



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σύγχρονες μέθοδοι και εργαλεία Διοίκησης Συντήρησης. Εφαρμογές στην ελληνική βιομηχανία. Current trends and prospects for methods and tools in Maintenance Management Systems. Implementation in the Greek Industry



Νικολάου Ιωάννης Α.Μ. 45338

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ. Αιμιλία Κονδύλη

Αθήνα 2021

ΤΑ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΚΟΝΔΥΛΗ ΑΙΜΙΛΙΑ

ΠΑΠΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ

ΣΑΓΙΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Νικολάου Ιωάννης του Ευάγγελου , με αριθμό μητρώου 46145338 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Γ.Ν.

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τις σύγχρονες μεθόδους και τα σύγχρονα εργαλεία που βρίσκουν εφαρμογή στη Διοίκηση της Συντήρησης, με έμφαση στην εφαρμογή στην ελληνική βιομηχανία, μέσω εξέτασης μίας ενδεικτικής μελέτης περίπτωσης.

Τα τμήματα Συντήρησης και η Διοίκηση Συντήρησης είναι παραδοσιακά υποτιμημένα σε διοικητικό, επιχειρηματικό και επιχειρησιακό επίπεδο. Οι κύριοι λόγοι που ωθούν αυτή την υποτίμηση είναι η αντίληψη ότι η συντήρηση είναι ένα αναγκαίο κακό, αλλά και το γεγονός ότι οι περισσότερες βιομηχανίες δεν διέθεταν τα απαραίτητα εργαλεία προκειμένου να υπολογίσουν το κόστος της διακοπής των παραγωγικών του διαδικασιών εξαιτίας βλαβών.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται στροφή από τη φιλοσοφία της επεμβατικής συντήρησης σε αυτή την προληπτικής συντήρησης και, όπως καταδεικνύεται στην παρούσα, στη φιλοσοφία της παραγωγικής συντήρησης.

Σημειώνεται στροφή σε ό,τι αφορά στην αντίληψη γύρω από τη συντήρηση και επιχειρείται στροφή προκειμένου η στρατηγική της Διοίκησης της Συντήρησης να ευθυγραμμίζεται με την επιχειρηματική στρατηγική. Οι στόχοι και τα επιχειρησιακά πλάνα της συντήρησης ανασχεδιάζονται προκειμένου να εξυπηρετούνται οι παραγωγικοί στόχοι των βιομηχανιών. Σκοπός της συντήρησης στη σύγχρονη βιομηχανία είναι η βελτίωση της απόδοσης κάθε επιμέρους λειτουργίας, μέσα από την οποία απώτερος σκοπός είναι η βελτίωση της απόδοσης όλης της βιομηχανίας.

Σημαντικές προκλήσεις εντοπίζονται στο διοικητικό επίπεδο, αλλά και σε επιχειρησιακό επίπεδο, ειδικά λόγω της εισαγωγής νέας τεχνολογίας στις παραγωγικές λειτουργίες, λόγω της ανάγκης για μετάβαση σε βιώσιμα μοντέλα λειτουργίας και εν γένει λόγω της ανάγκης υποστήριξης και συντήρησης ολοένα πιο πολύπλοκων βιομηχανικών συστημάτων.

Σημαντικές τάσεις και νέα εργαλεία τα οποία εντοπίστηκαν στην παρούσα είναι η φιλοσοφία της Λιτής Συντήρησης, στα πλαίσια υιοθέτησης της Λιτής Διοίκησης και της Λιτής Παραγωγής, η μετάβαση από την προληπτική στην παραγωγική συντήρηση

μέσα από την υιοθέτηση της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης, ειδικά σε βιομηχανίες όπου εφαρμόζονται μέθοδοι Διοίκησης Ολικής Ποιότητας, αλλά και σημαντικότερα από όλα η εφαρμογή νέων τεχνολογιών στα πλαίσια της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης. Τα εργαλεία αυτά επιτρέπουν τη βελτίωση των επιχειρησιακών σχεδίων για την επιτήρηση της λειτουργίας του παραγωγικού εξοπλισμού, για την μετάβαση σε στρατηγικές προληπτικής συντήρησης, μέσω της έγκαιρης, εκ των προτέρων καταγραφή δεδομένων σχετικά με τη λειτουργική κατάσταση του εξοπλισμού, και μέσω της υποβοήθησης της λήψης απόφασης ειδικά για την επέμβαση σε σημεία στα οποία αναμένεται να εκδηλωθεί βλάβη για την προληπτική της αποτροπή. Η βελτίωση της διαθεσιμότητας, η μείωση του χρόνου διακοπής, η εξοικονόμηση πόρων μέσω της μείωσης της επεμβατικής συντήρησης καταγράφονται ως τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα εφαρμογής ειδικά μεθόδων έξυπνης συντήρησης.

## Abstract

This dissertation addresses the contemporary tools and methods and tools applied in modern industries in the field of Maintenance Management, with emphasis on the Greek industry, via presenting an indicative case study.

Maintenance departments and Maintenance Management are traditionally undervalued on an administrative, business and operational level. The main reasons for this undervaluation are the perception that maintenance is a necessary evil, but also the fact that most industries did not have the necessary tools to calculate the costs of the production interruption due to faults in the production equipment.

Over the past years, there has been a shift from the philosophy of corrective maintenance to the preventive maintenance one. Moreover, this thesis suggests a further shift towards productive maintenance via the TPS methodology.

A change of the perception of maintenance is recorded in this thesis, as literature implies a shift towards aligning the Maintenance Management strategy with the business strategy. The objectives and the operational plans of maintenance are redesigned in order to serve the productive objectives of the industries. The purpose of maintenance in modern industry is to improve the performance of every individual operation, through which the ultimate goal is to improve the performance of the entire industry.

Significant challenges are identified on the administrative level, but also at the operational level, especially due to the introduction of new technology in production functions, as a response to the need to transition to sustainable operating models and in general due to the need to support and maintain increasingly complex industrial systems.

Important trends and new tools identified herein are the philosophy of Lean Maintenance, in the context of the adoption of Lean Management and Lean Production, the transition from preventive to productive maintenance through the adoption of Total Production Maintenance (TPS), especially in industries where methods of Total Quality Management are applied, but also more importantly, the

application of new technologies within the framework of the Fourth Industrial Revolution. These tools enable the improvement of operational plans for monitoring the operation of, primarily the production, equipment, facilitating the transition to preventive maintenance strategies, through the timely, in beforehand collection of data regarding the operational status of equipment, and by assisting decision-making specifically on preventive works in case the data dictates an eminent fault. Improving the equipment availability and overall efficiency (OEE), reducing the downtime, saving resources by reducing corrective maintenance are listed as the major advantages brought by modern smart maintenance methods.

## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Ισοζύγιο κόστους Διοίκησης Συντήρησης και συνολικής απόδοσης και παραγωγικότητας της βιομηχανίας (Deighton, 2016) .....	16
Εικόνα 2: Ενσωμάτωση όλων των λειτουργιών και των επιμέρους διαδικασιών και πόρων τους για τον σχεδιασμό της στρατηγικής συντήρησης (Dhingra & Velmurugan, 2015) .....	21
Εικόνα 3: Προτεινόμενη μεθοδολογία σχεδιασμού της στρατηγικής συντήρησης (Kelly, 2006) .....	23
Εικόνα 4: Διαδικασία σχεδιασμού της στρατηγικής συντήρησης (Salonen, 2011) ....	23
Εικόνα 5: Πλαίσιο σχεδιασμού της στρατηγικής συντήρησης (Salonen, 2011) .....	24
Εικόνα 6: Το πραγματικό κόστος της συντήρησης και οι παράγοντες που το συνθέτουν (Wienker, et al., 2016) .....	26
Εικόνα 7: Εξέλιξη των στρατηγικών συντήρησης και αύξηση της αξιοπιστίας (διαθεσιμότητας) των παραγωγικών συστημάτων (Wienker, et al., 2016).....	32
Εικόνα 8: Πυραμίδα διαχείρισης συντήρησης· κάθε εσωτερικό μέρος αποτελεί την έννοια της λιτής συντήρησης (Smith & Hawkins, 2004) .....	34
Εικόνα 9: Οδικός χάρτης για την υιοθέτηση της Λιτής Συντήρησης (Mostafa, et al., 2015) .....	35
Εικόνα 10: Συνεχής βελτίωση της ποιότητας με την μέθοδο PDCA – επέκταση εφαρμογής στην αποτελεσματικότητα της (Vietze, 2013) .....	38
Εικόνα 11: Κύκλος βελτίωσης ποιότητας (Caffyn, 1997) .....	39
Εικόνα 12: Οι οκτώ πυλώνες της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (Byrd, 2021).....	42
Εικόνα 13: Δείκτης Ψηφιακής Οικονομίας και Κοινωνίας (DESI) και συνεισφορά της βιομηχανίας στο ΑΕΠ (Ξηρογιάννης, 2019; Δημήτριος, 2017) .....	61



## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	iv
Abstract.....	vi
Κατάλογος εικόνων.....	viii
Περιεχόμενα .....	9
1. Εισαγωγή.....	11
1.1. Εισαγωγή .....	11
1.2. Σκοπός .....	12
1.3. Δομή .....	13
2. Συντήρηση βιομηχανικών συστημάτων .....	15
2.1. Εισαγωγή και ορισμοί .....	15
2.2. Η σημασία της Συντήρησης .....	17
2.3. Στρατηγικές συντήρησης .....	19
3. Σύγχρονες τάσεις, μέθοδοι και εργαλεία.....	25
3.1. Διοικητικές προκλήσεις που οδηγούν στη διαρκή αλλαγή τη Διοίκηση Συντήρησης.....	25
3.2. Η πολυπλοκότητα των βιομηχανικών συστημάτων .....	28
3.3. Λιτή συντήρηση.....	32
3.4. Ολική Παραγωγική Συντήρηση (TPM) .....	36
3.5. Έξυπνα εργοστάσια και έξυπνη συντήρηση .....	43

4.	Συστήματα Διαχείρισης Συντήρησης (Maintenance Management Systems) .....	48
4.1.	Αναγκαιότητα χρήσης λογισμικού συντήρησης .....	48
4.2.	Ολοκληρωμένο λογισμικό διαχείρισης συντήρησης.....	48
4.3.	Προϋποθέσεις επένδυσης σε υπολογιστικό σύστημα συντήρησης. ....	50
4.3.1.	Εγκατάσταση λογισμικού .....	51
4.3.2.	Πλεονεκτήματα χρήσης υπολογιστικών συστημάτων συντήρησης.....	51
4.3.3.	Μειονεκτήματα χρήσης λογισμικού συντήρησης, απόρροια του λάθος χειρισμού του .....	52
4.4.	Λογισμικά συστήματα συντήρησης.....	53
4.4.1.	Πληροφοριακό σύστημα SAP .....	53
4.4.2.	Πληροφοριακό σύστημα SAP : Παραγωγή και Συντήρηση.....	54
4.4.3.	SAP Plant Maintenance .....	54
4.5.	Λογισμικό AIMMS .....	55
4.6.	Λογισμικά και τιμολόγηση .....	56
5.	Εφαρμογή στην ελληνική βιομηχανία.....	61
5.1.	Η κατάσταση στην ελληνική βιομηχανία.....	61
5.2.	Η περίπτωση της TITAN.....	62
5.3.	Περίπτωση εγκατάστασης καυσίμων στην Σύρο.....	67
	Συμπεράσματα.....	69
	Βιβλιογραφία .....	72

## 1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιείται μία εισαγωγή στο θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δίδεται ο σκοπός και η δομή της.

### 1.1. Εισαγωγή

Τα βιομηχανικά συστήματα εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου, γίνονται πιο πολύπλοκα και καλούνται να λειτουργήσουν σε πιο πολύπλοκα και πιο ανταγωνιστικά περιβάλλοντα. Διάφορες λειτουργίες εμπλέκονται στα πλαίσια της βελτιστοποίησης του κόστους ανά μονάδα παραγωγής, με τη Διοίκηση της Παραγωγής και τη Διοίκηση της Συντήρησης να κατέχουν προεξέχοντες ρόλους.

Τις τελευταίες δεκαετίες, η καθημερινή ζωή, οι επιχειρήσεις και οι βιομηχανίες έχουν αρχίσει να εκμεταλλεύονται τις εξελίξεις στον ευρύ τομέα της τεχνολογίας, ως μέσο για την αντιμετώπιση των σύγχρονων προκλήσεων οι οποίες ανακύπτουν.

Οι εξελίξεις αυτές της τεχνολογίας συνοψίζουν στην Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση και κατόπιν ορθής αξιολόγησής τους και αξιολόγησης της σχέσης κόστους οφέλους, δύνανται να υιοθετούνται στη βιομηχανία για τη βελτίωση της απόδοσης επιμέρους βιομηχανικών λειτουργιών και εν γένει για τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης της εκάστοτε βιομηχανίας.

Σαφώς, η μετάβαση στην Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση δεν μπορεί να θεωρηθεί πως επιτυγχάνεται μέσα από την σπασμωδική και επιλεκτική εφαρμογή κάποιων από τις διαθέσιμες τεχνολογίες, αλλά προϋποθέτει τον ανασχεδιασμό της επιχειρηματικής στρατηγικής και την αναθεώρηση της επιχειρηματικής κουλτούρας, προκειμένου να δημιουργείται ένα περιβάλλον φιλικό και το οποίο επιζητά την αλλαγή και τον ψηφιακό μετασχηματισμό.

Στα πλαίσια αυτά δεν μπορεί να εξαιρεθεί η Διοίκηση της Συντήρησης, καθώς είναι η λειτουργία εκείνη η οποία εξασφαλίζει την ομαλή εκτέλεση όλων των παραγωγικών αλλά και όλων των βοηθητικών και διοικητικών λειτουργιών και είναι εν γένει η λειτουργία εκείνη η οποία μέσα από τον ψηφιακό μετασχηματισμό της μπορεί να

οδηγήσει σε θεαματική βελτίωση της απόδοσης και παραγωγικότητας μέσα από την έγκαιρη ελαχιστοποίηση κάθε φύσεως σφαλμάτων τα οποία ενδέχεται να προκύψουν σε ένα σύγχρονο βιομηχανικό περιβάλλον.

Το βιομηχανικό οικοσύστημα είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο καθώς αποτελείται από μεγάλο εύρος λειτουργιών οι οποίες αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους με διαφορετικούς μηχανισμούς και με διαφορετικές βαρύτητες, ως εκ τούτου, η μετάβαση της Διοίκησης της Συντήρησης στην εποχή της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης, χωρίς να ακολουθούν και οι υπόλοιπες βιομηχανικές λειτουργίες, δεν μπορεί να λογίζεται ως στροφή προς τον ψηφιακό μετασχηματισμό.

Ως εκ τούτου, τα τελευταία χρόνια εντοπίζεται ολοένα αυξανόμενο ερευνητικό ενδιαφέρον εν γένει για τον εκ βαθέων ψηφιακό μετασχηματισμό των βιομηχανιών, μέσα από τον ανασχεδιασμό της επιχειρηματικής και επιχειρησιακής στρατηγικής και μέσα από την αναμόρφωση της κουλτούρας.

Η Διοίκηση της Συντήρησης βιομηχανικών συστημάτων εξελίσσεται και υιοθετεί λύσεις, ως επί το πλείστο προσφερόμενες στα πλαίσια του ψηφιακού μετασχηματισμού των βιομηχανιών, έτσι ώστε να απαντήσει στις σύγχρονες προκλήσεις. Ως εκ τούτου, το αντικείμενο της παρούσης έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς σκοπεύει να εξερευνήσει πώς το στενό πεδίο της συντήρησης εξελίσσεται, ποιες προκλήσεις αντιμετωπίζει, ποιες τάσεις, νέες μέθοδοι και νέα εργαλεία έχουν κάνει την εμφάνισή του και πώς μπορεί αυτό να επιδράσει συνολικά σε επιχειρηματικό επίπεδο.

## 1.2. Σκοπός

Ο σκοπός της παρούσης είναι να εξερευνήσει σε βάθος την υφιστάμενη βιβλιογραφία και να σκιαγραφήσει την εξέλιξη της Διοίκησης της Συντήρησης σε βιομηχανικά περιβάλλοντα. Επιπλέον, η παρούσα σκοπεύει να εντοπίσει τις σύγχρονες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η λειτουργία της συντήρησης και τα μέσα με τα οποία τις αντιμετωπίζει στην μορφή νέων μεθόδων και εργαλείων.

Τέλος, σκοπός της παρούσης είναι να εξεταστεί η προοπτική και η υφιστάμενη κατάσταση στην ελληνική βιομηχανία, μέσα από την εξέταση μελετών περίπτωσης

γνωστών ελληνικών βιομηχανιών οι οποίες πρωτοπορούν υιοθετώντας νέες μεθόδους και εργαλεία για το ευρύ πεδίο της Διοίκησης της Συντήρησης.

### 1.3. Δομή

Η παρούσα δομείται σε έξι διακριτά κεφάλαια. Στο πρώτο, παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται μία εισαγωγή στο θέμα της παρούσης, παρέχεται ο σκοπός και η δομή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθενται και συζητούνται τα ευρήματα της βιβλιογραφικής έρευνας στο πεδίο της συντήρησης και της διοίκησης της συντήρησης σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, έτσι ώστε να δημιουργηθεί το υπόβαθρο για τα επόμενα κεφάλαια.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρατίθενται και συζητούνται τα ευρήματα της βιβλιογραφικής έρευνας στο πεδίο των σύγχρονων τάσεων, μεθόδων και εργαλείων οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή και απασχολούν τη διοίκηση της συντήρησης, από το επιχειρηματικό μέχρι το επιχειρησιακό επίπεδο. Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται οι προκλήσεις ακολουθώντας μία λογική πορεία από το γενικό στο ειδικό, ξεκινώντας από τις τάσεις στη διαμόρφωση της επιχειρηματικής και επιχειρησιακής στρατηγικής και μετέπειτα εξειδικεύοντας στις τάσεις, μεθόδους και εργαλεία που βρίσκουν εφαρμογή σε επιχειρησιακό επίπεδο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρατίθενται και συζητούνται τα Συστήματα Διαχείρισης Συντήρησης (Maintenance Management Systems). Αναλύονται η δομή, οι λύσεις που προσφέρουν και ποιες ανάγκες εξυπηρετούν. Επιπρόσθετα, αναλύονται περιληπτικά δύο λογισμικά υπολογιστικού συστήματος συντήρησης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αρχικά παρατίθενται τα ευρήματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τη διείσδυση νέων μεθόδων συντήρησης στην ελληνική βιομηχανία και ακολούθως εξετάζεται η μελέτη περίπτωσης μίας μεγάλης ελληνικής πολυεθνικής εταιρείας η οποία υιοθέτησε καινοτόμες μεθόδους για τη συντήρηση.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο εξάγονται τα συμπεράσματα της παρούσης, όπως αυτά προκύπτουν από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, αλλά και από την εξέταση της υφιστάμενης κατάστασης και των προοπτικών για την ελληνική βιομηχανία,

συζητούνται οι περιορισμοί οι οποίοι προέκυψαν κατά τη συγγραφή της παρούσης και παρέχονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

## 2. Συντήρηση βιομηχανικών συστημάτων

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται και συζητούνται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης σε ό,τι αφορά στη διοίκηση της συντήρησης των βιομηχανικών συστημάτων και δημιουργείται το υπόβαθρο για το επόμενο κεφάλαιο στο οποίο συζητούνται οι σύγχρονες τάσεις, μέθοδοι και εργαλεία.

### 2.1. Εισαγωγή και ορισμοί

Η συντήρηση είναι μια λειτουργία η οποία πρέπει να εκτελείται υπό κανονικά δυσμενείς συνθήκες και συνθήκες αυξημένου άγχους, με κύριο στόχο της να αποτελεί η ταχεία αποκατάσταση του εξοπλισμού, ως επί το πλείστου του παραγωγικού εξοπλισμού, σε κατάσταση επιχειρησιακής ετοιμότητάς του χρησιμοποιώντας τους διαθέσιμους πόρους.

Η συντήρηση αποτελείται από έναν συνδυασμό όλων των τεχνικών, διοικητικών και διαχειριστικών ενεργειών οι οποίες εκτελούνται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός ενσώματου στοιχείου, όπως αυτές σκοπεύουν στη διατήρησή του ή στην επαναφορά του σε κατάσταση στην οποία μπορεί να επιτελέσει την απαιτούμενη λειτουργία, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο EN13306:2017 (European Committee for Standardization (CEN), 2017).

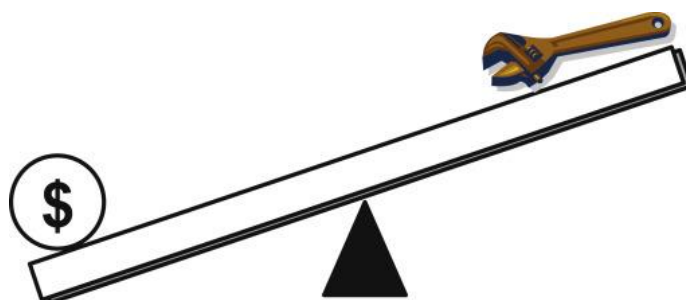
Η συντήρηση θεωρείται παραδοσιακά ως αναγκαίο κακό, αλλά στην πραγματικότητα είναι μάλλον μία λειτουργία η οποία μπορεί να επηρεάσει θετικά την παραγωγικότητα και την κερδοφορία μιας βιομηχανίας και όχι μια αναπόφευκτη και απρόβλεπτη δαπάνη (Alsyouf, 2007).

Ωστόσο, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η συντήρηση ορίζεται ως ο ευρύς συνδυασμός τεχνικών, επιχειρησιακών και διοικητικών λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των βιομηχανικών συστημάτων, συνδυασμός ο οποίος σκοπεύει στη διατήρηση όλου του βιομηχανικού οικοσυστήματος σε επιχειρησιακή κατάσταση τέτοια ώστε να είναι σε θέση να επιτελέσει τον αρχικά σχεδιασμένο σκοπό του.

Η Διοίκηση της Συντήρησης χρησιμοποιεί ένα μεγάλο φάσμα εργαλείων και τεχνικών για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων

των απρογραμματίσιμων διακοπών οι οποίες μπορούν συνδυαστικά και υπό συνθήκη να οδηγήσουν σε μειωμένα λειτουργικά έξοδα και ως εκ τούτου σε μειωμένο κόστος ανά παραγόμενη μονάδα (Kumar, et al., 2013).

Κατά το σχεδιασμό της στρατηγικής, σημαντικό έργο της Διοίκησης της Συντήρησης είναι ο προσδιορισμός του ισοζυγίου δαπανώμενων πόρων και συνολικής απόδοσης της βιομηχανίας, σε ένα επίπεδο το οποίο συνάδει με τη συνολική στρατηγική της βιομηχανίας. Εν γένει, ο σύγχρονος σκοπός της Διοίκησης της Συντήρησης είναι ο προσδιορισμός των παραπάνω αναφερόμενων διαθέσιμων πόρων στο επίπεδο το οποίο ορίζεται μέσω του παραπάνω αναφερόμενου ισοζυγίου, στα πλαίσια της υιοθέτησης στρατηγικών βιώσιμης ανάπτυξης. Συνοπτικά, το κόστος της συντήρησης πρέπει να είναι μικρότερο από το όφελος το οποίο παράγεται σε επίπεδο απόδοσης και παραγωγικότητας. Στην κατεύθυνση αυτή κινούνται οι νέες τάσεις και ο ψηφιακός μετασχηματισμός των βιομηχανιών όπως θα συζητηθούν στο επόμενο κεφάλαιο.



*Εικόνα 1: Ισοζύγιο κόστους Διοίκησης Συντήρησης και συνολικής απόδοσης και παραγωγικότητας της βιομηχανίας (Deighton, 2016)*

Στις σύγχρονες βιομηχανίες, η Διοίκηση της Συντήρησης πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της στρατηγικής και δη της επιχειρησιακής στρατηγικής έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η συνολική επιτυχία ενός οργανισμού, με κύριο στόχο τη προληπτική διατήρηση και όπου απαιτείται την ταχεία αποκατάσταση του εξοπλισμού σε κατάσταση επιχειρησιακής ετοιμότητας, αναλώνοντας όλους τους διαθέσιμους κατά περίπτωση πόρους (Deighton, 2016), (Murthy & Eccleston, 2002).

Η Διοίκηση της Συντήρησης δύναται να επηρεάζει πολλές άλλες επιχειρησιακές λειτουργίες, με κυριότερη επίδραση να εντοπίζεται στην παραγωγή, ακολουθούμενη



από τις προμήθειες, τα συστήματα διαχείρισης ποιότητας, τα συστήματα διαχείρισης των ανθρώπινων πόρων κ.α..

Επιπλέον, η συντήρηση θεωρείται κρίσιμο μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας, καθώς για τη συντήρηση δαπανάται παγκοσμίως ένα μεγάλο ποσοστό των πόρων, το οποίο μπορεί να φτάνει μέχρι και στο ένα τρίτο, της εφοδιαστικής αλυσίδας και η ίδια η συντήρηση μπορεί να έχει μεγάλο αντίκτυπο στην ομαλή λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας (Al-Turki, 2011).

Επιπλέον, δεδομένου ότι η συντήρηση εστιάζει στην διατήρηση των ενσώματων περιουσιακών στοιχείων (tangible assets) των βιομηχανιών σε λειτουργική κατάσταση, εμπίπτει στο ευρύτερο πεδίο της διαχείρισης των περιουσιακών στοιχείων και της οικονομικής διαχείρισης των βιομηχανιών, καθώς απόρροια της απόδοσης της Διοίκησης της Συντήρησης είναι η παρούσα αξία των στοιχείων μιας βιομηχανίας, όπως αυτή επηρεάζει τη συνολική απόδοση των δαπανώμενων πόρων των βιομηχανιών.

Η μέτρηση της απόδοσης της συντήρησης ορίζεται ως η διαδικασία μέτρησης και αιτιολόγησης της αξίας που δημιουργείται από επενδύσεις σε πόρους για τη συντήρηση ως λόγος των πόρων αυτών και ως εκ τούτου στις σύγχρονες βιομηχανίες εξετάζεται υπό το πρίσμα της απόδοσης κόστους.

## 2.2. Η σημασία της Συντήρησης

Με την πάροδο του χρόνου εντοπίζονται σημαντικές εξελίξεις στον τομέα των βιομηχανιών και ως εκ τούτου και στο πεδίο της συντήρησης. Οι εξελίξεις αυτές εντοπίζονται ως επί το πλείστο στους τομείς της τεχνολογίας, των μεθόδων διοίκησης και των εφαρμοζόμενων επιχειρησιακών μεθόδων.

Μερικές χαρακτηριστικές εξελίξεις στον τομέα της συντήρησης και της παραγωγής, είναι οι μέθοδοι λιτής παραγωγής και διοίκησης (lean manufacturing – lean management), όπως είναι για παράδειγμα η μέθοδος Just in Time (JIT), η ολική συντήρηση του παραγωγικού εξοπλισμού (Total Production Maintenance ή TPM), οι προηγμένες τεχνολογίες κατασκευής (Advanced Manufacturing Technologies) κ.α. (Cua, et al., 2001).

Οι σύγχρονες βιομηχανίες καλούνται να λειτουργήσουν σε ένα περιβάλλον με ολοένα αυξανόμενο ανταγωνισμό και καλούνται να βελτιστοποιήσουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα το κόστος παραγωγής.

Για την εφαρμογή των παραπάνω αναφερόμενων μεθόδων διοίκησης και παραγωγής με αποτελεσματικότητα, είναι κρίσιμη η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της συντήρησης.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στο πεδίο του αυτοματισμού έχει καταστήσει δυνατή την υλοποίηση ολοένα περισσότερο αυτοματοποιημένων συστημάτων κατασκευής το οποίο αφενός συμβάλει στη μείωση του κόστους παραγωγής, αλλά αφετέρου αυξάνει τις απαιτήσεις για τις λειτουργίες της Συντήρησης (Bokrantz, et al., 2020).

Οι σύγχρονες βιομηχανίες είναι εξαιρετικά πολύπλοκα οικοσυστήματα, καθώς συνδυάζουν ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών μηχανών και συστημάτων παραγωγής και αυτοματισμού, τα οποία αυξάνουν την πιθανότητα σφάλματος το οποίο μπορεί να οδηγήσει στα αντίστροφα από τα προσδοκώμενα από την αυτοματοποίηση αποτελέσματα, μέσω της παύσης ή καθυστέρησης της παραγωγής.

Ως εκ τούτου, όπως θα σχολιαστεί και παρακάτω, για τον υπολογισμό της απόδοσης της συντήρησης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όχι μόνον το κόστος των πόρων οι οποίοι δαπανούνται για τις λειτουργίες της συντήρησης, αλλά και η μείωση του κόστους η οποία προκύπτει από την αύξηση των ωρών κατά τις οποίες ο παραγωγικός εξοπλισμός παραμένει σε λειτουργική κατάσταση και μπορεί να επιτελέσει τον σκοπό του.

Η παραδοσιακή αντίληψη και οι παραδοσιακές μέθοδοι συντήρησης βασίζονταν στη συντήρηση μιας ομάδας μηχανών, είχαν την ίδια φιλοσοφία λειτουργίας και λειτουργούσαν κατά μόνας σε μία γραμμή παραγωγής. Αυτό θεωρείται πλέον παρωχημένο, ενδεικτικό της αυξημένης πολυπλοκότητας των σύγχρονων βιομηχανικών παραγωγικών συστημάτων, τα οποία αποτελούνται από μηχανές οι οποίες αφενός διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ τους σε ό,τι αφορά στη φιλοσοφία της λειτουργίας, και οι οποίες αφετέρου αποτελούν μέρος μεγαλύτερων και πιο πολύπλοκων γραμμών παραγωγής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μία μόνον

μηχανή να είναι σε θέση να οδηγήσει σε παύση της λειτουργίας μιας ολόκληρης γραμμής παραγωγής (Söderholm, 2004).

Οι πιο εξελιγμένες μηχανές απαιτούν αφενός καλύτερη κατάρτιση και τεχνογνωσία και αφετέρου καλύτερο σχεδιασμό και διαχείριση των λειτουργιών της συντήρησης, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία τους (Ruschel, et al., 2017).

### 2.3. Στρατηγικές συντήρησης

Στη βιβλιογραφία εντοπίζονται διάφορες στρατηγικές συντήρησης, οι οποίες εφαρμόζονται κατά περίπτωση, ανάλογα με διάφορους παράγοντες, οι οποίοι συμπεριλαμβάνουν ενδεικτικά το είδος του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού, τη γενικότερη στρατηγική της εταιρείας κ.α.. Οι διάφορες στρατηγικές συντήρησης παρουσιάζονται και συζητούνται στις επόμενες παραγράφους.

Για τη διαμόρφωση της στρατηγικής συντήρησης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πλειάδα συνιστωσών οι οποίες μπορούν να τη διαμορφώνουν κατά περίπτωση, όπως αυτές παρουσιάζονται παρακάτω στην Εικόνα 2:

Η στρατηγική συντήρησης πρέπει να συμβαδίζει με τη φιλοσοφία της γενικότερης οργανωτικής στρατηγικής και να μπορεί να υποστηρίζεται από τα εκτελεστικά σχέδια του οργανισμού. Επιπλέον, επειδή τόσο η γενικότερη οργανωτική στρατηγική, όσο και άλλες συνιστώσες, από τις παραπάνω αναφερόμενες, μεταβάλλονται συχνά με την πάροδο του χρόνου πρέπει η στρατηγική της συντήρησης να βρίσκεται υπό διαρκή αναθεώρηση. Ειδικά, όπως αναφέρεται στο επόμενο κεφάλαιο, στα πλαίσια οργανισμών όπου εφαρμόζονται οι μέθοδοι της Λιτής Παραγωγής ή Λιτής Διοίκησης και της Ολικής Διαχείρισης της Ποιότητας, η διαρκής εξέταση και αναθεώρηση, προκειμένου να ενισχύεται διαρκώς η αποτελεσματικότητα, της στρατηγικής συντήρησης είναι ένα βασικό προαπαιτούμενο για την γενικότερη ενίσχυση της αποδοτικότητας κόστους και της συνολικής απόδοσης του οργανισμού (Waeyenbergh & Pintelon, 2002).

Παρακάτω παρατίθενται τρεις βασικές απαιτήσεις τις οποίες πρέπει να εκπληρώνει η σχεδίαση της στρατηγικής συντήρησης:

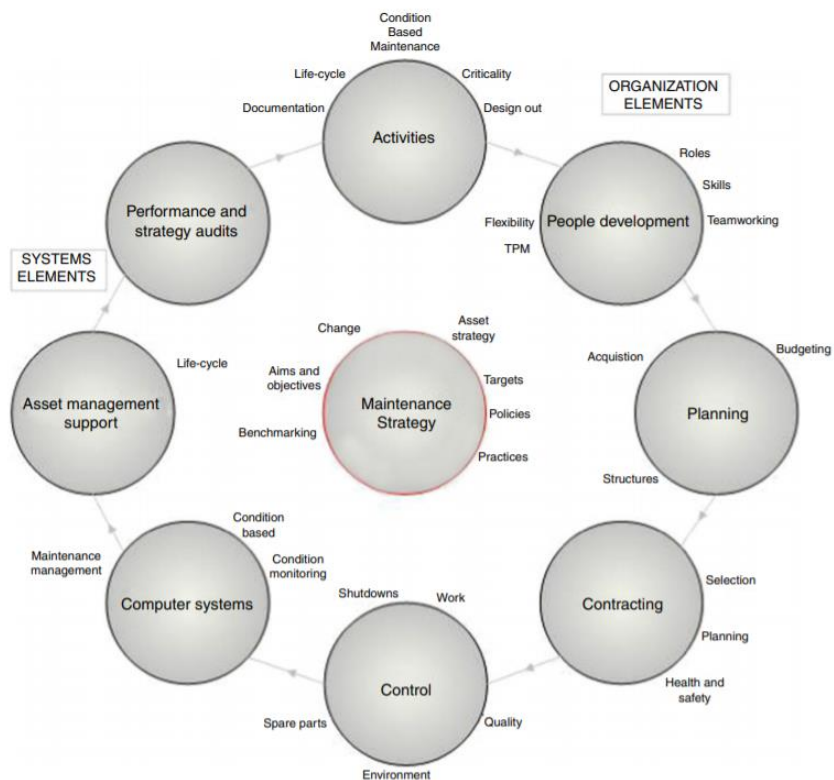
- απαιτείται ολιστική προσέγγιση για τη χάραξη στρατηγικής συντήρησης προκειμένου αυτή να ευθυγραμμίζεται με την συνολική στρατηγική του οργανισμού·
- ο σχεδιασμός της στρατηγικής συντήρησης πρέπει να είναι δομημένος προκειμένου να επιλέγεται η βέλτιστη στρατηγική και προκειμένου να είναι εφικτή η αναθεώρηση επιμέρους συνιστωσών του
- ο σχεδιασμός της στρατηγικής συντήρησης πρέπει σε κάθε περίπτωση να διευκολύνει την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας κάθε στρατηγικής και να είναι εύκολα αναθεωρήσιμη, ειδικά στα πλαίσια της διαρκούς βελτίωσης της αποτελεσματικότητάς της

Βασικές παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται ο σχεδιασμός της στρατηγικής συντήρησης, και οι οποίες παρατίθενται παραπάνω στην Εικόνα 2, είναι αυτές οι οποίες συνθέτουν το σύνολο των στόχων τους οποίους πρέπει να εκπληρώνει η στρατηγική συντήρησης:

- οι επιχειρηματικοί στόχοι για την απόδοση των εγκαταστάσεων, τους δείκτες χρησιμοποίησης του εξοπλισμού, την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, το λειτουργικό κόστος ανά μονάδα παραγωγής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον σχεδιασμό της στρατηγικής συντήρησης
- οι πόροι οι οποίοι απαιτούνται για την ανεμπόδιστη εκτέλεση της εφαρμοζόμενης στρατηγικής συντήρησης πρέπει να είναι διαθέσιμοι και να έχουν προϋπολογιστεί
- τα αποτελέσματα των λειτουργικών δυνατοτήτων και του προσωπικού πρέπει να είναι μετρήσιμα και να μπορούν να συγκρίνονται με ορόσημα (benchmarking) προκειμένου να αξιολογείται η αποδοτικότητα της εφαρμοζόμενης στρατηγικής συντήρησης
- δυνατότητα προσαρμογής των λειτουργιών της συντήρησης στις γρήγορες αλλαγές στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον (αγορές), στις αλλαγές των παραγόμενων προϊόντων και στις προδιαγραφές αυτών, στις αλλαγές του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού κ.ο.κ.

Όπως προαναφέρεται, σημαντική ανάγκη προκύπτει για τη διαρκή αναθεώρηση της στρατηγικής συντήρησης, προκειμένου να εξασφαλίζεται η διαρκής βελτίωση της απόδοσής της, αλλά και προκειμένου να εξασφαλίζεται η προσαρμοστικότητα της στρατηγικής συντήρησης σε αλλαγές στο εσωτερικό ή στο εξωτερικό του οργανισμού.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η στρατηγική της συντήρησης πρέπει να ευθυγραμμίζεται με την επιχειρηματική και εταιρική στρατηγική καθώς και η συντήρηση να αποτελεί αυτοτελή λειτουργία του οργανισμού. Επίσης όλες οι λειτουργίες πρέπει να ενσωματώνονται στον οργανισμό προκειμένου να μπορεί να σχεδιάζεται και να μετράται η επέμβαση της συντήρησης σε κάθε λειτουργία, οι δαπανώμενοι πόροι για κάθε λειτουργία και η επίδραση της συντήρησης σε κάθε λειτουργία, όπως αυτή μπορεί να εκφράζεται ως βελτίωση της αποτελεσματικότητας και ως απόλυτος χρόνος διακοπών εξαιτίας βλαβών (Dhingra & Velmurugan, 2015).



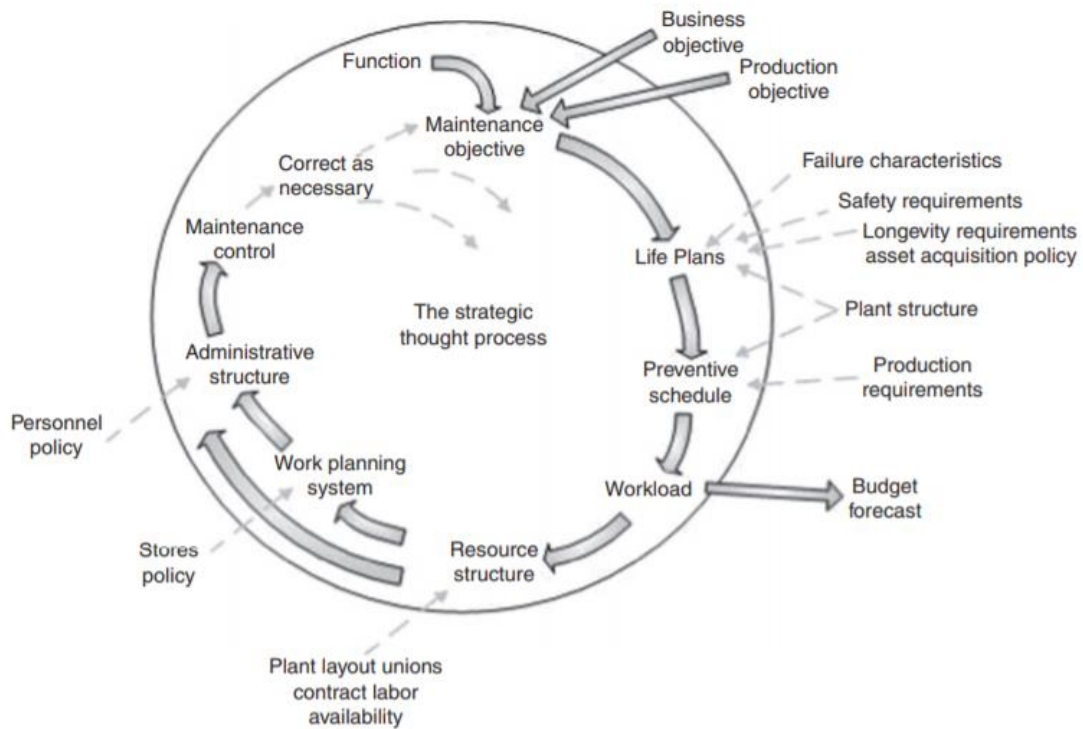
Εικόνα 2: Ενσωμάτωση όλων των λειτουργιών και των επιμέρους διαδικασιών και πόρων τους για τον σχεδιασμό της στρατηγικής συντήρησης (Dhingra & Velmurugan, 2015)

Στη βιβλιογραφία εντοπίζονται τα παρακάτω προτεινόμενα βήματα για το σχεδιασμό μιας αποτελεσματικής και αποδοτικής στρατηγικής συντήρησης (Sharma, et al., 2011):

- ανάπτυξη της φιλοσοφίας της συντήρησης, όπου περιγράφονται οι επιμέρους σκοποί της συντήρησης
- εξέταση της φιλοσοφίας της συντήρησης και της ευθυγράμμισης των στόχων της με τους εταιρικούς στόχους, τους παραγωγικούς στόχους, την επάρκεια τεχνογνωσίας και πόρων
- αξιολόγηση των επιχειρησιακών λειτουργιών της συντήρησης και της αποτελεσματικότητάς τους όσον αφορά στην εκπλήρωση των παραπάνω στόχων

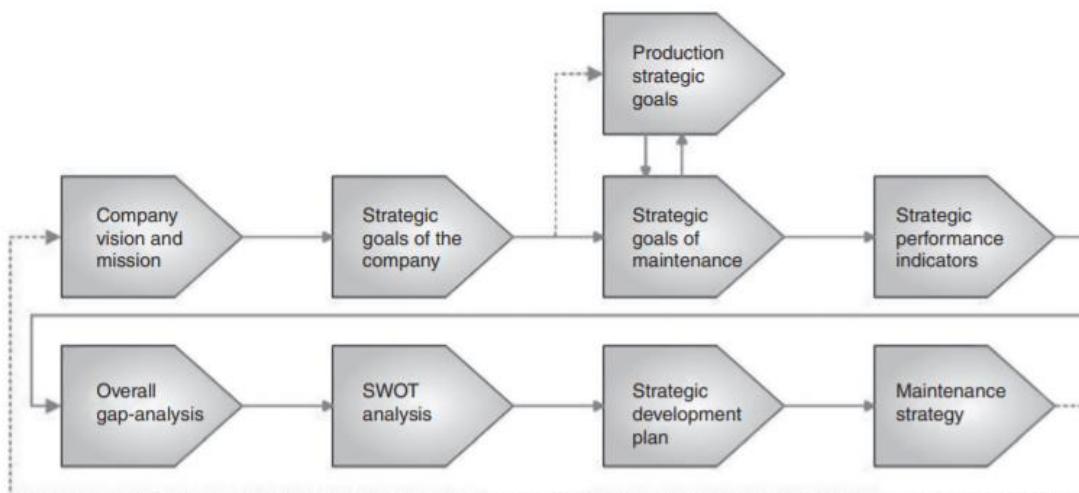
Σύμφωνα με τους Kelly (2006) και Sharma, et al. (2011), προτείνεται ότι η διαδικασία σχεδιασμού της στρατηγικής συντήρησης ξεκινά με την εισαγωγή των επιχειρηματικών στόχων και των παραγωγικών στόχων (Εικόνα 3).

Έπειτα στη βάση αυτή σχεδιάζονται οι στόχοι της συντήρησης, εξετάζεται το εύρος των αναμενόμενων σφαλμάτων του εξοπλισμού κατά την προσδοκώμενη ζωή τους, τοποθετείται ο εξοπλισμός (παραγωγικός και μη) επί της κατόψεως της βιομηχανίας, δημιουργείται το πλάνο προληπτικής συντήρησης, υπολογίζονται οι απαιτούμενοι πόροι για τις διαδικασίες της συντήρησης, εκπονείται ο προϋπολογισμός για τις διαδικασίες και τους πόρους αυτούς και εκπονείται το συνολικό επιχειρησιακό πλάνο της συντήρησης. Ενώ επίσης οργανώνεται η διοίκηση της συντήρησης, ορίζονται οι διαδικασίες με τις οποίες επιτηρείται η εκτέλεση, αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα της συντήρησης. Τέλος, ελέγχεται αν το πλάνο συντήρησης, το οργανόγραμμα και το επιχειρησιακό πλάνο το οποίο δημιουργήθηκε, βρίσκεται σε ευθυγράμμιση με τους αρχικές τιθέμενους επιχειρηματικούς στόχους (Kelly, 2006), (Sharma, et al., 2011).



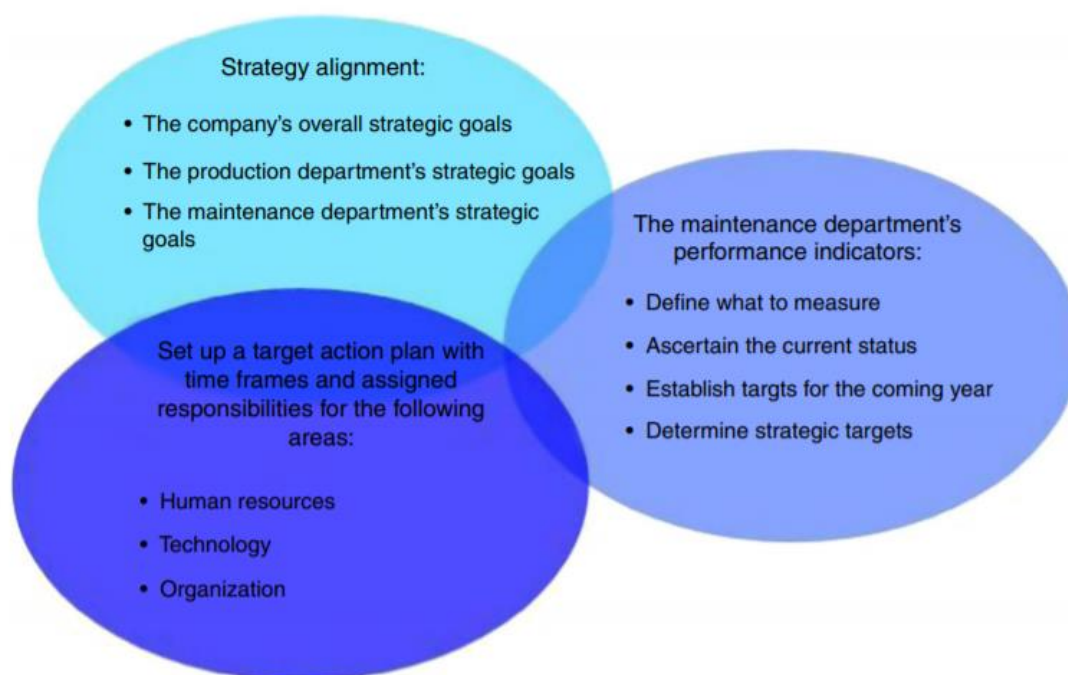
Εικόνα 3: Προτεινόμενη μεθοδολογία σχεδιασμού της στρατηγικής συντήρησης (Kelly, 2006)

Για τη διαμόρφωση της στρατηγικής της συντήρησης παρουσιάζεται παρακάτω στην Εικόνα 4 ένα μοντέλο το οποίο περιλαμβάνει τα βήματα και τους παράγοντες οι οποίοι πρέπει να εξετάζονται κατά τον σχεδιασμό της στρατηγικής συντήρησης (Salonen, 2011).



Εικόνα 4: Διαδικασία σχεδιασμού της στρατηγικής συντήρησης (Salonen, 2011)

Επιπλέον, ο Salonen (2011) προτείνει ένα πλαίσιο εντός του οποίου πρέπει να σχεδιάζεται η στρατηγική της συντήρησης. Το πλαίσιο αυτό μπορεί να αποτελέσει έναν οδικό χάρτη, ο οποίος περιλαμβάνει εναλλακτικές οδούς, παρέχει κατευθύνσεις και δίνει τα απαραίτητα περιθώρια ευελιξίας προκειμένου να διευκολύνεται η διαρκής αξιολόγηση και βελτίωση της στρατηγικής συντήρησης (Salonen, 2011).



Εικόνα 5: Πλαίσιο σχεδιασμού της στρατηγικής συντήρησης (Salonen, 2011)

Η δε διαρκής αξιολόγηση, αναδιαμόρφωση και διαρκής βελτίωση της στρατηγικής συντήρησης είναι διαδικασίες τις οποίες επωμίζεται η διοίκηση της συντήρησης, ειδικά υπό το πρίσμα των σύγχρονων τάσεων και μεθόδων συντήρησης και ειδικά στα πλαίσια εφαρμογής της Λιτής Διοίκησης και της Ολικής Διοίκησης Ποιότητας.



### 3. Σύγχρονες τάσεις, μέθοδοι και εργαλεία

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται τα ευρήματα της βιβλιογραφικής έρευνας σε ό,τι αφορά σε νέες τάσεις, μεθόδους και εργαλεία για τη διοίκηση της συντήρησης των βιομηχανικών συστημάτων.

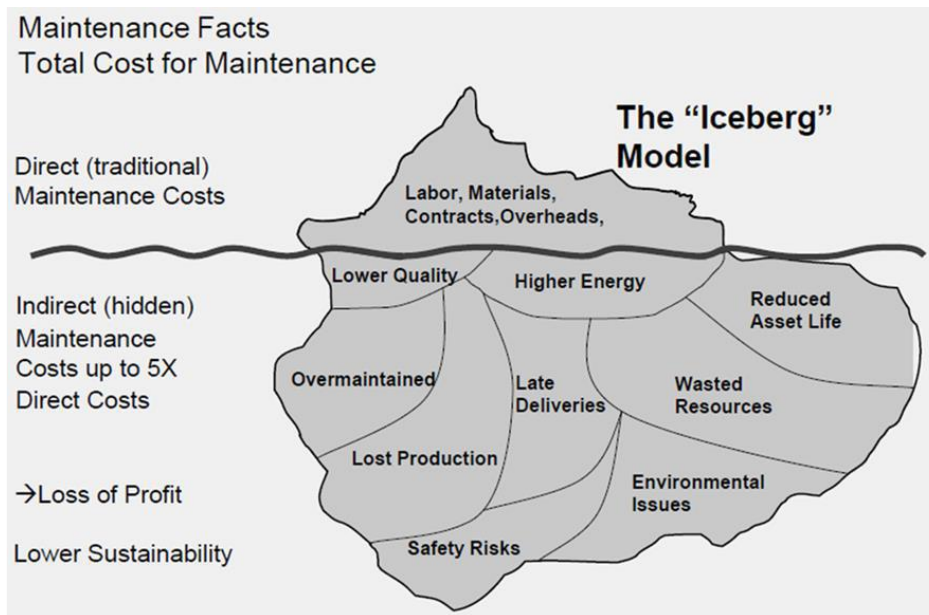
#### 3.1. Διοικητικές προκλήσεις που οδηγούν στη διαρκή αλλαγή τη Διοίκηση Συντήρησης

Εντοπίζονται διάφοροι παράγοντες και προκλήσεις που οδηγούν στην ανάγκη αλλαγής και ανασχεδιασμού της βιομηχανικής συντήρησης. Βασικό ζήτημα το οποίο έχει οδηγήσει τα τμήματα συντήρησης σε τέλμα, σε σχέση για παράδειγμα με τα παραγωγικά τμήματα, είναι η αρνητική αντίληψη και η υπό-εκτίμηση της αξίας της συντήρησης. Το γεγονός αυτό είχε οδηγήσει στην διαφορετική αντιμετώπιση της Διοίκησης της Συντήρησης επιχειρηματικά και επιχειρησιακά.

Σύμφωνα με τους Willmott (1990) και Ahmad, et al. (2012), ένας από τους κύριους λόγους για τους οποίους οι βιομηχανίες έχουν κακή διαθεσιμότητα του παραγωγικού εξοπλισμού είναι ότι η συντήρηση δεν εξετάζεται συνήθως σε εκτελεστικό επίπεδο (Ahmad, et al., 2012).

Επιπλέον, στην χαμηλή διαθεσιμότητα συμβάλει και το γεγονός ότι οι περισσότερες βιομηχανίες δεν έχουν τα απαραίτητα εργαλεία προκειμένου να προσδιορίσουν με ακρίβεια το κόστος του χρόνου διακοπής. Σύμφωνα με τους Ståhl, et al. (2012) το κόστος του χρόνου διακοπής αποτελείται από πολλές συνιστώσες, με δύο καίριες συνιστώσες να είναι το κόστος της καθυστέρησης της παράδοσης των παραγγελιών καθώς και το κόστος που προκύπτει από την απώλεια ευκαιριών πωλήσεων (Ståhl, et al., 2012).

Παρακάτω παρατίθεται γραφικά το πρόβλημα του προσδιορισμού του κόστους της συντήρησης από άρθρο των Wienker, et al. (2016).



Εικόνα 6: Το πραγματικό κόστος της συντήρησης και οι παράγοντες που το συνθέτουν (Wienker, et al., 2016)

Κατά συνέπεια, οι βιομηχανίες αυτές έχουν το υπόβαθρο προκειμένου να εκπονήσουν μία αποτελεσματική στρατηγική συντήρησης, ένα ρεαλιστικό σχέδιο δράσης και εν γένει αδυνατούν να ορίσουν ένα σημείο εκκίνησης για τον σχεδιασμό της στρατηγικής και των πολιτικών για τη Διοίκηση της Συντήρησης. Ενδεικτική είναι η αναφορά των Fraser et al. (2015), σύμφωνα με τους οποίους η Διοίκηση της Συντήρησης εκλαμβάνεται ως ένα στοιχείο το οποίο δεν συμβάλει σημαντικά στην αποδοτικότητα της βιομηχανίας υποβιβάζεται σε κατώτερο ιεραρχικό και εκτελεστικό επίπεδο σε πολλές βιομηχανίες (Fraser, et al., 2015).

Σε ό,τι αφορά στην θέση της διαχείρισης της συντήρησης σε ιεραρχικό επίπεδο στα οργανογράμματα των εταιρειών, στη βιβλιογραφία εντοπίζεται μία γενικότερη υποβάθμιση της θέσης της διαχείρισης της συντήρησης, η οποία, ειδικά κατά το παρελθόν, αποτελεί αυτοτελές εκτελεστικό τμήμα των εταιρειών ή ανήκει συχνά στα κατώτερα ιεραρχικά επίπεδα (Budai, et al., 2008), (Dhingra & Velmurugan, 2015).

Μάλιστα, ειδική συσχέτιση της ιεράρχησης της διαχείρισης της συντήρησης εντοπίζεται με την επιλογή της κατάλληλης στρατηγικής συντήρησης. Επιλέγοντας τις λιγότερο προληπτικές και πολύπλοκες στρατηγικές συντήρησης συχνά να συνεπάγεται και τη θέση της διαχείρισης της συντήρησης σε πολύ χαμηλό ιεραρχικά επίπεδο (Bevilacqua & Braglia, 2000).

Σύμφωνα με τον Cooke (2003) ο σχεδιασμός, η αξιολόγηση και το σχέδιο δράσης της Διοίκησης της Συντήρησης πρέπει να γίνεται τόσο σε στρατηγικό όσο και σε επιχειρησιακό επίπεδο. Σύμφωνα με άρθρο του, στο οποίο εξετάστηκε η στρατηγική Διοίκησης της Συντήρησης σε βιομηχανίες της Αγγλίας, σε όλες από τις εξεταζόμενες βιομηχανίες, η λειτουργία της συντήρησης δεν ήταν εναρμονισμένη με τις παραγωγικές και επιχειρηματικές στρατηγικές και τους στόχους και ούτε διοικούνταν στο ίδιο επίπεδο με άλλες βιομηχανικές λειτουργίες. Επιπλέον, το άρθρο αυτό κατέδειξε ότι υπάρχει κενό ανάμεσα στη στρατηγική συντήρησης και στην επιχειρηματική στρατηγική. (Cooke, 2003)

Ο Cooke προτείνει τον ανασχεδιασμό της στρατηγικής συντήρησης με στόχο την ενσωμάτωσή της στην επιχειρηματική στρατηγική (Cooke, 2003).

Σε ό,τι αφορά στη βελτιστοποίηση του κόστους, όχι μόνον της συντήρησης αλλά εν γένει του κόστους παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος, η Διοίκηση της Συντήρησης εντοπίζεται στον μέσον της ανάγκης για μείωση του κόστους και της ταυτόχρονης ανάγκης συντήρησης ολοένα πιο πολύπλοκων συστημάτων τα οποία πρέπει να γίνονται ολοένα πιο αποδοτικά. Σε επόμενη παράγραφο συζητούνται ευρήματα τα οποία αφορούν σε διαφορετικές μεθόδους για τη βελτιστοποίηση του κόστους μέσω του ανασχεδιασμού των μεθόδων Διοίκησης της Συντήρησης.

Σύμφωνα με τους Garg και Deshmukh (2006), μια σημαντική πρόκληση που αντιμετωπίζει η Διοίκηση της Συντήρησης είναι το γεγονός ότι πρέπει να ανταποκριθεί σε ένα πολυπαραγοντικό πρόβλημα, το οποίο δυσχεραίνει το έργο της. Ενδεικτικά αναφέρεται ο πεπερασμένος κύκλος ζωής του εξοπλισμού, η φυσική φθορά του, η επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα, το κόστος και η διαθεσιμότητα εργαλείων, συστημάτων και ανταλλακτικών, οι τάσεις της αγοράς, ο ανταγωνισμός στην αγορά κ.α. (Garg & Deshmukh, 2006).

Η διείσδυση της τεχνολογίας είναι ένας παράγοντας ο οποίος εμπίπτει διοικητικά στη διαχείριση της αλλαγής. Για τη διείσδυση της τεχνολογίας προκειμένου να μετασχηματιστεί η Διοίκηση της Συντήρησης πρέπει να υπερκεραστούν τεχνολογικοί, οικονομικοί και διοικητικοί περιορισμοί. Η συμβατότητα των συστημάτων, η θέληση του προσωπικού να συμμετάσχει στην αλλαγή και το κόστος για τη διείσδυση της

τεχνολογίας είναι τρεις καίριες προκλήσεις τις οποίες καλούνται να αντιμετωπίσουν οι σύγχρονες βιομηχανίες προκειμένου να μετασχηματίσουν τη Διοίκηση της Συντήρησης (Garg & Deshmukh, 2006), (Sharma, et al., 2011).

Μάλιστα όσο πιο πολύπλοκα είναι τα παραγωγικά συστήματα τόσο πιο δύσκολη είναι βελτιστοποίηση του κόστους μέσα από επεμβάσεις στη Διοίκηση της Συντήρησης. Όσο αλλάζουν οι ανάγκες της αγοράς, όσο αυξάνει η ανάγκη για παροχή φθηνότερων, ποιοτικότερων και καινοτόμων προϊόντων, τόσο αυξάνουν οι προκλήσεις ειδικά για τη Διοίκηση της Συντήρησης.

Για την κάλυψη αυτών των αναγκών ο παραγωγικός εξοπλισμός γίνεται πιο πολύπλοκος, πιο τεχνολογικά ανεπτυγμένος, εισάγεται περισσότερος αυτοματισμός και ως εκ τούτου το έργο της Διοίκησης της Συντήρησης γίνεται πιο δύσκολο.

Μία θεωρητικά απλή και εύκολη προσέγγιση θα ήταν η υιοθέτηση της στρατηγικής του απεριόριστου κόστους της Διοίκησης της Συντήρησης, το οποίο ωστόσο είναι αποδεκτό (Holgado, et al., 2020), (Tsang, 2002). Στις επόμενες παραγράφους εξετάζονται περαιτέρω η επίδραση της αυτοματοποίησης και οι εισαγόμενες τάσεις και μέθοδοι για τη Διοίκηση της Συντήρησης σε αυτοματοποιημένα βιομηχανικά συστήματα.

### 3.2. Η πολυπλοκότητα των βιομηχανικών συστημάτων

Στη σημερινή ανταγωνιστική παγκόσμια αγορά, για την επιβίωση της σύγχρονης βιομηχανίας, απαιτείται ευελιξία, προσαρμοστικότητα, διορατικότητα, δυνατότητα παραγωγής ποιοτικών προϊόντων με μειωμένο κόστος στο μικρότερο κατά το δυνατό χρονικό διάστημα, αλλά και αυξημένη δυνατότητα παραγωγής των προϊόντων εκείνων τα οποία ζητούνται στις αγορές. Όπως προαναφέρεται στην προηγούμενη παράγραφο, για τους λόγους αυτούς έχει διεισδύσει σημαντικά στη σύγχρονη τεχνολογία η αυτοματοποίηση και έχει επικρατήσει η εγκατάσταση προηγμένου τεχνολογικά εξοπλισμού. Εντούτοις, τα σύγχρονα βιομηχανικά οικοσυστήματα γίνονται ολοένα πιο πολύπλοκα.

Ειδικά τα τελευταία χρόνια οι αλλαγές στην τεχνολογία συμβαίνουν ταχύτερα από ποτέ. Η εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών παραγωγής παρέχει ευκαιρίες για την

επίτευξη ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος στις σύγχρονες βιομηχανίες. Τέτοιες αλλαγές οδηγούν σε μείωση του χρόνου ζωής των προϊόντων και επακόλουθα σε ανάγκη μείωσης του χρόνου παραγωγής των προϊόντων προκειμένου οι βιομηχανίες να καλύψουν τις ανάγκες των αγορών.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει επικρατήσει η διείδυση της αυτοματοποίησης και της πληροφορικής στις σύγχρονες βιομηχανίες. Ένας συχνά χρησιμοποιούμενος όρος είναι η ολοκληρωμένη βιομηχανική παραγωγή με την εισαγωγή της πληροφορικής ή Computer Integrated Manufacturing (Nagalingam & Lin, 2008).

Η εισαγωγή της αυτοματοποίησης και η μετάβαση στην ολοκληρωμένη βιομηχανική παραγωγή με την εισαγωγή της πληροφορικής ή Computer Integrated Manufacturing (CIM) αποσκοπεί στη μεγιστοποίηση της ικανότητας της βιομηχανίας να παράγει προϊόντα γρηγορότερα, με σταθερή ποιότητα και με μικρότερο κόστος. Οι πρώτες αναφορές σε αυτή την τεχνολογία παραγωγής προηγούνται των αναφορών στην Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση, η οποία δεν έχει εκδηλωθεί σε όλες τις βιομηχανίες και ειδικά στην Ελλάδα καθυστερεί η διείδυσή της. Ακόμη ωστόσο και πριν την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση, η προαναφερόμενη μέθοδος παραγωγής ενσωματώνει σε κοινά συστήματα, διαχειριζόμενα από ένα σύστημα οργάνωσης όλων των βιομηχανικών λειτουργιών, τις διαδικασίες του σχεδιασμού, της παραγωγής, του προγραμματισμού της παραγωγής, των πωλήσεων, της συντήρησης κ.α..

Ακολούθως εντοπίζονται η είσοδος των ευέλικτων συστημάτων παραγωγής ή Flexible Manufacturing Systems (FMS), τα οποία συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα της CIM και στοχεύουν στην αύξηση της ευελιξίας των σύγχρονων βιομηχανιών μέσα από την οργάνωση της παραγωγής σε μικρότερες υπομονάδες (Manu, et al., 2018).

Τα συστήματα παραγωγής CIM και FMS είναι δύο από τα κυριότερα τα οποία διαμορφώνουν τις σύγχρονες βιομηχανίες, με άλλα συστήματα και μεθόδους παραγωγής, όπως της Λιτής Παραγωγής και της Λιτής Διοίκησης να αναπτύσσονται για εφαρμογή σε αυτά.

Οι μέθοδοι παραγωγής αυτές οδήγησαν σε ανασχεδιασμό των διαδικασιών παραγωγής, με τις σύγχρονες βιομηχανίες να διαθέτουν γραμμές παραγωγής οι

οποίες αποτελούνται από μεγάλο αριθμό μηχανών και σταδίων κατεργασίας, όπου η συμβολή της αυτοματοποίησης είναι κρίσιμη για τη συνεργασία μεταξύ των διαφορετικών διαδικασιών που απαρτίζουν μία γραμμή παραγωγής.

Η συνηθέστερη θεώρηση και εφαρμογή της Διοίκησης της Συντήρησης εξετάζει μεμονωμένες μηχανές και μεμονωμένες παραγωγικές διαδικασίες και όχι σε γραμμές παραγωγής, καθώς με αυτόν τον τρόπο το έργο της συντήρησης είναι καλύτερα ορισμένο και είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμο.

Ωστόσο η μετάβαση σε βιομηχανικά συστήματα στα οποία επικρατεί ο αυτοματισμός και η ενσωμάτωση ολοένα πιο πολύπλοκων μηχανών στις σύγχρονες γραμμές παραγωγής έχει καταστήσει τις βιομηχανίες να εξαρτώνται όχι απαραίτητα από τη διαθεσιμότητα όλων των μηχανών και όλου του παραγωγικού εξοπλισμού, αλλά περισσότερο από τον παραγωγικό εξοπλισμό εκείνο ο οποίος είναι τεχνολογικά εξελιγμένος και ο οποίος συμμετέχει σε γραμμές παραγωγής, με αποτέλεσμα η χαμηλή του διαθεσιμότητα να μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλή διαθεσιμότητα μιας ολόκληρης γραμμής παραγωγής. Μάλιστα, η διάκριση αυτή, των τεχνολογικά εξοπλισμένων εξοπλισμών γίνεται καθώς σε αντίθεση με τον παλαιότερο παραγωγικό εξοπλισμό ο οποίος ήταν αμιγώς μηχανικός, ηλεκτρικός ή και πνευματικός, με την είσοδο της βιομηχανικής πληροφορικής, ο παραγωγικός εξοπλισμός ενσωματώνει λογισμικό, συστήματα επικοινωνίας και μετάδοσης δεδομένων και υπολογιστικά συστήματα, τα οποία καθιστούν τη συντήρησή του πιο απαιτητική.

Η δε συντήρηση δεν καθίσταται πιο απαιτητική εξ' ορισμού εξαιτίας της εισαγωγής της πληροφορικής, αλλά εξαιτίας του γεγονότος ότι η συνύπαρξη περισσότερων τεχνολογιών και περισσότερων συστημάτων αυξάνεται η πιθανότητα αποτυχίας κάποιου εξ' αυτών η οποία μπορεί με τη σειρά της να οδηγήσει στη διακοπή της λειτουργίας του.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση περισσότερων και πιο εξελιγμένων τεχνολογικά συστημάτων στις σύγχρονες γραμμές παραγωγής δημιουργεί την ανάγκη για ταχύτερο εντοπισμό και ταχύτερη διάγνωση και επιδιόρθωση βλαβών, με το ιδεατό σενάριο να αφορά στην προληπτική συντήρηση των γραμμών παραγωγής και των

επιμέρους μηχανών οι οποίες τις απαρτίζουν. Αυτή η ανάγκη οδηγεί σε αύξηση των απαιτήσεων σε ό,τι αφορά στην τεχνογνωσία του προσωπικού συντήρησης, αλλά και γενικότερα σε αύξηση των απαιτούμενων πόρων για την αποτελεσματική προληπτική ή επεμβατική συντήρηση του εξοπλισμού.

Σύμφωνα με τους Nguyen et al. (2015) η Διοίκηση της Συντήρησης και δη η συντήρηση σε επιχειρησιακό επίπεδο πρέπει να επικεντρώνεται στην κατανόηση ολόκληρου του συστήματος αντί των μεμονωμένων μηχανών και παραγωγικών διαδικασιών, λόγω της ολοκληρωμένης φύσης των σύγχρονων γραμμών παραγωγής (Nguyen, et al., 2015).

Σύμφωνα με τους Martinod et al. (2018), όσο αυξάνει η πολυπλοκότητα των παραγωγικών συστημάτων τόσο αυξάνει η περιπλοκότητα της συντήρησης, καθώς σε κάθε παραγωγικό σύστημα λειτουργούν ταυτόχρονα διαφορετικές τεχνολογίες, διαφορετικός εξοπλισμός, με το ρυθμό φθοράς κάθε μονάδας εξοπλισμού και το χρόνο ζωής του να ποικίλει (Martinod, et al., 2018).

Ως εκ τούτου, ειδικά υπό το πρίσμα της βελτιστοποίησης της διαθεσιμότητας του παραγωγικού εξοπλισμού, το έργο του σχεδιασμού τόσο της στρατηγικής όσο και του επιχειρησιακού πλάνου της συντήρησης γίνεται πιο πολύπλοκο. Η κατανομή των πόρων, ο προϋπολογισμός τους και η κατάρτιση ενός επιχειρησιακού πλάνου το οποίο θα οδηγήσει στην έγκαιρη προληπτική συντήρηση και στην ταχεία αποκατάσταση των βλαβών γίνεται ολοένα πιο δύσκολη (de Jonge & Scarf, 2020).

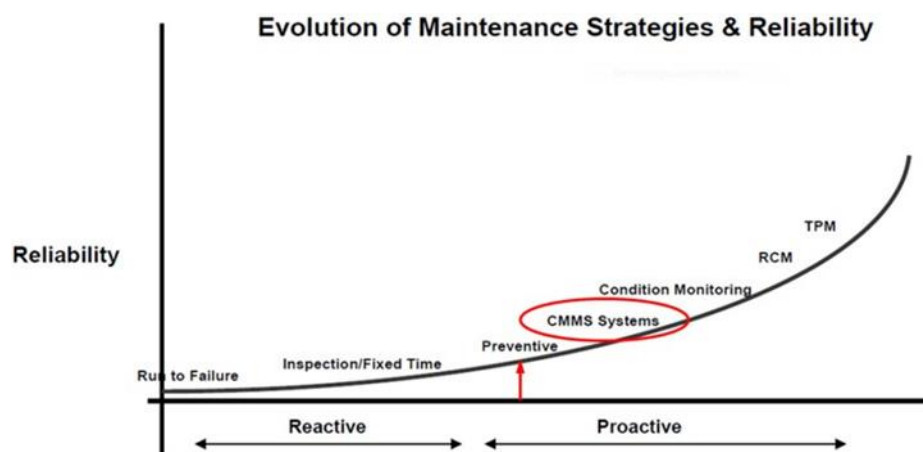
Η διαρκής επένδυση κεφαλαίων για πόρους και συστήματα δεν είναι μία βιώσιμη λύση για τη σύγχρονη βιομηχανία. Ως εκ τούτου, τα τελευταία χρόνια εντοπίζονται διάφορες τάσεις με εφαρμογή στη συντήρηση των βιομηχανιών οι οποίες κινούνται στην κατεύθυνση της βελτιστοποίησης της συντήρησης.

Στις προηγούμενες παραγράφους αναδείχθηκαν επιγραμματικά οι κύριοι λόγοι οι οποίοι έχουν μέχρι στιγμής διαμορφώσει ένα βεβαρημένο περιβάλλον στο οποίο καλούνται να λειτουργήσουν οι Διοικήσεις Συντήρησης στις σύγχρονες βιομηχανίες. Οι καταλύτες που οδηγούν στη διαμόρφωση νέων τάσεων για τη συντήρηση είναι ως επί το πλείστο τα τελευταία τεχνολογικά επιτεύγματα, όπως αυτά μετουσιώνονται στην Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση, αλλά και εξελίξεις και πρόοδος στη θεωρία

αναφορικά με τη Διοίκηση των Επιχειρήσεων, ειδικά υπό το πρίσμα της βιώσιμης ανάπτυξης και γενικά υπό το πρίσμα της αειφορίας (Jasiulewicz-Kaczmarek, 2013), (Franciosi, et al., 2018), (Liyanage, 2007).

Στα πλαίσια αυτά διακρίνεται ο ψηφιακός μετασχηματισμός, αλλά και τα μοντέλα Λιτής Διοίκησης και Λιτής Παραγωγής με την εφαρμογή αυτών στη Διοίκηση της Συντήρησης. Από το σημείο αυτό, της συνοπτικής αναφοράς των δύο αυτών κυρίων τάσεων, διακρίνεται ότι ο συνδυασμός τους μπορεί να παίξει καθοριστικό ρόλο στη βελτιστοποίηση της συντήρησης. Επιπλέον, με ειδική αναφορά στις διοικητικές προκλήσεις οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω στην παράγραφο 3.1 εντοπίζεται μία συνολική τάση ενσωμάτωσης των λειτουργιών της συντήρησης και ευθυγράμμισης της στρατηγικής συντήρησης με τη συνολική στρατηγική και η σύνδεση της διοίκησης της συντήρησης με τις λοιπές διοικητικές λειτουργίες των σύγχρονων βιομηχανιών.

Τέλος παρατίθεται ένα γράφημα με την εξέλιξη της Διοίκησης της Συντήρησης με ειδική αναφορά στην επίδραση στην αξιοπιστία των παραγωγικών συστημάτων. Η μετάβαση προς τα δεξιά στο γράφημα συνεπάγεται περαιτέρω μετάβαση από την επεμβατική στην προληπτική συντήρηση.



Εικόνα 7: Εξέλιξη των στρατηγικών συντήρησης και αύξηση της αξιοπιστίας (διαθεσιμότητας) των παραγωγικών συστημάτων (Wienker, et al., 2016)

### 3.3. Λιτή συντήρηση

Η Λιτή Συντήρηση είναι απόρροια της εφαρμογής της Λιτής Διοίκησης και Λιτής Παραγωγής. Παρακάτω αναφέρεται συνοπτικά η θεωρία που αφορά στη Λιτή Παραγωγή.



Η Λιτή Παραγωγή, η οποία στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ως Lean Manufacturing, είναι μία μέθοδος οργάνωσης της παραγωγής η οποία στοχεύει στην απόλυτη ικανοποίηση του πελάτη δαπανώντας τους ελάχιστους δυνατούς πόρους.

Η ιδέα της Λιτής Παραγωγής βασίζεται στην πλήρη εξάλειψη της σπατάλης από την παραγωγική διαδικασία με στόχο τη μετάβαση σε μια αποδοτικότερη, ταχύτερη και πιο αξιόπιστη παραγωγική διαδικασία, η οποία θα παράγει τελικά προϊόντα με υψηλή ποιότητα ενώ θα λειτουργεί με χαμηλό κόστος. (Murman, 2002)

Σύμφωνα με τον Murman (2002), Λιτή Παραγωγή είναι η διαδικασία περιορισμού της άσκοπης προσπάθειας (waste) έτσι ώστε να δημιουργηθεί αυξημένη αξία (value) για όλους τους συμμετόχους (stakeholders) ενός οργανισμού (Murman et al., 2002).

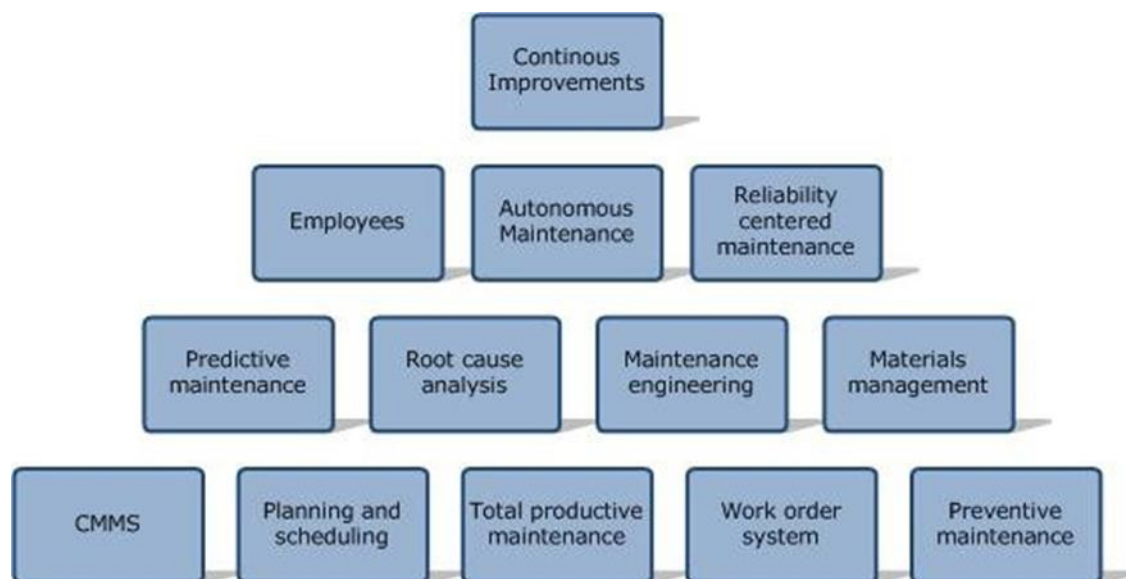
Η Λιτή Συντήρηση στοχεύει αντίστοιχα στη βελτιστοποίηση των πόρων της Διοίκησης της Συντήρησης μέσα από την εξάλειψη οποιασδήποτε μορφής σπατάλης και μέσα από την κατάστρωση πλάνου για την μεγιστοποίηση της απόδοσης της συντήρησης μέσα από την υιοθέτηση πρότυπων διαδικασιών συντήρησης, στα πρότυπα των παραπάνω αναφερόμενων σχετικά με τη Λιτή Παραγωγή.

Εμπόδιο στην αποτελεσματική υιοθέτηση της Λιτής Συντήρησης αποτελεί η μη ολιστική αντιμετώπιση της Συντήρησης υπό το πρίσμα των λειτουργιών και στο ίδιο επίπεδο ιεραρχίας με άλλες παραγωγικές και διοικητικές λειτουργίες (Mostafa, et al., 2015), (Smith & Hawkins, 2004).

Σημαντική πτυχή της Λιτής Συντήρησης αποτελεί η πλήρης κατανόηση του παραγωγικού συστήματος προκειμένου να μπορεί να βελτιστοποιηθεί η χρησιμοποίηση των πόρων και να προκριθούν οι ενέργειες εκείνες οι οποίες μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη διαθεσιμότητα του παραγωγικού εξοπλισμού με τη μικρότερη δυνατή σπατάλη.

Γίνεται κατανοητό ότι η Λιτή Συντήρηση είναι συνυφασμένη με την προληπτική συντήρηση, αλλά σαφώς περιλαμβάνει και σχέδια δράσης για επεμβατική συντήρηση, καθώς δεν είναι δυνατό όλες οι βλάβες να προβλεφθούν πριν την εμφάνισή τους.

Παρακάτω, στην Εικόνα 8 παρατίθενται σε μορφή πυραμίδας τα μέρη τα οποία συνολικά συνθέτουν τη Λιτή Συντήρηση, με την προληπτική συντήρηση να βρίσκεται στο κάτω μέρος της πυραμίδας και τη διαρκή βελτίωση να βρίσκεται μόνη στο ανώτερο μέρος της πυραμίδας. Περαιτέρω αναφορά στη διαρκή βελτίωση, ειδικά διαμέσου της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης γίνεται στην επόμενη παράγραφο.



Εικόνα 8: Πυραμίδα διαχείρισης συντήρησης· κάθε εσωτερικό μέρος αποτελεί την έννοια της λιτής συντήρησης (Smith & Hawkins, 2004)

Ο εκ των προτέρων υπολογισμός των απαραίτητων πόρων για τη συντήρηση προϋποθέτει τη δημιουργία πλάνου συντήρησης, για κάθε μέρος του παραγωγικού εξοπλισμού, με έμφαση στην προληπτική συντήρηση.

Ένα σημαντικό εργαλείο το οποίο βρίσκει εφαρμογή γενικά στη Διοίκηση της Συντήρησης και ειδικά στα πλαίσια υιοθέτησης της Λιτής Συντήρησης είναι τα λογισμικά CMMS, δηλαδή τα Υπολογιστικά Συστήματα Διαχείρισης της Συντήρησης.

Τα συστήματα CMMS υποστηρίζουν τη συλλογή δεδομένων από τον παραγωγικό εξοπλισμό και την επεξεργασία τους για την παραγωγή πληροφοριών. Οι πληροφορίες αυτές είναι διαθέσιμες στο προσωπικό συντήρησης το οποίο μπορεί να γνωρίζει συγκεντρωμένα και σε πραγματικό χρόνο ή με αναδρομή στο ιστορικό την κατάσταση λειτουργίας του παραγωγικού εξοπλισμού.

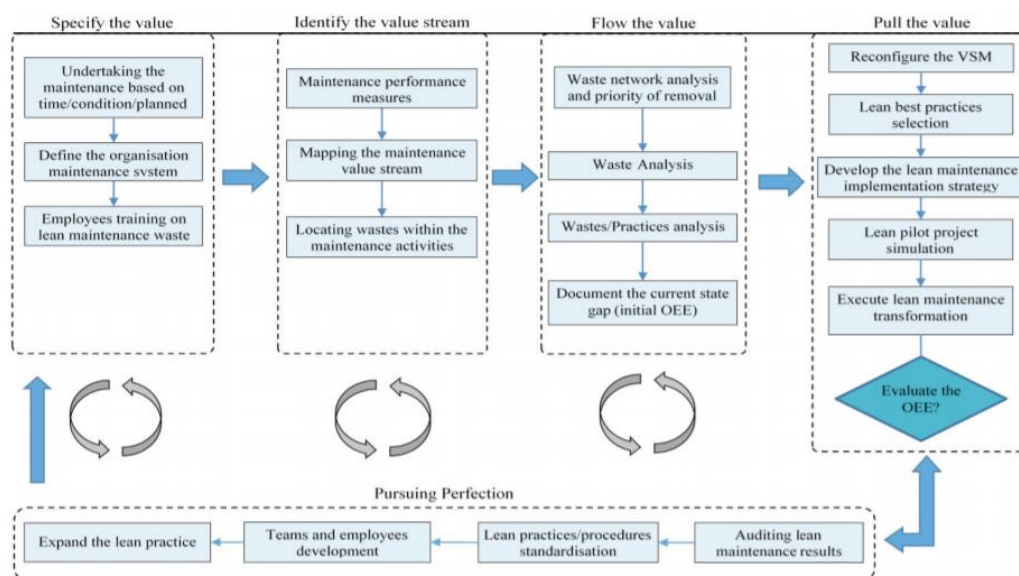
Τα συστήματα CMMS εντοπίζονται στην αρχή της καμπύλης στην Εικόνα 7, καθώς αποτελούν πρωταρχικό βήμα για την μετάβαση σε στρατηγικές προληπτικής συντήρησης.

Μάλιστα, σύμφωνα με τους Wienker, et al. (2016), η εφαρμογή των συστημάτων CMMS προϋποθέτει ένα ελάχιστο επίπεδο προληπτικής στρατηγικής συντήρησης (Wienker, et al., 2016).

Οι ενέργειες οι οποίες παρατίθενται παραπάνω στην Εικόνα 8 εκτελούνται στα πλαίσια της υιοθέτησης της λιτής παραγωγής σειριακά και κατόπιν ολοκλήρωσης κάθε επιπέδου της πυραμίδας εκκινούν οι ενέργειες του παραπάνω επιπέδου της (Smith & Hawkins, 2004).

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναλυθούν λεπτομερώς τα υπολογιστικά συστήματα συντήρησης CMMS.

Τέλος, παρατίθεται ένας οδικός χάρτης για την μετάβαση στη φιλοσοφία της Λιτής Διοίκησης και για την υιοθέτηση της Λιτής Συντήρησης:



Εικόνα 9: Οδικός χάρτης για την υιοθέτηση της Λιτής Συντήρησης (Mostafa, et al., 2015)

Τα τέσσερα βασικά βήματα τα οποία απαρτίζουν τον παραπάνω οδικό χάρτη συνοψίζουν στα παρακάτω σημεία:

- Υπολογισμός του κόστους και σχεδιασμός του πλάνου συντήρησης

- Καταγραφή της ροής αξίας, όπως αυτή αποδίδεται στη βιομηχανία μέσα από τη βελτίωση της διαθεσιμότητας του παραγωγικού εξοπλισμού, και εντοπισμός κάθε πιθανής μορφής σπατάλης
- Καταγραφή της σχέσης οφέλους – ζημίας της αφαίρεσης των αναγνωρισμένων μορφών σπατάλης, και ιεράρχηση ανά μορφή σπατάλης και υπολογισμός της συνολικής αποδοτικότητας του παραγωγικού εξοπλισμού (Overall Equipment Efficiency)
- Ανασχεδιασμός της στρατηγικής και του πλάνου συντήρησης κατόπιν εφαρμογής των προηγούμενων βημάτων

Στα πλαίσια της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης η οποία αναφέρεται στην επόμενη παράγραφο, ο παραπάνω κύκλος των τεσσάρων βημάτων επαναλαμβάνεται προκειμένου να επιτυγχάνεται η διαρκής βελτίωση της αποτελεσματικότητας της συντήρησης (Singh, et al., 2013).

#### 3.4. Ολική Παραγωγική Συντήρηση (TPM)

Η Ολική Παραγωγική Συντήρηση, η οποία αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία ως Total Productive Maintenance ή συντομότερα TPM είναι μία μέθοδος Διοίκησης της Συντήρησης το οποίο είναι απόρροια της Λιτής Διοίκησης ή Παραγωγής και της Ολικής Διοίκησης της Ποιότητας.

Η Διοίκηση Ολικής Ποιότητας είναι μία οργανωσιακή κουλτούρα που στοχεύει στην ολοένα αυξανόμενη ικανοποίηση των αναγκών των πελατών, μέσω της διαρκούς βελτίωσης της παραγωγής και της ποιότητας της παραγωγής, διαδικασία στην οποία συμμετέχει ενεργά όλο το ανθρώπινο δυναμικό ενός οργανισμού (συγκεκριμένα μια βιομηχανίας). (Kanji, 1995)

Η συνεχής βελτίωση της ποιότητας είναι κύριο αντικείμενο των συστημάτων διοίκησης ολικής ποιότητας. Για την επίτευξη της συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας, η διοίκηση ενός οργανισμού πρέπει να θέσει τους κατάλληλους στόχους οι οποίοι θα μπορούν να μεταφέρουν την επιδίωξη της συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας σε όλες τις λειτουργίες και τα τμήματα του οργανισμού.

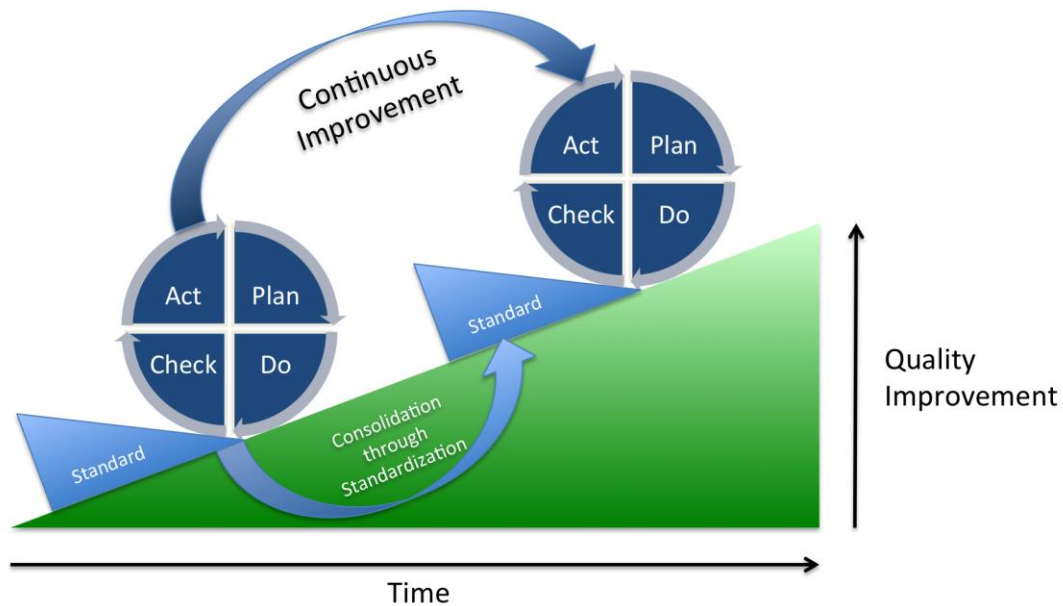
Για τη συνεχή βελτίωση της ποιότητας ενός οργανισμού χρησιμοποιούνται κύκλοι βελτίωσης, η αρχή λειτουργίας των οποίων είναι ο κύκλος του Deming. Εν προκειμένω, ο κύκλος βελτίωσης περιλαμβάνει τα παρακάτω βασικά στάδια (Muhammad Asif, 2009):

- προσδιορισμός σχεδίου και στόχων
- λειτουργία του οργανισμού σύμφωνα με το παραπάνω σχέδιο
- μέτρηση δεικτών ποιότητας
- επεξεργασία και αξιολόγηση των παραπάνω δεικτών ποιότητας

Κατόπιν, ο κύκλος βελτίωσης επαναλαμβάνεται και οι νέοι στόχοι τίθενται βάσει της αξιολόγησης που έγινε στα αποτελέσματα του προηγούμενου κύκλου βελτίωσης.(Εικόνα 10)

Οι κύκλοι βελτίωσης έχουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα, καθώς βρίσκουν εφαρμογή τόσο σε σύστημα το οποίο αποτελείται από επιμέρους υποσυστήματα, όπως είναι μια γραμμή παραγωγής, όσο και στα επιμέρους υποσυστήματα και διεργασίες, όπως είναι οι επιμέρους μηχανές που απαρτίζουν μία γραμμή παραγωγής.

Εντούτοις, σύμφωνα με τον Jorgensen (2016) όπως συμβαίνει με την Ολική Διοίκηση Ποιότητας, όπου η διαρκής βελτίωση εφαρμόζεται σε κάθε επιμέρους λειτουργία της βιομηχανίας, το ίδιο συμβαίνει στο επίπεδο της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης, στην οποία η διαρκής βελτίωση εστιάζει σε κάθε επιμέρους λειτουργία στην οποία απαιτείται η συνδρομή του τμήματος Συντήρησης και σε δεύτερο επίπεδο σε κάθε επιμέρους μονάδα παραγωγικού εξοπλισμού. Στόχος είναι η βελτίωση να επιτευχθεί σειριακά αρχής γενομένης από κάθε ξεχωριστή μηχανή και κάθε μονάδα εξοπλισμού και εν συνεχεία σε επίπεδο γραμμής παραγωγής, λειτουργίας και οργανισμού (Jorgensen, 2016):



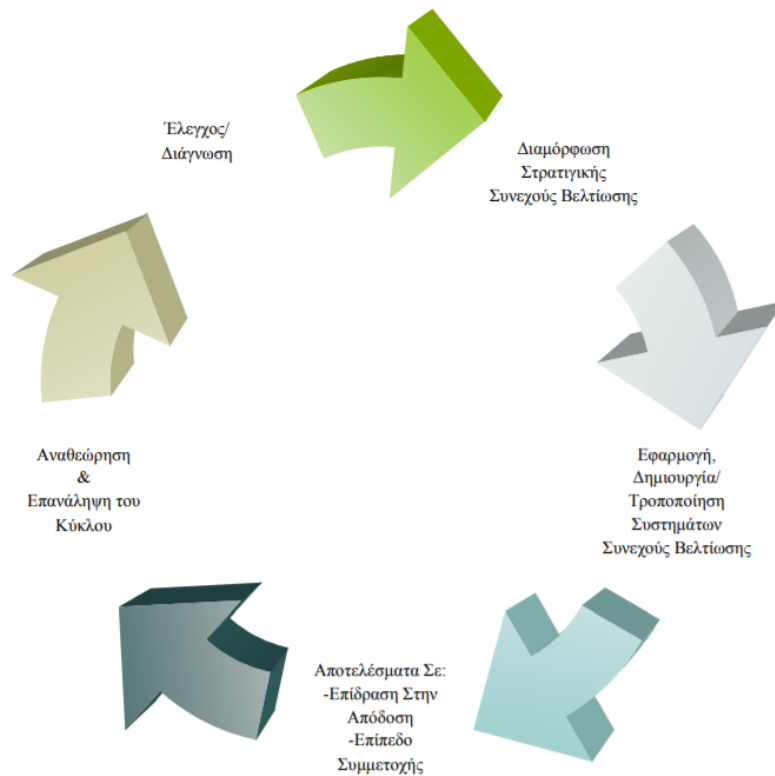
Εικόνα 10: Συνεχής βελτίωση της ποιότητας με την μέθοδο PDCA – επέκταση εφαρμογής στην αποτελεσματικότητα της (Vietze, 2013)

Η συνεχής βελτίωση της ποιότητας είναι μία δυναμική και διαρκώς επαναλαμβανόμενη διαδικασία η οποία διαμορφώνεται με το πέρασ κάθε κύκλου βελτίωσης. Όλοι οι εμπλεκόμενοι εξελίσσονται με το εσωτερικό περιβάλλον και βελτιώνονται με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η ποιότητα όλων των λειτουργιών και του όλου συστήματος.

Παρακάτω περιγράφεται η φιλοσοφία λειτουργίας της μεθόδου διαρκής βελτίωσης της ποιότητας και αντίστοιχα της αποτελεσματικότητας της συντήρησης:

Στο πρώτο στάδιο του κύκλου γίνεται εξερεύνηση της διαδικασίας έτσι ώστε να ταυτοποιηθεί το πρόβλημα. Ακολούθως, επιλέγεται η καλύτερη μέθοδος – τεχνική για την επίλυση του προβλήματος και γίνεται εφαρμογή αυτής της μεθόδου. Αναλύονται και μελετώνται τα αποτελέσματα της μεθόδου και τυχόν συμπεράσματα λαμβάνονται υπόψη για την επανεφαρμογή της μεθόδου. Ο κύκλος εκκινεί εκ νέου με τα νέα αυτά δεδομένα.

Η δυναμική αυτή διαδικασία περιγράφεται πολύ καλά από τον κύκλο PDCA:



Εικόνα 11: Κύκλος βελτίωσης ποιότητας (Caffyn, 1997)

Τα στελέχη των οργανισμών διαθέτουν ένα ευρύ σύνολο εργαλείων για την επίτευξη της βελτίωσης. Εκτός από τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται, σημαντικός παράγοντας είναι και το ίδιο το ανθρώπινο δυναμικό.

Η στρατηγική συνεχούς βελτίωσης περιγράφεται από το σύνολο των εργαλείων που χρησιμοποιούνται, το ανθρώπινο δυναμικό, τα καθήκοντά του, το βαθμό αφοσίωσης στον οργανισμό, τις ανάγκες του, το οργανωσιακό μοντέλο του οργανισμού και εν γένει από τους πόρους (υλικούς και άυλους) του οργανισμού. Η επιτυχής εφαρμογή στρατηγικής συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας απαιτεί την εμπλοκή όλων των επιμέρους μερών μιας βιομηχανίας (Leede, 1999).

Τα κύρια σημεία μιας στρατηγικής συνεχούς βελτίωσης είναι τα παρακάτω (John L. Michela, 1996):

- Σωστή κατανόηση της διαδικασίας και καταγραφή:

- Εντοπισμός των δραστηριοτήτων οι οποίες προσθέτουν αξία στο τελικό προϊόν και αυτές που συνιστούν σπατάλη, καθώς δεν προσθέτουν αξία
- Ανάλυση κόστους, της ζητούμενης ποιότητας και προδιαγραφών του τελικού προϊόντος, των χαρακτηριστικών των πρώτων υλών, της παραγωγικής δυναμικότητας του εξοπλισμού και του ανθρώπινου δυναμικού
- Καταγραφή όλων των παραπάνω σε πίνακες και απεικόνισή τους σε γραφήματα
- Απλοποίηση και βελτίωση της διαδικασίας
  - Μείωση δραστηριοτήτων μέσω εξάλειψης ή συνδυασμού δραστηριοτήτων
  - Βελτίωση της απόδοσης των επιμέρους τμημάτων της παραγωγικής διαδικασίας (εξοπλισμός, ανθρώπινο δυναμικό, πρώτες ύλες κ.α.)
- Τυποποίηση και ενσωμάτωση
  - Τυποποίηση όλων των επιμέρους διαδικασιών
  - Ενσωμάτωση όλων των δραστηριοτήτων στη στρατηγική βελτίωσης
- Παρακολούθηση των αποτελεσμάτων
  - Μέτρηση της απόδοσης και παρακολούθηση στόχων
  - Ορισμός νέων στόχων

Οι παραπάνω παράγοντες μπορούν να ορίσουν μία στρατηγική συνεχούς βελτίωσης η οποία βρίσκει εφαρμογή σε οργανισμούς οι οποίοι δραστηριοποιούνται σε μεγάλο εύρος τομέων. Κάθε οργανισμός πρέπει να προσαρμόζει τους παραπάνω παράγοντες στην εκάστοτε αγορά, ανάλογα με την ιστορία, το όραμα και τους στόχους τους (Webster, 1999).

Έχοντας θέσει το υπόβαθρο για την Ολική Διοίκηση της Ποιότητας γίνεται αναφορά και αντιστοιχία στην Ολική Παραγωγική Συντήρηση. Μέσα από την υιοθέτηση της μεθόδου αυτής, η συντήρηση εξελίσσεται περαιτέρω και από προληπτική καθίσταται παραγωγική. Ενσωματώνει δηλαδή σε μεγάλο βαθμό τους παραγωγικούς στόχους της βιομηχανίας, σε αντιστοιχία με όλα όσα αναφέρονται στην παράγραφο 3.1.



Απώτερος σκοπός είναι μετά από την εκτέλεση ικανού αριθμού κύκλων βελτίωσης να μηδενιστεί ο χρόνος διακοπής. Αυτό σαφώς είναι ανέφικτο και ως εκ τούτου, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ο ρεαλιστικός στόχος της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου διακοπής .

Αξίζει δε να σημειωθεί πως σε κάθε κύκλο βελτίωσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αλλαγές οι οποίες τυχόν συμβαίνουν, σε αντιστοιχία με όλα όσα αναφέρονται στις παραγράφους 3.1 και 3.2, προκειμένου η αποτελεσματικότητα της συντήρησης να ακολουθεί την τρέχουσα κατάσταση και τους τρέχοντες παραγωγικούς στόχους της βιομηχανίας (Byrd, 2021), (Söderholm, 2004).

Στα πλαίσια δε της εφαρμογής της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης εξετάζεται η διαθεσιμότητα όλων των συστημάτων και όλου του εξοπλισμού, πρώτιστα του παραγωγικού, σε όλες τις λειτουργίες της βιομηχανίας.

Σημαντικές προκλήσεις τις οποίες καλούνται να αντιμετωπίσουν οι βιομηχανίες για την επιτυχή εφαρμογή της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης παρατίθενται παρακάτω:

- Κατανόηση της φιλοσοφίας της TPM
- Διαθεσιμότητα πόρων (οικονομικών, ανθρώπινων, τεχνογνωσίας)
- Καταγραφή του προσδοκώμενου οφέλους από τη εφαρμογή της TPM

Οι στόχοι της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης είναι πρωτίστως η βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της συντήρησης, όπως αυτή μετουσιώνεται μέσα από την μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας του παραγωγικού και λοιπού εξοπλισμού, υπό το πρίσμα της επίτευξης των παραγωγικών στόχων της βιομηχανίας. Επιπλέον, η εφαρμογή της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης στοχεύει στη βελτίωση της απόδοσης κόστους της συντήρησης, μέσα από τον αποκλεισμό της σπατάλης, στη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και στη βελτίωση της ασφάλειας του εργασιακού χώρου, όπως αυτή βελτιώνεται μέσα από την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εμφάνισης κάποιας κρίσιμης βλάβης στον παραγωγικό εξοπλισμό (Ireland & Dale, 2001 ).

Τέλος, παρακάτω παρατίθενται οι οκτώ πυλώνες στους οποίους βασίζεται η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Byrd, 2021):



Εικόνα 12: Οι οκτώ πυλώνες της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (Byrd, 2021)

1. Αυτόνομη συντήρηση - Οι χειριστές παρακολουθούν την κατάσταση του δικού τους εξοπλισμού και χώρων εργασίας.
2. Βελτίωση διαδικασίας και μηχανών - Οι ηγέτες των ομάδων συλλέγουν πληροφορίες από τους χειριστές και τους χώρους εργασίας και στη συνέχεια δίνουν προτεραιότητα στην προληπτική συντήρηση και βελτιώσεις.
3. Προληπτική Συντήρηση - Οι χειριστές και οι επικεφαλής ομάδων μοιράζονται εργασίες και προγράμματα προληπτικής συντήρησης.
4. Πρώιμη Διαχείριση Νέου Εξοπλισμού - Οι ηγέτες της ομάδας προβλέπουν και σχεδιάζουν τμήματα των κύκλων ζωής του εξοπλισμού και αναφέρονται στους διαχειριστές βάσει αναφορών συντήρησης.
5. Διαχείριση ποιότητας διαδικασιών - Η κοινή ευθύνη για τη λειτουργία και τη συντήρηση ενθαρρύνει ιδέες βελτίωσης της ποιότητας από όλους τους τομείς εργασίας.

6. Διοικητική εργασία - Οι διευθυντές δίνουν προτεραιότητα στα δεδομένα από τους προηγούμενους πυλώνες και μοιράζονται τα αποτελέσματα με τους ηγέτες των ομάδων και τους τομείς εργασίας.
7. Εκπαίδευση και Κατάρτιση - Η συνεχής βελτίωση περιλαμβάνει εκπαίδευση και κατάρτιση χειριστή και χώρου εργασίας, που βελτιώνουν το ηθικό, τη διατήρηση και την αποτελεσματικότητα.
8. Ασφάλεια και διαρκής επιτυχία-Η ασφάλεια σε όλες τις εγκαταστάσεις έχει προτεραιότητα, γεγονός που επηρεάζει θετικά τη διαρκή επιτυχία του προγράμματος TPM.

### 3.5. Έξυπνα εργοστάσια και έξυπνη συντήρηση

Σύμφωνα με τους Roy et al. (2016) τα τελευταία χρόνια, ειδικά στα πλαίσια της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης έχουν ξεκινήσει να εφαρμόζονται νέες τεχνολογίες για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των λειτουργιών της συντήρησης, για τη βελτίωση της διαθεσιμότητας και εν γένει για τη βελτίωση της παραγωγικότητας (Roy, et al., 2016).

Αρχικά αναφέρεται ότι στα πλαίσια της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης εισάγεται ο όρος Βιομηχανία 4.0 (Alcácer & Cruz-Machado, 2019), (Bordeleau, et al., 2018).

Οι τεχνολογίες της βιομηχανίας 4.0 μετασχηματίζουν τα εργοστάσια σε έξυπνα εργοστάσια, σε ακολουθία του μετασχηματισμού και άλλων πτυχών της καθημερινής ζωής, όπως οι έξυπνες συσκευές. Τα έξυπνα εργοστάσια είναι εργοστάσια στα οποία ο φυσικός κόσμος μεταφέρεται μέσω καινοτόμων τεχνολογιών στον ψηφιακό κόσμο, οδηγώντας στην εισαγωγή νέων μεθόδων διοίκησης, επιτήρησης, οργάνωσης και εν γένει λειτουργίας των εργοστασίων (Kolberg & Zühlke, 2015).

Η διείσδυση του ψηφιακού μετασχηματισμού στη βιομηχανία γίνεται με ταχείς ρυθμούς καθώς οι βιομηχανίες καλούνται να λειτουργήσουν σε πιο ανταγωνιστικές αγορές. Ο δε ψηφιακός μετασχηματισμός είναι το μέσο με το οποίο οι βιομηχανίες επιχειρούν να επιτύχουν τον στόχο της βιώσιμης ανάπτυξης και γενικά τον στόχο της αειφορίας.

Ως εκ τούτου, ο μετασχηματισμός των εργοστασίων σε έξυπνα εργοστάσια επηρεάζει το σύνολο των βιομηχανικών λειτουργιών, από τις προμήθειες μέχρι την παραγωγή και τη συντήρηση (Alcácer & Cruz-Machado, 2019).

Στην παράγραφο αυτή, μετά την παραπάνω σύντομη εισαγωγή στη Βιομηχανία 4.0 παρουσιάζονται τα ευρήματα τα οποία αφορούν σε καινοτόμες τεχνολογίες οι οποίες εισάγονται μέσω της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης στα τμήματα συντήρησης των βιομηχανιών.

Τεχνολογίες όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, το οποίο στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ως Internet of Things (IoT), η Υπολογιστική Νέφος, η επιστήμη των Δεδομένων και άλλες τεχνολογίες συναντώνται συχνά στη βιβλιογραφία ως οι συνηθέστερα εφαρμοζόμενες τεχνολογίες οι οποίες εισάγονται με την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση (Jazdi, 2014), (Forcina, et al., 2021).

Τα έξυπνα εργοστάσια ενσωματώνουν την αυτοματοποίηση και τις παραπάνω αναφερόμενες τεχνολογίες για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης όλων των λειτουργιών, με προτεραιότητα στην παραγωγή και τη συντήρηση, αλλά και άλλες υποστηρικτικές λειτουργίες οι οποίες δεν εξετάζονται στην παρούσα.

Η συντήρηση είναι μία κύρια συνιστώσα δημιουργίας αξίας στις βιομηχανίες, καθώς υποστηρίζει τις παραγωγικές διαδικασίες προκειμένου να εξασφαλίζεται η εύρυθμη λειτουργία τους.

Μάλιστα, σύμφωνα με έκθεση της McKinsey η μετάβαση της συντήρησης στην έξυπνη συντήρηση αποτελεί το πρώτο βήμα το οποίο προτείνεται να ακολουθείται στην πορεία εξέλιξης των εργοστασίων σε έξυπνα εργοστάσια έτσι ώστε να μεγιστοποιούνται τα οφέλη από τη διείσδυση της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης (McKinsey, 2015).

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων συνίσταται στην εγκατάσταση δικτύου αισθητήρων και ενεργοποιητών για τη συλλογή δεδομένων από τον παραγωγικό εξοπλισμό, τη μεταφορά τους σε συστήματα επεξεργασίας και ελέγχου των δεδομένων και για τον αυτόματο έλεγχο και την επιτήρηση της λειτουργίας της μονάδας. Μέσα από την τεχνολογία IoT ο φυσικός κόσμος μεταφέρεται στον ψηφιακό κόσμο, όπου

δημιουργούνται τα Κυβερνο-Φυσικά Συστήματα, μέσω των οποίων μία βιομηχανία μπορεί να λαμβάνει δεδομένα από όλες τις λειτουργίες της ανά πάσα στιγμή, σε πραγματικό χρόνο, καθώς και μπορεί να παρεμβαίνει σε αυτές απομακρυσμένα είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα (Roy, et al., 2016).

Τα Κυβερνο-Φυσικά Συστήματα αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία ως Cyber Physical Systems (CPS) και μπορούν να μετασχηματίσουν τον τρόπο με τον οποίο εκτελείται η συντήρηση στη σύγχρονη βιομηχανία, καθώς καθιστούν εφικτή την απομακρυσμένη εποπτεία του ελέγχου του παραγωγικού εξοπλισμού και τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τη λειτουργική κατάσταση του εξοπλισμού κ.α.. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μία βάση δεδομένων στην οποία μπορούν να προστεθούν στοιχεία από τον κατασκευαστή κάθε μηχανής και κάθε εξαρτήματος αλλά και το ιστορικό βλαβών, προκειμένου κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας να μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες που αφορούν την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο εξοπλισμός, να γίνει πρόγνωση του χρόνου εκδήλωσης μιας βλάβης και του υπολειπόμενου χρόνου ζωής του εξοπλισμού. Με τον τρόπο αυτό οι βιομηχανίες μπορούν εύκολα να μετατοπίσουν τις στρατηγικές συντήρησής τους στο δεξί μέρος της καμπύλης που φαίνεται στην Εικόνα 7 ή στα επάνω τμήματα της πυραμίδας που φαίνεται στην Εικόνα 8, δηλαδή να μεταβούν από την επεμβατική στην προληπτική συντήρηση (Silva Peres, et al., 2018), (Roy, et al., 2016).

Στην κατεύθυνση αυτή μπορεί να συμβάλλουν τεχνικές προγνωστικής ανάλυσης, οι οποίες καλούνται ωστόσο να εφαρμοστούν σε έναν τεράστιο όγκο δεδομένων τα οποία γεννούνται διαρκώς σε ένα έξυπνο εργοστάσιο. Στην κατεύθυνση αυτή σημαντική είναι η συμβολή της Επιστήμης των Δεδομένων και δη της επιστήμης των Μαζικών Δεδομένων (Big Data), η οποία παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία για την εκτέλεση υπολογιστικών τεχνικών και για την ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων με μεγάλη ταχύτητα. Ως εκ τούτου, ο συνδυασμός της τεχνολογίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων και της Επιστήμης των Δεδομένων θεωρείται απαραίτητος για την επιτυχή μετατροπή ενός εργοστασίου σε έξυπνο εργοστάσιο και δη για την εξέλιξη της συντήρησης στην έξυπνη συντήρηση (Silva Peres, et al., 2018).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί έρευνα των Ooijenaar et al. (2019), οι οποίοι πρότειναν ένα σύστημα για την παρακολούθηση των συνθηκών καταπόνησης των ρουλεμάν σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον με χρήση τεχνολογίας IoT και με τη μετάδοση των δεδομένων να γίνεται ασύρματα από τις μηχανές σε ένα κέντρο ελέγχου (Ooijenaar, et al., 2019).

Επιπλέον, οι Qiao και Weiss (2019) πρότειναν ένα μοντέλο βασισμένο σε ένα προηγμένο δίκτυο IoT για την επιτήρηση της κατάστασης των ρομπότ σε βιομηχανικό περιβάλλον και για την κατάστροψη σχεδίου προληπτικής συντήρησής τους (G. & Weiss, 2019).

Συνολικά, η Επιστήμη Δεδομένων επιτρέπει την υποστήριξη της προγνωστικής συντήρησης, παρέχοντας ένα πλαίσιο για την επεξεργασία δεδομένων το οποίο είναι ικανό να ξεπερνά τεχνικές δυσκολίες που σχετίζονται με τον όγκο και την ανομοιομορφία των δεδομένων (Forcina, et al., 2021).

Επιπλέον, στην έξυπνη συντήρηση μπορούν να βρουν εφαρμογή τεχνικές προσομοίωσης οι οποίες κατέστησαν εφικτές κατόπιν τεχνολογικών επιτευγμάτων στον τομέα της υπολογιστικής και οι οποίες μπορούν να συμβάλουν στη βελτιστοποίηση των πληροφοριών που προκύπτουν κατόπιν επεξεργασίας δεδομένων τα οποία συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο από έξυπνα συστήματα εποπτείας του βιομηχανικού εξοπλισμού (Forcina, et al., 2021).

Οι τεχνικές προσομοιώσεων μπορούν να συμβάλουν στη μείωση του κόστους και του χρόνου συντήρησης, καθώς μπορούν να βοηθήσουν στον υπολογισμό του χρόνου κατά τον οποίο θα αστοχήσει ένα εξάρτημα μιας μηχανής, οδηγώντας σε προληπτική επέμβαση πριν εκδηλωθεί η βλάβη (El-Akruti, et al., 2016).

Η τεχνολογία υπολογιστικής νέφους μπορεί να συμβάλει στην μετάδοση των δεδομένων από τις βιομηχανικές μονάδες σε απομακρυσμένα κέντρα ελέγχου με μεγάλη ταχύτητα, αλλά και στην επεξεργασία των δεδομένων οδηγώντας σε σημαντική μείωση του απαιτούμενου χρόνου για την επεξεργασία των δεδομένων τα οποία συλλέγονται μέσα από τη τεχνολογία IoT.

Σε ό,τι αφορά στην εξέλιξη της ρομποτικής, εντοπίζεται πιθανή εφαρμογή της για τους σκοπούς της συντήρησης στη βιομηχανία όχι τόσο για την εκτέλεση εργασιών όσο για τη συλλογή δεδομένων από επικίνδυνα ή περιορισμένης πρόσβασης περιβάλλοντα.

Η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης (3d printing) μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στη μείωση του χρόνου διακοπής, καθώς σε περίπτωση έλλειψης ενός εξαρτήματος αυτό μπορεί σε μικρό χρονικό διάστημα να εκτυπωθεί τρισδιάστατα και να αντικαταστήσει ένα ελαττωματικό εξάρτημα (Forcina, et al., 2021).

Όλες οι παραπάνω τεχνολογίες έχουν ήδη αρχίσει να βρίσκουν εφαρμογή στη βιομηχανία και να μετασχηματίζουν τον τρόπο με τον οποίο εκτελείται η συντήρηση αλλά και τον τρόπο με τον οποίο αυτή διοικείται. Κάποιες τεχνολογίες όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων έχουν μεγαλύτερη και ταχύτερη διείσδυση λόγω του μικρότερου κόστους για τις απαραίτητες επεμβάσεις αλλά και λόγω της άμεσης ωφέλειας την οποία μπορούν να προσδώσουν στα τμήματα συντήρησης στη σύγχρονη βιομηχανία. Ωστόσο, όλες οι τεχνολογίες αναμένεται να διεισδύσουν στη βιομηχανία μεσοπρόθεσμα, καθώς τα υφιστάμενα εργοστάσια θα μετασχηματίζονται σε έξυπνα εργοστάσια, οδηγώντας την μετάβαση στην έξυπνη συντήρηση.

## 4. Συστήματα Διαχείρισης Συντήρησης (Maintenance Management Systems)

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται και συζητούνται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης σε ό,τι αφορά τα συστήματα διαχείρισης συντήρησης. Αναλύονται οι ανάγκες που εξυπηρετούν, τι προβλήματα λύνουν και τέλος το πιθανό κόστος αγοράς ενός τέτοιου λογισμικού. Επιπρόσθετα αναλύονται δύο από τα δημοφιλέστερα συστήματα διαχείρισης συντήρησης που χρησιμοποιούνται σε μεγάλες βιομηχανίες.

### 4.1. Αναγκαιότητα χρήσης λογισμικού συντήρησης

Όπως αναφέρεται στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι σύγχρονες βιομηχανίες έρχονται αντιμέτωπες σε ένα περιβάλλον ανταγωνιστικό και προσπαθούν να μειώσουν τα κόστη παραγωγής και να αυξήσουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Η συντήρηση των σύγχρονων βιομηχανιών ευθύνεται μέχρι το 60% του ελεγχόμενου κόστους λειτουργίας μιας παραγωγής. Με την συμβολή των ενός σχεδιασμένου υπολογιστικού συστήματος, το κόστος συντήρησης μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Η αποτελεσματική διαχείριση της συντήρησης ενδέχεται να αυξήσει τα καθαρά έσοδα πολύ περισσότερο από ότι πιστεύεται συνήθως.

Ένα τέτοιο σχέδιο διαχείρισης συντήρησης θα πρέπει να παρέχει στις επιχειρήσεις την καταγραφή βλαβών, την διαχείριση της αποθήκης των ανταλλακτικών, την διαχείριση προγραμματισμένων ενεργειών, όπως για παράδειγμα κάποια επιθεώρηση είτε μία προληπτική συντήρηση.

### 4.2. Ολοκληρωμένο λογισμικό διαχείρισης συντήρησης.

Για να μπορεί να θεωρηθεί ολοκληρωμένο ένα σύστημα διαχείρισης συντήρησης (Computerized Maintenance Management System – CMMS) θα πρέπει να περιλαμβάνει τις παρακάτω λειτουργίες:

Θα πρέπει αρχικά να δημιουργηθεί μια βιβλιοθήκη τεχνικής τεκμηρίωσης. Δηλαδή μια βιβλιοθήκη που θα περιλαμβάνει πληροφορίες για κάθε μηχάνημα



(κατασκευαστικό κομμάτι και ανταλλακτικά). Οι πληροφορίες αυτές θα πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμες στον αρμόδιο τεχνικό.

Επόμενη λειτουργία είναι η «Διατήρηση αρχείων συντήρησης». Η λειτουργία αυτή περιλαμβάνει τα δελτία βλαβών, τις ακριβείς ημερομηνίες της πραγματοποίησης κάποιας εργασίας, την έναρξή της αλλά και τη λήξη της.

Η επόμενη λειτουργία αναφέρεται στην καταγραφή βλαβών. Οι καταγραφές θα πρέπει να περιλαμβάνουν τις συντηρήσεις κάθε μηχανήματος καθώς και τα στοιχεία όπως το κόστος της εργασίας, τις ώρες που ήταν απαραίτητο να σταματήσει η λειτουργία της μηχανής για την επισκευή της, τα ανταλλακτικά που χρησιμοποιήθηκαν και τέλος οι τυχόν παρατηρήσεις από τον αρμόδιο τεχνικό.

Το πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης είναι ακόμη μία απαραίτητη λειτουργία του σχεδιασμού συστήματος διαχείρισης συντήρησης. Το πρόγραμμα αυτό μέσα από συνεχή επιβλέψεις, επισκευές και αντικαταστάσεις φιλοδοξεί για την ελαχιστοποίηση των παύσεων της παραγωγής και την μείωση των βλαβών. Η πολιτική αυτή έχει αποδεχτεί ιδιαίτερα ωφέλιμη διότι το τελικό αποτέλεσμα είναι η μείωση του κόστους παραγωγής. Είναι χαρακτηριστικό ότι μέσω της λειτουργίας αυτής παρέχεται στο τμήμα συντήρησης μια δυνατότητα να εξετάζει και να αξιολογεί τις δραστηριότητες που εκτελούνται και σε συνδυασμό με τα στοιχεία του κόστους θα έχουν την δυνατότητα να συγκροτούν τις μελλοντικές εργασίες βελτιστοποιώντας συνεχώς την παραγωγή.

Μία από τις σημαντικότερες λειτουργίες του συστήματος είναι η διαχείριση της αποθήκης των ανταλλακτικών. Είναι υπεύθυνη για την οργάνωση προμηθειών των ανταλλακτικών και την καταγραφή όλων των επιμέρων στοιχείων όπως τα κόστη, οι προμηθευτές και οι ημερομηνίες παραγγελιών και παραλαβής. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται η ροή των αναλώσεων των ανταλλακτικών με αποτέλεσμα να εκτελούνται έγκαιρα οι παραγγελίες, όταν το απόθεμα φτάσει στο απόθεμα ασφαλείας που έχει ορίσει το τμήμα συντήρησης.

Τελευταία λειτουργία είναι η κοστολόγηση της συντήρησης. Μέσω της λειτουργίας αυτής συγκεντρώνονται οι δαπάνες της συντήρησης ανά μήνα, ανά χρόνο ή σε καθορισμένο χρόνο από τους αρμόδιους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αξιολόγηση

των ακολουθούμενων πολιτικών και την ανάθεση νέων στόχων από την διοίκηση και το τμήμα συντήρησης

Εφόσον υπάρχουν οι αναφερόμενες λειτουργίες καταλήγει το παραπάνω σύστημα συντήρησης να αποτελεί ένα σύστημα πλήρους διαχείρισης του τεχνολογικού εξοπλισμού της επιχείρησης. Συστήματα σαν αυτό έχουν δημιουργηθεί και αναπτυχθεί μέσω της βοήθειας ειδικών λογισμικών και παρέχουν την βάση για την συνολική συντήρηση του εξοπλισμού μέσω των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Εν κατακλείδι, πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι ο χειρισμός ενός τέτοιου συστήματος θα πρέπει να γίνεται από έναν χρήστη ο οποίος θα είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται τις εισερχόμενες πληροφορίες του υπολογιστικού συστήματος συντήρησης. Τέλος το σύστημα αυτό οφείλει να είναι παραμετροποιήσιμο, ώστε να εξασφαλίζει την εφαρμογή του πάντα, ασχέτως από το ποιες θα είναι οι ανάγκες της εκάστοτε επιχείρησης.

#### 4.3. Προϋποθέσεις επένδυσης σε υπολογιστικό σύστημα συντήρησης.

Προτού γίνει η επένδυση για ένα υπολογιστικό σύστημα συντήρησης η επιχείρηση θα πρέπει να αναρωτηθεί αν πληροί κάποιες προϋποθέσεις. Το τμήμα συντήρησης και το τμήμα οικονομικής διαχείρισης της εταιρείας θα πρέπει να συνεργαστούν και να αποφασίσουν αν το υπολογιστικό πρόγραμμα συμφέρει από οικονομικής άποψης, συμπεριλαμβάνοντας και τα φυσικά λάθη που θα μπορούσαν να αποφευχθούν με την χρήση του και φυσικά τις εργατώρες του τμήματος συντήρησης που ενδεχομένως θα μειωθούν σημαντικά. Σημαντική προϋπόθεση αποτελεί η ύπαρξη σημαντικού μεγέθους βιομηχανικού εξοπλισμού, έτσι ώστε να μπορεί να αιτιολογηθεί η απόσβεση της επένδυσης στο μέλλον. Επιπρόσθετα, ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο για την λήψη της απόφασης αποτελούν τα κέρδη που αναμένει να αποφέρει η απόκτηση ενός υπολογιστικού συστήματος συντήρησης. Τέλος, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί από την πλευρά της διοίκησης, η κατανόηση και η συνειδητοποίηση της χρησιμότητας ενός τέτοιου λογισμικού για την παραγωγή. Η κατανόηση είναι σημαντική, διότι για την εξασφάλιση της επιτυχούς χρήσης του λογισμικού πρέπει να υπάρχει ένα οργανωμένο τμήμα συντήρησης αλλά ταυτόχρονα και ένα ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό.

Τα υποκεφάλαια 4.2 & 4.3 βασίζονται στο (Μπακούρος, 2009)

#### 4.3.1. Εγκατάσταση λογισμικού

Αφού η επιχείρηση διαθέτει τις προϋποθέσεις που συζητήθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, τότε αρχίζουν οι διαδικασίες εγκατάστασης του λογισμικού. Η εγκατάσταση προϋποθέτει μία έρευνα αγοράς, ώστε να επιλεχθεί το κατάλληλο για την επιχείρηση λογισμικό, αυτό δηλαδή που καλύπτει τις ανάγκες της. Το αρχικό βήμα για τη εγκατάσταση του λογισμικού αποτελεί η ανάλυση του βιομηχανικού εξοπλισμού. Εξειδικευμένοι αναλυτές συστημάτων συνεργάζονται με το τμήμα συντήρησης για τα μηχανογραφικά στοιχεία του εξοπλισμού και τις επιμέρους πληροφορίες που περιέχονται. Έπειτα υπολογίζεται ο όγκος των αρχείων με σκοπό την ορθή επιλογή σωστού εξοπλισμού για το σύστημα συντήρησης. Στην συνέχεια της εγκατάστασης δημιουργείται μια ομάδα χειρισμού του λογισμικού. Ο επικεφαλής της ομάδας αυτής πρέπει να τεθεί ο υπεύθυνος συντήρησης του βιομηχανικού εξοπλισμού. Τέλος, πρέπει να ληφθούν και τα υπάρχοντα αποθέματα ανταλλακτικών στο τμήμα της αποθήκης που κατά την εγκατάσταση του λογισμικού θα καθοριστεί και η ελάχιστη επιτρεπτή ποσότητα του κάθε ανταλλακτικού. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα το γεγονός ότι ο υπεύθυνος της αποθήκης θα γνωρίζει την ακριβή χρονική στιγμή που θα πρέπει να προωθήσει μια παραγγελία ανταλλακτικού.

#### 4.3.2. Πλεονεκτήματα χρήσης CMMS

Το κυριότερο πλεονέκτημα της χρήσης του λογισμικού είναι η μείωση του κόστους συντήρησης που συνηθίζεται στις περισσότερες επιχειρήσεις στο - 15 έως - 20 %. Οι παράγοντες που επιφέρουν αυτό το αποτέλεσμα είναι οι παρακάτω:

1. Πιο σαφής έλεγχος των εργασιών συντήρησης και βέλτιστη χρήση των ανθρωπίνων πόρων που ασχολείται με την συντήρηση.
2. Την βελτιστοποίηση των αποθεμάτων ανταλλακτικών στην αποθήκη. Με την σωστή απογραφή, την δημιουργία αποθεμάτων ασφαλείας και εφόσον η καταγραφή και η ανάλυση γίνεται ορθά, η αποθήκη βρίσκεται σε θέση να πραγματοποιεί σωστές παραγγελίες και τον χρήστη να ελέγχει τον όγκο των ανταλλακτικών ανά πάσα στιγμή.

3. Την μείωση του διαχωριστικού κόστους για τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση της συντήρησης.

4. Την χρήση μοντέλων βελτιστοποίησης και δεικτών συντήρησης. Τα υπολογιστικά προγράμματα συντήρησης περιέχουν εφαρμογές που είναι βασισμένα σε μοντέλα βελτιστοποίησης. Τα μοντέλα αυτά υπολογίζουν την αντικατάσταση ή την συντήρηση ενός μηχανήματος. Ο υπολογισμός αυτός πραγματοποιείται με βάση τα κόστη των ανταλλακτικών, των επισκευών συντήρησης και την χαμένη παραγωγή λόγω της παύσης της.

5. Διάγνωση των προβλημάτων που αυξάνουν το κόστος συντήρησης και παρακολούθηση των εργασιών συντήρησης

Εν κατακλείδι, τα οφέλη της διαχείρισης της συντήρησης δεν εμφανίζονται μόνο στην μείωση του κόστους συντήρησης. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός πως οι υπάλληλοι εργάζονται σε ένα εργασιακό περιβάλλον καλά οργανωμένο συνεπώς και πιο ευχάριστο.

#### 4.3.3. Μειονεκτήματα χρήσης CMMS

Ο σκοπός του λογισμικού είναι η οργάνωση των πληροφοριών συντήρησης. Ο σωστός χειρισμός, λοιπόν, αποτελεί σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική ροή λειτουργίας του λογισμικού. Βέβαια, είναι απολύτως λογικό να υπάρξουν λάθη στον χειρισμό του προγράμματος που ενδέχεται να προκαλέσει τα εξής ανεπιθύμητα αποτελέσματα.

1. Μην σωστή ανάλυση του ανταλλακτικού με αντίκτυπο στην αποθήκη των ανταλλακτικών. Εάν δεν υπάρξει σωστή καταχώρηση του ανταλλακτικού υπάρχει μια πιθανότητα να προκύψει έλλειψη όταν θα κριθεί απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί. Επίσης ενδέχεται να υπάρξουν και οικονομικές συνέπειες λόγω της καθυστέρησης της παραγωγής.

2. Μη σωστή καταγραφή ενέργειας. Εάν δεν καταγραφεί μια ενέργεια συντήρησης που έχει πραγματοποιηθεί ή ακόμη αν παραληφθεί, τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τους υπολογισμούς θα αλλοιωθούν και θα εξάγονται λανθασμένες πληροφορίες.

Είναι φυσικό και επόμενο να δημιουργηθούν κάποια λάθη κατά την χρήση του λογισμικού. Θα πρέπει όμως να μην χαθεί η εμπιστοσύνη για το λογισμικό από τους αρμόδιους του τμήματος συντήρησης διότι αυτό θα επιφέρει την απαξίωση του προγράμματος και εν συνεχεία στην παύση της χρήσης του.

#### 4.4. Λογισμικά συστήματα συντήρησης

Στην συγκεκριμένη ενότητα της παρούσης θα γίνει μια περιληπτική ανάλυση μερικών από των πιο χρησιμοποιημένων λογισμικών στις σύγχρονες βιομηχανίες.

##### 4.4.1. Πληροφοριακό σύστημα SAP

Η εταιρία «Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung (SAP GmbH)», που στην αγγλική γλώσσα ορίζεται η επωνυμία ως «Systems, Applications and Products in Data Processing» και δημιουργήθηκε το 1972 στο Weinheim της Γερμανίας. Η εταιρία είναι ενεργή στον τομέα της ανάπτυξης επιχειρησιακών λογισμικών και σήμερα αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους προμηθευτές του κλάδου παγκοσμίως. Η εταιρία παρέχει ολοκληρωμένα προγράμματα όπως SAP Business Suite, SAP All-in-One, SAP Business by Design ,SAP Business One. Επίσης παρέχει και το σύστημα SAP R/3 που αποτελείται από επιμέρους λειτουργικά προγράμματα. Τα πιο βασικά είναι τα ακόλουθα: (Δημήτριος, 2017)

- I. Sales and Distribution (SD)
- II. Materials Management (MM)
- III. Production Planning (PP)
- IV. Quality Management (QM)
- V. Plant Maintenance (PM)
- VI. Human Resource Management (HRM ή HR)
- VII. Project System (PS)
- VIII. Financial Accounting (FI)
- IX. Controlling (CO)

#### 4.4.2. Πληροφοριακό σύστημα SAP : Παραγωγή και Συντήρηση

Όπως αναγράφεται πιο πάνω το SAP παρέχει την δυνατότητα να προσφέρει ένα λειτουργικό πρόγραμμα (SAP Production Planning) που αποτελεί εργαλείο διοίκησης της παραγωγικής διαδικασίας. Η παραγωγική διαδικασία χωρίζεται σε δύο κύρια στάδια, στο προγραμματισμό παραγωγής και στην εκτέλεση παραγωγής.

Η παραγωγική διαδικασία αφορά τις προδιαγραφές της παραγωγής προϊόντων, την διαθεσιμότητα των κέντρων επεξεργασίας, τον προγραμματισμό της παραγωγικής δυναμικότητας και τον προγραμματισμό απαιτήσεων σε υλικά. Το στάδιο της εκτέλεσης περιλαμβάνει την διαχείριση των κέντρων επεξεργασίας, των παραγωγικών πόρων και εντολών παραγωγής. Επιπρόσθετα η διοίκησης της παραγωγής, αφορά λειτουργίες όπως συντήρηση του εξοπλισμού, ποιοτικό έλεγχο και διαχείριση της αποθήκης. (Παναγιώτης, 2015)

#### 4.4.3. SAP Plant Maintenance

Το λειτουργικό πρόγραμμα SAP Plant Maintenance (PM) αποτελεί ένα διοικητικό εργαλείο συντήρησης του παραγωγικού εξοπλισμού. Οι κύριες διαδικασίες συντήρησης που υποστηρίζονται από το πρόγραμμα είναι οι διαδικασίες ελέγχου, επιθεώρησης, περιοδικής συντήρησης και επιδιόρθωσης. Το PM συνεργάζεται ενεργά με τα άλλα λειτουργικά συστήματα SAP που αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 4.4.1 και πραγματοποιεί ενέργειες προγραμματισμού εργασιών, κατανάλωσης και προμήθειας υλικών/ανταλλακτικών/αναλωσίμων και καταγραφή κόστους συντήρησης.

Το SAP PM δημιουργεί αντικείμενα συντήρησης και με αυτά είναι ικανό συντηρεί τον βιομηχανικό εξοπλισμό. Τα αντικείμενα συντήρησης αυτά είναι μέρη του εξοπλισμού ή ολόκληρος ο εξοπλισμός. Αυτή η συντήρηση του εξοπλισμού προγραμματίζεται μέσω ενός Πλάνου Συντήρησης. Το πλάνο αυτό συσχετίζει ένα μέρος του εξοπλισμού με συγκεκριμένη συχνότητα συντήρησης, με συγκεκριμένη λίστα συντήρησης και με μια εντολή συντήρησης.

Η συχνότητα ορίζει το πόσο συχνά θα πραγματοποιείτε η εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης. Συνήθως ορίζεται σε συνάρτηση με τον χρόνο (π.χ. κάθε έξι μήνες) αλλά

μπορεί να οριστεί με τις ώρες λειτουργίας του εξοπλισμού (π.χ. κάθε 3000 ώρες λειτουργίας ) ή ακόμη με σε συνάρτηση με τα παραγόμενα προϊόντα(π.χ. κάθε 5000 προϊόντα).

Κατά την δημιουργία της λίστας συντήρησης συσχετίζεται μαζί με την συχνότητα συντήρησης. Η λίστα περιέχει ένα σύνολο ενεργειών συντήρησης με συγκεκριμένα βήματα. Για κάθε ενέργεια ορίζεται ο χρόνος διεκπεραίωσής της, ο αριθμός των τεχνικών που απαιτούνται για αυτή, καθώς και σχόλια σε μορφή κειμένου για διευκρινήσεις.

Η εντολή συντήρησης ορίζεται ως η εργασία προληπτικής συντήρησης που μπορεί να φανερώσει την ανάγκη για επιδιόρθωση του εξοπλισμού. Σε αυτήν την περίπτωση δημιουργείται μια εντολή επιδιορθωτικής εργασίας.

Λόγω της ροής πληροφόρησης που υπάρχει μέσω του συστήματος SAP PM, προσφέρεται μια υψηλότερη απόδοση στην διαδικασία της συντήρησης. (SAP PM Tutorial, 2016)

#### 4.5. Λογισμικό AIMMS

Το λογισμικό AIMMS ( An Integrated Maintenance Management System), είναι ένα πρόγραμμα το οποίο ο σχεδιασμός του είναι βασισμένος σε διεθνώς αποδεκτά πρότυπα, χρησιμοποιείται πλέον και η ελληνική γλώσσα, μπορεί να παραμετροποιηθεί στις ανάγκες της κάθε εταιρίας και λειτουργεί σε όλα τα προγράμματα περιήγησης. Αποτελεί ένα εργαλείο στην διοίκηση και στην αποτελεσματικότητα της συντήρησης. Οι βασικές εργασίες που μπορεί να εκτελέσει ο χρήστης χρησιμοποιώντας το λογισμικό AIMMS είναι οι παρακάτω:

- I. Διορθωτική συντήρηση. Υπάρχει δυνατότητα από τους αρμόδιους χρήστες της παραγωγής να κάνουν αίτημα προς το τμήμα συντήρησης για την αποκατάσταση ενός προβλήματος ή την υλοποίηση μια πρότασης βελτίωσης.
- II. Διαχείριση αποθήκης ανταλλακτικών. Ο χρήστης μπορεί εύκολα να ελέγχει τα αποθέματα των ανταλλακτικών χωρίς την βοήθεια ενός αποθηκάρη. Επιπλέον μπορεί να λαμβάνει προσφορές από τον προμηθευτή και να οργανώνει τις

παραγγελίες των ανταλλακτικών που χρειάζονται για την συντήρηση ενός εξοπλισμού.

III. Προληπτική συντήρηση. Μέσω της συγκεκριμένης δυνατότητας, μπορεί να οργανωθεί το πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης για κάθε εξοπλισμό. Ο χρήστης ορίζει την συχνότητα συντήρησης είτε σε συνάρτηση με τον χρόνο είτε με τις ώρες λειτουργίας του εξοπλισμού. Επίσης ο χρήστης ορίζει τα απαραίτητα εργαλεία , ανταλλακτικά και σχέδια για την διεκπεραίωση της συντήρησης.

IV. Μητρώο εξοπλισμού. Το μητρώο εξοπλισμού είναι στην ουσία η απογραφή του κάθε εξοπλισμού της γραμμής παραγωγής που προσφέρει σημαντικές πληροφορίες όπως:

- a. Ιστορικό εργασιών
- b. Προληπτικές συντηρήσεις
- c. Τεχνικά χαρακτηριστικά
- d. Γενικές πληροφορίες ( π.χ. σειριακό αριθμό, μοντέλο, κατασκευαστής, αντιπρόσωπος κλπ.)
- e. Επισυνάψεις (manual, σχέδια μηχανών, φωτογραφίες) (Atlantis, 2017)

#### 4.6. Λογισμικά και τιμολόγηση

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα συζητηθούν τα ευρήματα από την βιβλιογραφική αναζήτηση σχετικά με τα δημοφιλή λογισμικά CMMS και την τιμολόγησή τους. Όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 4.3, το κόστος αποτελεί μία σημαντική προϋπόθεση για τη επένδυση της επιχείρησης σε ένα υπολογιστικό σύστημα συντήρησης. Οι προμηθευτές των προγραμμάτων αυτών προσφέρουν κάποια μοντέλα τιμολόγησης των CMMS, ανάλογα με την μέθοδο ανάπτυξης του λογισμικού, τον αριθμό χρηστών και τέλος το επίπεδο των χαρακτηριστικών του λογισμικού. Συνηθίζονται τα τρία παρακάτω μοντέλα τιμολόγησης. (Buys, Better, n.d.)

1. Συνδρομή ανά χρήστη, ανά μήνα.



Επειδή οι εργαζόμενοι στο τμήμα συντήρησης βρίσκονται στον χώρο όπου υπάρχει ο βιομηχανικό εξοπλισμός, τα λογισμικά CMMS προσφέρουν λύσεις μέσω cloud και εφαρμογές συμβατές με φορητές συσκευές. Κατά συνέπεια οι προμηθευτές των CMMS χρεώνουν τις επιχειρήσεις μέσω ενός μοντέλου χρέωσης λογισμικού ως υπηρεσία (software as a service, SaaS). Επιπρόσθετα, στην συγκεκριμένη συνδρομή, οι επιχειρήσεις χρεώνονται μόνο για τον πραγματικό αριθμό εργαζομένων που χρησιμοποιούν το λογισμικό.

Το συγκεκριμένο μοντέλο υποστηρίζει διάφορα επίπεδα χρήσης, ανάλογα με το επίπεδο των χαρακτηριστικών και των τύπων χρηστών, όπως για παράδειγμα τεχνικοί, διαχειριστές και διαχειριστές συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, ένα τεχνικός χρειάζεται την λειτουργία της διαχείρισης εντολών εργασίας, αλλά όχι την λειτουργία ανάλυσης επιχειρήσεων. Από την άλλη πλευρά, ένας διαχειριστής ενδέχεται να χρειάζεται και τις δύο λειτουργίες. Το αναφερόμενο πλάνο συνδρομής προκύπτει ως η πιο βέλτιστη επιλογή για μικρές επιχειρήσεις και περιορισμένο αριθμό χρηστών.

## 2. Συνδρομή ανά μήνα.

Αυτό το μοντέλο συνδρομής περιλαμβάνει συνήθως έναν μέγιστο αριθμό χρηστών και ένα πακέτο πολλών λειτουργιών. Μερικοί προμηθευτές ενδέχεται να προσφέρουν απεριόριστο αριθμό χρηστών, γεγονός που μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτικό εφόσον υπάρχουν στην επιχείρηση πολλοί εργαζόμενοι που να χρειάζονται πρόσβαση στο λογισμικό.

Το μοντέλο αυτό ενδείκνυται για επιχειρήσεις με εκτεταμένες δραστηριότητες, ύπαρξη μεγάλου βιομηχανικού εξοπλισμού και μεγάλο αριθμό χρηστών. Αξίζει να σημειωθεί πως οι προμηθευτές των CMMS ενδέχεται να προσφέρουν έκπτωση στις επιχειρήσεις που πληρώνουν προκαταβολικά στην αρχή κάθε έτους, παρά κάθε μήνα.

## 3. Αγορά εφάπαξ.

Η εφάπαξ αγορά του λογισμικού προσφέρει όλες τις λειτουργίες του λογισμικού και απεριόριστο αριθμό χρηστών. Η συνδρομή αυτή προορίζεται για μεγάλες επιχειρήσεις που χρειάζονται αρκετές προσαρμογές του λογισμικού και την ανάγκη

της ανάπτυξης της λύσης των CMMS, πληρώνουν ένα εφάπαξ τέλος αδειοδότησης. Το κόστος της εφάπαξ αδειοδότησης είναι πολύ υψηλότερο από ένα μοντέλο συνδρομής και καταβάλλεται κατά την εφαρμογή του λογισμικού. Αξιοσημείωτο είναι πως οι μελλοντικές αναβαθμίσεις του λογισμικού, γενικά δεν περιλαμβάνονται στην εφάπαξ εξόφληση.

Όλα τα αναφερόμενα μοντέλα τιμολόγησης περιέχουν κάποια επιπλέον κόστη, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη. Οι επιχειρήσεις που στρέφονται προς την λύση των CMMS πρέπει κατά την διάρκεια της έρευνας αγοράς να εξετάσουν και μερικά πρόσθετα κόστη πέρα από το κόστος εγγραφής ή το κόστος αδειοδότησης. Παρακάτω αναφέρονται μερικά επιπλέον έξοδα κατά την προμήθεια λογισμικού CMMS:

#### 1. Κόστος εφαρμογής

Τα έξοδα εφαρμογής του λογισμικού περιλαμβάνουν, την εγκατάσταση λογισμικού, την προσαρμογή λογισμικού, την εγκατάσταση υλικού και ενσωμάτωση με λογισμικό τρίτων (π.χ. συστήματα σχεδιασμού επιχειρησιακών πόρων) ή συσκευές παρακολούθησης εξοπλισμού ( π.χ συσκευές Internet of Things, IoT)

#### 2. Κόστος εκπαίδευσης

Οι περισσότεροι προμηθευτές προσφέρουν δωρεάν διαδικτυακές υπηρεσίες κατάρτισης, αλλά η προσωπική εκπαίδευση ενδέχεται να απαιτεί επιπλέον χρέωση ή την αγορά μεγαλύτερου πακέτου λειτουργιών.

#### 3. Κόστος υποστήριξης

Η βασική υποστήριξη για την αντιμετώπιση σφαλμάτων κατά την διάρκεια χρήσης του λογισμικού περιλαμβάνεται γενικά στα προγράμματα συνδρομής. Ωστόσο, μερικοί προμηθευτές παρέχουν υποστήριξη προτεραιότητας ή πρόσβαση σε έναν αποκλειστικό διαχειριστή εξυπηρέτησης πελατών με την αγορά ακριβότερων πακέτων λειτουργιών.

#### 4. Κόστος συντήρησης

Τα λογισμικά CMMS συχνά απαιτούν συνεχή συντήρηση, συμπεριλαμβανομένων ενημερώσεων, επιδιορθώσεων και αναβαθμίσεων. Για τις επιχειρήσεις που

προμηθεύονται εφάπαξ αγορά υπάρχει χρέωση για την συντήρηση. Με τα μοντέλα συνδρομής, συνήθως συμπεριλαμβάνεται δωρεάν ή υπάρχει μια μικρή τιμή χρέωσης.

Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά μερικά από τα δημοφιλέστερα CMMS μαζί με τις τιμές.

1. eMaint CMMS: Το eMaint CMMS είναι μια διαμορφώσιμη πλατφόρμα που βασίζεται σε cloud. Υπάρχουν τρία μηνιαία προγράμματα συνδρομής. Το κόστος κυμαίνεται από 33\$ έως 120\$ ανά μήνα. (eMaint by Fluke Corporation , 2019)
2. Hippo CMMS: Το Hippo CMMS προσφέρει δωρεάν τεχνική υποστήριξη, ενημερώσεις λογισμικού και καθημερινή δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας. Υπάρχουν και εδώ τρία μηνιαία προγράμματα συνδρομής με το κόστος να κυμαίνεται από 39\$ έως 99\$ ανά μήνα. (Hippo CMMS, 2021)
3. Limble CMMS: Το Limble CMMS προσφέρει τέσσερα μηνιαία προγράμματα συνδρομής και το κόστος κυμαίνεται από 40\$ έως 185\$. (Limble CMMS, 2021)
4. Maintenance Pro: Το Maintenance Pro προσφέρει τρία πακέτα μίας εφάπαξ αγοράς. Τα πακέτα προσφέρονται στις τιμές των 649\$, 995\$ και 1495\$ (Innovative Maintenance Systems, 2021)
5. Marcon: Το Marcon προσφέρει δύο εκδόσεις του προγράμματος. Την Marcon Lite που προσφέρεται στα 30\$ τον μήνα ή στα 495\$ εφάπαξ αγοράς και την Marcon Pro η οποία κοστίζει 60\$ τον μήνα ή 1,000\$ εφάπαξ αγοράς. (Marcon, 2021)
6. Maxpanda: Το Maxpanda προσφέρει 5 πακέτα μηνιαίων προσφορών που εάν εξοφληθεί όλο το ετήσιο ποσό μειώνεται η τιμή της συνδρομής. Τα πακέτα ξεκινούν από 119\$ ανά μήνα ( 99\$ τον μήνα, αν χρεωθεί ετησίως) μέχρι και 1,149\$ ( 999\$ τον μήνα , αν χρεωθεί ετησίως). (Maxpanda CMMS, 2021)
7. UpKeep: Το UpKeep είναι ένα CMMS σχεδιασμένο για φορητές συσκευές και προσφέρεται σε τρία πακέτων μηνιαίων συνδρομών. Το κόστος κυμαίνεται από 45\$ έως 120\$ ανά μήνα. (Upkeep Maintenance Management, 2021)

8. SAP: Το Sap που έχει αναλυθεί στο υποκεφάλαιο 4,4, δυστυχώς επάγεται στους προμηθευτές, οι οποίοι είναι απαραίτητο να γίνει αίτηση για προσφορά της τιμής.
9. AIMMS: Το AIMMS αναλύθηκε στο υποκεφάλαιο 4,5 και οι τιμές που προσφέρονται ξεκινούν 795\$ για εφάπαξ αγοράς και ενδέχεται να φτάσει έως και 10,000\$. (Atlantis, 2017)
10. Sam Guard: Δυστυχώς ο συγκεκριμένος προμηθευτής δεν προσφέρει τιμή χωρίς αίτηση.
11. Datastream7i: Το συγκεκριμένο λογισμικό δεν αναφέρει τα πλάνα συνδρομή χωρίς αίτηση.

## 5. Εφαρμογή στην ελληνική βιομηχανία

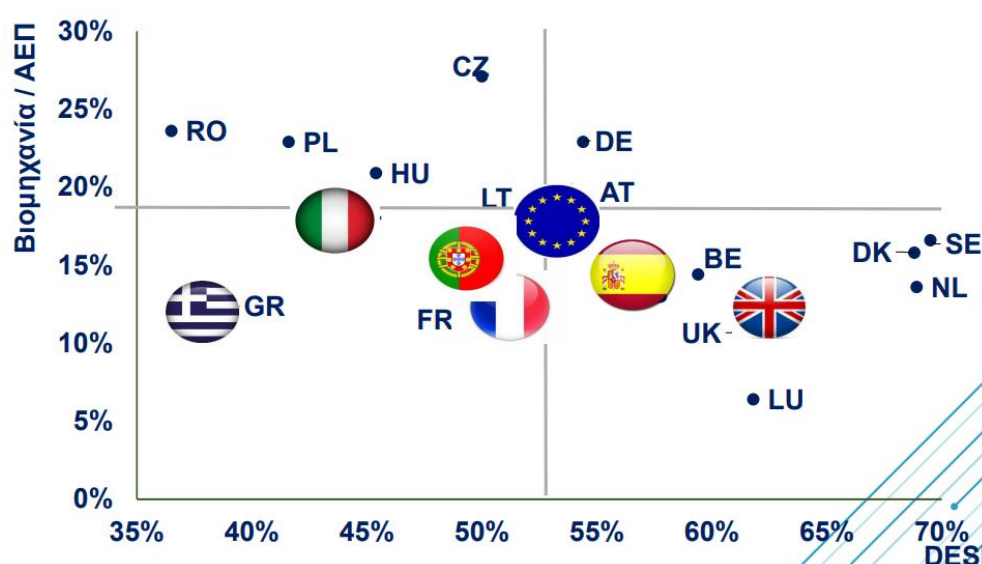
Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται και συζητούνται τα ευρήματα από την εξέταση της υφιστάμενης κατάστασης στην ελληνική βιομηχανία, ενώ παράλληλα εξετάζονται δύο μελέτες περίπτωσης αναφορικά με την χρήση νέων μεθόδων συντήρησης.

### 5.1. Η κατάσταση στην ελληνική βιομηχανία

Μετά από περίοδο έντονης δημοσιονομικής κρίσης, η Ελλάδα και οι ελληνικές βιομηχανίες έχουν επιστρέψει στις διεθνείς αγορές με σημαντικές εξαγωγές προϊόντων.

Η χώρα εξακολουθεί ωστόσο να υστερεί σε σχέση με άλλα κράτη μέλη της Ε.Ε. σε ό,τι αφορά στην ταχύτητα διείσδυσης του ψηφιακού μετασχηματισμού, μεταξύ άλλων και στη βιομηχανία (Ξηρογιάννης, 2019), (Φωτάκης & Σελίμης, 2019).

Σύμφωνα με στοιχεία του Συνδέσμου Ελλήνων Βιομηχάνων, στην Ελλάδα η βιομηχανία συνεισφέρει περίπου στο 12,5% του ΑΕΠ, ενώ ο Δείκτης Ψηφιακής Οικονομίας και Κοινωνίας κυμαίνεται περί το 40% κατατάσσοντας την Ελλάδα στην 26η θέση, μόνον μπροστά από τη Ρουμανία (Εικόνα 13). Ο δείκτης αυτός μετρά τη διείσδυση των ψηφιακών τεχνολογιών στην οικονομία και στην κοινωνία.



Εικόνα 13: Δείκτης Ψηφιακής Οικονομίας και Κοινωνίας (DESI) και συνεισφορά της βιομηχανίας στο ΑΕΠ (Ξηρογιάννης, 2019; Δημήτριος, 2017)

Σύμφωνα με άρθρο συνεδρίου του ΣΕΒ, η θέση της ελληνικής βιομηχανίας σε ό,τι αφορά στη διείσδυση του ψηφιακού μετασχηματισμού είναι τόσο χαμηλή, καθώς εντοπίζονται δυσκολίες εξεύρεσης κεφαλαίων και δυσκολίες που έχουν να κάνουν με τη γραφειοκρατία.

Ο ΣΕΒ έχει θέσει πέντε στόχους για την επιτάχυνση της ψηφιοποίησης της ελληνικής βιομηχανίας:

- Επιτάχυνση των επενδύσεων σε ψηφιακές τεχνολογίες
- Ενδυνάμωση της καινοτομίας
- Δημιουργία συμπράξεων και συνεργιών με άλλους φορείς
- Αναβάθμιση των ψηφιακών δεξιοτήτων του προσωπικού και του ενεργού εργατικού δυναμικού
- Διαμόρφωση κατάλληλου ρυθμιστικού πλαισίου, ειδικά σε ό,τι αφορά στην ενδυνάμωση της κυβερνοασφάλειας

Οι βιομηχανίες στην Ελλάδα δεν λειτουργούν σε ένα αυστηρά ορισμένο κανονιστικό πλαίσιο σε ό,τι αφορά ειδικά στην κυβερνοασφάλεια, με αποτέλεσμα η διείσδυση τεχνολογιών όπως η υπολογιστική νέφους να υστερούν.

## 5.2. Η περίπτωση της TITAN

Ο όμιλος TITAN είναι ένας από τους μεγαλύτερους παραγωγούς προϊόντων τσιμέντου, ο οποίος διαθέτει πάνω από 14 παραγωγικές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα και σε περισσότερες από 10 χώρες του εξωτερικού, απασχολώντας πάνω από 5.000 εργαζομένους.

Η ψηφιοποίηση και ο αυτοματισμός αποτελούν μέρος της κουλτούρας της εταιρείας, με ολόκληρη την αλυσίδα αξίας, από την προμήθεια πρώτων υλών μέχρι την παράδοση των τελικών προϊόντων στους πελάτες, να πραγματοποιείται και να συνδέεται μέσω μιας ηλεκτρονικής πλατφόρμας η οποία τροφοδοτείται διαρκώς με δεδομένα πραγματικού χρόνου. Ο όμιλος TITAN έχει καταφέρει να δημιουργήσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα μέσω αυτής της πλατφόρμας και μέσω της δέσμευσής τους στην κατεύθυνση του ψηφιακού μετασχηματισμού, της καινοτομίας και του αυτοματισμού.

Στόχος της εφαρμογής της πλατφόρμας αυτής, είναι η μείωση του λειτουργικού κόστους και η ενίσχυση της αξιοπιστίας αρχικά της παραγωγής και συνολικά ολόκληρου του ομίλου.

Όπως συμβαίνει στα περισσότερα εργοστάσια στα οποία η παραγωγή είναι αυτοματοποιημένη, οι αίθουσες ελέγχου της παραγωγής στα εργοστάσια του ομίλου είναι επιφορτισμένες με μεγάλο όγκο εργασίας και κατακλύζονται από τεράστιο όγκο δεδομένων. Ειδικά όταν το προσωπικό ελέγχου επιτηρεί τις πληροφορίες οπτικά, το έργο τους γίνεται ιδιαίτερα δύσκολο και ο εντοπισμός μιας βλάβης ενδέχεται να καθυστερήσει, ενώ ακόμη δυσκολότερη είναι η επιτήρηση της συμπεριφοράς των μηχανών και η πρόβλεψη μίας βλάβης προτού αυτή συμβεί.

Αντιλαμβανόμενος τους περιορισμούς αυτούς, ο όμιλος TITAN στράφηκε στην υιοθέτηση ενός συστήματος για τη βελτίωση των ικανοτήτων πρόβλεψης των βλαβών και για τη μείωση του χρόνου εντοπισμού μιας βλάβης.

Το σύστημα αυτό σχεδιάστηκε προκειμένου να γίνεται καλύτερη και πιο στοχευμένη επεξεργασία των δεδομένων όπως αυτά συλλέγονται από τις γραμμές παραγωγής προκειμένου το προσωπικό του τμήματος συντήρησης να μπορεί να λαμβάνει μόνο χρήσιμες πληροφορίες και να μην αναγκάζεται να κάνει περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων. Το σύστημα αυτό οδήγησε στη διευκόλυνση της επιτήρησης της λειτουργικής κατάστασης του παραγωγικού εξοπλισμού και εν γένει στη διευκόλυνση της διαδικασίας λήψης απόφασης από το προσωπικό συντήρησης. Επιπλέον, το σύστημα αυτό έθεσε τα θεμέλια για τον ανασχεδιασμό της στρατηγικής συντήρησης και των επιχειρησιακών πλάνων συντήρησης, καθώς τα τμήματα συντήρησης είχαν καλύτερη εικόνα για την κατάσταση στην οποία ευρίσκεται ο παραγωγικός εξοπλισμός.

Ο όμιλος TITAN διέγνωσε την ανάγκη μείωσης των περιστατικών στα οποία αποτυγχάνει ο παραγωγικός εξοπλισμός, ο οποίος όχι περιοριστικά για την περίπτωση του TITAN, δεν αποτυγχάνει πάντα απροειδοποίητα, αλλά συνήθως μεσολαβούν διάφορα στάδια στα οποία υποβαθμίζεται η λειτουργικότητά του προτού εκδηλωθεί μία κρίσιμη βλάβη.

Μάλιστα, πεποίθηση του TITAN αποτελεί το γεγονός ότι όταν η βλάβη εκδηλωθεί είναι πολύ αργά και τα αποτελέσματα για τις παραγωγικές της μονάδες μπορεί να αποβούν καταστροφικά, δεδομένων των ειδικών συνθηκών που υπάρχουν κατά την παραγωγή τσιμέντου. Επιπλέον, το κόστος της προληπτικής συντήρησης αποδεικνύεται πάντα μικρότερο από το κόστος της επεμβατικής συντήρησης, αν σε αυτό λογιστεί αποκλειστικά το κόστος των απαραίτητων ανταλλακτικών και των απαραίτητων ανθρώπινων πόρων. Αν σε αυτό ληφθούν υπόψη οι υπόλοιποι παράγοντες οι οποίοι συνθέτουν το κόστος της συντήρησης ή αντίστοιχα της διακοπής, όπως αυτοί συζητήθηκαν παραπάνω στην παράγραφο 3.1, τότε το όφελος από την μετάβαση σε ένα ετεροβαρές προληπτικό πλάνο συντήρησης είναι πολύ σημαντικό.

Βασικό στοιχείο στο οποίο βασίστηκε το νέο CMMS του ομίλου TITAN ήταν η ανάλυση δεδομένων από το ιστορικό το οποίο ήταν ήδη διαθέσιμο σχετικά με τις ώρες λειτουργίας του παραγωγικού εξοπλισμού, των δεδομένων που λήφθηκαν πριν από την εκδήλωση μιας βλάβης, των ανταλλακτικών και των εργατωρών που απαιτήθηκαν σε κάθε συντήρηση ή αποκατάσταση. Καθώς και δεδομένα από τους κατασκευαστές των επιμέρους τμημάτων του παραγωγικού εξοπλισμού αναφορικά με τις συνθήκες λειτουργίας και τον προ υπολογιζόμενο χρόνο ζωής κάθε εξαρτήματος.

Αυτή η συνιστώσα συνέβαλε στον ανασχεδιασμό της στρατηγικής συντήρησης και των σχεδίων δράσης, προκειμένου να προσδιορίζεται για κάθε μηχανή και κάθε μέρος του εξοπλισμού ο βέλτιστος χρόνος κατά τον οποίο πρέπει να εκτελεστεί η προληπτική του συντήρηση προκειμένου να αποφευχθεί μία κρίσιμη βλάβη η οποία θα οδηγήσει σε παύση μέρους της παραγωγής.

Τα μέσα τα οποία εφαρμόστηκαν για την ανάπτυξη του νέου CMMS του TITAN συμπεριελάμβαναν ως επί το πλείστο τεχνικές προγνωστικής ανάλυσης, καθώς η παραγωγή του ομίλου ήταν εκ των προτέρων διασυνδεδεμένη με κέντρα ελέγχου, συνεπώς τα απαραίτητα δεδομένα χρησιμοποιούνταν εκ των προτέρων από το παλαιότερο CMMS του ομίλου. Πιο συγκεκριμένα, το CMMS το οποίο απέκτησε το TITAN ήταν το SAM GUARD, το οποίο απαιτούσε τη δημιουργία ενός κέντρου



απομακρυσμένης παρακολούθησης της παραγωγής σε κάθε παραγωγική μονάδα. Τα δεδομένα από κάθε κέντρο απομακρυσμένης παρακολούθησης διοχετεύονται στο σύστημα το οποίο επιτηρείται από το προσωπικό των τμημάτων συντήρησης κάθε μονάδας.

Μάλιστα, κάθε κέντρο απομακρυσμένης επιτήρησης μπορεί να έχει πρόσβαση στα δεδομένα και στον έλεγχο άλλων μονάδων προκειμένου το προσωπικό των τμημάτων συντήρησης να μπορεί να συγκεντρώνει ιδέες (brainstorming) και να μοιράζεται την εμπειρία και την τεχνογνωσία του προκειμένου η διαχείριση πιθανών επερχόμενων βλαβών να γίνεται με τον βέλτιστο κατά το δυνατό τρόπο.

Επόμενο βήμα στην ενσωμάτωση του νέου CMMS αποτέλεσε η διασύνδεση των κέντρων απομακρυσμένου ελέγχου των παραγωγικών μονάδων προκειμένου να μπορεί να υπάρχει επικοινωνία και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ τους αλλά και με ένα κέντρο επιτήρησης όλων των μονάδων.

Το νέο CMMS έχει τη δυνατότητα εξαγωγής τακτικών εκθέσεων αναφορικά με τους δείκτες απόδοσης κάθε μηχανής, κάθε γραμμής παραγωγής και συνολικά κάθε παραγωγικής μονάδας. Μέσα από τη διασύνδεση των CMMS όλων των παραγωγικών μονάδων κατέστη εφικτή η αντιπαραβολή των δεικτών απόδοσης για την περαιτέρω διάγνωση τυχόν δυσλειτουργιών οι οποίες περιορίζουν αφενός την παραγωγικότητα και προμηνύουν κάποια πιθανή κρίσιμη βλάβη.

Επιπλέον, το προσωπικό κάθε μονάδας λαμβάνει προτάσεις για τη λήψη απόφασης αναφορικά με την εκτέλεση εργασιών συντήρησης τόσο από το πληροφοριακό σύστημα όσο και από το προσωπικό ενός κεντρικού σταθμού ελέγχου των κέντρων απομακρυσμένου ελέγχου κάθε παραγωγικής μονάδας.

Η υιοθέτηση του νέου CMMS οδήγησε εκτός από τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της διαθεσιμότητας, στην μείωση του απαιτούμενου προσωπικού συντήρησης και πιο συγκεκριμένα του προσωπικού το οποίο ήταν επιφορτισμένο με τον έλεγχο της λειτουργίας κάθε μονάδας.

Έπειτα, ο όμιλος TITAN προχώρησε στη δημιουργία ενός κέντρου τηλεμετρίας και τηλεματικής για τον απομακρυσμένο έλεγχο της λειτουργίας των παραγωγικών του

μονάδων, στο οποίο συλλέγονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα αυτά αναλύονται και το σύστημα τηλεμετρίας και τηλεματικής προτείνει επεμβάσεις προληπτικής συντήρησης βάσει του ιστορικού βλαβών, βάσει των δεδομένων τα οποία συλλέγονται από τον παραγωγικό εξοπλισμό.

Μάλιστα, επειδή η εφαρμογή του SAM GUARD συνέπεσε χρονικά με την εμφάνιση της πανδημίας του COVID19, η δυνατότητα λειτουργίας του με τη φυσική παρουσία μικρού αριθμού προσωπικού, αλλά και η δυνατότητα εξ' αποστάσεως εποπτείας μέσα από το web επέτρεψε την ομαλή λειτουργία του τμήματος Συντήρησης και επακόλουθα την ομαλή συνέχιση των παραγωγικών δραστηριοτήτων.

Στα σημαντικά οφέλη τα οποία καταγράφονται από το TITAN συγκαταλέγεται η σημαντική εξοικονόμηση πόρων και η μείωση δαπανών για λειτουργίες επεμβατικής συντήρησης, η μείωση των ζημιών από τη διακοπή της λειτουργίας των παραγωγικών δραστηριοτήτων και εν γένει η συνολική βελτίωση της παραγωγικότητας των μονάδων του.

Επιπλέον, μέσα από την προγνωστική ανάλυση στην οποία βασίζεται το νέο CMMS του TITAN επιτεύχθηκε ενδεικτικά η βελτίωση του συντελεστή αξιοπιστίας, ο οποίος ως δείκτης αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3 με τον όρο OEE (Overall Equipment Efficiency), του κεντρικού τμήματος της παραγωγής κάθε εργοστασίου. Το κεντρικό τμήμα της παραγωγής κάθε εργοστασίου του TITAN αποτελεί ένας κλίβανος στον οποίο τήκονται τα αδρανή υλικά προκειμένου να ξεκινήσει η παραγωγή του τσιμέντου. Ο δείκτης OEE του κλιβάνου έφτασε σε διάστημα μόλις έξι μηνών μετά την εφαρμογή του νέου CMMS στο επίπεδο του 98%, επίπεδο το οποίο συγκαταλέγει το TITAN στις πιο αποδοτικές βιομηχανίες τσιμέντου παγκοσμίως. Το SAM GUARD συνέβαλε στην αύξηση του συντελεστή αξιοπιστίας του κλιβάνου σε ένα από τα εργοστάσιά του, το οποίο είναι η καρδιά του εργοστασίου.

Σε ό,τι δε αφορά στη βελτίωση της παραγωγικότητας, αυτή έφτασε να οδηγήσει σε αύξηση της ετήσιας παραγωγικής ικανότητας κατά 5% για τα εργοστάσια στα οποία εφαρμόστηκε το νέο CMMS χωρίς να αυξηθεί το λειτουργικό κόστος. Συνολικά, σύμφωνα με εκτιμήσεις του TITAN αναμένεται εξοικονόμηση περίπου ενός εκατομμυρίου ευρώ κατά τον πρώτο χρόνο εφαρμογής μέσω της αποφυγής κρίσιμων

βλαβών που οδηγούν σε διακοπή της παραγωγής και περίπου 500 ωρών συνολικής διακοπής της λειτουργίας, με το όφελος αυτό να μην είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθεί.

### 5.3. Περίπτωση εγκατάστασης καυσίμων στην Σύρο.

Η εγκατάσταση καυσίμων πετρελαϊκής εταιρίας στη Σύρο κατασκευάστηκε το 2017 και αποτελεί μια από τις πιο πρόσφατες εγκαταστάσεις στην χώρα μας. Η εγκατάσταση βρίσκεται εντός του Κρατικού Αερολιμένα Σύρου «Δημήτριος Βικέλας». Ο σταθμός αυτός δραστηριοποιείται για παραλαβή και αποθήκευση αεροπορικών καυσίμων με σκοπό τον ανεφοδιασμό αεροσκαφών. Για την επιτυχή λειτουργία του σταθμού το τμήμα συντήρησης πρέπει να εξασφαλίζει ότι υπάρχουν διαδικασίες που επιβεβαιώνουν πως η εγκατάσταση είναι κατάλληλη για συνεχή λειτουργία.

Επίσης αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι λόγω του μεγάλου μεγέθους της εταιρίας, έχει στην κατοχή της πολλές διεσπαρμένες εγκαταστάσεις παγκοσμίως. Η συντήρηση των εγκαταστάσεων αυτών υπήρχε σε διάφορες μορφές διαχείρισης, μερικές βασισμένες σε υπολογιστή και μερικές βασισμένες σε έντυπα. Εξαιτίας αυτών των διαφορών η εταιρία στράφηκε προς την χρήση μίας κοινής πολιτικής για το σύστημα συντήρησης, εφαρμόζοντάς το σε όλες τις εγκαταστάσεις της. Έπειτα από ανάλυση των εγκαταστάσεων, του εξοπλισμού και του κόστους, προτιμώμενη λύση κρίθηκε το CMMS D7I ( Datastream7i ). Το πληροφοριακό σύστημα D7I προσφέρει στην εταιρία μια κοινή δομή στοιχείων και ένα σύστημα υποβολής αναφορών, που μέσω αυτού θα μπορεί να βελτιώνει συνεχώς την διαχείριση της συντήρησης.

Το Datastream7i έχει την δυνατότητα να εξασφαλίζει την σχεδίαση, τον προγραμματισμό, την παροχή πόρων και την καταγραφή των αποτελεσμάτων των δοκιμών και επιθεωρήσεων. Επιπρόσθετα, το σύστημα επαληθεύει ότι τόσο η επεμβατική όσο και η προληπτική συντήρηση ολοκληρώνονται έγκαιρα, δηλαδή πραγματοποιούνται δοκιμές και επιθεωρήσεις του εξοπλισμού ώστε να κριθεί κατάλληλος για συνεχή λειτουργία. Τέλος καταγράφονται οι βλάβες του εξοπλισμού ώστε να επισκευάζονται έγκαιρα στο μέλλον.

Με την εισαγωγή του πληροφοριακού συστήματος η εταιρία κατάφερε να επιτύχει καλύτερη επικοινωνία των εγκαταστάσεων με τα κεντρικά, προσφέροντας έτσι μια

καλύτερη εποπτεία με σωστές κατευθύνσεις και συμβουλές. Επιπλέον με την χρήση του πληροφοριακού συστήματος μειώθηκε το φόρτο εργασίας των εργαζομένων, με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας τους εκμεταλλεύοντας τον χρόνο και την ενέργεια σε κρίσιμότερες εργασίες. Επίσης η εταιρεία πλέον έχει μια ευκολότερη εποπτεία των διαδικασιών συντήρησης. Ακόμη χρησιμοποιεί δείκτες απόδοσης για την παρακολούθηση των εξοπλισμών και έχει δημιουργηθεί ένα ιστορικό συντήρησης που έχει διαθέσιμες αξιόπιστες πληροφορίες για την κατάσταση του εξοπλισμού. Τέλος με την εφαρμογή του πληροφοριακού συστήματος, όλες οι διαδικασίες συντήρησης πραγματοποιούνται με ορθό τρόπο, διότι παρέχονται τα απαραίτητα έγγραφα για την συντήρηση ( έγγραφα διαδικασιών, έγγραφα ελέγχου).

Η εταιρεία ακολουθώντας την στρατηγική συντήρησης μέσω του πληροφοριακού συστήματος D7I, έχει την δυνατότητα να γνωρίζει ότι με την εφαρμογή της θα έχει μακροπρόθεσμα οφέλη συγκριτικά με άλλες στρατηγικές συντήρησης. Τα οφέλη αυτά δεν θα είναι μόνο οικονομικά αλλά, ανθρωπιστικά και περιβαλλοντικά λόγω του τομέα που δραστηριοποιείται. Η εταιρεία γνωρίζει ότι με την ενδεχόμενη αστοχία του εξοπλισμού μπορεί να οδηγήσει σε διαρροή ή ακόμη και ανάφλεξη καυσίμου με τεράστιες περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Σε τελική ανάλυση η εταιρεία επιθυμεί η συντήρηση να βάζει πρώτα τον άνθρωπο και το περιβάλλον και μετά το κόστος.

## Συμπεράσματα

Η συντήρηση έχει αναδειχθεί τα τελευταία χρόνια σε καταλυτική λειτουργία στον χώρο της βιομηχανίας, γεγονός το οποίο έχει οδηγήσει στην αναβάθμιση του ρόλου της, φέρνοντας αλλαγές στη διοίκηση της συντήρησης.

Το περιβάλλον αυξημένου ανταγωνισμού εντός του οποίου λειτουργούν οι σύγχρονες βιομηχανίες καθιστά επιτακτική τη μεγιστοποίηση των δεικτών χρησιμοποίησης όλων των διαθέσιμων πόρων των βιομηχανιών, τη βελτίωση της απόδοσης κόστους σε κάθε επιμέρους λειτουργία και εν γένει τη βελτίωση της απόδοσης του συνόλου του οργανισμού.

Ο παραγωγικός εξοπλισμός αποτελεί σημαντικό κεφάλαιο και σημαντικό πόρο για τις σύγχρονες βιομηχανίες, με τη μεγιστοποίηση των δεικτών χρησιμοποίησης ειδικά του παραγωγικού εξοπλισμού να αποτελεί προτεραιότητα για τη βελτίωση της απόδοσης κόστους.

Παρά την αναβάθμιση του ρόλου της συντήρησης και επαγόμενα της διοίκησης της συντήρησης, δεν παρατηρείται αλλαγή στην υφιστάμενη βιβλιογραφία, ειδικά σε ό,τι αφορά στις διάφορες μεθόδους συντήρησης, ενδεικτικά με την προληπτική και την επεμβατική συντήρηση. Εντούτοις, ειδικά τα τεχνολογικά επιτεύγματα των τελευταίων δεκαετιών, τα οποία έχουν αποτελέσει τη βάση για τον ψηφιακό μετασχηματισμό στην καθημερινή ζωή και στη βιομηχανία, έχουν δώσει τα απαραίτητα εργαλεία για την εξέλιξη των υφιστάμενων μεθόδων συντήρησης, με τα μεγαλύτερα οφέλη να εντοπίζονται στα πλαίσια της προληπτικής συντήρησης, αλλά να επεκτείνονται σε όλες τις διαθέσιμες κατά τη βιβλιογραφία μεθόδους συντήρησης. Επιπλέον, στα πλαίσια της βελτίωσης της απόδοσης των σύγχρονων βιομηχανιών, έχει εισαχθεί στη βιβλιογραφία και εφαρμόζεται στο επιχειρηματικό πεδίο η εργαλειοθήκη της Λιτής Παραγωγής και της Λιτής Διοίκησης, με την επίδραση αυτής να επεκτείνεται στη Διοίκηση της Συντήρησης, με την εισαγωγή της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (TPM).

Οι σύγχρονες τάσεις που επικρατούν στο πεδίο της Διοίκησης της Συντήρησης περιστρέφονται ως επί το πλείστο γύρω από δύο πυλώνες.

Αρχικά εντοπίζεται στροφή σε ό,τι αφορά στη σχεδίαση της στρατηγικής συντήρησης, καθώς γίνεται αντιληπτή η συνεισφορά της αυτόνομης πλέον λειτουργίας της συντήρησης στην απόδοση των διαφόρων επιχειρηματικών και επιχειρησιακών λειτουργιών των βιομηχανιών. Η στροφή αυτή συνοψίζει στην ανάγκη ευθυγράμμισης της στρατηγικής συντήρησης με τη στρατηγική του οργανισμού, αλλά και με τους παραγωγικούς στόχους καθώς και τους στόχους των λοιπών λειτουργιών των βιομηχανιών. Σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσης, η στρατηγική συντήρησης θα πρέπει να ευθυγραμμίζεται με τους παραπάνω στόχους και με τη στρατηγική του οργανισμού προκειμένου να μπορεί να είναι επιτυχημένη μακροπρόθεσμα και προκειμένου να επιτελέσει τον πρωταρχικό της σκοπό όπως αυτός τέθηκε εκ νέου στην αρχή του παρόντος τμήματος του κειμένου.

Έπειτα εντοπίζεται διείσδυση ψηφιακών καινοτομιών και εφαρμογή διαφόρων τεχνολογικών επιτευγμάτων στον κλάδο της βιομηχανίας, όπως αυτή μετουσιώνεται μέσα από την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση. Τα πρότερα εφαρμοζόμενα μοντέλα για τη Διοίκηση της Συντήρησης και οι τεχνικές και τα εργαλεία τα οποία έβρισκαν εφαρμογή στις λειτουργίες της συντήρησης εκσυγχρονίζονται και εμπλουτίζονται. Στροφή εντοπίζεται μέσα από την εισαγωγή των δεδομένων στις καθημερινές διαδικασίες της συντήρησης, τα οποία συλλέγονται από τα υπολογιστικά συστήματα συντήρησης μιας σύγχρονης βιομηχανίας, μεταφέρονται σε κέντρα εποπτείας και ελέγχου και μέσα από αυτά επιταχύνεται ο χρόνος επισκευής βλαβών, βελτιώνεται το πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης και εν γένει βελτιώνεται η απόδοση της διοίκησης της συντήρησης. Η βελτίωση αυτή γίνεται αντιληπτή μέσα από τη μείωση του χρόνου διακοπής της λειτουργίας πρωτίστως του παραγωγικού εξοπλισμού, μέσα από τη βελτίωση της απόδοσης κόστους των τμημάτων συντήρησης κ.α..

Στα πλαίσια της παρούσης δεν κατέστη εφικτή η επίσκεψη σε κάποια βιομηχανική μονάδα προκειμένου να εξεταστούν στην πράξη οι σύγχρονες τάσεις στη Διοίκηση της Συντήρησης εξαιτίας της τρέχουσας υγειονομικής κρίσης. Οι μελέτες περίπτωσης οι οποίες παρουσιάστηκαν στο τέταρτο κεφάλαιο είναι ενδεικτικές, ενώ εντοπίστηκε μεγάλη δυσκολία στην εξεύρεση δεδομένων από τη βιβλιογραφία, από κλαδικές εκθέσεις ή από δελτία τύπου και ενημερώσεις ελληνικών βιομηχανιών. Η δυσκολία

αυτή, κατά την προσωπική άποψη του γράφοντα, δεν αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι οι σύγχρονες τάσεις στη Διοίκηση της Συντήρησης δεν έχουν εφαρμογή στην ελληνική βιομηχανία, καθώς η εφαρμογή τους είναι ένα ζήτημα εσωτερικό το οποίο δεν επικοινωνείται συχνά με το κοινό.

Σε ό,τι αφορά σε προτάσεις για μελλοντική έρευνα προτείνεται η εξέταση της εφαρμογής νέων μεθόδων και τεχνολογιών για τον ψηφιακό μετασχηματισμό και για τον ανασχεδιασμό της στρατηγικής και των επιχειρησιακών διαδικασιών της Διοίκησης Συντήρησης σε μία ελληνική βιομηχανία.

## Βιβλιογραφία

Ahmad, R., Kamaruddin, S., Azid, I. & Almanar, I., 2012. Failure analysis of machinery component by considering external factors and multiple failure modes – A case study in the processing industry. *Engineering Failure Analysis*, Τόμος 25, p. 182–192.

Alcácer, V. & Cruz-Machado, V., 2019. Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology*, Volume 22, pp. 899-919.

Alsyouf, I., 2007. The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability. *International Journal of Production Economics*, 105(1), pp. 70 - 78.

Al-Turki, U. M., 2011. A framework for strategic planning in maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* , 17(2), pp. 150 - 162.

Atlantis, 2017. *Atlantis Engineering*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <https://abe.gr/>  
[Πρόσβαση Σεπτέμβριος 2021].

Bevilacqua, M. & Braglia, M., 2000. The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. *Reliability Engineering and System Safety* , Τόμος 70 , p. 71–83.

Bokrantz, J. και συν., 2020. Smart Maintenance: a research agenda for industrial maintenance management. *International Journal of Production Economics*, Τόμος 224, pp. 1 - 14.



Bordeleau, F. E., Musconi, E. & De Santa, E. L. A., 2018. *Business Intelligence in Industry 4.0: State of the art and research opportunities*. Hawaii, 51st Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 3944 - 3953.

Budai, G., Dekker, R. & Nicolai, R., 2008. *Maintenance and Production: A Review of Planning Models*. In: *Complex System Maintenance Handbook*. Springer Series in Reliability Engineering επιμ. London: Springer.

Byrd, J., 2021. *The Benefits of Implementing Total Productive Maintenance*.  
[Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.reliableplant.com/Read/30300/total-productive-maintenance>

[Πρόσβαση 12 Φεβρουάριος 2021].

Caffyn, S., 1997. Extending continuous improvement to the new product development process. *R&D Management*, 27(3).

Cooke, F., 2003. Plant maintenance strategy: Evidence from four British manufacturing firms. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 9(3), pp. 239-249.

Cua, O. K., McKone, K. E. & Schroeder, R. G., 2001. Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, Τόμος 19, pp. 675 - 694.

de Jonge, B. & Scarf, P. A., 2020. A review on maintenance optimization. *European Journal of Operational Research*, 285(3), pp. 805-824.

Deighton, M. G., 2016. Chapter 5 - Maintenance Management. Στο: M. G. Deighton, επιμ. *Facility Integrity Management*. s.l.:Gulf Professional Publishing, pp. 87 - 139.

Dhingra, T. & Velmurugan, R. S., 2015. Maintenance Strategy Selection and its Impact on Maintenance Function - A Conceptual Framework. *International Journal of Operations & Production Management*, 35(12), pp. 1622 - 1661.

El-Akruti, K., Zhang, T. & Dwight, R., 2016. Developing an optimum maintenance policy by life cycle cost analysis – a case study. *International Journal of Production Research*, 54(19), pp. 1-17.

engineering, A., χ.χ. [https://abe.gr/aimms/?page\\_id=471](https://abe.gr/aimms/?page_id=471). [Ηλεκτρονικό].

European Committee for Standardization (CEN), 2017. *CEN - EN 13306*, s.l.: European Committee for Standardization (CEN).

Forcina, A., Introna, V. & Silvestri, A., 2021. Enabling technology for maintenance in a smart factory: A literature review. *Procedia Computer Science*, Τόμος 180, pp. 430-435.

Franciosi, C., Lung, B., Miranda, S. & Riemma, S., 2018. Maintenance for Sustainability in the Industry 4.0 context: a Scoping Literature Review. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), pp. 903-908.

Fraser, K., Hvolby, H.-H. & Tseng, B., 2015. Reliability paper Maintenance management models: A study of the published literature to identify empirical evidence a greater practical focus is needed. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(6), pp. 635-664.

G., Q. & Weiss, B., 2019. Industrial Robot Accuracy Degradation Monitoring and Quick Health Assessment. *J Manuf Sci Eng* 141:1. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 141(7).

Garg, A. & Deshmukh, S., 2006. Maintenance management: literature review and directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(3), pp. 205-238.

Holgado, M., Macchi, M. & Evans, S., 2020. Exploring the impacts and contributions of maintenance function for sustainable manufacturing. *International Journal of Production Research*, 58(23), pp. 7292-7310.

Ireland, F. & Dale, B., 2001 . A study of total productive maintenance implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 7(3), pp. 183-191.

Jasiulewicz-Kaczmarek, M., 2013. *The Role and Contribution of Maintenance in Sustainable Manufacturing*. Saint Petersburg, 2013 IFAC Conference on Manufacturing, Modelling, Management, and Control.

Jazdi, N., 2014. *Cyber physical systems in the context of Industry 4.0*. Cluj-Napoca, Proceedings of 2014 IEEE International Conference on.

John L. Michela, H. N. S. J., 1996. The dynamics of continuous improvement. *International Journal of Quality Science*, 1(1), pp. 19-47.

Jorgensen, T., 2016. Towards more sustainable management systems: through life cycle management and integration. *Journal of Cleaner Production* , pp. 1071-1080.

Kanji, G. K. K. a. J. D., 1995. Quality motivation. *Total Quality Management*, 6(4), pp. 427-435.

Kelly, A., 2006. *Strategic Maintenance Planning*. 1st επμ. Oxford: Elsevier.

Klanker, G., Stipanovic, I. & Palić, S. Š., 2017. *The impact of different maintenance policies on ownerscosts: Case Studies from Croatia and the Netherlands*. Zagreb, Joint

COST TU1402 - COST TU1406 - IABSE WC1 Workshop: The Value of Structural Health Monitoring for the reliable Bridge Management.

Kolberg, D. & Zühlke, D., 2015. Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *International Federation of Automatic Control*, 48(3), pp. 1870-1875.

Kumar, U., Galar, D. & Aditya, P., 2013. Maintenance performance metrics: A state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), pp. 233 - 277.

Leede, J. d. a. L. J., 1999. Continuous improvement and the mini-company concept. *International Journal of Operations & Production Management* , 19(11), pp. 1188-1202.

Liyanae, J. P., 2007. Operations and maintenance performance in production and manufacturing assets: The sustainability perspective. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 18(3), pp. 304-314.

Manu, G. και συν., 2018. Flexible Manufacturing Systems (FMS): A Review. *International Journal of Mechanical and Production*, 8(2), pp. 323-336.

Martinod, R. M., Bistorin, O., Castañeda, L. F. & Rezgc, N., 2018. Maintenance policy optimisation for multi-component systems considering degradation of components and imperfect maintenance actions. *Computers & Industrial Engineering*, Τόμος 124, pp. 100-112.

McKinsey, 2015. *Industry 4.0: how to navigate digitization of the manufacturing sector*, Detroit: McKinsey.

Mostafa, S., Dumrak, J. & Soltan, H., 2015. Lean Maintenance Roadmap. *Procedia Manufacturing*, Τόμος 2, pp. 434-444.

Muhammad Asif, E. J. d. B. A. D. O. A. F., 2009. Why quality management programs fail: A strategic and operations management perspective. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 26(8), pp. 778-794.

Murman, E. e. a., 2002. *Lean Enterprise Value*. 1 επιμ. New York: Palgrave Macmillan UK.

Murthy, D. A. A. & Eccleston, J., 2002. Strategic maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(4), pp. 287 - 305.

Nagalingam, S. V. & Lin, G. C., 2008. CIM—still the solution for manufacturing industry. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24(3), pp. 332-344.

Nguyen, K.-A., Do, P. & Grall, A., 2015. Multi-level predictive maintenance for multi-component systems. *Reliability Engineering & System Safety*, Τόμος 144, pp. 83-94.

Ooijevaar, T., Pichler, K., Di, Y. & Hesch, C., 2019. A Comparison of Vibration based Bearing Fault Diagnostic Methods. *International Journal of Prognostics and Health Management Technical Papers*, 10 (2 ), pp. 1-17.

Roy, R. και συν., 2016. Continuous maintenance and the future – Foundations and technological challenges. *CIRP Annals*, 65(2), pp. 667-688.

Roy, R. και συν., 2016. Continuous maintenance and the future—foundations and technological challenges. *CIRP Annals* , Τόμος 65, pp. 667-688.

Ruschel, E., Santos, E. A. P. & Loures, E. R., 2017. Industrial maintenance decision-making: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Systems*, Τόμος 45, pp. 180 - 194.

Salonen, A., 2011. *Strategic maintenance improvement: driving forces and obstacles*. Brisbane, Proceedings of the 5th World Congress on Engineering Asset Management.

SAP PM Tutorial, 2016. *SAP PM Tutorial*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: [https://www.tutorialspoint.com/sap\\_pm/index.htm](https://www.tutorialspoint.com/sap_pm/index.htm)  
[Πρόσβαση Σεπτέμβριος 2021].

Sharma, A., Yadava, G. & Deshmukh, S., 2011. A literature review and future perspectives on maintenance optimization. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(1), pp. 5-25.

Silva Peres, R., Rocha, A. D., Leitão, P. & Barata, J., 2018. IDARTS – Towards intelligent data analysis and real-time supervision for industry 4.0. *Computers in Industry*, Τόμος 101, pp. 138-146.

Singh, R., Shah, D. B., Gohil, A. M. & Shah, M. H., 2013. Overall Equipment Effectiveness (OEE) Calculation - Automation through Hardware & Software Development. *Procedia Engineering*, Τόμος 51, pp. 579-584.

Smith, R. & Hawkins, B., 2004. *Lean Maintenance*. 1st επιμ. s.l.:Butterworth-Heinemann.

Söderholm, P., 2004. Continuous improvements of complex technical systems: a theoretical quality management framework supported by requirements management

and health management. *Journal of Business Excellence and Total Quality Management*, 15(4), pp. 511 - 525.

Ståhl, J., Gabrielson, P., Andersson, C. & Jönsson, M., 2012. Dynamic manufacturing costs- Describing the dynamic behaviour of downtimes from a cost perspective. *CIPR Journal of Manufacturing Science and Technology*, 5(4), pp. 284-295.

Tsang, A. H. C., 2002. Strategic dimensions of maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(1), pp. 7-39.

Vietze, J., 2013. *wikimedia*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26722308>

Waeyenbergh, G. & Pintelon, L., 2002. A framework for maintenance concept development. *International Journal of Production Economics*, 77(3), pp. 299-313.

Webster, A., 1999. Continuous improvement improved. *Work Study*, 48(4), pp. 142-146.

Wienker, M., Henderson, K. & Volkerts, J., 2016. The Computerized Maintenance Management System An essential Tool for World Class Maintenance. *Procedia Engineering*, Τόμος 138, pp. 413-420.

Δημήτριος, Ε., 2017. *Εισαγωγή στο ERP σύστημα SAP. Σημειώσεις μαυθήματος "Συστήματα ERP στην Αλυσίδα Εφοδιασμού: Εφαρμογές με το SAP"*, Πανεπιστήμιο Πειραιά, Αθήνα: s.n.

Ξηρογιάννης, Γ., 2019. *Εθνική στρατηγική «Βιομηχανία 4.0»*. Αθήνα, Βιομηχανικό Συνέδριο ΣΕΒ, «Βιομηχανία 4.0: Η ευκαιρία που δεν πρέπει να χαθεί».

Παναγιώτης, Φ., 2015. *Σύγχρονα πληροφοριακά συστήματα επιχειρήσεων*, s.l.: <http://hdl.handle.net/11419/2256>.

Φωτάκης, Κ. & Σελίμης, Α., 2019. *Η Ελλάδα μπροστά στην 4η Βιομηχανική Επανάσταση*. Αθήνα, Βιομηχανικό Συνέδριο ΣΕΒ, «Βιομηχανία 4.0: Η ευκαιρία που δεν πρέπει να χαθεί».