



RISK-BASED SCOPE FREEZE

ΟΡΙΣΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΒΑΣΕΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

**ΜΠΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΡΓΩΝ & ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ**

**Πανεπιστήμιο Πειραιώς
Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας**

ΣΤΕΦΑΝΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Μηχανικός Οικονομίας και Διοίκησης

2016

ΔΗΛΩΣΗ

Η παρούσα εργασία είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Διοίκηση έργων και ανάπτυξη προϊόντων - Κατεύθυνση: Διοίκηση έργων, Σχολή Ναυτιλίας και Βιομηχανίας, Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πειραιά».

Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του μη πρωτότυπου υλικού ΜΔΕ ανήκουν στο μεταπτυχιακό φοιτητή κ. Στεφάνου Γεώργιο του Μάρκου, Μηχανικού οικονομίας και διοίκησης και το επιβλέπον μέλος ΔΕΠ κ. Εμίρη Δημήτριο, Καθηγητή τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας, 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 συνέδριου από τον ένα εκ των δύο, με την προϋπόθεση ότι αναφέρονται τα ονόματα και των δύο 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.

Ο μεταπτυχιακός φοιτητής

Ο επιβλέπων Καθηγητής

Στεφάνου Γεώργιος

Εμίρης Δημήτριος

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, «Διοίκηση Έργων και Ανάπτυξη Προϊόντων - Κατεύθυνση: Διοίκηση Έργων», Σχολή Ναυτιλίας και Βιομηχανίας, Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πειραιά, υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Εμίρη Δημήτριου. Θα ήθελα λοιπόν να απευθύνω θερμές ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου ο οποίος στάθηκε αρωγός κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου διατριβής καθώς και σε όλη την διάρκεια φοίτησης μου στο εν λόγω μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την φίλη μου κ. Ευφροσύνη Τσακαμή, Οικονομολόγο καθώς και τον αδερφό μου Κωστή Στεφάνου, για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχαν κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου διατριβής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Εισαγωγή.....	1
1.1	Σκοπός της εργασίας.....	2
1.2	Τοποθέτηση του προβλήματος.....	3
1.3	Η σημασία της λειτουργίας της συντήρησης.....	6
1.4	Η αναγκαιότητα της συντήρησης.....	6
1.5	Η θεώρηση της συντήρησης.....	8
1.6	Οι προσεγγίσεις της συντήρησης.....	8
1.7	Οργάνωση και διοίκηση της συντήρησης (maintenance management).....	11
1.8	Σχέση συντήρησης και παραγωγής.....	12
2.	Ανάλυση κινδύνων σε μη ντετερμινιστικά έργα.....	13
2.1	Γενικά.....	13
2.2	Αρχές διαχείρισης κινδύνων.....	15
2.3	Η διαδικασία διαχείρισης κινδύνων.....	16
2.3.1	Σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνων.....	18
2.3.2	Ποιοτική ανάλυση κινδύνων.....	22
2.3.3	Ποσοτική ανάλυση κινδύνων.....	24
2.3.4	Σχεδιασμός αντιμετώπισης κινδύνων.....	25
2.3.5	Παρακολούθηση και έλεγχος κινδύνων.....	26
2.4	Είδη Κινδύνων σε ένα έργο συντήρησης.....	29
3.	Γενικές έννοιες συντήρησης.....	32
3.1	Η σημασία της συντήρησης.....	32
3.1.1	Σκοπός της συντήρησης.....	32
3.1.2	Διακοπή λειτουργίας.....	32
3.1.3	Αξιοπιστία συντήρησης.....	33
3.1.4	Ο Κόσμος της συντήρησης στο μέλλον.....	33

3.1.5	Ευφυή Συστήματα συντήρησης.....	33
3.1.6	Μηχανές με δυνατότητα παροχής ειδοποιήσεων	34
3.1.7	Εστιάζοντας στα συμπεράσματα της συντήρησης	34
3.2	Αξιοπιστία συστημάτων και KPIs συντήρησης	35
3.2.1	KPIs (Βασικοί Δείκτες Απόδοσης).....	35
3.2.2	Κρίσιμοι δείκτες στον τομέα της συντήρησης	36
3.3	Πληροφοριακά συστήματα και Συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων DSS (Decision support system).....	38
3.3.1	Έννοια του συστήματος-πληροφοριακού συστήματος	38
3.3.2	Σκοπός των Πληροφοριακών Συστημάτων	39
3.3.3	Συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων (DSS):.....	40
3.3.4	Αρχικός σχεδιασμός συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων (DSS) 40	
4.	Έργα συντήρησης.....	42
4.1	Διοίκηση του φυσικού αντικειμένου (Project scope management).....	42
4.2	Διαχείριση Χρόνου Έργου συντήρησης (Project time management)	43
4.3	Διαχείριση Κόστους Έργου συντήρησης (Project cost management).....	45
4.4	Διοίκηση Ποιότητας του έργου συντήρησης (Project quality management) .	46
4.5	Διαχείριση κινδύνων Έργου (Project risk management).....	47
5.	Περιγραφή του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης	48
5.1	Τα κριτήρια και οι οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης	48
5.2	Οι ασαφείς κανόνες του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης	53
6.	Συμπεράσματα.....	61
6.1	Πλεονεκτήματα.....	61

6.2	Αποτελέσματα και οφέλη	62
7.	Βιβλιογραφία.....	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Την Οργάνωση και Διοίκηση της Συντήρησης υποστηρίζουν διάφοροι εξωτερικοί και εσωτερικοί πόροι με τους οποίους πρέπει να εκπληρωθούν οι απαιτήσεις συντήρησης	12
Σχήμα 2: Η διαχείριση κινδύνων και προγραμματισμό του έργου	14
Σχήμα 3: Διαβάθμιση αβεβαιότητας και κινδύνου	16
Σχήμα 4: Λειτουργίες συνεχούς διαχείρισης κινδύνων.....	16
Σχήμα 5: Διαδικασία διαχείρισης κινδύνων στη Διαχείριση έργων	29
Σχήμα 6: Διάγραμμα ροής του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης	60

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Βήματα στην αναγνώριση και διαχείριση κινδύνων	17
Πίνακας 2: Σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνων	20
Πίνακας 3: Αναγνώριση κινδύνων	21
Πίνακας 4: Συνδυασμός πιθανοτήτων-συνεπειών.....	22
Πίνακας 5: Ιεράρχηση επιπτώσεων κινδύνου	23
Πίνακας 6: Πιθανότητα – Επιπτώσεις.....	24
Πίνακας 7: Ποσοτική ανάλυση κινδύνων	25
Πίνακας 8: Σχεδιασμός αντιμετώπισης κινδύνων	26
Πίνακας 9: Παρακολούθηση και έλεγχος κινδύνων	27

1. Εισαγωγή

Με την αυξημένη αυτοματοποίηση και την χρήση μηχανών, πολλά σύγχρονα επιχειρηματικά πλάνα έχουν εγκαταστήσει ευέλικτο έλεγχο μέσω του υπολογιστή αυτόματα και χωρίς ανθρώπινο δυναμικό. Μαζί με την εγκατάσταση αυτού του πολυσύνθετου συστήματος και τον εξοπλισμό εντατικού κεφαλαίου, οι εργασίες συντήρησης και οι δαπάνες έχουν αυξηθεί σημαντικά. Η Wireman διεξήγαγε μια συγκριτική αξιολόγηση όπου διαπιστώθηκε ότι το κόστος συντήρησης για τις βιομηχανικές επιχειρήσεις στις ΗΠΑ έχει αυξηθεί κατά 10-15% ανά έτος από το 1979. Τα υψηλά κόστη συντήρησης υπογραμμίζουν την ανάγκη να καθορίζουν με σαφήνεια τους στόχους συντήρησης, να αναπτύσσουν και να ενισχύουν τις σύγχρονες μεθόδους διαχείρισης της συντήρησης συνεχώς, να ενσωματώνουν αποτελεσματικά τις δραστηριότητες συντήρησης και παραγωγής, και να χρησιμοποιήσουν ευφυή συντήρηση ηλεκτρονικών υπολογιστών που βασίζονται σε συστήματα.

Στη βιομηχανία, η συντήρηση με γνώμονα την βλάβη (FDM) και με βάση το χρόνο (TBM) είναι δύο βασικές προσεγγίσεις διαχείρισης της συντήρησης. Η συντήρηση με γνώμονα την βλάβη (FDM) επίσης ονομάζεται run-to-failure maintenance. Είναι μια αντιδραστική προσέγγιση διαχείρισης, όπου η διορθωτική συντήρηση συχνά κυριαρχείται από απρογραμμάτιστα γεγονότα, και πραγματοποιείται μόνο μετά την εμφάνιση μιας προφανώς λειτουργικής αστοχίας, δυσλειτουργίας ή βλάβης του εξοπλισμού. Η διορθωτική η συντήρηση μπορεί να αντικαταστήσει ή να επιδιορθώσει ένα εξάρτημα που έχει αστοχήσει είτε χρειάζεται επιδιόρθωση. Εάν ο εξοπλισμός δεν είναι κύριος ή επισκευάζεται εύκολα, απρογραμμάτιστες διακοπές του εξοπλισμού θα προκαλέσουν ελάχιστες διαταραχές στην παραγωγή, και η FDM θα μπορούσε να είναι μια αποδεκτή προσέγγιση συντήρησης. Ωστόσο, στην περίπτωση μιας τυχαίας βλάβης σε κύριο εξοπλισμό που θα έχει σοβαρές επιπτώσεις στην παραγωγή, σε μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης, διορθωτικά μέτρα συντήρησης είναι απαραίτητα για να αποφευχθούν οι σοβαρές συνέπειες της βλάβης. Η πρακτική επίπτωση της διορθωτικής συντήρησης έκτακτης ανάγκης οδηγεί συχνά στην απρόβλεπτη απόδοση στον σχεδιασμό, δηλαδή διακοπή λειτουργίας κύριου εξοπλισμού, υψηλό κόστος αντικατάσταση του εξοπλισμού, εκτεταμένο χρόνο επισκευής, υψηλές ποινές που σχετίζονται με την απώλεια της παραγωγής, και απώλεια ενός μεγάλου αποθέματος ανταλλακτικών. Η συντήρηση με βάση τον χρόνο (TBM) ονομάζεται επίσης και περιοδική προληπτική συντήρηση (periodic preventive maintenance). Προκειμένου να επιβραδυνθούν οι διεργασίες υποβάθμισης που οδηγούν σε σφάλματα, εκτελείται πρωτογενούς προληπτική συντήρηση διεξάγοντας λίπανση

κατά διαστήματα, βαθμονόμηση, ανακαίνιση, επιθεώρηση και έλεγχος του εξοπλισμού σε μια τακτή προγραμματισμένη βάση. Η TBM πιστεύει ότι η εκτιμώμενη συμπεριφορά βλάβης του εξοπλισμού, δηλαδή ο ενδιάμεσος χρόνος μεταξύ των λειτουργικών βλαβών (MTBF) είναι στατιστικά ή εκ πείρας γνωστός για τον εξοπλισμό και τα μηχανήματα σε κανονική χρήση. Η TBM περιλαμβάνει, επίσης, μικρές ή μεγάλες προγραμματισμένες διακοπές λειτουργίας των συστημάτων για την επισκευή ή την προκαθορισμένη επισκευή ακόμα και σε εν λειτουργία εξοπλισμό. Αυτό μπορεί να αποτρέψει λειτουργικές βλάβες αν αντικαταστήσουμε κρίσιμα εξαρτήματα σε κρίσιμους εξοπλισμούς σε τακτά χρονικά διαστήματα μικρότερα από την αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους. Αναμόρφωση του συστήματος και αντικατάσταση κρίσιμων εξοπλισμών σε τακτά χρονικά διαστήματα υιοθετηθεί ευρέως από πολλά σύγχρονα αυτοματοποιημένα εργοστάσια. Παρά το γεγονός ότι η TBM μπορεί να μειώσει την πιθανότητα βλάβης του συστήματος ή τη συχνότητα των απρογραμμάτιστων επισκευών έκτακτης ανάγκης, δεν μπορεί να εξαλείψει την εμφάνιση των τυχαίων καταστροφικών βλαβών. Μερικές πρακτικές της TBM μπορεί να είναι ξεπερασμένες και να μην αντιμετωπίζουν τις πραγματικές απαιτήσεις λειτουργίας του σύγχρονο αυτοματοποιημένου εργοστασίου. Οι περισσότερες από τις αποφάσεις συντήρησης κατασκευάζονται από έμπειρους σχεδιαστές σύμφωνα με τις αρχικές συστάσεις του κατασκευαστή του εξοπλισμού, η αναφερόμενη ιστορία βλάβης ή δεδομένων αποτυχίας και εμπειρίας λειτουργίας και την κρίση του προσωπικού συντήρησης και τεχνικούς. Κάτω από μια κατάσταση αβεβαιότητας, είναι πολύ δύσκολο να προγραμματιστούν οι δραστηριότητες συντήρησης κατάλληλα εκ των προτέρων, και έτσι, πολύ συχνά, το προσωπικό συντήρησης απαιτείται να εργαστεί "πυροσβεστικά".

1.1 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος λήψης απόφασης με χρήση κανόνων ασαφούς λογικής που να διαχειρίζεται αποτελεσματικά τα δεδομένα συντήρησης με στόχο το σωστό υπολογισμό του φυσικού αντικειμένου του έργου με τον μικρότερο κίνδυνο. Ειδικότερα θα εκμεταλλευτούμε το πλεονέκτημα που μας παρέχει η Ασαφής Λογική στη διαχείριση πολλών διαφορετικών παραγόντων που επηρεάζουν τις αποφάσεις ενός project manager στον προγραμματισμό της συντήρησης και θα αναπτύξουμε ένα σύστημα λήψης απόφασης που θα χρησιμοποιεί δεδομένα και τιμές μεγεθών που είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμα σε ένα έργο συντήρησης.

1.2 Τοποθέτηση του προβλήματος

Στις μέρες μας η γενική επιδίωξη της διοίκησης και διαχείρισης έργου είναι η ανάπτυξη αποφάσεων υποστήριξης που θα βοηθήσουν τους project managers να βελτιώσουν το σχεδιασμό, τον προγραμματισμό και των έλεγχο των έργων. Πιο συγκεκριμένα στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούμε στο κομμάτι της συντήρησης με σκοπό να συμπεριλάβουμε στο φυσικό αντικείμενο του έργου όλες τις απαραίτητες εργασίες συντήρησης σύμφωνα με τα δεδομένα τα οποία έχουμε συλλέξει. Χωρίς να συμπεριλαμβάνουμε στο φυσικό αντικείμενο εργασίες οι οποίες διογκώνουν το φυσικό αντικείμενο ή να αφαιρέσουμε εργασίες απαραίτητες για την λειτουργία του εξοπλισμού. Ο στόχος αυτός είναι δύσκολο να επιτευχθεί γιατί τέτοιες αποφάσεις περιλαμβάνουν πολλαπλές επιλογές όσον αφορά την ανάθεση των πόρων και τον χρονικό προγραμματισμό που πρέπει να βελτιωθούν από την άποψη διαφόρων κριτηρίων όπως η συνολική διάρκεια, η καθαρή παρούσα αξία, το κόστος, η ασφάλεια. Μία ανασκόπηση των προσεγγίσεων που έχουν δημιουργηθεί για την περιγραφή τέτοιων προβλημάτων δείχνει ότι για έργα λογικού μεγέθους αναπτύσσονται μοντέλα πολύ μεγάλου μεγέθους. Η συνδυαστική αλλά και δύσκολη στη μεταχείριση φύση τέτοιου είδους προβλημάτων είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη εκατοντάδων ευριστικών κανόνων απόφασης για τον προγραμματισμό έργων με περιορισμούς πόρων.

Στην πραγματικότητα παράγοντες που δυσκολεύουν την κατάσταση είναι, η ύπαρξη περιορισμών στη διαθεσιμότητα των πόρων, ο περιορισμένος διαθέσιμος χρόνος, περιορισμός χρόνου εκτός λειτουργίας κάποιων εξοπλισμών και κανόνες ασφαλείας. Στην περίπτωση λοιπόν, που δεν υπάρχουν τέτοιοι περιορισμοί, προβλήματα ενός λογικού μεγέθους μπορούν να λυθούν απλώς με την εφαρμογή της μεθόδου του κρίσιμου δρόμου (Critical Path Method) αφού μοναδικός στόχος θα είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους και της διάρκειας του έργου. Η εισαγωγή όμως αυτών των περιορισμών καθιστούν το πρόβλημα πολύ πιο δύσκολο και απαιτούν πιο σύνθετες μεθόδους μαθηματικού προγραμματισμού. Για παράδειγμα οι πόροι είναι συχνά διαθέσιμοι ανά χρονική περίοδο σε περιορισμένες ποσότητες, και ενώ η CPM μέθοδος υποδεικνύει μία κατανομή των χρόνων έναρξης των δραστηριοτήτων βάσει των αλληλουχιών τους, συχνά βλέπουμε ότι οι πόροι δεν είναι διαθέσιμοι σε επαρκείς ποσότητες ώστε να προγραμματιστούν όλες οι δραστηριότητες συντήρησης όπως υποδεικνύεται από τη λύση. Έτσι κάτω από την περιορισμένη διαθεσιμότητα των πόρων αυτό που αναζητείται είναι πρώτων ποιες από τις δραστηριότητες θα συμπεριληφθούν στο φυσικό αντικείμενο και

δεύτερον ποιες από τις δραστηριότητες θα εκτελεστούν σύμφωνα με τον προγραμματισμό τους και ποιες θα καθυστερήσουν ώστε να ελαχιστοποιηθεί η προκύπτουσα αύξηση της συνολικής διάρκειας του έργου. Ο προγραμματισμός έργου (project scheduling) κάτω από περιορισμούς πόρων συνίσταται στον προσδιορισμό των χρόνων έναρξης των δραστηριοτήτων του έτσι ώστε οι αλληλουχίες μεταξύ των δραστηριοτήτων και οι περιορισμοί των πόρων που περιορίζουν το συνολικό αριθμό των διαθέσιμων πόρων να ικανοποιούνται αλλά και να ελαχιστοποιείται ο συνολικός χρόνος του έργου. Πιο συγκεκριμένα ο προγραμματισμός ενός έργου συντήρησης είναι αρκετά σύνθετος διότι οι περιορισμένοι πόροι και ο περιορισμένος χρόνος για συντήρηση επιφέρουν ένα άλλο πρόβλημα, τον περιορισμό των εργασιών αντικατάσταση και συντήρησης που είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν με τους διαθέσιμους πόρους στον διαθέσιμο χρόνο. Η λήψη απόφασης ποιων δραστηριοτήτων θα πραγματοποιηθούν και ποιων όχι είναι πολύ περίπλοκη αλλά και πολύ σημαντική για την επιτυχία της συντήρησης ενός εξοπλισμού αλλά και την διάρκεια ζωής του εξοπλισμού. Για την λήψη τέτοιων αποφάσεων ο project manager συλλέγει πληροφορίες από πολλές πηγές. Από τους διευθυντές παραγωγής ενημερώνετε για την σημαντικότητα του εξοπλισμού στην γραμμή παραγωγής και για τον διαθέσιμο χρόνο για επισκευή και συντήρηση. Από τους υπεύθυνους παραγωγής του εκάστοτε τμήματος πληροφορείται για τα απαραίτητα τεχνολογικά θέματα εξοπλισμού καθώς και για το τι πρέπει να αντικατασταθεί και τι πρέπει να συντηρηθεί στις αντίστοιχες ώρες λειτουργίας. Από τους χειριστές των μηχανημάτων για πιθανές δυσλειτουργίες και φθορές. Τέλος από τους ιδιοκτήτες-μετόχους για το ποσό το οποίο θα δαπανηθεί για την συντήρηση. Όλοι οι προαναφερόμενοι εμπλεκόμενοι (stakeholders) σε ένα έργο συντήρησης έχουν αντικρουόμενα συμφέροντα. Για παράδειγμα ο υπεύθυνος παραγωγής θέλει να τεθεί εκτός λειτουργίας η γραμμή παραγωγής όσο το δυνατόν λιγότερο ενώ ο χειριστής δεν τον ενδιαφέρει ο χρόνος παύσης εργασιών παρά μόνο να διορθωθεί και το παραμικρό πρόβλημα στο μηχάνημα το οποίο χειρίζεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο καθένας από την μεριά του να πιέζει τον manager να ικανοποιήσει τις δικές του ανάγκες και προσδοκίες. Ο manager θα πρέπει να αξιολογήσει κάθε προτεινόμενη δραστηριότητα-εργασία από την άποψη της αναγκαιότητας, σκοπιμότητας και αποπληρωμής. Τα προφανή ερωτήματα είναι:

- Είναι η δραστηριότητα πραγματικά απαραίτητη και ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια, την ποιότητα ή της αποδοτικότητας της παραγωγής του εργοστασίου;

- Είναι επιθυμητό αυτή τη στιγμή στη γραμμή παραγωγής; Είναι πάρα πολύ αργά ή πολύ νωρίς;

Έτσι ο manager βρίσκετε στην δύσκολη θέση να αποφασίσει με ποιο τρόπο και με ποια κριτήρια θα γίνει η επιλογή των εργασιών που θα αποτελέσει το φυσικό αντικείμενο του έργου συντήρησης. Αυτό είναι και το πρόβλημα που εξετάζει η παρούσα εργασία.

Ο προγραμματισμός ενός έργου υπό περιορισμούς είναι λοιπόν η κατανομή των χρόνων έναρξης κάθε δραστηριότητας έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι προτεραιότητες μεταξύ τους και οι απαιτήσεις των πόρων. Αφού η ποσότητα των διαθέσιμων πόρων ανά χρονική περίοδο είναι περιορισμένη, ο χρόνος έναρξης ορισμένων δραστηριοτήτων μπορεί να καθυστερήσει πέρα και από το πρόγραμμα χωρίς περιορισμούς (όπως υπολογίζονται από τη μέθοδο κρίσιμης διαδρομής), προκαλώντας πιθανότατα καθυστερήσεις πέρα από την αρχική διάρκεια της κρίσιμης διαδρομής του έργου.

Η διαδικασία του προγραμματισμού ενός έργου με περιορισμούς είναι ένα αρκετά σύνθετο πρόβλημα και για αυτό το σκοπό έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα μαθηματικού (κυρίως ακέραιου) προγραμματισμού, καθώς και πλήθος ευριστικών κανόνων για την εξομάλυνση της ανάθεσης των πόρων, που συχνά όμως αρκούνται σε μία υποβέλτιστη λύση του προβλήματος. Η απόκλιση αυτή από τη βέλτιστη λύση είναι αποτέλεσμα της πολυπλοκότητας των προβλημάτων αλλά και της χρήσης ευριστικών κανόνων.

Στον πραγματικό κόσμο όμως πολλές από τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων, λαμβάνουν χώρα σε ένα περιβάλλον όπου οι στόχοι οι περιορισμοί και οι συνέπειες πιθανών ενεργειών δεν είναι επακριβώς καθορισμένοι. Στη Διοίκηση συχνά λαμβάνονται τέτοιου είδους αποφάσεις βασισμένες σε ασταθή, ασαφή ή ατελή πληροφορία. Ειδικότερα στο κομμάτι της συντήρησης που υπάρχει συνεχώς αβεβαιότητα και κίνδυνος πιθανής αστοχίας ή βλάβης. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορα εργαλεία λήψης αποφάσεων (όπως η Analytic Hierarchy Process) ώστε οι managers να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις ακόμα και σε ένα ευμετάβλητο περιβάλλον.

Η ασαφής λογική (fuzzy logic) έχει χρησιμοποιηθεί πολύ αποτελεσματικά σε πολλά πεδία εφαρμογών όπως τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου, η ρομποτική. Η υπεροχή της στη διαχείριση ασαφούς πληροφορίας αποδείχτηκε χρήσιμη σε πολλές πρακτικές εφαρμογές, καθώς είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε πολύπλοκα προβλήματα των οποίων η μαθηματική περιγραφή είναι δύσκολη ή αδύνατη και αντικαθίσταται με περιγραφική εμπειρική γνώση.

Στη διοίκηση και διαχείριση έργου συχνά οι managers καλούνται να λάβουν αποφάσεις που αφορούν για παράδειγμα στη μετακίνηση κάποιων δραστηριοτήτων στο χρονοδιάγραμμα του έργου μέσα στα χρονικά τους περιθώρια, με σκοπό την εξομάλυνση της ανάθεσης των πόρων. Σε τέτοιου είδους αποφάσεις λαμβάνεται υπόψη ποιες από τις δραστηριότητες είναι κρίσιμες, έχουν δηλαδή συνολικό περιθώριο μηδέν. Συχνά υπάρχουν δραστηριότητες που έχουν πολύ μικρό χρονικό περιθώριο, όχι όμως μηδέν ώστε να θεωρηθούν κρίσιμες παρόλο που βρίσκονται πολύ κοντά στην κρισιμότητα. Με τη χρήση της ασαφούς λογικής τέτοιες δυσκολίες μπορούν να ξεπεραστούν και έτσι μπορούμε να έχουμε μία καλύτερη εικόνα για το πόσο κρίσιμες είναι οι δραστηριότητες του έργου και να αξιοποιήσουμε κατάλληλα μια τέτοια ασαφή πληροφορία. Επιπλέον ένα ακόμα πλεονέκτημα που μας δίνει η ασαφής λογική είναι και η παραμετροποίηση εκτός των ποσοτικών και των ποιοτικών παραγόντων που παίζουν συχνά πολύ σημαντικό ρόλο. Τέλος η δομή των ασαφών κανόνων χαρακτηρίζεται από ευελιξία, και προσαρμόζονται εύκολα και γρήγορα πιθανές αλλαγές.

1.3 Η σημασία της λειτουργίας της συντήρησης

Όσο τεχνολογικά εξελιγμένα και να είναι τα μηχανήματα παραγωγής, είναι αδύνατο να λειτουργούν και να αποδίδουν, τουλάχιστον στο επίπεδο που είναι σχεδιασμένα να το κάνουν, χωρίς την απαραίτητη επίβλεψη και συντήρηση. Η συντήρηση σε μία βιομηχανική επιχείρηση έχει στόχο να υποστηρίξει την παραγωγή έτσι ώστε να παράγονται προϊόντα συνεχώς, με το μικρότερο δυνατό κόστος και την καλύτερη ποιότητα σύμφωνα με τα πρότυπα της εταιρίας. Έτσι λοιπόν επιγραμματικά η συντήρηση πρέπει να εξασφαλίζει:

- Απρόσκοπτη λειτουργία – Μείωση χαμένου χρόνου
- Οικονομική λειτουργία – Μέγιστη παραγωγικότητα
- Βέλτιστο αποτέλεσμα από πλευράς ποιότητας
- Πληροφορίες για παραπέρα βελτίωση του εξοπλισμού και της οργάνωσης

1.4 Η αναγκαιότητα της συντήρησης

Το κόστος συντήρησης σήμερα μπορεί να αντιπροσωπεύει μέχρι και το 40% των εξόδων λειτουργίας μιας επιχείρησης. Με τον όρο συντήρηση εννοούμε:

- Τεχνικό και χρονικό σχεδιασμό εργασιών
- Διαχείριση υλικών και ανταλλακτικών
- Διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού
- Διαχείριση εργαλείων και μέσων γενικότερα
- Προληπτικούς, προγνωστικούς και διαγνωστικούς ελέγχους
- Προληπτικές ενέργειες και αντικαταστάσεις
- Προγραμματισμό και εκτέλεση προγράμματος λίπανσης
- Επισκευές, βελτιώσεις, κατασκευές
- Γενικές ετήσιες συντηρήσεις

Από τα παραπάνω είναι σαφές ότι η συντήρηση δεν έχει στόχο μόνο τις επισκευές, όπως γενικά θεωρείται από πολλούς, αλλά αποτελεί έναν κρίσιμη σημασίας παράγοντα στη ζωή της επιχείρησης που σχετίζεται με το σύνολο της απόδοσής της. Η διατήρηση του εξοπλισμού και των στοιχείων του σε ικανοποιητική κατάσταση λειτουργίας μέσω της συντήρησης (συστηματικές επιθεωρήσεις, εντοπισμοί και διορθώσεις επικείμενων αστοχιών πριν εμφανιστούν ή προτού εξελιχθούν σε μεγάλες καταστροφές) αποδεικνύεται ότι:

- Μειώνει το επενδυόμενο κεφάλαιο
- Μειώνει την ποιοτική υποβάθμιση του εξοπλισμού
- Μειώνει τις βλάβες του εξοπλισμού
- Αυξάνει τη διάρκεια ζωής των μηχανών
- Αυξάνει την παραγωγικότητα του προσωπικού της συντήρησης
- Ελαττώνει την απώλεια πελατείας
- Βελτιώνει τη συμμόρφωση σε νόμους και κανονισμούς
- Μειώνει περιττές επισκευές μηχανών
- Μειώνει την επανάληψη δραστηριοτήτων συντήρησης
- Μειώνει την απόρριψη (ελαττωματικών) προϊόντων
- Αυξάνει την αξιοπιστία
- Μειώνει τις υπερωρίες
- Αυξάνει την ασφάλεια
- Μειώνει τους τραυματισμούς
- Μειώνει την κατανάλωση ενέργειας

- Μειώνει την ποσότητα των απαραίτητων διαθέσιμων ανταλλακτικών
- Μειώνει τα ελαττώματα σε καινούριες μηχανές
- Μειώνει τις λανθασμένες ενέργειες συντήρησης
- Μειώνει τα ασφάλιστρα

1.5 Η θεώρηση της συντήρησης

Πολύ συχνά η συντήρηση αποτελεί το πρώτο θύμα των προσπαθειών εξοικονόμησης πόρων σε μια επιχείρηση κάτω από την εσφαλμένη θεώρηση ότι η μείωση των εξόδων συντήρησης θα βελτιώσει την κερδο-ικανότητα της επιχείρησης. Ο χειρισμός αυτός είναι πιθανό να αποφέρει κάποια εξοικονόμηση σε βραχυπρόθεσμη βάση, αλλά είναι σίγουρο ότι οι επιπτώσεις που θα έχει στη μεσο-μακροπρόθεσμη λειτουργία της επιχείρησης θα είναι καταστροφικές. Και μόνο αν αναλογιστεί κανείς τις επιπτώσεις από ένα απρόβλεπτο σταμάτημα της παραγωγής σε μια επιχείρηση συνεχούς λειτουργίας μπορεί να αντιληφθεί τη σημασία μιας τέτοιας προσέγγισης. Σε αντίθεση με την παραπάνω αντίληψη, για τις σωστά οργανωμένες επιχειρήσεις η συντήρηση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του παραγωγικού δυναμικού, μια επένδυση που αποδίδει τόσο στη βελτίωση της παραγωγικότητας αυτής καθ' αυτής όσο και στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Για τις επιχειρήσεις αυτές η συντήρηση είναι μία προσεκτικά οργανωμένη λειτουργία η οποία, έχοντας λάβει υπόψη όλους τους παράγοντες κόστους, οικονομίας ποιότητας και πάνω από όλα τους σκοπούς της επιχείρησης, αξιοποιεί:

- Ανθρώπινο δυναμικό
- Μηχανολογικό εξοπλισμό και εργαλεία
- Διαδικασίες ενεργειών, συγκέντρωσης πληροφοριών και επαναπληροφόρησης
- Συνεργάτες, πελάτες και προμηθευτές με στόχο την όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη εκπλήρωση των στόχων της επιχείρησης.

1.6 Οι προσεγγίσεις της συντήρησης

Γενικά στη βιβλιογραφία αναφέρονται και προτείνονται πολλές προσεγγίσεις, στρατηγικές και φιλοσοφίες, συντήρησης. Μια στρατηγική συντήρησης περιλαμβάνει την ταυτοποίηση, την αναζήτηση και την εκτέλεση πολλών αποφάσεων σχετικών με επισκευές,

αντικαταστάσεις και ελέγχους. Ασχολείται με την εκπόνηση του καλύτερου πλάνου λειτουργικής ζωής για κάθε μονάδα του εξοπλισμού και του βέλτιστου προγράμματος συντήρησης για τον εξοπλισμό σε συνεργασία με την παραγωγή και άλλες λειτουργίες. Μια στρατηγική συντήρησης περιγράφει ποια περιστατικά (για παράδειγμα αστοχία, πάροδος ορισμένου χρόνου, κατάσταση) χρήζουν ποιας δραστηριότητας συντήρησης (έλεγχος, επισκευή ή αντικατάσταση). Συγκροτείται από ένα μίγμα πολιτικών και τεχνικών, οι οποίες ποικίλουν από εξοπλισμό σε εξοπλισμό. Τέλος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως τους στόχους της επιχείρησης, τη φύση του εξοπλισμού που συντηρείται και το περιβάλλον εργασίας. Μια φιλοσοφία συντήρησης ορίζεται ως η γενική δομή μιας σειράς διαφόρων επεμβάσεων συντήρησης (διορθωτική, προληπτική κ.λπ.). Η φιλοσοφία συντήρησης δίνει το σκελετό πάνω στον οποίο αναπτύσσονται οι στρατηγικές συντήρησης και αποτελεί την ενσωμάτωση του τρόπου που σκέφτεται η επιχείρηση για το ρόλο της συντήρησης ως λειτουργία. Στη βιβλιογραφία μπορεί να βρει κανείς αρκετές φιλοσοφίες συντήρησης. Οι σημαντικότερες και πιο διαδεδομένες από αυτές είναι η Συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance – RCM) και η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance – TPM). Η φιλοσοφία της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (Total Productive Maintenance – TPM) ξεκίνησε στην Ιαπωνία στα μέσα της δεκαετίας του 80 και σταδιακά επεκτάθηκε και σε άλλες χώρες. Η ιαπωνική ιδέα όμως της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης χρονολογείται ήδη από το 1951 όταν έφτασε στην Ιαπωνία η Προληπτική Συντήρηση (Preventive Maintenance) από τις Η.Π.Α. Η Nippondenso, τμήμα της Toyota, ήταν η πρώτη επιχείρηση στην Ιαπωνία που εισήγαγε την ευρεία εφαρμογή της Προληπτικής Συντήρησης το 1960. Σύμφωνα με την Προληπτική Συντήρηση οι χειριστές χειρίζονταν τις μηχανές και η ομάδα συντήρησης τις συντηρούσε. Όμως το υψηλό επίπεδο αυτοματοποίησης της Nippondenso καθιστούσε αυτού του είδους τη συντήρηση προβληματική, καθώς αυτή απαιτούσε ολοένα και περισσότερο προσωπικό. Έτσι η διοίκηση αποφάσισε ότι τις συντηρήσεις ρουτίνας (όπως καθαρισμοί, λιπάνσεις κ.λπ.) θα τις έκαναν οι χειριστές, ενώ η ομάδα συντήρησης θα ασχολείτο μόνο με τροποποιήσεις στον εξοπλισμό οι οποίες είχαν στόχο την αύξηση της αξιοπιστίας του και συνακόλουθα την αποφυγή συντήρησης. Έτσι η Προληπτική Συντήρηση (Preventive Maintenance) μαζί με την Πρόληψη της Συντήρησης (Maintenance Prevention) και τη Βελτίωση της Συντηρησιμότητας (Maintenability Improvement) συνέθεσαν την Παραγωγική Συντήρηση. Στις αρχές της δεκαετίας του 70 η βιομηχανία της Ιαπωνίας βρισκόταν σε κρίσιμη οικονομική κατάσταση εξαιτίας της κρίσης του πετρελαίου και έψαχνε τον αποτελεσματικό τρόπο που θα της

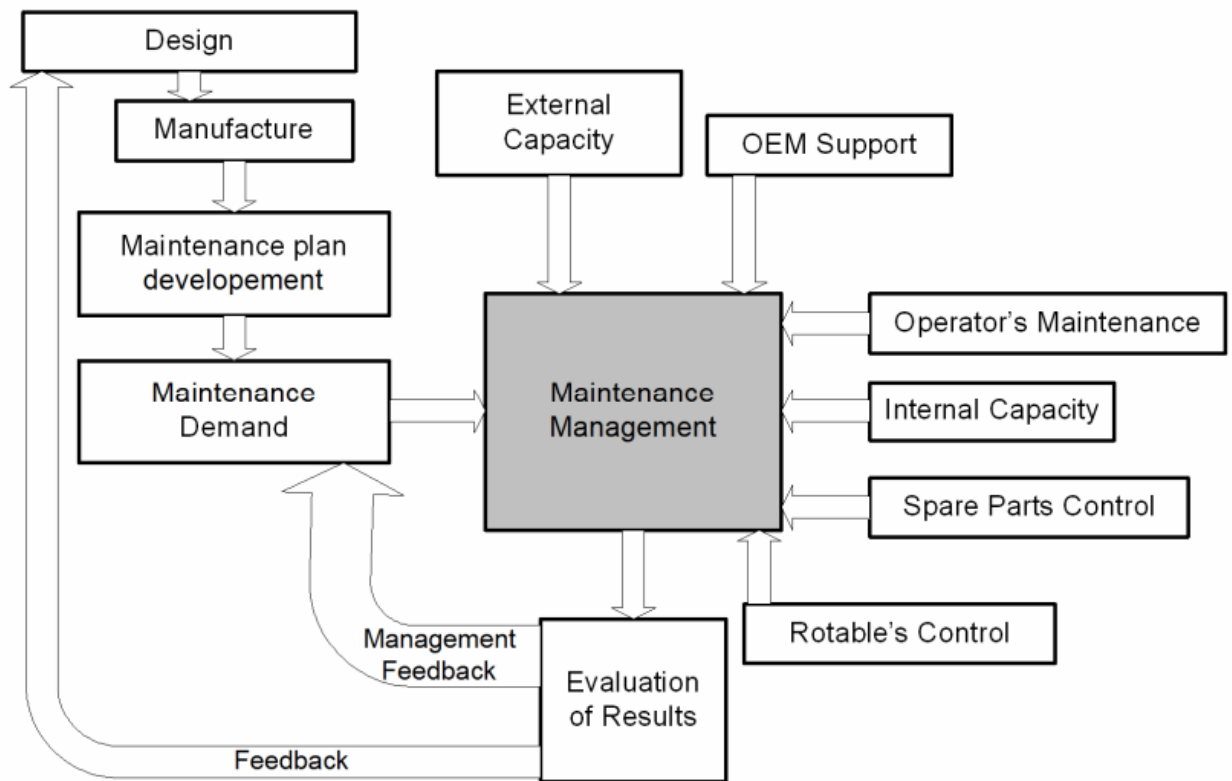
επέτρεπε να επιβιώσει στην παγκόσμια αγορά. Στην προσπάθεια αυτή το Ιαπωνικό Ινστιτούτο Συντήρησης πήρε τη βασική ιδέα της Παραγωγικής Συντήρησης και τη μετέτρεψε στο σύστημα της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης, το οποίο στη συνέχεια εξελίχθηκε σταδιακά από μικρού μεγέθους επιχειρήσεις. Συνεπώς η Ολική Παραγωγική Συντήρηση είναι ο αμερικανικός τρόπος συντήρησης ο οποίος τροποποιήθηκε και βελτιώθηκε για να ταιριάζει στο ιαπωνικό βιομηχανικό περιβάλλον. Από τα μέσα της δεκαετίας του 80 είναι συνήθης στη βιομηχανία της Ιαπωνίας και άρχισε να γίνεται δημοφιλής και στις δυτικές χώρες. Επομένως ο όρος καλύπτει ένα ενιαίο σύνολο μεθόδων που αναφέρονται στο συνολικό τρόπο διαχείρισης της λειτουργίας των σύγχρονων παραγωγικών μονάδων και εκτείνονται τόσο στο τεχνολογικό όσο και στο διοικητικό επίπεδο. Σύμφωνα με αυτή ένα μεγάλο κομμάτι των δραστηριοτήτων συντήρησης (π.χ. έλεγχοι, αναφορές συμβάντων, εφαρμογή σωστών συνθηκών λειτουργίας, καθαριότητα, λίπανση κ.λπ.) ανατίθεται στο τμήμα που είναι υπεύθυνο για τη λειτουργία του εξοπλισμού (Αυτόνομη Συντήρηση – Autonomous Maintenance). Τελικό στόχο της φιλοσοφίας αυτής αποτελεί η αύξηση της συνολικής διαθεσιμότητας της εγκατάστασης με τη συστηματική μείωση μέχρι την εξάλειψη των αναίτιων μη λειτουργικών χρόνων (downtimes). Δέχεται μια μηχανή όπως είναι και προσπαθεί να εξασφαλίσει βασική συντήρηση και συνθήκες λειτουργίας που θα εμποδίσουν την επιτάχυνση της χειροτέρευσης και των αστοχιών. Για πρώτη φορά ο όρος Reliability Centered Maintenance (RCM) χρησιμοποιήθηκε σε δημοσιεύσεις στελεχών και μηχανικών των United Airlines των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής για να περιγράψει τις βέλτιστες απαιτήσεις σε συντήρηση ενός αεροσκάφους. Το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας των Η.Π.Α. χρηματοδότησε τη δημοσίευση ενός βιβλίου (από τις United Airlines) και μιας αναφοράς εκτίμησης (από τη Rand Corp.) για τη φιλοσοφία αυτή. Η δημοσίευση έγινε το 1978 και κατέστησε γνωστές τις ιδέες της νέας φιλοσοφίας σε ένα ευρύτερο κοινό. Το βιβλίο περιέγραφε τις προσπάθειες των εμπορικών αερογραμμών και της Αεροπορίας των Η.Π.Α. κατά τις δεκαετίες του 60 και του 70 να βελτιώσουν την αξιοπιστία ενός νέου αεροσκάφους τους. Η Συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία, πλέον ένα ολοκληρωμένο κομμάτι της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης, προσπαθεί να εμποδίσει ή να περιορίσει τις συνέπειες των αστοχιών και να καταστήσει δυνατή τη λειτουργία των μηχανών μέσα στα όρια σχεδιασμού τους. Είναι μια μέθοδος που μελετά τρόπους με τους οποίους μπορεί να αστοχήσει η λειτουργία ενός συστήματος και τις συνέπειες αυτών των αστοχιών. Βοηθά στον καθορισμό των πιο κατάλληλων και οικονομικά αποδοτικών «προδραστικών» στρατηγικών συντήρησης, ώστε να μετριάσει τα αποτελέσματα και τις συνέπειες τέτοιων αστοχιών. Σχεδιάζεται ώστε να

ελαχιστοποιεί το κόστος συντήρησης λαμβάνοντας υπόψη την απώλεια λειτουργικού χρόνου ζωής των μηχανημάτων. Κύριοι στόχοι αυτής της φιλοσοφίας συντήρησης είναι η διατήρηση της λειτουργικής ακεραιότητας και η μείωση του κόστους λειτουργίας με την ελάττωση των συνεπειών των αστοχιών του εξοπλισμού, όχι άμεσα των αστοχιών.

1.7 Οργάνωση και διοίκηση της συντήρησης (maintenance management)

Η Οργάνωση και Διοίκηση της Συντήρησης αποτελεί μία από τις πιο κρίσιμες λειτουργίες σε έναν οργανισμό. Η μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού απαιτεί τη βελτιστοποίηση των προγραμμάτων των εργασιών, τον αποδοτικό σχεδιασμό του προσωπικού, την έγκαιρη διάθεση ανταλλακτικών και την εξασφάλιση πρωτοτυποποιημένων πρακτικών στα πλαίσια των διαδικασιών της συντήρησης. Μπορεί να περιγραφεί ως το σύνολο δραστηριοτήτων της διοίκησης που καθορίζουν τους στόχους της συντήρησης, τις στρατηγικές της και τις ευθύνες. Σκοπός της είναι να εξασφαλίζει την αποδοτική λειτουργία του προγράμματος συντήρησης προς επίτευξη των στόχων της συντήρησης. Θα πρέπει να κάνει το σχεδιασμό, τον έλεγχο και την επίβλεψη της συντήρησης. Τέλος θα πρέπει να επανεκτιμά τις μεθοδολογίες που υιοθετήθηκαν στον οργανισμό, συμπεριλαμβανομένης και της οικονομικής τους απόδοσης. Μόλις συναρμολογηθεί και τεθεί σε λειτουργία ο εξοπλισμός αρχίζει και ο ρόλος της Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης, ο οποίος συνεχίζει για όλη τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού. Η Οργάνωση και Διοίκηση της Συντήρησης θα πρέπει να ικανοποιεί πολλές απαιτήσεις συντήρησης οι οποίες ανακύπτουν από το σύστημα σχεδιασμού και καθορίζονται κατά το σχεδιασμό της (βλ. Σχήμα 1). Θα πρέπει επιπλέον να ελέγχει τους διάφορους εξωτερικούς πόρους που υποστηρίζουν τις εργασίες της συντήρησης, όπως τους σύμβουλους συντήρησης και τους διάφορους κατασκευαστές του εξοπλισμού (Original Equipment Manufacturers – OEM), αλλά και τους εσωτερικούς πόρους, όπως την αποδοτικότητα του συστήματος και τους χειριστές που πραγματοποιούν δραστηριότητες συντήρησης. Σημαντικό είναι να ελέγχει και τα ανταλλακτικά και τα εξαρτήματα που αφαιρούνται κατά τις αντικαταστάσεις και επισκευάζονται για να επαναχρησιμοποιηθούν (rotables). Τα αποτελέσματα της Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης εκτιμώνται και οδηγούν σε νέες απαιτήσεις συντήρησης και στο σχεδιασμό νέων παρόμοιων συστημάτων στα πλαίσια της συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας.

Σχήμα 1: Την Οργάνωση και Διοίκηση της Συντήρησης υποστηρίζουν διάφοροι εξωτερικοί και εσωτερικοί πόροι με τους οποίους πρέπει να εκπληρωθούν οι απαιτήσεις συντήρησης



1.8 Σχέση συντήρησης και παραγωγής

Η Συντήρηση κατέχει μια σημαντική θέση σε οποιοδήποτε οργανισμό και πρέπει να θεωρείται ως μια υπο-διαδικασία ή ως ένα ολοκληρωμένο κομμάτι της όλης παραγωγικής διαδικασίας. Η σχέση μεταξύ Συντήρησης και Παραγωγής φαίνεται στο Σχήμα 1.2 που ακολουθεί. Τα πρωταρχικά εισαγόμενα δεδομένα (primary input) σε μια παραγωγική διαδικασία είναι τα υλικά, η ενέργεια και το ανθρώπινο δυναμικό. Αυτά τα πρωταρχικά δεδομένα μετατρέπονται στη συνέχεια στο πρωταρχικό αποτέλεσμα (primary output) που είναι το τελικό προϊόν. Αυτή η μετατροπή οδηγεί σε ένα δευτερεύον παραγωγικό αποτέλεσμα (secondary output) το οποίο είναι η απαίτηση για συντήρηση. Η συντήρηση επηρεάζει την παραγωγική ικανότητα που μπορεί να επιτύχει η εγκατάσταση και είναι απαραίτητο αυτή να διατηρείται σε υψηλό επίπεδο. Με άλλα λόγια είναι το δευτερεύον εισαγόμενο δεδομένο (secondary input) στην παραγωγική διαδικασία.

2. Ανάλυση κινδύνων σε μη ντετερμινιστικά έργα

2.1 Γενικά

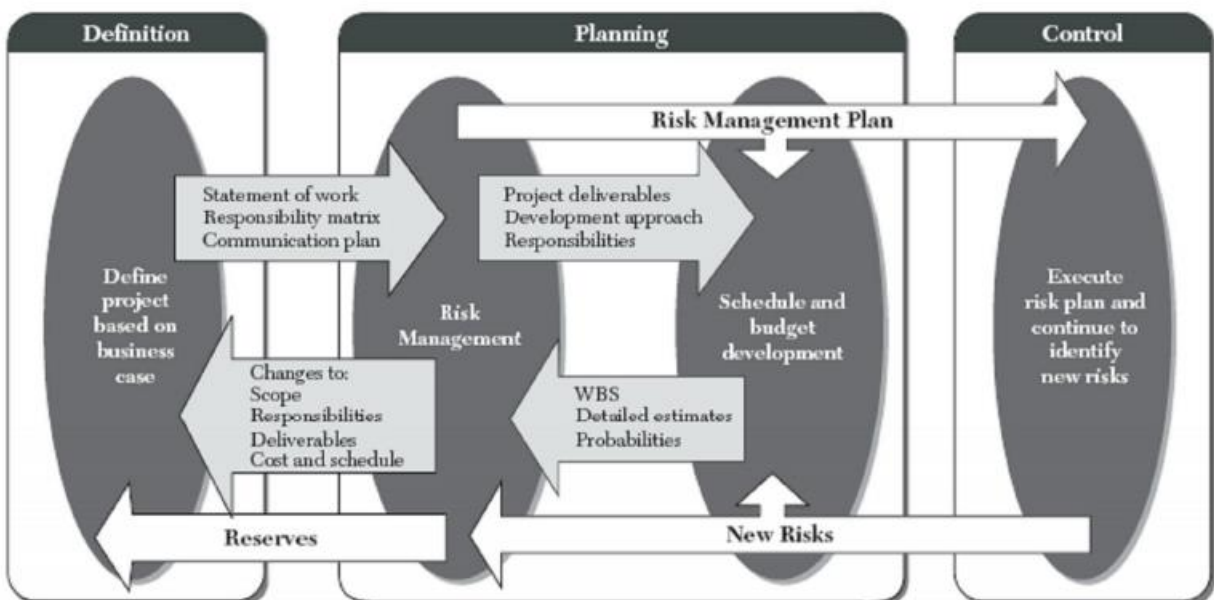
Ως κίνδυνος μπορεί να οριστεί μία κατάσταση στην οποία υπάρχει πιθανότητα απόκλισης από ένα επιθυμητό και αναμενόμενο αποτέλεσμα. Είναι ένα αβέβαιο συμβάν ή κατάσταση, που όταν συμβεί μπορεί να έχει μία αρνητική ή θετική επίδραση στον τελικό σκοπό ενός έργου. Διαχείριση Κινδύνων ενός έργου ορίζεται το σύνολο των διαδικασιών αναγνώρισης, ανάλυσης, ανταπόκρισης και παρακολούθησης κινδύνων κατά τη διάρκεια της ζωής ενός έργου με στόχο την επίτευξη των αρχικών του στόχων.

Οι πρώτοι κίνδυνοι παρουσιάζονται καθώς συλλαμβάνεται ως ιδέα το έργο, «χτίζεται» η δομή του έργου και αναπτύσσονται οι στόχοι σχετικά με το κόστος, το χρονοδιάγραμμα και το αντικείμενο του έργου. Αρχικά αυτοί οι κίνδυνοι μπορεί να κατηγοριοποιηθούν ως υποθέσεις, αλλά όταν γίνεται σαφές ότι αποτελούν αστάθμητους παράγοντες, τότε γίνονται οι πρώτοι τεκμηριωμένοι κίνδυνοι. Όπως διαφαίνεται και στο Σχήμα 2, ενώ ο λεπτομερής σχεδιασμός των κινδύνων λαμβάνει χώρα μετά τον καθορισμό του έργου, το πιο σημαντικό μέρος της διαχείρισης κινδύνων συμβαίνει κατά τη διάρκεια της αρχικής ανάπτυξης της δομής του έργου, επειδή εκείνη τη στιγμή κατανέμονται τα κονδύλια του προϋπολογισμού, ώστε να προσαρμοστούν στους κινδύνους του έργου. Αυτό αποτυπώνεται αφενός ως έξοδος του καθορισμού του έργου και αφετέρου ως είσοδος μετά την ανατροφοδότηση από τον σχεδιασμό κινδύνων. Επίσης, διαφαίνεται το υψηλό επίπεδο πληροφορίας που απαιτείται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού κινδύνων, καθώς ο σχεδιασμός κινδύνων είναι πιθανό να προκαλέσει αναθεώρηση των αρχικών υποθέσεων σχετικά με το αντικείμενο του έργου, τις ευθύνες, το κόστος, το χρονοδιάγραμμα και τα κονδύλια του προϋπολογισμού που προορίζονται για τους κινδύνους.

Η βαρύτητα ενός κινδύνου προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της πιθανότητας εμφάνισης επί την αναμενόμενη συνέπεια σε περίπτωση εμφάνισης. Το στάδιο της ανάλυσης των κινδύνων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε ποιοτικά είτε ποσοτικά. Η ποιοτική ανάλυση είναι η πλέον διαδεδομένη, καθώς χρειάζεται μικρότερο αριθμό δεδομένων για να εφαρμοσθεί, δε χρειάζεται εξειδικευμένα εργαλεία λογισμικού και είναι γενικά λιγότερο χρονοβόρος σε σχέση με την ποσοτική ανάλυση. Επισημαίνεται σε αυτό το σημείο ότι ο κίνδυνος έχει διττή φύση. Αφενός θεωρείται ως απειλή, σε περίπτωση που οι συνέπειες στους στόχους του έργου είναι αρνητικές και αφετέρου ως ευκαιρία, σε περίπτωση που οι συνέπειες

στους στόχους του έργου είναι θετικές. Κατόπιν, καθορίζονται ενέργειες αντιμετώπισης με βάση συγκεκριμένες στρατηγικές, όπως αποφυγή, μεταφορά, ελάφρυνση και αποδοχή. οι οποίες αποφάσεις, καταχωρούνται στο φύλλο του κάθε κινδύνου (risk sheet). Στο στάδιο της αντιμετώπισης καθορίζονται οι δέουσες ενέργειες και οι υπεύθυνοι για την εκτέλεση αυτών. οι επιλεγμένες ενέργειες πρέπει να είναι ανάλογες με την έκθεση του κινδύνου και θα πρέπει να επιλύουν το πρόβλημα με οικονομικά αποδεκτό τρόπο. Για την αντιμετώπιση ενός κινδύνου μπορεί να καθορισθεί μία ή περισσότερες ενέργειες. Από τη στιγμή που η ομάδα διαχείρισης κινδύνων (συνήθως είναι ίδια με την ομάδα διαχείρισης έργων) έχει εντοπίσει τους κινδύνους, τους έχει κατατάξει με βάση την ανάλυση και έχει προδιαγράψει τις ενέργειες αντιμετώπισης, περνά στο στάδιο της παρακολούθησης. Σε αυτό το στάδιο ελέγχεται η υλοποίηση των ενεργειών, καθώς επίσης και η αποτελεσματικότητά τους. Διορθωτικές κινήσεις καθορίζονται και επανεκτιμούνται τα χαρακτηριστικά των κινδύνων (πιθανότητα εμφάνισης και συνέπεια). ολόκληρη η διαδικασία επαναλαμβάνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να εντοπισθούν νέοι κίνδυνοι και να ενημερωθούν τα φύλλα κινδύνων των υφιστάμενων κινδύνων (Σχήμα 2). Τα παραπάνω στάδια διαχείρισης κινδύνων Έργων χρησιμοποιούνται από όλες τις ολοκληρωμένες μεθόδους που εφαρμόζονται διεθνώς. Ωστόσο, η εφαρμογή τους στην Ελλάδα έγινε γνωστή μόλις τα τελευταία χρόνια.

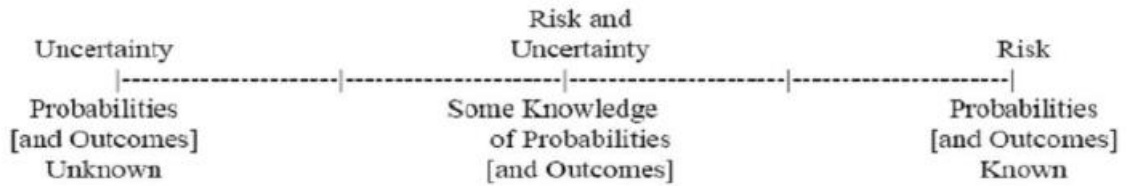
Σχήμα 2: Η διαχείριση κινδύνων και προγραμματισμό του έργου



2.2 Αρχές διαχείρισης κινδύνων

Η διοίκηση οργανισμών ή επιχειρήσεων έχει την ευθύνη της αξιολόγησης δυνατοτήτων και λήψης αποφάσεων που θα οδηγήσουν τον οργανισμό ή την επιχείρηση σε επιτυχή ολοκλήρωση των σκοπών της. Θεωρητικά, τέτοιες αποφάσεις πρέπει να βασίζονται σε τέλειες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά και τις συνέπειες των εν λόγω αποφάσεων. Θα πρέπει, δηλαδή όλες οι αναγκαίες πληροφορίες να είναι στη διάθεση αυτών που παίρνουν τις αποφάσεις και τα αποτελέσματα αυτών των αποφάσεων να μπορούν να προβλεφθούν με απόλυτη βεβαιότητα. Στην πραγματικότητα, όμως, όλες οι αποφάσεις που αφορούν το μέλλον παίρνονται σε ένα περιβάλλον αβεβαιότητας και έλλειψης των αναγκαίων πληροφοριών. Σε πολλές περιπτώσεις, υπάρχει πλήρης απουσία πληροφοριών και οι αποφάσεις παίρνονται σε ένα περιβάλλον πλήρους αβεβαιότητας. Αυτή η αβεβαιότητα κρύβει κινδύνους, αλλά και ευκαιρίες. Η επιτυχία του σκοπού ενός οργανισμού ή επιχείρησης, μπορεί να επιτευχθεί με την επιδίωξη αφενός της εκμετάλλευσης των ευκαιριών, αλλά και της αποφυγής των αρνητικών συνεπειών του κινδύνου που συνδέεται με την αβεβαιότητα. Έτσι, ο αντικειμενικός σκοπός της διαχείρισης κινδύνων είναι αφενός η αναγνώριση και ο προσδιορισμός των κινδύνων και η ανάπτυξη στρατηγικών για τη μείωση ή και την αποφυγή αυτών των κινδύνων και, αφετέρου, η μεγιστοποίηση της εκμετάλλευσης των ευκαιριών. Έτσι, συνοπτικά, ο σκοπός της διαχείρισης κινδύνων είναι η λεπτομερής αναγνώριση των συντελεστών (ευκαιριών ή στοιχείων κινδύνου) που υπάρχουν πιθανότητες να επηρεάσουν την τελική έκβαση ενός έργου, η ποσοτικοποίηση των πιθανών επιδράσεων για κάθε συντελεστή του έργου (τελικό αποτέλεσμα, χρόνος, κόστος ή ποιότητα), η βασική περιγραφή των στοιχείων αβεβαιότητας που περιβάλουν το έργο, καθώς και οι τρόποι αποφυγής και μείωσης κινδύνων στον κύκλο ζωής του έργου. Το πεδίο της διαχείρισης κινδύνων βρίσκεται, επομένως, κάπου μεταξύ των δύο ακραίων σημείων - το σημείο της πλήρους άγνοιας και το σημείο της πλήρους γνώσης (Σχήμα 3). Περίπου το μέσον της γραμμής που ενώνει αυτά τα δύο σημεία, συμβολίζει μία αβεβαιότητα, για την οποία υπάρχουν στατιστικές πληροφορίες, μία αβεβαιότητα δηλαδή που μπορεί να περιγραφεί με στατιστικές κατανομές. Αυτή είναι η περιοχή που επιδέχεται ποσοτική στατιστική ανάλυση και διαδικασίες προσομοίωσης.

Σχήμα 3: Διαβάθμιση αβεβαιότητας και κινδύνου



Η διαχείριση κινδύνων επηρεάζει το χρονοδιάγραμμα και τον προϋπολογισμό του έργου μέσω των στρατηγικών μείωσης των κινδύνων και της ανάλυσης του έργου σε επίπεδα ελέγχου (Work Breakdown Structure – WBS). Οι στρατηγικές μείωσης κινδύνων μπορούν να υποδείξουν συγκεκριμένες δραστηριότητες στην ανάλυση των επιπέδων ελέγχου του έργου. Για παράδειγμα, όταν η ομάδα Έργου αποφαινεται για αβέβαιες προδιαγραφές του πελάτη για το έργο ως κίνδυνο, το αναλυτικό χρονοδιάγραμμα – δηλαδή το αντικείμενο του έργου – και ο προϋπολογισμός του έργου γίνονται πιο λεπτομερή, ώστε να αντανakλούν την πραγματικότητα.

2.3 Η διαδικασία διαχείρισης κινδύνων

Η διαδικασία διαχείρισης κινδύνων περιγράφεται, στο Σχήμα 4 που ακολουθεί, σαν ένα σύνολο λειτουργιών με συνεχείς δραστηριότητες επαναλαμβανόμενες κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου, ενώ στον πίνακα 1 δίνονται περισσότερες επεξηγήσεις για αυτές τις λειτουργίες.

Σχήμα 4: Λειτουργίες συνεχούς διαχείρισης κινδύνων



Πίνακας 1: Βήματα στην αναγνώριση και διαχείριση κινδύνων

Λειτουργία	Περιγραφή
Αναγνώριση	Έρευνα για τον εντοπισμό στοιχείων κινδύνου πριν αυτά γίνουν πρόβλημα
Ανάλυση	Μετασχηματισμός στοιχείων σε πληροφορίες χρήσιμες στην διαδικασία λήψης αποφάσεων. Αξιολόγηση επιπτώσεων, πιθανοτήτων και χρονισμού, ομαδοποίηση και ιεράρχηση κινδύνων
Σχέδιο	Μετασχηματισμός πληροφοριών κινδύνων σε εργαλεία λήψης αποφάσεων και δράσης. Υλοποίηση σχεδιασμού
Παρακολούθηση	Παρακολούθηση δεικτών και ενέργειες εξουδετέρωσης κινδύνων
Έλεγχος	Διόρθωση αποκλίσεων σχεδίου εξουδετέρωσης κινδύνων
Επικοινωνία	Παροχή πληροφοριών και διάδραση ενεργειών επί εσωτερικών και εξωτερικών δραστηριοτήτων σχετικά με στοιχεία τρέχοντος και αναδυομένου κινδύνου

Αβεβαιότητα, ευκαιρία και κίνδυνος είναι έννοιες λειτουργικά συνδεδεμένες. Για τους σκοπούς της διαχείρισης κινδύνων, ως κίνδυνοι θεωρούνται οι σφαιρικές συνέπειες της πιθανότητας αβέβαιων συμβάντων που μπορεί να επιδράσουν στον τελικό σκοπό ενός έργου αρνητικά. οι κύριες διαδικασίες που συνδέονται με τη διαχείριση κινδύνων είναι οι εξής:

- Σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνων: καθορισμός της μεθοδολογίας και σχεδιασμός των δραστηριοτήτων διαχείρισης κινδύνων για το έργο.
- Αναγνώριση κινδύνων: καθορισμός και ανάλυση των στοιχείων κινδύνου που είναι δυνατό να επηρεάσουν την εξέλιξη του έργου.
- Ποιοτική ανάλυση κινδύνων: ποιοτική ανάλυση κινδύνων και κριτήρια ιεράρχησης των συνεπειών τους στους σκοπούς του έργου.
- Ποσοτική ανάλυση κινδύνων: μέτρηση των πιθανοτήτων και των συνεπειών των κινδύνων και εκτίμηση των επιδράσεων στους σκοπούς του έργου.
- Σχεδιασμός αντιμετώπισης κινδύνων: ανάπτυξη διαδικασιών και τεχνικών για την μεγιστοποίηση των ευκαιριών και τη μείωση των απειλών στους τελικούς σκοπούς του έργου.

- Παρακολούθηση και έλεγχος κινδύνων: παρακολούθηση συμπληρωματικών κινδύνων, αναγνώριση νέων, διαδικασίες και σχέδια μείωσης των κινδύνων και αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας αυτών των σχεδίων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου.

Αυτές οι διαδικασίες είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους και παρ' όλο που παρουσιάζονται η κάθε μία χωριστά, στην πράξη παρουσιάζονται συνδυαστικά και πολλές φορές κυκλικά. Η οργάνωση και το περιβάλλον του έργου, όπως κακή οργάνωση της διαχείρισης ή εξάρτηση από εξωτερικούς παράγοντες που δεν μπορεί να ελεγχθούν, μπορεί να δημιουργήσει στοιχεία κινδύνου για το έργο - δηλαδή κίνδυνος που μπορεί να περιέχει απειλές για το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα του έργου ή ευκαιρίες βελτίωσης του επιδιωκόμενου αποτελέσματος. οργανισμοί και επιχειρήσεις συνήθως αντιλαμβάνονται το κίνδυνο σαν απειλή για την επιτυχία ενός έργου. Τέτοιος κίνδυνος είναι, συνήθως, αποδεκτός εάν είναι συνδεδεμένος με κάποιου είδους ανταμοιβή σαν αποτέλεσμα αυτής της αποδοχής. Για την επιτυχή αντιμετώπιση του κινδύνου, ο οργανισμός πρέπει αποφασιστικά να αντιμετωπίσει και να εφαρμόσει τεχνικές Διαχείρισης κινδύνων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός έργου. Ένας τρόπος έκφρασης αυτής της αποφασιστικότητας είναι η αφοσίωση στη συνεχή συγκέντρωση ποσοτικών και ποιοτικών στοιχείων για την περιγραφή και ανάλυση του κινδύνου. Η κάθε μία από αυτές τις έξι δραστηριότητες διαχείρισης κινδύνων, που έχουν ήδη περιγραφεί, είναι δυνατό να αντιμετωπιστεί σαν ένα σύνολο μεθόδων και τεχνικών, το οποίο δέχεται εισροές, τις επεξεργάζεται και παράγει σαν εκροή το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα.

2.3.1 Σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνων

Το Σχήμα 2 δείχνει ότι η λειτουργία του σχεδιασμού αποτελείται από δύο σημαντικά συστατικά: τον σχεδιασμό κινδύνων και την ανάπτυξη χρονοδιαγράμματος και προϋπολογισμού. Η ανάπτυξη του χρονοδιαγράμματος και του προϋπολογισμού είναι τα λεπτομερή σχέδια που απαιτούνται για την καθημερινή διαχείριση έργου. Ο σχεδιασμός κινδύνων περιλαμβάνει τις τυπικές συνειδητές πράξεις του διαχειριστή έργων και της ομάδας του που έχουν στόχο την αναγνώριση των κινδύνων και την διατύπωση στρατηγικών αντιμετώπισής τους. Το Σχέδιο διαχείρισης κινδύνων είναι κάτι που συνεχώς ανανεώνεται, με τον ίδιο τρόπο που και το χρονοδιάγραμμα του έργου αναπροσαρμόζεται σε όλη τη διάρκεια του έργου. Ο σχεδιασμός ξεκινάει με τη διαδικασία ορισμού: στόχοι, αντικείμενο έργου και

όραμα για το έργο. Καθώς η ομάδα έργου αναλύει αυτές τις παραμέτρους, συγχρόνως αναγνωρίζει τους κινδύνους και αναπτύσσει στρατηγικές για την εξουδετέρωση αυτών. Αυτές οι στρατηγικές, με τη σειρά τους, θα επηρεάσουν το λεπτομερές πλάνο δράσης και μπορεί να απαιτήσουν αλλαγές στον τρόπο εργασίας, το μοντέλο ευθυνών και το επικοινωνιακό πλάνο.

Το Σχέδιο διαχείρισης κινδύνων περιγράφει τους τρόπους για την αναγνώριση, την ποιοτική και την ποσοτική ανάλυση, την αντιμετώπιση, την παρακολούθηση και τον έλεγχο των κινδύνων κατά δραστηριότητα για όλο τον κύκλο ζωής του έργου. Περιέχει τη μεθοδολογία της οργάνωσης και της διαχείρισης κινδύνων και ορίζει καθήκοντα και ευθύνες αυτών που συμμετέχουν σε αυτήν τη διαχείριση. Ορίζει ακόμη τον προϋπολογισμό που απαιτείται, καθώς και τον χρονισμό των διαφόρων διαδικασιών και ενεργειών κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης εγχειρήματος. Στον παρακάτω Πίνακα 2 δίνονται συνοπτικά οι εισροές, οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι και τεχνικές και το τελικό αποτέλεσμα:

Πίνακας 2: Σχεδιασμός διαχείρισης κινδύνων

Εισροές στον Σχεδιασμό διαχείρισης κινδύνων	Μέθοδοι και τεχνικές στον σχεδιασμό διαχείρισης κινδύνων	Εκροές στον σχεδιασμό διαχείρισης κινδύνων
Οι γενικές αρχές και πολιτικές διαχείρισης κινδύνου του οργανισμού	Επιτροπή σχεδιασμού	Σχέδιο διαχείρισης κινδύνων
Προκαθορισμένοι ρόλοι και ευθύνες		
Δομική ανάλυση του έργου (WBS)		

Αναγνώριση κινδύνων

Η αναγνώριση κινδύνων αφορά τον καθορισμό των διαφόρων συντελεστών κινδύνου που μπορεί να επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα του έργου, καθώς και την αποσαφήνιση των χαρακτηριστικών του. Η αναγνώριση του κινδύνου είναι μια επαναλαμβανόμενη διαλεκτική διαδικασία. Ο πρώτος γύρος ανάλυσης στο επίπεδο της δραστηριότητας, συνήθως, εκτελείται από ολόκληρη την ομάδα Έργου. Για την επιτυχή και την αμερόληπτη ανάλυση πέρα από τους άμεσα ενδιαφερόμενους μπορεί να κληθούν και εξωτερικοί κριτές να πάρουν μέρος σε αυτήν την ανάλυση για τον προσδιορισμό των στοιχείων κινδύνου που αφορούν το συγκεκριμένο έργο. Αναλυτικότερα, στον Πίνακα 3, δίνονται τα στοιχεία, οι μέθοδοι και οι τεχνικές, καθώς και οι εκροές της αναγνώρισης κινδύνων.

Πίνακας 3: Αναγνώριση κινδύνων

Στοιχεία στην αναγνώριση κινδύνων	Μέθοδοι και τεχνικές στην αναγνώριση κινδύνων	Εκροές στην αναγνώριση κινδύνων
Το σχέδιο διαχείρισης κινδύνων	Επισκόπηση σχεδίων και υποθέσεων	Συντελεστές κινδύνου (πιθανότητες)
Στοιχεία (εκροές)σχεδιασμού του εγχειρήματος (χρονοδιάγραμμα και εκτιμήσεις κόστους, σχεδιασμός αναγκαίων πόρων, σχεδιασμός προμηθειών)	Τεχνικές συγκέντρωσης και ανάλυσης σχετικών πληροφοριών (brainstorming, ανάλυση Delphi, συνεντεύξεις εμπειρογνομόνων, SWOT)	Κρίσιμοι δείκτες (επιλέγεται επίπεδο δεικτών ως έναυσμα για την ανάληψη διορθωτικής δράσης και αντιμετώπισης των αρνητικών συνεπειών του κινδύνου)
Κατηγορίες κινδύνων (Τεχνολογικός, οργάνωσης έργου, έλλειψη σωστού σχεδιασμού στην κατανομή των πόρων μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων του έργου, κίνδυνοι από νομικό ή ρυθμιστικό περιβάλλον, εργασιακά προβλήματα ή φυσικές καταστροφές)	Ανάλυση υποθέσεων	
Ιστορικές πληροφορίες (εμπειρία του συγκεκριμένου οργανισμού σε παρόμοια έργα, δημοσιευμένες πληροφορίες, εμπορικές βάσεις δεδομένων, ακαδημαϊκές δημοσιεύσεις και άλλες μελέτες)	Τεχνικές ανάλυσης με διάγραμμα (αίτιου και αιτιατού - fishbone diagram, διαγράμματα ροής - flow charts)	

2.3.2 Ποιοτική ανάλυση κινδύνων

Η ποιοτική ανάλυση κινδύνων είναι η διαδικασία της αξιολόγησης των συνεπειών και της πιθανότητας που συνδέεται με τα στοιχεία αναγνωρισμένου κινδύνου (Πίνακας 4). Με αυτή την ανάλυση καθορίζεται η σημασία και διευκολύνεται η ιεράρχηση των στοιχείων κινδύνου, σύμφωνα με τις δυνητικές επιδράσεις που μπορεί αυτά να έχουν πάνω στους στόχους του έργου, προκειμένου να προσδιοριστεί έτσι η αντίδραση για την εξουδετέρωση των αρνητικών αυτών συνεπειών κινδύνου. Η πιθανότητα και το μέγεθος της επίδρασης του υπό ανάλυση συμβάντος επιτρέπουν την αξιολόγηση και την ιεράρχησή του.

Πίνακας 4: Συνδυασμός πιθανοτήτων-συνεπειών

Π ι θ α ν ό τ η τ ε ς	Ε						<div style="background-color: red; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 10px;"></div> Υψηλό <div style="background-color: yellow; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 10px;"></div> Μέτριο <div style="background-color: green; width: 20px; height: 20px;"></div> Χαμηλό
	Δ						
	Γ						
	Β						
	Α						
		1	2	3	4	5	Συνέπειες

Με βάση το συνδυασμό πιθανότητας και μίας κλίμακας επιπτώσεων μπορεί να κατασκευαστεί ένας πίνακας βαθμολόγησης των κινδύνων. Κίνδυνοι που έχουν μεγάλη πιθανότητα να συμβούν ή κίνδυνοι που έχουν μεγάλες αρνητικές επιπτώσεις βαθμολογούνται με τρόπο που τους βάζει στην κορυφή της ιεράρχησης και τις κάνει αντικείμενο της διαχείρισης κινδύνων. Η κλίμακα πιθανότητας ενός κινδύνου ακολουθεί την τυπική αριθμητική των πιθανοτήτων και έτσι χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό μεταξύ 0 και 1, όπου το 0 χαρακτηρίζει την έλλειψη κάθε πιθανότητας, ενώ το 1 την πλήρη βεβαιότητα. Ο ορισμός της πιθανότητας ενός κινδύνου δεν είναι καθόλου εύκολος και στηρίζεται συνήθως σε ιστορικά στοιχεία, όπου αυτά υπάρχουν, καθώς και στη γνώμη ειδικών. Η κλίμακα μέτρησης

των συνεπειών αντικατοπτρίζει τη σοβαρότητα και το οικονομικό μέγεθος επιπτώσεων του συμβάντος στον τελικό στόχο του έργου. Οι ποσοτικές ή ποιοτικές κλίμακες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση αυτών των μεγεθών. Στους δύο πίνακες που ακολουθούν δίνεται ένα παράδειγμα της χρήσης αυτών των κλιμάκων. Ο Πίνακας 5 είναι ένα παράδειγμα αξιολόγησης των συνεπειών κινδύνου κατά στόχο του έργου. Οι κλίμακες μπορεί να είναι ποσοτικές ή ποιοτικές. Ο Πίνακας 6 περιγράφει τους συνδυασμούς πιθανοτήτων-συνεπειών. Και εδώ, όπως και στον προηγούμενο πίνακα, οι κλίμακες μπορεί να έχουν ποσοτικό ή ποιοτικό χαρακτήρα.

Πίνακας 5: Ιεράρχηση επιπτώσεων κινδύνου

Αξιολόγηση Επιδράσεων Ρίσκου κατά Στόχο					
Στόχος	Πολύ Χαμηλό .05	Χαμηλό .1	Μέτριο .2	Υψηλό .4	Πολύ Υψηλό .8
Κόστος	Ασήμαντη Αύξηση Κόστους	< 5% Αύξηση κόστους	5%-10% Αύξηση κόστους	10%-20% Αύξηση κόστους	>20% Αύξηση κόστους
Χρόνος	Ασήμαντη Καθυστέρηση	Καθυστέρηση < 5%	Συνολική Καθυστέρηση 5% - 10%	Συνολική Καθυστέρηση 10% - 20%	Συνολική Καθυστέρηση > 20%
Αποτέλεσμα	Ασήμαντη μείωση αποτελέσματος	Μικρή μείωση αποτελέσματος	Μέτρια μείωση αποτελέσματος	Μεγάλη μείωση αποτελέσματος	Αχρήστευση αποτελέσματος
Ποιότητα	Ασήμαντη μείωση ποιότητας	Μικρή μείωση ποιότητας	Μέτρια μείωση ποιότητας	Απαράδεκτη μείωση ποιότητας	Τελικό αποτέλεσμα άχρηστο

Πίνακας 6: Πιθανότητα – Επιπτώσεις

Βαθμολογία/Ιεράρχηση Πιθανότητας * Επίπτωσης					
Πιθανότητα	<i>Risk Score = P x I</i>				
0.9	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72
0.7	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56
0.5	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40
0.3	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24
0.1	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08
	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80
	Επίπτωση κατά στόχο(Κόστος, χρόνος, αποτελ.)				

2.3.3 Ποσοτική ανάλυση κινδύνων

Η ποσοτική ανάλυση κινδύνων έχει σαν σκοπό την ποσοτική αριθμητική ανάλυση της πιθανότητας του κάθε κινδύνου να συμβεί, καθώς και την ανάλυση των συνεπειών του συμβάντος στους στόχους του έργου και της επέκτασης αυτών των συνεπειών στο αποτέλεσμα του όλου έργου. Τεχνικές προσομοίωσης, όπως η μέθοδος Monte Carlo, καθώς και τεχνικές λήψης αποφάσεων, χρησιμοποιούνται με σκοπό να:

- ορίσουν τις πιθανότητες επιτυχίας διαφόρων στόχων ενός έργου
- να πολιτικοποιήσουν τους κινδύνους στους οποίους εκτίθεται το έργο
- να καθορίσουν το επίπεδο κόστους, το περιθώριο χρόνου και τους επιπλέον πόρους που χρειάζονται για την αντιμετώπιση των πιθανών αυτών κινδύνων
- να αναγνωρίσουν και να κατατάξουν τους κινδύνους που απαιτούν τη μεγαλύτερη προσοχή ποσοτικοποιώντας το σχετικό τους μερίδιο στο σύνολο κινδύνων του έργου
- να σχεδιαστούν ρεαλιστικοί στόχοι σε σχέση με τους κινδύνους σε ότι αφορά το κόστος, τον χρόνο ή την ποιότητα του τελικού αποτελέσματος ενός έργου

Η ποσοτική ανάλυση ακολουθεί, γενικά, τις ίδιες διαδικασίες με την ποιοτική ανάλυση που περιγράφηκε προηγουμένως. Στον Πίνακα 7 αποτυπώνονται αναλυτικότερα αυτές οι διαδικασίες.

Πίνακας 7: Ποσοτική ανάλυση κινδύνων

Στοιχεία για την ποσοτική ανάλυση κινδύνων	Μέθοδοι και τεχνικές για την ποσοτική ανάλυση κινδύνων	Αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης κινδύνων
Το σχέδιο διαχείρισης κινδύνων	Συνεντεύξεις	Ανάλυση πιθανοτήτων του έργου
Αναγνώριση κινδύνων	Ανάλυση ευαισθησίας	Πιθανότητες επιτυχίας συγκεκριμένου επιπέδου κόστους και χρόνου ολοκλήρωσης
Κατάλογος ιεράρχησης κινδύνων	Ανάλυση Decision Tree	Τάσεις στην ποσοτική ανάλυση κινδύνων
κατάλογος κινδύνων για πρόσθετη ανάλυση και διαχείριση	Προσομοίωση (Monte Carlo)	
Ιστορικές πληροφορίες και γνώμες ειδικών		

2.3.4 Σχεδιασμός αντιμετώπισης κινδύνων

Ο σχεδιασμός αντιμετώπισης κινδύνων είναι η διαδικασία του σχεδιασμού διαφόρων επιλογών και του ορισμού των ενεργειών με σκοπό τη μείωση των κινδύνων και την ενίσχυση των ευκαιριών στον κύκλο ζωής ενός έργου. Περιλαμβάνει τον ορισμό και την ανάθεση ευθυνών σε άτομα και ομάδες για την σχεδιασμένη αντιμετώπιση του κινδύνου. Η αντίδραση στον κίνδυνο πρέπει να είναι ανάλογη με τη σοβαρότητα του κινδύνου, να είναι αποτελεσματική σε ό,τι αφορά το κόστος και να έχει σωστό συγχρονισμό στην αντιμετώπιση των επιμέρους κινδύνων.

Πίνακας 8: Σχεδιασμός αντιμετώπισης κινδύνων

Στοιχεία στο σχεδιασμό αντιμετώπισης κινδύνων	Μέθοδοι και τεχνικές στο σχεδιασμό αντιμετώπισης κινδύνων	Αποτελέσματα του σχεδιασμού αντιμετώπισης κινδύνων
Σχέδιο διαχείρισης κινδύνων	Αποφυγή κινδύνου	Σχέδιο αντιμετώπισης κινδύνων
Κατάλογος ιεράρχησης κινδύνων	Μετατόπιση κινδύνου	Υπόλοιπα κινδύνου
Ποσοτική ιεράρχηση κινδύνων & ανάλυση πιθανοτήτων τους	Μετριασμός συνεπειών κινδύνου	Δευτερεύον κίνδυνος
Κρίσιμα επίπεδα & αιτίες κινδύνου	Αποδοχή κινδύνου	Συμβατικές συμφωνίες
Πιθανότητες επιτυχίας συγκεκριμένου επιπέδου κόστους και χρόνου ολοκλήρωσης		Ορισμός αποθέματος του προϋπολογισμού για την αντιμετώπιση των κινδύνων
Κατάλογος των δυνητικών αντιδράσεων		
Υπεύθυνοι κινδύνου		
Τάσεις στα ποσοτικά και ποιοτικά αποτελέσματα ανάλυσης κινδύνου		

2.3.5 Παρακολούθηση και έλεγχος κινδύνων

Η Παρακολούθηση και ο έλεγχος των κινδύνων είναι η διαδικασία με την οποία παρακολουθούνται και αναγνωρίζονται οι κίνδυνοι, όπως ορίζονται στο Σχέδιο διαχείρισης κινδύνων, καθώς οι νέοι κίνδυνοι και αιτίες κινδύνων. Η παρακολούθηση και ο έλεγχος των κινδύνων προϋποθέτει την ύπαρξη τρόπων μέτρησης και δεικτών που εκφράζουν αυτές τις μετρήσεις για τη συνεχή αξιολόγηση της εφαρμογής του σχεδίου. Παρακολούθηση και έλεγχος της στρατηγικής μείωσης κινδύνου είναι μία συνεχής διαδικασία που απλώνεται σε όλο τον κύκλο ζωής του έργου. Η αποτελεσματική διαδικασία παρακολούθησης και ελέγχου

κινδύνων παρέχει πληροφορίες που βοηθούν στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και στην αποτελεσματική διαχείριση των κινδύνων. ο σκοπός της παρακολούθησης των διαδικασιών διαχείρισης κινδύνων είναι:

- η πιστή εφαρμογή του Σχεδίου αντιμετώπισης κινδύνων
- η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των ενεργειών αντιμετώπισης, καθώς και η διερεύνηση για τη δυνατότητα νέων τρόπων αντιμετώπισης του κινδύνου
- ο έλεγχος των υποθέσεων σχεδιασμού
- η διαπίστωση ύπαρξης τάσεων που μπορούν να βοηθήσουν στην περαιτέρω ανάλυση των κινδύνων
- η συνεχής παρακολούθηση των κρίσιμων δεικτών
- η επιβεβαίωση ότι οι εγκεκριμένες πολιτικές και διαδικασίες ακολουθούνται

Πίνακας 9: Παρακολούθηση και έλεγχος κινδύνων

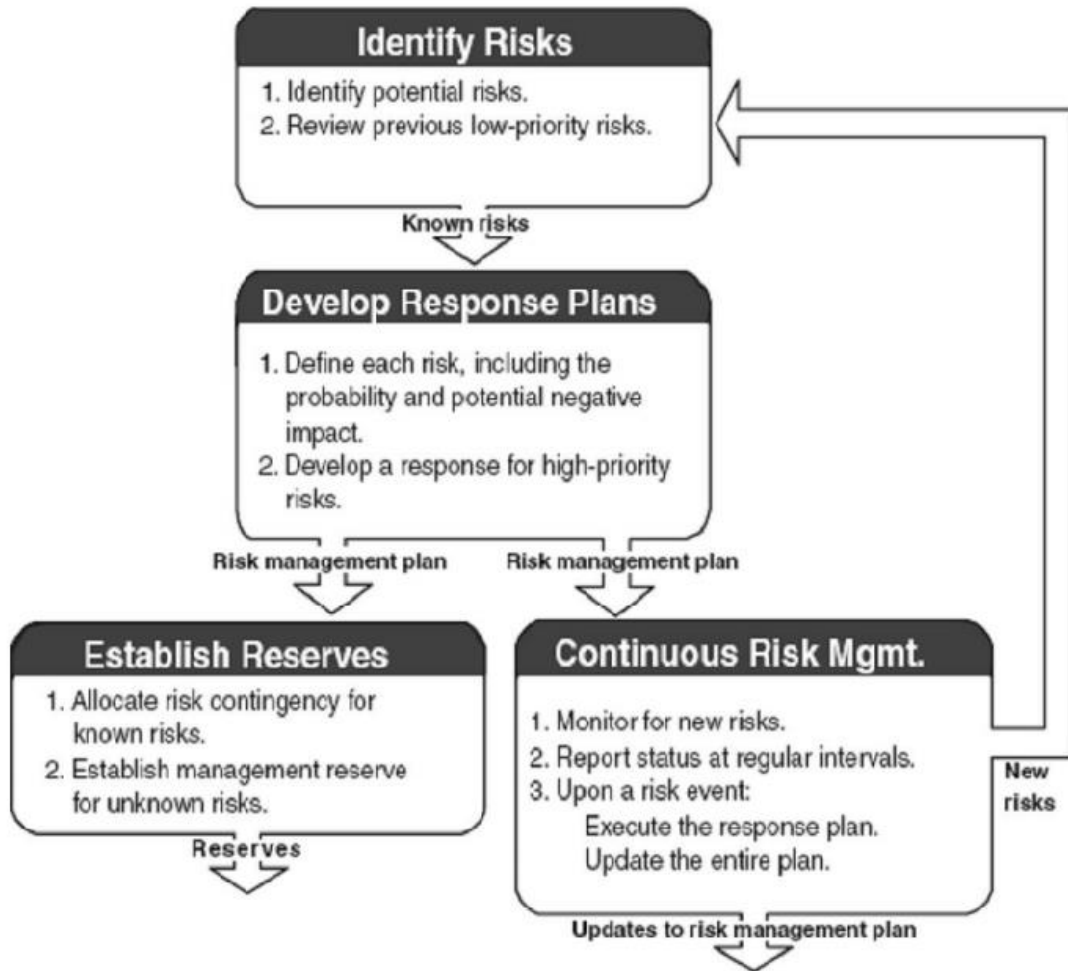
Στοιχεία στην παρακολούθηση και έλεγχο κινδύνων	Μέθοδοι και τεχνικές στην παρακολούθηση και έλεγχο κινδύνων	Αποτελέσματα από την παρακολούθηση και Έλεγχο κινδύνων
Σχέδιο διαχείρισης κινδύνων	Διαδικασίες ελέγχου αντιμετώπισης κινδύνου	Σχέδιο αναθεώρησης σχεδίου διαχείρισης κινδύνου
Σχέδιο αντιμετώπισης κινδύνων	Περιοδική επισκόπηση κινδύνου	Διορθωτικές ενέργειες
Επικοινωνίες	Ανάλυση αποκτηθείσης αξία (Earned Value Analysis)	Αιτήσεις αλλαγών και αποκλίσεων από το σχέδιο
Πρόσθετη αναγνώριση και ανάλυση κινδύνου	Μέτρηση τεχνολογικής επίδοσης	Βάσεις δεδομένων
Αλλαγές επιδιωκόμενου αποτελέσματος	Πρόσθετος σχεδιασμός αντιμετώπισης κινδύνων	Ενημερώσεις στο σχέδιο αντιμετώπισης κινδύνου

Μία μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται συνήθως για την παρακολούθηση της επίδοσης κατά την εκτέλεση του έργου, συγκριτικά πάντα είτε με τη φυσική είτε με την οικονομική προγραμματισμένη πρόοδο (physical or economical planned progress) του έργου, είναι η μέθοδος ανάλυσης αποκτηθείσης αξία (Earned Value Analysis). Η μέθοδος αποκτηθείσης

αξίας αναδεικνύει αποκλίσεις στο κόστος και στο χρόνο ολοκλήρωσης επιμέρους δραστηριοτήτων, καθώς και του συνολικού έργου. Όταν αυτές οι αποκλίσεις είναι σημαντικές, γίνεται αναγκαίο να αναθεωρηθούν το Σχέδιο και η ανάλυση αντιμετώπισης κινδύνων.

Η λειτουργία του ελέγχου έγκειται στις δραστηριότητες του διαχειριστή έργων που στοχεύουν στο συντονισμό της ομάδας και τη διατήρηση σε υψηλά επίπεδα του ρυθμού της προόδου. Η εκτέλεση του Σχεδίου διαχείρισης κινδύνων απαιτεί δραστηριότητες ελέγχου παρόμοιες με αυτές που υπαγορεύει η εκτέλεση του χρονοδιαγράμματος του έργου, και συνεπώς οι δραστηριότητες ελέγχου του κινδύνου μπορούν να αναμιχθούν με εκείνες του ελέγχου του συνολικού έργου. Κατά την μέτρηση της προόδου του έργου, γνωστοί κίνδυνοι παρατηρούνται και νέοι εντοπίζονται. Κίνδυνοι που δεν υλοποιούνται αφαιρούνται από το σχέδιο κινδύνου και προστίθενται νέοι κίνδυνοι. Έτσι, η διαδικασία σχεδιασμού των κινδύνων επαναλαμβάνεται. Όλες αυτές οι δραστηριότητες οδηγούν σε αναδιαμορφώσεις στο χρονοδιάγραμμα του έργου, τα αποθέματα του προϋπολογισμού, τις αναφορές προόδου, την ανάλυση του έργου σε επίπεδα ελέγχου (WBS) και άλλα παραδοτέα διαχείρισης έργων. Επίσης, η καλή Διαχείριση κινδύνων βελτιώνει την ποιότητα των έργων. οι πρακτικές που εξασφαλίζουν ότι υλοποιείται σωστά το έργο, και ότι λειτουργεί όπως αναμενόταν, έχουν στενή σχέση με τη Διαχείριση κινδύνων. οι αποφάσεις σχετικά με την υλοποίηση, εάν θα ανατεθούν σε εξωτερικούς συνεργάτες – υπεργολάβους (outsourcing) συγκεκριμένα κομμάτια του έργου ή των μεθόδων ελέγχου, επηρεάζονται άμεσα από το Σχεδιασμό κινδύνων. Τέλος, στο παρακάτω Σχήμα 5 δίνεται γραφικά η διαδικασία Διαχείρισης κινδύνων στη Διαχείριση Έργων.

Σχήμα 5: Διαδικασία διαχείρισης κινδύνων στη Διαχείριση έργων



2.4 Είδη Κινδύνων σε ένα έργο συντήρησης

- **Κίνδυνος προγραμματισμού:** Μπορεί να προκαλέσει δυσαρέσκεια στους εμπλεκόμενους. Συμπεριλαμβάνει τον κίνδυνο να μην είναι γνωστές όλες οι απαιτήσεις της συντήρησης, να μην είναι γνωστό το πλήρες φυσικό αντικείμενο του έργου ή να μην υλοποιηθούν οι υποθέσεις για το έργο. Με αποτέλεσμα την καθυστέρηση του έργου συντήρησης χρονικά αλλά και την αύξηση του κόστους του έργου.
- **Κίνδυνος για την επιχείρηση:** Η επίδραση που μπορεί να έχει η συντήρηση στην υπόλοιπη επιχείρηση, συμπεριλαμβανομένου του οικονομικού κινδύνου και του κινδύνου που διατρέχει η φήμη της. Μπορεί να χρειαστεί να μείνουν εκτός

λειτουργίας εξοπλισμοί ή κομμάτια γραμμής παραγωγής πολύ σημαντικά για την επιχείρηση.

- **Κίνδυνος του κόστους:** Έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει το έργο πέρα από το ένα τρίτο της αρχικής εκτίμησης του κόστους του έργου. Αν το κόστος του έργου δεν έχει εκτιμηθεί σωστά λόγω ελλিপών πληροφοριών ή λάθος μελέτης μπορεί τελικά κάποιοι εξοπλισμοί να μην επισκευαστούν ή αντικατασταθούν λόγω περιορισμένου προϋπολογισμού.
- **Κίνδυνος χρονοδιαγράμματος:** Έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει το έργο πέρα από το ένα τρίτο της αρχικής εκτιμώμενης διάρκειας του έργου. Αν το χρονοδιάγραμμα του έργου δεν έχει εκτιμηθεί σωστά λόγω ελλিপών πληροφοριών ή λάθος μελέτης μπορεί τελικά κάποιοι εξοπλισμοί να μην επισκευαστούν ή αντικατασταθούν λόγω έλλειψης χρόνου.
- **Κίνδυνος για υγεία και ασφάλεια:** Υπάρχει η δυνατότητα τραυματισμού της ομάδας έργου συντήρησης.
- **Κίνδυνος για το περιβάλλον:** Μπορεί να επηρεάσει τις αναγκαίες συνθήκες του έργου (αντικείμενο, χρονοδιάγραμμα, κόστος) ως συνέπεια κάποιας περιβαλλοντικής επίδρασης.
- **Κίνδυνος προσαρμογής:** Μπορεί να επηρεάσει τις αναγκαίες συνθήκες του έργου (αντικείμενο, χρονοδιάγραμμα, κόστος) ως απόρροια κάποιας ρυθμιστικής επίδρασης, όπως μια νέα σχεδιαστική απαίτηση, μία αντικατάσταση εξαρτήματος η οποία δεν είχε προγραμματιστεί, περιορισμός ή καθυστέρηση.
- **Κίνδυνος καθυστέρησης λόγω προμηθειών:** Πολλά εξαρτήματα εισάγονται από το εξωτερικό, με αποτέλεσμα να υπάρχει ο κίνδυνος καθυστέρησης στην παραλαβή ή ο κίνδυνος παραλαβής λανθασμένου ή ελαττωματικού εξαρτήματος. Αυτό μπορεί να επιφέρει καθυστερήσεις στο χρονοδιάγραμμα αλλά και κοστολογικές επιβαρύνσεις.
- **Κίνδυνος διορθωτικών κινήσεων:** Πολλές φορές κατά την συντήρηση κάποιου εξοπλισμού ενώ έχουν επιλεγεί συγκεκριμένα εξαρτήματα για επισκευή και αντικατάσταση κατά την συντήρηση προκύπτουν και άλλες ανάγκες συντήρησης με αποτέλεσμα καθυστερήσεις στο χρονοδιάγραμμα αλλά και κοστολογικές επιβαρύνσεις.
- **Κίνδυνος λάθους επικοινωνίας:** Σε ένα έργο συντήρησης εμπλέκονται πολλά άτομα από διάφορες βαθμίδες αρμοδιοτήτων (εργάτες, χειριστές, υπεύθυνος παραγωγής). Αυτό μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες στην επικοινωνία μεταξύ τους. Με αποτέλεσμα

να υπάρχει κίνδυνος χρονικών καθυστερήσεων αλλά και λάθος κινήσεις σε εργασίες συντήρησης.

- **Κίνδυνος κατά την επαναλειτουργία:** Υπάρχει το ενδεχόμενο αφού γίνουν οι εργασίες που έχουν προγραμματιστεί σε έναν εξοπλισμό, κατά την επαναλειτουργία του να εμφανιστούν δυσλειτουργίες ακόμα και αδυναμία λειτουργίας του εξοπλισμού. Κάτι τέτοιο απαιτεί περεταίρω χρόνο και χρήμα για την διόρθωση του πιθανού λάθους.
- **Κίνδυνος λάθους εκτίμησης:** Πολλές φορές μπορεί να έχει προγραμματιστεί αντικατάστασή ή επιδιόρθωση σε κάποιον εξάρτημα ενός εξοπλισμού γιατί θεωρείται υπαίτιο κάποιας δυσλειτουργίας ή μη λειτουργίας του εξοπλισμού αλλά κατά την διάρκεια της συντήρησης του εξοπλισμού διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει πρόβλημα σε αυτό το εξάρτημα αλλά σε κάποιο άλλο. Αυτό μπορεί να σημαίνει καθυστέρηση λόγω μη ύπαρξης, διαθεσιμότητα αυτού του ανταλλακτικού από την ομάδα συντήρησης αλλά και αύξηση στον προϋπολογισμό.

3. Γενικές έννοιες συντήρησης

3.1 Η σημασία της συντήρησης

Η σημασία ενός αποτελεσματικού προγράμματος συντήρησης δεν μπορεί να αγνοηθεί, διότι παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα της γραμμής παραγωγής. Όπως και στην προσωπική φροντίδα της υγείας μας, η συντήρηση μπορεί να θεωρηθεί η υγειονομική περίθαλψη των μηχανημάτων μας και του εξοπλισμού. Απαιτείται για την αποτελεσματική μείωση των φθορών και την εξασφάλιση της σταθερής απόδοσης του 100% του εξοπλισμού καθώς και την συνεχή λειτουργία της γραμμής παραγωγής. Το κόστος της τακτικής συντήρησης είναι πολύ μικρό όταν συγκρίνεται με το κόστος μιας μεγάλης βλάβης κατά την οποία διεκόπη η παραγωγή.

3.1.1 Σκοπός της συντήρησης

Ο κύριος σκοπός της τακτικής συντήρησης είναι να εξασφαλιστεί ότι όλος ο εξοπλισμός που απαιτείται για την παραγωγή λειτουργεί στο 100% της απόδοσης του ανά πάσα στιγμή. Μέσα από σύντομες καθημερινές επιθεωρήσεις, καθαρισμού, λίπανσης και κάνοντας μικρές προσαρμογές, ήσσονος σημασίας προβλήματα μπορούν να ανιχνευθούν και να διορθωθούν πριν καταστεί μείζον πρόβλημα που μπορεί να κλείσει μια γραμμή παραγωγής. Ένα καλό πρόγραμμα συντήρησης απαιτεί ευρεία συμμετοχή της εταιρείας και την υποστήριξη από όλους συμπεριλαμβανομένων από το κορυφαίο στέλεχος έως τον χειριστή.

3.1.2 Διακοπή λειτουργίας

Το πραγματικό κόστος του σταματήματος ενός μηχανήματος μερικές φορές είναι δύσκολο να μετρηθεί. Μια πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι το κόστος για την διακοπή λειτουργίας μιας μηχανής είναι κάτι περισσότερο από την εργασία συντήρησης και τα υλικά για να γίνει η επισκευή. Μια πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι το πραγματικό κόστος για μια διακοπή λειτουργίας είναι από 4 έως και 15 φορές το κόστος συντήρησης. Όταν η διακοπή λειτουργίας προκαλεί το σταμάτημα της παραγωγής, τότε το κόστος είναι πολύ υψηλό, διότι δεν παράγονται προϊόντα.

Για χρόνια, η συντήρηση αντιμετωπιζόταν ως μία βρώμικη και βαρετή δουλειά και συχνά παραβλεπόταν. Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει καλύτερη παραγωγικότητα από τον εξοπλισμό της γραμμής παραγωγής, αλλά δεν αναγνωρίζεται ως μέρος της δράσης που παράγει έσοδα. Η απλή ερώτηση είναι συχνά, «Γιατί χρειαζόμαστε να συντηρούμε τα πράγματα τακτικά;». Η απάντηση είναι, «Για να κρατήσουμε τον εξοπλισμό όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστα». Αλλά το πραγματικό ερώτημα είναι, «Πόση φθορά έχει υποστεί ο εξοπλισμός από την τελευταία συντήρηση;». Σε γενικές γραμμές η απάντηση είναι, «δεν ξέρω».

3.1.3 Αξιοπιστία συντήρησης

Η εξασφάλιση της αξιοπιστίας έχει να κάνει με τα στοιχεία που αντλούμε από το παρελθόν. Για κάθε μηχάνημα-εξοπλισμό πρέπει να υπάρχει μια βάση δεδομένων που θα καταγράφεται το ιστορικό της μηχανής. Αυτή η βάση θα περιλαμβάνει τις βλάβες τις οποίες έχει υποστεί η μηχανή, τις συντηρήσεις που έχουν γίνει στην μηχανή καθώς και άλλα χρήσιμα στοιχεία της μηχανής για τον συντηρητή. Η αποτυχία μοντελοποιείται, αναλύεται και σε κάποιο βαθμό, προβλέπεται. Δυστυχώς, η πρόβλεψη αυτή δεν λαμβάνεται υπόψη από τους χρήστες ή το εργασιακό περιβάλλον που συνδέονται με τους περιορισμούς, και συχνά τα αποτελέσματα δεν είναι τα επιθυμητά. Οι συνθήκες της μηχανής παρακολουθούνται σε επίπεδο μηχανής.

3.1.4 Ο Κόσμος της συντήρησης στο μέλλον

Με τις σύγχρονες τεχνολογίες της πληροφορικής και των πληροφοριών, περισσότερα προϊόντα και μηχανήματα εξοπλίζονται με αισθητήρες σε κρίσιμα τμήματα των μηχανών για να προειδοποιούν για την πιθανότητα αστοχιών πολύ πριν προκύψουν, ώστε να μπορούν να διορθωθούν πριν σταματήσει η παραγωγή.

3.1.5 Ευφυή Συστήματα συντήρησης

Τα ευφυή συστήματα συντήρησης (IMS) είναι ικανά να προβλέψουν και την απόδοση του εξοπλισμού με απώτερο σκοπό την εκμηδένιση του χρόνου μη λειτουργίας των μηχανών. Οι σχεδόν μηδενικοί χρόνοι μη λειτουργίας επικεντρώνεται στην απόδοση της μηχανής για την ελαχιστοποίηση των αποτυχιών. Τα δεδομένα προέρχονται από δύο πηγές: αισθητήρες (τοποθετημένοι στις μηχανές) και ολόκληρο το σύστημα της επιχείρησης

(συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων ποιότητας, το ιστορικό και trending). Κοιτάζοντας τα δεδομένα από τις πηγές αυτές (τρέχοντα και ιστορικά), μπορεί να προβλέψει τη μελλοντική απόδοση.

3.1.6 Μηχανές με δυνατότητα παροχής ειδοποιήσεων

Σήμερα, οι υπηρεσίες στον τομέα των μηχανών εξαρτώνται από τα συστήματα διαχείρισης αισθητήρων με γνώμονα την παροχή ειδοποιήσεων, συναγερμούς και δείκτες. Τη στιγμή που ηχεί ο συναγερμός, είναι ήδη πολύ αργά για να αποτραπεί η αποτυχία. Οι περισσότερες διακοπές λειτουργίας γραμμών παραγωγής προκαλούνται από αυτές τις απροσδόκητες καταστάσεις. Δεν υπάρχει καμία ειδοποίηση υπό τον όρο ότι μοιάζει φυσιολογική φθορά από την πάροδο του χρόνου. Αν ήταν δυνατόν να παρακολουθείται η φυσιολογική φθορά, τότε θα ήταν δυνατόν να προβλεφτούν επερχόμενες καταστάσεις και να εκτελεστούν εργασίες συντήρησης πριν συμβεί η βλάβη. Η μακροπρόθεσμη προοπτική για την ευφυή συντήρηση είναι ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οποιοδήποτε μέσο – συμπεριλαμβανομένων λογισμικό και τεχνολογιών εξ αποστάσεως - για την παρακολούθηση της απόδοσης του εξοπλισμού. Στη συνέχεια, αν η φθορά αρχίζει να εμφανίζεται, υπάρχει αρκετός χρόνος για την αντικατάσταση ή επισκευή του εξοπλισμού πριν από την αστοχία. Ένα μηχάνημα μπορεί να κάνει αυτο-αξιολόγηση της κατάστασης του και να δημιουργήσει αίτημα συντήρησης, όπως απαιτείται. Αν το μοντέλο αυτό λειτουργεί, τότε θα υπάρχει ένα μηχάνημα που μπορεί να διαχειριστεί τη δική του απόδοση και τη δική του εγγύηση με βάση τις συμβάσεις. Επίσης, μπορεί να μας προειδοποιήσει σχετικά με τους τρόπους για να λειτουργεί με υψηλής απόδοσης.

3.1.7 Εστιάζοντας στα συμπεράσματα της συντήρησης

Σήμερα, η βιομηχανία έχει συμπεράνει ότι το κόστος της διακοπής λειτουργίας έχει ένα μεγάλο αντίκτυπο στην κερδοφορία. Εάν ο εξοπλισμός αρχίζει να φθείρεται, υπάρχει ο κίνδυνος να αρχίσουν να παράγονται προϊόντα κατώτερης ποιότητας από την επιθυμητή. Τελικά, η φθορά των μηχανών επηρεάζει σοβαρά όχι μόνο την παραγωγικότητα αλλά και την ποιότητα του προϊόντος. Παγκόσμιας κλάσης εταιρείες αλλάζουν τον τρόπο προσέγγισης της συντήρησης, εφαρμόζοντας ένα νέο μοντέλο παροχής υπηρεσιών σε επιχειρήσεις για να αλλάξουν τα συστήματα συντήρησης σε έξυπνα συστήματα συντήρησης εξοπλισμού. Με σκοπό να μειωθεί ο χρόνος μη λειτουργίας και να παρακολουθούνται στενά οι επιδόσεις του

εξοπλισμού και η φθορά των μηχανών. Αντί να εφαρμόζουν συντήρηση έπειτα από μία βλάβη η βιομηχανία τείνει στην λογική της πρόβλεψης και προληπτικής συντήρησης.

3.2 Αξιοπιστία συστημάτων και KPIs συντήρησης

Όταν ένας οργανισμός έχει καταφέρει να ορίσει τους στόχους που επιθυμεί να πετύχει με μια συντήρηση στον εξοπλισμό του και επιπλέον έχει εντοπίσει και διασφαλίσει τα απαιτούμενα κεφάλαια και τους απαιτούμενους πόρους του, οφείλει στη συνέχεια να καθορίσει και τη μέθοδο με την οποία θα γίνετε η λήψη αποφάσεων για τις εργασίες οι οποίες θα πραγματοποιηθούν σε μία συντήρηση εξοπλισμού. Βασικό εργαλείο στην προσπάθεια αυτή αποτελούν οι Κύριοι Δείκτες Απόδοσης, οι οποίοι βοηθούν τον οργανισμό. Πολλές Εταιρίες ενώ γνωρίζουν την αξία των μέτρων απόδοσης στην λήψη αποφάσεων συντήρησης, δεν καταφέρνουν να επωφεληθούν από αυτούς καθώς τις περισσότερες φορές επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν τα λάθος μέτρα.

3.2.1 KPIs (Βασικοί Δείκτες Απόδοσης)

Με τον όρο KPIs (Key Performance Indicators) αναφερόμαστε σε εκείνα τα μετρήσιμα χαρακτηριστικά της παραγωγής, των προϊόντων, των υπηρεσιών και των διαδικασιών που συνδέονται με την στρατηγική και μας παρέχουν ενδείξεις για την επιτυχία ή αποτυχία συγκεκριμένων παραγόντων οι οποίοι συνδέονται με την πορεία ενός έργου.

Οι Βασικοί Δείκτες Απόδοσης αποτυπώνουν τους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας σε έναν οργανισμό, τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον. Διαφοροποιούνται ανάλογα με τις επιχειρηματικές δραστηριότητες της επιχείρησης αλλά και τις ανάγκες των ενδιαφερόμενων μελών. Η παρακολούθηση τους γίνεται σε ημερήσια ή εβδομαδιαία βάση και όχι σε μηνιαία/τριμηνιαία/ετήσια, γιατί σε αυτή την περίπτωση δεν θα αποτελούσαν το κλειδί για την επιτυχία της επιχείρησης αφού θα μεσολαβούσε μεγάλο χρονικό διάστημα από τα γεγονότα και δεν θα υπήρχε η δυνατότητα άμεσης παρέμβασης.

Γίνεται ευκόλως αντιληπτό ότι το σημείο υπεροχής τους είναι ότι παρουσιάζουν την απόδοση σε πραγματικό χρόνο και όχι παρελθοντικό, με αποτέλεσμα να δίνουν τη δυνατότητα για την πραγματοποίηση διορθωτικών κινήσεων ώστε να εξαλειφθούν τα λάθη που παρουσιάζονται. Οι βασικοί δείκτες απόδοσης, αποδίδουν την μέγιστη αξία τους όταν αποτελούν μέρος της στρατηγικής που ακολουθείται από την επιχείρηση.

Η σύνδεσή τους με την στρατηγική πραγματοποιείται σε τρία σημεία, ξεκινώντας ως το μέσο με το οποίο επικοινωνεί η εταιρία την στρατηγική της στους εργαζόμενους. Σε δεύτερο επίπεδο επιτυγχάνεται η ευθυγράμμιση των κινήσεων και των λειτουργιών του κάθε τομέα με την επιλεγόμενη στρατηγική, έτσι ώστε να υπάρχει ενίσχυση και στήριξη ανάμεσα στα τμήματα και κατ' επέκταση να μην δημιουργούνται αλληλοσυγκρουόμενα συμφέροντα. Τέλος αποτελούν ένα τρόπο ελέγχου της προόδου σε σχέση με τα σημεία στρατηγικής σημασίας για την πορεία ενός έργου.

Βασικά γνωρίσματα των KPIs είναι η ανάγκη για ακριβή ορισμό της έννοιάς τους ώστε να μην γίνονται παρανοήσεις από το προσωπικό που διαχειρίζεται τους δείκτες, αλλά και η δυνατότητα σωστής μέτρησης τους, για να μπορούν να χαρακτηρίζονται ως αξιόπιστοι. Κατά την παρουσίασή τους μπορούν να συνδυάζονται με αναφορές, διαγράμματα και υπολογιστικά φύλλα, ενώ χρησιμοποιούνται για έργα κάθε μορφής. Επίσης χρησιμοποιούνται και σε οποιαδήποτε περιοχή ενός έργου όπως είναι το IT, το Risk Management, η Διαχείριση της Ποιότητας κ.τ.λ.

Οι σωστά ορισμένοι και αποτελεσματικοί Κύριοι Δείκτες Απόδοσης ασκούν επιρροή όχι μόνο στους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας ενός έργου, αλλά και μεταξύ τους με θετικό τρόπο. Συμπληρωματικά δεν πρέπει να παραλείψουμε πως απαιτείται η συνεχής εξέλιξη και βελτίωση των δεικτών αυτών, ώστε να καλύπτουν κάθε φορά τους νέους στόχους που θέτει η επιχείρηση αλλά και τις ανάγκες των ενδιαφερόμενων μερών, με βέλτιστο τρόπο. Τέλος ένα μέτρο απόδοσης για να ενταχθεί στην ομάδα των KPIs, πρέπει να έχει την ικανότητα να δημιουργεί την επιθυμητή συμπεριφορά στο προσωπικό που έχει αντίκτυπο.

3.2.2 Κρίσιμοι δείκτες στον τομέα της συντήρησης

Κάποιοι κρίσιμοι δείκτες απόδοσης στο πεδίο της συντήρησης, σύμφωνα με το KPIs Library που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία είναι οι παρακάτω:

1. Ποσοστό (%) των ωρών συντήρησης προς τον χρόνο λειτουργίας (απόδοση συντήρησης)

Η αποτελεσματικότητα της συντήρησης είναι ένα μέτρο το οποίο απεικονίζει την απόδοση της συντήρησης ως προς τα απαιτούμενα παραδοτέα επίπεδα απόδοσης από τον εξοπλισμό. Οι εργατοώρες είναι οι πραγματικές ώρες που χιάστηκαν για την συντήρησης ενός στοιχείου του εξοπλισμού. Οι εργατοώρες συντήρησης περιλαμβάνει τους μισθούς

συντήρησης, το προσωπικό και τις ώρες αναδόχου (προληπτικής και διορθωτικής). Ο χρόνος λειτουργίας αποτελείται από τον χρόνο παραγωγής συν τις χρονικές καθυστερήσεις κατά την διάρκεια της παραγωγής.

2. Η διορθωτική συντήρηση σε αναλογία με την προληπτική συντήρηση

Η διορθωτική συντήρηση μπορεί να οριστεί ως εργασία συντήρησης που εκτελείται για τον εντοπισμό, απομόνωση και διόρθωση ενός σφάλματος έτσι ώστε ο εξοπλισμός που έχει αστοχήσει να αποκατασταθεί σε μια λειτουργική κατάσταση εντός των ορίων ανοχής ή όρια που έχουν καθοριστεί. Προληπτική συντήρηση είναι η φροντίδα και η εξυπηρέτηση από το προσωπικό για το σκοπό της συντήρησης του εξοπλισμού σε ικανοποιητική κατάσταση λειτουργίας, προβλέποντας τη διενέργεια συστηματικών επιθεωρήσεων, τον εντοπισμό και τη διόρθωση των επερχόμενων αποτυχιών είτε προτού να εμφανιστούν ή προτού εξελιχθούν σε μεγάλα ελαττώματα.

3. MTBF (Mean Time between Failures)

MTBF είναι ο μέσος χρόνος που μεσολαβεί πριν αστοχήσει ένα εξάρτημα. Συνήθως εκφράζεται σε ώρες.

Μπορεί να προκύψει από:

$$MTBF = \frac{\text{Αριθμός των unit hours χρόνου λειτουργίας}}{\text{Αριθμός βλαβών}}$$

Συντελεστές MTBF δίνονται ορισμένες φορές από τους προμηθευτές. Προκύπτουν από τεστ αξιοπιστίας και μελέτες προβλέψεων.

4. MTTR (Mean Time to Repair)

Ο μέσος χρόνος επισκευής ενός εξαρτήματος (MTTR) είναι το γινόμενο του χρόνου που απαιτείται για να εκτελεστεί κάθε προσδοκώμενη επισκευή επί τη σχετική συχνότητα με την οποία θα εμφανιστεί.

3.3 Πληροφοριακά συστήματα και Συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων DSS (Decision support system)

3.3.1 Έννοια του συστήματος-πληροφοριακού συστήματος

Στα μέσα του 20ου αιώνα επιστήμονες από πολλούς κλάδους όπως η Φιλοσοφία, η Βιολογία, τα Μαθηματικά κ.α. άρχισαν να αναγνωρίζουν ότι το κάθε αντικείμενο είναι μέρος ενός μεγαλύτερου συνόλου και το οποίο αλληλεπιδρά ή συσχετίζεται με τουλάχιστον ένα στοιχείο του συνόλου. Η προσέγγιση αυτή δημιούργησε ένα νέο τρόπο σκέψης που ονομάστηκε Θεωρία Συστημάτων.

Ένας από τους πολλούς ορισμούς που έχουν προσπαθήσει να προσδιορίσουν την έννοια Σύστημα, είναι ο ακόλουθος:

Σύστημα (system) είναι ένα σύνολο από οντότητες (λ.χ. άνθρωποι, μηχανές, διαδικασίες κλπ) που συνεργάζονται για την επίτευξη ενός στόχου. Ο στόχος αυτός είναι ο λόγος ύπαρξης του συστήματος. Κάθε σύστημα έχει εισόδους, εξόδους και επεξεργασίες και περιβάλλεται από ένα περιβάλλον από το οποίο διαχωρίζεται από ένα όριο. Συνήθως υπάρχει κάποιος ο οποίος είναι υπεύθυνος για την λήψη αποφάσεων σχετικών με το σύστημα.

Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις σχετικά με το τι είναι ένα Πληροφοριακό Σύστημα και οι ορισμοί που δίδονται ποικίλουν ανάλογα με αυτές. Ένας ορισμός ο οποίος δίνει έμφαση στις λειτουργίες του είναι ο παρακάτω.

Πληροφοριακό σύστημα (information system) είναι ένα σύνολο οντοτήτων το οποίο συλλέγει, αποθηκεύει, αναλύει δεδομένα και διαχέει πληροφορίες. Όπως κάθε σύστημα, το Πληροφοριακό Σύστημα περιέχει εισόδους (δεδομένα, πληροφορίες, εντολές) επεξεργασίες (διαδικασίες, άνθρωποι, εξοπλισμός) και εξόδους (αναφορές, γραφήματα, υπολογισμοί).

Αν προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε ένα Πληροφοριακό σύστημα από την πλευρά της δομής του, θα λέγαμε ότι:

Πληροφοριακό σύστημα είναι ένα οργανωμένο σύνολο το οποίο αποτελείται από πέντε στοιχεία:

- Ανθρώπους (το σύνολο των ανθρώπων που εργάζονται με το πληροφοριακό σύστημα σε διάφορους ρόλους όπως χρήστες, διαχειριστές κ.τ.λ.)
- Διαδικασίες (το σύνολο των οδηγιών για τη χρήση και συνδυασμό όλων των στοιχείων υποδομής ενός Πληροφοριακού συστήματος)

- Δεδομένα (μια παράσταση γεγονότων, εννοιών ή εντολών σε τυποποιημένη μορφή που είναι κατάλληλη για επικοινωνία, ερμηνεία ή επεξεργασία από άνθρωπο ή αυτόματα μέσα)
- Λογισμικό-software (το σύνολο των προγραμμάτων που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη των λειτουργιών του, καταγραφή, επεξεργασία δεδομένων και παρουσίαση πληροφοριών)
- Υλικό-hardware (το σύνολο του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την στήριξη του Πληροφοριακού Συστήματος)

3.3.2 Σκοπός των Πληροφοριακών Συστημάτων

Καλύτερη όμως εικόνα σχετικά με το τι είναι ένα Πληροφοριακό σύστημα θα μπορούσαμε να σχηματίσουμε αν εξετάζαμε το σκοπό ενός Πληροφοριακού συστήματος. Ένα Πληροφοριακό σύστημα βοηθάει στον έλεγχο, στο συντονισμό, στην ανάλυση προβλημάτων, στη λήψη αποφάσεων και στην ανάπτυξη νέων προϊόντων.

Για να μπορέσει ένα Πληροφοριακό σύστημα να επιτύχει τον σκοπό του πρέπει να:

- προσδιορίζει, αποδοτικά και αποτελεσματικά, τις ανθρώπινες ανάγκες αυτών που χρησιμοποιούν το πληροφοριακό σύστημα
- επεξεργάζεται όλες τις πληροφορίες με αποτέλεσμα την ικανοποίηση των αναγκών αυτών

Αυτό γίνεται στην πραγματικότητα με:

- την πιο αποτελεσματική ανάκτηση, αποθήκευση, επεξεργασία, παρουσίαση και διάδοση των πληροφοριών
- την παροχή των απαραίτητων μέσων και του κατάλληλου περιβάλλοντος μάθησης στους εμπλεκόμενους χρήστες ώστε να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της διαδικασίας λήψης απόφασης
- την υποστήριξη των διαδικασιών λειτουργίας, ελέγχου και στρατηγικού σχεδιασμού την επιχείρησης ή του οργανισμού

Τα πληροφοριακά συστήματα είναι ζωντανό οργανισμοί οι οποίοι εξελίσσονται και ακολουθούν όλα τα στάδια της πορείας ενός ζωντανού οργανισμού. Γεννιούνται,

αναπτύσσονται και παροπλίζονται. Γεννιούνται όταν ληφθεί η απόφαση της δημιουργίας τους. Στη συνέχεια προσδιορίζονται οι απαιτήσεις της επιχείρησης και σχεδιάζεται η μορφή του συστήματος που θα τις ικανοποιήσει. Ακολουθεί η φάση της ανάπτυξης του και η συνεχόμενη εξέλιξή του ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες της επιχείρησης. Τέλος όταν δεν είναι δυνατή η περαιτέρω ανάπτυξη ή βελτίωση του πληροφοριακού συστήματος, τότε αυτό παροπλίζεται.

3.3.3 Συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων (DSS):

Ο τύπος αυτής της κατηγορίας των συστημάτων εξυπηρετεί το διοικητικό οργανωτικό επίπεδο του οργανισμού. Βοηθά τα διοικητικά στελέχη να πάρουν αποφάσεις που είναι ημιδομημένες, μοναδικές ή γρήγορα μεταβαλλόμενες και κυρίως δεν καθορίζονται εύκολα εκ των προτέρων π.χ. εκτίμηση του κόστους ενός έργου ανατρέχοντας στις αναλυτικές τιμές κόστους των συνιστωσών του και με πρόβλεψη της εξέλιξής τους στο άμεσο μέλλον. Πολλές φορές την ημέρα χρησιμοποιούν τα στελέχη τα συστήματα αυτά ώστε να ανταποκριθούν στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Τα συστήματα υποστήριξης λήψης αποφάσεων χρησιμοποιούν εσωτερικές πληροφορίες που προέρχονται από τα συστήματα υποστήριξης δοσοληψιών και από τα πληροφοριακά συστήματα διοίκησης. Βέβαια, πολύ συχνά εισάγουν πληροφορίες από εξωτερικές πηγές όπως τιμές μετοχών χρηματιστηρίου, τιμοκαταλόγου ανταγωνιστών κλπ. Από τη φύση τους, αλλά και από το σχεδιασμό τους, τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων διαθέτουν μεγαλύτερες αναλυτικές δυνατότητες, γιατί χρησιμοποιούν ποικιλία μαθηματικών μοντέλων για ανάλυση δεδομένων σε μορφή εκμεταλλεύσιμη από τους αποφασίζοντες. Ο σχεδιασμός τους αποσκοπεί στο να είναι έτοιμα για χρήση με διαλογικό τρόπο και να ανταποκρίνονται σε νέα δεδομένα και νέες ερωτήσεις. Έτσι παρέχουν μια σειρά από εργαλεία υποστήριξης νοημοσύνης (γλώσσες ερωτημάτων, γεννήτριες καταστάσεων και γραφικών), εργαλεία υποστήριξης σχεδιασμού (προσομοίωσης και μοντελοποίησης) και τέλος εργαλεία υποστήριξης επιλογών.

3.3.4 Αρχικός σχεδιασμός συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων (DSS)

Το σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων το οποίο σχεδιάστηκε για αυτήν την εργασία είναι ένα σύστημα υποστήριξης για αποφάσεις συντήρησης. Σκοπός του συστήματος αυτού είναι να βοηθήσει τους αρμόδιους υπεύθυνους συντήρησης να πάρουν τις σωστές αποφάσεις για το ποιές εργασίες πρέπει να γίνουν και αν πρέπει να γίνουν σε κάθε εξοπλισμό

της γραμμής παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα συμβάλει στον καθορισμό του φυσικού αντικειμένου της συντήρησης. Η δομή του συστήματος αποτελείται από τρία επίπεδα. Το χαμηλότερο επίπεδο αποτελείται από κριτήρια τα οποία είναι είτε βασικοί δείκτες απόδοσης συντήρησης KPIs είτε κριτήρια τα οποία δημιουργήθηκαν για την εκπόνηση εργασίας. Στα κριτήρια αυτά έχουν καταναμηθεί συντελεστές βαρύτητας και παίρνουν βαθμολογία για κάθε εξοπλισμό από τον χειριστή του συστήματος και την ομάδα συντήρησης. Η βαθμολογία η οποία μπορούν να πάρουν τα κριτήρια είναι από το ένα έως το δέκα ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκετε ο εξοπλισμός σύμφωνα με τον χειριστή του συστήματος. Τα κριτήρια αυτά με την σειρά τους έχουν κατηγοριοποιηθεί και διαμορφώνουν πέντε οικογένειες χαρακτηριστικών. Αυτές οι πέντε οικογένειες χαρακτηριστικών αποτελούν το δεύτερο επίπεδο του συστήματος. Τα χαρακτηριστικά αυτά ανήκουν στον τομέα της συντήρησης και θεωρούνται τα πιο βασικά για την συντήρηση ενός εξοπλισμού. Η κάθε οικογένεια χαρακτηριστικών παίρνει και αυτή με την σειρά της μια βαθμολογία. Οι τιμές που μπορεί να πάρει κάθε οικογένεια χαρακτηριστικών είναι LOW, MEDIUM και HIGH. Η βαθμολογία αυτή έχει προκύψει από τον μέσο όρο των γινομένων του βαθμού του κάθε κριτηρίου και τον συντελεστή βαρύτητας του. Την τιμή LOW παίρνουν οι οικογένειες χαρακτηριστικών οι οποίες έχουν πάρει βαθμολογία μικρότερη του τέσσερα. Την τιμή MEDIUM παίρνουν οι οικογένειες χαρακτηριστικών οι οποίες έχουν πάρει βαθμολογία μεγαλύτερη του τέσσερα και μικρότερη του επτά. Ενώ την τιμή HIGH παίρνουν οι οικογένειες χαρακτηριστικών οι οποίες έχουν πάρει βαθμολογία μεγαλύτερη του επτά. Τέλος το τρίτο και ανώτερο επίπεδο αποτελείται από τον βαθμό τον οποίο αποκόμισε ο εκάστοτε εξοπλισμός. Ο βαθμός αυτός προκύπτει μέσο πενήντα ενός ασαφών κανόνων λειτουργίας οι οποίοι δημιουργήθηκαν για το συγκεκριμένο σύστημα λήψης αποφάσεων συντήρησης και καλύπτουν όλους τους πιθανούς συνδυασμούς αποτελεσμάτων. Η τελική βαθμολογία παίρνει τιμές, REJECT, CONSIDER και DO. Αν ο εξοπλισμός λάβει την τιμή REJECT τότε σημαίνει ότι το σύστημα προτείνει να μην υποστεί συντήρηση ο εξοπλισμός. Αν ο εξοπλισμός λάβει την τιμή CONSIDER τότε σημαίνει ότι το σύστημα προτείνει να μελετηθεί ξανά το θέμα συντήρησης του συγκεκριμένου εξοπλισμού. Τέλος αν ο εξοπλισμός λάβει την τιμή DO τότε σημαίνει ότι το σύστημα προτείνει να υποστεί συντήρηση ο συγκεκριμένος εξοπλισμός.

4. Έργα συντήρησης

4.1 Διοίκηση του φυσικού αντικειμένου (Project scope management)

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις για την ομάδα διοίκησης ενός έργου συντήρησης είναι η διοίκηση του φυσικού αντικειμένου ή όπως συνηθίζεται να λέγεται scope management.

Αυτό ισχύει για όλα τα στάδια ανάπτυξης του φυσικού αντικειμένου:

- i. Scope planning,
- ii. Scope definition,
- iii. Scope verification
- iv. Scope change control.

Τα τεχνικά έργα ως επί το πλείστον έχουν καλά ορισμένο φυσικό αντικείμενο πολύ πριν την έναρξη εκτέλεσης του έργου. Αντίθετα, τα έργα μεγάλων συντηρήσεων έχουν φυσικό αντικείμενο το οποίο επιδέχεται αλλαγές μέχρι και την τελευταία στιγμή, πριν την έναρξη εκτέλεσης του έργου. Αυτό οφείλεται στα εξής:

- Συνθήκες που επικρατούν στην αγορά καυσίμων και πετρελαίου καθιστούν αναγκαίο τον επαναπροσδιορισμό των απαιτήσεων συναρτήσει του διατιθέμενου προϋπολογισμού. Κατά συνέπεια, νέες εργασίες μπορεί να εισαχθούν ή να διαγράψουν από το αρχικά σχεδιασμένο φυσικό αντικείμενο, και κατά συνέπεια να αυξηθεί η διάρκεια εκτέλεσης του έργου ή να συμπυχθεί αντίστοιχα. Επιπλέον, είναι σύνηθες το φαινόμενο της αλλαγής της ημερομηνίας έναρξης της συντήρησης. Η αλλαγή της ημερομηνίας έναρξης μπορεί να επηρεάσει την προμήθεια υλικών, την έλευση των εργολάβων και την ικανότητα επαναπρογραμματισμού καθώς και το ίδιο το φυσικό αντικείμενο.
- Ο σχεδιασμός των διαδικασιών λαμβάνει στοιχεία από τις μονάδες παραγωγής και τον εξοπλισμό της γραμμής παραγωγής, από την επιθεώρηση, την ασφάλεια κ.α. Οι μονάδες παραγωγής και ο εξοπλισμός της γραμμής παραγωγής εμπλουτίζουν το φυσικό αντικείμενο με επιπλέον εργασίες. Επειδή το εργοστάσιο βρίσκεται σε διαρκή

λειτουργία μέχρι και την τελευταία στιγμή είναι φυσιολογικό να εντοπίζονται συνεχώς καινούριες εργασίες συντήρησης.

- Η διαθεσιμότητα υλικών, πόρων, εξοπλισμού, εξειδικευμένων συντηρητών ή εξειδικευμένων εργαλείων και η έγκαιρη προμήθεια αυτών μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία σχεδιασμού του φυσικού αντικειμένου.

Ως συνέπεια όλων των παραπάνω, ο προϋπολογισμός ενός έργου μεγάλης συντήρησης σπάνια βασίζεται σε ένα καλά προσδιορισμένο φυσικό αντικείμενο. Τις περισσότερες φορές βασίζεται σε εκτιμήσεις βάσει παλαιότερων έργων. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να επανεξετάζεται το κόστος του έργου βάσει του τελικού φυσικού αντικειμένου και είτε να συρρικνώνεται το φυσικό αντικείμενο είτε το τελικό κόστος να προσαρμόζεται στις ανάγκες του έργου.

Έλεγχος Αλλαγών του φυσικού αντικειμένου (Scope change control)

Μία πολύ σημαντική παράμετρος στη διοίκηση έργων είναι ο έλεγχος αλλαγών του φυσικού αντικειμένου. Σε όλη τη διάρκεια ζωής ενός έργου το φυσικό αντικείμενο επιδέχεται αλλαγές και πολλές φορές αυτές οι αλλαγές είναι δραματικές. Ο αντίκτυπος που έχουν οι αλλαγές αυτές στην πορεία του έργου εξαρτώνται από τη φύση του ίδιου του έργου, από τη φύση των αλλαγών, από το περιβάλλον κ.α.

Όταν αναφερόμαστε σε έργο μεγάλης συντήρησης οι αλλαγές είναι αρκετά συχνές. Ειδικά στο στάδιο εκτέλεσης του έργου, κατά το άνοιγμα των εξοπλισμών και όσο διαρκούν οι εργασίες επισκευών και ελέγχου, διαπιστώνονται επιπρόσθετες εργασίες που πρέπει να γίνουν, κοστολογούνται και είτε εγκρίνονται είτε αποφασίζεται να γίνουν σε μεταγενέστερο χρόνο. Αν εγκριθούν εισάγονται στο πρόγραμμα εκτέλεσης εργασιών. Κάθε επιπλέον εργασία που πρόκειται να προστεθεί στο χρονοδιάγραμμα πρέπει να ακολουθεί συγκεκριμένη πορεία ελέγχου και εγκρίσεων.

4.2 Διαχείριση Χρόνου Έργου συντήρησης (Project time management)

Η ωριμότητα μιας εταιρείας όσον αφορά την υιοθέτηση και εφαρμογή ενός σχεδίου διοίκησης για ένα έργο μεγάλης συντήρησης γίνεται φανερό στο στάδιο του σχεδιασμού και προγραμματισμού. Για να είναι επιτυχής η μεθοδολογία διοίκησης χρόνου ενός έργου συντήρησης θα πρέπει μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού και προγραμματισμού να γίνεται εξισορρόπηση των διατιθέμενων πόρων και του χρόνου εν όψει ενός συνεχώς

μεταβαλλόμενου φυσικού αντικειμένου. Οι διεργασίες διαχείρισης χρόνου του έργου περιλαμβάνουν τις ακόλουθες ενέργειες:

1. Ορισμός δραστηριοτήτων

Ο προγραμματισμός εργασιών που έχουν μεγάλο πλήθος δραστηριοτήτων είναι ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια για την ανάπτυξη του προγράμματος για τους εξής λόγους:

- Είναι δύσκολο να υπολογιστούν οι δραστηριότητες με αξιοπιστία
- Μπορεί να κρύβουν λεπτομέρειες που ο σχεδιαστής δεν έχει διακρίνει

Εξαιτίας του πεπεσμένου χρόνου στον οποίο διεξάγονται τα έργα μεγάλων συντηρήσεων υπάρχει πολύ μικρό περιθώριο χρόνου για συλλογή, καταγραφή και επαναπρογραμματισμό των δραστηριοτήτων κατά το στάδιο της εκτέλεσης του έργου έτσι ώστε το πρόγραμμα να είναι λειτουργικό για τους εργοδηγούς και τους μηχανικούς που είναι υπεύθυνοι για τις καθημερινές εργασίες. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η λεπτομέρεια της σχεδίασης τόσο πιο εύκολο γίνεται η παρακολούθηση του έργου συντήρησης, γιατί μειώνεται στην ουσία η δυσκολία ενημέρωσης των εργασιών. Η καλύτερη μέθοδος λοιπόν είναι η ανάλυση δραστηριοτήτων να είναι λεπτομερής και μετρήσιμη.

2. Εκτίμηση διάρκειας δραστηριοτήτων (Scheduling) - Ανάπτυξη χρονοδιαγράμματος

Στα περισσότερα τεχνικά έργα η βάση αναφοράς (baseline) χρησιμοποιείται ως όρος στο συμβόλαιο για τη διεκπεραίωση των εργασιών. Σε ένα έργο μεγάλης συντήρησης ωστόσο τα πράγματα είναι διαφορετικά. Η βάση αναφοράς σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιείται ως οδηγός για την εκτέλεση του έργου.

Στην περίπτωση που γίνεται διαχωρισμός μεταξύ των εργασιών που είναι κρίσιμες ή σχεδόν κρίσιμες και αυτών που δεν είναι, βασική προτεραιότητα είναι η εκτέλεση των κρίσιμων εργασιών. Οι υπόλοιπες μπορεί και να μετακινηθούν σε μεταγενέστερη συντήρηση.

Σε ένα έργο συντήρησης όπως προαναφέρθηκε είναι πολύ πιθανό να αυξηθεί ο όγκος των εργασιών. Σε αυτήν την περίπτωση η κλασική μέθοδος εξισορρόπησης του χρονοδιαγράμματος μέσω του resource leveling δεν είναι η καλύτερη λύση. Με αυτή τη

μέθοδο υπάρχει ο κίνδυνος να παραγκωνιστούν κρίσιμες εργασίες έναντι λιγότερο σημαντικών, με αποτέλεσμα να καθυστερήσει αρκετά η ολοκλήρωση του έργου.

Αντίθετα θεωρείται καλύτερη η προσέγγιση του critical mass. Ως critical mass εννοούνται οι εργασίες εκείνες που δεν είναι κρίσιμες αλλά όμως στην πορεία του έργου μπορεί να γίνουν λόγω έλλειψης προσωπικού ή λόγω αύξησης του φυσικού αντικειμένου. Σε αυτήν την περίπτωση, και εφόσον δεν επηρεάζεται η εκτέλεση των κρίσιμων εργασιών, το πλέον δόκιμο είναι είτε να επισπευτεί η εκτέλεση των εργασιών critical mass με ανάθεση επιπλέον προσωπικού είτε με leveling, είτε να μετατεθούν σε άλλο έργο συντήρησης.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι επειδή οι επιπρόσθετες εργασίες που προκύπτουν κατά την επιθεώρηση προκαλούν κύλιση του προγράμματος οι διευθυντές χρειάζονται ένα χρονοδιάγραμμα που να είναι ευέλικτο στο θέμα των επιπρόσθετων εργασιών. Για αυτόν το λόγο και η ύπαρξη μιας βάσης αναφοράς για αυτές τις εργασίες είναι επουσιώδης. Έτσι λοιπόν λόγω του ότι ένα έργο μεγάλης συντήρησης είναι δυναμικό, είναι αντιπαραγωγικό να χρησιμοποιήσει κανείς μεθόδους soft logic ή leveling για εξισορρόπηση του ανθρώπινου δυναμικού. Η καλύτερη μέθοδος είναι η ύπαρξη βάσεως αναφοράς και η παρακολούθηση των κρίσιμων εργασιών. Για τις υπόλοιπες εργασίες πρέπει να δίνεται η ευχέρεια στους εργοδηγούς να καθοδηγούν τους εργαζομένους ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες. Με αυτόν τον τρόπο το πρόγραμμα γίνεται ευέλικτο χωρίς όμως να παραγκωνίζονται οι ανάγκες για εκτέλεση των βασικών-κρίσιμων εργασιών.

4.3 Διαχείριση Κόστους Έργου συντήρησης (Project cost management)

Τα έργα συντήρησης ανήκουν στην κατηγορία των έργων που συνήθως ξεπερνούν κατά πολύ το προϋπολογισμένο κόστος. Όπως αναφέρθηκε και πρωτίτερα αυτό οφείλεται στο συνεχώς μεταβαλλόμενο φυσικό αντικείμενο. Αν η βάση αναφοράς του έργου στηριζόταν σε κάποιο αναλυτικό και στατικό πλάνο τότε θα ήταν εύκολο να ελέγξει κανείς το κόστος ή και να το προβλέψει. Αυτό όμως δεν είναι δυνατό για ένα έργο μεγάλης συντήρησης λόγω του ότι κατά την ολοκλήρωσή του το τελικό φυσικό αντικείμενο περιλαμβάνει τα εξής:

- Εργασίες που είχαν προβλεφθεί και σχεδιαστεί
- Προβλέψιμες Επισκευές (προγραμματισμένες και μη)
- Απρόβλεπτες επισκευές
- Μη εξουσιοδοτημένη εργασία

- Εργασίες που ακυρώθηκαν

Πριν την εκτέλεση του έργου η ομάδα διοίκησης του έργου πρέπει να λάβει υπόψη της τα παραπάνω είδη εργασιών ως παράγοντες που θα επηρεάσουν το κόστος. Η λύση είναι για αποτελεσματικό έλεγχο του κόστους είναι ο έλεγχος της εκτέλεσης του έργου (με το να είναι συνεχώς απασχολημένο το προσωπικό) και του φυσικού αντικειμένου (εξισορροπώντας τις επιπρόσθετες εργασίες έναντι των μη κρίσιμων εργασιών).

4.4 Διοίκηση Ποιότητας του έργου συντήρησης (Project quality management)

Βάσει του PMBOK οι διεργασίες Διαχείρισης ποιότητας έργου περιλαμβάνουν όλες τις δραστηριότητες του φορέα υλοποίησης που προσδιορίζουν την πολιτική ποιότητας, τους αντικειμενικούς στόχους και τις ευθύνες, ώστε να εξασφαλισθεί ότι το έργο θα ικανοποιεί τις ανάγκες για τις οποίες αναλήφθηκε.

Οι διεργασίες Διαχείρισης ποιότητας έργου είναι:

- Σχεδιασμός ποιότητας - η αναγνώριση των προτύπων ποιότητας που σχετίζονται με το έργο και ο προσδιορισμός του πώς αυτά θα ικανοποιηθούν
- Εκτέλεση διασφάλισης ποιότητας
- Εκτέλεση ελέγχου ποιότητας

Από τις παραπάνω η Διασφάλιση και ο Έλεγχος Ποιότητας είναι συνήθως καλά ορισμένα για λόγους ασφαλείας.

Υποβολή κανόνων ασφαλείας στους εργολάβους και στο προσωπικό τους με προβλεπόμενη ποινή σε περίπτωση μη συμμόρφωσης προς αυτούς. Η ποινή προέβλεπε λύση καθηκόντων, μήνυση για εκλιπόντα κέρδη από την πλευρά της εταιρείας καθώς και αποκλεισμό από μελλοντικά έργα.

Οι κανόνες και τα μέτρα ασφαλείας συνήθως έχουν να κάνουν με την ενδυμασία των εργαζομένων, προσεκτική εκτέλεση εργασιών τύπου: στήσιμο ικριωμάτων, ηλεκτρολογικές συνδέσεις και απαγόρευση καπνίσματος εκτός των ειδικά διαμορφωμένων χώρων. Τέλος το προσωπικό υποβάλλετε σε ειδική εκπαίδευση πριν την έναρξη του έργου συντήρησης.

4.5 Διαχείριση κινδύνων Έργου (Project risk management)

Συνήθως τα έργα μεγάλων συντηρήσεων εμπεριέχουν μεγάλο ποσοστό κινδύνου. Επειδή το φυσικό αντικείμενο είναι μερικώς γνωστό, οι υπεύθυνοι θα πρέπει να είναι προετοιμασμένοι για το γεγονός ότι κατά την εκτέλεση του έργου και ειδικότερα όταν οι εξοπλισμοί ανοίγονται και επιθεωρούνται είναι πιθανό να εντοπιστούν νέες εργασίες οι οποίες αυξάνουν το κόστος και τη χρονική διάρκεια του έργου συντήρησης.

Γενικά δεν είναι κοινή πρακτική η μοντελοποίηση κάθε πιθανού κινδύνου μέσω του χρονικού προγραμματισμού του έργου. Μόνο για εργασίες που είναι κρίσιμες ή σχεδόν κρίσιμες συνίσταται να γίνεται ανάλυση ρίσκου καθώς αυτές μπορεί να έχουν αντίκτυπο στην ολοκλήρωση του έργου. Κάθε προσπάθεια για ανάλυση πιθανών κινδύνων πρέπει να γίνεται με πνεύμα κρίσης, εξισορροπώντας τα κόστη συντήρησης εξοπλισμού έναντι του κόστους που προκύπτει από καθυστέρηση του έργου σε περίπτωση καθυστερημένης προμήθειας των υλικών.

5. Περιγραφή του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης

Στο κεφάλαιο 3 είδαμε τη διαδικασία που ακολουθείται στην ανάπτυξη ενός συστήματος λήψης αποφάσεων συντήρησης. Με βάση τα βήματα και την δομή αυτής της διαδικασίας θα αναλύσουμε στο παρόν κεφάλαιο το σύστημα υποστήριξης λήψης απόφασης που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Θα αναλυθεί λοιπόν η δομή του ασαφούς συστήματος που κατασκευάστηκε και πιο συγκεκριμένα οι είσοδοι και οι έξοδοι του συστήματος, οι ασαφείς κανόνες που αναπτύχθηκαν και οι μέθοδοι που επιλέχθηκαν για τις διαδικασίες της λήψης απόφασης.

5.1 Τα κριτήρια και οι οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης

Τα κριτήρια τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για το συγκεκριμένο σύστημα είναι κριτήρια τα οποία είναι είτε βασικοί δείκτες απόδοσης συντήρησης KPIs είτε κριτήρια τα οποία δημιουργήθηκαν για την εκπόνηση εργασίας. Στα κριτήρια αυτά έχουν καταναμεηθεί συντελεστές βαρύτητας και παίρνουν βαθμολογία για κάθε εξοπλισμό από τον χειριστή του συστήματος. Τα προαναφερόμενα κριτήρια ανήκουν σε πέντε διαφορετικές οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού. Οι πέντε αυτές οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού είναι οι εξής:

1. Ρίσκο

Κάθε εργασία συντήρησης ενός εξοπλισμού εγκυμονεί κάποιους κινδύνους. Κάποιοι από αυτούς μπορούν να εντοπιστούν και να μετριαστούν ή ακόμα και να καταπολεμηθούν, κάποιοι όμως όχι.

2. Πιθανότητα

Κάποιες κριτήρια συντήρησης εξοπλισμού σχετίζονται άμεσα με τις πιθανότητες. Πιθανότητα εμφάνισης ή μη εμφάνισης κάποιων παραγόντων που επηρεάζουν μια συντήρηση εξοπλισμού, ρυθμός εμφάνισης βλάβης κ.α.

3. Εξαρτήσεις

Οι εξαρτήσεις μεταξύ εξοπλισμών είναι πολύ σημαντικό κριτήριο σε μία συντήρηση μηχανολογικού εξοπλισμού. Άλλη βαρύτητα έχει η συντήρηση ενός εξοπλισμού, ο οποίος συνδέεται άμεσα με άλλους δύο εξοπλισμούς και άλλη βαρύτητα η συντήρηση ενός εξοπλισμού, ο οποίος συνδέεται άμεσα με άλλους είκοσι.

4. Ειδικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού

Κάθε εξοπλισμός έχει τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την συντήρηση του. Ένας εξοπλισμός μπορεί να χρειάζεται κατά την συντήρηση του εξειδικευμένα εργαλεία ή εξειδικευμένο προσωπικό συντήρησης ακόμα μπορεί τα ανταλλακτικά του εξοπλισμού να θέλουν ειδικό τρόπο παραγγελίας κ.α.

5. Κόστος

Το κόστος όπως είναι αναμενόμενο είναι σημαντικός παράγοντας σε μία συντήρηση εξοπλισμού, έτσι είναι αναγκαίο κάποια κριτήρια λήψης απόφασης συντήρησης να σχετίζονται άμεσα με το κόστος.

Αναλυτικότερα τα κριτήρια μαζί με τον συντελεστή βαρύτητας τους τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για το συγκεκριμένο σύστημα υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης χωρισμένα ανά οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού, είναι τα εξής:

- **Ρίσκο**

- **Ποσοστό (%) των ωρών συντήρησης προς τον χρόνο λειτουργίας (απόδοση συντήρησης) (20%)**

Η αποτελεσματικότητα της συντήρησης είναι ένα μέτρο το οποίο απεικονίζει την απόδοση της συντήρησης ως προς τα απαιτούμενα παραδοτέα επίπεδα απόδοσης από τον εξοπλισμό. Οι εργατοώρες είναι οι πραγματικές ώρες που χιάστηκαν για την συντήρηση ενός στοιχείου του εξοπλισμού. Οι εργατοώρες συντήρησης περιλαμβάνει τους μισθούς συντήρησης, το προσωπικό και τις ώρες αναδόχου (προληπτικής και διορθωτικής). Ο χρόνος λειτουργίας αποτελείται από τον χρόνο παραγωγής συν τις χρονικές καθυστερήσεις κατά την διάρκεια της παραγωγής.

- **Η διορθωτική συντήρηση σε αναλογία με την προληπτική συντήρηση (20%)**

Η διορθωτική συντήρηση μπορεί να οριστεί ως εργασία συντήρησης που εκτελείται για τον εντοπισμό, απομόνωση και διόρθωση ενός σφάλματος έτσι ώστε ο εξοπλισμός που έχει αστοχήσει να αποκατασταθεί σε μια λειτουργική κατάσταση εντός των ορίων ανοχής ή όρια που έχουν καθοριστεί. Προληπτική συντήρηση είναι η φροντίδα και η εξυπηρέτηση από το προσωπικό για το σκοπό της συντήρησης του εξοπλισμού σε ικανοποιητική κατάσταση λειτουργίας, προβλέποντας τη διενέργεια συστηματικών επιθεωρήσεων, τον εντοπισμό και τη διόρθωση των αρχόμενων αποτυχιών είτε προτού να εμφανιστούν ή προτού εξελιχθούν σε μεγάλα ελαττώματα.

- **Πρόβλημα σε κύριο ή δευτερεύον εξοπλισμό (40%)**

Ένας εξοπλισμός μπορεί να είναι ο μοναδικός για μία λειτουργία ενός συστήματος, τέτοιου είδους εξοπλισμοί ονομάζονται κύριοι. Αλλά μπορεί και να υπάρχει και δευτερεύον εξοπλισμός για αυτήν την λειτουργία ώστε να τεθεί σε λειτουργία σε περίπτωση βλάβης του κύριου εξοπλισμού. Όπως είναι λογικό μία βλάβη σε κύριο εξοπλισμό έχει μεγαλύτερη βαρύτητα από μια βλάβη σε δευτερεύον εξοπλισμό.

- **Κρισιμότητα εξοπλισμού (20%)**

Αναλόγως με το πόσοι εξοπλισμοί εξαρτούνται-συνδέονται από έναν εξοπλισμό διαμορφώνετε η κρισιμότητα του εξοπλισμού. Η κρισιμότητα του εξοπλισμού αυξάνετε ανάλογα με την αύξηση του αριθμού των συνδεόμενων εξοπλισμών πάνω σε αυτόν.

- **Πιθανότητα**

- **MTBF (Mean Time between Failures) (40%)**

MTBF είναι ο μέσος χρόνος που μεσολαβεί πριν αστοχήσει ένα εξάρτημα.

- **MTTR (Mean Time to Repair) (40%)**

Ο μέσος χρόνος επισκευής ενός εξαρτήματος (MTTR) είναι το γινόμενο του χρόνου που απαιτείται για να εκτελεστεί κάθε προσδοκώμενη επισκευή επί τη σχετική συχνότητα με την οποία θα εμφανιστεί.

- **Προειδοποίηση για βλάβη (20%)**

Η ικανότητα του εξοπλισμού για διάγνωση βλάβης πριν την απαίτηση αντικατάστασης.

- **Εξαρτήσεις**

- **Απαίτηση διακοπής λειτουργίας (50%)**

Σε έναν εξοπλισμό μπορεί να έχει την δυνατότητα αντικατάστασης του ή επισκευής του χωρίς να διακοπεί η λειτουργία του. Υπάρχει όμως και το ενδεχόμενο να μην είναι δυνατή η παρέμβαση σε κάποιον εξοπλισμό εάν δεν τεθεί εκτός λειτουργίας.

- **Υπαρξη εφεδρικού συστήματος (30%)**

Κάποια συστήματα έχουν και εφεδρικά υποσυστήματα ή ακόμα και ολόκληρα συστήματα σε περίπτωση βλάβης.

- **Ιεραρχία εξοπλισμού (20%)**

Οι εξοπλισμοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τον κύριο εξοπλισμό ο οποίος συμβάλει σημαντικά στην γραμμή παραγωγής και τον δευτερεύον εξοπλισμό ο οποίος λειτουργεί δεν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο στην γραμμή παραγωγής.

- **Ειδικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού**

- **Χρόνος αναμονής ανταλλακτικού (30%)**

Ο εξοπλισμός προς αντικατάσταση μπορεί να απαιτεί ιδική παραγγελία ή κάποιο χρονικό διάστημα αναμονής μέχρι την παραλαβή του ανταλλακτικού.

- **Απαίτηση εξειδικευμένου προσωπικού (10%)**

Ο εξοπλισμός υπό κατασκευή υπάρχει το ενδεχόμενο να απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις τις οποίες να μην κατέχει το κλιμάκιο συντήρησης και να απαιτείται εξωτερικός εξειδικευμένος συντηρητής.

- **Χρόνος συντήρησης (30%)**

Ο απαιτούμενος χρόνος για αντικατάσταση ή επιδιόρθωση του εξοπλισμού.

- **Απαίτηση προετοιμασίας (30%)**

Ο εξοπλισμός πριν την επισκευή ή αντικατάσταση μπορεί να απαιτεί κάποιο χρόνο προετοιμασίας.

- **Κόστος**

- **Ο λόγος του κόστους της διορθωτικής συντήρησης ως προς το κόστος της προληπτικής συντήρησης (55%)**

Το κόστος της διορθωτικής συντήρησης ενός εξοπλισμού προς το κόστος της προληπτικής συντήρησης ενός εξοπλισμού.

- **Κόστος μη επισκευή (30%)**

Το κόστος μη επισκευής εξοπλισμού είναι το κόστος το οποίο θα προκαλέσει μια πιθανή βλάβη του εξοπλισμού στο μέλλον ενώ δεν έχει συντηρηθεί σε μια προγραμματισμένη συντήρηση.

- **Κόστος συντήρησης ανά μονάδα παραγωγής (15%)**

5.2 Οι ασαφείς κανόνες του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης

Οι ασαφείς κανόνες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα που κατασκευάστηκε είναι συνολικά 57. Για ένα τέτοιο σύστημα που αποτελείται από πέντε εισόδους με τρεις ή τέσσερις συναρτήσεις-κριτήρια συμμετοχής για την καθεμιά οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού οι κανόνες που θα κάλυπταν όλες τις περιπτώσεις είναι 243 στον αριθμό. Ωστόσο ένα σύστημα τέτοιου μεγέθους καλύπτεται συνήθως από 30-40 κανόνες. Παρόλα αυτά κατασκευάστηκαν όλοι οι πιθανοί κανόνες και συμπύχθηκαν από τον αριθμό των 243 κανόνων κάποιοι λόγω της ίδιας φυσικής σημασίας των μεγεθών σε πιθανές περιπτώσεις. Για παράδειγμα όταν η βαθμολογία των τεσσάρων από τις πέντε οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού είναι LOW τότε προβαίνουμε σε μη συντήρηση, αυτό το ενδεχόμενο παρουσιάζεται πάνω από μία φορά αλλά καλύπτεται από έναν κανόνα. Οι 57 κανόνες λοιπόν του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης είναι οι εξής (λόγου συντομογραφίας: Ρίσκο= RI, Πιθανότητα= PR, Εξαρτήσεις= DE, Ειδικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού= SCE, Κόστος= CO):

1. If LOW ≥ 4 then (ACT is REJECT)
2. If HIGH ≥ 3 then (ACT is DO)
3. If MEDIUM ≥ 4 then (ACT is DO)
4. If HIGH=2 and MEDIUM ≥ 1 then (ACT is DO)
5. If LOW=3 and MEDIUM=1 then (ACT is REJECT)
6. If MEDIUM=3 and HIGH ≥ 1 then (ACT is DO)
7. If (RI is LOW) and (PR is LOW) and (DE is LOW) and (SCE is HIGH) and (CO is HIGH) then (ACT is CONSIDER)

8. If (RI is LOW) and (PR is LOW) and (DE is MEDIUM) and (SCE is MEDIUM) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
9. If (RI is LOW) and (PR is LOW) and (DE is MEDIUM) and (SCE is MEDIUM) and (CO is HIGH) then (ACT is CONSIDER)
10. If (RI is LOW) and (PR is LOW) and (DE is MEDIUM) and (SCE is HIGH) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
11. If (RI is LOW) and (PR is LOW) and (DE is HIGH) and (SCE is LOW) and (CO is HIGH) then (ACT is CONSIDER)
12. If (RI is LOW) and (PR is LOW) and (DE is HIGH) and (SCE is MEDIUM) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
13. If (RI is LOW) and (PR is LOW) and (DE is HIGH) and (SCE is HIGH) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
14. If (RI is LOW) and (PR is MEDIUM) and (DE is LOW) and (SCE is MEDIUM) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
15. If (RI is LOW) and (PR is MEDIUM) and (DE is LOW) and (SCE is MEDIUM) and (CO is HIGH) then (ACT is CONSIDER)
16. If (RI is LOW) and (PR is MEDIUM) and (DE is LOW) and (SCE is HIGH) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
17. If (RI is LOW) and (PR is MEDIUM) and (DE is LOW) and (SCE is HIGH) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
18. If (RI is LOW) and (PR is MEDIUM) and (DE is MEDIUM) and (SCE is LOW) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
19. If (RI is LOW) and (PR is MEDIUM) and (DE is MEDIUM) and (SCE is LOW) and (CO is HIGH) then (ACT is CONSIDER)
20. If (RI is LOW) and (PR is MEDIUM) and (DE is MEDIUM) and (SCE is MEDIUM) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
21. If (RI is LOW) and (PR is MEDIUM) and (DE is MEDIUM) and (SCE is HIGH) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
22. If (RI is LOW) and (PR is MEDIUM) and (DE is HIGH) and (SCE is LOW) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
23. If (RI is LOW) and (PR is MEDIUM) and (DE is HIGH) and (SCE is MEDIUM) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)

24. If (RI is LOW) and (PR is HIGH) and (DE is LOW) and (SCE is LOW) and (CO is HIGH) then (ACT is CONSIDER)
25. If (RI is LOW) and (PR is HIGH) and (DE is LOW) and (SCE is MEDIUM) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
26. If (RI is LOW) and (PR is HIGH) and (DE is LOW) and (SCE is HIGH) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
27. If (RI is LOW) and (PR is HIGH) and (DE is MEDIUM) and (SCE is LOW) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
28. If (RI is LOW) and (PR is HIGH) and (DE is MEDIUM) and (SCE is MEDIUM) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
29. If (RI is LOW) and (PR is HIGH) and (DE is HIGH) and (SCE is LOW) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
30. If (RI is MEDIUM) and (PR is LOW) and (DE is LOW) and (SCE is MEDIUM) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
31. If (RI is MEDIUM) and (PR is LOW) and (DE is LOW) and (SCE is MEDIUM) and (CO is HIGH) then (ACT is CONSIDER)
32. If (RI is MEDIUM) and (PR is LOW) and (DE is LOW) and (SCE is HIGH) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
33. If (RI is MEDIUM) and (PR is LOW) and (DE is MEDIUM) and (SCE is LOW) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
34. If (RI is MEDIUM) and (PR is LOW) and (DE is MEDIUM) and (SCE is LOW) and (CO is HIGH) then (ACT is CONSIDER)
35. If (RI is MEDIUM) and (PR is LOW) and (DE is MEDIUM) and (SCE is MEDIUM) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
36. If (RI is MEDIUM) and (PR is LOW) and (DE is MEDIUM) and (SCE is HIGH) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
37. If (RI is MEDIUM) and (PR is LOW) and (DE is HIGH) and (SCE is LOW) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
38. If (RI is MEDIUM) and (PR is LOW) and (DE is HIGH) and (SCE is MEDIUM) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
39. If (RI is MEDIUM) and (PR is MEDIUM) and (DE is LOW) and (SCE is LOW) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)

40. If (RI is MEDIUM) and (PR is MEDIUM) and (DE is LOW) and (SCE is LOW) and (CO is HIGH) then (ACT is CONSIDER)
41. If (RI is MEDIUM) and (PR is MEDIUM) and (DE is LOW) and (SCE is MEDIUM) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
42. If (RI is MEDIUM) and (PR is MEDIUM) and (DE is LOW) and (SCE is HIGH) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
43. If (RI is MEDIUM) and (PR is MEDIUM) and (DE is MEDIUM) and (SCE is LOW) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
44. If (RI is MEDIUM) and (PR is MEDIUM) and (DE is HIGH) and (SCE is LOW) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
45. If (RI is MEDIUM) and (PR is HIGH) and (DE is LOW) and (SCE is LOW) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
46. If (RI is MEDIUM) and (PR is HIGH) and (DE is LOW) and (SCE is MEDIUM) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
47. If (RI is MEDIUM) and (PR is HIGH) and (DE is MEDIUM) and (SCE is LOW) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
48. If (RI is HIGH) and (PR is LOW) and (DE is LOW) and (SCE is LOW) and (CO is HIGH) then (ACT is CONSIDER)
49. If (RI is HIGH) and (PR is LOW) and (DE is LOW) and (SCE is MEDIUM) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
50. If (RI is HIGH) and (PR is LOW) and (DE is LOW) and (SCE is HIGH) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
51. If (RI is HIGH) and (PR is LOW) and (DE is MEDIUM) and (SCE is LOW) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
52. If (RI is HIGH) and (PR is LOW) and (DE is MEDIUM) and (SCE is MEDIUM) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
53. If (RI is HIGH) and (PR is LOW) and (DE is HIGH) and (SCE is LOW) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)
54. If (RI is HIGH) and (PR is MEDIUM) and (DE is LOW) and (SCE is LOW) and (CO is MEDIUM) then (ACT is CONSIDER)
55. If (RI is HIGH) and (PR is MEDIUM) and (DE is LOW) and (SCE is MEDIUM) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)

56. If (RI is HIGH) and (PR is MEDIUM) and (DE is MEDIUM) and (SCE is LOW) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)

57. If (RI is HIGH) and (PR is HIGH) and (DE is LOW) and (SCE is LOW) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)

Για την καλύτερη κατανόηση των κανόνων ακολουθεί αναλυτική επεξήγηση μερικών από αυτών:

- If LOW ≥ 4 then (ACT is REJECT)

Εάν τέσσερις ή παραπάνω από τις οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού έχουν βαθμολογία LOW τότε δεν υπάρχει λόγος για συντήρηση του εξοπλισμού. Έτσι ο εξοπλισμός αυτός χαρακτηρίζετε ως REJECT και δεν υποβάλλεται σε κάποια μορφή συντήρησης.

- If HIGH ≥ 3 then (ACT is DO)

Εάν τρεις ή παραπάνω από τις οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού έχουν βαθμολογία HIGH τότε υπάρχει λόγος για συντήρηση του εξοπλισμού. Έτσι ο εξοπλισμός αυτός χαρακτηρίζετε ως DO και υποβάλλεται σε κάποια μορφή συντήρησης.

- If MEDIUM ≥ 4 then (ACT is DO)

Εάν τέσσερις ή παραπάνω από τις οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού έχουν βαθμολογία MEDIUM τότε υπάρχει λόγος για συντήρηση του εξοπλισμού. Έτσι ο εξοπλισμός αυτός χαρακτηρίζετε ως DO και υποβάλλεται σε κάποια μορφή συντήρησης.

- If HIGH=2 and MEDIUM ≥ 1 then (ACT is DO)

Εάν δύο από τις οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού έχουν βαθμολογία HIGH και μία ή παραπάνω οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού έχουν βαθμολογία MEDIUM τότε υπάρχει λόγος για συντήρηση του εξοπλισμού. Έτσι ο εξοπλισμός αυτός χαρακτηρίζετε ως DO και υποβάλλεται σε κάποια μορφή συντήρησης.

- If LOW=3 and MEDIUM=1 then (ACT is REJECT)

Εάν τρεις από τις οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού έχουν βαθμολογία LOW και μία οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού έχει βαθμολογία MEDIUM τότε δεν υπάρχει λόγος για συντήρηση του εξοπλισμού. Έτσι ο εξοπλισμός αυτός χαρακτηρίζετε ως REJECT και δεν υποβάλλεται σε κάποια μορφή συντήρησης.

- If MEDIUM=3 and HIGH \geq 1 then (ACT is DO)

Εάν τρεις από τις οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού έχουν βαθμολογία MEDIUM και τουλάχιστον μία οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού έχει βαθμολογία HIGH τότε υπάρχει λόγος για συντήρηση του εξοπλισμού. Έτσι ο εξοπλισμός αυτός χαρακτηρίζετε ως DO και υποβάλλεται σε κάποια μορφή συντήρησης.

- If (RI is LOW) and (PR is MEDIUM) and (DE is MEDIUM) and (SCE is HIGH) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)

Εάν η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στο ρίσκο έχει βαθμολογία LOW και η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στην πιθανότητα έχει βαθμολογία MEDIUM και η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στις εξαρτήσεις έχει βαθμολογία MEDIUM και η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στα ειδικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού έχει βαθμολογία HIGH και η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στο κόστος έχει βαθμολογία LOW τότε ο εξοπλισμός χαρακτηρίζετε ως CONSIDER και τότε η ομάδα συντήρησης πρέπει να ξανά ελέγξει την αναγκαιότητα συντήρησης του εξοπλισμού για να αποφασίσει αν ο εξοπλισμός θα υποβληθεί σε κάποιου είδους συντήρησης.

- If (RI is MEDIUM) and (PR is HIGH) and (DE is MEDIUM) and (SCE is LOW) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)

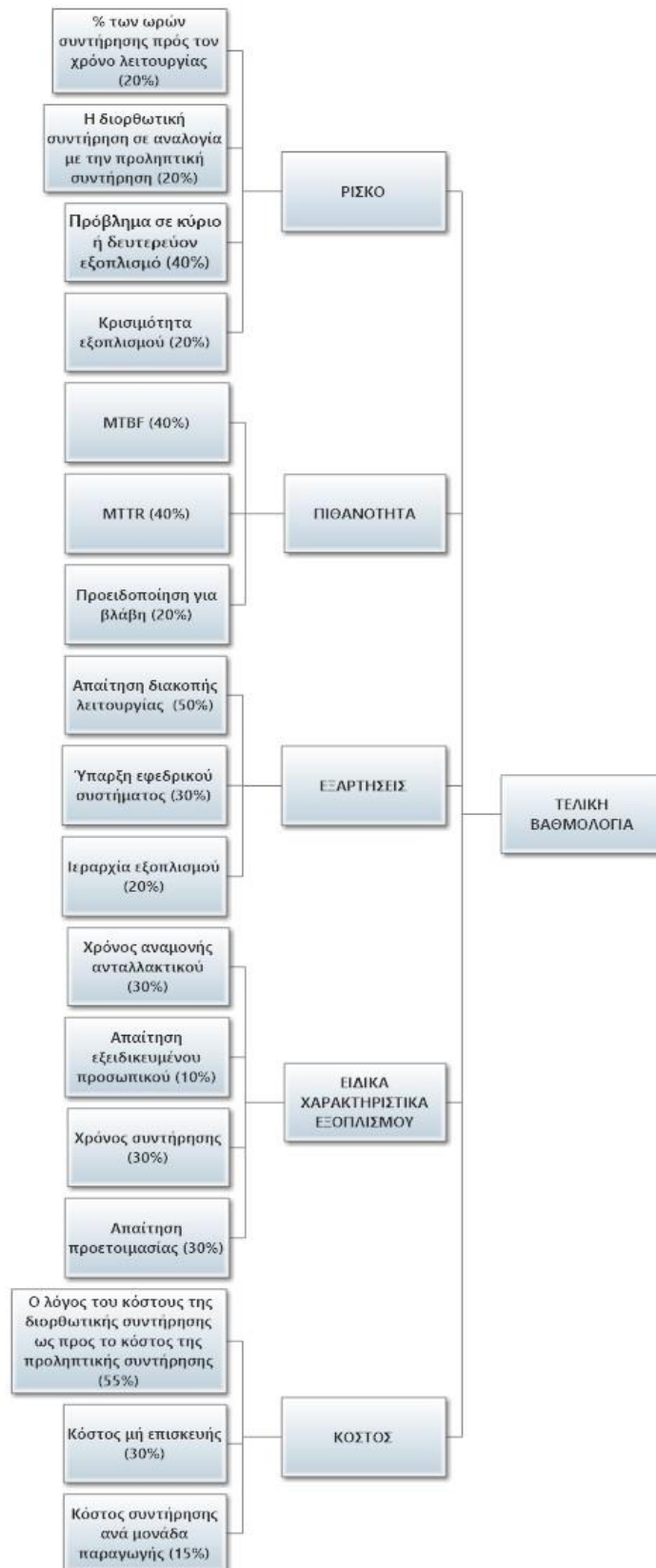
Εάν η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στο ρίσκο έχει βαθμολογία MEDIUM και η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στην πιθανότητα έχει βαθμολογία HIGH και η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στις εξαρτήσεις έχει βαθμολογία MEDIUM και η οικογένεια χαρακτηριστικών

εξοπλισμού που απευθύνετε στα ειδικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού έχει βαθμολογία LOW και η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στο κόστος έχει βαθμολογία LOW τότε ο εξοπλισμός χαρακτηρίζετε ως CONSIDER και τότε η ομάδα συντήρησης πρέπει να ξανά ελέγξει την αναγκαιότητα συντήρησης του εξοπλισμού για να αποφασίσει αν ο εξοπλισμός θα υποβληθεί σε κάποιου είδους συντήρησης.

- If (RI is HIGH) and (PR is HIGH) and (DE is LOW) and (SCE is LOW) and (CO is LOW) then (ACT is CONSIDER)

Εάν η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στο ρίσκο έχει βαθμολογία HIGH και η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στην πιθανότητα έχει βαθμολογία HIGH και η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στις εξαρτήσεις έχει βαθμολογία LOW και η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στα ειδικά χαρακτηριστικά εξοπλισμού έχει βαθμολογία LOW και η οικογένεια χαρακτηριστικών εξοπλισμού που απευθύνετε στο κόστος έχει βαθμολογία LOW τότε ο εξοπλισμός χαρακτηρίζετε ως CONSIDER και τότε η ομάδα συντήρησης πρέπει να ξανά ελέγξει την αναγκαιότητα συντήρησης του εξοπλισμού για να αποφασίσει αν ο εξοπλισμός θα υποβληθεί σε κάποιου είδους συντήρησης. Στο Σχήμα 6 απεικονίζεται γραφικά το σύστημα συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης

Σχήμα 6: Διάγραμμα ροής του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης



6. Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό εξάγονται ορισμένα πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα από την δημιουργία του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης που προηγήθηκε και υποδεικνύονται τα πλεονεκτήματα και τα αποτελέσματα.

6.1 Πλεονεκτήματα

Το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης που δημιουργήθηκε στην παρούσα εργασία είναι η ευελιξία του και η προσαρμοστικότητα του, ειδικά σε σχέση με:

- Τον αριθμό των οικογενειών χαρακτηριστικών εξοπλισμού

Στην παρούσα εργασία δημιουργήθηκαν πέντε οικογένειες χαρακτηριστικών εξοπλισμού αλλά υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας όσων οικογενειών χαρακτηριστικών εξοπλισμού κρίνει ο εκάστοτε χειριστής του συστήματος ότι είναι αναγκαίες.

- Τον αριθμό κριτηρίων

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δεκαεπτά κριτήρια αλλά υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας όσων κριτηρίων κρίνει ο εκάστοτε χειριστής του συστήματος ότι είναι αναγκαίες.

- Τους συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων

Οι συντελεστές βαρύτητας που ορίστηκαν για την παρούσα εργασία είναι ενδεικτικοί και ορίστηκαν έπειτα από συζήτηση με ειδικούς στον τομέα συντήρησης. Το σύστημα όμως δίνει την δυνατότητα στον εκάστοτε χειριστή να ορίσει οποιονδήποτε συντελεστή βαρύτητας κρίνει αυτός αναγκαίο σε κάθε κριτήριο.

- Τα συστήματα απόφασης

Το συστήματα απόφασης που έχει χρησιμοποιηθεί μπορεί πολύ εύκολα να αναπροσαρμοστεί στις ανάγκες που έχει το κάθε έργο συντήρησης.

- Τα συστήματα κανόνων

Το συστήματα κανόνων που έχει χρησιμοποιηθεί μπορεί πολύ εύκολα να αναπροσαρμοστεί στις ανάγκες που έχει το κάθε έργο συντήρησης.

- Τα συστήματα βαρύτητας

Το συστήματα απόφασης που έχει χρησιμοποιηθεί μπορεί πολύ εύκολα να αναπροσαρμοστεί στις ανάγκες που έχει το κάθε έργο συντήρησης.

- Το μηχανισμό απόφασης

Ο μηχανισμός λήψης απόφασης είναι καθαρά αντικειμενικός και διαφέρει σε κάθε έργο συντήρησης για αυτόν τον λόγο το σύστημα δίνει την δυνατότητα στον εκάστοτε χειριστή να διαμορφώσει τον δικό του μηχανισμό απόφασης πάνω στο υπάρχον σύστημα.

6.2 Αποτελέσματα και οφέλη

Τα αποτελέσματα τα οποία αναδέχθηκαν μετά την ανάπτυξη του συγκεκριμένου συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων συντήρησης είναι τα εξής:

- Προσδιορισμός ελάχιστου προϋπολογισμού (budget)

Μέσω του συστήματος δίνεται η δυνατότητα προσδιορισμού ελάχιστου προϋπολογισμού μέσω διαφόρων κριτηρίων κόστους

- Διαχείριση εργασιών βάσει προϋπολογισμού

Μέσω του συστήματος δίνεται η δυνατότητα πολύ γρήγορα και εύκολα να προσθέσουμε ή να αφαιρέσουμε κάποια εργασία επειδή γνωρίζουμε ακριβώς τον διαθέσιμο προϋπολογισμό.

- Διαμόρφωση προϋπολογισμού με πλουραλιστικό τρόπο

Λόγω του πλουραλισμού των κριτηρίων που εισάγονται στο σύστημα ο προϋπολογισμός προσδιορίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια.

7. Βιβλιογραφία

❖ Ελληνική βιβλιογραφία

- Ανδρεάδης Ι., Μπούταλης Ι.,(1997), «Βασικές Έννοιες και Εφαρμογές Ασαφούς Λογικής και Ασαφών Ελεγκτών»,
- Δρ. Δ.Δρανίδης- Δρ. Ε.Κεχρής ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Πληροφοριακά Συστήματα
- Κιουντουζης, (1997), Μεθοδολογίες Ανάλυσης & Σχεδιασμού Πληροφοριακών Συστημάτων Ε
- Δ. Γιαννακόπουλος, Ι. Παπουτσή, (2003), Διοικητικά Πληροφοριακά Συστήματα
- Α. Δημητριάδης, (1998),Διοίκηση-Διαχείριση Πληροφοριακών Συστημάτων
- Ευρυπίδης Ν. Λούκης, Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Μαλανδράκης, Χ., ΕΜΠ, (2004) Διαχείριση Κινδύνων
- Ι.Βωσσος,(2015) Σημειώσεις μαθήματος Αξιοπιστία Συστημάτων-Μηχανών–Εξαρτημάτων

❖ Ξένη βιβλιογραφία

- Zadeh L.A., [1973], Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol.SMC-3, No.1,pp28-43
- Statz, Joyce and Susan Tennison,(1995),Getting Started with Software Risk Management, American Programmer, Vol. 8,
- Δημήτρης Μ. Εμίρης, (2004), Οδηγός Βασικών Γνώσεων στην Διοίκηση Έργων, Τρίτη έκδοση
- R. C. M. Yam, P. W. Tse, L. Li and P. Tu,(2001),Intelligent Predictive Decision Support System for Condition-Based Maintenance, Springer-Verlag London Limited
- Joel Levitt (2003), Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance, Industrial Press
- Sheldon Liebman, (1998), Predictive Maintenance Heats Up, L&S Marketing Articles
- T. Wireman,(1990), World class maintenance management, Industrial Press, New York

- Albert H. C. Tsang, (1995), Condition-based maintenance tools and decision making, Journal of Quality in Maintenance Engineering
- John Moubray,(1997), Reliability-Centered Maintenance, 2nd edition, Industrial Press, New York
- Benjamin W. Niebel, (1996), Engineering Maintenance Management, 2nd edition, Marcel Dekker, New York
- I. B. Gertsbakh, (1977), Models of Preventive Maintenance, North-Holland
- Y. Tu,(1995),Decision support system for equipment diagnosis and maintenance management: An artificial intelligent approach, Research Proposal, City University of Hong Kong, Hong Kong
- Adams, J.R.(1974). Risk taking and the decision making process. Project Management Institute, στο <http://www.pmi.org/learning/risk-taking-decision-making-process-1971>
- http://www.specisoft.gr/home/news/docs/arthro_dioikisi_epixiriseon.pdf
- “D.J.Power A Brief History of DDS”, άρθρο στο <http://dssresources.com/history/dsshistory.html>
- Kenneth C. Laudon, Jane P. Laudon, (2005), Essentials of Management Information System, sixth edition
- Wideman, M.R, (1992), Project and Program Risk Management – A guide to Managing Project Risks and Opportunities, PMI, Pennsylvania, USA
- Steve Krar, The importance of maintenance, άρθρο στο <http://www.automationmag.com/images/stories/LWTech-files/94%20Intelligent%20Systems.pdf>
- Tom Lenahan,(2005),Turnaround shutdown and outage management, second edition
- Saaty, T.L., (1994). Fundamentals of Decision Making With the Analytical Hierarchy Process.
- Project Management Body of Knowledge-PMBOK
- <http://kpilibrary.com>