



Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Καταγραφή της συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού
μίας γραμμής παραγωγής και διατύπωση προτάσεων βελτίωσης
Recording of the overall equipment effectiveness of a production line
and improvement proposals

Πτυχιακή Εργασία

Ρόκας Ιωάννης

Επιβλέπων

Παπαμιχαήλ Ιωάννης, Καθηγητής

Χανιά, 2022



Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Καταγραφή της συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού
μίας γραμμής παραγωγής και διατύπωση προτάσεων βελτίωσης

Recording of the overall equipment effectiveness of a production line
and improvement proposals

Πτυχιακή Εργασία

Ρόκας Ιωάννης

Χανιά, 2022

Εγκρίθηκε από την εξεταστική επιτροπή:

Ιωάννης Παπαμιχαήλ

Καθηγητής

Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Ευάγγελος Γρηγορούδης

Καθηγητής

Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Βασίλειος Κουϊκόγλου

Καθηγητής

Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης, Παπαμιχαήλ Ιωάννη. Οι συμβουλές και η καθοδήγηση του ήταν καίριες για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διευθύνοντα σύμβουλο της εταιρείας Εβιόπ-Τέμπο Α.Ε. Manfred Kunisch, για την ευκαιρία που μου έδωσε ώστε να πραγματοποιήσω την παρούσα πτυχιακή, καθώς και τον διευθυντή του τμήματος παραγωγής Μπουρνούς Αναστάσιο, τον εργοδηγό Νταλέ Ιωάννη, τους βοηθούς εργοδηγού Κοντό Ιωάννη και Μπουρίκα Ευάγγελο καθώς και τις χειρίστριες, για τις πολύωρες συζητήσεις που πραγματοποιήθηκαν, για την προθυμία τους να με βοηθήσουν να αντιληφθώ την λειτουργία της γραμμής παραγωγής, για την επεξήγηση βλαβών και για την εύρεση λύσεων για την βελτιστοποίηση της μηχανής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την στήριξη τους σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου και ιδιαίτερα τον πατέρα μου, ο οποίος ως μηχανολόγος μηχανικός στάθηκε αρωγός στην ακαδημαϊκή μου καριέρα.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία υλοποιήθηκε σε συνεργασία με την Εβιόπ-Τέμπο Α.Ε., η οποία δραστηριοποιείται στον τομέα κατασκευής ασφαλειών τήξεως. Οι ασφάλειες τήξεως παράγονται σε αυτόματες ή μερικώς αυτόματες γραμμές συναρμολόγησης, ανάλογα την ζήτηση του κάθε τύπου ασφάλειας. Στην παρούσα διπλωματική, η γραμμή παραγωγής είναι πλήρως αυτοματοποιημένη. Η σχετικά χαμηλή συνολική αποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης γραμμής παραγωγής καθιστά επιτακτική την περαιτέρω μελέτη της γραμμής παραγωγής. Στόχος είναι η αύξηση της συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού της γραμμής παραγωγής.

Για την υλοποίηση της ανάλυσης έγιναν καταγραφές σφαλμάτων στην γραμμή παραγωγής, οι οποίες κατέδειξαν με σαφήνεια και λεπτομέρεια τα σημεία στα οποία η μηχανή υπολειτουργεί και χρήζει μελέτης. Το πρώτο μέρος της εργασίας αφορά την ανάλυση της τρέχουσας κατάστασης, δηλαδή την περιγραφή της γραμμής παραγωγής και την καταγραφή των βλαβών. Το δεύτερο μέρος αφορά στην ανάλυση των κρίσιμων σημείων, δηλαδή στην κατάδειξη των σημαντικότερων βλαβών, οι οποίες δημιουργούν τις χαμηλές αποδόσεις της γραμμής παραγωγής. Στο τελευταίο μέρος, θα γίνουν τεχνικές και οργανωτικές προτάσεις με απώτερο στόχο την αύξηση της εκμετάλλευσης της γραμμής συναρμολόγησης.

Abstract

This thesis was implemented in collaboration with Eviop-Tempo S.A., which is active in the field of fuses. The fuses are manufactured in automatic or partially automatic assembly lines, accordingly the demand of the fuse type. In this thesis, the production line is fully automated. The relatively low overall efficiency of this production line makes it imperative to further study the production line. The goal is to increase the overall efficiency of the production line equipment.

For the implementation of the analysis, errors were recorded in the production line, which clearly and in detail demonstrated the points where the machine malfunctions and needs to be studied. The first part of the thesis concerns the analysis of the current situation, i.e., the description of the production line and the recording of the malfunctions. The second part concerns the analysis of the critical points, i.e., the indication of the most important malfunctions, which create the low efficiency of the production line. In the last part, technical and organizational proposals will be made with the ultimate goal of increasing the utilization of the assembly line.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	4
Περίληψη.....	5
Abstract	6
Πίνακας περιεχομένων	7
Κατάλογος Εικόνων	9
Κατάλογος Πινάκων	10
Κατάλογος Διαγραμμάτων	11
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	12
1.1. Αντικείμενα διπλωματικής.....	12
1.2. Σκοπός της πτυχιακής	12
1.3. Διάρθρωση της πτυχιακής εργασίας	13
Κεφάλαιο 2 Περιγραφή της γραμμής παραγωγής.....	16
2.1. Η εταιρεία.....	16
2.2. Το προϊόν.....	17
2.3. Περιγραφή γραμμής συναρμολόγησης NH4.....	18
Κεφάλαιο 3 Ανάλυση της συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού	25
3.1. Συνολική αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού (OEE).....	25
3.2. Υπολογισμός των παραμέτρων και του OEE	26
3.2.1. Υπολογισμός Διαθεσιμότητας Εξοπλισμού	27
3.2.2. Υπολογισμός Απόδοσης Εξοπλισμού.....	27
3.2.3 Υπολογισμός Ποιότητας παραγόμενων προϊόντων	28
Κεφάλαιο 4 Ανάλυση τρέχουσας κατάστασης	29
4.1. Ανάλυση αρμοδιοτήτων προσωπικού μηχανής παραγωγής	29
4.2. Περιγραφή διαδικασίας καταγραφής	29
4.3 Δεδομένα καταγραφών.....	30
4.3.1 Ανάλυση μονάδας 1.....	30
4.3.2 Ανάλυση μονάδας 2-3.....	31
4.3.3 Ανάλυση μονάδας 4.....	32
4.3.4 Ανάλυση μονάδας 5.....	33
4.3.5 Ανάλυση μονάδας 6.....	34
4.4 Ανάλυση στατιστικών αποτελεσμάτων μονάδων	35
4.4.1 Στατιστική ανάλυση μονάδας 1.....	35
4.4.2 Στατιστική ανάλυση μονάδας 2-3.....	38
4.4.3 Στατιστική ανάλυση μονάδας 4.....	42
4.4.4 Στατιστική ανάλυση μονάδας 5.....	46

4.4.5 Στατιστική ανάλυση μονάδας 6.....	50
4.5. Σχολιασμός αποτελεσμάτων	54
Κεφάλαιο 5 Ανάλυση κρίσιμων σημείων	56
5.1. Περιγραφή ανάλυσης Pareto και ανάλυσης ABC	56
5.2 Υλοποίηση ανάλυσης κατά Pareto.....	57
5.3 Επεξήγηση των βλαβών βάσει της Pareto	59
Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα και προτάσεις.....	64
6.1. Ανακεφαλαίωση	64
6.2. Συμπεράσματα.....	64
6.3. Προτάσεις.....	65
6.3.1. Αντιμετώπιση προβλήματος βάσεων στην μονάδα 5	65
6.3.2. Αντιμετώπιση προβλήματος πτώσης κομματιών στην μονάδα 6	67
6.3.3. Αντιμετώπιση προβλήματος πάνω και κάτω πλάκας.....	67
6.3.4 Γενική συντήρηση μηχανής	70
6.3.5 Περαιτέρω αυτοματοποίηση της γραμμής παραγωγής στα πλαίσια του Industry 4.0	71
Παραρτήματα.....	72
Παράρτημα 1 – Φύλλο καταγραφής σφαλμάτων.....	72
Παράρτημα 2 – Βλάβες και υπολογισμός συνολικής αποτελεσματικότητας εξοπλισμού	73
Παράρτημα 3 – Στατιστικά αποτελέσματα ανά μονάδα	83
Παράρτημα 4 – Πίνακας αποτελεσμάτων Pareto	86
Βιβλιογραφία	87

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Εγκαταστάσεις Εβιόπ-Τέμπο Α.Ε.....	16
Εικόνα 2: Προϊόν παραγωγής και τα προς συναρμολόγηση μέρη του	17
Εικόνα 3: Μονάδα 1-Συγκόλληση αγωγού στις επαφές	19
Εικόνα 4: Μονάδα 2- Buffer	20
Εικόνα 5: Μονάδα 3- Πέρασμα κεραμικού κορμού στο συγκρότημα αγωγού-επαφών. Τοποθέτηση και βίδωμα πλακών.....	20
Εικόνα 6: Μονάδα 4- Πέρασμα σύρματος, διαμόρφωση ελάσματος και συγκόλληση ελάσματος- σύρματος	21
Εικόνα 7: Μονάδα 5- Γέμισμα άμμου και τοποθέτηση τάπας.....	22
Εικόνα 8: Μονάδα 6- Έλεγχος αντίστασης και εκτύπωση στοιχείων	23
Εικόνα 9: Μονάδα 7-Συσκευασία	23
Εικόνα 10: Layout αυτόματης μηχανής συναρμολόγησης.....	24
Εικόνα 11: Αποτέλεσμα λάθος βήματος αγωγού (αριστερά λάθος βήμα, δεξιά σωστό βήμα)	61
Εικόνα 12: Πέρασμα σύρματος μονάδα 4	62
Εικόνα 13: Μη ποιοτικές άνω και κάτω πλάκες	62
Εικόνα 14: Τροφοδοσία επαφών μονάδα 1	63

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Αποτελέσματα ανάλυσης μονάδας 1	31
Πίνακας 2: Αποτελέσματα ανάλυσης μονάδας 2-3.....	31
Πίνακας 3: Αποτελέσματα ανάλυσης μονάδας 4	32
Πίνακας 4: Αποτελέσματα ανάλυσης μονάδας 5	33
Πίνακας 5: Αποτελέσματα ανάλυσης μονάδας 6	34
Πίνακας 6: Στατιστικά αποτελέσματα παραμέτρων ΟΕΕ μονάδας 1	35
Πίνακας 7: Στατιστικά αποτελέσματα ΟΕΕ μονάδας 1.....	37
Πίνακας 8: Στατιστικά αποτελέσματα παραμέτρων ΟΕΕ μονάδας 2-3	38
Πίνακας 9: Στατιστικά αποτελέσματα ΟΕΕ μονάδας 2-3	41
Πίνακας 10: Στατιστικά αποτελέσματα παραμέτρων ΟΕΕ μονάδας 4	42
Πίνακας 11: Στατιστικά αποτελέσματα ΟΕΕ μονάδας 4.....	45
Πίνακας 12: Στατιστικά αποτελέσματα παραμέτρων ΟΕΕ μονάδας 5	46
Πίνακας 13: Στατιστικά αποτελέσματα ΟΕΕ μονάδας 5.....	49
Πίνακας 14: Στατιστικά αποτελέσματα παραμέτρων ΟΕΕ μονάδας 6	50
Πίνακας 15: Στατιστικά αποτελέσματα ΟΕΕ μονάδας 6.....	53
Πίνακας 16: Φύλλο καταγραφής σφαλμάτων	72
Πίνακας 17: Συνολικά αποτελέσματα μονάδας 1	73
Πίνακας 18: Πίνακας ωριαίων καταγραφών και υπολογισμού παραμέτρων μονάδας 1	74
Πίνακας 19: Συνολικά αποτελέσματα μονάδας 2-3	75
Πίνακας 20: Πίνακας ωριαίων καταγραφών και υπολογισμού παραμέτρων μονάδας 2-3	76
Πίνακας 21: Συνολικά αποτελέσματα μονάδας 4	77
Πίνακας 22: Πίνακας ωριαίων καταγραφών και υπολογισμού παραμέτρων μονάδας 4	78
Πίνακας 23: Συνολικά αποτελέσματα μονάδας 5	79
Πίνακας 24: Πίνακας ωριαίων καταγραφών και υπολογισμού παραμέτρων μονάδας 5	80
Πίνακας 25: Συνολικά αποτελέσματα μονάδας 6	81
Πίνακας 26: Πίνακας ωριαίων καταγραφών και υπολογισμού παραμέτρων μονάδας 6	82
Πίνακας 27: Συνολικά στατιστικά αποτελέσματα μονάδας 1	83
Πίνακας 28: Συνολικά στατιστικά αποτελέσματα μονάδας 2-3	83
Πίνακας 29: Συνολικά στατιστικά αποτελέσματα μονάδας 4	84
Πίνακας 30: Συνολικά στατιστικά αποτελέσματα μονάδας 5	84
Πίνακας 31: Συνολικά στατιστικά αποτελέσματα μονάδας 6	85
Πίνακας 32: Πίνακας ανάλυσης κατά Pareto	86

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Διάγραμμα τεχνικής διαθεσιμότητας μονάδας 1.....	36
Διάγραμμα 2: Διάγραμμα απόδοσης εξοπλισμού μονάδας 1.....	37
Διάγραμμα 3: Διάγραμμα ΟΕΕ μονάδας 1.....	38
Διάγραμμα 4: Διάγραμμα τεχνικής διαθεσιμότητας μονάδας 2-3.....	39
Διάγραμμα 5: Διάγραμμα απόδοσης εξοπλισμού μονάδας 2-3	40
Διάγραμμα 6: Διάγραμμα ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων μονάδας 2-3.....	41
Διάγραμμα 7: Διάγραμμα ΟΕΕ μονάδας 2-3	42
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα τεχνικής διαθεσιμότητας μονάδας 4.....	43
Διάγραμμα 9: Διάγραμμα απόδοσης εξοπλισμού μονάδας 4.....	44
Διάγραμμα 10: Διάγραμμα ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων μονάδας 4.....	45
Διάγραμμα 11: Διάγραμμα ΟΕΕ μονάδας 4.....	46
Διάγραμμα 12: Διάγραμμα τεχνικής διαθεσιμότητας μονάδας 5.....	47
Διάγραμμα 13: Διάγραμμα απόδοσης εξοπλισμού μονάδας 5.....	48
Διάγραμμα 14: Διάγραμμα ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων μονάδας 5.....	48
Διάγραμμα 15: Διάγραμμα ΟΕΕ μονάδας 5.....	50
Διάγραμμα 16: Διάγραμμα τεχνικής διαθεσιμότητας μονάδας 6.....	51
Διάγραμμα 17: Διάγραμμα απόδοσης εξοπλισμού μονάδας 6.....	52
Διάγραμμα 18: Διάγραμμα ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων μονάδας 6.....	53
Διάγραμμα 19: Διάγραμμα ΟΕΕ μονάδας 6.....	54
Διάγραμμα 20: Διάγραμμα ανάλυσης κατά Pareto	58
Διάγραμμα 21: Χρόνοι λειτουργίας και βλαβών ανά μονάδα	58

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1. Αντικείμενα διπλωματικής

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά στη μελέτη μίας πραγματικής γραμμής παραγωγής/ συναρμολόγησης ασφαλειών τήξεως (μαχαιρωτές ασφάλειες), αποτελούμενη από 7 Μονάδες με τους εκάστοτε σταθμούς εργασίας, της ελληνικής εταιρείας Εβίοπ-Τέμπο Α.Ε. και την εύρεση τρόπων αύξησης της συνολικής αποτελεσματικότητας της συγκεκριμένης γραμμής συναρμολόγησης. Πιο αναλυτικά, θα υπολογισθεί η συνολική αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού της γραμμής παραγωγής και θα γίνει εντοπισμός των συχνότερων σφαλμάτων.

Η μελέτη σφαλμάτων της γραμμής παραγωγής έγινε χρησιμοποιώντας δεδομένα από ωριαίες καταγραφές. Στο φύλλο καταγραφής σημειώθηκαν οι βλάβες, οι διάρκειες τους, η διάρκεια της εκάστοτε καταγραφής και το σύνολο των ποιοτικών και μη παραχθέντων τεμαχίων. Η καταγραφή έγινε με την αρωγή του εργοδηγού, των βοηθών εργοδηγού καθώς και των χειριστριών, οι οποίοι παρείχαν όλες τις απαραίτητες διευκρινίσεις για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της μηχανής και την περιγραφή των βλαβών. Έχοντας ολοκληρώσει την διαδικασία των καταγραφών υπολογίσθηκε η συνολική αποτελεσματικότητα της εκάστοτε μονάδας. Με τον υπολογισμό του βαθμού εκμετάλλευσης έγινε ξεκάθαρο ποια είναι η πιο προβληματική μονάδα της μηχανής. Εφαρμόζοντας την ανάλυση κατά Pareto προέκυψε μία κατάταξη των βλαβών που προκαλούν τις περισσότερες παύσεις λειτουργίας στην γραμμή παραγωγής.

Η παραπάνω κατάταξη των βλαβών θα αποτελέσει σημαντικό βοήθημα στην εμβάθυνση στις σημαντικότερες βλάβες της μηχανής. Επικεντρώνοντας στις σημαντικότερες βλάβες και με την συνεργασία των ανθρώπων της εταιρείας προτάθηκαν βελτιστοποιήσεις οι οποίες θα βοηθήσουν στην αύξηση του βαθμού εκμετάλλευσης της γραμμής συναρμολόγησης.

1.2. Σκοπός της πτυχιακής

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι μέσω της καταγραφής να αποσαφηνιστούν με λεπτομέρεια τα προβλήματα που οδηγούν σε χαμηλή συνολική αποτελεσματικότητα του

εξοπλισμού. Βάσει της καταγραφής αυτής θα προταθούν βελτιώσεις που θα οδηγήσουν σε αύξηση της αποτελεσματικότητας και της παραγωγής.

Η συνεχής καταγραφή σφαλμάτων θεωρείται σημαντική για την εταιρεία. Αιτία της απαίτησης αυτής είναι ότι στη σημερινή βιομηχανική πραγματικότητα έχει αυξηθεί κατακόρυφα ο ανταγωνισμός. Απόρροια της συνεχούς αύξησης του ανταγωνισμού είναι η επιθυμία από τις εταιρείες για παραγωγή ποιοτικότερων προϊόντων, με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, εντός ορισμένων χρονικών διαστημάτων. Πετυχαίνοντας τα παραπάνω, δηλαδή μείωση κόστους παραγωγής και γρηγορότερη εξυπηρέτηση των πελατών, οι εταιρείες αυξάνουν τα κέρδη τους, ο οποίος είναι και ο απώτερος στόχος τους. Η συνεχής καταγραφή δεδομένων από μία γραμμή παραγωγής μπορεί να έχει σημαντικό ρόλο στον εντοπισμό και στην πρόβλεψη θεμάτων που μπορούν να δημιουργήσουν κώλυμα στην παραγωγική διαδικασία. Επιπρόσθετα, τα δεδομένα που προκύπτουν από την εκάστοτε καταγραφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως το έναυσμα για νέες καινοτομίες, σε μελλοντικές γραμμές παραγωγής και βελτιστοποιήσεις στις παρούσες μηχανές παραγωγής της κάθε εταιρείας.

Η αναγκαιότητα βελτιστοποίησης της γραμμής παραγωγής των ασφαλειών τήξεως, NH4, απαιτήθηκε καθώς αυξήθηκε η ζήτηση των προϊόντων που παράγονται από αυτήν. Από τότε που η συγκεκριμένη γραμμή συναρμολόγησης μπήκε σε λειτουργία έχει γίνει μία προσπάθεια να μετρηθεί με ακρίβεια το πραγματικό δυναμικό της, χωρίς όμως να προκύψει κάποιο αποτέλεσμα και χωρίς να γίνουν βελτιστοποιήσεις, εξαιτίας της αυξημένης πίεσης. Επομένως, η ανάγκη για αύξηση της απόδοσης της μηχανής έγινε το έναυσμα για την πραγματοποίηση αυτής της μελέτης. Ακολουθώντας μία παράδοση παροχής ευκαιριών σε φοιτητές, η Εβίοπ-Τέμπο προσέφερε την μελέτη για την βελτιστοποίηση της γραμμής παραγωγής NH4.

1.3. Διάρθρωση της πτυχιακής εργασίας

Η πτυχιακή εργασία αποτελείται συνολικά από έξι κεφάλαια. Το παρών πρώτο κεφάλαιο είναι το εισαγωγικό και περιλαμβάνει το αντικείμενο, τον σκοπό και την διάρθρωση της διπλωματικής.

Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή της εταιρείας και στα προϊόντα που παράγει. Για να γίνει κατανοητή η διαδικασία παραγωγής του προϊόντος πρέπει ο αναγνώστης να

αντιληφθεί και να κατανοήσει το προϊόν παραγωγής από την συγκεκριμένη γραμμή παραγωγής, επομένως ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή του προϊόντος και των αποτελούμενων μερών του. Τέλος, γίνεται περιγραφή της εν λόγω γραμμής παραγωγής, της κάθε μονάδας της και των επιμέρους σταθμών εργασίας που διαθέτει η κάθε μονάδα, καθώς για την κατανόηση των βλαβών θα πρέπει ο αναγνώστης να γνωρίζει τις διαδικασίες και τις επιμέρους διεργασίες που διενεργούνται.

Έχοντας κατανοήσει το αντικείμενο της διπλωματικής, το προϊόν και την γραμμή παραγωγής πρέπει να αναλυθεί ο βαθμός εκμετάλλευσης (OEE- Overall Equipment Effectiveness) σε θεωρητικό υπόβαθρο. Αρχικά, ορίζεται τι είναι ο βαθμός εκμετάλλευσης και ποιες οι παράμετροι που τον επηρεάζουν. Στην συνέχεια, αναλύεται η κάθε παράμετρος του βαθμού εκμετάλλευσης και τέλος αναλύεται ο τρόπος μέτρησης του OEE.

Έχοντας ορίσει τον βαθμό εκμετάλλευσης στο 3^ο κεφάλαιο, στο κεφάλαιο 4 αναλύεται η τρέχουσα κατάσταση στην γραμμή παραγωγής. Αρχικά, αναλύονται οι αρμοδιότητες του προσωπικού της μηχανής και στην συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία της καταγραφής των βλαβών της μηχανής. Με το πέρας των μετρήσεων, περιγράφονται ανά μονάδα οι βλάβες που εντοπίστηκαν, οι διάρκειες και οι συχνότητες τους. Απαραίτητα για την σωστή μέτρηση του OEE είναι ο διαχωρισμός των βλαβών σε τεχνικές και οργανωτικές όπως και τα δεδομένα από την ποιότητα των παραχθέντων προϊόντων, τα οποία καταδεικνύουν τις αιτίες παραγωγής μη ποιοτικών προϊόντων. Αφού συλλέχθηκαν τα παραπάνω δεδομένα, υπολογίζεται ο OEE για την κάθε μονάδα ξεχωριστά και εξάγονται τα στατιστικά αποτελέσματα για την κάθε παράμετρο του βαθμού εκμετάλλευσης για κάθε μονάδα της γραμμής παραγωγής. Στο τέλος του 4^{ου} κεφαλαίου, δίνονται οι αιτίες για τα αποτελέσματα των στατιστικών.

Το 5^ο κεφάλαιο αφορά στην ανάλυση των κρίσιμων σημείων. Για να γίνει ο εντοπισμός έγινε χρήση της ανάλυσης κατά Pareto. Με την εφαρμογή αυτής της ανάλυσης ταξινομούνται οι βλάβες κατά φθίνουσα σειρά εμφάνισης. Με την ταξινόμηση, δίνεται η δυνατότητα για εστίαση στις συχνότερες βλάβες. Αρχικά, αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο της ανάλυσης κατά Pareto και οι λόγοι επιλογής της συγκεκριμένης ανάλυσης. Κατόπιν της θεωρητικής ανάλυσης, γίνεται η εφαρμογή της ανάλυσης στα υπάρχοντα δεδομένα. Έχοντας την ταξινόμηση, αξιολογούνται οι βλάβες που προκαλούν την χαμηλή επίδοση του OEE. Για την κατανόηση των βλαβών χρειάζεται η αναλυτική περιγραφή της εκάστοτε βλάβης και των αιτιών της. Η περιγραφή θα οδηγήσει σε καλύτερη κατανόηση των

αιτιών, γεγονός σημαντικό για την πρόταση βελτιστοποιήσεων και την αποφυγή όμοιων βλαβών στο μέλλον.

Το τελευταίο κεφάλαιο αφορά την ανάλυση των προτάσεων και την σύνοψη της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Αρχικά με την ολοκλήρωση της ανάλυσης, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην γραμμή παραγωγής NH₄ της Εβιόπ-Τέμπο Α.Ε. Τέλος, θα αναφερθούν οι προτάσεις βελτιστοποίησης της γραμμής παραγωγής. Έχοντας την αναλυτική περιγραφή των κύριων βλαβών/προβλημάτων από το κεφάλαιο 5, οι προτάσεις που παρουσιάζονται έχουν στόχο την αντιμετώπιση και πρόληψη κωλυμάτων στην εν λόγω γραμμή παραγωγής.

Κεφάλαιο 2 Περιγραφή της γραμμής παραγωγής

2.1. Η εταιρεία

Η Εβιόπ-Τέμπο Α.Ε. είναι μία εταιρεία που δημιουργήθηκε το 1965 με την συγχώνευση των εταιριών Εβιόπ Α.Ε. και Τέμπο Α.Ε. . Η έδρα της εταιρείας είναι στο Βασιλικό Ευβοίας, όπου στεγάζονται τα γραφεία και η μονάδα παραγωγής των προϊόντων. Στις αρχές του 1970, αγοράστηκαν οι δύο εταιρείες από την SIEMENS AG και την Εθνική Τράπεζα της Ελλάδος και συγχωνευθήκαν στη σημερινή μορφή με πλειοψηφόντα μέτοχο την Siemens. Το 2006 προσχώρησε ως μέτοχος στην εταιρεία και η ηγέτιδα στον παγκόσμιο κλάδο των ηλεκτρικών στοιχείων συνδέσεων, η γερμανική επιχείρηση Phoenix Contact, ενισχύοντας ακόμη περισσότερο την δυναμική της. Η εταιρεία διαθέτει καθετοποιημένη παραγωγή μεταλλικών εξαρτημάτων, πλαστικών εξαρτημάτων (θερμοσκληρυνόμενων και θερμοπλαστικών), τεχνολογία επιφανειακών κατεργασιών, ηλεκτρολυτικά γαλβανίσματα, συγκολλήσεις και συναρμολόγηση συγκροτημάτων και τελικών προϊόντων. Η τελική διαδικασία συναρμολόγησης είναι χειροκίνητη είτε αυτοματοποιημένη. Οι ποσότητες παραγωγής και η οικονομικότητα καθορίζουν την μέθοδο παραγωγής των προϊόντων. Στην πρώτη κατηγορία (χειροκίνητη συναρμολόγηση) συναρμολογούνται μικρές ποσότητες, οι οποίες δεν ενδείκνυνται για αυτοματοποίηση, ενώ στην δεύτερη κατηγορία εντάσσονται οι μαζικές παραγωγές. Σήμερα, η Εβιόπ-Τέμπο απασχολεί 300 εργαζομένους.



Εικόνα 1: Εγκαταστάσεις Εβιόπ-Τέμπο Α.Ε.

2.2. Το προϊόν

Το προϊόν που παράγεται από την συγκεκριμένη γραμμή συναρμολόγησης είναι ασφάλειες τήξεως (μαχαιρωτές ασφάλειες) διαφόρων μεγεθών. Ασφάλεια είναι η διάταξη που προορίζεται να διακόπτει αυτόματα ένα κύκλωμα, όταν η ένταση του ξεπεράσει μία ορισμένη τιμή (ονομαστική ένταση). Οι ασφάλειες τήξεως είναι η παλαιότερη και ίσως πιο αξιόπιστη μέθοδος προστασίας των κυκλωμάτων και των συσκευών από εντάσεις ρεύματος που είναι μεγαλύτερες της επιτρεπόμενης τιμής. Οι ασφάλειες χαρακτηρίζονται από την ικανότητα διακοπής ισχυρών ρευμάτων.

Οι ασφάλειες τήξεως που παράγονται από την συγκεκριμένη γραμμή συναρμολόγησης αποτελούνται από τα εξής μέρη:

1. Κεραμικός κορμός
2. Συγκρότημα αγωγών-επαφών
3. Πλάκες
4. Μονώσεις
5. Βίδες
6. Σύρμα
7. Άμμος

Ο αγωγός που χρησιμοποιείται στην συγκεκριμένη γραμμή συναρμολόγησης είναι κατασκευασμένος από χαλκό. Η λειτουργία των ασφαλειών τήξης στηρίζεται στο φαινόμενο Joule, δηλαδή στην θέρμανση που μπορεί να φτάσει μέχρι και στην τήξη ενός λεπτού συρματιδίου ή ταινίας (τηκτό) που βρίσκεται μέσα στην ασφάλεια.



Εικόνα 2: Προϊόν παραγωγής και τα προς συναρμολόγηση μέρη του

2.3. Περιγραφή γραμμής συναρμολόγησης NH4

Η αυξανόμενη ανάγκη για περισσότερα και ποιοτικότερα προϊόντα οδήγησε στην απόφαση της εταιρείας για την επένδυση στην νέα γραμμή παραγωγής. Η συγκεκριμένη γραμμή παραγωγής (NH4) εγκαταστάθηκε στην εταιρεία το 2012. Η παρούσα γραμμή παραγωγής είναι σε λειτουργία εικοσιτέσσερις ώρες το εικοσιτετράωρο για 5 μέρες, ενώ συχνά υπάρχει το ενδεχόμενο λειτουργίας της και 6^η μέρα.

Η αυτόματη γραμμή συναρμολόγησης αποτελείται από 7 μονάδες σε σειρά, που συναρμολογούν τα διάφορα εξαρτήματα της ασφάλειας. Κάθε μονάδα αποτελείται σταθμούς εργασίας. Κάθε σταθμός περιέχει πνευματικές αρπάγες και βραχίονες που εκτελούν τις λειτουργίες που αποτελούν ένα κύκλο συναρμολόγησης ή διεργασίας (π.χ. συγκόλληση αγωγού στις επαφές, τοποθέτηση κορμού, βίδωμα κλπ.). Τα συγκροτήματα μεταφέρονται στην επόμενη μονάδα είτε με κάθετη μονάδα ακριβούς προώθησης των βάσεων είτε με μεταφορική ταινία.

Οι 7 μονάδες είναι οι ακόλουθες:

M. 1: Συγκόλληση αγωγού στις επαφές

M. 2-3: Πέρασμα κεραμικού κορμού στο συγκρότημα αγωγού-επαφών. Τοποθέτηση και βίδωμα πλακών

M. 4: Πέρασμα σύρματος, διαμόρφωση ελάσματος και συγκόλληση ελάσματος-σύρματος

M. 5: Γέμισμα άμμου και τοποθέτηση τάπας

M. 6: Έλεγχος αντίστασης και εκτύπωση στοιχείων

M. 7: Συσκευασία

Η λειτουργία κάθε μονάδας και των επιμέρους σταθμών της αναλύεται παρακάτω:

Μονάδα 1: Συγκόλληση αγωγού στις επαφές

Στην μονάδα 1 γίνεται η εισαγωγή και διαμόρφωση του αγωγού και η συγκόλληση του με τις επαφές.

Αποτελείται από ένα περιστροφικό δίσκο στον οποίο υπάρχουν δεκαέξι (16) βάσεις. Οι συγκεκριμένες βάσεις χωρίζονται σε δύο ομάδες των οκτώ (8). Ο λόγος του διαχωρισμού είναι τα μεγέθη των ασφαλειών.

- Στους σταθμούς 101 και 103 γίνεται η είσοδος των κάτω και πάνω επαφών αντίστοιχα.
- Στον σταθμό 105 προωθούνται οι αγωγοί στον σταθμό παραγωγής και γίνεται η κοπή του αγωγού, ανάλογα τον τύπο που πρέπει να παραχθεί. Στον σταθμό 105 γίνεται επίσης η τοποθέτηση του αγωγού στις επαφές.
- Στους σταθμούς 107 και 109 γίνεται η συγκόλληση του αγωγού στην κάτω και πάνω επαφή.
- Στον σταθμό 113 τοποθετείται στην κάθετη μονάδα ακριβούς προώθησης το συγκρότημα επαφών-αγωγού.



Εικόνα 3: Μονάδα 1-Συγκόλληση αγωγού στις επαφές

Μονάδα 2: Ρομπότ- Buffer

Η μονάδα 2 αποτελείται από ένα ρομπότ. Το ρομπότ παραλαμβάνει το συγκρότημα από την αλυσίδα και το τοποθετεί στις βάσεις της 3^{ης} μονάδας, οι οποίες προωθούνται με κάθετη μονάδα ακριβούς προώθησης. Στην μονάδα 2 υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των συγκροτημάτων που παράγει η 1^η μονάδα, σε περίπτωση που η μονάδα 3 έχει τεθεί εκτός λειτουργίας για οποιονδήποτε λόγο.



Εικόνα 4: Μονάδα 2- Buffer

**Μονάδα 3: Πέρασμα κεραμικού κορμού στο συγκρότημα αγωγού-επαφών.
Τοποθέτηση και βίδωμα πλακών**

- Στον σταθμό 305 γίνεται η τοποθέτηση του κορμού στο συγκρότημα.
- Στον σταθμό 307 γίνεται η διαμόρφωση ελάσματος της πάνω πλάκας και στην συνέχεια προωθούνται και τοποθετούνται οι πλάκες.
- Οι σταθμοί 309 και 311 διαθέτουν κατσαβίδια, ώστε να γίνει το βίδωμα των πλακών στον κορμό.
- Ο σταθμός 312 παραλαμβάνει από την βάση του σταθμού παραγωγής 3 με στόχο την μεταφορά των συγκροτημάτων στην μονάδα 4 .



Εικόνα 5: Μονάδα 3- Πέρασμα κεραμικού κορμού στο συγκρότημα αγωγού-επαφών. Τοποθέτηση και βίδωμα πλακών

Μονάδα 4: Πέρασμα σύρματος, διαμόρφωση ελάσματος και συγκόλληση ελάσματος-σύρματος

Αρχικά μια πνευματική διάταξη παραλαμβάνει και τοποθετεί (pick and place) τα συγκροτήματα στην κάθετη μονάδα ακριβούς προώθησης.

- Στον σταθμό 402 γίνεται ο έλεγχος οπής της κάτω πλάκας.
- Στον σταθμό 403 γίνεται η 2^η διαμόρφωση του ελάσματος. Ανασηκώνεται το έλασμα.
- Στον σταθμό 405 γίνεται το πέρασμα του σύρματος ενδεικτικού θέσεως.
- Στον σταθμό 409 γίνεται η διαμόρφωση αγκίστρου για συγκεκριμένο τύπο ασφαλειών μόνο. Σε άλλη περίπτωση ο σταθμός παραλείπεται.
- Στον σταθμό 411 περιστρέφεται το συγκρότημα κατά 180°.
- Στον σταθμό 414 τεντώνεται το σύρμα και γίνεται η συγκόλληση.
- Στον σταθμό 415 αποκόπτεται το περισσευούμενο σύρμα.
- Στον σταθμό 417 γίνεται η παραλαβή των συγκροτημάτων και η τοποθέτησή τους στην ταινία μεταφοράς προς την μονάδα 5.



Εικόνα 6: Μονάδα 4- Πέρασμα σύρματος, διαμόρφωση ελάσματος και συγκόλληση ελάσματος-σύρματος

Μονάδα 5: Γέμισμα άμμου και τοποθέτηση τάπας

Αρχικά μια πνευματική διάταξη παραλαμβάνει και τοποθετεί (pick and place) τα συγκροτήματα στη βάση.

- Στον σταθμό 501 επανατοποθετούνται τα συγκροτήματα.
- Στον σταθμό 502 γεμίζονται οι ασφάλειες (12 κάθε φορά).

- Στον σταθμό 503 γεμίζονται για δεύτερη φορά οι ασφάλειες (συμπληρωματικό γέμισμα).
- Στον σταθμό 504 γίνεται ο έλεγχος βάθους άμμου.
- Στον σταθμό 505 τοποθετείται η τάπα και μεταφέρονται οι ποιοτικές ασφάλειες στην μονάδα 6.



Εικόνα 7: Μονάδα 5- Γέμισμα άμμου και τοποθέτηση τάπας

Μονάδα 6: Έλεγχος αντίστασης και εκτύπωση στοιχείων

- Στον σταθμό 601 επανατοποθετείται η ασφάλεια στην 6^η Μονάδα .
- Στον σταθμό 602 ελέγχεται η αντίσταση της ασφάλειας.
- Στον σταθμό 603 γίνεται η τοποθέτηση του ενδεικτικού θέσης.
- Στον σταθμό 605 γίνεται έλεγχος ενδεικτικού.
- Στον σταθμό 607 τοποθετείται η ετικέτα.
- Στον σταθμό 608 πιέζεται η ασφάλεια με σκοπό την ευθυγράμμιση της.
- Στον σταθμό 609 γίνεται η αγκίστρωση του ενδεικτικού θέσης.
- Στον σταθμό 611 τοποθετείται η ετικέτα και γίνεται έλεγχος του ενδεικτικού θέσης.
- Στον σταθμό 613 διαμορφώνεται το άγκιστρο.
- Στον σταθμό 615 γίνεται η εκτύπωση των στοιχείων με μελάνι.
- Στον σταθμό 617 γίνεται η παραλαβή των καλών ασφαλειών και η μεταφορά τους στην μονάδα 7.

Οι σταθμοί 603, 605, 607, 609, 611 χρησιμοποιούνται για συγκεκριμένο τύπο ασφαλειών. Στην περίπτωση που παράγεται ο συγκεκριμένος τύπος απενεργοποιείται ο σταθμός εκτύπωσης με μελάνι.



Εικόνα 8: Μονάδα 6- Έλεγχος αντίστασης και εκτύπωση στοιχείων

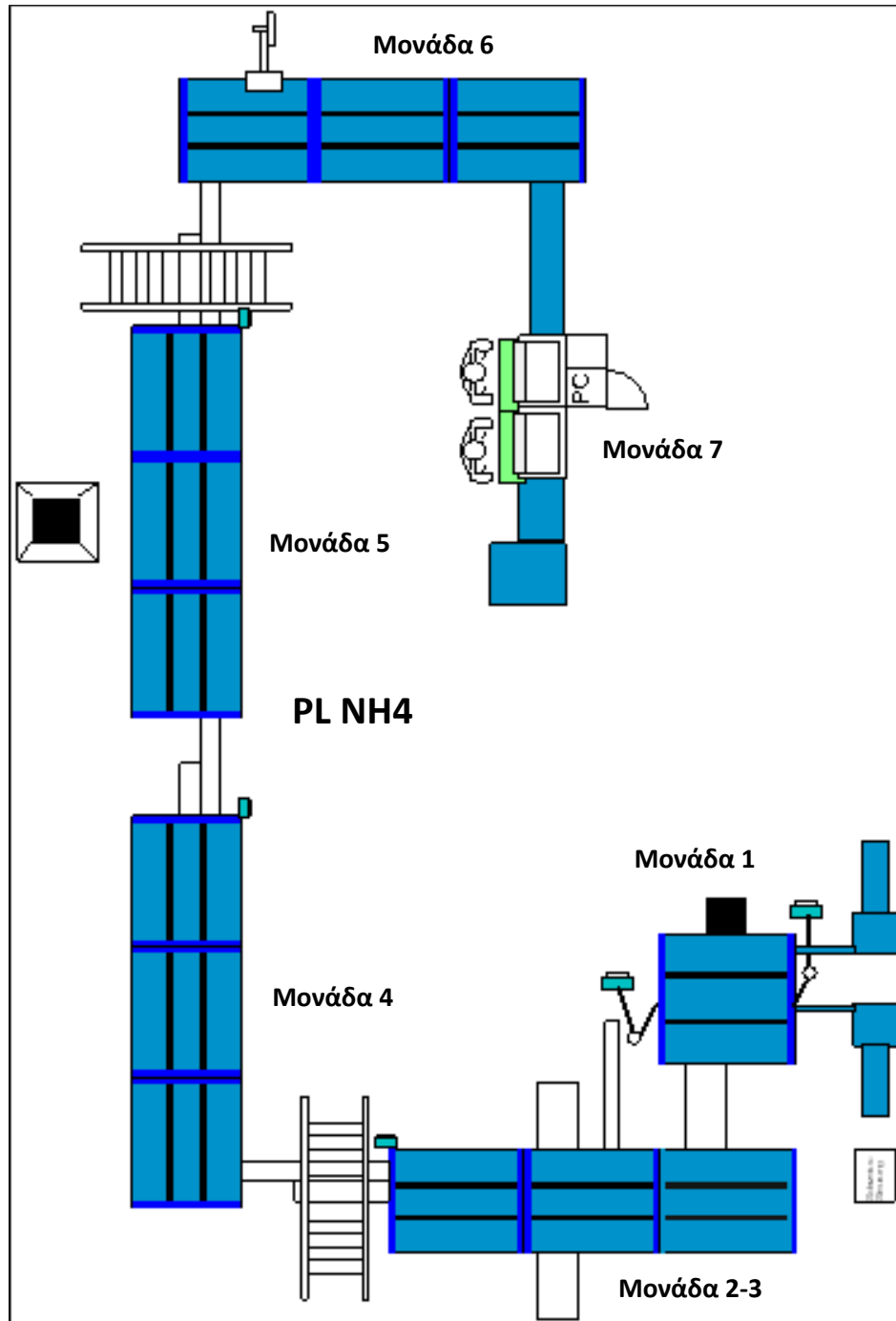
Μονάδα 7: Συσκευασία

- Αρχικά ελέγχονται οπτικά οι ασφάλειες (κομμένο σύρμα, λάθος θέση στο έλασμα) από την συσκευάστρια.
- Η συσκευάστρια τοποθετεί τις ασφάλειες στο κουτί.
- Γίνεται αυτόματη εκτύπωση και τοποθέτηση της εξωτερικής ετικέτας στο κουτί.



Εικόνα 9: Μονάδα 7-Συσκευασία

Παρακάτω παρουσιάζεται το Layout της γραμμής συναρμολόγησης NH4.



Εικόνα 10: Layout αυτόματης μηχανής συναρμολόγησης

Κεφάλαιο 3 Ανάλυση της συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού

3.1. Συνολική αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού (OEE)

Ο δείκτης Overall Effectiveness Equipment (OEE) δημιουργήθηκε το 1988 από την έννοια TPM (Total Productive Maintenance) την οποία κυκλοφόρησε ο Nakajima. Στόχος του TPM είναι η μείωση των βλαβών και των ελαττωμάτων του εξοπλισμού. Αποτέλεσμα της μείωσης των παραπάνω είναι η βελτίωση του ρυθμού παραγωγής, η μείωση κόστους και αποθεμάτων και τελικά η αύξηση της παραγωγικότητας.

Ο OEE είναι ένας δείκτης αξιολόγησης της επίδοσης μίας μηχανής μέσα από την καταγραφή των απωλειών κατά την παραγωγική διαδικασία. Ο OEE εξαρτάται από τις εξής τρεις παραμέτρους:

1. **Availability: Διαθεσιμότητα Εξοπλισμού**, η οποία επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από τις απώλειες που σχετίζονται με τις αναμονές λόγω τεχνικών βλαβών στους επιμέρους σταθμούς εργασίας της μονάδας. Είναι απαραίτητο να γίνει σαφές ότι η τεχνική διαθεσιμότητα είναι ένας δείκτης αξιολόγησης της επίδοσης μίας μονάδας που λαμβάνει υπ' όψη τεχνικές βλάβες που οφείλονται στην εν λόγω μονάδα. Αντίθετα, δεν λαμβάνονται υπ' όψη σφάλματα που προέκυψαν λόγω μη ποιοτικών πρώτων υλών, ανεπαρκούς συντήρησης, έλλειψης παραγγελιών, έλλειψης προσωπικού, αναμονές από επόμενες ή προηγούμενες μονάδες και λοιπών αιτιών που δεν προέρχονται από την ίδια την μονάδα.
2. **Performance: Απόδοση εξοπλισμού**, η οποία επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από τις απώλειες που σχετίζονται κυρίως με την μείωση της ταχύτητας της μηχανής καθώς και διακοπές για τις οποίες δεν ευθύνεται η μηχανή (διακοπές λόγω μη λειτουργίας επόμενων μονάδων, έλλειψη πρώτων υλών, μη ποιοτικές πρώτες ύλες κλπ.)
3. **Quality: Ποιότητα παραγόμενων προϊόντων**, η οποία επηρεάζεται από τις απώλειες που ευθύνονται για τα σκάρτα προϊόντα.

Η μελέτη μίας γραμμής παραγωγής, με τον υπολογισμό του OEE, αποσκοπεί στον καθορισμό των αιτιών που οδηγούν σε χαμηλή εκμετάλλευση της γραμμής παραγωγής. Προσδιορίζοντας, τα διάφορα προβλήματα της γραμμής παρέχεται η δυνατότητα για εμβάθυνση στα προβλήματα και στην αναζήτηση των πραγματικών τους αιτιών. Η μελέτη,

βάσει του OEE, κατηγοριοποιεί τις απώλειες διευκολύνοντας την παραπάνω διαδικασία ιχνηλάτησης των αιτιών προβλημάτων. Σκοπός είναι η βελτίωση της απόδοσης του εξοπλισμού και ως εκ τούτου παρέχεται η βάση για τον καθορισμό προτεραιοτήτων των βασικών αιτιών και την έναρξη της ανάλυσης των βασικών αιτιών.

Ο OEE επινοήθηκε για τον καθορισμό των απωλειών που μειώνουν την αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού. Τέτοιες απώλειες είναι διεργασίες οι οποίες καταναλώνουν πρώτες ύλες χωρίς το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι απώλειες μπορεί να είναι σπάνιας συχνότητας ή διαχρονικές. Οι διαχρονικές απώλειες είναι μικρές σε διάρκεια βλάβες, αρκετά συχνό είναι το φαινόμενο οι συγκεκριμένες απώλειες να μην είναι αντιληπτές από τον άνθρωπο που καταγράφει τις απώλειες, με μεγάλη επαναληψιμότητα. Απεναντίας, οι μικρής συχνότητας απώλειες είναι πιο προφανείς διότι η επαναληψιμότητα τους είναι μικρή και η διάρκεια τους σχετικά μεγάλη. Για την σωστή μέτρηση του OEE θα πρέπει να γίνει σωστός διαχωρισμός των ελαττωμάτων ανά κατηγορία. Βάσει των τριών παραπάνω παραμέτρων χωρίζονται οι βλάβες του εξοπλισμού. Οι τρεις κατηγορίες είναι οι εξής :

1. *Απώλειες διαθεσιμότητας εξοπλισμού* (Τεχνικές Βλάβες), οι οποίες είναι λόγω βλαβών για τις οποίες ευθύνεται αποκλειστικά η μηχανή
2. *Απώλειες απόδοσης εξοπλισμού* (Οργανωτικές Βλάβες), οι οποίες είναι αναμονές από σταμάτημα προηγούμενων ή επόμενων Μονάδων, ελλείψεις σε πρώτες ύλες, μη ποιοτικές πρώτες ύλες, αλλαγή τύπου προϊόντος κλπ.
3. *Απώλειες ποιότητας*, οι οποίες κατά κύριο λόγο προκύπτουν από την παραγωγή ποιοτικών και μη τεμαχίων.

3.2. Υπολογισμός των παραμέτρων και του OEE

Ο OEE υπολογίζεται από τις τρεις παραμέτρους -διαθεσιμότητα (A), απόδοση (P), ποιότητα (Q) - ως εξής:

Εξίσωση 1:

$$OEE = A * P * Q$$

Το εργαλείο μέτρησης OEE έχει τη δύναμή του στον τρόπο που ενσωματώνει διάφορες σημαντικές πτυχές της κατασκευής σε ένα ενιαίο εργαλείο μέτρησης. Οι

προοπτικές που ενσωματώνονται στο εργαλείο ΟΕΕ είναι η τεχνική διαθεσιμότητα, η απόδοση του εξοπλισμού και η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Παρακάτω θα γίνει αναλυτική περιγραφή υπολογισμού κάθε παραμέτρου της Εξίσωσης 1

3.2.1. Υπολογισμός Διαθεσιμότητας Εξοπλισμού

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η διαθεσιμότητα εξαρτάται από τις τεχνικές βλάβες, δηλαδή τις βλάβες που προκαλούνται από την μηχανή. Έχοντας συγκεντρώσει τις τεχνικές βλάβες υπολογίζεται ο διαθέσιμος χρόνος. Ο υπολογισμός γίνεται με αφαίρεση του χρόνου των βλαβών από την διάρκεια της καταγραφής.

$$\text{Εξίσωση 2:} \quad \text{Διαθέσιμος Χρόνος} = \text{Διάρκεια Καταγραφής} - \text{Διάρκεια Τεχνικών Βλαβών}$$

Έχοντας υπολογίσει τον Διαθέσιμο χρόνο, η μέτρηση της διαθεσιμότητας γίνεται με την διαίρεση του διαθέσιμου χρόνου με την διάρκεια της καταγραφής.

$$\text{Εξίσωση 3:} \quad A = \text{Διαθέσιμος Χρόνος} / \text{Διάρκεια καταγραφής}$$

3.2.2. Υπολογισμός Απόδοσης Εξοπλισμού

Η επόμενη παράμετρος του ΟΕΕ είναι η απόδοση του εξοπλισμού (P). Η συγκεκριμένη παράμετρος αφορά στην μείωση της ταχύτητας και στις βλάβες στις οποίες δεν ευθύνεται η μηχανή κατά κύριο λόγο. Η μέτρηση της απόδοσης του εξοπλισμού γίνεται με την αφαίρεση των οργανωτικών βλαβών και την διαφορά του πραγματικού χρόνου λειτουργίας με τον θεωρητικό χρόνο. Η 2^η παράμετρος της απόδοσης εκφράζει τυχόν δυσλειτουργίες της μηχανής, τις οποίες ο άνθρωπος που κάνει την καταγραφή δεν μπορεί να αντιληφθεί όπως είναι η πιο αργή μεταφορά του περιστροφικού δίσκου ή της κάθετης μονάδας ακριβούς προώθησης στον επόμενο σταθμό ή το κόλλημα των πρώτων υλών στην παροχή. Ωστόσο, πριν τον υπολογισμό της εν λόγω παραμέτρου απαιτείται ο ορισμός των παραμέτρων που συνθέτουν την διαφορά πραγματικού χρόνου λειτουργίας με θεωρητικού. Το βήμα της εκάστοτε μονάδας είναι η ποσότητα τεμαχίων που παράγονται σε διάστημα ενός (1) λεπτού (τεμάχια/λεπτό).

Εξίσωση 4: *Καθαρός Χρόνος λειτουργίας Μηχανής =*
Χρόνος καταγραφής – Διάρκεια τεχνικών βλαβών – Διάρκεια οργανωτικών βλαβών

Εξίσωση 5: *Χρόνος Παραγωγής ποιοτικών τεμαχίων =*
Παραχθέντα ποιοτικά τεμάχια / Βήμα

Εξίσωση 6: *Χρόνος Παραγωγής μη ποιοτικών τεμαχίων =*
Παραχθέντα μη ποιοτικά τεμάχια / Βήμα

Εξίσωση 7: *Διαφορά πραγματικού χρόνου λειτουργίας με θεωρητικού χρόνου =*
Καθαρός Χρόνος Λειτουργίας –
Χρόνος Παραγωγής ποιοτικών τεμαχίων –
Χρόνος παραγωγής μη ποιοτικών τεμαχίων

Εξίσωση 8: *Παραγωγικός χρόνος = Διαθέσιμος Χρόνος –*
Διάρκεια οργανωτικών βλαβών –
Διαφορά πραγματικού χρόνου λειτουργίας με θεωρητικού χρόνου

Έχοντας αναλύσει τις όλες τις απαραίτητες παραμέτρους για τον υπολογισμό της απόδοσης του εξοπλισμού, η εξίσωση που την υπολογίζει είναι η εξής:

Εξίσωση 9: *$P = \text{Παραγωγικός Χρόνος} / \text{Διαθέσιμος Χρόνος}$*

3.2.3 Υπολογισμός Ποιότητας παραγόμενων προϊόντων

Η παράμετρος της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων (Q) επηρεάζεται από τα μη ποιοτικά προϊόντα που παράγονται. Από τις μετρήσεις που γίνονται σημειώνεται το πλήθος των ποιοτικών και μη προϊόντων.

Εξίσωση 10: *$Q = \text{Παραχθέντα ποιοτικά τεμάχια} / \text{Σύνολο παραχθέντων τεμαχίων}$*

Κεφάλαιο 4 Ανάλυση τρέχουσας κατάστασης

4.1. Ανάλυση αρμοδιοτήτων προσωπικού μηχανής παραγωγής

Στην μηχανή παραγωγής απασχολούνται ανά βάρδια ένας βοηθός εργοδηγού και δύο χειρίστριες. Οι αρμοδιότητες του βοηθού εργοδηγού είναι η επανεκκίνηση των μονάδων, η επισκευή και οι ρυθμίσεις της μηχανής. Είναι υπεύθυνος για την συνεχή ενημέρωση του εργοδηγού όσον αφορά τα θέματα της μηχανής και των παραγγελιών που πρέπει να παραδοθούν. Σε περίπτωση που επισκευάσει κάποιο σημείο στην μηχανή ή υπάρχει μία βλάβη στο τέλος της βάρδιας πρέπει να σημειώνει σε ένα ειδικό έντυπο τις ενέργειες που έχει προβεί, ώστε ο βοηθός της επόμενης βάρδιας να είναι ενήμερος. Τέλος, ευθύνη του βοηθού είναι η μεταφορά των συσκευασμένων προϊόντων στο χώρο αποθήκευσης.

Όσον αφορά τις δύο χειρίστριες, οι αρμοδιότητες τους είναι πιο απλές. Κύρια ευθύνη τους είναι η συνεχής τροφοδοσία της μηχανής με πρώτες ύλες (επαφές, αγωγούς, κορμούς, βίδες, πλάκες). Βάσει της εμπειρίας τους μπορούν να επεμβαίνουν στην μηχανή σε κάποιες περιπτώσεις που η βλάβη είναι απλή, όπως είναι το κώλυμα επαφής, βιδών, πλακών στην αντίστοιχη τροφοδοσία τους. Επιπλέον, οι χειρίστριες κατά τον έλεγχο των προϊόντων στην μονάδα 7, ενδέχεται να παρατηρήσουν κάποια αστοχία. Τότε, επισκευάζουν τα μη ποιοτικά τεμάχια και τα επανατροφοδοτούν στην μηχανή, αφού έχουν αφαιρέσει την τάπα, έχουν αδειάσει την ασφάλεια από την άμμο και έχουν καθαρίσει την ασφάλεια από τα στοιχεία της εκτύπωσης (με οινόπνευμα αν πρόκειται για εκτύπωση με μελάνι ή αφαίρεση της ταινίας στην αντίστοιχη περίπτωση εκτύπωσης). Τέλος, οι χειρίστριες είναι υπεύθυνες για την διατήρηση της καθαριότητας τόσο της μηχανής, όπου επιτρέπεται χωρίς να επηρεάζεται κάποια λειτουργία της μηχανής, όσο και στον χώρο της γραμμής παραγωγής.

4.2. Περιγραφή διαδικασίας καταγραφής

Αφού έγινε αντιληπτή η παραγωγική διαδικασία στην εν λόγω γραμμή παραγωγής, επόμενο στάδιο ήταν η καταγραφή των σφαλμάτων της. Για την καλύτερη και πιο οργανωμένη καταγραφή δημιουργήθηκε ένα φύλλο καταγραφής, το οποίο παρατίθεται στο Παράρτημα 1. Στο συγκεκριμένο φύλλο σημειώνονταν η μονάδα στην οποία επρόκειτο να γίνει η καταγραφή, η ώρα έναρξης και λήξης της καταγραφής και τα παραχθέντα ποιοτικά και μη τεμάχια στην έναρξη και λήξη της καταγραφής. Επίσης, συμπληρώνονταν το βήμα της

αντίστοιχης μονάδας. Το βήμα υπολογιζόταν μετρώντας τον αριθμό των παραγόμενων τεμαχίων σε διάστημα ενός (1) λεπτού.

Έχοντας συμπληρώσει όλα τα απαραίτητα για την καταγραφή στοιχεία, ξεκίνησε η διαδικασία. Συνολικά έγιναν δεκαπέντε (15) καταγραφές για την κάθε μονάδα διάρκειας μίας (1) ώρας. Κατά την διάρκεια αυτής της ώρας σημειώνονταν τα σταματήματα της μηχανής. Πιο αναλυτικά, συμπληρώνονταν στο φύλλο καταγραφής μια σύντομη περιγραφή των βλαβών, οι διάρκειες τους και οι συχνότητες τους. Με το πέρας της καταγραφής, όλα τα στοιχεία συμπληρώνονταν σε πίνακες στο Excel, όπου και υπολογίζονταν ο ΟΕΕ και η κάθε παράμετρος η οποία αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3. Οι αντίστοιχοι πίνακες υπολογισμού του ΟΕΕ και των λοιπών παραμέτρων για την κάθε μονάδα παρατίθενται στο Παράρτημα 2.

4.3 Δεδομένα καταγραφών

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθούν όλες οι μονάδες και οι επιμέρους βλάβες τους. Για όλες τις μονάδες έγιναν καταγραφές εκτός από την μονάδα 7, η οποία περιλαμβάνει αποκλειστικά την συσκευασία και τον οπτικό έλεγχο των τεμαχίων, οπότε δεν χρειάστηκε η καταγραφή σφαλμάτων. Σε κάθε μονάδα παρουσιάζονται οι βλάβες, οι οποίες είναι χωρισμένες σε τεχνικές και οργανωτικές. Τεχνικές είναι οι βλάβες οι οποίες αφορούν δυσλειτουργία της μηχανής, ενώ οι οργανωτικές είναι βλάβες που αφορούν στην οργάνωση, όπως έλλειψη πρώτων υλών, μη ποιοτικές πρώτες ύλες, ρυθμίσεις μηχανής κ.α.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα δεδομένα για την κάθε μονάδα από όλες τις καταγραφές σφαλμάτων. Στο παράρτημα 2 παρατίθενται οι ωριαίες αναλύσεις και οι πίνακες με τα συνολικά αποτελέσματα, οι οποίοι περιλαμβάνουν και όλες τις βλάβες.

4.3.1 Ανάλυση μονάδας 1

Στην πρώτη μονάδα προωθούνται οι επαφές και ο αγωγός και γίνεται η μεταξύ τους συγκόλληση για την δημιουργία του συγκροτήματος, το οποίο προωθείται στην επόμενη μονάδα.

Μετά την συλλογή των δεδομένων από τις 15 καταγραφές προκύπτουν τα εξής δεδομένα:

NH4	
Μονάδα 1	
	Average
Availiability Rate	95.2%
Performance Rate	68.5%
Quality Rate	100.0%
OEE	65.2%

Πίνακας 1: Αποτελέσματα ανάλυσης μονάδας 1

Στην μονάδα 1 παρατηρούνται τρεις (3) τεχνικές βλάβες και τέσσερις (4) οργανωτικές βλάβες. Το μεγαλύτερο πρόβλημα της μονάδας είναι οι αναμονές από τις επόμενες μονάδες (Αναμονή λόγω κωλύματος επόμενων Μονάδων) και οι μη ποιοτικές πρώτες ύλες. Οι επαφές που τροφοδοτούνται στην μονάδα ενδέχεται να μην είναι ποιοτικές, δηλαδή να διαθέτουν γρέζια, το οποίο να μην επιτρέπει την διέλευση των επαφών από τον δονητή. Ενώ, η τεχνική διαθεσιμότητα είναι στα επιθυμητά επίπεδα, γεγονός που καταδεικνύει ότι η συγκεκριμένη μονάδα δεν αντιμετωπίζει ιδιαίτερα τεχνικά προβλήματα, η απόδοση είναι σε πιο χαμηλά επίπεδα λόγω των επόμενων μονάδων που δημιουργούν τις περισσότερες καθυστερήσεις. Η ποιότητα παραγόμενων προϊόντων είναι 100.0%, δηλαδή η μηχανή παράγει μόνο καλά προϊόντα. Επομένως, ο OEE επηρεάζεται κυρίως από την απόδοση του εξοπλισμού.

4.3.2 Ανάλυση μονάδας 2-3

Στην μονάδα 2 αρχικά γίνεται η παραλαβή του συγκροτήματος από την 1η μονάδα και η προώθηση του στην 3η. Στην μονάδα 3, λαμβάνει χώρα η τοποθέτηση κορμού και το βίδωμα των πλακών στον κορμό. Μετά την συλλογή των δεδομένων από τις 15 καταγραφές προκύπτουν τα εξής δεδομένα :

NH4	
Μονάδα 2-3	
	Average
Availiability Rate	88.3%
Performance Rate	67.1%
Quality Rate	99.2%
OEE	58.3%

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ανάλυσης μονάδας 2-3

Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι ο μέσος όρος ΟΕΕ για την μονάδα 2-3 είναι 58.3%. Χαμηλότερο ποσοστό σε σχέση με την Μονάδα 1, η οποία έχει 65.2%. Στην παρούσα μονάδα εντοπίστηκαν εννιά (9) τεχνικές βλάβες και έξι (6) οργανωτικές βλάβες. Έχοντας περισσότερες διεργασίες, όπως είναι η προώθηση και η τοποθέτηση κορμού, πλακών, βιδών και η τελική τους συναρμολόγηση, η συγκεκριμένη μονάδα είναι αναμενόμενο να αντιμετωπίζει περισσότερες βλάβες. Ο αριθμός της πολυπλοκότητας και των εργασιών είναι μεγαλύτερος, αποτέλεσμα που οδηγεί στις περισσότερες βλάβες. Οι οργανωτικές βλάβες είναι από αναμονές προηγούμενων ή επόμενων μονάδων, αλλά και από μη ποιοτικές πρώτες ύλες. Το υλικό κατασκευής της μόνωσης είναι αρκετά ψαθυρό με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σκόνες, η οποία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την κόλληση της μόνωσης στην πλάκα και διάβρωση της μόνωσης που έχει ως αποτέλεσμα την αχρήστευση της πλάκας.

4.3.3 Ανάλυση μονάδας 4

Στην μονάδα 4 γίνεται το πέρασμα σύρματος από την οπή της πλάκας και η διαμόρφωση του ελάσματος. Στην συνέχεια, συγκολλούνται το έλασμα με το σύρμα και αποκόπτεται το περισσευούμενο σύρμα. Μετά την συλλογή των δεδομένων από τις 15 καταγραφές προκύπτουν τα εξής δεδομένα:

NH4	
Μονάδα 4	
	Average
Availiability Rate	93.8%
Performance Rate	78.9%
Quality Rate	95.9%
OEE	70.8%

Πίνακας 3: Αποτελέσματα ανάλυσης μονάδας 4

Από την ανάλυση της μονάδας 4 προκύπτει ότι οι τεχνικές βλάβες είναι έξι (6) και τέσσερις (4) οι οργανωτικές βλάβες. Οι τεχνικές βλάβες στην συγκεκριμένη μονάδα αφορούν περισσότερο ρυθμίσεις και την συντήρηση της μηχανής, για αυτόν τον λόγο η τεχνική διαθεσιμότητα είναι 93.8%. Στην μονάδα 4 παρατηρείται έντονα το φαινόμενο αναμονών από τις προηγούμενες μονάδες, περισσότερες από την μονάδα 3. Οι αναμονές κατά κύριο

λόγο είναι αυτές που μειώνουν την απόδοση του εξοπλισμού, η οποία είναι 78.9%. Εξαιτίας των μη ποιοτικών τεμαχίων, τα οποία προκύπτουν από λάθος συγκόλληση σύρματος ή από μη πέρασμα του σύρματος στην οπή, η ποιότητα των παραγόμενων τεμαχίων είναι 95.9%. Ο μέσος όρος του OEE είναι 70.8%.

4.3.4 Ανάλυση μονάδας 5

Στην μονάδα 5 οι ασφάλειες γεμίζονται με άμμο. Επόμενο στάδιο είναι ο έλεγχος βάθους άμμου, ώστε να είναι στα προβλεπόμενα όρια. Μετά τον έλεγχο της άμμου τοποθετείται η τάπα και τέλος προωθούνται τα τεμάχια στην επόμενη μονάδα. Μετά την συλλογή των δεδομένων από τις 15 καταγραφές προκύπτουν τα εξής δεδομένα:

NH4	
Μονάδα 5	
	Average
Availability Rate	96.4%
Performance Rate	75.6%
Quality Rate	98.3%
OEE	71.5%

Πίνακας 4: Αποτελέσματα ανάλυσης μονάδας 5

Στην παρούσα μονάδα οι τεχνικές βλάβες είναι εννέα (9), ενώ οι οργανωτικές τέσσερις (4). Κύριο πρόβλημα στην εν λόγω μονάδα είναι η αναμονή από την προεπεξεργασία άμμου. Η μονάδα 5 επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τις προηγούμενες μονάδες, οι οποίες δημιουργούν κωλύματα και συνεπώς καθυστερούν την τροφοδοσία της μονάδας με συγκροτήματα ασφαλειών. Για να υπάρχει συνεχής τροφοδοσία ασφαλειών στον σταθμό γεμίσματος άμμου απαιτείται συγκεκριμένος αριθμός βάσεων. Ο αριθμός αυτός είναι σαράντα εννέα (49), ενώ από την μηχανή είχαν αφαιρεθεί αρκετές βάσεις οι οποίες είχαν μεταφερθεί στο τμήμα συντήρησης (διαδικασία συντήρησης δικαιολογεί το γεγονός ότι είναι οργανωτική βλάβη). Επόμενο πρόβλημα είναι η λάθος τοποθέτηση τάπας, η οποία προκαλεί και μεγάλο αριθμό μη ποιοτικών προϊόντων, για την οποία ευθύνονται κυρίως οι βάσεις. Η παρούσα μονάδα έχει μέσο όρο OEE 71.5%.

4.3.5 Ανάλυση μονάδας 6

Στην μονάδα 6 λαμβάνει χώρα η μέτρηση της αντίστασης της ασφάλειας. Μετά την μέτρηση της αντίστασης εκτυπώνονται τα στοιχεία της ασφάλειας είτε με μελάνι είτε με ετικέτα. Κάθε φορά ενεργοποιούνται οι αντίστοιχοι σταθμοί αναλόγως τον τρόπο εκτύπωσης των στοιχείων. Στην ασφάλεια, όπου οι πλάκες είναι αλουμινίου, εκτυπώνονται η ονομαστική τάση, ένταση του ρεύματος, το μέγεθος της ασφάλειας. Στην περίπτωση που οι πλάκες είναι από πλαστικό τότε εκτυπώνεται με τα προηγούμενα στοιχεία και η αντίστοιχη ένδειξη πλαστικού. Όλες οι εκτυπώσεις περιλαμβάνουν τις απαραίτητες διαπιστεύσεις για την εγκυρότητα του προϊόντος. Μετά την συλλογή των δεδομένων από τις 15 καταγραφές προκύπτουν τα εξής δεδομένα:

NH4	
Μονάδα 6	
	Average
Availiability Rate	94.4%
Performance Rate	80.1%
Quality Rate	99.0%
OEE	74.7%

Πίνακας 5: Αποτελέσματα ανάλυσης μονάδας 6

Στην μονάδα 6 εντοπίστηκαν επτά (7) τεχνικές βλάβες και τέσσερις (4) οργανωτικές. Όσον αφορά τις τεχνικές βλάβες, παρατηρήθηκε ότι στον σταθμό 601 έπεφταν τα κομμάτια. Ο λόγος του προβλήματος είναι η φθαρμένη ταινία. Ακόμα ένα πρόβλημα είναι η στραβή παραλαβή των ασφαλειών εξαιτίας του τρόπου που προωθούνται από την μονάδα 5. Πέραν των αυτών των δύο τεχνικών βλαβών δεν παρατηρήθηκε κάποια πιο μόνιμη και συνεχής τεχνική βλάβη στην μονάδα 6. Στις οργανωτικές βλάβες συμπεριλαμβάνονται οι αναμονές τόσο από τις προηγούμενες μονάδες όσο και από την μονάδα 7, στην οποία συσκευάζονται οι ασφάλειες. Τέλος, αναγκαίος θεωρείται ο καθαρισμός του σταθμού εκτύπωσης ανά τακτά χρονικά για την καλύτερη εκτύπωση των στοιχείων. Για τον λόγο αυτό η συγκεκριμένη απώλεια συγκαταλέγεται στις οργανωτικές βλάβες. Ο μέσος όρος του δείκτη OEE είναι 74.7%.

4.4 Ανάλυση στατιστικών αποτελεσμάτων μονάδων

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση του δείγματος για κάθε μονάδα ξεχωριστά. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα αντίστοιχα διαγράμματα της τεχνικής διαθεσιμότητας, της απόδοσης του εξοπλισμού, της ποιότητας των παραγόμενων τεμαχίων της και του δείκτη ΟΕΕ κάθε μονάδας.

Παρακάτω παρατίθενται τα στατιστικά δεδομένα για όλες τις μονάδες. Τα αναλυτικά στατιστικά αποτελέσματα παρατίθενται στο Παράρτημα 2.

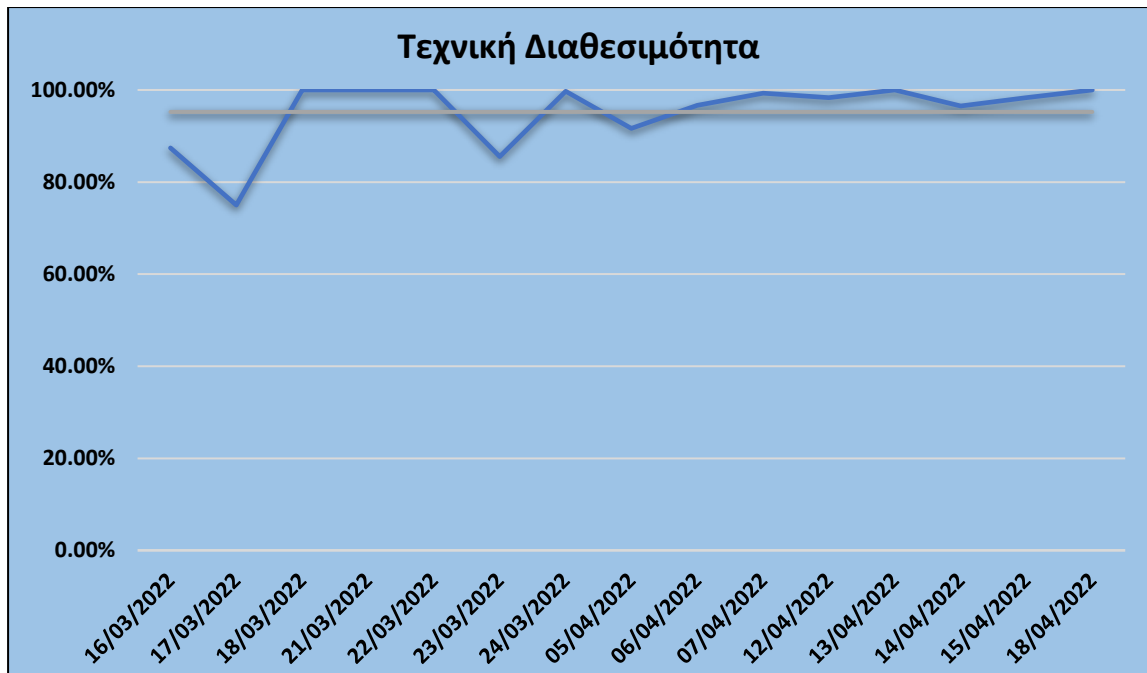
4.4.1 Στατιστική ανάλυση μονάδας 1

Παρακάτω δίνεται η στατιστική ανάλυση των τριών παραμέτρων της 1ης μονάδας:

Τεχνική Διαθεσιμότητα		Απόδοση εξοπλισμού		Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων	
Mean	0.952	Mean	0.685	Mean	1.000
Sample Variance	0.005	Sample Variance	0.003	Sample Variance	0
Count	15	Count	15	Count	15
Largest(1)	1.000	Largest(1)	0.789	Largest(1)	1
Smallest(1)	0.750	Smallest(1)	0.585	Smallest(1)	1
Confidence Level(95.0%)	0.041	Confidence Level(95.0%)	0.030	Confidence Level(95.0%)	0

Πίνακας 6: Στατιστικά αποτελέσματα παραμέτρων ΟΕΕ μονάδας 1

Από τον Πίνακα 6 προκύπτει ότι ο μέσος όρος της τεχνικής διαθεσιμότητας είναι 95.22%. Η τιμή της διακύμανσης του δείγματος για την τεχνική διαθεσιμότητα είναι προσεγγίζει το μηδέν (0.005), που σημαίνει ότι οι τιμές της τεχνικής διαθεσιμότητας αποκλίνουν ελάχιστα από τον μέσο όρο. Το διάστημα εμπιστοσύνης είναι ένα διάστημα το οποίο δείχνει την εκτίμηση της παραμέτρου του δείγματος. Το διάστημα εμπιστοσύνης περιλαμβάνει ένα εύρος τιμών το οποίο περιέχει τις εκτιμήσεις οι οποίες θεωρούνται καλές για την εκάστοτε παράμετρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της τεχνικής διαθεσιμότητας είναι από 0.911 μέχρι 0.993 και συμβολίζεται με [0.911, 0.993].

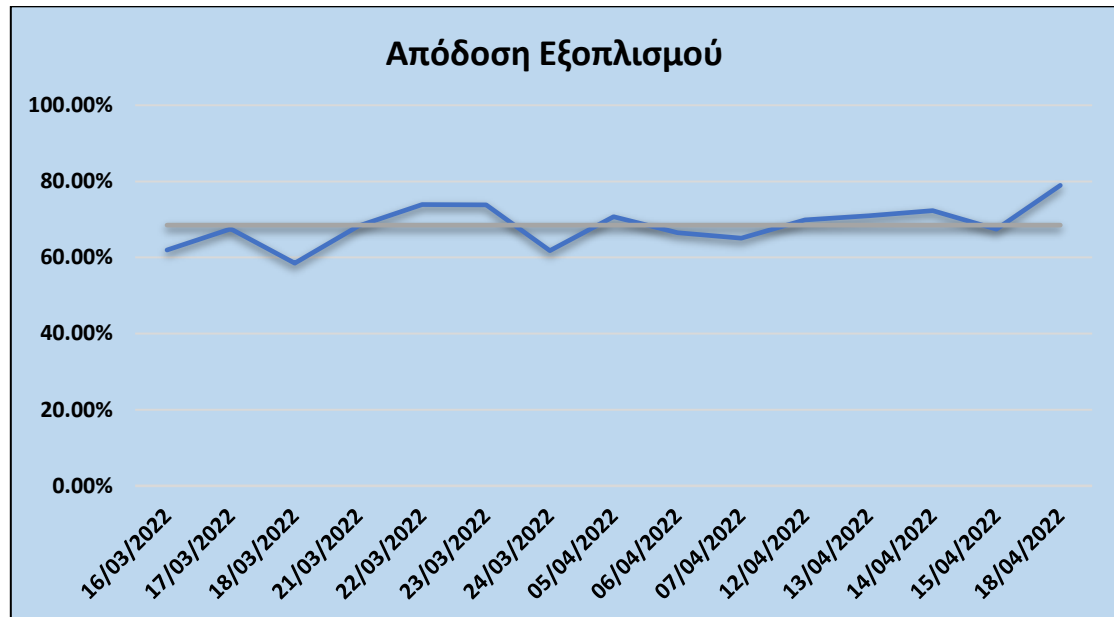


Διάγραμμα 1: Διάγραμμα τεχνικής διαθεσιμότητας μονάδας 1

Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η τεχνική διαθεσιμότητα ανά μέρα καταγραφής, καθώς και ο μέσος όρος. Όπως φάνηκε και από τα στατιστικά στοιχεία, υπάρχουν μέρες που οι αποκλίσεις της τεχνικής διαθεσιμότητας είναι σημαντικές σε σχέση με τον μέσο όρο. Στις 16/3/22 εντοπίστηκε έντονο θέμα στον σταθμό κοπής του αγωγού. Η μορφή του συγκεκριμένου αγωγού είναι τέτοια ώστε να τον καθιστά ευαίσθητο ως προς οποιαδήποτε εξωτερική επιρροή που μπορεί να υπάρξει, όπως η σκόνη, η μετατόπιση του αγωγού κατά την κοπή από το καλούπι. Σε αυτήν την περίπτωση ασχολείται αποκλειστικά ο βοηθός εργοδηγού, κάνοντας τις απαραίτητες ρυθμίσεις για την σωστή κοπή του αγωγού. Στις 17/3/22, προέκυψε βλάβη στον σταθμό 113. Η συγκεκριμένη βλάβη που συνέβη είναι από αυτές οι οποίες δεν συμβαίνουν συχνά. Ο βοηθός χρειάστηκε συνολικά 15 λεπτά για να επισκευάσει την βλάβη. Στις 23/3/22, έντονο ήταν το κώλυμα στον σταθμό παροχής επαφών. Σταματώντας την μηχανή για έλεγχο ο βοηθός διαπίστωσε πως έλειπε ένα δαχτυλίδι από τον σημείο παροχής επαφών. Η βλάβη αυτή προέκυψε στην προσπάθεια της μίας χειρίστριας να ξεμπλοκάρει μία σκάρτη επαφή, έλυσε τον παροχέα και δεν αντιλήφθηκε την ύπαρξη του δαχτυλιδιού. Ο εντοπισμός και η επιδιόρθωση του προβλήματος διήρκεσαν περίπου 9 λεπτά.

Από τον Πίνακα 6, προκύπτει ότι ο μέσος όρος της απόδοσης του εξοπλισμού είναι 68.5%. Η τιμή της διακύμανσης προσεγγίζει το μηδέν (0,003), άρα το δείγμα ως επί το πλείστον έχει μικρή απόκλιση από τον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το

διάστημα εμπιστοσύνης της απόδοσης εξοπλισμού είναι από 0.655 μέχρι 0.715 και συμβολίζεται με $[0.655, 0.715]$.



Διάγραμμα 2: Διάγραμμα απόδοσης εξοπλισμού μονάδας 1

Όπως παρατηρείται και από το Διάγραμμα 2, δεν υπάρχουν πολλές ακραίες τιμές, παρά μόνο στις 18/3/22. Οι αναμονές σε συνάρτηση με την έλλειψη τεχνικών βλαβών οδήγησαν σε χαμηλότερο δείκτη απόδοσης εξοπλισμού.

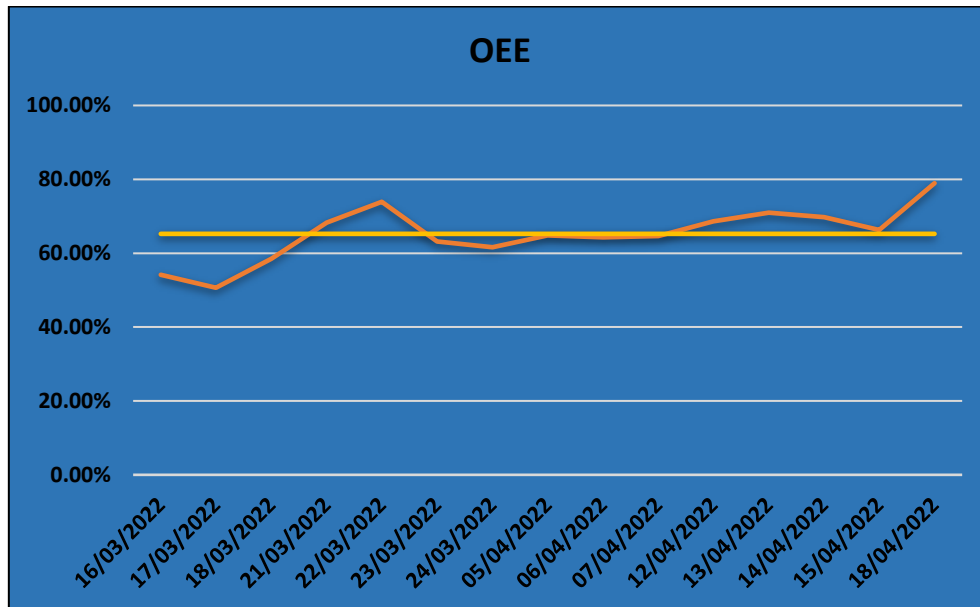
Όσον αφορά την ποιότητα των παραγόμενων τεμαχίων, από τον Πίνακα 6 φαίνεται ότι η μηχανή παράγει μόνο ποιοτικά τεμάχια οπότε ο δείκτης ποιότητας είναι στο 100%.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία του δείκτη OEE και το αντίστοιχο διάγραμμα. Οι όποιες μεταβολές παρατηρούνται, εξαρτώνται άμεσα από τις παραπάνω τρεις παραμέτρους.

OEE	
Mean	0.652
Sample Variance	0.005
Count	15
Largest(1)	0.789
Smallest(1)	0.506
Confidence Level(95.0%)	0.040

Πίνακας 7: Στατιστικά αποτελέσματα OEE μονάδας 1

Ο μέσος όρος του δείκτη OEE είναι 65.24%. Η τιμή της διακύμανσης (0.0053) προσεγγίζει το μηδέν. Οι λόγοι ενδεχομένων διακυμάνσεων του OEE έχουν αναλυθεί παραπάνω στις παραμέτρους. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης του OEE είναι από 0.612 μέχρι 0.692 και συμβολίζεται με $[0.612, 0.692]$.



Διάγραμμα 3: Διάγραμμα OEE μονάδας 1

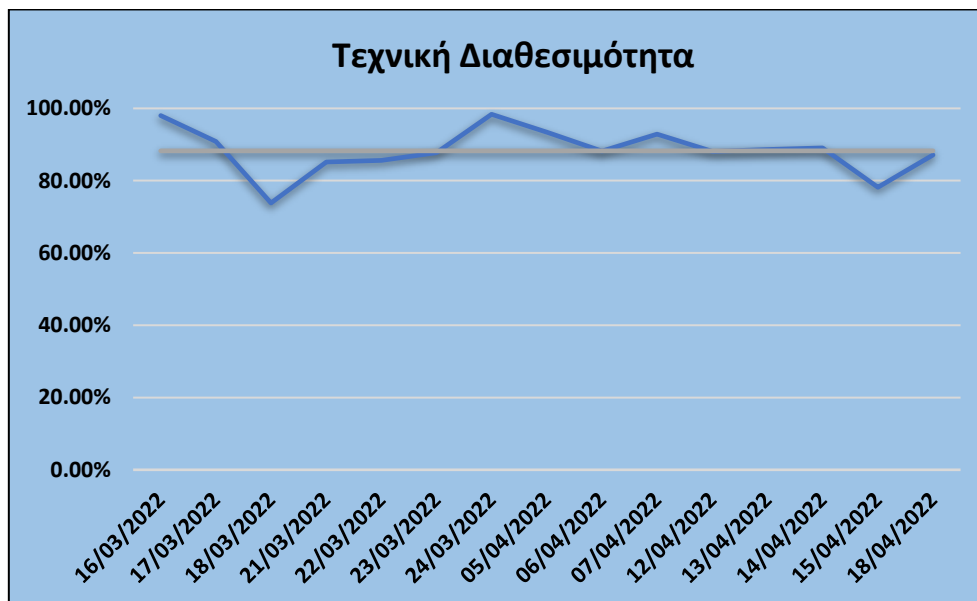
4.4.2 Στατιστική ανάλυση μονάδας 2-3

Παρακάτω δίνεται η στατιστική ανάλυση των τριών παραμέτρων της μονάδας 2-3:

Τεχνική Διαθεσιμότητα		Απόδοση εξοπλισμού		Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων	
Mean	0.883	Mean	0.671	Mean	0.992
Sample Variance	0.004	Sample Variance	0.011	Sample Variance	0.000
Count	15	Count	15	Count	15
Largest(1)	0.984	Largest(1)	0.862	Largest(1)	1.000
Smallest(1)	0.738	Smallest(1)	0.519	Smallest(1)	0.969
Confidence Level(95.0%)	0.035	Confidence Level(95.0%)	0.057	Confidence Level(95.0%)	0.004

Πίνακας 8: Στατιστικά αποτελέσματα παραμέτρων OEE μονάδας 2-3

Από τον Πίνακα 8 για την τεχνική διαθεσιμότητα προκύπτει ότι ο μέσος όρος της είναι 88.25%. Η διακύμανση (0.004) προσεγγίζει το μηδέν, για αυτό τον λόγο και οι περισσότερες τιμές έχουν μικρή απόκλιση από τον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της τεχνικής διαθεσιμότητας είναι από 0.848 μέχρι 0.918 και συμβολίζεται με $[0.848, 0.918]$.

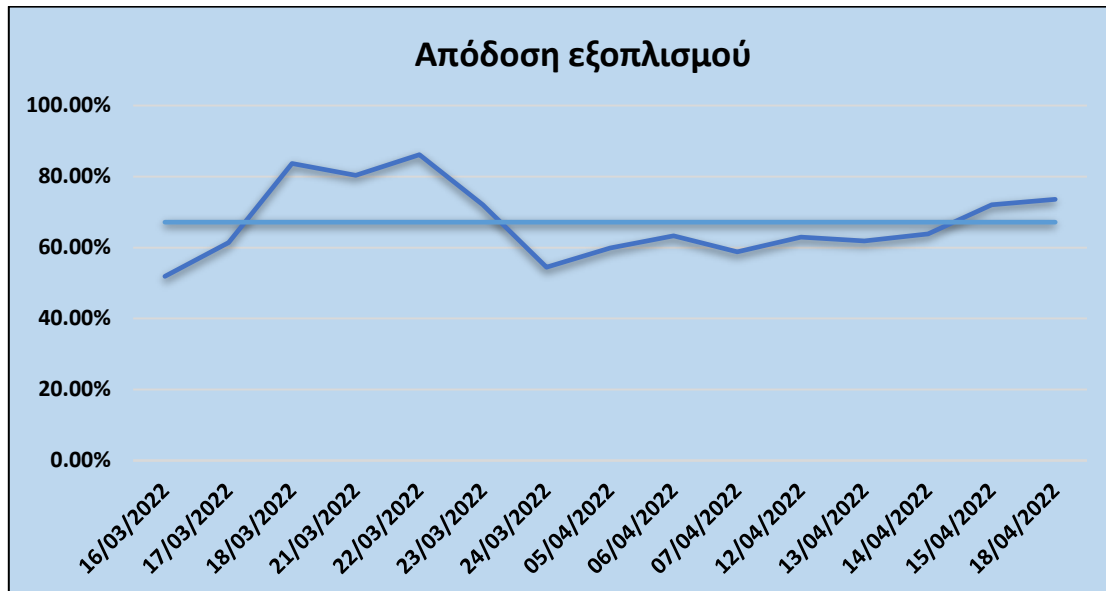


Διάγραμμα 4: Διάγραμμα τεχνικής διαθεσιμότητας μονάδας 2-3

Αναλύοντας το Διάγραμμα 4 παρατηρείται ότι στις 18/3/22 προκλήθηκε μια όχι και τόσο συχνή βλάβη. Στον σταθμό προώθησης των βάσεων προς την 4η μονάδα, η βάση δεν λάμβανε σωστά την ασφάλεια με αποτέλεσμα την πτώση του κομματιού στην μηχανή και το μπλοκάρισμα της μηχανής. Για την επιδιόρθωση της συγκεκριμένης βλάβης ο βοηθός χρειάστηκε περίπου εννέα λεπτά. Στις 15/4/22, ο μεγάλος αριθμός συνεχών βλαβών, πλην μίας ρύθμισης που έγινε λόγω της προηγούμενης βλάβης, προκάλεσε την απόκλιση από τον μέσο όρο. Απεναντίας, παρατηρήθηκαν αποδόσεις οι οποίες δεν είναι αναμενόμενες για την εν λόγω μονάδα. Οι δείκτες στις 16/3/22 και 24/3/22 αποκλίνουν από τον μέσο όρο, οι τιμές τους είναι 98.05% και 98.37% αντίστοιχα.

Συνεχίζοντας την ανάλυση του Πίνακα 8 για την απόδοση του εξοπλισμού παρατηρείται ότι ο μέσος όρος της είναι 67.14%. Η διακύμανση είναι 0.004, άρα το δείγμα κινείται κοντά στον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα

εμπιστοσύνης της απόδοσης εξοπλισμού είναι από 0.614 μέχρι 0.728 και συμβολίζεται με $[0.614, 0.728]$.



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα απόδοσης εξοπλισμού μονάδας 2-3

Η απόδοση εξοπλισμού της μονάδας 2-3 επηρεάζεται από την μονάδα 1 και από τις επόμενες μονάδες. Ωστόσο, στην συγκεκριμένη μονάδα παρατηρούνται προβληματικές πρώτες ύλες και πιο συγκεκριμένα οι πάνω και κάτω πλάκες. Εξαιτίας της μόνωσης η οποία συγκολλείται στην πλάκα δημιουργούνται προβλήματα τόσο στην παροχή όσο και στην ίδια την μηχανή.

Από τον Πίνακα 8 για την ποιότητα των παραγόμενων τεμαχίων προκύπτει ο μέσος όρος να είναι 99.18%. η διακύμανση τείνει στο 0, άρα το δείγμα προσεγγίζει τον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων είναι από 0.988 μέχρι 0.996 και συμβολίζεται με $[0.988, 0.996]$.



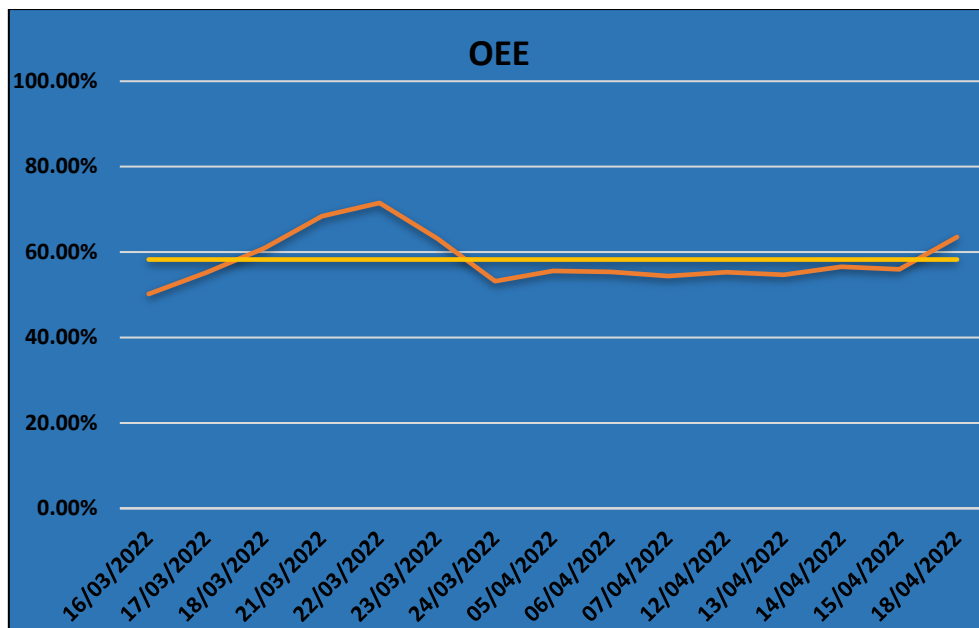
Διάγραμμα 6: Διάγραμμα ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων μονάδας 2-3

Παρατηρώντας το Διάγραμμα 6 στις 22/3/22, εντοπίζονται αρκετά μη ποιοτικά κομμάτια. Τα συγκεκριμένα κομμάτια ήταν μη ποιοτικά διότι το πνευματικό κατσαβίδι υπολειτουργούσε, διαφαίνεται στην ανάλυση των τεχνικών βλαβών, με αποτέλεσμα την μη ολοκλήρωση της διαδικασίας βιδώματος.

OEE	
Mean	0.583
Sample Variance	0.004
Count	15
Largest(1)	0.715
Smallest(1)	0.502
Confidence Level(95.0%)	0.033

Πίνακας 9: Στατιστικά αποτελέσματα OEE μονάδας 2-3

Ο μέσος όρος του δείκτη OEE στην μονάδα 2-3 είναι 58.3%. Η διακύμανση (0,004) προσεγγίζει το μηδέν, επομένως το δείγμα προσεγγίζει τον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της απόδοσης εξοπλισμού είναι από 0.55 μέχρι 0.616 και συμβολίζεται με $[0.55, 0.616]$.



Διάγραμμα 7: Διάγραμμα OEE μονάδας 2-3

Από το Διάγραμμα 7 παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή του OEE είναι 71.51%, ενώ η χαμηλότερη 50.19%. Οι εναλλαγές στις τιμές οφείλονται σε παράγοντες που έχουν αναλυθεί παραπάνω στις παραμέτρους του OEE.

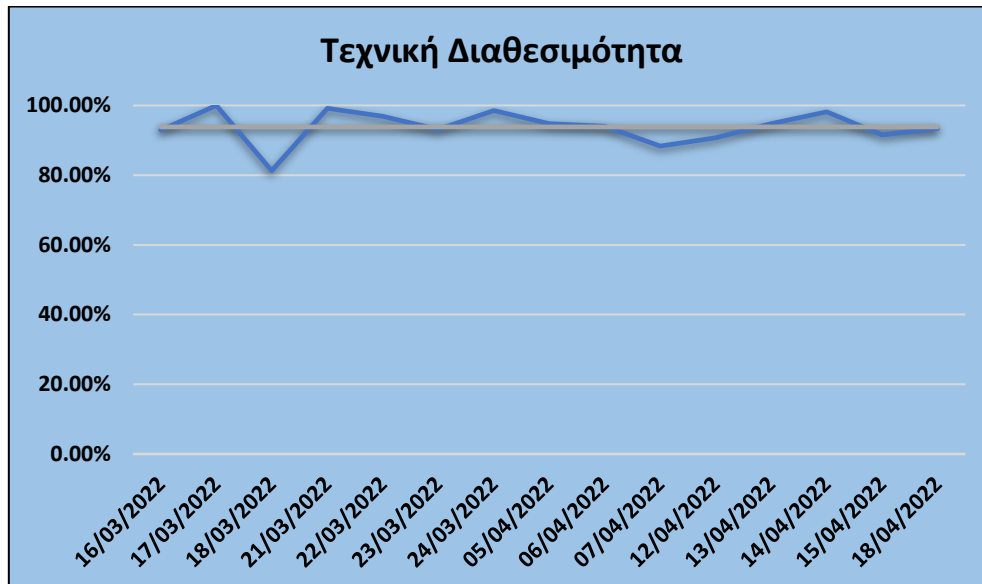
4.4.3 Στατιστική ανάλυση μονάδας 4

Παρακάτω δίνεται η στατιστική ανάλυση των τριών παραμέτρων της μονάδας 4:

Τεχνική Διαθεσιμότητα		Απόδοση εξοπλισμού		Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων	
Mean	0.938	Mean	0.783	Mean	0.966
Sample Variance	0.002	Sample Variance	0.004	Sample Variance	0.001
Count	15	Count	15	Count	15
Largest(1)	1.000	Largest(1)	0.950	Largest(1)	0.990
Smallest(1)	0.813	Smallest(1)	0.691	Smallest(1)	0.881
Confidence Level(95.0%)	0.027	Confidence Level(95.0%)	0.034	Confidence Level(95.0%)	0.016

Πίνακας 10: Στατιστικά αποτελέσματα παραμέτρων OEE μονάδας 4

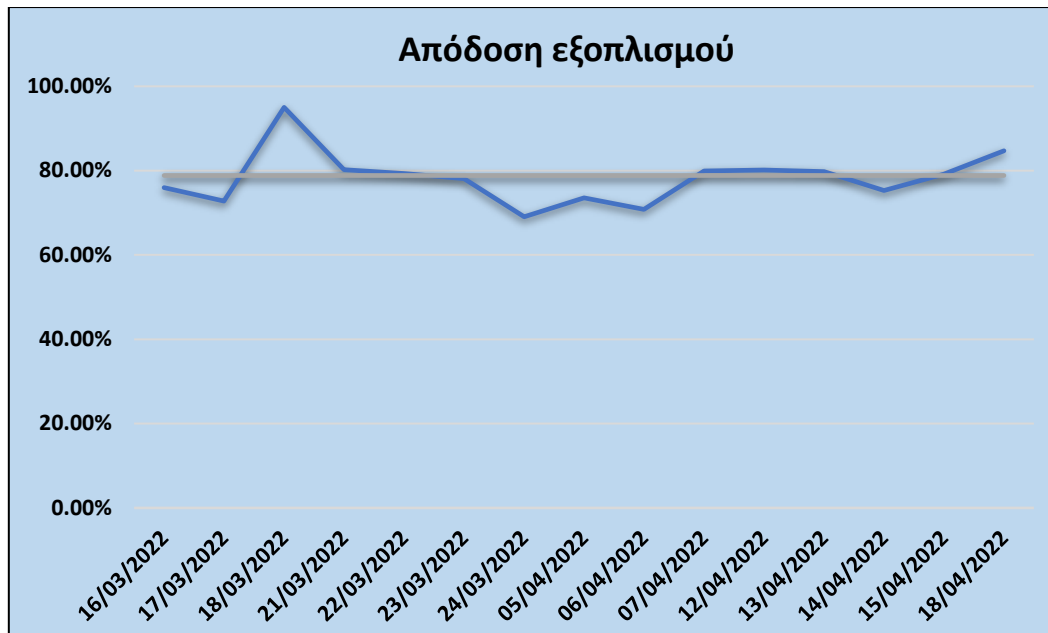
Από τον Πίνακα 10 για την τεχνική διαθεσιμότητα προκύπτει ότι ο μέσος όρος είναι 93.8%. Η διακύμανση (0.002) τείνει στο μηδέν, άρα το δείγμα είναι κοντά στον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της τεχνικής διαθεσιμότητας είναι από 0.911 μέχρι 0.965 και συμβολίζεται με [0.911, 0.965].



Διάγραμμα 8: Διάγραμμα τεχνικής διαθεσιμότητας μονάδας 4

Παρατηρώντας το Διάγραμμα 8 φαίνεται ότι τις περισσότερες μέρες οι τιμές να κυμαίνονται κοντά στον μέσο όρο. Ωστόσο, στις 18/3/22 παρατηρείται πτώση της τεχνικής διαθεσιμότητας. Η πτώση αυτή οφείλεται σε ρυθμίσεις που γίνονταν στον σταθμό 414, στον οποίο διενεργείται η συγκόλληση του σύρματος. Πιο συγκεκριμένα, στην έξοδο της μονάδας 4 παρατηρούνταν καμένα και κομμένα σύρματα. Τότε, ο βοηθός σταματούσε την μονάδα 4 για να επεξεργαστεί τα δεδομένα στον σταθμό 414. Οι ενέργειες αυτές διήρκεσαν περίπου 7 λεπτά.

Αναλύοντας την απόδοση του εξοπλισμού, ο μέσος όρος της είναι 78.3%. Η διακύμανση (0.004) τείνει στο μηδέν, γεγονός που καταδεικνύει ότι το δείγμα είναι κοντά στον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της απόδοσης εξοπλισμού είναι από 0.703 μέχρι 0.818 και συμβολίζεται με [0.703, 0.818].



Διάγραμμα 9: Διάγραμμα απόδοσης εξοπλισμού μονάδας 4

Παρατηρείται ότι η απόδοση του εξοπλισμού κινείται γύρω από τον μέσο όρο. Εξαίρεση, αποτελεί η μέτρηση που έγινε στις 18/3/22. Δεν υπήρχαν αναμονές από τις προηγούμενες ή επόμενες μονάδες.

Η παρούσα μονάδα παρουσιάζει ενδιαφέρον προς ανάλυση για την ποιότητα των παραγόμενων τεμαχίων. Συγκρίνοντας, τα δεδομένα με αυτά των δύο προηγούμενων μονάδων, η ποιότητα των παραγόμενων ασφαλειών είναι χαμηλότερη. Ο μέσος όρος είναι 96.6%, ωστόσο αρκετές φορές τα μη ποιοτικά τεμάχια είναι αρκετά. Η διακύμανση είναι σχεδόν μηδέν (0.001), οπότε το δείγμα είναι κοντά στον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων είναι από 0.95 μέχρι 0.981 και συμβολίζεται με [0.95, 0.981].



Διάγραμμα 10: Διάγραμμα ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων μονάδας 4

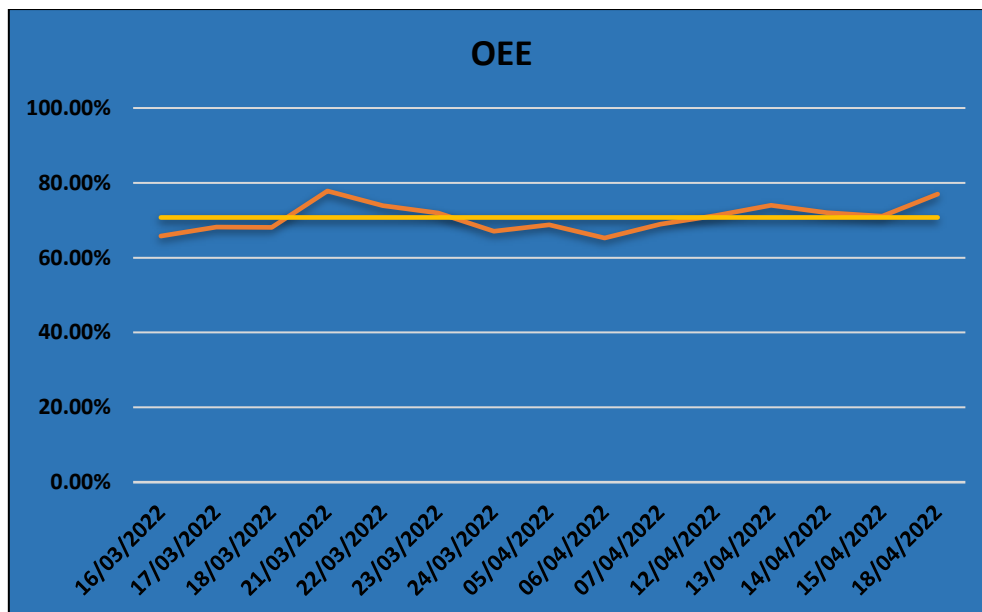
Από το Διάγραμμα 10 φαίνεται ότι όπως 18/3/22 παρήχθησαν τα περισσότερα μη ποιοτικά τεμάχια στην μονάδα 4, τα οποία είναι 99. Την συγκεκριμένη μέρα έπρεπε να αντιμετωπιστεί η λάθος συγκόλληση που γίνεται στον σταθμό 414, όπως αναλύθηκε για την τεχνική διαθεσιμότητα. Τα μη ποιοτικά τεμάχια από την συγκεκριμένη μονάδα είναι λόγω μη σωστής συγκόλλησης σύρματος ή λόγω μη περάσματος σύρματος στην ασφάλεια.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία για τον βαθμό εκμετάλλευσης:

OEE	
Mean	0.707
Sample Variance	0.001
Count	15
Largest(1)	0.778
Smallest(1)	0.653
Confidence Level(95.0%)	0.021

Πίνακας 11: Στατιστικά αποτελέσματα OEE μονάδας 4

Με την ανάλυση του βαθμού εκμετάλλευσης της μονάδας 4 παρατηρείται ότι ο μέσος όρος είναι 70.7%. Η τιμή της διακύμανσης είναι 0.001, προσεγγίζει το μηδέν, άρα το δείγμα είναι κοντά στον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης του OEE είναι από 0.686 μέχρι 0.965 και συμβολίζεται με $[0.686, 0.728]$.



Διάγραμμα 11: Διάγραμμα OEE μονάδας 4

Ο OEE της μονάδας 4 είναι σχεδόν σταθερή. Ο OEE είναι 70.7%. Η επίτευξη ωστόσο τέτοιων επιδόσεων δεν έχει νόημα εφόσον η αμέσως προηγούμενη μονάδα έχει OEE περίπου 58%. Δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στην καθημερινή ανάλυση του OEE στην μονάδα 4.

4.4.4 Στατιστική ανάλυση μονάδας 5

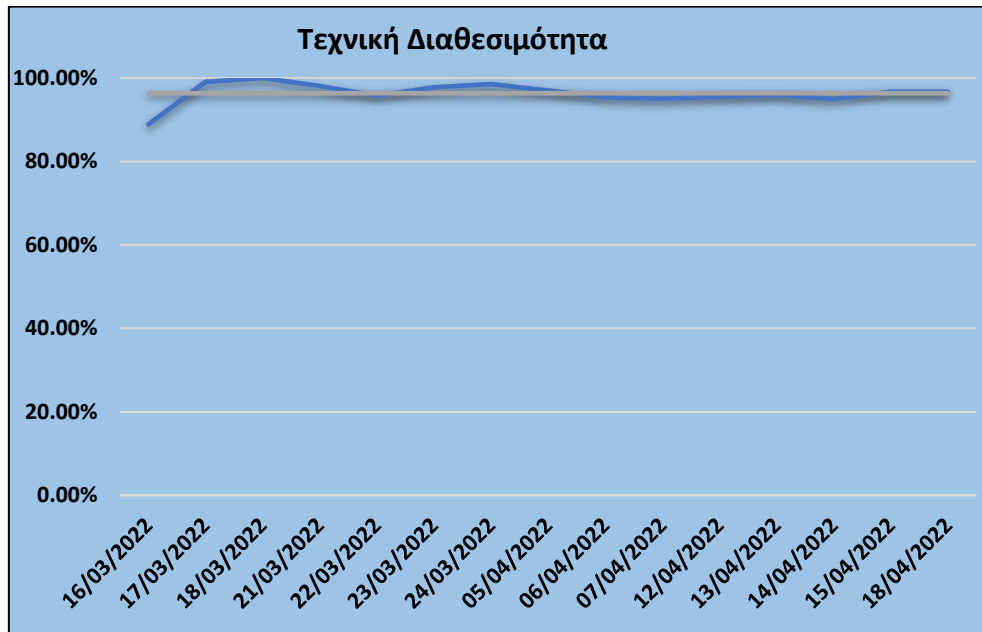
Παρακάτω παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση της μονάδας 5:

Τεχνική Διαθεσιμότητα		Απόδοση Εξοπλισμού		Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων	
Mean	0.964	Mean	0.747	Mean	0.958
Sample Variance	0.001	Sample Variance	0.005	Sample Variance	0.004
Count	15	Count	15	Count	15
Largest(1)	1.000	Largest(1)	0.838	Largest(1)	0,987
Smallest(1)	0.889	Smallest(1)	0.610	Smallest(1)	0.936
Confidence Level(95.0%)	0.014	Confidence Level(95.0%)	0.040	Confidence Level(95.0%)	0.008

Πίνακας 12: Στατιστικά αποτελέσματα παραμέτρων OEE μονάδας 5

Από τον Πίνακα 12 για την τεχνική διαθεσιμότητα προκύπτει ότι ο μέσος όρος είναι 96.36%. Η τυπική απόκλιση τείνει στο μηδέν, γεγονός που καταδεικνύει ότι το δείγμα είναι

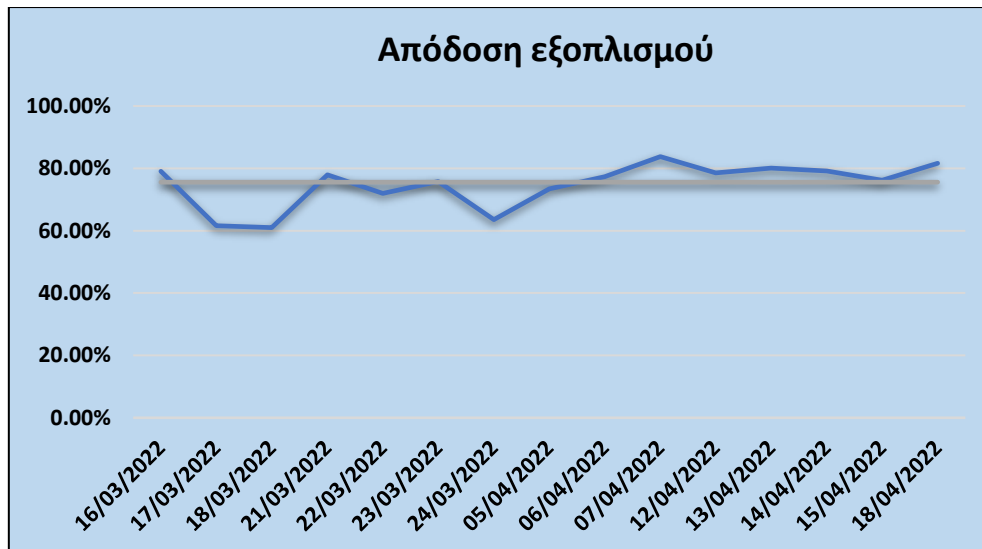
κοντά στον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της τεχνικής διαθεσιμότητας είναι από 0.95 μέχρι 0.978 και συμβολίζεται με $[0.95, 0.978]$.



Διάγραμμα 12: Διάγραμμα τεχνικής διαθεσιμότητας μονάδας 5

Στο Διάγραμμα 12 αντικατοπτρίζονται οι τιμές της τεχνικής διαθεσιμότητας όλων των καταγραφών. Τις περισσότερες μέρες η τεχνική διαθεσιμότητα έχει μικρή απόκλιση από τον μέσο όρο, με εξαίρεση την πρώτη μέρα. Στις 16/3/2022, συνέβη βλάβη μικρής επαναληψιμότητας, διακοπή ροής ταπών, η οποία μέχρι να επιδιορθωθεί πέρασαν περί τα 3,5 λεπτά. Επόμενη αιτία της πιο χαμηλής τεχνικής διαθεσιμότητας ήταν η αλλαγή στον τύπο ασφάλειας που πρόκειται να παραχθεί. Είναι μία αιτία, η οποία δεν μπορεί να αποφευχθεί, λόγω του γεγονότος ότι η μηχανή παράγει περισσότερων του ενός κωδικού ασφαλειών.

Αναλύοντας την απόδοση του εξοπλισμού, από τον πίνακα 4.4.7 προκύπτει ότι ο μέσος όρος απόδοσης εξοπλισμού είναι 74.7%. Η τυπική απόκλιση είναι 0.0051. Σε σύγκριση με την τεχνική διαθεσιμότητα είναι μεγαλύτερη. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της απόδοσης εξοπλισμού είναι από 0.707 μέχρι 0.787 και συμβολίζεται με $[0.707, 0.787]$.



Διάγραμμα 13: Διάγραμμα απόδοσης εξοπλισμού μονάδας 5

Από το Διάγραμμα 13 φαίνεται ότι μέχρι τις 24/3/22 η απόδοση έχει μεγάλες διακυμάνσεις. Αυτό, συνέβαινε διότι έλειπαν οι βάσεις μεταφοράς λόγω συντήρησης από την μηχανή, οπότε υπήρχαν αναμονές από την προεπεξεργασία άμμου. Ωστόσο, μετά τις 24/3 και αφού οι βάσεις επισκευάστηκαν η τιμή της απόδοσης είναι άνω του μέσου όρου.

Από τον Πίνακα 12, για την ποιότητα των παραγόμενων τεμαχίων, ο μέσος όρος είναι 95.8%. Η τυπική απόκλιση είναι μηδέν, άρα το δείγμα είναι κοντά στον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων είναι από 0.95 μέχρι 0.966 και συμβολίζεται με $[0.95, 0.966]$.



Διάγραμμα 14: Διάγραμμα ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων μονάδας 5

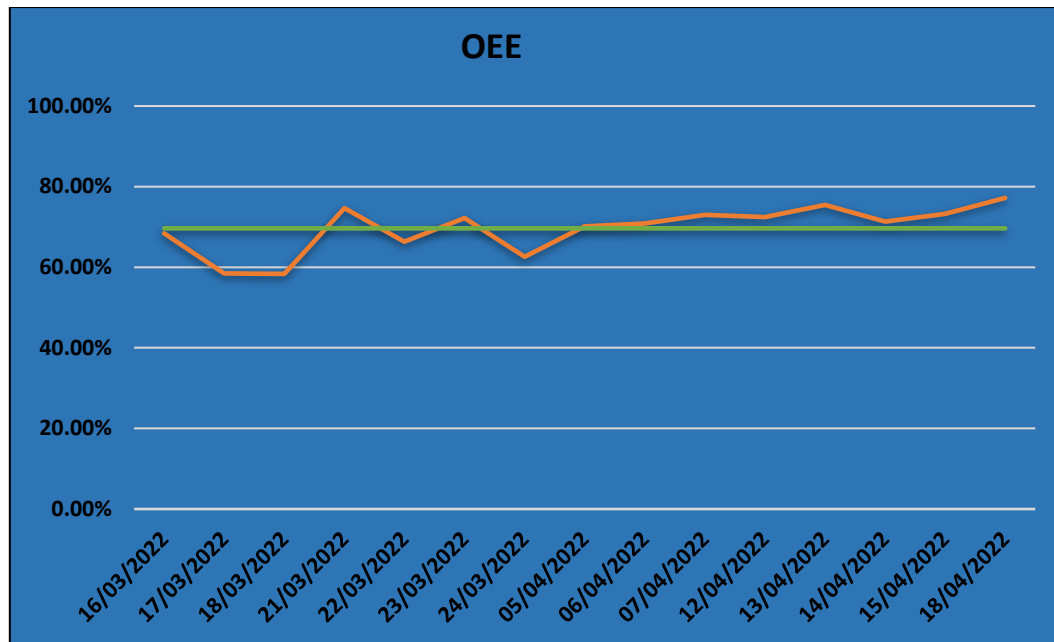
Από το Διάγραμμα 14 επιβεβαιώνονται τα στατιστικά στοιχεία της ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων της μονάδας 5. Ωστόσο, οι παραγωγή μη ποιοτικών τεμαχίων σε συνδυασμό με την βλάβη του αισθητήρα στην τοποθέτηση τάπας δεν θα πρέπει να μην ληφθεί υπόψη. Αυτό συμβαίνει διότι οι συνεχείς παρεμβάσεις στις βάσεις, ώστε αυτές να είναι πιο σταθερές, έχουν οδηγήσει στην έλλειψη σταθερότητας. Πιο αναλυτικά το συγκεκριμένο πρόβλημα θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο. Παράλληλα, το πρόβλημα που δημιουργείται είναι η αποκοπή του σύρματος κατά την τοποθέτηση της τάπας. Το συγκεκριμένο σφάλμα εντοπίζεται από τις χειρίστριες στην μονάδα 7 (οπτικός έλεγχος και συσκευασία). Τα μη ποιοτικά τεμάχια έχουν συμπεριληφθεί στα στοιχεία ποιότητας της μονάδας 5. Κατά κύριο λόγο τα μη ποιοτικά τεμάχια προκύπτουν από την μονάδα 7.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία για τον βαθμό εκμετάλλευσης:

OEE	
Mean	0.696
Sample Variance	0.003
Count	15
Largest(1)	0.772
Smallest(1)	0.583
Confidence Level(95.0%)	0.032

Πίνακας 13: Στατιστικά αποτελέσματα OEE μονάδας 5

Από τον Πίνακα 13 παρατηρείται ότι ο μέσος όρος του OEE για την μονάδα 5 είναι 69.6%. Η τυπική απόκλιση είναι 0.003, η οποία επηρεάζεται κυρίως από την απόδοση του εξοπλισμού. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης του OEE είναι από 0.664 μέχρι 0.728 και συμβολίζεται με $[0.9664, 0.728]$.



Διάγραμμα 15: Διάγραμμα OEE μονάδας 5

Από το Διάγραμμα 15 παρατηρείται ότι οι διακυμάνσεις είναι παρόμοιες με αυτές από το Διάγραμμα 13. Αυτό συμβαίνει διότι οι άλλες δύο παράμετροι είναι κοντά στο 100%, χωρίς ιδιαίτερες διακυμάνσεις, οπότε δεν επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τον βαθμό εκμετάλλευσης.

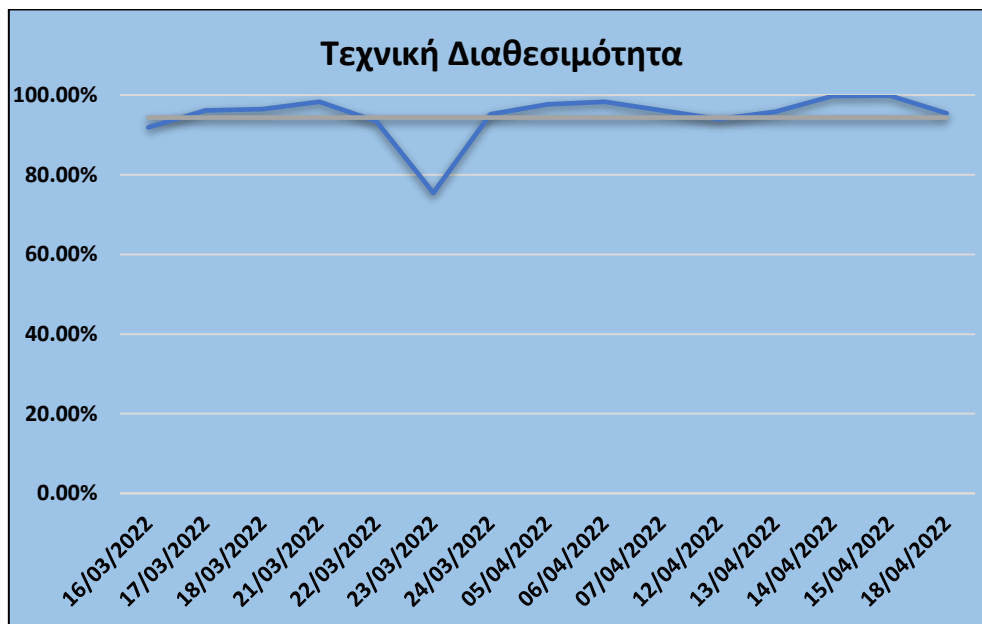
4.4.5 Στατιστική ανάλυση μονάδας 6

Παρακάτω παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση της μονάδας 6:

Τεχνική Διαθεσιμότητα		Απόδοση εξοπλισμού		Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων	
Mean	0.944	Mean	0.801	Mean	0.990
Sample Variance	0.003	Sample Variance	0.004	Sample Variance	0.000
Count	15	Count	15	Count	15
Largest(1)	0.983	Largest(1)	0.934	Largest(1)	1.000
Smallest(1)	0.755	Smallest(1)	0.688	Smallest(1)	0.938
Confidence Level(95.0%)	0.031	Confidence Level(95.0%)	0.036	Confidence Level(95.0%)	0.010

Πίνακας 14: Στατιστικά αποτελέσματα παραμέτρων OEE μονάδας 6

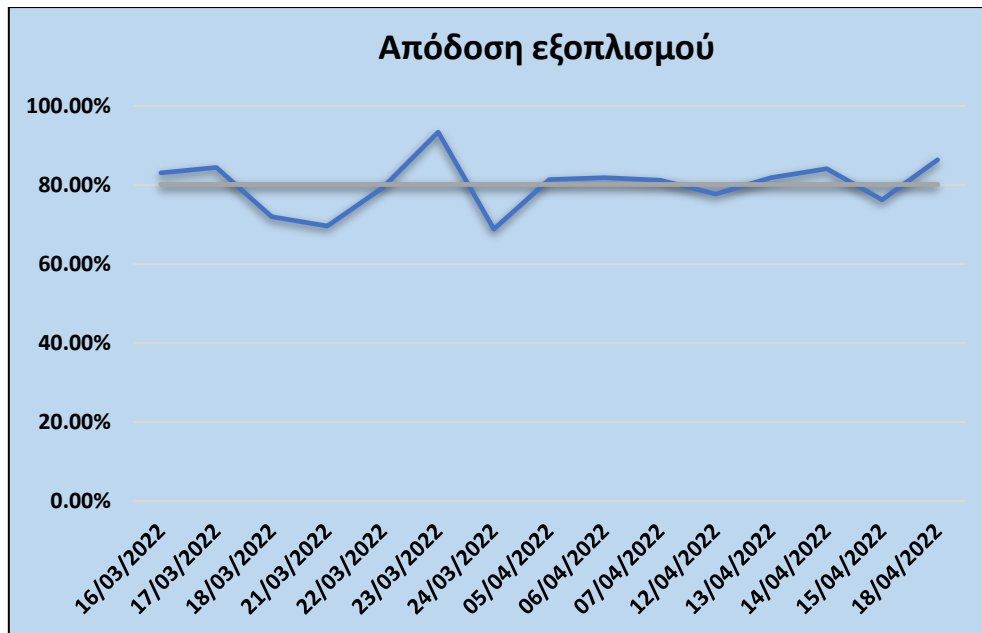
Από τον Πίνακα 14 για την τεχνική διαθεσιμότητα προκύπτει ότι ο μέσος όρος της είναι 94.4%. Η τυπική απόκλιση είναι 0.003, γεγονός που καταδεικνύει ότι δεν υπάρχουν πολλές μεταβολές του ΟΕΕ. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της τεχνικής διαθεσιμότητας είναι από 0.914 μέχρι 0.974 και συμβολίζεται με [0.913, 0.975].



Διάγραμμα 16: Διάγραμμα τεχνικής διαθεσιμότητας μονάδας 6

Στο Διάγραμμα 16 παρατηρείται ότι τις περισσότερες μέρες η τεχνική διαθεσιμότητα είναι σταθερή, κοντά στον μέσο όρο. Ωστόσο, στις 23/03/2022, παρατηρείται απόκλιση από τον μέσο όρο της τεχνικής διαθεσιμότητας. Την συγκεκριμένη μέρα, καταγράφηκαν οι περισσότερες βλάβες. Η βλάβη που επηρεάζει περισσότερο την τεχνική διαθεσιμότητα είναι ότι οι ασφάλειες έρχονταν στραβά από τον ταινιόδρομο με αποτέλεσμα την λάθος παραλαβή των τεμαχίων από την αρπάγη στον σταθμό 601.

Αναλύοντας τον Πίνακα 14 για την απόδοση του εξοπλισμού παρατηρείται ότι η απόδοση του εξοπλισμού είναι 80.1%. Η τυπική απόκλιση του δείγματος είναι 0.004, γεγονός που δείχνει ότι υπάρχουν μεταβολές στο δείγμα. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της απόδοσης εξοπλισμού είναι από 0.765 μέχρι 0.837 και συμβολίζεται με [0.765, 0.837].



Διάγραμμα 17: Διάγραμμα απόδοσης εξοπλισμού μονάδας 6

Από το Διάγραμμα 17 για την μονάδα 6 παρατηρείται ότι υπάρχουν αρκετές μεταβολές στο πρώτο μισό των μετρήσεων. Οι μεταβολές αυτές ευθύνονται σε αναμονές από τις προηγούμενες μονάδες, όπου οι διαφορές τους ανά μέρα διαφέρουν, οπότε και δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν την στιγμή των καταγραφών.

Για την ποιότητα παραγωγής των τεμαχίων, από τον πίνακα 14, προκύπτει ότι ο μέσος όρος είναι 99%. Η τυπική απόκλιση είναι μηδέν, άρα το δείγμα κινείται κοντά στον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα εμπιστοσύνης της ποιότητας των παραγόμενων τεμαχίων είναι από 0.98 μέχρι 1 και συμβολίζεται με $[0.98, 1]$.



Διάγραμμα 18: Διάγραμμα ποιότητας παραγόμενων τεμαχίων μονάδας 6

Αναλύοντας το Διάγραμμα 18 για την ποιότητα των παραγόμενων τεμαχίων, παρατηρείται ότι τις περισσότερες μέρες δεν παράγονται μη ποιοτικά προϊόντα. Όμως, σε δύο καταγραφές παρατηρείται η πιο αυξημένη παραγωγή μη ποιοτικών τεμαχίων, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μέρες. Τις δύο συγκεκριμένες μέρες ο αγωγός που παράγονταν ήταν εξαιρετικά λεπτός, με αποτέλεσμα να αποκόπτεται στην μονάδα 5, με αποτέλεσμα να εντοπίζεται στην μονάδα 6 κατά τον έλεγχο της αντίστασης της ασφάλειας.

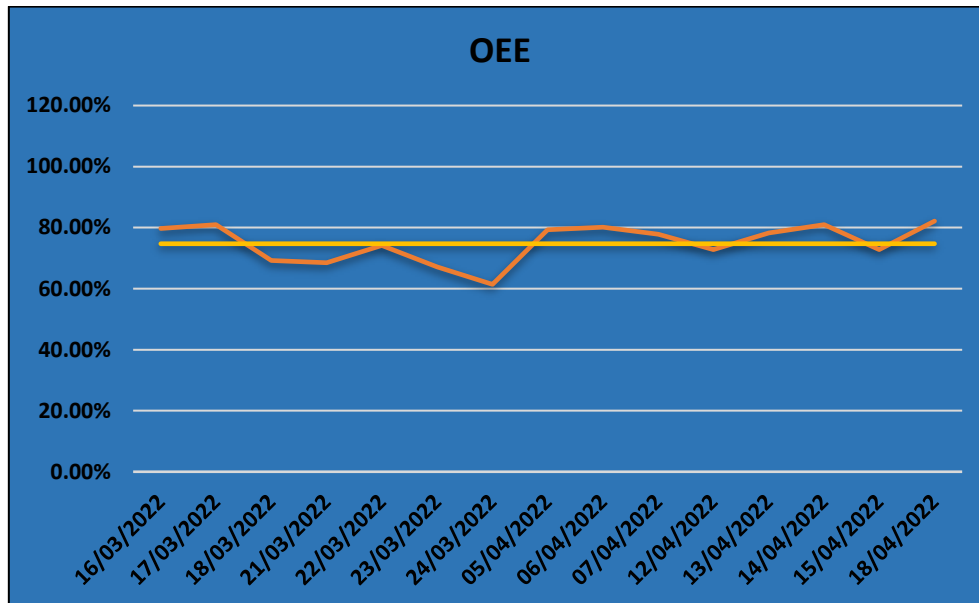
Παρακάτω παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία για τον βαθμό εκμετάλλευσης:

OEE	
Mean	0.747
Sample Variance	0.004
Count	15
Largest(1)	0.821
Smallest(1)	0.614
Confidence Level(95.0%)	0.034

Πίνακας 15: Στατιστικά αποτελέσματα OEE μονάδας 6

Ο μέσος όρος OEE της μονάδας 6 είναι 74.7%. Η τυπική απόκλιση είναι 0.004, άρα το δείγμα είναι κοντά στον μέσο όρο. Σε ένα επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$, το διάστημα

εμπιστοσύνης της απόδοσης εξοπλισμού είναι από 0.713 μέχρι 0.781 και συμβολίζεται με $[0.713, 0.781]$.



Διάγραμμα 19: Διάγραμμα ΟΕΕ μονάδας 6

Οι μεταβολές που παρατηρούνται στο Διάγραμμα 19 είναι απόρροια των αιτιών που επηρεάζουν τους τρεις παραπάνω παράγοντες του ΟΕΕ. Στην πρώτη μετρήσεις η μορφή του διαγράμματος είναι όμοια με αυτή της απόδοσης του εξοπλισμού. Στην μέση του διαγράμματος, όπου η τεχνική διαθεσιμότητα είναι χαμηλή και η απόδοση υψηλή παρατηρείται εξισορρόπηση των μεταβολών, ενώ στο τελευταίο τμήμα του διαγράμματος όπου η τεχνική διαθεσιμότητα παραμένει σταθερή, ο ΟΕΕ επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό μόνο από την απόδοση του εξοπλισμού.

4.5. Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Για την εύρεση της συνολικής αποτελεσματικότητας της γραμμής παραγωγής αρκεί να εντοπιστεί η μονάδα με την χαμηλότερη αποτελεσματικότητα. Έχοντας μία μονάδα με υψηλότερη αποτελεσματικότητα δεν προσδίδει στην παρούσα μηχανή κάποια παραπάνω

δυνατότητα, καθώς η παραγωγή είναι σειριακή και απαιτούνται όλα τα βήματα για την ολοκλήρωση της. Έχοντας αναλύσει τις βλάβες και τα στατιστικά στοιχεία ανά μονάδα, από το δείγμα 15 καταγραφών, προκύπτει ότι η λιγότερο αποδοτική μονάδα είναι η 2-3. Η συνολική αποτελεσματικότητα της εν λόγω μονάδας είναι 58.3%. Η αμέσως επόμενη πιο προβληματική μονάδα είναι η 1, ωστόσο αυτό παρατηρείται εξαιτίας των τεράστιων αναμονών από την μονάδα 2-3. Η μονάδα 5 σημειώνει μέσο όρο ΟΕΕ 69.6% με αρκετά μη ποιοτικά τεμάχια και το πρόβλημα στις βάσεις μεταφοράς. Η πιο αποδοτική μονάδα είναι η 6 με συνολική αποτελεσματικότητα 74.7%. Ωστόσο, δεν είναι εφικτή η αξιοποίηση του ποσοστού της μονάδας 6.

Όσον αφορά τις τυπικές αποκλίσεις παρατηρείται ότι η μονάδα 2-3, 5 και 6 έχουν ίδιες τιμές (0.003). Η μονάδα 4 έχει την μικρότερη τυπική απόκλιση (0.001), συνεπώς εμπεριέχει τον μικρότερο κίνδυνο για αποκλίσεις και η μονάδα 1 την μεγαλύτερη (0.005), αν και οι περισσότερες μεταβολές προκαλούνται εξαιτίας της μονάδας 2-3 λόγω των καθυστερήσεων. Ωστόσο, οι τυπικές αποκλίσεις κινούνται στο μηδέν οπότε δεν αναμένονται μεγάλες αποκλίσεις, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις όπου παρατηρήθηκαν ασυνήθιστες βλάβες.

Κεφάλαιο 5 Ανάλυση κρίσιμων σημείων

5.1. Περιγραφή ανάλυσης Pareto και ανάλυσης ABC

Ο Vilfredo Pareto ήταν ένας Ιταλός μηχανικός, κοινωνιολόγος, οικονομολόγος, πολιτικός επιστήμονας και φιλόσοφος. Ο Pareto εισήγαγε την έννοια της «αποτελεσματικότητας κατά Pareto» και βοήθησε στην ανάπτυξη του τομέα της μικροοικονομίας. Ήταν ο πρώτος που παρατήρησε, το 1897, ότι το 80% των εσόδων στην Ιταλία προέρχεται από το 20% του πληθυσμού και επίσης ότι το 20% του πληθυσμού κατέχει το 80% της γης. Η παρατήρησή του αυτή, ήταν το έναυσμα για να διεξάγει και άλλες έρευνες σε άλλες χώρες και διαπίστωσε ότι η αναλογία 80-20 ίσχυε και σε αυτές, όχι απαραίτητα μόνο στον τομέα της οικονομίας αλλά και σε πολλούς ακόμα τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Η ανάλυση κατά Pareto είναι μία τεχνική η οποία χρησιμοποιείται, στον τομέα των αποφάσεων, η οποία έχει εφαρμογές σε διάφορους τομείς σε μία επιχείρηση. Η εν λόγω ανάλυση βασίζεται στην αναλογία 80-20. Η ανάλυση κατά Pareto, είναι μία τεχνική λήψης αποφάσεων, η οποία διαχωρίζει έναν ορισμένο αριθμό παραγόντων, οι οποίοι έχουν το μεγαλύτερο αντίκτυπο σε ένα αποτέλεσμα.

Η ανάλυση κατά Pareto, βασίζεται στην ιδέα ότι 80% των προβλημάτων δημιουργείται από το 20% των αιτιών. Η συγκεκριμένη ανάλυση είναι ένα σημαντικό εργαλείο ποιότητας και λήψης αποφάσεων. Γενικότερα, είναι μία τεχνική για τη λήψη των απαραίτητων στοιχείων που απαιτούνται για τον καθορισμό προτεραιοτήτων.

Ασφαλώς, η αναλογία 80 προς 20 ισχύει, συνήθως, κατά προσέγγιση. Όμως, καθίσταται σαφής η εξαιρετικά ανισομερή κατανομή αιτιών και αποτελεσμάτων ή μέσων και παραγωγών.

Η ανάλυση Pareto είναι μία τεχνική ανάλυσης, με στόχο την σωστή λήψη αποφάσεων για την βελτιστοποίηση καταστάσεων. Γίνεται στόχευση στις κυριότερες αιτίες που δημιουργούν προβλήματα και όχι σε όλες τις αιτίες. Είναι μία μέθοδος ταξινόμησης μίας λίστας στοιχείων, στην παρούσα περίπτωση σταματημάτων μηχανής παραγωγής, βάσει της σημασίας τους. Από την κατάταξη των στοιχείων προέκυψε η ανάλυση ABC. Αρχική εφαρμογή της ανάλυσης ABC ήταν στην διαχείριση αποθεμάτων και στην συνέχεια επεκτάθηκε και σε άλλους τομείς. Στην εν λόγω ανάλυση γίνεται διαχωρισμός των

καταταγμένων στοιχείων σε τρεις κατηγορίες (A, B, C). Τα στοιχεία της κατηγορίας A είναι τα πολύ σημαντικά, τα στοιχεία της κατηγορίας B είναι σημαντικά. Ενώ της C είναι οριακής σημασίας. Η αναλογία που επιλέχθηκε για την παρούσα περίπτωση είναι η $A=75\%$, $B=15\%$, $C=10\%$.

Για να γίνει πιο αντιληπτή η ανάλυση ABC ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των βημάτων υλοποίησης της.

- Βήμα 1^ο : Δημιουργία λίστας στοιχείων και ορισμός παράγοντα ανάλυσης, στην παρούσα περίπτωση πλήθος σταματημάτων ανά βλάβη.
- Βήμα 2^ο : Ταξινόμηση της λίστας κατά φθίνουσα σειρά.
- Βήμα 3^ο : Δημιουργία στην υπάρχουσα λίστα, μίας νέας στήλης με το ποσοστό της κάθε βλάβης ως προς το συνολικό αριθμό βλαβών.
- Βήμα 4^ο : Δημιουργία νέας στήλης, στην οποία υπολογίζεται προοδευτικά το ποσοστό των βλαβών. Σε κάθε ποσοστό πλήθους βλαβών – τα ποσοστά που υπολογίσθηκαν στο βήμα 3- προστίθεται το ποσοστό των προηγούμενων στην κατάταξη βλαβών, άρα δημιουργείται ένα προοδευτικό άθροισμα του πλήθους βλαβών.
- Βήμα 5^ο : Διαχωρισμός των βλαβών στις τρεις κατηγορίες A, B και C βάσει των ποσοστών που έχουν οριστεί.
- Βήμα 6^ο : Δημιουργία του διαγράμματος Pareto. Στον άξονα x τοποθετούνται οι βλάβες κατά φθίνουσα σειρά και στο άξονα Y το ποσοστό του βήματος 4.

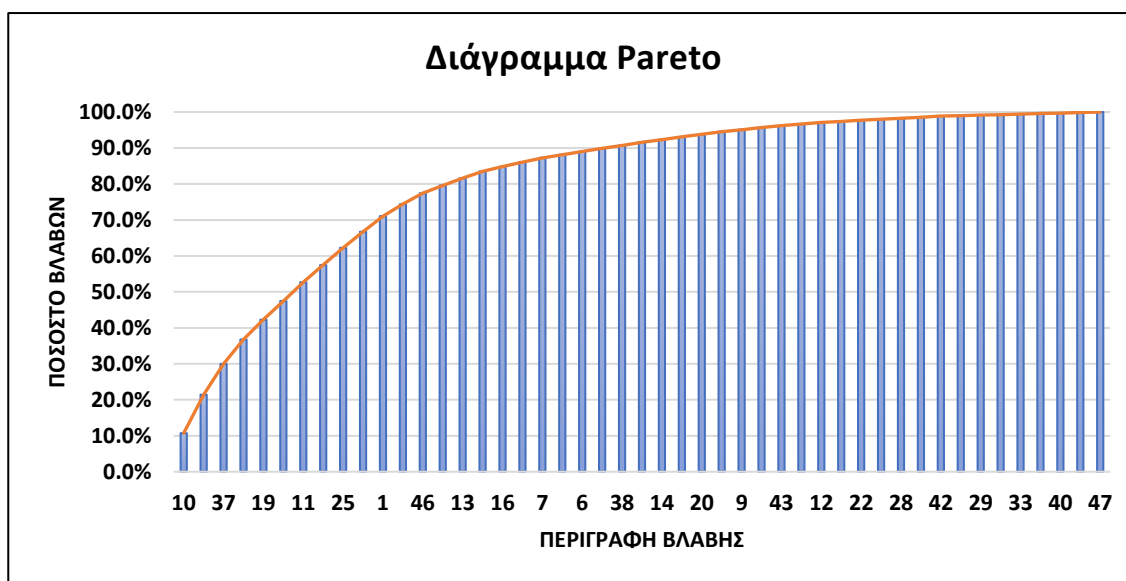
5.2 Υλοποίηση ανάλυσης κατά Pareto

Ο λόγος επιλογής ανάλυσης βάσει του πλήθους των βλαβών είναι διότι με ενδεχόμενη ανάλυση των διαρκειών δεν θα υπήρχε πραγματική απεικόνιση των βλαβών. Αυτό θα συνέβαινε διότι κατά την διάρκεια των βλαβών διαπιστώθηκαν αρκετές χρονοβόρες βλάβες μικρής επαναληψιμότητας, οι οποίες δεν λαμβάνονται υπόψη σε μία τέτοια ανάλυση.

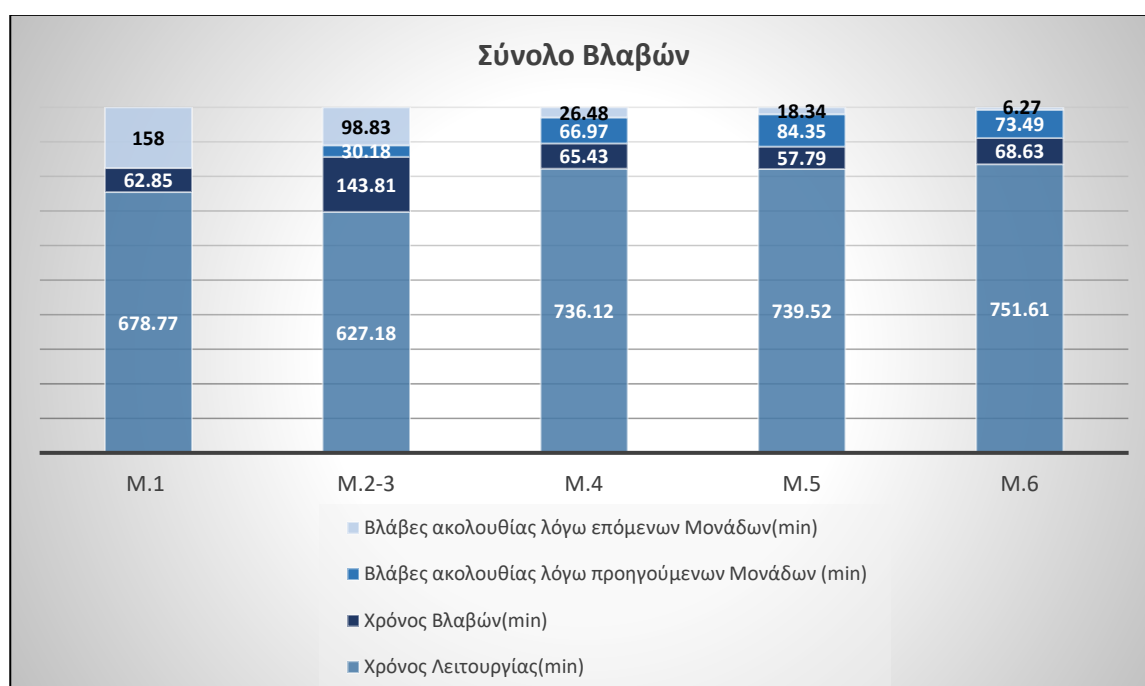
Για την καλύτερη απεικόνιση των βλαβών έχει γίνει κωδικοποίηση τους. Η αναλυτική κωδικοποίηση παρατίθεται στο Παράρτημα 2.

Στην ανάλυση δεν ελήφθησαν υπόψη οι αναμονές από προηγούμενες και επόμενες μονάδες, διότι οι αναμονές προκύπτουν από βλάβες οι οποίες αναφέρονται στις υπόλοιπες οργανωτικές και τις τεχνικές βλάβες.

Στον Πίνακα 32 του παραρτήματος 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης Pareto. Συνολικά, οι βλάβες είναι 47 και έχουν συνολική διάρκεια 398.51 λεπτά και το πλήθος τους είναι 691. Από το σύνολο των 47 βλαβών οι 12 (περίπου το 25%) είναι αυτές που προκαλούν το 75% των καθυστερήσεων. Συγκεκριμένα οι βλάβες αυτές είναι οι 10, 41, 37, 17, 19, 8, 11, 23, 25, 32, 1, 3. Αναλυτική περιγραφή των βλαβών γίνεται στην συνέχεια. Οι περισσότερες βλάβες που θα αναλυθούν είναι τεχνικές και μόλις δύο είναι οργανωτικές.



Διάγραμμα 20: Διάγραμμα ανάλυσης κατά Pareto



Διάγραμμα 21: Χρόνοι λειτουργίας και βλαβών ανά μονάδα

Στο Διάγραμμα 21 αναλύονται οι χρόνοι λειτουργίας, βλαβών και οι αναμονές από προηγούμενες και επόμενες μονάδες για κάθε μονάδα. Παρατηρείται ότι η μονάδα 2-3 είναι λειτουργική τον λιγότερο χρόνο σε σχέση με τις υπόλοιπες μονάδες. Επίσης, είναι αυτή η οποία εξαιτίας των πολλαπλών και συχνών βλαβών της δημιουργεί αναμονές στην προηγούμενη και στις επόμενες μονάδες. Όπως αναλύθηκε και στο κεφάλαιο 4 η μονάδα 3 είναι αυτή στην οποία διενεργούνται οι περισσότερες διεργασίες.

5.3 Επεξήγηση των βλαβών βάσει της Pareto

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται οι παραπάνω βλάβες οι οποίες προέκυψαν από την ανάλυση κατά Pareto. Οι συγκεκριμένες βλάβες μπορούν να διαχωριστούν σε βλάβες που προκαλούνται από την μηχανή, βλάβες από τις πρώτες ύλες και σταματήματα της μηχανής για ρυθμίσεις. Μία βλάβη ωστόσο, μπορεί να προκαλείται λόγω της μηχανής αλλά και λόγω των πρώτων υλών.

Βλάβη 37- Αναμονή από προεπεξεργασία άμμου(M.5): Αυτό συμβαίνει διότι έλειπαν βάσεις από την μονάδα 5 με αποτέλεσμα να σταματά η λειτουργία της μονάδας. Ωστόσο, το συγκεκριμένο πρόβλημα λύθηκε καθώς οι βάσεις επανατοποθετήθηκαν στην μηχανή, μετά την συντήρηση που πραγματοποιήθηκε.

Βλάβη 41- Πτώση κομματιού (601) (M.6): Στην συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν δύο λόγοι που οδηγούν στην πτώση κομματιών. Ο ένας λόγος είναι ότι ο ταινιόδρομος χρήζει αντικατάστασης και ο δεύτερος είναι η ταχύτητα προώθησης των κομματιών από την μονάδα 5 στην 6 και ως αποτέλεσμα μπλοκάρει η μονάδα 6.

Βλάβη 10- Πάνω πλάκα (εμπλοκή) (M.3) : Η βλάβη αυτή προκαλείται περισσότερο εξαιτίας των πρώτων υλών. Τα συγκροτήματα πλακών έρχονται στοιβαγμένα σε βέργα. Ο τρόπος με τον οποίο οι πλάκες είναι τοποθετημένες στην βέργα τις οδηγεί κατά την τοποθέτηση τους στο βαγόνι μεταφοράς να μην είναι ευθυγραμμισμένες. Επιπρόσθετο πρόβλημα είναι η ύπαρξη κόλλας στην βέργα η οποία μπλοκάρει τις ασφάλειες να προωθηθούν. Λόγω της προβληματικής μόνωσης, η οποία είναι αρκετά ψαθυρή, συναντάται αρκετές φορές στραβά κολλημένη μόνωση η οποία δεν τοποθετείται σωστά στο βαγόνι μεταφοράς.

Όσον αφορά τις ρυθμίσεις της μηχανής ο σταθεροποιητής των πλακών έχει πρωτεύοντα ρόλο στην τροφοδοσία πλακών. Ο ρόλος του σταθεροποιητή είναι να συγκρατεί το συγκρότημα της πλάκας-μόνωσης έως ότου δοθεί το σήμα από τον αισθητήρα ότι το

βαγόνι μεταφοράς είναι στην θέση για τροφοδοσία του συγκροτήματος. Αν υπολειμатурεί τότε οι πλάκες δεν τοποθετούνται σωστά. Ακόμα ένα συχνό φαινόμενο είναι το κόλλημα του καρουζέλ πλακών, δηλαδή δεν φτάνει στην τελική θέση με αποτέλεσμα να μην υπάρχει παροχή πλακών.

Βλάβη 23- Λιώσιμο και μη κόλληση σύρματος(M.4): Στον σταθμό 414 (συγκόλληση σύρματος) υπάρχουν δύο ηλεκτρόδια, το πάνω και κάτω ηλεκτρόδιο. Η συγκόλληση που λαμβάνει χώρα είναι με ηλεκτρική αντίσταση. Το λιωμένο σύρμα κατά την συγκόλληση είναι αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων. Οι συχνότεροι παράγοντες είναι η κακή διέλευση ρεύματος το οποίο δημιουργεί και κάψιμο στο σημείο κόλλησης και η ανεπαρκής πίεση ηλεκτροδίου(δύναμη πίεσης).

Κύρια αιτία για την ποιότητα διέλευσης ρεύματος είναι οι ακαθαρσίες πάνω στα υλικά (π.χ. λάδια, σκόνες). Με την ύπαρξη “εμποδίων” στις πρώτες ύλες αυξάνεται η αντίσταση με αποτέλεσμα την μείωση της έντασης του ρεύματος. Δεύτερη αιτία καψίματος σύρματος είναι η ανεπαρκής πίεση ηλεκτροδίου (δύναμη πίεσης). Με την μικρή πίεση η διείδυση των μορίων του σύρματος στο έλασμα δεν θα είναι ικανοποιητική με αποτέλεσμα την προβληματική κόλληση.

Οι δύο παραπάνω αιτίες οδηγούν σε προβληματική συγκόλληση. Η πρώτη αιτία οδηγεί σε αύξηση της αντίστασης. Με την αύξηση της αντίστασης η θερμότητα αυξάνεται με αποτέλεσμα να λιώνει το σύρμα χωρίς να πραγματοποιείται η συγκόλληση.

Η κακή διέλευση ρεύματος και η μικρή πίεση ηλεκτροδίου μπορεί να οφείλεται στην φθορά του ηλεκτροδίου (πάνω ή κάτω ηλεκτρόδιο) ή σε ακαθαρσίες που υπάρχουν στην μηχανή και στις πρώτες ύλες.

Βλάβη 1- Λάθος βήμα (105 M.1): Στον συγκεκριμένο σταθμό γίνεται η κοπή των αγωγών. Κύριες αιτίες που επηρεάζουν τον συγκεκριμένο σταθμό είναι οι ρυθμίσεις που γίνονται και η εμπειρία του βοηθού. Απαραίτητη προϋπόθεση για την σωστή λειτουργία του σταθμού 105 είναι η χρήση σωστών καλουπιών (τα κοπτικά του καλουπιού να είναι συντηρημένα από το μηχανουργείο) όπως και ο διάδρομος προώθησης των αγωγών να είναι σε καλή κατάσταση και συντηρημένος. Τα πάχη των αγωγών είναι από 0.09mm που είναι ο πιο λεπτός αγωγός μέχρι και 0.22mm που είναι ο πιο παχύς αγωγός, γεγονός που σημαίνει ότι επηρεάζονται από μικρές ακαθαρσίες που ενδεχομένως υπάρχουν στον διάδρομο ή και πάνω στους ίδιους τους αγωγούς, από το τμήμα στο οποίο παράγονται. Ακόμα ένας παράγοντας που οδηγεί σε λάθος βήμα είναι και η συγκράτηση του αγωγού κατά την κοπή.

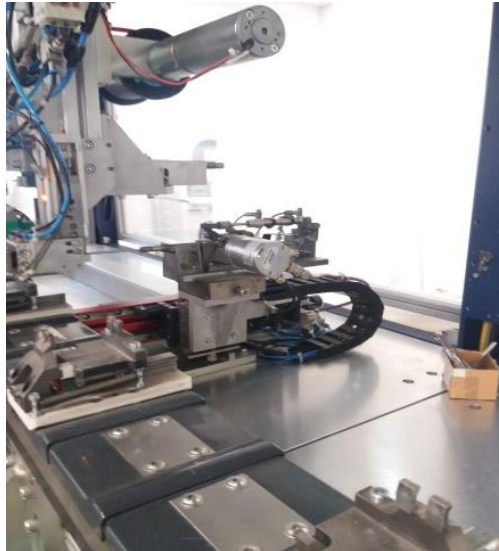


Εικόνα 11: Αποτέλεσμα λάθος θήματος αγωγού (αριστερά λάθος θήμα, δεξιά σωστό θήμα)

Στην Εικόνα 11 παρουσιάζονται δύο αγωγοί. Ο αγωγός που βρίσκεται στα αριστερά έχει κοπεί λάθος από το καλούπι, ενώ ο δεξιός αγωγός είναι σωστά διαμορφωμένος.

Βλάβη 32- Λάθος τοποθέτηση τάπας: Το κύριο πρόβλημα είναι βάσεις πάνω στις οποίες τοποθετούνται οι ασφάλειες. Οι συνεχείς παρεμβάσεις των βοηθών στις βάσεις, με στόχο την αποφυγή σημαδιών πάνω στην ασφάλεια, στην περιοχή που βρίσκεται η βίδα, κατά το γέμισμα άμμου και κατά την τοποθέτηση τάπας, οδήγησαν στο γεγονός ότι οι βάσεις δεν είναι σταθερές κατά το κεντράρισμα και την τοποθέτηση τάπας, έχοντας σαν αποτέλεσμα την λάθος τοποθέτηση τάπας. Οι τάπες συγκρατούνται από κλαπέτα, τα οποία διαθέτουν ελατήρια. Σε περίπτωση που τα ελατήρια αυτά είναι φθαρμένα οι τάπες δεν συγκρατούνται σωστά με αποτέλεσμα να μην γίνεται σωστή και κεντραρισμένη τοποθέτηση.

Βλάβη 27- Μη πέρασμα σύρματος : Ο λόγος που οδήγησε σε αυτήν την παρατήρηση είναι τα συνεχή σκάρτα κομμάτια στο τέλος της μονάδας 4. Οι παράγοντες είναι πολυάριθμοι. Πρώτος παράγοντας είναι ότι από την προπαραγωγή η πλάκα έχει παράκεντρη οπή. Επόμενος λόγος είναι η ύπαρξη γρεζιού στην οπή. Τέλος, η διαμόρφωση ελάσματος κλείνει την οπή με αποτέλεσμα να αδυνατεί το σύρμα να περάσει μέσα στην ασφάλεια. Οι παραπάνω τρεις λόγοι αφορούν την ποιότητα των πρώτων υλών. Ωστόσο, αρκετά σύνηθες είναι και οι λάθος ρυθμίσεις που δίνονται στην μηχανή (κεντράρισμα βελόνας, έμβολο που κεντράρει και σταθεροποιεί την ασφάλεια) και η συντήρηση της(προώθηση σύρματος-τα ροδάκια που προωθούν το σύρμα).



Εικόνα 12: Πέρασμα σύρματος μονάδα 4

Βλάβη 8- Εμπλοκή στην παροχή βιδών: Αιτία της εν λόγω βλάβης είναι η ύπαρξη γρεζιού στην βίδα και το κώλυμα της στον σωλήνα προώθησης ή στον δονητή.

Βλάβη 17, 19- Μη ποιοτική πάνω και κάτω πλάκα: Κύρια αιτία είναι η μόνωση. Η μόνωση είναι εξαιρετικά ψαθυρή με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σκόνης, να διασπάται και να ξεκολλάει από την πλάκα. Οι σκόνης που δημιουργούνται επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό και την απόδοση της μηχανής, καθώς απαιτείται συχνότερη καθαριότητα, γεγονός που σημαίνει παύση λειτουργίας μηχανής. Στην Εικόνα 13 απεικονίζονται δύο πλάκες. Στην αριστερή πλάκα φαίνεται η ελλιπής κόλληση της μόνωσης στην πλάκα, ενώ στην δεξιά η μόνωση έχει αποκολληθεί τελείως από την πλάκα.



Εικόνα 13: Μη ποιοτικές άνω και κάτω πλάκες

Βλάβη 3- Μπλοκάρισμα επαφής: Ύπαρξη γρεζιού στις επαφές οδηγεί σε μπλοκάρισμα της παροχής με αποτέλεσμα να σταματάει η μηχανή.



Εικόνα 14: Τροφοδοσία επαφών μονάδα 1

Βλάβη 25- Σταθμός 405(M.4): Σταμάτημα της μονάδας 4 για ρυθμίσεις και επισκευές στο πέρασμα σύρματος, όπως είναι το κεντράρισμα βελόνας ή του εμβόλου.

Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα και προτάσεις

6.1. Ανακεφαλαίωση

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, αναλύθηκε η συνολική αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού μίας γραμμής παραγωγής της εταιρείας Εβίοπ-Τέμπο Α.Ε. Αρχικά, για να γίνει αντιληπτή η μηχανή και η κάθε λειτουργία της έγινε περιγραφή της γραμμής παραγωγής και του προϊόντος που παράγεται. Στην συνέχεια, αναλύθηκε σε θεωρητικό υπόβαθρο η συνολική αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού (ΟΕΕ), καθώς και η κάθε παράμετρος από την οποία εξαρτάται. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω αναλυτικών ωραίων καταγραφών, στις οποίες αναφέρονται τα οποιαδήποτε σταματήματα, οι διάρκειές τους και οι αιτίες πρόκλησής τους. Έχοντας συλλέξει τα στοιχεία, υπολογίστηκαν οι παράμετροι και τέλος η συνολική αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού. Στην συνέχεια, εξήχθησαν τα στατιστικά αποτελέσματα του δείγματος της κάθε μονάδας. Ακολούθως, σχολιάστηκαν τα αποτελέσματα, παραθέτοντας και αντίστοιχα διαγράμματα. Έχοντας τις βλάβες ανά μονάδα, με την ανάλυση κατά Pareto προέκυψαν οι βλάβες που προκαλούν τα περισσότερα προβλήματα. Με γνώμονα τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά Pareto, αναλύθηκαν οι βλάβες και στην συνέχεια παρουσιάζονται προτάσεις αντιμετώπισης τους.

6.2. Συμπεράσματα

Στην παρούσα πτυχιακή αναλύθηκε ο τρόπος μέτρησης της συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού μίας μηχανής. Αρχικά, περιεγράφηκε ο τρόπος λειτουργίας της μηχανής. Επόμενο στάδιο στην ανάλυση, ήταν οι καταγραφές σφαλμάτων ανά μονάδα της γραμμής παραγωγής. Μέσω των καταγραφών προέκυψαν όλες οι πιθανές βλάβες της μηχανής. Έχοντας καταγράψει την συχνότητα και την διάρκεια της κάθε βλάβης υπολογίστηκε η συνολική αποτελεσματικότητα για την κάθε μονάδα. Στην συνέχεια έγινε η στατιστική ανάλυση του δείγματος και ακολούθησε η κατάταξη των βλαβών βάσει της συχνότητάς τους.

Η κατάταξη των βλαβών έγινε στο 5ο κεφάλαιο σύμφωνα με την ανάλυση κατά Pareto. Έχοντας τα παραπάνω δεδομένα, προτείνονται παρακάτω λύσεις για την βελτίωση της συνολικής αποτελεσματικότητας της γραμμής παραγωγής. Η καταγραφή του δείκτη της συνολικής αποτελεσματικότητας είναι ένα σημαντικό εργαλείο, το οποίο βοηθάει στην καλύτερη απεικόνιση της κατάστασης της μηχανής. Στην παρούσα γραμμή παραγωγής οι περισσότερες καθυστερήσεις προκαλούνται από τις μονάδες 3 και 5. Η μονάδα που

καταπονείται περισσότερο και στην οποία διενεργούνται οι περισσότερες διαδικασίες είναι η μονάδα 3. Για τον λόγο αυτό, η μονάδα 3 παρουσιάζει και τις περισσότερες καθυστερήσεις και βλάβες. Απεναντίας, η μονάδα 5 δεν διαθέτει τόσες πολλές διεργασίες όμως το ζήτημα των βάσεων θεωρείται μείζονος σημασίας από τους προϊσταμένους της εταιρείας. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται και από την ανάλυση που προηγήθηκε στα κεφάλαια 4 και 5. Παρακάτω παρουσιάζονται προτάσεις για την βελτίωση στην γραμμή παραγωγής NH₄, οι οποίες είναι τεχνικής και οργανωτικής φύσεως.

Η καταγραφή σφαλμάτων και ο υπολογισμός της συνολικής αποτελεσματικότητας είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την κάθε εταιρεία. Καταδεικνύει με σαφήνεια και λεπτομέρεια τα σημεία στα οποία η γραμμή παραγωγής υστερεί και χρήζει κάποιας βελτιστοποίησης. Επίσης, καταδεικνύει τα σφάλματα στα οποία ευθύνονται οι πρώτες ύλες. Επομένως, η απλή καταγραφή του βαθμού εκμετάλλευσης της μηχανής, η οποία προκύπτει από τον λόγο παραχθέντων τεμαχίων και στόχου παραγωγής, δεν είναι αξιόπιστο μέσο οπότε απαιτείται μία εμπεριστατωμένη ανάλυση η οποία θα αποσαφηνίσει τα προβλήματα της μηχανής και μέσω αυτής θα προταθούν οι αντίστοιχες βελτιώσεις.

6.3. Προτάσεις

Οι προτάσεις που περιγράφονται στην συνέχεια φορούν τις κύριες βλάβες της μηχανής, οι οποίες αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5. Στόχος των προτάσεων είναι η εξοικονόμηση πρώτων υλών, μείωση των παύσεων της μηχανής και καλύτερος έλεγχος μηχανής. Πέραν της αντιμετώπισης των υπάρχουσών βλαβών οι προτάσεις έχουν ως στόχο και την πρόληψη βλαβών.

6.3.1. Αντιμετώπιση προβλήματος βάσεων στην μονάδα 5

Η πρώτη βλάβη που προκαλεί τις περισσότερες καθυστερήσεις είναι στην μονάδα 5 στον σταθμό τοποθέτησης των ασφαλειών στις βάσεις. Λόγω των διαφορετικών τύπων και των διαφορών στα μεγέθη, οι βάσεις είναι χωρισμένες σε δύο ομάδες. Σε ενδεχόμενη περίπτωση που οι βάσεις χρήζουν συντήρησης τότε δημιουργείται το παραπάνω πρόβλημα. Πέραν της αναμονής, το πιο σημαντικό πρόβλημα που δημιουργείται από τις βάσεις είναι η λάθος τοποθέτηση τάπας, βλάβη η οποία απεικονίζεται από τον αριθμό μη ποιοτικών προϊόντων που προκύπτουν και από την βλάβη 32 (λάθος τοποθέτηση τάπας λόγω

σφάλματος αισθητήρα). Κοινή λύση και για τα δύο παραπάνω θέματα είναι η τροποποίηση των βάσεων.

Πρωταρχικός στόχος της τροποποίησης είναι η σωστή τοποθέτηση τάπας, ώστε να μειωθούν οι μη ποιοτικές ασφάλειες που παράγονται και τα σταματήματα λόγω σφάλματος του αισθητήρα. Δευτερεύων στόχος της τροποποίησης είναι οι βάσεις να είναι ενιαίες για όλα τα μεγέθη, ώστε να μην απαιτείται αλλαγή βάσεων για κάθε μέγεθος. Επίσης, παράλληλα με την εννιαιοποίηση των βάσεων θα δημιουργηθεί μεγαλύτερο από το υπάρχον απόθεμα βάσεων, οπότε στην περίπτωση συντήρησης των βάσεων θα υπάρχουν διαθέσιμες βάσεις ώστε η μονάδα να λειτουργεί χωρίς διακοπές.

Οι τροποποιήσεις που θα αναλυθούν αποσκοπούν στην σταθερότητα των βάσεων και την εννιαιοποίηση των βάσεων. Πρώτη τροποποίηση που προτείνεται είναι η προσθήκη μίας διαμόρφωσης στις βάσεις. Η διαμορφώσεις, οι οποίες θα τοποθετηθούν αριστερά και δεξιά του σημείου στο οποίο εισέρχεται η επαφή της ασφάλειας, στοχεύουν στην στήριξη των ασφαλειών μέσω σταθεροποίησης της πλάκας. Στην παρούσα κατάσταση οι ασφάλειες στηρίζονται βάσει των βιδών, όμως σκοπός είναι η αποφυγή στήριξης στις βίδες. Στην περίπτωση που η σταθεροποίηση γίνει μέσω της πλάκας, τότε το εύρος στήριξης θα είναι πιο μεγάλο σε σχέση με την τωρινή στήριξη. Η διαμόρφωση που θα τοποθετηθεί θα καλύπτει και τα δύο είδη κορμών. Στην συγκεκριμένη περίπτωση πρωτεύων ρόλο διαδραματίζει το πάχος του κορμού. Στην συγκεκριμένη γραμμή συναρμολόγησης παράγονται δύο διαφορετικά μεγέθη παχών των κορμών.

Δεύτερη τροποποίηση βάσεων που προτείνεται είναι η προσθήκη μηχανικού συστήματος σταθεροποίησης των ασφαλειών στις βάσεις (μοχλοί). Οι ασφάλειες τοποθετούνται από την αρπάγη στις βάσεις. Με την τοποθέτηση τους έχοντας εγκαταστήσει έναν διακόπτη σε ένα σημείο επαφής της πλάκας με την βάση θα ενεργοποιούνται οι μοχλοί. Με την ενεργοποίηση τους θα συγκρατούν τον κορμό και στην συνέχεια θα εκτελείται η διαδικασία γεμίσματος άμμου και η τοποθέτηση τάπας.

Η τρίτη τροποποίηση δεν αφορά τις βάσεις αλλά ολόκληρο τον σταθμό τοποθέτησης της τάπας. Οι βάσεις θα παραμείνουν όπως είναι αλλά θα προστεθεί νέος μηχανισμός στον σταθμό. Ο ρόλος του μηχανισμού είναι στον σταθμό τοποθέτησης της τάπας να συγκρατεί την πάνω επαφή της ασφάλειας με έμβολο ώστε να γίνεται η τοποθέτηση της ασφάλειας σε σταθερό τεμάχιο.

6.3.2. Αντιμετώπιση προβλήματος πτώσης κομματιών στην μονάδα 6

Στην συγκεκριμένη περίπτωση τα κομμάτια πέφτουν στον ταινιόδρομο. Κύρια αιτία για την πτώση είναι η ταχύτητα προώθησης από την μονάδα 5 στην 6. Δεδομένου ότι αν ο βοηθός μειώσει την ταχύτητα προώθησης το βήμα της μηχανής θα αυξηθεί, με αποτέλεσμα να δημιουργείται νεκρός χρόνος, καθώς ο χρόνος γεμίσματος με άμμο είναι προκαθορισμένος.

Η λύση που καλύπτει την παραπάνω δυσκολία είναι η προσθήκη μηχανισμού στον ταινιόδρομο. Ο μηχανισμός θα λειτουργεί ως οδηγός για τις ασφάλειες και θα εκτείνεται σε όλο το μήκος του ταινιόδρομου. Ο βοηθός θα έχει την δυνατότητα να ρυθμίζει το ύψος και το πλάτος του οδηγού μέσω του PLC προγράμματος που χρησιμοποιείται. Ο μηχανισμός θα λειτουργεί με πνευματικές διατάξεις και θα ρυθμίζεται ανάλογα το μέγεθος της ασφάλειας. Για το πλάτος θα ανοιγοκλείνουν δύο πτερύγια που θα είναι τοποθετημένα αριστερά και δεξιά του οδηγού. Για το ύψος θα μετακινείται προς τα πάνω ή κάτω όλος ο μηχανισμός, ο οποίος θα περιλαμβάνει τον οδηγό και τα πτερύγια. Οι διαστάσεις του κάθε τύπου ασφαλειών είναι αποθηκευμένες στο σύστημα, οπότε η ρύθμιση θα είναι μία εύκολη διαδικασία, η οποία θα εξασφαλίσει την σωστή προώθηση των ασφαλειών στην μονάδα 6.

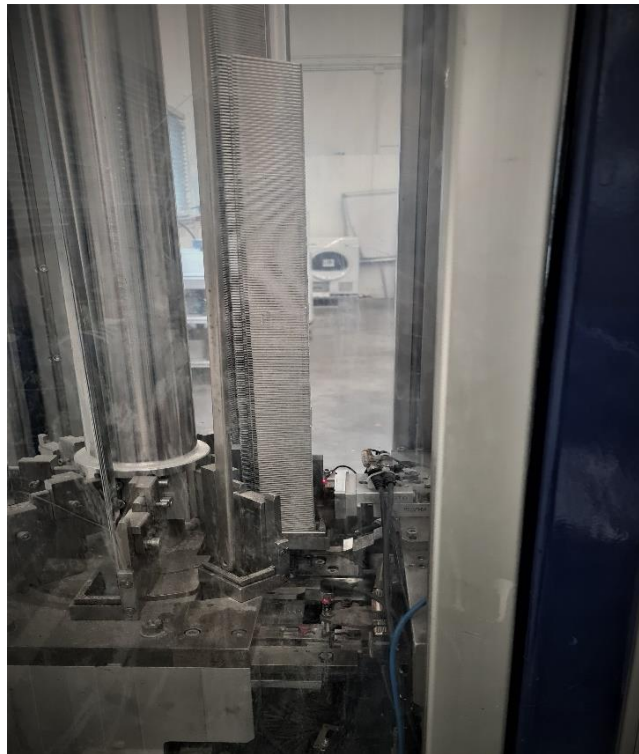
Πέραν της προσθήκης του μηχανισμού, θα πρέπει να αντικατασταθεί και η μεταφορική ταινία. Από το 2012 που μπήκε σε λειτουργία η μηχανή δεν έχει αντικατασταθεί. Στις ασφάλειες που μεταφέρονται στον συγκεκριμένο ταινιόδρομο πρέπει να υπολογιστεί και το βάρος της άμμου, άρα η μεταφορική ταινία καταπονείται και φθείρεται περισσότερο.

6.3.3. Αντιμετώπιση προβλήματος πάνω και κάτω πλάκας

Η τροφοδοσία των πλακών γίνεται μέσω βεργών αλουμινίου, στις οποίες είναι τοποθετημένες τα συγκροτήματα πλακών-μόνωσης. Όταν η εκάστοτε βέργα αδειάσει, το καρουζέλ που διαθέτει η τροφοδοσία γυρνάει ώστε να αρχίσει η τροφοδοσία πλακών από την επόμενη γεμάτη με συγκροτήματα πλακών βέργα.

Η εν λόγω βλάβη προκαλείται λόγω της διαμόρφωσης που υπάρχει στην πλάκα. Όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 5, με τον τρόπο τον οποίο είναι στοιβαγμένες οι πλάκες δεν τοποθετούνται σωστά στο βαγόνι μεταφοράς. Συνεπώς, δεν γίνεται σωστά η παραλαβή του συγκροτήματος πλάκας- μόνωσης, με αποτέλεσμα το μπλοκάρισμα της μηχανής.

Για την σωστή ευθυγράμμιση των πλακών προτείνεται η προσθήκη βαριδίου στην στοίβα των συγκροτημάτων. Η μεγαλύτερη κατανομή βάρους θα είναι στην πλευρά όπου όταν η πλάκα τοποθετείται στο βαγόνι μεταφοράς είναι ανασηκωμένη.



Εικόνα 6.1: Στοίβα πλακών Μονάδα 2-3

Στην εικόνα 6.1 παρουσιάζεται η μορφή των στοιβαγμένων πλακών στην βέργα στον σταθμό τροφοδοσίας με πλάκες. Όπως φαίνεται οι πλάκες λόγω του βάρους και της διαμόρφωσης δεν είναι ευθυγραμμισμένες. Η λύση του βαριδίου στο πάνω μέρος της στοίβας θα ευθυγραμμίζει τις πλάκες, με αποτέλεσμα την σωστή παραλαβή τους.

Επιπλέον, του βαριδίου θα πρέπει να υπάρχει και μία διαμόρφωση, η οποία θα λειτουργεί σαν εμπόδιο για το βαρίδι. Όταν η βέργα αδειάσει, δίνεται σήμα καταλληλότητας από τον αισθητήρα ώστε να γίνει η προώθηση της επόμενης βέργας. Αν το βαρίδι που θα τοποθετηθεί φτάσει στο τέλος της βέργας τότε δεν θα πραγματοποιείται η προώθηση. Για τον λόγο αυτό, θα σχεδιαστεί επιπλέον μία διαμόρφωση, η οποία θα σταματάει το βαρίδι σε συγκεκριμένο σημείο. Το σημείο αυτό παρουσιάζεται στην επόμενη εικόνα. Πρέπει να σημειωθεί, ότι μετά το σημείο αυτό οι πλάκες δεν χρειάζονται επιπλέον βάρος για την ευθυγράμμιση τους, καθώς το βάρος από τις υπόλοιπες πλάκες είναι αμελητέο και συνεπώς

δεν επηρεάζεται η τοποθέτηση τους. Σε κάθε αλλαγή βέργας από την χειρίστρια θα πρέπει να αφαιρείται το βαρίδι από την υπάρχουσα βέργα και να επανατοποθετείται στην νέα.



Εικόνα 6.2: Στοιβα πλακών Μονάδα 2-3- σημείο σταματήματος βαριδίου

Ακόμα ένα πρόβλημα που δημιουργείται στην τροφοδοσία των πλακών είναι λόγω του υλικού κατασκευής της μόνωσης. Για τα ακριβή προβλήματα που δημιουργούνται έχει γίνει περιγραφή στο κεφάλαιο 5. Η λύση για το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι η αλλαγή υλικού. Το υλικό που χρησιμοποιείται την παρούσα στιγμή είναι το Neotec Oeko 1000. Το συγκεκριμένο μονωτικό υλικό βασίζεται σε ορυκτές, βιοδιασπώμενες ίνες και χαρακτηρίζεται από το υψηλό όριο θερμοκρασίας και τις χαμηλές τιμές θερμικής αγωγιμότητας.

Ενώ οι προδιαγραφές του παρόντος υλικού είναι οι επιθυμητές τα προβλήματα που δημιουργεί, οδήγησαν την εταιρεία στην μελέτη για αντικατάστασή του. Μετά την μελέτη που πραγματοποιήθηκε το υλικό που επιλέχθηκε για την αντικατάσταση του παρόντος μονωτικού υλικού είναι το Novarplan 50. Το Novarplan 50 είναι σύνθετο μαλακό υλικό με βάση οργανικές ίνες και ορυκτές ίνες. Κάνοντας δοκιμές με το νέο υλικό διαπιστώθηκε ότι

δεν δημιουργούνται σκόνες, αποκόλληση της μόνωσης από την πλάκα καθώς και οι ιδιότητες του υλικού είναι εντός των προδιαγραφών.

6.3.4 Γενική συντήρηση μηχανής

Μία λύση η οποία θα επιλύσει αρκετά προβλήματα της μηχανής αλλά θα έχει και προνοητικό ρόλο είναι ο προγραμματισμός μηνιαίας συντήρησης. Κύριος στόχος είναι η πρόληψη αλλά και η αντιμετώπιση των υπαρχουσών βλαβών.

Στην μονάδα 4 τα προβλήματα που εντοπίζονται κατά κύριο λόγο είναι το λιώσιμο και η αποκόλληση του σύρματος και το μη πέραςμα σύρματος. Οι αιτίες αυτών των προβλημάτων έχουν αναλυθεί στο 5ο κεφάλαιο. Όπως διαπιστώθηκε από την ανάλυση των βλαβών υπάρχει πληθώρα γεγονότων που οδηγούν στις συγκεκριμένες βλάβες. Επιπλέον, στην μονάδα 1 παρατηρήθηκε λάθος βήμα στο καλούπι διαμόρφωσης και κοπής του αγωγού.

Οι παραπάνω αιτίες που προκαλούν τα προβλήματα καταδεικνύουν την ανάγκη για μηνιαία συντήρηση της μηχανής. Στην μηνιαία συντήρηση της μηχανής θα γίνεται έλεγχος όλων των μηχανισμών που διαθέτει η μηχανή. Επιπλέον, αναγκαίος κρίνεται ο τακτικός καθαρισμός της μηχανής, ιδιαίτερα στην μονάδα 3 και 5. Στην μονάδα 3 εντατικός καθαρισμός απαιτείται στην τροφοδοσία των πλακών. Λόγω του υλικού της μόνωσης δημιουργούνται σκόνες και ακαθαρσίες με αποτέλεσμα το μπλοκάρισμα της τροφοδοσίας. Στην 5η μονάδα, όπου πραγματοποιείται το γέμισμα άμμου, χρειάζεται συχνός καθαρισμός. Είναι λογικό ότι αφού η συγκεκριμένη μονάδα πραγματοποιεί διεργασίες με άμμο να χρειάζεται συχνότερη συντήρηση. Η άμμος επηρεάζει την κάμα μεταφοράς και κυρίως τους αισθητήρες.

Με την τακτική συντήρηση της μηχανής, εκτός από τις παραπάνω σημαντικές βλάβες, θα υπάρχει και πρόληψη απέναντι σε τυχόν νέες βλάβες. Παράλληλα, βλάβες δευτερευούσης σημασίας, όπως ο καθαρισμός διαδρόμου μεταφοράς βαγονέτου ή η δυσλειτουργία κάποιας αρπάγης, θα μειωθούν σε σημαντικό βαθμό. Για την επίτευξη της μηνιαίας συντήρησης, θα πρέπει μία Κυριακή κάθε μήνα, οι τρεις βοηθοί της μηχανής σε συνεργασία με το τμήμα της συντήρησης να συντηρούν την μηχανή βάσει των βλαβών που διαπιστώνουν. Προφανώς, όταν γίνεται λόγος για μία πολύπλοκη και μεγάλη μηχανή συναρμολόγησης δεν είναι εφικτή η εξάλειψη των βλαβών στο σύνολο τους.

6.3.5 Περαιτέρω αυτοματοποίηση της γραμμής παραγωγής στα πλαίσια του Industry 4.0

Στην σημερινή εποχή οι ανάγκες και οι απαιτήσεις των πελατών αυξάνονται συνεχώς. Για τον παραπάνω λόγο, απαιτείται από τις εταιρείες η άμεση εξυπηρέτηση των πελατών. Προαπαιτούμενο είναι η σωστή χρήση της μηχανής, η συνεχής παρακολούθηση της λειτουργίας της και η σωστή συντήρηση. Έχοντας υψηλό αριθμό μηχανών μία εταιρεία δεν μπορεί να διαθέσει τους πόρους για την κάλυψη των παραπάνω ενεργειών από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Σε αυτό το σημείο μπορεί να αξιοποιηθεί το Industry 4.0. Κύριος στόχος του Industry 4.0 είναι η αυτοματοποίηση, η διαχείριση και η ανάλυση μέσω της έξυπνης τεχνολογίας. Θα είναι εφικτός ο έλεγχος μίας αυτοματοποιημένης μηχανής και των αποτελούμενων μονάδων της, όπως είναι τα ρομπότ, οι αρπάγες κ.α. Με τις κατάλληλες ρυθμίσεις το Industry 4.0 μπορεί να εφαρμοστεί και σε πιο παλιάς τεχνολογίας μηχανές.

Εφαρμόζοντας Industry 4.0 στην παρούσα μηχανή σημαίνει ότι μέσω ενός υπολογιστή θα γίνονται οι αναλύσεις των σφαλμάτων, θα αποθηκεύονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία και θα υπάρχει συνεχής εποπτεία της μηχανής. Η καταγραφή των αποτελεσμάτων μπορεί να καταδείξει τα σημαντικότερα προβλήματα, ωστόσο ο συνεχής έλεγχος της μηχανής οδηγεί στην εμβάθυνση όλων των αιτιών. Επίσης, οι παράμετροι των παραγόμενων προϊόντων θα καταχωρούνται στο σύστημα της μηχανής. Σε οποιαδήποτε περίπτωση παραπόνου πελάτη, ο κατασκευαστής θα μπορεί να απαντήσει με σαφήνεια και ακριβή στοιχεία.

Παραρτήματα

Παράρτημα 1 – Φύλλο καταγραφής σφαλμάτων

EVIOP TEMPO SA															
Machine. : NH4											Date				
Module. :															
						Start	End	Sum (min)		Step (Pieces/min) Output (Pieces/min) : Total Good Pieces Total Scrap Pieces					
Duration															
Pieces produced															
Scrap pieces															
Good pieces															
Organisation Fails	min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	sec														
Waiting Fails	min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	sec														
Fail due to machine	min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	sec														
Fail due to material	min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	sec														
Fail Description															

Πίνακας 16: Φύλλο καταγραφής σφαλμάτων

Παράρτημα 2 – Βλάβες και υπολογισμός συνολικής αποτελεσματικότητας εξοπλισμού

<div>NH4</div> <div>Μονάδα 1</div>		Διάρκεια(min)	Πλήθος
Τεχνικές Βλάβες	Σταθμός 105: Λάθος βήμα	19.39	30
	Σταθμός 113: Δεν είναι σταθερός και γίνεται λάθος τοποθέτηση του συγκροτήματος στη κάθετη μονάδα ακριβούς προώθησης	15	2
	Σταθμός 103: Μπλοκάρισμα επαφής	8.55	2
Οργανωτικές Βλάβες	Αναμονή λόγω επόμενων Μονάδων	158.38	157
	Έλλειψη πρώτων υλών στον σταθμό 105 (αγωγός)	1.92	3
	Σκάρτη επαφή, μπλόκαρε στην παροχή	17.21	27
	Έλεγχος ηλεκτροδίων	0.78	6

	Μέσος Όρος
Τεχνική Διαθεσιμότητα (A)	95.23%
Απόδοση Εξοπλισμού (P)	68.50%
Ποιότητα παραγόμενων προϊόντων (Q)	100.00%
OEE	65.24%

Πίνακας 17: Συνολικά αποτελέσματα μονάδας 1

ΝΗ4
Μονάδα 1

		16/03/2022	17/03/2022	18/03/2022	21/03/2022	22/03/2022	23/03/2022	24/03/2022	05/04/2022	06/04/2022	07/04/2022	12/04/2022	13/04/2022	14/04/2022	15/04/2022	18/04/2022															
Διάρκεια καταγραφής (Αντί)		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60															
Βλάβη	Διάρκεια (min)	7:57	5					15	2						8:55	2															
	Πλήθος																														
	Διάρκεια (min)																														
	Πλήθος																														
Στάθμος 105: Κάδος βήμα																															
Στάθμος 113: Δεν είναι σταθερός και γίνεται λάθος τοποθέτηση του συγκροτήματος στο τόκωμα																															
Στάθμος 103: Μηδενίσματα επιφάνει																															
Απόθεμα χρόνος		52.43	45.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	51.32	59.83	55.00	58.00	59.58	59.00	60.00	57.90	59.00	60.00													
Οργανωτικές Βλάβες																															
Ανομοιότητα καλύψεως επιμετωπων Μονάδων		15.02	8	7.8	11	13.9	9	12.4	17	8.58	12	8.18	12	17.9	10	7	14	8	10	9.8	12	9.0	11	10.6	9	7.2	8	15.0	8	8.0	6
Ελλείψη προϊόντων υλίων στον σταθμό 105 (ανωρό)		0.29	1	0.88	1									0.75	1																
Εκσφύση επιφάν, μηδένισε στην πυρογλή						3.05	1	0.23	1	1.03	1			5.5	8	3	4	2	5	0.2	2	1.5	3	0.5	1			0.2	1		
Ελεγχος βλεφροδίων								0.13	1					0.13	1	0.13	1	0.13	1							0.13	1			0.13	1
Παραγωγικός χρόνος		32.47	30.39	35.11	40.98	44.33	37.90	36.99	38.89	38.56	38.78	41.20	42.58	41.86	39.77	47.37															
Ποιοτικός Έλεγχος																															
Παραχθέντα κατά τεμάχια		617	547	667	745	806	689	651	700	694	698	749	809	761	723	900															
Παραχθέντα ακέρια τεμάχια		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0														0	
Χρόνος Παραγωγής καλόν τεμαχίων		32.47	30.39	35.11	40.98	44.33	37.90	36.99	38.89	38.56	38.78	41.20	42.58	41.86	39.77	47.37															
Χρόνος Παραγωγής σκόνηων τεμαχίων		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0														0	
Καθαρός Χρόνος κατασκευής Μηχανής		37.12	36.32	43.05	47.24	50.39	43.14	41.18	42.37	46.87	47.55	49.80	47.90	50.07	44.00	51.67															
Βήμα (τεμάχια/λεπτό)		19	18	19	18.18	18.18	18.18	17.6	18	18	18	18.18	19	18.18	18.18	19														19	
Διάφορα παραγόμενα προϊόντα κατασκευής με θεωρητικού		4.65	5.93	7.94	6.26	6.06	5.24	4.19	3.48	8.31	8.87	8.60	5.32	8.21	4.23	4.30														4.30	
Average																															
Availability Rate		87.38%	75.00%	100.00%	100.00%	100.00%	85.53%	99.72%	91.67%	96.67%	99.30%	98.33%	100.00%	96.50%	98.33%	100.00%															
Performance Rate		61.94%	67.53%	58.51%	68.30%	73.85%	73.85%	61.82%	70.71%	66.48%	65.05%	69.85%	70.95%	72.30%	67.41%	78.95%															
Quality Rate		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%															
OEE		94.12%	50.65%	98.51%	68.30%	73.89%	63.18%	61.65%	64.81%	64.26%	64.63%	68.67%	70.95%	69.77%	66.28%	78.95%															
Συνολικό																															
Συνολικός χρόνος κατασκευής		678.77																													
678.77																															

		Σύνολο
900.00		
Διάρκεια (min)	Πλήθος	
19	30	
15	2	
9	2	
158	157	
2	3	
17	27	
1	6	

Πίνακας 18: Πίνακας ωριαίων καταγραφών και υπολογισμού παραμέτρων μονάδας 1

Παραρτήματα

NH4
Μονάδα 2-3

Τεχνικές Βλάβες	Αφαίρεση βαγονέτου μεταφοράς συγκροτήματος για επισκευή και επανατοποθέτηση του
	Εμπλοκή στην παροχή βίδας
	Εμπλοκή στο κατσαβίδι
	Εμπλοκή στον σταθμό παροχής πάνω πλάκας
	Εμπλοκή στον σταθμό παροχής κάτω πλάκας
	Εμπλοκή στην προώθηση αγωγού
	Προώθηση κομματιού στον επόμενο σταθμό
	Λάθος τοποθέτηση κορμού
	Η βάση δεν λάμβανε σωστά την ασφάλεια με αποτέλεσμα να πέφτει μέσα στην μηχανή και να μπλοκάρει
Οργανωτικές Βλάβες	Αναμονή λόγω προηγούμενων Μονάδων
	Αναμονή λόγω επόμενων Μονάδων
	Έλλειψη υλικών στην μονάδα
	Σκάρτη πάνω πλάκα
	Καθαρισμός διαδρόμου πάνω πλάκας
	Σκάρτη κάτω πλάκα

Διάρκεια(min)	Πλήθος
7.6	8
12.6	36
4.88	4
33.5	74
12.54	36
6.62	3
8.12	14
8.03	5
11.83	4
30.18	28
98.83	82
7.6	9
16.51	47
2.85	5
11.13	38

	Μέσος Όρος
Τεχνική Διαθεσιμότητα (A)	88.25%
Απόδοση Εξοπλισμού (P)	67.14%
Ποιότητα παραγόμενων προϊόντων (Q)	99.18%
ΟΕΕ	58.26%

Πίνακας 19: Συνολικά αποτελέσματα μονάδας 2-3

Παραρτήματα

ΠΡΑΞ
Μονάδα 2/3

		16/03/2022	17/03/2022	18/03/2022	21/03/2022	22/03/2022	23/03/2022	24/03/2022	05/04/2022	06/04/2022	07/04/2022	11/04/2022	13/04/2022	14/04/2022	15/04/2022	18/04/2022	Ετήσιο
Διάρκεια εκπαιδευτικής (λεπτά)		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	900.00
Βλάβες	Διάρκεια (min)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	Διάρκεια (min)
	Πλήθος	2					3.13	4	3.20	3		1.42	5				Πλήθος
	Απόδοση διανομέου μεταφορικών συσκευασμάτων (για επανεξέταση και επανεξοφόρτωση του																
	Εμπλοκή στην παροχή βλάβας	1.17	2						1.04	4		1.42	5	1.30	5	1.50	4
	Εμπλοκή του κεντροβλίκου		2.1	3	0.35	2	1	3	1.35	3	0.42	2					11.60
	Εμπλοκή στον σπασμό παροχής πλάκα πλάκας									4.88	4						4.88
	Εμπλοκή στον σπασμό παροχής πλάκα πλάκας		3.41	7	2.07	1	2	2		1.23	4	0.8	1	2.11	4	3.00	33.50
	Εμπλοκή στον σπασμό παροχής κάτω πλάκας								1.5	2	0.28	1	0.18	2	0.50	2	74
	Εμπλοκή στην προέλαση οχημάτων			4.45	2					2.17	2						12.54
	Προέλαση του οχήματος στον επόμενο σπασμό					5.9	3	0.17	1								36
Βλάβες Μηχανής						0.53	1							3.00	2	4.50	8.05
Η βλάβη δεν λυγάζει σωστά την ασφάλεια με αποτέλεσμα να πέφτει μπροστά στην μηχανή και να τραυματίζει				8.83	2												5
Αντέλαση τριβών		35.83	54.49	44.30	51.10	51.39	52.87	59.02	55.05	52.90	54.94	52.84	53.17	53.45	46.90	52.25	11.85
Ανομοιότητα λόγω απορροπών των κινδύνων		6.90	10	9.75	4		8.68	3	2	2	1	2	0.5	2			30.18
Ανομοιότητα λόγω απορροπών των κινδύνων		4.38	7	0.47	2	0.23	1	2.21	6	0.37	1	0.3	2	20.82	12	15	98.85
Επιπλέον βλάβες στην μονάδα		7.6	9							10	6	10	8	6.84	8	7.58	7.60
Βλάβη πάνω πλάκας		3.1	4	2.71	2	0.5	1			1	6	1.2	7	1.05	5	2.15	16.51
Εσθιασμός δοκού που πάνω πλάκας						0.80	1			0.5	1	0.5	1	0.5	1		2.85
Βλάβη κάτω πλάκας		0.9	3	1.47	1	0.48	1			0.4	1	0.2	1	1	5	0.83	3
Προσχηματισμός τριβών		30.55	33.44	37.06	42.05	44.28	37.95	32.16	33.56	33.50	32.78	35.28	32.89	34.11	33.81	38.45	
Ποσοτήτων ελαστικών		588	596	638	746	780	809	952	600	598	587	603	613	611	591	693	
Ποσοτήτων ούλων ταχυτήτων		8	6	9	0	25	1	4	4	5	3	2	2	3	4	5	
Ανομοιότητα Παροχής (από τα επιμέρους)		30.95	33.11	36.56	42.05	42.80	37.80	31.95	33.33	33.22	32.61	33.17	32.79	33.84	33.56	38.12	
Ανομοιότητα Παροχής (από τα επιμέρους)		0.42	0.33	0.5	0	1.38	0.06	0.25	0.22	0.28	0.17	0.11	0.17	0.13	0.35	0.33	
Ανομοιότητα Παροχής (από τα επιμέρους)		35.95	40.05	43.09	47.71	51.02	43.14	38.85	40.40	42.40	42.42	42.80	42.22	43.45	37.65	42.45	
Βλάβη ταχυτήτων (από τα επιμέρους)		13	18	18	18.18	18.18	18.18	17.6	18	18	18	18.18	19	18	17.6	18.18	
Αντέλαση οχημάτων (πρόσβαση) (από τα επιμέρους)		5.42	6.51	6.03	6.68	6.74	5.10	5.64	5.09	6.00	6.63	6.32	9.33	9.32	4.05	4.00	
Availability Rate		98.05%	90.82%	73.83%	85.17%	83.65%	87.78%	98.37%	93.42%	88.17%	91.37%	88.07%	88.42%	89.05%	78.17%	87.08%	Average
Performance Rate		51.80%	61.38%	83.65%	80.30%	86.16%	71.08%	54.48%	59.87%	63.23%	59.66%	62.88%	61.87%	63.84%	71.08%	73.59%	67.14%
OEE		50.19%	55.19%	60.93%	68.39%	71.51%	63.16%	53.22%	55.56%	55.17%	54.35%	55.28%	54.65%	56.57%	55.97%	63.55%	54.26%
Ετήσιος μέσος όρος		67.18															

Πίνακας 20: Πίνακας ωριαίων καταγραφών και υπολογισμού παραμέτρων μονάδας 2-3

Παραρτήματα

	NH4		
	Μονάδα 4		
		Διάρκεια(min)	Πλήθος
Τεχνικές Βλάβες	Βλάβη στο καλώδιο σταθμός 403 και 414	2.416	5
	Ρυθμίσεις στον σταθμό 401 για την παραλαβή τεμαχίων	3.28	6
	Σταθμός 417: λανθασμένη παραλαβή κομματιών	2.73	2
	Σταθμός 414: κάψιμο σύρματος κατά την συγκόλληση	29.44	33
	Σταθμός 403: Ρυθμίσεις για την διαμόρφωση ελάσματος	4.283	2
	Σταθμός 405 : πέρασμα σύρματος	13.29	33
Οργανωτικές Βλάβες	Αλλαγή τύπου	10	2
	Αναμονή από προηγούμενες Μονάδες	66.97	68
	Αναμονή από επόμενες Μονάδες	26.48	44
	Σταθμος 405: Δεν πέρασε σύρμα 3 φορές	4.99	15
		Μέσος Όρος	
Τεχνική Διαθεσιμότητα (A)		93.84%	
Απόδοση Εξοπλισμού (P)		78.86%	
Ποιότητα παραγόμενων προϊόντων (Q)		95.94%	
OEE		70.75%	

Πίνακας 21: Συνολικά αποτελέσματα μονάδας 4

Παραρτήματα

Μοτίβα 4
NH4

[illegible]

Availability Rate	92.9%	100.0%	81.28%	99.17%	96.87%	99.08%	98.90%	94.18%	94.00%	88.33%	90.77%	94.80%	98.18%	91.55%	93.37%	93.84%
Performance Rate	75.99%	72.78%	95.01%	80.24%	79.31%	78.0%	69.6%	73.56%	70.8%	79.9%	80.18%	81.8%	78.81%	79.19%	88.01%	78.86%
Quality Rate	99.17%	99.6%	88.13%	97.81%	95.18%	98.99%	98.65%	98.61%	98.07%	97.56%	97.96%	95.3%	93.13%	90.8%	93.71%	95.94%
OEE	65.9%	64.5%	68.6%	77.83%	73.89%	71.97%	67.1%	68.8%	62.7%	68.91%	71.3%	73.9%	72.0%	71.11%	77.00%	70.5%

Πίνακας 22: Πίνακας ωριαίων καταγραφών και υπολογισμού παραμέτρων μονάδας 4

NH4
Μονάδα 5

Τεχνικές Βλάβες	Διακοπή ροής ταπών
	Αλλαγή τύπου ασφάλειας
	Προώθηση (μεταφορά κάμας)
	Εμπλοκή στον διάδρομο των σκάρτων
	Λάθος τοποθέτηση τάπας λόγω σφάλματος αισθητήρα
	Πτώση κομματιού στην προεπεξεργασία
	Δυσλειτουργία αισθητήρα στην ανίχνευση σταθεροποίησης βάσης
	Λάθος τοποθέτηση τεμαχίων από την αρπάγη στην προεπεξεργασία άμμου
	Λανθασμένη ένδειξη αισθητήρα για γεμάτο διάδρομο εξαγωγής
Οργανωτικές Βλάβες	Αναμονές από προηγούμενες Μονάδες
	Αναμονές από επόμενες Μονάδες
	Αναμονή από προεπεξεργασία άμμου
	Αναμονή από γέμισμα άμμου

Διάρκεια(min)	Πλήθος
3.33	2
3.33	1
3.527	9
0.65	1
19.11	31
0.67	1
1.5	5
0.2	1
0.47	2
84.35	80
18.34	18
22.7	59
2.3	6

	Μέσος Όρος
Τεχνική διαθεσιμότητα (A)	96.36%
Απόδοση εξοπλισμού (P)	75.57%
Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων (Q)	98.32%
OEE	71.50%

Πίνακας 23: Συνολικά αποτελέσματα μονάδας 5

Παραρτήματα

Μονάδα 5
NH4

[illegible]

Στοιχεία	
900.00	
Διάρκεια (min)	Πλήθος
3.33	2
3.33	1
3.33	9
0.65	1
19.11	31
0.67	1
1.50	5
0.20	1
0.07	2
84.35	80
18.34	18
22.70	59
2.30	6
Συνολικά κλάσεις λειτουργίας	
735.51	
Average	
96.88%	
75.57%	
98.33%	
71.50%	

Πίνακας 24: Πίνακας ωριαίων καταγραφών και υπολογισμού παραμέτρων μονάδας 5

Παραρτήματα

	NH4		
	Μονάδα 6		
Τεχνικές βλάβες	Οι ασφάλειες έρχονται στραβά και δεν μπορεί να τα παραλάβει η αρπάγη στον σταθμό 601	Διάρκεια(min)	Πλήθος
	Επανεκκίνηση ελέγχου αντίστασης	12.61	13
	Πτώση κομματιού στον σταθμό 601	0.3	1
	Λάθος μέτρηση αντίστασης	27.31	74
	Έλεγχος FOLLIE ακούμπησε στο κομμάτι	0.67	2
	Λάθος τοποθέτηση ενδεικτικού	3.48	4
	Έλεγχος ύπαρξης ετικέτας	2.96	6
		0.25	1
Οργανωτικές βλάβες			
	Αναμονές από προηγούμενες Μονάδες	73.49	102
	Αναμονές από επόμενες Μονάδες	6.27	5
	Διόρθωση μελανιού στον σταθμό εκτύπωσης 615	20.17	21
	Σφάλμα ταινίας	0.88	1
		Μέσος Όρος	
Τεχνική διαθεσιμότητα (A)		94.36%	
Απόδοση εξοπλισμού (P)		80.14%	
Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων (Q)		99.01%	
OEE		74.72%	

Πίνακας 25: Συνολικά αποτελέσματα μονάδας 6

Παραρτήματα

NIH4
Movie6

		16/09/2022	17/09/2022	18/09/2022	21/09/2022	22/09/2022	23/09/2022	24/09/2022	05/10/2022	06/10/2022	07/10/2022	12/10/2022	13/10/2022	14/10/2022	15/10/2022	18/10/2022
Διάρκεια καταγραφής (λεπτά)		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Βλάβη	Διάρκεια (min)															
	Πλήθος															
	Διάρκεια (min)															
	Πλήθος															
	Διάρκεια (min)															
	Πλήθος															
	Διάρκεια (min)	0:45	1	8:57	5											
	Πλήθος															
	Διάρκεια (min)															
	Πλήθος															
Οι αναφερόμενοι χρόνοι είναι στρογγυλά και δεν μπορεί να τα παραβλέπει η ομότητα στο στάδιο 601		1:57	4													
Επισκευάστηκε ελαφρύ αντέναρις						0:30	1									
Ποσότητα κομπού στο στάδιο 601			2:13	5	2:13	4	1:00	2	3:18	7	0:75	4	1:39	4	1:4	5
Αδίκες μέτρηση αντένας			0:17	1												
Έλαιο στο σωλήνα στο κομπι								2:73	3	0:75	1					
Αδίκες τοποθέτηση θάλαμου								2:13	2	0:88	4					
Έλαιο στο δικτύο εκτός								0:35	1							
Διαθέσιμος χρόνος		58:33	57:70	57:07	59:00	56:07	45:27	57:09	58:60	59:00	57:19	56:38	57:50	57:87	57:32	57:23
Ανταρσία από προηγούμενο Μονάδας		6:57	5	3:77	12	9:38	12	10:53	18	1:80	2	0:58	1	4:59	15	5:21
Ανταρσία από πρόγραμμα Μονάδας				0:17	1				0:10	1						
Διαθέσιμη μηχανή στο στάδιο επιτήρησης 615			1:00	1	2:00	2	1:3	1	4:43	4			1:48	2	1:42	2
Σφάλμα ταινίας											0:88	1				
Προγραμματικός χρόνος		48:44	48:72	41:55	41:10	44:48	42:28	39:30	47:67	48:29	46:84	43:83	47:08	48:67	43:72	49:45
Ποιοτικός Έλεγχος																
Παραβίαση κατά ταξίδια		861	875	779	750	834	632	630	855	874	887	786	854	874	785	885
Παραβίαση ανά τεμάχιο																
Παραβίαση ανά εργαζόμενο		11	2	0	0	0	33	42	2	4	3	3	2	2	1	3
Χρόνος Παραγωγής ενόσω παρήλυν		47:32	48:61	41:55	41:10	44:48	40:25	36:84	47:56	48:07	46:68	43:67	46:57	48:56	43:67	49:28
Χρόνος Προετοιμότητας ενόσω παρήλυν		0:61	0:11	0:00	0:00	0:00	2:04	2:46	0:11	0:22	0:16	0:17	0:11	0:11	0:06	0:17
Καθαρός Χρόνος λειτουργίας Μηχανών		51:66	52:76	46:49	47:17	49:74	44:69	51:68	51:91	53:58	52:39	49:20	51:05	52:47	45:66	50:16
Bike Time (λεπτά)		18	38	18:75	18:25	18:75	16:2	17:1	18	18:18	19	18	18:18	18	18	18:18
Διαφορές προγραμματικού χρόνου λειτουργίας με θεωρητικό		3:22	4:04	4:54	6:07	5:26	2:41	12:38	4:24	5:29	6:55	5:37	3:97	3:40	1:94	0:71
Availability Rate		91.86%	96.17%	96.45%	96.33%	93.65%	75.46%	95.15%	97.67%	96.33%	95.32%	93.97%	95.83%	96.6%	95.53%	95.38%
Performance Rate		83.05%	84.44%	71.79%	69.65%	79.33%	93.40%	68.84%	81.34%	81.86%	81.97%	77.75%	81.89%	84.10%	76.28%	86.41%
Quality Rate		98.74%	99.77%	100.00%	100.00%	100.00%	95.38%	93.75%	99.77%	99.54%	99.66%	99.62%	99.77%	99.87%	99.67%	99.67%
OEE		75.33%	81.02%	69.24%	68.49%	74.13%	67.08%	61.40%	79.24%	80.12%	77.81%	72.78%	78.29%	80.93%	72.78%	82.14%

Σημείο 990,0%	
Διάρκεια (min)	Πλήθος
1,63	13
0,3	1
27,31	74
0,62	2
3,46	4
2,46	6
0,25	1
73,49	102
6,27	5
20,17	21
0,88	1
Συνολικός ποσοστό επιτυχίας	
75,16	
Average	
94,95%	
80,74%	
99,01%	
74,72%	

Πίνακας 26: Πίνακας ωριαίων καταγραφών και υπολογισμού παραμέτρων μονάδας 6

Παράρτημα 3 – Στατιστικά αποτελέσματα ανά μονάδα

Τεχνική Διαθεσιμότητα		Απόδοση εξοπλισμού		Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων		OEE	
Mean	0.952	Mean	0.685	Mean	1.000	Mean	0.652
Standard Error	0.019	Standard Error	0.014	Standard Error	0	Standard Error	0.019
Median	0.983	Median	0.683	Median	1	Median	0.648
Mode	1.000	Mode	#N/A	Mode	1	Mode	#N/A
Standard Deviation	0.073	Standard Deviation	0.053	Standard Deviation	0	Standard Deviation	0.073
Sample Variance	0.005	Sample Variance	0.003	Sample Variance	0	Sample Variance	0.005
Range	0.250	Range	0.204	Range	0	Range	0.283
Minimum	0.750	Minimum	0.585	Minimum	1	Minimum	0.506
Maximum	1.000	Maximum	0.789	Maximum	1	Maximum	0.789
Sum	14.284	Sum	10.275	Sum	15	Sum	9.786
Count	15	Count	15	Count	15	Count	15
Largest(1)	1.000	Largest(1)	0.789	Largest(1)	1	Largest(1)	0.789
Smallest(1)	0.750	Smallest(1)	0.585	Smallest(1)	1	Smallest(1)	0.506
Confidence Level(95.0%)	0.041	Confidence Level(95.0%)	0.030	Confidence Level(95.0%)	0	Confidence Level(95.0%)	0.040

Πίνακας 27: Συνολικά στατιστικά αποτελέσματα μονάδας 1

Τεχνική Διαθεσιμότητα		Απόδοση εξοπλισμού		Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων		OEE	
Mean	0.883	Mean	0.671	Mean	0.992	Mean	0.583
Standard Error	0.016	Standard Error	0.027	Standard Error	0.002	Standard Error	0.015
Median	0.882	Median	0.633	Median	0.993	Median	0.556
Mode	#N/A	Mode	#N/A	Mode	#N/A	Mode	#N/A
Standard Deviation	0.064	Standard Deviation	0.104	Standard Deviation	0.007	Standard Deviation	0.060
Sample Variance	0.004	Sample Variance	0.011	Sample Variance	0.000	Sample Variance	0.004
Range	0.245	Range	0.343	Range	0.031	Range	0.213
Minimum	0.738	Minimum	0.519	Minimum	0.969	Minimum	0.502
Maximum	0.984	Maximum	0.862	Maximum	1.000	Maximum	0.715
Sum	13.238	Sum	10.071	Sum	14.877	Sum	8.739
Count	15	Count	15	Count	15	Count	15
Largest(1)	0.984	Largest(1)	0.862	Largest(1)	1.000	Largest(1)	0.715
Smallest(1)	0.738	Smallest(1)	0.519	Smallest(1)	0.969	Smallest(1)	0.502
Confidence Level(95.0%)	0.035	Confidence Level(95.0%)	0.057	Confidence Level(95.0%)	0.004	Confidence Level(95.0%)	0.033

Πίνακας 28: Συνολικά στατιστικά αποτελέσματα μονάδας 2-3

Παραρτήματα

Τεχνική Διαθεσιμότητα		Απόδοση εξοπλισμού		Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων		OEE	
Mean	0.938	Mean	0.783	Mean	0.966	Mean	0.707
Standard Error	0.012	Standard Error	0.016	Standard Error	0.008	Standard Error	0.010
Median	0.940	Median	0.792	Median	0.978	Median	0.711
Mode	#N/A	Mode	#N/A	Mode	#N/A	Mode	#N/A
Standard Deviation	0.048	Standard Deviation	0.062	Standard Deviation	0.029	Standard Deviation	0.038
Sample Variance	0.002	Sample Variance	0.004	Sample Variance	0.001	Sample Variance	0.001
Range	0.187	Range	0.260	Range	0.109	Range	0.126
Minimum	0.813	Minimum	0.691	Minimum	0.881	Minimum	0.653
Maximum	1.000	Maximum	0.950	Maximum	0.990	Maximum	0.778
Sum	14.076	Sum	11.739	Sum	14.496	Sum	10.612
Count	15	Count	15	Count	15.000	Count	15
Largest(1)	1.000	Largest(1)	0.950	Largest(1)	0.990	Largest(1)	0.778
Smallest(1)	0.813	Smallest(1)	0.691	Smallest(1)	0.881	Smallest(1)	0.653
Confidence Level(95.0%)	0.027	Confidence Level(95.0%)	0.034	Confidence Level(95.0%)	0.016	Confidence Level(95.0%)	0.021

Πίνακας 29: Συνολικά στατιστικά αποτελέσματα μονάδας 4

Τεχνική Διαθεσιμότητα		Απόδοση Εξοπλισμού		Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων		OEE	
Mean	0.964	Mean	0.747	Mean	0.958	Mean	0.696
Standard Error	0.007	Standard Error	0.019	Standard Error	0.004	Standard Error	0.015
Median	0.967	Median	0.773	Median	0.957	Median	0.713
Mode	0.950	Mode	#N/A	Mode	#N/A	Mode	#N/A
Standard Deviation	0.026	Standard Deviation	0.072	Standard Deviation	0.015	Standard Deviation	0.058
Sample Variance	0.001	Sample Variance	0.005	Sample Variance	0.000	Sample Variance	0.003
Range	0.111	Range	0.228	Range	0.051	Range	0.189
Minimum	0.889	Minimum	0.610	Minimum	0.936	Minimum	0.583
Maximum	1.000	Maximum	0.838	Maximum	0.987	Maximum	0.772
Sum	14.454	Sum	11.210	Sum	14.364	Sum	10.447
Count	15	Count	15	Count	15.000	Count	15
Largest(1)	1.000	Largest(1)	0.838	Largest(1)	0.987	Largest(1)	0.772
Smallest(1)	0.889	Smallest(1)	0.610	Smallest(1)	0.936	Smallest(1)	0.583
Confidence Level(95.0%)	0.014	Confidence Level(95.0%)	0.040	Confidence Level(95.0%)	0.008	Confidence Level(95.0%)	0.032

Πίνακας 30: Συνολικά στατιστικά αποτελέσματα μονάδας 5

Παραρτήματα

Τεχνική Διαθεσιμότητα		Απόδοση εξοπλισμού		Ποιότητα παραγόμενων τεμαχίων		OEE	
Mean	0.944	Mean	0.801	Mean	0.990	Mean	0.747
Standard Error	0.014	Standard Error	0.017	Standard Error	0.005	Standard Error	0.016
Median	0.955	Median	0.819	Median	0.998	Median	0.753
Mode	0.965	Mode	#N/A	Mode	1.000	Mode	#N/A
Standard Deviation	0.055	Standard Deviation	0.065	Standard Deviation	0.019	Standard Deviation	0.061
Sample Variance	0.003	Sample Variance	0.004	Sample Variance	0.000	Sample Variance	0.004
Range	0.229	Range	0.246	Range	0.063	Range	0.207
Minimum	0.755	Minimum	0.688	Minimum	0.938	Minimum	0.614
Maximum	0.983	Maximum	0.934	Maximum	1.000	Maximum	0.821
Sum	14.153	Sum	12.020	Sum	14.851	Sum	11.208
Count	15	Count	15	Count	15	Count	15
Largest(1)	0.983	Largest(1)	0.934	Largest(1)	1.000	Largest(1)	0.821
Smallest(1)	0.755	Smallest(1)	0.688	Smallest(1)	0.938	Smallest(1)	0.614
Confidence Level(95.0%)	0.031	Confidence Level(95.0%)	0.036	Confidence Level(95.0%)	0.010	Confidence Level(95.0%)	0.034

Πίνακας 31: Συνολικά στατιστικά αποτελέσματα μονάδας 6

Παράρτημα 4 – Πίνακας αποτελεσμάτων Pareto

Βλάβη	Κωδικός Βλάβης	Πλήθος	Ποσοστό ως προς συνολικό αριθμό βλαβών	Διάρκεια (min)	Pareto Analysis (ABC)	
Εμπλοκή στον σταθμό παροχής πάνω πλάκας	10	74	10.7%	33.50	10.7%	75%
Πτώση κομματιού στον σταθμό 601	41	74	10.7%	27.31	21.4%	
Αναμονή από προεπεξεργασία άμμου	37	59	8.5%	22.70	30.0%	
Σκάρτη πάνω πλάκα	17	47	6.8%	16.51	36.8%	
Σκάρτη κάτω πλάκα	19	38	5.5%	11.13	42.3%	
Εμπλοκή στην παροχή βίδας	8	36	5.2%	12.60	47.5%	
Εμπλοκή στον σταθμό παροχής κάτω πλάκας	11	36	5.2%	12.54	52.7%	
Σταθμός 414: κάψιμο σύρματος κατά την συγκόλληση	23	33	4.8%	29.44	57.5%	
Σταθμός 405 : πέρασμα σύρματος	25	33	4.8%	13.29	62.2%	
Λάθος τοποθέτηση τάπας λόγω οφάλματος αισθητήρα	32	31	4.5%	19.11	66.7%	
Σταθμός 105: λάθος βήμα	1	30	4.3%	19.39	71.1%	
Σταθμός 103: Μπλοκάρισμα επαφής	3	23	3.3%	20.98	74.4%	
Διόρθωση μελανιού στον σταθμό εκτύπωσης 615	46	21	3.0%	20.17	77.4%	
Σταθμός 405: Δεν πέρασε σύρμα 3 φορές	27	15	2.2%	4.99	79.6%	
Πρώθηση κομματιού στον επόμενο σταθμό	13	14	2.0%	8.12	81.6%	
Οι ασφάλειες έρχονται στραβά και δεν μπορεί να τα παραλάβει η αρπάγη στον σταθμό 601	39	13	1.9%	12.61	83.5%	15%
Έλλειψη υλικών στην μονάδα 2-3	16	9	1.3%	7.60	84.8%	
Πρώθηση (μεταφορά κάμας)	30	9	1.3%	3.53	86.1%	
Αφαίρεση βαγονέτου μεταφοράς συγκροτήματος για επισκευή και επανατοποθέτηση του	7	8	1.2%	7.60	87.3%	
Σκάρτη επαφή, μπλόκαρε στην παροχή	5	6	0.9%	4.78	88.1%	
Έλεγχος ηλεκτροδίων	6	6	0.9%	0.78	89.0%	
Ρυθμίσεις στον σταθμό 401 για την παραλαβή τεμαχίων	21	6	0.9%	3.28	89.9%	
Αναμονή από γέμισμα άμμου	38	6	0.9%	2.30	90.7%	
Λάθος τοποθέτηση ενδεικτικού	44	6	0.9%	2.96	91.6%	
Λάθος τοποθέτηση κορμού	14	5	0.7%	8.03	92.3%	
Καθαρισμός διαδρόμου πάνω πλάκας	18	5	0.7%	2.85	93.1%	10%
Βλάβη στο καλώδιο σταθμός 403 και 414	20	5	0.7%	2.42	93.8%	
Δυσλειτουργία αισθητήρα στην ανίχνευση σταθεροποίησης βάσης	34	5	0.7%	1.50	94.5%	
Εμπλοκή στο κατσαβίδι	9	4	0.6%	4.88	95.1%	
Η βάση δεν λάμβανε σωστά την ασφάλεια με αποτέλεσμα να πέφτει μέσα στην μηχανή και να μπλοκάρει	15	4	0.6%	11.83	95.7%	
Έλεγχος Follie ακούμπησε στο κομμάτι	43	4	0.6%	3.48	96.2%	
Έλλειψη πρώτων υλών στον σταθμό 105 (αγωγός)	4	3	0.4%	1.92	96.7%	
Εμπλοκή στην πρώθηση αγωγού	12	3	0.4%	6.62	97.1%	
Σταθμός 113: Δεν είναι σταθερός και γίνεται λάθος τοποθέτηση του συγκροτήματος στη κάθετη μονάδα ακριβούς πρώθησης	2	2	0.3%	15.00	97.4%	
Σταθμός 417: λανθασμένη παραλαβή κομματιών	22	2	0.3%	2.73	97.7%	
Σταθμός 403: Ρυθμίσεις για την διαμόρφωση ελάσματος	24	2	0.3%	4.28	98.0%	
Διακοπή ροής ταπών	28	2	0.3%	3.33	98.3%	
Λανθασμένη ένδειξη αισθητήρα για γεμάτο διάδρομο εξαγωγής	36	2	0.3%	0.47	98.6%	
Λάθος μέτρηση αντίστασης	42	2	0.3%	0.67	98.8%	
Αλλαγή τύπου	26	1	0.1%	5.00	99.0%	
Αλλαγή τύπου ασφάλειας	29	1	0.1%	3.33	99.1%	
Εμπλοκή στον διάδρομο των σκάρτων	31	1	0.1%	0.65	99.3%	
Πτώση κομματιού στην προεπεξεργασία	33	1	0.1%	0.67	99.4%	
Λάθος τοποθέτηση τεμαχίων από την αρπάγη στην προεπεξεργασία άμμου	35	1	0.1%	0.20	99.6%	
Επανεκκίνηση ελέγχου αντίστασης	40	1	0.1%	0.30	99.7%	
Έλεγχος ύπαρξης ετικέτας	45	1	0.1%	0.25	99.9%	
Σφάλμα ταινίας	47	1	0.1%	0.88	100.0%	

Σύνολο βλαβών	691	398.51
---------------	-----	--------

Πίνακας 32: Πίνακας ανάλυσης κατά Pareto

Βιβλιογραφία

Duncan Haughey (2021), *Pareto Analysis Step by Step*

Διαθέσιμο: <https://www.projectsmart.co.uk/pareto-principle/pareto-analysis-step-by-step.php> [Πρόσβαση 26 Μαρτίου 2022]

Emily Newton (2021), *3 Ways to Improve Industry 4.0 OEE*

Διαθέσιμο: <https://www.manufacturingtomorrow.com/story/2021/07/3-ways-to-improve-industry-40-oe/17292/> [Πρόσβαση 28 Μαΐου 2022]

Eniør-Tempo S.A., Ιστοσελίδα εταιρείας

Διαθέσιμο: : <http://www.evioptempo.gr/> [Πρόσβαση: 15 Μαΐου 2022]

Lean Production, *TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE)*

Διαθέσιμο: <https://www.leanproduction.com/tpm/> [Πρόσβαση 10 Μαΐου 2022]

Miroslav Patočka, *OEE and derived indicators TEEP, PEE, OAE, OPE, OFE, OTE and CTE*

Διαθέσιμο: <http://www.mescenter.org/en/articles/125-oe-and-derived-indicators-teep-pee-oae-ope-ofe-ote-and-cte> [Πρόσβαση 19 Μαρτίου 2022]

Paul J. Zepf (2013), *How to Calculate Overall Equipment Effectiveness: A Practical Guide.*

Διαθέσιμο: <https://www.automationworld.com/factory/plant-maintenance/article/13309925/how-to-calculate-overall-equipment-effectiveness-a-practical-guide> [Πρόσβαση 19 Μαρτίου 2022]

P. Muchiri & L. Pintelon (2008), Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion

Διαθέσιμο: <https://doi.org/10.1080/00207540601142645> [Πρόσβαση 20 Φεβρουαρίου 2022]

Βιβλιογραφία

Späh (2016), *Technisches Datenblatt*

Διαθέσιμο: <https://shop.spaeh.de/media/pdf/42/c1/df/3111005-Neotec-Oko-1000.pdf>

[Πρόσβαση 20 Μαΐου 2022]

Sap, *What is industry 4.0?*

Διαθέσιμο: <https://www.sap.com/greece/insights/what-is-industry-4-0.html> [Πρόσβαση 21

Μαΐου 2022]

Will Kenton (2021), *Pareto Analysis*

Διαθέσιμο: <https://www.investopedia.com/terms/p/pareto-analysis.asp> [Πρόσβαση 26

Μαρτίου 2022]