



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

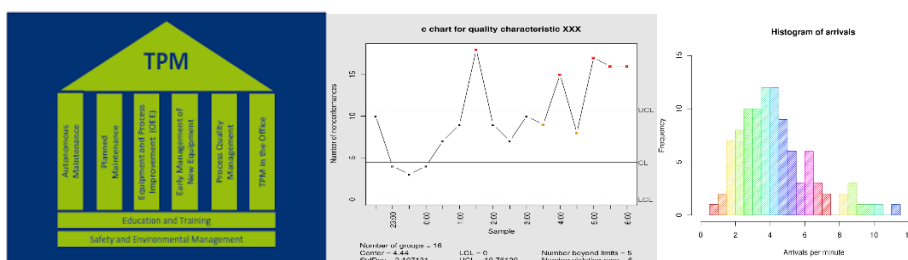
ΣΧΟΛΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εφαρμογή Μοντέλου Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (TPM) στο
πλαίσιο Διοίκησης Ολικής Ποιότητας (TQM) σε εργοστάσιο
διαχείρισης στερεών αποβλήτων

Δασκαλάκης Αριστείδης



Τριμελής Επιτροπή :

Καθηγητής Γαλετάκης Μιχαήλ (Επιβλέπων)

Καθηγητής Κομνίτσας Κωνσταντίνος

Καθηγήτρια Βάμβουκα Δέσποινα

Χανιά

Ιούνιος, 2021

Αφιερωμένη

Στα παιδιά μου Γιώργο και Δήμητρα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την διερεύνηση της εφαρμογής του μοντέλου Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (TPM) στο ευρύτερο πλαίσιο της σύγχρονης Διοίκησης Ολικής Ποιότητας (TQM) όπως εφαρμόζεται στο εργοστάσιο διαχείρισης απορριμμάτων Ε.Μ.Α.Κ. Χανίων το οποίο διαχειρίζεται η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις ημερήσιες καταγραφές της παραγωγής κατά τα έτη 2019-2020 επεξεργάστηκαν υπό την μορφή δεικτών απόδοσης και αξιοπιστίας εξοπλισμού που υπάρχουν στην σημερινή βιβλιογραφία και παρουσιάζονται με την βοήθεια των εργαλείων της Ολικής Ποιότητας όπως τα διαγράμματα ελέγχου και διαγράμματα Pareto.

Στην επιτυχή ολοκλήρωση της προσπάθειας σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε η συνεχής και αποτελεσματική συνεργασία μου με τον Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης, κ. Γαλετάκη Μιχάλη, χωρίς τη στήριξη του οποίου δε θα είχε επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα και τον ευχαριστώ θερμά.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω και τον Καθηγητή κ. Κομνίτσα Κωνσταντίνο και την καθηγήτρια κ. Δέσποινα Βάμβουκα για το χρόνο που αφιέρωσαν για τη διόρθωση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την γυναίκα μου Νάνσυ για την υπομονή που έδειξε κατά τις ώρες απουσίας μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance, TPM) είναι μια φιλοσοφία συντήρησης ή διαφορετικά μια προσέγγιση της συντήρησης που έχει ως βάση της την ομαδική προσπάθεια και συνεργασία του ανθρώπινου δυναμικού μιας επιχείρησης με σκοπό να διασφαλιστεί η ποιότητα του τεχνολογικού της εξοπλισμού και η βέλτιστη συντήρησή του, βελτιώνοντας έτσι την παραγωγικότητά της με ταυτόχρονη μείωση των διακοπών λειτουργίας των γραμμών παραγωγής της . Τα βασικά της μεγέθη όπως είναι η OEE - Συνολική Αποτελεσματικότητα του Εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness) καθώς και οι διάφοροι δείκτες αξιοπιστίας, απόδοσης, οικονομικότητας (Reliability, Efficiency and Performance Indicators) που χρησιμοποιούνται στην βιβλιογραφία είναι κάποια από τα κύρια στοιχεία της TPM και υποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα χρήσης των μηχανημάτων και του εξοπλισμού. Η ολική παραγωγική συντήρηση θέτει σαν πρωταρχικό στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας με παράλληλη μείωση των απωλειών χρόνων παραγωγής ,αυξάνοντας έτσι την διαθεσιμότητα του χρόνου παραγωγικής λειτουργίας καθιστώντας με αυτόν τον τρόπο μια επιχείρηση ή μια βιομηχανική μονάδα βιώσιμη και ανταγωνιστική.

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η εφαρμογή του μοντέλου της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (TPM) που ανήκει στο ευρύτερο πλαίσιο της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής αναφορά στην έννοια της ποιότητας και την ιστορική εξέλιξη προς την Διοίκηση Ολικής Ποιότητας όπου εξετάστηκε η φιλοσοφία, οι αρχές που την διέπουν και τα εργαλεία εφαρμογής ενός τέτοιου μοντέλου (ΔΟΠ).

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στην πολιτική της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (TPM). Αναπτύσσονται οι βασικές αρχές, οι στόχοι, τα πλεονεκτήματα καθώς και τα βασικά εργαλεία ελέγχου (δείκτες αξιοπιστίας, απόδοσης, οικονομικότητας και συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού - Overall Equipment Effectiveness).

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση της γραμμής παραγωγής και του διαγράμματος ροής μέσω SCADA, καθώς και το πλάνου συντήρησης του Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης του Νομού Χανίων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των στοιχείων που συλλέχθηκαν και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν. Γίνεται υπολογισμός και σχολιασμός των σχετικών δεικτών σύμφωνα με τα δεδομένα και τα καταγεγραμμένα στοιχεία της παραγωγής του εργοστασίου για τα έτη 2019-20 όπως αυτά προσαρμόστηκαν και επεξεργάστηκαν στο πλαίσιο του TPM που αναπτύχθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο.

Τέλος στο τελευταίο και πέμπτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (TPM).

ABSTRACT:

Total Productive Maintenance (TPM) is a maintenance philosophy or otherwise a maintenance approach based on the team effort and cooperation of a company's human resources in order to ensure the quality of its technological equipment and optimal maintenance thus improving its productivity while reducing downtime of its production lines. Its key quantities such as OEE - Overall Equipment Effectiveness as well as the various Reliability, Efficiency and Performance Indicators used in the literature are some of the main elements of TPM and indicate the efficiency of use of machinery and equipment. Total productive maintenance has as its primary goal the increase of productivity while reducing the production time losses, thus increasing the availability of productive operating time, thus making a business or an industrial unit viable and competitive.

In this thesis the application of the Total Productive Maintenance (TPM) model, which belongs to the broader framework of Total Quality Management, to municipal solid waste treatment plants was investigated. The structure of the thesis is:

The first chapter refers to the concept of quality and the historical development towards Total Quality Management. The philosophy, the principles that govern it and the tools for the implementation of such a model were examined.

The second chapter addresses the Total Product Maintenance (TPM) policy. The basic principles, objectives, advantages, as well as, the basic control tools (reliability, efficiency, economy and overall equipment effectiveness indicators) are developed.

In the third chapter the production line and the flow chart through SCADA, as well as, the maintenance plan of the Mechanical Recycling and Composting Factory of the Prefecture of Chania is presented.

The fourth chapter presents the production data collected during 2019-2020, the estimation of the relevant TPM indicators and the discussion of the obtained results.

Finally, in the fifth and last chapter, the conclusions that emerge from the application of the Total Productive Maintenance (TPM) model are presented.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	
Περίληψη.....	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Ποιότητα – βασικές έννοιες- ιστορική εξέλιξη.....	1
1.1 Ορισμός της Ποιότητας.....	1
1.2 Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη της Ποιότητας.....	1
1.3 Προσεγγίσεις Ποιότητας.....	3
1.4 Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (TQM).....	5
1.4.1 Θεμελιώδης αρχές της ΔΟΠ.....	5
1.4.2 Εργαλεία εφαρμογής μοντέλου ΔΟΠ.....	6
1.5 Συστήματα Διασφάλισης Ποιότητας.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.Ολική Παραγωγική Συντήρηση (TPM).....	16
2.1 Ορισμός της TPM.....	16
2.2 Φιλοσοφία και ιστορική εξέλιξη της (TPM).....	17
2.3 Στόχοι εφαρμογής του TPM.....	18
2.3.1 Έξι βασικές απώλειες του TPM.....	19
2.4 Βασικές πρακτικές – Πυλώνες του TPM.....	20
2.5 Πλεονεκτήματα εφαρμογής μοντέλου (TPM).....	24
2.6 Εργαλεία εφαρμογής του μοντέλου TPM.....	25
2.6.1 Προσέγγιση 5s.....	26
2.6.2 Μάθημα ενός σημείου (OPL)	29
2.6.3 Ελαχιστοποίηση απωλειών αλλαγής – SMED.....	30
2.6.4 Βελτίωση μέσου 6σ (Six Sigma)	31
2.6.5 TPM Tags.....	33
2.6.6 Gemba Walk.....	34

2.6.7 Εσωτερικές επιθεωρήσεις	35
2.7 Μέτρηση Επίδοσης Συντήρησης (ΜΕΣ).....	36
2.7.1 Δείκτες Επίδοσης Συντήρησης (ΔΕΣ).....	36
2.7.2 Δείκτες επίδοσης του TPM.....	38
2.7.3 Ολική Αποτελεσματικότητα Εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness OEE).....	40
2.7.4 Υπολογισμός OEE.....	43
2.7.5 Σχέση TPM-OEE και ιδανική τιμή OEE.....	44
2.7.6 Αξιοπιστία εξοπλισμού.....	44
2.7.7 Αξιοπιστία συστημάτων που επιδέχονται επισκευή.....	45
2.7.8 Διαθεσιμότητα συστημάτων και εξοπλισμού.....	46
2.7.9 Συντελεστής Βλάβης K.....	48
2.7.10 Πιθανότητα Παραγωγικής Λειτουργίας.....	48
2.7.11 Πιθανότητα Βλάβης.....	48
2.7.12 Ρυθμός Βλάβης.....	48
2.7.13 Συντηρισιμότητα εξοπλισμού.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.Παρουσίαση Δ.Ε.ΛΙ.Σ.Α. – Ε.Μ.ΑΚ. Χανίων.....	52
3.1 Εξέλιξη της επιχείρησης.....	52
3.2 ΕΜΑΚ Χανίων μια βιομηχανική μονάδα που πρωτοπορεί.....	54
3.2.1 Παρουσίαση modules Παραγωγής ΕΜΑΚ.....	56
3.2.2 Οργανωτική Δομή συντήρησης ΕΜΑΚ.....	61
3.2.3 Εκπαίδευση και επιμόρφωση (Training & Education- T&E).....	63
3.2.4 Υγιεινή , Ασφάλεια και Προστασία Περιβάλλοντος.....	64
3.2.5 Βραβεία και Διακρίσεις.....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Επεξεργασία δεδομένων - Παρουσίαση Αποτελεσμάτων.....	68

4.1	Μεθοδολογία συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων.....	68
4.2	Συγκεντρωτικός Δείκτης Λειτουργικότητας (ΣΔΛ).....	71
4.2.1	Δείκτης Λειτουργικών Προβλημάτων.....	73
4.2.2	Δείκτης Υπερφορτώσεων Εξοπλισμού.....	76
4.3	Συντελεστής ή Δείκτης Βλαβών.....	77
4.4	Πιθανότητα Βλάβης.....	79
4.5	Αξιοπιστία εξοπλισμού.....	81
4.6	Δείκτης Διαθεσιμότητας (Πιθανότητα Παραγωγικής Λειτουργίας).....	83
4.7	Ρυθμός βλαβών.....	85
4.8	Ολική Αποτελεσματικότητα Εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness, OEE).....	86
4.9	Χαρακτηριστικοί χρόνοι λειτουργίας συστημάτων που επιδέχονται επισκευή....	88
4.10	Οικονομικοί δείκτες συντήρησης εξοπλισμού.....	91
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	93
5.1	Συμπεράσματα.....	93
5.2	Προτάσεις.....	95
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	96

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.3: Οι πέντε κύριες δραστηριότητες αποτελεσματικής εφαρμογή των 5S στον χώρο εργασίας	26
Πίνακας 2.11: Βασικοί Δείκτες επίδοσης του TPM.	39
Πίνακας 4.22: Χαρακτηριστικοί χρόνοι λειτουργίας για τα δυο modules A-B παραγωγής και στοιχεία κόστους επισκευών και παραγωγής για τα έτη 2019-2020..	89

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 : Στάδια ανάπτυξης TQM (Oschman, 2004).....	3
Σχήμα 1.2 : Κύκλος συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας κατά Deming.....	4
Σχήμα 1.3: Διάγραμμα αιτίας-αιτιατού	8
Σχήμα 1.4: Φύλλο ελέγχου	9
Σχήμα 1.5: Διάγραμμα ελέγχου	10
Σχήμα 1.6: Ιστόγραμμα	11
Σχήμα 1.7: Πίνακας <i>Pareto</i>	12
Σχήμα 1.8: Διάγραμμα <i>Scatter</i>	13
Σχήμα 1.9: Διάγραμμα ροής	14
Σχήμα 2.1: Πλαίσιο εφαρμογής του μοντέλου TPM.	23
Σχήμα 2.2: Μοντέλων 8 βασικών Πυλώνων του TPM	23
Σχήμα 2.6: Φύλλο εφαρμογής Μαθήματος ενός Σημείου.....	30

Σχήμα 2.8: Εφαρμογή μεθόδου Six sigma.....	33
Σχήμα 2.10: Κατηγορίες κρίσιμων δεικτών απόδοσης της συντήρησης (Πηγή: Kumar, 2013).....	39
Σχήμα 2.12: Ολική αποτελεσματικότητα εξοπλισμού (OEE).....	42
Σχήμα 2.13: Καμπύλη αξιοπιστίας σε σχέση με τον χρόνο για συστήματα που επιδέχονται επισκευή.(Πηγή:Γαλετάκης,2017).....	45
Σχήμα 2.14: Χαρακτηριστικοί χρόνοι λειτουργίας , διακοπών (επισκευής), επαναλειτουργίας συστημάτων που επιδέχονται επισκευή (Πηγή: Γαλετάκης, 2017).....	46
Σχήμα 2.15: Ιστόγραμμα της χρονικής διάρκειας βλάβης (Down Time) και προσαρμογή θεωρητικών κατανομών για ολίσθηση και εκφυγή του ιμάντα στην κεφαλή του ταινιόδρομου (Πηγή: Γαλετάκης, 2017).....	47
Σχήμα 3.1: Διοικητική δομή της επιχείρησης.....	54
Σχήμα 3.3 : Διάγραμμα παραγωγής Μηχανικής Διαλογής μέσω απεικόνισης SCADA.....	57
Σχήμα 3.11: Διάγραμμα οργάνωσης συνεργείου συντήρησης ΕΜΑΚ Χανίων.....	61
Σχήμα 4.5: Ετήσιος Συγκεντρωτικός Δείκτης Λειτουργικότητας έτους 2019.....	71
Σχήμα 4.6: Ετήσιος Συγκεντρωτικός Δείκτης Λειτουργικότητας έτους 2020.....	72
Σχήμα 4.7: Κατανομή χρόνου stop παραγωγής βάση λειτουργικών προβλημάτων έτους 2020.....	73
Σχήμα 4.8: Δείκτης λειτουργικών προβλημάτων έτους 2019.....	74
Σχήμα 4.9: Δείκτης λειτουργικών προβλημάτων έτους 2020.....	75
Σχήμα 4.10: Δείκτης Υπερφορτώσεων εξοπλισμού έτους 2019.....	76
Σχήμα 4.11: Δείκτης Υπερφορτώσεων εξοπλισμού έτους 2020.....	77
Σχήμα 4.12 : Δείκτης Βλαβών εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2019.....	78
Σχήμα 4.13 : Δείκτης Βλαβών εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2020.....	79

Σχήμα 4.14 : Πιθανότητα Βλάβης εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2019.....	80
Σχήμα 4.15 : Πιθανότητα Βλάβης εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2020.....	81
Σχήμα 4.16 : Αξιοπιστία Εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2019.....	82
Σχήμα 4.17 : Αξιοπιστία Εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2020.....	83
Σχήμα 4.18 : Δείκτης Διαθεσιμότητας Εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2019.....	84
Σχήμα 4.19 : Δείκτης Διαθεσιμότητας Εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2020.....	85

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.4: Εφαρμογή 5S στο γραφείο.....	28
Εικόνα 2.5: Εφαρμογή 5S στο συνεργείο.....	28
Εικόνα 2.7: Παράδειγμα εφαρμογής SMED στην F1. Ταχεία αντικατάσταση από ένα κωδικό σε έναν άλλο.....	31
Εικόνα 2.9: Tags.....	34
Εικόνα 3.2: Αεροφωτογραφία Εγκατάστασης ΕΜΑΚ Χανίων.....	55
Εικόνα 3.4: Τροφοδοσία αρπάγης υλικών προς επεξεργασία και κόσκινα Μηχανικής διαλογής.....	57
Εικόνα 3.5: Ισχυρός ηλεκτρομαγνήτης απομάκρυνσης σιδηρούχων υλικών από το οργανικό κλάσμα.....	58
Εικόνα 3.6: Φυσικός μαγνήτης ανάκτησης σιδηρούχων υλικών.....	58
Εικόνα 3.7: Συστοιχία βαλλιστικών διαχωριστών για διαχωρισμό πλαστικών υλικών βάση σχήματος.....	59
Εικόνα 3.8: Οπτικός διαχωριστής για ανάκτηση χαρτιού μέσω εκπομπής υπέρυθρου φωτός στα υλικά, τα οποία διέρχονται μέσω ταινιόδρομου υψηλής ταχύτητας.....	59
Εικόνα 3.9: Υλικό μετά το Quality Control που οδηγείται προς δεματοποίηση.....	60
Εικόνα 3.10: Τεμαχιστής κλαδιών προς δεξαμενή κομποστοποίησης μαζί με οργανικά υλικά.....	60

Εικόνα 3.12: Απεικόνιση προγράμματος συντήρησης Ε.Μ.Α.Κ.....	62
Εικόνα 3.13: Ημερήσιο έντυπο καταγραφής εργασιών και ελέγχων συντήρησης εξοπλισμού ΕΜΑΚ.....	63
Εικόνα 3.14: Άσκηση ομάδας πυρασφάλειας ΕΜΑΚ παρουσία πυροσβεστικής υπηρεσίας.....	63
Εικόνα 3.15: Εκπαίδευση εργαζομένων ΕΜΑΚ για παροχή πρώτων βοηθειών από το ΕΚΑΒ Χανίων.....	64
Εικόνα 3.16: Όργανο μέτρησης σωματιδίων σκόνης Dust Trak AEROSOL MONITOR 853 και όργανο μέτρησης ήχου SVANTEK 971.....	65
Εικόνα 3.17: Τήρηση των ατομικών μέτρων προστασίας κατά την διάρκεια συντήρησης.....	65
Εικόνα 3.18: Σακόφιλτρο αποκονίωσης Μηχανικής Διαλογής.....	66
Εικόνα 3.19: Βραβεία στην κατηγορία διαχείρισης αποβλήτων στην Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α. και Ε.Μ.Α.Κ. Χανίων.....	67
Εικόνα 3.20: διεθνές πρότυπο ISO 14001:2015 για την εφαρμογή Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης στο ΕΜΑΚ Χανίων.....	67
Εικόνα 4.1: Ειδικά μορφοποιημένο έντυπο καταγραφής παρατηρήσεων και χρόνων παραγωγής ημερήσιας λειτουργίας ΕΜΑΚ από το κέντρο ελέγχου.....	69
Εικόνα 4.2: Φύλλο Excel καταχώρησης κωδικοποιημένων παρατηρήσεων της παραγωγής σε μονάδες χρόνου (min).....	69
Εικόνα 4.3: Φύλλο Excel μηνιαίου υπολογισμού βασικών δεικτών λειτουργίας παρακολούθησης λειτουργίας ΕΜΑΚ.....	70
Εικόνα 4.4: Φύλλο Excel υπολογισμού Συγκεντρωτικού δείκτη λειτουργικότητας ΕΜΑΚ.....	70
Εικόνα 4.20: Φύλλο Excel καταγραφής ετήσιου συνόλου επεξεργασμένων υλικών και των δύο ρευμάτων (Μπλε και Πράσινου κάδου).....	86
Εικόνα 4.21: Στοιχεία ετήσιας παραγωγικής διαδικασίας από την βάση δεδομένων του ζυγηστηρίου της μονάδας.....	87

Εικόνα 4.23: Φύλλο Excel υπολογισμού χρόνων μεταξύ αστοχιών και συνολικού χρόνου stop βλαβών και αριθμού βλαβών.....	90
---	-----------

Κεφάλαιο 1. Ποιότητα - βασικές έννοιες – ιστορική εξέλιξη

1.1 Ορισμός της Ποιότητας

Ο όρος «ποιότητα» μπορεί να αποδοθεί με διαφορετικό τρόπο, χωρίς να έχει υπάρξει έως σήμερα ένας ενιαίος και ολοκληρωτικά αποδεκτός ορισμός που να έχει γίνει καθολικά αποδεκτός από το σύνολο όλων αυτών που ασχολούνται με την ποιότητα (Reeves & Bednar, 1994).

Η λέξη ποιότητα προέχεται από την αρχαία ελληνική λέξη ποιος-τι δηλαδή τη κατάσταση ή την φύση ενός πράγματος. Ενώ σαν όρος είναι υποκειμενικός με του πιο δημοφιλείς ορισμούς να αποδίδονται όπως τους παρακάτω :

- «Ποιότητα είναι καταλληλότητα για χρήση» (Juran, 1974)
- «Ποιότητα είναι συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις ή προδιαγραφές» (Crosby, 1979)

Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 8402: 1996, ποιότητα είναι το σύνολο των χαρακτηριστικών μιας οντότητας (ενός προϊόντος ή υπηρεσίας), που προσδιορίζουν την ικανότητά της να ικανοποιεί ρητά ή μη ρητά διατυπωμένες ανάγκες του χρήστη. Την έννοια της ποιότητας τη συναντάμε σε κάθε βήμα της καθημερινής μας ζωής και δεν περιορίζεται μόνο στους τομείς της τεχνολογίας και της παραγωγής (Γαλετάκης, 2017).

Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Ένωση Ποιότητας (American Society for Quality) η ποιότητα ορίζεται ως: «Το σύνολο των προδιαγραφών και χαρακτηριστικών ενός προϊόντος ή υπηρεσίας τα οποία συμβάλλουν στην ικανοποίηση των άμεσων και έμμεσων αναγκών του πελάτη» (American Society for ASQ, 2010).

1.2 Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη της Ποιότητας

Ιστορικά η έννοια της ποιότητας συναντάτε γύρω στο 8000 π.Χ. όπου ήταν η περίοδος όπου ο προϊστορικός άνθρωπος άρχισε να κατασκευάζει μια πληθώρα σύνθετων εργαλείων με σκοπό να καλύψει τις προσωπικές του ανάγκες .Υπήρχε δηλαδή η πρώτη κατασκευή ποιοτικών εργαλείων όπου διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην αύξηση των πιθανοτήτων της επιβίωσής του. (Johnson. 1996).

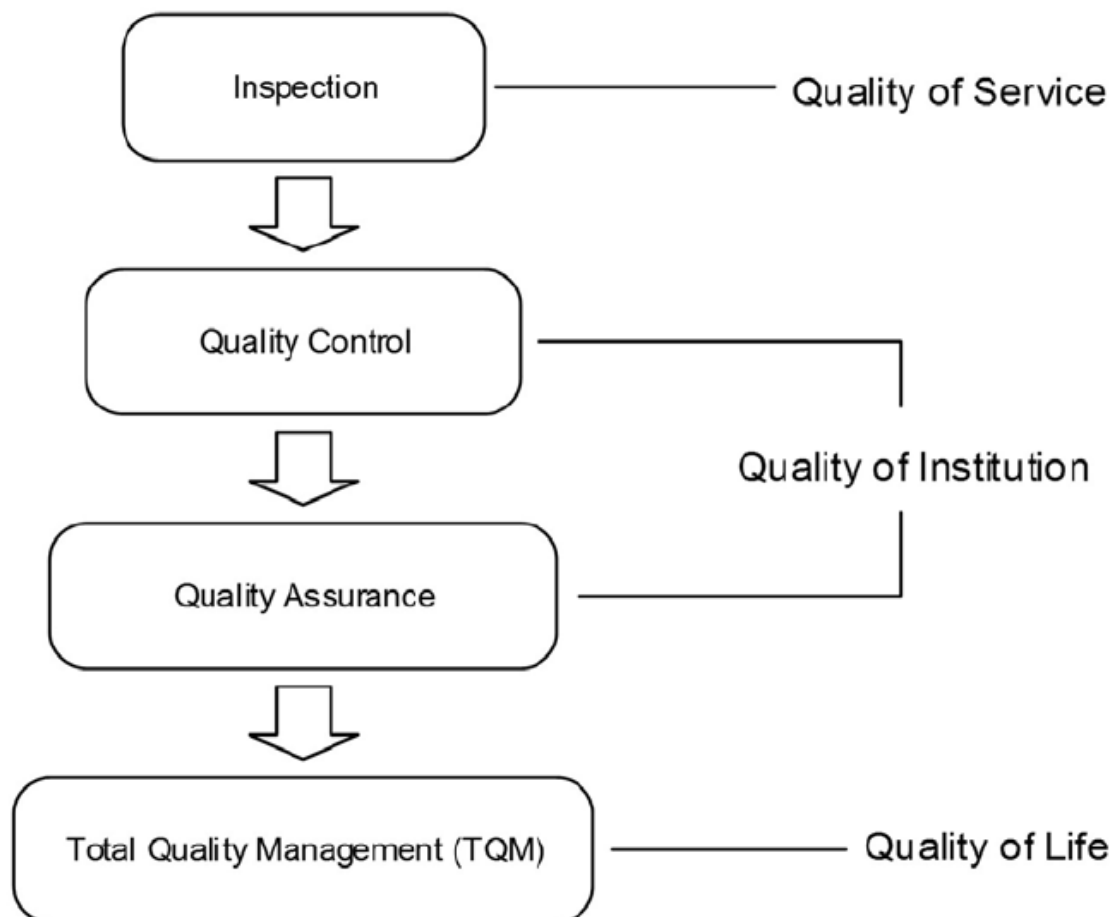
Πολύ αργότερα και γύρω στο 1450 π.Χ. εμφανίστηκαν τα πρώτα καταγεγραμμένα δείγματα ελέγχου και μετρήσεων στην Αίγυπτο στην κατασκευή των πυραμίδων και σε διάφορες τοιχογραφίες , ενώ και στην Ευρώπη τα χρόνια του Μεσαίωνα κατασκευάζονταν έπειτα από παραγγελίες πελατών διάφορα προϊόντα από τεχνίτες που ενσωμάτωναν κάποια ποιότητα με σκοπό να ικανοποιήσουν τους πελάτες τους. (Λουπασάκης, 2007).

Στα μέσα του 18^{ου} αιώνα εμφανίστηκε η βιομηχανική παραγωγή προϊόντων από διαφορετικά τμήματα όπου μπορούσαν στην συνέχεια να συνδεθούν. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να παρατηρηθεί η αδυναμία σύνθεσης σε ανομοιογενή κομμάτια. Έτσι τέθηκε η βάση για την ανάπτυξη της διασφάλισης της ποιότητας ως ένα κύριο και αναπόσπαστο κομμάτι σε κάθε παραγωγική διαδικασία. Στην συνέχεια στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και την βιομηχανική επανάσταση αναπτύχθηκε και ο έλεγχος των τελικών παραγόμενων προϊόντων που αποτέλεσε τον προπομπό του Ελέγχου Ποιότητας. Λίγο Αργότερα εμφανίστηκε ο Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας που στόχευε τον εντοπισμό και διαχωρισμό των ελαττωματικών προϊόντων με ταυτόχρονη διερεύνηση των αιτιών που προήλθαν και τους τρόπους εξάλειψής τους. Ενώ τέλος μετά τον δεύτερό παγκόσμιο πόλεμο στην Ιαπωνία παρατηρείται η εμπλοκή της ανώτατης διοίκησης στα θέματα που αφορούν την ποιότητα και την δημιουργία έτσι της κουλτούρα συνεχούς βελτίωσης που έγινε γνωστή με τον όρο Kaizen και τα προϊόντα των Ιαπωνικών επιχειρήσεων να επεκταθούν στον Δυτικό κόσμο και να κυριαρχήσουν σε μεγάλες αγορές όπως των Η.Π.Α. (Evans & Lindsay, 2005).

Ο όρος Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (Total Quality Management – TQM) έκανε την εμφάνιση του περίπου στα μέσα της δεκαετίας του '80 και πιθανόν να αποτέλεσε την εξέλιξη του Ελέγχου Ολικής Ποιότητας.

Η εξέλιξη της ποιότητας κατά τον τελευταίο αιώνα, μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι, περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις-περιόδους που έχουν χαρακτηριστεί ως:

Έλεγχος-επιθεώρηση, στατιστικός έλεγχος ποιότητας, διασφάλιση ποιότητας και διοίκηση ολικής ποιότητας (Garvin, 1988).



Σχήμα 1.1 : Στάδια ανάπτυξης TQM (Oschman, 2004)

1.3 Προσεγγίσεις Ποιότητας

Οι περισσότεροι θεωρητικοί της ποιότητας εμφανίστηκαν μετά το β' παγκόσμιο πόλεμο στην Αμερική και στην Ιαπωνία. Ο σπουδαιότερος θεωρητικός πριν από τη γενιά αυτή, που υπήρξε και δάσκαλος αρκετών από αυτών, είναι ο Walter Shewhart, που ανέπτυξε και εφάρμοσε πρώτος τα διαγράμματα ελέγχου της ποιότητας. Οι πλέον αξιόλογοι μεταγενέστεροι από την αμερικανική σχολή είναι ο Edwards W. Deming, ο Joseph Juran, ο Philip Crosby και ο Armand Feigenbaum, ενώ από την ιαπωνική σχολή είναι οι Masaaki Imai, Kaoru Ishikawa, Taiichi Ohno, Sigeo Shingo και Genichi Taguchi. Η θεωρητική ανάπτυξη της ποιότητας ξεκίνησε από την Αμερική, βρήκε όμως πρόσφορο έδαφος για να αναπτυχθεί πρώτα στην Ιαπωνία και να περάσει, μετά από σημαντική καθυστέρηση, στην Αμερική και στη συνέχεια στην Ευρώπη (Γαλετάκης, 2017).

Στο σημείο αυτό θα εστιάσουμε στις βασικές απόψεις του Edwards W. Deming οι ιδέες του οποίου επηρέασαν σημαντικά την επιστημονικό κόσμο και δημιούργησαν νέους ορίζοντες για την ανάπτυξη εφαρμογών της ποιότητας. Για την επίτευξη της συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας και την εδραίωση μιας μακροπρόθεσμης οργάνωσης, ο Deming προτείνει έναν συνεχή κύκλο ενεργειών που είναι γνωστός σαν κύκλος του Deming ή κύκλος του Shewhart. Ο κύκλος αυτός περιλαμβάνει τέσσερις ενέργειες που βρίσκονται σε καθορισμένη σειρά και επαναλαμβάνονται συνεχώς, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2 (Γαλετάκης, 2017).

Τα τέσσερα βασικά στάδια του κύκλου είναι ο Σχεδιασμός (Plan), η Εκτέλεση (Do), ο Έλεγχος (Check) και η Διορθωτική Δράση (Act). Η αρχή του κύκλου γίνεται με την φάση της σχεδίασης, όπου αναλύεται η υπάρχουσα κατάσταση, συλλέγονται στοιχεία και καταστρώνονται τα λεπτομερή σχέδια δράσης. Η φάση της εκτέλεσης περιλαμβάνει συνήθως, σε αρχικά στάδια, την διεξαγωγή δοκιμαστικής παραγωγής ή αλλαγή των παραμέτρων της παραγωγής σε τμήμα της επιχείρησης για την συλλογή στοιχείων.



Σχήμα 1.2 : Κύκλος συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας κατά Deming

Στη φάση του ελέγχου μελετώνται τα στοιχεία που αποκτήθηκαν από το προηγούμενο στάδιο, συγκρίνονται με τους στόχους που έχουν ορισθεί κατά το στάδιο της σχεδίασης και λαμβάνονται αποφάσεις για τις διορθωτικές ενέργειες που απαιτούνται, οι οποίες και εκτελούνται στο επόμενο στάδιο. Ο κύκλος αυτός αποτελεί ένα τυπικό παράδειγμα μοντέλου επίλυσης προβλημάτων με αυτοτροφοδοτούμενη μάθηση.

1.4 Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (TQM)

Όπως και στον ορισμό της ποιότητας δημιουργήθηκαν αρκετές διαφωνίες μέχρι τις τελικές διατυπώσεις, έτσι και στον ορισμό της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας δεν υπάρχει καθολική ομοφωνία για το τι αποτελεί η ΔΟΠ και οι περισσότεροι οργανισμοί την ορίζουν με άλλο τρόπο.(Bounds et.al.1994).

Το γεγονός αυτό το μαρτυρά και η στάση του γκουρού της Ποιότητας που δεν χρησιμοποίησε ούτε αποδέχτηκε ποτέ αυτόν τον όρο (Petersen & Hopkins, 1999).

Ένας ορισμός της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας δόθηκε μέσω της εγκύκλιου της Αμερικανικής Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Διαχείρισης Προϋπολογισμού (American Federal Office of Management Budget Circular) (Milakovich, 1990): «Διοίκηση Ολικής Ποιότητας είναι μια συνολική οργανωτική προσέγγιση για την ικανοποίηση των αναγκών των πελατών και των προσδοκιών τους, που περιλαμβάνει όλους τους μάνατζερ και τους υπαλλήλους, με τη χρήση ποσοτικών μεθόδων για την συνεχή βελτίωση των διαδικασιών, των προϊόντων και των υπηρεσιών του οργανισμού».

Ένας ορισμός που δίνεται για την ΔΟΠ από το Ευρωπαϊκό Ίδρυμα για τη Διοίκηση Ποιότητας είναι : «όλοι οι τρόποι με τους οποίους ένας οργανισμός ανταποκρίνεται στις ανάγκες και στις προσδοκίες των πελατών του, του προσωπικού του, των οικονομικών μετόχων του και της κοινωνίας γενικότερα» (Geraedts, 2001).

Ενώ σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 8402 ,ο επίσημος ορισμός της ΔΟΠ είναι ο ακόλουθος: «τρόπος διοίκησης ενός οργανισμού εστιάζόμενος στην ποιότητα, ο οποίος βασίζεται στη συμμετοχή όλων των μελών του και στοχεύει στη μακροπρόθεσμη επιτυχία μέσω της ικανοποίησης του πελάτη και στην παροχή οφελών σε όλα τα μέλη του οργανισμού και στην κοινωνία» (Δασκαλόπουλος , 2018)

1.4.1 Θεμελιώδης αρχές της ΔΟΠ

Σύμφωνα με τον (Tarin J.J, 2005) στη βιβλιογραφία συναντώνται διάφορες απόψεις και προσεγγίσεις για το ποια αποτελούν τα συστατικά για μια επιτυχημένη ΔΟΠ , τα οποία διαφέρουν από συγγραφέα σε συγγραφέα .Ακόμη και οι τοποθετήσεις των γκουρού της Ποιότητας εμφανίζουν διαφορές και αδυναμίες με αποτέλεσμα να μην

μπορούν πολλές φορές να προσφέρουν λύσεις σε διαφορά θέματα που αντιμετωπίζουν οργανισμοί που αποσκοπούν στην εφαρμογή της ΔΟΠ και να πρέπει να αναπτύξουν κάποια χαρακτηριστικά που προσαρμόζονται στην δική τους οντότητα.

Έτσι μετά από μελέτη των διαφορών και των ομοιοτήτων που υπάρχουν μεταξύ των θεωριών των βασικών γκουρού της ΔΟΠ, οι (Ghobadian και Speller, 1994), κατέληξαν στα παρακάτω κοινά σημεία, που αποτελούν τις αρχές της ΔΟΠ:

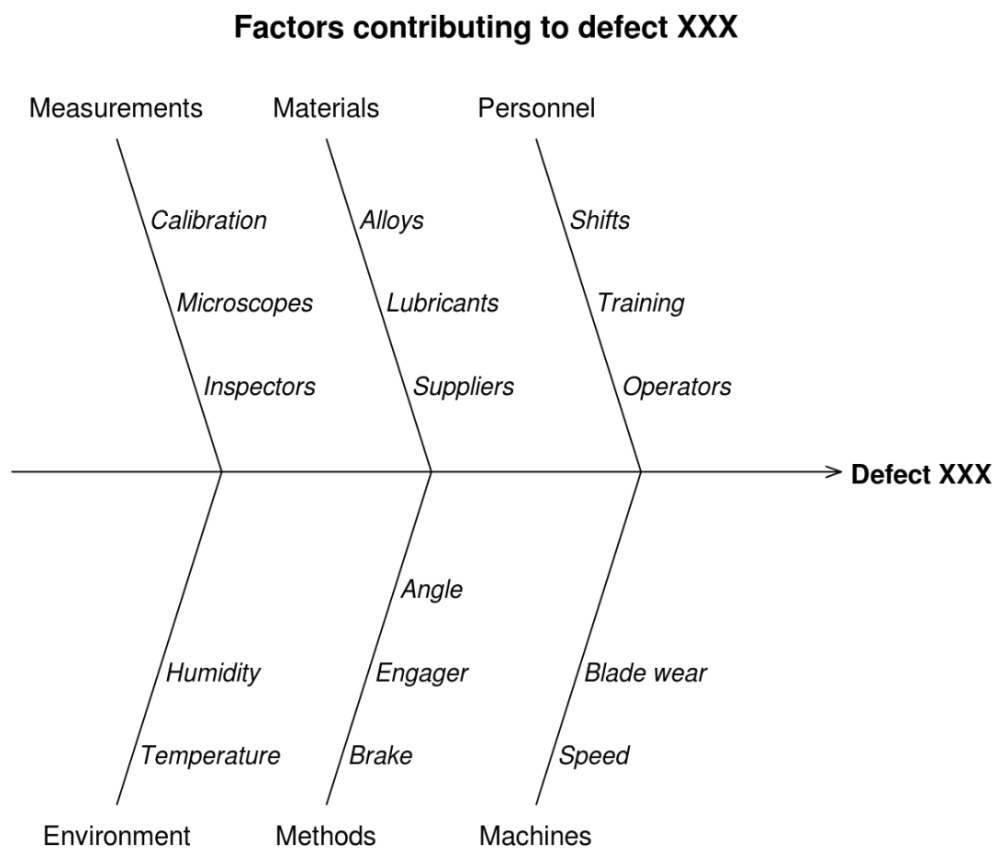
1. Σημαντικότητα του ελέγχου της διαδικασίας και όχι του προϊόντος.
2. Σημαντικότητα εστίασης στον ανθρώπινο παράγοντα και στην ανθρώπινη συμπεριφορά.
3. Υπευθυνότητα της ανώτατης διοίκησης για την ποιότητα και την ανάπτυξη κουλτούρας ποιότητας στην επιχείρηση.
4. Σημαντικότητα της εκπαίδευσης και επιμόρφωσης των εργαζομένων.
5. Έμφαση στην πρόληψη και στη μείωση του κόστους ποιότητας.
6. Έμφαση στη συνεχή βελτίωση.
7. Συνεργασία και ευθύνη όλων των τμημάτων των και λειτουργιών της επιχείρησης στη βελτίωση της ποιότητας

1.4.2 Εργαλεία εφαρμογής μοντέλου ΔΟΠ

Σύμφωνα με τον (Montgomery, 2005) υπάρχουν επτά βασικά εργαλεία της ποιότητας ή διαφορετικά επτά βασικά εργαλεία του ποιοτικού ελέγχου και είναι ονομασίες που αποδίδονται σε ένα σταθερό σύνολο ,στις γραφικές τεχνικές που θεωρούνται ως οι απαραίτητες σε θέματα αντιμετώπισης προβλημάτων που σχετίζονται με την ποιότητα, ονομάζονται «βασικά» («basic»), επειδή είναι κατάλληλα για άτομα με ελάχιστη τυπική εκπαίδευση στον τομέα των στατιστικών και επειδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για την επίλυση της συντριπτικής πλειοψηφίας των θεμάτων, που αφορούν ζητήματα ποιότητας (Ishikawa, Kaoru ,1985).

Τα επτά εργαλεία είναι:

- Το Διάγραμμα αιτίας-αιτιατού (επίσης γνωστό ως «ψαροκόκαλο» ή διάγραμμα Ishikawa)
- το Φύλλο ελέγχου (Check sheet)
- ο Διάγραμμα ελέγχου (Control chart)
- το Ιστόγραμμα (Histogram)
- ο Πίνακας Pareto (Pareto chart)
- το Διάγραμμα συσχέτισης (Scatter diagram)
- Διάγραμμα ροής (flow chart) ή πίνακας ροής (run chart))



Σχήμα 1.3 : Διάγραμμα αιτίας-αιτιατού

Το Διάγραμμα Αιτίας και Αποτελέσματος (Σχ.1.3) είναι γνωστό και ως Ishikawa ή Fishbone Diagram από το σχήμα του που μοιάζει με ψαροκόκαλο και χρησιμοποιείται

στην διερεύνηση, αναγνώριση και γραφική παρουσίαση όλων των πιθανών αιτιών ενός προβλήματος, ώστε να γίνει δυνατός ο εντοπισμός της γενεσιουργού αιτίας. Σαν κύριο πλεονέκτημα του έχει την βοήθεια που παρέχει στις ομάδες να επικεντρωθούν στις αιτίες και όχι τόσο στα συμπτώματα του προβλήματος.

Motor Assembly Check Sheet								
Name of Data Recorder:	Lester B. Rapp							
Location:	Rochester, New York							
Data Collection Dates:	1/17 - 1/23							
Defect Types/ Event Occurrence	Dates							TOTAL
	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	
Supplied parts rusted								20
Misaligned weld								5
Improper test procedure								0
Wrong part issued								3
Film on parts								0
Voids in casting								6
Incorrect dimensions								2
Adhesive failure								0
Masking insufficient								1
Spray failure								5
TOTAL		10	13	10	5	4		

Σχήμα 1.4 : Φύλλο ελέγχου

Τα φύλλα ελέγχου (Σχ. 1.4) είναι ειδικές τυποποιημένες φόρμες που σαν κύρια χρήση έχουν τις διάφορες καταγραφές της συχνότητας ή του αριθμού των εμφανίσεων ενός συγκεκριμένου γεγονότος .Η τελική μορφή αυτών των εντύπων αποφασίζεται από κάθε επιχείρηση σύμφωνα με τις ανάγκες της παραγωγικής της λειτουργίας, ενώ πρέπει σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει όλα εκείνα τα απαραίτητα στοιχεία για την επαρκή παρακολούθηση. Σε αυτά τα φύλλα καταγράφονται συστηματικά τα δεδομένα και οι παρατηρήσεις που αφορούν της δραστηριότητα και μπορεί να είναι απλά η πολύπλοκα. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την δημιουργία των φύλλων ελέγχου είναι πολύ απλή:

1. Συμφωνείται ο ορισμός του τι ακριβώς μετρείται.

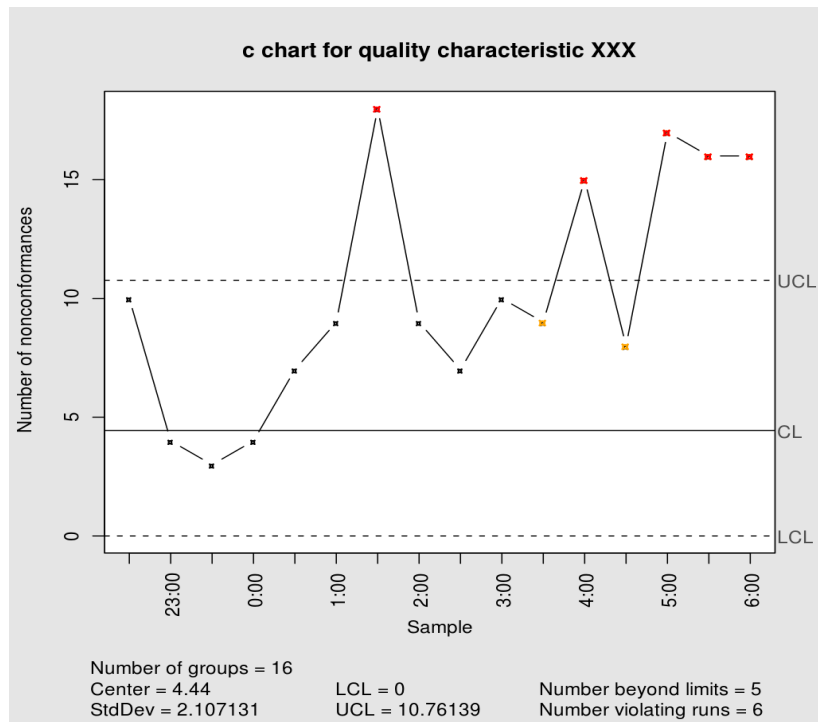
2. Αποφασίζεται ποιος συλλέγει τα δεδομένα, για ποια περίοδο και από ποιες πηγές.
3. Σχεδιάζεται ένα απλό στη χρήση και πλήρες έντυπο.
4. Καταγράφονται τα δεδομένα.

Τα διαγράμματα ελέγχου (Σχ. 1.5) παρέχουν μια παραστατική απεικόνιση των δεδομένων που παράγονται από την αξιολόγηση της διεργασίας και των προϊόντων της. Αποτελούν επομένως γραφική αναπαράσταση των μετρούμενων χαρακτηριστικών απόδοσης. Ο Montgomery υποστηρίζει ότι τα διαγράμματα ελέγχου:

- Είναι μια αποδεδειγμένη τεχνική για τη βελτίωση της παραγωγικότητας
- Είναι αποτελεσματικά στην πρόληψη ελαττωματικών
- Αποτρέπουν περιττές διορθώσεις στη διεργασία
- Προσφέρουν διαγνωστικές πληροφορίες
- Προσφέρουν πληροφορίες για την ικανότητα της διεργασίας

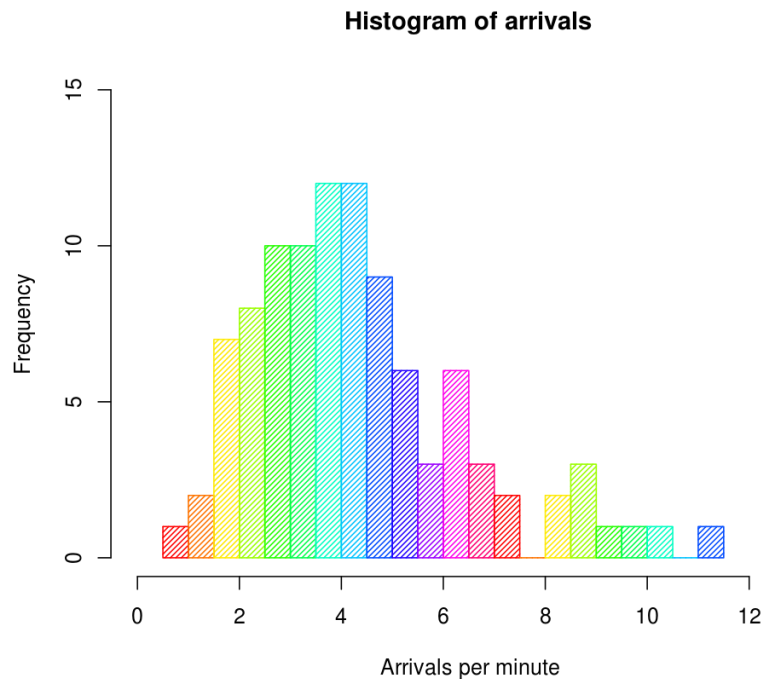
Ιδιαίτερη σημασία στο διάγραμμα έχουν οι τρεις γραμμές:

1. άνω όριο ελέγχου UCL (Upper control limit) : η διεργασία πάνω από αυτή τη γραμμή θεωρείται εκτός ελέγχου
2. κάτω όριο ελέγχου LCL (Lower control limit) : η διεργασία κάτω από αυτή τη γραμμή θεωρείται εκτός ελέγχου
3. κεντρική τιμή CL (Central line) : είναι η μέση τιμή όλων των επιμέρους δειγμάτων



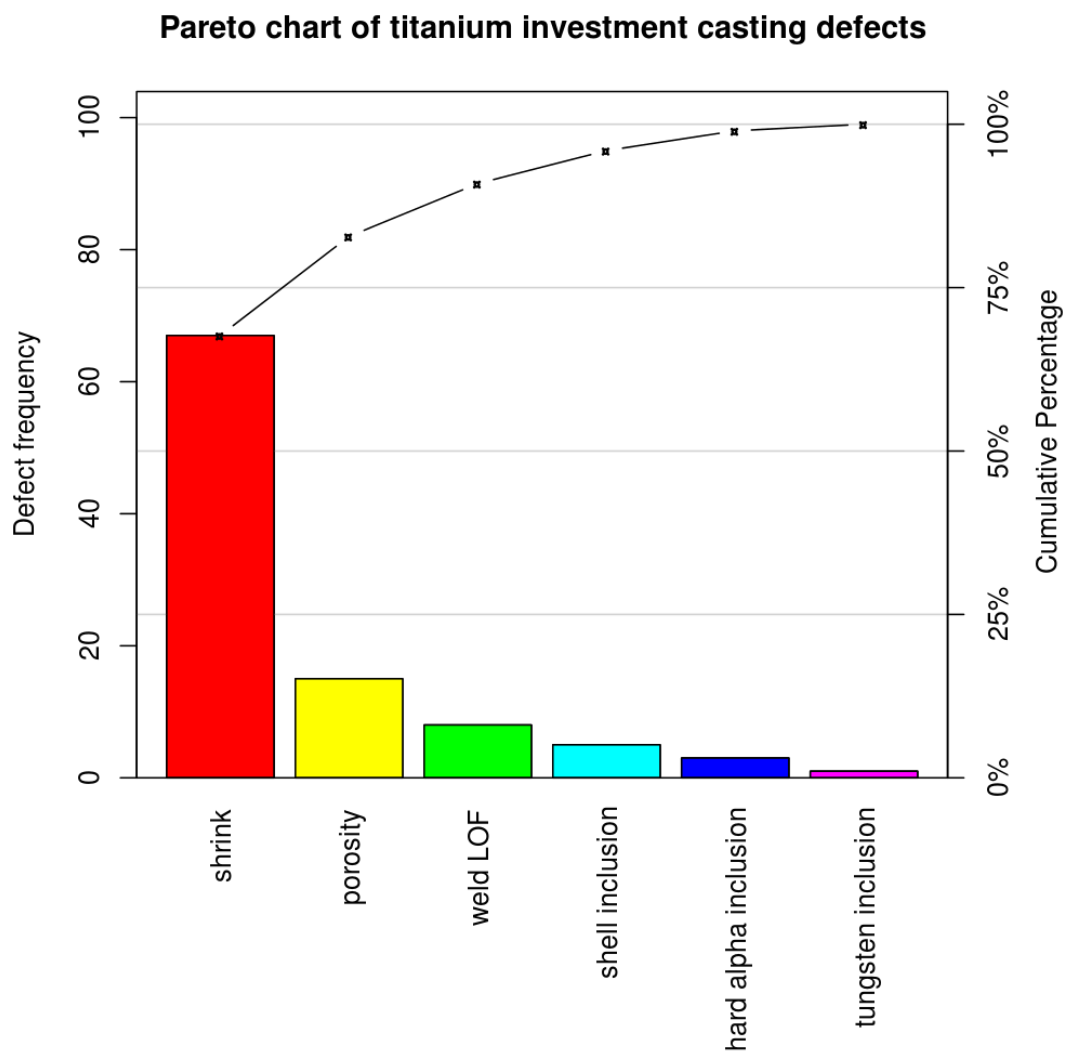
Σχήμα 1.5 : Διάγραμμα ελέγχου

Τα ιστογράμματα (Σχ. 1.6) είναι γραφική αναπαράσταση ενός συνόλου δεδομένων και χρησιμοποιούνται για την οπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέρχονται για παράδειγμα από φύλλα ελέγχου. Τα ιστογράμματα παρουσιάζουν μια κατανομή συχνοτήτων για διακριτά ή συνεχή δεδομένα και είναι ο τύπος γραφήματος που χρησιμοποιείται πιο συχνά από όλους.



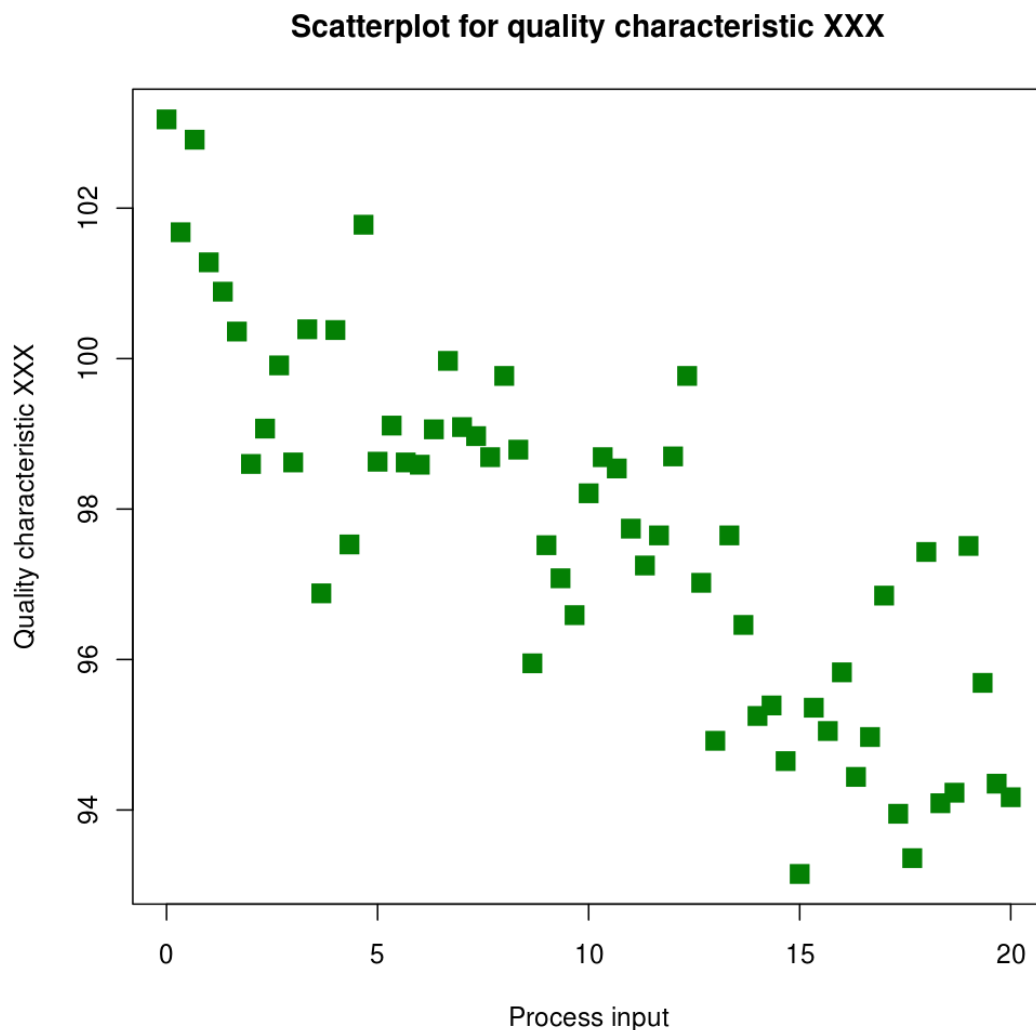
Σχήμα 1.6 : Ιστόγραμμα

Το Διάγραμμα Pareto (Σχ. 1.7) είναι ένα ευρείας χρήσης εργαλείο. Είναι ο καλύτερος τρόπος παρουσίασης των αποτελεσμάτων ανάλυσης για τον εντοπισμό των πιο σημαντικών από τις αιτίες. Παρουσιάζει γραφικά τη σχετική συχνότητα ή βαρύτητα των αιτιών που προκαλούν ένα πρόβλημα, απεικονίζοντας με απλό τρόπο το πόσο σημαντική είναι η επίδραση μιας αιτίας στη δημιουργία του προβλήματος σε σχέση με τις υπόλοιπες, καθώς και την ποσοστιαία βελτίωση που θα επιφέρει η απόλεια της κάθε μιας. Η αρχή του Pareto λέει ότι το 80% των προβλημάτων προέρχεται από το 20% των αιτιών ή ότι το 20% των αιτιών δημιουργεί το 80 % των προβλημάτων.



Σχήμα 1.7 Διάγραμμα Pareto

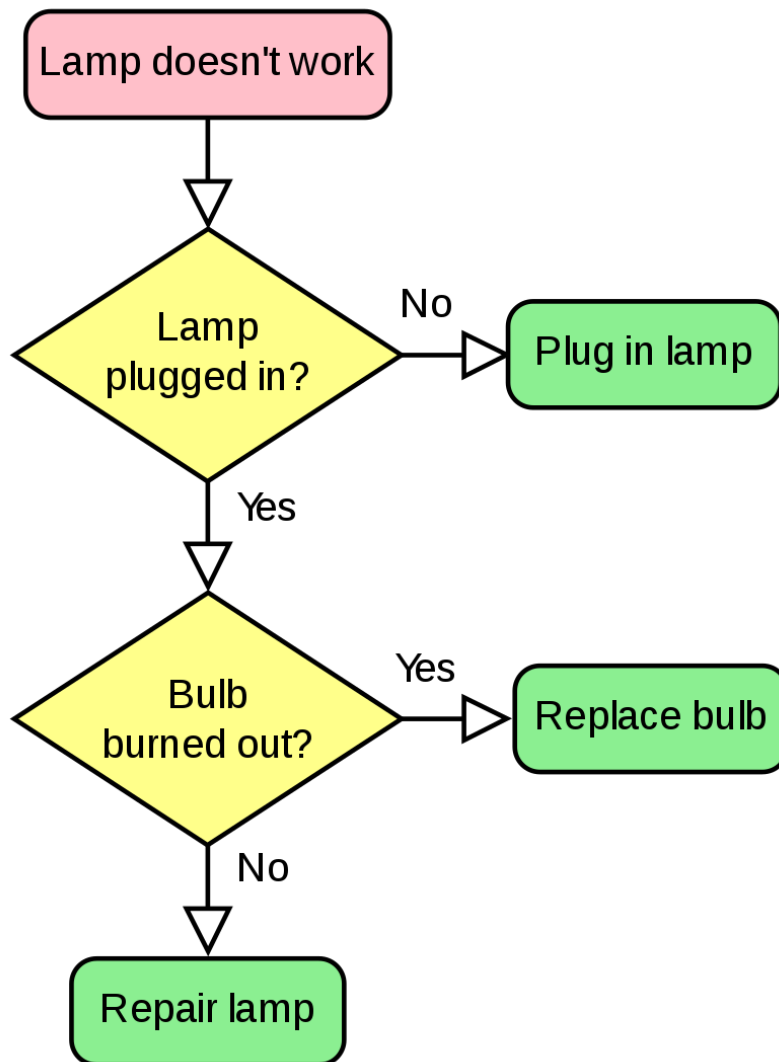
Τα διαγράμματα συσχέτισης (Scatter plot, Σχ. 1.8) βασίζονται στην εφαρμογή της ανάλυσης παλινδρόμησης και παρουσιάζουν το αποτέλεσμα σε γραφική μορφή. Η τάση ή η στατιστική συσχέτιση που προκύπτει από την ανάλυση της παλινδρόμησης προσφέρει μια βάση για την ερμηνεία του διαγράμματος. Οι σχέσεις καθορίζονται με βάση το αν υπάρχει θετική (+1), αρνητική (-1) ή καθόλου (0) συσχέτιση.



Σχήμα 1.8 : Διάγραμμα συσχέτισης (Scatter plot)

Τα διαγράμματα ροής (Σχ. 1.9) χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση μιας συγκεκριμένης παραγωγικής διαδικασίας. Η κατάρτιση διαγραμμάτων ροής είναι πολύ χρονοβόρα αλλά αποτελούν πολύ χρήσιμα εργαλεία για την παραστατική απεικόνιση κάθε είδους παραγωγικής λειτουργίας και φυσικά βοηθούν στο εντοπισμό των προβληματικών σημείων. Ένα διάγραμμα ροής μπορεί να περιλαμβάνει μόνο τις πολύ σημαντικές ενέργειες που γίνονται για τη διεκπεραίωση της δραστηριότητας ή μπορεί να περιλαμβάνει πολλές λεπτομέρειες ανάλογα. Όσο πιο πολλές λεπτομέρειες περιλαμβάνει ένα διάγραμμα, τόσο πιο εύκολος γίνεται ο εντοπισμός τυχόν προβληματικών περιοχών και αχρείαστων ενεργειών. Για τη δημιουργία ενός διαγράμματος ροής είναι απαραίτητες οι πιο κάτω ενέργειες:

- Καθορισμός των ορίων της δραστηριότητας
- Καθορισμός των εργασιών, σημαντικών αποφάσεων και πληροφοριών που χρειάζονται για τη διεκπεραίωση της δραστηριότητας
- Καταγραφή των πιο πάνω εργασιών σύμφωνα με τη σειρά που γίνονται στο χρόνο.



Σχήμα 1.9 : Διάγραμμα ροής

1.5 Συστήματα Διασφάλισης Ποιότητας

Στις μέρες μας και πιθανόν πιο πολύ από κάθε άλλη περίοδο του παρελθόντος , η ποιότητα έχει αναδειχθεί σε κύρια συνιστώσα για την επιβίωση των προϊόντων μέσα στα πλαίσια του σκληρού διεθνούς ανταγωνισμού. Το γεγονός αυτό έχει γίνει πια

αντιληπτό σε όλες τις αγορές παγκόσμιος . Στη νέα εποχή της παγκόσμιας αγοράς, ο καταναλωτής επιλέγει τα προϊόντα όχι πια με βάση μόνο το κόστος τους. Νέες παράμετροι, όπως η ποιότητα, η τεχνολογική υπεροχή-καινοτομία, φιλικότητα προς το περιβάλλον κ.ά., επηρεάζουν σημαντικά τις προτιμήσεις του καταναλωτή. Στο νέο αυτό περιβάλλον είναι απολύτως αναγκαία η εισαγωγή συστημάτων διασφάλισης – διαχείρισης της ποιότητας, που θα βασίζεται και θα συμμορφώνεται τόσο σε θεσμικά πλαίσια καθώς και στη νέα αντίληψη του καταναλωτή και στην απαίτησή του για ποιοτικά προϊόντα. Για να μη δημιουργούνται προβλήματα στην αγορά των προϊόντων αλλά και για τις όλο ένα και αυξημένες απαιτήσεις των καταναλωτών, είναι αναγκαία να υπάρχουν ορισμένα και κοινός αποδεκτά κριτήρια με βάση τα οποία θα πιστοποιείται η ποιότητα. Το σύνολο των κριτηρίων αυτών συγκροτούν αυτά που ονομάζουμε συστήματα πιστοποίησης της ποιότητας. Η πιστοποιημένη ποιότητα προϊόντων πρέπει να αποτελεί βασικό στόχο για κάθε επιχείρηση που επιδιώκει να ενταχθεί στις σύγχρονες τάσεις της παγκόσμιας αγοράς και να αποκτήσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στο πλαίσιο του διεθνούς συναγωνισμού.

Τα Συστήματα Ποιότητας αποτελούν μια κατηγορία των συστημάτων διαχείρισης μια διαδικασίας. Ως σύστημα διαχείρισης ή σύστημα λειτουργίας μιας επιχείρησης ορίζεται το σύνολο τυποποιημένων προδιαγραφών λειτουργίας της επιχείρησης. Στις προδιαγραφές αυτές εντάσσονται η οργανωτική δομή της εκάστοτε επιχείρησης και οι δραστηριότητες της , καθώς και το αναγκαίο ανθρώπινο δυναμικό με τον αναγκαίο για την απαιτούμενη παραγωγή εξοπλισμό της. Ανάλογα με τους στόχους εφαρμογής ενός συστήματος διαδικασιών, αυτά διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες όπως Συστήματα Ποιότητας, Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης, Εσωτερικοί Κανονισμοί Λειτουργίας, Συστήματα Εσωτερικού Ελέγχου κ.ά. Ο πλέον εφαρμοσμένος και διεθνώς αναγνωρισμένος «οδηγός» για την ανάπτυξη ενός Συστήματος Ποιότητας είναι το διεθνές πρότυπο ISO 9000 (Γαλετάκης, 2017).

Κεφάλαιο 2. Ολική Παραγωγική Συντήρηση (TPM)

2.1 Ορισμός της TPM

Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (TPM) σχετίζεται άμεσα με τη Διοίκησης Ολικής Ποιότητας (TQM) και ορίζεται ως μια προσπάθεια που καλύπτει ολόκληρη την επιχείρηση, βασίζεται στο ομαδικό πνεύμα και τη συνεργασία και στοχεύει στην αύξηση της παραγωγικής λειτουργίας με ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων της επιχείρησης.

Μερικοί από τους ορισμούς που συναντάμε στην βιβλιογραφία για την (TPM) είναι οι ακόλουθοι :

- Το «Total Productive Maintenance (TPM)» είναι μία μέθοδος η οποία αποσκοπεί στην μέγιστη δυνατή αξιοποίηση του εξοπλισμού όχι μόνο μέσω των εργασιών συντήρησης, αλλά και των διαδικασιών για συνεχή βελτίωση (Bicheno, 2006).
- Είναι η εντατική προσπάθεια κάποιων επιχειρήσεων να επιδιώκουν να καταφέρουν περισσότερα εξαιλείφοντας τις περιττές δαπάνες (Lawrence, 1999).
- Είναι μία μεθοδολογία για βελτίωση που σχεδιάστηκε για να διατηρεί την αξιοπιστία του εξοπλισμού και να εξασφαλίζοντας την αποτελεσματικότερη διοίκηση των κεφαλαίων του εργοστασίου (Robinson & Ginder, 1995).
- Είναι μια μέθοδος και μια προσέγγιση της διοίκησης του εξοπλισμού που έχει σκοπό στο να διασφαλίσει την ποιότητα του προϊόντος αυξάνοντας την αποτελεσματική λειτουργία του εξοπλισμού. Θεσπίζει την ιδέα της συνεχούς βελτίωσης και της συνολικής συμμετοχής ολόκληρου του ανθρώπινου δυναμικού της επιχείρησης (Society_of_Manufacturing_Engineers, 1995).
- Είναι μια συνολική προσέγγιση του κύκλου ζωής της συντήρησης και υποστήριξης του εργοστασίου (Blanchard ,1997).
- Είναι όλες οι στρατηγικές που είναι απαραίτητες για να πατήσει η συντήρηση πάνω σε γερά θεμέλια (Steinbacher, 1993).
- Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση έχει σαν στόχο να συνθέσει τις λειτουργικές διαδικασίες της Παραγωγής και της Συντήρησης με χρήση καταλλήλων πρακτικών δουλειάς, ομαδικής εργασίας και συνεχούς βελτίωσης (Cooke, 2000).

2.2 Φιλοσοφία και ιστορική εξέλιξη της (TPM)

Η φιλοσοφία της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (Total Productive Maintenance - TPM) ξεκίνησε στην Ιαπωνία στα μέσα της δεκαετίας του '80 και σταδιακά επεκτάθηκε και σε άλλες χώρες. Η Ιαπωνική ιδέα όμως της (TPM) χρονολογείται ήδη από το 1951 όταν έφτασε στην Ιαπωνία η προληπτική συντήρηση από τις ΗΠΑ. Σύμφωνα με τον (Nord,1997) μεταξύ των δεκαετιών του 1940 και 1950 η βιομηχανία των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής , επονομαζόμενη και ως Δυτική Βιομηχανία βρισκόταν σε άνθηση στον παραγωγικό τομέα καθώς επίσης πραγματοποιούσε και σπουδαίο ερευνητικό έργο με την ανάπτυξη θεωριών συνεχούς βελτίωσης και αριστείας , σε αντίθεση με την Ευρωπαϊκή και την Ιαπωνική βιομηχανία που αντιμετώπιζαν σοβαρά προβλήματα στους αντίστοιχους τομείς. Στο πλούσιο αυτό έργο που είχαν αναπτύξει οι Η.Π.Α. ανήκει και η ανάπτυξη των θεωριών συντήρησης για την παραγωγικότητα που αποτελεί τον πρόγονο της Ολικής συντήρησης για την παραγωγικότητα. Έτσι οι Η.Π.Α. είχαν εφαρμόσει τεχνικές προγραμματισμένης Προληπτικής συντήρησης με στόχο την βελτίωση καθώς και την αξιοπιστία της μακροβιότητας του παραγωγικού τους εξοπλισμού (Pomorski, 2004).

Παρατηρώντας την άνθηση και ανάπτυξη της Δυτικής βιομηχανίας στους τομείς της συντήρησης και συνεχούς βελτίωσης, οι ηγέτες της Ιαπωνικής βιομηχανίας συνέστησαν μια ομάδα μηχανικών και ερευνητών από είκοσι διαφορετικές βιομηχανίες και την έστειλαν το 1953 και 1962 στις Η.Π.Α. όπου είχαν σαν σκοπό την παρατήρηση της Αμερικάνικης Συντήρησης για την παραγωγικότητα .Με αυτό τον τρόπο γεννήθηκε το Ιαπωνικό Ινστιτούτο Μηχανικών εργοστασίων όπου είναι πρόγονος του Ιαπωνικού Ινστιτούτου Συντήρησης Εργοστασίων που δημιουργήθηκε το 1969. (Ireland & Dale ,2001).

Για πρώτη φορά το TPM στην Ιαπωνία εφαρμόστηκε στην αυτοκινητοβιομηχανία της TOYOTA και στους προμηθευτές των εξαρτημάτων της. Ενώ για πρώτη φορά η Ιαπωνική βιομηχανία κατασκευής εξαρτημάτων και προμηθευτής της TOYOTA ,Nippodensu Ltd χρησιμοποίησε τον όρο της Ολικής παραγωγικής Συντήρησης για την παραγωγικότητα το 1961 σε ένα σχέδιο βελτίωσης εκείνη την εποχή με τίτλο «Συντήρηση για την Παραγωγικότητα με Ολική συμμετοχή των εργαζομένων» όπου στη συνέχεια έλαβε το βραβείο Συντήρησης για την Παραγωγικότητα του Ιαπωνικού Ινστιτούτου Συντήρησης Εργοστασίων το 1971.Αργότερα και άλλες Ιαπωνικές

Βιομηχανίες ακολούθησαν το παράδειγμα της TOYOTA και των προμηθευτών της όπως η NISSAN και η MAZDA.

Σύμφωνα με τους (Tajiri & Gotoh, 1992) στην αρχή υπήρχε περιορισμένη επιτυχία όσο αφορά την προσπάθεια εφαρμογής του μοντέλου της TPM και μόνο ένας μικρός αριθμός συμμετείχε στην όλη προσπάθεια ,όμως με την ανάπτυξη νέων διεργασιών δομημένης και κλιμακωτής εισαγωγής του TPM από τον Seiichi Nakajima έφεραν τα επιθυμητά αποτελέσματα (Nakajima,1988). Ο Seiichi Nakajima έγινε γνωστός ως ο Πατέρας της TPM λόγω της δουλειάς του με το Ιαπωνικό Ινστιτούτο Μηχανικών Παραγωγής (Japanese Institute of Plant Engineers - JIPE) και το Ιαπωνικό Ινστιτούτο Παραγωγικής Συντήρησης (JIPM).Ο Nakajima υπήρξε ένας πρωτεργάτης και υποστηρικτής αυτής της προσπάθειας όπου με την μεθοδολογία και τις διαδικασίες εφαρμογής που συνέστησε για το TPM εξασφάλισε την ανάπτυξη των Ιαπωνικών βιομηχανιών και τις βοήθησε να ξεπεράσουν την άσχημη οικονομική κατάσταση που αντιμετώπιζαν στις αρχές της δεκαετίας του 70'(Ireland & Dale, 2001).Αργότερα και γύρω στις δεκαετίες του 1980 και 1990 η TPM διαδόθηκε και στις Η.Π.Α. και τον Δυτικό κόσμο όπου εταιρείες όπως η Kodak ,Ford, Hewlett-Packard κλπ. έφτασαν σε πολύ υψηλά επίπεδα ποιότητας με προγράμματα όπως η Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (Total Quality Management - TQM) (Ireland & Dale, 2001).

2.3 Στόχοι εφαρμογής του TPM

Η κύριοι στόχοι του TPM είναι :

- Να ανεβάσει την αξία σε μια επιχείρηση με παράλληλη απαλοιφή των αστοχιών από ανεπιθύμητες βλάβες του εξοπλισμού.
- Να μείωση τον χρόνο των ρυθμίσεων της παραγωγικής διεργασίας ,διατηρώντας τις μέγιστες δυνατές ταχύτητες λειτουργίας του εξοπλισμού και να εξαλείψει τις μικρές παύσεις.
- Να αύξηση την ποιότητα των τελικών προϊόντων εξαλείφοντας τα ελαττωματικά.

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 όπου 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 βελτίωσης τους. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει ένα άμεσο όφελος για τον οργανισμό (Willmott, 1997).

2.3.1 Έξι βασικές απώλειες του TPM

Η Ολική Παραγωγική συντήρηση θέτει σαν ένα από τους βασικούς της στόχους την μείωση ή την ολική εξάλειψη των έξι μεγάλων απωλειών οι οποίες εμφανίζονται πολύ συχνά στις βιομηχανίες και αποτελούν τις κύριες αιτίες απωλειών αποτελεσματικότητας. Σε μια προσπάθεια ο Nakajima (1988) τις κατηγοριοποίησε ως εξής :

❖ Απώλειες χρόνου

1.Υπάρχει η απώλεια χρόνου κατά την διάρκεια μια βλάβης όπου απαιτείται ο κατάλληλος χρόνος για την αποκατάσταση της , επομένως δημιουργείται κενό χρόνου στην παραγωγική διαδικασία.

2.Απώλειες χρόνου που προέρχονται από την αλλαγή κωδικών παραγωγής και αλλαγές ρυθμίσεων στον εξοπλισμό ή αλλαγές λειτουργικών συνθηκών όπως οι εναλλαγές βαρδιών λειτουργίας.

❖ Απώλειες λόγω μειωμένης ταχύτητας

3. Παρατηρούνται απώλειες λόγω έλλειψης προσωπικού στον χώρο παραγωγής ή της κακής ποιότητας της πρώτης ύλης ή λόγω φόβου εμφάνισης κάποιας βλάβης ή και από συχνές στάσεις λειτουργίας.

4. Επίσης παρατηρούνται απώλειες λόγω της διαφοράς λειτουργίας του εξοπλισμού από την ονομαστική του λειτουργία, που μπορεί να οφείλεται στην ελλιπή συντήρηση ή στην παρουσία συχνών βλαβών.

❖ Απώλειες λόγω αστοχιών ποιότητας

5. Εμφάνιση ποιοτικών αστοχιών που προκαλούν ελαττωματικά και μη εμπορεύσιμα προϊόντα.

6. Απώλειες από μη αποδοτική λειτουργία του εξοπλισμού με αποτέλεσμα την κατασπατάληση των πρώτων υλών.

2.4 Βασικές Πρακτικές -Πυλώνες του TPM

Σύμφωνα με τους (Sangameshwran and Jagannathan, 2002) το TPM αποτελείται από οκτώ πυλώνες που ορίζουν και τις βασικές του αρχές .Το όλο οικοδόμημα (Σχ.2.2) αποκαλείται και ναός του TPM. Η προσέγγιση που προτείνεται από Το Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) για κάθε ένα από τους οκτώ πυλώνες του TPM είναι :

1. Πυλώνας Αυτόνομη συντήρηση (Autonomous Maintenance)

Η αυτόνομη συντήρηση περιλαμβάνει την κατάρτιση των χειριστών της παραγωγής, ώστε να αναλάβουν τις βασικές λειτουργίες συντήρησης, ελευθερώνοντας το προσωπικό συντήρησης να επικεντρωθεί σε πιο κρίσιμες δραστηριότητες συντήρησης.

Κύριες δραστηριότητες:

- Ο χειριστής αναλαμβάνει την φροντίδα του εξοπλισμού που χειρίζεται με αναπτυγμένο το αίσθημα της ιδιοκτησίας για τον εξοπλισμό
- Διεργασίες ελαφριάς συντήρησης ,καθαρισμών ,επιθεωρήσεων και διάγνωση πιθανών προβλημάτων.

2. Πυλώνας εστιασμένης βελτίωσης (Focused improvement – Kobetsu Kaizen)

Ο στόχος της βελτίωσης του εξοπλισμού και των διαδικασιών είναι ο περιορισμός και η εξάλειψη των απωλειών παραγωγής. Οι απώλειες στη βιομηχανική παραγωγή αναφέρονται σε τρεις κατηγορίες: α) Απώλειες εξοπλισμού, β) Απώλειες ανθρώπινου δυναμικού, γ) Απώλειες υλικών.

Κύριες δραστηριότητες:

- Περιλαμβάνει τις σχεδιασμένες δραστηριότητες για τον περιορισμό των απωλειών που έχουν εντοπισθεί, μετρηθεί και προσεκτικά αξιολογηθεί. Συστηματικός προσδιορισμός και εξάλειψη των 16 απωλειών

- Δραστηριότητες για την συνεχή Βελτίωση του OEE (Ολικής Αποτελεσματικότητας Εξοπλισμού).

3. Πυλώνας Προγραμματισμένης συντήρησης εξοπλισμού (Planned Maintenance ή PM)

Διαμόρφωση πλάνου συντήρησης για τη μείωση της απώλειας διαθέσιμου χρόνου παραγωγής. Ο προγραμματισμός των δραστηριοτήτων συντήρησης βασίζεται στην ανάλυση των ιστορικών στοιχείων των βλαβών και του αντίστοιχου χρόνου διακοπής λειτουργίας.

Κύριες δραστηριότητες:

- Εγκατάσταση στην μονάδα προγράμματος παρακολούθησης της συντήρησης
- Καταχώρηση εγγράφων ελέγχου προγραμματισμένης συντήρησης

4. Πυλώνας Ποιοτικής συντήρησης (Quality Maintenance)

Η Διαχείριση Ποιότητας ορίζεται ως μια διεργασία που ελέγχει την κατάσταση των εξαρτημάτων του εξοπλισμού που επηρεάζουν τη μεταβλητότητα της ποιότητας του προϊόντος. Αυτό περιλαμβάνει στοιχεία όπως τη διόρθωση σφαλμάτων, την εισαγωγή συστημάτων για την πρόληψη των λαθών και την ανάλυση διαδικασιών για να βρούμε την πραγματική αιτία του προβλήματος και να τη διορθώσουμε μόνιμα.

Κύριες δραστηριότητες:

- Εξάλειψη αστοχιών ,μηδενικές αστοχίες και απώλειες
- Εντοπισμός αδύνατων σημείων του εξοπλισμού ,συγκέντρωση και αξιοποίηση των πληροφοριών συντήρησης του εξοπλισμού για την λειτουργία με την μέγιστη απόδοση του.

5. Πυλώνας Εκπαίδευσης και επιμόρφωσης (Education and Training)

Ανάπτυξη σε όλους τους εργαζόμενους των δεξιοτήτων που απαιτούνται για την εκτέλεση της βασικής συντήρησης των μηχανημάτων.

Κύριες δραστηριότητες:

- Εκπαίδευση προσωπικού αποκτώντας νέες γνώσεις και δυνατότητες έτσι ώστε να ακολουθήσει τους στόχους που θέτει η διοίκηση

- Καταγραφή γνώσεων και δεξιοτήτων του προσωπικού με ταυτόχρονο εντοπισμό αδυναμιών σε κάθε επίπεδο και ειδικότητα εργαζομένου

6. Πυλώνας Γραφείο TPM (Office TPM)

Τα τμήματα διοίκησης και υποστήριξης της επιχείρησης μπορούν να θεωρηθούν ως μονάδες επεξεργασίας, των οποίων τα κύρια καθήκοντα είναι η συλλογή, επεξεργασία και διανομή πληροφοριών. Πρέπει να εφαρμοστεί ανάλυση της διαδικασίας για τον εξορθολογισμό της ροής πληροφοριών και τη μείωση των περιττών δραστηριοτήτων.

Ενδεικτικές δραστηριότητες:

- Ανάπτυξη αισθήματος συνεργασίας μεταξύ των τμημάτων και βελτίωση λειτουργιών του οργανισμού.
- Κατάργηση περιττών διαδικασιών και εξάλειψη διαδικαστικών εμποδίων, ορθολογική διαχείριση διαθέσιμων πόρων.

7. Πυλώνας Διοίκησης ανάπτυξης (Development Management)

Η διοίκηση ανάπτυξης βοηθά στην δημιουργία εξοπλισμού που απαιτεί λιγότερη συντήρηση. Η έγκαιρη διοίκηση εξοπλισμού καθιστά ικανό το νέο εξοπλισμό να λειτουργεί κανονικά σε λιγότερο χρόνο.

Κύριες δραστηριότητες:

- Αξιοποίηση της γνώσης άλλων συστημάτων
- Συντήρηση των πρωτοβουλιών βελτίωσης

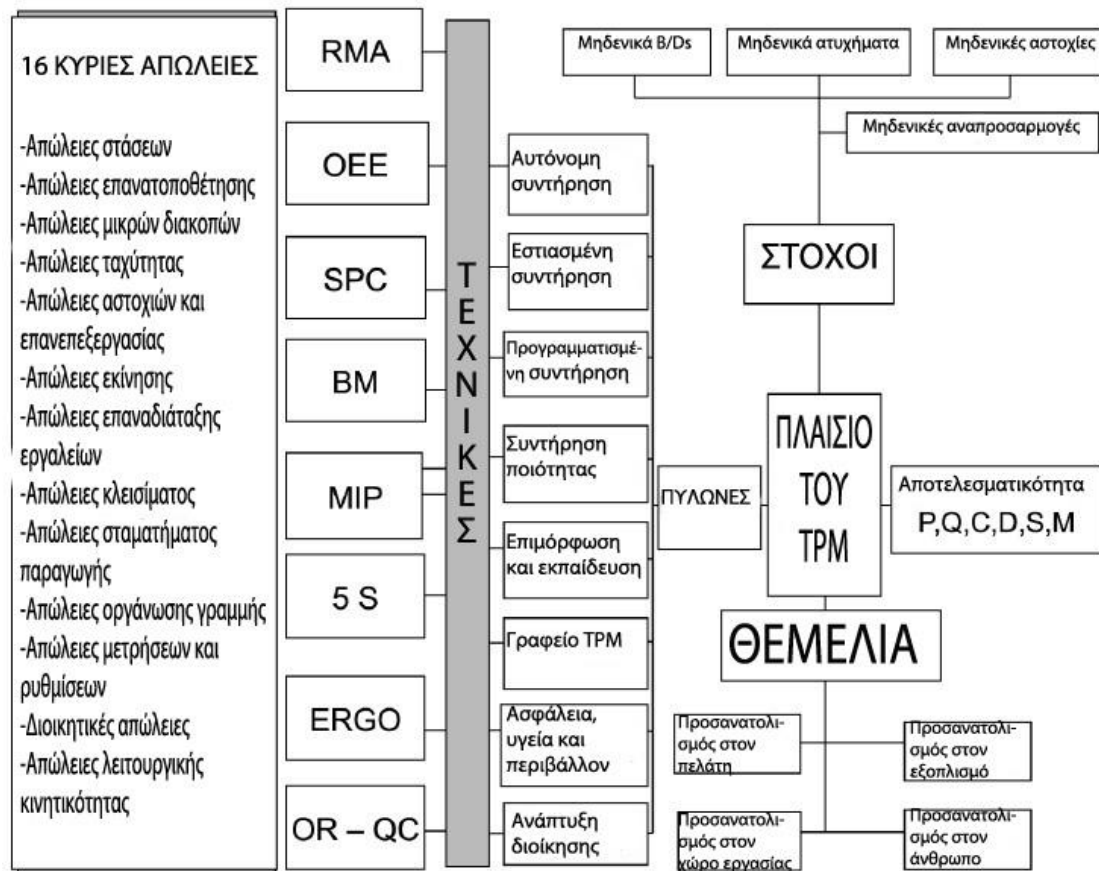
8. Πυλώνας Ασφάλεια, υγεία και περιβάλλον (Safety, Health and Environment)

Στόχος είναι η βελτίωση του χώρου εργασίας, η εξάλειψη των κινδύνων στους χώρους εργασίας και η διατήρηση ενός ασφαλούς και υγιεινού περιβάλλοντος. Η εφαρμογή ενός προγράμματος 6S συντελεί σημαντικά στην εξάλειψη ελαττωματικών μηχανημάτων, εξοπλισμού και κινδύνων για την ασφάλεια.

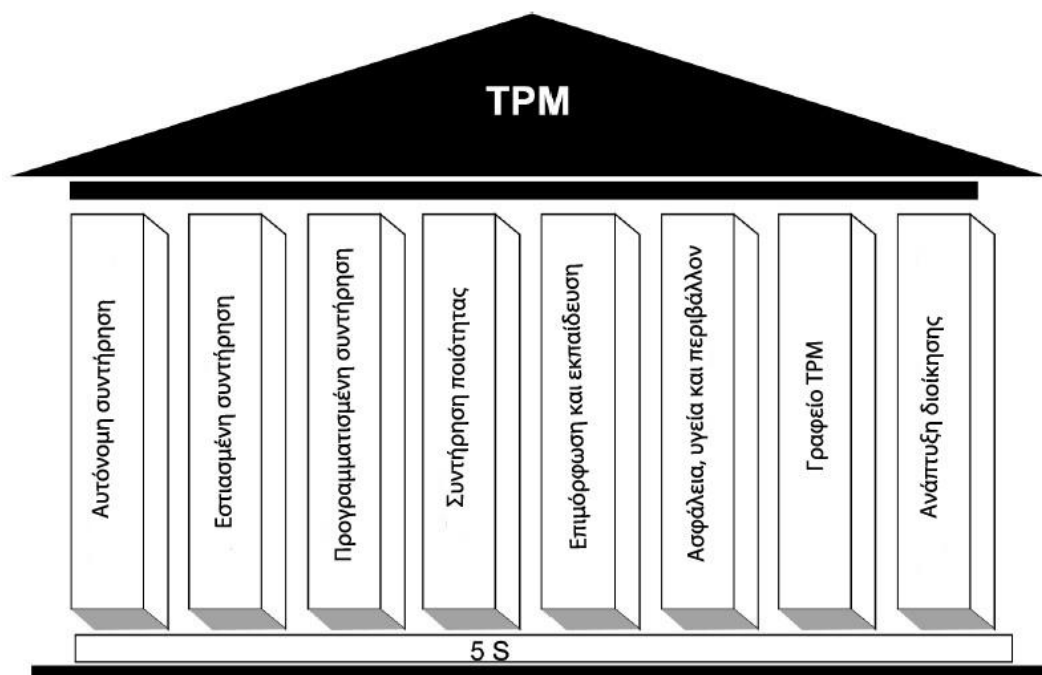
Κύριες δραστηριότητες:

- Ενέργειες που διασφαλίζουν την προστασία του εργαζόμενου και του φυσικού περιβάλλοντος
- Διαδικασίες για την εξάλειψη εργατικών ατυχημάτων και τραυματισμών.

Σύμφωνα με τους (Ahuja I.P.S. & Khamba J.S. 2008) οι δεκαέξι βασικές απώλειες συνδέονται μέσω ενός πλαισίου προτεινόμενων τεχνικών που συνδέονται με τους οκτώ πυλώνες της TPM (Σχ.2.1).



Σχήμα 2.1: Πλαίσιο εφαρμογής του μοντέλου του TPM. (Πηγή: Ahuja I.P.S and Khamba J.S, 2008)



2.5 Πλεονεκτήματα εφαρμογής μοντέλου (TPM)

Στην σημερινή βιβλιογραφία παρουσιάζονται σημαντικές βελτιώσεις λειτουργίας που προκύπτουν από την επιτυχή εφαρμογή του μοντέλου της TPM. «Οι εταιρείες που εφαρμόζουν την TPM σταθερά παρουσιάζουν εκπληκτικά αποτελέσματα, συγκεκριμένα στην μείωση των διακοπών λειτουργίας του εξοπλισμού, στην ελαχιστοποίηση των δευτερευόντων σταματημάτων (αναπόφευκτα στις αυτοματοποιημένες εγκαταστάσεις), στην ελάττωση των ποιοτικών ατελειών και απαιτήσεων, στην αυξανόμενη παραγωγικότητα, στην ταξινόμηση της εργασίας και των δαπανών, στη μείωση των ατυχημάτων και στην προώθηση της συμμετοχής των υπαλλήλων (όπως φαίνεται από την υποβολή των προτάσεων βελτίωσης)» (Suzuki, 1994).

Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα όσο αφορά , βελτιώσεις σε τομείς όπως της Παραγωγικότητας και της, Ποιότητας , του Κόστους, της Διανομής προϊόντων, της Ασφάλειας αλλά και του Ηθικού για τις πρώτες βιομηχανίες που εφάρμοσαν την TPM στην Ιαπωνία.

1. Παραγωγικότητα (Productivity)

- Παρατηρήθηκε ότι η Παραγωγικότητα αυξήθηκε 1.5 με 2 φορές.
- Παράλληλα υπήρξε σημαντική μείωση των αριθμών των stop της λειτουργίας του εξοπλισμού από το 1/10 έως το 1/250 των γραμμών παραγωγής.
- Αυξήθηκε η απόδοση όλων των βιομηχανιών περίπου 1.5 με 2 φορές .

2. Ποιότητα (Quality).

- Μειώθηκε σχεδόν κατά 90% το ποσοστό των ατελειών στις λειτουργικές διαδικασίες.
- Υπήρξε σημαντική μείωση των επιστροφών των αξιώσεων κατά 75% από τους πελάτες.

3. Κόστος (Cost):

- Παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στα κόστη της παραγωγικής διαδικασίας σε ποσοστό 30%.

4. Διανομή (Delivery):

- Τα τελικά παραγόμενα υλικά και οι εργασίες σε μορφή εξελίξεων Work in Progress μειώθηκαν σε ποσοστό 50%.

5. Ασφάλεια (Safety).

- Παρατηρήθηκε σημαντική μείωση ατυχημάτων που προκαλούσαν διακοπές στην λειτουργική διαδικασία.
- Σημαντική επιπλέον μείωση σε ατυχήματα που προκαλούσαν μολύνσεις.

6. Ηθικό (Morale).

- Αυξήθηκε σημαντικά το ηθικό των υπαλλήλων στις επιχειρήσεις που εφάρμοσαν την TPM ενώ υπήρχε συνεχής βελτίωση του ανθρώπινου δυναμικού.

Όπως αναφέρουν και οι (Patterson and Fredendall 1995) οι βελτιώσεις που παρατηρήθηκαν από οργανισμούς στην Ιαπωνία που βραβευτήκαν για την επιτυχής εφαρμογή της Παραγωγικής συντήρησης είναι :

- Εντυπωσιακή μείωση των αστοχιών του εξοπλισμού σε 20 το μήνα από 1000 που ήταν αρχικά.
- Σημαντική μείωση των ατελειών στην ποιότητα σε 0.1% από το αρχικό 1%.
- Μείωση των αξιώσεων εγγύησης κατά 25%.
- Επιπλέον μείωση στα κόστη για συντήρηση των βιομηχανιών κατά 30%.
- Σημαντική βελτίωση στην παραγωγικότητα κατά 50% με ταυτόχρονη μείωση της εργασίας υπό εξέλιξη (Work in Progress) κατά 50%.

Σύμφωνα με τον (Hartmann, 1992) βρίσκει τα μετρήσιμα αποτελέσματα για τα εργοστάσια που εφάρμοσαν το μοντέλο της TPM εκτός της Ιαπωνίας ήταν τα ακόλουθα:

- Μείωση κατά 29% των κλήσεων για υπηρεσίες συντήρησης
- Αύξηση της εργοστασιακής παραγωγής κατά 50%.
- Αύξηση της παραγωγικής ταχύτητας κατά 10%
- Σημαντική μείωση των ατελειών στην παραγωγή κατά 90%
- Επιπλέον υπήρξε σημαντική μείωση στα έξοδα συντήρησης κατά 30%
- Βελτίωση επενδυτικών κερδών 260 % έως 500%.

2.6 Εργαλεία εφαρμογής του μοντέλου TPM

Εκτός το διάγραμμα Pareto και τον κύκλο του Deming που είδαμε στην παράγραφο 1.4.4 υπάρχουν επιπλέον εργαλεία για την εφαρμογή ενός μοντέλου Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης σε μια επιχείρηση ή βιομηχανική μονάδα, όπως περιγράφονται παρακάτω.

2.6.1 Προσέγγιση 5s

Σύμφωνα με το μοντέλο της TPM εμφανίζονται αρκετά προβλήματα και κίνδυνοι σε ένα χώρο εργασίας όπου δεν υπάρχει η σωστή οργάνωση. Αντίθετα με τον καθαρισμό και την οργάνωση του χώρου εργασίας όλα αυτά τα προβλήματα είναι ορατά και γίνεται το πρώτο βήμα για την βελτίωση εργασιακού χώρου. Η τεχνική των 5s βασίζεται στην ιαπωνική προσέγγιση για τον αποτελεσματικό καθαρισμό και την οργάνωση του εργασιακού χώρου καθώς και την καθιέρωση και διατήρηση του (Εικ.2.4 και 2.5). Τα 5S είναι «μία συστηματική μέθοδος για να οργανωθεί, να καθαριστεί και να τυποποιηθεί ένας χώρος εργασίας αλλά και να διατηρηθεί σε αυτή την κατάσταση» (Productivity, 1999). Στον πίνακα 2.3 παρουσιάζεται η επεξήγηση των όρων seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke.

Ιαπωνική ονοματολογία	Αγγλικά 5S	Αγγλικά 5C	Χαρακτηριστικά
<i>Seiri</i>	Sort	Clear	Εντοπισμός άχρηστων πραγμάτων από τον χώρο εργασίας και απόρριψη τους
<i>Seiton</i>	Set in order	Configure	Τοποθέτηση των απαραίτητων πραγμάτων σε σωστή σειρά ώστε να είναι εύκολα διαθέσιμα για χρήση
<i>Seiso</i>	Shine	Clean and check	Ολοκληρωτικός καθαρισμός όλων των χώρων από σκόνη και ακαθαρσίες ώστε να επικρατεί τάξη
<i>Seiketsu</i>	Standardize	Conformity	Διατήρηση υψηλών προδιαγραφών οργάνωση εργασιακού χώρου
<i>Shitsuke</i>	Sustain	Custom and practice	Εκπαίδευση και ενθάρυνση των ανθρώπων για την πειθαρχηση στην αρχές της οργάνωσης και της τάξης

Πίνακας 2.3 :Οι πέντε κύριες δραστηριότητες αποτελεσματικής εφαρμογής των 5S στον χώρο εργασίας (Πηγή : Ahuja I.P.S and Khamba J.S. (2008).

Ξεχώρισε (Seiri)

Αποτελεί τις διαδικασίες κατηγοριοποίησης και οργάνωσης των πραγμάτων σε κρίσιμα ,σημαντικά , τακτικά χρησιμοποιούμενα ή μη αναγκαία και άχρηστα αντικείμενα. Τα Κρίσιμα και συχνά χρησιμοποιούμενα τοποθετούνται σε θέσεις με δυνατότητα άμεσης

πρόσβασης ,ενώ τα αυτά που δεν έχουν τακτική χρήση αποθηκεύονται. Σε αυτό το βήμα το αντικείμενο κρίνεται βάση της χρησιμότητας του και όχι του κόστους του. Με την εφαρμογή αυτού του βήματος ελαττώνεται σημαντικά ο χρόνος αναζήτησης των αντικειμένων.

Συστηματοποίηση (Seiton)

Η λογική αυτού του βήματος είναι ότι «κάθε αντικείμενο έχει μια θέση και μόνο μια θέση». Έτσι όποιο αντικείμενο χρησιμοποιείται πρέπει να τοποθετηθεί στην ίδια ακριβώς αρχική του θέση μετά την χρήση του. Για τον προσδιορισμό των αντικειμένων χρησιμοποιούνται ετικέτες με χρώματα και κωδικούς σε κάθετα ράφια όπου τα πιο ελαφριά αντικείμενα τοποθετούνται ψηλότερα από τα βαρύτερα.

Γυάλισε (Seiso)

Στο βήμα αυτό περιλαμβάνονται όλοι οι καθαρισμοί στους χώρους εργασίας από υλικά που μπορεί να έχουν πέσει στο πάτωμα και μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα όπως λιπαντικά , καύσιμα, απορρίμματα κλπ. Επιπλέον ο χώρος ελέγχεται για τυχόν διαρροές και καθώς και για απογυμνωμένα καλώδια.

Τυποποίηση (Seiketsu)

Στο βήμα αυτό λαμβάνονται οι αποφάσεις έπειτα από συζητήσεις που αφορούν τα πρότυπα που πρέπει να οριστούν για την διασφάλιση των καθαρών χώρων εργασίας και των μηχανημάτων. Ο όρος πρότυπα αναφέρεται στο αρχείο των φωτογραφιών που απεικονίζεται ο εξοπλισμός και οι χώροι εργασίας σε άριστη κατάσταση μετά την εφαρμογή των τριών πρώτων βημάτων που αναφέρθηκαν.

Αυτοπειθαρχία (Shitsuke)

Είναι το τελευταίο βήμα της πρακτικής των 5s και έχει ως βάση την αρχή ότι όλοι υπάλληλοι της επιχείρησης οφείλουν να αυτοπειθαρχήσουν και να ακολουθήσουν αντίστοιχα τις διαδικασίες που τέθηκαν στα προηγούμενα βήματα, έτσι ώστε να δουλεύουν με ακρίβεια και αφοσίωση στην επιχείρηση.

5S in Your Office



← **Before 5S...**

After 5S... →



Wolters Kluwer Green Belt Training Materials v5.0 30- 5S Page - 1

Εικόνα 2.4: Εφαρμογή 5S στο γραφείο (πηγή : <https://www.pinterest.ph/pin>)



Before 5S



After 5S

Εικόνα 2.5: Εφαρμογή 5S στο συνεργείο (Πηγή <https://www.pinterest.com/pin>)

2.6.2 Μάθημα ενός Σημείου (One Point Lesson -OPL)

Για την ανάπτυξη των 8 πυλώνων του «ναού» της TPM κρίνεται απαραίτητη η παράλληλη εφαρμογή των Μαθημάτων ενός σημείου (OPL) με τα βήματα των 5s και τα την ταυτόχρονη χρήση των μέτρων προστασίας.

Ορισμός του OPL :

- Αποτελεί ένα ολιγόλεπτο μάθημα διάρκειας 5 έως 10 λεπτών και αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο.
- Η γραφή του πρέπει να είναι απλή και κατανοητή
- Το συγκεκριμένο αντικείμενο αναφοράς μπορεί να ποικίλει από θέματα λειτουργίας του εξοπλισμού ,μεθόδους καθαρισμών και λιπάνσεων ή και τους τρόπους που εφαρμόζονται οι επιθεωρήσεις.
- Η προετοιμασία πραγματοποιείται συνήθως από τους αρχηγούς των ομάδων , από τους ορισμένους από την διοίκηση για την εποπτεία της εγκατάστασης ή και από τους ίδιους τους χειριστές.

Με τα μαθήματα ενός σημείου μεταλαμπαδεύεται η γνώση για την ορθότερη κατανόηση της λειτουργίας των μηχανήματων και βελτιώνεται η κρίση που αφορά την πρόληψη των ατελειών στις συντηρήσεις του εξοπλισμού (Καρκασίνας, 2016).

Τύποι Μαθημάτων Ενός Σημείου:

- ✓ Φύλλο βασικών πληροφοριών (Σχ.2.6): Απαραίτητη, βασική γνώση. Καταγράφονται τα βασικά στοιχεία των μεθόδων.
- Καταγράφονται διάφορες δραστηριότητες συντήρησης όπως η αλλαγή λαδιών και φίλτρων
- Καταγράφονται οποίες επιδιορθώσεις και παρεμβάσεις γίνονται στον εξοπλισμό
- Καταγράφεται ο τρόπος λειτουργίας των μηχανών
- Σημειώνονται οι καθαρισμοί και οι έλεγχοι που εκτελούνται στα μηχανήματα.
- Περιοδική λίπανση των μηχανών
- ✓ Φύλλο μελέτης προβλημάτων : Αποτρέπει την επανάληψη ενός συχνά εμφανιζόμενου προβλήματος στον εξοπλισμό.

- ✓ Μαθήματα συνεχούς Βελτίωσης (Kaizen) : Περιγράφεται η προσέγγιση και τα κύρια μέτρα που οδηγούν σε μία επιτυχημένες περίπτωση βελτίωσης.

[illegible]

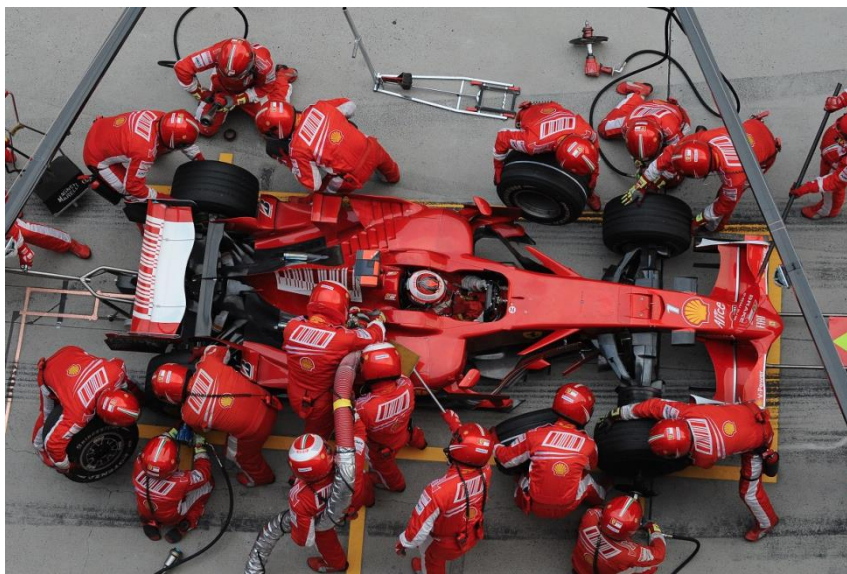
Σχήμα 2.6: Φύλλο εφαρμογής Μαθήματος ενός Σημείου

2.6.3 Ελαχιστοποίηση απωλειών αλλαγής – SMED

Με τον όρο SMED περιγράφεται η μεθοδολογία της ταχείας αντικατάστασης μητρών εντός ενός λεπτού «Single Minute Exchange of Die» που αποδίδεται και ως «Κάθε Λεπτό Απομακρύνει τον Κίνδυνο» και έχει ως αποτέλεσμα να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες παραγωγής που προκύπτουν από τις συχνές αλλαγές των κωδικών παραγωγής (Εικ.2.7). Με τις γρήγορες εναλλαγές από ένα κωδικό σε κάποιο άλλον βελτιώνεται η συνολική ροή των διεργασιών παραγωγής ενώ ταυτόχρονα περιορίζονται και οι απώλειες. Αξιοσημείωτο είναι ότι ο όρος «Single Minute» δεν αναφέρεται αυστηρά στην διάρκεια αλλαγής «ένα λεπτό» αλλά ότι η ίδια η διάρκεια δεν πρέπει να ξεπερνά το δέκα λεπτά «Single _digit Minute». Με μια επιτυχημένη εφαρμογή της SMED μια βιομηχανία αποκτά ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για στην προετοιμασία και συσκευασία των προϊόντων που παράγει σε μια μηχανή ή γραμμή παραγωγής. Παράλληλα η SMED προσφέρει υψηλούς δείκτες χρήσης του εξοπλισμού (Utilization), εφόσον μειώνονται οι χρόνοι αλλαγών των κωδικών και έτσι οι γραμμές έχουν σχεδόν αδιάκοπη χρήση. Επιπλέον πλεονεκτήματα που επιφέρει η μέθοδος της SMED είναι τα κέρδη από το μικρότερο ποσοστό αποθεμάτων, η ταχύτερη εξυπηρέτηση των πελατών και η γρηγορότερη απόσβεση των κεφαλαίων μέσω της

αποδοτικότερης χρήσης του εξοπλισμού. Σύμφωνα με τον (Shingo, 1983) για την εφαρμογή της μεθόδου της SMED απαιτούνται τα εξής :

1. Πρέπει να περιοριστούν οι άσκοπες ενέργειες .Δυνατότητα εφαρμογής των εξαρτημάτων σε πολλούς διαφορετικούς κωδικούς μέσω τροποποιήσεων.
2. Εξωτερικές Δραστηριότητες. Τα απαιτούμενα εργαλεία και εξαρτήματα πρέπει να συγκεντρώνονται πριν τις αλλαγές για να μην σπαταλάτε χρόνος από τυχών ελλείψεις κωδικών στην διάρκεια αλλαγής.
3. Πρέπει να είναι απλοποιημένες οι εσωτερικές δραστηριότητες όπως π.χ ομαδοποιήσεις του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού , χρωματικοί κώδικες , τοποθετήσεις σημαδιών για ευκολότερες και ταχύτερες ρυθμίσεις.
4. Διαδικασίες καταγραφής χρόνων κατά την διάρκεια αλλαγής κωδικού και σταδίων αλλαγής για να μπορούν να γίνονται οι κατάλληλες αξιολογήσεις .



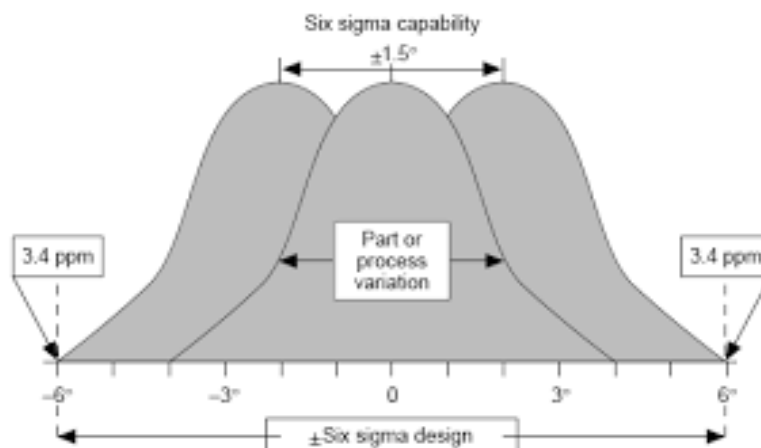
Εικόνα 2.7: Παράδειγμα εφαρμογής SMED στην F1. Ταχεία αντικατάσταση από ένα κωδικό σε ένα άλλο.

2.6.4 Βελτίωση μέσω 6σ (Six sigma)

Σύμφωνα με τον Anon (2010) η μεθοδολογία 6σ η οποία αναπτύχθηκε από την Motorola το 1985 ορίζεται σαν το σύνολο στατιστικών εργαλείων και τεχνικών που έχει σαν στόχο να βελτιωθεί η ποιότητα των διαδικασιών παραγωγής .Ενώ όπως αναφέρει ο Tennant (2001) η μέθοδος βελτίωσης Six sigma έγινε γνωστή από τον Jack Welch έπειτα από την εφαρμογή της ως κύρια στρατηγική κατά την περίοδο διοίκησης

του στην General Electric το 1995. Για να επιτευχθεί ο σκοπός της TPM πρέπει να εφαρμοστούν διάφορες τεχνικές για τον εντοπισμό και απαλοιφή των αιτιών από τις οποίες προκαλούνται οι απώλειες και τα ελαττώματα στην διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας και επιπλέον πρέπει να καθοριστεί μια σταθερή διαδικασία για την παραγωγή που να εξασφαλίζει τον περιορισμό των αποκλίσεων στον ελάχιστο βαθμό.

Κάθε εφαρμογή της six sigma μεθόδου (Σχ.2.8) έχει σαν βάση την αρχή ότι σε κάθε διαδικασία του οργανισμού υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης, ανάλυσης, ελέγχου και βελτίωσης. Με μια έμφαση στο αρχικό στάδιο των μετρήσεων όπου είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχημένη συνέχεια στην εφαρμογή της μεθόδου. Η χρήσεις των μαθηματικών αλλά και της στατιστικής αποτελούν την κύρια απαίτηση για να εφαρμοστεί και να αναλυθεί σωστά η μέθοδος. Όπως αναφέρεται από τους (Probst & Case, 2009) κάθε εφαρμογή της Six sigma πρέπει να ακολουθήσει συγκεκριμένα βήματα και να έχει ξεκάθαρους και ποσοτικοποιημένους στόχους, όπως για παράδειγμα, «Αύξηση της απόδοσης παραγωγής κατά 3%». Με αυτόν τον τρόπο η μέθοδος αυτή στοχεύει στον περιορισμό των ελαττωμάτων κατά την παραγωγική διαδικασία κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο τιμών. Οι κύριες αιτίες για την παραγωγή ελαττωμάτων και εμφάνιση απωλειών είναι οι αστάθειες κατά τις παραγωγικές διαδικασίες. Για την αξιολόγηση μιας διαδικασίας παραγωγής πρέπει να γίνουν ορισμένες ενέργειες όπως η μέτρηση της απόδοσης της καθώς και η παρατήρηση της συχνότητας εμφάνισης ελαττωματικών προϊόντων στις γραμμές παραγωγής. Έτσι το επίπεδο αναφοράς «σ» που βρίσκεται μια γραμμή παραγωγής έχει ως βάση στον συνολικό αριθμό των παραχθέντων ελαττωματικών προϊόντων ανά 1.00.000 προϊόντα. Η κλίμακα αναφοράς αυτή, είναι γνωστή ως DPMO (Defects per Million Opportunities – Ελαττωματικά ανά Εκατομμύριο Παραχθέντων). Αναφορικά λοιπόν, μπορούμε να ορίσουμε μια διαδικασία, ή μια γραμμή παραγωγής ότι βρίσκεται σε επίπεδο 6σ, όταν επιτυγχάνει 3.4 DMPO.



Σχήμα 2.8: Εφαρμογή μεθόδου Six sigma

2.6.5 TPM Tags

Σύμφωνα με τους Chan et al. (2005) αλλά και Venkatesh (2015) τα tags (Εικ.2.9) θεωρούνται εργαλεία που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα αρχικά στάδια καθαρισμού και στο 5s που αναφέρθηκε στην προηγούμενη υποενότητα 2.6.1, στην οποία εντοπίζονται και αναφέρονται τα προβλήματα. Τα tags είναι από τα βασικά εργαλεία της TPM που χρησιμοποιούνται για διαχείριση και αποκατάσταση κάθε εντοπισμένων ανωμαλιών που έχουν προκύψει. Έχουν την μορφή καρτών πάνω στις οποίες σημειώνονται όλα τα ευρήματα και οι παρατηρήσεις των τεχνικών, ενώ συμβάλλουν στην επικοινωνία μεταξύ των τμημάτων της παραγωγής, της συντήρησης και του ελέγχου ποιότητας για την άμεση αντιμετώπιση των ανωμαλιών

Στα Tags σημειώνονται διάφορες πληροφορίες που διευκολύνουν την αντιμετώπιση των ανωμαλιών και των σφαλμάτων όπως το μέρος και η ημερομηνία που παρατηρήθηκε η ανωμαλία, ποιος εργαζόμενος το εντόπισε καθώς και πια είναι φύση του προβλήματος. Επιπλέον καταγράφεται και η πιθανή λύση ή πρόταση για διόρθωση της ανωμαλίας από τον χειριστή που κατέγραψε το Tags το οποίο ευαισθητοποιεί τον εργαζόμενο και τον κάνει συμμετοχικό στην προσπάθεια της εκάστοτε επιδιόρθωσης, εφαρμόζοντας ουσιαστικά τις αρχές της αυτόνομης συντήρησης.



Εικόνα 2.9: Tags

2.6.6 Gemba walk

Όπως αναφέρει ο Mann (2009) Gemba walk είναι ένας τόπος που είναι ο τόπος που εξελίσσεται η ενδιαφέρουσα δράση και δημιουργείται η προστιθέμενη αξία. Στα Ιαπωνικά η λέξη Gemba μεταφράζεται ως «ο πραγματικός τόπος».

Σύμφωνα με τον Αναστασίου (2018) το Gemba walk μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια επίσκεψη ή ένας περίπατος που πραγματοποιείται στους χώρους εργασίας μια βιομηχανίας και έχει σαν σκοπό τον εντοπισμό ανωμαλιών και προβλημάτων με παράλληλη ανάδειξη ιδεών για βελτιώσεις.

Κατά τον Jansson (2017) το Gemba walk αποτελεί μια τεχνική υιοθετημένη από την Ολική Παραγωγική Συντήρηση σαν ένα εργαλείο για βελτίωση της συνεργασίας και επικοινωνίας. Έχει ως βάση την συνεργασία μεταξύ του εργατικού δυναμικού που παρέχει τις κατάλληλες πληροφορίες στο διοικητικό προσωπικό που πραγματοποιεί τον περίπατο στον εργασιακό χώρο προκειμένου να αποκτηθεί η πραγματική εικόνα της παραγωγικής διαδικασίας και να εντοπιστούν σημεία που χρήζουν βελτίωσης.

Σύμφωνα με τον Mann (2009) ακολουθείται ένας γενικός κανόνας τριών βημάτων από το διοικητικό προσωπικό :

1. Συχνές επίσκεψης στον εργασιακό χώρο.

2. Συνολική παρακολούθηση των διαδικασιών παραγωγής

3. Συζήτηση με το εργατικό δυναμικό.

Από τον Mann (2009) επισημαίνεται επιπλέον ότι μέσο αυτής της διαδικασίας περιπάτου στον εργασιακό χώρο και των ερωτήσεων προς τους εργαζομένους, τα ανώτερα στελέχη των επιχειρήσεων αποκτούν γνώση που αξιοποιείται στη συνέχεια για την ορθή διαχείριση των διαδικασιών και την αποτελεσματικότητα της επιχείρησης.

2.6.7 Εσωτερικές επιθεωρήσεις

Όπως αναφέρεται από τους Ahuja και Khamba (2008), σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή του μοντέλου της TPM έχει η διεξαγωγή των εσωτερικών επιθεωρήσεων στα διάφορα τμήματα των οργανισμών με σκοπό την εξέταση της εφαρμογής των καθορισμένων διαδικασιών, των προγραμμάτων και δραστηριοτήτων καθώς και για να αξιολογηθούν οι εξελίξεις των μόνιμων αλλαγών που συντελούνται. Προτείνεται επίσης να αναπτυχθεί από τον οργανισμό κατάλληλο σύστημα επιθεώρησης και παρακολούθησης των συνεχών βελτιώσεων και των αποτελεσμάτων τους. Οι διαδικασίες των εσωτερικών επιθεωρήσεων προσφέρουν την ευκαιρία απόκτησης της πραγματικής εικόνας και κατάστασης που βρίσκονται τα τμήματα του οργανισμού, ενώ επιπλέον αποκτάται η δυνατότητα να προσδιοριστούν τα επίπεδα βελτίωσης και να εντοπιστούν πιθανές αδυναμίες στα τμήματα του οργανισμού.

Σύμφωνα με Ahuja και Khamba (2008) με τα δεδομένα που προκύπτουν από τις εσωτερικές επιθεωρήσεις η διοίκηση της εταιρείας έχει την δυνατότητα να ορίσει δράσεις με σκοπό να προωθήσει το μοντέλο της TPM με αποτέλεσμα έτσι της διαρκής εξέλιξη του οργανισμού, την σταδιακή του αναβάθμιση και την καθιέρωση του στην παγκόσμια αγορά. Ενώ κατά την αναφορά των Randhawa και Ahuja (2017) το διοικητικό προσωπικό είναι αυτό που εξασφαλίζει την επιτυχία με την παρουσία του στις εσωτερικές επιθεωρήσεις.

Σαν συμπέρασμα μπορεί να ειπωθεί ότι η εφαρμογή της διαδικασίας εσωτερικών επιθεωρήσεων ενισχύει τον οργανισμό και τον οδηγεί με σταδιακά και ομαλά βήματα στην συνεχή βελτίωση. Να σημειωθεί εδώ ότι σημαντικό ρόλο στην τεκμηρίωση της βελτίωσης, της αναβάθμισης και της αποτελεσματικότητας, γίνεται μέσω της παρακολούθησης κάποιων κρίσιμων δεικτών που θα αναφερθούν παρακάτω.

2.7 Μέτρηση Επίδοσης Συντήρησης (ΜΕΣ)

Εκτός από τις προσπάθειες οργάνωσης και δημιουργίας πλάνων συντήρησης και την εφαρμογή σύγχρονων φιλοσοφιών όπως η Ολική Παραγωγική Συντήρηση ,πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα της αξιολόγησης για την απόδοση και απολεσματικότητα των παραπάνω εφαρμογών. Στην αναφορά τους οι Parida & Chattopadhyay (2007) ,ορίζουν την μέτρηση επίδοσης της εφαρμοζόμενης συντήρησης (ΜΕΣ) σαν μια διεπιστημονική διαδικασία για μέτρηση και δικαιολόγηση των προστιθέμενων αξιών που προκύπτουν από τις κεφαλαιούχες επενδύσεις στην συντήρηση. Κατά την αναφορά τους οι Parida & Kumar (2006), τονίζουν ότι με την μέτρηση επίδοσης της συντήρησης ενός οργανισμού αποκτάται η δυνατότητα να κατανοηθεί η αξία που προκύπτει από την συντήρηση έτσι ώστε να ακολουθηθούν πολιτικές και επενδύσεις πάνω σε νέες τεχνικές καθώς και να επανεξετασθούν οι κατανομές πόρων.

Σύμφωνα με τον Wireman (1998), αν η (ΜΕΣ) χρησιμοποιηθεί σωστά προσφέρει την δυνατότητα ανάδειξης ευκαιριών βελτίωσης της παραγωγής ,εντοπισμού προβλημάτων ,βοήθειας εξεύρεσης λύσεων αλλά δεν αξιολογεί την απόδοση των εργαζομένων.

Στην βιβλιογραφία κατά καιρούς έχουν προταθεί ποικίλες κατηγορίες μετρήσεων και δεικτών για την μέτρηση επίδοσης της συντήρησης. Σύμφωνα με τον Nakajima (1988) το μοντέλο της TPM παρέχει μια πληθώρα τέτοιων δεικτών όπως είναι η Ολική Αποτελεσματικότητα Εξοπλισμού (OEE) για τη μέτρηση της παραγωγικότητας του εξοπλισμού παραγωγής καθώς και άλλοι κρίσιμοι δείκτες όπως θα εξετάσουμε παρακάτω.

2.7.1 Δείκτες Επίδοσης Συντήρησης (ΔΕΣ)

Σύμφωνα με τους (Kumar et al., 2013) σαν μέτρηση μπορεί να ορισθεί η απόδοση αριθμητικών τιμών σε ιδιότητες ή χαρακτηριστικά. Στόχος των μετρήσεων είναι η ποσοτικοποίηση μιας κατάστασης ή η κατανόηση της επίδρασης των πραγμάτων τα οποία παρατηρούνται. Σύμφωνα με τον Wireman (1998) δείκτης επίδοσης της συντήρησης (ΔΕΣ) ονομάζεται ο δείκτης επίδοσης (ΔΕ όπου είναι προϊόν πληθώρας μετρήσεων) που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της επίδοσης της συντήρησης σε μια δραστηριότητα .

Με την χρήση των δεικτών επίδοσης επιδιώκεται η εύρεση τρόπων μείωσης των κενών χρόνων ,του κόστους και των καταλοίπων , ενώ ταυτόχρονα συνεισφέρουν στην αποτελεσματικότερη λειτουργία της εγκατάστασης βελτιώνοντας την δυναμικότητα της. Σύμφωνα με τον Αλεξίου (2014), κάθε δείκτης επίδοσης προσφέρει την δυνατότητα σύγκρισης των πραγματικών συνθηκών με μια ορισμένη ομάδα προτύπων συνθηκών, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να μετρήσει την διαφορά μεταξύ της υπάρχουσας κατάστασης και των στόχων που έχουν τεθεί. Ενώ υπάρχει μια πληθώρα από δείκτες επίδοσης οι οποίοι και επιλέγονται ανάλογα στόχους που θέτει η κάθε επιχείρηση.

Οι ΔΕ μπορούν γενικά να κατηγοριοποιηθούν ως καθοδηγητικοί ή δείκτες υστέρησης (Σχ.2,10). 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 οι δείκτες πρέπει να επιλεγούν σύμφωνα με την εκάστοτε στρατηγική συντήρησης (Kumar et al.,2013).

Σύμφωνα με την αναφορά του Campbell (1995), οι (ΔΕΣ) μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα το πεδίο που εστιάζουν :

Όπως δείκτες που εστιάζουν:

- ✓ Στην απόδοση του εξοπλισμού της εγκατάστασης
- ✓ Στη μέτρηση του κόστους της παραγωγής
- ✓ Στη μέτρηση των διεργασιών

Στην αναφορά τους οι Weber and Thomas (2006), προτείνουν 26 κρίσιμους δείκτες μέτρησης της επίδοσης της συντήρησης οι οποίοι μπορούν να διακριθούν και σε δύο

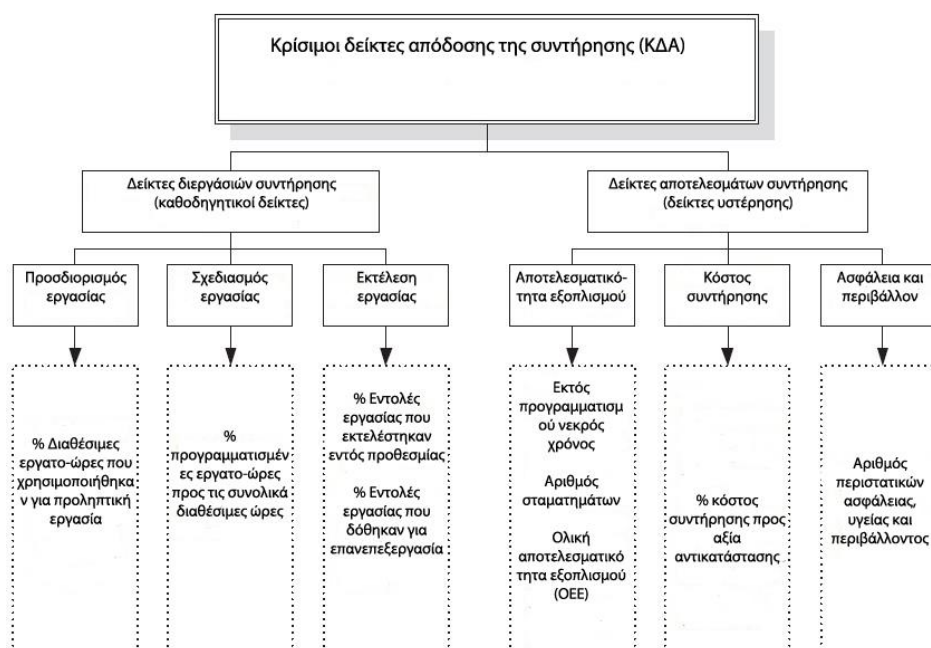
μεγάλες κατηγορίες : 1) Καθοδηγητικοί δείκτες που σχετίζονται με διεργασίες συντήρησης του εξοπλισμού και 2) Δείκτες υστέρησης που αποδίδουν τα αποτελέσματα της συντήρησης σε μια εγκατάσταση.

Με την σειρά τους οι καθοδηγητικοί δείκτες μπορούν να διακριθούν σε τρεις επόμενες κατηγορίες που έχουν σχέση με:

- τον προσδιορισμό των εργασιών
- τον προγραμματισμό και σχεδιασμό της εργασίας
- την εκτέλεση της εργασίας

Ενώ οι δείκτες υστέρησης διακρίνονται σε άλλες τρεις κατηγορίες που σχετίζονται με:

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



Σχήμα 2.10: Κατηγορίες κρίσιμων δεικτών απόδοσης συντήρησης. (Πηγή: Kumar, 2013)

2.7.2 Δείκτες Επίδοσης του TPM

Ένα μέτρο αξιολόγησης για την επιτυχής εφαρμογή της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (TPM) και των εφαρμοζόμενων διαδικασιών του τίθενται αποτελεί η θέσπιση στρατηγικών δεικτών επίδοσης.

Στον πίνακα 2.11 παρουσιάζονται κάποιοι ευρέως διαδεδομένοι δείκτες επίδοσης οι οποίοι σχετίζονται με την αξιολόγηση και βελτίωση της εφαρμογής των προγραμμάτων TPM. Σύμφωνα με τους Ahuja & Khamba, (2008) τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την μέτρηση των δεικτών επίδοσης θα πρέπει να μελετηθούν ,να διερευνηθούν και να μοιραστούν με το προσωπικό, έτσι ώστε να βελτιωθεί η ικανοποίηση των εργαζομένων, τα κίνητρα και να ενισχυθεί η συμμετοχή τους.

<u>Περιοχή TPM</u>	<u>Δείκτης επίδοσης (μέτρηση)</u>
Αυτόνομη συντήρηση	Αστοχίες- σταματήματα (Αριθμός)
	Υπερχειλίσσεις προϊόντων (τίποτα στο δάπεδο)
	Αριθμός στεγνών μηχανών (Αριθμός μηδενικών διαρροών)
	Ελαττώματα αποκαταστάθηκαν (Λευκές ετικέτες που απομακρύνθηκαν)
	Περιοδικές συναντήσεις (Αριθμός)
Εστιασμένη βελτίωση	Ολική αποτελεσματικότητα εξοπλισμού (OEE %)
	Παραγωγή ανά βάρδια
	Παραγωγικότητα προσωπικού (ποσότητα/αρ. προσωπικού) (Αριθμός)
	Κόστος παραγωγής (άμεσο)
	Συνολική απώλεια χρόνου (ώρες)
Προγραμματισμένη συντήρηση	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 αναλώσιμων (Αριθμός)
	Αστοχίες εξοπλισμού λόγω έλλειψης δεξιοτήτων/εκπαίδευσης (Αριθμός)
	Μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών (Ωρες)
	Μέσος χρόνος αποκατάστασης της βλάβης (Ωρες)
	Μηχανές που ελέγχονται μέσω προληπτικής συντήρησης (Αριθμός)
Βελτίωση ποιότητας	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)
Γραφείο TPM	Διορθωτικές ενέργειες που εφαρμόστηκαν (Αριθμός)
	Διατηρήσιμα αρχεία (Αριθμός)
	Χρόνος ανάκτησης του εγγράφου (δευτερόλεπτα)
	Μείωση άνθρωπο-ωρών (Άνθρωπο –ώρες)

			Έμμεσο απασχολούμενο προσωπικό (Αριθμός)
			Μείωση κόστους διαχείρισης
			Αναλύσεις εργασίας που πραγματοποιήθηκαν (Αριθμός)
			Απογραφή αναλωσίμων
			Χρόνος αναμονής υλικών
			Μείωση κόστους αγορών
<hr/>			
			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)
Ασφάλεια, περιβάλλον	υγιεινή	και	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)
<hr/>			
Διαχείρισης της ανάπτυξης			Πρόληψη αστοχιών (Αριθμός)
			Κατανάλωση καυσίμων / ενέργειας (Αριθμός)
			Ρυθμός αύξησης αυτοματοποίησης εξοπλισμού (Αριθμός)
			Περίοδος ανάπτυξης νέου προϊόντος (Μέρες)
<hr/>			
Συνολική επίδοση	οργανωσιακή		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 2.11: Δείκτες επίδοσης TPM. (Πηγή: Ahuja, J.S. Khamba, 2008)

2.7.3 Ολική Αποτελεσματικότητα Εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness, OEE)

Η μεθοδολογία για την μέτρηση της Ολικής Αποτελεσματικότητας Εξοπλισμού δημιουργήθηκε σαν παράγωγο της φιλοσοφίας (TPM) η οποία είχε σαν κύριο υποστηρικτή της τον Nakajima όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο §2.2.

Η Συνολική Αποτελεσματικότητα του Εξοπλισμού (OEE) αποτελεί ένα από τα κύρια εργαλεία της (TPM) που δίνει την δυνατότητα μέτρησης καθώς με ταυτόχρονη υπόδειξη της αποτελεσματικότητάς λειτουργίας των μηχανημάτων και του εξοπλισμού της εγκατάστασης.

Συνδυάζει τα μέτρα (Σχ.2.12) διαθεσιμότητας, απόδοσης και ποιότητας του εξοπλισμού, όπου:

Η Διαθεσιμότητα είναι ο χρόνος που πραγματικά λειτουργεί το μηχάνημα, που υπολογίζεται με αφαίρεση του χρόνου διακοπής λειτουργίας του μηχανήματος από τον προγραμματισμένο χρόνο λειτουργίας του.

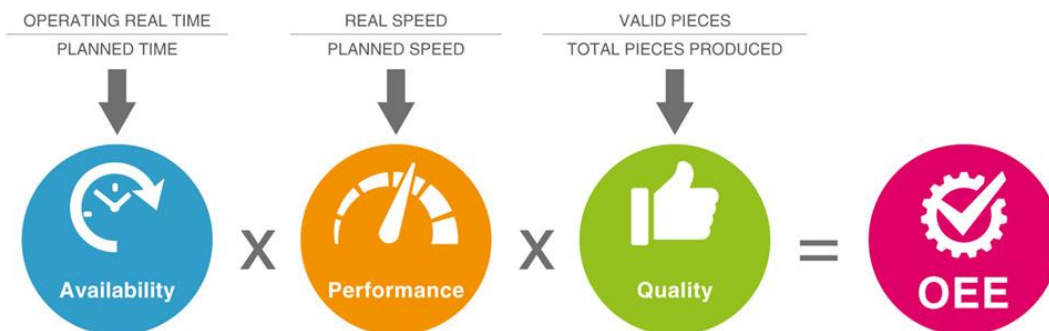
Η Απόδοση συγκρίνει την ταχύτητα με την οποία λειτουργεί ένα μηχάνημα σε σύγκριση με τη λειτουργία υπό ιδανικές συνθήκες, δηλ. τον πραγματικό κύκλο λειτουργίας με τον ιδανικό.

Η Ποιότητα ορίζεται ως το ποσοστό των παραγόμενων προϊόντων που είναι κατάλληλα για χρήση.

Σύμφωνα με την αναφορά του Nakajima (1988) η Ολική παραγωγική συντήρηση έχει σαν στόχο την λειτουργία ενός εργοστασίου στην ιδανική απόδοση με ταυτόχρονη εξάλειψη των απωλειών.

Πιο συγκεκριμένα να :

- Χωρίς την δημιουργία ελαττωματικών προϊόντων ή προϊόντων με αστοχίες
- Χωρίς να εμφανίζει βλάβες ή απρογραμματίστες διακοπές στην λειτουργία του
- Να μην εμφανίζει καθόλου ατυχήματα.



Σχήμα 2.12: Ολική αποτελεσματικότητα εξοπλισμού (OEE) (Πηγή: <https://www.tecnical.cat/en-software-oe-efficiency-monitor-industry-digitization-industrial-automation-catalonia-spain.html>)

Σύμφωνα με τον Williamson (2006), σαν Ολική Αποτελεσματικότητα Εξοπλισμού ορίζεται ένα μέτρο που μπορεί να προσδιορίσει «τί κάνει» ο εξοπλισμός σε σχέση με «το τι έχει σχεδιαστεί να κάνει»

Ενώ σύμφωνα με τους Dal κ.ά. (2000) η Ολική Αποτελεσματικότητα Εξοπλισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ιχνηλατήσει και να επισημάνει προβλήματα και τις βελτιώσεις τους που αφορούν την αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού για ένα χρονικό διάστημα που έχει οριστεί.

Ο Δασκαλόπουλος (2018) αναφέρει την διατύπωση του Ericsson (1997), που θεωρεί σαν την πλειοψηφία του συνολικού κόστους παραγωγής τις απώλειες που προκύπτουν από την παραγωγική διαδικασία μαζί με κάποια έμμεσα κρυφά κόστη και την πρόταση του Nakajima (1988) ότι η OEE αποτελεί ένα μέτρο που τείνει να αποκαλύψει αυτά τα κόστη.

Η χρήση της OEE μπορεί να ποικίλει. Υπάρχει η δυνατότητα χρήσης της σαν εργαλείο σύγκρισης με μετρώντας την αρχική απόδοση ενός μηχανήματος ή ολόκληρης της εγκατάστασης και συσχετίζοντας μελλοντικές τιμές έχει την δυνατότητα να ποσοτικοποιήσει τα επίπεδα βελτίωσης που έχουν επιτευχθεί.

Μπορεί επιπλέον να χρησιμοποιηθεί για να συγκρίνει την απόδοση ενός εργοστασίου και να επισημάνει τα τμήματα με την χαμηλότερη απόδοση ή και να υποδείξει τον μηχανολογικό εξοπλισμό με την χειρότερη απόδοση δείχνοντας τα σημεία που πρέπει να εστιάσει η TPM.

Τέλος σύμφωνα με τον Τσαρούχα (2012) η μέτρηση της OEE έχει ως σκοπό την παροχή μιας ισχυρής ώθησης για την εισαγωγή ενός πιλοτικού και στη συνέχεια καθολικού προγράμματος TPM στη λειτουργία της επιχείρησης.

2.7.4 Υπολογισμός Ολικής Αποτελεσματικότητας Εξοπλισμού

Το OEE σαν μέγεθος ισούται με το γινόμενο των τριών βασικών συντελεστών απωλειών παραγωγής όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

1. **Του ποσοστού διαθεσιμότητας του εξοπλισμού**, που προκύπτει από τις απώλειες χρόνου (διακοπές, επαναφορές, ρυθμίσεις κτλ.).

Ποσοστό Διαθεσιμότητας = [(Απαιτούμενη διαθεσιμότητα – Νεκρός χρόνος) / Απαιτούμενη διαθεσιμότητα] × 100

- Απαιτούμενη διαθεσιμότητα (Time available for production) : Ορίζεται σαν τον διαθέσιμο χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού για την προγραμματισμένη παραγωγή, αφού αφαιρεθεί ο χρόνος άλλων προγραμματισμένων διακοπών, όπως διαλείμματα ή συναντήσεις προσωπικού.
- Νεκρός χρόνος (Downtime) : Είναι ο χρόνος τον οποίο τα μηχανήματα δεν λειτουργούν, λόγω βλαβών, λειτουργικών προβλημάτων ή ρυθμίσεων.

2. **Του ποσοστού απόδοσης του εξοπλισμού**, που προκύπτει από τις απώλειες ταχύτητας (ρυθμού) λειτουργίας.

Ποσοστό ή Βαθμός απόδοσης = [(Σχεδιασμένος κύκλος λειτουργίας × Αποτέλεσμα) / Λειτουργικό χρόνο] × 100

- Σχεδιασμένος κύκλος λειτουργίας (Ideal cycle time) : Είναι ο χρόνος παραγωγής μίας μονάδας προϊόντος.
- Αποτέλεσμα (output) : Είναι οι παραγόμενες μονάδες προϊόντος σε μία καθορισμένη χρονική περίοδο.
- Λειτουργικός χρόνος (Operating Time) : Είναι το ποσοστό του πραγματικά διαθέσιμου χρόνου, δηλ. η τιμή που θα προκύψει ως Διαθεσιμότητα.

3. **Την ποιότητα του εξοπλισμού**, όπου αποτυπώνονται τα ελαττωματικά προϊόντα.

Ποσοστό ή Βαθμός ποιότητας = [(Συνολικός αριθμός παραχθέντων προϊόντων – ελαττωματικά προϊόντα) / Συνολικό αριθμό παραχθέντων] × 100

Οπότε:

$$OEE = \text{Βαθμός Διαθεσιμότητας} \times \text{Βαθμός Απόδοσης} \times \text{Βαθμός Ποιότητας}$$

2.7.5 Σχέση TPM - OEE και ιδανική τιμή OEE

Σύμφωνα με τον (Nakajima, 1989) η Ολική Παραγωγική Συντήρηση είναι μια μέθοδος που καταφέρνει να αντιμετωπίσει σε μεγάλο βαθμό τις βλάβες του εξοπλισμού ,ενώ ταυτόχρονα ανεβάζει το επίπεδο της OEE ,αφού βελτιώνει του τρεις συντελεστές των απωλειών παραγωγής που επηρεάζουν άμεσα τον δείκτη

- ✓ Η βελτίωση της Διαθεσιμότητας επιτυγχάνεται με τη μείωση των μη παραγωγικών χρόνων που οφείλονται διάφορους παράγοντες όπως οι βλάβες του εξοπλισμού ,ρυθμίσεις μηχανών ,αλλαγές κωδικών προϊόντων παραγωγής και άλλα λειτουργικά προβλήματα.
- ✓ Η βελτίωση της Απόδοσης προκύπτει από την εξάλειψη των απωλειών της ταχύτητας παραγωγής, με μείωση μικροσταματήματων και των αιτιών που περιορίζουν την ποσότητα παραγωγής των προϊόντων.
- ✓ Η βελτίωση της Ποιότητας επιτυγχάνεται με μείωση των αστοχιών, δηλαδή μείωση των ελαττωμάτων ποιότητας στα προϊόντα, τόσο κατά τις εκκινήσεις της παραγωγής , όσο και κατά τη διάρκεια της ομαλοποιημένης επεξεργασίας.

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται διαφορετικά ποσοστά της OEE, ως αποτελέσματα ερευνών και μετρήσεων. Ωστόσο, έχουν πλέον καθιερωθεί οι ιδανικές τιμές (κάτω όρια) για κάθε ένα δείκτη ξεχωριστά οι οποίες είναι οι ακόλουθες :

1)διαθεσιμότητα 90% , 2)απόδοση 95% , 3) ποιότητα 99%

Πολλαπλασιάζοντας τις τιμές αυτές παίρνουμε μια ιδανική τιμή της OEE στο 85% Nakajima (1988).

2.7.6 Αξιοπιστία εξοπλισμού

Ορίζεται σαν την πιθανότητα μια λειτουργική μονάδα να εκτελεί μια απαιτούμενη λειτουργία υπό καθορισμένες προϋποθέσεις - συνθήκες για δεδομένο χρονικό

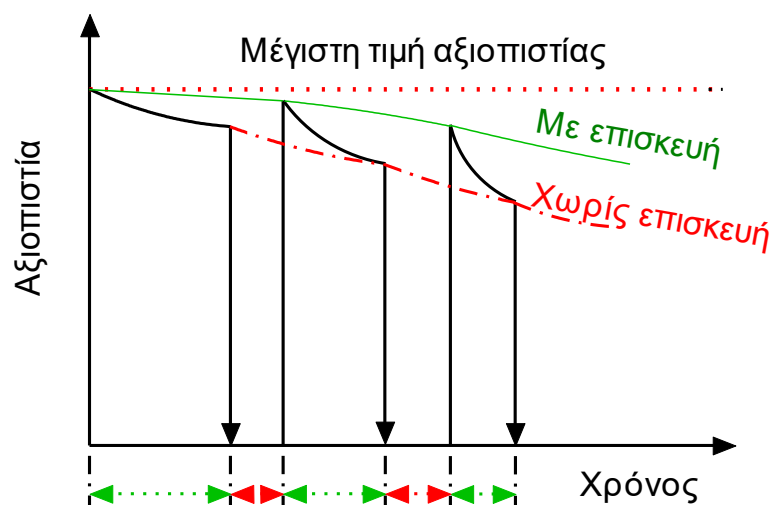
διάστημα. Η αξιοπιστία συνδέεται με την μείωση της συχνότητας των αστοχιών σε καθορισμένο χρονικό διάστημα και αποτελεί ένα μέτρο της πιθανότητας μιας λειτουργίας χωρίς να εμφανιστούν αστοχίες στο συγκεκριμένο αυτό διάστημα, δηλαδή το μέτρο επιτυχίας μιας λειτουργίας ελεύθερης αστοχιών.

Όταν η συχνότητα αστοχίας λ είναι σταθερή, τότε η αξιοπιστία $R(t)$ υπολογίζεται από την σχέση : όπου λ η χρονική στιγμή

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

2.7.7 Αξιοπιστία συστημάτων που επιδέχονται επισκευή

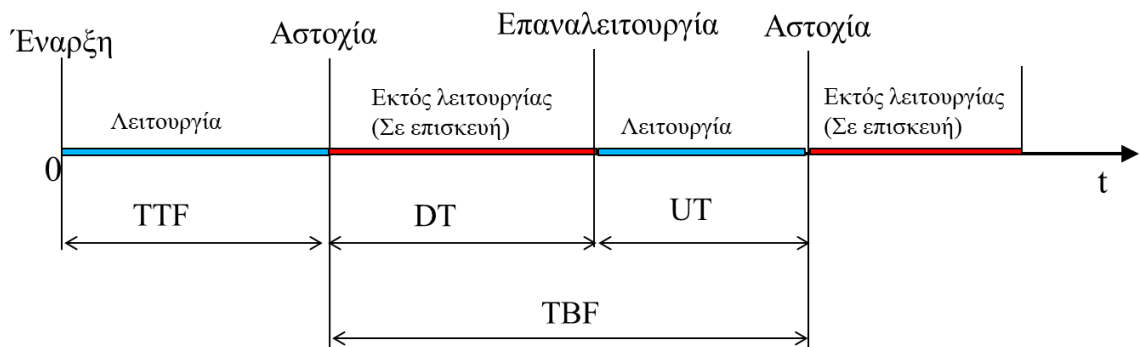
Η αξιοπιστία αποτελεί την φθίνουσα συνάρτηση σε σχέση με το χρόνο. Για σύνθετα στοιχεία και συστήματα τα οποία επισκευάζονται όταν αστοχήσουν και επαναλειτουργούν η καμπύλη της αξιοπιστίας λαμβάνει μια χαρακτηριστική μορφή. Στο Σχήμα 2.13 φαίνεται η εξέλιξη της αξιοπιστίας τέτοιων συστημάτων. Μετά από χρόνο λειτουργίας Δt_1 το σύστημα αστόχησε, έμεινε εκτός λειτουργίας για χρονικό διάστημα Δt_2 , επισκευάστηκε και τέθηκε ξανά σε λειτουργία. Κατά την έναρξη λειτουργίας ($t=0$) είχαμε τη μέγιστη τιμή της αξιοπιστίας ενώ στη συνέχεια μειώθηκε. Μετά την αστοχία και την επισκευή του το σύστημα ανέκτησε αρχική αξιοπιστία μεγαλύτερη από εκείνη που είχε κατά τη στιγμή της αστοχίας του αλλά μικρότερη από εκείνη που είχε κατά τη χρονική στιγμή $t=0$. Η επανάληψη τέτοιων κύκλων αστοχιών-επισκευής-επαναλειτουργίας δίνει τη μορφή των καμπυλών της αξιοπιστίας που φαίνεται στο Σχήμα 2.13 (Γαλετάκης, 2017).



Σχήμα 2.13: Καμπύλη αξιοπιστίας σε σχέση με τον χρόνο για συστήματα που επιδέχονται επισκευή (Πηγή:Γαλετάκης,2017).

2.7.8 Διαθεσιμότητα συστημάτων και εξοπλισμού

Ένα άλλο μέγεθος μέτρησης της αξιοπιστίας για επισκευάσιμα συστήματα αποτελεί η διαθεσιμότητα (availability). Η διαθεσιμότητα εκφράζει την πιθανότητα το σύστημα να λειτουργεί κανονικά κατά την τυχαία χρονική στιγμή t που θα απαιτηθεί. Η διαθεσιμότητα μπορεί επίσης να οριστεί ως το ποσοστό του χρόνου που το σύστημα είναι λειτουργικό σε σχέση με το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα $(0, t)$. Για την κατανόηση της έννοιας της διαθεσιμότητας ενός επισκευάσιμου συστήματος είναι απαραίτητο να οριστούν οι χαρακτηριστικοί χρόνοι που σχετίζονται με την διάρκεια λειτουργίας του και επισκευής του. Στο Σχήμα 2.14 φαίνονται οι χρόνοι αυτοί με τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία (Γαλετάκης, 2017).



Σχήμα 2.14: Χαρακτηριστικοί χρόνοι λειτουργίας , διακοπών (επισκευής), επαναλειτουργίας συστημάτων που επιδέχονται επισκευή (Πηγή: Γαλετάκης, 2017).

TTF= Time To Failure: Χρόνος που διανύθηκε από την έναρξη λειτουργίας έως την αστοχία. Η μέση τιμή των TTF είναι ο **MTTF** (Mean Time To Failure).

DT= Down Time: Χρόνος που είναι εκτός λειτουργίας. Συνήθως βρίσκεται υπό επισκευή. Η μέση τιμή των DT είναι ο **MDT** (Mean Down Time).

UT = Up Time: Χρόνος που διανύθηκε από την επαναλειτουργία έως την αστοχία. Εφόσον το σύστημα επισκευάστηκε πλήρως και απέκτησε την αρχική του ποιότητα τότε: $UT = TTF$.

TBF=Time Between Failures: Χρονικό διάστημα μεταξύ διαδοχικών αστοχιών. Η μέση τιμή των TBF είναι ο **MTBF** (Mean Time Between Failures). Ισχύει $TBF = DT + UT$

TTR = Time To Repair: Χρόνος που απαιτήθηκε για την επισκευή. Συνήθως είναι $TTR=DT$. Η μέση τιμή των TTR είναι ο **MTTR** (Mean Time To Repair).

Συνήθως χρησιμοποιούμενα μεγέθη μέτρησης αξιοπιστίας - διαθεσιμότητας

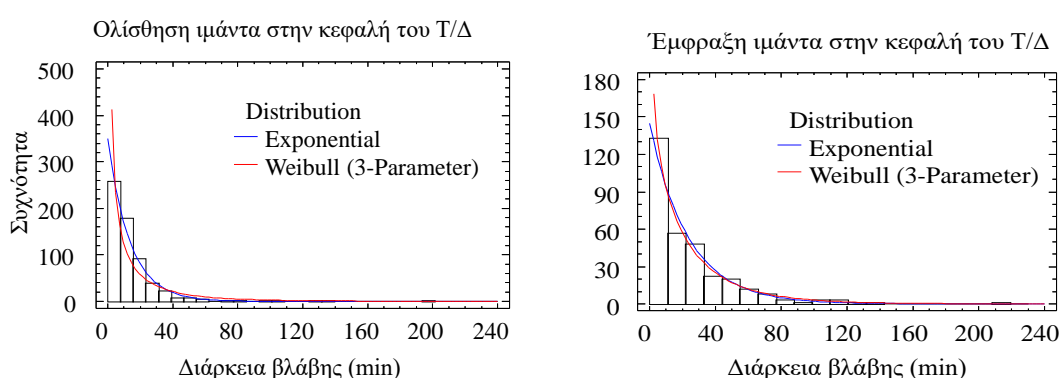
✓ **Μέσος Χρόνος για Αστοχία (Mean Time To Failure ή MTTF)**

Είναι ο μέσος όρος των χρονικών διαστημάτων που διανύθηκε για να συμβεί ή αστοχία. Ο MTTF δεν παρέχει πληροφορίες για την μορφή της κατανομής του TTF. Απαιτείται ο υπολογισμός και της διακύμανσης του TTF.

✓ **Μέσος Χρόνος Μεταξύ Αστοχιών (Mean Time Between Failure ή MTBF)**

Είναι ο μέσος όρος των χρονικών διαστημάτων μεταξύ διαδοχικών αστοχιών.

Για την μελέτη των επισκευάσιμων συστημάτων εκτός των μέσων τιμών των ανωτέρω χρόνων είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την τυπική τους απόκλιση καθώς και τη μορφή των κατανομών που ακολουθούν. Στο Σχήμα 2.15 δίνεται η κατανομή της χρονικής διάρκειας (Down Time ή DT) δυο συνήθων βλαβών για ταινιόδρομους: την ολίσθηση του ιμάντα στην κεφαλή του ταινιόδρομου και την έμφραξη του. Παρατηρούμε ότι η κατανομή της χρονικής διάρκειας της βλάβης και για τις δυο περιπτώσεις μπορεί να αποδοθεί με ικανοποιητική ακρίβεια είτε από την εκθετική κατανομή είτε από την κατανομή Weibull (Γαλετάκης, 2017).



Σχήμα 2.15 :Ιστόγραμμα της χρονικής διάρκειας βλάβης (Down Time) και προσαρμογή θεωρητικών κατανομών για ολίσθηση και εκφυγή του ιμάντα στην κεφαλή του ταινιόδρομου (Πηγή: Γαλετάκης,2017)

2.7.9 Συντελεστής Βλάβης K

Για τον υπολογισμό της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού εισάγεται η έννοια του συντελεστή βλάβης K ενός συστήματος (π.χ. μιας μεταφορικής ταινίας). Ως συντελεστής βλάβης K ορίζεται ο λόγος του αθροίσματος των χρόνων TS (Χρόνος μη προγραμ/σμένων κρατήσεων) και TN (Χρόνος για βοηθητικές εργασίες) προς τον χρόνο παραγωγικής λειτουργίας TR (Γαλετάκης, 2017).

$$K = \frac{\text{Χρόνος για βοηθητικές εργασίες} + \text{Χρόνος μη προγραμ/σμένων κρατήσεων}}{\text{Χρόνος παραγωγικής λειτουργίας}} = \frac{TN+TS}{TR} \quad (2.7.6)$$

2.7.10 Πιθανότητα Παραγωγικής Λειτουργίας (Δείκτης Διαθεσιμότητας)

Η πιθανότητα παραγωγικής λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος PB ορίζεται ο λόγος του χρόνου παραγωγικής λειτουργίας TR προς συνολικά διαθέσιμο χρόνο TA.

$$PB = \frac{TR}{TA} = \frac{1}{1+K} \quad (2.7.7)$$

2.7.11 Πιθανότητα Βλάβης

Η πιθανότητα βλάβης ενός τέτοιου συστήματος PST ορίζεται ο λόγος του χρόνου μη παραγωγικής λειτουργίας TS + TR προς συνολικά διαθέσιμο χρόνο TA.

$$PST = \frac{TR+TS}{TA} = \frac{K}{1+K} \quad (2.7.8)$$

2.7.12 Ρυθμός βλάβης

Ρυθμός Βλάβης (Failure Ratio – FR) ορίζεται το πηλίκο του πλήθους των εμφανιζόμενων βλαβών (r) προς τον συνολικό χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού ή του εξαρτήματος κατά την συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Όπως αναφέρει ο Βώσσης (2015) ο ρυθμός βλάβης (λ) ενός τεχνολογικού εξοπλισμού για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο (T) υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση :

$$\lambda(t) = \frac{r}{T} \quad (2.7.9)$$

Στις περισσότερες περιπτώσεις , ο ρυθμός βλάβης εκφράζεται σε ποσοστό % ενός επιπέδου αναφοράς που αντιστοιχεί σε 1000 ώρες ή σε ένα ημερολογιακό έτος λειτουργίας.

2.7.13 Συντηρησιμότητα εξοπλισμού

Συντηρησιμότητα είναι ένα μέτρο της ευκολίας και της ταχύτητας όπου το σύνολο του εξοπλισμού ή μέρος αυτού επανέρχεται στην αρχική λειτουργική του κατάσταση μετά από βλάβη. Είναι χαρακτηριστικό του σχεδιασμού εξοπλισμού και εγκατάστασης, της διαθεσιμότητας του προσωπικού στα απαιτούμενα επίπεδα δεξιοτήτων, της καταλληλότητας των διαδικασιών συντήρησης και του εξοπλισμού δοκιμών, καθώς και του φυσικού περιβάλλοντος στο οποίο πραγματοποιείται η συντήρηση. Μια έκφραση της συντηρησιμότητας είναι η πιθανότητα ένα αντικείμενο να διατηρηθεί ή αποκατασταθεί σε δεδομένη κατάσταση και χρονική περίοδο, όταν η συντήρηση πραγματοποιείται σύμφωνα με τις καθορισμένες διεργασίες και χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους πόρους. Η συντηρησιμότητα σχετίζεται με τη διάρκεια των διακοπών λειτουργίας λόγω συντήρησης ή με το πόσος χρόνος απαιτείται για να πραγματοποιηθούν οι δραστηριότητες της συντήρησης σύμφωνα με δεδομένα στοιχεία. Τα εν λόγω στοιχεία περιλαμβάνουν συντήρηση (όλες τις απαραίτητες ενέργειες για τη διατήρηση ενός αντικειμένου ή την επαναφορά του σε προσδιορισμένη καλή κατάσταση) πραγματοποιούμενη από προσωπικό με τις απαραίτητες δεξιότητες, χρησιμοποιώντας τις ενδεδειγμένες διαδικασίες και πόρους ανάλογα με το επίπεδο. Τα χαρακτηριστικά της συνήθως προσδιορίζονται από το σχεδιασμό του εξοπλισμού, ο οποίος και ορίζει τις διαδικασίες συντήρησης και τη διάρκεια των επισκευών. Εκφράζεται ως εξής (Barringer, 1997):

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

όπου μ ρυθμός συντήρησης (σταθερά).

Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι πέραν των κρίσιμων δεικτών επίδοσης ή αξιοπιστίας εξοπλισμού, στην βιβλιογραφία συναντάμε πλήθος δεικτών ανάλογα με το είδος της μέτρησης και αξιολόγησης που επιθυμούμε σε μια επιχείρηση ή εγκατάσταση όπως είναι οι παρακάτω:

- ✓ Οι δείκτες εκπαίδευσης:

$$\Delta_{εκ}(\alpha) = \frac{\text{Συνολικές δαπάνες σε εκπαίδευση}}{\text{Συνολικός αριθμός υπαλλήλων}}$$

Ο δείκτης αυτός εξετάζει σε ετήσια βάση το χρηματικό ποσό που δαπανάται για την εκπαίδευση του προσωπικού της επιχείρησης ανά υπάλληλο. Πολλές επιχειρήσεις

περιορίζονται στην εκπαίδευση κυρίως των διοικητικών στελεχών τους παραβλέποντας την μεγαλύτερη μερίδα του προσωπικού της, που είναι οι τεχνίτες και οι χειριστές. εκπαίδευση τους θα πρέπει να θεωρείται απαραίτητα και ως αξιοποίηση της επένδυσης, απ' όπου αναμένουν και την μεγαλύτερη απόδοση. (Στουρμ, 2000)

$$\Delta_{εκ}(\beta) = \frac{\text{Συνολικές δαπάνες σε εκπαίδευση}}{\text{Συνολο μισθοδοσίας εργοστασίου}}$$

Ο δείκτης αυτός αναφέρεται στο εκπαιδευτικό κόστος σε σχέση με την συνολική μισθοδοσία στην επιχείρηση. Εν γένει, ένα ποσοστό 3% της συνολικής μισθοδοσίας θα πρέπει να δαπανάται σε εκπαίδευση του προσωπικού. απόφαση του ποσοστού αυτού αποτελεί θέμα δέσμευσης της διοίκησης, οποία πρέπει να διασφαλίσει την ισορροπημένη κατανομή ανάμεσα στην διοικητική, την διαπροσωπική και την τεχνική εκπαίδευση.

✓ Οι οικονομικοί δείκτες : π.χ

$$1) \text{ Οικ. } \delta(\alpha) = \frac{\text{Συνολικό ετήσιο κόστος συντήρησης}}{\text{Ετήσια έσοδα από πωλήσεις}}$$

Ο δείκτης αυτός αποτελεί ένα ακριβές μέτρο αξιολόγησης, γενικά εκφραζόμενο ως σταθερό ποσοστό, αποτυπώνοντας το αναλογούν των εσόδων από τις πωλήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την συντήρηση του εξοπλισμού της επιχείρησης. Αν το ποσοστό του κόστους συντήρησης αυξηθεί, τότε περαιτέρω ανάλυση στο κατώτερο επίπεδο δεικτών θα πρέπει να υποδείξει σε πια περιοχή εστιάζεται το πρόβλημα.

$$2) \text{ Οικ. } \delta(\beta) = \frac{\text{Συνολικό ετήσιο κόστος συντήρησης}}{\text{Ετήσιος όγκος παραγωγής}}$$

Ο δείκτης αυτός θεωρείται τυπικός για την αξιολόγηση της απόδοσης του συστήματος συντήρησης, παρόλο που δεν θεωρείται από τους καλύτερους. Υπολογίζεται διαιρώντας το συνολικό κόστος συντήρησης για μια περίοδο με τον συνολικό όγκο των προϊόντων που παρήχθησαν κατά την περίοδο αυτή. Το αποτέλεσμα, εκφραζόμενο ως λόγος, αποτυπώνει ένα ενδεικτικό κόστος συντήρησης ανά μονάδα προϊόντος που παράχθηκε. Ωστόσο, όγκος παραγωγής μπορεί να κυμαίνεται για λόγους που δεν ευθύνεται το τμήμα συντήρησης και επομένως είναι εύκολο να εξαχθούν συμπεράσματα από την τιμή του δείκτη που θα οδηγήσουν σε λανθασμένες αποφάσεις. Ο δείκτης αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο μέτρησης στα πλαίσια μια ευρείας μακροπρόθεσμης ανάλυσης αλλά δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται μεμονωμένα.

- ✓ Δείκτες αειφόρου ανάπτυξης : π.χ. (Κομνίτσας, Καβαλόπουλος, Τζεφέρης, 2013)

$$1) \text{ Δεικ. } (\alpha) = \frac{\text{Αριθμός ωρών εργασίας}}{\text{τόνος εμπορεύσιμου προϊόντος}}$$

$$2) \text{ Δεικ. } (\beta) = \frac{\text{Αριθμός ωρών εργασίας που χάθηκαν λόγω ατυχημάτων}}{\text{Σύνολο ωρών εργασίας}}$$

Κεφάλαιο 3. Παρουσίαση Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α. - Ε.Μ.Α.Κ. Χανίων

3.1 Εξέλιξη της επιχείρησης

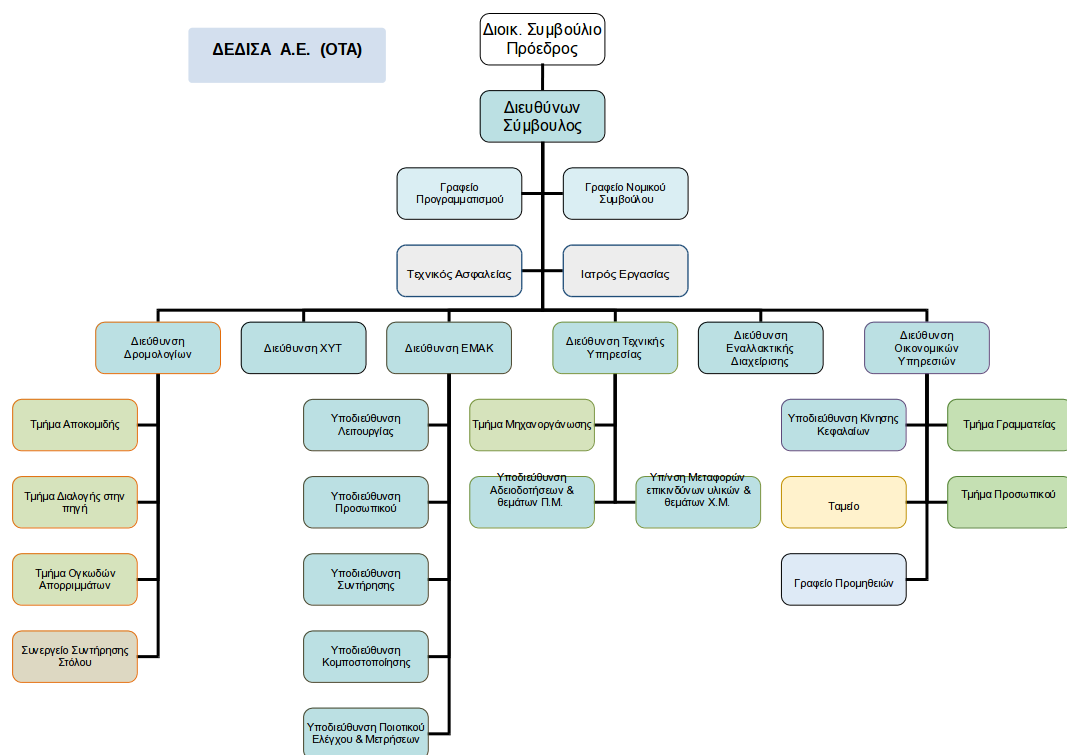
Η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α. (Διαδημοτική Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων) ιδρύθηκε το 1993 και ήταν το πρώτο βήμα συνεργειών και διαδημοτικής συνεργασίας της τοπικής αυτοδιοίκησης στην διαχείριση των απορριμμάτων. Η μεγέθυνση της Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α. πραγματοποιήθηκε με την ανάληψη της λειτουργίας των εγκαταστάσεων από το έτος 2005 με την χρήση εξειδικευμένου στελεχιακού δυναμικού και έτσι εδραιώθηκε ένας ΦοΔΣΑ (Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων) ο οποίος επηρεάζει τα πράγματα προσφέροντας σε τοπικό επίπεδο ένα καθαρό περιβάλλον και συμμετοχους πολίτες και σε Πανελλήνιο επίπεδο συμβάλει στην δημιουργία της επόμενης μέρας για την χώρα μας σχετικά με την διαχείριση των ΑΣΑ. Τα Χανιά ήταν από τις ελάχιστες εξαιρέσεις όπου η αгаστή συνεργασία της Τοπικής Αυτοδιοίκησης και του κεντρικού κράτους κατέληξε σε αποδεκτή τεχνική, οικονομική και περιβαλλοντική λύση με την κατασκευή του Εργοστασίου Μηχανικής Ανακύκλωσης & Κομποστοποίησης – Χώρου Υγειονομικής Ταφής (ΕΜΑΚ-ΧΥΤ).

Στόχος της επιχείρησης είναι η πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, η προώθηση της επαναχρησιμοποίησης, η παροχή έργων & υπηρεσιών ποιότητας σε όλο το φάσμα της διαχείρισης, το σχεδιασμό και την υλοποίηση των έργων, την προεπεξεργασία και την τελική διάθεση, τη διαλογή στην πηγή και την αποκομιδή αποβλήτων, την εναλλακτική διαχείριση, την ευαισθητοποίηση, με αξιοποίηση των τεχνολογιών περιβάλλοντος και την αποδοχή από τους ενημερωμένους πολίτες.

Η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α. διοικείται (Σχ.3.1) από ενδεκαμελές Διοικητικό Συμβούλιο και απασχολεί 260 εργαζόμενους σήμερα (10% επιστημονικό προσωπικό με αρκετές ειδικότητες μηχανικών όπως πολιτικό, χημικό, ορυκτών πόρων, ηλεκτρολόγο, μηχανολόγο, παραγωγής και διοίκησης, αλλά και χημικό, γεωπόνο, λογιστές, τεχνολόγους, κλπ.) και δεκάδες εξωτερικών συνεργατών σε αιχμές παραγωγής και για εξειδικευμένα επιστημονικά θέματα και έχει αναπτύξει έναν μεγάλο αριθμό δραστηριοτήτων, στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης των απορριμμάτων, όπως:

- Μηχανική Διαλογή & Χειροδιαλογή Αποβλήτων.

- Κομποστοποίηση Οργανικού Κλάσματος ΑΣΑ.
- Συλλογή & Μεταφορά ΑΣΑ, με ιδιόκτητο στόλο εξοπλισμένο με G.P.S., ώστε να επιτυγχάνεται βελτιστοποίηση δρομολογίων.
- Διαχείριση Ογκωδών Απορριμμάτων.
- Πρόγραμμα Διαλογής στη Πηγή Συσκευασιών (πλην γυάλινων) και Έντυπου Χαρτιού σε όλους τους Δήμους της Π.Ε. Χανίων.
- Πρόγραμμα Διαλογής στη Πηγή Συσκευασιών Γυαλιού.
- Πρόγραμμα Διαλογής στην Πηγή τροφικών αποβλήτων από μεγάλους παραγωγούς
- Λειτουργία του ΧΥΤ Χανίων.
- Εναλλακτική Διαχείριση κάποιων από τα εμπονομαζόμενα «άλλα προϊόντα» του Ν. 2939/01, όπως:
 - Πρόγραμμα Διαλογής στη Πηγή μικρού μεγέθους Αποβλήτων Ηλεκτρικού & Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού (ΑΗΗΕ)
 - Συλλογή πόρτα – πόρτα μεγάλου μεγέθους ΑΗΗΕ, κ.ά.
- Ενημέρωση & Ευαισθητοποίηση Πολιτών με ειδικές δράσεις για τη μαθητευόμενη νεολαία (εκατοντάδες ενημερώσεις σε εκπαιδευτικά ιδρύματα και επισκέψεις σχολείων στο ΕΜΑΚ).
- Περιορισμό των εκπομπών αερίων του Θερμοκηπίου δια της εφαρμογής ειδικών δράσεων στα πλαίσια του προγράμματος LIFE09/ENV/GR/000294 (Waste-C-Control)
- Περιορισμό των παραγόμενων αποβλήτων διά της εφαρμογής ειδικών δράσεων στα πλαίσια του προγράμματος LIFE10/ENV/GR/000622 (WASP-TOOL) όπου περιλαμβάνονται δράσεις όπως:
 - Οικιακή Κομποστοποίηση
 - Ανταλλακτική Βιβλιοθήκη
 - Μείωση πλαστικής τσάντας
- Βελτιστοποίηση αποκομιδής και περιορισμό των αερίων του Θερμοκηπίου με το έργο «Αποδοτικές και βιώσιμες μέθοδοι διαχείρισης απορριμμάτων με την χρήση εργαλείων ICT ή (Τ.Π.Ε.) (Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίας) για την επίτευξη της μείωσης εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου» LIFE13/ENV/ES/000725 (EWAS)



Σχήμα 3.1 : Διοικητική δομή της επιχείρησης

3.2 Ε.Μ.Α.Κ. Χανίων μια βιομηχανική μονάδα που πρωτοπορεί

Το έργο "Έργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης και ΧΥΤΥ" αποτελεί ιστορικά μια πρωτοπόρο μονάδα για τα ελληνικά δεδομένα. Υλοποιήθηκε από την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Χανίων και χρηματοδοτήθηκε από το Ταμείο Συνοχής με προϋπολογισμό 30 εκ ευρώ. Ξεκίνησε την λειτουργία του το 2005. Η εγκατάσταση (Εικ.3.2) εκτείνεται σε έκταση 235 στρεμμάτων με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3.3MW ενώ οι δύο γειτνιάζοντες Χώροι Υγειονομικής Ταφής καταλαμβάνουν 70στρέματα με ολική χωρητικότητα 1.1 εκ m³. Φορέας διαχείρισης είναι όπως προαναφέρθηκε η ΔΕΔΙΣΑ Α.Ε. (ΟΤΑ) η οποία εξυπηρετεί ένα πληθυσμό της τάξης των 155 χιλιάδων μόνιμων κατοίκων και 80.000 κλινών σε ένα νομό με έντονο τουριστικό προφίλ και ανάλογη διακύμανση μεταξύ χειμώνα και καλοκαίρι της τάξης του 50%. Από το 2015 η μονάδα εκσυγχρονίστηκε με την τοποθέτηση Βαλλιστικών και Οπτικών διαχωριστών, σχιστών σάκων, Τεμαχιστή Ογκωδών Αποβλήτων κ.λπ., ένα έργο ύψους 7.000.000 €.



Εικόνα 3.2: Αεροφωτογραφία Εγκατάστασης ΕΜΑΚ Χανίων

Σύμφωνα με τα καταγεγραμμένα στοιχεία του ΕΜΑΚ και ΧΥΤΥ το 2020 εισήλθαν στις εγκαταστάσεις μας 70.000 τόνοι Σύμμεικτα Απόβλητα, 14.500 τόνοι Προδιαλεγμένα Ανακυκλώσιμα Υλικά, 700 τόνοι Γυαλιού, 7.000 τόνοι Ογκωδών Αποβλήτων και 6.000 τόνοι Προδιαλεγμένο Οργανικό Υλικό από Διαλογή στην Πηγή (κλαδιά).

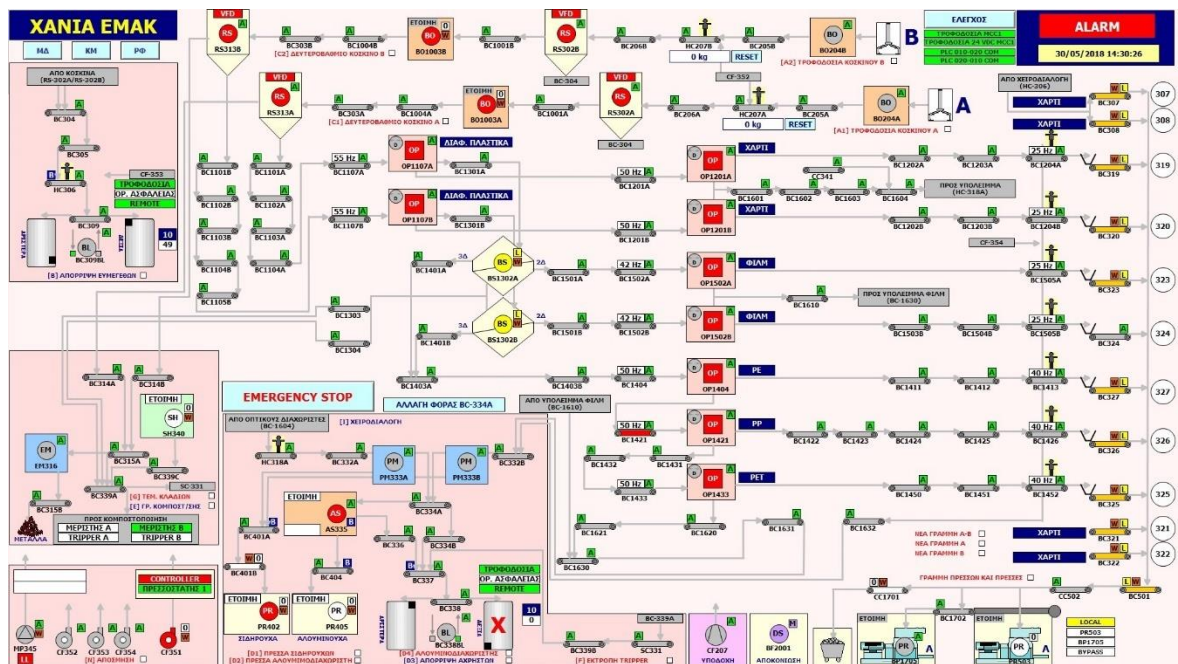
Το ποσοστό ανάκτησης ανέρχεται σε 35% από το σύνολο των αποβλήτων. Τα ανακτώμενα ανακυκλώσιμα υλικά οδηγούνται σε βιομηχανίες ανακύκλωσης στην Κρήτη (για το ΡΕ-Φιλμ,) και στην Αθήνα για τα υπόλοιπα (χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί). Το παραγόμενο κομπόστ έχει πλέον συσκευασθεί και διατίθενται στην αγορά.

Ο εκσυγχρονισμός της εγκατάστασης αύξησε κατά 20-25% την ανάκτηση πλαστικών, χαρτιών και μετάλλων. Η καινοτομία έγκειται στην χρήση οπτικών διαχωριστών NIR (Near Infrared Light). Η τεχνολογία βασίζεται στην εκπομπή υπέρυθρου φωτός στα υλικά, τα οποία διέρχονται μέσω ταινιόδρομου υψηλής ταχύτητας κάτω από τους οπτικούς διαχωριστές. Σχεδόν όλα τα υλικά απορροφούν κάποια ποσότητα από το φως

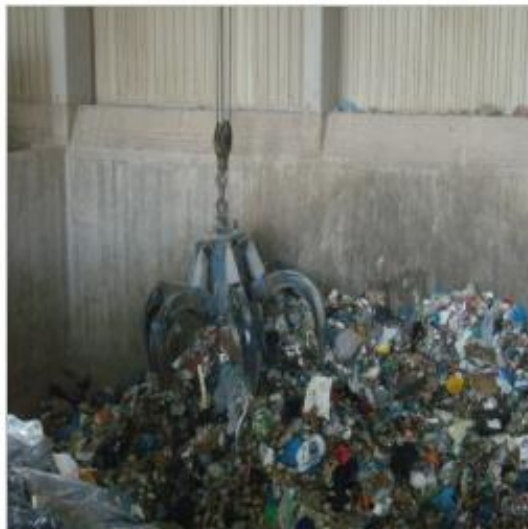
με μήκος κύματος κοντά στο υπέρυθρο και αντανακλούν κάποια άλλη. Ο μηχανισμός αυτός, επιτρέπει στις μονάδες οπτικού διαχωρισμού να αναγνωρίζουν το «δακτυλικό αποτύπωμα» του υλικού, το οποίο διέρχεται μέσω του ταινιόδρομου. Με τη χρήση μεγάλης ακρίβειας ακροφυσίων αέρα, το επιθυμητό υλικό εκτοξεύεται εκτός του διερχόμενου ρεύματος του υλικού.

3.2.1 Παρουσίαση των Τμημάτων (modules) Παραγωγής E.M.A.K.

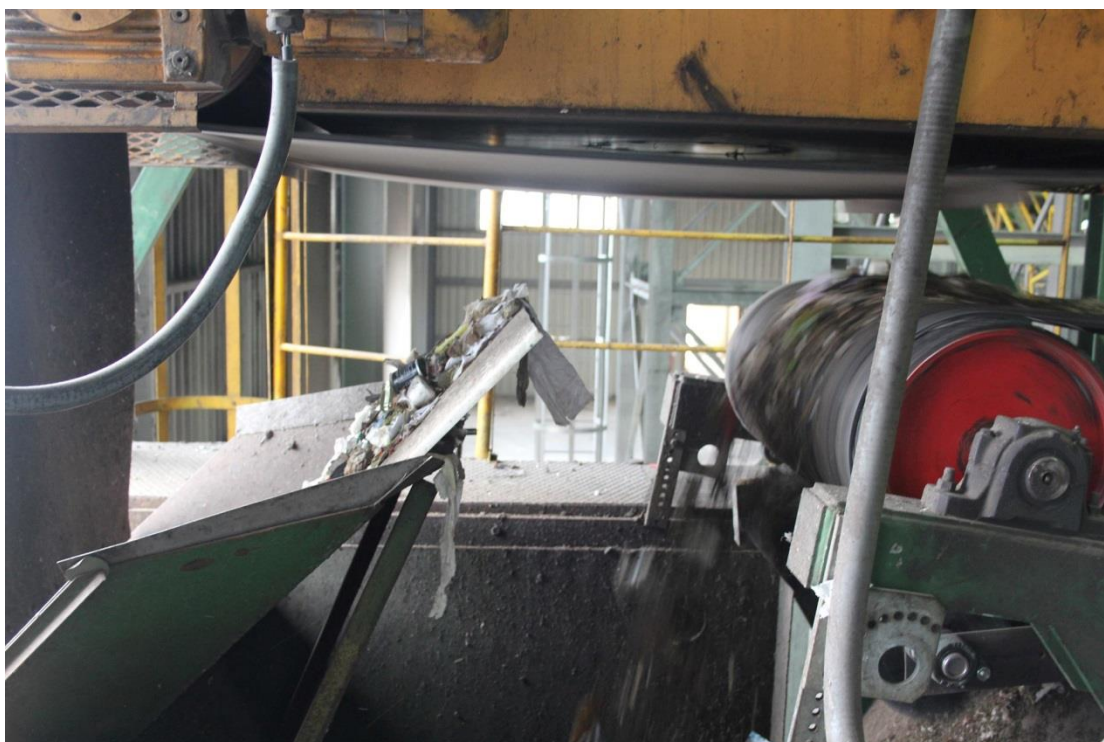
Η μονάδα αποτελείται από δυο δίδυμα modules (Σχ.3.3) παραγωγής. Τα σύμμεικτα απορρίμματα καθώς και το υλικό της ανακύκλωσης αποθηκεύονται διακριτά σε δύο χωριστούς αποθηκευτικούς χώρους (Bunkers) και τροφοδοτούνται με χειρισμό αρπάγης (Εικ.3.4) στις δυο πρώτες διατάξεις πρωτοβάθμιας διάνοιξης σάκων (Bag Openers). Στην συνέχεια μέσω ταινιοδρόμων θα εισέλθουν στον κύριο χώρο της Μηχανικής Διαλογής όπου αποτελείται από τους δεύτερους Bag Openers για δευτεροβάθμια διάνοιξη σάκων και έπειτα των διαχωρισμό βάση μεγέθους στα πρωτοβάθμια (διάμετρος οπών $\Phi 250\text{mm}$) και δευτεροβάθμια (διάμετρος οπών $\Phi 80\text{mm}$) κόσκινα. Η ροή μάζας συνεχίζεται σε μια σειρά φυσικών μαγνητών (Εικ.3.6) και ισχυρού ηλεκτρομαγνήτη (3.5) για την ανάκτηση των σιδηρούχων και αλουμινούχων υλικών και σε μια συστοιχία βαλλιστικών διαχωριστών (Εικ.3.7), για τον διαχωρισμό των πλαστικών υλικών ανάλογα με το σχήμα σε 3D (μπουκάλια νερού, πλαστικές συσκευασίες τροφίμων και απορρυπαντικών) και 2D (σακούλες super markets και εμπορίου). Έπειτα και με την λειτουργία εννέα οπτικών διαχωριστών (Εικ.3.8) επιτυγχάνεται ανάκτηση χαρτιού και του πλαστικού σε τρεις μεγάλες κατηγορίες που υπάρχουν σήμερα στο παγκόσμιο εμπόριο (PP-PE-PET). Τα υλικά που ανακτώνται από τους οπτικούς διαχωριστές εισέρχονται στην κεντρική χειροδιαλογή για το Quality Control και αφού αποθηκευτούν διακριτά σε σιλό, στην συνέχεια οδηγούνται (Εικ.3.9) στην πρέσα για την δεματοποίηση τους. Το διερχόμενο από τα δευτεροβάθμια κόσκινα οργανικό κλάσμα μαζί με αλεσμένα κλαδιά (Εικ.3.10) οδηγείται μέσω ταινιοδρόμων στην δεξαμενή κομποστοποίησης για την παραγωγή compost, ενώ το υπόλειμμα από την παραγωγική διαδικασία που δεν μπορεί να ανακτηθεί καταλήγει στον X.Y.T.Y. της εγκατάστασης.



Σχήμα 3.3 : Διάγραμμα παραγωγής Μηχανικής Διαλογής μέσω απεικόνισης SCADA



Εικόνα 3.4: Τροφοδοσία αρπάγης υλικών προς επεξεργασία και κόσκινα Μηχανικής διαλογής



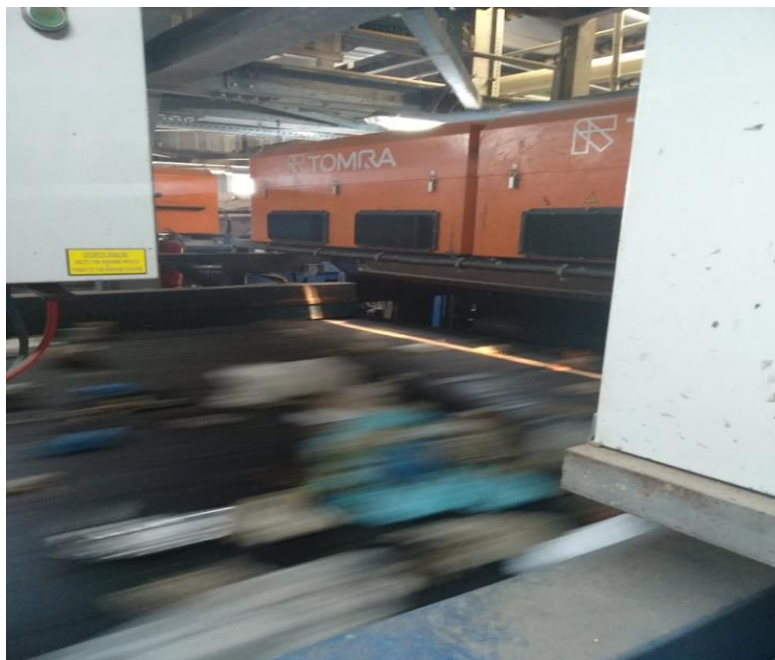
Εικόνα 3.5: Ισχυρός ηλεκτρομαγνήτης απομάκρυνσης σιδηρούχων υλικών από το οργανικό κλάσμα



Εικόνα 3.6: Φυσικός μαγνήτης ανάκτησης σιδηρούχων υλικών



Εικόνα 3.7: Συστοιχία βαλλιστικών διαχωριστών για διαχωρισμό πλαστικών υλικών βάση σχήματος



Εικόνα 3.8: Οπτικός διαχωριστής για ανάκτηση χαρτιού μέσω εκπομπής υπέρυθρου φωτός στα υλικά, τα οποία διέρχονται μέσω ταινιόδρομου υψηλής ταχύτητας.



Εικόνα 3.9: Υλικό μετά το Quality Control που οδηγείται προς δεματοποίηση



Εικόνα 3.10: Τεμαχιστής κλαδιών προς δεξαμενή κομποστοποίησης μαζί με οργανικά υλικά.

ελέγχων στο σύνολο του εξοπλισμού. Έχει σαν σκοπό να εξαλείψει τις βλάβες (breakdowns) και των ανεπιθύμητων φθορών του εξοπλισμού μέσω της πρόληψης και των τακτικών ελέγχων.

➤ Την διορθωτική – επισκευαστική συντήρηση

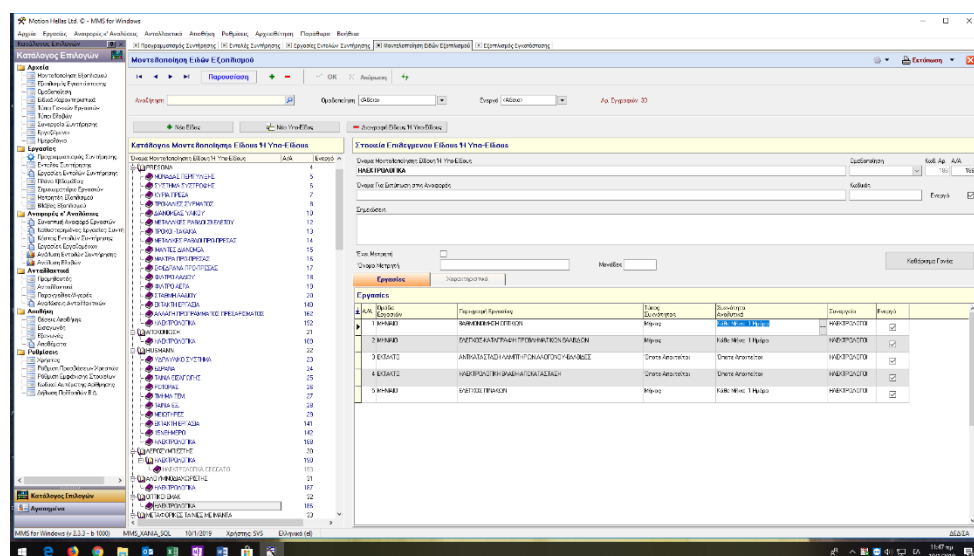
Στόχος της είναι η αποκατάσταση βλαβών οι οποίες εμφανίζονται τις περισσότερες φορές χωρίς ενδείξεις στον εξοπλισμό και προκαλώντας σταματήματα μέρους ή του συνόλου του εξοπλισμού. Πραγματοποιείται με αντικατάσταση εξαρτημάτων ή επισκευή αυτών.

➤ Ευκαιριακή συντήρηση

Αποτελεί τον συνδυασμό που προκύπτει από την προληπτική και διορθωτική συντήρηση, ενώ χρησιμεύει όταν ένα τυχαίο σταμάτημα παρέχει στη συντήρηση μια προγραμματίσιμη πρόσβαση στον εξοπλισμό για να εκτελεστούν διάφοροι έλεγχοι καθώς και συντηρήσεις που βρίσκονται σε εκκρεμότητα.

➤ Επιβελτιωτική συντήρηση – αναβάθμιση υπάρχοντος εξοπλισμού

Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις τροποποίησης και αναβάθμισης του υπάρχοντος παραγωγικού εξοπλισμού και εγκαταστάσεων με σκοπό την βελτίωση των χρόνων και του κόστους συντήρησης και γενικότερα τη ανταγωνιστικότητα και απόδοση της εγκατάστασης.



Εικόνα 3.12: Απεικόνιση προγράμματος συντήρησης Ε.Μ.Α.Κ.

ΔΕΙΞΜΕΝΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΕΝΤΥΠΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ															
ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΟΙ ΤΕΧΝΙΚΟΙ	ΕΙΔΙΚΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ								ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ						
1. ΤΣΕΛΕΚΗΣ ΠΑΥΛΟΣ 2. ΚΑΛΑΝΔΡΑΝΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ 3. ΚΑΛΑΚΑΤΕΒΑΚΗΣ ΚΩΣΤΑΣ 4. ΛΙΔΩΝΟΣ ΠΑΥΛΟΣ 5. ΒΑΡΦΟΣ ΝΙΚΟΣ 6. ΓΟΥΛΗΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ 7. ΚΡΙΤΣΕΛΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ 8. ΚΟΥΚΑΛΗΣ ΑΝΤΩΝΑΣ 9. ΚΑΛΑΡΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ	ΚΑΔΟΣ ΤΕΧΝΙΚΟΥ	ΚΑΔΟΣ / ΠΙΛΑΚΙΑ	ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	ΗΛΕΚΤΡΟΠΙΣΤΑ	ΣΥΚΟΜΗ	ΕΥΦΥΛΛΑΜΕΙΣ	ΡΑΦΟΛΑ ΤΥΜΠΑΝΑ	ΠΛΑΙΝΑ ΤΑΝΟΝ	ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ	ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΥΔΡΕΤΗΣ	ΛΙΠΑΝΣΗ	ΕΠΙΣΕΙΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΩΝ	ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ	ΣΟΛΕΙΣ ΤΑΝΟΝ	ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΑΣΦΑΛΤΙΝΗΣ ΕΠΕΣΤΑΣΗΣ
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΕΡΓΟΥ															
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ															
ΤΑΙΝΙΟΛΟΓΟΙ															
ΥΠΟΔΟΜΕΣ															
ΚΑΘΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ															
ΕΠΙΣΤΑΣΙΑ ΑΙΘΟΥΣΑΣ															

ΕΚΔΟΣΗ 01 28/05/2016 0104 1/1

Εικόνα 3.13: Ημερήσιο έντυπο καταγραφής εργασιών και ελέγχων συντήρησης εξοπλισμού ΕΜΑΚ.

3.2.3 Εκπαίδευση και Επιμόρφωση (Training & Education – T.&E.)

Στο πλαίσιο της συνεχούς βελτίωσης (Kaizen) της εγκατάστασης πραγματοποιούνται κατά καιρούς σεμινάρια και εκπαιδευτικές επιμορφώσεις. Ο στόχος είναι η δημιουργία μιας εγκατάστασης της οποίας το προσωπικό πέραν των εργασιών συντήρησης, μέσω εκπαιδεύσεων θα είναι σε θέση να αντιμετωπίσει μία έκτακτη κατάσταση όπως ένα περιστατικό πυρκαγιάς (Εικ.3.14) ή να δώσει τις πρώτες βοήθειες σε ένα περιστατικό υγείας όπως ένα καρδιακό επεισόδιο (Εικ.3.15).



Εικόνα 3.14 : Άσκηση ομάδας πυρασφάλειας ΕΜΑΚ παρουσία πυροσβεστικής υπηρεσίας.



Εικόνα 3.15:Εκπαίδευση εργαζομένων ΕΜΑΚ για παροχή πρώτων βοηθειών από το ΕΚΑΒ Χανίων

3.2.4 Υγιεινή, Ασφάλεια και Προστασία Περιβάλλοντος

Όπως αναφέρει ο Suzuki (1994) οι βασικές αρχές της φιλοσοφίας της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης είναι η εξασφάλιση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού, η πρόβλεψη του ανθρώπινου λάθους και η εξάλειψη των ατυχημάτων. Επιπλέον αναφέρει ότι κανένα πρόγραμμα TPM δεν είναι σημαντικό αν δεν εστιάζει σε θέματα που έχουν να κάνουν με το περιβάλλον και με την ασφάλεια. Στόχος είναι η βελτίωση του χώρου εργασίας, η μείωση των κινδύνων για την ασφάλεια και η διατήρηση ενός ασφαλούς και υγιεινού περιβάλλοντος για τους εργαζόμενους. Στα πλαίσια αυτά πραγματοποιούνται τακτικές μετρήσεις (Εικ.3.16) στους χώρους εργασίας, όπως μετρήσεις επιτρεπτού επιπέδου ήχου και σκόνης, ενώ τηρούνται και τα μέτρα ατομικής προστασίας (Εικ.3.17) των εργαζομένων (κράνη, γάντια, ακουστικά, μποτάκια ασφαλείας κλπ..)



Εικόνα 3.16: Όργανο μέτρησης σωματιδίων σκόνης Dust Trak AEROSOL MONITOR 853 και όργανο μέτρησης ήχου SVANTEK 971.



Εικόνα 3.17: Τήρηση των ατομικών μέτρων προστασίας κατά την διάρκεια συντήρησης.

Σύμφωνα με τις αρχές του μοντέλου της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα σε θέματα που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Ishikawa (1999) δεν μπορεί να υπάρξει αποτελεσματική βιομηχανική διοίκηση στον 21^ο αιώνα αν δεν ληφθούν σοβαρά τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Ενώ προβλέπει ότι θα υπάρξουν κοινωνικοί αποκλεισμοί των βιομηχανικών διοικήσεων που δεν συμμορφώνονται με τα περιβαλλοντικά θέματα. Για τους παραπάνω λόγους καθώς και για θέματα υγιεινής των εργαζομένων η μονάδα διαθέτει

σύστημα αεραγωγών με λειτουργία σακόφιλτρου (Εικ.3.18) για την συλλογή των σωματιδίων σκόνης που προκύπτουν κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.



Εικόνα 3.18: Σακόφιλτρο αποκονίωσης Μηχανικής Διαλογής.

3.2.5 Βραβεία και Διακρίσεις

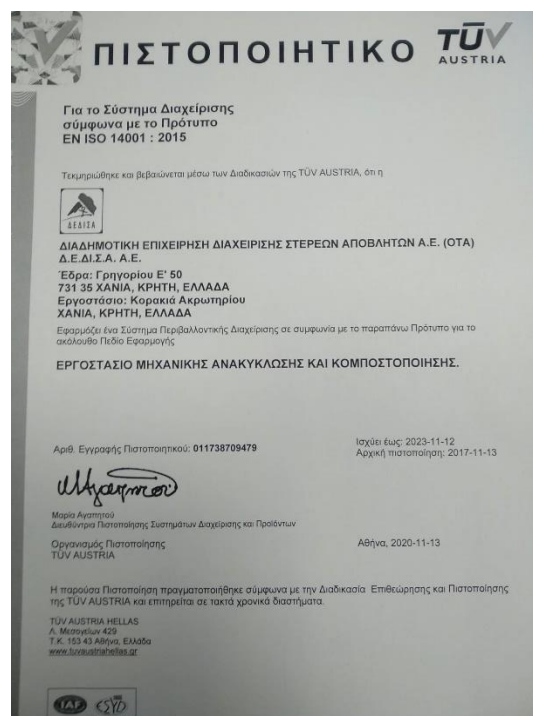
Η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α καθώς και το εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης Ε.Μ.Α.Κ. Χανίων, έχουν βραβευτεί (Εικ.3.19) αρκετές φορές στο παρελθόν για το έργο τους πάνω στην διαχείριση των αποβλήτων. Μερικά από τα βραβεία ακολουθούν παρακάτω:

- ❖ 2019 Βραβείο για την συλλογή των βιοαποβλήτων (παρουσίαση για την διαχείριση τους και ένα περίπτερο με το φυτόχωμα, που παράγεται με βασικό συστατικό το Κομπόστ της ΔΕΔΙΣΑ.Verde.tec και Greek Green Awards 2019)
- ❖ 2018 Για 3η συνεχόμενη χρονιά η ΔΕΔΙΣΑ ΧΑΝΙΑ βραβεύεται με τα Best City Awards. Στην κατηγορία Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, έλαβε για την “Διαλογή στην πηγή βιοαποβλήτων” (καφέ κάδος) το ασημένιο μετάλλιο.

- ❖ 2018 Σε ειδική εσπερίδα βραβεύτηκε στην κατηγορία διαχείρισης απορριμμάτων και έλαβε το βραβείο για την «Καλύτερη Μονάδα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων».



Εικόνα 3.19: Βραβεία στην κατηγορία διαχείρισης αποβλήτων στην Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α. και Ε.Μ.Α.Κ. Χανίων
Επιπλέον το Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης κατέχει από το 2017 και το διεθνές πρότυπο **ISO 14001:2015** για την εφαρμογή Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (Εικ.3.20).



Κεφάλαιο 4. Επεξεργασία δεδομένων - Παρουσίαση αποτελεσμάτων

4.1 Μεθοδολογία συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω προέκυψαν έπειτα από επεξεργασία των στοιχείων της ημερήσιας λειτουργίας του Ε.Μ.Α.Κ. για τις δύο γραμμές-modules (A-B) της παραγωγής. Τα στοιχεία αυτά καταγράφονταν σε ειδικά έντυπα λειτουργίας της μονάδας καθ' όλη τη διάρκεια των ετών 2019 και 2020. Τα στοιχεία καταγράφονταν με βάση τις παρατηρήσεις-βλάβες που εντοπίζονταν από το κέντρο ελέγχου λειτουργίας σε σχετικό (Εικ. 4.1). Αφορούσαν γεγονότα όπως, βλάβες, διάφορα λειτουργικά προβλήματα (Σχ.4.7) καθώς και τους χρόνους σταματήματος και λειτουργίας της παραγωγικής διαδικασίας για κάθε ημέρα λειτουργίας του εργοστασίου. Στη συνέχεια ακολούθησε η κωδικοποίηση των καταγραφόντων γεγονότων και η καταγραφή τους σε φύλλα Excel (Εικ.4.2) με ταυτόχρονη καταγραφή και των αντίστοιχων χρόνων διάρκειας τους. Τα καταγραφέντα γεγονότα που αφορούσαν βλάβες και σταματήματα παραγωγής κωδικοποιήθηκαν σε τρεις κατηγορίες: βλάβες, λειτουργικά προβλήματα και υπερφορτώσεις. Με βάση την κατηγοριοποίηση αυτή και λαμβάνοντας υπόψη και τους χρόνους διάρκειας τους υπολογίστηκαν και οι αντίστοιχοι βασικοί δείκτες παρακολούθησης της λειτουργίας της μονάδας, όπως φαίνονται στην Εικ. 4.3.

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι μηνιαίοι και ετήσιοι δείκτες καθώς και ο Συγκεντρωτικός Δείκτης Λειτουργικότητας (Εικ.4.4) της μονάδας που προκύπτει από το επιμέρους άθροισμα τους. Επιπλέον υπολογίστηκε ο χρόνος των σταματημάτων (stop) που αντιστοιχούσε για κάθε ώρα λειτουργίας ή για το σύνολο της βάρδιας. Παράλληλα υπολογίστηκε η Πιθανότητα βλάβης καθώς και ο Ρυθμός βλαβών του μηχανολογικού εξοπλισμού, ο Δείκτης διαθεσιμότητας και η Αξιοπιστία των δύο γραμμών (module A-B) παραγωγής, η Συνολική Αποτελεσματικότητα του Εξοπλισμού (OEE) όπου αποτελεί ένα από τα κύρια στοιχεία της Συνολικής Παραγωγικής Συντήρησης (TPM), οι χαρακτηριστικοί χρόνοι λειτουργίας, διακοπών (επισκευής), επαναλειτουργίας συστημάτων που επιδέχονται επισκευή και τέλος οι οικονομικοί δείκτες κόστους συντήρησης ανά ώρα λειτουργίας της μονάδας και κόστος

[illegible]

Αρχείο Κριτήρια Εισαγωγή		Διατίθεται ΕΛΜΑΧ 2019 - Excel		Εισαγωγή		Κατάσταση				
Αρχείο	Κριτήρια	Εισαγωγή	Διατίθεται	Τομές	Διαδρομή	Αναμετάδοση	Προβλεπόμενα	Βοήθεια	Πάτηστε για να δείτε τις αλλαγές	Κατάσταση
D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ Α ΓΡΑΜΜΗΣ (min)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ Β ΓΡΑΜΜΗΣ (min)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΜΑΚ (min)	ΧΡΟΝΟΣ ΒΛΑΒΩΝ ΛΟΓΩ Η/Μ Α ΓΡΑΜΜΗΣ (min)	ΧΡΟΝΟΣ ΒΛΑΒΩΝ ΛΟΓΩ Η/Μ Β ΓΡΑΜΜΗΣ (min)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΒΛΑΒΩΝ Η/Μ(min)	ΔΕΙΚΤΗΣ	A	B	C
2/1/2019	630	660	1290	70	289	359				
3/1/2019	520	520	1040	15	33	48				
4/1/2019	515	515	1030	55	55	110				
5/1/2019	570	570	1140	210	210	420				
7/1/2019	475	475	950	0	0	0				
9/1/2019	490	490	980	0	0	0				
10/1/2019	480	480	960	0	0	0				
11/1/2019	485	485	970	20	20	40				
12/1/2019	440	440	880	0	0	0				
14/1/2019	490	490	980	0	0	0				
15/1/2019	467	502	969	0	60	60				
16/1/2019	519	519	1038	198	190	388				
17/1/2019	490	490	980	0	0	0				
18/1/2019	315	315	630	39	0	39				
19/1/2019	180	180	360	0	0	0				
21/1/2019	195	665	860	0	352	352				
22/1/2019	485	650	1135	0	6	6				
23/1/2019	485	485	970	0	0	0				
24/1/2019	500	500	1000	0	0	0				
25/1/2019	490	490	980	0	0	0				
26/1/2019	330	330	660	0	0	0				
28/1/2019	625	625	1250	0	0	0				
29/1/2019	525	396	921	0	0	0				
30/1/2019	495	495	990	0	0	0				
31/1/2019	490	490	980	0	0	0				
1/2/2019	505	505	1010	0	100	100				
2/2/2019	495	495	990	0	0	0				
ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΑΒΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ ΔΕΙΚΤΩΝ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΜΟΤΗΤΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΛΕΙΤΡΟΒΕΒΑΤΩΝ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΥΠΕΡΠΡΟΤΕΩΣΗ						

[illegible]

Διατήρηση ιστορικού	Τομείς	Διαθέσιμα	Ανάλυση/Προβλεψή	Στοιχεία	Πλάτη μου τι θέλετε να κάνετε	Καταγραφή														
S																				
	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	
				ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ Ε.Μ.Α.Κ. (%)																
M.O. ΕΤΟΥΣ			ΣΥΝΟΛΟ Α ΓΡΑΜΜΗ Β ΓΡΑΜΜΗ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		12,26			
6,83				11,56	19,47	7,23	9,60	5,61	27,49	8,99	14,65	20,99	8,39	5,46	7,64					
3,62				9,69	18,90	9,26	9,62	6,67	6,47	4,22	6,04	14,15	8,84	4,34	7,51					
10,09				12,26	20,00	5,19	9,57	4,57	49,07	13,36	22,58	28,17	7,96	6,56	7,77					
M.O. ΕΤΟΥΣ				ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ Ε.Μ.Α.Κ. STOP ΑΝΑ ΩΡΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (min/h)																
3,06			ΣΥΝΟΛΟ Α ΓΡΑΜΜΗ Β ΓΡΑΜΜΗ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ		7,35			
2,89				6,94	11,68	4,34	5,76	3,37	16,49	5,39	8,79	12,59	5,03	3,28	4,58					
3,20				5,81	11,34	5,56	5,77	4,00	3,88	2,53	3,62	8,49	5,30	2,60	4,51					
				7,36	12,00	3,11	5,74	2,74	29,44	6,02	13,55	16,90	4,78	5,94	4,66					
M.O. ΕΤΟΥΣ				ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (tn)																
2,37																				
2,31																				
2,51																				
				ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟ																
M.O. ΕΤΟΥΣ				ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ				
87,09				1277,00	883,87	1211,21	1219,90	1562,00	1324,89	1396,05	1206,72	1318,84	1583,61	1777,16	1160,48	15696,79				
86,72				1392,00	1813,18	1384,14	988,83	342,00	442,51	766,73	709,54	548,97	690,61	1383,58	1327,51	11080,06				
82,17																				
				ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟ																
				1181,22	1151,38	1233,51	1537,78	1590,00	1635,83	1846,50	1767,23	1704,37	1513,51	1352,09	1296,93	17810,35				
				1520,81	2181,23	1606,28	843,03	804,00	74											

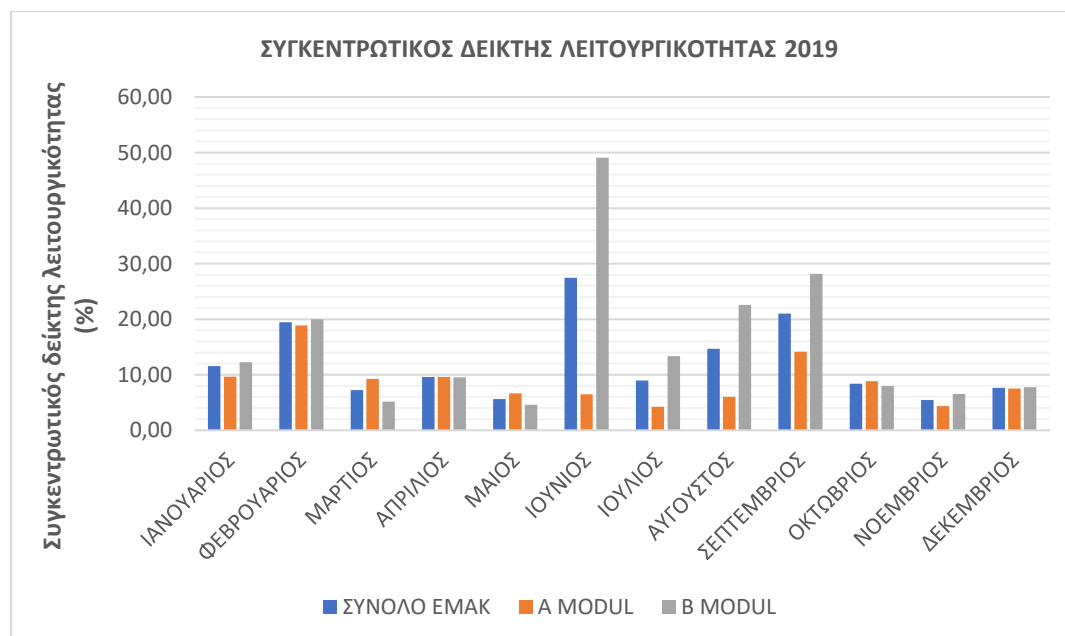
4.2 Συγκεντρωτικός Δείκτης Λειτουργικότητας (ΣΔΛ)

Ο Συγκεντρωτικός Δείκτης Λειτουργικότητας (ΣΔΛ) αποτελεί ένα νέο δείκτη που δημιουργήθηκε ειδικά για την παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας του Εργοστασίου της Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης Ε.Μ.Α.Κ. Χανίων. Ορίζεται από το επιμέρους άθροισμα τριών δεικτών (σχέση 4.1), του δείκτη βλαβών ο οποίος αναφέρθηκε στην παράγραφο §2.7.9, του δείκτη λειτουργικών προβλημάτων καθώς και του δείκτη υπερφόρτωσης που αναλύονται παρακάτω.

Με την χρήση του συγκεκριμένου δείκτη μπορεί να υπολογιστεί ο «νεκρός» χρόνος της παραγωγικής διαδικασίας ανά ώρα λειτουργίας της μονάδας και κατ' επέκταση «νεκρός» χρόνος της παραγωγικής διαδικασίας ανά βάρδια λειτουργίας της μονάδας.

$$\text{Συγκεντρωτικός Δείκτης Λειτουργικότητας (ΣΔΛ)} = \text{Δείκτης βλαβών} + \text{Δείκτης Λειτουργικών Προβλημάτων} + \text{Δείκτης Υπερφόρτωσης} \quad (4.1)$$

Οι μεταβολές του μηνιαίου ΣΔΛ για το έτη 2019 και 2020 δίνονται στα σχήματα 4.5 και 4.6.

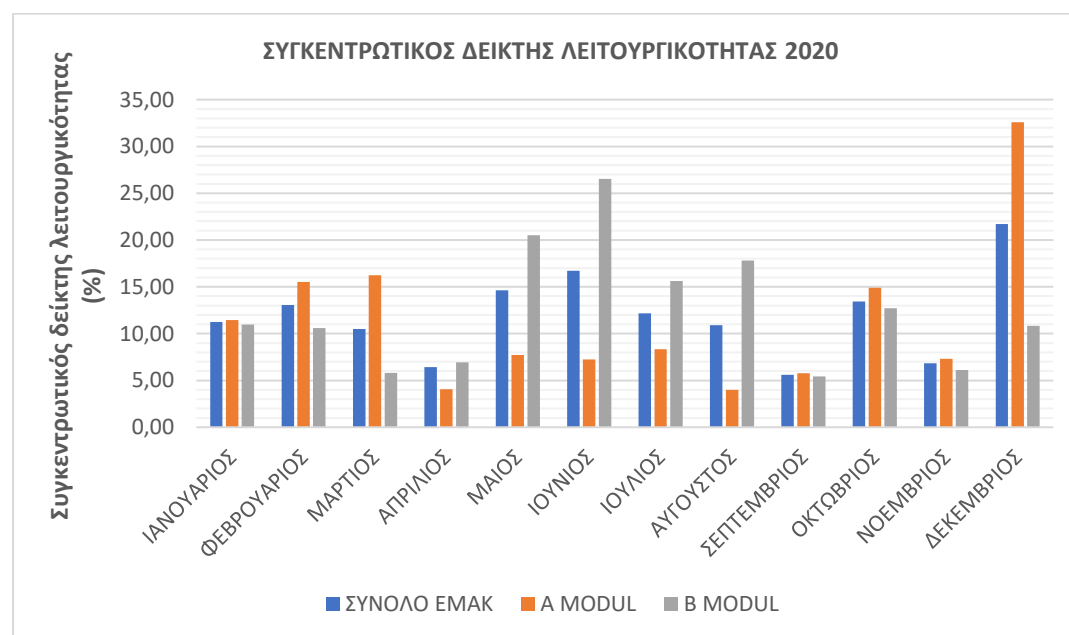


Σχήμα 4.5: Συγκεντρωτικός Δείκτης Λειτουργικότητας έτους 2019

Από το διάγραμμα του Σχήματος 4.5 παρατηρείται ότι κατά τον μήνα Ιούνιο ο ΣΔΛ αποκτά την μέγιστη τιμή του για το σύνολο του εξοπλισμού με 27.49% ή 16.49 min stop/h λειτουργίας, την μικρότερη τιμή του κατά τον μήνα Νοέμβριο με 5.46% ή 3.28 min stop/h λειτουργίας, ενώ ο Μ.Ο του έτους είναι 12.26% ή 7.35 min stop/h λειτουργίας. Οι μεταβολές του διαγράμματος δείχνουν ότι κατά την χρονική περίοδο των θερινών μηνών (Ιούνιος έως και Σεπτέμβριο) όπου παρουσιάζεται πληθυσμιακή αύξηση λόγω τουρισμού και υπάρχει μεγαλύτερη κατανάλωση τροφίμων και υλικών συσκευασίας ο δείκτης αποκτά τις μέγιστες τιμές του εφόσον η εγκατάσταση λειτουργεί σε υψηλότερους ρυθμούς σε σχέση με το υπόλοιπο έτος όπου δεν υπάρχει τόσο μεγάλος όγκος παραγωγής και φόρτωσης των modules.

Στη συνέχεια, αφού έχει υπολογιστεί ο χρόνος των συνολικών stop παραγωγής ανά ώρα λειτουργίας σαν άθροισμα των τριών επιμέρους δεικτών (σχέση 4.1), μπορεί εύκολα να υπολογιστεί ο «νεκρός» χρόνος στο σύνολο της βάρδιας των 6 ωρών :

$$\Sigma\Delta\Lambda = 7.35 \text{ min stop /h λειτουργίας} * 6 \text{ h} = 44.1 \text{ min stop / βάρδια}$$



Σχήμα 4.6: Συγκεντρωτικός Δείκτης Λειτουργικότητας έτους 2020

Για το έτος 2020 παρατηρείται (Σχ.4.6) ότι κατά τον μήνα Δεκέμβριο ο ΣΔΛ αποκτά την μέγιστη τιμή του για το σύνολο του εξοπλισμού με 21.72% ή 13.03 min stop /h λειτουργίας ,την μικρότερη τιμή του κατά τον μήνα Σεπτέμβριο με 5.61% ή 3.36 min stop /h λειτουργίας , ενώ ο Μ.Ο του έτους κυμαίνεται στο 11.94% ή 7.16 min stop /h

λειτουργίας. Ομοίως και εδώ οι μεταβολές του διαγράμματος δείχνουν την αύξηση της τιμής του δείκτη για τους θερινούς μήνες όπως το 2019 και επιπλέον την μέγιστη τιμή του δείκτη κατά τον μήνα εορτών (Δεκέμβριο) λόγω της αύξησης κατανάλωσης εμπορικών κυρίως υλικών (συσκευασίες δώρων) αλλά και τροφίμων.

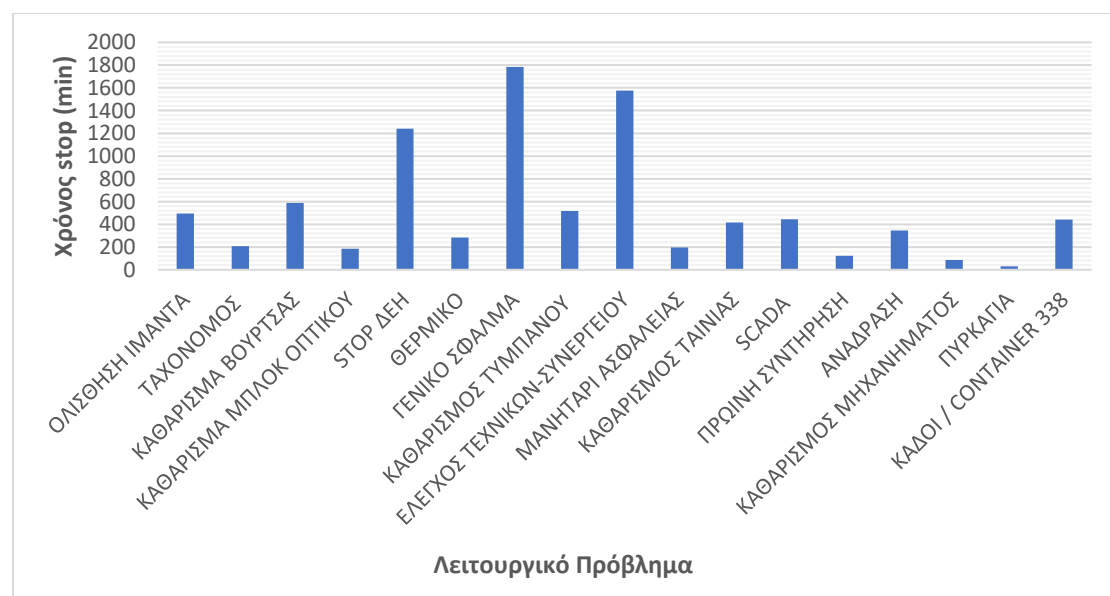
Για το 2020 ο «νεκρός» χρόνος στο σύνολο της βάρδιας των 6 ωρών είναι:

$$\Sigma\Delta\Lambda = 7.16 \text{ min stop /h λειτουργίας} * 6 \text{ h} = 42.96 \text{ min stop / βάρδια}$$

Συγκρίνοντας τις τιμές του ΣΔΛ για τα παραπάνω έτη , παρατηρείται ότι κυμαίνονται περίπου στο ίδιο επίπεδο με μια μικρή μείωση για το έτος 2020 η οποία συνεπάγεται αύξηση του χρόνου παραγωγή κατά 1.5 λεπτό περίπου ανά βάρδια λειτουργίας.

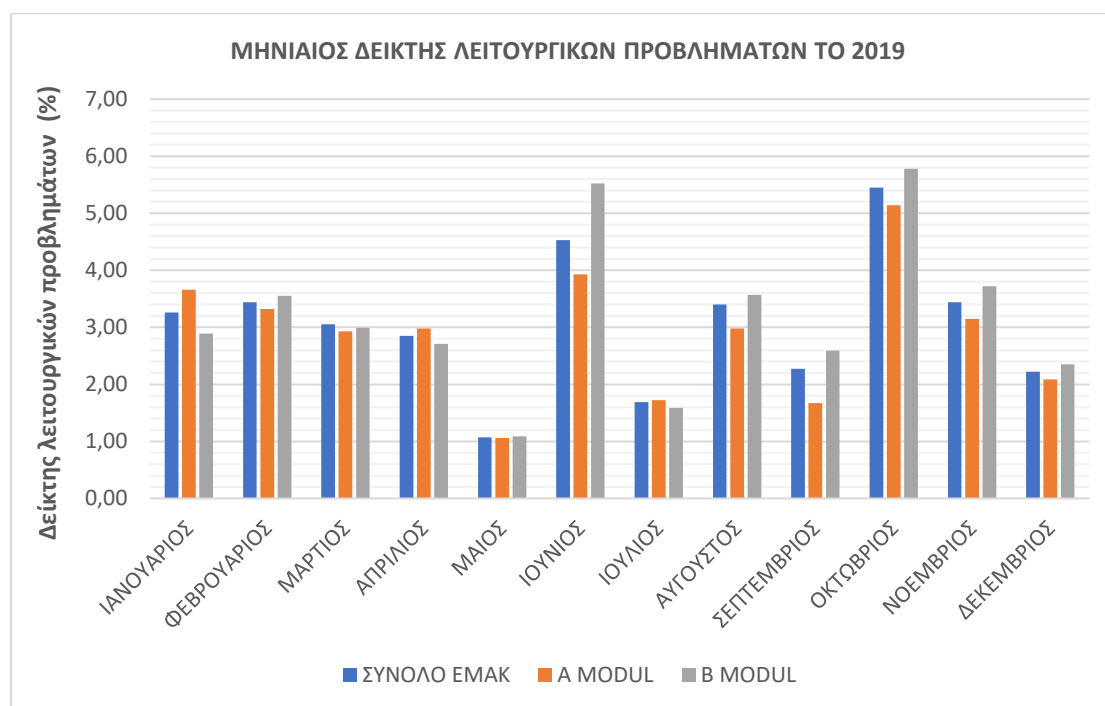
4.2.1 Δείκτης Λειτουργικών Προβλημάτων

Ο δείκτης λειτουργικών προβλημάτων περιλαμβάνει όλα τα stop της παραγωγικής διαδικασίας που οφείλονται σε λειτουργικά προβλήματα όπως θερμικά σφάλματα σε μοτέρ, emergency stop, ταχονόμοι ταινιοδρόμων, καθαρισμοί εξοπλισμού εν ώρα παραγωγής, επεμβάσεις και διορθώσεις τεχνικών εν ώρα λειτουργίας, stop ΔΕΗ κ.λπ. Στο Σχήμα 4.7 δίνεται η κατανομή του χρόνου σταματήματος της παραγωγής (stop) ανά κατηγορία λειτουργικού προβλήματος για το έτος 2020.



Σχήμα 4.7: Κατανομή χρόνου stop παραγωγής βάση λειτουργικών προβλημάτων έτους 2020

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι μεγαλύτερος χρόνος stop της παραγωγής εξαιτίας των λειτουργικών προβλημάτων για το έτος 2020 οφειλόταν στα «γενικά σφάλματα» με 1800min ή 30 ώρες, στους «ελέγχους των τεχνικών» με 1576min ή 26 ώρες και στις διακοπές της Δ.Ε.Η με 1240min ή 21 ώρες.



Σχήμα 4.8: Δείκτης λειτουργικών προβλημάτων έτους 2019

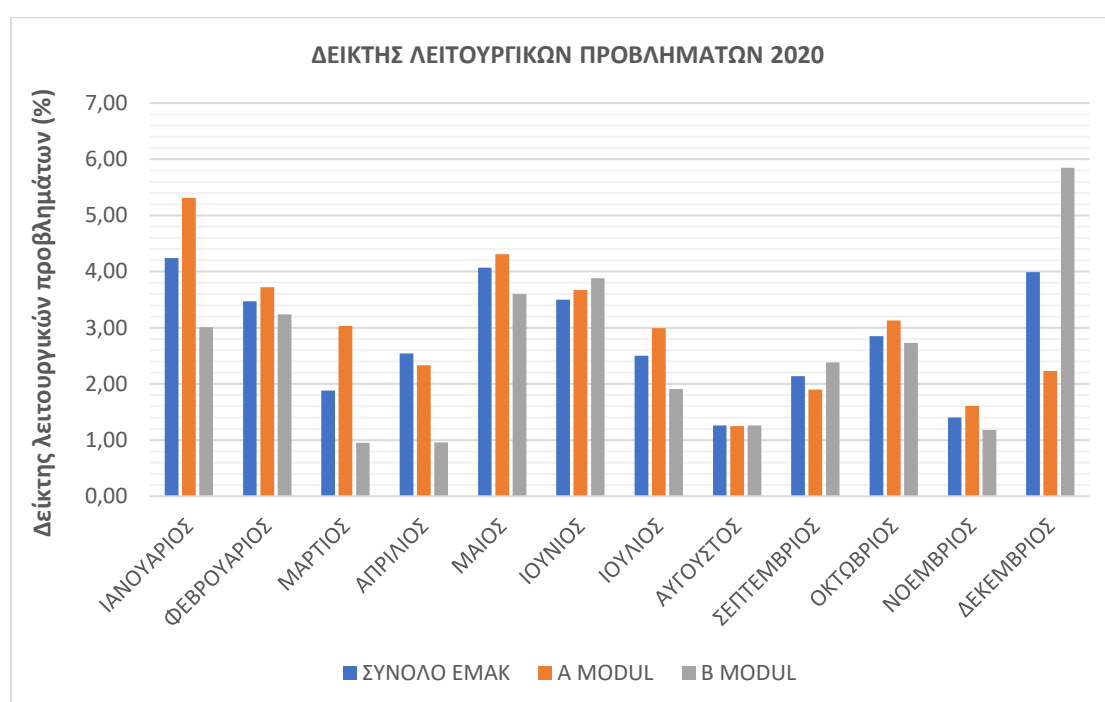
Στο Σχήμα 4.8 δίνεται ο δείκτης λειτουργικών προβλημάτων που υπολογίστηκε ως ποσοστό του χρόνου διάρκειας των λειτουργικών προβλημάτων ως προς τον διατιθέμενο χρόνο λειτουργίας. Ο δείκτης υπολογίστηκε ανά τμήμα του εργοστασίου (Module A, Module B) και για τα δυο τμήματα συνολικά .

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα (Σχ.4.8) για το έτος 2019 παρατηρείται ότι κατά τον μήνα Οκτώβριο ο δείκτης λειτουργικών προβλημάτων του συνόλου του εξοπλισμού αποκτά την μέγιστη τιμή του με 5.45% ή 3.27 min stop /h λειτουργίας, την μικρότερη τιμή του κατά τον μήνα Μάιο με 1.07% ή 0.64 min stop /h λειτουργίας, ενώ ο Μ.Ο του έτους κυμαίνεται στο 3.06% ή 1.8 min stop /h λειτουργίας. Οι μεταβολές του διαγράμματος και η μέγιστη τιμή του δείκτη για τον μήνα Οκτώβριο μπορεί να ερμηνευτεί από τα αυξημένα προβλήματα ολισθήσεων και εκφυγών των ιμάντων μεταφοράς των ταινιοδρόμων και τους συχνούς καθαρισμούς των τυμπάνων

κίνησης που ήταν απαραίτητοι λόγω της αυξημένης εμπεριεχόμενης υγρασίας των υλικών προς επεξεργασία.

Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι όπως και στον ΣΔΛ μπορεί εύκολα να υπολογιστεί ο «νεκρός» χρόνος παραγωγής ανά δωρη βάρδια λειτουργίας της μονάδας για το 2019 που οφείλεται στα λειτουργικά προβλήματα όπως φαίνεται παρακάτω :

*Χρόνος stop λόγω λειτουργικών προβλημάτων = 1.8 min stop /h λειτουργίας * 6 h βάρδιας = 10.8 min stop / βάρδια*



Σχήμα 4.9: Δείκτης λειτουργικών προβλημάτων έτους 2020

Ομοίως και για το έτος 2020 παρατηρείται (Σχ.4.9) ότι κατά τον μήνα Ιανουάριο ο δείκτης λειτουργικών προβλημάτων του συνόλου του εξοπλισμού αποκτά την μέγιστη τιμή του 4.24% ή 2.55 min stop /h λειτουργίας, την μικρότερη τιμή του κατά τον μήνα Αύγουστο με 1.26% ή 0.75 min stop /h λειτουργίας , ενώ ο Μ.Ο του έτους κυμαίνεται στο 2.82% ή 1.7 min stop /h λειτουργίας . Οι μεταβολές του διαγράμματος και η μέγιστη τιμή του δείκτη για τον μήνα Ιανουάριο μπορεί να ερμηνευτεί από τους τακτικούς ελέγχους των τεχνικών (ηλεκτρολόγων) στα δύο modules λόγω των συχνών stop της ΔΕΗ και των διαδικασιών επανεκκίνησης της παραγωγικής διαδικασίας.

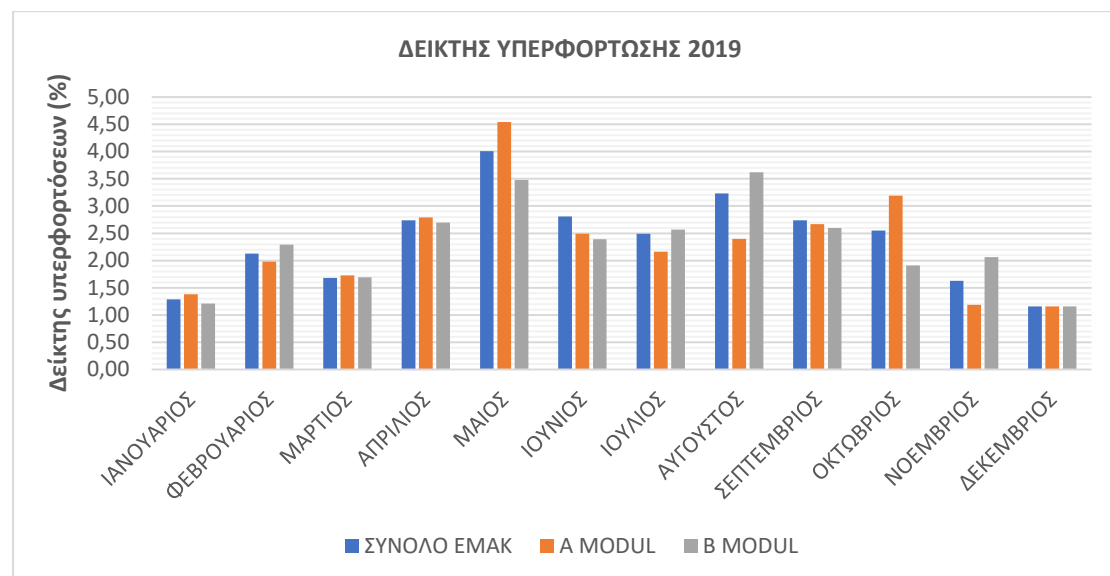
Όπως υπολογίστηκε και για το 2019 έτσι και εδώ ισχύει :

$\text{Χρόνος stop λόγω λειτουργικών προβλημάτων} = 1.7 \text{ min stop /h λειτουργίας} * 6 \text{ h βάρδια} = 10.2 \text{ min stop / βάρδια}$

Συγκρίνοντας τις τιμές του δείκτη λειτουργικών προβλημάτων για τα παραπάνω έτη , παρατηρείται ότι κυμαίνονται περίπου στο ίδιο επίπεδο με μια μικρή μείωση για το έτος 2020.

4.2.2 Δείκτης Υπερφορτώσεων Εξοπλισμού

Ο δείκτης υπερφορτώσεων περιλαμβάνει όλα τα stop της παραγωγικής διαδικασίας που οφείλονται σε σημειακές υπερφορτώσεις κατά την ροή μάζας εντός της μηχανικής διαλογής (μπουκώματα του εξοπλισμού εν ώρα παραγωγής). Στο Σχήμα 4.10 δίνεται η μεταβολή του δείκτη για το 2019 για τα τμήματα A και B (Module A, Module B)

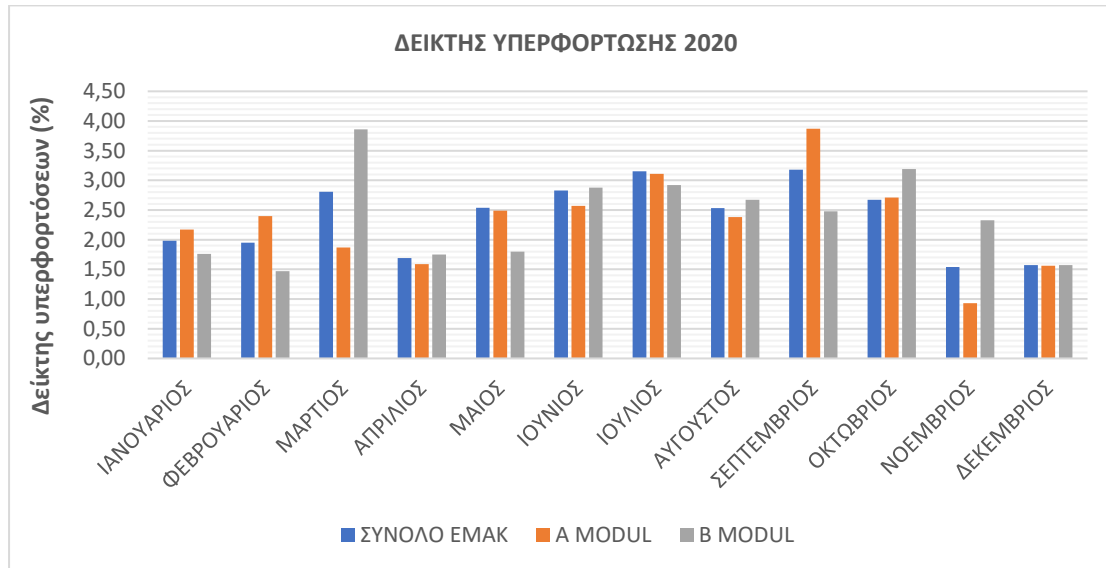


Σχήμα 4.10: Δείκτης Υπερφορτώσεων εξοπλισμού έτους 2019

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα (Σχ.4.10) για το έτος 2019 παρατηρείται ότι κατά τον μήνα Μάιο ο δείκτης υπερφορτώσεων του συνόλου του εξοπλισμού αποκτά την μέγιστη τιμή του με 4.01% ή 2.4 min stop /h λειτουργίας, την μικρότερη τιμή του κατά τον μήνα Δεκέμβριο με 1.16% ή 0.7 min stop /h λειτουργίας, ενώ ο Μ.Ο του έτους κυμαίνεται στο 2.37% ή 1.42 min stop /h λειτουργίας. Ο δείκτης υπολογίστηκε ανά τμήμα του εργοστασίου (Module A, Module B) και για τα δυο τμήματα συνολικά

Ο «νεκρός» χρόνος παραγωγής ανά 6ωρη βάρδια λειτουργίας της μονάδας για το 2019 που οφείλεται στις υπερφορτώσεις εξοπλισμού είναι:

$\text{Χρόνος stop λόγω υπερφορτώσεων} = 1.42 \text{ min stop /h λειτουργίας} * 6 \text{ h βάρδιας} = 8.52 \text{ min stop / βάρδια}$



Σχήμα 4.11: Δείκτης Υπερφορτώσεων εξοπλισμού έτους 2020

Ομοίως και για το έτος 2020 παρατηρείται (Σχ.4.11) ότι κατά τον μήνα Σεπτέμβριο ο δείκτης υπερφορτώσεων του συνόλου του εξοπλισμού αποκτά την μέγιστη τιμή του με 3.18% ή 1.9 min stop /h λειτουργίας, την μικρότερη τιμή του κατά τον μήνα Νοέμβριο με 1.54% ή 0.9 min stop /h λειτουργίας, ενώ ο Μ.Ο του έτους κυμαίνεται στο 2.37% ή 1.42 min stop /h λειτουργίας.

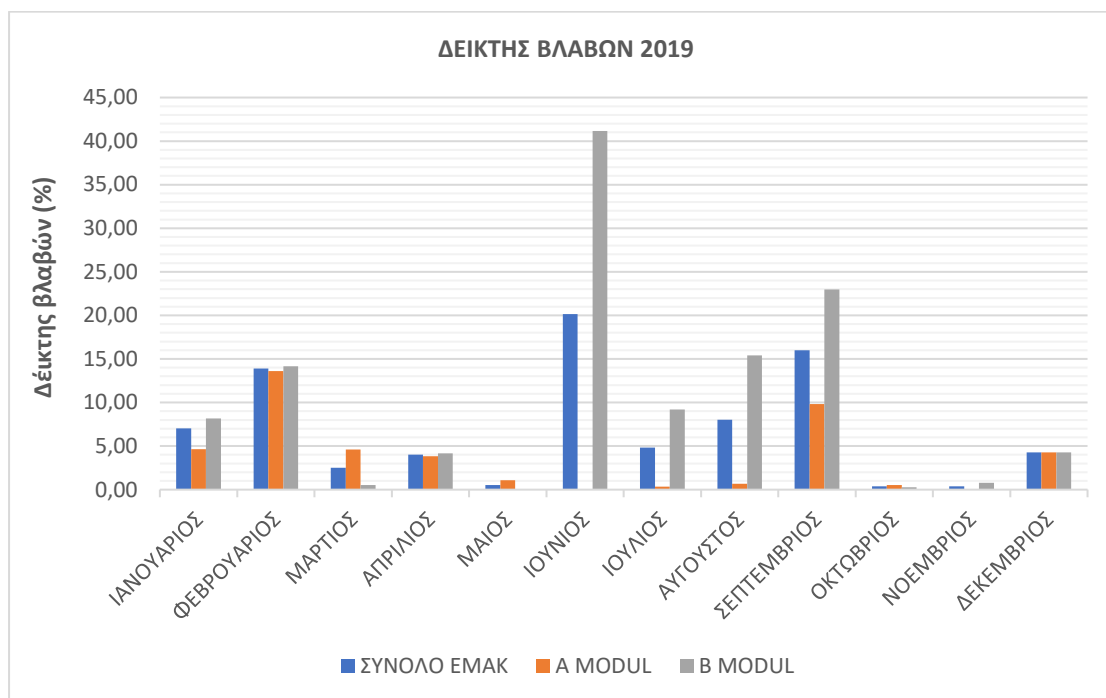
Όπως υπολογίστηκε και για το 2019 έτσι και εδώ ισχύει :

$\text{Χρόνος stop λόγω υπερφορτώσεων εξοπλισμού} = 1.42 \text{ min stop /h λειτουργίας} * 6 \text{ h βάρδιας} = 8.52 \text{ min stop / βάρδια}$

Συγκρίνοντας τις τιμές του δείκτη λειτουργικών προβλημάτων για τα παραπάνω έτη, παρατηρείται ότι κυμαίνονται στο ίδιο ακριβώς επίπεδο.

4.3 Συντελεστής ή Δείκτης Βλαβών

Σύμφωνα με την παράγραφο §2.7.9 ο δείκτης ή συντελεστής βλάβης εξοπλισμού του ΕΜΑΚ που προκύπτει από τα δεδομένα καταγραφών για το 2019 και 2020 είναι αυτός που φαίνεται στα σχήματα 4.9 και 4.10 αντίστοιχα.

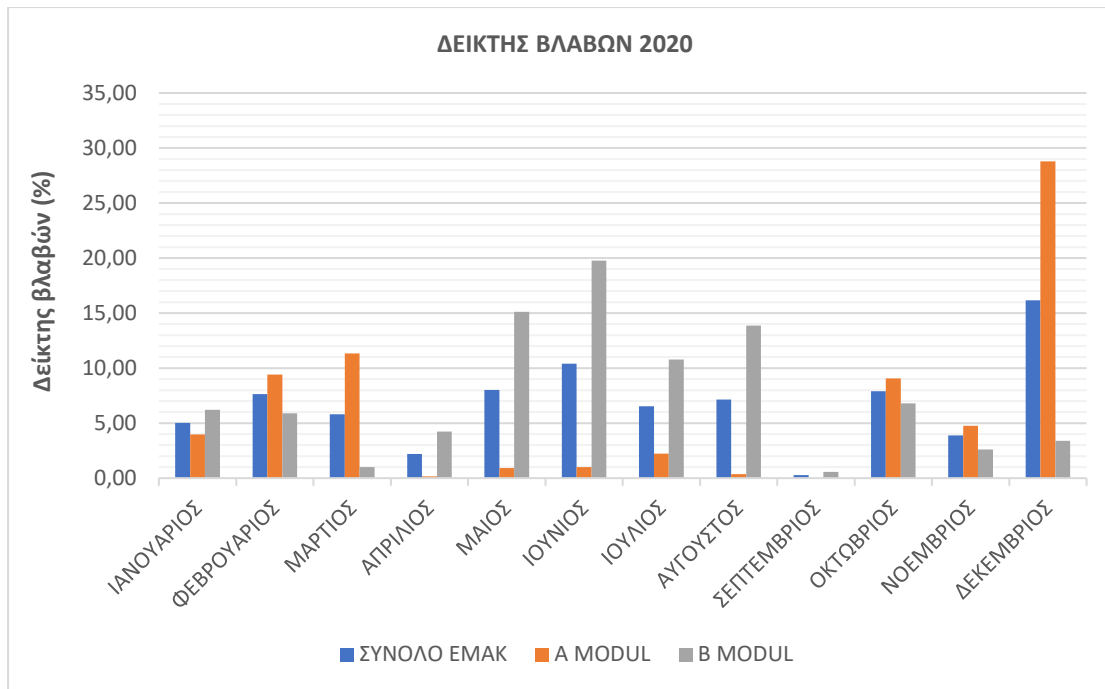


Σχήμα 4.12: Δείκτης Βλαβών εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2019

Σύμφωνα με το διάγραμμα του (Σχ.4.12) ο δείκτης βλαβών του συνόλου εξοπλισμού του ΕΜΑΚ για το έτος 2019 έχει την χαμηλότερη τιμή με 0.39% ή 0.23 min stop / h λειτουργίας κατά τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο (μηδενικές βλάβες στον εξοπλισμό), την μεγαλύτερη τιμή του, την συναντάμε κατά τον μήνα Ιούνιο με 20.15 ή 12.09 min stop / h λειτουργίας, ενώ ο Μ.Ο του έτους κυμαίνεται στο 6.83% ή 4.1 min stop / h λειτουργίας. Ο δείκτης υπολογίστηκε ανά τμήμα του εργοστασίου (Module A, Module B) και για τα δυο τμήματα συνολικά

Ομοίως όπως και στον ΣΔΛ μπορεί εύκολα να υπολογιστεί ο «νεκρός» χρόνος παραγωγής ανά 6ωρη βάρδια λειτουργίας της μονάδας για το 2019 που οφείλεται αποκλειστικά στις βλάβες του εξοπλισμού όπως φαίνεται παρακάτω :

*Χρόνος stop λόγω βλαβών = 4.1 min stop / h λειτουργίας * 6 h = 24.6 min stop / βάρδια*



Σχήμα 4.13 : Δείκτης Βλαβών εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2020

Αντίστοιχα για το έτος 2020 (Σχ.4.13) η χαμηλότερη τιμή του δείκτη βλαβών παρατηρείται κατά τον μήνα Σεπτέμβριο με 0.29% που και εδώ μεταφράζεται σαν σχεδόν μηδενικές βλάβες του εξοπλισμού, η υψηλότερη βρίσκεται στον μήνα Δεκέμβριο με 16.16% ή 9.7 min stop / h λειτουργίας, ενώ ο Μ.Ο του έτους κυμαίνεται στο 6.75% ή 4.05 min stop / h λειτουργίας της παραγωγής λόγω βλαβών του εξοπλισμού.

Όπως υπολογίστηκε και για το 2019 έτσι και εδώ ισχύει :

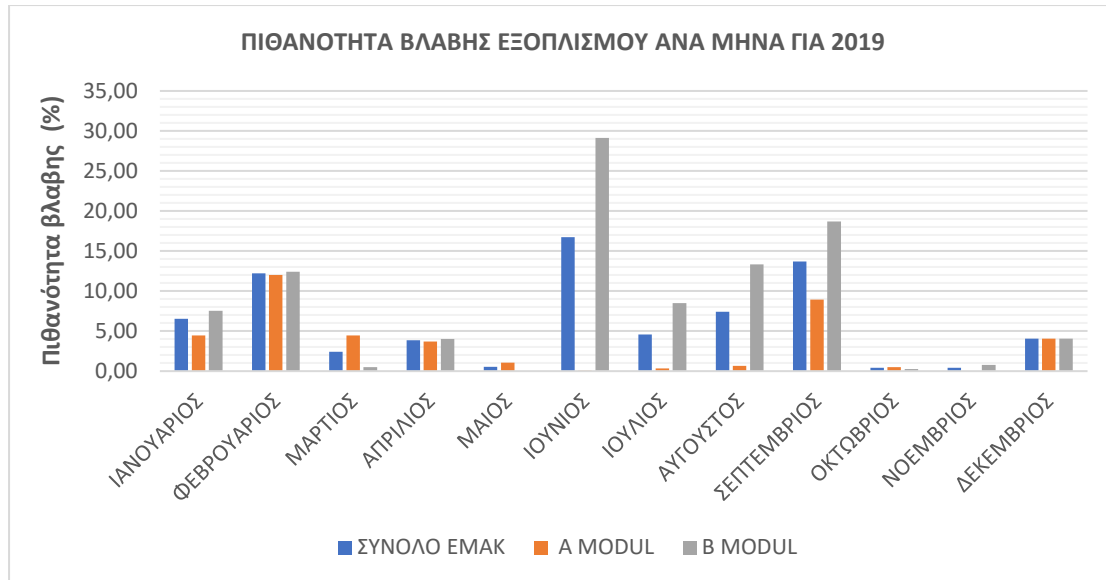
$$\text{Χρόνος stop λόγω βλαβών} = 4.05 \text{ min stop / h λειτουργίας} * 6 \text{ h} = 24.3 \text{ min stop / βάρδια}$$

Συγκρίνοντας τις τιμές του δείκτη βλαβών του συνόλου εξοπλισμού για τα παραπάνω έτη, παρατηρείται ότι κυμαίνονται περίπου ίδιο ακριβώς επίπεδο με μια ελαφριά πτώση για το έτος 2020.

4.4 Πιθανότητα Βλάβης

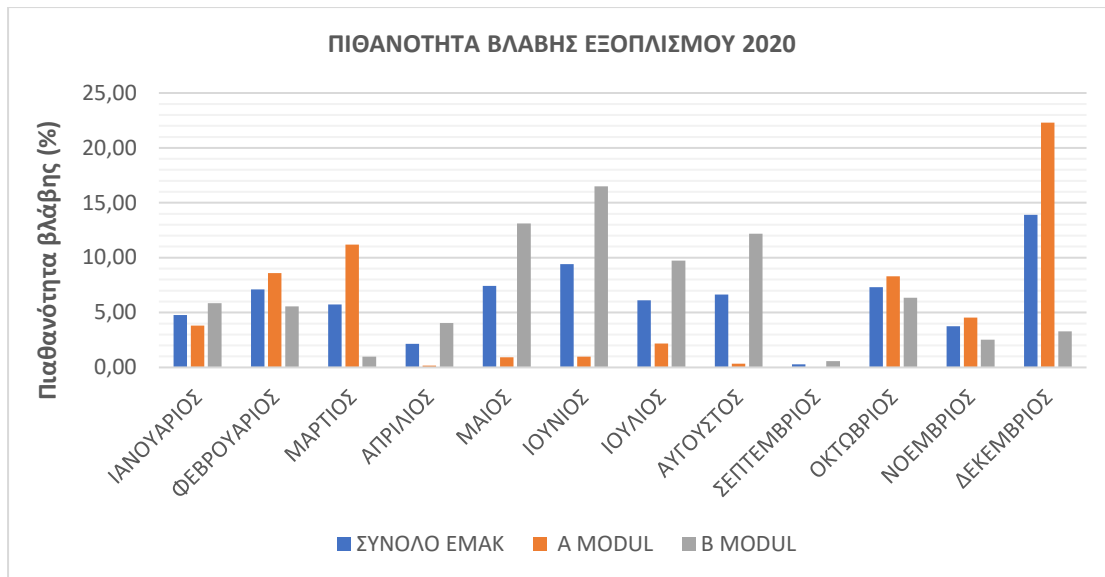
Σύμφωνα με την παράγραφο §2.7.11 η πιθανότητα βλάβης εξοπλισμού του ΕΜΑΚ που προκύπτει από τα δεδομένα καταγραφών για το 2019 και 2020 είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα 4.14 και 4.15 αντίστοιχα. Η πιθανότητα βλάβης του εξοπλισμού προκύπτει

από τον λόγο $\frac{K}{1+K}$ όπου Κ είναι ο υπολογισμένος δείκτης βλαβών και υπολογίστηκε ανά τμήμα του εργοστασίου (Module A, Module B) και για τα δυο τμήματα συνολικά.



Σχήμα 4.14: Πιθανότητα Βλάβης εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2019

Όπως παρατηρείται στο παραπάνω διάγραμμα (Σχ.4.14) η πιθανότητα βλάβης για το σύνολο του εξοπλισμού του ΕΜΑΚ (που προκύπτει σαν μέσος όρος της πιθανότητας βλάβης εξοπλισμού των δύο module παραγωγής) για το έτος 2019 έχει την χαμηλότερη τιμή με 0.40% κατά τον μήνα Οκτώβριο, την μεγαλύτερη τιμή της 16.73 % τον Ιούνιο στο, ενώ ο Μ.Ο του έτους είναι 6.07%.



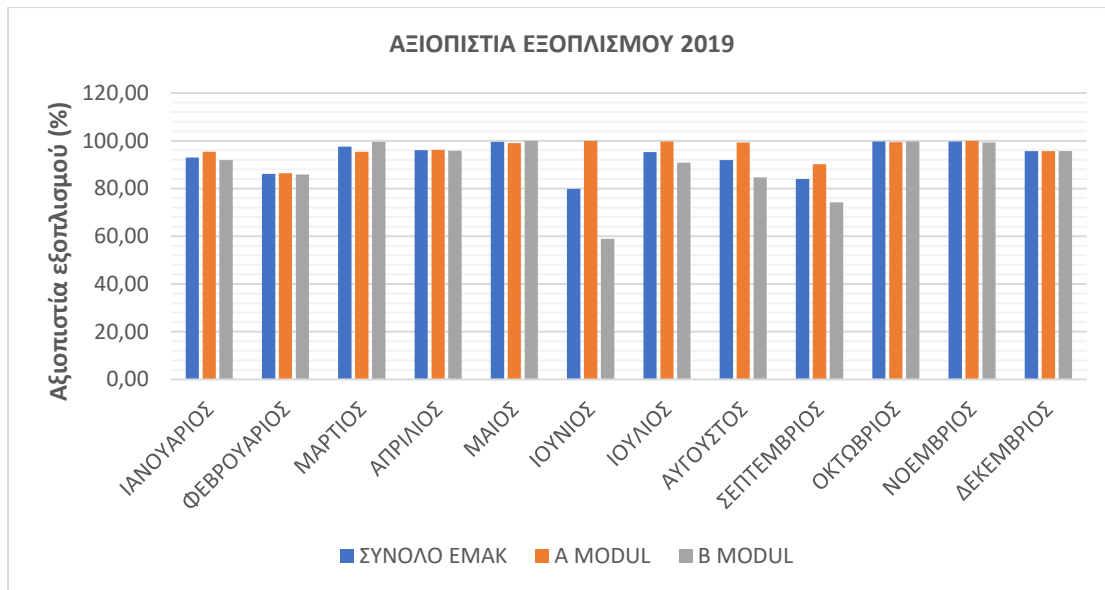
Σχήμα 4.15: Πιθανότητα Βλάβης εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2020

Αντίστοιχα για το έτος 2020 (Σχ.4.15) η χαμηλότερη τιμή παρατηρείται κατά τον μήνα Σεπτέμβριο με 0.28% ,η υψηλότερη βρίσκεται στον μήνα Δεκέμβριο με 13.91% ενώ ο Μ.Ο του έτους είναι 6.22%.

Συγκρίνοντας τις τιμές για τα δύο έτη παρατηρείται ότι η πιθανότητα βλάβης του εξοπλισμού κυμαίνεται στο ίδιο περίπου επίπεδο (6.07% και 6.22%).

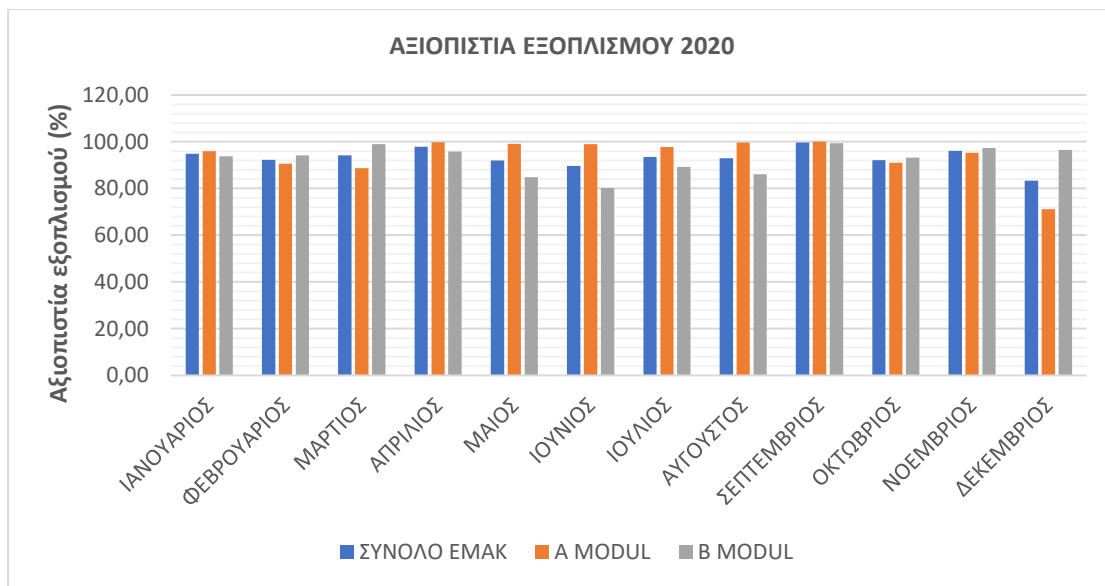
4.5 Αξιοπιστία εξοπλισμού

Σύμφωνα με την παράγραφο §2.7.6 η αξιοπιστία εξοπλισμού του ΕΜΑΚ που προκύπτει από τα δεδομένα καταγραφών για το 2019 και 2020 είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα 4.16 και 4.17 αντίστοιχα. Η αξιοπιστία εξοπλισμού σαν μέγεθος προκύπτει από την σχέση $R = 1 - \text{Δείκτης βλαβών}$. Όπου ο δείκτης βλαβών υπολογίζεται σύμφωνα με την παράγραφο §2.7.9. Επομένως η κάθε τιμή της αξιοπιστίας εξοπλισμού που φαίνεται στα (Σχ. 4.16 και 4.17) είναι το αποτέλεσμα της διαφοράς από τον υπολογισμένο δείκτη βλαβών και της μονάδας δηλαδή του εξοπλισμού χωρίς βλάβες. Η αξιοπιστία εξοπλισμού υπολογίστηκε ανά τμήμα του εργοστασίου (Module A, Module B) και για τα δυο τμήματα συνολικά.



Σχήμα 4.16: Αξιοπιστία Εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2019

Όπως παρατηρείται στο παραπάνω διάγραμμα (Σχ.4.16) η αξιοπιστία για το σύνολο του εξοπλισμού του ΕΜΑΚ (που προκύπτει σαν μέσος όρος της αξιοπιστίας εξοπλισμού των δύο module παραγωγής) για το έτος 2019 έχει την χαμηλότερη τιμή με 79.8% κατά τον μήνα Ιούνιο , την μεγαλύτερη τιμή της, την συναντάμε κατά τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο στο 99.6 % , ενώ ο Μ.Ο του έτους είναι 93.16%. Αξιοσημείωτο είναι εδώ ότι οι τιμές που προέκυψαν για την αξιοπιστία του εξοπλισμού ήταν οι αναμενόμενες αφού συμβαδίζουν με τον συντελεστή βλάβης και την πιθανότητα βλάβης, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα των σχημάτων 4.12 και 4.14. Τους μήνες όπου οι βλάβες του εξοπλισμού είναι σχεδόν μηδενικές, όπως τον Οκτώβριο και Νοέμβριο, έχουμε την μέγιστη αξιοπιστία εξοπλισμού, ενώ τους μήνες με μεγάλο συντελεστή βλάβης όπως ο Ιούνιος (λόγω τουριστικής περιόδου αυξάνεται ο όγκος παραγωγής των δύο modules με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν πιο συχνά βλάβες) έχουμε την αντίστοιχη μείωση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού.



Σχήμα 4.17 :Αξιοπιστία Εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2020

Αντίστοιχα για το έτος 2020 (Σχ.4.17) η χαμηλότερη τιμή της αξιοπιστίας εξοπλισμού παρατηρείται κατά τον μήνα Δεκέμβριο με 83.3% , η υψηλότερη βρίσκεται στον μήνα Σεπτέμβριο με 99.71%, ενώ ο Μ.Ο του έτους είναι 93.2%.

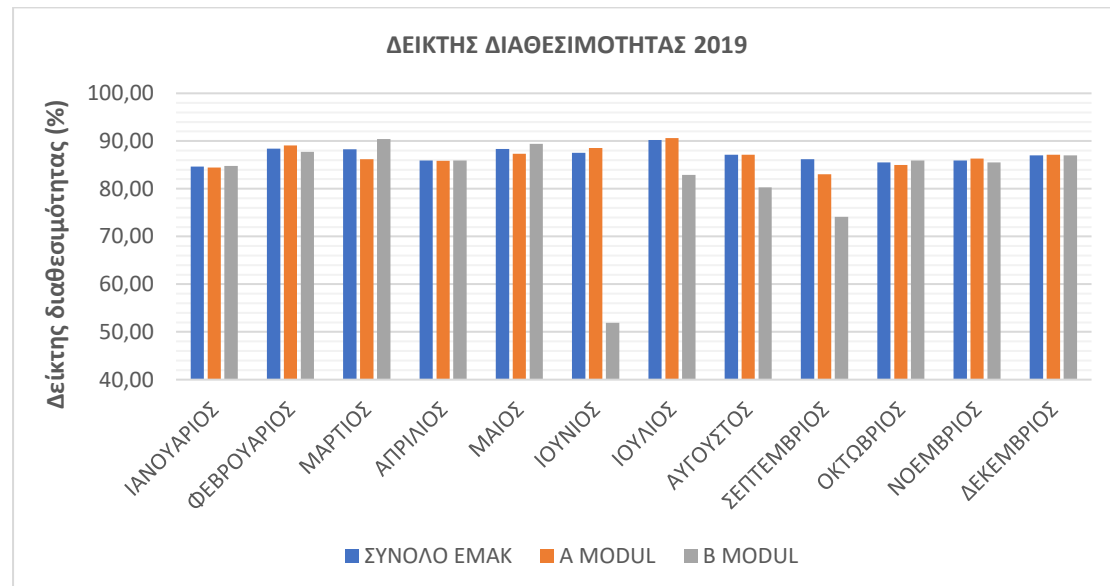
Ομοίως και εδώ όπως παρατηρήθηκε και για το έτος 2019 και φαίνεται στα διαγράμματα των σχημάτων 4.13 και 4.15 τους μήνες όπου οι βλάβες του εξοπλισμού είναι σχεδόν μηδενικές, όπως τον Σεπτέμβριο, έχουμε την μέγιστη αξιοπιστία εξοπλισμού, ενώ τους μήνες με μεγάλο συντελεστή βλάβης και πιθανότητα βλάβης, όπως ο Δεκέμβριος, έχουμε την αντίστοιχη μείωση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού.

Συγκρίνοντας τις τιμές της αξιοπιστίας εξοπλισμού για τα δύο έτη παρατηρείται ότι κυμαίνεται στο ίδιο σχεδόν υψηλό επίπεδο (93.1% και 93.2%).

4.6 Δείκτης Διαθεσιμότητας (Πιθανότητα Παραγωγικής Λειτουργίας)

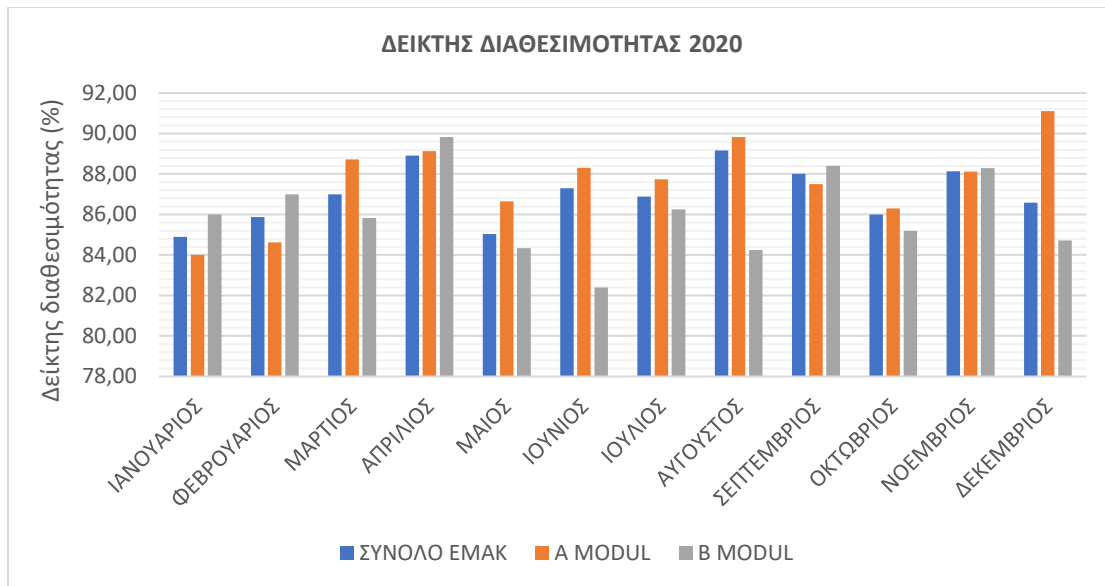
Σύμφωνα με την παράγραφο §2.7.10 η πιθανότητα παραγωγικής λειτουργίας ή ο δείκτης διαθεσιμότητας του συνόλου εξοπλισμού του ΕΜΑΚ που προκύπτει από τα δεδομένα καταγραφών για το 2019 και 2020 είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα 4.18 και 4.19 αντίστοιχα. Ο συγκεκριμένος δείκτης προκύπτει από τον ημερήσιο χρόνο «καθαρό» χρόνο της παραγωγής (χρόνος χωρίς σταματήματα) προς τον συνολικά διαθέσιμο χρόνο της παραγωγικής διαδικασίας (αρχικό start έως τελικό stop των

modules παραγωγής).Ο δείκτης διαθεσιμότητας υπολογίστηκε ανά τμήμα του εργοστασίου (Module A, Module B) και για τα δυο τμήματα συνολικά.



Σχήμα 4.18 :Δείκτης Διαθεσιμότητας Εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2019

Όπως παρατηρείται στο παραπάνω διάγραμμα (Σχ.4.18) ο δείκτης διαθεσιμότητας για το σύνολο του εξοπλισμού του ΕΜΑΚ (που προκύπτει σαν μέσος όρος του δείκτη διαθεσιμότητας εξοπλισμού των δύο module παραγωγής) για το έτος 2019 έχει την χαμηλότερη τιμή με 84.64% κατά τον μήνα Ιανουάριο, την μεγαλύτερη τιμή του, την συναντάμε κατά τους μήνα Ιούλιο στο 90.2% , ενώ ο Μ.Ο του έτους είναι 87%.



Σχήμα 4.19 :Δείκτης Διαθεσιμότητας Εξοπλισμού ΕΜΑΚ για το έτος 2020

Αντίστοιχα για το έτος 2020 (Σχ.4.19) η χαμηλότερη τιμή του δείκτη διαθεσιμότητας εξοπλισμού παρατηρείται κατά τον μήνα Ιανουάριο με 84.9%, η υψηλότερη βρίσκεται στον μήνα Αύγουστο με 89.16% ,ενώ ο Μ.Ο του έτους κυμαίνεται στο 87%.

Συγκρίνοντας τις τιμές του δείκτη διαθεσιμότητας εξοπλισμού για τα δύο έτη παρατηρείται ότι κυμαίνεται στο ίδιο επίπεδο του 87%. Σύμφωνα με αυτά που αναφέρθηκαν στην παράγραφο §2.7.5 για τις ιδανικές τιμές (κάτω όρια) των δεικτών (Nakajima, 1988), η τιμή για διαθεσιμότητα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 90%. Επομένως ο δείκτης διαθεσιμότητας της μονάδας χρήζει βελτίωσης για να φτάσει τα επιθυμητά ποσοστά.

4.7 Ρυθμός βλαβών

Σύμφωνα με την παράγραφο §2.7.12 και τα δεδομένα του (Πιν.4.22) ο ρυθμός βλάβης για το έτος 2019 όπως προκύπτει από την σχέση 2.7.9 είναι :

$$\lambda = \frac{r}{T} = \frac{82 \text{ (ΒΛΑΒΕΣ ΕΤΟΥΣ 2019)}}{5147 \text{ (ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ)}} \times 1000 \text{ ώρες} = 16 \text{ βλάβες} / 1000 \text{ ώρες λειτουργίας}$$

Αντίστοιχα για το έτος 2020 ισχύει :

$$\lambda = \frac{r}{T} = \frac{99 \text{ (ΒΛΑΒΕΣ ΕΤΟΥΣ 2020)}}{5861 \text{ (ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ)}} = 17 \text{ βλάβες} / 1000 \text{ ώρες λειτουργίας}$$

Συγκρίνοντας τις τιμές του ρυθμού βλαβών εξοπλισμού για τα δύο έτη παρατηρείται ότι κυμαίνονται σχεδόν στο ίδιο επίπεδο με μια μικρή αύξηση για το έτος 2020.

4.8 Ολική Αποτελεσματικότητα Εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness, OEE)

Σύμφωνα με αυτά που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο §2.7.3 υπολογίστηκε η Ολική Αποτελεσματικότητα Εξοπλισμού (OEE) του ΕΜΑΚ για τα έτη 2019 και 2020 για κάθε ένα από τα υλικά των δύο ρευμάτων που επεξεργάζεται το εργοστάσιο (απορρίμματα από τον μπλε και πράσινο κάδο). Να σημειωθεί εδώ ότι ο βαθμός διαθεσιμότητας για τον υπολογισμό της OEE είναι αυτός που υπολογίστηκε και αναφέρθηκε στην παράγραφο §4.6 ενώ ο υπολογισμός του βαθμού ποιότητας και απόδοσης έγινε με την χρήση των δεδομένων του Excel για την συγκέντρωση του ετήσιου συνόλου παραγωγής και επεξεργασίας των δυο ρευμάτων (Μπλε και Πράσινος κάδος) (Εικ. 4.20) και των στοιχείων παραγωγικής διαδικασίας από την βάση δεδομένων του ζυγιστηρίου της μονάδας (Εικ. 4.21).

Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα Αναθεώρηση Προβολή Βοήθεια Πείτε μου τι θέλετε να κάνετε													
R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΛΙΚΩΝ (tn)													
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ
ΜΠΛΕ ΚΑΔΟΣ	1077,41	614,92	612,89	764,24	613,84	818,96	803,38	681,40	731,95	832,12	872,21	892,89	9316,21
ΠΡΑΣΙΝΟΣ ΚΑΔΟΣ	1336,28	900,42	0,00	0,00	1532,85	1585,44	2153,70	1299,72	1102,72	1198,80	1705,12	1163,54	13978,59
ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	
ΜΠΛΕ ΚΑΔΟΣ	1208,08	1140,37	1155,95	1007,11	1150,05	1160,21	1370,21	1338,25	1453,91	1407,79	1190,22	1165,87	14748,02
ΠΡΑΣΙΝΟΣ ΚΑΔΟΣ	1522,36	1220,68	545,90	142,69	1861,84	1630,73	2409,79	1698,49	1575,03	1340,48	1197,19	1655,08	16800,26
ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ ΧΡΟΝΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Ε.Μ.Α.Κ. (min)													
	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΥΣ
ΜΙΚΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	26613,00	20290,00	19781,00	25289,00	33869,00	32466,00	31210,00	34371,00	33661,00	32789,00	25784,00		351809,00
ΩΡΕΣ (hr)	443,55	338,00	329,60	421,00	564,00	541,00	594,00	520,00	573,00	561,00	546,48	429,73	5861,37
	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	
ΚΑΘΑΡΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	22562,00	17393,00	17124,00	22318,00	28680,00	28286,00	30935,00	27757,00	30202,00	28968,00	28867,00	22190,00	305282,00
ΩΡΕΣ (hr)	376,03	289,80	285,40	372,00	478,00	471,00	515,00	463,00	503,00	483,00	481,12	369,83	5087,18

Εικόνα 4.20: Φύλλο Excel καταγραφής ετήσιου συνόλου επεξεργασμένων υλικών και των δύο ρευμάτων (Μπλε και Πράσινου κάδου)

Άθροισμα από ΚΙΛΑ Ετικέτες γραμμής R.D.F.	Ετικέτες στήλης 2019	2020	Γενικό Άθροισμα
	184.930	150.520	335.450
Γ ΦΑΣΗ ΧΥΤΑ		45.610	45.610
ΥΠΟΔΟΧΗ		3.300	3.300
ΧΥΤΑ	184.930	101.610	286.540
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ	17.926.321	14.849.460	32.775.781
ΑΠΟΡΗΚΗ	317.690	33.360	351.050
ΠΛΑΤΕΙΑ ΟΓΚΩΔΩΝ		330	330
ΥΠΟΔΟΧΗ	17.600.661	14.815.779	32.416.431
ΧΥΤΑ	7.970		7.970
ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΑ	1.220.110	1.207.850	2.427.960
Γ ΦΑΣΗ ΧΥΤΑ		480.300	480.300
ΥΠΟΔΟΧΗ	21.520	6.690	28.210
ΧΥΤΑ	1.198.590	720.860	1.919.450
ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΣΥΜΜΕΙΚΤΟΥ	95.580	188.990	284.570
Γ ΦΑΣΗ ΧΥΤΑ		2.420	2.420
ΥΠΟΔΟΧΗ	95.580	186.570	282.150
ΕΥΜΕΓΕΘΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ	1.974.460	1.101.710	3.076.170
Γ ΦΑΣΗ ΧΥΤΑ		21.870	21.870
ΥΠΟΔΟΧΗ	1.919.060	1.063.620	2.982.680
ΧΥΤΑ	55.400	16.220	71.620
ΕΥΜΕΓΕΘΗ ΣΥΜΜΕΙΚΤΟΥ	612.700	733.570	1.346.270
Γ ΦΑΣΗ ΧΥΤΑ		352.730	352.730
ΧΥΤΑ	612.700	380.840	993.540
ΟΓΚΩΔΗ ΥΠΟΔΟΧΗΣ	911.720	913.640	1.825.360
Γ ΦΑΣΗ ΧΥΤΑ		287.900	287.900
ΧΥΤΑ	911.720	625.740	1.537.460
ΣΥΜΜΕΙΚΤΟ	84.307.365	70.292.260	154.599.625
Γ ΦΑΣΗ ΧΥΤΑ		21.294.421	21.294.421
ΥΠΟΔΟΧΗ	13.647.437	17.023.090	30.670.527
ΧΥΤΑ	70.659.928	31.974.749	102.634.677
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΝΑΚ/ΜΩΝ	6.668.410	5.484.960	12.153.370
Γ ΦΑΣΗ ΧΥΤΑ		2.244.670	2.244.670
ΥΠΟΔΟΧΗ	666.530	531.640	1.198.170
ΧΥΤΑ	6.001.880	2.708.650	8.710.530
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΩΝ	757.580	862.870	1.620.450
Γ ΦΑΣΗ ΧΥΤΑ		369.220	369.220
ΥΠΟΔΟΧΗ		23.410	23.410
ΧΥΤΑ	757.580	470.240	1.227.820
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΕΝΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ	96.510	109.640	206.150
Γ ΦΑΣΗ ΧΥΤΑ		49.100	49.100
ΧΥΤΑ	96.510	60.540	157.050
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΣΥΜΜΕΙΚΤΟΥ	5.729.780	6.128.220	11.858.000
Γ ΦΑΣΗ ΧΥΤΑ		2.764.400	2.764.400
ΥΠΟΔΟΧΗ	39.100	2.510	41.610
ΧΥΤΑ	5.690.680	3.361.310	9.051.990
Γενικό Άθροισμα	120.485.466	102.023.690	222.509.156

Εικόνα 4.21: Στοιχεία ετήσιας παραγωγικής διαδικασίας από την βάση δεδομένων του ζυγιστηρίου της μονάδας

Για το έτος 2019 υπολογίστηκε :

- Ανακύκλωση (μπλε κάδος)

$OEE = \text{Βαθμός Διαθεσιμότητας} \times \text{Βαθμός Απόδοσης} \times \text{Βαθμός Ποιότητας}$

$$OEE (\%) = 0.87 \times 0.17 \times 0.6 \times 100 = 8.8\%$$

- Σύμμεκτο (πράσινο κάδος)

$OEE (\%) = \text{Βαθμός Διαθεσιμότητας} \times \text{Βαθμός Απόδοσης} \times \text{Βαθμός Ποιότητας}$

$$OEE (\%) = 0.87 \times 0.57 \times 0.19 \times 100 = 9.5\%$$

Για το έτος 2020 υπολογίστηκε :

- Ανακύκλωση (μπλε κάδος)

$$OEE (\%) = \text{Βαθμός Διαθεσιμότητας} \times \text{Βαθμός Απόδοσης} \times \text{Βαθμός Ποιότητας}$$

$$OEE (\%) = 0.87 \times 0.12 \times 0.57 \times 100 = 5.9\%$$

- Σύμμεικτο (πράσινος κάδος)

$$OEE (\%) = \text{Βαθμός Διαθεσιμότητας} \times \text{Βαθμός Απόδοσης} \times \text{Βαθμός Ποιότητας}$$

$$OEE (\%) = 0.87 \times 0.46 \times 0.22 \times 100 = 8.7\%$$

Παρατηρώντας τις τιμές της OEE και για τα δύο έτη καταγραφής εξάγεται το συμπέρασμα ότι υπάρχουν αρκετά περιθώρια βελτίωσης όσο αφορά τους βαθμούς Απόδοσης και Ποιότητας και για τα δύο ρεύματα απορριμμάτων.

- Όσο αφορά τον μπλε κάδο (ανακύκλωση) θα πρέπει να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης δηλαδή να βελτιωθεί η ωριαία παροχή του υλικού σε σχέση με την παροχή σχεδιασμού, με ταυτόχρονη παρακολούθηση του δείκτη υπερφόρτωσης έτσι ώστε να αποφεύγονται πιθανές σημειακές υπερφορτώσεις των γραμμών και stop της παραγωγικής διαδικασίας. Σε αντίθεση ο βαθμός ποιότητας (ανάκτηση υλικού ανακύκλωσης) βρίσκεται σε καλό επίπεδο και για τα δυο έτη με περιθώρια βελτίωσης.
- Όσο αφορά τον πράσινο κάδο (σύμμεικτα απορρίμματα) θα πρέπει να αυξηθεί ο βαθμός ποιότητας του δηλαδή η ανάκτηση υλικού (εμπλουτισμός παραχθέντων προϊόντων) το οποίο μπορεί να επιτευχθεί με μια σειρά ενεργειών και δράσεων όπως είναι η καλύτερη διαλογή των απορριμμάτων από τους πολίτες ή απόρριψη των οργανικών αποβλήτων σε ξεχωριστό ρεύμα όπως οι καφέ κάδοι που βρίσκονται στον νέο εθνικό σχεδιασμό από το ΥΠΕΝ (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας) με σκοπό να βελτιωθεί αισθητά η ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών από τα σύμμεικτα που αυτή την στιγμή οδηγούνται στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (X.Y.T.Y.).

4.9 Χαρακτηριστικοί χρόνοι λειτουργίας συστημάτων που επιδέχονται επισκευή

Σύμφωνα με την παράγραφο §2.7.8 που αφορά τους χαρακτηριστικούς χρόνους λειτουργίας, διακοπών (επισκευής), επαναλειτουργίας συστημάτων που επιδέχονται

επισκευή υπολογίστηκαν οι ακόλουθοι χρόνοι που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.22. Ο υπολογισμός τους έγινε σύμφωνα με τους κωδικοποιημένους χρόνους και βλάβες που καταγράφηκαν για κάθε module όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.23.

Πίνακας 4.22: Χαρακτηριστικοί χρόνοι λειτουργίας για τα δυο modules A-B παραγωγής και στοιχεία κόστους επισκευών και παραγωγής για τα έτη 2019-2020.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	ΕΤΟΣ 2019	ΕΤΟΣ 2020
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΒΛΑΒΩΝ DT (down time) A MODULE (h)	88	147
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΒΛΑΒΩΝ DT (down time) B MODULE (h)	272.5	236
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΓΙΑ ΕΠΙΣΚΕΥΗ TTR (time to repair) A MODULE. (h)	88	147
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΓΙΑ ΕΠΙΣΚΕΥΗ TTR (time to repair) B MODULE (h)	272.5	236
ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΑΞΥ ΒΛΑΒΩΝ MTBF (Mean time between failure) A MODULE (h)	8.5	10.1
ΜΕΣΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΜΕΤΑΞΥ ΒΛΑΒΩΝ MTBF (Mean time between failure) B MODULE (h)	8.4	9.9
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΛΑΒΩΝ A-B MODULES	82	99
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ A-B MODULES (h)	5147	5861
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ		
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	122.752 €	166.054 €
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ΜΠΛΕ ΚΑΔΟΣ)	16.537 t	12.926 t
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ΠΡΑΣΙΝΟΣ ΚΑΔΟΣ)	11.080 t	13.978 t

Όπως παρατηρείται στο παραπάνω πίνακα οι τιμές DT=TTR (Χρόνος που είναι εκτός λειτουργία η μονάδα = Χρόνος που απαιτείται για την επισκευή της) συμπίπτουν όπως

ήταν ήδη γνωστό αφού ο χρόνος που είναι εκτός λειτουργία το σύστημα συμπίπτει σχεδόν πάντα με τον χρόνο επισκευής του (Γαλετάκης, 2017).

Σε σύγκριση με τα δύο module φαίνεται ότι το A module παρουσιάζει λιγότερες βλάβες σε σχέση με το B που έχει 184 ώρες περισσότερες σε κατάσταση επισκευής για το έτος 2019. Αντίστοιχα για το έτος 2020 υπάρχει μια σχετική αύξηση 59 ωρών σε κατάσταση επισκευής για το A module σε σχέση με το 2019 αλλά και πάλι βρίσκεται σε λιγότερες ώρες επισκευής (89 ώρες) από ότι το module B για το 2020 που φαίνεται να έχει μια σχετική πτώση 36.5 ωρών σε σχέση με το 2019.

Επίσης υπολογίστηκε και μέσος όρος των χρονικών διαστημάτων μεταξύ διαδοχικών αστοχιών για τα δύο modules παραγωγής MTBF (Mean Time between failure) για τα έτη 2019 και 2020. Όπως παρατηρείται στο παραπάνω πίνακα 4.22 , ο μέσος χρόνος μεταξύ αστοχιών (βλαβών) παρουσιάζει αύξηση κατά το έτος 2020 και για τα δύο module γεγονός που δείχνει καλύτερη λειτουργία της προληπτικής συντήρησης.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ Α ΓΡΑΜΜΗΣ (min)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ Β ΓΡΑΜΜΗΣ (min)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΤΙΘΕΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΜΑΚ (min)	ΧΡΟΝΟΣ ΒΛΑΒΩΝ ΛΟΓΩ Η/Μ Α ΓΡΑΜΜΗΣ (min)	ΧΡΟΝΟΣ ΒΛΑΒΩΝ ΛΟΓΩ Η/Μ Β ΓΡΑΜΜΗΣ (min)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΒΛΑΒΩΝ Η/Μ (min)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΒΩΝ Η.Μ Α ΓΡΑΜΜΗΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΒΩΝ Β ΓΡΑΜΜΗΣ
2/1/2019	630	660	1290	70	289	359	0,111111111	0,437878
3/1/2019	520	520	1040	15	33	48	0,028846154	0,0634615
4/1/2019	515	515	1030	55	55	110	0,106796117	0,106796
5/1/2019	570	570	1140	210	210	420	0,368421053	0,368421
6/1/2019	475	475	950	0	0	0	0	0
7/1/2019	490	490	980	0	0	0	0	0
8/1/2019	480	480	960	0	0	0	0	0
9/1/2019	485	485	970	20	20	40	0,041237113	0,041237
10/1/2019	440	440	880	0	0	0	0	0
11/1/2019	490	490	980	0	0	0	0	0
12/1/2019	467	467	934	0	60	60	0	0,119521
13/1/2019	519	519	1038	198	190	388	0,38150289	0,366088
14/1/2019	490	490	980	0	0	0	0	0
15/1/2019	340	340	680	39	39	78	0,123809524	0
16/1/2019	180	180	360	0	0	0	0	0
17/1/2019	195	195	390	0	352	352	0	0,529323
18/1/2019	485	485	970	6	6	12	0,0092307	0
19/1/2019	485	485	970	0	0	0	0	0
20/1/2019	500	500	1000	0	0	0	0	0
21/1/2019	490	490	980	0	0	0	0	0
22/1/2019	330	330	660	0	0	0	0	0
23/1/2019	625	625	1250	0	0	0	0	0
24/1/2019	525	525	1050	0	0	0	0	0
25/1/2019	495	495	990	0	0	0	0	0
26/1/2019	490	490	980	0	0	0	0	0
27/1/2019	505	505	1010	0	100	100	0	0,198019
28/1/2019	495	495	990	0	0	0	0	0
29/1/2019	520	520	1040	0	0	0	0	0
30/1/2019	495	495	990	0	0	0	0	0
31/1/2019	520	520	1040	310	329	639	0,596153846	0,632692
1/2/2019	510	510	1020	90	90	180	0,176470588	0,176470
2/2/2019	510	510	1020	30	30	60	0,058823529	0
3/2/2019	580	580	1160	0	0	0	0	0
4/2/2019	510	510	1020	0	0	0	0	0

Εικόνα 4.23: Φύλλο Excel υπολογισμού χρόνων μεταξύ αστοχιών, συνολικού χρόνου stop βλαβών και αριθμού βλαβών.

Επιπλέον με την βοήθεια των δεδομένων του πίνακα 4.22 υπολογίστηκε και ο μέσος χρόνος stop ανά βλάβη της μονάδας :

✓ Έτος 2019

$$\text{Μέσος χρόνος stop ανά Βλάβη} = \frac{\text{Συνολικός χρόνος stop βλαβων (ώρες) έτους 2019}}{\text{αριθμός βλαβων για το 2019}} =$$

$$\frac{360 \text{ ώρες}}{82 \text{ βλάβες}} = 4.3 \text{ ώρες / βλάβη}$$

✓ Έτος 2020

$$\text{Μέσος χρόνος stop ανά Βλάβη} = \frac{\text{Συνολικός χρόνος stop βλαβων (ώρες) έτους 2020}}{\text{αριθμός βλαβων για το 2020}} =$$

$$\frac{383 \text{ ώρες}}{99 \text{ βλάβες}} = 3.8 \text{ ώρες / βλάβη}$$

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ενώ υπάρχει αυξημένος αριθμός βλαβών και χρόνων stop λόγω αστοχιών (βλάβης) το 2020 σε σχέση με το 2019, ο μέσος χρόνος stop / βλάβη είναι μικρότερος και αυτό μπορεί να ερμηνευτεί σαν πιο γρήγορη ανταπόκριση της συντήρησης στις βλάβες (καλύτερη διαχείρισης αποθήκη, ανταλλακτικών, αυξημένη εμπειρία τεχνικών, γρηγορότερη ανταπόκριση συνεργείων κλπ.).

4.10 Οικονομικοί δείκτες συντήρησης εξοπλισμού

Με χρήση των δεδομένων του κόστους συντήρησης της μονάδας και των αντίστοιχων καταγεγραμμένων χρόνων λειτουργίας που αναφέρονται στον πίνακα 4.22 υπολογίστηκαν και οι ακόλουθοι οικονομικοί δείκτες για τα δύο έτη :

Έτος 2019

$$I. \quad \text{Κόστος ωριαίας συντήρησης} = \frac{\text{Ετήσιο κόστος Συντηρησης εξοπλισμού}}{\text{Ετήσιος χρόνος λειτουργίας μονάδας}} =$$

$$\frac{122.752(\text{ευρώ})}{5.147(\text{h})} = 24 \text{ ευρώ / h}$$

$$II. \quad \text{Κόστος συντήρησης ανά τόνο επεξεργασμένου υλικού} =$$

$$\frac{\text{Ετήσιο κόστος Συντηρησης εξοπλισμού}}{\text{Ετήσιο σύνολο παραγωγής υλικών}} = \frac{122.572 (\text{ευρώ})}{27.617 (\text{t})} = 4.43 \text{ ευρώ /t}$$

Έτος 2020

$$III. \quad \text{Κόστος ωριαίας συντήρησης} = \frac{\text{Ετήσιο κόστος Συντηρησης εξοπλισμού}}{\text{Ετήσιος χρόνος λειτουργίας μονάδας}} =$$

$$\frac{166.054(\text{ευρώ})}{5.861(\text{h})} = 28 \text{ ευρώ / h}$$

$$IV. \text{ Κόστος συντήρησης ανά τόνο επεξεργασμένου υλικού} = \frac{\text{Ετήσιο κόστος Συντήρησης εξοπλισμού}}{\text{Ετήσιος σύνολο παραγωγής υλικών}} = \frac{166.054 \text{ (ευρώ)}}{26.904 \text{ (t)}} = 6.2 \text{ ευρώ/t}$$

Συγκρίνοντας τους οικονομικούς δείκτες για τα δύο έτη παρατηρείται αύξηση του κόστους συντήρησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού κατά 4 ευρώ/h λειτουργίας της μονάδας το 2020 έναντι του 2019 καθώς επίσης και αύξηση κόστους συντήρησης 1.8 ευρώ/t επεξεργασμένου υλικού. Η αύξηση του ετήσιου κόστους συντήρησης που παρατηρείται το 2020 σε σχέση με το 2019 μπορεί να αποδοθεί στην γήρανση που υπόκεινται ο εξοπλισμός κάθε έτος και επιπλέον στις 714 περισσότερες ώρες λειτουργίας των δύο modules παραγωγής το 2020 σε σχέση με το 2019 , με αποτέλεσμα πιο τακτικές φθορές και ανάγκες αντικατάστασης μέρος του εξοπλισμού (περισσότερα σέρβις, αναλώσιμα κλπ..). Οι οικονομικοί αυτοί δείκτες είναι άμεσα συνδεδεμένοι με την Ολική Αποτελεσματικότητα Εξοπλισμού (OEE) αφού όσο αυξάνεται η OEE τόσο μεγαλώνει το ετήσιο σύνολο παραγωγής υλικών (από την αύξηση της διαθεσιμότητας των modules, της απόδοσης και της ποιότητας εξοπλισμού) και μειώνεται έτσι ο λόγος του κόστους συντήρησης ανά τόνο επεξεργασμένου υλικού και το αντίθετο όσο μειώνεται η Ολική αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού μειώνεται και το ετήσιο σύνολο παραγωγής με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος συντήρησης ανά τόνο επεξεργασμένου προϊόντος.

Κεφάλαιο 5. Συμπεράσματα – Προτάσεις

5.1 Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή επιχειρήθηκε η διερεύνηση της εφαρμογής του μοντέλου της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (TPM) στο εργοστάσιο διαχείρισης απορριμμάτων Ε.Μ.Α.Κ. Χανίων το οποίο διαχειρίζεται η Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α. Ως βασικά στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν τα καταγραφέντα δεδομένα λειτουργίας του εξοπλισμού και της παραγωγής της διετίας 2019-2020. Με βάση αυτά εξήχθησαν οι βασικοί δείκτες μέτρησης της επίδοσης στα πλαίσια της TPM, ενώ αναπτύχθηκε και ένας νέος συγκεντρωτικός δείκτης που εφαρμόζεται για πρώτη φορά σε μονάδα διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Επίσης υπολογίστηκε και η ολική αποτελεσματικότητα εξοπλισμού (OEE) που συνοψίζει τις επιδόσεις στην λειτουργικότητα, στην αξιοποίηση της δυναμικότητας και στην επίτευξη των στόχων ποιότητας.

Πιο συγκεκριμένα από τον υπολογισμό των ετήσιων δεικτών (2019-2020) προέκυψαν τα παρακάτω :

- ❖ Ο Συγκεντρωτικός Δείκτης Λειτουργικότητας (ΣΔΛ) κυμαίνεται σχεδόν στο ίδιο επίπεδο για τα δύο έτη (12.26% - 11.94%) με μία μικρή πτώση για το 2020 που οφείλεται στην μείωση του δείκτη των λειτουργικών προβλημάτων για το 2020.
- ❖ Ο Δείκτης Λειτουργικών προβλημάτων κυμαίνεται μεταξύ (3.06% – 2.82%) με μία μικρή πτώση για το 2020 που σημαίνει αύξηση του παραγωγικού χρόνου.
- ❖ Ο Δείκτης Υπερφόρτωσης κυμαίνεται στο ίδιο χαμηλό επίπεδο για τα δύο έτη 2.37% ή 1,42 min stop/h λειτουργίας.
- ❖ Ο Δείκτης Βλαβών κυμαίνεται σχεδόν στο ίδιο επίπεδο για τα δύο έτη (6.83% - 6.75%) με μία μικρή μείωση για το 2020 γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην καλύτερη λειτουργία της προληπτικής συντήρησης.
- ❖ Η Πιθανότητα Βλάβης κυμαίνεται σχεδόν στο ίδιο επίπεδο για τα δύο έτη (6.07% - 6.22%) και φαίνεται να συμβαδίζει με το δείκτη βλαβών αλλά και την αποτελεσματική λειτουργία της προληπτικής συντήρησης.
- ❖ Η Αξιοπιστία εξοπλισμού κυμαίνεται στο ίδιο υψηλό επίπεδο για τα δύο έτη 93.2% γεγονός που αποδεικνύει την αποτελεσματικότητα της δομής και λειτουργίας της συντήρησης στο πρότυπο της TPM.

- ❖ Ο Δείκτης Διαθεσιμότητας ή Πιθανότητας Παραγωγικής Λειτουργίας βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο 87% για τα δύο έτη. η τιμή για διαθεσιμότητα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 90%. Επομένως ο δείκτης διαθεσιμότητας της μονάδας χρήζει βελτίωσης για να φτάσει τα επιθυμητά ποσοστά.
- ❖ Ο Ρυθμός Βλαβών είναι σχεδόν ίδιος και για τα δύο έτη (16-17 βλάβες / 1000 ώρες λειτουργίας) γεγονός που φανερώνει μια σταθερότητα στη συχνότητα βλαβών παρά την αύξηση των ωρών λειτουργίας της μονάδας από 5.147 ώρες το 2019 σε 5861 το 2020.
- ❖ Ο Ετήσιος χρόνος για επισκευή (TTR) και για τα δύο modules παρουσίασε αύξηση από 360 ώρες και 82 βλάβες το 2019 σε 383 ώρες και 99 βλάβες το 2020 αλλά με μικρότερο μέσο χρόνο stop ανά βλάβη από 4.3 ώρες το 2019 σε 3.8 ώρες το 2020. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ως πιο γρήγορη ανταπόκριση της συντήρησης στις βλάβες (καλύτερη διαχείριση αποθήκης, ανταλλακτικών, μεγαλύτερης εμπειρίας τεχνικών, γρηγορότερη ανταπόκριση συνεργείων κλπ.).
- ❖ Ο μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών (MTBF) παρουσίασε αύξηση από 8.5 ώρες το 2019 σε 10 ώρες το 2020 γεγονός που αποδεικνύει την αποτελεσματικότερη συντήρηση των modules παραγωγής.
- ❖ Το κόστος συντήρησης ανά ώρα λειτουργίας αυξήθηκε από 24 σε 28 ευρώ .Η αύξηση του κόστους συντήρησης σε βάθος χρόνου είναι ένα αναμενόμενο γεγονός αφού ο εξοπλισμός όσο καλά και αν συντηρείται υπόκειται σε γήρανση και φυσιολογική φθορά με αποτέλεσμα την συχνή αντικατάσταση μέρος του εξοπλισμού (ανταλλακτικά, σέρβις κλπ.).
- ❖ Παρατηρώντας τις τιμές της OEE και για τα δύο έτη καταγραφής εξάγεται το συμπέρασμα ότι υπάρχουν αρκετά περιθώρια βελτίωσης όσο αφορά τους βαθμούς Απόδοσης και Ποιότητας και για τα δύο ρεύματα απορριμμάτων. Πιο συγκεκριμένα όσο αφορά τον μπλε κάδο (ανακύκλωση) θα πρέπει να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης δηλαδή να βελτιωθεί η ωριαία παροχή του υλικού σε σχέση με την παροχή σχεδιασμού, ενώ όσο αφορά τον πράσινο κάδο (σύμμεικτα απορρίμματα) θα πρέπει να αυξηθεί ο βαθμός ποιότητας του, δηλαδή η ανάκτηση υλικού (εμπλουτισμός παραχθέντων προϊόντων).

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, το συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι το εργοστάσιο λειτουργεί σε ικανοποιητικά επίπεδα. Παρατηρείται επίσης ότι μέσω μιας σειράς μετρήσεων και δεικτών παρακολούθησης της εγκατάστασης

δίνεται η δυνατότητα βελτίωσης των παραγωγικών διαδικασιών, ελέγχου των γραμμών παραγωγής και βελτίωση της συντήρησής τους. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε μία από τις προσπάθειες για την συνεχή βελτίωση της αποδοτικότητας της εγκατάστασης και του εξοπλισμού μπορεί να τεκμηριωθεί από τις μετρήσεις των αντίστοιχων δεικτών παρακολούθησης της,

5.2 Προτάσεις

Προκειμένου να υπάρξει μια ολοκληρωμένη εικόνα για την παραγωγική διαδικασία, καθώς και ένας πλήρης έλεγχος και συνεχής παρακολούθηση της συντήρησης στα πλαίσια του μοντέλου της (TPM) θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα λογισμικό αυτόματης καταχώρησης των κωδικοποιημένων στοιχείων της παραγωγής από το κέντρο ελέγχου της μονάδας που θα προβάλλει σε ένα ηλεκτρονικό μέσο (κινητό, laptop, tablet κλπ..) που θα χειρίζεται ο επιβλέπων Μηχανικός ή ο προϊστάμενος της συντήρησης. Το λογισμικό αυτό θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα άμεσου υπολογισμού των δεικτών απόδοσης της μονάδας καθιστώντας έτσι εφικτή την παρακολούθηση τους σε πραγματικό χρόνο (on-line monitoring). Έτσι ο υπεύθυνος της συντήρησης θα έχει τη δυνατότητα έγκαιρου εντοπισμού των προβλημάτων-αδυναμιών της μονάδας και θα μπορεί να μπορεί να δίνει κάθε φορά τις ανάλογες οδηγίες στο προσωπικό και να υποδεικνύει τυχόν παρεμβάσεις στα συνεργεία, έτσι ώστε όχι μόνο να διατηρούνται οι δείκτες στα επιθυμητά για το εργοστάσιο επίπεδα αλλά να συμβάλλει και στη συνεχή βελτίωση των επιδόσεων παραγωγής του εργοστασίου που αποτελεί και την βασική φιλοσοφία των συστημάτων διοίκησης με βάση την ολική ποιότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής

1. Ahuja I.P.S and J.S. Khamba, (2008) “Total productive maintenance implementation in a manufacturing organization” *International Journal of Productivity and Quality Management*, 3(2), p. 459.
2. American Society for Quality, (2010), ASQ: The global voice of quality.
3. Barringer, P. (1997). “Availability, Reliability, Maintainability, and Capability.” Triplex Chapter of The Vibrations Institute, p.11
4. Bicheno, J., *Fishbone Flow* (2006): Integrating Lean, Six Sigma, TPM and Triz, PICSIE Books, p122.
5. Blanchard, B. (1997). “An Enhanced Approach for Implementing Total Productive Maintenance in the Manufacturing Environment.” *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 3(2), p.90.
6. Bounds G., (1994). *Beyond Total Quality Management: Toward the Emerging Paradigm*. Mc Graw-Hill, Singapore, p.832.
7. Campbell, J.D., (1995) *Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management*, Productivity Press, New York, NY, VJUF, p.471.
8. Case, J., (1998) “Using measurement to boost your unit’s performance”, *Harvard Management Update*, 39(10), 1-4.
9. Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K. and Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95 (1), 71 – 94. doi: 10.1016/j.ijpe.2003.10.021
10. Cooke, F. L. (2000). “Implementing TPM in Plant Maintenance: Some Organisational Barriers.” *International Journal of Quality and Reliability Management* 17(9), p.1016.
11. Evans, J. & Lindsay, W., (2005), “The management and control of quality”, Sixth edition, Thomson, South Western, p.912.
12. Garvin David A., (1988) “Managing Quality: the strategic and competitive edge, p.319.
13. Geraedts H., Montenarie R., van Rijk P., (2001) “The benefits of total quality management, *Computerized medical Imaging and Graphics*”, pp. 25, 217- 220.

14. Ghobadian, A., Speller, S., (1994) «Gurus of Quality: A Framework for Comparison», *Total Quality Management*, 5(3), 53-69.
15. Hartmann, E. (1992). *Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant*. Pittsburgh, PA, TPM Press, Inc, p.221.
16. Hongyi Sun, Richard Yam (2003) “The implementation and evaluation of Total Productive Maintenance (TPM)—an action case study in a Hong Kong manufacturing company” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 22, p.224–228.
17. Ichikawa, A. (1999). “How to Incorporate New Environmental Management Problems in TPM Activities.” *JIPM TPM*, 10, 13-15.
18. Ireland, F. and Dale, B.G. (2001), "A study of total productive maintenance implementation", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 7(3), 183-192
19. Ishikawa, K. (1985), *What Is Total Quality Control? The Japanese Way* (1st edition), Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, p. 240.
20. Jansson, K. (2017). “11 Steps to an Effective Gemba Walk” Ανακτήθηκε 20 Ιανουαρίου, 2021, από Αναστασίου Ε. (2018), “Μελέτη πλεονεκτημάτων της μεθοδολογίας της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (TPM) -Διερεύνηση εφαρμογής των αρχών της σε βιομηχανική μονάδα συστημάτων και τεχνολογίας βιομηχανικής συσκευασίας”, Διπλωματική εργασία Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο σελ.47-79.
21. Johnson, W. & Chvala, R., (1996), “Total quality in marketing”, St. Lucie Press, p. 36
22. Komnitsas K., Tzeferis P, Kavalopoulos C (2013) “Production data and Sustainable Development Indicators (SDIs) for the Greek mining/metallurgical industry in the period 2007-2011”, 6th International Conference on Sustainable Development in the Minerals Industry, p.269-276.
23. Uday, K., Galar, D., Parida, A., Stenström, C., Berges, L. (2013) "Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), pp.233 – 277.
24. Lawrence, J. L. (1999). “Use Mathematical Modeling to Give Your TPM Implementation Effort an Extra Boost.” *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 5(1): 62-69.
25. Management Problems in TPM Activities.” *JIPM TPM* 10: 13-15.

26. Mann, D. (2009). The missing link: Lean leadership. *Frontiers of health services management*, 26 (1), 15 – 26. doi: 10.1097/01974520-200907000-00003
27. Milakovich M. E. (1990). Total quality management in the public sector. *National Productivity Review*, 10(2), 195-215.
28. Montgomery, D. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. page 148.
29. Nakajima S., (1988) “Introduction to TPM: Total Productive Maintenance (Preventative Maintenance Series)” p.129.
30. Nord C., (1997) “TPM–total productive maintenance with experience from Volvo. (in Swedish)” edition 2. IVF, Mölndal 15. Bengtsson M, p.462
31. Oschman, J. J. (2004) "A Framework for the Implementation of Total Quality Management in the South African Air Force". Department of Public Administration and Management, PhD Thesis, p. 575, University of South Africa, Pretoria, Gauteng
32. Parida, A. and Chattopadhyay, G., (2007) “Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM)”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(3) pp. 241-258.
33. Parida, A. and Kumar, U., (2006) “Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 3(12), pp. 239-251
34. Patterson, J. W. and L. D. Fredendall (1995). “Total Productive Maintenance Is Not for This Company.” *Production and Inventory Management Journal* 35(2): 61-64.
35. Petersen P. B. & Hopkins J. (1999). Total Quality Management and the Deming Approach to Quality Management. *Journal of Management History*, 5 (8), MCB University Press, 468-488.
36. Productivity, I. (1999). 5S for TPM - Supporting and Maintaining Total Productive Maintenance: Participant Guide. Portland, OR, Productivity, Inc. p.414.
37. Randhawa, J. S. and Ahuja, I. S. (2017). 5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34 (3), 334 – 361
38. Reeves C. & Bednar D. (1994). Defining quality: Alternatives and implications. *Academy of Management Review*, 19 (3).

39. Robinson, C. J. and A. P. Ginder (1995). Implementing TPM: The North American Experience. Portland, OR, Productivity Press, p.224.
40. Shingo, S., (1983). A revolution in manufacturing: The SMED system. Portland (Oregon): Productivity Press, p.391.
41. Society_of_Manufacturing_Engineers (1995). Total Productive Maintenance in America. Dearborn, MI, Society of Manufacturing Engineers. Page 242-249
42. Steinbacher, H. R. and N. L. Steinbacher (1993). TPM for America: What It Is and Why You Need It. Cambridge, MA, Productivity Press, p.169.
43. Suzuki T., (1994) “TPM in Process Industries (Step-By-Step Approach to TPM Implementation”, p.416.
44. Tari Juan Jose, (2005), “Components of successful total quality management”, The TQM Magazine, 17(2), pp. 182-194
45. Tajiri M., Gotoh F. (1992) “TPM Implementation: A Japanese Approach” p.354.
46. Tennant, G., (2001). Six Sigma: SPC and TQM in Manufacturing and Services. Aldershot (Hampshire): Gower Publishing Limited p.160.
47. Tsarouhas P. H., I. S. Arvanitoyannis (2012), “Reliability and maintainability analysis to improve the operation of the limoncello production line”, International Journal of Food Science & Technology, 47(8), pp. 1669- 1675
48. Venkatesh J. (2015). An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM). Ανακτήθηκε 25 Ιανουαρίου από http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml
49. Weber, A. and Thomas, R., (2006) “Key Performance Indicators: Measuring and Managing the Maintenance Function”, Ivara Corporation, Ontario Ανακτήθηκε 12 Φεβρουαρίου από <https://totalqualityinfofoods.wordpress.com/>
50. Willmott P, (1997) “TPM: Total Productive Maintenance: The Western Way”, Butterworth-Heinemann, 1997, Oxford Ανακτήθηκε 6 Φεβρουαρίου από <https://totalqualityinfofoods.wordpress.com/category/total-productive-maintenance-tpm/>
51. Pomorski T. (2004) “Total Productive Maintenance Concepts and Literature Review April 30” p.110.

3. <http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/history/history-six-sigma>
(προσπελάστηκε 15/1/2021)
4. http://www.best-management-practice.com/gempdf/sixsigma_itil_csi_wp_July09.pdf (προσπελάστηκε 8/2/2021)
5. <https://leanconstructionblog.com/Single-Minute-Exchange-of-Dies-A-Neglected-Method-in-Lean-Construction.html> (προσπελάστηκε 11/2/2021)
6. <https://www.dione.lib.unipi.gr> (προσπελάστηκε 17/2/2021)
7. <https://leanmanufacturing.online/free-opl-one-point-lesson-template>
(προσπελάστηκε 25/2/2021)
8. <https://www.routledge.com/TPM-Blue-Tags-1st-Edition/Enna/p/book/>
(προσπελάστηκε 4/3/2021)
9. <https://blog.kainexus.com/improvement-disciplines/lean/Gemba-walks/11-steps-to-an-effective-Gemba-walk> (προσπελάστηκε 6/3/2021)
10. <https://www.pinterest.ph/pin/687432330596645400/> (προσπελάστηκε 8/3/2021)
<https://www.technical.cat/en-software-oeeficiency-monitor-industry-digitization-industrial-automation-Catalonia-sprain.html> (προσπελάστηκε 2/4/2021)
12. <https://www.dedisa.gr/e-m-a-k/> (προσπελάστηκε 5/5/2021)