανισμού στις δραστηριότητες του έργου.

- Παραδοτέα (Deliverables)

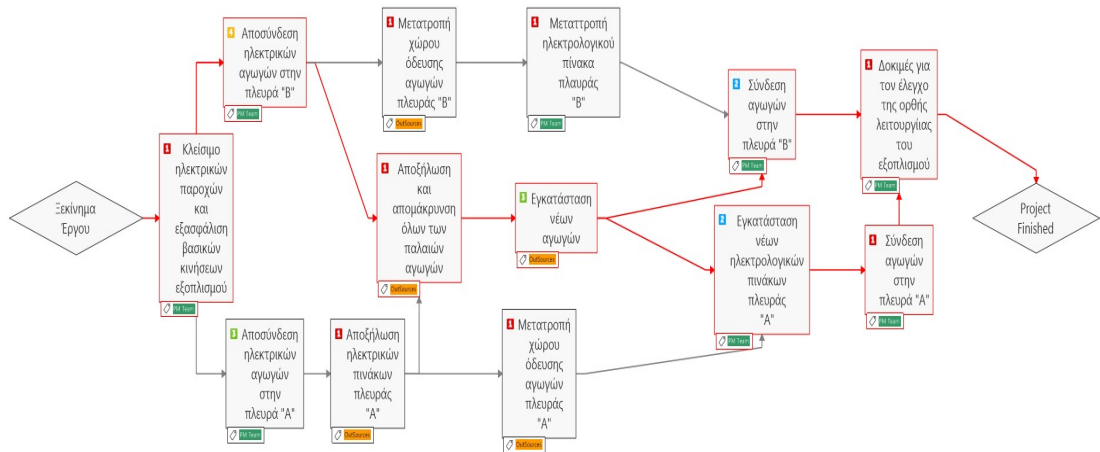
Οι έξοδοι που απαρτίζουν το προϊόν του έργου, καθώς και βοηθητικά αποτελέσματα όπως αναφορές.

- Περιορισμοί έργου (Constraints)

Περιορισμοί που σχετίζονται με το φυσικό αντικείμενο και περιορίζουν τις επιλογές της ομάδας τα οποία υπαγορεύονται από τον πελάτη ή τον ανάδοχο οργανισμό.

- Σχεδιασμός φυσικού αντικειμένου (Project scope management)

Αρχικά πραγματοποιείται μια συλλογή απαιτήσεων σχετικά με το έργο και με βάση αυτές γίνεται ο ορισμός του φυσικού αντικειμένου σε μια σχετική έκθεση (Έκθεση φυσικού αντικειμένου). Όλα τα παραπάνω δημιουργούν την δομή ανάλυσης εργασιών (WBS). Η δομή ανάλυσης εργασιών είναι μια προσανατολισμένη στα παραδοτέα ιεραρχική αποδόμηση της εργασίας που πρόκειται να εκτελεστεί από την ομάδα έργου, προκειμένου να επιτευχθούν οι αντικειμενικοί στόχοι και να δημιουργηθούν τα απαιτούμενα παραδοτέα του έργου.



Εικόνα 38: "WBS" έργου, με κόκκινο συμβολίζεται η κρίσιμη διαδρομή του έργου.

- Ανίχνευση και παρακολούθηση ρίσκων

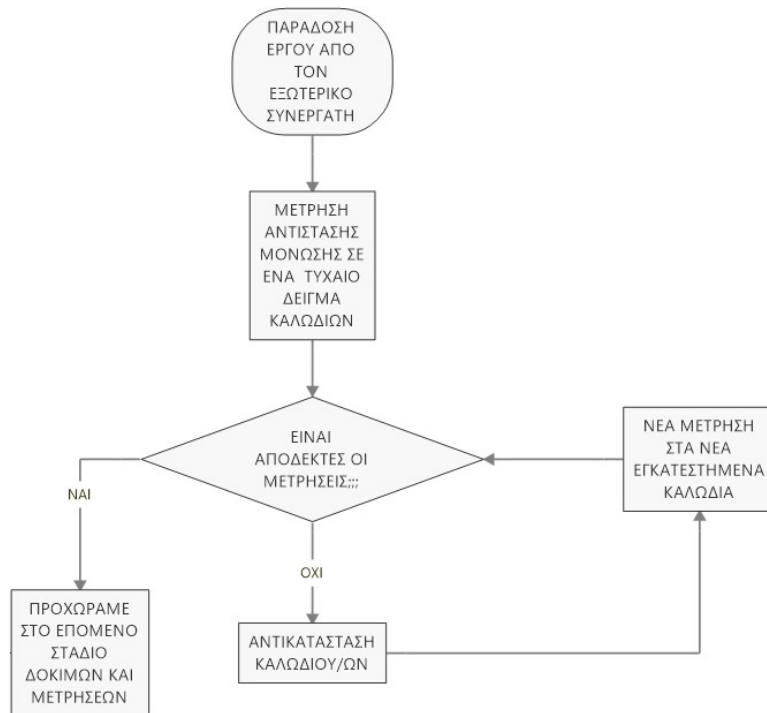
Έγινε μια θεωρητική ανάπτυξη στο κεφάλαιο 1.3.2 αλλά εδώ θα εστιάσουμε λίγο περισσότερο με βάση το έργο μας. Για να γίνει η εύρεση και η αξιολόγηση των ρίσκων σε ένα τέτοιο έργο μια απλή μεθοδολογία είναι να ερωτηθούν οι τρεις πιο αρμόδιοι σχετικά με το έργο. Αφού γίνει αυτό και καταγραφούν τα πιθανά ρίσκα στη συνέχεια βαθμολογούν κάθε ένα από αυτά με κλίμακα 1-10 σχετικά με την πιθανότητα να συμβεί και την επίπτωση που θα έχει στο έργο.

Risk Assessment (Ανάλυση Ρίσκων)					
	Ρίσκο	Πιθανότητα	Επίπτωση	Βαθμολογία	Κατάταξη Ρίσκου
1	Μη αποτελεσματική ανάθεση ανθρώπινου δυναμικού	5	6	28	4
2	Καιρός	6	10	58	1
3	Κατασκευαστικές αστοχίες	6	6	38	3
4	Νομικές αστοχίες(ρήτρες)	2	1	2	12
5	Πιθανότητα ατυχήματος στην διεργασία αρ:9	2	9	22	5
6	Διαμάχες-Διαφωνίες	1	3	3	11
7	Ηλεκτροπληξία	1	10	10	8
8	Ελαττωματικός εξοπλισμός	2	6	10	7
9	Απεργίες	1	4	6	9
10	Κακός προϋπολογισμός	3	5	16	6
11	Μη επαρκής χρονικός προγραμματισμός	6	9	55	2
12	Διακοπή ρεύματος	2	2	3	10

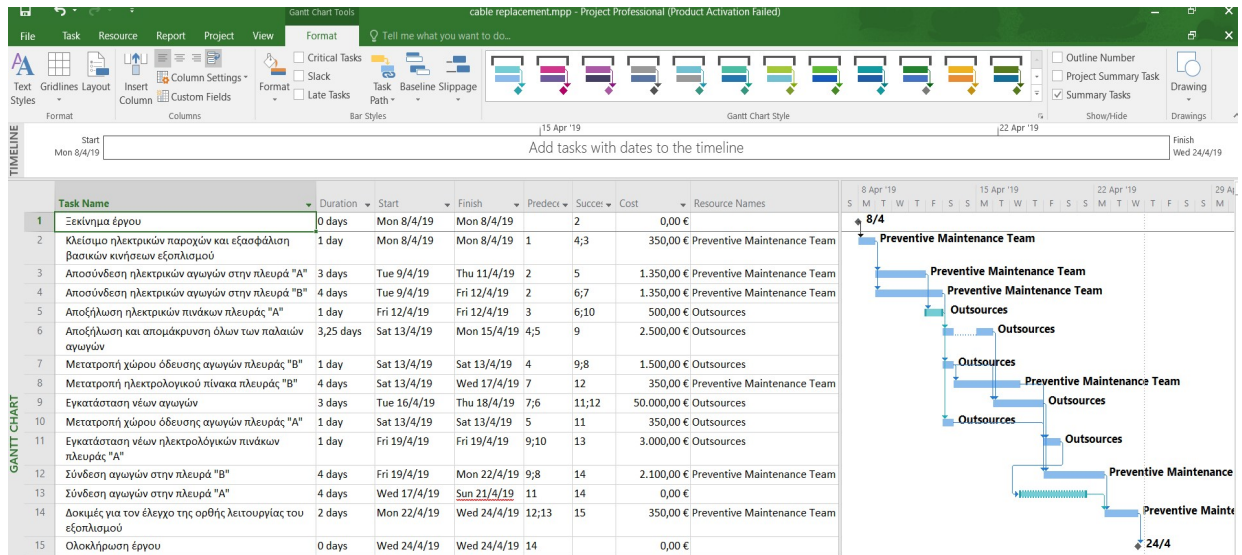
Στη συνέχεια «προκρίνονται» τα πιο κρίσιμα ρίσκα με βάση τον παραπάνω πίνακα και αυτά συνδέονται με κάθε μια διεργασία ξεχωριστά και προκύπτουν κάποια δεδομένα τα οποία εισάγονται σε μια “MonteCarlo” ανάλυση τα αποτελέσματα της οποίας μας δείχνουν την τελική επίπτωση των ρίσκων στο έργο μας.

- Ποιοτικός Έλεγχος (Quality Tests)

Ένας βασικός ποιοτικός έλεγχος ενός έργου αντικατάστασης ηλεκτρικών αγωγών είναι η μέτρηση της αντίστασης μόνωσης. Η μέτρηση αυτή δείχνει την κατάσταση της μόνωσης του αγωγού, ο οποίος μπορεί να είναι είτε κακής κατασκευής είτε να χτυπήθηκε κατά την εγκατάσταση.



Εικόνα 39: Διάγραμμα ροής ποιοτικού ελέγχου



Εικόνα 40:Εισαγωγή έργου στο λογισμικό “MS Project” με τη βοήθεια του οποίου μπορούμε να έχουμε ανά πάσα στιγμή οποιαδήποτε πληροφορία σχετικά με το έργο μας.

Purchase Order 122033 Process LED lights replacement

Record View Comments Parts Services Documents Approval History Quotation List PO Approval

Purchase Order: 122033 Process Boom LED lights replacement Organization:

Purchase Order Details

Status: **Ordered** **Πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση της σύμβασης**

Revision Number: 1

Store: MAIN

Next Approver:

Originator:

Requesting Department: ENG

Due Date:

Cost Center: GR02120002

Sole Source and Justification:

Cost Center Description:

Manage Group: ENG

Type of PO:

Purchase Order Totals

Part Lines: 0

Service Lines: 1

PO Lines: 1

Subtotal Part Value: EUR

Subtotal Service Value: 29.500,00 EUR **Πληροφορίες σχετικά με τις οικονομικές λεπτομέρειες της σύμβασης**

Total Tax: 7.080,00 EUR

Total Extra Charges/Discounts: 0,00 EUR

Total Part Value: EUR

Total Service Value: 36.580,00 EUR

Total PO Value: 36.580,00 EUR

Additional Info

Supplier: 002345 **Πληροφορίες σχετικά με τον εξωτερικό συνεργάτη**

Lead Time (Days):

Supplier Name:

Currency: EUR

Exchange Rate: 1

Revision Reason:

Purchase Order Terms

Payment Terms: 006

Perment Term Description: 90 DAYS

Other Payment Term:

Finance Check

Contract Required: YES

BOD or CPL approval required: NO

CAPEX:

Ordered Date: 05-05-2020

Manage Group: ENG

Fully Expected Date: 05-05-2020

Custom Fields

Contract Number: 971

Contract signed:

Contract Signed Date: 06-04-2020

Letter of guarantee:

Contract Start Date: 06-04-2020

Contract End Date: 06-10-2020

Εικόνα 41:Παράδειγμα σύμβασης εξωτερικού συνεργάτη

Κεφάλαιο 3^ο Συντήρηση και Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Οι δύο μεγάλες κατηγορίες που διαχειρίζεται ένα τεχνικό τμήμα, προκειμένου να εκτελέσει εργασίες συντήρησης, σε μια βιομηχανία είναι οι εξοπλισμοί και τα ανταλλακτικά. Η λογιστική διαχείριση αυτών των δύο μεγάλων κατηγοριών (εξοπλισμοί-πάγια και ανταλλακτικά) εκτελείται από το τμήμα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας.



3.1 Ανταλλακτικά- Spare Parts

Σαν ανταλλακτικό ορίζεται, το εξάρτημα το οποίο βρίσκεται σε απόθεμα και χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση ή βελτίωση ενός ίδιου ή παρόμοιου το οποίο αστόχησε ή δυσλειτουργεί.



1.Υπόδειξη τεχνικών χαρακτηριστικών και προδιαγραφών από το τεχνικό τμήμα.

2.Εύρεση προμηθευτών , ζήτηση , πρόσφορών.

3.Προμήθεια και καταχώρηση του ανταλλακτικού στο σύστημα CMMS,τοποθέτηση στην αποθήκη.

4.Χρησιμοποίηση ανταλλακτικού από το τεχνικό τμήμα.

Στην περίπτωση αστοχίας ενός εξαρτήματος το πρώτο ερώτημα που προκύπτει είναι εάν θα αντικατασταθεί ή θα επισκευαστεί. Συνήθως τα περισσότερα εξαρτήματα αντικαθίστανται λόγω της μη ύπαρξης χρόνου μη διαθεσιμότητας του εξοπλισμού. Στις περιπτώσεις όπου το εξάρτημα επισκευάζεται, είτε εντός είτε εκτός εταιρίας, μετά την επισκευή το εξάρτημα γίνεται ανταλλακτικό και τοποθετείται στην αποθήκη.

<p>Ανταλλακτικό: Ρουλεμάν Τύπος Αστοχίας: Μη φυσιολογικός θόρυβος Επισκευάσιμο; Όχι Κατηγορία Κρισιμότητας : A Ενέργειες μετά την αστοχία: Αντικατάσταση</p> 	<p>Ανταλλακτικό: Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος Τύπος Αστοχίας: Βραχυκύκλωμα τυλιγμάτων Επισκευάσιμο; Ναι Κατηγορία Κρισιμότητας : A Ενέργειες μετά την αστοχία: Αντικατάσταση και επίσκευή</p> 
--	---

Η κρισιμότητα της σχέσης μεταξύ των δύο τμημάτων μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτή στην περίπτωση όπου: η μη διαθεσιμότητα ενός ανταλλακτικού που αστόχησε και πρέπει να αντικατασταθεί, είναι ικανή να διακόψει την παραγωγική διαδικασία με ανυπολόγιστες συνέπειες.

Επομένως το τεχνικό τμήμα είναι αρμόδιο να υποδείξει την κρισιμότητα ενός ανταλλακτικού. Το τμήμα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας με τη σειρά του, έχοντας όλες τις απαραίτητες «τεχνικές» πληροφορίες για τα ανταλλακτικά, τα πάγια και την γενικότερη κρισιμότητα και ιδιαιτερότητα της εκάστοτε παραγωγικής διαδικασίας, επιλέγει την στρατηγική διαχείρισης ανταλλακτικών και εξασφαλίζει την διαθεσιμότητα των κρίσιμων ανταλλακτικών.

<h3>Στρατηγικές Διαχείρισης Ανταλλακτικών</h3>	
Στρατηγική	Περιγραφή
A.B.C (Always Better Control)	Έμφαση στην ετήσια κατανάλωση και στα επίπεδα διαθεσιμότητας.
V.D.E (Vital Desirable Essential)	Έμφαση στην κρισιμότητα του ανταλλακτικού.
S.D.E(Scarce, Difficult, Easy to obtain)	Έμφαση στην διαθεσιμότητα της αγοράς.
F.S.N(Fast moving ,Slow moving, Non moving)	Έμφαση στα ανταλλάκτικα που υπάρχουν στην αποθήκη και δεν χρησιμοποιούνται.

Εικόνα 42: Στρατηγικές διαχείρισης ανταλλακτικών. Συγγραφέας Α.Βώσσο

Parts Status Query

Κωδ.Ανταλλακτικού	Περιγραφή	Κατηγορία	Ποσότητα στην αποθήκη	Ποσότητα σε ζήτηση αγοράς	Ποσότητα αγορασμένη-αναμένεται	Ελάχιστη ποσότητα που πρέπει να υπάρχει στην αποθήκη	Μέγιστη ποσότητα που πρέπει να υπάρχει στην αποθήκη
PART_CODE	PART_DESCRIPTION	CATEGORY	QUANTITY_ON_HAND	QUANTITY_ON_REQUISITION	QUANTITY_ON_PO	MIN_QUANTITY	MAX_QUANTITY
P14138533	DIAFRAGM 30 (40*200) (PETERS 76408-10)	DIAFRAGM	7	25	17	25	40
P14143213/1	TYRE 1200R22.5 18PR	TYRE	319	1	370	201	445
P14106120	SEAL 130*170*12 BA (TT04130X170X12B)	SEAL	1	19	0	4	20
P14149177	SCREW P/N N5412040	SCREW	5	5	0	0	0
P14031229	LEVER SWITCH GEAR & HAND BRAKE NEW KALMAR J017728	SWITCH	0	1	0	0	0
P14010065	SWITCH BACO 172200 50A 3P AND CONTACT 172179 AND ELASTIC BASE 172267	SWITCH	0	5	0	0	0
P14110039	STEEL ROLLER FOR FESTOON Q/C4-14(MATCH WITH P14110040)	ROLLER	10	7	0	10	15

Εικόνα 43: Αναλυτική περιγραφή αποθέματος ανταλλακτικών.

Η παραπάνω εικόνα μας δείχνει πως καταχωρούνται τα ανταλλακτικά και οι ποσότητες τους ανάλογα την κατηγορία σε ένα λογισμικό “CMMS”. Η στρατηγική που φαίνεται να ακολουθείται είναι η “A.B.C”, καθώς δίνεται έμφαση στην διαθεσιμότητα των ανταλλακτικών μέσω των αντίστοιχών δεικτών (ελάχιστο και μέγιστο).

Work Order 1127743 at spreader missing B corner flipper

Part	Planned Qty.	UOM	Stock	Direct Purchase	Reserved Qty.	Store	Used	Description	Activity	Part Status
P14100099		ITEM		<input checked="" type="checkbox"/>		MAIN		4 M18X35 HEX CAP SCREWS - GALVANIZED - 10.9 FOR Q/C	10 - Technician	Total Stock:92;Total Reserved:0;Calculated Available:92;On Requisition:0;On Order:0
P14105782		ITEM		<input checked="" type="checkbox"/>		MAIN		1 BROMMA COMPLETE SET FLIPPER FOR SPREADER S3045 (Q/C08-11-12-14) - FABRICATED	10 - Technician	Total Stock:9;Total Reserved:0;Calculated Available:9;On Requisition:0;On Order:0

Κωδικός Ανταλλακτικού Πεδία που δηλώνουν εάν το ανταλλακτικό υπήρχε ως απόθεμα στην αποθήκη ή εάν προμηθεύτηκε με άμεση αγορά.

Εργασία και ποσότητα και πλήρης περιγραφή του ανταλλακτικού που χρησιμοποιήθηκε.

Πληροφορίες σχετικά με το ανταλλακτικό και το τμήμα εφοδιαστικής αλυσίδας(Απόθεμα, Δεσμεύσεις, Προγραμματισμένες αγορές κ.τ.λ)

Records: 2 of 2

Part Details & Planning

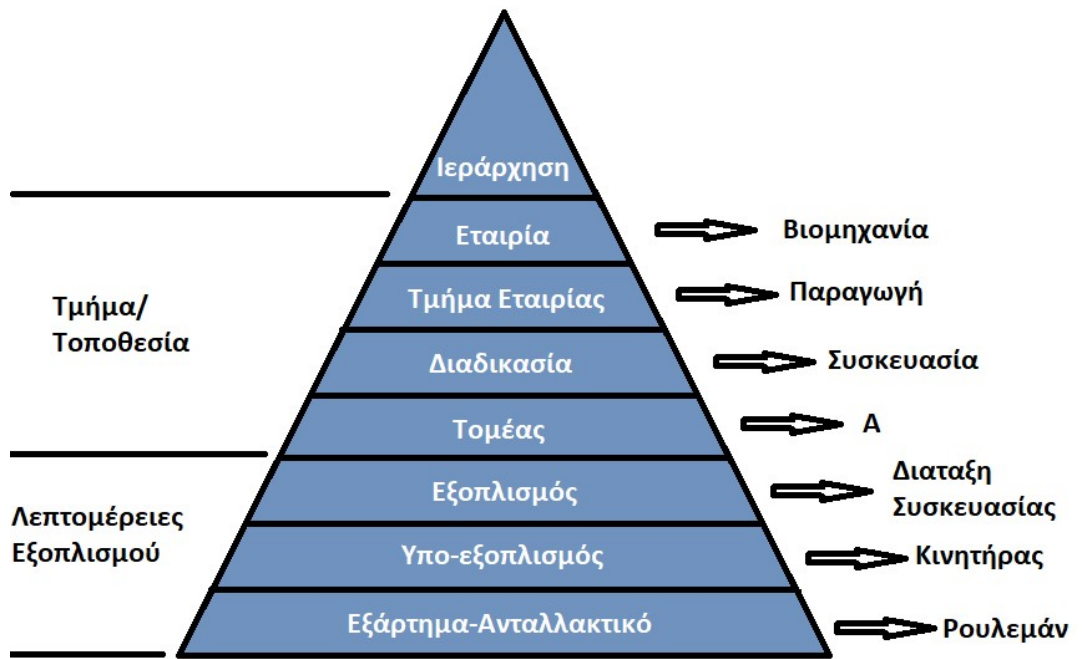
Part: [input]
 Condition: [input]
 Planned Qty: [input]
 Reserved Qty: [input]
 Activity: 10 - Technician
 Store: MAIN
 Planned Source: Stock
 Available: [input]

Εικόνα 44:Σύνδεση ανταλλακτικών με τις εργασίες.

Η σύνδεση των ανταλλακτικών με τις εργασίες είναι πάρα πολύ σημαντική κυρίως για μελλοντική χρήση, ειδικά σε μη συνηθισμένες (επαναλαμβανόμενες) εργασίες. Όταν μελλοντικά προκύψει μια παρόμοια εργασία για την οποία δεν είναι προφανές τα ανταλλακτικά τα οποία πρέπει να χρησιμοποιηθούν, η καταχώρηση που είχε δημιουργηθεί στο “CMMS” θα βοηθήσει τα μέγιστα στην άμεση και άρτια ολοκλήρωση της.

3.2 Ιεράρχηση και αποδόμηση παγίων - BOM&EBOM

Ο μεγάλος αριθμός παγίων, που συνήθως έχει μια εταιρία στην κατοχή της, καθιστά υποχρεωτική την ιεράρχηση τους. Η τοποθέτηση ενός παγίου στην ιεραρχική πυραμίδα μιας εταιρίας του προσδίδει μια ταυτότητα και έναν βαθμό σημαντικότητας.

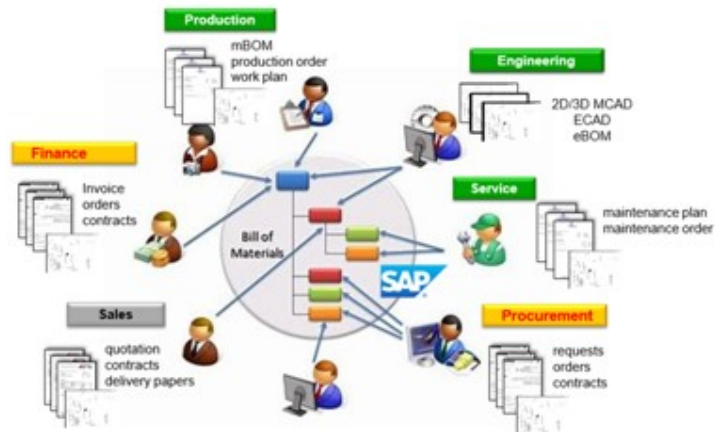


Εικόνα 45: Παράδειγμα ιεράρχησης εξοπλισμού.

Η αποδόμηση ενός παγίου (Bill Of Material) είναι μια από τις πιο σημαντικές αρχικές διαδικασίες που πρέπει να πραγματοποιούνται σε κάθε νέα προμήθεια ενός παγίου. Η διαδικασία αυτή στην ουσία διασπά τον εξοπλισμό σε «επίπεδο βίδας» και βοηθά όλα, τα σχετιζόμενα με τον εξοπλισμό, τμήματα να γνωρίζουν πως ακριβώς είναι δομημένος, ποιοι είναι οι υπό-εξοπλισμοί του και τα ανταλλακτικά του. Σε κάποιες περιπτώσεις, ο κατασκευαστής την προμηθεύει ολοκληρωμένη μαζί τον εξοπλισμό, σε κάποιες άλλες δεν συμβαίνει αυτό και η πολύπλοκη αυτή διαδικασία «βαραίνει» τις εταιρίες.

Ένα “BOM”, εγγράφεται στο “CMMS” και είναι η πιο απλουστευμένη περιγραφή του εξοπλισμού για όλα τα τμήματα που ασχολούνται με αυτό, όπως δείχνει αναλυτικά η παρακάτω εικόνα.

Why is Bill of Material (BOM) so important?



Εικόνα 46: Η σημαντικότητα της ιεράρχησης ενός παγίου από όλους του σχετιζόμενους φορείς. πηγή: SAP

Purchase Order 122033 Process QC ROKAS Boom LED lights repalcement

Record View Comments Parts Services Documents Approval History * Quotation List PO Approval

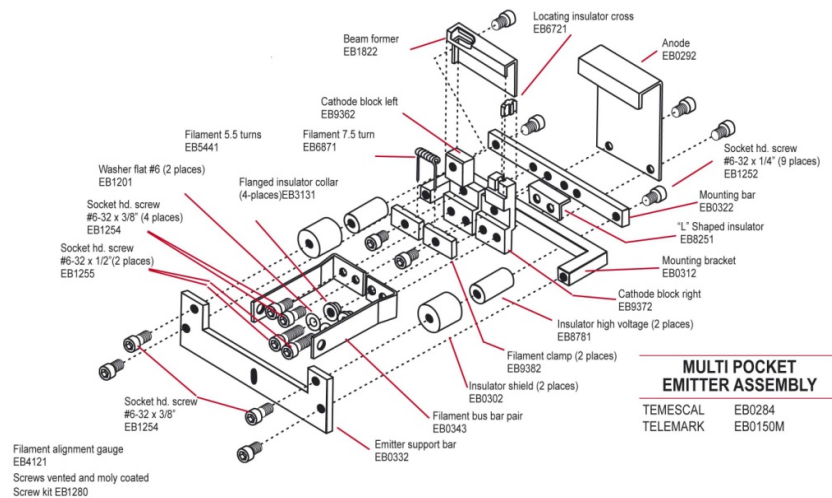
All Records Edit

PO	REVISION	OPERATION	OPERATION_DATE	PERSON	THE_ROLE	DAYS/TIME LAPSE
122033	1	Submit	17-03-2020 11:21		Engineering Purchase Officer	00:04:02
122033	1	First Approval	17-03-2020 12:58		Engineering Superintendant	01:37:01
122033	1	Approval	17-03-2020 15:46		Engineering Manager	02:47:33
122033	1	Approval	18-03-2020 21:22		D. General Manager	1 05:35:48
122033	1	Approval	19-03-2020 11:52		FINANCE CHECK	14:29:56
122033	1	Approval	19-03-2020 19:50		Financial Controller	07:58:16
122033	1	Final Approval	20-03-2020 17:12		Managing Director	21:22:04
122033	1	Ordered	05-05-2020 09:51		Engineering Purchase Officer	45 16:39:21

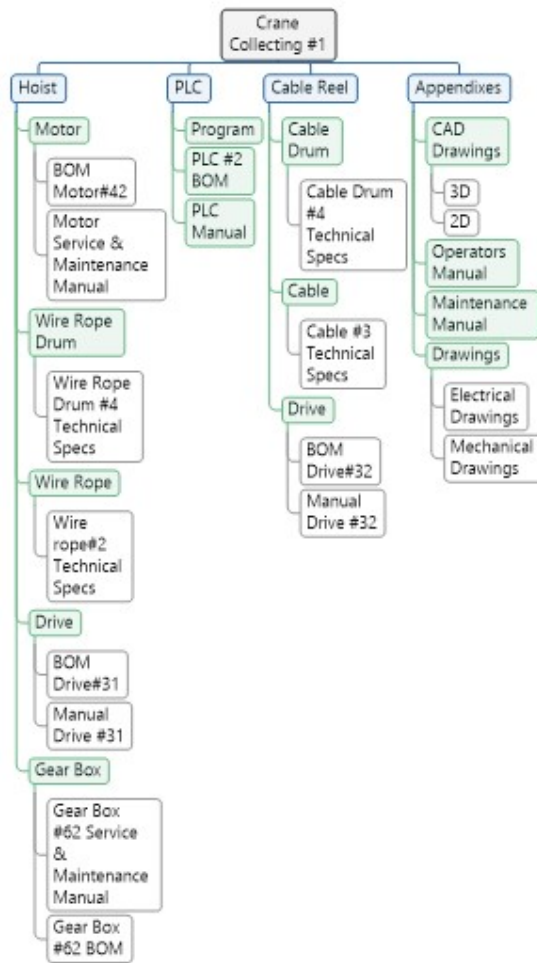
Εικόνα 47: Παράδειγμα μιας διαδικασίας έγκρισης εργασιών βελτιωτικής συντήρησης ενός εξοπλισμού.

Εικόνα 48: Παράδειγμα καταχώρησης ενός "BOM" στο "CMMS".

Στην περίπτωση ενός τμήματος συντήρησης, πέρα από την κλασική απεικόνιση των εξαρτημάτων που παρέχει ένα “BOM”, για έναν εξοπλισμό χρειαζόμαστε μια πιο «εξειδικευμένη προσέγγιση». Έτσι δημιουργούμε μια ξεχωριστή εγγραφή στο λογισμικό “CMMS” για κάθε ένα εξοπλισμό ξεχωριστά κάτι το οποίο ονομάζεται “Equipment Bill Of Materials” δηλαδή “EBOM”. Μέσα σε αυτό, μπορούμε να ενσωματώσουμε υπό-εξοπλισμούς, τεχνικές κατασκευής, διαδικασίες συντήρησης, ιστορικό εργασιών συντήρησης, σχέδια και φυσικά τα συνδεδεμένα “BOM”.



Εικόνα 49: Παράδειγμα "EBOM", πηγή: IntVacthinfilm.



Εικόνα 50: Ένα τυπικό "EBOM" ενός εξοπλισμού.

Κεφάλαιο 4^ο Δείκτες απόδοσης και παραγωγικότητας - KPIs

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τους κύριους δείκτες απόδοσης και παραγωγικότητας ενός τμήματος συντήρησης αλλά και του εξοπλισμού. Είναι τέτοιος ο όγκος των πληροφοριών και της ταχύτητας με την οποία αλλάζουν αυτές, που είναι αδύνατον να υπάρχει ακριβής γνώση και αξιολόγηση της κατάστασης που επικρατεί εάν δεν χρησιμοποιούνται τέτοιοι δείκτες.



Τα αποτελέσματα και η ορθή ανάγνωση αυτών είναι η απάντηση στο ερώτημα εάν η στρατηγική και οι ενέργειες μας είναι αποδοτικές και αποτελεσματικές. Για παράδειγμα ένας εξοπλισμός ο οποίος έχει υψηλό βαθμό εκτέλεσης εργασιών προληπτικής συντήρησης αλλά χαμηλό βαθμό αξιοπιστίας θα πρέπει να απασχολήσει την διοίκηση του τμήματος συντήρησης και να εξεταστεί η αιτία του προβλήματος. Μια αιτία θα μπορούσε να είναι η χαμηλής ποιότητας εκτέλεση των εργασιών συντήρησης από τους τεχνικούς ή μια άλλη μπορεί να είναι μια αστοχία η οποία υπάρχει και δεν έχει ανιχνευθεί ακόμη.

4.1 Συνολική αποτελεσματικότητα εξοπλισμού - OEE - Overall Equipment Efficiency

Είναι ένας ολοκληρωμένος δείκτης απόδοσης και παραγωγικότητας του εξοπλισμού και προέρχεται από την στρατηγική συντήρησης “TPM”. Προκύπτει από βασικά δεδομένα της παραγωγής η επεξεργασία των οποίων «παράγει» τρεις βασικούς δείκτες. Ο δείκτης της διαθεσιμότητας προκύπτει από τον πραγματικό λειτουργικό χρόνο του εξοπλισμού σε σχέση με τον σχεδιασμένο λειτουργικό χρόνο. Ο δείκτης της απόδοσης προκύπτει από την τελική διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας και τέλος ο δείκτης της ποιότητας προκύπτει από τα αποδεκτά τεμάχια σε σχέση με όλα τα

παραγμένα τεμάχια. Προφανώς στα δεδομένα αυτά δεν θα πρέπει να υπολογίζονται χρόνοι που αφορούν οποιαδήποτε εργασία προγραμματισμένη συντήρησης όπως εργασίες ή δοκιμές. Με τον πολλαπλασιασμό αυτών των δεικτών προκύπτει ένα συνολικό ποσοστό το οποίο δείχνει σε πολύ καλό βαθμό την κατάσταση του εξοπλισμού. Συνήθως το ποσοστό αυτό για να κριθεί ικανοποιητικό πρέπει να μην είναι κάτω από 80%.

- Δείκτης Διαθεσιμότητας (Availability Factor):

$$[A] = \frac{\text{Λειτουργικός Χρόνος}}{\text{Σχεδιασμένος Λειτουργικός Χρόνος}}$$

- Δείκτης Απόδοσης (Performance Factor):

$$[P] = \frac{\text{Πραγματικός Χρόνος Παραγωγής}}{\text{Ιδανικός Χρόνος Παραγωγής}}$$

- Δείκτης Ποιότητας (Quality Factor):

$$[Q] = \frac{\text{Ποιοτικά Αποδεκτά Τεμάχια}}{\text{Συνολικά Παραγόμενα Τεμάχια}}$$

- Δείκτης Παραγωγικότητας (Overall Equipment Efficiency Factor):

$$[OEE] = A * P * Q$$

Διάταξη Παραγωγής Εξαρτημάτων #5 – ΟΕΕ 51 ^{ης} εβδομάδας	
Πραγματικός Λειτουργικός Χρόνος :142hr Σχεδιασμένος Λειτουργικός Χρόνος :150hr	A: 94,7%
Πραγματικός Χρόνος Παραγωγής:140hr Ιδανικός Χρόνος Παραγωγής:141hr	P: 99,2%
Ποιοτικά αποδεκτά εξαρτήματα:15000pcs Συνολικά παραγόμενα εξαρτήματα:19000pcs	Q: 78,9%
ΟΕΕ: 74,12% - Στόχος >80%	

Εικόνα 51: Παράδειγμα υπολογισμού ΟΕΕ

4.2 Αξιοπιστία - Reliability

Μιλώντας για αξιοπιστία γενικότερα στην ζωή αντιλαμβανόμαστε πως αναφερόμαστε σε μια έννοια με πολύ σημαντική βαρύτητα. Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο υπάρχει ακόμη και στρατηγική συντήρησης η οποία εστιάζει στην αξιοπιστία. Παρακάτω θα αναλύσουμε δείκτες και έννοιες σχετικά με την ποσοτικοποίηση της αξιοπιστίας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

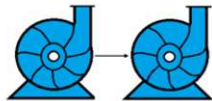


4.2.1 Μηχανική Αξιοπιστία - Mechanical Reliability

Θεωρητικά, η μηχανική αξιοπιστία, ορίζεται ως η πιθανότητα να λειτουργεί ένα εξάρτημα εκτελώντας την εργασία για την οποία έχει εγκατασταθεί, για καθορισμένο χρονικό διάστημα και σε δεδομένο λειτουργικό περιβάλλον χωρίς να αστοχήσει.

Μιλώντας για μηχανική αξιοπιστία ενός εξοπλισμού, εστιάζουμε στον εξοπλισμό και μόνον σε αυτόν. Υπολογίζεται μέσω όλων των επιμέρους εξαρτημάτων. Επομένως θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το “EBOM” του εξοπλισμού, να δούμε την βαρύτητα και την σχέση μεταξύ των εξαρτημάτων και στη συνέχεια με τις κατάλληλες πράξεις να υπολογίσουμε την συνολική μηχανική αξιοπιστία του εξοπλισμού. Όπως αντιλαμβανόμαστε, μια τέτοια ενέργεια στα σύγχρονα-υβριδικά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα είναι πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθεί. Για αυτό και εάν διαχειριζόμαστε πολλούς και διαφορετικούς εξοπλισμούς, ίσως είναι πιο παραγωγικό να ασχολούμαστε πιο «επιφανειακά» με την μηχανική αξιοπιστία των εξοπλισμών και να δίνουμε περισσότερη βαρύτητα στους δείκτες ποσοτικοποίησης της αξιοπιστίας που θα αναλύσουμε παρακάτω.

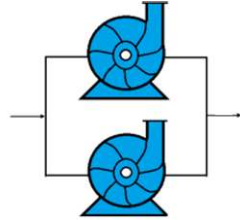
Μηχανική Αξιοπιστία Σειριακού Συστήματος



$$R_{ολ} = R_1 * R_2$$

- Η μηχανική αξιοπιστία ενός σειριακού συστήματος, δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από αυτή του λιγότερου αξιόπιστου εξαρτήματος.
- Κάθε αστοχία εξαρτήματος φέρνει τον εξοπλισμό εκτός λειτουργίας γι αυτό και θα πρέπει να υπάρχει πάντα διαθέσιμο απόθεμα ανταλλακτικών τα οποία θα πρέπει και αυτά να έχουν υψηλά επίπεδα αξιοπιστίας.
- Τέτοιου είδους διατάξεις θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν απλοποιημένες, πράγμα το οποίο θα κάνει την εύρεση της πιθανής βλάβης και την αποκατάσταση της όσο το δυνατόν πιο εύκολη.

Μηχανική Αξιοπιστία Παράλληλου Συστήματος



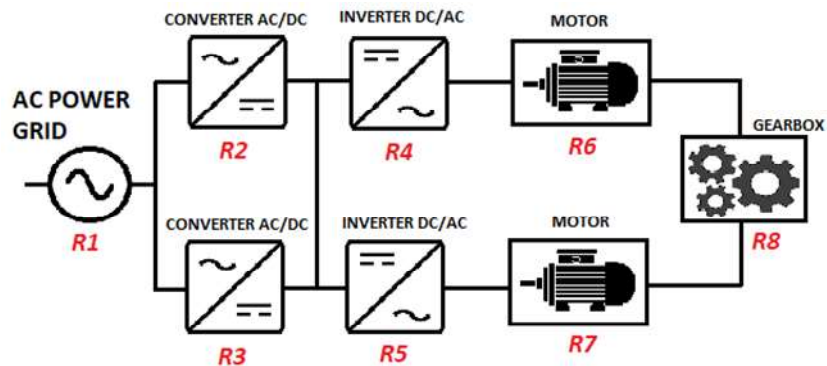
$$R_{ολ} = 1 - (1 - R_1) * (1 - R_2)$$

•Όσο περισσότερα είναι τα παράλληλα συνδεδεμένα εξαρτήματα ,τόσο μεγαλύτερη είναι η συνολική αξιοπιστία του συστήματος.

•Η συνολική αξιοπιστία του συστήματος είναι πάντα μεγαλύτερη , από εκείνη του εξαρτήματος με την μεγαλύτερη αξιοπιστία.

•Τέτοιου είδους διατάξεις θα πρέπει να εκμεταλλεύονται την εφεδρεία στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Μηχανική Αξιοπιστία Υβριδικού Συστήματος



$$R_{23} = 1 - (1 - R_2)(1 - R_3)$$

$$R_{45} = R_4 * R_5$$

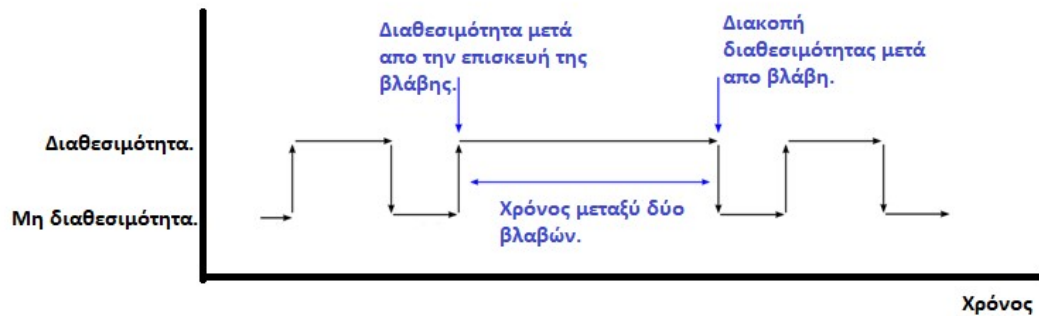
$$R_{67} = R_6 * R_7$$

$$R_{4567} = 1 - (1 - R_{45}) * (1 - R_{67})$$

$$R_{ολ} = R_1 * R_{23} * R_{4567} * R_8$$

4.2.2 Χρόνος Μέχρι την Αστοχία - MTBF

Με βάση όλα τα παραπάνω μπορούμε να κάνουμε την παραδοχή ότι ο δείκτης MTBF (Mean Time Before Failure), ο οποίος αναφέρεται στον χρόνο που είναι διαθέσιμος ένας εξοπλισμός πριν αστοχήσει, είναι ο πιο «εύστοχος» δείκτης για να γνωρίζουμε τον βαθμό της αξιοπιστίας ενός εξοπλισμού.



Εικόνα 52: "MTBF" Δείκτης αξιοπιστίας, χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο βλαβών.

$$MTBF = \frac{\text{Λειτουργικός Χρόνος Εξοπλισμού}}{\text{Αριθμός Βλαβών}}$$

Σε άμεση συνάρτηση με τον δείκτη "MTBF", προκύπτει ο δείκτης "λ" (Ρυθμός βλαβών συστήματος), ο οποίος δείχνει την ποσότητα των βλαβών ανά ορισμένη χρονική περίοδο.

$$\lambda = \frac{\text{Αριθμός βλαβών}}{\text{Λειτουργικός χρόνος εξοπλισμού}}$$

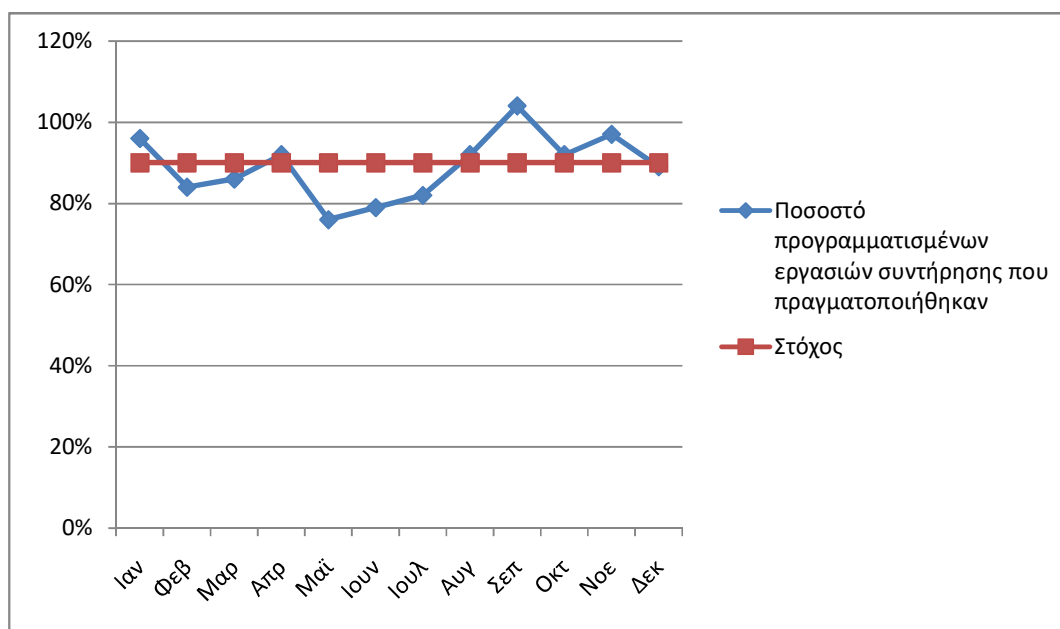
Γερανοί Φόρτο-εκφόρτωσης 1#-5# – Στοιχεία Αξιοπιστίας 43 ^{ης} εβδομάδας			
α/α	Λειτουργικός Χρόνος Εξοπλισμού	Αριθμός αστοχιών οι οποίες έθεσαν τον εξοπλισμό εκτός διαθεσιμότητας	MTBF
1	500	6	83
2	364	3	121
3	215	7	31
4	450	17	26
5	110	2	55

Εικόνα 53: Υπολογισμός εβδομαδιαίου "MTBF" και οι εξοπλισμοί με κόκκινο πλαίσιο είναι εκτός αποδεκτών τιμών . Θα πρέπει να προγραμματιστούν εργασίες προληπτικής συντήρησης.

4.3 Αποδοτικότητα Διαδικασιών Συντήρησης

4.3.1 Ποσοστό Ολοκλήρωσης Προγραμματισμένων Εργασιών Προληπτικής Συντήρησης - Preventive Maintenance Compliance

Είναι προφανές ότι δεν αρκεί να εφαρμόζουμε στρατηγικές και μεθόδους συντήρησης αλλά να είμαστε και αποτελεσματικοί με βάση τους στόχους που έχουν τεθεί. Αρχικά μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσοστό των προγραμματισμένων εργασιών που εν τέλει ολοκληρώθηκαν σε ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα(πχ ανά μήνα). Ακόμη, εστιάζοντας περισσότερο στην εκτέλεση μιας εργασίας συντήρησης μπορούμε να υπολογίσουμε και να αξιολογήσουμε τον χρόνο που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η εργασία, η ποιότητα αλλά και ο βαθμός συντηρησιμότητας του εξοπλισμού.



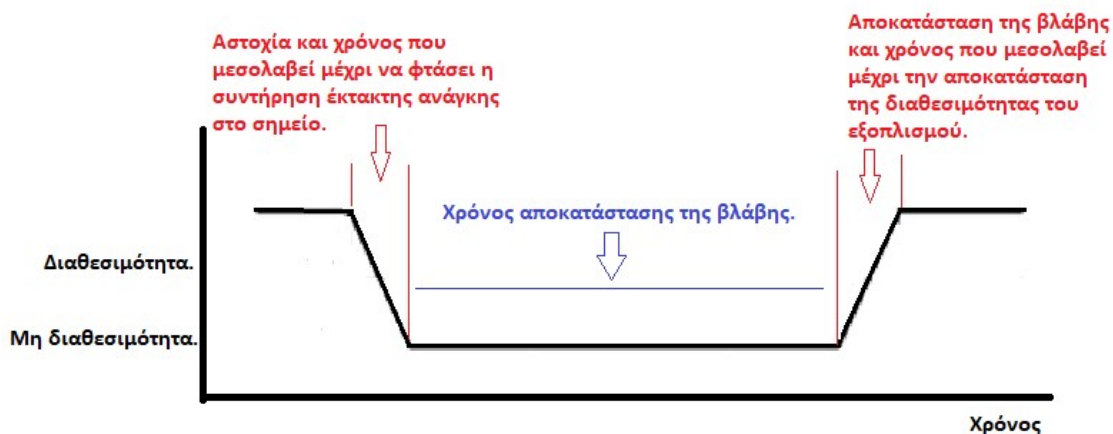
Εικόνα 54: Διάγραμμα ποσοστού εκτέλεσης προγραμματισμένων εργασιών συντήρησης, σε σύγκριση με τον στόχο που έχει τεθεί.

Παρατηρούμε στο παραπάνω διάγραμμα μια ετήσια εικόνα από το ποσοστό ολοκληρωμένων προγραμματισμένων εργασιών συντήρησης (Preventive Maintenance Compliance). Η ανάγνωση του συγκεκριμένου στοιχείου καλό θα είναι να γίνεται κάθε εβδομάδα ή κάθε μήνα. Είναι μια καλή απεικόνιση της αποδοτικότητας της προληπτικής συντήρησης αλλά πρέπει να αξιολογείται σε συνδυασμό και με άλλα δεδομένα όπως ο χρόνος που χρειάζεται για να επισκευαστεί μια βλάβη.

4.3.2 Χρόνος μέχρι την αποκατάσταση της αστοχίας - MTTR

Ο δείκτης αυτός “MTTR” (Mean Time To Repair) είναι εξαιρετικά σημαντικός και κρίσιμος, ειδικότερα σε βιομηχανίες οι οποίες δεν διαθέτουν πολλά παράλληλα-εφεδρικά συστήματα παραγωγής και η αποκατάσταση των βλαβών είναι ζωτικής σημασίας για την εύρυθμη λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας.

$$MTTR = \frac{\text{Συνολικός χρόνος αποκατάστασης βλάβης}}{\text{Συνολικός αριθμός βλαβών}}$$



Εικόνα 55: "MTTR" Χρόνος αποκατάστασης της βλάβης.

Υπάρχει μεγάλος βαθμός σημαντικότητας και βαρύτητας σε αυτόν τον δείκτη, ο οποίος σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα συναφή στοιχεία μιας βλάβης (καιρικές συνθήκες, τεχνικοί που εργάστηκαν, τύπος εξοπλισμού, τύπος βλάβης) δείχνουν σε μεγάλο βαθμό την ετοιμότητα, την τεχνική κατάρτιση και γενικότερα το επίπεδο που βρίσκεται ένα τμήμα συντήρησης.

4.3.3 Συντηρησιμότητα εξοπλισμού

Με βάση τη θεωρία η συντηρησιμότητα είναι: το κατά πόσο εύκολα ένας εξοπλισμός μπορεί να συντηρηθεί και να επανέλθει σε προβλεπόμενα λειτουργικά πλαίσια. Γενικότερα, μας δείχνει τον βαθμό ευκολίας ή δυσκολίας που έχει μια οποιαδήποτε εργασία συντήρησης (διορθωτική ή προληπτική), λόγω της κατάστασης των ηλεκτρομηχανολογικών εξαρτημάτων ενός εξοπλισμού.

Για να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα θα πρέπει κάθε άυλος πόρος που σχετίζεται με τον εξοπλισμό (χειριστής, τεχνικός) να χρησιμοποιεί τα σχετικά εγχειρίδια (χειρισμού και συντήρησης) και κάθε υλικός πόρος να πληροί τα τεχνικά χαρακτηριστικά που προβλέπονται από τον κατασκευαστή.

$$M_{(t)} = 1 - e^{\left(\frac{-t}{MTTR}\right)}$$

Όπου (t) είναι ο επιτρεπόμενος χρόνος για την εκτέλεση της εργασίας



Εικόνα 56: Οι ηλεκτρολογικοί πίνακες είναι ένα κλασικό παράδειγμα εξοπλισμού με χαμηλό βαθμό συντηρησιμότητας.

4.3.4 Παραγωγικότητα ανθρωπίνου δυναμικού.

Μπορεί να είμαστε στους πρόποδες της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης, όπου η αυτοματοποίηση πολλών διεργασιών θα φτάσει σε πολύ υψηλά ποσοστά, όμως ακόμη ο άνθρωπος είναι αυτός που «κινεί τα νήματα» και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αποδοτικότητα του μέσα σε ένα σύνολο από άλλους ανθρώπους και μηχανές.



Εικόνα 57: Ως παραγωγικότητα ορίζεται η σχέση της παραγόμενης εργασίας ως προς τους πόρους που χρησιμοποιήθηκαν για να επιτευχθεί αυτή.

Η διαχείριση των ανθρώπινων πόρων αποτελεί μια ολόκληρη επιστήμη επομένως εμείς θα κάνουμε μια προσέγγιση στην παραγωγικότητα και το κίνητρο. Η παραγωγικότητα ενός εργαζόμενου εξαρτάται από πολλούς και διάφορους παράγοντες όπως η ανταπόκριση των απαιτήσεων που έχουν οριστεί από τον εργοδότη, το εργασιακό περιβάλλον και τα ατομικά επαγγελματικά χαρακτηριστικά του καθένα ξεχωριστά. Η συνεχής παρακολούθηση της παραγωγικότητας του καθενός εργαζόμενου οποιαδήποτε βαθμίδα και ειδικότητας είναι επιτακτική και πραγματοποιείται μέσω της διαδικασίας της αξιολόγησης. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης πρέπει να αξιοποιούνται από την διοίκηση με τέτοιο τρόπο ώστε πάντοτε ο εργαζόμενος να έχει κίνητρο να γίνεται καλύτερος.



- Εξειδίκευση

Στην σύγχρονη κοινωνία η εξειδίκευση είναι υποχρεωτική και αναγκαία για την επιλογή και την φυσιολογική προσαρμογή ενός νέου εργαζόμενου στην εκάστοτε εργασία. Μιλώντας για εξειδίκευση αναφερόμαστε στις πιστοποιημένες γνώσεις που έχει ένας υποψήφιος εργαζόμενος αλλά και φυσικά την πρότερη εργασιακή του εμπειρία. Όλο αυτό το «πακέτο» θα οδηγήσει την διοίκηση στην επιλογή ενός εργαζομένου από έναν άλλο με λιγότερα προσόντα. Μια λανθασμένη επιλογή τις περισσότερες φορές έχει σαν κύρια αποτελέσματα: την μη ομαλή προσαρμογή, την χαμηλή παραγωγικότητα και ορισμένες φορές την δυσaréσκεια του υπόλοιπου προσωπικού για ευνόητους λόγους.

- Εκπαίδευση

Η εκπαίδευση είναι ένα βασικό στοιχείο το οποίο δείχνει το επίπεδο μιας εταιρίας σε ότι αφορά την αναβάθμιση των εργαζομένων της συνεχώς προς όφελος της. Προφανώς και οι εποχές της βασικής εκπαίδευσης μέχρι τα χρόνια της απόσυρσης ενός εργαζόμενου έχουν παρέλθει. Κάθε εταιρία υψηλού επιπέδου οφείλει να εκπαιδεύει συνεχώς τους εργαζόμενους της, αφενός μεν για να είναι ενημερωμένοι σχετικά με το αντικείμενο εργασίας τους και αφετέρου για να μπορεί η εταιρία να έχει απαιτήσεις από αυτούς.

- Διοίκηση και ηγεσία & Θέσπιση Στόχων

Μια αποτελεσματική διοίκηση μπορούμε να πούμε ότι είναι αυτή που πετυχαίνει τους στόχους, οι οποίοι της έχουν τεθεί. Ακόμη η ορθολογική θέσπιση στόχων σε έναν εργαζόμενο καθώς και η καθοδήγηση προς την επίτευξη αυτών αποτελεί ένα πολύ σημαντικό δείγμα μιας επιτυχημένης διοίκησης. Μια αποτελεσματική ηγεσία είναι αυτή η οποία «εμπνέει» τους εργαζόμενους. Τους καθιστά εργασιακά ευτυχισμένους και τους παρακινεί για να κάνουν το κάτι παραπάνω εργασιακά χωρίς να έχουν κάποιο οικονομικό όφελος “extra mile”.

- Αξιολόγηση & Κίνητρο

Η αξιολόγηση θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η διοίκηση να έχει πραγματικές πληροφορίες σχετικά με την παραγωγικότητα ενός εργαζόμενου. Υπάρχουν αρκετές τεχνικές αξιολόγησης και σίγουρα ένας συνδυασμός αυτών μπορεί να δώσει μια ασφαλή εικόνα. Η πιο δύσκολη διαδικασία βρίσκεται στην μετατροπή της αξιολόγησης σε κίνητρο για τους εργαζόμενους. Ένα καλά στημένο σύστημα αξιολόγησης το οποίο «παράγει» πραγματικές πληροφορίες, μπορεί να φέρει απολύσεις, συστάσεις, αυξήσεις αλλά και καμιά αλλαγή, σχετικά με την εργασιακή εξέλιξη. Η κάθε μια από τις παραπάνω ενέργειες που αναφέραμε θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνεται κίνητρο. Για παράδειγμα εάν δύο εργαζόμενοι οι οποίοι εργάζονται στην ίδια βαθμίδα δεν τύχουν της ίδιας αντιμετώπισης σε μια μετά-αξιολόγησης κατάσταση, δηλαδή ο ένας πάρει μια μισθολογική αύξηση ενώ ο άλλος όχι, τότε ο εργαζόμενος ο οποίος αξιολογήθηκε δίκαια χαμηλότερα από τον άλλο θα πρέπει να «βρει» το κίνητρο ώστε στην επόμενη αξιολόγηση να βελτιωθεί.

Κεφάλαιο 5^ο Η συνδρομή του “Computerized Maintenance Management System” στην βελτιστοποίηση των διαδικασιών συντήρησης



Είναι αυτονόητο ότι χωρίς ένα λογισμικό “CMMS” και με δεδομένη την πολυπλοκότητα των συστημάτων και τον όγκο των πληροφοριών και διεργασιών οι πιθανότητες για ένα επιτυχημένο πρόγραμμα συντήρησης, είναι ελάχιστες.

Μια βασική «άτυπη» αρχή της διοίκησης έργων είναι ότι η πιο σημαντική «είσοδος» στο στάδιο του προγραμματισμού ενός νέου έργου είναι οι πληροφορίες και οι εμπειρίες-γνώσεις που έχουν προκύψει από παλαιότερα έργα. Επομένως το “CMMS” σε ένα τμήμα συντήρησης είναι το πλέον κατάλληλο για να συγκεντρώσει όλες αυτές τις πληροφορίες.

Σήμερα υπάρχουν δεκάδες τέτοια λογισμικά στην αγορά τα οποία παρέχουν εκατοντάδες λειτουργίες σε διαφορετικές πλατφόρμες. Η κάθε μια εταιρία θα πρέπει να επιλέξει τις λειτουργίες που θέλει να αυτοματοποιήσει και πως αυτές θα «ταιριάξουν» καλύτερα στο προφίλ της προκειμένου να επιλέξει το κατάλληλο. Η εύρυθμη λειτουργία μόνο θετικά αποτελέσματα μπορεί να επιφέρει.

- **Η επιλογή και η ενσωμάτωση του “CMMS”, σε ένα τμήμα συντήρησης.**
 - ο Η αρχική επιλογή και διαμόρφωση του λογισμικού πρέπει να γίνει από έμπειρα και εξειδικευμένα, με τις σύγχρονες διαδικασίες συντήρησης, στελέχη.
 - ο Το λογισμικό θα πρέπει να είναι σχετικά εύχρηστο και λειτουργικό, προκειμένου οι χρήστες να μην σπαταλούν χρόνο για την εκμάθηση και διαχείριση του.

- Πριν ακόμη το λογισμικό γίνει «μέρος της συντήρησης», όλοι οι μελλοντικοί χρήστες του θα πρέπει να εκπαιδευτούν σχετικά με τις λειτουργίες του αλλά και το επίπεδο το οποίο είναι αδειοδοτούμενοι να το διαχειρίζονται.
- Το πιο δύσκολο σκέλος της εκπαίδευσης αυτής, είναι η κατανόηση της σημασίας της ύπαρξης ενός τέτοιου λογισμικού στην καθημερινότητα κάθε ενός χρήστη, μέσω παραδειγμάτων. Δεν θα πρέπει η διαχείριση του λογισμικού να αποτελεί ρουτίνα για τους χρήστες, αλλά το πιο χρήσιμο εργαλείο στην εργασιακή τους καθημερινότητα.
- Εφόσον το λογισμικό ενσωματωθεί, κάθε ένας χρήστης και πολύ περισσότερο οι «high level users» θα πρέπει να ενημερώνουν σχετικά με δυσλειτουργίες που έχουν εντοπίσει και να προτείνουν βελτιωτικές αλλαγές. Οποιαδήποτε αλλαγή θα πρέπει να πραγματοποιείται σχετικά εύκολα και να κοινοποιείται σε όλους τους χρήστες.

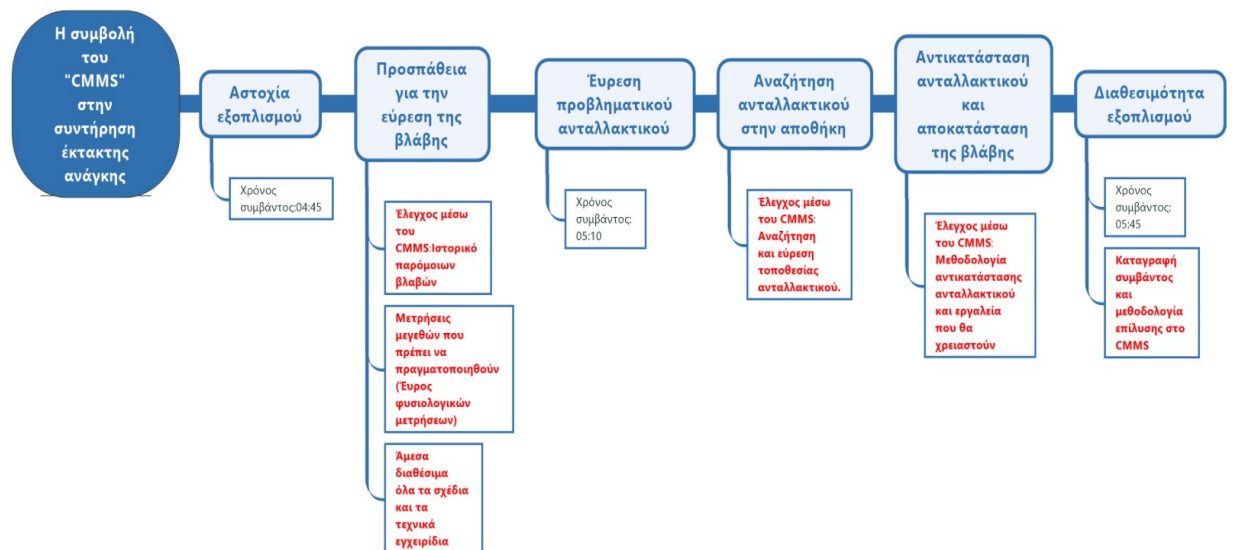
- **Η πρακτική συμβολή του “CMMS” στην βελτιστοποίηση των διαδικασιών.**



ο Καταγραφή και έλεγχος εργασιών συντήρησης

Η δημιουργία και η καταγραφή μιας εργασίας συντήρησης δεν θα υφίσταται πλέον σε φύλλα χαρτιού ή σε διάφορα σκορπισμένα φύλλα “Excel”, αλλά σε ένα ενιαίο-ενημερωμένο λογισμικό το οποίο δημιουργεί εργασίες συντήρησης με βάση τα δεδομένα τα οποία εισάγονται σε αυτό.

Όλες οι απαραίτητες πληροφορίες βρίσκονται στο λογισμικό. Ιστορικό παλαιών βλαβών, τρόποι επίλυσης, σχέδια και εγχειρίδια χρήσης βρίσκονται σε μια "on-line" βιβλιοθήκη και ενημερώνονται συνεχώς με νέα. Επομένως το προσωπικό νιώθει ασφάλεια, λόγω της ύπαρξης κάθε είδους πληροφορίας που μπορεί να φανεί χρήσιμη, και μπορεί απρόσκοπτα να αποδώσει τα μέγιστα.



ο Η παραπάνω εικόνα παρουσιάζει ένα σχεδόν καθημερινό «σενάριο» μιας αστοχίας που αντιμετωπίζει ένα τμήμα συντήρησης έκτακτης ανάγκης. Με κόκκινο χρώμα επισημαίνουμε την συμβολή του “CMMS” στην αποκατάσταση της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού. Η παροχή όλων αυτών των πληροφοριών προφανώς ελάττωσε στο ελάχιστο δυνατό τον χρόνο μη διαθεσιμότητας του εξοπλισμού, αλλά το πιο σημαντικό κατά την γνώμη μου είναι η ψυχολογία των ανθρώπων που θα εμπλακούν σε μια τέτοια κατάσταση, γνωρίζοντας πως υπάρχει όλη αυτή η πληροφορία διαθέσιμη. Φυσικά και δεν μπορούμε να υπολογίσουμε τον χρόνο μη διαθεσιμότητας του εξοπλισμού εάν το “CMMS” δεν παρείχε όλες αυτές τις πληροφορίες, όμως σίγουρα θα ήταν πολύ μεγαλύτερος, ίσως και πολλαπλάσιος.

ο Προγραμματισμένη συντήρηση

Αυτοματοποιημένες ρουτίνες επεξεργάζονται τα εισερχόμενα δεδομένα από όλα τα επιμέρους τμήματα συντήρησης (επιδιορθωτική, προληπτική, βελτιωτική, περιοδική και προβλεπτική) και δημιουργούν εργασίες πάντα με την επίβλεψη ενός αδειοδοτημένου χρήστη. Όλες οι εργασίες πραγματοποιούνται στην ώρα τους και με τον προβλεπόμενο τρόπο και μειώνεται η πιθανότητα ένας εξοπλισμός να αστοχήσει λόγω μη συντήρησης.

Work Materials Equipment Purchasing Custom

PM Schedule INSP-ZPMC-006 Service Interval for annual inspection - ZPMC QC

Record View Comments Activities **Equipment** Work Orders More

All Equipment Edit Equipment [A] [A] Run

Equipment	Work Order Org.	Department	Location	Route	Perform Every	Period UOM	Due Date	Work Order	Updated	PM Type	Date Deactivated	Meter Interval	Meter UC
QC15	[A]	ENG	PIER 2	[A]	=	1 Years	17-04-2021	1124216	<input type="checkbox"/>	Variable		4.000	OP HRS
QC16		ENG	PIER 2			1 Years	03-07-2020	1100732	<input type="checkbox"/>	Variable		4.000	OP HRS
QC17		ENG	PIER 2			1 Years	18-04-2021	1124221	<input type="checkbox"/>	Variable		4.000	OP HRS
QC18		ENG	PIER 2			1 Years	15-02-2021	1119659	<input type="checkbox"/>	Variable		4.000	OP HRS
QC19		ENG	PIER 2			1 Years	06-11-2020	1110727	<input type="checkbox"/>	Variable		4.000	OP HRS
QC20		ENG	PIER 2			1 Years	06-11-2020	1110728	<input type="checkbox"/>	Variable		4.000	OP HRS
QC31		ENG	PIER 3			1 Years	04-04-2021	1123015	<input type="checkbox"/>	Variable		4.000	OP HRS
QC32		ENG	PIER 3			1 Years	03-06-2021	1127758	<input type="checkbox"/>	Variable		4.000	OP HRS
QC33		ENG	PIER 3			1 Years	24-04-2021	1124720	<input type="checkbox"/>	Variable		4.000	OP HRS
QC34		ENG	PIER 3			1 Years	21-03-2021	1122399	<input type="checkbox"/>	Variable		4.000	OP HRS
QC35		ENG	PIER 3			1 Years	28-03-2021	1122641	<input type="checkbox"/>	Variable		4.000	OP HRS

- ο Οι ώρες λειτουργίας του εκάστοτε εξοπλισμού εισάγονται στο “CMMS” και μόλις συμπληρωθεί το όριο ή μόλις περάσει το ορισμένο χρονικό διάστημα τότε αυτόματα δημιουργείται μια εργασία περιοδικής συντήρησης, δηλαδή ένας γενικευμένος έλεγχος του εξοπλισμού.

Work Order 1125154 Service interval for annual inspection - ZPMC QC

Record View Comments **Activities** Book Labor Closing Parts Cost Summary Additional Costs Meter Readings

All Activities Edit

Activity	Trade	With Pending Item	PI/FU Completed	Note/Pending Item	Original Pending WO-Activity	Start Date	Perce
10	TECHN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	inspection	[A]	03-06-2020	
20	TECHN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	at backreach the left catenary sheave need lubrication		03-06-2020	
30	TECHN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	at festoon one metal bar is broken		03-06-2020	
40	TECHN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	at festoon 4 long spring ropes need replacement		03-06-2020	
50	TECHN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	at festoon need		03-06-2020	

- Αφού ολοκληρωθεί ο έλεγχος του εξοπλισμού, γίνεται εισαγωγή στο “CMMS” των εργασιών που προέκυψαν. Με αυτόν τον τρόπο έχουν αυτοματοποιηθεί πλήρως πολλές ρουτίνες της προληπτικής συντήρησης.

- Διαχείριση εξοπλισμού

Κάθε ένας εξοπλισμός έχει καταγεγραμμένο ιστορικό από την στιγμή της αγοράς του έως και την στιγμή της πώλησης ή της καταστροφής του. Έτσι υπάρχουν καταγεγραμμένες εργασίες συντήρησης, κόστη, ανταλλακτικά και το ανθρώπινο δυναμικό που τα διαχειρίστηκε. Όλα τα παραπάνω μπορούν να δημιουργήσουν διαγράμματα “asset lifecycle”, τα οποία εμφανίζουν ενδιαφέρουσες πληροφορίες σχετικά με την λειτουργική κατάσταση του εξοπλισμού και τα κόστη συντήρησης. Με βάση αυτά τα διαγράμματα μπορούν να παρθούν αποφάσεις σχετικά με την αύξηση των εργασιών συντήρησης, την εκπόνηση μιας βελτιωτικής συντήρησης ή ακόμη και την αντικατάσταση ενός εξοπλισμού.

Asset QC12 Quay Crane 12

Event	Organization	Event Type	Type	Status	Date Completed	Sched. Start Date	Description
1127055		XA		Completed	28-05-2020 12:51	28-05-2020	A A/C_FUJ_45000BTU-1409000267 <-- A QC12
1126889		JOB	Planned Maintenance	Released		19-06-2020	Crane annual inspection (B-Type)
1126370		XA		Completed	18-05-2020 16:15	18-05-2020	A MQC 11-14 TR 1298000257 <-- A QC12
1126358		AA		Completed	18-05-2020 15:05	18-05-2020	A MQC 11-14 TR 1298000255 --> A QC12
1126298		PPM	Preventive maintenance	Completed	18-05-2020 15:00	18-05-2020	Lubrication interval - Three monthly - ROKAS QC
1124439		AA		Completed	24-04-2020 15:48		A MQC 11-14 GA 1298000477 --> A QC12
1122895		AA		Completed	04-04-2020 10:56	04-04-2020	A MQC 11-14 TR 1298000257 --> A QC12
1122892		XA		Completed	04-04-2020 10:54	04-04-2020	A MQC 11-14 TR 1298000257 <-- A QC12

Work Order	Type	Organization	Currency	Material Cost	Labor Cost	Tool Cost	Total Cost	Hours Worked	Status	Sched. End Date	Description
1126889	Planned Maintenance	PCT	EUR	0,00	0,00	0,00	0,00	0	Released	19-06-2020	Crane annual inspection (B-Type)
1126298	Preventive maintenance	PCT	EUR	0,00	0,00	0,00	0,00	0	Completed	18-05-2020	Lubrication interval - Three monthly - ROKAS QC
1121575	Planned Maintenance	PCT	EUR	3.785,94	0,00	0,00	3.785,94	0	Completed	16-03-2020	MODIFICATION FOR NEW INTERCOMMUNICATION SYSTEM
1119789	Planned Maintenance	PCT	EUR	0,00	0,00	0,00	0,00	18	Completed	20-02-2020	TLS No3 cylinder has leakage

Total Material Cost	70.403,30
Total Labor Cost	6.540,91
Total Tool Cost	0,00
Total Overall Cost	76.944,21

ο Επικοινωνία μεταξύ των τμημάτων συντήρησης

Όπως αναλύσαμε και σε προηγούμενα κεφάλαια υπάρχουν διαφορετικοί τύποι συντήρησης, διαφορετικό προσωπικό το οποίο εμπλέκεται με αυτές, σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα μέσα στην ημέρα. Επομένως μέσω του λογισμικού, γίνεται ενοποίηση όλων αυτών των διαφορετικών εργασιών και τμημάτων και έτσι ανά πάσα στιγμή ο καθένας γνωρίζει οποιαδήποτε καταγραφή έχει πραγματοποιηθεί.

Checked all bus connectors (cables and on-off switches). One connector on safety plc (e-room) founded it with unscrew bolts. We fix it with no result. Many resets were made at all the plc with no result. The problem is possible at the e-room safety plc. No spare parts founded at store. The machine was setted out of order.

Created 11-06-2020 05:58
Chief Engineer G.M

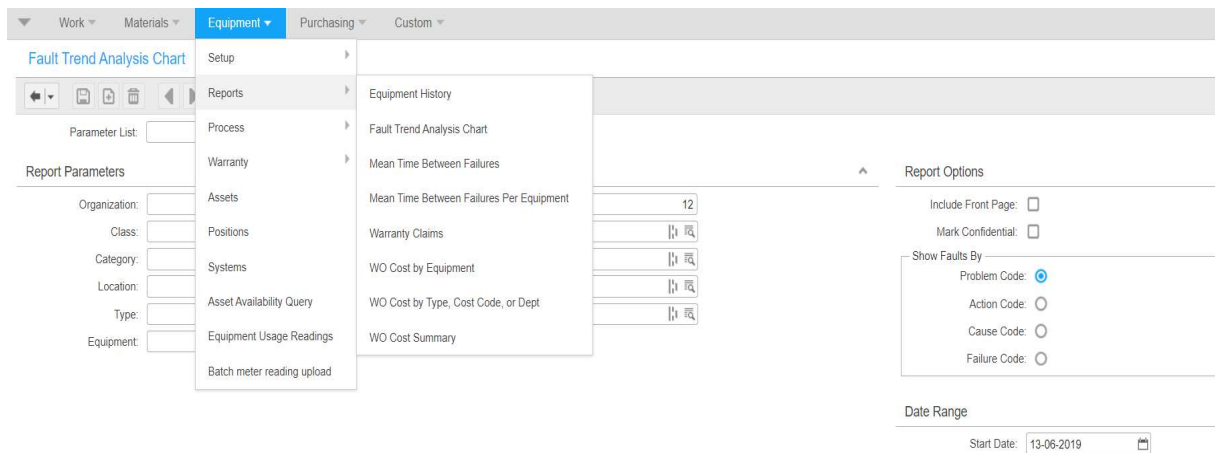
ο Διαχείριση ανταλλακτικών και αναλώσιμων

Όπως αναφέραμε και στο σχετικό κεφάλαιο, πρέπει να υπάρχει συνεχής συνεργασία του τμήματος συντήρησης και του τμήματος εφοδιαστικής αλυσίδας. Το λογισμικό παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τα ανταλλακτικά (τεχνικά χαρακτηριστικά, εξοπλισμός που χρησιμοποιείται, απόθεμα) και φυσικά προειδοποιεί για τυχόν «κρίσιμες» ελλείψεις, που μπορούν να φέρουν εκτός διαθεσιμότητας τον εξοπλισμό.



- ο Δείκτες αποδοτικότητας και παραγωγικότητας

Ανά πάσα στιγμή υπάρχουν διαθέσιμες όλες οι απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τους χρόνους διαθεσιμότητας, τους χρόνους εργασιών συντήρησης και άλλους κρίσιμους δείκτες, όπως αυτοί αναλύθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια.



Βιβλιογραφία:

1. Βώσσος Αντώνιος (2006) , «*Σύγχρονες τάσεις στη Διοίκηση και οργάνωση της συντήρησης*» . Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος «Συντήρηση Εξοπλισμού»
2. Βώσσος Αντώνιος (2006) , «*Αξιοπιστία Συστημάτων μηχανών και εξαρτημάτων*». Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος «Συντήρηση Εξοπλισμού»
3. Βώσσος Αντώνιος (2006) , «*Ανταλλακτικά και Πάγια*» . Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος «Συντήρηση Εξοπλισμού»
4. Εμίρης Δημήτριος (2017) , «*Διοίκηση Έργων*» . Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος «Διοίκηση Έργων».
5. Δρ. Χάρης Μαρεντάκης (2015) , “*Quantitative Risk Analysis*” . Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος “Quality and risk Management”.
6. ΙΤΥΕ Διόφαντος , «*Αρχές Οργάνωσης και Διοίκησης επιχειρήσεων*»
7. Erik Hupje, “<https://www.roadtoreliability.com/>”
8. “<http://www.plant-maintenance.com/RCM-intro.shtml>”
9. “<http://leanmanufacturing.online/>”
10. “<https://www.fixsoftware.com/resource-center/ebook/>”
11. “<https://www.process.st/fmea/>”
12. “Wikipedia”
13. Όλα τα στιγμιότυπα από το λογισμικό “CMMS” ,χρησιμοποιήθηκαν από τον συγγραφέα μόνο για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.