

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ - ΟΛΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ (MBA - TQM)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:

**«ΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ (TOTAL
PRODUCTIVE MAINTENANCE). ΕΡΓΑΛΕΙΑ, ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ»**

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΑΛΕΞΙΟΥ του **ΓΕΩΡΓΙΟΥ**

Απόφοιτος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων,
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

2014

**Τίτλος: «Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance).
Εργαλεία, τεχνικές και αποτελέσματα εφαρμογών»**

Κρίσιμοι όροι: *Ολική Παραγωγική Συντήρηση, Ολική αποτελεσματικότητα εξοπλισμού, Βραβείο TPM, Αποτελέσματα εφαρμογής, Εργαλεία, Τεχνικές, Συνεχής βελτίωση συντήρησης.*

Η εκτενής βιβλιογραφική ανάλυση της μεθοδολογίας υποδεικνύει την Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance, TPM) ως μία αποτελεσματική, πρακτική και διαρκώς εξελισσόμενη προσέγγιση συνεχούς βελτίωσης των διεργασιών συντήρησης καθώς και ως έναν τρόπο δημιουργίας βιώσιμου ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος, μέσω της αποτελεσματικής και αποδοτικής λειτουργίας του βιομηχανικού εξοπλισμού. Επίσης, το TPM μπορεί να συνυπάρξει συμπληρωματικά με άλλες μεθοδολογίες όπως το TQM, Lean, Six-sigma και ISO9001 καθώς παρουσιάζονται και κάποια αποτελέσματα συνεργιών.

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας πλαισιώνεται από μία σειρά εργαλείων. Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται ένα υποσύνολο 19 εργαλείων. Η συγκριτική ανάλυση των εργαλείων έδειξε ότι στην πλειονότητά τους είναι πρακτικά και εφαρμόζονται σχετικά εύκολα.

Τέλος, μέσω της παρουσίασης μιας σειράς επτά μελετών περίπτωσης εφαρμογής της μεθοδολογίας αναδεικνύονται τα πλεονεκτήματα που μπορεί να επιφέρει η μεθοδολογία στις διεργασίες συντήρησης, στις παραγωγικές λειτουργίες αλλά και γενικότερα κατά μήκος της επιχείρησης.

Abstract

Title: "Total Productive Maintenance (Total Productive Maintenance). Tools, techniques and application examples "

Crucial terms: *Total Productive Maintenance, Total equipment effectiveness, TPM award, application results, Tools, Techniques, Continuous improvement maintenance.*

The extensive literature analysis of the methodology indicates Total Productive Maintenance (Total Productive Maintenance, TPM) as an effective, practical and constantly evolving continuous improvement approach of maintenance processes, as well as a way to create a sustainable competitive advantage, through the effective and efficient operation of industrial equipment. In addition TPM can complementary coexist with other methodologies such as TQM, Lean, Six-sigma and ISO9001 as some complicity results have appeared.

Applying this methodology is supported by a series of tools. In this paper a subset of 19 tools is presented. The tools comparative analysis showed that in their majority they are practical and relatively easy to apply.

Finally, through the presentation of a series of seven case studies where the methodology was applied, benefits that the methodology can bring in maintenance processes, productive functions and generally across the enterprise emerge.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	II
Abstract.....	III
Ευχαριστίες.....	VII
Κατάσταση πινάκων – εικόνων – διαγραμμάτων.....	VIII
Εισαγωγή	X
Κεφάλαιο 1	1
1.1. Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance, TPM).....	1
1.2. Οι βασικές πρακτικές του TPM.....	3
1.3. Πλαίσιο εφαρμογής, τεχνικές και εργαλεία.....	6
1.3.1. Οι έξι βασικές απώλειες (Six Big Losses)	6
1.3.2. Ολική Αποτελεσματικότητα Εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness, OEE)	8
1.3.3. 5S και εργαλεία του TPM.....	9
1.4. Το μοντέλο εφαρμογής του Nakajima και κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας.....	10
1.5.1. Επιπτώσεις του TPM στην περιβαλλοντική επίδοση.....	11
1.5.1.1. Πλεονεκτήματα εφαρμογής TPM.....	11
1.5.1.2. Μειονεκτήματα εφαρμογής TPM	12
1.5.2. Lean and environmental toolkit	12
1.6. TPM σε ενσωματωμένα συστήματα.....	12
1.6.1. Εξέλιξη των βασικών μεθοδολογιών TQM, TPM, TOC, Lean and Six Sigma.....	14
1.6.1.1. Total Quality Management (TQM).....	14
1.6.1.2. Total Productive Maintenance (TPM)	14
1.6.1.3. Theory of Constraints (TOC).....	16
1.6.1.4. Toyota Production System (TPS) and Lean Production.....	16
1.6.1.5. Six Sigma	18
1.6.1.6. Lean Six Sigma	18
1.6.2. Παράλληλη εφαρμογή TPM με TQM	20
1.6.2.1. Μελέτη αξιολόγησης συνεργιών μεταξύ TQM και TPM	20
1.6.2.2. Αποτελέσματα μελέτης.....	21
1.6.3. TPM και Lean παραγωγή	21
1.6.4. Συνεργίες TPM and Lean Six-Sigma.....	24
1.6.4.1. Lean Six-Sigma	24
1.6.4.2. TPM & Six Sigma ένα μοντέλο ενσωμάτωσης.....	25
1.6.4.3. Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας της ενσωματωμένης εφαρμογής TPM και Six Sigma	25

1.6.4.4.	Προτεινόμενο μοντέλο ενσωμάτωσης	27
1.7.	Βιβλιογραφία - Κεφάλαιο 1	27
Κεφάλαιο 2	.....	30
2.1.	Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας και enablers	30
2.1.1.	Συνεισφορά της ανώτατης διοίκησης και δέσμευση.....	33
2.1.2.	Μετατροπή κουλτούρας	34
2.1.3.	Επιμόρφωση και εκπαίδευση.....	36
2.2.	Μετρήσεις της επίδοσης συντήρησης.....	36
2.2.1.	Η έννοια της συντήρησης.....	36
2.2.2.	Μετρήσεις επίδοσης συντήρησης	37
2.2.3.	Τύποι δεικτών.....	39
2.2.4.	Δείκτες επίδοσης του TPM.....	42
2.3.	Βιβλιογραφία - Κεφάλαιο 2.....	45
Κεφάλαιο 3	.....	49
3.1.	Βραβείο TPM	49
3.2.	Σχετικά με το JIPM.....	49
3.2.1.	Αποστολή.....	49
3.2.2.	Ιστορία	50
3.2.3.	Στόχοι JIPM	50
3.3.	Διαδικασία βράβευσης/ πιστοποίησης με TPM Excellent Awards εκτός Ιαπωνίας.....	50
3.4.	Προϋποθέσεις και απαιτήσεις συμμετοχής.....	52
3.5.	Αξιολόγηση του βραβείου.....	55
3.6.	Πιστοποιήσεις προσωπικού.....	57
3.7.	Βιβλιογραφία - Κεφάλαιο 3.....	58
Κεφάλαιο 4	.....	59
4.1.	Μελέτες περίπτωσης του TPM.....	59
4.1.1.	Εφαρμογή του TPM σε μεγάλες/μεσαίες επιχειρήσεις του Ην. Βασιλείου.....	59
4.1.2.	Εφαρμογή του TPM σε παραγωγική επιχείρηση στην Ινδία.....	61
4.1.3.	Αξιολόγηση του OEE σε οργανισμό παραγωγής άλατος.....	64
4.1.4.	Εφαρμογή του TPM στη βιομηχανία τροφίμων.....	65
4.1.5.	Οι προοπτικές της στρατηγικής συντήρησης.....	68
4.1.5.1.	Συμπεράσματα έρευνας	72
4.1.6.	Εφαρμογή του TPM σε ένα μηχανουργείο	72
4.1.7.	Εφαρμογή του TPM στην παραγωγική βιομηχανία.....	73

4.1.8.	Εφαρμογή του TPM σε Κινεζικές επιχειρήσεις	75
4.2.	Συγκριτική ανάλυση μελετών περίπτωσης	77
4.3.	Βιβλιογραφία - Κεφάλαιο 4.....	79
Κεφάλαιο 5	.....	80
5.1.	Παρουσίαση των κυριότερων εργαλείων του TPM.....	80
5.1.1.	Αρχικό καθάρισμα.....	80
5.1.2.	Χάρτης καθαρισμού	81
5.1.3.	Ετικέτες F (F-Tags)	81
5.1.4.	5S	82
5.1.5.	Διάγραμμα Παρέτο.....	84
5.1.6.	Χάρτης αστοχιών.....	86
5.1.7.	Αλλαγή ρυθμίσεων ενός λεπτού -SMED (Single minute exchange of dies).....	87
5.1.8.	Τα 5 Γιατί (The 5 Why's).....	87
5.1.9.	Διάγραμμα αιτίου αποτελέσματος.....	88
5.1.10.	Δενδρόγραμμα αστοχιών.....	89
5.1.11.	Πίνακας δραστηριοτήτων.....	90
5.1.12.	Φύλλο αρμοδιοτήτων	91
5.1.13.	Ομάδες προληπτικής συντήρησης.....	92
5.1.14.	Συνολική λίστα αστοχιών.....	92
5.1.15.	Πίνακας αρχικής εκπαίδευσης ομάδας TPM	94
5.1.16.	Αξιολόγηση των δεξιοτήτων των μελών των ομάδων	95
5.1.17.	Χάρτης κινδύνου	96
5.1.18.	Ανάλυση επικινδυνότητας.....	97
5.1.19.	Διάγραμμα Σπαγγέτι.....	98
5.1.20.	Διάγραμμα συγγένειας (Affinity diagram)	99
5.1.21.	Εργοστάσιο με οπτικά ερεθίσματα (visual factory).....	100
5.2.	Συγκριτική ανάλυση εργαλείων.....	101
5.3.	Βιβλιογραφία - Κεφάλαιο 5.....	105
Κεφάλαιο 6	.....	107
6.1.	Συμπεράσματα και Συζήτηση.....	107
6.2.	Μελλοντική έρευνα.....	109
6.3.	Λεξικό όρων.....	109
Βιβλιογραφία	.....	112

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών MBA «Ευρωπαϊκό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα στη Διοίκηση Επιχειρήσεων - Ολική Ποιότητα» του τμήματος Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Μποχώρη Γ. και επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας για τις επικοινωνιακές επισημάνσεις, τις συμβουλές και την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του.

Επίσης, είμαι ευγνώμων στο σύνολο των καθηγητών του μεταπτυχιακού προγράμματος για τις πολύτιμες γνώσεις που προσέφεραν μέσω των μαθημάτων τους.

Ευχαριστώ ακόμη τη φίλη μου Αλεξία Νίκα για τις συμβουλές της και την ηθική υποστήριξη κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη των προσπαθειών μου καθ' όλη τη διάρκεια των ακαδημαϊκών μου σπουδών.

Αλεξίου Γ. Κωνσταντίνος

Αθήνα, 2014

Κατάσταση πινάκων – εικόνων – διαγραμμάτων

<i>Εικόνες – Διαγράμματα</i>	<i>Σελ.</i>
Εικόνα 1: Η προσέγγιση των οκτώ πυλώνων όπως προτείνεται από το JIPM. Πηγή: I.P.S. Ahuja and J.S. Khamba (2008)	5
Εικόνα 2: Πλαίσιο εφαρμογής του TPM. Πηγή: I.P.S. Ahuja and J.S. Khamba (2008a)	7
Εικόνα 3: Οι πέντε βασικές δραστηριότητες για αποτελεσματική εφαρμογή 5S στο χώρο εργασίας, Ahuja and J.S. Khamba (2008)	10
Εικόνα 4: Διάγραμμα του Lean and environmental toolkit. Πηγή: Bete Birhanu Ararsa, 2012	13
Εικόνα 5: Ιστορική εξέλιξη των μεθόδων ποιότητας. Πηγή (Feigenbaum, 1991)	15
Εικόνα 6: Μια πρόταση ομαδοποίησης των βασικών χαρακτηριστικών του Lean. Πηγή Jostein Pettersen, (2009)	17
Εικόνα 7: Η ιστορική ανάπτυξη των μεθοδολογιών βελτίωσης και οι ανάγκες που τις παρακίνησαν. Πηγή: Stamm, Neitzert, Singh (2009)	19
Εικόνα 8: Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson “r” μεταξύ των οργανωσιακών πρωτοβουλιών και των δεικτών βιομηχανικής αριστείας. Πηγή: Singh et al. 2013	22
Εικόνα 9: Μοντέλο συνεργιών Lean και Six Sigma βάσει των αποτελεσμάτων των συνεντεύξεων. Πηγή: Assarlind and Gremyr (2012).	24
Εικόνα 10: Κοινοί κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας TPM και Six Sigma. Πηγή: Assarlind and Gremyr (2012)	26
Εικόνα 11: Μοντέλο ενσωμάτωσης των μεθοδολογιών TPM και Six Sigma. Πηγή: Assarlind and Gremyr (2012)	27
Εικόνα 12: Οι καταλύτες και οι κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας της εφαρμογής του TPM στον οργανισμό. Πηγή: I.P.S. Ahuja, J.S. Khamba, (2008)	32
Εικόνα 13: Στρατηγικά ζητήματα για την επίτευξη της μετατροπής της κουλτούρας του οργανισμού. Πηγή: Ahuja & Khamba (2008)	35
Εικόνα 14: Κατηγοριοποίηση κρίσιμων δεικτών επίδοσης κατά τη βιβλιογραφία. Πηγή: (Kumar et al. 2013)	43
Εικόνα 15: Περιγραφή των επιπέδων του Βραβείου Αριστείας TPM. Πηγή: Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)	51
Εικόνα 16: Συσχετισμός κριτηρίων αξιολόγησης με τα αντίστοιχα έγγραφα. Πηγή: 2014 TPM Award Application	56
Εικόνα 17: Γράφημα αστοχιών σε ένα μηχάνημα δείγμα. Πηγή: Ahuja & Khamba, (2007)	63
Εικόνα 18: Εκτίμηση της συνολικής αποτελεσματικότητας εξοπλισμού (OEE) σε ένα κρίσιμο μηχάνημα. Πηγή: Ahuja & Khamba, (2007)	63
Εικόνα 19: Σύγκριση των τιμών παγκόσμιας επίδοσης του OEE με το OEE της επιχείρησης των Οκτ. 2012. Πηγή: Islam H. Afefy (2013)	65
Εικόνα 20: Αποτελέσματα εφαρμογής του TPM. Πηγή: Tsarouhas, (2007)	67
Εικόνα 21: Η διεργασία που χρησιμοποιήθηκε για δημιουργία της στρατηγικής συντήρησης. Πηγή: Salonen (2009)	69
Εικόνα 22 : Απρογραμματίστος μη παραγωγικός χρόνος εξοπλισμού ανά μήνα. Πηγή: Salonen και Bengtsson, (2011)	70
Εικόνα 23: Αριθμός των σταματημάτων των μηχανών ανά μήνα στις περιοχές πιλοτικής εφαρμογής. Πηγή: Tsang και Chan, (2000)	76
Εικόνα 24: Μηχανή κοπής αλλαντικών	81

Εικόνα 25: Διάγραμμα παρακολούθησης της πορείας του καθαρισμού μέσω των F ετικετών	82
Εικόνα 26: Μία σχηματική απεικόνιση της 5S διεργασίας. Πηγή: Steven Borris, 2006	83
Εικόνα 27: Παράδειγμα της ανάλυσης «Παρέτο»	85
Εικόνα 28: Παράδειγμα χάρτη αστοχιών. Πηγή: Steven Borris, 2006	86
Εικόνα 29: Μια βασική μορφή του διαγράμματος αιτίου-αποτελέσματος. Πηγή: Lynne Hambleton, 2007	89
Εικόνα 30: Παράδειγμα δενδρογράμματος αστοχιών	90
Εικόνα 31: Κατανομή συχνοτήτων της βιβλιογραφίας	107
Πίνακες	
Πίνακας 1: Δείκτες επίδοσης TPM. Πηγή: (Ahuja, J.S. Khamba, 2008)	45
Πίνακας 2: Τα επτά βήματα της αυτόνομης συντήρησης. Πηγή: 2014 TPM Award Application	54
Πίνακας 3: Λίστα φορέων πιστοποίησης και εκπαίδευσης σχετικά με το TPM και το Lean.	57
Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά των τεσσάρων επιχειρήσεων που μελετήθηκαν. Πηγή: Aspinwall and Elgharib, (2013)	59
Πίνακας 5: Προσέγγιση εφαρμογής του προγράμματος. Πηγή: Aspinwall and Elgharib, (2013)	60
Πίνακας 6: Συνολική απώλεια για τη μέτρηση του OEE. Πηγή: Wakjira and Singh, (2012)	74
Πίνακας 7: Μέτρηση του OEE για διάστημα τριών μηνών. Πηγή: Wakjira and Singh, (2012)	74
Πίνακας 8: Συγκριτική παρουσίαση στοιχείων μελετών περίπτωσης	78
Πίνακας 9: Παράδειγμα φύλλου αρμοδιοτήτων	91
Πίνακας 10: Παράδειγμα συνολικής λίστας αστοχιών	93
Πίνακας 11: Παράδειγμα εβδομαδιαίου διαγράμματος	93
Πίνακας 12: Παράδειγμα πίνακα αρχικής εκπαίδευσης TPM	94
Πίνακας 13: Παράδειγμα τρόπου ελέγχου της εκπαίδευσης ανά εργαλείο	95
Πίνακας 14: Παράδειγμα πίνακα αξιολόγησης	96
Πίνακας 15: Παράδειγμα χάρτη κινδύνου	96
Πίνακας 16: Παράδειγμα ανάλυσης επικινδυνότητας	97
Πίνακας 17: Παράδειγμα διαγράμματος σπαγγέτι. Πηγή: : Steven Borris, 2006	98
Πίνακας 18: Συγκριτικός πίνακας εργαλείων του TPM όσον αφορά τη χρησιμότητά τους στις εσωτερικές λειτουργίες του οργανισμού	102
Πίνακας 19: Συγκριτικός πίνακας των εργαλείων σχετικά με τη δυσκολία εφαρμογής τους	103
Πίνακας 20: Σύγκριση των εργαλείων TPM ως προς τη χρησιμότητά τους	105
Πίνακας 21: Παρουσίαση γενικών συμπερασμάτων σχετικά με τα εργαλεία του TPM που παρουσιάστηκαν	108
Πίνακας 22: Πίνακας μετάφρασης όρων από την Αγγλική γλώσσα στην Ελληνική	111

Εισαγωγή

Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση ή TPM (Total Productive Maintenance) είναι μία φιλοσοφία συντήρησης που σχετίζεται με τις βιομηχανικές διεργασίες. Στόχος της μεθοδολογίας του TPM είναι η εξάλειψη των διαφόρων απωλειών που αφορούν τη συντήρηση του εξοπλισμού. Η μεθοδολογία εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο της Λιτής Βιομηχανικής πρακτικής (Lean Manufacturing) και η εφαρμογή έχει σχετιστεί με θετικά αποτελέσματα όπως:

- ✓ Σημαντική μείωση κόστους συντήρησης
- ✓ Αύξηση διαθεσιμότητας και παραγωγικότητας του εξοπλισμού
- ✓ Βελτίωση ομαδικότητας και συμμετοχής εργαζομένων

Μέσω του TPM η συντήρηση του εξοπλισμού μπορεί να αποτελέσει συγκριτικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα του οργανισμού.

Το γεγονός ότι η συγκεκριμένη μεθοδολογία δεν είναι ευρέως διαδεδομένη στην Ελληνική βιομηχανία, με εξαίρεση έναν μικρό αριθμό πολυεθνικών επιχειρήσεων, και λαμβάνοντας υπόψη τα σημαντικά αποτελέσματα που έχουν καταγραφεί σχετικά με τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της παραγωγικής μονάδας, αποτέλεσε το αρχικό ερέθισμα για τη συγγραφή της συγκεκριμένης εργασίας. Σε μια δύσκολη οικονομικά συγκυρία όπως η σημερινή, η Ελληνική επιχείρηση πρέπει να κοιτάξει έξω από τα καθιερωμένα και να αξιολογήσει τον τρόπο λειτουργίας της, συγκριτικά με το διεθνή ανταγωνισμό. Σήμερα όσο ποτέ η Ελληνική επιχείρηση πρέπει να βρει τον τρόπο απόκτησης βιώσιμου συγκριτικού πλεονεκτήματος. Η μεθοδολογία του TPM καθώς και η διαμόρφωση μιας κουλτούρας συνεχούς βελτίωσης μπορούν να δώσουν κάποιες αξιόπιστες λύσεις προς αυτήν την κατεύθυνση.

Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (TPM) έχει αρκετά κοινά στοιχεία με τη Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (TQM), καθώς και οι δύο βρίσκονται στο πλαίσιο των μεθόδων συνεχούς βελτίωσης. Επίσης, η συντήρηση και η ποιότητα είναι δύο έννοιες άμεσα συνδεδεμένες κατά τη λειτουργία μιας παραγωγικής μονάδας. Οι δύο μεθοδολογίες μοιράζονται έννοιες όπως η συμμετοχή των εργαζομένων, η διατμηματική προσέγγιση και η συνεχής βελτίωση. Το TPM με το TQM έχουν εφαρμοστεί συμπληρωματικά σε πολλές επιχειρήσεις με στόχο πλεονεκτήματα συνεργιών.

Οι κύριοι στόχοι της συγκεκριμένης εργασίας είναι:

- ✓ Η ανάδειξη της μεθοδολογίας του TPM
- ✓ Η σφαιρική βιβλιογραφική κάλυψη της μεθοδολογίας
- ✓ Πώς η μεθοδολογία μπορεί να συνδεθεί ή να συνεργαστεί με άλλες συγγενείς μεθοδολογίες
- ✓ Η ανάδειξη βασικών εργαλείων της μεθοδολογίας
- ✓ Η ανάδειξη στοιχείων για την αποτελεσματική ή όχι εφαρμογή της μεθοδολογίας

Η προσέγγιση των παραπάνω στόχων βασίστηκε κυρίως σε βιβλιογραφικά στοιχεία. Αρχικά παρουσιάζεται μία εκτενής βιβλιογραφική επισκόπηση της μεθοδολογίας στην οποία δίνεται η επιστημονική βάση και η εξέλιξη της μεθοδολογίας. Εν συνεχεία, αναλύεται το κατά πόσο το TPM μπορεί να συνδεθεί και να συνυπάρξει με άλλες μεθοδολογίες συνεχούς βελτίωσης όπως οι: TQM, Just-in-time (JIT), Total quality management (TQM), Lean , Lean – Six sigma, Six-sigma, Theory of constraints (TOC) και ISO9001.

Στο κεφάλαιο 2 πραγματεύονται οι έννοιες «Κρίσιμοι Παράγοντες Επιτυχίας» του TPM και «Μέτρηση Επίδοσης Συντήρησης». Στόχος του κεφαλαίου είναι να αναδείξει τα προαπαιτούμενα για μία αποτελεσματική και βιώσιμη εφαρμογή της μεθοδολογίας καθώς και τρόπους παρακολούθησης και ελέγχου, για να ακολουθήσει το τρίτο κεφάλαιο με την παρουσίαση του διεθνούς βραβείου εφαρμογής του TPM από το Ιαπωνικό Ινστιτούτο Εργοστασιακής Συντήρησης (Japan Institute of Plant Maintenance, JIPM).

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η ανάδειξη των αποτελεσμάτων εφαρμογής της μεθοδολογίας μέσω της παρουσίασης μίας σειράς δημοσιευμένων μελετών περίπτωσης, ενώ στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποια από τα εργαλεία εφαρμογής του TPM καθώς και μία συγκριτική αξιολόγησή τους βάσει τριών διαστάσεων: 1) η εφαρμογή τους στις εσωτερικές λειτουργίες του οργανισμού 2) η δυσκολία της εφαρμογής τους και 3) η χρησιμότητά τους. Τέλος, γίνεται μία συμπερασματική συζήτηση και παράθεση ενός πίνακα με τη μετάφραση κάποιων όρων - κλειδιά από την Αγγλική στην Ελληνική ως ένα εργαλείο κατανόησης προς τον αναγνώστη.

Κεφάλαιο 1

1.1. Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance, TPM)

Το «Total Productive Maintenance (TPM)» είναι μία μεθοδολογία η οποία εστιάζει στην καλύτερη δυνατή αξιοποίηση του εξοπλισμού όχι μόνο μέσω της συντήρησης, αλλά και της συνεχούς βελτίωσης (*Bicheno, 2006*). Είναι μία Ιαπωνική φιλοσοφία η οποία αναπτύχθηκε βασιζόμενη σε πλαίσια και μεθόδους του «Productive Maintenance». Αρχικά συστήθηκε από την Ιαπωνική «M/s Nippon Denso Co. Ltd», η οποία ήταν ένας προμηθευτής της Ιαπωνικής M/s Toyota Motor Company κατά το έτος 1971 (*Ahuja & Khamba, 2008a*). Κατά τον *Bhadury 2000*, το TPM είναι μία καινοτόμος προσέγγιση στη συντήρηση η οποία βελτιστοποιεί την αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού, εξαλείφει τις έκτακτες διακοπές (breakdowns) και προωθεί την αυτόνομη συντήρηση (autonomous maintenance) από τους χειριστές, μέσω καθημερινών ενεργειών ενεργής συμμετοχής του προσωπικού (total workforce involvement).

Η διαχείριση του εξοπλισμού πέρασε από πολλές φάσεις με το πέρασ των ετών έως ότου φτάσει στο TPM. Μία συνοπτική περιγραφή της εξέλιξης των πλαισίων συντήρησης περιγράφεται παρακάτω:

- Breakdown Maintenance (BM): Αναφέρεται στη στρατηγική συντήρησης, η οποία ήταν ευρέως χρησιμοποιούμενη παγκοσμίως πριν το 1950 και κατά την οποία η διόρθωση του εξοπλισμού γίνεται μετά την ύπαρξη της αστοχίας/σταματήματος ή μετά την παρουσία μία σοβαρής πτώσης της απόδοσης (*Wireman, 1990*).
- Preventive Maintenance (PM): Αυτό το πλαίσιο παρουσιάστηκε το 1951, κατά το οποίο γίνεται ένας φυσικός έλεγχος του εξοπλισμού με στόχο την πρόληψη των αστοχιών και την επιμήκυνση της προσδόκιμης ζωής (*Herbaty, 1990*).
- Predictive Maintenance (PdM): Η PdM συχνά αναφέρεται και ως condition based maintenance (CBM). Είναι η στρατηγική συντήρησης που επιτελεί ενέργειες συντήρησης ως ανταπόκριση σε συγκεκριμένες συνθήκες του εξοπλισμού ή πτώση της απόδοσης (*Vanzile and Otis, 1992*). Διαγνωστικές τεχνικές εφαρμόζονται για να μετρηθούν συγκεκριμένες συνθήκες του εξοπλισμού όπως θερμοκρασία, θόρυβος, δόνηση, λίπανση και διάβρωση. Όταν ένας ή περισσότεροι από αυτούς τους δείκτες τεθούν εκτός ορίων τότε ξεκινούν δραστηριότητες συντήρησης ώστε να επανέλθει ο εξοπλισμός στην επιθυμητή κατάσταση (*Brook, 1998*).
- Corrective Maintenance (CM): Είναι ένα σύστημα που παρουσιάστηκε το 1957, κατά το οποίο το πλαίσιο της πρόληψης των αστοχιών του

εξοπλισμού επεκτείνεται και στη βελτίωση του εξοπλισμού (αύξηση της αξιοπιστίας) (*Steinbacher and Steinbacher, 1993*).

- Maintenance Prevention (MP): Παρουσιάστηκε το 1960 και περιγράφει τη δραστηριότητα όπου ο εξοπλισμός σχεδιάζεται κατά τρόπο που να μην απαιτεί συντήρηση, ώστε να επιτευχθεί η άριστη και ιδανική κατάσταση της γραμμής (*Steinbacher and Steinbacher, 1993*).
- Reliability Centered Maintenance (RCM): Η RCM επίσης παρουσιάστηκε το 1960, αλλά αρχικά εφαρμόστηκε μόνο στην αεροπορική βιομηχανία για τη συντήρηση των αεροσκαφών. Η RCM μπορεί να οριστεί σαν μία δομημένη λογική διαδικασία για την ανάπτυξη και αριστοποίηση των απαιτήσεων συντήρησης (αριστοποίηση των πόρων), ώστε να επιτευχθεί το άριστο επίπεδο αξιοπιστίας το οποίο απορρέει από ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα συντήρησης (inherent reliability) (*Ahuja & Khamba, 2008a*)
- Productive Maintenance (PrM): Ο όρος PrM αναφέρεται στην πιο συμφέρουσα οικονομικά συντήρηση η οποία αυξάνει την παραγωγικότητα του εξοπλισμού. Σκοπός του PrM είναι να αυξήσει την παραγωγικότητα ενός οργανισμού μειώνοντας το συνολικό κόστος του εξοπλισμού σε όλο τον κύκλο ζωής του: σχεδιασμός, παραγωγή, λειτουργία και συντήρηση συμπεριλαμβανόμενων των απωλειών υποβάθμιγής του (*Wakaru, 1988*).
- Computerized Maintenance Management Systems (CMMS): Τα CMMS βοηθούν στη διαχείριση μεγάλους εύρους πληροφοριών όπως του προσωπικού συντήρησης, αποθέματα ανταλλακτικών, προγράμματα επισκευών και ιστορικού εξοπλισμού (*Ahuja & Khamba, 2008a*).
- Total Productive Maintenance (TPM): Το TPM είναι ένα ανθρωποκεντρικό πλαίσιο το οποίο επιδιώκει στην αύξηση της κερδοφορίας του οργανισμού, μέσω της άριστης αξιοποίησης του εξοπλισμού σε μία κουλτούρα συνεχούς βελτίωσης Peter (*Willmott, 1994*).

Η κύριοι στόχοι του TPM είναι να προσθέσει αξία στον οργανισμό εξαλείφοντας τις αστοχίες από βλάβες του εξοπλισμού, μείωση του χρόνου «set up» των παραγωγικών διεργασιών, διατήρηση της ταχύτητας του εξοπλισμού, εξάλειψη μικρών παύσεων και αύξηση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Τα παραπάνω λαμβάνουν χώρα σε ένα ανθρωποκεντρικό περιβάλλον συνεχούς βελτίωσης, όπου στα πρώτα στάδια στοχεύει στην απελευθέρωση των «κρυμμένων» ή ανεξερεύνητων δυνατοτήτων του προσωπικού «minds of gold». Το TPM προωθεί μία κουλτούρα στην οποία οι χειριστές αισθάνονται τα μηχανήματα «δικά τους», μαθαίνουν πολλά περισσότερα για αυτά και εν ώρα λειτουργίας έχουν τη δυνατότητα να συγκεντρωθούν σε διαγνωστικά προβλήματα και σε έργα βελτίωσής τους. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει ένα άμεσο όφελος για τον οργανισμό (*Willmott, 1994*).

Κατά την Ιαπωνική προσέγγιση ένας πλήρης ορισμός του TPM περιλαμβάνει τα εξής πέντε κύρια σημεία Osama (*Taisir R.Almeanazel, 2010*) :

1. Τη χρήση του εξοπλισμού πιο αποτελεσματικά
2. Τη δημιουργία ενός καθολικού προληπτικού συστήματος συντήρησης

3. Απαιτεί πλήρη συμμετοχή των χειριστών του τμήματος (χειριστές εξοπλισμού, σχεδιαστές, εργάτες του τμήματος)
4. Εμπλέκει όλους εντός της επιχείρησης, από τους εργάτες της παραγωγής έως την ανώτατη διοίκηση
5. Προωθεί και εφαρμόζει προληπτική συντήρηση βασισμένη σε αυτόνομες, μικρές δραστηριότητες

Ο ορισμός που προέρχεται από τη δυτική κουλτούρα του *Edward Willmott (1997)* αναφέρει ότι «το TPM ψάχνει να δημιουργήσει μία “company wide” προσέγγιση προς την επίτευξη ενός προτύπου επίδοσης στην παραγωγή, σε όρους του “overall effectiveness of equipment” των μηχανημάτων και των διεργασιών, το οποίο πραγματικά θα είναι παγκόσμιου επιπέδου».

1.2. Οι βασικές πρακτικές του TPM

Οι βασικές πρακτικές του TPM συχνά αποκαλούνται πυλώνες ή τα στοιχεία του TPM. Όλο το οικοδόμημα του TPM στηρίζεται σε οκτώ πυλώνες (*Sangameshwran and Jagannathan, 2002*). Το Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), το οποίο προτείνει και προωθεί τις πρωτοβουλίες του TPM, εισάγει μία προσέγγιση εφαρμογή TPM η οποία στηρίζεται στους εξής οκτώ πυλώνες:

1. Αυτόνομη συντήρηση (Autonomous Maintenance)

Ενδεικτικές δραστηριότητες:

- ✓ Δημιουργία αισθήματος ιδιοκτησίας στο χειριστή
- ✓ Διενέργεια καθαρισμού, λίπανσης, προσαρμογής, επιθεώρησης παραγωγικού εξοπλισμού

2. Εστιασμένη συντήρηση (Focused Maintenance) ή εστιασμένη βελτίωση (Focused Improvement)

Ενδεικτικές δραστηριότητες:

- ✓ Συστηματικός προσδιορισμός και εξάλειψη των 16 απωλειών
- ✓ Βελτίωση του OEE (Overall equipment effectiveness)

3. Προγραμματισμένη συντήρηση (Planned Maintenance)

Ενδεικτικές δραστηριότητες:

- ✓ Εγκατάσταση προγράμματος PM
- ✓ Δημιουργία εγγράφων ελέγχου του PM

4. Ποιοτική συντήρηση (Quality Maintenance)

Ενδεικτικές δραστηριότητες:

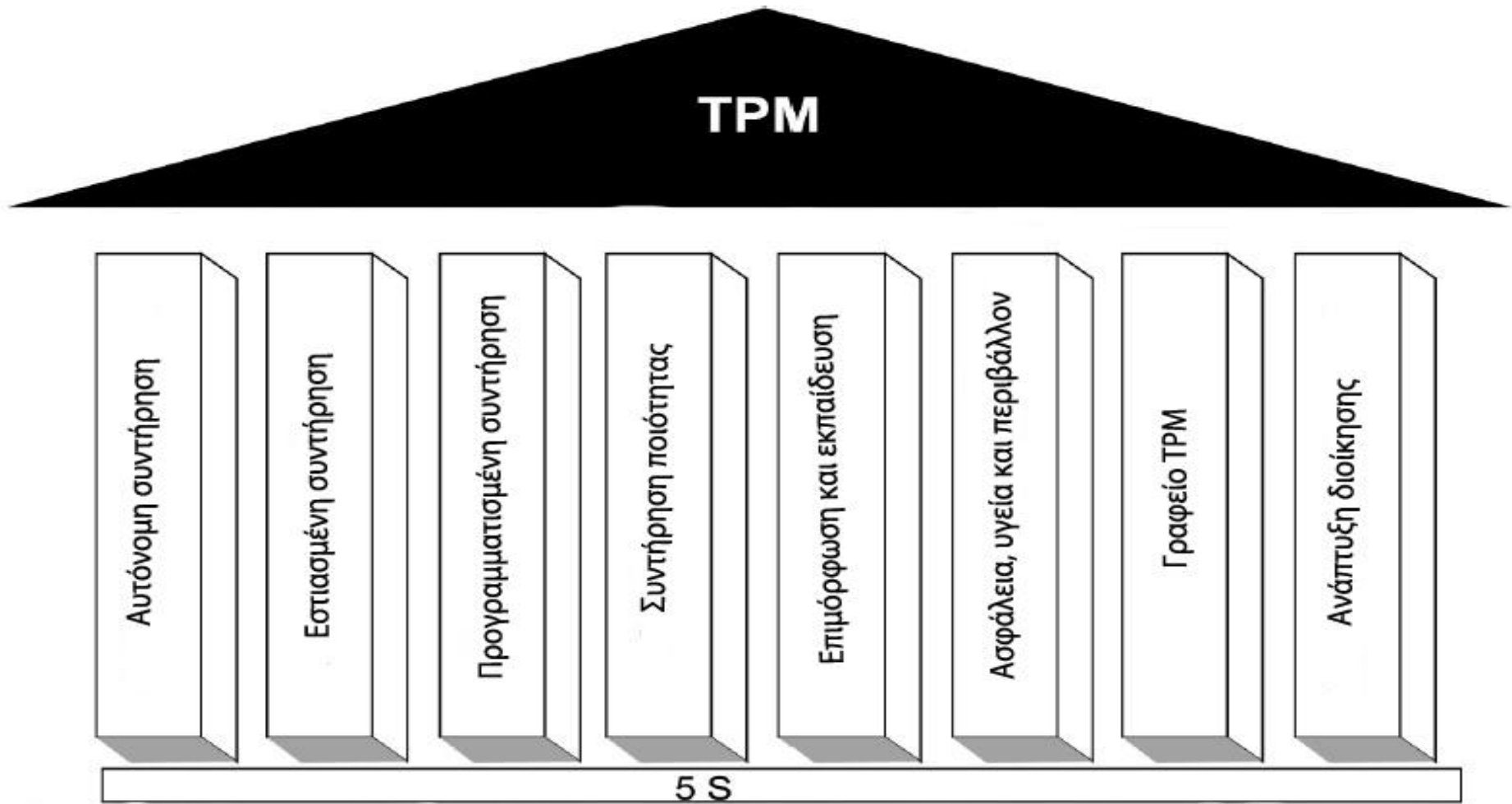
- ✓ Επίτευξη μηδενικών αστοχιών
- ✓ Εντοπισμός προβλημάτων του εξοπλισμού και εφαρμογή ανάλυση αιτίου

5. Εκπαίδευση και επιμόρφωση (Education and Training)

Ενδεικτικές δραστηριότητες:

- ✓ Εναρμόνιση του προσωπικού με τους οργανωσιακούς στόχους

- ✓ Ανάπτυξη πολλαπλών δεξιοτήτων στο προσωπικό
- 6. Γραφείο TPM (Office TPM)
 - Ενδεικτικές δραστηριότητες:
 - ✓ Βελτίωση συνεργιών μεταξύ των λειτουργικών τμημάτων
 - ✓ Εξάλειψη διαδικαστικών προβλημάτων
- 7. Διοίκηση ανάπτυξης (Development Management)
 - Ενδεικτικές δραστηριότητες:
 - ✓ Αξιοποίηση της γνώσης άλλων συστημάτων
 - ✓ Συντήρηση των πρωτοβουλιών βελτίωσης
- 8. Ασφάλεια, υγεία και περιβάλλον (Safety, Health and Environment)
 - Ενδεικτικές δραστηριότητες:
 - ✓ Εξασφάλιση ασφαλούς περιβάλλοντος εργασίας
 - ✓ Εξάλειψη ατυχημάτων και τραυματισμών



Εικόνα 1: Η προσέγγιση των οκτώ πυλώνων, όπως προτείνεται από το JIPM, πηγή: I.P.S. Ahuja and J.S. Khamba (2008b)

1.3. Πλαίσιο εφαρμογής, τεχνικές και εργαλεία

Οι *Ahuja Khamba (2008)*, παρουσιάζουν ένα πλαίσιο εφαρμογής του TPM (εικόνα 2) το οποίο συνδέει τις 16 βασικές απώλειες με προτεινόμενες τεχνικές που συνδέονται με τους οκτώ πυλώνες οι οποίοι οδηγούν στην επίτευξη των στόχων.

1.3.1. Οι έξι βασικές απώλειες (Six Big Losses)

Ένας από τους βασικούς στόχους του TPM είναι να μειώσει ή να εξαλείψει τις έξι μεγάλες απώλειες οι οποίες είναι οι πιο κοινές αιτίες απώλειας αποτελεσματικότητας στη βιομηχανία. Ο *Nakajima (1988)*, ομαδοποίησε τη συνολική απώλεια σε έξι κατηγορίες οι οποίες είναι:

➤ **Απώλειες χρόνου**

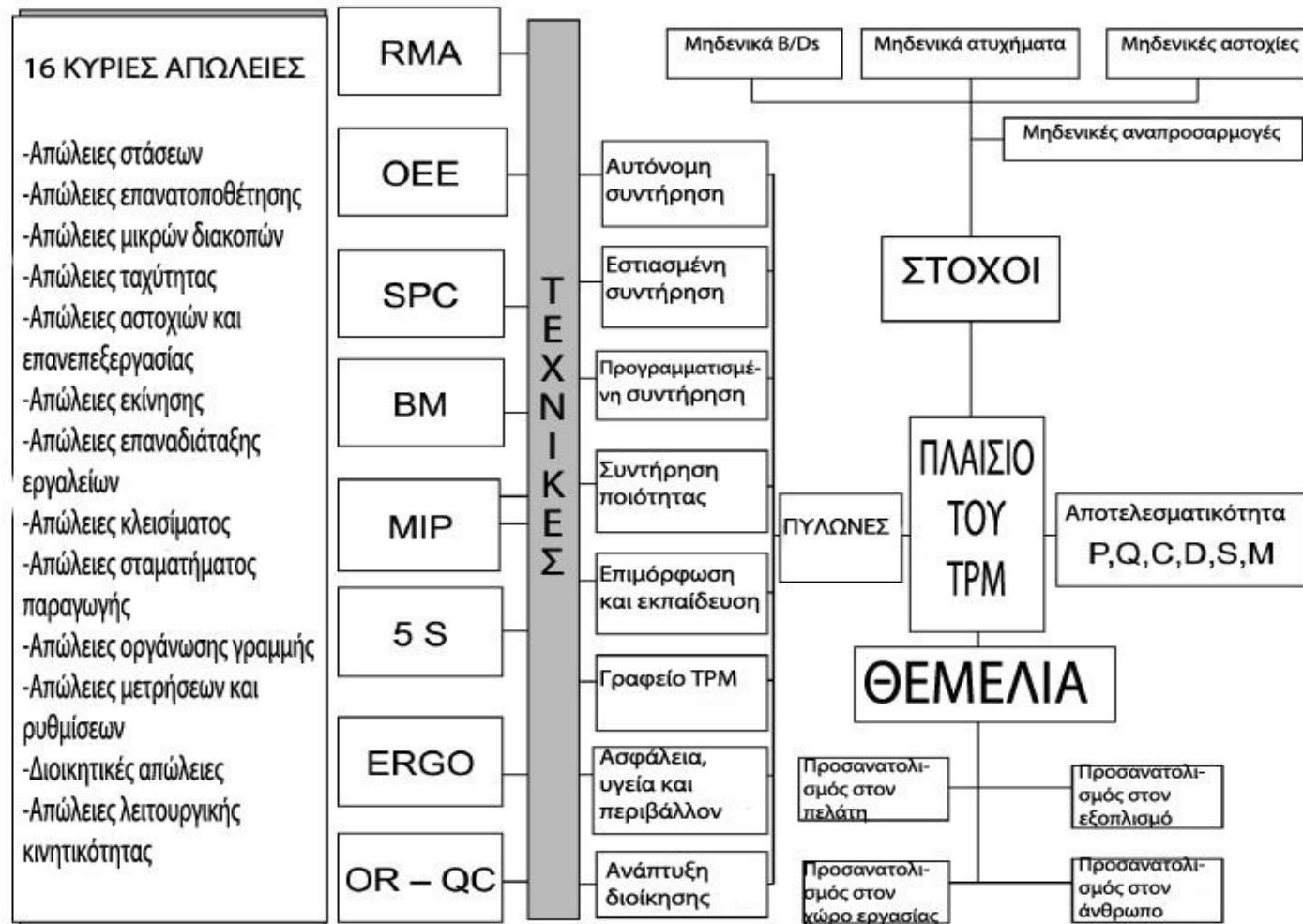
1. Βλάβες του εξοπλισμού όταν απαιτείται χρόνος επισκευής ή αντικατάστασης, άρα δημιουργείται μη παραγωγικός χρόνος.
2. Επαναφορές και ρυθμίσεις του εξοπλισμού. Είναι απώλειες που προέρχονται από αλλαγές των λειτουργικών συνθηκών, όπως αλλαγές βάρδιας ή αλλαγές παραγόμενων προϊόντων.

➤ **Απώλειες ταχύτητας**

3. Απώλειες λόγω μικρών και συχνών στάσεων λειτουργίας των μηχανημάτων οι οποίες προκαλούν συνολική μείωση ταχύτητας λειτουργίας.
4. Απώλειες λόγω γενικής μείωσης της ταχύτητας λειτουργίας του εξοπλισμού, η οποία προσδιορίζεται μετρώντας τη διαφορά ονομαστικής ταχύτητας με την πραγματική. Συνήθως οφείλονται σε μικρές βλάβες ή προβλήματα ελλιπούς συντήρησης, που αναγκάζουν τον εξοπλισμό να λειτουργεί σε χαμηλότερες ταχύτητες.

➤ **Αστοχίες ή απώλειες ποιότητας**

5. Ποιοτικές αστοχίες οι οποίες προκαλούν μη εμπορεύσιμα προϊόντα (σκάρτα) ή προϊόντα που απαιτούν επανεπεξεργασία.
6. Απώλειες μη αποδοτικής λειτουργίας του εξοπλισμού η οποία οδηγεί σε σπατάλη πρώτων υλών.



Εικόνα 2: Πλαίσιο εφαρμογής του TPM. Πηγή: I.P.S. Ahuja and J.S. Khamba (2008a)

1.3.2. Ολική Αποτελεσματικότητα Εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness, OEE)

Το OEE μπορεί να εκφραστεί ως μία αναλογία της πραγματική εκροής του εξοπλισμού διαιρούμενη με τη μέγιστη ονομαστική εκροή στις καλύτερες λειτουργικές συνθήκες (Osama & Almeanazel, 2010). Το OEE προέρχεται από τις πρακτικές του TPM που ανέπτυξε ο Nakajima (1988) στο Japan Institute of Plant Maintenance. Το TPM στοχεύει στην ιδανική απόδοση του εργοστασίου το οποίο συνεπάγεται μηδενικές απώλειες χωρίς:

- Σκάρτα προϊόντα ή αστοχίες προϊόντων
- Βλάβες ή σταματήματα
- Ατυχήματα
- Κατάλοιπα διεργασιών

Η ποσοτικοποίηση των παραπάνω καταλοίπων σε μονάδες χρόνου και η σύγκρισή του με το συνολικά διαθέσιμο χρόνο μπορεί να δώσει στη διοίκηση μία γενική εικόνα της απόδοσης του εργοστασίου, ώστε να μπορεί να εστιάσει σε βελτιώσεις εκεί που παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες απώλειες.

Υπολογισμός του OEE

Το OEE ισούται με τον πολλαπλασιασμό, μετά την ποσοτικοποίηση, των τριών βασικών ομάδων απωλειών:

1. Τη **διαθεσιμότητα** του εξοπλισμού, που προκύπτει από τις απώλειες χρόνου (σταματήματα, επαναφορές, ρυθμίσεις κτλ).
2. Την **απόδοση** του εξοπλισμού, που προκύπτει από τις απώλειες ταχύτητας.
3. Την **ποιότητα** του εξοπλισμού όπου εκφράζονται οι αστοχίες και τα σκάρτα.

Άρα:

$$OEE = \text{Διαθεσιμότητα} \times \text{Βαθμός απόδοσης} \times \text{Βαθμός ποιότητας}$$

$$\text{Διαθεσιμότητα} = ((\text{Απαιτούμενη διαθεσιμότητα} - \text{Downtime}) / \text{Απαιτούμενη διαθεσιμότητα}) \times 100$$

Απαιτούμενη διαθεσιμότητα: Είναι ο απαιτούμενος χρόνος λειτουργίας του εξοπλισμού για την προγραμματισμένη παραγωγή μειωμένο κατά το χρόνο άλλων προγραμματισμένων στάσεων, όπως διαλείμματα ή συσκέψεις.

Downtime: Είναι ο χρόνος όπου ο εξοπλισμός είναι σε στάση λόγω ανάγκης επιδιόρθωσης βλαβών ή επαναφορών.

Βαθμός απόδοσης = $((\text{Σχεδιασμένος κύκλος λειτουργίας} \times \text{εκροή}) / \text{Λειτουργικό χρόνο}) \times 100$

Σχεδιασμένος κύκλος λειτουργίας: Είναι ο χρόνος παραγωγής μίας μονάδας προϊόντος.

Εκροή: Είναι η συνολική εκροή του εξοπλισμού (παραγόμενες μονάδες προϊόντος) σε μία προκαθορισμένη περίοδο.

Λειτουργικός χρόνος: Είναι η τιμή που θα προκύψει από τον τύπο της Διαθεσιμότητας. Δηλαδή είναι το ποσοστό του πραγματικά διαθέσιμου χρόνου.

Βαθμός ποιότητας = $((\text{εισροές στην παραγωγή} - \text{ποιοτικές αστοχίες}) / \text{εισροές στην παραγωγή}) \times 100$

Εισροές στην παραγωγή: Είναι ο συνολικός αριθμός μονάδων προϊόντος που εισήλθε στην παραγωγική διαδικασία.

Ποιοτικές αστοχίες: Είναι οι μονάδες των προϊόντων που ήταν εκτός ποιοτικών προδιαγραφών.

1.3.3. 5S και εργαλεία του TPM

Η τεχνική των 5S προέρχεται από τα Ιαπωνικά ακρωνύμια: Seiri (οργάνωση), Seiton (τάξη), Seisio (καθαριότητα), seiketsu (τυποποίηση) and shitsuke (πειθαρχία). Χρησιμοποιείται ως μία βάση για την ανάπτυξη ενοποιημένων συστημάτων διοίκησης και είναι ένας δομικός πυλώνας του TPM. Η φιλοσοφία και ο στόχος του 5S είναι να μεταδώσει στο χώρο εργασίας τις αξίες της οργάνωσης, της τάξης, της καθαριότητας, της τυποποίησης και της πειθαρχίας (*Gapp, Fisher, Kobayashi, 2008*).

Υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία εργαλείων, που παραδοσιακά χρησιμοποιούνται στις βελτιώσεις ποιότητας, τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν τις κύριες δραστηριότητες του TPM.

Για την ανάλυση και επίλυση προβλημάτων σχετικά με τον εξοπλισμό και τις διεργασίες με εργαλεία όπως: την ανάλυση "Pareto" και τον στατιστικό έλεγχο διεργασιών (SPC - χάρτες ελέγχου κ.ά.). Για την επίλυση γενικότερων προβλημάτων με χρήση εργαλείων όπως: brainstorming, διαγράμματα αιτίου-αποτελέσματος, την προσέγγιση 5M. Για επίλυση προβλημάτων ομάδας όπως: Poka-Yoke Systems, Autonomous Maintenance, Continuous Improvement, 5S, Setup Time Reduction, Waste Minimization, Bottleneck Analysis, Recognition and Reward Program and Simulation (*Jostes and Helms, 1994*).

Ιαπωνική ονοματολογία	Αγγλικά 5S	Ελληνικά	Χαρακτηριστικά
<i>Seiri</i>	Sort	Ξεχωρίζω	Εντοπισμός άχρηστων πραγμάτων από τον χώρο εργασίας και απόρριψή τους
<i>Seiton</i>	Set in order	Διευθετώ	Τοποθέτηση των απαραίτητων πραγμάτων σε σωστή σειρά ώστε να είναι εύκολα διαθέσιμα για χρήση
<i>Seisio</i>	Shine	Καθαρίζω	Ολοκληρωτικός καθαρισμός όλων των χώρων από σκόνη και ακαθαρσίες ώστε να επικρατεί τάξη
<i>Seiketsu</i>	Standardize	Τυποποιώ	Διατήρηση υψηλών προδιαγραφών οργάνωσης εργασιακού χώρου
<i>Shitsuke</i>	Sustain	Διατηρώ	Εκπαίδευση και ενθάρρυνση των ανθρώπων για την πειθάρχηση στις αρχές της οργάνωσης και της τάξης

Εικόνα 3 Οι πέντε βασικές δραστηριότητες για αποτελεσματική εφαρμογή 5S στο χώρο εργασίας, Ahuja and J.S. Khamba (2008)

1.4. Το μοντέλο εφαρμογής του Nakajima και κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας

Αν και δεν υπάρχει ένα μοναδικό μοντέλο εφαρμογής του TPM, το μοντέλο εφαρμογής του Nakajima(1988) των δώδεκα βημάτων είναι από τα πλέον διαδεδομένα στη βιομηχανία και παρουσιάζει τα ελάχιστα προαπαιτούμενα στοιχεία για μία αποτελεσματική εφαρμογή. Το μοντέλο διαιρείται σε τέσσερις φάσεις και δώδεκα βήματα ως εξής:

- I.** Στάδιο προετοιμασίας :
 1. Δήλωση της ανώτατης διοίκησης να εισάγει το TPM
 2. Διενέργεια προγράμματος εκπαίδευσης για εισαγωγή στη φιλοσοφία του TPM
 3. Δημιουργία εσωτερικών οργανώσεων για προώθηση του TPM
 4. Εγκατάσταση βασικών πολιτικών και στόχων του TPM
 5. Διατύπωση του γενικού σχεδίου για την ανάπτυξη του TPM
- II.** Αρχή της εισαγωγής του TPM
 6. Ενημέρωση λοιπών εμπλεκόμενων μελών (πελατών, προμηθευτών κ.ά.)
- III.** Εφαρμογή του TPM
 7. Εγκαθίδρυση ενός συστήματος το οποίο θα βελτιώνει την αποτελεσματικότητα του συστήματος παραγωγής και την αποδοτικότητα σε κάθε κομμάτι του εξοπλισμού.
 8. Ανάπτυξη ενός προγράμματος αυτόνομης συντήρησης, ενός σχεδίου προγραμματισμένης συντήρησης στο τμήμα συντήρησης, διενέργεια εκπαιδευτικού προγράμματος στο προσωπικό συντήρησης.

9. Δημιουργία ενός οργανισμού για ποιοτική συντήρηση.
10. Εγκαθίδρυση ενός συστήματος για βελτίωση της αποτελεσματικότητας των διοικητικών και άλλων εμμέσως εμπλεκόμενων τμημάτων.
11. Εγκαθίδρυση συστημάτων για τον έλεγχο της ασφάλειας, της υγείας και του περιβάλλοντος.

IV. Σταθεροποίηση

12. Άριστη εφαρμογή του TPM και συνεχής βελτίωση

1.5. TPM και βιώσιμη ανάπτυξη

Στο μοντέλο που προτάθηκε από τον *Mc Kone et al. (2001)* για να ερευνηθεί τη συσχέτιση μεταξύ του *Total Production Maintenance* και την απόδοση της παραγωγής (Manufacturing Performance, MP) δεν συμπεριέλαβε καθόλου την περιβαλλοντική επίδοση, ενώ χρησιμοποίησε τέσσερις κεντρικούς παράγοντες ως τις βασικές διαστάσεις για τη μέτρηση της παραγωγικής επίδοσης - το κόστος, την ποιότητα, την αποδοτικότητα και την ευελιξία. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει ένα κενό γνώσης μεταξύ της εφαρμογής του TPM και της βιώσιμης ή πράσινης συντήρησης.

1.5.1. Επιπτώσεις του TPM στην περιβαλλοντική επίδοση

1.5.1.1. Πλεονεκτήματα εφαρμογής TPM

Κατά τις αναφορές του EPA (US Environmental Protection Agency) ο εξοπλισμός που συντηρείται σωστά μπορεί να μειώσει τις αστοχίες που προέρχονται από μία διεργασία. Η μείωση των αστοχιών μπορεί να βοηθήσει στην εξάλειψη των καταλοίπων των διεργασιών με τρεις βασικούς τρόπους:

- Οι λιγότερες αστοχίες μικραίνουν τον αριθμό των προϊόντων που απορρίπτονται ως μη εμπορεύσιμα (scrap)
- Οι λιγότερες αστοχίες επίσης σημαίνουν πως οι πρώτες ύλες, η ενέργεια και τα λοιπά κατάλοιπα που σχετίζονται με τα scrap εξαλείφονται
- Οι λιγότερες αστοχίες μειώνουν το ποσό ενέργειας, πρώτων υλών και καταλοίπων που απαιτεί η διόρθωση ή η επανεπεξεργασία των scrap

Το TPM έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την προσδόκιμη ζωή του εξοπλισμού. Αυτό ελαττώνει την ανάγκη για αγορά ή κατασκευή ανταλλακτικών του εξοπλισμού. Όλα τα παραπάνω συσσωρευτικά μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής (*Bete Birhanu Ararsa, 2012*).

1.5.1.2. Μειονεκτήματα εφαρμογής TPM

Ένα από τα σημαντικά μειονεκτήματα εφαρμογής του TPM στην περιβαλλοντική επίδοση είναι ότι κατά την εφαρμογή των διαφόρων τεχνικών όπως το “mistake-proofing” και τις βελτιώσεις της αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού δεν λαμβάνονται υπόψη οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οπότε ενέργειες οι οποίες μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον δεν θα ανακαλυφθούν ποτέ.

Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι κατά την εφαρμογή του TPM μπορεί να συμβεί υπερβολική χρήση χημικών καθαρισμού ειδικά όταν η ανάλυση αιτιών δεν γίνει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Τα καθαριστικά μπορεί να περιέχουν χημικές ουσίες που προκαλούν εκπομπές αερίων επιβλαβών για το περιβάλλον (*Bete Birhanu Ararsa, 2012*).

1.5.2. Lean and environmental toolkit

Το κενό τεχνογνωσίας σύνδεσης των Lean πρακτικών όπως είναι το TPM με την περιβαλλοντική διάσταση και τη βιωσιμότητα, έρχεται να το καλύψει το «*Lean and environmental toolkit*» από το EPA (*US Environmental Protection Agency*). Το toolkit μπορεί να προσφέρει πρακτικές στρατηγικές και τεχνικές σε αυτούς που εφαρμόζουν lean μεθοδολογίες για το πως θα βελτιωθούν τα Lean αποτελέσματα στην εξάλειψη των καταλοίπων, στη βελτίωση της ποιότητας και στην πρόσθεση αξίας στην πελάτη, ενώ ταυτόχρονα θα πετυχαίνονται οι στόχοι περιβαλλοντικής επίδοσης. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα με τα βασικά στοιχεία του «*Lean and environmental toolkit*».

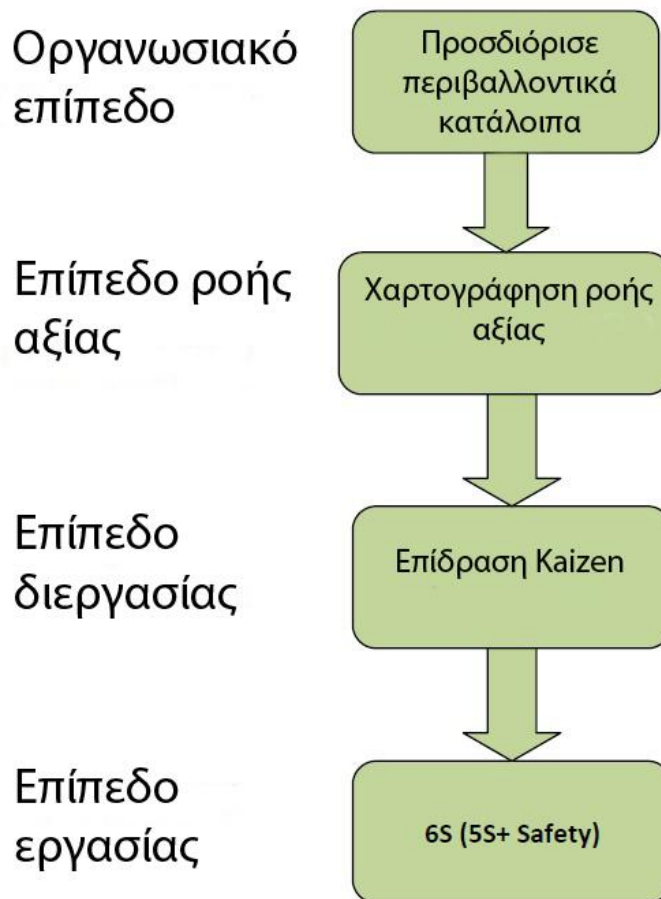
1.6. TPM σε ενσωματωμένα συστήματα

Καθώς ο ανταγωνισμός γίνεται παγκόσμιος, το επιχειρηματικό περιβάλλον είναι διαρκώς μεταβαλλόμενο και οι αγορές γίνονται συνεχώς πιο ευαίσθητες στην τιμή (*Singh and Khanduja, 2010*), οι οργανισμοί ωθούνται να ερευνήσουν και να εφαρμόσουν διαφορετικές προσεγγίσεις αύξησης της παραγωγικότητας και αποτελεσματικότητας ώστε να είναι σε θέση να καλύψουν τις ανάγκες των πελατών τους.

Η βιομηχανία έχει βιώσει τις τελευταίες δεκαετίες πολλές αλλαγές στα συστήματα διοίκησης, στις τεχνολογικές διεργασίες, στην ικανοποίηση των προσδοκιών του πελάτη καθώς επίσης και στη φιλοσοφία με την οποία ανταγωνίζεται. Η δύναμη του παγκοσμιοποιημένου επιχειρηματικού περιβάλλοντος προέτρεψε τη βιομηχανία σε μία

κυκλική διαδικασία συνεχούς βελτίωσης προς την ικανοποίηση των αναγκών του πελάτη. Η σύγχρονη αντίληψη είναι ότι για να μπορεί να ανταγωνιστεί αποτελεσματικά

Βελτιωμένη Λιτή και Περιβαλλοντική Επίδοση



Εικόνα 4: Διάγραμμα του «Lean and environmental toolkit». Πηγή: Bete Birhanu Ararsa, 2012

ένας οργανισμός σήμερα πρέπει να επιδιώξει τη μείωση του λειτουργικού κόστους, αλλά παράλληλα να μην διαπραγματευτεί την ποιότητα του προϊόντος (Singh, 2013). Για να γίνει αυτό εφικτό πρέπει ο κάθε οργανισμός να βελτιώσει την παραγωγικότητα της κάθε δραστηριότητας στην οποία εμπλέκεται, αξιοποιώντας κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο κάθε διαθέσιμο πόρο, ανθρώπινο δυναμικό, υλικά, μηχανές και κεφάλαιο.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων αναπτύχθηκαν αρκετές τεχνικές όπως είναι η just-in-time (JIT), total quality management (TQM), total productive maintenance (TPM), lean , lean – six sigma, six-sigma, theory of constraints (TOC), ISO9001.

Το TPM είναι μία αποτελεσματική μεθοδολογία για την επίτευξη ενός αξιόπιστου παραγωγικού συστήματος ενώ η αποτελεσματική βιομηχανική συντήρηση προσθέτει σημαντική αξία σε αρκετές διαστάσεις επίδοσης του οργανισμού, όπως συζητήθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η κάθε μία από τις παραπάνω μεθοδολογίες στοχεύει στη βελτίωση της επίδοσης του οργανισμού είτε από μία διαφορετική σκοπιά είτε ως αποτέλεσμα συνεργιών. Παρακάτω θα γίνει μία σύντομη περιγραφή των τεχνικών καθώς και θα αναζητηθούν στοιχεία συνδυαστικής εφαρμογής του TPM με αυτές τις τεχνικές.

1.6.1. Εξέλιξη των βασικών μεθοδολογιών TQM, TPM, TOC, Lean and Six Sigma

1.6.1.1. Total Quality Management (TQM)

Κατά τον *Feigenbaum* το TQM ορίζεται ως μία φιλοσοφία και παράλληλα ένα σύνολο καθοδηγητικών αρχών οι οποίες αντιπροσωπεύουν τη βάση πάνω στην οποία εξελίσσεται ένας συνεχώς βελτιούμενος οργανισμός. Το TQM εφαρμόζει μεθόδους ποσοτικοποίησης και συμμετοχής του προσωπικού με στόχο τη βελτίωση όλων των διεργασιών στον οργανισμό και την υπέρβαση των προσδοκιών του πελάτη (*Stamm, Neitzert, Singh, 2009*).

1.6.1.2. Total Productive Maintenance (TPM)

Το TPM εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1950 και αρχικά ήταν εστιασμένο στην προληπτική συντήρηση. Το επόμενο εξελικτικό στάδιο ήταν η καθημερινή συντήρηση να γίνεται από τους χειριστές (*autonomous maintenance*). Οι παραπάνω στρατηγικές συντήρησης υποστήριζαν το TQM μέχρι το 1970, όπου το TPM εξελίχθηκε σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα βασισμένο στο σεβασμό του ατόμου και την ολική συμμετοχή του προσωπικού (*Stamm, Neitzert, Singh, 2009*).



Εικόνα 5: Ιστορική εξέλιξη των μεθόδων ποιότητας. Πηγή (Feigenbaum, 1991)

1.6.1.3. Theory of Constraints (TOC)

Η TOC συστήθηκε από τον *E. Goldratt* στο επιχειρηματικό μυθιστόρημα “The Goal” το 1984. Η κεντρική ιδέα της θεωρίας στηρίζεται στο νόμο του *Liebig*, ο οποίος υποστηρίζει ότι η ανάπτυξη δεν ελέγχεται από τους συνολικά διαθέσιμους πόρους αλλά από τους πιο σπάνιους (περιοριστικούς παράγοντας). Βασιζόμενος στην παραπάνω παραδοχή ο *Goldratt (1984)* αναφέρει ότι ο κάθε οργανισμός διαθέτει κατ’ ελάχιστο έναν περιοριστικό παράγοντα ο οποίος περιορίζει την απόδοση του οργανισμού προς την επίτευξη των στόχων. Για τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος ο *Goldratt (1984)* αναπτύσσει πέντε εστιασμένα βήματα. Με τη βελτίωση και αξιοποίηση των περιοριστικών παραγόντων (constrains) η συνολική απόδοση του συστήματος μπορεί να βελτιωθεί. Σε αντίθεση οι μη περιοριστικοί παράγοντες πρέπει να είναι δευτερεύουσας σημασίας διότι προσπάθειες βελτίωσης σε αυτούς πιθανόν να οδηγήσουν σε επιπλέον χρόνο εργασίας μικρής προστιθέμενης αξίας για τον οργανισμό. Η βασική τεχνική που χρησιμοποιεί η μεθοδολογία για τη διαχείριση των περιοριστικών παραγόντων είναι η drum-buffer-rope (DBR) (*Goldratt, 2004*).

1.6.1.4. Toyota Production System (TPS) and Lean Production

Ο όρος “Lean production” έγινε γνωστός στο ευρύ κοινό από το βιβλίο του J.P. Womack and D.T. Jones με τίτλο “The machine that changed the world”. Οι Womack et al. (1990) έκαναν μία σύγκριση, μέσω μίας μελέτης του MIT, των πρακτικών της *Toyota’s manufacturing* με των αντίστοιχων Ευρωπαϊκών/ Αμερικάνικων πρακτικών και τα αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν κάτω από τον όρο «*Lean Production*». Αρχικά κατά τον Womack το Lean ορίστηκε ως «ένας συστηματικός τρόπος εξάλειψης των καταλοίπων» και το *Lean Production* ως «ένας ανώτερος τρόπος για τους ανθρώπους να κάνουν πράγματα εξίσου σημαντικά, παρέχει περισσότερο απαιτητική και ολοκληρωμένη εργασία στους υπαλλήλους

Συγκεντρωτικοί όροι	Συγκεκριμένα χαρακτηριστικά
Πρακτικές “Just in Time”	Ανύψωση παραγωγής (heijunka) Σύστημα “Pull” (kanban) Παραγωγή τύπου “Taktet” Συγχρονισμός διεργασιών
Μείωση πόρων	Παραγωγή μικρών παρτίδων Εξάλειψη καταλοίπων Μείωση χρόνου τοποθέτησης Μείωση του “lead time” Μείωση αποθεμάτων
Διαχείριση ανθρώπινων σχέσεων	Οργάνωση ομάδας Παράλληλη εκπαίδευση
Στρατηγικές βελτίωσης	Συμμετοχή εργαζομένων Κύκλοι βελτίωσης Συνεχή βελτίωση (kaizen) Ανάλυση αιτιών (5 why)
Έλεγχος αστοχιών	Αυτοματοποίηση (jidoka) Πρόληψη αστοχιών (poka yoke) Επιθεώρηση 100% Σταμάτημα γραμμής (andon)
Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας	Χαρτογράφηση αλυσίδας αξίας Συμμετοχή προμηθευτών
Τυποποίηση	5S Τυποποιημένη εργασία
Επιστημονική διαχείριση	Οπτικός έλεγχος και διαχείριση Ανάπτυξη πολιτικής Μελέτες χρόνου/εργασίας Πολυ-ειδίκευση Μείωση εργατικού δυναμικού
Πακέτα τεχνικών	Παραγωγή “cellular” Στατιστικός έλεγχος ποιότητας (SQC) TPM/προληπτική συντήρηση

Εικόνα 6: Μια πρόταση ομαδοποίησης των βασικών χαρακτηριστικών του Lean. Πηγή Jostein Pettersen, (2009)

κάθε επιπέδου, από το εργοστάσιο έως την ανώτατη διοίκηση» (Womack et al., 1990). Κατά την ανάπτυξη του TPS βασικοί του στόχοι ήταν:

- Μείωση του χρόνου παραγωγής και αναπροσαρμογής
- Ενσωμάτωση των προμηθευτών
- Εξάλειψη των καταλοίπων
- Συνέργειες με όλες τις διεργασίες του οργανισμού
- Να κερδίσει υποστήριξη από όλα τα επίπεδα του οργανισμού

(Spear and Bowen, 1999)

Τα κύρια χαρακτηριστικά του Lean περιγράφονται από τον Jostein Pettersen, (2009) στην εικόνα 6.

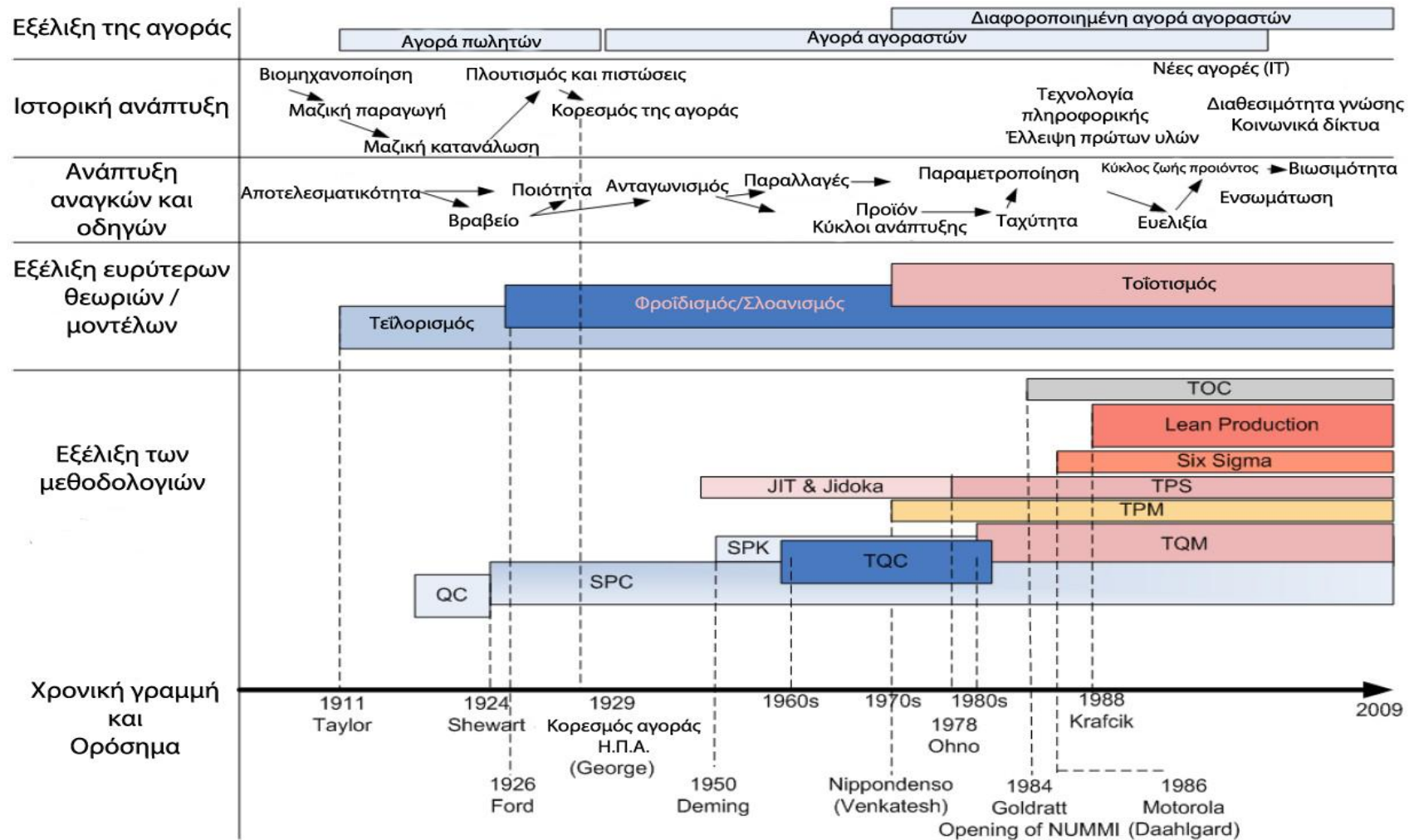
1.6.1.5. Six Sigma

Η μεθοδολογία Six sigma ξεκίνησε από τον μηχανικό της Motorola, Bill Smith, κατά το τέλος της δεκαετίας του 1980. Στόχος του ήταν να αντιμετωπίσει τα χρόνια προβλήματα της εταιρείας για ικανοποίηση των προσδοκιών των πελατών βάσει μιας αποτελεσματικής οικονομικά προσέγγισης (Stamm, Neitzert, Singh, 2009). Η «Six sigma» είναι μία προσέγγιση του οργανισμού για τον έλεγχο της μεταβλητότητας και μείωση των καταλοίπων των διεργασιών με τη χρήση ισχυρών στατιστικών εργαλείων. Στη στατιστική ορολογία six sigma σημαίνει 3,4 αστοχίες σε ένα εκατομμύριο προσπάθειες (Coronado, Antony 2002). Η εφαρμογή εκπίπτει σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την εστίαση της βελτίωσης (Yahia Zare Mehrjerdi, 2011):

1. DMAIC: Από τα αρχικά των *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* η οποία συνιστάται όταν η πηγή του προβλήματος είναι άγνωστη ή όχι ξεκάθαρη.
2. DMADV: Από τα αρχικά των *Define, Measure, Analyze, Design, Verify*, η οποία χρησιμοποιείται κατά την ανάπτυξη νέων προϊόντων και νέων διεργασιών.

1.6.1.6. Lean Six Sigma

Η μεθοδολογία Lean-Six sigma προσθέτει τις έννοιες της ταχύτητας, της προστιθέμενης αξίας και της ροής στη λογική του DMAIC και για το λόγο αυτό πρέπει να αντιμετωπιστεί ως ένας λογικός συνδυασμός του Lean Production και του Six Sigma (Hambleton, 2008). Η Hambleton (2008) υποστηρίζει ότι το DMAIC παρουσιάζει τη γενική εικόνα, τη σταθεροποίηση και την ικανότητα των διεργασιών, ενώ το Lean εισάγει την ταχύτητα, την εξάλειψη των καταλοίπων μεταξύ των διεργασιών και την έννοια της ροής σε πιο λεπτομερές επίπεδο.



Εικόνα 7: Η ιστορική ανάπτυξη των μεθοδολογιών βελτίωσης και οι ανάγκες που τις παρακίνησαν. Πηγή: Stamm, Neitzert, Singh (2009)

1.6.2. Παράλληλη εφαρμογή TPM με TQM

Η εφαρμογή των TPM και TQM είναι συσχετισμένη σε μεγάλο βαθμό. Οι δύο μεθοδολογίες μοιράζονται τον κοινό στόχο της βελτίωσης της επίδοσης του οργανισμού (Singh, Ashish, Dhaval and Sanjay 2013; Hendricks and Singhal, 2001) με πολλές ομοιότητες στην εφαρμογή τους, κυρίως στον τομέα της διοίκησης του ανθρώπινου δυναμικού. Το TPM είναι μία ολοκληρωμένη προσέγγιση βελτίωσης η οποία θεωρείται πως προέρχεται από τη φιλοσοφία του TQM για μηδενικές παραγωγικές αστοχίες εφαρμοσμένη στον εξοπλισμό (Singh et al., 2013). Κάποιες βασικές ομοιότητες των δύο μεθοδολογιών είναι:

- Η ολική συμμετοχή του προσωπικού
- Η διατμηματική προσέγγιση
- Η διάχυση σε όλο τον οργανισμό
- Η συνεχής βελτίωση

Το TQM και το TPM έχουν θεωρηθεί ως δύο συμπληρωματικές μεθοδολογίες. Κατά την εξελικτική του πορεία το TPM έχει πάρει τη μορφή μίας ολοκληρωμένης προσέγγισης διοίκησης που έχει διευρύνει το πεδίο εφαρμογής (scope) από την προληπτική συντήρηση σε μία ολιστική προσέγγιση βελτίωσης (Yamashima, 2000).

1.6.2.1. Μελέτη αξιολόγησης συνεργιών μεταξύ TQM και TPM

Η μελέτη που διενεργήθηκε από τους Singh et al. (2013) έχει σκοπό να αξιολογήσει τις συνεργικές συνεισφορές των δύο μεθόδων στην επίδοση της επιχείρησης. Σε αυτήν τη μελέτη συνεργάστηκε ένας μεγάλος αριθμός Ινδικών παραγωγικών επιχειρήσεων οι οποίες αποδεδειγμένα εφάρμοζαν και τις δύο μεθοδολογίες. Με τη χρήση στατιστικών εργαλείων αναλύθηκαν και αξιολογήθηκαν οι συσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων οργανωσιακών πρωτοβουλιών προς την εφαρμογή των δύο μεθοδολογιών με τους παράγοντες βελτίωσης της επίδοσης του οργανισμού. Για την πραγματοποίηση της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια τα οποία εστάλησαν στις συνεργαζόμενες επιχειρήσεις.

Για τη μέτρηση της αξιοπιστίας των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής Cronbach α ενώ ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson χρησιμοποιήθηκε για να εκτιμηθεί η συσχέτιση μεταξύ συγκεκριμένων οργανωσιακών πρωτοβουλιών και διαφόρων δεικτών βιομηχανικής αριστείας. Οι οργανωσιακές πρωτοβουλίες που συνδέονται με την TQM-TPM εφαρμογή ομαδοποιήθηκαν σε πέντε κατηγορίες ερωτημάτων που σχετίζονται με:

- X1: Θέματα ποιότητας
- X2: Την υποστήριξη της ανώτατης διοίκησης και το επίπεδο συμμετοχής των υπαλλήλων
- X3: Κουλτούρα συνεχούς βελτίωσης

- X4: TQM και TPM θεμελιώδεις στρατηγικές
- X5: Διάχυση TQM και TPM

Οι δείκτες βιομηχανικές αριστείας ομαδοποιήθηκαν στις παρακάτω έξι κατηγορίες ερωτημάτων:

- Y1: Παραγωγικότητα
- Y2: Ανταγωνιστικότητα των υπαλλήλων
- Y3: Ποιότητα
- Y4: Κόστος
- Y5: Ευελιξία και αποτελεσματικότητα
- Y6: Ασφάλεια και ηθικό υπαλλήλων

Τα αποτελέσματα της συσχέτισης μεταξύ των οργανωσιακών πρωτοβουλιών και των δεικτών βιομηχανικής αριστείας παρουσιάζονται στην εικόνα 8.

1.6.2.2. Αποτελέσματα μελέτης

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η εφαρμογή βασικών στρατηγικών (X4) έχουν θετική συνεισφορά στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των υπαλλήλων (Y2). Η κουλτούρα της συνεχούς βελτίωσης (X3) φαίνεται ότι συσχετίζεται θετικά με την ποιότητα (Y3), καθώς και η εφαρμογή βασικών στρατηγικών TQM-TPM (X4) παρουσιάζει σημαντική σύνδεση με μείωση του κόστους (Y4). Παρόμοιες θετικές συσχετίσεις παρατηρούνται και στις υπόλοιπες κατηγορίες. Τα αποτελέσματα της μελέτης τεκμηριώνουν τα θετικά αποτελέσματα των συνεργιών της παράλληλης εφαρμογής TQM-TPM στη δημιουργία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος στην παραγωγική διαδικασία. Επίσης, τα ευρήματα της μελέτης καταδεικνύουν πως τα οφέλη από την κοινή εφαρμογή TQM-TPM είναι πολύ σημαντικά για τους παραγωγικούς οργανισμούς που προσβλέπουν να είναι ανταγωνιστικοί σε μία ενοποιημένη παγκόσμια αγορά (Singh et al., 2013).

1.6.3. TPM και Lean παραγωγή

Στο σύγχρονο ανταγωνιστικό περιβάλλον τα στοιχεία της ποιότητας (Q), του κόστους (C) και του αποτελέσματος (D) είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της επιχειρησιακής στρατηγικής και της ανάπτυξης του οργανισμού. Η Lean Production (λιτή παραγωγή) προσθέτει αξία στα παραπάνω στοιχεία Q,C,D με την εστίαση στην εξάλειψη των επτά βασικών απωλειών:

		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
	X1	0.753	0.433	0.590	0.625	0.610	0.730
	<i>p</i>	<0.0001	0.011	<0.001	<0.0001	<0.001	<0.0001
	X2	0.721	0.555	0.504	0.580	0.628	0.638
	<i>p</i>	<0.0001	<0.001	0.002	<0.001	<0.0001	<0.001
	X3	0.766	0.599	0.798	0.787	0.655	0.712
	<i>p</i>	<0.0001	<0.001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Βαθμός συσχέτισης του Pearson (<i>r</i>) μεταξύ οργανωσιακών πρωτοβουλιών και δεικτών βιομηχανικής αριστείας με παράγοντα σημαντικότητας (<i>p</i>)	X4	0.733	0.706	0.753	0.855	0.743	0.722
	<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	X5	0.688	0.576	0.653	0.747	0.539	0.667
	<i>p</i>	<0.0001	<0.001	<0.0001	<0.0001	<0.001	<0.0001

Εικόνα 8: Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson “*r*” μεταξύ των οργανωσιακών πρωτοβουλιών και των δεικτών βιομηχανικής αριστείας. Πηγή : Singh et al. 2013

1. Επανεπεξεργασίας
2. Υπερ-παραγωγής
3. Χρόνου αναμονής
4. Αποτελέσματος (production lead time)
5. Επεξεργασίας
6. Αποθεμάτων
7. Κινητικότητας

Οι απώλειες που παρουσιάζονται στην παραγωγή σχετίζονται σημαντικά με τη διαθεσιμότητα του παραγωγικού εξοπλισμού. Οι βλάβες και οι στάσεις του εξοπλισμού οδηγούν σε φτωχής ποιότητας προϊόντα και σε καθυστερημένες παρτίδες παραγωγής. Οπότε μία στρατηγική και συστημική διαχείριση του εξοπλισμού είναι μείζονος σημασίας για την επιτυχία της εφαρμογής του lean production. Μία τέτοια προσέγγιση είναι αυτή του TPM (*Ahmad et al., 2012*).

Η φιλοσοφία του TPM εστιάζει στη βελτιστοποίηση του εξοπλισμού και την παραγωγικότητα των διεργασιών ενώ το Lean έχει ευρύτερο πεδίο εφαρμογής εστιάζοντας στην εξάλειψη των απωλειών (εργατικά, κόστος, αποθέματα κ.ά.) οδηγούμενο πελατοκεντρικά (*Thomas et al., 2008*). Το TPM ειδικότερα είναι μία αποδεδειγμένα αποτελεσματική μεθοδολογία για τη διατήρηση του εξοπλισμού στο μέγιστο λειτουργικό επίπεδο (*Ahuja I.P.S., Khamba, J.S., 2008b*).

Πολλές επιχειρήσεις για να υποστηρίξουν την επιχειρησιακή τους στρατηγική εφαρμόζουν την TPM προσέγγιση ή την Lean προσέγγιση. Έχει παρατηρηθεί ότι στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμόζεται η κάθε μεθοδολογία ξεχωριστά, κάτι το οποίο απαιτεί περισσότερους πόρους για την εφαρμογή καθώς εγείρονται προβλήματα στη διαχείριση των project εσωτερικά. Η ενσωμάτωση του TPM με το Lean θα συντελέσει σε μία συμπαγή και ολοκληρωμένη ομάδα βιομηχανικών πρακτικών με στόχο τη βελτιωμένη επίδοση. Επιπρόσθετα, η διοίκηση του εργοστασίου θα γίνει πιο αποτελεσματική με τις δύο μεθοδολογίες ενσωματωμένες (*Pham et al., 2008*).

Βάσει των αποτελεσμάτων της μελέτης των Moayed and Shell (2009), όπου έγινε η σύγκριση lean με μη lean επιχειρήσεων, η διεργασία της συντήρησης και συγκεκριμένα το TPM παίζει σημαντικό ρόλο στη μετατροπή των μη lean επιχειρήσεων σε lean επιχειρήσεις. Αυτό είναι ακόμα μία ένδειξη της σημαντικότητας του TPM στην επιτυχία της εφαρμογής του lean.

Εάν και έχουν γίνει αρκετές μελέτες που καταδεικνύουν το σημαντικό ρόλο του TPM στην Lean Production πρέπει να γίνει περαιτέρω έρευνα για το πως αυτές οι δύο μεθοδολογίες μπορούν να ενσωματωθούν αποτελεσματικά (*Ahmad et al., 2012*).

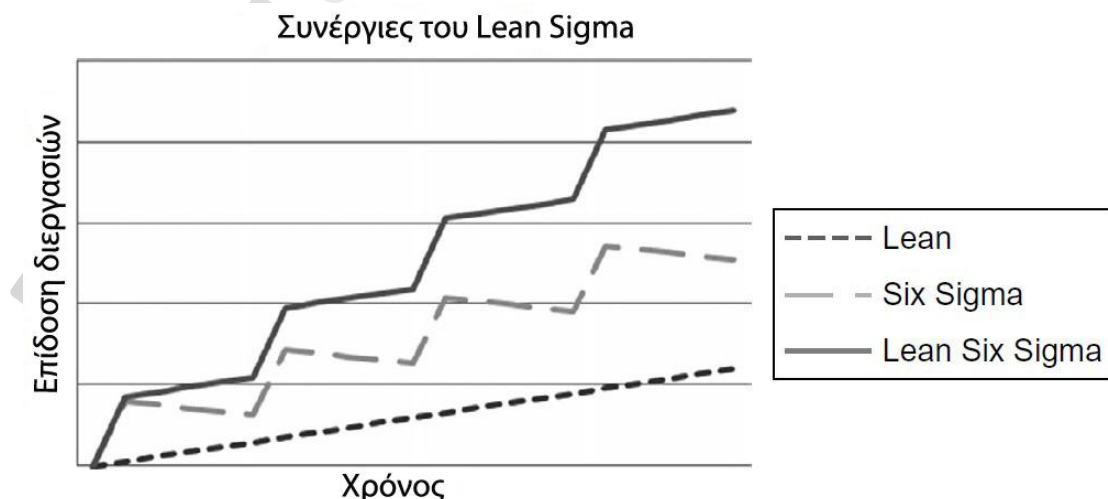
1.6.4. Συνεργίες TPM and Lean Six-Sigma

1.6.4.1. Lean Six-Sigma

Η ενοποιημένη μεθοδολογία του Lean Six-sigma στοχεύει στην αξιοποίηση των συμπληρωματικών ωφελειών που θα προκύψουν με τη συνεργατική δράση του εστιασμένου στην πρόσθεση αξία Lean και του οδηγούμενου από την ανάλυση των δεδομένων Six-Sigma. Πολλές αναλύσεις των συνεργιών των δύο μεθοδολογιών έχουν γίνει σε θεωρητικό επίπεδο όπως των *Arnheiter and Maleyeff (2005)*. Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της εμπειρικής μελέτης των *Assarlind and Gremyr (2012)*, στην οποία ερευνούν τις πρακτικές επιπτώσεις της Lean Six Sigma εφαρμογής στο περιβάλλον εργασίας. Η έρευνα στηρίζεται σε εμπειρικά αποτελέσματα τα οποία συλλέχθηκαν μέσω δομημένων συνεντεύξεων σε έναν μεγάλο αριθμό υπαλλήλων προερχόμενων από όλα τα ιεραρχικά επίπεδα ενός σουηδικού οργανισμού. Στη συγκεκριμένη επιχείρηση εφαρμόζεται η μεθοδολογία Lean Six Sigma ως εργαλείο συνεχούς βελτίωσης και είναι μέρος του μοντέλου που δημιούργησε η ίδια και το ονομάζει “Company Production System” (CPS).

Το εξειδικευμένο προσωπικό που διαχειρίζεται το σύστημα CPS δεν βλέπει το Lean Six Sigma ως μία ενοποιημένη μεθοδολογία αλλά ως μία παράλληλη εφαρμογή και των δύο, όπου εργαλεία και από τις δύο τεχνικές συνδυάζονται με στόχο να φέρουν τα μέγιστα αποτελέσματα. Σύμφωνα με το διευθυντή του συστήματος η διαφορά του Lean από το Six Sigma είναι ότι με το Lean χτίζεται η αλλαγή μέσω συνεχόμενων μικρών βελτιώσεων, ενώ το Six Sigma στοχεύει στην άμεση δραστική βελτίωση (*Assarlind and Gremyr, 2012*).

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται ένα μοντέλο συνεργιών μεταξύ Lean και Six Sigma βασισμένο στην ανάλυση των αποτελεσμάτων των συνεντεύξεων.



Εικόνα 9: Μοντέλο συνεργιών Lean και Six Sigma βάσει των αποτελεσμάτων των συνεντεύξεων. Πηγή: *Assarlind and Gremyr, (2012)*.

1.6.4.2. TPM & Six Sigma ένα μοντέλο ενσωμάτωσης

Το TPM και η Six Sigma είναι δύο μεθοδολογίες που έχουν τη δυνατότητα να επιφέρουν σημαντικές βελτιώσεις στην επίδοση του οργανισμού. Η κάθε στρατηγική έχει δυνατά και αδύνατα σημεία καθώς και στοιχεία που αλληλεπικαλύπτονται.

Ο σκοπός του TPM είναι να δημιουργήσει ισχυρές σχέσεις μεταξύ των υπαλλήλων της συντήρησης και των υπόλοιπων εργαζομένων στον οργανισμό ώστε να λειτουργούν αποτελεσματικά τα μηχανήματα και ο εξοπλισμός, ενώ παράλληλα να βελτιστοποιείται η γενικότερη επίδοση του οργανισμού. Είναι μία ανθρωποκεντρική στρατηγική όπου οι πρακτικές και τα εργαλεία του αναφέρονται σε άλλο κεφάλαιο.

Από την άλλη μεριά το Six Sigma είναι μία διοικητική προσέγγιση για τη βελτίωση των διεργασιών των προϊόντων και υπηρεσιών με στόχο να προάγει τη συνεχή βελτίωση και να μειώσει τις αστοχίες στον οργανισμό. Ο στόχος της βελτίωσης είναι να εξαλειφθεί η γενεσιουργός αιτία των αστοχιών στις οποίες οφείλεται η χαμηλή επίδοση των διεργασιών (*Assarlind and Gremyr, 2012*).

1.6.4.3. Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας της ενσωματωμένης εφαρμογής TPM και Six Sigma

Καθώς οι δύο μεθοδολογίες TPM και Six Sigma οδηγούν στην επίτευξη επιχειρησιακών επιδόσεων, τα τελευταία χρόνια αρκετοί ερευνητές έχουν αναλύσει τους κοινούς κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας για την εφαρμογή τους. Αυτοί οι παράγοντες συνοψίζονται από τους *Assarlind and Gremyr (2012)* στον πίνακα 10.

Βάσει των στοιχείων του πίνακα, οποιαδήποτε πρωτοβουλία κοινής εφαρμογής των δύο μεθοδολογιών θα έχει μεγάλες πιθανότητες αποτυχίας εάν δεν απολαμβάνει τη δέσμευση και την υποστήριξη της ανώτατης διοίκησης. Η συμμετοχή των υπαλλήλων είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας που καθιστά τους ανθρώπους ένα αναπόσπαστο στοιχείο του έργου. Εν συνεχεία το προσωπικό που εμπλέκεται στο έργο πρέπει να είναι επαρκώς εκπαιδευμένο ώστε να πετύχει τους στόχους του έργου. Επιπλέον, η οργανωσιακή δομή και η βιομηχανική στρατηγική είναι δύο σημαντικά εργαλεία για τον έλεγχο και τη διαχείριση των έργων με σκοπό την αποτελεσματική ολοκλήρωσή τους. Επόμενος παράγοντας επιτυχίας είναι η υπευθυνότητα που πρέπει να χαρακτηρίζει τον όποιο εμπλεκόμενο στο έργο, ώστε να ενσωματωθεί η φιλοσοφία των μεθόδων και να διεκπεραιωθούν σωστά οι απαιτούμενες δραστηριότητες. Τέλος, η ομαδική προσπάθεια είναι το εργαλείο που θα διευκολύνει την άρτια ροή των πληροφοριών εσωτερικά και εξωτερικά του έργου (*Assarlind and Gremyr, 2012*).

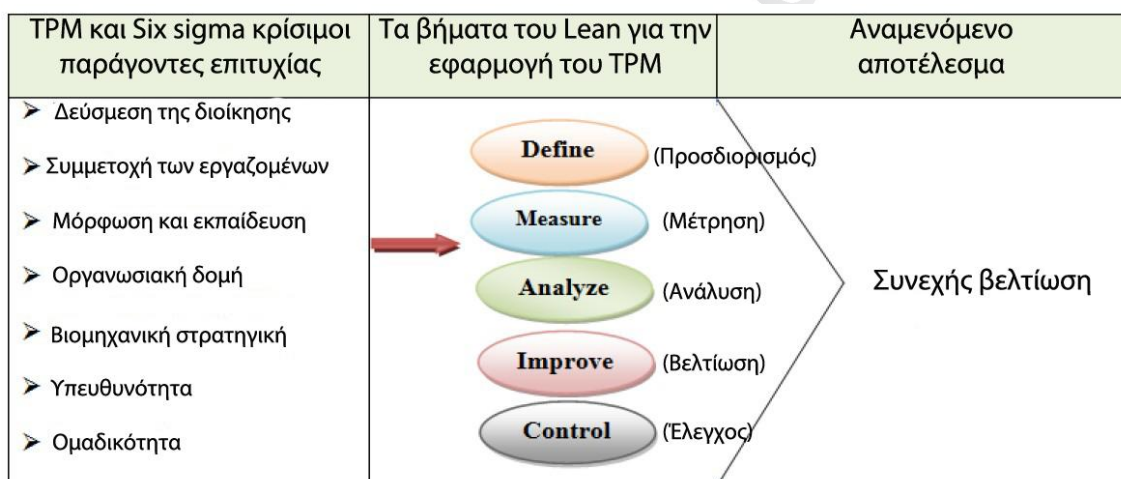
Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας	TPM	Six Sigma
Δεύσμευση της διοίκησης	Cooke, [5]; Van der Wal and Lynn [8]; Ahmed <i>et al.</i> [13]; Ahuja and Khamba [16]; Senderson <i>et al.</i> [18]; Bamber <i>et al.</i> [19].	Henderson and Evans [33]; Harry and Schroeder [34]; Eckes [35]; Schroeder <i>et al.</i> [36]; Coronado and Antony [37]; Raisinghani [38].
Συμμετοχή εργαζομένων	Bamber <i>et al.</i> [19]; Naguib [20]; Blanchard [21]; Al-Hassan <i>et al.</i> [22]; Zhu <i>et al.</i> [23]; Burhanuddin [24]; Arca and Prado [25].	Henderson and Evans [33]; Harry and Schroeder [34]; Antony [39].
Εκπαίδευση και μάθηση	Sun <i>et al.</i> [12]; Ahmed <i>et al.</i> [13]; Ahuja and Khamba [16]; Ravishankar <i>et al.</i> [26]; Ireland and Dale [27]; Eti <i>et al.</i> [28].	Antony [39]; Antony and Desai [40]; Pande <i>et al.</i> [41]; Hendricks and Kelbaugh [42].
Οργανωτική δομή	Ahuja and Khamba [14]; Ahuja and Khamba [16]; Bamber <i>et al.</i> [19]; Naguib [20]; Bohoris <i>et al.</i> [29].	Henderson and Evans [33]; Eckes [35]; Dale [43].
Στρατηγική παραγωγής	Naguib [20]; Al-Hassan <i>et al.</i> [22]; Burhanuddin [24]; Arca and Prado [25]; Fredendall <i>et al.</i> [30]; Ben-Daya [31].	Harry and Schroeder [34]; Eckes [35]; Pande <i>et al.</i> [41]; Dale [43]; Gabor [44].
Υπευθυνότητες	Cooke [5]; Ahuja and Khamba [14]; Naguib [20]; Al-Hassan <i>et al.</i> [22]; Ben-Day [31]; MacKone <i>et al.</i> [32].	Antony [39]; Antony and Desai [40]; Pande <i>et al.</i> [41].
Ομαδικότητα	Ahuja and Khamba [14]; Ahuja and Khamba [16]; Senderson <i>et al.</i> [18]; Bamber <i>et al.</i> [19]; Naguib [20]; Bohoris <i>et al.</i> [29].	Antony [39]; Antony and Desai [40]; Pande <i>et al.</i> [41].

Εικόνα 10: Κοινοί κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας TPM και Six Sigma. Πηγή: Assarlind and Gremyr (2012)

1.6.4.4. Προτεινόμενο μοντέλο ενσωμάτωσης

Οι Assarlind and Gremyr (2012,) στη μελέτη τους προσπαθούν να ξεδιαλύνουν τα κοινά σημεία των δύο μεθοδολογιών TPM και Six Sigma που εφαρμόζονται ταυτόχρονα μέσα στα παραγωγικά συστήματα. Το μοντέλο που προτείνουν για την ενσωμάτωση των μεθοδολογιών παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.

Στην εικόνα 11 ενσωματώνονται οι δύο μεθοδολογίες σε ένα εννοιολογικό μοντέλο. Στην πρώτη φάση στηρίζεται στα κοινά χαρακτηριστικά των δύο πρακτικών που είναι οι κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας. Στη συνέχεια, στη δεύτερη φάση, προσεγγίζονται με τη μεθοδολογία DMAIC, ώστε τελικά στην τρίτη φάση να έχουμε ως αποτέλεσμα τη συνεχή βελτίωση.



Εικόνα 11: Μοντέλο ενσωμάτωσης των μεθοδολογιών TPM και Six Sigma. Πηγή: Assarlind and Gremyr (2012)

1.7. Βιβλιογραφία - Κεφάλαιο 1

1. **Bicheno, J.**, *Fishbone Flow: Integrating Lean, Six Sigma, TPM and Triz*, PICSIE Books, 2006.
2. **Ahuja, I.P.S., & Khamba, J.S.**, “*Total productive maintenance: literature review and directions*”, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 25, No. 7, 2008a, pp. 709-756.
3. **Bhadury, B.**, “*Management of productivity through TPM Productivity*”, Vol. 41, No. 2, 2000, pp. 240-51.
4. **Wireman, T.**, *World Class Maintenance Management*, Industrial Press Inc. New York, NY, 1990.
5. **Herbaty, F.**, “*Handbook of Maintenance Management: Cost Effective Practices*”, 2nd ed., Noyes Publications. Park Ridge, NJ, 1990.
6. **Vanzile, D., & Otis, I.**, *Measuring and controlling machine performance*, in Salvendy, G. (Ed.), *Handbook of Industrial Engineering*, John Wiley, New York, NY, 1992.

7. **Brook, R.**, “Total predictive maintenance cuts plant costs”, **Plant Engineering**, Vol. 52, No. 4, 1998, pp. 93-5.
8. **Steinbacher, H.R., & Steinbacher, N.L.**, *TPM for America*, Productivity Press. Portland, OR, 1993.
9. **Ahuja, I.P.S., & Khamba, J.S.** ό.π.
10. **Wakaru, Y.**, In *JIPM (Ed.)*, *TPM for Every Operator*, Productivity Press. Portland, OR, 1988.
11. **Ahuja, I.P.S., & Khamba, J.S.** ό.π.
12. **Willmott P.**, “Total Quality with Teeth”, **The TQM Magazine**, Vol. 6, No. 4, 1994, pp.48 – 50.
13. **Willmott P.** ό.π.
14. **Osama Taisir R. Almeanazel**, “Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement”, **Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering**, Vol. 4, No. 4, 2010, pp. 517-522
15. **Gapp R., Fisher, R., Kobayashi, K.**, “Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system”, **Management Decision**, Vol. 46 Iss: 4, 2008, pp. 565 – 579.
16. **Jostes, R.S., & Helms, M.M.**, “Total productive maintenance and its link to total quality management”, **Work Study**, Vol. 43 No. 7, 1994, pp. 18-20.
17. **McKon E.K., Schroeder R.G., Cua O.K.**, “The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance”, **Journal of Operations Management**, Volume 19, 2001, p.p. 39–58.
18. **Bete Birhanu Ararsa**, “Green Maintenance: A Literature Survey on the Role of Maintenance for Sustainable Manufacturing”, Master thesis, Mälardalen University, **School of Innovation, Design and Engineering**, 2012.
19. **Bete Birhanu Ararsa** ό.π.
20. **Singh Ranteshwar , Ashish M Gohil, Dhaval B Shah, Sanjay Desai**, “Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study”, **Procedural Engineering** 51, 2013, p.p. 592 – 599.
21. **Feigenbaum, A. V.**, Total quality control, New York, McGraw – Hill, 1991.
22. **Stamm, M.L., Neitzert, T., Singh, D.P.K.**, “TQM, TPM, TOC, Lean and Six Sigma - evolution of manufacturing methodologies under the paradigm shift from Taylorism/Fordism to Toyotism”, **16th International Annual EurOMA Conference**, Gothenburg, Sweden, 2009-06-14 - 2009-06-17.
23. **Goldratt, E. M.**, *The goal: a process of ongoing improvements*, Aldershot, Gower, 2004.
24. **Womack, J. P., Jones, D. T., and Roos, D.**, *The machine that changed the world*, New York, Harper-Collins, 1990.
25. **Pettersen Jostein**, “Defining lean production: some conceptual and practical issues”, **The TQM Journal**, Vol. 21, Iss: 2, 2009, pp. 127 – 142.
26. **Womack, J. P., Jones, D. T., and Roos, D.** ό.π.
27. **Spear, S., & Bowen, H. K.**, “Decoding the DNA of the Toyota Production System”, **Harvard Business Review**, Vol. 77, 1999, p.p. 97-106.
28. **Pettersen Jostein** ό.π.
29. **Stamm, M.L., Neitzert, T., Singh, D.P.K.** ό.π.
30. **Coronado, Banuelas Ricardo & Jiju, A.**, “Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations”, **The TQM Magazine**, Vol. 14, Iss: 2, 2002, pp. 92 – 99.

31. **Yahia Zare Mehrjerdi**, "*Six-Sigma: methodology, tools and its future*", **Assembly Automation**, Vol. 31, Iss: 1, 2011, pp. 79 – 88.
32. **Hambleton, L.**, *Treasure chest of six sigma: Growth methods, tools and best practices*, Upper Saddle River, NJ, USA, Pearson Education Inc., 2008.
33. **Stamm, M.L., Neitzert, T., Singh, D.P.K.**, "*TQM, TPM, TOC, Lean and Six Sigma - evolution of manufacturing methodologies under the paradigm shift from Taylorism/Fordism to Toyotism*", **16th International Annual EurOMA Conference**, Gothenburg, Sweden, 2009-06-14 - 2009-06-17.
34. **Singh Ranteshwar , Ashish M Gohil, Dhaval B Shah, Sanjay Desai**, "*Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study*", **Procedural Engineering** **51**, 2013, p.p. 592 – 599.
35. **Hendricks, K.B., & Singhal, V.R.**, "*Firm characteristics, total quality management and financial performance*", **Journal of Operations Management**, Vol. 19, No. 3, 2001, pp. 269-85.
36. **Singh Ranteshwar , Ashish M Gohil, Dhaval B Shah, Sanjay Desai** ó.π.
37. **Yamashima, H.**, "*Challenge to world class manufacturing*", **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol.17. Iss: 2, 2000, pp. 132–143.
38. **Singh Ranteshwar , Ashish M Gohil, Dhaval B Shah, Sanjay Desai**. ó.π.
39. **Adnan Hj. Bakri, Abdul Rahman Abdul Rahim, Noordin Mohd. Yusof, Ramli Ahmad**, "*Boosting Lean Production via TPM*", **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Volume 65, 2012, p.p. 485 – 491.
40. **Thomas, A., Barton, R., Byrad, P. ,** "*Developing a Six Sigma maintenance model*", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 14, No. 3, 2008, pp. 262-271.
41. **Ahuja, I.P.S. & Khamba J.S.**, "*Strategies and success factors for overcoming challenges in TPM implementation in Indian manufacturing industry*", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 14 Iss: 2, 2008b, pp.123 – 147.
42. **Pham,D.T., Pham,P.T.N., Thomas,A.**, "*Integrated production machines and systems - beyond lean manufacturing*", **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 19 Iss: 6 pp., 2008, pp. 695-711.
43. **Farman A. Moayed, Richard L. Shell**, "*Comparison and evaluation of maintenance operations in lean versus non-lean production systems*", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 15 Iss: 3, 2009, pp.285 – 296.
44. **Adnan Hj. Bakri, Abdul Rahman Abdul Rahim, Noordin Mohd. Yusof, Ramli Ahmad**. ó.π.
45. **Arnheiter D.E., & Maleyeff, J.**, "*The integration of lean management and Six Sigma*", **The TQM Magazine**, Vol. 17, No. 1, 2005.
46. **Assarlind M., & Gremyr, I.**, "*Multi-faceted views on a Lean Six Sigma application*", **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 29, No. 1, 2012, pp. 21-30.
47. **Assarlind M., & Gremyr, I**. ó.π.

Κεφάλαιο 2

2.1. Κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας και enablers

Ο όρος κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας (ΚΠΕ) είναι ένας από τους πιο δημοφιλής όρους στο χώρο της διοίκησης επιχειρήσεων θα μπορούσε να ειπωθεί ότι είναι ένα «buzz word». Παρ'όλα αυτά οι περισσότεροι μάνατζερ ή στελέχη επιχειρήσεων έχουν θολή εικόνα για το τι ακριβώς είναι, πώς χρησιμοποιούνται και ποια είναι τα ενδογενή προβλήματα που συνδέονται με τη χρήση τους. Ο καθηγητής *John Rockard του MIT's Sloan School of Business* όρισε τους ΚΠΕ ως «εκείνα τα πράγματα που πρέπει να κάνει μία επιχείρηση για να είναι επιτυχημένη». Πολλοί επιχειρησιακοί σχεδιαστές έχουν επεκτείνει την ερμηνεία του όρου ώστε να εσωκλείει και εξωτερικούς ανταγωνιστικούς παράγοντες. Δηλαδή οι ΚΠΕ πρέπει να είναι:

- σημαντικοί για την επίτευξη των συνολικών οργανωσιακών σκοπών και στόχων
- μετρήσιμοι και διαχωρίσιμοι από τον οργανισμό στον οποίο εφαρμόζονται
- σχετικά λίγοι στον αριθμό καθώς δεν μπορούν τα πάντα να είναι κρίσιμα
- εκφρασμένοι ως πράγματα τα οποία πρέπει να γίνουν και όχι ως το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας
- εφαρμόσιμοι σε όλες τις επιχειρήσεις της ίδιας βιομηχανίας που έχουν παρεμφερείς στρατηγικές και σκοπούς
- ιεραρχικοί στη φύση τους. Κάποιοι πρέπει να αναφέρονται στο σύνολο της επιχείρησης, ενώ κάποιοι άλλοι να είναι στοχευόμενοι σε συγκεκριμένες δραστηριότητες.

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος να αναγνωριστούν οι ΚΠΕ είναι με την προσέγγιση «από ψηλά στα χαμηλά (top down)». Τα σημαντικότερα στάδια της συγκεκριμένης προσέγγισης είναι:

1. Η ανάλυση της επιχειρησιακής στρατηγικής, της αποστολής των σκοπών και των στόχων, ώστε οι ΚΠΕ να είναι εναρμονισμένοι με το σύνολο της επιχείρησης.
2. Ο προσδιορισμός των ΚΠΕ για την κάθε λειτουργική περιοχή των διαφορετικών επιχειρησιακών μονάδων.
3. Η ανάπτυξη στρατηγικών για την ενίσχυση των ανταγωνιστικών δυνάμεων και την προσπέραση ή κάλυψη των αδυναμιών της κάθε περιοχής.
4. Η ανάπτυξη εργαλείων μέτρησης που θα δώσουν την δυνατότητα στους μάνατζερ να παρακολουθούν την επίδοση κατά την εφαρμογή των επιχειρησιακών σχεδίων.
5. Η ανάπτυξη διεργασιών και διαδικασιών, ώστε να γίνεται αναφορά της επίδοσης με αποτελεσματικό τρόπο.

(York P. Freund, 1988)

Οι *Bamber Sharp and Hides (1999)*, είχαν περιγράψει ένα γενικό μοντέλο που δείχνει τους παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχή εφαρμογή του TPM στον τομέα των κατασκευών στις μικρο-μεσαίες επιχειρήσεις στο Ηνωμένο Βασίλειο. Το μοντέλο περιλαμβάνει την ευθυγράμμιση με την αποστολή, την υπάρχουσα οργάνωση, τη συμμετοχή των ανθρώπων, ένα σχέδιο εφαρμογής, τις γνώσεις και τις πεποιθήσεις, την κατανομή του χρόνου για την εφαρμογή, τη δέσμευση της διοίκησης, τα κίνητρα της διοίκησης και του εργατικού δυναμικού, καθώς και τρόπους μέτρησης της απόδοσης. Οι *Davis and Willmott (1999)*, προτείνουν δύο σημαντικούς καταλύτες (enablers) για την επιτυχή εφαρμογή του TPM στις παραγωγικές επιχειρήσεις:

1. Μια δομημένη προσέγγιση, η οποία χρησιμοποιεί μια σειρά από εργαλεία και τεχνικές για την επίτευξη ιδιαίτερα αποτελεσματικών εγκαταστάσεων και εξοπλισμών παραγωγής και για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας.
2. Μια φιλοσοφία που βασίζεται στην ενδυνάμωση και ενθάρρυνση του προσωπικού στο εργοστάσιο από όλες τις λειτουργικές περιοχές.

Έχει παρατηρηθεί ότι οι παραγωγικές επιχειρήσεις στην Ινδία αντιμετώπισαν ισχυρή αντίσταση από το εσωτερικό τους και έχουν υποστεί ζημιές λόγω της έλλειψης οργανωσιακής κουλτούρας, ακατάλληλων πρωτοβουλιών βελτίωσης της συντήρησης, χαμηλής ικανότητας και γνώσης των χειριστών του εξοπλισμού, έλλειψη πόρων και κακού περιβάλλοντος εργασίας (*Ahuja, J.S. Khamba, 2008b*). Για το λόγο αυτό υπήρχε η ανάγκη να εγκατασταθούν και να υιοθετηθούν ολιστικά κάποιοι καταλύτες και κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας για την αποτελεσματική και επιτυχή εφαρμογή του TPM. Οι καταλύτες και οι κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας εκπίπτουν σε έξι κατηγορίες:

1. Τη συνεισφορά της ανώτατης διοίκησης
2. Το μετασχηματισμό της οργανωσιακής κουλτούρας
3. Τη συμμετοχή των υπαλλήλων
4. Τις πολιτικές για παραδοσιακή και προληπτική συντήρηση
5. Την εκπαίδευση και τη μάθηση
6. Εστιασμένες βελτιώσεις στα συστήματα παραγωγής και συντήρησης

Οι καταλύτες και κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας παρουσιάζονται και ερμηνεύονται με τη βοήθεια ενός διαγράμματος Ishikawa, όπως φαίνεται παρακάτω. Υπάρχει η ισχυρή πεποίθηση πως μία ολιστική υιοθέτηση των καταλυτών και των κρίσιμων παραγόντων επιτυχίας που περιγράφονται, μπορεί συμβάλει στον περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεων από τα εμπόδια εφαρμογής του TPM.



Εικόνα 12: Οι καταλύτες και οι κρίσιμοι παράγοντες επιτυχίας της εφαρμογής του TPM στον οργανισμό. Πηγή: I.P.S. Ahuja, J.S. Khamba, (2008b)

2.1.1. Συνεισφορά της ανώτατης διοίκησης και δέσμευση

Η επιχειρησιακή έρευνα έχει δείξει ότι η δέσμευση της ανώτατης διοίκησης είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία κάθε προσπάθειας που στοχεύει στην αλλαγή της επιχειρησιακής φιλοσοφίας του οργανισμού. Χωρίς την υποστήριξη της διοίκησης, η συμπεριφορά των μελών του οργανισμού είναι απίθανο να αλλάξει. Έχει υποστηριχθεί ότι η αλλαγή θα είναι πιο επιτυχής αν η ανώτατη διοίκηση έχει δεσμευτεί για την αλλαγή (*Senge, P.M., 1990*). Ο κρίσιμος ρόλος των κορυφαίων στελεχών στη διαμόρφωση της επιτυχίας των στρατηγικών αλλαγών στους οργανισμούς επίσης σημειώνεται συχνά (*Bourgeois and Eisenhardt, 1988*). Η ανώτατη διοίκηση παίζει καθοριστικό ρόλο στις αλλαγές φιλοσοφίας ή στον τρόπο λειτουργίας του οργανισμού σε κρίσιμους τομείς, όπως τη διοίκηση της ποιότητας, την ανάπτυξη προϊόντων και την καινοτομία (*Hoffman and Hagerty, 1994*).

Οι *Sanjay L. Ahire & K.C. O'Shaughnessy* (1998) ερευνήσαν, μέσω εμπειρικής μελέτης, το ρόλο της ανώτατης διοίκησης στη διοίκηση της ποιότητας. Μετά την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων τους παρατηρήθηκε ότι:

- Η δέσμευση της ανώτατης διοίκησης ενεργεί ως καταλύτης για τους άλλους περιβαλλοντικούς τομείς του οργανισμού, όπως η ενδυνάμωση του προσωπικού, η εστίαση στον πελάτη και η διαχείριση της ποιότητας του προμηθευτή. Τα συμπεράσματα αυτά είναι επίσης εναρμονισμένα με τα ευρήματα παλαιότερων ερευνών όπως εκείνα των *Anderson, Rungtusanatham, Schroeder, and Devaraj, (1995)* και *Flynn, Schroeder and Sakakibara (1995)*.
- Οι επιχειρήσεις με ισχυρότερη δέσμευση της ανώτατης διοίκησης εμφανίζουν μια πιο αποτελεσματική προσπάθεια αναβάθμισης της ποιότητας κατά μήκος όλων των λειτουργικών διαστάσεών τους και ως συνέπεια υψηλότερη ποιότητα προϊόντος.

Τα παραπάνω συμπεράσματα παρόλο που είναι συνυφασμένα με την εφαρμογή της φιλοσοφίας της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας (Total Quality Management, TQM) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ερμηνεία προβλημάτων του TPM (Total Productive Maintenance), λόγω των σημαντικών κοινών στοιχείων που μοιράζονται οι δύο μεθοδολογίες (*Dinesh S., Deepak T., 2005*).

Κατά τους *I.P.S. Ahuj & J.S. Khamba (2008b)*, η ανώτατη διοίκηση πρέπει να έχει μια ισχυρή δέσμευση για την υλοποίηση ενός προγράμματος TPM. Κάτι τέτοιο προϋποθέτει την εξέλιξη μηχανισμών πολυεπίπεδης επικοινωνίας με όλους τους εργαζόμενους που θα εξηγούν τη σημασία και τα οφέλη του προγράμματος και σύνδεσης του TPM με τη συνολική οργανωσιακή στρατηγική, τους στόχους και τους σκοπούς. Κάποιες από τις ενέργειες για να μπορέσει να προσεγγίσει αυτόν το στόχο η ανώτατη διοίκηση είναι (εικόνα 12):

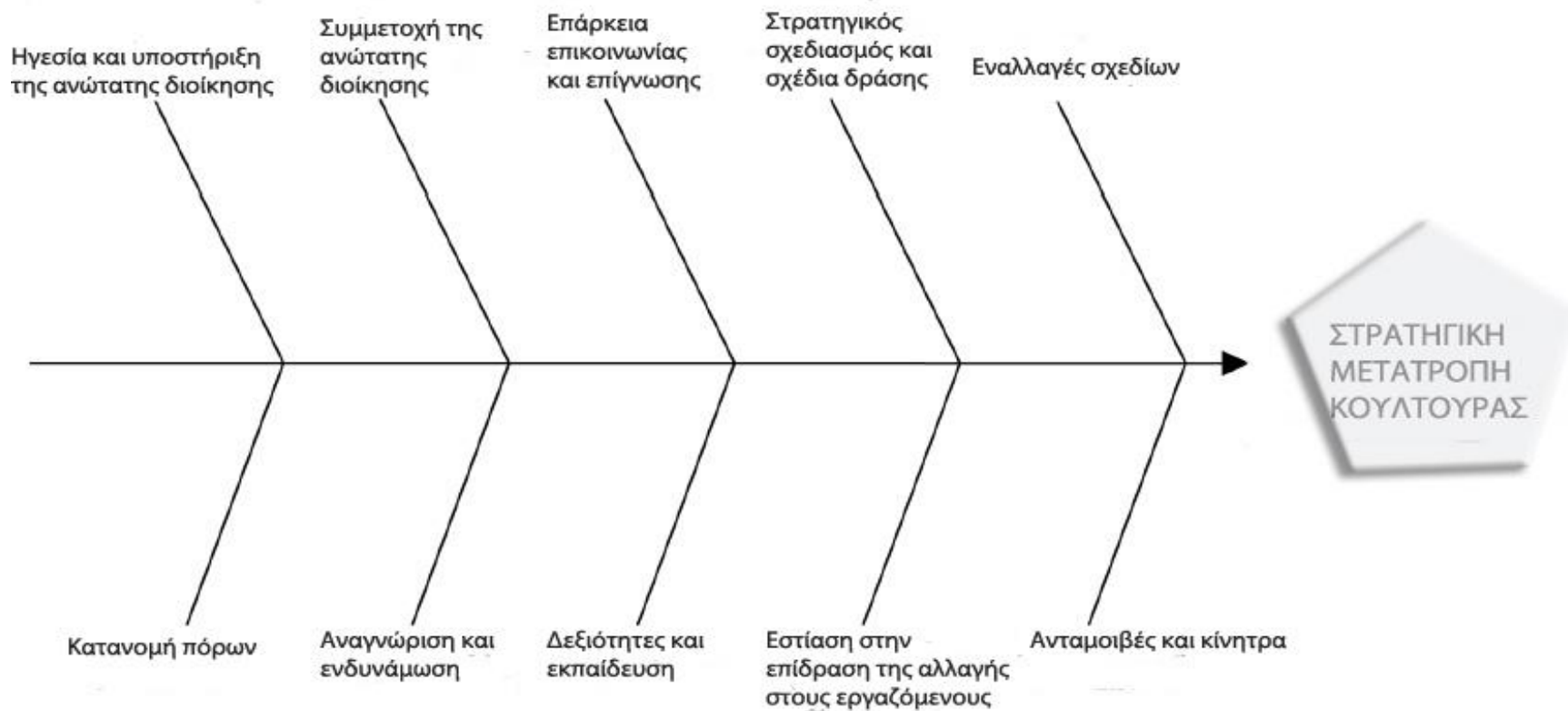
- Η ανάπτυξη της κατάλληλης πολιτικής TPM και κεντρικού σχεδιασμού για την εφαρμογή του TPM στον οργανισμό.

- Η ανάπτυξη δομημένης γραμματειακής υποστήριξης
- Η εποπτεία και αναθεώρηση επιχειρηματικών σχεδίων σχετικών με το TPM (παρακολούθηση στόχων οικονομικών, ποιοτικών κ.ά.)

2.1.2. Μετατροπή κουλτούρας

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις ενός προγράμματος TPM είναι ο οργανισμός να μπορέσει να επιφέρει ριζική αλλαγή στην κουλτούρα του, ώστε να διασφαλίσει τη συνολική συμμετοχή των εργαζομένων προς την εφαρμογή των πρωτοβουλιών συντήρησης του εξοπλισμού. Κάποια στοιχεία προς αυτήν την κατεύθυνση μπορεί να είναι η αξιοποίηση των σωματείων. Τα σωματεία μπορούν άμεσα να πειστούν ότι οι εργαζόμενοι που πλήττονται, θα πρέπει να ενισχυθούν με την ανάπτυξη επιπλέον δεξιοτήτων που θα τους καθιστούν πλέον πολύτιμους για τον οργανισμό. Με την προσέγγιση αυτή το TPM μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για τη δημιουργία ενός ασφαλέστερου χώρου εργασίας πολλαπλών δεξιοτήτων.

Επίσης, πολλές άλλες στρατηγικές πρωτοβουλίες μπορούν να αναπτυχθούν με επιτυχία ώστε ο οργανισμός να ευθυγραμμίσει τα κίνητρα των εργαζομένων με τους οργανωσιακούς σκοπούς, στόχους και τη βιώσιμη ανάπτυξη προς αντιμετώπιση των παγκόσμιων επιχειρησιακών προκλήσεων. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν μηχανισμούς για την ενδυνάμωση των εργαζομένων, την αναγνώριση των προσπαθειών τους προς τη βελτίωση της οργανωσιακής επίδοσης, συστήματα κινήτρων ανταμοιβής αποδεκτά από όλους τους εργαζόμενους, ώστε να καταβάλλεται κάθε δυνατή προσπάθεια για βελτίωση των δεξιοτήτων τους, της γνωσιακής βάσης και την προώθηση της διατμηματικής συνεργασίας. Στην εικόνα 13, οι *Ahuja & Khamba (2008b)* παρουσιάζουν τα κρίσιμα στρατηγικά ζητήματα σχετικά με τη μετατροπή της κουλτούρας ενός οργανισμού. Η καθολική συμμετοχή των εργαζομένων είναι προαπαιτούμενο για την επιτυχή εφαρμογή ενός προγράμματος TPM, κάτι το οποίο προϋποθέτει πλήρη κατανόηση των αρχών του TPM σε όλα τα επίπεδα του οργανισμού.



Εικόνα 13: Στρατηγικά ζητήματα για την επίτευξη της μετατροπής της κουλτούρας του οργανισμού. Πηγή: Ahuja & Khamba (2008b)

2.1.3. Επιμόρφωση και εκπαίδευση

Η επιτυχία των πρωτοβουλιών εφαρμογής της μεθοδολογίας TPM εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη δυνατότητα του προσωπικού να ανταποκριθεί αποτελεσματικά στις ανάγκες των καθηκόντων του. Για το λόγο αυτό η επαρκής εκπαίδευση και επιμόρφωση των υπαλλήλων σε όλα τα επίπεδα, πρέπει να διαχειριστεί από τη διοίκηση ως μία στρατηγική πρωτοβουλία για την επιτυχή εφαρμογή του TPM. Στο προσωπικό πρέπει να δοθεί όχι μόνο τεχνική εκπαίδευση και δεξιότητες επάνω στο αντικείμενο εργασίας, αλλά πρέπει να είναι εφοδιασμένο με εκπαίδευση σε θέματα βελτίωσης ποιότητας και συμπεριφοράς, καθώς πρέπει να αλλάξει η νοοτροπία εργασίας από την «εγώ λειτουργώ – εσύ επιθεωρείς – εσύ συντηρείς» στην «εγώ παράγω – εγώ επιθεωρώ – εγώ συντηρώ». Σε αυτό το πλαίσιο η κύρια ευθύνη της ανώτατης διοίκησης είναι: η ταυτοποίηση των αναγκών κατάρτισης, ο καθορισμός στόχων κατάρτισης, η ανάπτυξη σχεδίου κατάρτισης, η προετοιμασία του ημερολογίου της κατάρτισης, ο σχεδιασμός των προγραμμάτων κατάρτισης και απαραίτητων υλικών, η εκτέλεση της κατάρτισης και αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας της εκπαίδευσης (Ahuja & Khamba, 2008b).

2.2. Μετρήσεις της επίδοσης συντήρησης

2.2.1. Η έννοια της συντήρησης

Το πεδίο ορισμού της συντήρησης σε ένα παραγωγικό περιβάλλον έχει προσδιοριστεί από διάφορους ορισμούς. Το Αγγλικό Ινστιτούτο Διαπίστευσης (*British Standards Institute, BSI*), ορίζει τη συντήρηση ως «έναν συνδυασμό όλων των τεχνικών και διαχειριστικών δραστηριοτήτων που απαιτούνται για να παραμείνει ο εξοπλισμός, οι εγκαταστάσεις και άλλα πάγια στοιχεία στην επιθυμητή λειτουργική κατάσταση ή να επανέλθουν στην κατάσταση αυτή» (*BSI, 1984*). Η ένωση μηχανικών συντήρησης της Αυστραλίας (*Maintenance Engineering Society of Australia, MESA*), υποδεικνύει ότι «η έννοια της συντήρησης έχει να κάνει με την επίτευξη των απαιτούμενων δυνατοτήτων των παγίων εντός μίας επιχειρηματικής δραστηριότητας» (*Maintenance Engineering Society of Australia MESA, 1995*). Κατά τους *Tsang et al. (1999)*, η συντήρηση περιλαμβάνει τις αποφάσεις μηχανικής φύσεως και τις σχετιζόμενες δράσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για την βελτιστοποίηση συγκεκριμένων δυνατοτήτων του εξοπλισμού, ενώ αναφέρουν πως με τον όρο δυνατότητα νοείται «η ικανότητα πραγματοποίησης μίας συγκεκριμένης λειτουργίας εντός ενός εύρους επιπέδων επίδοσης τα οποία σχετίζονται με τη δυναμικότητα, το ρυθμό, την ποιότητα, την ασφάλεια και την ανταποκρισιμότητα». Ομοίως ο *Kelly, A. (1989)*, υποστηρίζει ότι το αντικείμενο της συντήρησης είναι η επίτευξη του συμφωνημένου επιπέδου εκροής και λειτουργικότητας χρησιμοποιώντας το ελάχιστο δυνατό κόστος των πόρων εντός των πλαισίων της κατάστασης του συστήματος και της ασφάλειας. Τέλος κατά τους *Visser*

& Pretorious (2003), η συντήρηση είναι επίσης μερικώς υπεύθυνη για την ασφάλεια των τεχνικών συστημάτων και για την εξασφάλιση πως το εργοστάσιο παραμένει σε καλή κατάσταση.

Κατά τους Kumar et. al. (2013), μία σύνοψη των στόχων της συντήρησης θα ήταν:

- ✓ Η εξασφάλιση των λειτουργιών του εργοστασίου όσον αφορά τη διαθεσιμότητα, την αξιοπιστία, την ποιότητα του προϊόντος κ.ά.
- ✓ Η εξασφάλιση ότι το εργοστάσιο θα έχει την προσδοκώμενη ζωή.
- ✓ Η εξασφάλιση ότι η συντήρηση θα είναι αποτελεσματικά οικονομική καθώς και ότι θα γίνεται αποτελεσματική χρήση των πόρων (ενέργειας και πρώτων υλών).

Κατά τον Dekker (1996), εν συντομία η συντήρηση πρέπει να εξασφαλίζει την απαιτούμενη αξιοπιστία, διαθεσιμότητα, αποτελεσματικότητα και δυνατότητα όλου του παραγωγικού συστήματος. Θα διασφαλίσει τη ζωή του συστήματος κρατώντας τον εξοπλισμό σε καλή κατάσταση ενώ και το κόστος θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένο να συμφωνεί με την επιθυμητή κατάσταση του εργοστασίου.

Στο παρελθόν για μεγάλο διάστημα η συντήρηση γινόταν από τους ίδιους τους εργαζόμενους χωρίς να υπάρχει κάποια οργάνωση. Οι σημερινές συνθήκες οδήγησαν στην εστίαση στον εξοπλισμό, ώστε να κρατείται λειτουργικός και να επιστρέφει την παραγωγή όσο το δυνατόν πιο γρήγορα. Οι δύο μεγάλες προκλήσεις προς αυτή την κατεύθυνση είναι:

1. Η παγκόσμια οικονομία έχει ανάγκη για μεγαλύτερη διαθεσιμότητα εργοστασίων λόγω διαρκούς επέκτασης των αγορών. Η αυξημένη ένταση του παγκόσμιου ανταγωνισμού απαιτεί τα εργοστάσια να βρίσκονται στη μέγιστη δυναμικότητα.
2. Κατά τη διαδικασία βελτιστοποίησης του κόστους παραγωγής και δεδομένου ότι στην παραγωγή αξιοποιείται περισσότερο προσωπικό και εξοπλισμός το κόστος συντήρησης γίνεται ένα σημαντικό κομμάτι του οικονομικού προϋπολογισμού. Ενώ παράλληλα ο οργανισμός πρέπει να διατηρεί την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα των προϊόντων.

2.2.2. Μετρήσεις επίδοσης συντήρησης

Οι οργανισμοί σήμερα είναι διαρκώς στην πίεση να αυξήσουν τις δυνατότητες τους για πρόσθεση αξίας στον πελάτη και να είναι όλο και πιο αποτελεσματικοί στη διαχείριση του κόστους των λειτουργιών τους (Tsang, 2002). Υπό αυτό το πλαίσιο η συντήρηση είναι μια μεγάλη επένδυση η οποία σήμερα θεωρείται ως το κλειδί στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των λειτουργιών δημιουργώντας επιπλέον αξία και καλύτερες υπηρεσίες στον πελάτη.

Εκτός όμως από τη δημιουργία στρατηγικών συντήρησης και την εφαρμογή διαφόρων μεθοδολογιών όπως το TPM, είναι σημαντικό να υπάρχει αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας αυτών. Η Μέτρηση της Επίδοσης Συντήρησης (ΜΕΣ) μπορεί να οριστεί ως μία διεπιστημονική διαδικασία μέτρησης και δικαιολόγησης της προστιθέμενης αξίας που δημιουργείται από τις επενδύσεις σε συντήρηση (Parida & Chattopadhyay, 2007). Η ΜΕΣ επιτρέπει στον οργανισμό να κατανοήσει την αξία που δημιουργείται από τη συντήρηση ώστε να επαναξιολογήσει, να αναθεωρήσει τις πολιτικές και τεχνικές, να δικαιολογήσει τις επενδύσεις σε νέες τεχνικές και τάσεις, να επανεξετάσει την κατανομή των πόρων και να κατανοήσει την επίδραση της συντήρησης στις άλλες λειτουργίες καθώς και στα λοιπά ενδιαφερόμενα μέλη του οργανισμού (Parida & Kumar, 2006).

Κατά τον Wireman (1998), αυτές οι μετρήσεις πρέπει να χρησιμοποιηθούν ορθά με στόχο να αναδείξουν ευκαιρίες για βελτίωση, να εντοπίσουν προβλήματα, να βοηθήσουν στην εξεύρεση λύσεων και όχι να αξιολογήσουν την απόδοση του προσωπικού ή απλά να δικαιολογούν την άριστη λειτουργία του εργοστασίου.

Κάποια από τα θέματα που πρέπει να απασχολήσουν για την επιλογή και εφαρμογή των μετρήσεων επίδοσης είναι:

1. Πολλά δεδομένα και πολύ λίγες πληροφορίες: Με τα σύγχρονα υπολογιστικά προγράμματα η συλλογή δεδομένων είναι σχετικά εύκολη, στο σημείο όμως που πρέπει να δοθεί προσοχή είναι στη σωστή διαλογή των δεδομένων που δίνουν χρήσιμες πληροφορίες (Charnes, Clark, Cooper and Golany 1984).
2. Ο αριθμός των δεικτών επίδοσης, η ιδιοκτησία τους και οι πλευρές που θα καλύψουν: Ο αριθμός και οι δείκτες που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε λειτουργική περιοχή ή τμήμα πρέπει να εστιαστούν μόνο σε ζητήματα κλειδιά ή κρίσιμους παράγοντες ώστε να μην πλεονάζουν. Επίσης, πρέπει να είναι ξεκάθαροι σε πιο σημείο αναφέρονται και ποιες είναι οι αρμοδιότητες που σχετίζονται με κάθε δείκτη.
3. Οι στόχοι και οι μετρήσεις: Είναι σύνηθες το κάθε τμήμα σε έναν οργανισμό να έχει τους δικούς του στόχους σχετικά με τη συντήρηση του εξοπλισμού του. Ο σκοπός της ύπαρξης κεντρικών στόχων είναι να εξασφαλιστεί ότι οι προσπάθειες όλων των τμημάτων είναι εναρμονισμένες με τις ανάγκες συνολικά του οργανισμού (Gelders et al., 1994).
4. Χρονική υστέρηση μεταξύ της δράσης και της παρακολούθησης των αποτελεσμάτων: Πολλές φορές μπορεί να υπάρχει καθυστέρηση μεταξύ μια αλλαγής σε μια πολιτική και την εμφάνιση ουσιαστικών αποτελεσμάτων που σχετίζονται με την αλλαγή αυτή. Μια άλλη καθυστέρηση μπορεί να υπάρχει μεταξύ της μέτρησης και εμφάνισης των αποτελεσμάτων. Οπότε κατά την εγκατάσταση κάποιων δεικτών επίδοσης πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι κάποιιοι από αυτούς είναι πιο αργοί στην ανάδειξη των αποτελεσμάτων (Kumar et al., 2013)
5. Το κόστος και οι λόγοι για τη συλλογή δεδομένων: Η επιτυχία της κάθε μέτρησης εξαρτάται άμεσα από τη μέθοδο και ποιότητα των δεδομένων. Τα

φτωχά ή λάθος δεδομένα θα δώσουν μικρή αξία στο σύστημα αναφοράς. Η εμπλοκή του ανθρώπινου παράγοντα στη συλλογή δεδομένων μπορεί να αυξήσει σημαντικά την αξιοπιστία της μέτρησης λόγω της αίσθησης της ιδιοκτησίας και υπευθυνότητας. Αλλά εάν τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιηθούν εις βάρος του προσωπικού μπορεί να έχουν εντελώς αντίθετα αποτελέσματα.

2.2.3. Τύποι δεικτών

Μέτρηση είναι η απόδοση αριθμητικών τιμών σε ιδιότητες ή χαρακτηριστικά. Στόχος της μέτρησης είναι η ποσοτικοποίηση μιας κατάστασης ή η κατανόηση της επίδρασης των πραγμάτων τα οποία παρατηρούνται (Kumar et al., 2013). Οι δείκτες επίδοσης (ΔΕ) χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν την επίδοση κάθε διαδικασίας ή συστήματος. Ένας δείκτης επίδοσης είναι προϊόν από αρκετές μετρήσεις. Όταν χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της επίδοσης της συντήρησης σε μία περιοχή ή δραστηριότητα, ονομάζεται δείκτης επίδοσης της συντήρησης (ΔΕΣ) (Wireman, 1998). Οι ΔΕ χρησιμοποιούνται για να βρεθούν τρόποι να μειωθούν οι κενοί χρόνοι, το κόστος και τα κατάλοιπα, βοηθούν την αποτελεσματική λειτουργία και βελτιώνουν τη λειτουργική δυναμικότητα. Ένας ΔΕ συγκρίνει τις πραγματικές συνθήκες με μια συγκεκριμένη ομάδα πρότυπων συνθηκών, μετράει την απόσταση μεταξύ της σημερινής κατάστασης και της επιθυμητής κατάστασης (στόχος). Υπάρχει μία μεγάλη λίστα από ΔΕ οι οποίοι επιλέγονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τους στρατηγικούς στόχους του κάθε οργανισμού.

Οι ΔΕ μπορούν γενικά να κατηγοριοποιηθούν ως καθοδηγητικοί ή δείκτες υστέρησης. Ένας καθοδηγητικός δείκτης προειδοποιεί για τη μη επίτευξη του στόχου πριν παρουσιαστεί το πρόβλημα. Επίσης, λειτουργεί ως ένας οδηγός επίδοσης και ειδοποιεί τον επικεφαλής της οργανωσιακής μονάδας να εξακριβώσει την παρούσα κατάσταση συγκριτικά με την κατάσταση αναφοράς. Οι απαλοί (soft) ή αντιλαμβανόμενοι δείκτες όπως ο βαθμός ικανοποίησης των λοιπών ενδιαφερόμενων μερών ή η δέσμευση των εργαζομένων είναι συνήθως καθοδηγητικοί δείκτες, διότι έχουν υψηλή προγνωστική ικανότητα της οικονομικής επίδοσης του οργανισμού (Case, 1998). Ένας δείκτης υστέρησης φυσιολογικά αλλάζει κατεύθυνση όταν αλλάξει η οικονομική κατάσταση. Οι δείκτες υστέρησης δεν έχουν καμία προβλεπτική ικανότητα και υποδεικνύουν μία κατάσταση αφού η απόδοση έχει καταγραφεί. Κάποια παραδείγματα δεικτών υστέρησης μπορεί να είναι η απόδοση μιας επένδυσης (the return on investment , ROI) ή το κόστος συντήρησης ανά μονάδα. Με τη δημιουργία μιας σύνδεσης μεταξύ καθοδηγητικών δεικτών και δεικτών υστέρησης μπορεί να τεθεί υπό έλεγχο μία διεργασία. Επίσης η δείκτες πρέπει να επιλεγούν σύμφωνα με την εκάστοτε στρατηγική συντήρησης (Kumar et al.,2013).

Οι διαφορές στην πολυπλοκότητα που μπορεί να έχουν οι διάφοροι δείκτες τους διαχωρίζουν σε σκληρούς (hard) και μαλακούς (soft). Οι μαλακοί δείκτες χαρακτηρίζονται από την υψηλή τους πολυπλοκότητα και τον υποκειμενικό τρόπο μέτρησης ενώ οι σκληροί δείκτες χαρακτηρίζονται από χαμηλή πολυπλοκότητα και

σχετικά εύκολο τρόπο μέτρησης. Κάποιοι σκληροί δείκτες θα μπορούσαν να μετράνε κόστος ή χρόνο, οι δύο αυτές ποσότητες είναι σχετικά εύκολες να μετρηθούν, ενώ παράγοντες όπως η επάρκεια των συνεργείων επισκευής είναι ειδικά ευαίσθητοι και πρέπει να μετρηθούν με πιο περίπλοκες και υποκειμενικές μεθόδους, για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως μαλακοί δείκτες. Οι σκληροί δείκτες συμπεριλαμβάνουν μετρήσεις που προέρχονται από την ανάλυση δεδομένων από απλές βάσεις δεδομένων όπως εκείνες που προκύπτουν από το ηλεκτρονικό σύστημα συντήρησης του οργανισμού και βάσεις δεδομένων του σχεδιασμού των πόρων. Κάποια παραδείγματα σκληρών δεικτών θα ήταν:

- ✓ Ο βαθμός απουσιών
- ✓ Οι εντολές αγορών
- ✓ Η κατανάλωση ενέργειας ανά περιοχή

Πολλοί μαλακοί δείκτες πιθανώς να έχουν υψηλό ενδιαφέρον αλλά μπορούν να αποδειχθούν προβληματικοί λόγω της απουσίας αντικειμενικότητας και υψηλής αξιοπιστίας. Σε αυτήν την κατηγορία συνήθως βρίσκονται όλοι οι δείκτες που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα, όπως η επίδραση της εκπαίδευσης στην ποιότητα των επισκευών ή ο απαιτούμενος χρόνος για διάγνωση και βελτίωση.

Οπότε γενικά η επιλογή των μετρήσεων και των δεικτών που προέρχονται από αυτές πρέπει να είναι εξαρτώμενη από την προσβασιμότητα και την αξιοπιστία των πηγών, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν μαλακοί δείκτες οι οποίοι επηρεάζονται από τον ανθρώπινο παράγοντα. Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί πως δύο είναι ουσιαστικά οι παράγοντες που συμμετέχουν στη Μέτρηση της Επίδοσης Συντήρησης (ΜΕΣ), οι άνθρωποι και τα μαθηματικά μοντέλα. Οι άνθρωποι παρέχουν πληροφορίες στην επιχείρηση σχετικά με το ηθικό, την εκπαίδευση, τις δεξιότητες κ.ά., ενώ τα μαθηματικά μοντέλα παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα σχετικά με το χρόνο και το κόστος. Ο συνδυασμός των δύο οδηγεί στην επίτευξη των τριών στόχων της αριστείας: αποδοτικότητα, αποτελεσματικότητα και συμμετοχή του προσωπικού (Katsllometes, 2004).

Στη βιβλιογραφία έχουν αναγνωριστεί διαφορετικές κατηγορίες μετρήσεων και δείκτες για την ΜΕΣ. Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (TPM) (Nakajima, 1988) παρέχει μία ποσοτικοποιημένη μέτρηση που ονομάζεται ολική απόδοση του εξοπλισμού (overall equipment effectiveness, OEE) για τη μέτρηση της παραγωγικότητας του εξοπλισμού παραγωγής. Οι Arts et al.(1998), χρησιμοποίησαν το χρονικό ορίζοντα για να κατηγοριοποιήσουν τον έλεγχο της συντήρησης και τους δείκτες επίδοσης σε τρία επίπεδα:

1. Το στρατηγικό
2. Το τακτικό
3. Το λειτουργικό

Κάποιοι δείκτες που προτάθηκαν για το λειτουργικό επίπεδο είναι:

- ✓ Προγραμματισμένες ώρες εργασίας προς δεδουλευμένες ώρες
- ✓ Προγραμματισμένες εντολές εργασίας προς τις εντολές που έχουν εκτελεστεί
- ✓ Ώρες προληπτικής συντήρησης προς συνολικές ώρες συντήρησης

Οι *Parida & Chattopadhyay (2007)*, πρότειναν ένα πολύ-κριτηριακό ιεραρχικό πλαίσιο για την ΜΕΣ το οποίο θα περιλαμβάνει πολύ-κριτηριακούς δείκτες για κάθε επίπεδο διοίκησης. Βάσει αυτού του διαχωρισμού θα μπορούσαν να οριστούν τρία επίπεδα διοίκησης το στρατηγικό, το τακτικό και το λειτουργικό. Τέλος το κάθε επίπεδο να συνδεθεί με συγκεκριμένους πολύ-κριτηριακούς δείκτες. Αυτοί οι δείκτες κατηγοριοποιούνται ως:

- ✓ Σχετικοί με τον εξοπλισμό/διεργασίες
- ✓ Σχετικοί με το κόστος
- ✓ Σχετικοί με τις εργασίες συντήρησης
- ✓ Σχετικοί με τον πελάτη, την εργασιακή ικανοποίηση, την υγεία, την ασφάλεια και το περιβάλλον

Ο *Campbell (1995)*, κατηγοριοποίησε τους πιο κοινούς δείκτες επίδοσης της συντήρησης σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την εστίασή τους. Όπως δείκτες που εστιάζουν:

- ✓ Στην απόδοση του εξοπλισμού
- ✓ Στη μέτρηση του κόστους
- ✓ Στη μέτρηση των διεργασιών

Οι *Weber and Thomas (2006)*, πρότειναν 26 κρίσιμους δείκτες επίδοσης συντήρησης οι οποίοι εκπίπτουν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τους καθοδηγητικούς δείκτες και τους δείκτες υστέρησης.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι βάσει της βιβλιογραφίας οι δείκτες συντήρησης χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τους καθοδηγητικούς δείκτες οι οποίοι σχετίζονται με τις διεργασίες συντήρησης και τους δείκτες υστέρησης που σχετίζονται με τα αποτελέσματα της συντήρησης. Οι καθοδηγητικοί δείκτες μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες που σχετίζονται με:

- ✓ τον προσδιορισμό εργασίας
- ✓ τον προγραμματισμό και σχεδιασμό της εργασίας
- ✓ την εκτέλεση της εργασίας

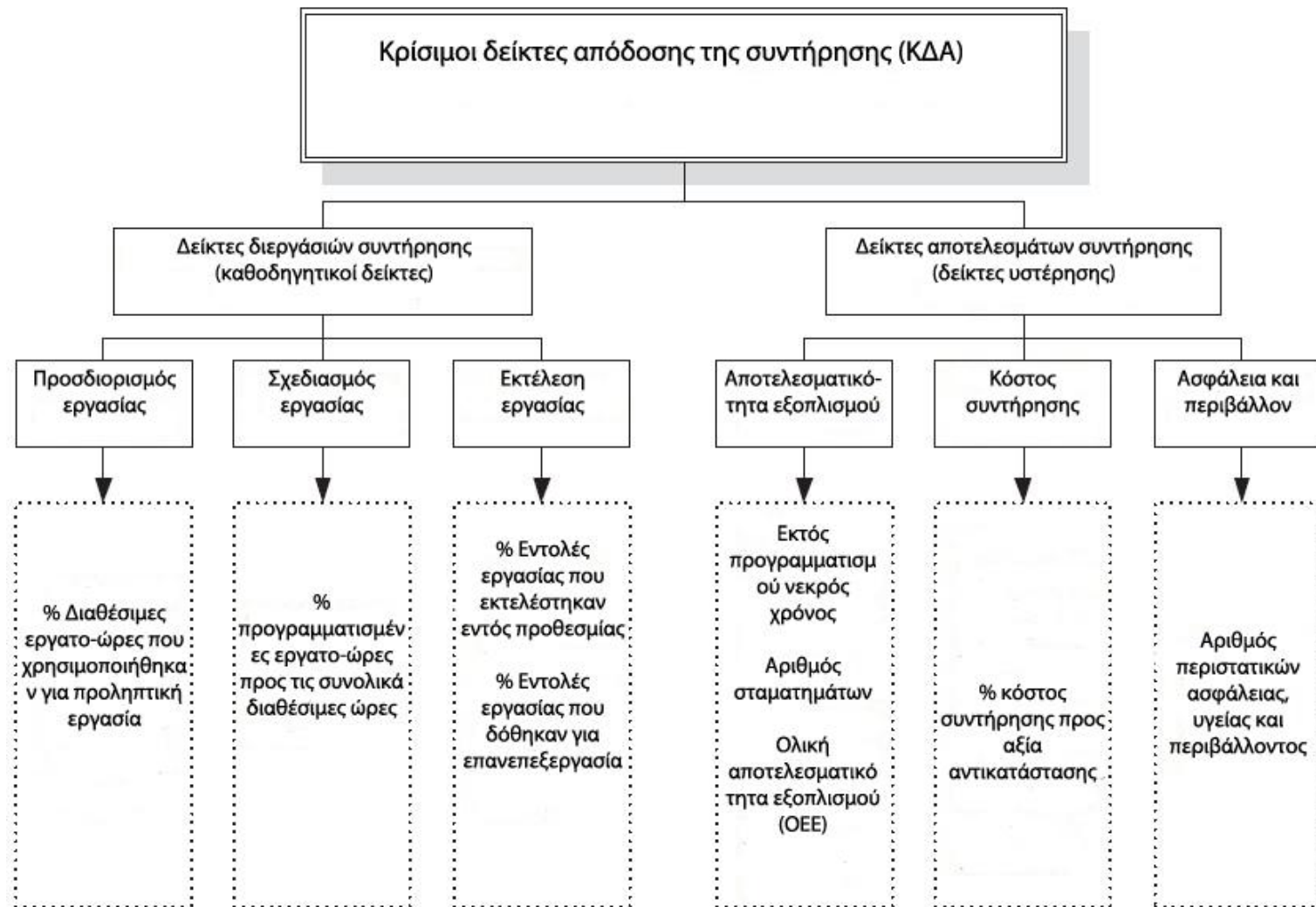
ενώ οι δείκτες υστέρησης χωρίζονται σε άλλες τρεις κατηγορίες που σχετίζονται με:

- ✓ την επίδοση του εξοπλισμού
- ✓ το κόστος συντήρησης
- ✓ την ασφάλεια και το περιβάλλον

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση φαίνεται στο σχήμα της εικόνας 14 παρακάτω.

2.2.4. Δείκτες επίδοσης του TPM

Η επιτυχής εφαρμογή του TPM και η αποτελεσματικότητα των εφαρμοζόμενων προγραμμάτων προς αυτήν την κατεύθυνση μπορεί να αξιολογηθεί μέσω της θέσπισης στρατηγικών δεικτών επίδοσης. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται κάποιοι ευρέως διαδεδομένοι δείκτες επίδοσης οι οποίοι σχετίζονται με την αξιολόγηση και βελτίωση της εφαρμογής των προγραμμάτων TPM. Τα αποτελέσματα επίδοσης των προγραμμάτων TPM θα πρέπει να διερευνηθούν ρεαλιστικά και να μοιραστούν με το προσωπικό, έτσι ώστε να βελτιωθεί η ικανοποίηση των εργαζομένων, τα κίνητρα και να ενισχυθεί η συμμετοχή τους (*Ahuja, J.S. Khamba, 2008b*).



Εικόνα 14: Κατηγοριοποίηση κρίσιμων δεικτών επίδοσης κατά τη βιβλιογραφία. Πηγή: (Kumar et al. 2013)

<u>Περιοχή TPM</u>	<u>Δείκτης επίδοσης (μέτρηση)</u>
Αυτόνομη συντήρηση	Αστοχίες- σταματήματα (Αριθμός) Υπερχειλίσεις προϊόντων (Τίποτα στο δάπεδο) Αριθμός στεγνών μηχανών (Αριθμός μηδενικών διαρροών) Ελαττώματα αποκαταστάθηκαν (Λευκές ετικέτες που απομακρύνθηκαν) Περιοδικές συναντήσεις (Αριθμός)
	Ολική αποτελεσματικότητα εξοπλισμού (OEE %) Παραγωγή ανά βάρδια Παραγωγικότητα προσωπικού (Ποσότητα/αρ. προσωπικού) (Αριθμός) Κόστος παραγωγής (Άμεσο) Συνολική απώλεια χρόνου (Ώρες)
Εστιασμένη βελτίωση	Αριθμός μη αναμενόμενων βλαβών (Αριθμός) Επαναλαμβανόμενα σταματήματα (Αριθμός) Αστοχίες εξοπλισμού λόγω φτωχής προγραμματισμένης συντήρησης (Αριθμός) Αστοχίες εξοπλισμού λόγω κακού σχεδιασμού (Αριθμός) Αστοχίες εξοπλισμού λόγω φτωχής ποιότητας αναλωσίμων (Αριθμός) Αστοχίες εξοπλισμού λόγω έλλειψης δεξιοτήτων/εκπαίδευσης (Αριθμός) Μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών (Ώρες) Μέσος χρόνος αποκατάστασης της βλάβης (Ώρες) Μηχανές που ελέγχονται μέσω προληπτικής συντήρησης (Αριθμός) Κόκκινες ετικέτες που αφαιρέθηκαν συνολικά (Αριθμός)
	Ποιοτικές αστοχίες διεργασιών Αξία των ποιοτικών διεργασιών αστοχιών Ποσότητα επανεπεξεργασμένων αστοχιών Αξία επανεπεξεργασμένων αστοχιών Παράπονα πελατών (Αριθμός) Προϊόντα με μηδενικές αστοχίες (Αριθμός) Διορθωτικές ενέργειες που εφαρμόστηκαν (Αριθμός)
Προγραμματισμένη συντήρηση	Διατηρήσιμα αρχεία (Αριθμός) Χρόνος ανάκτησης του εγγράφου (Δευτερόλεπτα) Μείωση ανθρωποωρών (Ανθρωποώρες) Έμμεσο απασχολούμενο προσωπικό (Αριθμός) Μείωση κόστους διαχείρισης Αναλύσεις εργασίας που πραγματοποιήθηκαν (Αριθμός) Απογραφή αναλωσίμων Χρόνος αναμονής υλικών Μείωση κόστους αγορών
	Βελτίωση ποιότητας	Γραφείο TPM

Ασφάλεια, υγιεινή και περιβάλλον	Ατυχήματα:
	Συνολικά ατυχήματα (Αριθμός)
	Μεγάλης σημασίας/μικρής σημασίας ατυχήματα (Αριθμός)
	Ατυχήματα λόγω ελλιπούς εκπαίδευσης (Αριθμός)
	Ατυχήματα με σταμάτημα του εργοστασίου (Αριθμός)
	Ατυχήματα χωρίς σταμάτημα του εργοστασίου (Αριθμός)
	Προληπτικές ενέργειες:
	Αναγνώριση μη ασφαλών ενεργειών (Αριθμός)
	Μη ασφαλείς ενέργειες που τροποποιήθηκαν σε ασφαλείς (Αριθμός)
	Μη ασφαλείς περιοχές που εντοπίστηκαν (Αριθμός)
Περιοχές με επίπεδο θορύβου > 80dB (Αριθμός)	
Περιοχές όπου το επίπεδο θορύβου μειώθηκε σε < 80 dB (Αριθμός)	
Μόλυνση:	
Απομάκρυνση στερεών αποβλήτων μετά την επεξεργασία (Τόνοι)	
Απομάκρυνση υγρών αποβλήτων μετά την επεξεργασία (χιλ. Λίτρα)	
Συμμετοχή εργαζομένων:	
Προτάσεις ασφαλείας που έχουν ληφθεί (Αριθμός)	
Προτάσεις ασφαλείας που έχουν εφαρμοστεί (Αριθμός)	
Διαχείριση της ανάπτυξης	Πρόληψη αστοχιών (Αριθμός)
	Κατανάλωση καυσίμων / ενέργειας (Αριθμός)
	Ρυθμός αύξησης αυτοματοποίησης εξοπλισμού (Αριθμός)
	Περίοδος ανάπτυξης νέου προϊόντος (Μέρες)
Συνολική οργανωσιακή επίδοση	Δείκτης γενικής ρευστότητας
	Μερίδιο της αγοράς (%)
	Κόστος ανά μονάδα προϊόντος
	Ποσοστό αξιοποίησης των εγκαταστάσεων (%)
	Βαθμός αλλαγής του προσωπικού
	Απόδοση των ιδίων κεφαλαίων
	Απόδοση επί των καθαρών περιουσιακών στοιχείων
	Καθαρά λειτουργικά κέρδη

Πίνακας 1: Δείκτες επίδοσης TPM. Πηγή: (Ahuja, J.S. Khamba, 2008)

2.3. Βιβλιογραφία - Κεφάλαιο 2

York P. Freund, "Critical success factors", **Strategy & Leadership**, Vol. 16, Iss. 4, 1988, p.p. 20 – 23.

Bamber, C. J., Sharp, J. M. & Hides, M. , "Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: a UK manufacturing case study perspective", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 5, No. 3, 1999, pp. 162-81.

Davis, R., & Willmott, P., *Total Productive Maintenance*, Asset Maintenance Management, Alden Press, Oxford, 1999.

Ahuja, I.P.S. & Khamba J.S., "*Strategies and success factors for overcoming challenges in TPM implementation in Indian manufacturing industry*", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 14 Iss: 2, 2008b, pp.123 – 147.

Senge, P.M. "*The leader's new work: building learning organizations*", **Sloan Management Review**, Vol. 32, No. 1, 1990, pp. 7-23.

Bourgeois, L. and Eisenhardt, K., "*Strategic decision processes in high velocity environments: four cases in the microcomputer industry*", **Management Science**, Vol. 34, No. 7, 1988, pp. 816-35.

Hoffman, R.C., and Hagerty, H., "*Top management influence on innovation: effects of executive characteristics and social culture*", **Journal of Management**, Vol. 19, No. 3, 1994, pp. 549-74.

Sanjay, L. Ahire & O'Shaughnessy, K.C., "*The role of top management commitment in quality management: an empirical analysis of the auto parts industry*", **International Journal of Quality Science**, Vol. 3, Iss: 1, 1998, pp.5 – 37.

Anderson, J.C., Rungtusanatham, M., Schroeder, R.G. and Devaraj, S., "*A path analytic model of a theory of total quality management underlying the Deming management method: preliminary empirical findings*", **Decision Sciences**, Vol. 26, No. 5, 1995, pp. 637-58.

Flynn, B., Schroeder, R. and Sakakibara, S. "*The impact of quality management practices on performance and competitive advantage*", **Decision Sciences**, Vol. 26, No. 5, 1995, pp. 659-91.

Dinesh, Seth and Deepak Tripathi, "*Relationship between TQM and TPM implementation factors and business performance of manufacturing industry in Indian context*", **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 22, Iss: 3, 2005, pp. 256 - 277.

Ahuja, I.P.S. & Khamba J.S., "*Strategies and success factors for overcoming challenges in TPM implementation in Indian manufacturing industry*", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 14 Iss: 2, 2008b, pp.123 – 147

Ahuja, I.P.S. & Khamba J.S. ο.π.

BSI, *BS 3811: Glossary of Maintenance Management Terms in Terotechnology*, British Standard Institution (BSI), London, 1984.

Maintenance Engineering Society of Australia (MESA), "*Maintenance Engineering Society of Australia Capability Assurance: A Generic Model of Maintenance*", MESA, (1995).

Tsang, A.H.C., Jardine, A.K.S. and Kolodny, H., “*Measuring maintenance performance: a holistic approach*”, **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 19, No. 7, 1999, pp. 691-715.

Kelly, A., *Maintenance and its Management*, Conference Communication, Monks Hill, Surrey, 1989.

Visser, J.K. and Pretorius, M.W., “*The development of a performance measurement system for maintenance*”, **SA Journal of Industrial Engineering**, Vol. 4, No. 1, 2003, pp. 83-97.

Kumar Uday, Diego Galar, Aditya Parida, Christer Stenström, Luis Berges, “*Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review*”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 19, Iss: 3, 2013, pp.233 – 277

Dekker, R., “*Applications of maintenance optimization models: a review and analysis*”, **Reliability Engineering & System Safety**, Vol. 51, No. 3, 1996, pp. 229-240.

Tsang, A.H.C., “*Strategic dimensions of maintenance management*”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 8, No. 1, 2002, pp. 7-39.

Parida, A. and Chattopadhyay, G., “*Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM)*”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 13, No. 3, 2007, pp. 241-258.

Parida, A. and Kumar, U., “*Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges*”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 3, No. 12, 2006, pp. 239-251.

Wireman, T., *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*, Industrial Press, New York, NY, 1998.

Charnes, A., Clark, C.T., Cooper, W.W. and Golany, B., “*A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the US air forces*”, **Annals of Operations Research**, Vol. 2, No. 1, 1984, pp. 95-112.

Gelders L, Mannaerts P. & Maes J, “*Manufacturing strategy, performance indicators and improvement programmes*”, **International Journal of Production Research**, Vol. 32, iss: 4, pp. 797-805.

Kumar Uday, Diego Galar, Aditya Parida, Christer Stenström, Luis Berges, “*Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review*”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 19, Iss: 3, 2013, pp.233 – 277.

Kumar Uday, Diego Galar, Aditya Parida, Christer Stenström, Luis Berges ο.π.

Wireman, T. ο.π.

Case, J., “*Using measurement to boost your unit’s performance*”, **Harvard Management Update**, Vol. 3, No. 10, 1998, pp. 1-4.

Kumar Uday, Diego Galar, Aditya Parida, Christer Stenström, Luis Berges ο.π.

Katslometes, J., *“How good is my maintenance program?”*, **Plant Operators Forum**, Denver, CO, 2004.

Nakajima, S., *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*, Productivity Press Inc. New York, NY, 1988.

Arts, R.H.P.M., Knapp, G.M. and Mann, L., *“Some aspects of measuring maintenance performance in the process industry”*, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 4, No. 1, 1998, pp. 6-11.

Parida, A. and Chattopadhyay, G., *“Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM)”*, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 13, No. 3, 2007, pp. 241-258.

Campbell, J.D., *Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management*, Productivity Press, New York, NY, VJUF, 1995.

Weber, A. and Thomas, R., *Key Performance Indicators: Measuring and Managing the Maintenance Function*, Ivra Corporation, Ontario, 2006.

Ahuja, I.P.S. & Khamba J.S. ο.π.

Κεφάλαιο 3

3.1. Βραβείο TPM

Το βραβείο αριστείας TPM απονέμεται από το Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM). Το JIPM είναι μία μη κερδοσκοπική οργάνωση η οποία έχει ως αποστολή «την προώθηση ασφαλών και αξιόπιστων δραστηριοτήτων παραγωγής και συντήρησης καθώς και τη σταθεροποίηση και βελτίωση της ποιότητας στον κόσμο της βιομηχανίας, με την υποστήριξη σε θέματα επίλυσης προβλημάτων για την ενδυνάμωση της παραγωγικότητας, της διαχείρισης της τεχνολογίας του εξοπλισμού και της τεχνολογίας συντήρησης».

Το βραβείο μπορεί να απονεμηθεί σε εταιρίες οι οποίες έχουν εφαρμόσει το TPM τουλάχιστον τρία χρόνια και έχουν περάσει επιτυχώς από μία προκαταρκτική επιθεώρηση. Οι εταιρίες εντάσσονται σε μία κατηγορία Α ή Β ανάλογα με τον αριθμό των υπαλλήλων που απασχολούν (Category A > 500 employees, Category B < 500 employees). Το βραβείο απονέμεται σε διαφορετικά επίπεδα ανάλογα με την ωριμότητα εφαρμογής του TPM στον οργανισμό και τα οφέλη που έχει αποκομίσει από την εφαρμογή του. Τα επίπεδα αυτά είναι:

1. Βραβείο Αριστείας TPM (κατηγορία Β)
2. Βραβείο Αριστείας TPM (κατηγορία Α)
3. Βραβείο Αριστείας για τη συνεπή δέσμευση στο TPM
4. Ειδικό βραβείο Επιτευγμάτων TPM
5. Ανώτερο βραβείο για την εφαρμογή TPM
6. Βραβείο παγκόσμιας εμβέλειας TPM

3.2. Σχετικά με το JIPM

3.2.1. Αποστολή

Αποστολή του JIPM είναι να προωθεί ασφαλείς, σίγουρες και αξιόπιστες δραστηριότητες παραγωγής και συντήρησης, στον κόσμο της βιομηχανίας, ενώ παράλληλα φροντίζει για τη σταθεροποίηση και τη βελτίωση της ποιότητας, μέσω υποστήριξης για την επίλυση προβλημάτων. Τα προβλήματα αυτά σχετίζονται με την ενίσχυση της παραγωγικότητας, τη διαχείριση τεχνολογικών εξοπλισμών και τη διατήρηση τεχνολογιών και δεξιοτήτων.

3.2.2. Ιστορία

Η ιστορία του JIPM ξεκινά το 1961 στην Ιαπωνία με την ίδρυση της Επιτροπής Συντήρησης Εργοστασίων από το σύλλογο μάνατζμεντ της Ιαπωνίας (JMA- Japan Management Association). Τρία χρόνια αργότερα εδραιώθηκε ένα σύστημα για την απονομή βραβείων Συντήρησης Εργοστασίων, γνωστά ως PM Awards. Το 1969, το τμήμα Συντήρησης Εργοστασίων διαλύεται και εγκαθίσταται το Ιαπωνικό Ινστιτούτο Μηχανικών Εργοστασίου. Δύο χρόνια από την εδραίωσή του διακηρύσσεται η έννοια της συντήρησης των εργοστασίων με ολική συμμετοχή (Total productive maintenance - TPM). Μία δεκαετία αργότερα το 1981, ξεκινά το «Ιαπωνικό Ινστιτούτο Συντήρησης Εργοστασίων» (JIPM), ως φιλανθρωπικό σωματείο, κατόπιν έγκρισης του Υπουργείου Διεθνούς Εμπορίου και Βιομηχανίας. Ο ορισμός του TPM αναθεωρείται το 1989, δημιουργώντας μία εταιρεία ευρείας δέσμευσης στην αριστεία της παραγωγής. Το ίδιο έτος ιδρύεται η Εταιρεία Μηχανικών των Εργοστασίων Ιαπωνίας. Ακολουθεί ο Ιαπωνικός Σύλλογος Εργολαβικών Συντηρήσεων και Υπηρεσιών το 1990. Το 2005 η εταιρεία JIPM Solutions διαχωρίζεται και μετατοπίζεται από την JIPM ως εταιρεία επιδίωξης κέρδους. Η JIPM εγκρίθηκε το 2012 ως ανώνυμη εταιρεία δημόσιου συμφέροντος από τον πρωθυπουργό της χώρας (*Japan Institute of Plant Maintenance*).

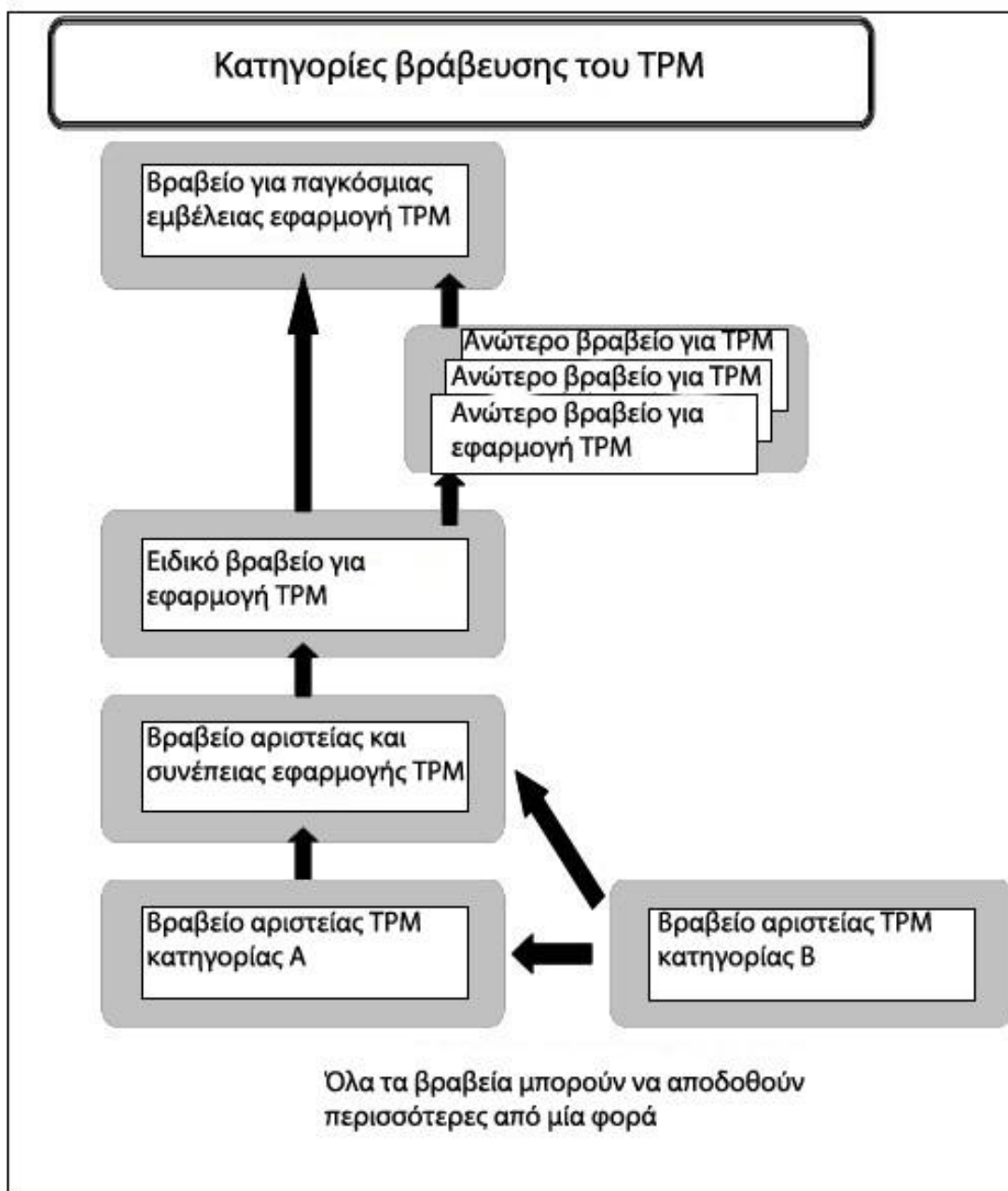
3.2.3. Στόχοι JIPM

Στόχοι του JIPM είναι:

- ✓ Η έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα των τεχνολογιών παραγωγής
- ✓ Η συλλογή και διάδοση των πληροφοριών και υλικών σχετικά με τις τεχνολογίες παραγωγής
- ✓ Η πιστοποίηση δεξιοτήτων για παραγωγικές δραστηριότητες
- ✓ Η ανταλλαγή πληροφοριών με διάφορους οργανισμούς, τόσο στην Ιαπωνία όσο και στο εξωτερικό, σχετικά με τις τεχνολογίες TPM
- ✓ Η παρουσίαση βραβείων επιτεύγματος και αποτελεσματικής εφαρμογής σε μεθοδολογία TPM (TPM Excellence Awards)

3.3. Διαδικασία βράβευσης/ πιστοποίησης με TPM Excellent Awards εκτός Ιαπωνίας

Η ίδρυση των TPM Awards το 1964 είχε ως σκοπό την ενθάρρυνση της ανάπτυξης της μεταποιητικής βιομηχανίας επιβραβεύοντας τα εργοστάσια που εμφάνιζαν αξιοσημείωτο επίτευγμα στη συντήρηση των εργοστασίων. Στο χρονικό διάστημα αυτό περίπου 3.000 μονάδες έχουν λάβει βραβείο TPM στην Ιαπωνία αλλά και εκτός Ιαπωνίας.



Εικόνα 15: Περιγραφή των επιπέδων του Βραβείου Αριστείας TPM. Πηγή: Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)

Το JIPM, κατόπιν της αλλαγής στη δομή του το 2012 από νομικό πρόσωπο δημοσίου συμφέροντος υπό τον έλεγχο του υπουργείου Οικονομίας, Εμπορίου και Βιομηχανίας σε ανώνυμη εταιρεία, για τα TPM Awards 2013 και για όσα υπόλοιπα ακολουθήσουν αποδέχεται τις αιτήσεις των υποψήφιων οργανισμών για αξιολόγηση άμεσα.

Για την υποβολή αιτήσεων για συμμετοχή σε επιχειρήσεις και εργοστάσια εκτός Ιαπωνίας, τα TPM Awards έχουν πιστοποιήσει από το 2007 οργανισμούς αξιολόγησης

με τη συνεργασία των οποίων εφαρμόζονται τα βραβεία TPM και οι οποίοι έχουν εξουσιοδοτηθεί να αναλάβουν τη διεξαγωγή της αξιολόγησης, σύμφωνα με τα κριτήρια αξιολόγησης του JIPM. Οι πιστοποιημένοι οργανισμοί αξιολογούν τους υποψήφιους για τα βραβεία TPM, αναφορικά με το πρώτο και το δεύτερο στάδιο αξιολόγησης, ενώ η επιτροπή κρατικών βραβείων του JIPM αναλαμβάνει την τελική έγκριση. Οι επιχειρήσεις και τα εργοστάσια που επιθυμούν να συμμετέχουν θα πρέπει να συμβουλευτούν τους συγκεκριμένους πιστοποιημένους οργανισμούς αξιολόγησης. Είναι μόλις 6 παγκοσμίως και είναι οι ακόλουθοι:

Πιστοποιημένος οργανισμός αξιολόγησης	Τοποθεσία
Korean Standards Association	Νότια Κορέα
Corporate Synergy Development Center	Ταϊβάν
Technology Promotion Association	Ταϊλάνδη
Confederation of Indian Industry	Ινδία
SMMT Industry Forum	Ηνωμένο Βασίλειο
Centre of Excellence for TPM	Γερμανία

Πηγή: <http://www.jipm.or.jp/>

Στη λίστα των νικητών εκτός Ιαπωνίας, των TPM Awards στις διάφορες κατηγορίες, βρίσκονται επιχειρήσεις από όλον τον κόσμο. Ενδεικτικά τα τελευταία 2 έτη (2012 & 2013):

- ✓ Unilever Manufacturing Incorporated UMI - Jefferson City - ΗΠΑ
- ✓ Tetra Pak Inventing AB – Σουηδία
- ✓ C.S. ALUMINIUM CORPORATION - Ταϊβάν
- ✓ Wm. Wrigley Jr. Company Wrigley Gainesville Factory - ΗΠΑ
- ✓ AREVA SA MELOX PLANT - Γαλλία
- ✓ Gambro Dialysatoren GmbH Dialyzer Plant Hechingen - Γερμανία
- ✓ Unilever Algida Corlu Ice Cream Factory - Τουρκία
- ✓ ZAO Tetra Pak Tetra Pak Moscow Converting Factory - Ρωσία
- ✓ Toshiba Information Equipment (Philippines) Incorporated LTI Site - Φιλιππίνες

Πηγή: (Japan Institute of Plant Maintenance)

3.4. Προϋποθέσεις και απαιτήσεις συμμετοχής

Τα εργοστάσια και οι βιομηχανίες που έχουν εισάγει τη μεθοδολογία TPM και έχουν υποδείξει αξιολογικό επίτευγμα, δικαιούνται να υποβάλλουν αίτηση. Υπάρχουν 6 κατηγορίες βραβείων οι οποίες απαιτούν διαφορετικές προϋποθέσεις. Ειδικότερα, όπως περιγράφονται από το Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM):

1. Βραβείο Αριστείας για TPM, Κατηγορία Β

- ✓ Απαιτούνται τουλάχιστον 2 ή περισσότερα έτη δραστηριότητας με επιτεύγματα κατόπιν της εισαγωγής του TPM
- ✓ Πρέπει να έχει αναπτυχθεί δραστηριότητα που βασίζεται σε 5 πυλώνες του TPM με επίκεντρο την περιοχή παραγωγής:
 - ατομική βελτίωση
 - αυτόνομη συντήρηση
 - προγραμματισμένη συντήρηση
 - εκπαίδευση και ανάπτυξη
 - ασφάλεια, υγιεινή και έλεγχο του περιβάλλοντος
- ✓ Πρέπει να έχει ολοκληρωθεί το βήμα 4 για τον άξονα της αυτόνομης συντήρησης (πίνακας 2)
- ✓ Πρέπει να έχει ολοκληρωθεί η ανάπτυξη των υποδομών για τη μεθοδολογία TPM με επιτεύγματα τόσο υλικά όσο και άυλα

2. Βραβείο Αριστείας για TPM, κατηγορία Α

Για το συγκεκριμένο βραβείο αριστείας ισχύουν όλες οι προϋποθέσεις της Β' κατηγορίας με τα ακόλουθα σημεία διαφοράς:

- ✓ Απαιτούνται τουλάχιστον 3 ή περισσότερα έτη δραστηριότητας με επιτεύγματα κατόπιν της εισαγωγής του TPM
- ✓ Πρέπει να έχει αναπτυχθεί δραστηριότητα που βασίζεται σε 8 πυλώνες του TPM από όλα τα μέλη του προσωπικού της βιομηχανίας ή του εργοστασίου.

Συγκεκριμένα στους 5 πυλώνες της πρώτης κατηγορίας προστίθενται ακόμη 3 (αρχική διαχείριση, συντήρηση ποιότητας, διοικητικές και εποπτικές υπηρεσίες).

3. Βραβείο Αριστείας για τη συνεπή δέσμευση στο TPM

- ✓ Πρέπει να έχει ληφθεί Βραβείο Αριστείας (κατηγορίας Α ή Β)
- ✓ Απαιτούνται τουλάχιστον 2 ή περισσότερα έτη δραστηριότητας με επιτεύγματα κατόπιν του Βραβείου Αριστείας
- ✓ Πρέπει να έχει αναπτυχθεί δραστηριότητα που βασίζεται στους 8 πυλώνες (όπως προαναφέρθηκαν) του TPM από όλα τα μέλη του προσωπικού της βιομηχανίας ή του εργοστασίου.
- ✓ Πρέπει να έχουν διατηρηθεί και να έχουν ενισχυθεί τα αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν κατά το χρόνο που ελήφθη το Βραβείο Αριστείας και να έχουν θεσπιστεί μέτρα για τη συντήρησή και διάρκειά τους

4. Ειδικό Βραβείο TPM Επιτεύγματος

- ✓ Πρέπει να έχει ληφθεί Βραβείο Αριστείας για τη Συνεπή TPM Δέσμευση
- ✓ Απαιτούνται τουλάχιστον 2 ή περισσότερα έτη δραστηριότητας με επιτεύγματα κατόπιν του Βραβείου για Συνεπή TPM Δέσμευση

- ✓ Πρέπει να έχει αναπτυχθεί δραστηριότητα που βασίζεται στους 8 πυλώνες (όπως προαναφέρθηκαν) του TPM από όλα τα μέλη του προσωπικού της βιομηχανίας ή του εργοστασίου.
- ✓ Πρέπει να έχουν διατηρηθεί και να έχουν ενισχυθεί τα αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν κατά το χρόνο που ελήφθη το Βραβείο για Συνεπή TPM Δέσμευση και να έχουν προχωρήσει σε ξεχωριστές και καινοτόμες προσεγγίσεις.

5. Ανώτερο βραβείο για την εφαρμογή TPM

- ✓ Πρέπει να έχει ληφθεί το Ειδικό Βραβείο TPM Επιτεύγματος και το Βραβείο Αριστείας για τη Συνεπή TPM Δέσμευση
- ✓ Πρέπει να έχει αναπτυχθεί, τουλάχιστον 2 ή περισσότερα έτη, κλιμακωτή δραστηριότητα βασισμένη στους 8 πυλώνες κατόπιν της λήψης του Ειδικού Βραβείου TPM Επιτεύγματος
- ✓ Επέκταση των δραστηριοτήτων TPM σε καθιέρωση νέων στοιχείων (π.χ. μείωση κόστους, διατήρηση ποιότητας) και παρουσίαση αποτελεσμάτων

6. Βραβείο παγκόσμιας εμβέλειας TPM

- ✓ Πρέπει να έχει αναπτυχθεί, τουλάχιστον 2 ή περισσότερα έτη, κλιμακωτή δραστηριότητα βασισμένη στους 8 πυλώνες κατόπιν της λήψης του Ανώτερου Ειδικού Βραβείου TPM Επιτεύγματος ή του Ειδικού Βραβείου TPM Επιτεύγματος
- ✓ Ανάπτυξη ιδιαίτερων και δημιουργικών δραστηριοτήτων και παρουσίαση αποτελεσμάτων

Βήμα	Κατάσταση μηχανολογικού εξοπλισμού
1	Αρχικό καθάρισμα
2	Αντίμετρα για τις περιοχές επιμόλυνσης και με δύσκολη πρόσβαση
3	Προετοιμασία αρχικών προτύπων αυτόνομης συντήρησης
4	Γενική επιθεώρηση
5	Αυτόνομη επιθεώρηση
6	Προτυποποίηση
7	Πλήρης εφαρμογή της αυτοδιαχείρισης

Πίνακας 2: Τα επτά βήματα της αυτόνομης συντήρησης. Πηγή: 2014 TPM Award Application

3.5. Αξιολόγηση του βραβείου

Η διαδικασία αξιολόγησης της επιχείρησης ομαδοποιείται σε δύο στάδια, το πρώτο και το δεύτερο. Οι βασικές αρχές αξιολόγησης του πρώτου σταδίου είναι:

- ✓ Αξιολόγηση της επιχείρησης από την επιτροπή αριστείας του TPM σε σχέση με την πλήρωση των κριτηρίων του βραβείου και των διαθέσιμων φύλλων ελέγχου.
- ✓ Η αξιολόγηση θα γίνει στις εγκαταστάσεις της υποψήφιας επιχείρησης.
- ✓ Ανάλογα με το μέγεθος και το περιεχόμενο της αξιολόγησης οι αξιολογητές θα είναι 2 έως 3 για τα βραβεία αριστείας TPM κατηγορίας A και B, το βραβείο αριστείας για τη συνεπή δέσμευση στο TPM και το ειδικό Βραβείο TPM επιτεύγματος, ενώ 3 έως 4 αξιολογητές θα είναι για το ανώτερο βραβείο για την εφαρμογή TPM και το βραβείο παγκόσμιας εμβέλειας TPM.
- ✓ Κατά την αξιολόγηση εκτός από τους παραπάνω αξιολογητές μπορεί να συμμετέχει και ένας βοηθός αξιολογητή.
- ✓ Κατά κανόνα η αξιολόγηση των τεσσάρων πρώτων κατηγοριών διαρκεί 1 ημέρα (αυτό μπορεί να αλλάξει ανάλογα με το μέγεθος της επιχείρησης)
- ✓ Η αξιολόγηση των 2 μεγάλων κατηγοριών (ανώτερο, παγκόσμιας εμβέλειας) διαρκεί 2 ημέρες ή και περισσότερες.

Κατά το πρώτο στάδιο θα γίνει αξιολόγηση της επιχείρησης σε σχέση με την πλήρωση των κριτηρίων του βραβείου και των διαθέσιμων φύλλων ελέγχου, των απτών και μη απτών αποτελεσμάτων του οργανισμού, το επίπεδο κατανόησης της μεθοδολογίας από τους προϊσταμένους και του υπεύθυνου προσωπικού για την προώθηση της μεθοδολογίας. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης θα ανακοινωθούν από τους αξιολογητές την ίδια μέρα της αξιολόγησης. Στην περίπτωση μη επιτυχούς αποτελέσματος στην επόμενη φάση, η υποψήφια επιχείρηση μπορεί να ξαναλάβει μέρος σε επόμενες χρονιές.

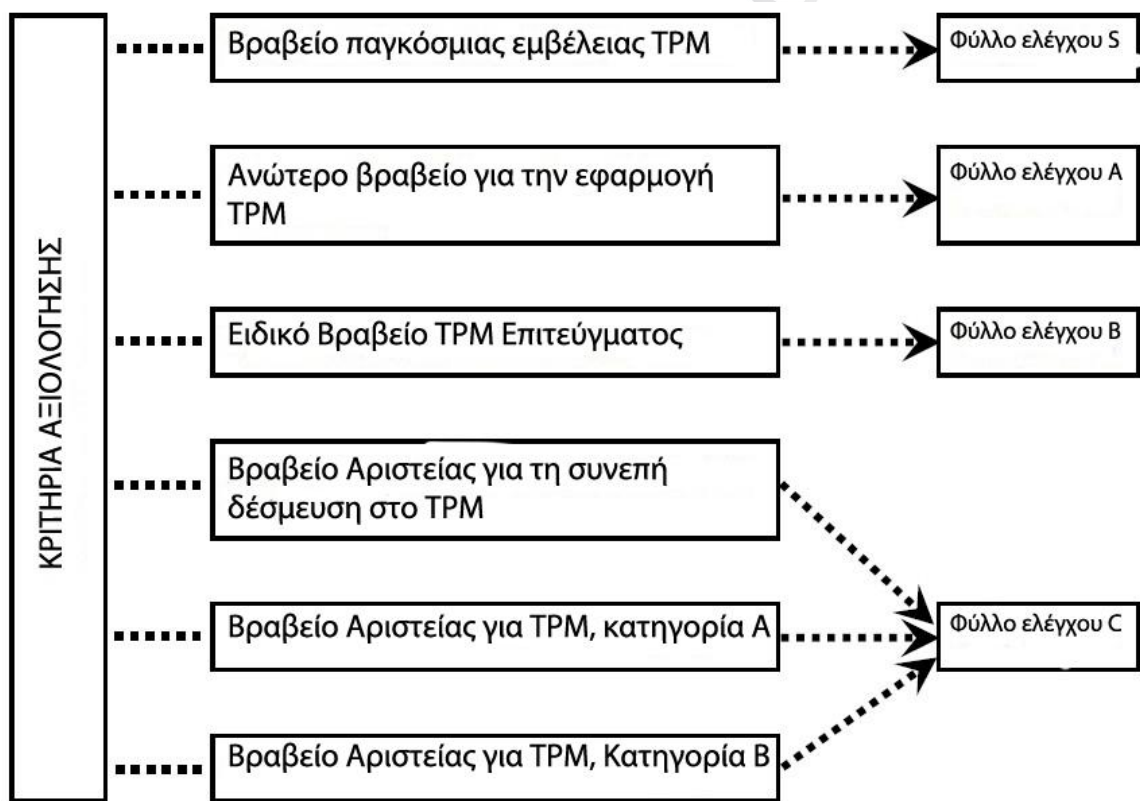
Οι επιχειρήσεις που θα έχουν περάσει με επιτυχία το πρώτο στάδιο αξιολόγησης θα συνεχίσουν στο δεύτερο. Κατά το δεύτερο στάδιο θα γίνει αξιολόγηση των κριτηρίων σε επίπεδο βελτίωσης σε σχέση με το πρώτο. Στην περίπτωση όπου η επιχείρηση δεν καταφέρει να περάσει το δεύτερο στάδιο θα ακυρωθούν και τα αποτελέσματα του πρώτου.

Με βάση τα κριτήρια των φύλλων ελέγχου (πίνακας 3) η επιτυχή βαθμολογία για κάθε κατηγορία του βραβείου είναι:

1. Βραβείο Αριστείας TPM (κατηγορία B): Ελάχιστη **70%** επιτυχία στο φύλλο ελέγχου C.
2. Βραβείο Αριστείας TPM (κατηγορία A): Ελάχιστη **70%** επιτυχία στο φύλλο ελέγχου C.
3. Βραβείο Αριστείας για τη συνεπή δέσμευση στο TPM: Ελάχιστη **80%** επιτυχία στο φύλλο ελέγχου C.

4. Ειδικό βραβείο Επιτευγμάτων TPM: Ελάχιστη **70%** επιτυχία στο φύλλο ελέγχου B.
5. Ανώτερο βραβείο για την εφαρμογή TPM: Ελάχιστη **80%** επιτυχία στο φύλλο ελέγχου A.
6. Βραβείο παγκόσμιας εμβέλειας TPM: Ελάχιστη **80%** επιτυχία στο φύλλο ελέγχου S.

Για την αξιολόγηση του βραβείου χρησιμοποιείται μία σειρά κριτηρίων τα οποία διαφέρουν ανά κατηγορία. Τα κριτήρια ομαδοποιούνται σε φύλλα ελέγχου όπου το κάθε φύλλο ελέγχου συνδέεται με μία κατηγορία του βραβείου όπως φαίνεται στην εικόνα 16 (*Japan Institute of Plant Maintenance*).



Εικόνα 16: Συσχετισμός κριτηρίων αξιολόγησης με τα αντίστοιχα έγγραφα. Πηγή: 2014 TPM Award Application

Η αξιολόγηση της επιχείρησης ξεκινάει με τον έλεγχο των προαπαιτούμενων κριτηρίων εφαρμογής του TPM τα οποία αναφέρονται σε όλες τις κατηγορίες του βραβείου. Τα προαπαιτούμενα κριτήρια προς τη διοίκηση είναι:

- ✓ Η δημιουργία πολιτικής και στόχου.
- ✓ Δημιουργία κεντρικού σχεδίου εφαρμογής
- ✓ Εγκατάσταση συστήματος προώθησης της μεθοδολογίας από την ανώτατη διοίκηση.

- ✓ Δομή του διευθυντή και του τεχνικού προσωπικού τύπου μικρών αλληλεπικαλυπτόμενων ομάδων.
- ✓ Δημιουργία της ευκαιρίας συμμετοχής όλων των εμπλεκόμενων μελών.
- ✓ Εισαγωγή ενός συστήματος εφαρμογής βήμα προς βήμα.
- ✓ Εγκατάσταση βήμα προς βήμα επιθεώρησης της εφαρμογής.
- ✓ Εξασφάλιση από την ανώτατη διοίκηση διαγνωστικών λειτουργιών.
- ✓ Εγκατάσταση των πυλώνων εφαρμογής του TPM.
- ✓ Διευκρίνιση της έννοιας της απώλειας.
- ✓ Χρήση μεθόδων και τεχνικών για την επίλυση προβλημάτων.
- ✓ Χρήση εργαλείων για την ενεργοποίηση των κύκλων βελτίωσης.
- ✓ Εγκατάσταση συστήματος ανάπτυξης ανθρώπινων πόρων.

3.6. Πιστοποιήσεις προσωπικού

Για τις επιχειρήσεις που ενδιαφέρονται να πιστοποιήσουν τις γνώσεις των στελεχών τους ή για μεμονωμένους υπάρχουν αρκετοί φορείς παγκοσμίως που προσφέρουν πιστοποιημένη εκπαίδευση στη μεθοδολογία του TPM, είτε εξειδικευμένα είτε στο πλαίσιο της Lean μεθοδολογίας. Κάποια από αυτά τα πιστοποιητικά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πιστοποιητικό	Φορέας	Χώρα
Total Productive Maintenance Certification Program	The Ohio State University Fisher College of Business	Αμερική
Lean Certification (Bronze, Silver, and Gold Levels)	Society of Manufacturing Engineers, SME Association for Manufacturing Excellence, AME American Society for Quality, ASQ	Αμερική
Lean Certification Programs	CITEC Manufacturing & Technology Solutions	Αμερική
Lean Certification (Champion in Lean, Black Belt in Lean, Green Belt in Lean)	International Independent Board for Lean Certification	Βέλγιο
Lean Professional For Service	Acuity Institute	Αμερική
MSc in Lean Enterprise	The University of Buckingham	Ηνωμένο βασίλειο
Lean Systems Certification Course	University of Kentucky	Ηνωμένο βασίλειο

Πίνακας 3: Λίστα φορέων πιστοποίησης και εκπαίδευσης σχετικά με το TPM και το Lean.

3.7. Βιβλιογραφία - Κεφάλαιο 3

Japan Institute of Plant Maintenance. In: <http://www.jipm.or.jp/en/index.html>

2014 TPM Award Application Outline. In:
<http://www.jipm.or.jp/en/activities/pm/awards/out.html>

Japan Institute of Plant Maintenance ο.π.

Acuity Institute. In: <http://acuityinstitute.com/Lean.html>

CITEC Manufacturing & Technology Solutions. In: <http://www.citec.org/lean-certification.html>

EPA The *Lean and Environment Toolkit* United States Environmental Protection Agency. In: <http://www.epa.gov/lean/environment/toolkits/environment/resources/LeanEnviroToolkit.pdf>

Society of Manufacturing Engineers, SME. In: <http://www.sme.org/lean-certification.aspx>

The Ohio State University Fisher College of Business. In: <http://fisher.osu.edu/executive-education/open-enrollment-programs/operational-excellence/total-productive-maintenance-certification-program/>

The University of Buckingham. In: <http://www.buckingham.ac.uk/business/msc/leanenterprise>

University of Kentucky. In: <http://www.lean.uky.edu/certification/>

Κεφάλαιο 4

4.1. Μελέτες περίπτωσης του TPM

4.1.1. Εφαρμογή του TPM σε μεγάλες/μεσαίες επιχειρήσεις του Ην. Βασιλείου

Οι *Aspinwall and Elgharib (2013)*, θέλησαν να εξετάσουν τον τρόπο με τον οποίο το TPM εφαρμόζεται στις μεγάλες και μεσαίες παραγωγικές επιχειρήσεις εστιάζοντας στους λόγους εφαρμογής του προγράμματος, τις δραστηριότητες που εμπεριείχε, την αποτελεσματικότητα και τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν κατά τη διαδικασία. Η έρευνα διεξήχθη μέσω συνεντεύξεων στις οποίες συμμετείχαν στελέχη τεσσάρων επιχειρήσεων. Για λόγους προστασίας των δεδομένων οι επιχειρήσεις αναφέρονται ως A,B,C,D και τα γενικά χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στον πίνακα 4.

<u>Επιχείρηση</u>	<u>Προϊόντα</u>	<u>Αριθμός υπαλλήλων</u>	<u>Χρονολογία εφαρμογής TPM</u>
A	Επενδύσεις για τείχους και οροφές, δάπεδα, μονώσεις	250	2002
B	Πολυτελή αυτοκίνητα	2000	1998
C	Σπορ αυτοκίνητα	1200	2008
D	Σαλόνια πολυτελών αυτοκινήτων	5600	1992

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά των τεσσάρων επιχειρήσεων που μελετήθηκαν. Πηγή: *Aspinwall and Elgharib, (2013)*

Η κάθε επιχείρηση είχε ξεχωριστά προβλήματα τα οποία ήθελε να αντιμετωπίσει μέσω του TPM καθώς και διαφορετική προσέγγιση εφαρμογής. Τα προβλήματα και οι ανάγκες της κάθε επιχείρησης ήταν:

- ✓ Επιχείρηση A: Προβλήματα χαμηλής ποιότητας, υψηλού κόστους, υψηλού αριθμού ατυχημάτων και σταματημάτων παραγωγής. Ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας και ασφάλειας, μείωση του κόστους, αύξηση της ανταγωνιστικότητας και βελτίωση των δεξιοτήτων του προσωπικού.
- ✓ Επιχείρηση B: Προβλήματα χαμηλής ποιότητας και υψηλού κόστους. Ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας, μείωση κόστους, αύξηση των επιδόσεων και βαθμού ικανοποίησης του πελάτη.
- ✓ Επιχείρηση C: Προβλήματα αναξιόπιστου εξοπλισμού, χαμηλής ποιότητας, και προγραμματισμού προληπτικής συντήρησης. Ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας και επίδοσης, καθώς και βελτίωση των δεξιοτήτων του προσωπικού.

- ✓ Επιχείρηση D: Προβλήματα χαμηλής ποιότητας και διεθνούς ανταγωνισμού. Ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας, αύξηση βαθμού ικανοποίησης πελάτη, αύξηση επίδοσης και μείωση κόστους.

Οι διαφοροποιήσεις όσον αφορά τον τρόπο εφαρμογής του προγράμματος της κάθε επιχείρησης παρουσιάζονται στον πίνακα 5.

<u>Επιχείρηση</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>
Μεθοδολογία	Δέκα πυλώνες του "WCM"	Οκτώ πυλώνες του "JIPM"	Επτά πυλώνες του "FTPM"	Οκτώ πυλώνες του "JIPM"
Εκπαίδευση	Εξωτερικός σύμβουλος	Εσωτερικοί και εξωτερικοί σύμβουλοι	Εσωτερική εκπαίδευση	Εσωτερική εκπαίδευση
Συντονιστές	5	6	5	δεν είναι γνωστό
Επιθεώρηση	Εξωτερική και εσωτερική	Εσωτερική μόνο	Εσωτερική μόνο	Εσωτερική μόνο

Πίνακας 5 :Προσέγγιση εφαρμογής του προγράμματος. Πηγή: *Aspinwall and Elgharib, (2013)*

Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής του TPM της κάθε επιχείρησης συγκεντρώνονται σε οκτώ κατηγορίες και είναι:

1. Οικονομική βελτίωση: Παρουσίασαν βελτίωση οι A , C
2. Μείωση ατυχημάτων, ρυθμού αστοχιών και αύξηση ασφάλειας: Παρουσίασαν βελτίωση οι A, C.
3. **Βελτίωση ποιότητας και παραγωγικότητας: Παρουσίασαν βελτίωση οι A, B, C,D**
4. **Βελτίωση της διαθεσιμότητας και επίδοσης εντός του εργοστασίου: Παρουσίασαν βελτίωση οι A, B, C, D**
5. Μείωση ενεργειακού κόστους: Παρουσίασε βελτίωση η B
6. **Γενική βελτίωση επικοινωνίας μεταξύ της διοίκησης και του προσωπικού: Παρουσίασαν βελτίωση οι A, B, C, D**
7. Αύξηση του ηθικού στο προσωπικό και της εργασιακής ικανοποίησης: Παρουσίασαν βελτίωση οι A, D
8. Ενδυνάμωση της δέσμευσης και συμμετοχής του εμπλεκόμενου προσωπικού: Παρουσίασε βελτίωση η A

Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων φαίνεται πως το TPM έχει θετική επίδραση κατά μήκος όλων των επιχειρήσεων σε τρεις κατηγορίες α) *στη βελτίωση της διαθεσιμότητας*

και επίδοσης εντός του εργοστασίου β) στη βελτίωση της επικοινωνίας μεταξύ της διοίκησης και του προσωπικού και γ) στη βελτίωση της ποιότητας και παραγωγικότητας.

Οι σημαντικότερες δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι επιχειρήσεις κατά την εφαρμογή του προγράμματος βάσει των αποτελεσμάτων της μελέτης είναι δύο:

- ✓ Πολλοί εργαζόμενοι θεωρούν ότι οι δραστηριότητες του TPM είναι επιπλέον εργασία
- ✓ Αλλαγή της κουλτούρας

4.1.2. Εφαρμογή του TPM σε παραγωγική επιχείρηση στην Ινδία

Η μελέτη των *Ahuja και Khamba (2007)*, προσπαθεί να αναδείξει τη μείωση των παραγωγικών απωλειών και γενικότερα τη βελτίωση της παραγωγικής επίδοσης ενός οργανισμού μετά τη στρατηγική εφαρμογή πρωτοβουλιών του TPM. Η μελέτη περίπτωσης λαμβάνει χώρα σε μία παραγωγική μονάδα επεξεργασίας χάλυβα η οποία εφαρμόζει τα διεθνή συστήματα διαχείρισης της ποιότητας και περιβαλλοντικών επιπτώσεων ISO9001/ ISO14001. Ο οργανισμός κατέχει περίπου το 1/3 της παραγωγής ανοξείδωτου χάλυβα στη χώρα. Τα προϊόντα που παράγονται είναι:

- ανοξείδωτος χάλυβας
- φύλλα ψυχρής έλασης
- φύλλα θερμής έλασης και διαμερισμάτων
- πλάκες
- ταινίες ακριβείας
- ράβδοι κυκλικής διατομής

Το βασικό κίνητρο για την εφαρμογή του TPM στο εργοστάσιο είναι τα προβλήματα που αντιμετώπιζε ο οργανισμός σχετικά με:

- χαμηλή παραγωγικότητα
- υψηλές απώλειες και κατάλοιπα που συνδέονταν με το σύστημα παραγωγής
- υψηλά παράπονα πελατών, κόστος λειτουργίας, γενικά έξοδα και ελαττωματικά προϊόντα
- μη τήρηση των χρόνων παράδοσης
- χαμηλό επίπεδο δεξιοτήτων και υποκίνησης του προσωπικού
- χαμηλή απόδοση γραμμών παραγωγής εξαιτίας μη προγραμματισμένης συντήρησης

Η απόδοση του εργοστασίου συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό από την ορθή λειτουργία του εξοπλισμού, καθώς οι γραμμές παραγωγής χαρακτηρίζονται από το μεγάλο βαθμό αυτοματοποίησης. Οπότε, ακόμη και μικρές βελτιώσεις στην επίδοση του εξοπλισμού μπορούν να οδηγήσουν σε ένα σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα του οργανισμού.

Αφού έγινε ο αρχικός σχεδιασμός στην προσέγγιση της εφαρμογής του TPM, το όραμα και αποστολή του οργανισμού για την αποτελεσματική εφαρμογή του, επικοινωνήθηκε προσεκτικά σε όλους τους εργαζόμενους. Η οργανωτική δομή του οργανισμού για την εφαρμογή του TPM, συμπεριελάμβανε προσωπικό από διάφορα λειτουργικά τμήματα, τη δημιουργία διατμηματικών ομάδων και γενικά ορίστηκε ώστε να μπορεί να σχεδιάζει, να εφαρμόζει και να υποστηρίζει τις πρωτοβουλίες του TPM.

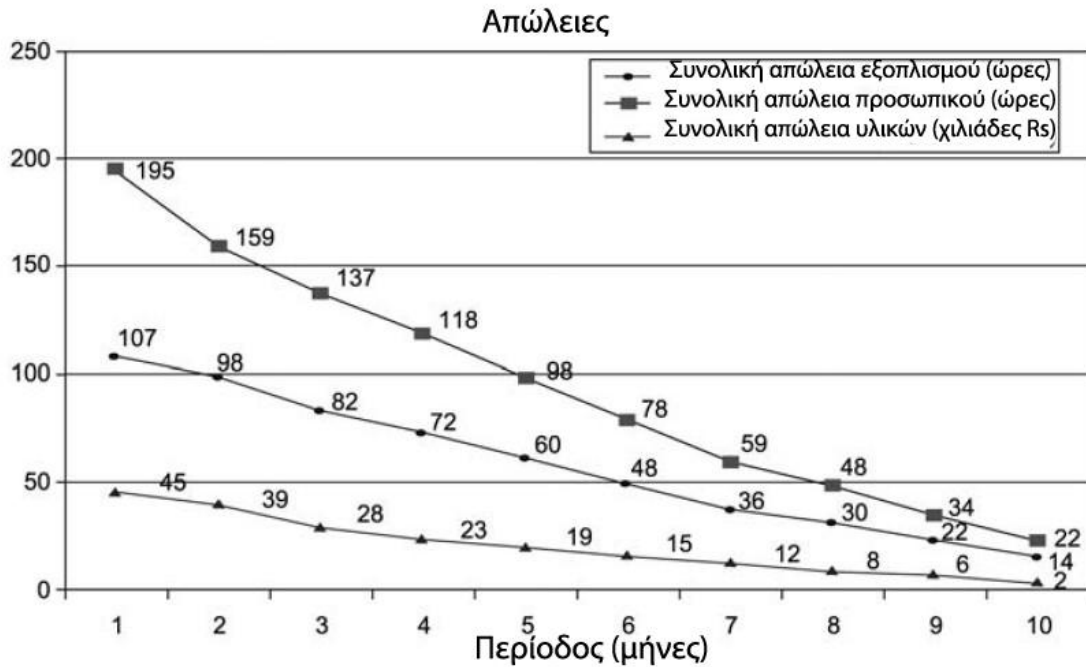
Η εφαρμογή του προγράμματος ξεκίνησε με την επιλογή κεντρικών μηχανών από διάφορα τμήματα και την εισαγωγή τεσσάρων δραστηριοτήτων:

1. αυτόνομη συντήρηση
2. προληπτική συντήρηση
3. εστιασμένη βελτίωση
4. συντήρηση για την ποιότητα

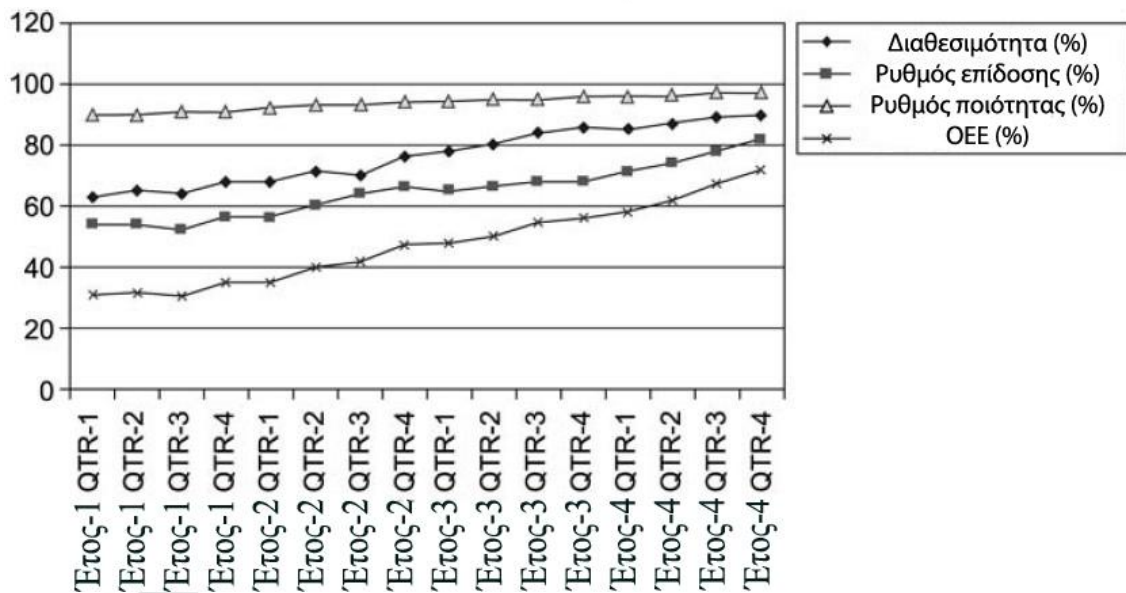
Στη συνέχεια σε κάθε ένα από τα τμήματα δημιουργήθηκαν μικρές ομάδες δραστηριοτήτων οι οποίες προωθούσαν τις πρωτοβουλίες του TPM. Οι ομάδες αυτές ενέπλεκαν τους κατάλληλους χειριστές ή στελέχη εφαρμόζοντας τη μεθοδολογία της σταδιακής βελτίωσης (kaizen). Οι ομάδες kaizen, οι οποίες αποτελούνταν από έξι έως οκτώ μέλη διαφόρων ιεραρχικών επιπέδων, αντιμετώπιζαν προβλήματα διαφορετικών λειτουργικών περιοχών. Στόχος τους ήταν να εφαρμόσουν πρωτοβουλίες εστιασμένης βελτίωσης, αυτόνομης συντήρησης, προληπτικής συντήρησης, να ενισχύσουν τη συμμετοχή του προσωπικού και να αναπτύξουν τις δεξιότητές του. Κάποιες από τις πρωτοβουλίες βελτίωσης της συντήρησης ήταν:

- ✓ εφαρμογή ανάλυσης αιτιών για να αναγνωριστούν οι απώλειες
- ✓ ανάλυση αστοχίας και αποτελέσματα (failure mode and effect analysis)
- ✓ φύλλα ελέγχου σχεδιασμένης συντήρησης
- ✓ ανάλυση προληπτικής συντήρησης
- ✓ εφαρμογή 5S

Οι παραπάνω πρωτοβουλίες οδήγησαν σε σημαντική μείωση των απωλειών επίδοσης σε μία χρονική περίοδο όπως φαίνεται στην εικόνα 17. Οι τάσεις της συνολικής απώλειας από τον εξοπλισμό, απώλειας λόγω προσωπικού και απωλειών λόγω υλικών, αποκάλυψαν σημαντική βελτίωση της επίδοσης του συστήματος λόγω της δραστηρικής μείωσης των διαφόρων απωλειών. Για το λόγο αυτό το TPM αξιολογήθηκε ως μία πολύ αποτελεσματική προσέγγιση για την αντιμετώπιση των απωλειών που σχετίζονται με τον εξοπλισμό. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα μία σημαντική αύξηση στο συνολικό παραγωγικό χρόνο του εργοστασίου (uptime).



Εικόνα 17: Γράφημα αστοχιών σε ένα μηχάνημα δείγμα. Πηγή: *Ahuja & Khamba, (2007)*



Εικόνα 18: Εκτίμηση της συνολικής αποτελεσματικότητας εξοπλισμού (OEE) σε ένα κρίσιμο μηχάνημα. Πηγή: *Ahuja & Khamba, (2007)*

Η συγκεκριμένη μελέτη αποκαλύπτει ότι υπήρξε σημαντική βελτίωση της συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού (OEE) σε όλες τις εγκαταστάσεις του οργανισμού ως αποτέλεσμα της εφαρμογής των πρωτοβουλιών TPM. Τα πλεονεκτήματα της αποτελεσματικής εφαρμογής του TPM συμπεριλαμβάνουν:

- ✓ Βελτίωση του OEE: 14-45 %
- ✓ Μείωση αποθεμάτων: 45-58%
- ✓ Βελτίωση της εκροής του εργοστασίου: 22-41%

- ✓ Μείωση των απορρίψεων από τον πελάτη: 50-75%
- ✓ Μείωση ατυχημάτων: 90-98%
- ✓ Μείωση κόστους συντήρησης: 18-45%
- ✓ Μείωση αστοχιών και επανεπεξεργασίας: 65-80%
- ✓ Μείωση σταματημάτων: 65-78%
- ✓ Μείωση κόστους ενέργειας: 8-27%
- ✓ Αύξηση προτάσεων από το προσωπικό: 32-65%
- ✓ Συνολική οικονομία λόγω εφαρμογής της μεθοδολογίας kaizen: 80 εκατομμύρια Rs

Η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι το TPM είναι μια αποτελεσματική στρατηγική συνεχούς βελτίωσης. Για να φανούν αποτελέσματα τα οποία θα είναι ανταγωνιστικά σε παγκόσμιο επίπεδο χρειάζονται τρία με τέσσερα χρόνια συνεχών προσπαθειών εφαρμογής της μεθοδολογίας.

4.1.3. Αξιολόγηση του OEE σε οργανισμό παραγωγής άλατος

Η μελέτη περίπτωσης του *Islam H. Afefy (2013)*, περιγράφει τον υπολογισμό της συνολικής επίδοσης του εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness, OEE) σε επιχείρηση παραγωγής άλατος στην Αίγυπτο. Ο δείκτης OEE είναι ένας χαρακτηριστικός δείκτης επίδοσης του TPM αλλά και ευρύτερα δημοφιλής στις παραγωγικές επιχειρήσεις. Η συλλογή των δεδομένων υπολογισμού έγινε μέσω των τεχνικών εγγράφων της επιχείρησης. Τα μεγαλύτερα προβλήματα εντοπίστηκαν στην γραμμή παραγωγής άνυδρου θειικού νατρίου και καταγράφηκαν οι απώλειες που παρατηρήθηκαν κατά την παραγωγική διαδικασία τον Οκτώβριο του 2011 και του 2012. Στο διάστημα αυτό μετρήθηκαν από το προσωπικό της επιχείρησης τα κατάλληλα δεδομένα ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός των δεικτών:

- ✓ Διαθεσιμότητας (Availability, **A**)
- ✓ Αποτελεσματικότητας επίδοσης (Performance efficiency, **PE**)
- ✓ Βαθμού ποιότητας (Quality rate , **Qr**)
- ✓ Καθαρής αποτελεσματικότητας εξοπλισμού (Net Equipment Effectiveness, **NEE**)
- ✓ Συνολική αποτελεσματικότητα εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness, **OEE**)

Η μέτρηση του OEE τον Οκτώβριο του 2011 ήταν 71,52% ενώ η επόμενη μέτρησή του μετά τον έναν χρόνο εφαρμογής των πρωτοβουλιών TPM ήταν 70,6%. Στο διάστημα αυτό αν και υπήρξαν επιμέρους βελτιώσεις σε θέματα διαθεσιμότητας και ποιότητας παρατηρήθηκε μείωση της αποτελεσματικότητας επίδοσης (PE) οπότε και ο γενικός δείκτης OEE παρουσίασε μία μικρή μείωση της τάξεως του 0,92%.

Στην εικόνα 19, φαίνονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης της παγκόσμιας επίδοσης με αυτήν την επιχείρηση για τον Οκτώβριο του 2012. Βάσει των μετρήσεων η επιχείρηση δεν κατάφερε να φτάσει τις παγκόσμιες τιμές A, PE, Qr και OEE . Οπότε η επιχείρηση χρειάζεται περισσότερη βελτίωση του μηχανικού της συστήματος και μείωση των απωλειών. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης υποδηλώνουν πως ο OEE είναι ένας σημαντικός δείκτης επίδοσης στις παραγωγικές επιχειρήσεις και ειδικότερα σε αυτές που εφαρμόζουν μεθοδολογίες όπως το TPM. Το TPM μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και ως συγκριτικός δείκτης της επίδοσης του εργοστασίου με άλλα εργοστάσια παγκόσμιας επίδοσης.

Δείκτης	OEE παγκόσμιας επίδοσης	OEE επιχείρησης (Οκτ. 2012)
A %	90.0	87.5
PE %	95.0	86.76
Qr %	99.9	93
OEE %	85.0	70.6

Εικόνα 19: Σύγκριση των τιμών παγκόσμιας επίδοσης του OEE με το OEE της επιχείρησης των Οκτ. 2012. Πηγή: Islam H. Afefy (2013)

4.1.4. Εφαρμογή του TPM στη βιομηχανία τροφίμων

Η μελέτη περίπτωσης του *Tsarouhas P. (2007)*, έχει ως σκοπό την υιοθέτηση του TPM στη βιομηχανία τροφίμων και συγκεκριμένα σε προϊόντα αρτοποιίας. Στόχος είναι η ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού παραγωγής, βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και την παροχή ενός υγιεινού και ασφαλούς περιβάλλοντος εργασίας. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας στηρίζεται στην ανάλυση δεδομένων αξιοπιστίας από την αυτοματοποιημένη γραμμή παραγωγής. Η εφαρμογή χωρίζεται σε τέσσερα στάδια και σκοπεύει στη βελτίωση των πολιτικών συντήρησης και του μηχανολογικού εξοπλισμού. Η συνεχής επιθεώρηση της διεργασίας γίνεται μέσω της μέτρησης του δείκτη επίδοσης της συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness, OEE). Τα βήματα στην προσέγγιση της συγκεκριμένης μελέτης είναι:

1. Συλλογή δεδομένων, χρόνων και καταγραφή
2. Ανάπτυξη προγράμματος εκπαίδευσης και μέτρηση του OEE
3. Μέθοδοι για την ελαχιστοποίηση των χρόνων απώλειας
4. Εκτίμηση των απόψεων του προσωπικού για τα αποτελέσματα της μελέτης – δεύτερη εκτίμηση χρόνων απώλειας

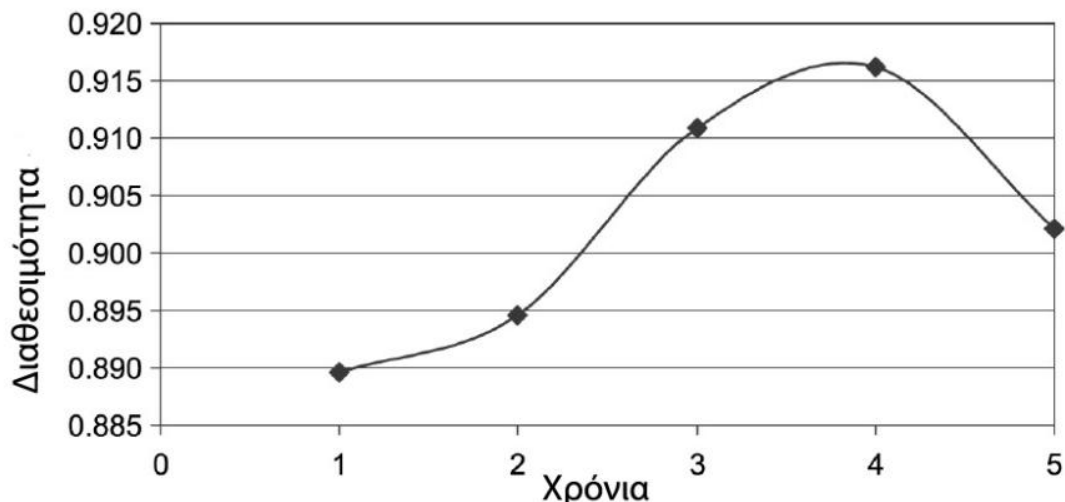
Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε γραμμή παραγωγής παρασκευής πίτσας. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε μέσω του στατιστικού πακέτου SPSS. Τα δεδομένα προήλθαν από τα αρχεία αξιοπιστίας της επιχείρησης σε χρονικό διάστημα πέντε ετών. Η πολιτική συντήρησης που υιοθετήθηκε και εφαρμόστηκε έως και σήμερα, είχε ως στόχο την αύξηση της αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας της γραμμής παραγωγής και αποτελούνταν από πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης κάθε δυο εβδομάδες σε συνδυασμό με προβλεπτική συντήρηση. Σε αυτό το πλαίσιο τα σοβαρά προβλήματα που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια λειτουργίας της γραμμής, αξιολογούνταν και επιδιορθώνονταν κατά το πρώτο κενό λειτουργίας. Εάν αυτά δεν αποτελούσαν άμεσο κίνδυνο στην παραγωγή τότε η επιδιόρθωσή τους προγραμματιζόταν στην επόμενη προληπτική συντήρηση. Ακόμη, επιδιορθωτική συντήρηση γινόταν κάθε φορά που παρουσιαζόταν βλάβη κατά την παραγωγή. Ο συνδυασμός των παραπάνω στρατηγικών οδήγησε στα εξής συμπεράσματα:

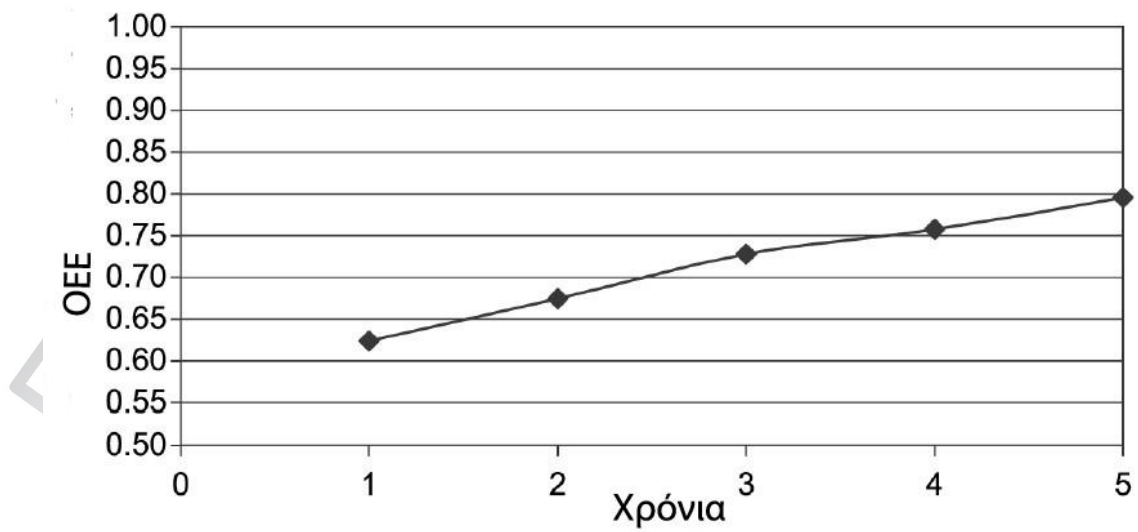
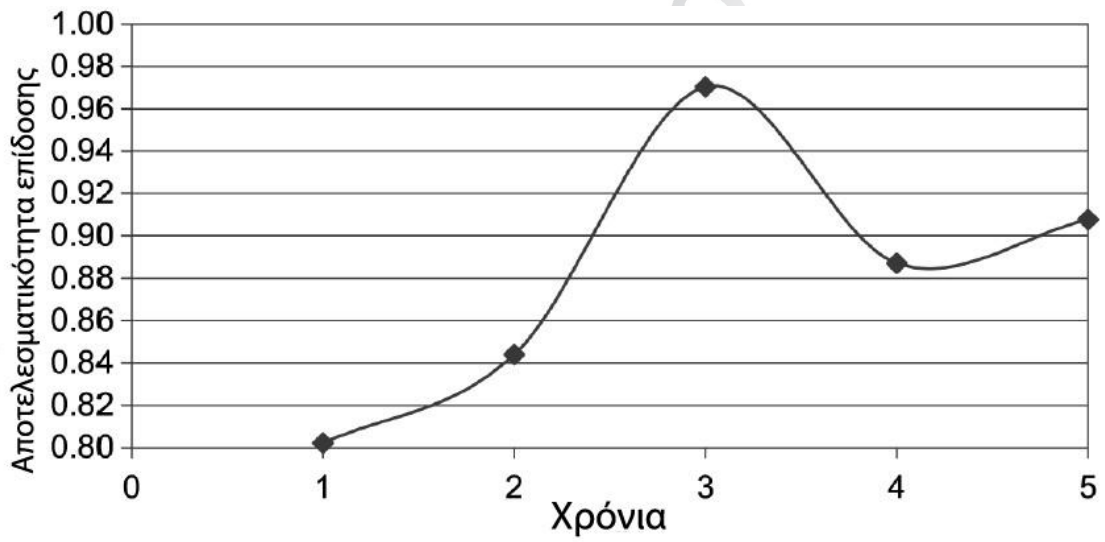
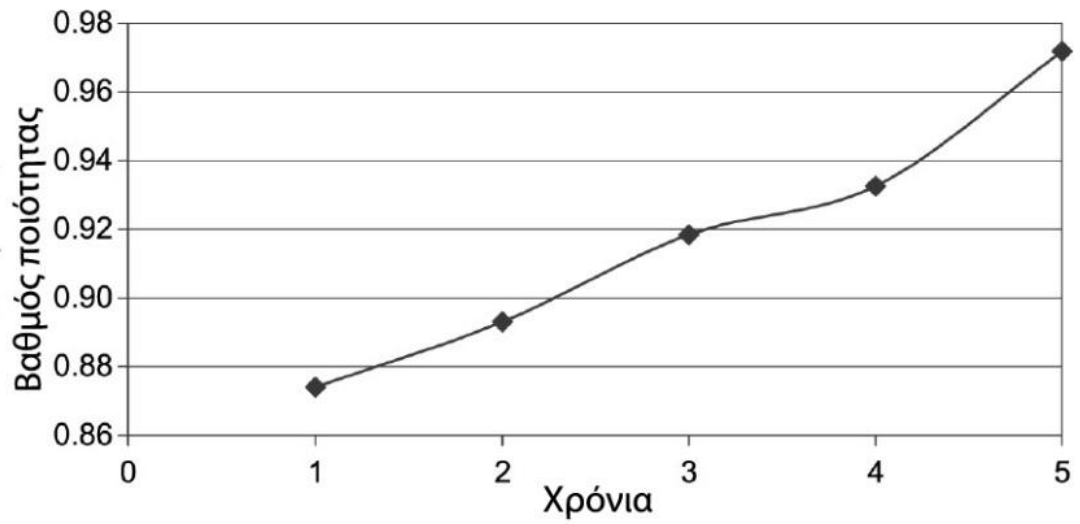
- ✓ Η αξιοπιστία του συστήματος σταδιακά αυξήθηκε.
- ✓ Όσο μεγαλύτερος ήταν ο χρόνος μεταξύ δύο βλαβών, τόσο περισσότερα προβλήματα συσσωρεύονταν, οπότε περισσότερος χρόνος χρειαζόταν για την επιδιόρθωση σε δεύτερο χρόνο.
- ✓ Όσο περισσότερο χρόνο αφιέρωναν οι τεχνικοί για την επιδιόρθωση της βλάβης, τόσο πιο προσεκτική ήταν η εργασία τους, άρα ήταν μεγαλύτερο και το διάστημα έως την επόμενη βλάβη.

Οι δείκτες που μετρήθηκαν κατά την εφαρμογή του TPM ήταν:

- ✓ Διαθεσιμότητα (Availability, A)
- ✓ Αποτελεσματικότητα επίδοσης (Performance efficiency, PE)
- ✓ Βαθμός ποιότητας (Quality rate , QR)
- ✓ Συνολική αποτελεσματικότητα εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness, OEE)

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες για το χρονικό διάστημα των πέντε ετών.





Εικόνα 20: Αποτελέσματα εφαρμογής του TPM. Πηγή: Tzarouhas (2007)

Μετά την εφαρμογή της μεθοδολογίας η μεγαλύτερη βελτίωση φάνηκε στους δείκτες *PE* (Αποτελεσματικότητα επίδοσης) και *QR* (Βαθμός ποιότητας) οι οποίοι αυξήθηκαν σχεδόν κατά δέκα μονάδες, ενώ ο δείκτης *A* (*Διαθεσιμότητα*) δεν μεταβλήθηκε σημαντικά. Ο στόχος για τον δείκτη *OEE* ήταν 0,80-0,90, ο οποίος δεν επιτεύχθηκε καθώς παρέμεινε στα επίπεδα του 0,75. Για το λόγο αυτό πρέπει στη συνέχεια να βελτιωθούν περαιτέρω οι δείκτες *A* και *PE* ενώ ο δείκτης *QR* πρέπει να συντηρηθεί στα ίδια επίπεδα.

Η πενταετή εφαρμογή του TPM στην επιχείρηση, μέσω της συνεχούς βελτίωσης της αξιοποίησης του μηχανολογικού εξοπλισμού, στοχεύει στη δημιουργία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος το οποίο αναλύεται σε:

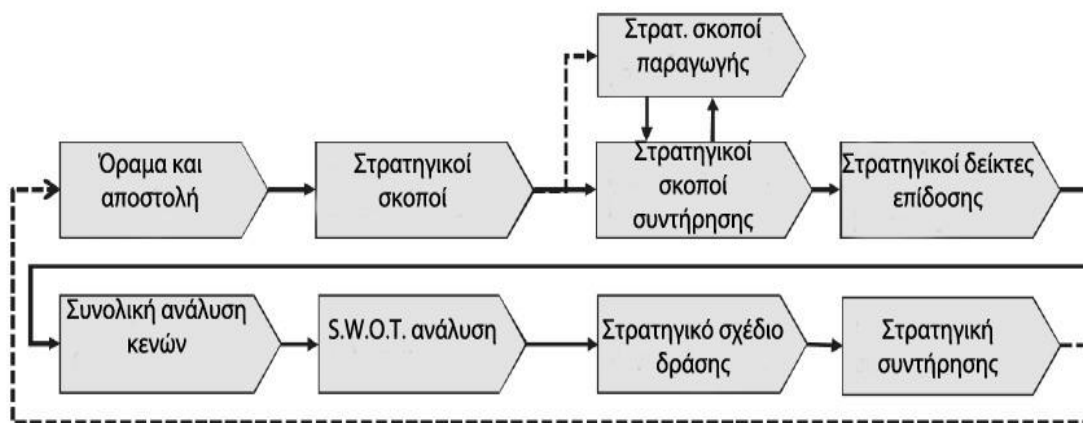
- ✓ Αυξημένη παραγωγικότητα μέσω της μείωσης του νεκρού χρόνου του εξοπλισμού
- ✓ Βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος (αύξηση του δείκτη *QR*)
- ✓ Δημιουργία υγιέστερου και ασφαλέστερου περιβάλλοντος εργασίας
- ✓ Μείωση του κόστους παραγωγής
- ✓ Ξεκάθαρη εικόνα της επίδοσης μεταξύ του μηχανήματος και του χειριστή
- ✓ Αναγνώριση των αδύναμων σημείων και των ευκαιριών για βελτίωση
- ✓ Οικονομία σε φυσικούς πόρους και ενέργεια
- ✓ Μείωση καθυστερήσεων των παραγγελιών λόγω καλύτερης γνώσης της δυναμικότητας του εξοπλισμού

4.1.5. Οι προοπτικές της στρατηγικής συντήρησης

Η έρευνα των *Salonen και Bengtsson (2011)*, έχει ως αντικείμενο συζήτησης τις προοπτικές ανάπτυξης της στρατηγικής συντήρησης. Η μελέτη στηρίχθηκε στην ανάλυση τριών μελετών περίπτωσης σε τρεις διαφορετικές παραγωγικές επιχειρήσεις. Οι τρεις επιχειρήσεις μελετήθηκαν εντός ενός διαστήματος τριών ετών σε συνεργασία με τους ερευνητές. Το μέγεθός τους κυμαίνεται μεταξύ των 100 και 800 υπαλλήλων. Το συγκεκριμένο μη ομοιόμορφο μίγμα επιχειρήσεων επιλέχθηκε στοχευμένα για το σκοπό της μελέτης.

Οι στρατηγικές συντήρησης για την κάθε επιχείρηση προέκυψαν μέσω της διεργασίας που περιγράφεται από τον *Salonen (2009)* και η οποία παρουσιάζεται στην εικόνα 21. Από το όραμα και την αποστολή της επιχείρησης αναγνωρίζονται οι στρατηγικοί σκοποί και στη συνέχεια οι στρατηγικοί σκοποί για κάθε λειτουργικό τμήμα. Αφού αναγνωριστούν και αναλυθούν οι στρατηγικοί σκοποί της επιχείρησης σε συνδυασμό με τους στρατηγικούς σκοπούς της παραγωγής, δημιουργούνται οι σχετικοί στρατηγικοί σκοποί της συντήρησης. Για να μπορέσουν να αξιολογηθούν αυτοί οι σκοποί πρέπει να συνδεθούν με σχετικούς στρατηγικούς δείκτες επίδοσης. Στη συνέχεια ο οργανισμός πρέπει να αναλύσει τα πιθανά κενά μεταξύ του τρέχοντος επιπέδου επίδοσης και του σημερινού. Στο επόμενο βήμα προτείνεται μία ανάλυση Δυνάμεων, Αδυναμιών,

Ευκαιριών και Απειλών (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, SWOT) συζητώντας τη στρατηγική σημασία των κενών που αναγνωρίστηκαν στο προηγούμενο βήμα σε σχέση με τη στρατηγική συντήρησης. Εν συνεχεία η επιχείρηση αναπτύσσει ένα σχέδιο δράσης και εφαρμόζεται η στρατηγική συντήρησης που προέκυψε. Τέλος, η αξιολόγηση της στρατηγικής γίνεται μέσω ποσοτικοποιημένων μετρήσεων με χρήση κρίσιμων δεικτών επίδοσης και ποιοτικών δεδομένων, μέσω ανάλυσης δεδομένων συνεντεύξεων των στελεχών της επιχείρησης, καθώς και από ένα μέρος του προσωπικού συντήρησης.



Εικόνα 21: Η διεργασία που χρησιμοποιήθηκε για δημιουργία της στρατηγικής συντήρησης. Πηγή: Salonen(2009)

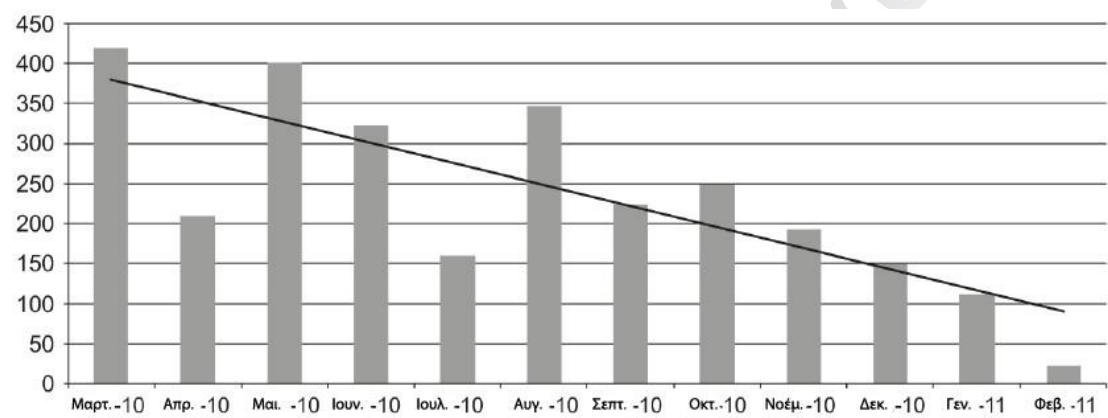
Επιχείρηση Α

Η επιχείρηση Α παράγει ηλεκτρομηχανικά προϊόντα για βιομηχανικές εφαρμογές. Απασχολεί 400 άτομα προσωπικό και καθόλου προσωπικό συντήρησης. Η επιχείρηση χρησιμοποιεί εξωτερικό συνεργάτη για τις διεργασίες της συντήρησης καθώς και για την εφαρμογή του TPM. Καθώς η επιχείρηση δεν ήταν ικανοποιημένη από τα αποτελέσματα του εξωτερικού συνεργάτη, ερευνά τις επιλογές είτε να αναλάβει εντός τις διεργασίες συντήρησης είτε να αλλάξει συνεργάτη. Μέσω της συγκεκριμένης έρευνας βασικός στόχος της επιχείρησης ήταν η ανάθεση συγκεκριμένων απαιτήσεων στον εξωτερικό συνεργάτη σχετικά με τη συντήρηση, η οποία θα είναι βασισμένη στους κεντρικούς στρατηγικούς σκοπούς. Μέσω της εφαρμογής της διεργασίας που συζητήθηκε αρχικά (εικόνα 21) η επιχείρηση κατέληξε σε τρεις στρατηγικούς σκοπούς σχετικά με τη συντήρηση, οι οποίοι θα ελέγχονται μέσω τριών στρατηγικών δεικτών επίδοσης:

1. Την κατανομή του χρόνου εργασίας, σε ποσοστό, μεταξύ της προληπτικής συντήρησης, της συντήρησης διόρθωσης και τις εργασίες σχετικά με το TPM (PM/CM/TPM).
2. Τη συνολική αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού (OEE).

3. Την τεχνική διαθεσιμότητα.

Μέσω της εφαρμογής της παραπάνω διεργασίας για την ανάπτυξη στρατηγικής συντήρησης, η επιχείρηση κατάφερε να έχει μία ξεκάθαρη εικόνα σχετικά με τις απαιτήσεις συντήρησης του εξωτερικού συνεργάτη. Στη διάρκεια των τριών ετών της έρευνας δεν αξιοποιήθηκαν ακόμη όλοι οι στρατηγικοί δείκτες επίδοσης. Ο δείκτης που χρησιμοποιήθηκε πλήρως ήταν ο PM/CM/TPM οποίος έδειξε μία σημαντική μείωση του μη παραγωγικού χρόνου του εξοπλισμού ανά μήνα, όπως φαίνεται στην εικόνα 22.



Εικόνα 22: Απρογραμματίστος μη παραγωγικός χρόνος εξοπλισμού ανά μήνα. Πηγή: *Salonen και Bengtsson, (2011)*

Επιχείρηση Β

Η επιχείρηση λειτουργεί ως ένας κατασκευαστής μηχανολογικού εξοπλισμού βάσει συμβολαίου. Απασχολεί 100 εργαζόμενους από τους οποίους οι τρεις ασχολούνται με τη συντήρηση. Η συνεχής αυξανόμενη απαίτηση των πελατών για σταθερή ποιότητα προϊόντος και κατ' επέκταση αξιόπιστο παραγωγικό εξοπλισμό, οδήγησε την επιχείρηση στην ανάγκη δημιουργίας μιας στρατηγικής συντήρησης. Μετά την εφαρμογή της διεργασίας του *Salonen (2009)*, προέκυψαν τρεις στρατηγικοί σκοποί συντήρησης 1) μεγιστοποίηση της τεχνικής διαθεσιμότητας 2) αριστοποίηση της προληπτικής συντήρησης 3) ελαχιστοποίηση της ανάγκης χρήσης εξωτερικού προσωπικού. Οι κρίσιμοι δείκτες που επιλέχθηκαν για να ελέγξουν τη στρατηγική είναι:

- ✓ Ο σχετικός με τη συντήρηση μη παραγωγικός χρόνος (%): $-A_M$
- ✓ Η κατανομή του χρόνου εργασίας (%), μεταξύ της προληπτικής συντήρησης και της διορθωτικής συντήρησης: PM/CM
- ✓ Αγορασμένες ώρες εργασίας για τους εξωτερικούς συνεργάτες συντήρησης

Τα αποτελέσματα μετά τα δύο έτη εφαρμογής της παραπάνω στρατηγικής έδειξαν ότι ο $-A_M$ μειώθηκε σε βαθμό μεγαλύτερο του 50% και έφτασε τον αρχικό στόχο του δείκτη

ενώ ο δείκτης *PM/CM* βελτιώθηκε σημαντικά αν και δεν κατάφερε να φτάσει τον αρχικό στόχο.

Η διαδικασία δημιουργίας και εφαρμογής της στρατηγικής συντήρησης βοήθησε την επιχείρηση να αναγνωρίσει νέους παράγοντες επηρεασμού καθώς και να προσδιορίσει την πλήρη σημασία του καθενός. Μετά την εφαρμογή της στρατηγικής όλα τα εμπλεκόμενα λειτουργικά τμήματα της επιχείρησης δούλεψαν προς την ίδια κατεύθυνση.

Επιχείρηση C

Η επιχείρηση επεξεργάζεται, αναπτύσσει και ελέγχει μέρη εμπορικών οχημάτων. Απασχολεί κοντά στους 800 εργαζόμενους. Το 2006 ξεκίνησε μία μεγάλη αναδιοργάνωση των διεργασιών της με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας, την μεγαλύτερη ευελιξία στην διαχείριση της διακύμανσης των προϊόντων και τη βελτίωση των μεταφορών της. Καθώς άλλαξε η στρατηγική της παραγωγής και ο τρόπος λειτουργίας των παραγωγικών εγκαταστάσεων, δημιουργήθηκε μεγάλη πίεση στο τμήμα συντήρησης με αποτέλεσμα τη μη αποτελεσματική λειτουργία του. Αυτό είχε ως συνέπεια την αύξηση των χρόνων προγραμματιστών σταματημάτων και βλαβών του εξοπλισμού. Γι' αυτούς τους λόγους αποφασίστηκε να συμμετάσχει η επιχείρηση στη συγκεκριμένη έρευνα.

Αφού εφαρμόστηκε η διεργασία δημιουργίας στρατηγικής συντήρησης κατά *Salonen (2009)*, οι στρατηγικοί σκοποί της συντήρησης που προέκυψαν ήταν:

- ✓ Μείωση των προγραμματιστών σταματημάτων
- ✓ Μείωση του μη παραγωγικού χρόνου του εξοπλισμού
- ✓ Αύξηση και βελτίωση της προληπτικής συντήρησης
- ✓ Μείωση του κόστους συντήρησης
- ✓ Ελαχιστοποίηση των ατυχημάτων

Για τον έλεγχο και την αξιολόγηση της πορείας των παραπάνω σκοπών δημιουργήθηκαν οι παρακάτω στρατηγικοί δείκτες:

- ✓ Αριθμός των προγραμματιστών σταματημάτων: *SU*
- ✓ Μέγιστος μη παραγωγικός χρόνος για κάθε μη προγραμματισμένη διορθωτική συντήρηση: *DTmax*
- ✓ Κατανομή χρόνου εργασίας (%), μεταξύ της προληπτικής συντήρησης και της διορθωτικής συντήρησης: *PM/CM*
- ✓ Συνολικό κόστος συντήρησης: *CM*
- ✓ Αριθμός ατυχημάτων: *Ac*

Μετά τα τρία χρόνια εφαρμογής της παραπάνω στρατηγικής συντήρησης, ο στρατηγικός δείκτης *SU* διαμορφώθηκε από τα 680/μήνα προγραμματισμένα σταματημάτα τον Ιανουάριο του 2009 στα 370/μήνα τον Μάρτιο του 2011, κάτι το οποίο αποτελεί μία πολύ σημαντική μείωση παρόλο που δεν κατάφερε να φτάσει τον αρχικό στόχο που ήταν τα 60/μήνα. Ο δείκτης *PM/CM* από την τιμή 23/77 τον Ιανουάριο του 2009 έφτασε

την τιμή 58/42 το Μάρτιο του 2011, και αυτός ομοίως έδειξε μία σημαντική βελτίωση στη διάρκεια των τριών ετών αλλά δεν έφτασε τον αρχικό στόχο της τιμής 80/20.

4.1.5.1. Συμπεράσματα έρευνας

Η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι οι παραγωγικές επιχειρήσεις με περιορισμένους πόρους και γνώση, σχετικά με τη συντήρηση, μέσω της ανάπτυξης μιας στρατηγικής συντήρησης μπορούν να επιτύχουν σημαντικές βελτιώσεις στην παραγωγικότητά τους. Όλες οι επιχειρήσεις που μελετήθηκαν μείωσαν το μη παραγωγικό χρόνο του εξοπλισμού τους για τη διενέργεια διορθωτικής συντήρησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο χρόνος διορθωτικής συντήρησης είναι αρκετά ακριβότερος από αυτόν της προληπτικής συντήρησης. Μία σημαντική πτυχή της μελέτης είναι ότι οι επιχειρήσεις αναγνώρισαν τους πραγματικούς στόχους της συντήρησης και τους παράγοντες εκείνους που θα έχουν τη μέγιστη στρατηγική συνεισφορά στο πρόγραμμα συντήρησης.

4.1.6. Εφαρμογή του TPM σε ένα μηχανουργείο

Οι *Singh et. al. (2013)*, παρουσίασαν μία εφαρμογή του TPM σε μία επιχείρηση παραγωγής εξαρτημάτων αυτοκινήτων. Ο σχεδιασμός ήταν να γίνει εφαρμογή στο μηχανουργείο το οποίο αποτελείται από εξειδικευμένο εξοπλισμό τύπου CNC (Computer Numerical Control). Για την αξιολόγηση της επιτυχίας της εφαρμογής της μεθοδολογίας χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης ολικής αποτελεσματικότητας εξοπλισμού (OEE). Επίσης έγινε αναγνώριση των απωλειών που σχετίζονται με τον εξοπλισμό καθώς και χρήση όλων των πυλώνων του TPM.

Προσέγγιση της επιχείρησης

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας ξεκίνησε με την εισαγωγή των 5S στους κύκλους ποιότητας και την παρουσίασή του στο προσωπικό. Αρχικά έγινε η αξιολόγηση της παρούσας κατάστασης μέσω ερωτηματολογίων και φύλλων ελέγχου. Το επόμενο βήμα ήταν η εφαρμογή της αυτόνομης συντήρησης. Η λογική του πυλώνα της αυτόνομης συντήρησης είναι οι χειριστές να έχουν την ευθύνη μικρών δραστηριοτήτων συντήρησης, ώστε να βρεθεί επιπλέον διαθέσιμος χρόνος για το εξειδικευμένο προσωπικό συντήρησης τον οποίο θα χρησιμοποιεί σε τεχνικές δραστηριότητες μεγαλύτερης προστιθέμενης αξίας για την επιχείρηση. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε σχεδιασμένη συντήρηση η οποία στοχεύει στην ομαλή λειτουργία του εξοπλισμού χωρίς σταματήματα και στην παραγωγή προϊόντων τα οποία θα δίνουν ολική ικανοποίηση στον πελάτη. Κατηγοριοποιείται σε προληπτική συντήρηση, διορθωτική συντήρηση και συντήρηση σταματημάτων.

Για την προώθηση των προσπαθειών συνεχούς βελτίωσης χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία “*Kaizen*” της οποίας ο στόχος είναι να επιφέρει σταθερές και συνεχόμενες μικρές βελτιώσεις εμπλέκοντας τους ανθρώπους σε όλα τα επίπεδα του οργανισμού. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή του TPM, χρησιμοποιήθηκε επίσης συντήρηση ποιότητας η οποία έχει ως στόχο την επίτευξη ικανοποίησης του πελάτη μέσω της προσφοράς προϊόντων υψηλής ποιότητας. Ένα άλλο στοιχείο της εφαρμογής ήταν οι διεργασίες εκπαίδευσης με στόχο τη βελτίωση των γνώσεων και δεξιοτήτων των ανθρώπων σε όλα τα επίπεδα της επιχείρησης.

Το γραφείο TPM μεθοδολογίας είχε ως αποστολή τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της αποτελεσματικότητας των διοικητικών λειτουργιών, ενώ η εφαρμογή του πυλώνα της υγείας, ασφάλειας και περιβάλλοντος στόχευε στη δημιουργία ενός ασφαλούς εργασιακού περιβάλλοντος και σε εγκαταστάσεις που δεν θα ζημιώνονται από τις διεργασίες της επιχείρησης.

Τα συμπεράσματα από την εφαρμογή όλων των παραπάνω στην επιχείρηση ήταν:

1. Η επιτυχής εφαρμογή της μεθοδολογίας του TPM εξαρτάται από την εφαρμογή των επιμέρους πυλώνων όπως το 5S, αυτόνομη συντήρηση, σχεδιασμένη συντήρηση, συντήρηση ποιότητας, *kaizen*, γραφείου TPM και ασφάλειας, υγείας και περιβάλλοντος.
2. Ο δείκτης της ολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού βελτιώθηκε από το 63% στο 79% υποδεικνύοντας τη βελτίωση στον τομέα της παραγωγικότητας αλλά και της ποιότητας των προϊόντων
3. Παράγοντας κλειδί της συγκεκριμένης εφαρμογής ήταν η εμπλοκή των εργαζομένων και η υποστήριξη από την ανώτατη διοίκηση.

4.1.7. Εφαρμογή του TPM στην παραγωγική βιομηχανία

Σκοπός της μελέτης περίπτωσης των *Wakjira και Singh (2012)*, ήταν η αξιολόγηση της προσφοράς των πρωτοβουλιών του TPM στη βελτίωση της βιομηχανικής επίδοσης σε μία μεταποιητική βιομηχανία βύνης στην Αιθιοπία. Ο δείκτης της ολικής επίδοσης του εξοπλισμού (OEE) χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο σύγκρισης άλλων παρόμοιων πρωτοβουλιών καθώς και για την αξιολόγηση της παραγωγικής επίδοσης του εργοστασίου. Στόχος της εφαρμογής του TPM στην επιχείρηση ήταν η βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της παραγωγής. Αυτή εξαρτάται από τον τρόπο αξιοποίησης του εξοπλισμού, των υλικών, των ανθρώπων και των μεθόδων. Για να επιτευχθεί αυτό εξετάστηκαν όλες οι εισροές των παραγωγικών διεργασιών για να αναγνωριστούν και να εξαλειφθούν όλες οι απώλειες που σχετίζονται με την κάθε διεργασία. Οι βασικές απώλειες που αναγνωρίστηκαν ήταν:

- ✓ Σταματήματα (σχεδιασμένη συντήρηση)
- ✓ Προσαρμογή της παραγωγής (σετάρισμα)
- ✓ Αστοχίες του εξοπλισμού

- ✓ Αστοχίες διεργασιών
- ✓ Φυσιολογικές απώλειες παραγωγής
- ✓ Μη φυσιολογικές απώλειες παραγωγής
- ✓ Αστοχίες ποιότητας
- ✓ Επανεπεξεργασία

Για να αξιολογηθεί η πορεία εφαρμογής του TPM μετρήθηκε η ολική αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού (OEE) και η συνολική απώλεια ωρών. Έγιναν συνολικά πέντε μετρήσεις του κάθε δείκτη. Τρεις μετρήσεις πριν την εφαρμογή του TPM κατά τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο του 2011 και δύο μετρήσεις μετά, κατά τους μήνες Μάιο, Ιούνιο του 2011. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Πριν την εφαρμογή TPM (2011)		Μετά την εφαρμογή TPM (2011)	
Μήνας	Συνολική απώλεια	Μήνας	Συνολική απώλεια
Γενάρης	64,48 hrs	Μάιος	41,40 hrs
Φεβρουάριος	81,40 hrs	Ιούνιος	23,55 hrs
Μάρτιος	62,50 hrs		

Πίνακας 6: Συνολική απώλεια για την μέτρηση του OEE. Πηγή: *Wakjira and Singh, (2012)*

Πριν την εφαρμογή TPM (2011)		Μετά την εφαρμογή TPM (2011)	
Μήνας	OEE	Μήνας	OEE
Γενάρης	70,35%	Μάιος	75,60%
Φεβρουάριος	66,44%	Ιούνιος	80,23%
Μάρτιος	70,81%		

Πίνακας 7: Μέτρηση του OEE για διάστημα τριών μηνών. Πηγή: *Wakjira and Singh, (2012)*

Τα παραπάνω αποτελέσματα έδειξαν μία σταδιακή ανάπτυξη του δείκτη OEE κατά τη διάρκεια εφαρμογής (πίνακας 7), κάτι το οποίο είναι ένδειξη ότι αυξήθηκε η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού, μειώθηκε η επανεπεξεργασία/απόρριψη και αυξήθηκε ο βαθμός επίδοσης. Βάσει του πίνακα 6 φαίνεται ότι επίσης αυξήθηκε συνολικά η παραγωγικότητα του εργοστασίου. Τέλος, μέσω της εφαρμογής του TPM:

- ✓ Βελτιώθηκε το κόστος και η ποιότητα (ελαχιστοποιήθηκαν οι αστοχίες του εξοπλισμού)
- ✓ Μειώθηκε το κόστος επανεπεξεργασίας (λιγότερα προϊόντα απορρίφθηκαν λόγω αστοχίας του εξοπλισμού)

4.1.8. Εφαρμογή του TPM σε Κινεζικές επιχειρήσεις

Η μελέτη περίπτωσης των *Tsang και Chan (2000)*, αναφέρεται στην εφαρμογή του TPM σε ένα εργοστάσιο υψηλής ακριβείας μηχανολογικού εξοπλισμού στην ενδοχώρα της Κίνας. Η μεθοδολογία του TPM απαιτεί σημαντική αλλαγή στην εργασιακή κουλτούρα της επιχείρησης. Το εργασιακό περιβάλλον σε αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Κίνα δεν αποτελεί ιδανικό υπόστρωμα για την επίτευξη αλλαγών, για το λόγο αυτό η συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Η επιχείρηση ακολούθησε την προσέγγιση εφαρμογής του TPM μέσω ενός προγράμματος τριών φάσεων. Κατά τη συγγραφή της συγκεκριμένης μελέτης έχει γίνει εφαρμογή των δύο πρώτων φάσεων ενώ η τρίτη είναι μέρος ενός πολύχρονου προγράμματος το οποίο δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί. Το εργοστάσιο βρίσκεται στη βιομηχανική ζώνη του Χονγκ Κονγκ και το αρχικό του όραμα ήταν να γίνει ένας από τους μεγαλύτερους προμηθευτές ημιαγωγών στον κόσμο. Στην παραγωγή έχει γίνει πολύ σημαντική επένδυση σε υψηλής ακριβείας μηχανολογικό εξοπλισμό που συμπεριλαμβάνει περισσότερες από 100 μηχανές CNC (Computer Numerical Control) και NC (Numerical Control). Η επιχείρηση απασχολεί περίπου 2000 εργαζόμενους από τους οποίους περίπου 40 απασχολούνται στο τμήμα συντήρησης. Για τις ανάγκες της συντήρησης χρησιμοποιείται εξωτερικός συνεργάτης μόνο όταν απαιτείται ειδικευμένη γνώση, η οποία δεν είναι διαθέσιμη εντός της επιχείρησης.

Στα μέσα του 1995 στο εργοστάσιο έγινε η εισαγωγή της μεθοδολογίας του TPM με στόχο την:

- ✓ μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας του ακριβού εξοπλισμού
- ✓ αναβάθμιση της ποιότητας των προϊόντων
- ✓ βελτίωση της ασφάλειας
- ✓ μείωση του λειτουργικού κόστους και κόστους συντήρησης
- ✓ αλλαγή της εργασιακής κουλτούρας με έμφαση στο ομαδικό πνεύμα, την ιδιοκτησία των προβλημάτων και τη συνεχή βελτίωση

Οι φάσεις εφαρμογής του TPM

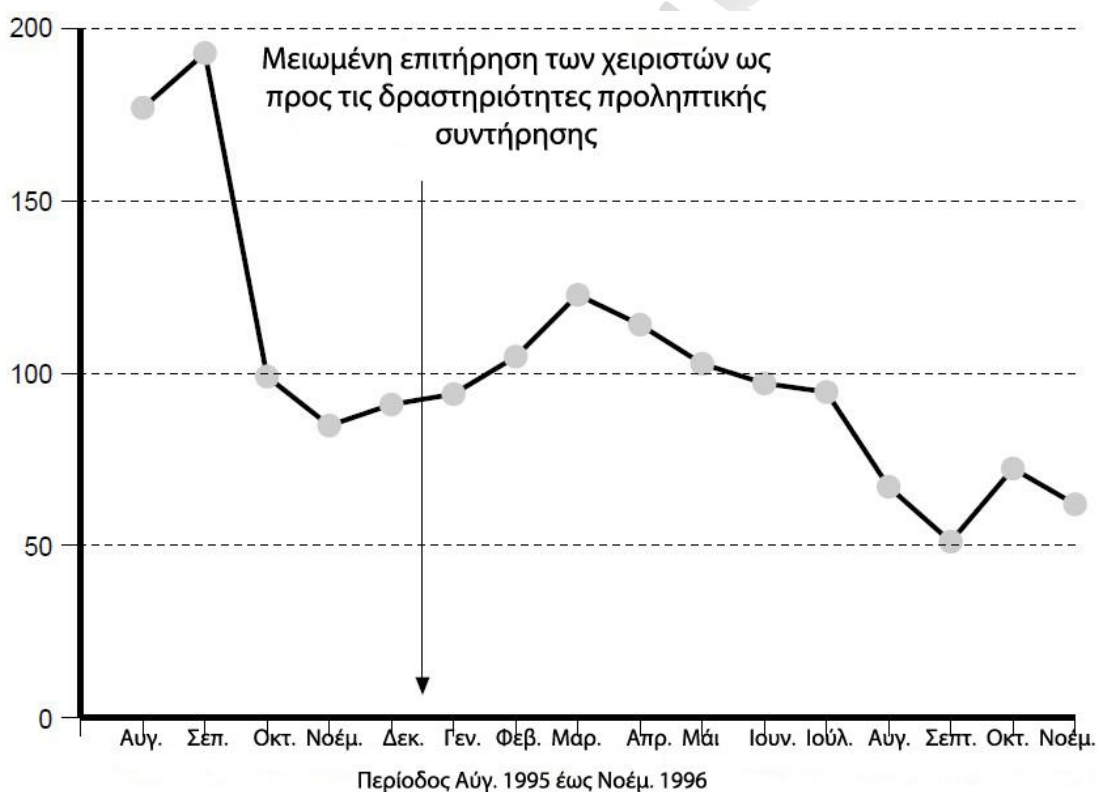
Το πρόγραμμα αλλαγής προς την εφαρμογή του TPM που υιοθέτησε η επιχείρηση αποτελείται από τρεις φάσεις.

Η πρώτη φάση ονομάστηκε *Πιλοτική φάση*, αφορούσε περιορισμένο αριθμό μηχανών και προσωπικού και είχε επτά βήματα εφαρμογής:

1. Ανακοίνωση του TPM: Μέσω τεχνικών εσωτερικής επικοινωνίας
2. Κεντρικό σχέδιο TPM: Αναπτύχθηκε από τον ηγέτη του TPM στην επιχείρηση
3. Οργάνωση και προώθηση του TPM: Δημιουργία επιτροπής TPM
4. Καμπάνια εκπαίδευσης: Εκπαίδευση όλου του εμπλεκόμενου προσωπικού από τον ηγέτη του TPM
5. Αρχή εφαρμογής TPM

6. Βελτίωση αποτελεσματικότητας εξοπλισμού
7. Ανάπτυξη προγράμματος αυτόνομης συντήρησης

Σχετικά άμεσα αποτελέσματα της πρώτης φάσης εφαρμογής ήταν λιγότερα σταματήματα της παραγωγής κατά την περίοδο μεταξύ Αυγούστου 1995 και Νοεμβρίου 1996, όπως φαίνεται στην εικόνα 23. Αξίζει να σημειωθεί ότι περί τον Δεκέμβριο υπήρξε μία προγραμματισμένη χαλάρωση της επιτήρησης των χειριστών των μηχανημάτων, όσον αφορά τα καθήκοντά τους για προληπτική συντήρηση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι χειριστές να χαλαρώσουν τις προσπάθειές τους και ο αριθμός των σταματημάτων να αυξηθεί τους αμέσως επόμενους μήνες. Αμέσως μετά η διοίκηση επανέφερε το αρχικό πρόγραμμα επιτήρησης και τα σταματήματα επανήλθαν στη φυσιολογική καθοδική τους τάση. Με αυτό το τέχνασμα η διοίκηση κατάφερε οι χειριστές να κατανοήσουν τους δείκτες και τον τρόπο λειτουργίας τους.



Εικόνα 23: Αριθμός των σταματημάτων των μηχανών ανά μήνα στις περιοχές πιλοτικής εφαρμογής. Πηγή: Tsang και Chan, (2000)

Η δεύτερη φάση ήταν η φάση *προώθησης και σταθεροποίησης* της οποίας τα κύρια δομικά στοιχεία ήταν:

- ✓ Η καθιέρωση των βασικών πολιτικών του TPM.
- ✓ Εκστρατεία εκπαίδευσης η οποία επεκτείνεται σε όλο το προσωπικό.

- ✓ Ανάπτυξη προγράμματος αυτόνομης συντήρησης.

Τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της δεύτερης φάσης ήταν:

- ✓ Ενώ ο αριθμός των μηχανημάτων που εντάσσονταν στο TPM αυξήθηκε κατά 56%, ο αριθμός των σταματημάτων την ίδια περίοδο μειώθηκε κατά 24%. Σημαντικός παράγοντας του θετικού αποτελέσματος ήταν το τακτικό και προγραμματισμένο καθάρισμα των μηχανημάτων και του χώρου εργασίας .
- ✓ Οι προϊστάμενοι της παραγωγής και οι χειριστές κατανόησαν ότι με την ελάχιστη εκπαίδευση είχαν την δυνατότητα να ανταπεξέλθουν στις αυξημένες δραστηριότητες του TPM με επιτυχία. Επίσης, κέρδισαν αυτοπεποίθηση διότι οι στόχοι της παραγωγής ήταν πιο εύκολο να επιτευχθούν μέσω του TPM.
- ✓ Οι χώροι εργασίας και οι εγκαταστάσεις παρέμειναν καθαρές και τακτοποιημένες προσφέροντας ένα υγιές περιβάλλον εργασίας.

Τέλος, υπήρξε η φάση της *ωρίμανσης* της οποίας τα αποτελέσματα δεν είναι διαθέσιμα στη συγκεκριμένη μελέτη. Τα δομικά της στοιχεία ήταν:

- ✓ Ανάπτυξη σχεδίου προγραμματισμένης συντήρησης
- ✓ Εκπαίδευση για τη βελτίωση των λειτουργιών και των δεξιοτήτων συντήρησης
- ✓ Ανάπτυξη ενός προγράμματος διαχείρισης δεδομένων
- ✓ Βελτιστοποίηση του προγράμματος αυτόνομης συντήρησης
- ✓ Ολοκληρωμένη εφαρμογή του TPM

4.2. Συγκριτική ανάλυση μελετών περίπτωσης

Στον πίνακα 8, παρουσιάζεται μία συγκριτική επισκόπηση των οκτώ μελετών περίπτωσης που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο με χρήση τεσσάρων κριτηρίων: 1) Κατά πόσο η εφαρμογή του TPM έχει θετική επίδραση στην επιχείρηση 2) Πώς έγινε ο έλεγχος της εφαρμογής ή ποιοι δείκτες χρησιμοποιήθηκαν 3) Το χρονικό διάστημα που εφαρμόστηκε η μεθοδολογία 4) Τα κυριότερα πλεονεκτήματα μετά την εφαρμογή του TPM. Βάσει αυτών των στοιχείων φαίνεται ότι το TPM συνολικά στη λειτουργία της επιχείρησης επέδρασε θετικά σε όλες τις μελέτες, με εξαίρεση την «Αξιολόγηση του ΟΕΕ σε οργανισμό παραγωγής άλατος» όπου μετά από έναν χρόνο εφαρμογής πρωτοβουλιών TPM ο γενικός δείκτης επίδοσης ΟΕΕ δεν έδειξε κάποια βελτίωση (παρά το γεγονός ότι υπήρχαν επιμέρους σημεία βελτίωσης όσον αφορά την ποιότητα και το βαθμό διαθεσιμότητας του εξοπλισμού). Ο δείκτης ελέγχου και αξιολόγησης της εφαρμογής της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε στην πλειονότητα των μελετών ήταν αυτός της «Ολικής Αποτελεσματικότητας του Εξοπλισμού ή ΟΕΕ (Overall Equipment Efficiency)». Ο μέσος χρόνος εφαρμογής μέχρι την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ήταν περίπου 1,5 έτη. Τα αποτελέσματα που εντοπίζονται στην πλειονότητα των μελετών είναι:

- ✓ Αύξηση ποιότητας
- ✓ Αύξηση παραγωγικότητας
- ✓ Αύξηση διαθεσιμότητας του εξοπλισμού

Συμπερασματικά η ανάλυση των παραπάνω μελετών περίπτωσης έδειξαν ότι το TPM είναι μια μεθοδολογία που μπορεί να επιφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στην επιχείρηση εάν γίνει μία σωστή και αποτελεσματική εφαρμογή του.

Μελέτες περίπτωσης	Αποτελέσματα εφαρμογής Θετική (+), Αρνητική (-), Ουδέτερη (ο)	Έλεγχος εφαρμογής/δείκτες	Χρόνος εφαρμογής (χρόνια)	Πλεονεκτήματα
<i>Εφαρμογή του TPM σε μεγάλες/μεσαίες επιχειρήσεις του Ην. Βασιλείου</i>	+	Επιθεώρηση	-	Αύξηση ποιότητας/παραγωγικότητας/Αύξηση διαθεσιμότητας εξοπλισμού/Βελτίωση εσωτερικής επικοινωνίας
<i>Εφαρμογή του TPM σε παραγωγική επιχείρηση στην Ινδία</i>	+	OEE	≈1	Μείωση αποθεμάτων/Βελτίωση της εκροής του εργοστασίου/Μείωση των απορρίψεων από τον πελάτη/Μείωση ατυχημάτων/Μείωση κόστους συντήρησης/Μείωση κόστους ενέργειας αστοχιών και επανεπεξεργασίας/Μείωση σταματημάτων/Αύξηση συμμετοχής προσωπικού
<i>Αξιολόγηση του OEE σε οργανισμό παραγωγής άλατος</i>	ο	OEE	1	Αύξηση ποιότητας/διαθεσιμότητας
<i>Εφαρμογή του TPM στη βιομηχανία τροφίμων</i>	+	OEE	5	Αύξηση ποιότητας/αποτελεσματικότητας επίδοσης
<i>Οι προοπτικές της στρατηγικής συντήρησης</i>	+	Μη παραγωγικός χρόνος/Κατανομή του χρόνου εργασίας/Αριθμός προγραμματίσιμων σταματημάτων/Συνολικό κόστος συντήρησης/Αριθμός ατυχημάτων	2-3	Μείωση μη παραγωγικού χρόνου/Αναγνώριση πραγματικών στόχων συντήρησης/Μείωση προγραμματίσιμων σταματημάτων
<i>Εφαρμογή του TPM σε ένα μηχανουργείο</i>	+	OEE	-	Αύξηση ποιότητας/παραγωγικότητας
<i>Εφαρμογή του TPM στην παραγωγική βιομηχανία</i>	+	OEE	0,5	Αύξηση διαθεσιμότητας/Μείωση επανεπεξεργασίας/Αύξηση βαθμού επίδοσης/Μείωση κόστους/Αύξηση ποιότητας
<i>Εφαρμογή του TPM σε</i>	+	Αριθμός σταματημάτων	0,5	Μείωση σταματημάτων/Ανάπτυξη προσωπικού/Περιβάλλον εργασίας

Κινεζικές επιχειρήσεις				
---------------------------	--	--	--	--

Πίνακας 8: Συγκριτική παρουσίαση στοιχείων μελετών περίπτωσης

4.3. Βιβλιογραφία - Κεφάλαιο 4

Aspinwal E., Elgharib M., *"TPM implementation in large and medium size organisations"*, **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 24, Iss. 5, 2013, pp.688 – 710.

Ahuja I.P.S. & Khamba J.S., *"An evaluation of TPM implementation initiatives in an Indian manufacturing enterprise"*, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 13, Iss. 4, 2007, pp.338 – 352.

Islam H. Afefy, *"Implementation of Total Productive Maintenance and Overall Equipment Effectiveness Evaluation"*, **International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering**, IJMME-IJENS, Vol. 13, No.01, 2013.

Tsarouhas P., *"Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study"*, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 13, Iss. 1, 2007, pp.5 – 18.

Salonen A. and Bengtsson M., *"The potential in strategic maintenance development"*, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 17, Iss. 4, 2011, pp.337 – 350.

Singh Ranteshwar , Ashish M Gohil, Dhaval B Shah, Sanjay Desai, *"Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study"*, **Procedural Engineering** 51, 2013, p.p. 592 – 599.

Melesse Workneh Wakjira and Ajit Pal Singh, *"Total Productive Maintenance: A Case Study in Manufacturing Industry"*, **Global Journal of researches in engineering Industrial engineering**, Volume 12, Issue 1, 2012.

Tsang H.C. Albert and P.K. Chan, *"TPM implementation in China: a case study"*, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 17, Iss.2, 2000, pp.144 – 157.

Κεφάλαιο 5

5.1. Παρουσίαση των κυριότερων εργαλείων του TPM

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα κυριότερα εργαλεία του TPM ομαδοποιημένα σε λειτουργικές κατηγορίες.

5.1.1. Αρχικό καθάρισμα

Το αρχικό καθάρισμα είναι ίσως το πρώτο πρακτικό έργο στον εξοπλισμό που πραγματοποιεί η ομάδα TPM είτε είναι ομάδα ΑΣ (Αυτόνομης Συντήρησης) είτε είναι ομάδα ΠΣ (Προληπτικής Συντήρησης). Συχνά η ιδέα και μόνο του καθαρισμού αποτρέπει τον κόσμο να τον κάνει. Σε πολλές περιπτώσεις οι χειριστές θεωρούν ότι καλούνται να κάνουν πράγματα που οι τεχνικοί έχουν παραλείψει ή ότι ίσως υποβαθμιστεί η χρησιμότητά τους. Αυτό συχνά συμβαίνει διότι στους χειριστές ανατίθενται απλά καθήκοντα όπως καθαρισμός, έλεγχος μετρητών ή επιπέδων κ.ά. Πολλά από αυτά τα καθήκοντα είναι και στην αρμοδιότητα των τεχνικών οι οποίοι σε πολλές περιπτώσεις τα παραμελούν ως δευτερευόντως σημασίας. Συνήθως όταν μία εργασία δεν επηρεάζει άμεσα τη λειτουργία του εξοπλισμού αξιολογείται ως χαμηλής προτεραιότητας. Οπότε πολλές από τις εργασίες καθαρισμού που καλείται να κάνει η ομάδα ΑΣ έχουν παραμεληθεί από την ομάδα της ΠΣ. Εδώ να σημειωθεί ότι η ομάδα Αυτόνομης Συντήρησης κυρίως αποτελείται από τους χειριστές του εξοπλισμού, ενώ η ομάδα Προληπτικής Συντήρησης αποτελείται κυρίως από τεχνικούς. Οι παραπάνω μικρές παραλείψεις εάν συσσωρευτούν μπορούν δυνητικά να προκαλέσουν σημαντικές αστοχίες του εξοπλισμού, για το λόγο αυτό στο Αρχικό καθάρισμα πρέπει να λάβουν μέρος και οι δύο ομάδες χωρίς καμία εξαίρεση.

Κατά το Αρχικό καθάρισμα το σημαντικότερο εργαλείο που έχουν οι ομάδες στη διάθεσή τους είναι οι αισθήσεις τους. Με τη χρήση τους θα μπορούν να:

1. Δουν εμφανείς περιοχές βλαβών ή επιμολύνσεων.
2. Να αγγίξουν τις επιφάνειες μετά τον καθαρισμό. Ίσως εντοπιστούν περίεργες δονήσεις, βαφή που ξεφτίζει ή σπασμένοι σύνδεσμοι.
3. Να μυρίσουν τυχόν διαρροές.
4. Να ακούσουν περίεργους θορύβους.

Με την εμπλοκή όλων ενδυναμώνεται το αίσθημα της ιδιοκτησίας στο προσωπικό. Με την εφαρμογή αυτής της τεχνικής όλο το εμπλεκόμενο προσωπικό θα είναι σε θέση να γνωρίζει :

- ✓ Την πραγματικά περίπλοκη φύση του εξοπλισμού που χειρίζεται.
- ✓ Όλους τους πιθανούς κινδύνους των εργαλείων συντήρησης και πώς να τους αντιμετωπίζουν.
- ✓ Πώς να κάνει αξιολόγηση του κινδύνου.
- ✓ Πώς μπορούν να επωφεληθούν από μία δραστηριότητα συνεχούς εκμάθησης.

5.1.2. Χάρτης καθαρισμού

Ο χάρτης καθαρισμού προσδιορίζει ποιο μέρος του εξοπλισμού και σε ποια σημεία θα καθαριστεί. Οι χάρτες καθαρισμού μπορεί να είναι φωτογραφίες ή λεπτομερή σκίτσα του εξοπλισμού. Όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα, οι μπλε δείκτες υποδεικνύουν τα σημεία στα οποία πρέπει να δοθεί προσοχή κατά τον καθαρισμό του εξοπλισμού.



Εικόνα 24: Μηχανή κοπής αλλαντικών

5.1.3. Ετικέτες F (F-Tags)

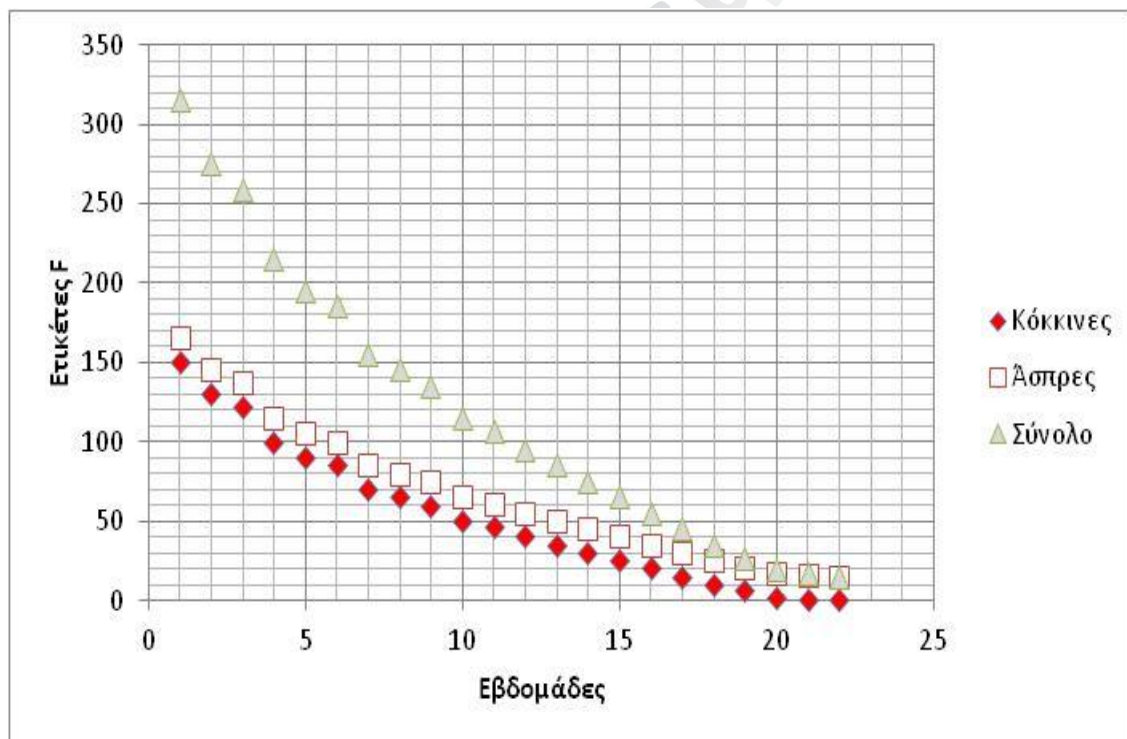
Είναι ετικέτες οι οποίες τοποθετούνται τοπικά στα σημεία στα οποία υπάρχει επιμολυσμένος εξοπλισμός ή αστοχία εξοπλισμού με στόχο τον εύκολο εντοπισμό τους.

Οι ετικέτες μπορεί να είναι κόκκινου ή άσπρου χρώματος. Κόκκινο είναι όπου η επιδιόρθωση χρειάζεται τεχνικές γνώσεις και άσπρο όταν η επιδιόρθωση δεν χρειάζεται ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις, αλλά μπορεί να γίνει και από ένα χειριστή.

Η χρησιμότητα των ετικετών είναι πως όποιος τις διαβάσει μπορεί να αντλήσει άμεσα πληροφορίες για :

- ✓ Το πότε η ετικέτα τοποθετήθηκε
- ✓ Το λόγο για τον οποίο τοποθετήθηκε
- ✓ Ποιος την τοποθέτησε
- ✓ Πότε έχει προγραμματιστεί η επιδιόρθωση

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει έναν τρόπο παρακολούθησης της πορείας του καθαρισμού μέσω του ρυθμού απομείωσης των ετικετών F στο χρόνο.



Εικόνα 25: Διάγραμμα παρακολούθησης της πορείας του καθαρισμού μέσω των F ετικετών

5.1.4. 5S

Η τεχνική των 5S προέρχεται από τα Ιαπωνικά ακρωνύμια: Seiri (οργάνωση), Seiton (τάξη), Seisio (καθαριότητα), Seiketsu (τυποποίηση) and Shitsuke (πειθαρχία) (εικόνα 26) και αντιπροσωπεύει ένα πρόγραμμα πέντε βημάτων το οποίο εισάγει, εφαρμόζει και

συντηρεί ένα καθαρό, ασφαλές, χωρίς εμπόδια και αποτελεσματικό περιβάλλον εργασίας.

Κάποια από τα πλεονεκτήματα του 5S είναι:

- ✓ Σε ένα περιβάλλον εργασίας παραγωγής το οποίο δεν είναι σωστά οργανωμένο, υπάρχει η πιθανότητα να παραχθούν προϊόντα με ποιοτικές αστοχίες οι οποίες να περάσουν στον πελάτη και τελικά να μειωθεί η αξιοπιστία του οργανισμού και να χαθεί ακόμα και ο πελάτης. Το 5S μειώνει την πιθανότητα να συμβεί κάτι τέτοιο.
- ✓ Το 5S μπορεί να παίξει προληπτικό ρόλο σε περιπτώσεις όπου μπορεί να γίνει λάθος χρήση του εξοπλισμού και των εργαλείων από το προσωπικό, με αποτέλεσμα να παρουσιαστεί κάποια μηχανική βλάβη και κατά συνέπεια να υπάρξουν οικονομικές απώλειες για τον οργανισμό.
- ✓ Με το 5S επιτυγχάνεται καλύτερη αξιοποίηση του χώρου, οπότε μετά την εφαρμογή του μπορεί να προκύψει χώρος ο οποίος δεν έχει κάποια χρησιμότητα. Η απαίτηση λιγότερου χώρου για τις λειτουργικές διεργασίες του οργανισμού μπορεί να επιφέρει μειωμένα κόστη συντήρησης, μικρότερο ενοίκιο και ό,τι άλλο μπορεί να σχετίζεται με την εξοικονόμηση χώρου.
- ✓ Η τεχνική 5S θεωρείται ένα θεμελιώδες βήμα για εφαρμογή τεχνικών συνεχούς βελτίωσης.
- ✓ Είναι ένας πρακτικός τρόπος να εισαχθούν οι έννοιες των καταλοίπων και της παραγωγικότητας στο προσωπικό.



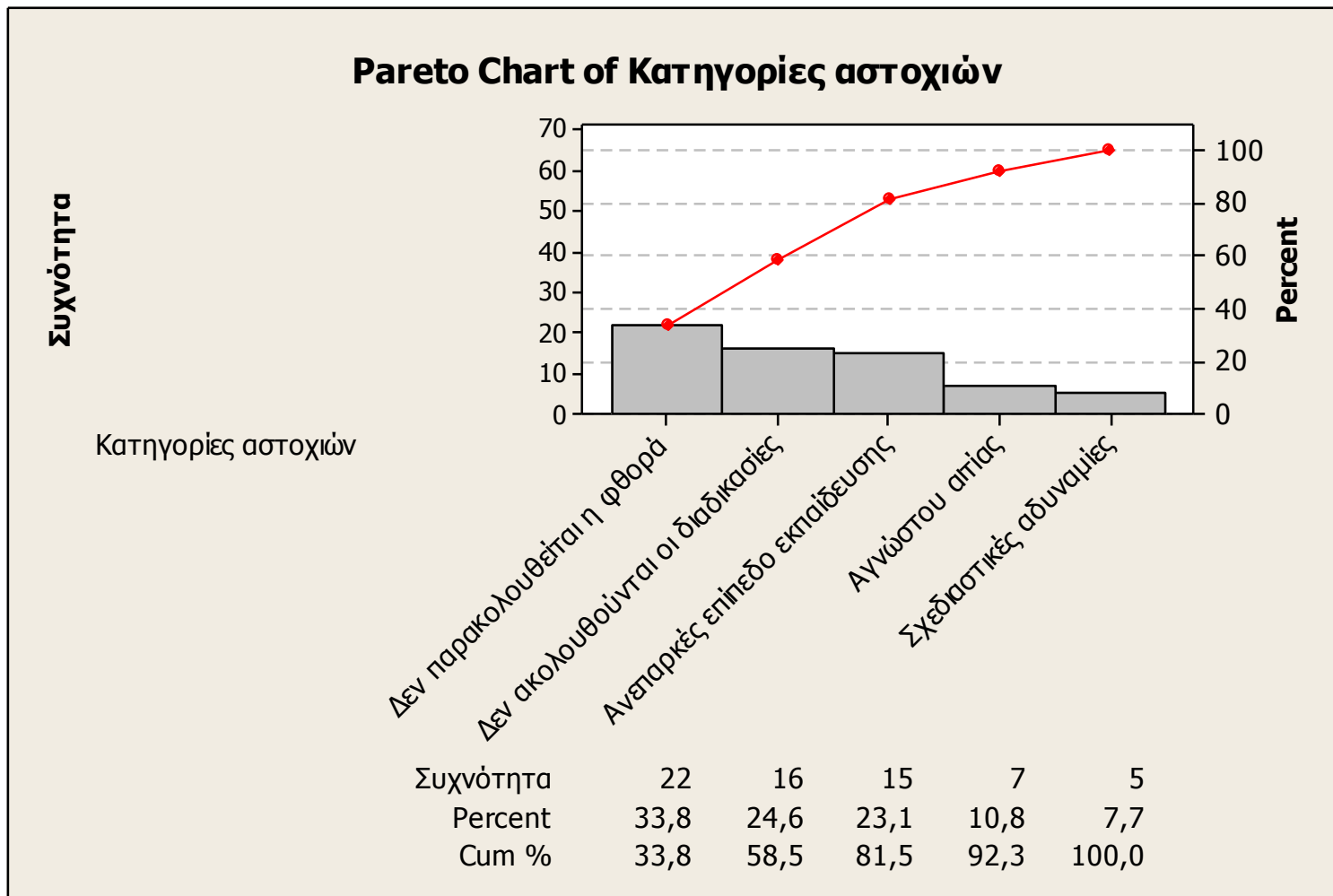
Εικόνα 26: Μία σχηματική απεικόνιση της 5S διεργασίας. Πηγή: Steven Borris (2006), σελ. 157

5.1.5. Διάγραμμα Παρέτο

Μετά την κατηγοριοποίηση των αστοχιών ένα αποτελεσματικό εργαλείο που βοηθάει στην ιεράρχηση των αστοχιών είναι τα διαγράμματα «Παρέτο». Τα διαγράμματα «Παρέτο» χρησιμοποιούν ποσοστά και συσσωρευτικά αθροίσματα για κάθε κατηγορία αστοχιών. Ένα παράδειγμα της ανάλυσης «Παρέτο» παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα όπου αναλύθηκαν πέντε κατηγορίες αστοχιών και η συχνότητα εμφάνισής τους για ένα μήνα. Τα δεδομένα ήταν:

Κατηγορίες/Συχνότητα εμφάνισης

- Δεν ακολουθούνται οι διαδικασίες/16
- Δεν παρακολουθείται η φθορά/22
- Ανεπαρκές επίπεδο εκπαίδευσης/15
- Σχεδιαστικές αδυναμίες/5
- Αγνώστου αιτίας/7



Εικόνα 27: Παράδειγμα της ανάλυσης Παρέτο

Από το παραπάνω διάγραμμα μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε σε ποιες κατηγορίες αστοχιών πρέπει να δοθεί ιεραρχικά προσοχή με βάση τη συχνότητα εμφάνισής τους. Η σειρά είναι:

1. Δεν παρακολουθείται η φθορά
2. Δεν ακολουθούνται οι διαδικασίες
3. Ανεπαρκές επίπεδο εκπαίδευσης
4. Αγνώστου αιτίας
5. Σχεδιαστικές αδυναμίες

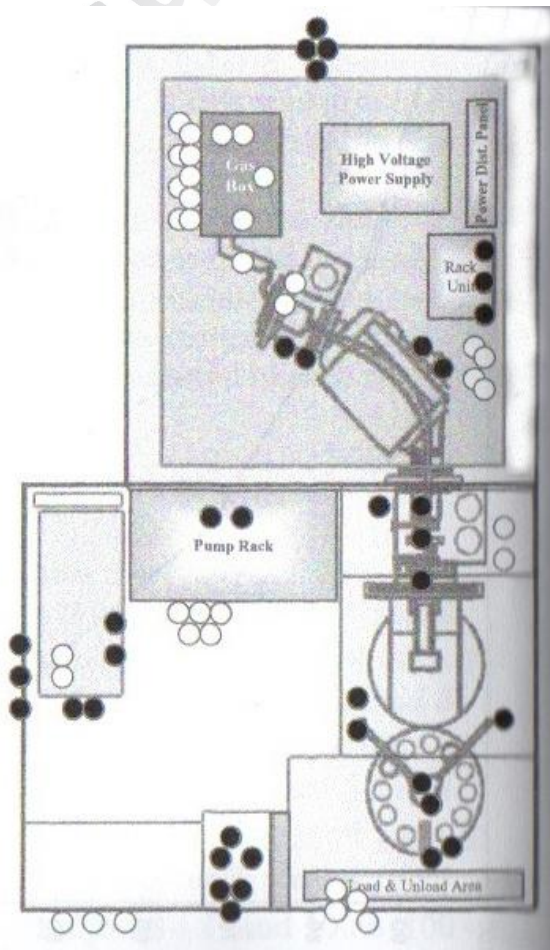
5.1.6. Χάρτης αστοχιών

Ο χάρτης αστοχιών είναι μία οπτική αναπαράσταση όλων των τοποθετημένων ετικετών –F στον εξοπλισμό του εργοστασίου.

Αυτό είναι ένα παράδειγμα για το πως ένας ολοκληρωμένος χάρτης αστοχιών θα ήταν

Να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει λεπτομερής τοποθέτηση των αστοχιών

Σε αυτές τις περιοχές μπορούν να τοποθετηθούν φωτογραφίες για να αναδειχτεί λεπτομερώς η θέση των ετικετών



Εικόνα 28: Παράδειγμα χάρτη αστοχιών. Πηγή: Steven Borris, 2006, σελ. 82

5.1.7. Αλλαγή ρυθμίσεων ενός λεπτού -SMED (Single minute exchange of dies)

Η SMED είναι μία μεθοδολογία για τη μείωση χρόνων επανατοποθέτησης των μηχανημάτων, η οποία συστήθηκε από τον Ιάπωνα Shigeo Shingo. Ο Shingo δίνει μία θεωρητική αλλά και πρακτική προσέγγιση στην απλοποίηση και βελτίωση του χρόνου επανατοποθέτησης των μηχανημάτων σε λιγότερο από δέκα λεπτά συνολικής διάρκειας (*Moxham and Greatbanks, 2001*). Η μεθοδολογία SMED υποστηρίζει ότι ακόμα και αν η συχνότητα των αλλαγών δε μπορεί να μειωθεί, ο συνολικός χρόνος αδράνειας των μηχανημάτων λόγω ρυθμίσεων μπορεί να μειωθεί σημαντικά αυξάνοντας ταυτόχρονα τη δυναμικότητα της παραγωγής. Οι πέντε αρχές για γρήγορες επανατοποθετήσεις είναι:

1. Διαφοροποίηση των εσωτερικών στοιχείων επανατοποθέτησης έναντι των εξωτερικών. Ως εσωτερικά στοιχεία ορίζονται οι αλλαγές ή οι δραστηριότητες που μπορούν να γίνουν όταν το μηχάνημα δεν βρίσκεται σε λειτουργία, ενώ τα εξωτερικά στοιχεία σχετίζονται με αλλαγές ή δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα όταν το μηχάνημα βρίσκεται σε λειτουργία (*Moxham and Greatbanks, 2001*).
2. Διαχωρισμός των εσωτερικών από τα εξωτερικά στοιχεία.
3. Μετατροπή όσο το δυνατόν περισσότερων εσωτερικών στοιχείων σε εξωτερικά.
4. Βελτίωση των υπόλοιπων εσωτερικών στοιχείων. Αυτό το βήμα της τεχνικής SMED απαιτεί την εξερεύνηση των εναλλακτικών τρόπων για να μειωθεί ο χρόνος των υπόλοιπων εσωτερικών στοιχείων έτσι ώστε η οργάνωση και η επανατοποθέτηση να καταναλώνουν το λιγότερο χρόνο (*Conner, 2001*).
5. Βελτίωση των εξωτερικών στοιχείων. Οι εξωτερικές δραστηριότητες βελτιώνονται για να γίνουν γρηγορότερες και αποδοτικότερες. Η μείωση του χρόνου που λαμβάνεται για την εκτέλεση των εξωτερικών δραστηριοτήτων δεν μειώνει άμεσα το χρόνο αδράνειας των μηχανημάτων ούτε βελτιώνει το OEE αλλά ελευθερώνει τους χειριστές για άλλες δραστηριότητες (*Trovinger and Bohn, 2005*).

5.1.8. Τα 5 Γιατί (The 5 Why's)

Τα «5 γιατί» είναι μία τεχνική για να τεθούν ερωτήσεις για μία διεργασία ή ένα πρόβλημα. Με το επαναλαμβανόμενο ερώτημα του «γιατί;» (οι πέντε φορές είναι εμπειρικός κανόνας), μπορεί να διερευνηθούν τα στρώματα των συμπτωμάτων που μπορούν να οδηγήσουν στην πρωταρχική αιτία ενός προβλήματος. Πολύ συχνά ο φαινομενικός λόγος για ένα πρόβλημα θα οδηγήσει σε μια άλλη ερώτηση. Αν και αυτή η τεχνική καλείται «5 γιατί» μπορεί να διαπιστωθεί πως θα πρέπει να τεθεί η ερώτηση λιγότερες ή περισσότερες από πέντε φορές προτού να βρεθεί μία απάντηση σχετική με το πρόβλημα.

Τα πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

- Βοηθάει να προσδιοριστεί η πρωταρχική αιτία ενός προβλήματος.
- Μπορεί να καθοριστεί η σχέση μεταξύ διαφορετικών πρωταρχικών αιτιών ενός προβλήματος.
- Είναι ένα από τα απλούστερα εργαλεία καθώς είναι εύκολο να ολοκληρωθεί χωρίς στατιστική ανάλυση.

Η τεχνική είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν τα προβλήματα περιλαμβάνουν ανθρώπινους παράγοντες ή αλληλεπιδράσεις. Ακόμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην καθημερινή επιχειρησιακή ζωή εντός ή εκτός ενός προγράμματος TPM.

Παράδειγμα εφαρμογής

Ένας αναλυτής τιμών δεν ενημέρωσε εγκαίρως για ένα λάθος στην αναφορά του προηγούμενου μήνα.

1. Γιατί το λάθος δεν αναφέρθηκε;
 - 1.1. Γιατί δεν γνώριζα ότι ήταν δική μου ευθύνη.
2. Γιατί δεν γνώριζες ότι ήταν δική σου ευθύνη?
 - 2.1. Επειδή εφαρμόσαμε μια νέα διαδικασία τον περασμένο μήνα, και θεώρησα ότι το οικονομικό τμήμα ήταν αρμόδιο.
3. Γιατί πίστευες ότι το οικονομικό τμήμα είναι αρμόδιο?
 - 3.1. Επειδή το οικονομικό τμήμα ήταν αρμόδιο όταν χρησιμοποιούσαμε την προηγούμενη διαδικασία.
4. Γιατί δεν καταλάβατε την αλλαγή διαδικασίας;
 - 4.1. Η αλλαγή δεν τεκμηριώθηκε στη νέα διαδικασία.

Πηγή: *Lynne Hambleton, 2007*

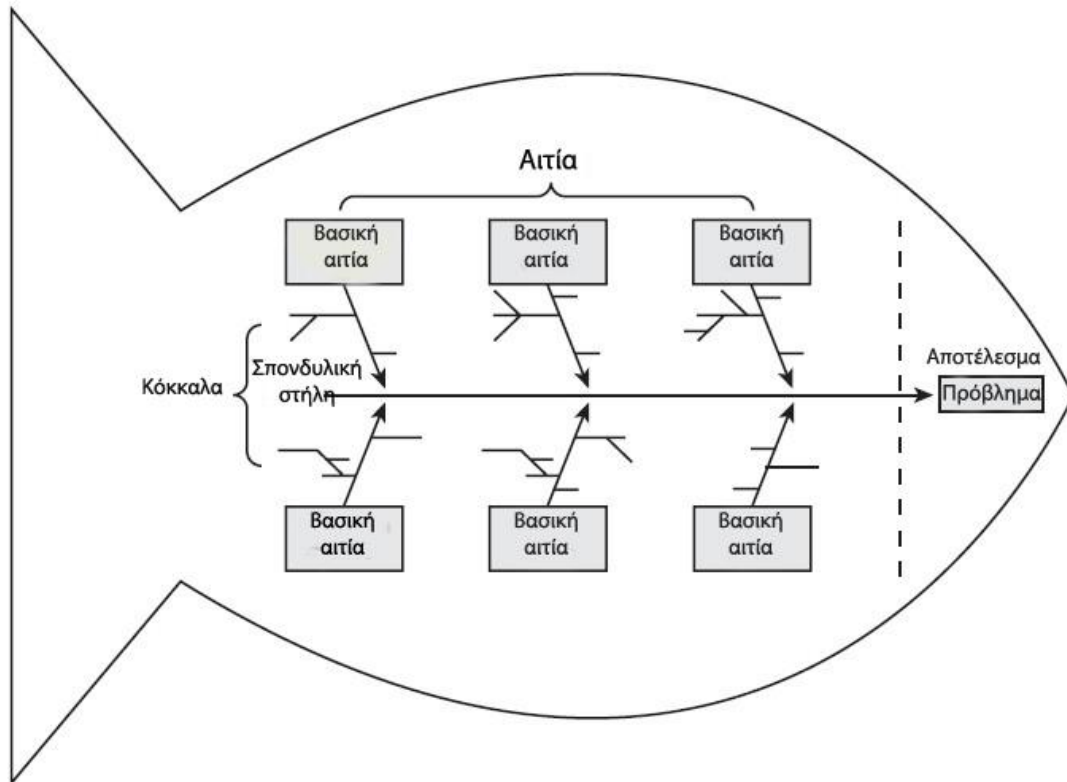
5.1.9. Διάγραμμα αιτίου αποτελέσματος

Επίσης αποκαλούμενο: Ψαροκόκκαλο. Παραλλαγές διαγραμμάτων Ishikawa: διάγραμμα απαρίθμησης αιτίας, ψαροκόκκαλο διαδικασίας, ψαροκόκκαλο χρονικής καθυστέρησης.

Το συγκεκριμένο εργαλείο βοηθάει να απαντηθεί η ερώτηση «ποιες είναι οι πιθανές αιτίες ενός προβλήματος ή μιας προβληματικής έκβασης;» και χρησιμεύει στην:

- Οργάνωση των ιδεών και την κατανόηση της σχέσης μεταξύ των πιθανών αιτιών και ενός προβλήματος από τη μορφοποίηση, την τακτοποίηση, την οργάνωση των πιθανών αιτιών σε θέματα και επιμέρους θέματα για την προετοιμασία μιας μελλοντικής προσπάθειας προσδιορισμού της αιτίας.

- Υποκίνηση της σκέψης για την ανάπτυξη του καταλόγου των πιθανών πηγών ενός προβλήματος.
- Λήψη συγκεκριμένων ενεργειών για τη διερεύνηση της πιθανής αιτίας και κατά πόσο τελικά συνεισφέρει σημαντικά στο πρόβλημα.

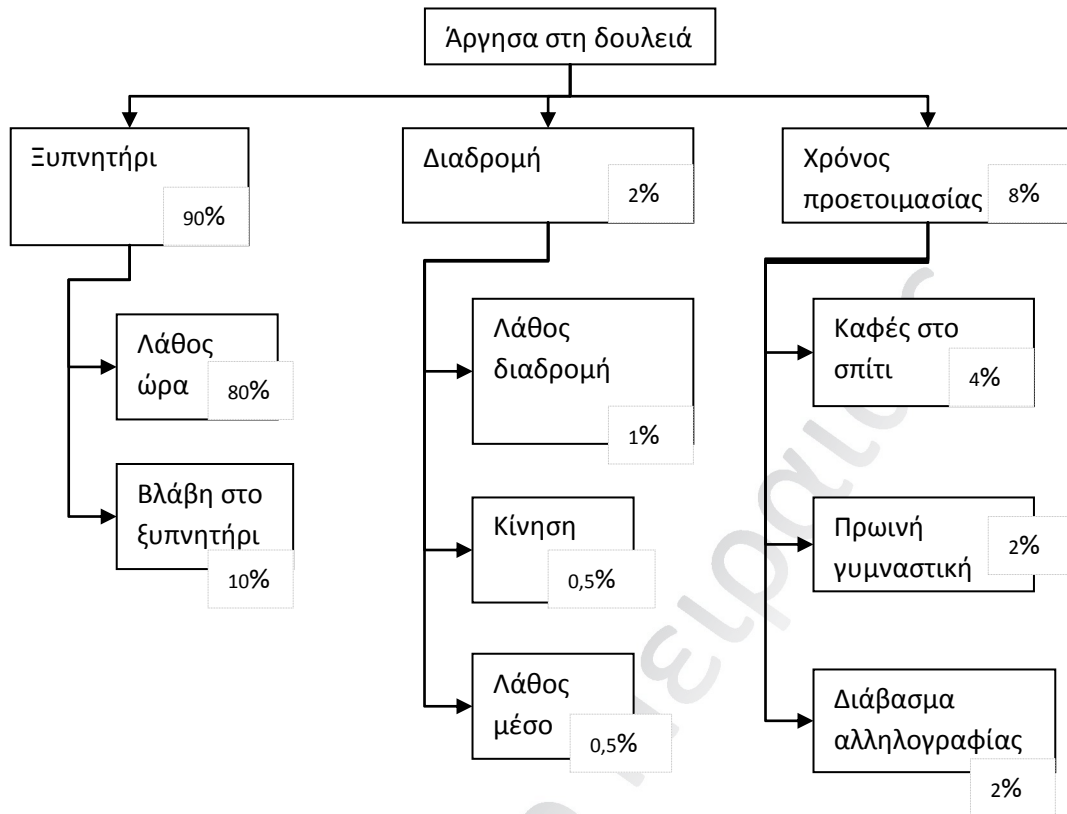


Εικόνα 29: Μια βασική μορφή του διαγράμματος αιτίου-αποτελέσματος. Πηγή: Lynne Hambleton, 2007 σελ. 177

5.1.10. Δενδρόγραμμα αστοχιών

Το δενδρόγραμμα αστοχιών έχει τη μορφή ενός διαγράμματος ροής ή ενός οικογενειακού δέντρου, μόνο που ξεκινάει με μία αστοχία και συνεχίζει να υποδιαιρείται στις διάφορες πιθανές αιτίες. Η μεταφορά σε κατώτερο επίπεδο του διαγράμματος αυξάνει και την ακρίβεια της ανάλυσης. Επίσης, κάθε πιθανή αιτία μπορεί να συσχετιστεί με μία πιθανότητα η οποία λογικά μπορεί να είναι σχετικά τυχαία αν και πολλές φορές μπορεί να αποδειχτεί αρκετά ακριβής (Steven Borris, 2006).

Ο σκοπός του δενδρογράμματος αστοχιών είναι να αναγνωριστούν οι πιθανές επιλογές και στη συνέχεια να επιλεγεί η πιο πιθανή για να αντιμετωπιστεί η πρώτη.



Εικόνα 30: Παράδειγμα δενδρογράμματος αστοχιών

5.1.11. Πίνακας δραστηριοτήτων

Οι ομάδες της Ολικής Συντήρησης για την παραγωγικότητα (TPM), της αυτόνομης συντήρησης (AM) και των 5S, παρακολουθούν την πρόδό τους χρησιμοποιώντας πίνακες σημειώσεων που είναι γνωστοί ως πίνακες δραστηριοτήτων. Η κάθε ομάδα χρησιμοποιεί τον δικό της πίνακα και τον χρησιμοποιεί για να τονίσει τις επιτυχίες, τις βελτιώσεις και μαθήματα που πήρε από προηγούμενη εργασία. Ο πίνακας είναι το σημείο όπου η ομάδα μπορεί να οπτικοποιεί τη δουλειά της. Εκεί μπορούν να αναρτώνται φωτογραφίες, διαγράμματα παρέτο, πίνακες δεδομένων και δεδομένα εκπαίδευσης. Τα βασικά στοιχεία του πίνακα θα πρέπει να είναι:

- Το όνομα της ομάδας
- Μία λίστα με τα μέλη της ομάδας και τα τμήματα στα οποία ανήκουν
- Βραχυπρόθεσμους και μακροχρόνιους στόχους
- Προθεσμίες των έργων
- Πληροφορίες συναντήσεων
- Φωτογραφίες πριν και μετά τον αρχικό καθαρισμό και των κύκλων καθαρισμού
- Πληροφορίες σχετικά με τις ετικέτες F

- Χάρτες προληπτικής συντήρησης
- Χάρτες αστοχιών
- Πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα

5.1.12. Φύλλο αρμοδιοτήτων

Το φύλλο αρμοδιοτήτων έχει σχεδιαστεί για την παρακολούθηση και την ανάλυση των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με μία ετικέτα- F. Επίσης, μέσω αυτού απευθύνονται αρμοδιότητες στα μέλη της ομάδας. Οι πληροφορίες που μπορούν να εμφανιστούν σε ένα φύλλο αρμοδιοτήτων είναι:

- Περιγραφή της αστοχίας ή του αριθμού ταυτοποίησης της ετικέτας-F
- Την περιοχή του εργαλείου (εξοπλισμού) που εμφανίστηκε η αστοχία
- Υπεύθυνη ομάδα: Αυτόνομης συντήρησης ή προληπτικής συντήρησης (ΑΣ ή ΠΣ)
- Περιγραφή της ετικέτας-F
- Την περιγραφή του προτύπου που θα χρησιμοποιηθεί για την διόρθωση της βλάβης (τα πρότυπα χρειάζονται για να διασφαλιστεί ότι ακολουθούνται οι ορθές ενέργειες από όλους)
- Συχνότητα εφαρμογής. Πόσο συχνά γίνεται καθαρισμός ή επιθεώρηση ρουτίνας;
- Πιθανή νέα συχνότητα. Δεν χρειάζεται να συνεχίζεται μία δραστηριότητα όταν δεν είναι πλέον χρήσιμη.
- Το άτομο υπεύθυνο για τη συγκεκριμένη δραστηριότητα
- Αναμενόμενη ημερομηνία ολοκλήρωσης

Αστοχία	περιοχή	Ομάδα	Συχνότητα	Υπευθυνότητα	Ημ/νια ολοκλήρωσης
1	Μηχανοστάσιο	ΠΣ	1/μήνα	Μηχανικός 1	ηη-μμ-χχ
2	Συσκευασία	ΠΣ		Μηχανικός 1	ηη-μμ-χχ
3	Μεταποίηση	ΑΣ	Όταν εμφανιστεί	Μηχανικός 3	ηη-μμ-χχ
4	Αποθήκη 1	ΠΣ	1/μήνα	Χειριστής	ηη-μμ-χχ

Πίνακας 9: Παράδειγμα φύλλου αρμοδιοτήτων

5.1.13. Ομάδες προληπτικής συντήρησης

Στόχος της προληπτικής συντήρησης (ΠΣ) είναι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού. Η αποστολή της ομάδας προληπτικής συντήρησης είναι να επιλύσει όλες τις κόκκινες ετικέτες-F (αστοχίες ή βλάβες που χρειάζονται ειδικευμένες τεχνικές γνώσεις). Μετά την επίλυση του προβλήματος η ομάδα ΠΣ θα αξιολογήσει κατά πόσο η μελλοντική αντιμετώπιση του ίδιου προβλήματος θα μπορούσε να αναληφθεί από την ομάδα αυτόνομης συντήρησης (ΑΣ). Προτεινόμενες αρμοδιότητες της προληπτικής ομάδας συντήρησης είναι:

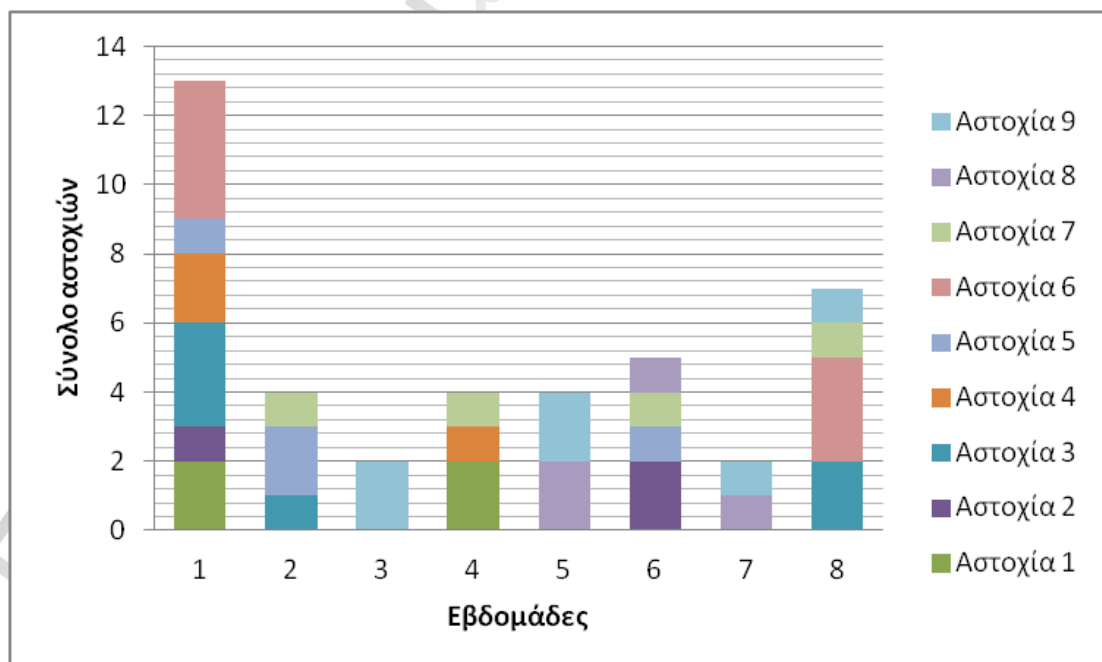
- ✓ Προσδιορισμός της αιτίας της βλάβης
- ✓ Επανασχεδιασμός για μελλοντική πρόληψη παρεμφερούς προβλήματος
- ✓ Δημιουργία και ανάπτυξη των προτύπων αντιμετώπισης του προβλήματος
- ✓ Δημιουργία διαδικασιών και ανάλυση επικινδυνότητας
- ✓ Προσδιορισμός και εγκατάσταση του βέλτιστου διαστήματος και συχνότητας προληπτικής συντήρησης
- ✓ Ανάπτυξη περιοδικών προγραμμάτων καθαρισμών και επιθεωρήσεων
- ✓ Τεχνική υποστήριξη των ομάδων αυτόνομης συντήρησης και συμμετοχή στις διατμηματικές συναντήσεις
- ✓ Παρακολούθηση της προόδου των ομάδων προληπτικής συντήρησης

5.1.14. Συνολική λίστα αστοχιών

Η συνολική λίστα αστοχιών είναι ένας άλλος τρόπος παρακολούθησης των εβδομαδιαίων αστοχιών καθώς και το ρυθμό επαναληψιμότητά τους. Με τη χρήση ενός συσσωρευμένου ραβδογράμματος εφαρμοσμένου πάνω στα δεδομένα της συνολικής λίστας αστοχιών υπάρχει η δυνατότητα καλύτερης οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων.

Εβδομάδα	Σύνολο αστοχιών	Αστοχία 1	Αστοχία 2	Αστοχία 3	Αστοχία 4	Αστοχία 5	Αστοχία 6	Αστοχία 7	Αστοχία 8	Αστοχία 9
1	13	2	1	3	2	1	4			
2	4			1		2		1		
3	2									2
4	4	2			1			1		
5	4								2	2
6	5		2			1		1	1	
7	2								1	1
8	7			2			3	1		1
9										
10										
11										
12										
13										
14										

Πίνακας 10: Παράδειγμα συνολικής λίστας αστοχιών



Πίνακας 11: Παράδειγμα εβδομαδιαίου διαγράμματος

5.1.15. Πίνακας αρχικής εκπαίδευσης ομάδας TPM

Η ομάδα TPM πρέπει να είναι εκπαιδευμένη σε ό,τι χρειάζεται να γνωρίζει, ώστε να έχει τη δυνατότητα να εργάζεται με ασφάλεια στον κάθε τομέα αρμοδιότητας καθώς και να εξασφαλίζεται η ορθή συμμετοχή εντός της ομάδας. Τα προαπαιτούμενα θέματα μιας ομάδας TPM είναι:

- ✓ Εισαγωγή στο TPM
- ✓ Εκπαίδευση ηγεσίας για τον επικεφαλής της ομάδας
- ✓ Ανάπτυξη ομαδικών δεξιοτήτων για όλα τα μέλη της ομάδας
- ✓ Τρόπος διεξαγωγής εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων
- ✓ Διοργάνωση και συμμετοχή σε συναντήσεις
- ✓ Ανάλυση αιτίου - αποτελέσματος για τις αστοχίες
- ✓ Το λογισμικό που θα χρησιμοποιείται από το γραφείο TPM
- ✓ Γενικές διαδικασίες ασφάλειας εξοπλισμού και ανάλυσης κινδύνου

Ένας τρόπος αποτύπωσης και παρακολούθησης της αρχικής εκπαίδευσης της ομάδας TPM είναι η χρήση ενός πίνακα, όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα (πίνακα 12). Επίσης στον πίνακα 13 παρουσιάζεται ένας τρόπος ελέγχου της εκπαίδευσης ανά εργαλείο.

Ονόματα μελών	Επικεφαλής της ομάδας	Τεχνικός 1	Τεχνικός 2	Τεχνικός 3	Οικοδόμος 1	Οικοδόμος 2	Διευθυντής της ομάδας	Χειριστής 1	Χειριστής 2
Εισαγωγή στο TPM									
Εισαγωγή στην προληπτική συντήρηση									
Εισαγωγή στην αυτόνομη συντήρηση									
Ηγεσία ομάδας									
Ανάπτυξη ομάδας									
Διεξαγωγή συναντήσεων									
Λογισμικό γραφείου									
Ανάλυση αιτίου-αποτελέσματος									
Γενική ασφάλεια εξοπλισμού									
Ανάλυση κόστους									

Πίνακας 12: Παράδειγμα πίνακα αρχικής εκπαίδευσης TPM

Ονόματα μελών	Επικεφαλής της ομάδας	Τεχνικός 1	Τεχνικός 2	Τεχνικός 3	Διευθυντής της ομάδας	Χειριστής 1	Χειριστής 2
Λειτουργία εργαλείου και διεργασία							
Χειρισμός εργαλείου							
Κίνδυνοι εργαλείου και πληροφορίες ασφάλειας							
Εκπαίδευση στην πράξη							

Πίνακας 13: Παράδειγμα τρόπου ελέγχου της εκπαίδευσης ανά εργαλείο

5.1.16. Αξιολόγηση των δεξιοτήτων των μελών των ομάδων

Η αξιολόγηση των μελών της ομάδας του TPM μπορεί να γίνει κατατάσσοντας της δεξιότητες του κάθε μέλους βάση της απόδοσης τους σε πέντε επίπεδα. Κάθε δραστηριότητα του κάθε μέλους πρέπει να αξιολογηθεί σε καθένα από τα πέντε επίπεδα. Τα επίπεδα είναι:

1. Δεν έχει καμία γνώση της δραστηριότητας
2. Κατανοεί τη θεωρία της δραστηριότητας
3. Μπορεί να φέρει εις πέρας τη δραστηριότητα με επίβλεψη
4. Μπορεί να φέρει εις πέρας τη δραστηριότητα χωρίς επίβλεψη
5. Γνωρίζει τη δραστηριότητα αρκετά καλά για να τη διδάξει

Το κάθε επίπεδο μπορεί να αποτυπωθεί γραφικά στον παρακάτω πίνακα. Κάθε τετράγωνο με σκίαση αντιπροσωπεύει ένα επίπεδο δεξιοτήτων.

Δραστηριότητα 1	Δραστηριότητα 2	Δραστηριότητα 3	Δραστηριότητα 4

Πίνακας 14: Παράδειγμα πίνακα αξιολόγησης

Στο παράδειγμα του πίνακα 14 το μέλος της ομάδας μπορεί να φέρει εις πέρας τη δραστηριότητα 1 και 4 με επίβλεψη, τη δραστηριότητα 2 μπορεί να φέρει εις πέρας χωρίς επίβλεψη ενώ όσον αφορά τη δραστηριότητα 3 δεν έχει καμία γνώση της.

5.1.17. Χάρτης κινδύνου

Ο χάρτης κινδύνου αποτελεί έναν πίνακα στον οποίο παρουσιάζονται όλοι οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τα εργαλεία καθώς και την περιοχή στην οποία εμφανίζονται. Όποιος έχει πρόσβαση σε ένα εργαλείο πρέπει να γνωρίζει τους κινδύνους που σχετίζονται με το συγκεκριμένο εργαλείο. Οι χάρτες κινδύνου είναι σύνηθες να τοποθετούνται στις πόρτες εισόδου των τμημάτων ενός εργοστασίου. Παρακάτω παρατίθεται ένα απλό παράδειγμα κατανόησης.

Κίνδυνος	Περιοχή 1	Περιοχή 2	Περιοχή 3	Περιοχή 4
Ηλεκτρικός	Υψηλή τάση Τροφοδοσία ρεύματος Διανομή ενέργειας Ηλεκτρικοί πίνακες Αντλίες κενού			
Μηχανικός	Αντλίες			
Αέρια	Φώσφορος Αργό Αρσενικό			
Τοξικά υλικά	Φώσφορος Αρσενικό Γραφίτης			
Θερμοκρασία	Αντλία αποσυμπίεσης			
Ακτινοβολίας	Ακτίνες - X			
Βιολογικός	-			

Πίνακας 15: Παράδειγμα χάρτη κινδύνου

5.1.18. Ανάλυση επικινδυνότητας

Κάθε δραστηριότητα συντήρησης είναι πιθανόν να εμπεριέχει κάποιου είδους ρίσκο εάν δεν εκτελεστεί σωστά. Για να αξιολογηθεί μία δραστηριότητα πρέπει να αναλυθούν με λεπτομέρεια οι ενέργειες που λαμβάνουν χώρα, να αξιολογηθεί το εργασιακό περιβάλλον και τέλος να γίνει μία προσπάθεια να εντοπιστεί που μπορεί να γίνει κάποιο λάθος. Στο TRPM η ανάλυση επικινδυνότητας μπορεί να γίνει σε τρία επίπεδα:

1. Επίπεδο χειριστή
2. Πιο περίπλοκη διεργασία καθαρισμού ενός εργαλείου
3. Εργασίες συντήρησης που εμπεριέχουν εξιδανικευμένη τεχνική γνώση

Η ανάλυση των κινδύνων μπορεί να γίνει σε τρία βήματα χρησιμοποιώντας έναν πίνακα (πίνακας 16).

Βήμα 1. Αξιολόγηση κάθε ομάδας μέσω του γινομένου της έντασης κινδύνου με την συχνότητα εμφάνισής του.

Βήμα 2. Ανάπτυξη αντίμετρων ή προληπτικών μέτρων για κάθε ομάδα κινδύνου.

Βήμα 3. Επανααξιολόγηση των κινδύνων.

Ταυτότητα εργαλείου		Επίπεδο 1		Ημερομηνία ανάλυσης επικινδυνότητας		
Περιοχή εργαλείου		Επίπεδο 2		Ομάδα ανάλυσης επικινδυνότητας		
Ακριβής τοποθεσία		Επίπεδο 3				
			Αρχική αξιολόγηση (χωρίς αντίμετρα)	Τελική αξιολόγηση (με αντίμετρα)		
Δραστηριότητα 1	Γενική κατηγορία κινδύνου	Μέγιστος κίνδυνος	Υπολογισμός επικινδυνότητας	Υπολογισμός επικινδυνότητας		
Π.χ. Λειτουργία μηχ./ Καθαρισμός μηχ.	Π.χ. Ηλεκτρικός/ Μηχανικός/ Χημικός/ Βιολογικός	Π.χ. Θάνατος Τύφλωση	Ένταση (E)	Ένταση (E)		
			Πιθανότητα (Π)	Πιθανότητα (Π)		
			Αρχική αξιολόγηση (E*Π)	Τελική αξιολόγηση (E*Π)		
		Αντίμετρα για τη μείωση του κινδύνου			Αρμοδιότητες για τα αντίμετρα	
					Όνομα:	
			Ημερομηνία ολοκλήρωσης:			
			Ημερομηνία έγκρισης:			
			Εγκρίνεται από:			

Πίνακας 16: Παράδειγμα ανάλυσης επικινδυνότητας

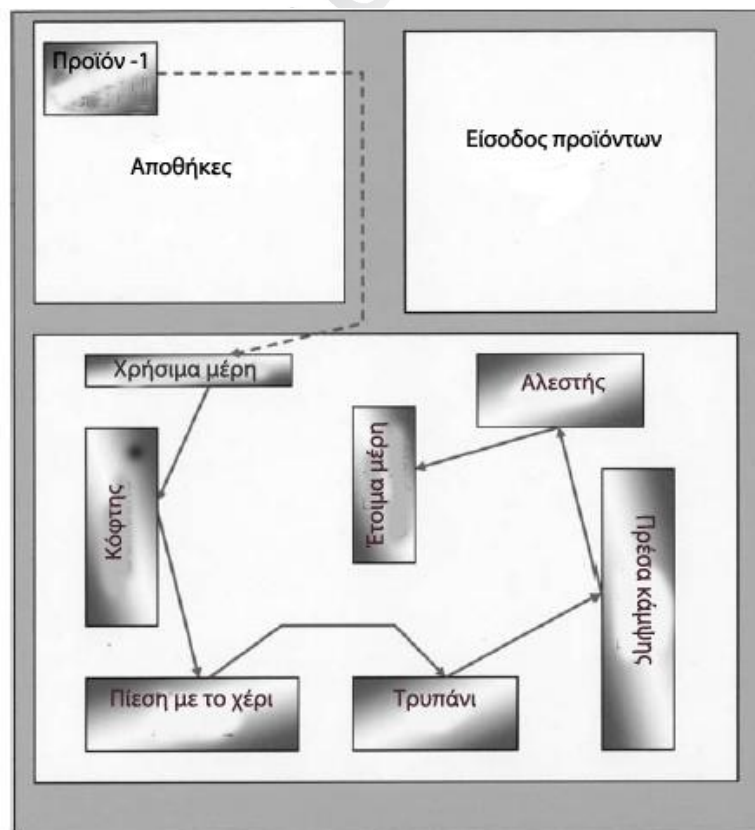
5.1.19. Διάγραμμα Σπαγγέτι

Το διάγραμμα σπαγγέτι είναι ένα βοήθημα οπτικοποίησης λιτών παραγωγικών δραστηριοτήτων. Χρησιμοποιείται στην ανάδειξη φυσικών ροών και αποστάσεων που εμπεριέχονται στις διεργασίες εργασίας. Επίσης ένα διάγραμμα σπαγγέτι μπορεί να αποτυπώσει τις ροές κίνησης των εργατών ενός παραγωγικού συστήματος και γενικώς αποσκοπεί στη βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας ενός συστήματος.

Στο TPM ένα διάγραμμα σπαγγέτι μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την εφαρμογή της τεχνικής των 5S για να μελετηθούν οι ροές που ακολουθούνται από τους χειριστές όταν πρέπει να συλλέξουν διάφορα μέρη ή εργαλεία:

- ✓ Η συλλογή γίνεται σε κάποιον συγκεκριμένο χρόνο;
- ✓ Θα μπορούσαν να συλλέξουν περισσότερα μέρη (ή αντικείμενα) σε κάθε διαδρομή με ασφάλεια;
- ✓ Θα μπορούσαν τα διάφορα μέρη να προ-συναρμολογηθούν με κάποιον τρόπο πριν γίνει η συλλογή τους από το χειριστή;

Ένα διάγραμμα σπαγγέτι θα μπορούσε να είναι ένα σημαντικό βοήθημα στην προσέγγιση των παραπάνω ερωτήσεων με στόχο την αναγνώριση μη απαραίτητων κινήσεων και καταλοίπων προσπάθειας.



Πίνακας 17: Παράδειγμα διαγράμματος σπαγγέτι. Πηγή: : Steven Borris, 2006, σελ. 171

5.1.20. Διάγραμμα συγγένειας (Affinity diagram)

Κατά τον *Barker (1990)*, η τεχνική του affinity diagram ή μέθοδος KJ προσπαθεί να δώσει μία λογική κατηγοριοποίηση των λεκτικών δεδομένων ώστε αυτά να μπορούν εν συνεχεία να αναλυθούν με ένα συστημικό τρόπο. Η μέθοδος «KJ» αρχικά αναπτύχθηκε από τον ανθρωπολόγο *Mr Jiro Kawakita* στις αρχές του 1960 και έχει ως εκροή το affinity diagram. Η μεθοδολογία βασίζεται στη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου, όπου το αριστερό ημισφαίριο σχετίζεται με τις διανοητικές αντιδράσεις ενώ το δεξί σχετίζεται με τις συναισθηματικές, φυσικές και συμπεριφορικές αντιδράσεις. Ο *Kawakita*, τη διαδικασία συλλογής των δεδομένων την ονομάζει «εσωτερική αναζήτηση» η οποία σχετίζεται με τις έννοιες της ανάκλησης και αντίδρασης. Κατά τους *Holtzblatt, Wendell και Wood (2005)*, η τεχνική του affinity diagram είναι ίσως ο πιο γρήγορος και αποτελεσματικός τρόπος να κατηγοριοποιηθούν και να ερμηνευτούν τυχαίες παρατηρήσεις από έναν πολύ μεγάλο πληθυσμό χρηστών. Για τον *Montgomery et al. (2012)*, το affinity diagram είναι ένα εργαλείο το οποίο βοηθάει να προσδιοριστούν τα σημεία εστίασης σε ένα έργο six-sigma στη φάση του “define” στην οποία πρέπει να εντοπιστούν οι απαιτήσεις των διαδικασιών και του πελάτη, ώστε να οριστεί το πλαίσιο (scope) και οι στόχοι του έργου.

Η δημιουργία ενός affinity diagram κατά την μεθοδολογία “KJ” περιλαμβάνει τα εξής στάδια (*Barker, 1990*):

- Επιλογή θέματος
- Συλλογή λεκτικών δεδομένων (μέσω ατομικού brainstorming)
- Μετατροπή των λεκτικών δεδομένων σε μορφή καρτών
- Ταξινόμηση των καρτών
- Σχηματισμός του διαγράμματος
- Δημιουργία προφορικής και γραπτής παρουσίασης

Διαδικασία ανάπτυξης ενός Affinity diagram

Τα υλικά που χρειάζονται είναι: κάρτες ή αυτοκόλλητα χαρτάκια υπενθυμίσεων, μεγάλη επιφάνεια εργασίας όπως ένας μεγάλος τοίχος ή μια καθαρή επιφάνεια.

Στάδιο 1ο : Κατέγραψε την κάθε ιδέα στις κάρτες ή στα χαρτάκια υπενθυμίσεων. Έπειτα με τυχαίο τρόπο άπλωσε τις κάρτες στη μεγάλη επιφάνεια ώστε να είναι καθαρά ορατές από όλα τα μέλη της ομάδας. Στη συνέχεια, όλη η ομάδα συγκεντρώνεται γύρω από τις σημειώσεις ώστε να συμμετέχουν όλοι στα επόμενα στάδια.

Στάδιο 2ο : Σε αυτό το στάδιο είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει σιωπή από τα μέλη της ομάδας. Ερεύνησε για ιδέες που μπορεί να φαίνονται σχετικές μεταξύ τους με κάποιο τρόπο και τοποθέτησέ τες μαζί. Επανάλαβε αυτό το βήμα έως ότου όλες οι ιδέες να βρίσκονται σε κάποια ομάδα. Εάν κάποια ομάδα φαίνεται να ανήκει σε δύο ομάδες δημιούργησε μία δεύτερη κάρτα με την ίδια ιδέα.

Στάδιο 3ο : Η ομάδα πλέον μπορεί να συνομιλήσει. Τα μέλη μπορούν να συζητήσουν το σχήμα του διαγράμματος, να εντοπίσουν πρότυπα που μπορεί να εμφανιστούν καθώς και να μετακινήσουν αμφιλεγόμενες ιδέες. Όταν οι ομάδες ιδεών πάρουν την τελική τους μορφή επέλεξε μία επικεφαλίδα για κάθε ομάδα. Ψάξε για μία σημείωση μέσα στην ομάδα η οποία αντιπροσωπεύει όσο το δυνατόν καλύτερα την ομάδα και τοποθέτησε την στην κορυφή της ομάδας. Εάν δεν υπάρχει μία τέτοια σημείωση, δημιούργησε εσύ μία.

Στάδιο 4ο : Δημιούργησε υποομάδες μέσα στις ομάδες εάν αυτό είναι απαραίτητο.

Το affinity diagram χρησιμοποιείται:

- ✓ Όταν πρέπει να αντιμετωπιστούν πολλά γεγονότα και ιδέες σε χαώδη μορφή.
- ✓ Όταν αντιμετωπίζεται κάποιο θέμα αρκετά πολύπλοκο και μεγάλο.
- ✓ Όταν σε μία ομάδα απαιτείται η συναίνεση

5.1.21. Εργοστάσιο με οπτικά ερεθίσματα (visual factory)

Ο όρος εργοστάσιο με οπτικά ερεθίσματα ή *visual factory* της λιτής παραγωγής είναι ένας όρος για να περιγράψει πώς τα δεδομένα και οι πληροφορίες μεταφέρονται σε ένα λιτό περιβάλλον παραγωγής. Σε ένα λιτό περιβάλλον παραγωγής ο χρόνος και οι πόροι που αφιερώνονται στη μετάδοση πληροφοριών είναι ένας τύπος καταλοίπου. Με τη χρήση οπτικών μεθόδων για τη μεταφορά πληροφοριών, όπως πινακίδες, χάρτες και οπτικούς δείκτες, οι πληροφορίες είναι εύκολα προσβάσιμες σε όσους τις έχουν ανάγκη. Η τρέχουσα κατάσταση όλων των διαδικασιών είναι άμεσα εμφανής σε πραγματικό χρόνο. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να ανήκουν σε τρεις κατηγορίες:

- ✓ Μετρήσεις διεργασιών: Συνήθως εμφανίζονται πάνω στα μηχανήματα και είναι αποτελεσματικές όταν είναι διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο.
- ✓ Οδηγίες εργασίας: Τυπικά είναι αναρτημένες στα διάφορα σημεία του εργοστασίου. Υψηλής ευκρίνειας φωτογραφικές οδηγίες μπορούν να μειώσουν το ρυθμό των πιθανών αστοχιών.
- ✓ Γενικές πληροφορίες του εργοστασίου: Τυπικά εμφανίζονται σε κεντρικά σημεία του εργοστασίου ώστε να έχει πρόσβαση ο κάθε εργαζόμενος.

Η αποτελεσματικότερη επικοινωνία στο σωστό χρόνο μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα:

- ✓ Στη μείωση των αστοχιών
- ✓ Στην ανύψωση του ηθικού των εργαζομένων
- ✓ Στην αύξηση του χρόνου λειτουργίας των μηχανημάτων
- ✓ Στη μείωση των εργασιών προς ολοκλήρωση (work in process, WIP)

5.2. Συγκριτική ανάλυση εργαλείων

Στην ενότητα αυτή θα γίνει μία συγκριτική ανάλυση των 19 εργαλείων του TPM τα οποία παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη ενότητα.

1. Αρχικό καθάρισμα
2. Χάρτης καθαρισμού
3. *Ετικέτες F (F-Tags)*
4. 5S
5. *Διάγραμμα Παρέτο*
6. *Χάρτης αστοχιών*
7. *Αλλαγή ρυθμίσεων ενός λεπτού -SMED (Single minute exchange of dies)*
8. *Τα 5 Γιατί (The 5 Why's)*
9. *Διάγραμμα αιτίου- αποτελέσματος*
10. *Δενδρόγραμμα αστοχιών*
11. *Πίνακας δραστηριοτήτων*
12. *Φύλλο αρμοδιοτήτων*
13. *Ομάδες προληπτικής συντήρησης*
14. *Συνολική λίστα αστοχιών και εβδομαδιαίο διάγραμμα*
15. *Χάρτης κινδύνου*
16. *Πίνακας ανάλυσης επικινδυνότητας*
17. *Χάρτης σπαγγέτι*
18. *Affinity*
19. *Visual factory*

Οι διαστάσεις των εργαλείων που θα εξεταστούν συγκριτικά είναι 1) η εφαρμογή τους στις εσωτερικές λειτουργίες του οργανισμού 2) η δυσκολία της εφαρμογής τους και 3) η χρησιμότητα τους. Η δημιουργία των πινάκων βασίστηκε στην ανάλυση της βιβλιογραφίας του πρώτου μέρους της παρούσας μελέτης. Στόχος είναι να δοθεί μία σφαιρική εικόνα των εργαλείων του TPM, η οποία θα μπορούσε να αποτελέσει κατευθυντήρια γραμμή σε μελλοντικούς ερευνητές ή επαγγελματίες του χώρου.

Στον πίνακα 18, παρουσιάζεται η χρησιμότητα των εργαλείων στις εσωτερικές λειτουργίες του οργανισμού. Τα εργαλεία που έχουν κυρίως εφαρμογή στο παραγωγικό ή μηχανολογικό τμήμα του οργανισμού είναι: *Αρχικό καθάρισμα/ Χάρτης καθαρισμού/ Ετικέτες F (F-Tags)/ Χάρτης αστοχιών/ Αλλαγή ρυθμίσεων ενός λεπτού/ Ομάδες προληπτικής συντήρησης/ Χάρτης κινδύνου.*

	Εσωτερικές Λειτουργίες							
	Αγορές	Παραγωγή	Πωλήσεις	Διοικητικές Υπηρεσίες	Υπηρεσίες προς τον πελάτη	Μάρκετινγκ	Μηχανολογικές	Κατά μήκος του οργανισμού
Αρχικό καθάρισμα		x					x	
Χάρτης καθαρισμού		x					x	
Ετικέτες F (F-Tags)		x					x	
5S		x		x			x	x
Διάγραμμα Παρέτο	x	x	x	x	x	x	x	x
Χάρτης αστοχιών		x					x	
Αλλαγή ρυθμίσεων ενός λεπτού		x					x	
Τα 5 Γιατί (The 5 Why's)	x	x	x	x	x	x	x	x
Διάγραμμα αιτίου- αποτελέσματος	x	x	x	x	x	x	x	x
Δενδρόγραμμα αστοχιών	x	x	x	x	x	x	x	x
Πίνακας δραστηριοτήτων	x	x	x	x	x		x	x
Φύλλο αρμοδιοτήτων		x		x			x	
Ομάδες προληπτικής συντήρησης							x	
Συνολική λίστα αστοχιών και εβδομαδιαίο διάγραμμα	x	x	x		x		x	
Χάρτης κινδύνου		x					x	
Πίνακας ανάλυσης επικινδυνότητας	x	x	x	x	x	x	x	x
Χάρτης σπαγγέτι	x	x		x	x		x	
Διάγραμμα συγγένειας	x	x	x	x	x	x	x	x
Εργοστάσιο με οπτικά ερεθίσματα		x		x	x		x	

Πίνακας 18: Συγκριτικός πίνακας εργαλείων του TPM όσον αφορά τη χρησιμότητά τους στις εσωτερικές λειτουργίες του οργανισμού

Τα υπόλοιπα εργαλεία θα μπορούσαν να έχουν εφαρμογή πέραν των ορίων του TPM σε άλλες εσωτερικές λειτουργίες όπως τις διοικητικές υπηρεσίες ή τις υπηρεσίες προς τον πελάτη. Σε κάποια από αυτά όπως το *Διάγραμμα Παρέτο*/ *τα 5 Γιατί (The 5 Why's)*/ *Διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος*/ *Δενδρόγραμμα αστοχιών*/ *Πίνακας δραστηριοτήτων*

Πίνακας ανάλυσης επικινδυνότητας/ Διάγραμμα συγγένειας θα μπορούσαν να έχουν εφαρμογή κατά μήκος συνολικά του οργανισμού.

	<u>Δυσκολίες εφαρμογής</u>					
	<u>Χρόνος</u>	<u>Κατανόηση</u>	<u>Ορολογία</u>	<u>Πόροι</u>	<u>Ευελιξία</u>	<u>Ακρίβεια</u>
Αρχικό καθάρισμα	x			x		
Χάρτης καθαρισμού	x				x	x
Ετικέτες F (F-Tags)				x		x
5S	x	x		x		
Διάγραμμα Παρέτο		x				
Χάρτης αστοχιών	x					x
Αλλαγή ρυθμίσεων ενός λεπτού	x	x	x	x	x	
Τα 5 Γιατί (The 5 Why's)						x
Διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος		x			x	
Δενδρόγραμμα αστοχιών		x				
Πίνακας δραστηριοτήτων						
Φύλλο αρμοδιοτήτων	x					
Ομάδες προληπτικής συντήρησης				x		
Συνολική λίστα αστοχιών και εβδομαδιαίο διάγραμμα		x				
Χάρτης κινδύνου	x					x
Πίνακας ανάλυσης επικινδυνότητας	x	x		x		
Χάρτης σπαγγέτι						
Διάγραμμα συγγένειας	x	x				
Εργοστάσιο με οπτικά ερεθίσματα	x			x		

Πίνακας 19: Συγκριτικός πίνακας των εργαλείων σχετικά με τη δυσκολία εφαρμογής τους

Ο πίνακας 19 συγκρίνει τα εξεταζόμενα εργαλεία ως προς τις δυσκολίες στην εφαρμογή τους σε έξι κατηγορίες:

1. Χρόνος: Το κάθε εργαλείο έχει διαφορετικές απαιτήσεις διαθέσιμου χρόνου για την εφαρμογή του.
2. Κατανόηση: Πόσο εύκολα ή δύσκολα γίνεται κατανοητή η χρήση του εργαλείου.
3. Ορολογία: Η χρησιμοποιούμενη ορολογία διαφέρει από εργαλείο σε εργαλείο. Κάποια εργαλεία χρησιμοποιούν ειδικευμένους τεχνικούς όρους, δυσνόητους στο ανειδίκευτο προσωπικό.
4. Πόροι: Η εφαρμογή κάθε εργαλείου απαιτεί διαφορετική επένδυση διαθέσιμων πόρων (κεφαλαίου, ανθρώπων, εγκαταστάσεων).
5. Ευελιξία: Η ευελιξία του κάθε εργαλείου καθορίζεται από το κατά πόσο είναι ικανό να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση διαφορετικών προβλημάτων.
6. Ακρίβεια: Ο βαθμός ακρίβειας των αποτελεσμάτων μεταξύ των εργαλείων μπορεί να έχει σημαντική διακύμανση.

Ένα γενικό συμπέρασμα του πίνακα 19 είναι ότι στην πλειονότητα των εργαλείων οι σημαντικότερες δυσκολίες εφαρμογής είναι ο χρόνος εφαρμογής και οι απαιτήσεις σε διαθέσιμους πόρους. Επίσης, όλα τα εργαλεία με εξαίρεση την «αλλαγή ρυθμίσεων ενός λεπτού» χρησιμοποιούν σχετικά απλή ορολογία, αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό που τα καθιστά φιλικά στην εφαρμογή τους. Κάποια εργαλεία παρουσιάζουν δυσκολίες εφαρμογής σε περισσότερες από δύο κατηγορίες όπως η αλλαγή ρυθμίσεων ενός λεπτού, ο πίνακας ανάλυσης επικινδυνότητας και το 5S σε αντίθεση με τον πίνακα δραστηριοτήτων και το χάρτη σπαγγέτι τα οποία δεν παρουσιάζουν κάποια δυσκολία εφαρμογής σε καμία κατηγορία.

	Χρησιμότητα εργαλείου					
	Συλλογή δεδομένων	Επίλυση προβλημάτων	Επικοινωνία	Ποιότητα	Παρακολούθηση	Τεχνική βελτίωσης
Αρχικό καθάρισμα						x
Χάρτης καθαρισμού	x		x			
Ετικέτες F (F-Tags)					x	
5S				x	x	x
Διάγραμμα Παρέτο		x		x		
Χάρτης αστοχιών	x				x	
Αλλαγή ρυθμίσεων ενός λεπτού		x				x
Τα 5 Γιατί (The 5 Why's)	x	x	x	x		x
Διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος		x	x	x		

Δενδρόγραμμα αστοχιών		x		x	
Πίνακας δραστηριοτήτων			x		x
Φύλλο αρμοδιοτήτων			x		x
Ομάδες προληπτικής συντήρησης					x
Συνολική λίστα αστοχιών και εβδομαδιαίο διάγραμμα	x	x			x
Χάρτης κινδύνου	x		x		
Πίνακας ανάλυσης επικινδυνότητας			x	x	x
Χάρτης σπαγγέτι	x		x		x
Διάγραμμα συγγένειας	x	x	x		
Εργοστάσιο με οπτικά ερεθίσματα			x		x

Πίνακας 20: Σύγκριση των εργαλείων TPM ως προς τη χρησιμότητά τους

Από τον πίνακα 20 φαίνεται ότι τα περισσότερα εργαλεία που εξετάστηκαν εξυπηρετούν με κάποιον τρόπο τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών. Κάποια από αυτά είναι: Πίνακας δραστηριοτήτων / Φύλλο αρμοδιοτήτων / Χάρτης κινδύνου / Χάρτης σπαγγέτι. Η δεύτερη μεγαλύτερη κατηγορία εργαλείων, όσον αφορά τη χρησιμότητα, είναι τα εργαλεία για την επίλυση προβλημάτων όπως: Διάγραμμα Παρέτο/ Τα 5 Γιατί (The 5 Why's)/ Δενδρόγραμμα αστοχιών/ Διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα εργαλεία έχουν παραπάνω από μία χρησιμότητα με εξαίρεση τα ακόλουθα εργαλεία: Αρχικό καθάρισμα/ Χάρτης καθαρισμού/ Ετικέτες F (F-Tags)/ Ομάδες προληπτικής συντήρησης, τα οποία έχουν μόνο μία.

5.3. Βιβλιογραφία - Κεφάλαιο 5

Samuel Jebaraj Benjamin, Uthiyakumar Murugaiah and M. Srikamaladevi Marathamuthu, "The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm", **Journal of Manufacturing Technology Management**, Volume24, Issue 5, 2013.

Borris S., *Total Productive Maintenance: Proven Strategies and Techniques to Keep Equipment Running at Maximum Efficiency*, McGraw-Hill Professional, 2006.

Moxham, C. and Greatbanks, R., "Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: a study in a textile processing environment", **The International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 18, No. 4, 2001, pp. 404-414.

Conner, G., *Lean Manufacturing for the Small Shop*, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, MI, 2001.

Trovinger, S.C. and Bohn, R.E., "Setup time reduction for electronics assembly: combining simple (SMED) and IT-based methods", **Production and Operations Management**, Vol. 14, No. 2, 2005, pp. 205-217.

Barker R.L., "Drawing on Japanese Experience", **The TQM Magazine**, Vol. 2, Iss. 6, 1990.

Holtzblatt K., Wendell B.J. and Wood Shelley, *Rapid Contextual Design: A How-to Guide to Key Techniques for User-Centered Design*, Elsevier Inc, chapter 8, 2005.

Montgomery C. Douglas, Jiju A., Anmol Singh Bhuller, Maneesh Kumar, Kepa Mendibil, "Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment", **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 29, Iss. 1, 2012, pp. 31 – 53.

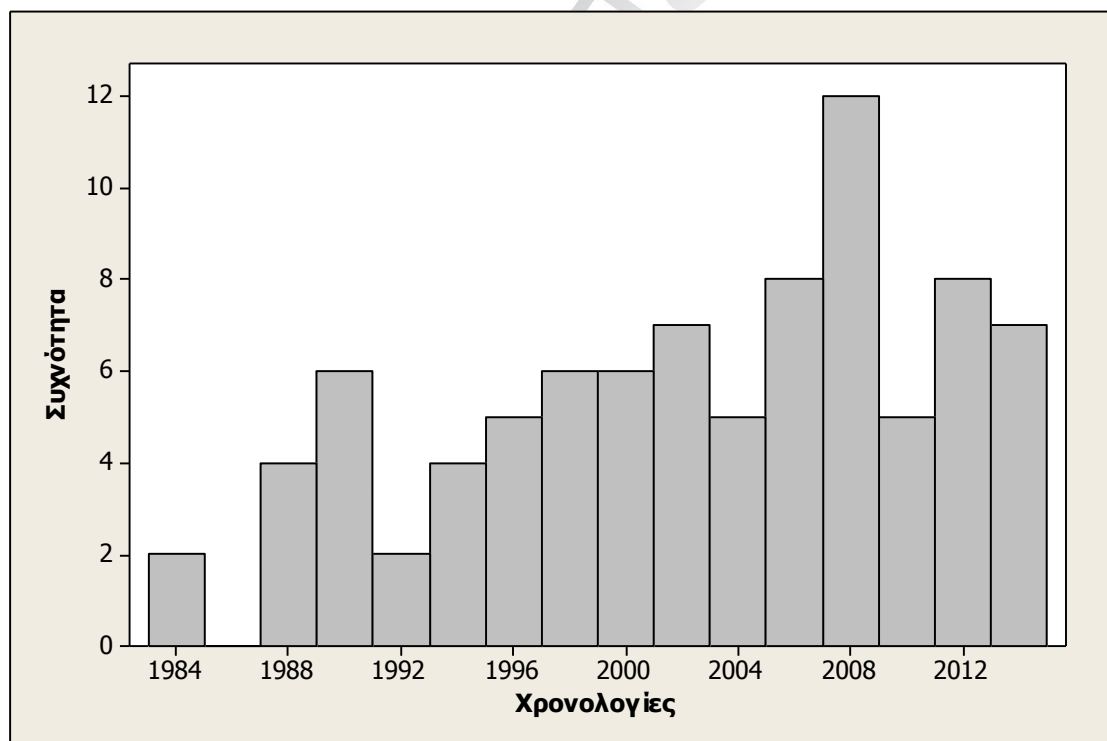
Hambleton L., *Treasure Chest of Six Sigma Growth Methods, Tools, and Best Practices*, 2007.

Tague's R. Nancy, *The Quality Toolbox*, Second Edition, ASQ Quality Press, 2004, p.p. 96–99.

Κεφάλαιο 6

6.1. Συμπεράσματα και Συζήτηση

Η συγκεκριμένη εργασία στηρίχτηκε σε βιβλιογραφικά δεδομένα από το 1984 έως και σήμερα. Η κατανομή συχνοτήτων των χρονολογιών της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα. Η βιβλιογραφία καλύπτει ένα εύρος πηγών από το 1984 έως και σήμερα, ενώ ο μεγάλος όγκος των άρθρων βρίσκεται μεταξύ των χρονολογιών από το 2000 έως και το 2013. Οπότε μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η εργασία στηρίζεται στα πλέον σύγχρονα βιβλιογραφικά δεδομένα ενώ ταυτόχρονα καλύπτει σχεδόν όλη τη βιβλιογραφική ιστορία χρονολογικά, σχετικά με το Total Productive Maintenance.



Εικόνα 31: Κατανομή συχνοτήτων της βιβλιογραφίας

Συμπερασματικά μετά την εκτενή βιβλιογραφική ανάλυση και τη σφαιρική κάλυψη της μεθοδολογίας, μπορεί να ειπωθεί ότι το TPM είναι μία αποτελεσματική, πρακτική και διαρκώς εξελισσόμενη προσέγγιση συνεχής βελτίωσης των παραγωγικών βιομηχανιών.

Η αποτελεσματικότητα της μεθοδολογίας είναι εμφανής μετά την ανάλυση και παρουσίαση των επτά μελετών περίπτωσης στο αντίστοιχο κεφάλαιο, όπου σε όλες τις περιπτώσεις τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθοδολογίας έδειξαν ότι το TPM

βοήθησε στη βελτίωση των λειτουργιών όχι μόνο σε επίπεδο εργοστασίου αλλά και συνολικά στην επιχείρηση. Θετική συνεισφορά σε επίπεδο εργοστασίου υπήρξαν σε θέματα όπως: παραγωγικότητας και αποτελεσματικότητας του παραγωγικού εξοπλισμού, βελτίωση του επιπέδου ασφαλείας των εγκαταστάσεων και υγείας του προσωπικού ενώ σε επίπεδο επιχείρησης βοήθησε στην επίτευξη των στρατηγικών στόχων, στην επίτευξη ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος καθώς και στην ανάπτυξη της κουλτούρας και του προσωπικού.

Η πρακτικότητα και ο βαθμός ευελιξίας της μεθοδολογίας φαίνεται μέσω της παρουσίασης κάποιων εργαλείων (κεφάλαιο 6) και τον τρόπο ενσωμάτωσής της με άλλες μεθοδολογίες (κεφάλαιο 1.6). Στην πλειονότητά τους τα εργαλεία που παρουσιάστηκαν είναι σχετικά εύκολο να χρησιμοποιηθούν και από επιχειρήσεις μικρής σχετικής ωριμότητας. Έχουν χρησιμότητα όχι μόνο στις παραγωγικές διεργασίες ή διεργασίες συντήρησης, αλλά πολλά από αυτά μπορούν να εφαρμοστούν κατά μήκος του οργανισμού. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει κάποια βασικά συμπεράσματα από την ανάλυση των εργαλείων.

Διάσταση που μελετήθηκε	Γενικά συμπεράσματα
Εσωτερικές λειτουργίες	<i>Πολλά εργαλεία θα μπορούσαν να έχουν εφαρμογή πέραν των ορίων του TPM σε άλλες εσωτερικές λειτουργίες</i>
Δυσκολίες εφαρμογής	<i>Στην πλειονότητα των εργαλείων οι σημαντικότερες δυσκολίες εφαρμογής είναι ο χρόνος εφαρμογής και οι απαιτήσεις σε διαθέσιμους πόρους</i>
Χρησιμότητα εργαλείου	<i>Τα περισσότερα εργαλεία που εξετάστηκαν εξυπηρετούν με κάποιον τρόπο τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών</i>

Πίνακας 21: Παρουσίαση γενικών συμπερασμάτων σχετικά με τα εργαλεία του TPM που παρουσιάστηκαν

Το TPM είναι μία μεθοδολογία συνεχούς βελτίωσης η οποία μπορεί να συνυπάρξει αρμονικά με άλλες παρεμφερείς μεθοδολογίες (κεφάλαιο 1.6) όπως οι :

- ✓ Total Quality Management (TQM)
- ✓ Total Productive Maintenance (TPM)
- ✓ Theory of Constraints (TOC)
- ✓ Toyota Production System (TPS) and Lean Production
- ✓ Six Sigma
- ✓ Lean Six Sigma

Ακόμη, υπάρχουν ενδείξεις ωφελειών συνεργίας μεταξύ του TPM και άλλων μεθοδολογιών όπως φαίνονται στο υποκεφάλαιο 1.6.4. μεταξύ της Lean μεθοδολογίας (εκεί εντάσσεται και το TPM) και της Six-Sigma, όπου η Lean χτίζει την αλλαγή σε μία επιχείρηση μέσω μικρών συνεχόμενων βελτιώσεων, ενώ η Six Sigma στοχεύει στην άμεση δραστική βελτίωση.

Τέλος το μεγάλο εύρος των βιβλιογραφικών πηγών το οποίο εκτείνεται έως και σήμερα χωρίς να φαίνεται κάποια κάμψη του ερευνητικού ενδιαφέροντος, δείχνει μία συνεχή εξέλιξη της μεθοδολογίας στο χρόνο και υποδηλώνει το ενδιαφέρον του κόσμου της βιομηχανίας για αυτήν ως μία μεθοδολογία που δίνει λύσεις και φέρνει αποτελέσματα.

6.2. Μελλοντική έρευνα

Η ερευνητική δραστηριότητα όσον αφορά τη μεθοδολογία του TPM, θα μπορούσε να επεκταθεί σε περισσότερες μελέτες περίπτωσης πάνω στη βιομηχανία και ειδικότερα σε χώρες οι οποίες αναζητούν τρόπους να ενισχύσουν την παραγωγική τους ανταγωνιστικότητα στο διεθνές περιβάλλον, όπως για παράδειγμα η Ελλάδα. Αυτές οι μελέτες περίπτωσης θα είχαν επιπλέον ενδιαφέρον εάν επεκτείνονταν σε ωφέλιμες συνεργιών του TPM με άλλα συστήματα και μεθοδολογίες βελτίωσης καθώς και σε τρόπους ενσωμάτωσης. Τέλος, θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να ερευνηθεί κατά πόσο τα διάφορα εργαλεία του TPM θα μπορούσαν να εφαρμοστούν για την κάλυψη των απαιτήσεων άλλων συστημάτων και μεθοδολογιών, όπως της σειρά των διεθνών προτύπων διαχείρισης του παγκόσμιου οργανισμού τυποποίησης (International Organization for Standardization, ISO).

6.3. Λεξικό όρων

Σε πολλές περιπτώσεις η μετάφραση κάποιων τεχνικών όρων από τη γλώσσα προέλευσής σε μία άλλη μπορεί να επιφυλάσσει διαφόρους κινδύνους κατανόησης στον αναγνώστη του κειμένου. Για το λόγο αυτό παραθέτω στον παρακάτω πίνακα τη μετάφραση κάποιων όρων - κλειδιά από την Αγγλική στην Ελληνική ως ένα εργαλείο κατανόησης προς τον αναγνώστη.

Μετάφραση όρων

Αγγλική

Ελληνική

Paradigms	Ευρύτερες θεωρίες / μοντέλα
Milestone	Ορόσημο
Integration	Ενσωμάτωση
Sustainability	Βιωσιμότητα
Customization	Παραμετροποίηση
Tylorism	Τειλορισμός
Manufacturing Excellence	Βιομηχανική Αριστεία
Continuous improvement	Συνεχής βελτίωση
Manufacturing strategy	Βιομηχανική στρατηγική
Breakdown loss	Απώλειες στάσεων/σταματημάτων
Set up loss	Απώλειες επανατοποθέτησης
Minor interruption loss	Απώλειες μικρών διακοπών
Speed loss	Απώλειες ταχύτητας
Defects and rework loss	Απώλειες αστοχιών και επανεπεξεργασίας
Start up loss	Απώλειες εκκίνησης
Tool changeover loss	Απώλειες αναδιάταξης εργαλείων
Shut down loss	Απώλειες κλεισίματος
Prod. Stoppage loss	Απώλειες σταματήματος παραγωγής
Line organization loss	Απώλειες οργάνωσης γραμμής
Measuring and adjust loss	Απώλειες μετρήσεων και ρυθμίσεων
Management loss	Διοικητικές απώλειες
Operation motion loss	Απώλειες λειτουργικής κινητικότητας
Yield loss	Απώλειες απόδοσης
Tool loss	Απώλειες εργαλείων
Energy loss	Απώλειες ενέργειας
Autonomous maintenance	Αυτόνομη συντήρηση
Focus maintenance	Εστιασμένη συντήρηση
Planned maintenance	Προγραμματισμένη συντήρηση
Quality maintenance	Συντήρηση ποιότητας
Development management	Ανάπτυξη διοίκησης
Zero readjustments	Μηδενικές αναπροσαρμογές

Cultural transformation	Μετατροπή κουλτούρας
Employee involvement	Ενεργή συμμετοχή εργαζομένων
Enablers	Ενεργοποιητές
Initial cleaning	Αρχικό καθάρισμα
Task	Εργασία
Single minute exchange of dies	Αλλαγή ρυθμίσεων ενός λεπτού
Total productive maintenance	Ολική συντήρηση για την παραγωγικότητα
Management research	Επιχειρησιακή Έρευνα
Assets	Πάγια
Downtime	Κενός χρόνος
Computer maintenance management system (CMMS)	Ηλεκτρονικό σύστημα συντήρησης
Soft indicators	Μαλακοί δείκτες
Hard indicators	Σκληροί δείκτες
Total productive maintenance	Ολική συντήρηση για την παραγωγικότητα
Visual factory	Εργοστάσιο με οπτικά ερεθίσματα
Facilitators	Συντονιστές
Kaizen	Μεθοδολογία σταδιακής βελτίωσης
Failure mode and effect analysis	Ανάλυση αστοχίας και αποτελέσματα
Total plant uptime	Συνολικός παραγωγικός χρόνος του εργοστασίου
Machine shop	Μηχανουργείο
TPM Champion	Ηγέτης του TPM
Check list	Φύλλο ελέγχου

Πίνακας 22: Πίνακας μετάφρασης όρων από την Αγγλική γλώσσα στην Ελληνική

Βιβλιογραφία

1. **Adnan Hj. Bakri, Abdul Rahman Abdul Rahim, Noordin Mohd. Yusof, Ramli Ahmad**, “*Boosting Lean Production via TPM*”, **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Volume 65, 2012, p.p. 485 – 491.
2. **Ahuja I.P.S. & Khamba J.S.**, “*An evaluation of TPM implementation initiatives in an Indian manufacturing enterprise*”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 13, Iss. 4, 2007, pp.338 – 352.
3. **Ahuja,I.P.S., & Khamba, J.S.**, “*Total productive maintenance: literature review and directions*”, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 25, No. 7, 2008a, pp. 709-756.
4. **Ahuja, I.P.S. & Khamba J.S.**, “*Strategies and success factors for overcoming challenges in TPM implementation in Indian manufacturing industry*”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 14 Iss: 2, 2008b, pp.123 – 147.
5. **Anderson, J.C., Rungtusanatham, M., Schroeder, R.G. and Devaraj, S.**, “*A path analytic model of a theory of total quality management underlying the Deming management method: preliminary empirical findings*”, **Decision Sciences**, Vol. 26, No. 5, 1995, pp. 637-58.
6. **Arnheiter D.E., & Maleyeff, J.**, “*The integration of lean management and Six Sigma*”, **The TQM Magazine**, Vol. 17, No. 1, 2005.
7. **Arts, R.H.P.M., Knapp, G.M. and Mann, L.**, “*Some aspects of measuring maintenance performance in the process industry*”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 4, No. 1, 1998, pp. 6-11.
8. **Aspinwal E., Elgharib M.**, “*TPM implementation in large and medium size organisations*”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 24, Iss. 5, 2013, pp.688 – 710.
9. **Assarlind M., & Gremyr, I.**, “*Multi-faceted views on a Lean Six Sigma application*”, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 29, No. 1, 2012, pp. 21-30.
10. **Bamber, C. J., Sharp, J. M. & Hides, M.**, “*Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: a UK manufacturing case study perspective*”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 5, No. 3, 1999, pp. 162-81.
11. **Barker R.L.**, “*Drawing on Japanese Experience*”, **The TQM Magazine**, Vol. 2, Iss. 6, 1990.
12. **Bete Birhanu Ararsa**, “*Green Maintenance: A Literature Survey on the Role of Maintenance for Sustainable Manufacturing*”, Master thesis, Mälardalen University, **School of Innovation, Design and Engineering**, 2012.
13. **Bhadury, B.**, “*Management of productivity through TPM Productivity*”, Vol. 41, No. 2, 2000, pp. 240-51.
14. **Bicheno, J.**, *Fishbone Flow: Integrating Lean, Six Sigma, TPM and Triz*, PICSIE Books, 2006.

15. **Borris S.**, *Total Productive Maintenance: Proven Strategies and Techniques to Keep Equipment Running at Maximum Efficiency*, McGraw-Hill Professional, 2006.
16. **Bourgeois, L. and Eisenhardt, K.**, "Strategic decision processes in high velocity environments: four cases in the microcomputer industry", **Management Science**, Vol. 34, No. 7, 1988, pp. 816-35.
17. **Brook, R.**, "Total predictive maintenance cuts plant costs", **Plant Engineering**, Vol. 52, No. 4, 1998, pp. 93-5.
18. **BSI**, *BS 3811: Glossary of Maintenance Management Terms in Terotechnology*, British Standard Institution (BSI), London, 1984.
19. **Campbell, J.D.**, *Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management*, Productivity Press, New York, NY, VJUF, 1995.
20. **Case, J.**, "Using measurement to boost your unit's performance", **Harvard Management Update**, Vol. 3, No. 10, 1998, pp. 1-4.
21. **Charnes, A., Clark, C.T., Cooper, W.W. and Golany, B.**, "A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the US air forces", **Annals of Operations Research**, Vol. 2, No. 1, 1984, pp. 95-112.
22. **Conner, G.**, *Lean Manufacturing for the Small Shop*, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, MI, 2001.
23. **Coronado, Banuelas Ricardo & Jiju, A.**, "Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations", **The TQM Magazine**, Vol. 14, Iss: 2, 2002, pp. 92 – 99.
24. **Davis, R., & Willmott, P.**, *Total Productive Maintenance, Asset Maintenance Management*, Alden Press, Oxford, 1999.
25. **Dekker, R.**, "Applications of maintenance optimization models: a review and analysis", **Reliability Engineering & System Safety**, Vol. 51, No. 3, 1996, pp. 229-240.
26. **Dinesh, Seth and Deepak Tripathi**, "Relationship between TQM and TPM implementation factors and business performance of manufacturing industry in Indian context", **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 22, Iss: 3, 2005, pp. 256 - 277.
27. **Farman A. Moayed, Richard L. Shell**, "Comparison and evaluation of maintenance operations in lean versus non-lean production systems", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 15 Iss: 3, 2009, pp.285 – 296.
28. **Fatemeh,Harsej, & Sha'ri, M. Yusof**, "Continuous Improvement through an Integrated Maintenance Model", **Contemporary Engineering Sciences**, Vol. 4, no. 8, 2011, p.p. 353 – 362.
29. **Feigenbaum, A. V.**, *Total quality control*, New York, McGraw – Hill, 1991.
30. **Flynn, B., Schroeder, R. and Sakakibara, S.** "The impact of quality management practices on performance and competitive advantage", **Decision Sciences**, Vol. 26, No. 5, 1995, pp. 659-91.
31. **Gapp R., Fisher, R., Kobayashi, K.**, "Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system", **Management Decision**, Vol. 46 Iss: 4, 2008, pp. 565 – 579.
32. **Gelders L, Mannaerts P. & Maes J**, "Manufacturing strategy, performance indicators and improvement programmes", **International Journal of Production Research**, Vol. 32, iss: 4, pp. 797-805.

33. **Goldratt, E. M.**, *The goal: a process of ongoing improvements*, Aldershot, Gower, 2004.
34. **Hambleton L.**, *Treasure Chest of Six Sigma Growth Methods, Tools, and Best Practices*, 2007.
35. **Hambleton, L.**, *Treasure chest of six sigma: Growth methods, tools and best practices*, Upper Saddle River, NJ, USA, Pearson Education Inc., 2008.
36. **Hendricks, K.B., & Singhal, V.R.**, “*Firm characteristics, total quality management and financial performance*”, **Journal of Operations Management**, Vol. 19, No. 3, 2001, pp. 269-85.
37. **Herbaty, F.**, “*Handbook of Maintenance Management: Cost Effective Practices*”, 2nd ed., Noyes Publications. Park Ridge, NJ, 1990.
38. **Hoffman, R.C., and Hagerty, H.**, “*Top management influence on innovation: effects of executive characteristics and social culture*”, **Journal of Management**, Vol. 19, No. 3, 1994, pp. 549-74.
39. **Holtzblatt K., Wendell B.J. and Wood Shelley**, *Rapid Contextual Design: A How-to Guide to Key Techniques for User-Centered Design*, Elsevier Inc, chapter 8, 2005.
40. **Islam H. Afefy**, “*Implementation of Total Productive Maintenance and Overall Equipment Effectiveness Evaluation*”, **International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering**, IJMME-IJENS, Vol. 13, No.01, 2013.
41. **Jiju A., Anmol Singh Bhuller, Maneesh Kumar, Kepa Mendibil, Douglas C. Montgomery**, “*Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment*”, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 29, Iss. 1, 2012, pp. 31 – 53.
42. **Jostes, R.S., & Helms, M.M.**, “*Total productive maintenance and its link to total quality management*”, **Work Study**, Vol. 43 No. 7, 1994, pp. 18-20.
43. **Katsllometes, J.**, “*How good is my maintenance program?*”, **Plant Operators Forum**, Denver, CO, 2004.
44. **Kelly, A.**, *Maintenance and its Management*, Conference Communication, Monks Hill, Surrey, 1989.
45. **Kumar Uday, Diego Galar, Aditya Parida, Christer Stenström, Luis Berges**, “*Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review*”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 19, Iss: 3, 2013, pp.233 – 277
46. “**Lean Manufacturing and the Environment**”, United States Environmental Protection Agency (EPA), 2003.
47. **Mandeep Kaur, Kanwarpreet Singh, Inderpreet Singh Ahuja**, “*An evaluation of the synergic implementation of TQM and TPM paradigms on business performance*”, **International Journal of Productivity and Performance Management**, Vol. 62, Iss.1, 2013, pp.66 – 84.
48. **Maintenance Engineering Society of Australia (MESA)**, “*Maintenance Engineering Society of Australia Capability Assurance: A Generic Model of Maintenance*”, MESA, (1995).
49. **McKon E.K., Schroeder R.G., Cua O.K.**, “*The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance*”, **Journal of Operations Management**, Volume 19, 2001, p.p. 39–58.

50. Melesse Workneh Wakjira and Ajit Pal Singh, "Total Productive Maintenance: A Case Study in Manufacturing Industry", **Global Journal of researches in engineering Industrial engineering**, Volume 12, Issue 1, 2012.
51. Moxham, C. and Greatbanks, R., "Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: a study in a textile processing environment", **The International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 18, No. 4, 2001, pp. 404-414.
52. Nakajima, S., *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*, Productivity Press Inc. New York, NY, 1988.
53. Osama Taisir R. Almeanazel, "Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement", **Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering**, Vol. 4, No. 4, 2010, pp. 517-522.
54. Parida, A. and Kumar, U., "Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 3, No. 12, 2006, pp. 239-251.
55. Parida, A. and Chattopadhyay, G., "Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM)", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 13, No. 3, 2007, pp. 241-258.
56. Pham, D.T., Pham, P.T.N., Thomas, A., "Integrated production machines and systems - beyond lean manufacturing", **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 19 Iss: 6 pp., 2008, pp. 695-711.
57. Pettersen Jostein, "Defining lean production: some conceptual and practical issues", **The TQM Journal**, Vol. 21, Iss: 2, 2009, pp. 127 – 142.
58. Salonen, A., "Formulation of Maintenance Strategies", **Malardalen University, Vasteras**, Licentiate thesis, 2009.
59. Salonen A. and Bengtsson M., "The potential in strategic maintenance development", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 17, Iss. 4, 2011, pp.337 – 350.
60. Samuel Jebaraj Benjamin, Uthiyakumar Murugaiah and M. Srikamaladevi Marathamuthu, "The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm", **Journal of Manufacturing Technology Management**, Volume 24, Issue 5, 2013.
61. Sangameshwaran, P., & Jagannathan, R., "HLL's manufacturing renaissance", **Indian Management**, 2002, pp. 30-35.
62. Sanjay, L. Ahire & O'Shaughnessy, K.C., "The role of top management commitment in quality management: an empirical analysis of the auto parts industry", **International Journal of Quality Science**, Vol. 3, Iss: 1, 1998, pp.5 – 37.
63. Senge, P.M. "The leader's new work: building learning organizations", **Sloan Management Review**, Vol. 32, No. 1, 1990, pp. 7-23.
64. Singh, B.J., Khanduja, D., "SMED: for quick changeovers in foundry SMEs", **The International Journal of Productivity and Performance Management**, Vol.59, No.1, 2010, p.p.98-116.
65. Singh Ranteshwar , Ashish M Gohil, Dhaval B Shah, Sanjay Desai, "Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study", **Procedural Engineering** 51, 2013, p.p. 592 – 599.
66. Spear, S., & Bowen, H. K., "Decoding the DNA of the Toyota Production System", **Harvard Business Review**, Vol. 77, 1999, p.p. 97-106.

67. **Stamm, M.L., Neitzert, T., Singh, D.P.K.**, "*TQM, TPM, TOC, Lean and Six Sigma - evolution of manufacturing methodologies under the paradigm shift from Taylorism/Fordism to Toyotism*", **16th International Annual EurOMA Conference**, Gothenburg, Sweden, 2009-06-14 - 2009-06-17.
68. **Steinbacher, H.R., & Steinbacher, N.L.**, *TPM for America*, Productivity Press. Portland, OR, 1993.
69. **Tague's R. Nancy**, *The Quality Toolbox*, Second Edition, ASQ Quality Press, 2004, p.p. 96–99.
70. **Thomas, A., Barton, R., Byrad, P.** , "*Developing a Six Sigma maintenance model*", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 14, No. 3, 2008, pp. 262-271.
71. **Trovinger, S.C. and Bohn, R.E.**, "*Setup time reduction for electronics assembly: combining simple (SMED) and IT-based methods*", **Production and Operations Management**, Vol. 14, No. 2, 2005, pp. 205-217.
72. **Tsang, A.H.C., Jardine, A.K.S. and Kolodny, H.**, "*Measuring maintenance performance: a holistic approach*", **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 19, No. 7, 1999, pp. 691-715.
73. **Tsang, A.H.C.**, "*Strategic dimensions of maintenance management*", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 8, No. 1, 2002, pp. 7-39.
74. **Tsang H.C. Albert and P.K. Chan**, "*TPM implementation in China: a case study*", **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 17, Iss.2, 2000, pp.144 – 157.
75. **Tsarouhas P.**, "*Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study*", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 13, Iss. 1, 2007, pp.5 – 18.
76. **Vanzile, D., & Otis, I.**, *Measuring and controlling machine performance*, in Salvendy, G. (Ed.), *Handbook of Industrial Engineering*, John Wiley, New York, NY, 1992.
77. **Visser, J.K. and Pretorius, M.W.**, "*The development of a performance measurement system for maintenance*", **SA Journal of Industrial Engineering**, Vol. 4, No. 1, 2003, pp. 83-97.
78. **Wakaru, Y.**, *In JIPM (Ed.), TPM for Every Operator*, Productivity Press. Portland, OR, 1988.
79. **Weber, A. and Thomas, R.**, *Key Performance Indicators: Measuring and Managing the Maintenance Function*, Ivara Corporation, Ontario, 2006.
80. **Willmott P.**, "*Total Quality with Teeth*", **The TQM Magazine**, Vol. 6, No. 4, 1994, pp.48 – 50.
81. **Willmott P.**, *TPM: Total Productive Maintenance: The Western Way*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1997.
82. **Wireman, T.**, *World Class Maintenance Management*, Industrial Press Inc. New York, NY, 1990.
83. **Wireman, T.**, *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*, Industrial Press, New York, NY, 1998.
84. **Womack, J. P., Jones, D. T., and Roos, D.**, *The machine that changed the world*, New York, Harper-Collins, 1990.

85. **Yahia Zare Mehrjerdi**, "*Six-Sigma: methodology, tools and its future*", **Assembly Automation**, Vol. 31, Iss: 1, 2011, pp. 79 – 88.
86. **Yamashima, H.**, "*Challenge to world class manufacturing*", **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol.17. Iss: 2, 2000, pp. 132–143.
87. **York P. Freund**, "*Critical success factors*", **Strategy & Leadership**, Vol. 16, Iss. 4, 1988, p.p. 20 – 23.

Ιστοσελίδες

- 2014 TPM Award Application Outline. In: <http://www.jipm.or.jp/en/activities/pm/awards/out.html>
- Acuity Institute. In: <http://acuityinstitute.com/Lean.html>
- CITEC Manufacturing & Technology Solutions. In: <http://www.citec.org/lean-certification.html>
- EPA The *Lean and Environment Toolkit* United States Environmental Protection Agency. In: <http://www.epa.gov/lean/environment/toolkits/environment/resources/LeanEnviroToolkit.pdf>
- Japan Institute of Plant Maintenance. In: <http://www.jipm.or.jp/en/index.html>
- Society of Manufacturing Engineers, SME. In: <http://www.sme.org/lean-certification.aspx>
- The Ohio State University Fisher College of Business. In: <http://fisher.osu.edu/executive-education/open-enrollment-programs/operational-excellence/total-productive-maintenance-certification-program/>
- The University of Buckingham. In: <http://www.buckingham.ac.uk/business/msc/leanenterprise>
- University of Kentucky. In: <http://www.lean.uky.edu/certification/>