



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΤΟΜΕΑΣ ΙΙ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

**Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής
εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής
βιομηχανίας καλλυντικών:**

**Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED
(Single Minute Exchange to Die)**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μιχαήλ Τσαμπίκα-Γεωργία

Επιβλέπων καθηγητής:

Άγγελος Τσακανίκας

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2023

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED (Single Minute Exchange to Die)» αποτελεί μία εμπειρική εφαρμογή της Λιτής Μεθοδολογίας σε εργοστάσιο βιομηχανίας καλλυντικών, η οποία εκπονήθηκε με την υποστήριξη του Εργαστηρίου Βιομηχανικής και Ενεργειακής Οικονομίας (ΕΒΕΟ) του τομέα Ανάλυσης, Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, υπό την επίβλεψη του αναπληρωτή καθηγητή Άγγελου Τσακανίκα.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Άγγελο Τσακανίκα για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε μέσα από την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αλλά και για την υποστήριξη μέχρι τη διεκπεραίωσή της. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Δημήτριο Σταμόπουλο για τις συμβουλές και την καθοδήγηση κατά τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κα. Έφη Τόδρη, για τη συνεργασία, τη συνεχή καθοδήγηση και γνώση που μου προσέφερε μέχρι την ολοκλήρωση αυτού του σημαντικού έργου αλλά και για την πολύτιμη συμβολή της στα πρώτα βήματα μου στον χώρο της βιομηχανίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μιχάλη Αυγουλή για την πρόταση του συνεργαστώ σε βιομηχανικό περιβάλλον για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Άννη Ντοκμετζιάν για τη συνεχή στήριξη σε αυτό ταξίδι όπως και τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας του εργοστασίου που συνέβαλαν με τον δικό τους τρόπο στην εξέλιξη αυτού του έργου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου, που μου στάθηκαν σε αυτήν τη δύσκολη και απαιτητική χρονιά.

Τέλος, θα ήθελα να κλείσω ευχαριστώντας την οικογένειά μου για την απεριόριστη συμπαράσταση και υποστήριξη που μου έχουν δείξει μέχρι την έως τώρα πορεία μου.

Ευχαριστώ πολύ!

Τσαμπίκα-Γεωργία Μιχαήλ

Φεβρουάριος 2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί η πρακτική εφαρμογή των εργαλείων και των μεθοδολογιών της Λιτής Παραγωγής (Lean Manufacturing), με απώτερο σκοπό τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε μια γραμμή συσκευασίας μονάδας καλλυντικών προϊόντων και την ελαχιστοποίηση των απωλειών που δεν προσθέτουν αξία στο τελικό προϊόν. Πιο συγκεκριμένα, θα μελετηθεί η εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED (Single Minute Exchange to Die) προκειμένου να επιτευχθεί η μείωση του συνολικού χρόνου της διαδικασίας αυτής και με αυτόν τον τρόπο να αυξηθεί η παραγωγικότητα, αλλά και η διαθεσιμότητα της γραμμής για παραγωγή.

Σε πρώτο στάδιο, πραγματοποιείται η ανάδειξη των στόχων της μελέτης, της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται στην πορεία, καθώς και των βασικών ορισμών που είναι απαραίτητοι για την καλύτερη κατανόησή της.

Σε δεύτερο στάδιο, γίνεται σύνδεση του θεωρητικού υπόβαθρου με την πρακτική εφαρμογή που θα ακολουθήσει. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά πραγματοποιείται εισαγωγή στις έννοιες της καινοτομίας και ειδικότερα της καινοτομίας διαδικασίας και στην συνέχεια, αναλύονται οι έννοιες της Λιτής Παραγωγής, των Λιτών Μεθοδολογιών και των Λιτών Εργαλείων σε βιομηχανικό υπόβαθρο.

Στη συνέχεια, γίνεται μία πιο λεπτομερής περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και του προβλήματος, δίνοντας έμφαση σε πληροφορίες σχετικές με την παραγωγική μονάδα και τις αρχικές συνθήκες. Ταυτόχρονα, πραγματοποιείται η οικονομοτεχνική μελέτη πάνω στην οποία εν τέλει βασίζεται η επιλογή της παραγωγικής γραμμής που εστιάζει το συγκεκριμένο έργο βελτίωσης καθώς και μία ανάλυση ευαισθησίας πάνω σε μία συγκεκριμένη παράμετρο που επηρεάζει τον τελικό χρόνο αλλαγής, τον αριθμό του εμπλεκόμενου ανθρώπινου δυναμικού.

Στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται, περιγράφεται η πρακτική εφαρμογή της και αναλύονται πρώτα ευρήματα. Εν συνεχεία, καταγράφονται και αναλύονται τα περιθώρια βελτίωσης που υπάρχουν με βάση τα αποτελέσματα και συγκεκριμένα οι προτεινόμενες βελτιώσεις που εφαρμόζονται και τελικά οδηγούν στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Με βάση τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι με τον διαχωρισμό των εξωτερικών και εσωτερικών ενεργειών, την τοποθέτηση των ανταλλακτικών πάνω στο εκάστοτε μηχάνημα – μετά την εγκατάσταση του κατάλληλου εξοπλισμού- προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο παράγοντας της μετακίνησης και τέλος με την τυποποίηση της διαδικασίας σε όλα τα επίπεδα, μπορεί να επιτευχθεί 30% μείωση του συνολικού χρόνου. Επίσης, διαπιστώνεται ότι με την αύξηση του εμπλεκόμενου ανθρώπινου δυναμικού υπάρχει δυνατότητα έως και 50% μείωσης του χρόνου αυτού.

Τα βασικά συμπεράσματα της μελέτης, επιβεβαιώνονται με την πρακτική εφαρμογή τους και τέλος κατατίθενται προτάσεις για περαιτέρω μελλοντική βελτίωση της εφαρμογής.

Λέξεις Κλειδιά: Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής, Λιτή Παραγωγή, Εργαλεία Λιτής Παραγωγής, Χρόνος αλλαγής,

ABSTRACT

The purpose of this thesis is the practical application of Lean Tools, Lean Methodologies and in general Lean Production to achieve optimization of the changeover process and to eliminate waste which does not add value to the final product. More specifically, the application of the SMED (Single Minute Exchange to Die) methodology will be studied to achieve the reduction of the total time of this process. In this way, the availability of the line for production and the overall productivity will be increased.

In the first stage, an initial identification of the objectives of the study, the methodology used along the way as well as the basic definitions necessary for its better understanding is carried out.

In the second stage, a connection is made between the theoretical background and the practical application of Lean Methodologies. More specifically, initially an introduction to the concepts of innovation and especially process innovation is made. Then, the concepts of Lean Production, Lean Methodologies and Lean Tools are analyzed in an industrial background.

A more detailed description of the current situation and problem is given, emphasizing on information related to the plant and the initial conditions. At the same time, the economic and technical study is carried out in order to conclude to the production line on which the specific improvement project is focused. Also, a sensitivity analysis on a specific parameter that affects the final changeover time, the number of human resources involved, is implemented.

Finally, the methodology used is presented, its practical application is described, and the first findings are presented. Subsequently, the scope for improvement is recorded and analyzed, and more specifically the improvements that are implemented and lead to the desired result are presented.

Based on the above, it is concluded that with the separation of external and internal activities, the placement of spare parts on each machine - after the installation of the appropriate equipment - in order to minimize the waste of movement and finally with the standardization of the process at all levels, a 30% reduction in total time can be achieved. Also, it is found that with the increase of the human resources involved in this activity, from one to two operators, there is a possibility of reducing up to 50% the changeover time.

The main conclusions of the study are confirmed with their practical application and finally proposals are submitted for further future improvement.

Keywords: Optimization of Changeover, Changeover time reduction, SMED, Lean Manufacturing, Lean Tools, Packaging Line,

Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή.....	16
1.1 Εισαγωγή.....	16
1.2 Στόχος.....	17
1.3 Μεθοδολογία.....	18
1.5 Σημαντικοί Ορισμοί.....	19
2. Καινοτομία Διαδικασίας.....	23
2.1 Εισαγωγή.....	23
2.2 Ορισμός της καινοτομίας.....	23
2.3 Διαστάσεις Καινοτομίας.....	25
2.3.1 Καινοτομία διεργασίας (Process Innovation).....	26
2.3.2 Οργανωτική Καινοτομία.....	26
2.4 Σημασία της λιτής μεθοδολογίας ως μορφή καινοτομίας στην σύγχρονη βιομηχανία.....	27
3. Λιτή Παραγωγή.....	29
3.1 Ορισμός.....	29
3.2 Ιστορία-Προέλευση.....	30
3.3 Βασικές Αρχές.....	32
3.3.1 Βασικές αρχές της έννοιας της λιτής παραγωγής.....	32
3.3.2 Αναλυτικότερα για τη συνεχή βελτίωση.....	33
3.3.3 Βασικές αρχές παραγωγικής ιδεολογίας Toyota-Toyota Production System....	34
3.4 Εφαρμογή στην βιομηχανία.....	36
3.4.1 Χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον.....	36
3.4.2 Βήματα εφαρμογής Λιτής Μεθοδολογίας.....	37
3.4.3 Πλεονεκτήματα εφαρμογής λιτών τεχνικών.....	37
3.5 Lean tools.....	38
3.5.1 Seven Wastes.....	41
3.5.2 Μεθοδολογία των 5S.....	45
3.5.3. Lean Six Sigma.....	48
3.5.4. Μεθοδολογία DMAIC.....	50
3.5.5. Μεθοδολογία 5 WHYS.....	52
3.5.7. Spaghetti Diagram.....	53

3.5.8. Κύκλος PDCA	54
3.5.9. Συνολικός Δείκτης Αποτελεσματικότητας Εξοπλισμού (OEE Overall Equipment Effectiveness)	55
3.5.10. Μεθοδολογία SMED(Single Minute Exchange to Die)	60
4. Οικονομοτεχνική Μελέτη	64
4.1 Παραγωγική Μονάδα.....	64
4.2 Παραγωγική Διαδικασία	64
4.3 Η διαδικασία αλλαγής εξοπλισμού:.....	67
4.4 Τύποι αλλαγής.....	68
4.5 Παράμετροι που διαμορφώνουν τις συνθήκες αλλαγής.....	70
4.6 Αναλυτικότερη Παρουσίαση Υφιστάμενης Κατάστασης - Προβλήματος	76
4.7 Κριτήρια Επιλογής Μεθοδολογίας.....	78
4.7 Κριτήρια Επιλογής Στρατηγικής	82
5.Μεθολογία Βελτιστοποίησης & Επανασχεδιασμού Διεργασίας	85
5.1 Έναρξη έργου.....	86
5.2 Εφαρμογή μεθοδολογίας.....	87
5.2.1 Προσδιορισμός Περιοχής υπό μελέτη	87
5.2.2 Προσδιορισμός όλων των στοιχείων – Διαδικασία συλλογής δεδομένων	88
5.3 Διαχωρισμός και μετατροπή εσωτερικών-εξωτερικών στοιχείων.....	96
5.4 Ελαχιστοποίηση non value activities.....	98
5.5 Περαιτέρω βελτιώσεις	100
5.6 Βέλτιστος αριθμός εργαζομένων για την διαδικασία της αλλαγής.....	105
5.7 Εφαρμογή βελτιώσεων και έλεγχος.....	109
5.8 Εκπαίδευση	111
6.Συζήτηση αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα	116
7.Επίλογος-Μελλοντικά Έργα	122
7.1 Επίλογος	122
7.2 Μελλοντικό Έργο	123
7.2.1 Βραχυπρόθεσμες Ιδέες	123
7.2.2 Μακροπρόθεσμες Ιδέες	123
Βιβλιογραφία	128

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Χρονική Εξέλιξη της Λιτής Μεθοδολογίας,	30
Εικόνα 2: : Οι επτά απώλειες της Λιτής Παραγωγής,	41
Εικόνα 3: Αρχές των 5S.	46
Εικόνα 4: Αναλυτικότερη περιγραφή της μεθοδολογίας DMAIC,.....	51
Εικόνα 5: Κύκλος PDCA,	55
Εικόνα 6: Υπολογισμός του OEE με βάση τις έξι βασικές απώλειες	60
Εικόνα 7: Διάγραμμα Ροής μίας από τις γραμμές συσκευασίας.	65
Εικόνα 8: Διαχωρισμός εξωτερικών και εσωτερικών δραστηριοτήτων για μείωση χρόνου αλλαγής.....	97
Εικόνα 9: Διάγραμμα Spaghetti διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού, πριν την εφαρμογή των βελτιώσεων.....	100
Εικόνα 10: Συσχέτιση μείωσης χρόνου αλλαγής με είδος βελτίωσης, Πηγή:	101
Εικόνα 11: Αλυσίδα εμπλεκόμενων τμημάτων στην παραγωγή και αποστολή τελικού προϊόντος.....	125

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Πρακτικές και τεχνικές Λιτής Παραγωγής κατανεμημένες στις κατηγορίες επιρροής τους, Πηγή:One-to-one relationships between Industry 4.0 technologies and Lean Production techniques: a multiple case study	39
Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση των Lean Tools με βάση την περιοχή βελτίωσης	40
Πίνακας 3: Αρχική κατανομή δραστηριοτήτων.....	109
Πίνακας 4: Πρώτο σενάριο κατανομής δραστηριοτήτων μετά την εφαρμογή των βελτιώσεων.....	110
Πίνακας 5: Δεύτερο σενάριο κατανομής δραστηριοτήτων μετά την εφαρμογή των βελτιώσεων.....	111
Πίνακας 6: Λίστα εξωτερικών ενεργειών.	113
Πίνακας 7: Φόρμα αλλαγών.	114
Πίνακας 8: Απεικόνιση & Σύγκριση περιπτώσεων	117

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Συσχέτιση συνολικού χρόνου αλλαγής με χρόνο Καθαρισμού και Απολύμανση.	68
Διάγραμμα 2: Ποσοστιαία σύγκριση παραγωγικού και μη παραγωγικού χρόνου στις γραμμές παραγωγής προς μελέτη σε ετήσια βάση.	75
Διάγραμμα 3: Συνολικό χρονικό διάστημα που αφιερώνεται σε αλλαγές εξοπλισμού στις γραμμές προς μελέτη σε ετήσια βάση.	75
Διάγραμμα 4: Ποσοστιαία κατανομή χρόνου με βάση την δραστηριότητα της γραμμής παραγωγής προς μελέτη.	77
Διάγραμμα 5: Ποσοστό που αφιερώνεται στην διαδικασία αλλαγής εξοπλισμού συγκριτικά με άλλα προγραμματισμένα σταματήματα στην γραμμή παραγωγής προς μελέτη.	79
Διάγραμμα 6: Cause&Effect Διάγραμμα για την περίπτωση των μεγάλων χρόνων αλλαγής.....	81
Διάγραμμα 7: Σύγκριση δυό στρατηγικών με βάση την μείωση του χρόνου αλλαγής και το αντίστοιχο απαιτούμενο κόστος.....	83
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα Ροής διαδικασίας που θα ακολουθηθεί.....	85
Διάγραμμα 9: Κατανομή χρόνου ανά δραστηριότητα και ανά εργαζόμενο.	91
Διάγραμμα 10: Κατανομή χρόνου ανά μηχάνημα.	92
Διάγραμμα 11: Κατανομή χρόνου ανά δραστηριότητα για την περίπτωση του πωματιστικού μηχανήματος.....	94
Διάγραμμα 12: Κατανομή χρόνου ανά δραστηριότητα για την περίπτωση της ετικετέζας.	95
Διάγραμμα 13: Διάγραμμα σύγκρισης κέρδους ανάλογα με τον αριθμό χειριστών που συμμετέχουν στην αλλαγή.	107

Διάγραμμα 14: Διάγραμμα σύγκρισης χρόνου αλλαγής ανάλογα με τον αριθμό χειριστών που συμμετέχουν στην αλλαγή.....	108
Διάγραμμα 15: Σύγκριση συνολικών ωρών που αφιερώνονται στην αλλαγή, αρχικά και έπειτα μετά(δύο περιπτώσεις).....	118
Διάγραμμα 16: Σύγκριση συνολικών ανθρωποωρών αρχικά και μετά την μελέτη(2 περιπτώσεις).....	119

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Εισαγωγή

1. Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Οι σύγχρονες βιομηχανίες στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση των απωλειών που σχετίζονται με την απόδοση της παραγωγικής διαδικασίας. Μια από τις σημαντικότερες απώλειες, παρατηρείται συχνά στις γραμμές συσκευασίας κατά την αλλαγή της παραγωγής από ένα προϊόν σε ένα άλλο. Έτσι, συχνά εξετάζεται το ενδεχόμενο μείωσης του απαιτούμενου χρόνου αλλαγής εξοπλισμού στις εναλλαγές μεταξύ διαφορετικών προϊόντων σε μια παραγωγική γραμμή. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται βελτιστοποίηση της συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού και κατ' επέκταση αύξηση της διαθεσιμότητας των παραγωγικών γραμμών.

Στο πλαίσιο αυτό, η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία στοχεύει στη σύνδεση των εννοιών της Λιτής Παραγωγής (Lean Manufacturing Methodology) με την σύγχρονη βιομηχανία αλλά και στην πρακτική εφαρμογή τους με σκοπό τη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας. Συγκεκριμένα, θα μελετηθούν οι δυνατότητες βελτιστοποίησης της διαδικασίας αλλαγής του εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής. Αρχικά, θα πραγματοποιηθεί μια τεχνικοοικονομική μελέτη, η οποία θα περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν σε πραγματικό χρόνο τη διαδικασία αλλαγής με απώτερο στόχο την πλήρη κατανόηση της κατάστασης και πώς αυτή μεταβάλλεται από διάφορους παράγοντες. Βάσει της ανάλυσης του παραπάνω μοντέλου θα ελεγχθούν και τα περιθώρια βελτίωσης. Τέλος, κάνοντας χρήση παγκόσμια εδραιωμένων μεθοδολογιών (όπως Lean Tools, SMED, Six Sigma, 5S) στο βέλτιστο σενάριο της τεχνικοοικονομικής ανάλυσης θα οριστούν οι βέλτιστες συνθήκες αλλαγής προϊόντος σε μια παραγωγική γραμμή.

Πιο αναλυτικά, στο πρώτο κεφάλαιο, θα γίνει μία αρχική ανάδειξη των στόχων της μελέτης, της μεθοδολογίας που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και των βασικών ορισμών που είναι απαραίτητοι για την καλύτερη κατανόησή της.

Στο δεύτερο και τρίτο κεφάλαιο πρόκειται να γίνει σύνδεση του θεωρητικού υπόβαθρου με την πρακτική εφαρμογή που θα ακολουθήσει. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιείται εισαγωγή στις έννοιες της καινοτομίας και πιο συγκεκριμένα της καινοτομίας διαδικασίας αλλά και των εννοιών της Λιτής Παραγωγής και των Λιτών Μεθοδολογιών.

Στη συνέχεια, στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μία πιο λεπτομερής περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και του προβλήματος που θα μελετηθεί, δίνοντας επίσης πληροφορίες σχετικές με την παραγωγική μονάδα και τις αρχικές συνθήκες. Στο ίδιο κεφάλαιο, περιγράφεται η οικονομοτεχνική μελέτη πάνω στην οποία βασίστηκε η επιλογή της παραγωγικής γραμμής που θα εστιαστεί το συγκεκριμένο έργο βελτίωσης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί καθώς και τα πρώτα ευρήματα που θα οδηγήσουν στις αποφάσεις για βελτίωση που θα παρουσιαστούν παρακάτω. Επίσης, περιγράφονται οι βελτιωτικές ενέργειες και ο τρόπος που πρόκειται να εφαρμοστούν.

Στο έκτο κεφάλαιο, γίνεται μία σύγκριση των αποτελεσμάτων και συγκρίνεται η τελική κατάσταση με την αρχική ώστε να προκύψουν τα τελικά συμπεράσματά.

Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο παρατίθενται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω βελτίωση στο μέλλον.

1.2 Στόχος

Με βάση το παραπάνω πλαίσιο, οι στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι οι εξής:

- ❖ Η θεωρητική μελέτη και εμβάθυνση στη μεθοδολογία της λιτής παραγωγής και στα εργαλεία που εμπεριέχονται σε αυτήν, καθώς και η κατανόηση της εφαρμογής τους και της σημαντικότητας σε βιομηχανίες και οργανισμούς μεγάλης κλίμακας

- ❖ η πρακτική τους εφαρμογή σε παραγωγική μονάδα, σε συνεργασία με βιομηχανία καλλυντικών και προϊόντων καθημερινής προσωπικής φροντίδας.
- ❖ η ανάπτυξη μιας συγκεκριμένης μεθοδολογίας προκειμένου να μειωθεί ο χρόνος που αφιερώνεται στη διαδικασία αλλαγής του εξοπλισμού καθώς και επίσης να μειωθεί ο απαιτούμενος χρόνος παράδοσης, η επιπλέον ποσότητα πρώτων υλών και η άσκοπη κίνηση των εργαζομένων, χρησιμοποιώντας τα εργαλεία της λιτής παραγωγής και ειδικότερα της μεθοδολογίας SMED.
- ❖ η πρακτική εφαρμογή της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε και αναλύθηκε στη βιομηχανία που μελετάται με σκοπό την επαναδιατύπωση των απαραίτητων βημάτων της διαδικασίας πραγματική αύξηση της παραγωγικότητας και της απόδοσης του εξοπλισμού.
- ❖ Τέλος η σύγκριση της τελικής κατάστασης μετά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και των προτεινόμενων βελτιώσεων, με την αρχική κατάσταση της διεργασίας προς μελέτη ώστε να προκύψουν τα συμπεράσματα και τελικά η ανάδειξη της έννοιας της λιτής παραγωγής.

1.3 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που πρόκειται να ακολουθηθεί για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα έχει ως εξής:

i. Ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης της εξεταζόμενης βιομηχανίας προϊόντων φροντίδας ευρείας κατανάλωσης. Πιο συγκεκριμένα, θα πραγματοποιηθεί συλλογή δεδομένων σχετικά με ένα συγκεκριμένο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας, θα ακολουθήσει η ανάλυση των δεδομένων σχετικά με τους χρόνους αλλαγής, την παραγωγικότητα, τις απαιτήσεις για παραγωγή και την κατανομή της απαιτούμενης παραγωγής στις αντίστοιχες γραμμές παραγωγής.

- ii. Θα πραγματοποιηθεί οικονομοτεχνική ανάλυση και ανάλυση ευαισθησίας ώστε να επιλεγθεί πιο συγκεκριμένα, η γραμμή παραγωγής που εμφανίζει και απαιτεί μεγαλύτερο περιθώριο βελτίωσης.
- iii. Θα πραγματοποιηθεί εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED, δηλαδή θα συλλεχθούν δεδομένα μετά από παρακολούθηση της διαδικασίας υπό μελέτη και έπειτα ανάλυση των δεδομένων με σκοπό τον εντοπισμό διορθωτικών κινήσεων και βελτιστοποιήσεων.
- iv. Θα εφαρμοστούν οι προτάσεις για βελτίωση που προέκυψαν μετά την ανάλυση και θα μελετηθούν οι επιδράσεις στην παραγωγικότητα της συγκεκριμένης παραγωγικής μονάδας.
- v. Τέλος, θα γίνει σύγκριση ανάμεσα στις δύο καταστάσεις, με σκοπό την αποτύπωση της αλλαγής στην παραγωγικότητα και στην απόδοση του εξοπλισμού.

1.5 Σημαντικοί Ορισμοί

Διαδικασία αλλαγής εξοπλισμού (Changeover): Η πλήρης διαδικασία αλλαγής μεταξύ της παραγωγής ενός προϊόντος Α και της παραγωγής του επόμενου προϊόντος Β, με απώτερο σκοπό τη μετατροπή της γραμμής παραγωγής ώστε να μπορεί να υποστηρίξει την ομαλή ροή του προϊόντος σε όλα τα σημεία της. [28]

Διαδικασία καθαρισμού και απολύμανσης (Cleaning and Sanitization Procedure): Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται κατά την αλλαγή προϊόντος και αναφέρεται στον καθαρισμό και στην απολύμανση της γεμιστικής μηχανής. [28]

Χρονικό διάστημα ρύθμισης(Set up Time): Το τελικό στάδιο αλλαγής από την παραγωγή ενός προϊόντος στη μετάβαση της παραγωγής στο αμέσως επόμενο. Αυτή η διαδικασία εντάσσεται στη διαδικασία της αλλαγής του εξοπλισμού και δεν αποτελεί κομμάτι της ρύθμισης της μηχανής για παραγωγή.

Χρονικό διάστημα παραγωγής (Run Time): Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο η μηχανή βρίσκεται σε λειτουργία και σε παραγωγική διαδικασία.

Μονάδα(Unit): Χρησιμοποιείται για την αναφορά στην ποσότητα ενός συγκεκριμένου προϊόντος.

Προϊόν συγκεκριμένης μορφής (Format): Τα προϊόντα που έχουν μία συγκεκριμένη μορφοποίηση σχετικά με τη γεωμετρία τους. Κάθε γραμμή παραγωγής μπορεί να παράγει συγκεκριμένα format. Επομένως, από την εναλλαγή από το ένα format στο επόμενο, θα πρέπει να γίνει τροποποίηση του εξοπλισμού ώστε να ανταποκρίνεται στην εκάστοτε γεωμετρία.

Εργαλεία: Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής, ο όρος αναφέρεται στα εργαλεία που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία αλλαγής προκειμένου να υποστηρίξουν την αλλαγή των κομματιών του εξοπλισμού που απαιτούν χρήση εργαλείου για την τοποθέτηση και την απομάκρυνση τους από τη μηχανή.

Εξειδικευμένος εργαζόμενος – Χειριστής (Operator): Αποτελεί βασικό μέλος του προσωπικού της γραμμής παραγωγής και πρόκειται για εργαζόμενο ο οποίος μπορεί να εκτελέσει εργασίες που απαιτούν την χρήση εργαλείου.

Μη εξειδικευμένος εργαζόμενος- Εργαζόμενος περιορισμένων δραστηριοτήτων (Packer): Αποτελεί μέλος του πληρώματος της γραμμής παραγωγής και δρα βοηθητικά στον εξειδικευμένο εργαζόμενο σε εργασίες όπως εργασίες συσκευασίας. Ο συγκεκριμένος εργαζόμενος δεν μπορεί να εκτελέσει εργασίες που απαιτούν την χρήση κάποιου εργαλείου.

Ταχέως Κινούμενα Καταναλωτικά Αγαθά (Fast-moving Consumer Goods, FMCG): Με τον όρο FMCG αναφέρονται σε προϊόντα μαζικής παραγωγής που κατατάσσονται στην κατηγορία προϊόντων καθημερινής χρήσης, συμπεριλαμβανομένων τροφίμων, ποτών, προϊόντα προσωπικής φροντίδας, προϊόντα οικιακής χρήσης και προμήθειες για

κατοικίδια. Συνήθως, έχουν μικρή ωφέλιμη διάρκεια ζωής και είναι συνήθως σχεδιασμένα για απλή ή περιορισμένη χρήση και απόρριψη. [9]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Καινοτομία

Διαδικασίας

2. Καινοτομία Διαδικασίας

2.1 Εισαγωγή

Οι σύγχρονες βιομηχανίες, προκειμένου να ανταποκριθούν στην παγκόσμια αγορά και στον παγκόσμιο ανταγωνισμό, πρέπει να καινοτομούν σταδιακά και ριζικά στον τεχνολογικό τομέα αλλά και να ενσωματώνουν νέες καινοτόμες διαδικασίες και πρακτικές. Στην προσπάθειά τους λοιπόν, να αυξήσουν την παραγωγικότητα της μονάδας τους, ακολουθούν τακτικές που εντάσσονται στον τομέα της καινοτομίας διεργασίας.

Ωστόσο, παρατηρείται από αρκετούς μελετητές ότι οι ήδη υπάρχουσες εδραιωμένες εταιρείες οι οποίες έχουν καταβάλει ένα αρκετά μεγάλο μερίδιο πόρων (χρηματικών, ανθρωπίνου δυναμικού κ.λπ.) στο να διατηρήσουν την επιχείρησή τους στην τυπική της λειτουργία, κάνοντας μικρές τεχνολογικές βελτιώσεις αξιοποιώντας μικρές οριακές καινοτομίες. Με λίγα λόγια, δεν επιδιώκουν την ριζική καινοτομία και επομένως δεν έχουν τόσο επιτυχημένες προσπάθειες για μεγαλύτερη καινοτομία. Σε αντίθεση, ανερχόμενες εταιρείες που δεν έχουν αναπτύξει τόσο έντονα τον χαρακτήρα τους και επίσης δεν έχουν εδραιώσει τα προϊόντα τους και τη στρατηγική τους στην αγορά, επιδιώκουν τη ριζική καινοτομία και έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες επιτυχίας αξιοποιώντας την.

2.2 Ορισμός της καινοτομίας

Σύμφωνα με τον Schumpeter (1934), η καινοτομία είναι η δράση του να καινοτομείς και να δημιουργείς διαδικασίες που οδηγούν στη διαταραχή του οικονομικού συστήματος επιτρέποντας ταυτόχρονα την εμφάνιση νεωτερισμών. Η καινοτομία προκύπτει από την χρήση και την εφαρμογή τεχνολογικών και όχι μόνο εφευρέσεων και τη γνώση που είναι διαθέσιμη στους οργανισμούς με σκοπό την εύρεση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος.

Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο καινοτομία εννοείται « ένα νέο ή βελτιωμένο προϊόν ή διεργασία (ή συνδυασμός αυτών) που να διαφέρει σημαντικά από το προηγούμενα προϊόντα ή διεργασίες και να είναι διαθέσιμο προς χρήση στους καταναλωτές». [36]

Προτείνονται πέντε υποθέσεις από τις οποίες κάποια από αυτές πρέπει να ισχύει προκειμένου να παρατηρηθεί καινοτομία σε μία αγορά.

A. *Η εισαγωγή νέων προϊόντων (Product Innovation)*: Πρόκειται για την εισαγωγή ενός νέου ή βελτιωμένου αγαθού ή υπηρεσίας που διαφέρει σημαντικά από τον προκάτοχο του και έχει εισαχθεί στην αγορά. [36]

B. *Η εισαγωγή νέων διαδικασιών (Process Innovation)* : Πρόκειται για την εισαγωγή μίας νέας ή βελτιωμένης διαδικασίας που αφορά μία ή περισσότερες λειτουργίες μίας επιχείρησης και διαφέρει σημαντικά από την προηγούμενη και έχει τεθεί σε λειτουργία/ σε χρήση από την επιχείρηση. [36]

C. *Η δημιουργία νέων αγορών*

D. *Η ανάπτυξη νέων πηγών προμήθειας πρώτων υλών και άλλων εισροών*

E. *Η αναδιοργάνωση μιας ήδη υπάρχουσας αγοράς, με νέα δομή και νέες ιδέες*

Επομένως, φαίνεται ότι η καινοτομία μπορεί να οριστεί ως η έρευνα, ανακάλυψη, δοκιμή και υλοποίηση νέων προϊόντων, νέων διαδικασιών αλλά και νέων οργανωσιακών μεθόδων. [30]

Πρόκειται για μια διαδικασία αρκετά περίπλοκη, καθώς είναι απαραίτητος ο συνδυασμός κάποιων θεμελιωδών ιδεών προκειμένου να επιτευχθεί η προσπάθεια για καινοτομία. Πρέπει λοιπόν να ληφθεί υπόψιν αρχικά η αβεβαιότητα που δημιουργείται από την ύπαρξη τεχνικού και οικονομικού προβλήματος που μπορεί να μην είναι γνωστή

η διαδικασία επίλυσης του, η εξάρτηση από την ύπαρξη νέων τεχνολογικών εμπειριών και επιστημονικής γνώσης, η συνεχής αύξηση των επίσημων δραστηριοτήτων έρευνας, ανάπτυξης των υπόλοιπων βιομηχανιών του κλάδου και τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό η προσπάθεια ικανοποίησης των διαρκώς αυξημένων αναγκών και απαιτήσεων των πελατών.

2.3 Διαστάσεις Καινοτομίας

Η καινοτομία ταξινομείται ανά κατηγορίες και μπορεί να περιγραφεί ως μια εξελισσόμενη διαδικασία που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων ή σημαντικά βελτιωμένων προϊόντων ή διαδικασιών που αντικαθιστούν τα υπάρχοντα.

Ο διαχωρισμός της καινοτομίας στις τέσσερις διαστάσεις που αναφέρθηκαν έχει ως εξής: ξεκινώντας η πρώτη κατηγορία πρόκειται για την καινοτομία προϊόντων και/ή υπηρεσιών, το οποίο συνεπάγεται αλλαγές σε ένα προϊόν ή μια υπηρεσία που δημιουργείται από έναν οργανισμό χρησιμοποιώντας νέες ή υπάρχουσες τεχνολογίες με διαφορετικό τρόπο, προκειμένου να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Στην συνέχεια, ακολουθεί η καινοτομία διαδικασίας-διεργασίας, που περιλαμβάνει αλλαγές και βελτιώσεις στον τρόπο με τον οποίο παράγονται και παραδίδονται βελτιωμένα προϊόντα ή υπηρεσίες. Μια άλλη κατηγορία καινοτομίας είναι η καινοτομία μάρκετινγκ (ανταγωνιστική θέση), που αναφέρεται σε αλλαγές στο πλαίσιο στο οποίο τα αγαθά ή οι υπηρεσίες εισάγονται και προωθούνται στην αντίστοιχη αγορά εστιάζοντας στις ανάγκες των καταναλωτών, πρόκειται δηλαδή για καινοτομία στην στρατηγική που ακολουθεί ο οργανισμός. Τέλος, η οργανωτική καινοτομία (διαχειριστική ή διανοητική διαδικασία), η οποία αποτελείται από αλλαγές στον τρόπο διοίκησης και διαχείρισης της οργάνωσης του οργανισμού. Είναι το αποτέλεσμα στρατηγικών αποφάσεων που λαμβάνονται από την εταιρεία μέσω μιας πρόσφατα αναπτυγμένης στρατηγικής με σκοπό την παροχή βιώσιμου ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος.

2.3.1 Καινοτομία διεργασίας (Process Innovation)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, πρόκειται να μελετηθεί μια μορφή καινοτομίας διαδικασίας. Σε γενικά πλαίσια, η καινοτομία της διαδικασίας επικεντρώνεται στη βελτίωση της παραγωγικότητας και της αποτελεσματικότητας της παραγωγικής διαδικασίας. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει αλλαγές και βελτιστοποιήσεις στον τρόπο δημιουργίας προϊόντων ή των υπηρεσιών αλλά και στον τρόπο παράδοσης στους πελάτες. [14]

Πρόκειται λοιπόν για μία νέα ή σημαντικά βελτιωμένη μέθοδο παραγωγής ή παράδοσης. Σε αυτό το εύρος καινοτομίας εντάσσεται και οποιαδήποτε σημαντική αλλαγή σε τεχνικές ή στο εξοπλισμό η οποία σκοπεύει να ελαχιστοποιήσει το κόστος παραγωγής ή διανομής προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα και διανομή των προϊόντων με κριτήριο πάντα τις ανάγκες των καταναλωτών. [14]

Καινοτομία διεργασίας μπορεί να εφαρμοστεί στον τεχνολογικό τομέα αλλά και στον διοικητικό τομέα. Ενώ ο τεχνικός τομέας ασχολείται κυρίως με την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών, ο διοικητικός, είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση βασικών διαδικασιών όπως ο σχεδιασμός, ο έλεγχος, ο συντονισμός και γενικότερα η καθοδήγηση της εταιρείας.

Περιλαμβάνει οργανωτική δομή, ανθρώπινο δυναμικό και διοικητικά συστήματα, όπως κανόνες και διαδικασίες. [15]

2.3.2 Οργανωτική Καινοτομία

Η οργανωτική καινοτομία είναι απαραίτητη για τις εταιρείες που σκοπεύουν να ακολουθήσουν στρατηγικές προκλήσεις με σκοπό την επίτευξη βελτιώσεων στον τομέα διαχείρισης του οργανισμού. Έτσι, στα πλαίσια της οργανωτικής καινοτομίας μπορεί να προστεθεί μια νέα οργανωτική μέθοδος στην επιχείρηση, όπως η διευθέτηση του χώρου εργασίας και επίσης η εδραίωση και η διαχείριση εξωτερικών σχέσεων. Η εισαγωγή νέων τακτικών και νέων μεθόδων στο ήδη υπάρχον πρόγραμμα οργάνωσης ενός οργανισμού συμβάλλει στην διευκόλυνση και στην καλύτερη συνύπαρξη μέσα στον

οργανισμό καθώς επίσης και συμβάλλει στην προώθηση της γνώσης και στην πρακτική της εφαρμογή και σε άλλα τμήματα του οργανισμού που ενδέχεται να μπορούν να επωφεληθούν από αυτό [14].

2.4 Σημασία της λιτής μεθοδολογίας ως μορφή καινοτομίας στην σύγχρονη βιομηχανία

Θεωρώντας την καινοτομία και τη λιτή παραγωγή ως δύο ξεχωριστές έννοιες μπορεί κανείς να επισημάνει ότι παρουσιάζουν αρκετές μεγάλες διαφορές. Πιο συγκεκριμένα, η καινοτομία στηρίζεται στην ανάληψη κινδύνων, στην εύρεση και στην ενασχόληση με κάτι καινούργιο, δυναμικό και τις περισσότερες φορές άγνωστο. Από την άλλη, η λιτή παραγωγή επικεντρώνεται σε μία ήδη υπάρχουσα κατάσταση, σε μία ήδη υπάρχουσα διεργασία επιχειρώντας να αυξήσει την αποτελεσματικότητα της χωρίς όμως να επενδύσει σχεδιάζοντας από την αρχή μία νέα διεργασία με εμφανώς μεγαλύτερο κόστος. [29], [31]

Ωστόσο, με βάση τον ορισμό της καινοτομίας διεργασίας, η λιτή παραγωγή θα μπορούσε να ενταχθεί σε αυτήν την κατηγορία, καθώς απώτερος σκοπός της είναι η βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας και η αύξηση της παραγωγικότητας και της απόδοσης. Θα μπορούσε λοιπόν να θεωρηθεί καινοτομία, στα πλαίσια όμως της σταδιακής καινοτομίας καθώς πρόκειται για τη χρήση μεθοδολογιών ώστε να βελτιωθεί μια ήδη υπάρχουσα κατάσταση, μια ήδη υπάρχουσα διεργασία. [29], [31]

Εκτός από καινοτομία διεργασίας, η μεθοδολογία της Λιτής Παραγωγής εντάσσεται και στο πλαίσιο της οργανωτικής καινοτομίας καθώς πρόκειται για μία μεθοδολογία που εντάσσεται στα πλαίσια του Operations Management και αποσκοπεί στην καλύτερη οργάνωση και διαχείριση ενός τμήματος του οργανισμού και συγκεκριμένα της παραγωγής. Γι' αυτό, μερικά εργαλεία της Λιτής Παραγωγής (π.χ. JIT, Kanban, διαλειτουργικές ομάδες, αποκέντρωση ή ισοπεδωμένες ιεραρχίες) θεωρούνται από κάποιους οργανωτικές καινοτομίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Λιτή Παραγωγή

3. Λιτή Παραγωγή

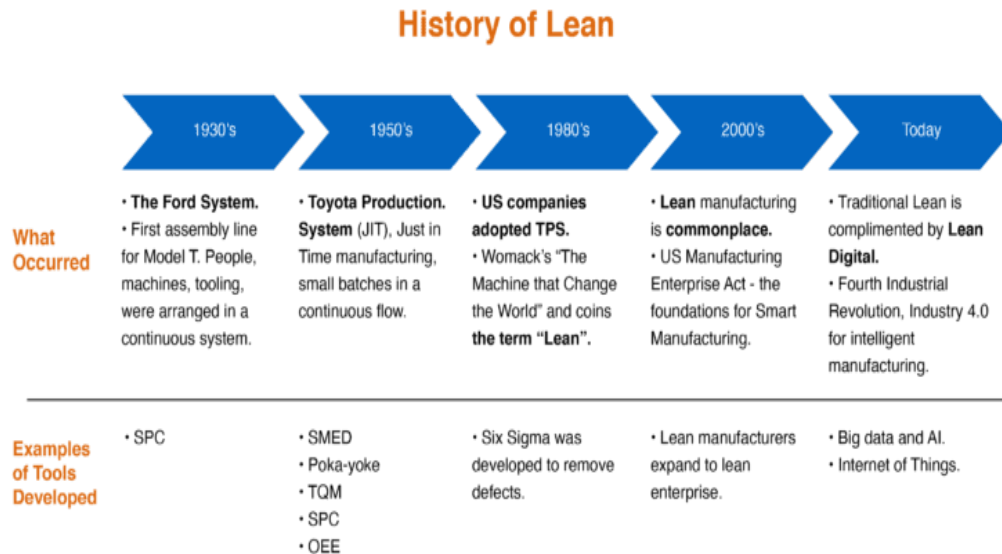
3.1 Ορισμός

Με τον όρο Λιτή Παραγωγή, περιγράφεται το σύνολο παραγωγικών μεθοδολογιών που αποσκοπούν μέσω της συνεχούς βελτίωσης, στην εξέλιξη και ενίσχυση των διαδικασιών προστιθέμενης αξίας στο τελικό προϊόν και ταυτόχρονα στην εξάλειψη απωλειών που σχετίζονται με όλους τους σχετικούς πόρους όπως οικονομικοί, υλικοί, ανθρώπινοι που δεν προσθέτουν αξία στο τελικό προϊόν. Η συγκεκριμένη σειρά μεθόδων βασίζεται στην ανάγκη του καταναλωτή και στοχεύει στη βελτιστοποίηση του τελικού προϊόντος που φτάνει στα χέρια του.

Με λίγα λόγια, πρόκειται για μία μεθοδολογία που βασίζεται σε στρατηγική που κατευθύνεται από την απαίτηση και την ανάγκη των καταναλωτών, και αξιοποιεί τις σωστές ύλες, στην σωστή ποσότητα και στην σωστή τιμή, έχοντας ως στόχο τον περιορισμό των απωλειών και την απόκτηση ευελιξίας για αλλαγές και τροποποιήσεις.

Απώτερος σκοπός της, αποτελεί η βελτίωση των χρόνων παράδοσης, η μείωση του λειτουργικού κόστους αλλά ταυτόχρονα η διατήρηση και βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Για την πραγματοποίηση αυτού του στόχου, απαιτείται η υιοθέτηση της φιλοσοφίας σε όλα τα τμήματα του οργανισμού που εμπλέκονται με τη διαδικασία παραγωγής και τελικής παράδοσης του προϊόντος στον τελικό καταναλωτή.

3.2 Ιστορία-Προέλευση



Εικόνα 1: Χρονική Εξέλιξη της Λιτής Μεθοδολογίας, Πηγή: <https://qovimana.com/lean-manufacturing-tools/>

Η πρώτη εμφάνιση της έννοιας, αλλά και μία πρώτη μορφή της λιτής παραγωγής, παρατηρήθηκε από την αμερικανική εταιρεία Ford, γνωστή και ως “The Ford System”, η οποία προωθούσε την οργάνωση των πόρων εξοπλισμού, ανθρώπινου δυναμικού, υλικών με συνεχή ροή κάτι το οποίο δεν χρησιμοποιήθηκε λόγω της έλλειψης ευελιξίας, προσαρμοστικότητας και συνεργασίας με τους εργαζομένους.

Η ιδέα της λιτής παραγωγής ξεκίνησε πιο δυναμικά σε δεύτερο χρόνο, από τη γνωστή ιαπωνική βιομηχανία αυτοκινήτων, Toyota, στις αρχές του 20ου αιώνα. Εκτός από τον εντοπισμό πολλών μη αποτελεσματικών τεχνικών και μεθοδολογιών στο σύστημα μαζικής παραγωγής, που ήταν το τότε κυρίαρχο σύστημα, εμφανίστηκαν αρκετοί περιορισμοί πόρων στην τότε ιαπωνική αγορά, σχετικοί με την ποσότητα αλλά και την ποικιλομορφία. [3]

Στην προσπάθεια τους λοιπόν να ανταποκριθούν σε αυτές τις ελλείψεις αλλά και στο ανταγωνιστικό περιβάλλον της ιαπωνικής αγοράς των αυτοκινητοβιομηχανιών, άρχισαν να ακολουθούν και να υιοθετούν νέες, χαμηλότερου κόστους παραγωγικές διαδικασίες και πρακτικές. Σκοπός τους ήταν η δημιουργία μιας γρήγορης, ευέλικτης και καινοτόμας παραγωγικής διαδικασίας με αυξημένη παραγωγικότητα και μειωμένες απώλειες, που να ικανοποιεί τις ανάγκες των καταναλωτών διατηρώντας πάντα την ποιότητα σε υψηλά επίπεδα και την τιμή σε λογικά πλαίσια. [2]

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της ιδεολογίας της Toyota (Toyotism), είναι η παραγωγή μικρών παρτίδων ώστε να εξασφαλίζεται η παραγωγή των υλικών που σχετίζεται με τη ζήτηση και έτσι να αποκτάται το πλεονέκτημα των μειωμένων αποθεμάτων και των μικρών χρόνων παράδοσης. Επίσης, στα πλαίσια της, οι εργαζόμενοι δρουν και εκπαιδεύονται σε εξειδικευμένες ομάδες που είναι υπεύθυνες για τον εκάστοτε εξοπλισμό και την έγκαιρη εύρεση και διόρθωση των ελαττωμάτων στο τελικό προϊόν. Σημαντική όμως είναι και η θέση των προμηθευτών σε αυτήν την αλυσίδα. Οι προμηθευτές αντιμετωπίζονται ως συνεργάτες, δηλαδή δρουν συνεργιστικά για να μειώσουν τους χρόνους προετοιμασίας, τα αποθέματα, τα ελαττώματα, τις βλάβες των μηχανημάτων και άλλα. [34]

Η έννοια «Lean» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για να περιγράψει μία διαφορετική προσέγγιση της διαχείρισης και διοίκησης της παραγωγής που σύμφωνα με αυτή, η απαίτηση για χώρο, πόρους και αποθήκευση είναι ελάχιστη καθώς επίσης το ίδιο συμβαίνει και με τις ώρες εργασίας σε όλους τους τομείς της παραγωγικής διαδικασίας. [1]

Η διαφορά της με τη μέχρι τότε μεθοδολογία διαχείρισης της παραγωγής, την παραδοσιακή διαδικασία διοίκησης παραγωγής, έγκειται στο ότι τα προϊόντα που λαμβάνονται μέσω αυτής είναι πιο ανταγωνιστικά στον τομέα της ποιότητας, του κόστους αλλά και του χρόνου παραγωγής. [1]

3.3 Βασικές Αρχές

3.3.1 Βασικές αρχές της έννοιας της λιτής παραγωγής

Μετά την αρχική εφαρμογή της συγκεκριμένης φιλοσοφίας, ακολούθησε η επιστημονική μελέτη και εξέλιξη της, κατά τις οποίες καθορίστηκαν πλήρως οι πρωταρχικές αρχές στις οποίες βασίζεται.

Η φιλοσοφία της λιτής παραγωγής βασίζεται στις εξής αρχές:

1. *Καθορισμός της αξίας προϊόντος από τον τελικό καταναλωτή και όχι από τα ενδιάμεσα στάδια της επιχείρησης (create value for the customer).* Σύμφωνα με τη λιτή παραγωγή η αξία του προϊόντος ορίζεται εξ ολοκλήρου από την πλευρά του καταναλωτή. Επομένως, για τον προσδιορισμό της αξίας, είναι αναγκαία η κατανόηση όλων των απαραίτητων δραστηριοτήτων που συμβάλλουν στην παραγωγή και παράδοση του προϊόντος στον καταναλωτή και έπειτα η βελτιστοποίηση από την οπτική γωνία του.
2. *Καθορισμός της ροής και της διαδρομής της αξίας (Map the value Stream),* από το αρχικό στάδιο μέχρι το στάδιο παράδοσης στον καταναλωτή, ώστε να ταυτοποιηθούν τα σημεία της ροής που προσφέρουν αξία στο τελικό προϊόν και στον καταναλωτή και έπειτα να εξεταστούν τα περιθώρια βελτίωσης τους αλλά και ταυτόχρονα να ελεγχθούν τα ενδεχόμενα ελαχιστοποίησης των σταδίων που δεν προσφέρουν αξία στο τελικό προϊόν (Non- Value Activities)
3. *Δημιουργία και εξασφάλιση της ροής της διεργασίας* ώστε να επιτυγχάνεται το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα (Create flow)
4. *Υιοθέτηση ιδεολογίας Pull Production,* με λίγα λόγια δημιουργία παραγωγής που να βασίζεται κατά κύριο λόγο στον πελάτη και στις ανάγκες του. Με αυτόν τον τρόπο, η παραγωγή προγραμματίζεται με βάση τη ζήτηση κι έτσι αποφεύγεται η υπερπαραγωγή που όπως θα δούμε και παρακάτω είναι μία από τις επτά βασικές

παραγωγικές απώλειες σε βιομηχανικό περιβάλλον, αλλά και η άσκοπη κατανάλωση πόρων (υλικών, οικονομικών, ανθρώπινου δυναμικού).

5. *Συνεχής προσπάθεια για βελτίωση και τελειοποίηση των διαδικασιών και των διεργασιών από το στάδιο της παραγωγής μέχρι το στάδιο της διανομής στον πελάτη. (Pursue perfection, continuous improvement).* Με τον όρο «συνεχής βελτίωση» εννοείται η σταδιακή βελτίωση των προϊόντων, των διαδικασιών ή υπηρεσιών, με στόχο τη μείωση των απωλειών για τη βελτίωση του χώρου εργασίας, της λειτουργικότητας, της ορθής εξυπηρέτησης των πελατών αλλά και της απόδοσης προϊόντος. Από την άλλη πλευρά, η έννοια της τελειότητας στη λιτή παραγωγή οδηγεί στην εκμετάλλευση όλων των ευκαιριών βελτίωσης. Για παράδειγμα, η ελαχιστοποίηση των απωλειών οδηγεί σε μείωση του λειτουργικού κόστους κάτι που οδηγεί στην επιθυμία του πελάτη για μέγιστη αξία στη χαμηλότερη τιμή.

3.3.2 Αναλυτικότερα για τη συνεχή βελτίωση

Η συνεχή βελτίωση ή αλλιώς «Kaizen» όπως ονομάζεται στο σύστημα της Τογοτα, είναι μία από τις βασικότερες αρχές του συστήματος της λιτής παραγωγής.

Η λέξη “Kaizen” είναι ιαπωνικής προέλευσης και χρησιμοποιείται πρακτικά για να εκφράσει τη συνεχή βελτίωση. Πιο συγκεκριμένα, προκύπτει από δύο συνθετικά: *kai* που εκφράζει την συμμετοχή και *zen* που εκφράζει το να κάνεις καλό.

Το Kaizen είναι μια βασική φιλοσοφία του συστήματος λιτής παραγωγής της Τογοτα κατά την οποία αναλύονται τα στοιχεία μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος προκειμένου να κατανοηθεί η λειτουργία του και να προωθηθεί η συνεχής εξέλιξη του.

Η λιτή παραγωγή βασίζεται στην ιδέα του kaizen, καθώς η μικρή βελτίωση που μπορεί να προκύψει από την κατανόηση της αρχής λειτουργίας μίας διεργασίας μπορεί να έχει μεγάλο αντίκτυπο στο επιχειρηματικό πλαίσιο στο οποίο εντάσσεται. Όταν εφαρμόζονται στον χώρο εργασίας, οι δραστηριότητες της Kaizen βελτιώνουν συνεχώς όλες τις λειτουργίες μιας επιχείρησης σε όλους τους τομείς της και μπορούν να

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

προκύψουν απ' όλους τους εργαζομένους της, με λίγα λόγια από την κατασκευή έως τη διαχείριση και από τον Διευθύνοντα Σύμβουλο έως τους εργαζομένους του.

Σε βιομηχανικό πλαίσιο, μετά την κατανόηση της αρχής λειτουργίας δραστηριοτήτων και διεργασιών ακολουθεί η εξάλειψη των απωλειών που μπορεί να προκύψουν μέσα από αυτό, η βελτίωση των δραστηριοτήτων και διαδικασιών δηλαδή η πιο αποδοτική διεκπεραίωση τους και τέλος η τυποποίηση τους που δρα καταλυτικά στην απόδοση και την αποτελεσματικότητά τους.

Κάποιες βασικές αρχές της μεθοδολογίας Kaizen είναι οι παρακάτω:

- Χρήση διαφορετικής σκέψης, δηλαδή απομάκρυνση από το σύνηθες και το γνωστό.
- Επίλυση των προβλημάτων τη στιγμή που εμφανίζονται, εύρεση βραχυπρόθεσμης λύσης αλλά και μακροπρόθεσμης.
- Χρήση μεθόδων επίλυσης προβλημάτων που στοχεύουν στην εύρεση της ρίζας του προβλήματος και της επίλυσης αυτής.

3.3.3 Βασικές αρχές παραγωγικής ιδεολογίας Toyota-Toyota Production System

Η Toyota διαχωρίζει τις αρχές πάνω στις οποίες βασίζεται η παραγωγή της σε τρεις κύριους άξονες:

1ος τομέας: Μακροπρόθεσμος σχεδιασμός

1η αρχή: Λήψη αποφάσεων με βάση το μακροπρόθεσμο όφελος και όχι το βραχυπρόθεσμο.

2ος τομέας: Ορθή διεργασία που οδηγεί σε ορθό αποτέλεσμα

2η αρχή: Διεργασία που θα αναδεικνύει τα προβλήματα και θα τα οδηγεί στην επίλυση τους.

3η αρχή: Χρήση στρατηγικής που βασίζεται στην απαίτηση και στις ανάγκες του καταναλωτή, ώστε να αποφευχθεί το φαινόμενο της υπερπαραγωγής.

4η αρχή: Level out the workload (Heijunka). (Work like the tortoise, not the hare.)

5η αρχή: Κουλτούρα και διεργασία που βασίζεται στην δημιουργία προϊόντος με προτεραιότητα την ποιότητα και τη ζήτηση του καταναλωτή.

6η αρχή: Δημιουργία πρότυπης διεργασίας και αρμοδιοτήτων ώστε πάντα να υπάρχει στόχος προς τη συνεχή βελτίωση.

7η αρχή: Υιοθέτηση και χρήση οπτικού ελέγχου κατά τη διάρκεια όλων των διαδικασιών με απώτερο σκοπό την αποφυγή απόκρυψης κάποιου προβλήματος.

8η αρχή: Ενσωμάτωση έμπιστων και ελεγμένων τεχνολογικών μέσων στις παραγωγικές διαδικασίες.

3ος τομέας:

9η αρχή: Εκπαίδευση μελών που κατανοούν την σημασία του αντικειμένου και της φιλοσοφίας του και έχουν ως στόχο τη μεταλαμπάδευση και στα άλλα μέλη του οργανισμού.

10η αρχή: Ανάπτυξη εργαζόμενων και ομάδων που ασπάζονται τη φιλοσοφία της εταιρίας.

11η αρχή: Ανάπτυξη σχέσης εμπιστοσύνης και σεβασμού ανάμεσα στο δίκτυο συνεργατών και προμηθευτών που να βασίζεται στη συνεργασία και στην έμπνευση για βελτίωση.

4ος τομέας: Γνώση που βασίζεται και κερδίζεται από τη λύση των υπάρχοντων προβλημάτων (root cause problem solving).

12η αρχή: Γνώση που βασίζεται σε αυτό που βλέπεις ώστε να το εμπεδώσεις καλύτερα. (Go and see for you to thoroughly understand the situation) (Genchi genbutsu).

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

13^η αρχή: Συνετή λήψη αποφάσεων έχοντας μελετήσει όλες τις επιλογές αλλά γρήγορη εφαρμογή των αποφάσεων.

14^η αρχή: Λήψη αποφάσεων που να βασίζεται στη γνώση και στην συνεχή βελτίωση. Απόκτηση βιώσιμου και ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος υιοθετώντας όλες τις αρχές της λιτής προσέγγισης.

3.4 Εφαρμογή στην βιομηχανία

Η λιτή προσέγγιση είναι μια φιλοσοφία που χρησιμοποιείται ως μέσο για συνεχή βελτίωση και μείωση των απωλειών κατά την παραγωγή. Η μείωση των απορριμμάτων κατά την παραγωγική διαδικασία, βασίζεται και από τις αρχές της κυκλικής οικονομίας που υποστηρίζει τη μηδενική ανοχή για τη δημιουργία απορριμμάτων και γενικότερα απωλειών.

3.4.1 Χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον

Οι σύγχρονες βιομηχανίες στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση των απωλειών που σχετίζονται με την απόδοση της παραγωγικής διαδικασίας. Στοχεύουν στη συνεχή βελτίωση (continuous improvement) και στην ελαχιστοποίηση τυχόν απωλειών.

Πιο συγκεκριμένα, η βιομηχανία προσπαθεί να περιορίσει τις δραστηριότητες που δεν προσθέτουν αξία στο τελικό προϊόν (Non-value activities) και να επικεντρωθούν στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών που δίνουν αξία στο τελικό προϊόν.

Αυτές οι «Non value activities» εντοπίζονται συνήθως στην παραγωγική διαδικασία, στη διαδικασία αποθήκευσης και μεταφοράς των προϊόντων αλλά και των απαραίτητων πρώτων υλών αλλά και σε αποτυχίες που συναντώνται στις διεργασίες της κάθε βιομηχανίας.

Η λιτή παραγωγή και πιο συγκεκριμένα η εφαρμογή λιτών εργαλείων και μεθοδολογιών συμβάλλει στην προσπάθεια αυτή των βιομηχανιών και στην εξάλειψη των απωλειών.

Στην προκειμένη περίπτωση, στον όρο απώλειες, συμπεριλαμβάνεται οτιδήποτε δε συμβάλλει άμεσα στην προσθήκη αξίας σε ένα προϊόν με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών και των απαιτήσεων των πελατών. [3]

Με λίγα λόγια, λειτουργεί με σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητας και την ελαχιστοποίηση των απωλειών. [1]

3.4.2 Βήματα εφαρμογής Λιτής Μεθοδολογίας

Αρχικά, πρέπει να γίνει αναγνώριση και ταυτοποίηση των απωλειών (wastes), στο σύστημα της παραγωγής και γενικότερα της εταιρείας. Οι απώλειες μπορεί να σημειωθούν σε πολλά και διαφορετικά σημεία της παραγωγικής διαδικασίας, αλλά και σε σημεία που επηρεάζουν την παραγωγή αν και δεν θεωρούνται άμεσα μέρος της.

Στην συνέχεια, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να βρεθεί το είδος των απωλειών και να αναζητηθούν τα αίτια και οι ρίζες τους. Με την εύρεση των αιτιών, υπάρχει δυνατότητα εξάλειψής τους και έτσι επίλυσης του προβλήματος, όπως υποστηρίζεται από τη θεωρία της λιτής παραγωγής. Για την σωστή μελέτη των αιτιών ενός προβλήματος, είναι απαραίτητο να ελέγχονται και οι επιπτώσεις τους.

Υπάρχουν διάφορα εργαλεία και τεχνικές που είναι αρκετά χρήσιμες στην ελαχιστοποίηση και στον περιορισμό των προβλημάτων και των απωλειών που μπορεί να αντιμετωπίζει η βιομηχανία.

Τέλος, το τελευταίο βήμα στη διαδικασία εφαρμογής μιας λιτής μεθοδολογίας είναι εφόσον έχουν βρεθεί οι λύσεις, να δοκιμαστούν ώστε να εξεταστεί η ορθότητα και η αποτελεσματικότητά τους.

3.4.3 Πλεονεκτήματα εφαρμογής λιτών τεχνικών

Με την εφαρμογή λιτών τεχνικών, υπάρχει δυνατότητα βελτίωσης στους τομείς ποιότητας και ασφάλειας, καθώς βελτιώνουν την ποιότητα στην παραγωγή και συνεισφέρουν στη διατήρηση της ασφάλειας στους χώρους εργασίας για όλους. Επίσης,

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

μέσα από την εφαρμογή λιτών εργαλείων όπως 5S, μπορεί να παρατηρηθεί σημαντική μείωση χρόνου για ιχνηλασιμότητα.

Σημαντική είναι η επίδραση και στον τομέα της εργασιακής κουλτούρας, καθώς η επικοινωνία και το αίσθημα ευθύνης στο προσωπικό παραγωγής αυξάνονται. Μερικά άλλα οφέλη από την εφαρμογή των Lean Tools είναι η μείωση του χρόνου μετάβασης από ένα προϊόν σε ένα άλλο, η απλοποίηση και η βελτιστοποίηση της ροής των απαραίτητων υλικών, η μείωση των χρονικών απωλειών και η επίτευξη καλύτερης απόδοσης της παραγωγικής διαδικασίας και γενικότερα του συστήματος προς μελέτη. Αξιοσημείωτη είναι επίσης η αύξηση της παραγωγικότητας που προκαλείται λόγω της αύξησης του διαθέσιμου χρόνου για παραγωγή κάτι που συνοδεύεται από αύξηση της απόδοσης της παραγωγικής μονάδας με ταυτόχρονη μείωση του παραγωγικού κόστους και χωρίς να επηρεαστεί η ποιότητα του τελικού προϊόντος. Τέλος, σημαντική είναι η συμβολή των Λιτών Εργαλείων στη διαχείριση των αποθεμάτων των υλικών αλλά και των αποθεμάτων τελικού προϊόντος. [1]

3.5 Lean tools

Στη βιβλιογραφία, οι πρακτικές LP συχνά κατανέμονται σε κατηγορίες. Πιο συγκεκριμένα, στη βιβλιογραφία καταγράφεται ο διαχωρισμός των λιτών πρακτικών σε πρακτικές υποδομής (διαχείριση ποιότητας, διαχείριση εργατικού δυναμικού, στρατηγική κατασκευής, οργανωτικά χαρακτηριστικά, σχεδιασμός προϊόντων) και πρακτικές JIT (μείωση χρόνου εγκατάστασης, ευελιξία χρονοδιαγράμματος, συντήρηση, διάταξη εξοπλισμού και σχέσεις προμηθευτών). Μία άλλη κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τον McLachlin, είναι σε πρακτικές JIT, σε πρακτικές που σχετίζονται με τις μεθόδους Διαχείρισης Ανθρώπινου Δυναμικού (HRM) και την ενδυνάμωση του, αλλά και σε πρακτικές που σχετίζονται με τον εξοπλισμό και τη διαχείριση του δηλαδή για παράδειγμα την Ολική Παραγωγική Συντήρηση (TPM) και τη διαχείριση εξοπλισμού και την TQM. Σήμερα εξακολουθεί να υπερισχύει η τελευταία κατηγοριοποίηση. Με αυτόν

τον τρόπο, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και τα εργαλεία της λιτής μεθοδολογίας. Παρακάτω κατηγοριοποιούνται κάποιες τεχνικές λιτής μεθοδολογίας ανάλογα με τον τομέα της βιομηχανίας που μπορούν να εφαρμοστούν και να συνεισφέρουν [24]:

Πίνακας 1: Πρακτικές και τεχνικές Λιτής Παραγωγής καταναμημένες στις κατηγορίες επιρροής τους, Πηγή:One-to-one relationships between Industry 4.0 technologies and Lean Production techniques: a multiple case study

Areas	LP Practices and techniques
Manufacturing Equipment and Processes	Value Stream Mapping, Process Mapping, Set up time Reduction, SMED, Productive Maintenance (TPM), Elimination of Waste, 5S, Visual Management
Shop-Floor Management	Kaizen, Kanban / Pull Strategy, Just in time, Takt Time
Supplier Relationships	Long-term supplier involvement
Customer Relationships	Customer Involvement
Workface Management	Multifunctional Team/Employee Commitment
New Product Development	Standardisation of Components Design for Manufacturing

Επομένως, τα εργαλεία της λιτής μεθοδολογίας συμβάλλουν στη συνεχή βελτίωση μιας επιχείρησης και μιας βιομηχανικής μονάδας, μέσα από την επίλυση προβλημάτων, τη μέτρηση της απόδοσης, την ανάλυση των διεργασιών και έπειτα τη βελτιστοποίησή τους,

την κατανόηση και την εξάλειψη των απωλειών, την απλοποίηση και την τυποποίηση των διαδικασιών αλλά και μέσα από τη διαχείριση του ανθρωπίνου δυναμικού αλλά και των διαθέσιμων πόρων.

Παρακάτω αναλύονται κάποια από τα βασικά εργαλεία της λιτής μεθοδολογίας και επεξηγείται ο τομέας της βιομηχανίας και της παραγωγικής διαδικασίας στον οποίο συμβάλλουν στη συνεχή βελτίωση του.

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση των Lean Tools με βάση την περιοχή βελτίωσης

Lean Tool	Περιοχή βελτίωσης
Seven Waste	Κατανόηση και εξάλειψη απωλειών
5S	Κατανόηση και εξάλειψη απωλειών, Τήρηση προδιαγραφών
Six Sigma	Ανάλυση, απλοποίηση, τυποποίηση, βελτιστοποίηση διεργασιών
DMAIC	Ανάλυση, απλοποίηση, τυποποίηση, βελτιστοποίηση διεργασιών
Spaghetti Diagram	Κατανόηση και εξάλειψη απωλειών (απώλεια κίνησης) Ανάλυση, απλοποίηση, τυποποίηση, βελτιστοποίηση διεργασιών
5WHYS	Ανάλυση προβλήματος, εύρεση ρίζας προβλήματος
Cause Effect Diagram	Ανάλυση προβλήματος, εύρεση ρίζας προβλήματος
Κύκλος PDCA	Επίλυση προβλήματος, Δημιουργία-Ανανέωση standards
OEE	Μέτρηση απόδοσης, Βελτιστοποίηση διεργασιών
SMED	Ανάλυση, απλοποίηση, τυποποίηση, βελτιστοποίηση διεργασιών
Just In Time	Operations Management

3.5.1 Seven Wastes

Ο κύριος στόχος της λιτής μεθοδολογίας, είναι να ελαχιστοποιήσει ή και να εξαλείψει τις απώλειες της παραγωγικής διαδικασίας και πιο συγκεκριμένα, τα λεγόμενα Seven Wastes ή τις επτά απώλειες της λιτής παραγωγής. Οι επτά απώλειες είναι: α) η υπερπαραγωγή (Overproduction), β) η παραγωγή επιπλέον προϊόντος από τη ζήτηση, γ) η αναμονή για το επόμενο βήμα της παραγωγικής διαδικασίας, δ) η άσκοπη μετακίνηση προϊόντων αλλά και πρώτων υλών, ε) η άσκοπη κίνηση, στο) η αποθήκευση, ζ) το Over processing και οι αστοχίες.



Εικόνα 2: : Οι επτά απώλειες της Λιτής Παραγωγής, Πηγή: <https://kanbanize.com/lean-management/value-waste/7-wastes-of-lean>

Πιο αναλυτικά:

A) Υπερπαραγωγή

Η πιο σημαντική απώλεια που μπορεί να παρατηρηθεί σε μία βιομηχανία είναι η υπερπαραγωγή, δηλαδή η παραγωγή μεγαλύτερου αριθμού προϊόντος συγκριτικά με τη ζήτηση από την αγορά. Μπορεί να διακινδυνεύσει την ακεραιότητα της παραγωγικότητας και τη διασφάλιση της ποιότητας του προϊόντος και γενικότερα της συνολικής διαδικασίας. Επίσης, η υπερπαραγωγή μπορεί να επιβαρύνει κοστολογικά τη βιομηχανία, καθώς απαιτείται επιπλέον χρόνος αποθήκευσης αλλά και επιπλέον πρώτες ύλες σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Μπορεί να προκληθεί λόγω παραγωγής μεγάλων παρτίδων, αλλά και λόγω αδυναμίας προσανατολισμού προς τις ανάγκες της αγοράς και του καταναλωτή.

B) Αναμονή

Η αναμονή αναφέρεται στις περιόδους αδράνειας σε μια κατάντη διαδικασία που συμβαίνει επειδή μια δραστηριότητα ανάντη δεν παραδίδεται εγκαίρως. Οι πόροι στη συνέχεια χρησιμοποιούνται συχνά σε δραστηριότητες που είτε δεν προσθέτουν αξία είτε καταλήγουν σε υπερπαραγωγή. Μπορεί να προκληθεί από μη σωστό προγραμματισμό, από έλλειψη ευελιξίας και από προβλήματα στον εξοπλισμό που καθιστούν την λειτουργία του και με την σειρά της την παραγωγή αδύνατη.

Γ) Μεταφορά

Η εν λόγω μορφή απώλειας, μπορεί να παρατηρηθεί σε οποιαδήποτε μεταφορά συμβαίνει η οποία σχετίζεται με αγαθά ή υλικά. Είναι κατανοητό ότι δε γίνεται να μηδενιστούν όλες οι μεταφορές, αφού κάποιες είναι απαραίτητες για τη συνέχεια της παραγωγικής διαδικασίας αλλά μέσω των εργαλείων και των μεθοδολογιών που

περιέχονται στην έννοια της λιτής παραγωγής, υπάρχει δυνατότητα ελαχιστοποίησης τους και περιορισμού μόνο στις απολύτως απαραίτητες. Μπορεί να προκληθεί από λανθασμένο σχεδιασμό διεργασίας αλλά και λόγω πολυπλοκότητας πρώτων υλών και υλικών γενικότερα.

Δ) Κίνηση

Πρόκειται για όλες τις άσκοπες κινήσεις των άμεσα εμπλεκόμενων στην παραγωγική διαδικασία, οι οποίες αν και δεν συνδέονται άμεσα με τις απώλειες που σχετίζονται με τη μεταφορά προϊόντων και υλικών, μπορεί να είναι σημαντικές και κοστοβόρες. Παράδειγμα μιας απώλειας κίνησης είναι η μετακίνηση ενός εργαζομένου της παραγωγής προκειμένου να βρει ένα εργαλείο η γενικότερα κάτι που χρειάζεται για την εργασία του. Μπορεί να είναι αποτέλεσμα, μη επαρκούς εκπαίδευσης του προσωπικού, μη ύπαρξης προτύπων και συγκεκριμένων διαδικασιών που ακολουθούνται αλλά και απουσίας ευταξίας στον χώρο εργασίας.

Ε) Απόθεμα

Το περιττό απόθεμα οδηγεί σε μια σειρά από στρατηγικά μειονεκτήματα και αρνητικές επιρροές σχετικά με την πορεία της επιχείρησης. Παραδείγματα αυτών είναι η αύξηση του χρόνου παράδοσης το αυξημένο κόστος αποθήκευσης, καθώς και η εκτεταμένη επανεπεξεργασία όταν δημιουργείται πρόβλημα. Γι' αυτό τον λόγο, ένας από τους κύριους άξονες της λιτής παραγωγής είναι η διατήρηση του αποθέματος σε αρκετά χαμηλά επίπεδα. Μπορεί να προκληθεί από λανθασμένο προγραμματισμό παραγωγής και λανθασμένη πρόβλεψη αλλά, από τον αποπροσανατολισμό από την ανάγκη του καταναλωτή αλλά και από μεγάλα διαστήματα set up και downtime του εξοπλισμού.

Στ) Over processing

Αναφέρεται σε επιπλέον παραγωγικές και μη διαδικασίες όπως επανεπεξεργασία ήδη παραγόμενων προϊόντων που με αυτόν τον τρόπο δεσμεύουν πόρους και δεν είναι δυνατή η παραγωγή καινούργιου προϊόντος, η αποθήκευση έτοιμων προϊόντων πριν την αποστολή τους λόγω επανεξέτασης ή λόγω εύρεσης ελαττωματικών κομματιών. Πρόκειται για το πιο δύσκολο διαχειρίσιμο απόβλητο καθώς απαιτείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για την εξάλειψή του. Μπορεί να προκύψει από την μη τήρηση προτύπων διαδικασιών, από την μη ύπαρξη συγκεκριμένων προδιαγραφών, αλλά και από την έλλειψη καινοτομίας και βελτίωσης στις λειτουργικές διαδικασίες.

Ζ) Ελαττωματικό τελικό προϊόν

Τελευταίο, αλλά εξίσου σημαντικό από τα επτά παραδοσιακά απόβλητα, είναι η ύπαρξη ελαττωματικών τελικών προϊόντων. Τα ελαττωματικά προϊόντα, αναφέρονται σε ένα προϊόν που αποκλίνει από τα πρότυπα του σχεδιασμού του ή από τις προσδοκίες του πελάτη. Σε όρους παραγωγής, τα ελαττώματα εμφανίζονται όταν το προϊόν παρεκκλίνει από τη βασική του μορφή, δεν ακολουθούν τις προδιαγραφές με βάση τις οποίες έχει στηθεί η παραγωγή.

Τα ελαττωματικά προϊόντα πρέπει να αντικατασταθούν και για να γίνει αυτό απαιτείται επιπλέον ανθρώπινη και παραγωγική εργασία για να επανέλθουν στη σωστή μορφή. Επομένως, οι πόροι που διατίθενται στο ελαττωματικό προϊόν σπαταλούνται επειδή το προϊόν δεν χρησιμοποιείται και επιπλέον απαιτείται και σπατάλη επιπλέον πόρων για τη διόρθωση του προβλήματος. Επιπλέον, ένα ελαττωματικό προϊόν συνεπάγεται σπατάλη σε άλλα επίπεδα που μπορεί να οδήγησαν αρχικά στο ελάττωμα. Πιο συγκεκριμένα, μέσα σε αυτά συγκαταλέγεται και το περιβαλλοντικό κόστος των ελαττωμάτων το οποίο είναι οι πρώτες ύλες που καταναλώνονται, τα ελαττωματικά μέρη του προϊόντος που απαιτούν απόρριψη ή ανακύκλωση (που σπαταλά άλλους πόρους που εμπλέκονται στην

επαναχρησιμοποίησή του) και ο επιπλέον χώρος που απαιτείται και η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας που συνεπάγεται η αντιμετώπιση των ελαττωμάτων.

Η δημιουργία ενός πιο αποτελεσματικού συστήματος παραγωγής μειώνει τα ελαττωματικά τελικά τεμάχια και ελαττώνει σημαντικά τη σπατάλη των πόρων που αποσκοπούν στην αντιμετώπισή τους.

Μετά την παράθεση των επτά βασικών απωλειών σύμφωνα με την Λιτή Μεθοδολογία, ακολουθεί η παρουσίαση και ανάλυση βασικών εργαλείων και μεθοδολογιών που συνεισφέρουν στην εξάλειψη των παραπάνω. Όπως, φαίνεται και στον Πίνακα 2 που βρίσκεται παραπάνω η κάθε μεθοδολογία και το κάθε εργαλείο έχει συγκεκριμένη λειτουργία και αποσκοπεί στη βελτίωση συγκεκριμένου τομέα της παραγωγής. Για παράδειγμα, ξεκινώντας από την μεθοδολογία των 5S και το Spaghetti Diagram, συμβάλει στην κατανόηση και εύρεση των απωλειών στον χώρο της παραγωγής και έπειτα στην εύρεση λύσεων για την τήρηση των κανόνων και των προδιαγραφών. Συνεχίζοντας, με τις μεθοδολογίες DMAIC, Six Sigma, SMED, υπάρχει η δυνατότητα ανάλυσης μίας διεργασίας και έπειτα βελτιστοποίησης της. Τέλος, παρακάτω θα αναλυθούν εργαλεία που βοηθούν στην επίλυση ενός προβλήματος, στην εύρεση της ρίζας του και στην εύρεση πιθανών διορθωτικών και βελτιωτικών ενεργειών (Cause and Effect Diagram, 5Whys, Κύκλος PDCA), ενώ σημαντική είναι η συμβολή εργαλείων που βοηθούν στη μέτρηση και στην ποσοτικοποίηση της πορείας της βελτίωσης όπως ο δείκτης OEE.

3.5.2 Μεθοδολογία των 5S

Πρόκειται για μια μεθοδολογία που εφαρμόζεται σε κοινό χώρο εργασίας με σκοπό να αποφασιστεί τι πρέπει να φυλάσσεται, πού πρέπει να φυλάσσεται και πώς πρέπει να φυλάσσεται. Το 5S προκύπτουν από πέντε ιαπωνικές λέξεις που ξεκινούν με "S" οι οποίες περιγράφουν 5 βασικά βήματα που καταλήγουν σε μία τυποποιημένη μεθοδολογία διαχείρισης αλλαγών και καθαρισμού για τη δημιουργία ενός χώρου

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

εργασίας κατάλληλου για οπτικό έλεγχο και λιτή παραγωγή. Το 5S είναι ένα σετ των τεχνικών που παρέχουν μια τυπική προσέγγιση για την εξασφάλιση της ευταξίας και της τήρησης των προδιαγραφών στον εκάστοτε χώρο εργασίας.



Εικόνα 3: Αρχές των 5S.

Η μεθοδολογία των 5S αποτελείται από τις παρακάτω αρχές [32]:

Sort (Seiri)

Το πρώτο βήμα της μεθοδολογίας αυτής αναφέρεται στον έλεγχο του χώρου εργασίας και στη βεβαίωση ότι στην εν λόγω περιοχή εργασίας βρίσκονται τα απολύτως απαραίτητα εργαλεία. Αυτό προϋποθέτει, την απουσία από τον χώρο εργαλείων, υλικών και γενικότερα άλλων αντικειμένων που δεν εμπλέκονται και δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία, καθώς και την αποθήκευση ή απόρριψη τους. Με αυτόν τον τρόπο, προκύπτει ένας χώρος εργασίας στον οποίο ο χώρος, η ενέργεια, τα υλικά, ο εξοπλισμός και γενικότερα όλοι οι παρόντες πόροι μπορούν να διαχειριστούν και να χρησιμοποιηθούν πιο αποτελεσματικά.

Straighten-Set in Order (Seiton)

Το Straighten εστιάζει στη ρύθμιση του χώρου εργασίας και γενικότερα των απαραίτητων εργαλείων ώστε να μπορούν να βρεθούν και να χρησιμοποιηθούν ευκολότερα και πιο αποτελεσματικά. Για παράδειγμα, η τακτοποίηση των εργαλείων με βάση την χρονική σειρά και τον χώρο που θα χρειαστούν αποτελεί ένα κομμάτι αυτού του βήματος. Με λίγα λόγια, δημιουργείται ένα περιβάλλον εργασίας που είναι βοηθητικό στο ανθρώπινο δυναμικό που σχετίζεται με αυτήν την εργασία. Να σημειωθεί ότι το βήμα αυτό πρέπει να γίνει μετά το sort γιατί αλλιώς δεν έχει την ίδια αποτελεσματικότητα. Από όλα τα βήματα από αυτό μπορούν να παρατηρηθούν οι μεγαλύτερες μειώσεις κόστους, καθώς με αυτήν την λογική μειώνεται αρκετά ο χρόνος που σπαταλάται στην εύρεση των απαραίτητων υλικών και εργαλείων. Για την καλύτερη εφαρμογή της μεθόδου, είναι ιδανική η δημιουργία προτύπων και συγκεκριμένων διαδικασιών που θα ακολουθούνται κάθε φορά.

Sweep-Shine (Seiso)

Σε αυτό το βήμα, το πιο σημαντικό είναι η διατήρηση της καθαριότητας και της ευταξίας στον χώρο εργασίας και πιο συγκεκριμένα στον εξοπλισμό. Αυτό σημαίνει εκτός από καθαρό εξοπλισμό και απαλλαγμένο πάτωμα από αντικείμενα που μπορεί να δημιουργήσουν εμπόδια και να καταλήξουν σε αύξηση του χρόνου της διαδικασίας αλλά και σε ατυχήματα. Έτσι, εξασφαλίζεται η άμεση εκμετάλλευση οποιουδήποτε χώρου και εξοπλισμού.

Standardize (Seiketsu)

Οι τρεις πρώτοι πυλώνες αφορούν δραστηριότητες για την οργάνωση του χώρου εργασίας. Η τυποποίηση είναι η μέθοδος που συνεισφέρει στην διατήρηση των παραπάνω τριών βημάτων (Ταξινόμηση, Ρύθμιση, Λάμψη). Πρόκειται λοιπόν για μία

διαδικασία ελέγχου των τριών πρώτων πυλώνων αλλά και εξασφάλισης της εφαρμογής τους σε καθημερινή βάση και σε πλήρη εφαρμογή.

Sustain (Shitsuke)

Το σημαντικότερο ίσως βήμα είναι η διατήρηση όσων αναφέρθηκαν παραπάνω, δηλαδή η διατήρηση των σωστών διαδικασιών και η υιοθέτηση τους ως συνήθειες σε καθημερινή βάση. Οι πρώτοι τέσσερις πυλώνες μπορεί να είναι σχετικά εύκολα εφαρμόσιμοι μετά από συνεργασία και δέσμευση με τους εργαζόμενους να τηρούνται και να ακολουθούνται τα βήματα της μεθοδολογίας 5S.

Χωρίς όμως τη διατήρηση και τον συνεχή έλεγχο, δεν θα διαρκέσουν για πολύ. Η διατήρηση δεν είναι τεχνική και διαφέρει από τα προηγούμενα τέσσερα βήματα, ωστόσο χωρίς αυτήν το αποτέλεσμα δεν μπορεί να φανεί.

Υπάρχουν πολλά εργαλεία και τεχνικές που μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα εργοστάσιο για να βοηθήσει στη διατήρηση της δέσμευσης στο 5S. Για παράδειγμα, μπορούν να δημιουργηθούν ειδικά εγχειρίδια για την κάθε διαδικασία, να δημιουργηθούν ετικέτες για τον εξοπλισμό και γενικότερα για τον χώρο, ειδικοί χάρτες, κατόψεις, αφίσες, ακόμα και φωτογραφίες που θα περιγράφουν καλύτερα τη διαδικασία και θα δίνουν πλήρη εικόνα στον εργαζόμενο. Με αυτόν τον τρόπο εκτός του ότι εξασφαλίζεται η διατήρηση που προαναφέρθηκε, γίνεται ευκολότερη η ένταξη και η οικειοποίηση ενός νέου εργαζόμενου στις διαδικασίες του εργοστασίου και της παραγωγής.

3.5.3. Lean Six Sigma

Βιβλιογραφικά, υπάρχουν αρκετές διαφορετικές προσεγγίσεις για το εργαλείο “Six Sigma”. Αρχικά, έχει οριστεί ως ένα σύνολο στατιστικών εργαλείων που υιοθετούνται με σκοπό τη διαχείριση ποιότητας για τη δημιουργία ενός πλαισίου για τη βελτίωση της διαδικασίας. Επίσης, έχει οριστεί ως επιχειρησιακή φιλοσοφία που μπορεί να

υιοθετηθεί από πελάτες, μετόχους, εργαζόμενους και προμηθευτές. Χάρη στην ευελιξία της, η εφαρμογή Six Sigma δεν είναι περιορίζεται μόνο στην κατασκευή αλλά μπορεί να επεκταθεί σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα. Τέλος, το Six Sigma ορίζεται και ως επιχειρηματική κουλτούρα. Αυτό το ρεύμα υποστηρίζει ότι η επιτυχία του Six Sigma δεν βασίζεται μόνο σε στατιστικά εργαλεία και τεχνικές αλλά και σε δέσμευση της ανώτατης διοίκησης να εγγυηθεί τη συμμετοχή των εργαζομένων σε όλα τα φλέγοντα ζητήματα. [35]

Η μεθοδολογία Six Sigma εστιάζει στην εδραίωση παγκόσμιων επιχειρηματικών επιδόσεων και στην παροχή μιας οργανωτικής δομής και ενός πολύτιμου οδηγού ώστε να μπορούν να επιτευχθούν τα παραπάνω. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως σε μια ομάδα έργου, χρησιμοποιώντας εργατικό δυναμικό εκπαιδευμένο στη μεθοδολογία βελτίωσης της απόδοσης. Αν και η μεθοδολογία αυτή αποσκοπεί στην ενίσχυση της αξίας προϊόντων και υπηρεσιών με γνώμονα τον πελάτη και τις ανάγκες του, το Six Sigma είναι επίσης άμεσα εφαρμόσιμο για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της εταιρείας αλλά και της αποτελεσματικότητας όλων των διαδικασιών, εργασιών και συναλλαγών σε οποιοδήποτε μέρος της αλλά και με οποιοδήποτε άλλο οργανισμό και συνεργάτη. Επομένως, τα έργα επιλέγονται και υλοποιούνται με βάση τη συνάφειά τους για την αύξηση της ικανοποίησης των πελατών και την επίδρασή τους στην ενίσχυση της επιχειρηματικής απόδοσης [16].

Είναι σύνηθες στις σύγχρονες βιομηχανίες να αναζητούνται οι αλλαγές και οι βελτιώσεις που προέρχονται σε μεγάλο βαθμό λόγω της τεχνολογικής και επιστημονικής προόδου αλλά και λόγω των αλλαγών της επιχειρηματικότητας που προέρχονται από διαταραχές και αλλαγές της αγοράς. Μέσω της μεθοδολογίας Six Sigma, η διοίκηση μπορεί να εστιάσει σε ενέργειες βελτίωσης σε καθημερινό επίπεδο και σε καθημερινές δραστηριότητες, εισάγοντας τη συνεχή βελτίωση ως ένα μέρος της εργασίας [16].

Με λίγα λόγια, η εν λόγω μεθοδολογία, επικεντρώνεται στην «προσθήκη αξίας» στις ήδη υπάρχουσες δραστηριότητες, κάτι που οι οργανισμοί θεωρούν σημαντικό να γίνεται

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

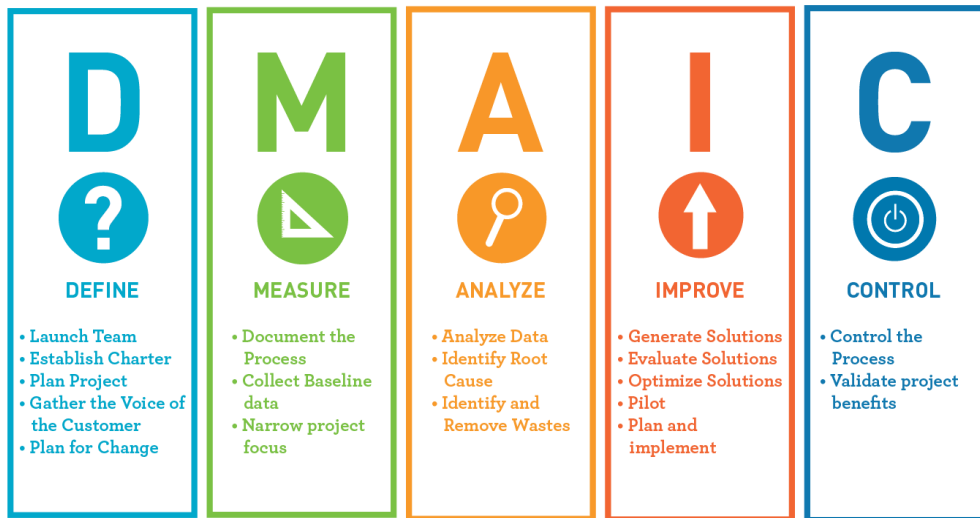
σήμερα, καθώς οδηγεί στη βελτίωση της αποδοτικότητας, της αποτελεσματικότητας, της ικανοποίησης του καταναλωτή και κατά συνέπεια στην αύξηση του κέρδους και της βιωσιμότητας [16].

Γενικά, υπάρχουν αρκετές προσεγγίσεις σχετικά με την εφαρμογή της μεθοδολογίας Six Sigma. Η βασική ιδέα βασίζεται σε οκτώ πυλώνες που είναι οι εξής[16]:

1. Προσδιορισμός της διεργασίας
2. Ορισμός της διεργασίας
3. Μέτρηση τωρινής απόδοσης διεργασίας
4. Ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης
5. Ανάπτυξη και εύρεση των πιθανών βελτιώσεων, δοκιμή και επιβεβαίωση βελτίωσης
6. Εφαρμογή των αλλαγών
7. Έλεγχος και διασφάλιση ομαλότητας διεργασίας με τις νέες συνθήκες
8. Επικοινωνία και διάδοση της γνώσης και σε άλλα τμήματα του οργανισμού που ενδέχεται να μπορούν να την χρησιμοποιήσουν

3.5.4. Μεθοδολογία DMAIC

Με τον όρο iLeanDMAIC εννοείται μια μεθοδολογία που στοχεύει στην επίλυση προβλημάτων σε οργανισμούς, προκειμένου να μειωθούν οι απώλειες και ταυτόχρονα να αυξηθεί αποτελεσματικότητα και η ανταγωνιστικότητα. Είναι μία μεθοδολογία, η οποία κατά βάση μοιάζει αρκετά με την προαναφερόμενη μεθοδολογία καθώς βασίζεται σε παρόμοιους κεντρικούς άξονες.



Εικόνα 4: Αναλυτικότερη περιγραφή της μεθοδολογίας DMAIC, Πηγή:<https://goproductivity.ca/blog/6187/what-is-dmaic/>

Πιο συγκεκριμένα, για την εφαρμογή της μεθοδολογίας DMAIC ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα που από τα αρχικά τους προκύπτει και η ονομασία της μεθοδολογίας [12]:

1. *Define*: Αρχικά, σε αυτό το βήμα, κατανοείται η υφιστάμενη κατάσταση και αναζητούνται τα πιθανά περιθώρια βελτίωσης. Με βάση μία από τις αρχές της λιτής μεθοδολογίας, τον καθορισμό της ροής αξίας του προϊόντος, εντοπίζονται και καθορίζονται τα σημεία που χρήζουν περαιτέρω βελτίωσης.

Σχετικά με τη συγκεκριμένη μελέτη, παρατηρείται ότι το κομμάτι των αλλαγών εξοπλισμού είναι το σημείο της διεργασίας που μπορεί να έχει μεγαλύτερο περιθώριο βελτίωσης. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι πρόκειται για ένα μέρος της διεργασίας το οποίο δεν συμβάλλει στη δημιουργία αξίας για τον καταναλωτή. Επομένως, η ελαχιστοποίηση του δρα θετικά στην ενίσχυση σημείων που δίνουν αξία στο τελικό προϊόν.

2. *Measure*: Σε αυτό το σημείο, είναι απαραίτητα κάποια αριθμητικά στοιχεία ώστε να επιβεβαιωθεί η αναγκαιότητα βελτίωσης. Για παράδειγμα, υπάρχει δυνατότητα υπολογισμού του Takt Time, δηλαδή το πόσο συχνά πρέπει να παράγεται το αντίστοιχο προϊόν σύμφωνα με τη ζήτηση της αγοράς, με λίγα λόγια ορίζεται σαν

λόγος ζήτησης. Ένα άλλο αριθμητικό στοιχείο που θα μπορούσε να περιγράψει την αναγκαιότητα για βελτίωση είναι το ποσό της ζήτησης που αντιπροσωπεύει τα προϊόντα που αντιστοιχούν στην αντίστοιχη γραμμή παραγωγής.

3. *Analyse*: Με χρήση εργαλείων και δεικτών, αναλύεται το φαινόμενο για να ληφθούν τα κατάλληλα συμπεράσματα. Ένας δείκτης που μπορεί να φανεί πολύ χρήσιμος σε αυτό το στάδιο της μεθοδολογίας, είναι ο συνολικός δείκτης αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού (OEE), από τον οποίο μπορούμε να συμπεράνουμε τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού για παραγωγή, που στην περίπτωση που είναι σε χαμηλά επίπεδα σημαίνει ότι το κομμάτι των προγραμματισμένων αλλαγών του εξοπλισμού είναι χρονικά αρκετά μεγάλο.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, παρατηρείται ότι ο συνολικός ετήσιος χρόνος που αφιερώνεται στις αλλαγές είναι στο ύψος των 966 ωρών δηλαδή στο 50% των ωρών που χρειάζονται για να επιτευχθεί η ανάλογη ζήτηση.

4. *Improve*: Ένα από τα τελευταία βήματα της μεθοδολογίας, είναι η επιλογή και εφαρμογή των κατάλληλων εργαλείων προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος που έχει οριστεί στα πρώτα βήματα.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, στην παρούσα διπλωματική, επιλέγεται η χρήση της μεθοδολογίας SMED προκειμένου να επιτευχθεί μείωση του χρόνου της διαδικασίας αλλαγής. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία θα αναλυθεί εκτενέστερα παρακάτω.

5. *Control*: Τέλος, είναι απαραίτητος ο συνεχής έλεγχος της νέας κατάστασης καθώς και η συνεχής επαλήθευση.

Ένας τρόπος να γίνει αυτό, είναι η εκ νέου εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED αλλά και η παρακολούθηση του συνολικού δείκτη αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού και ειδικότερα του δείκτη της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού.

3.5.5. Μεθοδολογία 5 WHYs

Στον τομέα της παραγωγής, σημαντική είναι η επίλυση οποιωνδήποτε προβλημάτων που ενδέχεται να προκύψουν καθώς και η εύρεση της ρίζας του προβλήματος με σκοπό την εξάλειψή της, όταν και όπου υπάρχει η δυνατότητα.

Η μέθοδος “5 Whys” είναι μια απλή τεχνική επίλυσης προβλημάτων που συμβάλλει στην εύρεση της ρίζας ενός προβλήματος γρήγορα και ακολουθώντας την λογική εξέλιξη ενός συμβάντος. Ξεκίνησε περίπου το 1970 από το σύστημα παραγωγής της Toyota και πρόκειται για την εξέταση οποιουδήποτε προβλήματος με βάση τις παρακάτω ερωτήσεις: "γιατί;" και "τι προκάλεσε αυτό το πρόβλημα;"

Η αποτελεσματική χρήση της τεχνικής ανάλυσης των “5 Whys” θα καθορίσει τη βασική αιτία οποιωνδήποτε μη συμμορφώσεων και στη συνέχεια θα οδηγήσει τους οργανισμούς στην ανάπτυξη αποτελεσματικών μακροπρόθεσμων διορθωτικών αλλά και πιθανώς προληπτικών ενεργειών. [33]

3.5.6. Cause - Effect Diagram Ο όρος Cause-Effect diagram η αλλιώς fishbone diagram, αναφέρεται σε μία απλή τεχνική ανάλυσης προβλήματος ή μιας διαδικασίας. Το διάγραμμα αυτό είναι επίσης, γνωστό ως διάγραμμα Ishikawa όπως αναπτύχθηκε από τον Kaoru Ishikawa το 1942 στο Πανεπιστήμιο του Τόκιο ή το διάγραμμα των 4M λόγω των βασικών κατηγοριών πάνω στις οποίες βασίζεται η ανάλυση. [19]

Πρόκειται λοιπόν για μία μέθοδο με την οποία μπορούν να ταυτοποιηθούν οι κύριες αιτίες που επηρεάζουν μία διεργασία ή που προκαλούν ένα πρόβλημα. Γι' αυτόν τον λόγο, βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε βιομηχανίες και πιο συγκεκριμένα σε προβλήματα που αφορούν εξοπλισμό, συστήματα και διεργασίες. [19]

Το CEDAC προσδιορίζει όλες τις πιθανές σχέσεις μεταξύ των βασικών μεταβλητών που επηρεάζουν το πρόβλημα ή την διαδικασία, δηλαδή μεταξύ των πέντε παρακάτω κατηγοριών: Υλικά(Materials), Μηχανές(Machine), Άνθρωπος(Manpower), Μέθοδοι(Method), Μετρήσεις (measurements) και Περιβάλλον(Mother Nature). [19]

3.5.7. Spaghetti Diagram

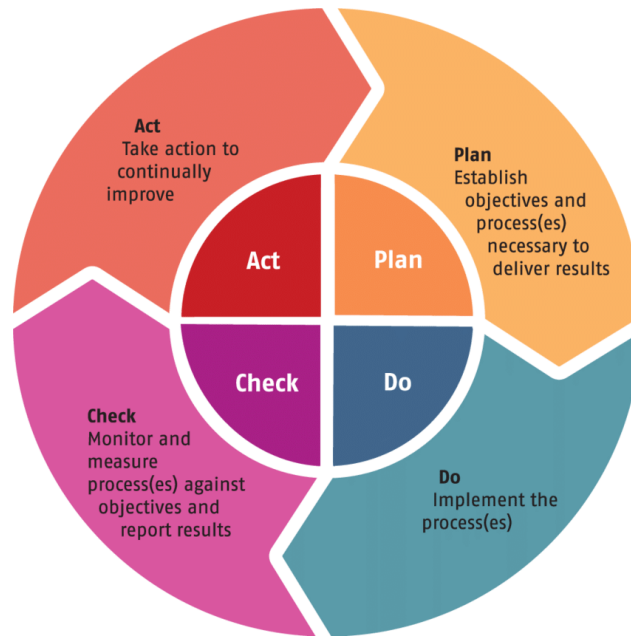
Το διάγραμμα αυτό αποτελεί μια οπτική αναπαράσταση μίας διαδικασίας συνεχούς

ροής ανιχνεύοντας και καταγράφοντας σχηματικά τη διαδρομή της δραστηριότητας. Η αποτύπωση αυτή επιτρέπει στην ομάδα εργαζομένων να εντοπίσει απώλειες στη ροή εργασίας αλλά και στην ποιότητα της εργασίας που συνήθως οφείλονται σε άσκοπες κινήσεις και μετακινήσεις και να βρει ευκαιρίες για να επιτάχυνση και βελτιστοποίηση της ροής της διαδικασίας.

3.5.8. Κύκλος PDCA

Σημαντικό εργαλείο στο πλαίσιο της συνεχούς βελτίωσης αποτελεί ο κύκλος PDCA ή αλλιώς Shewhart Cycle ή Deming Cycle. Πρόκειται για ένα εργαλείο που σχετίζεται με την οργανωτική προσέγγιση και αντιμετώπιση ενός προβλήματος, στηρίζοντας και ενθαρρύνοντας όλους τους εργαζομένους να συμμετέχουν στην επίλυση του.

Κατά τη διάρκεια του πρώτου βήματος (Plan) είναι σημαντική η ταυτοποίηση του προβλήματος και της ρίζας του καθώς και η ανάλυση του. Με αυτόν τον τρόπο, οποιαδήποτε διορθωτική ενέργεια επιλεγεί στην συνέχεια, θα εστιάζει στην πραγματική αιτία του προβλήματος. Στη συνέχεια, ακολουθεί η διαδικασία εύρεσης της επιθυμητής λύσης του προβλήματος και εφαρμογή της (Do). Κατά το τρίτο βήμα (Check), εξετάζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της λύσης που προτάθηκε ενώ στο τέλος(Act) τυποποιούνται και ελέγχονται διαρκώς ώστε να εξασφαλιστεί η συνεχής βελτίωση. Είναι σημαντικό να διατηρηθεί ο συνεχής έλεγχος της τήρησης των διορθωτικών ενεργειών ώστε να αποφευχθεί η επαναληψιμότητα του φαινομένου. [23]



Εικόνα 5: Κύκλος PDCA, Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/345825041_The_Learning_Enterprise_Innovative_Practices_for_Organizational_Transformation_by_Arthur_Poh_et_al/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic

3.5.9. Συνολικός Δείκτης Αποτελεσματικότητας Εξοπλισμού (OEE Overall Equipment Effectiveness)

Ο δείκτης OEE (Overall Equipment Effectiveness) αποτελεί ποσοτικό εργαλείο μέτρησης της παραγωγικότητας του εξοπλισμού όπως μιας μηχανής ή και μιας γραμμής παραγωγής ενός εργοστασίου. Δίνει δυνατότητα μέτρησης και αξιολόγησης των απωλειών δηλαδή των δραστηριοτήτων που καταναλώνουν πόρους αλλά δεν προσθέτουν αξία στο τελικό προϊόν, της διαθεσιμότητας, της απόδοσης και της ποιότητας του αντίστοιχου εξοπλισμού. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο παρακολούθησης της πορείας του εξοπλισμού και της ευρύτερης παραγωγικής μονάδας αλλά και ως εργαλείο βελτίωσης της λειτουργίας και της αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της παραγωγικότητας της γραμμής παραγωγής και του εργοστασίου γενικότερα. [6]

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

Πρόκειται λοιπόν για ένα μέτρο της αποτελεσματικότητας, δηλαδή κατά πόσο ο εξοπλισμός και γενικότερα η διεργασία ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις, στους πόρους και στα χαρακτηριστικά της παραγωγής.

Σύμφωνα με τους Jonsson και Lesshammar (1999), οι απώλειες ενδέχεται να είναι είτε χρόνιες, είτε στιγμιαίες. Οι χρόνιες απώλειες είναι μικρές και τα αίτια τους μπορεί να μην είναι πάντα τα προφανή. Οι πιο παροδικές απώλειες είναι πιο εμφανείς αφού εμφανίζονται γρήγορα και έχουν μεγάλες αποκλίσεις από την κανονική κατάσταση και επομένως απαιτείται πιο έγκαιρη αντιμετώπιση τους ώστε να επανέλθει ο δείκτης σαν λογικά επίπεδα. Επομένως, πρόκειται για μία προσέγγιση κατά την οποία το εν λόγω εργατικό δυναμικό προσπαθεί να επιτύχει την επιθυμητή συνολική αποτελεσματικότητα εξαλείφοντας έξι μεγάλες απώλειες (Nakajima 1988) όπως αναφέρθηκαν και παραπάνω.

[6]

Ως ΟΕΕ ορίζεται το μέτρο της συνολικής απόδοσης του εξοπλισμού, δηλαδή ο βαθμός στην οποία ο εξοπλισμός κάνει αυτό που υποτίθεται ότι πρέπει να κάνει (Williamson 2006). Είναι αποτέλεσμα τριών επιμέρους δεικτών: της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού (Availability), της απόδοσης (Performance) και της ποιότητας (Quality).

Μέσω αυτών των δεικτών μπορούν να εντοπιστούν οι σχετικές ζημίες με σκοπό τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης και αξιοπιστίας του.

Πιο συγκεκριμένα, κατηγοριοποιεί μεγάλες απώλειες ή αιτίες κακής απόδοσης και ως εκ τούτου παρέχει τη βάση για τον καθορισμό προτεραιοτήτων βελτίωσης.

Η χρήση του δείκτη αυτού και γενικότερα η συνεχής αξιολόγησή του σε μια καθημερινότητα μιας μονάδας παραγωγής είναι αρκετά σημαντική καθώς μπορεί να συμβάλλει καταλυτικά στην εύρυθμη λειτουργία της. Αρχικά, βραχυπρόθεσμα, ο ΟΕΕ προσδιορίζει τη συνολική ευκαιρία για βελτίωση που μερικές φορές αναφέρεται ως "αποκάλυψη του κρυφού εργοστασίου" για ένα δεδομένο κομμάτι του εξοπλισμού. Μακροπρόθεσμα, το ΟΕΕ συμβάλλει στην διόρθωση και στην βελτίωση προβλημάτων

που μειώνουν την αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού, μέσω της καλύτερης κατανόησης των ζημιών.

Μπορεί επίσης να θεωρηθεί σημαντικό εργαλείο για τον καθορισμό στόχων βελτίωσης και παρακολούθησης της προόδου προς επίτευξη των στόχων που έχουν οριστεί.

Στις σύγχρονες βιομηχανικές μονάδες, η εφαρμογή του OEE αν και η βάση της μέτρησης του προέρχεται από τον πρωτότυπο ορισμό του, διαφέρει ανάλογα με τον κλάδο, το είδος της βιομηχανίας καθώς επίσης και από την στρατηγική που ακολουθεί η εκάστοτε βιομηχανική μονάδα. Με λίγα λόγια, προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες και στις απαιτήσεις της.

Επιπλέον, ο όρος OEE έχει τροποποιηθεί στο βιβλιογραφία με διαφορετικούς άλλους όρους όσον αφορά την έννοια της εφαρμογής. Αυτό οδήγησε στη διεύρυνση του OEE στη συνολική εργοστασιακή αποτελεσματικότητα(OFE), συνολική αποτελεσματικότητα εργοστασίου (ΟΠΕ), αποτελεσματικότητα συνολικής απόδοσης (ΟΤΕ), παραγωγή αποτελεσματικότητα εξοπλισμού (ΡΕΕ), συνολική αποτελεσματικότητα περιουσιακών στοιχείων (ΟΑΕ) και συνολική απόδοση αποτελεσματικότητας εξοπλισμού (ΤΕΕΡ). [6]

Ο δείκτης αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού, υπολογίζεται ως εξής:

$$OEE = \frac{\text{Μονάδα τελικού προϊόντος} \times \text{Ιδανικός χρόνος παραγωγής μιας μονάδας (Ideal Cycle Time)}}{\text{Προγραμματισμένος Χρόνος Παραγωγής}}$$

ή

$$OEE = \text{Διαθεσιμότητα (Availability)} \times \text{Απόδοση(Performance)} \times \text{Ποιότητα(Quality)}$$

Με τους αντίστοιχους όρους:

- Διαθεσιμότητα

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

Η απώλεια διαθεσιμότητας περιλαμβάνει όλα τα συμβάντα που αποκλίνουν από την προγραμματισμένη παραγωγή για σημαντικό χρονικό διάστημα (συνήθως αρκετά λεπτά ή περισσότερο). Η απώλεια διαθεσιμότητας περιλαμβάνει μη προγραμματισμένες παύσεις (όπως αστοχίες εξοπλισμού και ελλείψεις υλικών) και προγραμματισμένες παύσεις (όπως χρόνος αλλαγής εξοπλισμού). Η διαθεσιμότητα υπολογίζεται ως ο λόγος του χρόνου εκτέλεσης προς τον προγραμματισμένο χρόνο παραγωγής, όπου ο χρόνος εκτέλεσης είναι απλώς ο προγραμματισμένος χρόνος παραγωγής μείον το συνολικό χρόνο διακοπής:

$$\text{Διαθεσιμότητα(Availability)} = \frac{\text{Πραγματικός Παραγωγικός χρόνος}}{\text{Προγραμματισμένος παραγωγικός χρόνος}}$$

Όπου πραγματικός παραγωγικός χρόνος = προγραμματισμένος παραγωγικός χρόνος – χρόνος μη προγραμματισμένων σταματημάτων

ή

$$\text{Διαθεσιμότητα} = \frac{\text{Διαθέσιμος χρόνος για παραγωγή} - \text{χρόνος μη προγραμματισμένων σταματημάτων}}{\text{Διαθέσιμος χρόνος για παραγωγή}}$$

- Απόδοση

Στις απώλειες απόδοσης, συμπεριλαμβάνονται όλοι οι παράγοντες που οδηγούν σε χαμηλότερη ταχύτητα συγκριτικά με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα κατά τη λειτουργία (συμπεριλαμβανομένων των αργών κύκλων και των μικρών σταματημάτων).

$$\text{Απόδοση(Performance)} = \frac{\text{Ιδανικός χρόνος ενός κύκλου} \times \text{Συνολική ποσότητα}}{\text{Παραγωγικός χρόνος}}$$

ή

$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{Πραγματική παραγωγή (σε ποσότητα ή παραγωγικότητα)}}{\text{Θεωρητική παραγωγή (σε ποσότητα ή παραγωγικότητα)}}$$

- Ποιότητα

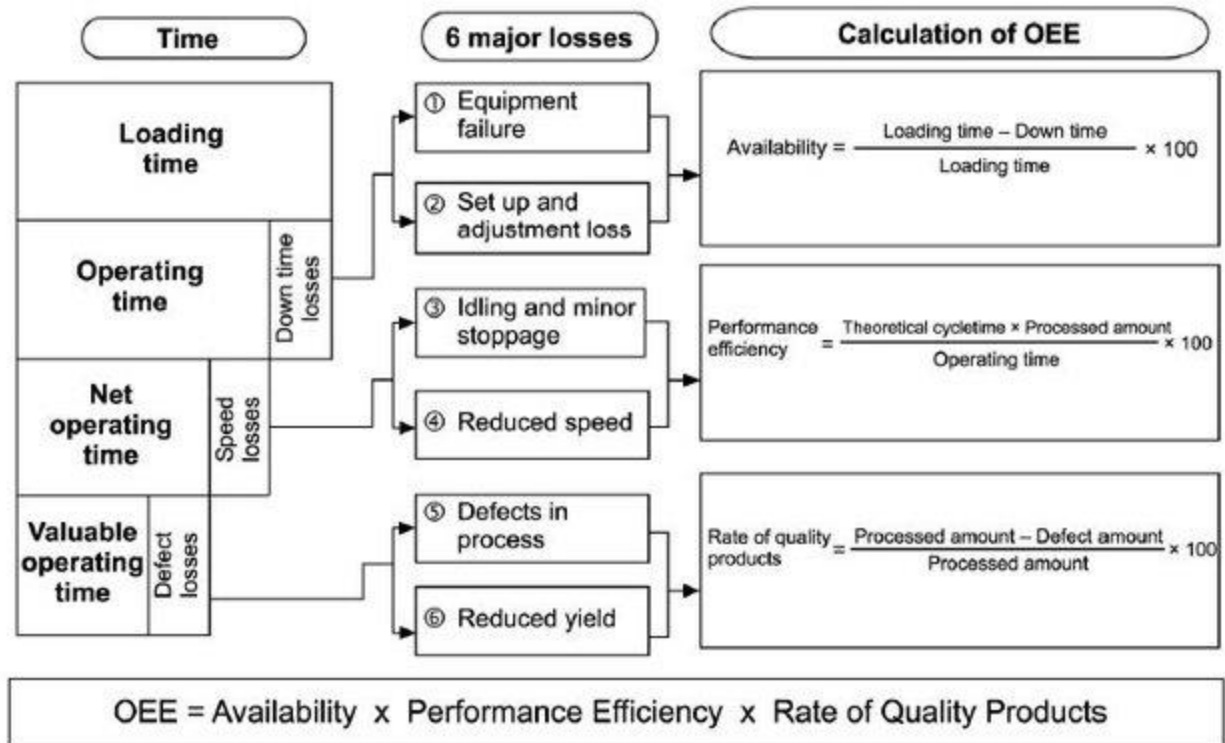
Οι απώλειες που σχετίζονται με την ποιότητα, αναφέρονται σε μονάδες έτοιμου τελικού προϊόντος που όμως δεν πληρούν τις προδιαγραφές ποιότητας, συμπεριλαμβανομένων των κομματιών που θα υποστούν εκ νέου επεξεργασία. Η ποιότητα υπολογίζεται ως η αναλογία του Πλήρως Παραγωγικού Χρόνου (μόνο των καλών τελικών προϊόντων που κατασκευάζονται με την ενδεδειγμένη ταχύτητα και χωρίς να συμπεριληφθούν τυχόν διακοπές) προς τον Καθαρό Χρόνο εκτέλεσης (γρηγορότερος δυνατός χρόνος για το συνολικό πλήθος). Στην πράξη υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Ποιότητα} = \frac{\text{Συνολική ποσότητα που έχει παραχθεί} - \text{ποσότητα εκτός προδιαγραφών}}{\text{Συνολική ποσότητα που έχει παραχθεί}}$$

Τέλος, πρόκειται για έναν ποσοστιαίο δείκτη με μέγιστο το 100%, αποδίδεται σε μία παραγωγή χωρίς σταματήματα, χωρίς απώλειες και με 100% ποιοτικά τελικά προϊόντα, κάτι που δεν αντιπροσωπεύει την βιομηχανική πραγματικότητα. Επίσης, ΟΕΕ της τάξης του 40% και κάτω θεωρείται χαμηλό, ενώ του 60% και πάνω θεωρείται υψηλό, ωστόσο σε λίγες περιπτώσεις οι βιομηχανίες χαρακτηρίζονται από ΟΕΕ μεγαλύτερο του 80%. [20]

Κατηγοριοποίηση απωλειών με βάση των δείκτη Συνολικής αποτελεσματικότητας εξοπλισμού

Σύμφωνα με τον δείκτη αυτόν, αλλά και τους επιμέρους δείκτες που τον αποτελούν, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν οι απώλειες όπως φαίνεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα και με αυτόν τον τρόπο να εντοπίζονται και να οδηγούνται προς επίλυση. Επομένως, είναι πολύ σημαντική η μέτρηση και παρακολούθηση του. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των εκτεταμένων αλλαγών ο δείκτης του Availability είναι μειωμένος και απαιτείται να γίνουν βελτιώσεις ώστε να αυξηθεί η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού και έτσι και ο δείκτης ΟΕΕ.



Εικόνα 6: Υπολογισμός του OEE με βάση τις έξι βασικές απώλειες, Πηγή: Total Productive Maintenance: Need & Framework [25]

3.5.10. Μεθοδολογία SMED(Single Minute Exchange to Die)

Machine Changeover- Διαδικασία Αλλαγής Εξοπλισμού

Ο πιο συνηθισμένος ορισμός της μετάβασης ορίζεται ως «ο χρόνος που το τελευταίο προϊόν ("A") φεύγει από το μηχάνημα μέχρι να βγουν αποδεκτά προϊόντα ("B")" (Van Goubergen, 2000).

Πιο αναλυτικά, με τον όρο αυτό, περιγράφεται οποιαδήποτε προγραμματισμένη αλλαγή και τροποποίηση που πραγματοποιείται στον αναφερόμενο εξοπλισμό. Σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται αλλαγές ανταλλακτικών του εξοπλισμού, αλλαγή υλικών συσκευασίας, αλλαγή στοιχείων παραγγελίας, καθαρισμός της μηχανής ώστε να περάσει

στο επόμενο προϊόν και γενικότερα όλες οι αλλαγές που απαιτούνται για τη μετάβαση της παραγωγής από ένα προϊόν σε ένα άλλο.

Κατά τη διάρκεια της μετάβασης της παραγωγής από ένα προϊόν σε ένα άλλο, απαιτείται η γραμμή παραγωγής να μείνει εκτός λειτουργίας ώστε να γίνουν οι απαραίτητες τροποποιήσεις, δηλαδή πρόκειται για μία διαδικασία που δεν προσθέτει αξία στο τελικό προϊόν (Non value activity). Γι' αυτόν τον λόγο, το χρονικό διάστημα της αλλαγής αλλά και οι απαραίτητοι πόροι πρέπει να είναι συγκεκριμένοι και τυποποιημένοι ώστε να υπάρχει δυνατότητα επιμέρους βελτίωσης της διαδικασίας, μείωσης του χρόνου αλλά και των πόρων που χρειάζονται(ανθρώπινοι, υλικοί, χρηματικοί).

Οι σύγχρονες βιομηχανίες αναζητούν μεθόδους μείωσης των χρόνων αλλαγής καθώς αυτό θα επιφέρει μειωμένα λειτουργικά κόστη αλλά και δυνατότητα στην συνεχή και πιο γρήγορη εναλλαγή από ένα προϊόν σε ένα άλλο που ισοδυναμεί με ευελιξία και προσαρμοστικότητα στις απαιτήσεις της αγοράς την εκάστοτε στιγμή.

Μεθοδολογία SMED- Single Minute Exchange to Die Methodology

Η μεθοδολογία αυτή ανήκει στη φιλοσοφία της λιτής παραγωγής, με απώτερο σκοπό τη μείωση των απωλειών της παραγωγικής διαδικασίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θα μελετηθεί η εφαρμογή της στην βελτιστοποίηση της διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού, δημιουργώντας νέες διαδικασίες κάτω από συγκεκριμένες προδιαγραφές, ώστε το χρονικό διάστημα αυτό να ελαχιστοποιηθεί όσο το δυνατόν γίνεται και να γίνει περισσότερο τυποποιημένο.

Πρόκειται για έναν γρήγορο και αποτελεσματικό τρόπο μετάβασης από την παραγωγή του τρέχοντος προϊόντος στην παραγωγή του επόμενου. Αυτή η ταχεία αλλαγή είναι το κλειδί για τη μείωση των μεγεθών των παρτίδων παραγωγής και ως εκ τούτου τη βελτίωση της ροής.

Επίδραση της εφαρμογής της μεθοδολογίας SMED

Η εφαρμογή της παραπάνω μεθοδολογίας, έχει αρκετά μεγάλη θετική επίδραση και συμβολή στην οικονομική ανάπτυξη και ευελιξία της βιομηχανίας. Πιο συγκεκριμένα επιτυγχάνεται:

1. Μείωση του χρονικού διαστήματος που η μηχανή είναι εκτός παραγωγής και ως αποτέλεσμα αυτού αύξηση της παραγωγικότητας.
2. Μειωμένο κόστος και μάλιστα όταν η μηχανή δεν βρίσκεται σε παραγωγή, λόγω του μειωμένου χρονικού διάστημα αλλαγής εξασφαλίζεται
3. Αύξηση της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού, επομένως αύξηση του δείκτη συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού.
4. Αυξημένη αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού, συνεπάγεται με μειωμένο αριθμό λανθασμένων αλλαγών και ταυτόχρονα αυξημένη ποιότητα προϊόντος λόγω των προτύπων διαδικασιών που ακολουθούνται.
5. Μεγαλύτερη ευελιξία στην παραγωγή και στον προγραμματισμό της παραγωγής, δηλαδή δυνατότητα παραγωγής μικρών παρτίδων διαφορετικών προϊόντων, λόγω μειωμένου χρόνου αλλαγής. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται και η μείωση του αποθέματος στον χώρο του εργοστασίου καθώς η παραγωγή ακολουθεί την ζήτηση.
6. Μεγαλύτερη ασφάλεια της διεργασίας λόγω απλοποιημένης και πιο τυποποιημένης διαδικασίας
7. Δεν υπάρχει απαίτηση για εξειδικευμένο προσωπικό, υπάρχει δυνατότητα γρήγορης εξοικείωσης και νέου προσωπικού με την διεργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο
Οικονομοτεχνική
Μελέτη

4. Οικονομοτεχνική Μελέτη

4.1 Παραγωγική Μονάδα

Η παρούσα μελέτη που συνιστά και το βασικό αντικείμενο της διπλωματικής εφαρμόζεται σε μία παραγωγική μονάδα που χαρακτηρίζεται από διεργασίες διαλείποντος έργου, καθώς η διαδικασία παραγωγής του προϊόντος και συσκευασίας αποτελείται από δύο διαφορετικά στάδια της παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, μελετάται το δεύτερο στάδιο, δηλαδή το στάδιο της συσκευασίας (πρωτογενής, δευτερογενής, τριτογενής συσκευασία). Τα προϊόντα που παρασκευάζονται στη συγκεκριμένη παραγωγική μονάδα είναι υγρής μορφής και συσκευάζονται σε φιαλίδια.

4.2 Παραγωγική Διαδικασία

Ανθρώπινο Δυναμικό

Σχετικά με το προσωπικό που απασχολεί η παραγωγή, η κάθε γραμμή παραγωγής επανδρώνεται από διαφορετικό αριθμό προσωπικού ανάλογα με τις ανάγκες. Η πλέον συνήθης στελέχωση είναι ένας χειριστής γραμμής (Operator) και ένα συγκεκριμένο αριθμό συσκευαστών (Packers).

Γραμμή Παραγωγής

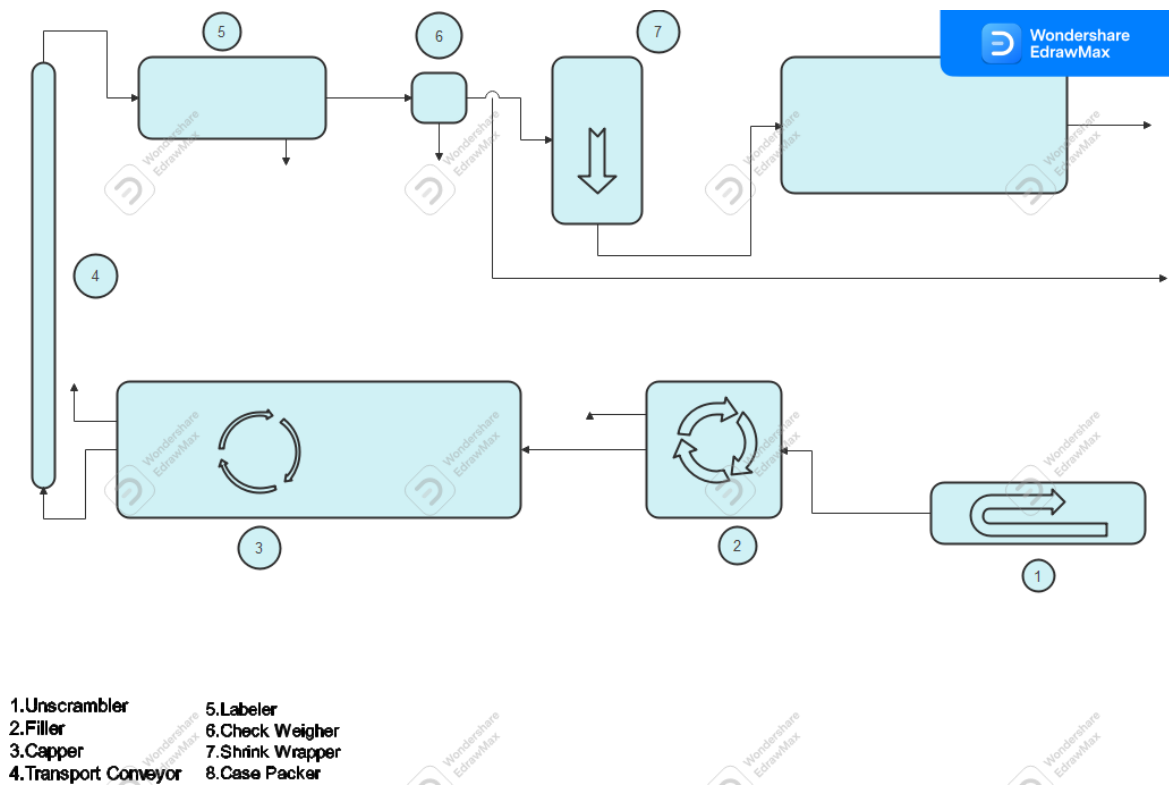
Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα μελετηθεί και θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα στάδια στα οποία χωρίζεται η παραγωγική διαδικασία.

Παραγωγική Διαδικασία

Το πρώτο στάδιο της παραγωγής αποτελείται από την παραγωγή του ενδιάμεσου προϊόντος (υγρό) μέσω της ανάμειξης των απαραίτητων πρώτων υλών. Στην συνέχεια, το προϊόν αποθηκεύεται σε ειδικά δοχεία (δεξαμενές ενός τόνου) ώστε να μεταφερθεί στον χώρο που πραγματοποιείται η συσκευασία (δεύτερο στάδιο παραγωγής).

Το δεύτερο στάδιο, το οποίο αποτελεί και το στάδιο το οποίο θα μελετηθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία, αναφέρεται στο γέμισμα του φιαλιδίου με προϊόν (filling) και έπειτα στην τελική συσκευασία του (packaging).

Όπως φαίνεται και στην παρακάτω κάτοψη, η κάθε γραμμή παραγωγής αποτελείται από μία σειρά μηχανημάτων που συνεργάζονται για την ομαλή ολοκλήρωση του εκάστοτε σταδίου του κύκλου συσκευασίας του προϊόντος.



Εικόνα 7: Διάγραμμα Ροής μίας από τις γραμμές συσκευασίας.

Αρχικά, στο πρώτο στάδιο υπάρχει μηχανήμα τροφοδοσίας των μεμονωμένων φιαλιδίων (Unscrambler Machine) ώστε να προχωρήσουν στο επόμενο μηχανήμα όπου γίνεται η πλήρωση του φιαλιδίου με το αντίστοιχο προϊόν (Filler Machine). Στην συνέχεια του

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

κύκλου συσκευασίας το φιαλίδιο συναντάει τη μηχανή τοποθετεί το πώμα ή την αντλία ανάλογα με το είδος του προϊόντος και επιτυγχάνει τη σφράγιση του φιαλιδίου (Capper Machine). Να σημειωθεί ότι η τροφοδοσία φιαλιδίων και πωμάτων καθώς και η τοποθέτηση τους στις περισσότερες γραμμές γίνεται αυτοματοποιημένα, ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις γραμμών με χειροκίνητη τροφοδοσία και τοποθέτηση και έπειτα αυτοματοποιημένη σφράγιση. Το προϊόν οδηγείται στην ετικετέζα (Labeler) για την τοποθέτηση της ετικέτας. Τα παραπάνω στάδια αποτελούν την πρωτογενή συσκευασία.

Στην συνέχεια, οδηγείται στον εν κινήσει ζυγό (Product Checkweigher) κατά τον οποίο ελέγχεται αν το τελικό προϊόν τηρεί τις προδιαγραφές βάρους και ανάλογα απορρίπτεται ή προωθείται στο επόμενο στάδιο της συσκευασίας.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις και τη ζήτηση του εκάστοτε πελάτη, πραγματοποιείται συρρίκνωση συγκεκριμένου αριθμού όμοιων φιαλιδίων στο ανάλογο μηχάνημα, το συρρικνωτικό (Shrink Wrapper Machine)(δευτερογενής συσκευασία).

Το τελευταίο στάδιο της συσκευασίας αποτελείται από τον εγκιβωτισμό των φιαλιδίων και πάλι ανάλογα με τις απαιτήσεις, τη ζήτηση και προδιαγραφές για την ασφαλή μεταφορά. Ο εγκιβωτισμός μπορεί να γίνει χειροκίνητα από το πλήρωμα της γραμμής παραγωγής αλλά μπορεί να γίνει και αυτόματα από εγκιβωτιστικό μηχάνημα (Case Packer Machine). Το εγκιβωτιστικό μηχάνημα είναι το μηχάνημα που διαμορφώνει αυτόματα το χαρτοκιβώτιο (case -erecting), και τοποθετεί τα φιαλίδια μεμονωμένα ή σε συρρίκνωση στο χαρτοκιβώτιο(case-filling) και τέλος τη σφράγιση του χαρτοκιβωτίου (case-sealing). Μετά την ολοκλήρωση του εγκιβωτισμού, μέρος του πληρώματος της μηχανής τοποθετεί χειροκίνητα τα έτοιμα χαρτοκιβώτια σε παλέτα.

Επομένως, η διαδικασία αυτή αποτελείται από επτά διαφορετικά στάδια, δηλαδή επτά διαφορετικά μηχανήματα, τα οποία απαιτούν κατάλληλη προσαρμογή σε κάθε αλλαγή από ένα προϊόν σε ένα άλλο ώστε να διασφαλίσουν την ομαλή πορεία του φιαλιδίου σε όλα τα στάδια της συσκευασίας.

Η κάθε γραμμή χαρακτηρίζεται από διαφορετικά στοιχεία λειτουργίας (ταχύτητα, δυνατότητες ωριαίας παραγωγής, απόδοση κλπ.) καθώς και διαφορετικό τύπο και κατηγορίες προϊόντων που παράγονται στην εκάστοτε γραμμή.

Επομένως, υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που διαμορφώνουν το πρόγραμμα, τον χρόνο και το είδος της αλλαγής αλλά και τη συχνότητα αλλαγής εξοπλισμού της εκάστοτε γραμμής.

4.3 Η διαδικασία αλλαγής εξοπλισμού:

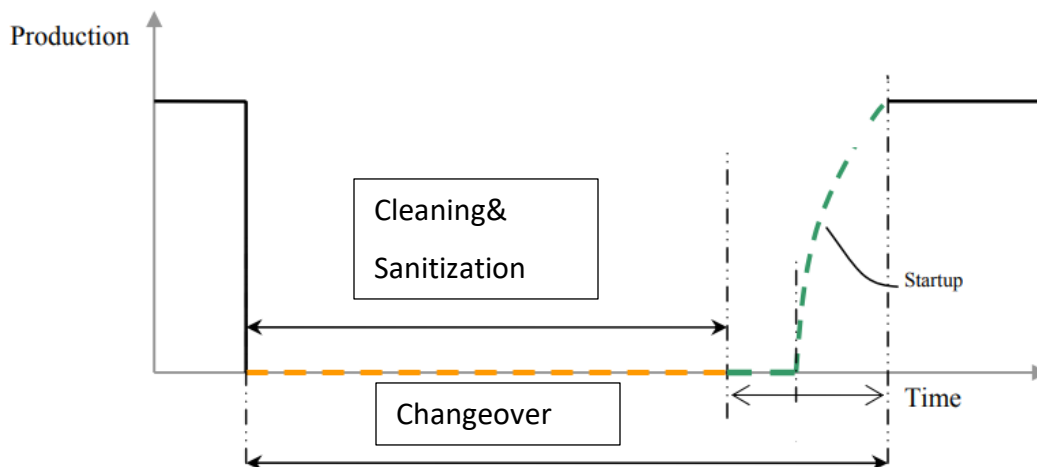
Η συγκεκριμένη μονάδα παραγωγής αποτελείται από δύο είδη γραμμών συσκευασίας, τις γραμμές υψηλής ταχύτητας (αυτόματες μηχανές) και τις γραμμές χαμηλότερης ταχύτητας (ημιαυτόματες μηχανές). Σε αυτήν την εργασία πρόκειται να μελετηθεί η περίπτωση αλλαγής σε γραμμή υψηλής ταχύτητας.

Η διαδικασία αλλαγής του εξοπλισμού αποτελείται από δύο κρίσιμα μέρη:

1. τον καθαρισμό και την απολύμανση του εξοπλισμού η οποία είναι μια συγκεκριμένη διαδικασία που απαιτεί ορισμένο χρονικό διάστημα για να πραγματοποιηθεί και έπειτα
2. την αλλαγή των εξαρτημάτων του εξοπλισμού ώστε να μπορεί η γραμμή παραγωγής να προσαρμοστεί στο σχήμα και στη γεωμετρία του φιαλιδίου.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σχετικά με την αλλαγή του εξοπλισμού, λόγω της διαφορετικής γεωμετρίας και του διαφορετικού μεγέθους του εκάστοτε φιαλιδίου, είναι απαραίτητη η αλλαγή μερών του εξοπλισμού.

Να σημειωθεί ότι ενέργειες σαν κι αυτές μπορούν να γίνουν κατά τη διάρκεια του πρώτου σταδίου(Cleaning&Sanitization) ώστε να μειωθεί ο συνολικός χρόνος της αλλαγής.



Διάγραμμα 1: Σχέση συνολικού χρόνου αλλαγής με χρόνο Καθαρισμού και Απολύμανση.

4.4 Τύποι αλλαγής

Οι δραστηριότητες που πρέπει να πραγματοποιηθούν κατά τη διάρκεια μιας αλλαγής εξοπλισμού εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά που πρέπει να αλλάξουν. Μετά την ανάλυση των πιθανών σεναρίων, οι πιθανές αλλαγές που μπορούν να γίνουν είναι οι εξής:

1. *Πρώτο σενάριο αλλαγής: Αλλαγή προέλευσης τελικού προϊόντος*

Η συγκεκριμένη αλλαγή αποτελεί την πιο εύκολη και λιγότερο χρονοβόρα αλλαγή, καθώς απαιτεί αλλαγή των υλικών που αναγράφουν χαρακτηριστικά και στοιχεία πάνω όπως

για παράδειγμα η ετικέτα. Αυτού του τύπου η αλλαγή δεν απαιτεί παρέμβαση στον εξοπλισμό και στα ανταλλακτικά του.

2. Δεύτερο σενάριο αλλαγής: Αλλαγή υγρού πλήρωσης

Σε αυτό το είδος αλλαγής, δεν απαιτείται αλλαγή του εξοπλισμού και των ανταλλακτικών καθώς το μέγεθος και η γεωμετρία του φιαλιδίου είναι ίδια με το προηγούμενο προϊόν, ωστόσο, απαιτείται καθαρισμός και απολύμανση της γεμιστικής μηχανής και των σημείων του εξοπλισμού που έρχονται σε επαφή με το προϊόν, ώστε να μπορεί η παραγωγή να περάσει στο νέο προϊόν. Επομένως, το συνολικό χρονικό διάστημα που απαιτείται ταυτίζεται με τον χρόνο που απαιτείται για καθαρισμό και απολύμανση.

3. Τρίτο σενάριο αλλαγής: Αλλαγή φιαλιδίου και προϊόντος που γεμίζεται

Αυτό το είδος αλλαγής είναι ίσως το πιο χρονοβόρο και αυτό που χρήζει τη μεγαλύτερη βελτίωση ώστε να γίνει εξοικονόμηση χρόνου και να αυξηθεί η διαθεσιμότητα της γραμμής για παραγωγή.

Κατά τη διάρκεια αυτής της αλλαγής, απαιτείται προσαρμογή του εξοπλισμού ώστε να γίνει η μετάβαση στο νέο προϊόν. Αυτό προϋποθέτει αλλαγή κομματιών του εξοπλισμού, δηλαδή αλλαγή ανταλλακτικών που είναι ανάλογα με την γεωμετρία του φιαλιδίου αλλά και ρύθμιση του εξοπλισμού με βάση το νέο φιαλίδιο. Μέσα σε αυτήν την αλλαγή εντάσσεται και το κομμάτι του καθαρισμού και της απολύμανσης αφού αλλάζει το προϊόν.

4. Τέταρτο σενάριο αλλαγής: Αλλαγή είδους πωματισμού φιαλιδίου

Σε αυτό το είδος αλλαγής αλλάζει μόνο το είδος της σφράγισης του φιαλιδίου, δηλαδή μπορεί να γεμίζεται το ίδιο προϊόν στο ίδιο φιαλίδιο και στις δύο περιπτώσεις αλλά στην μία περίπτωση να γίνεται σφράγιση με πώμα και στην άλλη περίπτωση με αντλία. Για την διεκπεραίωση αυτής της αλλαγής απαιτείται αλλαγή μόνο του πωματιστικού μηχανήματος ώστε να μπορεί να υποστηρίξει την αλλαγή από πώμα σε αντλία.

5. Πέμπτο σενάριο αλλαγής: Συνδυασμός των παραπάνω

Εκτός από τα πιο συνηθισμένα είδη αλλαγής μπορεί να υπάρξουν συνδυασμοί των παραπάνω, βασιζόμενοι πάντα στην παραπάνω λογική.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η βελτιστοποίηση του τρίτου σεναρίου αλλαγής που απαιτεί και τον περισσότερο χρόνο που η μηχανή δεν λειτουργεί. Με λίγα λόγια, θα μελετηθεί το κομμάτι της αλλαγής που έχει άμεσα σχέση με την παρέμβαση στον εξοπλισμό και είναι το πλέον χρονοβόρο και κοστοβόρο και όχι στο κομμάτι του καθαρισμού και της απολύμανσης.

4.5 Παράμετροι που διαμορφώνουν τις συνθήκες αλλαγής

Οι παράμετροι που επηρεάζουν την ευρύτερη διεργασία της αλλαγής και υπόκεινται προς μελέτη παρουσιάζονται παρακάτω. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε γραμμή παραγωγής δίνονται τα εξής δεδομένα που αναφέρονται σε διάστημα ενός χρόνου:

1. Συνολικός αριθμός απαραίτητου προσωπικού για μία αλλαγή ανάλογα με το χρονικό διάστημα αλλαγής: δίνονται στοιχεία για αλλαγές έως και με τέσσερα εξειδικευμένα άτομα. (x_1)
2. Ωριαίο κόστος εργασίας ανά εργαζόμενο (x_2)
3. Απαίτηση ανά προϊόν: δίνεται η συνολική απαίτηση σε βάθος ενός χρόνου (x_3)
4. Ταχύτητα ανά προϊόν (x_4)
5. Ωριαία παραγωγή κάθε προϊόντος (x_5)

6. Κέρδος για τη μονάδα προϊόντος (x_6)
7. Συνολικός αριθμός προγραμματισμένων αλλαγών σε ανάλογα με τον προγραμματισμό και τη ζήτηση σε βάθος ενός χρόνου (x_7)
8. Προγραμματισμένος χρόνος παραγωγής μέσα στο αναφερόμενο διάστημα (x_8)

Αρχικά, για να εξεταστεί η επίδραση αυτών των παραγόντων αλλά και να διερευνηθεί σε ποια γραμμή παρατηρείται μεγαλύτερο περιθώριο βελτίωσης αλλά και μεγαλύτερη ανάγκη για μείωση του χρόνου σύμφωνα με τον αριθμό προγραμματισμένων αλλαγών, δημιουργείται ένα υπολογιστικό μοντέλο σε περιβάλλον Excel, ώστε να γίνει μία ανάλυση ευαισθησίας αυτών των παραμέτρων στον χρόνο αλλαγής.

Αναλυτικότερα, σε χρονικό διάστημα ενός χρόνου, υπολογίζεται ο συνολικός χρόνος που αποδίδεται στις αλλαγές και ο συνολικός χρόνος που η κάθε γραμμή i είναι σε λειτουργία ανάλογα με τον αριθμό των εργαζομένων j που αφιερώνονται στην αλλαγή:

$$(\text{Συνολικός χρόνος αλλαγής})_{i,j} = (\text{Αριθμός Αλλαγών})_i * (\text{Χρόνος μίας Αλλαγής})_{i,j} \quad (1)$$

$$(\text{Συνολικός χρόνος λειτουργίας γραμμής})_{i,j} = (\text{Αριθμός προγραμματισμένων εβδομάδων}) * (\text{αριθμός προγραμματισμένων ημερών}) * (\text{αριθμός βαρδιών ανά ημέρα}) * (\text{αριθμός ωρών ανά βάρδια}) - (\text{Συνολικός χρόνος αλλαγής})_{i,j} \quad (2)$$

Προκειμένου όλοι οι υπολογισμοί να είναι συγκρίσιμοι, λαμβάνονται υπόψιν οι παρακάτω παραδοχές:

- ❖ Αριθμός προγραμματισμένων παραγωγικών ημερών ανά εβδομάδα → 5 ημέρες
- ❖ Αριθμός βαρδιών ανά ημέρα → 3 βάρδιες
- ❖ Αριθμός ωρών ανά βάρδια → 8 ώρες

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

- ❖ Το πλήρωμα της εκάστοτε γραμμής παραγωγής κατά τη διάρκεια της αλλαγής δεν συμμετέχει σε κάποια άλλη δραστηριότητα.
- ❖ Το κόστος εργασίας του προσωπικού που αξιοποιείται στις αλλαγές υπολογίζεται σε χρονικό διάστημα ενός οκταώρου.

Στην πραγματικότητα, η ζήτηση και η δυναμικότητα της εκάστοτε παραγωγικής γραμμής διαμορφώνει και το αντίστοιχο πρόγραμμα, επομένως οι σταθερές αυτές μπορεί να διαφοροποιούνται. Επίσης, σε πραγματικό πλαίσιο ένα μέρος του πληρώματος της γραμμής μπορεί να αξιοποιείται σε κάποια άλλη εργασία κατά τη διαδικασία της αλλαγής.

Με βάση την απαίτηση για το κάθε προϊόν ξεχωριστά (k) και την συνολική απαίτηση ανά γραμμή, υπολογίζεται ένας συντελεστής για το κάθε προϊόν, ο οποίος υποδεικνύει την αναλογία του εκάστοτε προϊόντος ως προς τη συνολική απαίτηση. Πιο συγκεκριμένα ο συντελεστής αυτός υπολογίζεται ως εξής:

$$(\text{Συντελεστής Αναλογίας})_k = \frac{\text{Απαίτηση σε φιαλίδια για το προϊόν } k}{\text{Ωριαία Παραγωγή προϊόντος } k} \cdot \frac{1}{\text{Συνολική απαίτηση για όλα τα προϊόντα για τη γραμμή παραγωγής}} \quad (3)$$

Ο συντελεστής αυτός χρησιμοποιείται στην πορεία με σκοπό τον υπολογισμό της μέγιστης δυνατότητας παραγωγής στον χρόνο που τρέχει η γραμμή.

Στην συνέχεια, με δεδομένο την ωριαία παραγωγή και την ταχύτητα της γραμμής υπολογίζεται η μέγιστη ποσότητα που είναι δυνατόν να παραχθεί. Συγκρίνοντας την ποσότητα αυτή με την συνολική ζήτηση, μπορεί να παρατηρηθεί αρχικά αν υπάρχει ανάγκη για αύξηση της διαθεσιμότητας της εκάστοτε γραμμής προκειμένου να καλυφθεί η παραγωγικότητα που απαιτείται από τη ζήτηση ή αν η υπάρχουσα παραγωγικότητα της γραμμής ικανοποιεί τις απαραίτητες ανάγκες.

Σχετικά με τον υπολογισμό των απωλειών, χρησιμοποιώντας την ωριαία παραγωγή, υπολογίζεται η ποσότητα των φιαλιδίων που θα μπορούσε να παραχθεί στην ώρα που αφιερώνεται στην αλλαγή του εξοπλισμού, δηλαδή η απώλεια σε φιαλίδια. Με δεδομένη το κόστος παραγωγής ενός φιαλιδίου υπολογίζεται η συνολική απώλεια.

$$(Απώλεια \text{ σε φιαλίδια}) = (\text{Χρόνος Αλλαγής εξοπλισμού}) * (\text{Ωριαία παραγωγή}) \quad (4)$$

$$(Απώλεια \text{ σε κόστος}) = (Απώλεια \text{ σε φιαλίδια}) * (\text{Αντικειμενική αξία ενός φιαλιδίου}) \quad (5)$$

Υπολογίζεται επίσης και το συνολικό κόστος εργασίας(ή κόστος μεταποίησης) του προσωπικού σε ώρα αλλαγής, πιο συγκεκριμένα του προσωπικού που συμμετέχει στην αλλαγή, αλλά και του προσωπικού που ενώ βρίσκεται στη γραμμή εκείνη την στιγμή δεν χρειάζεται να συμμετάσχει στη διαδικασία αλλαγής.

$$(\text{κόστος εργασίας πληρώματος που δεν συμμετέχει στην αλλαγή}) = (\text{Ωριαίο κόστος εργασίας}) * (\text{Χρόνος αλλαγής}) * (\text{Αριθμός προσωπικού που δεν συμμετέχει στην αλλαγή}) \quad (6)$$

$$(\text{κόστος εργασίας πληρώματος που συμμετέχει στην αλλαγή}) = (\text{Ωριαίο κόστος εργασίας}) * (\text{Αριθμός προσωπικού που δεν συμμετέχει στην αλλαγή}) * 8 \quad (7)$$

Με το άθροισμα τους υπολογίζεται το συνολικό κόστος εργασίας που επηρεάζει την αλλαγή.

$$\text{Συνολικό Κόστος εργασίας} = (6) + (7)$$

Οι παραπάνω υπολογισμοί πραγματοποιούνται αρχικά για τη βασική περίπτωση του ενός εξειδικευμένου εργαζόμενου στην διαδικασία αλλαγής ενώ στην συνέχεια γίνονται οι υπολογισμοί και για τις περιπτώσεις που αξιοποιούνται δύο, τρεις, τέσσερις εξειδικευμένοι εργαζόμενοι στην διαδικασία αλλαγής προκειμένου να εξεταστεί η περίπτωση αξιοποίησης παραπάνω ατόμων για επίσπευση του χρόνου αλλαγής.

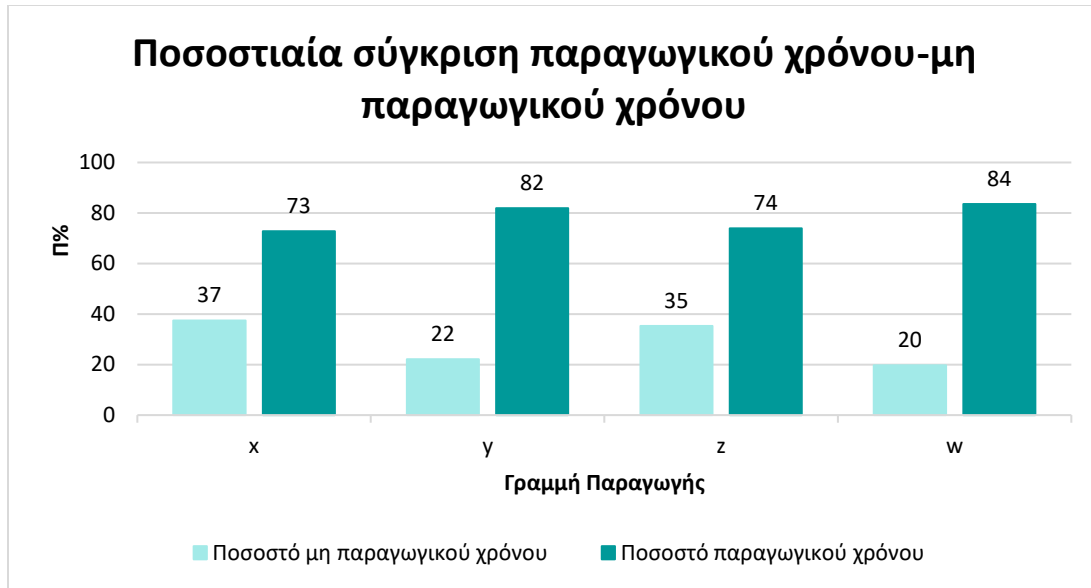
Για την καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων, σε όλες τις περιπτώσεις γίνεται η σύγκριση με βάση τη γνωστή περίπτωση του ενός εργαζομένου. Οπότε υπολογίζονται οι διαφορές σε επίπεδο κόστους εργασίας, κέρδους, χρηματικών απωλειών.

Τέλος, υπολογίζεται το κέρδος στην περίπτωση μείωσης χρόνου αλλαγής με χρήση επιπλέον ατόμου μέσω της διαφοράς:

$$\text{Κέρδος} = \text{Διαφορά απώλειας κόστους} - (- \text{Κόστος εργασίας})$$

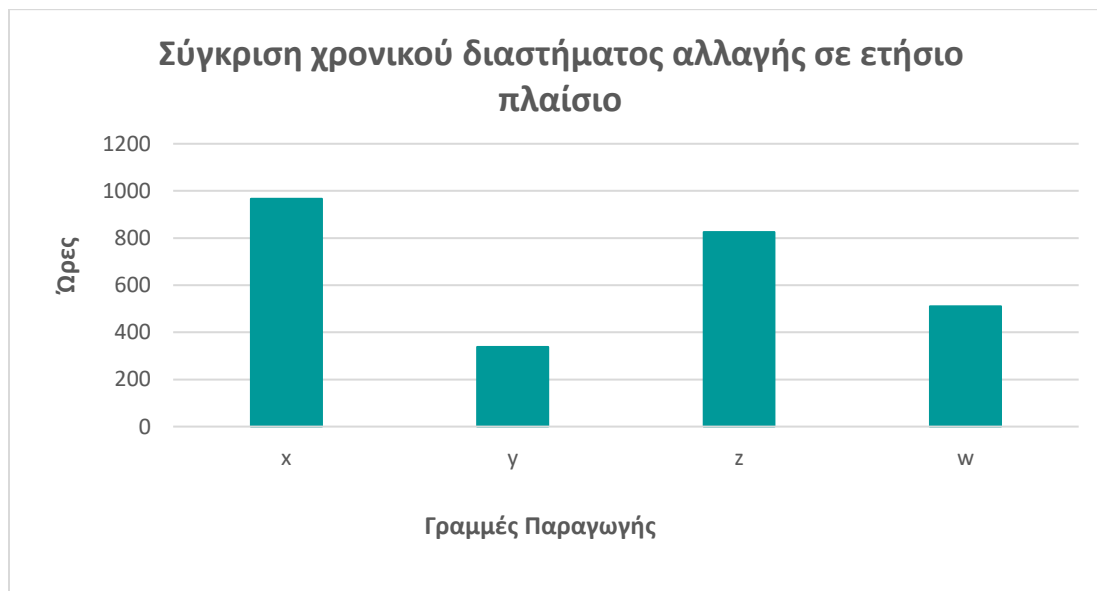
Εξετάζεται λοιπόν, η αναγκαιότητα αύξησης της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού για παραγωγή με βάση την ζήτηση της αγοράς.

Επομένως με βάση τις συγκρίσεις και τα αποτελέσματά τους, γίνεται η επιλογή της γραμμής που θα εστιαστεί το έργο. Συγκεκριμένα, με βάση τις απαιτήσεις για παραγωγικές ώρες και συγκριτικά με τον συνολικό χρόνο που αφιερώνεται στις αλλαγές ετήσια, επιλέγεται η γραμμή παραγωγής που θα μελετηθεί. Παρακάτω παρουσιάζεται η σύγκριση που γίνεται ανάμεσα στο ποσοστό του συνολικού χρόνου που αφιερώνεται στις αλλαγές (μη παραγωγικός χρόνος) και στο ποσοστό του συνολικού χρόνου που αφιερώνεται στην παραγωγή της ανάλογης ζήτησης (παραγωγικός χρόνος), σε ετήσια βάση:



Διάγραμμα 2: Ποσοστιαία σύγκριση παραγωγικού και μη παραγωγικού χρόνου στις γραμμές παραγωγής προς μελέτη σε ετήσια βάση.

Επίσης, η ανάγκη για βελτιστοποίηση της αλλαγής στην συγκεκριμένη γραμμή παραγωγής, παρατηρείται και έπειτα από τη σύγκριση των αντίστοιχων χρόνων αλλαγής σε ετήσια βάση όπως παρουσιάζεται παρακάτω.



Διάγραμμα 3: Συνολικό χρονικό διάστημα που αφιερώνεται σε αλλαγές εξοπλισμού στις γραμμές προς μελέτη σε ετήσια βάση.

Παρατηρείται λοιπόν ότι οι ώρες που αφιερώνονται σε αλλαγές εξοπλισμού σε ετήσια βάση στη γραμμή x είναι φανερά περισσότερες συγκριτικά με τις υπόλοιπες γραμμές παραγωγής, ενώ ακολουθεί η γραμμή z με 200 ώρες λιγότερες. Ωστόσο, στη γραμμή z δεν παρουσιάζεται τόσο έντονη η ανάγκη για μείωση χρόνου αλλαγής καθώς ο υψηλός συνολικός χρόνος αλλαγών σε ετήσια βάση οφείλεται στον μεγάλο αριθμό αλλαγών και στη μεγάλη συχνότητα αλλαγών προϊόντων

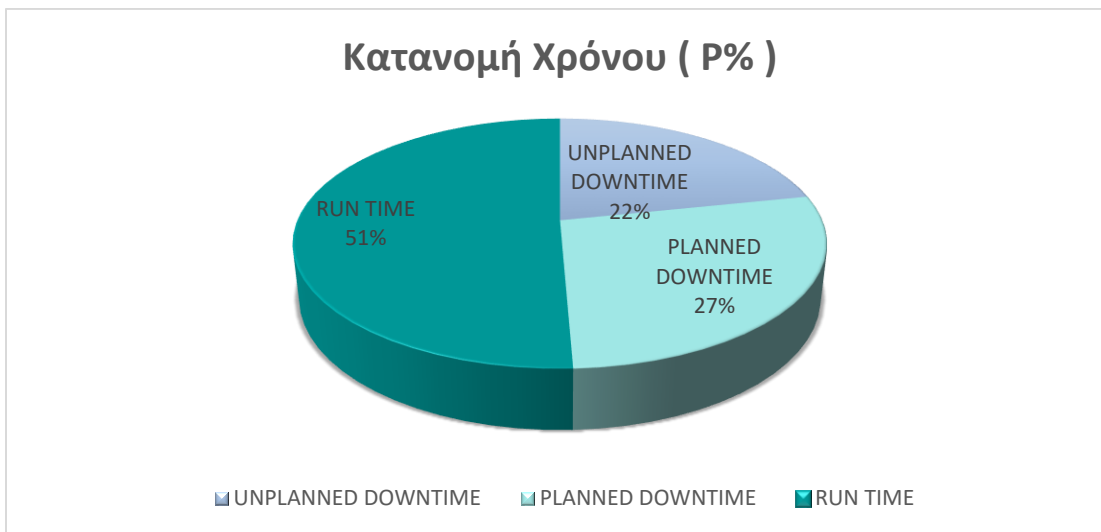
Επομένως, με βάση τα παραπάνω διαγράμματα, συμπεραίνεται ότι η γραμμή με τη μεγαλύτερη απαίτηση για βελτίωση της αλλαγής εξοπλισμού και μείωση του χρόνου που αφιερώνεται σε αυτήν είναι η γραμμή παραγωγής x. Τα παρακάτω κεφάλαια εστιάζουν στην ανάλυση της διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού της γραμμής συσκευασίας καθώς και στην εύρεση μεθόδων που θα συμβάλλουν στη μείωση του χρόνου αλλαγής και στη βελτίωση της συγκεκριμένης διεργασίας.

4.6 Αναλυτικότερη Παρουσίαση Υφιστάμενης Κατάστασης - Προβλήματος

Με την αύξηση της ζήτησης και των απαιτήσεων της αγοράς, η εκάστοτε βιομηχανία και πιο συγκεκριμένα οι βιομηχανίες Fast Moving Consumer Goods, καλείται να ενισχύσει τη δυνατότητα παραγωγής προϊόντων, να αυξήσει τα επίπεδα παραγωγικότητας ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της σύγχρονης οικονομικής πραγματικότητας και της σύγχρονης διεθνούς ανταγωνιστικής αγοράς. Με λίγα λόγια, παρατηρείται μία συνεχής προσθήκη νέων και διαφορετικών προϊόντων στο πλάνο παραγωγής. Αυτή η εξέλιξη, απαιτεί από το τμήμα παραγωγής αλλά και πιο ειδικά από το τμήμα συσκευασίας, γρηγορότερη ευελιξία και ανταπόκριση σε περισσότερες παραγγελίες και ταυτόχρονα μικρότερες σε ποσότητα, κάτι που οδηγεί σε μεγαλύτερο αριθμό αλλαγών (changeover) από το τέλος παραγωγής ενός προϊόντος στην αρχή της παραγωγής του επόμενου.

Ταυτόχρονα, προσπαθεί να βελτιώσει τη διαδικασία δίνοντας στον καταναλωτή ένα τελικό προϊόν που να χαρακτηρίζεται από ποιότητα και να προκύπτει από μια διαδικασία που ακολουθεί κάποιες προδιαγραφές και συγκεκριμένες πρότυπες μεθόδους.

Με βάση τα δεδομένα των δραστηριοτήτων της γραμμής παραγωγής του τελευταίου χρόνου, στο παρακάτω γράφημα, αποτυπώνεται η κατανομή του χρόνου ανά δραστηριότητα της γραμμής παραγωγής.



Διάγραμμα 4: Ποσοστιαία κατανομή χρόνου με βάση την δραστηριότητα της γραμμής παραγωγής προς μελέτη.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω γράφημα, το 51% αντιπροσωπεύει το ποσοστό του χρόνου που η γραμμή παραγωγής βρίσκεται σε παραγωγική διαδικασία. Το 27% αναφέρεται σε planned downtime, δηλαδή σε δραστηριότητες όπως αλλαγές εξοπλισμού συσκευασίας από ένα προϊόν σε ένα άλλο, καθαρισμοί, διαλείμματα, εκπαιδεύσεις, ενημερώσεις προσωπικού, αλλαγές βαρδιών κλπ., ενώ το 20% αποτυπώνει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ο εξοπλισμός βρίσκεται σε Unplanned downtime, δηλαδή σε περιπτώσεις βλαβών, ρυθμίσεων, μπλοκαρισμάτων σε κάποιο σημείο της γραμμής παραγωγής, καθυστερήσεων, ελλείψεων υλικών κλπ.

Επομένως, για τους προαναφερόμενους λόγους, απαιτείται η εύρεση τρόπων πλήρους αξιοποίησης των δυνατοτήτων του τμήματος συσκευασίας, με σκοπό την μείωση του χρονικού διαστήματος που η εκάστοτε γραμμή συσκευασίας βρίσκεται εκτός

παραγωγικής διαδικασίας και της αύξησης του χρονικού διαστήματος που βρίσκεται σε παραγωγική διαδικασία. Από το γράφημα επιβεβαιώνεται ότι το ποσοστό των προγραμματισμένων σταματημάτων είναι αρκετά μεγάλο και επομένως μία από τις μεγαλύτερες απώλειες της γραμμής παραγωγής. Γι' αυτόν τον λόγο υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης και η εταιρεία αποφασίζει να εστιάσει στη μείωση της συγκεκριμένης απώλειας.

Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να επιτευχθεί η ζητούμενη ευελιξία που χρειάζεται λόγω των νέων προϊόντων, των αλλαγών στη ζήτηση της αγοράς και των ποσοτήτων παραγγελίας.

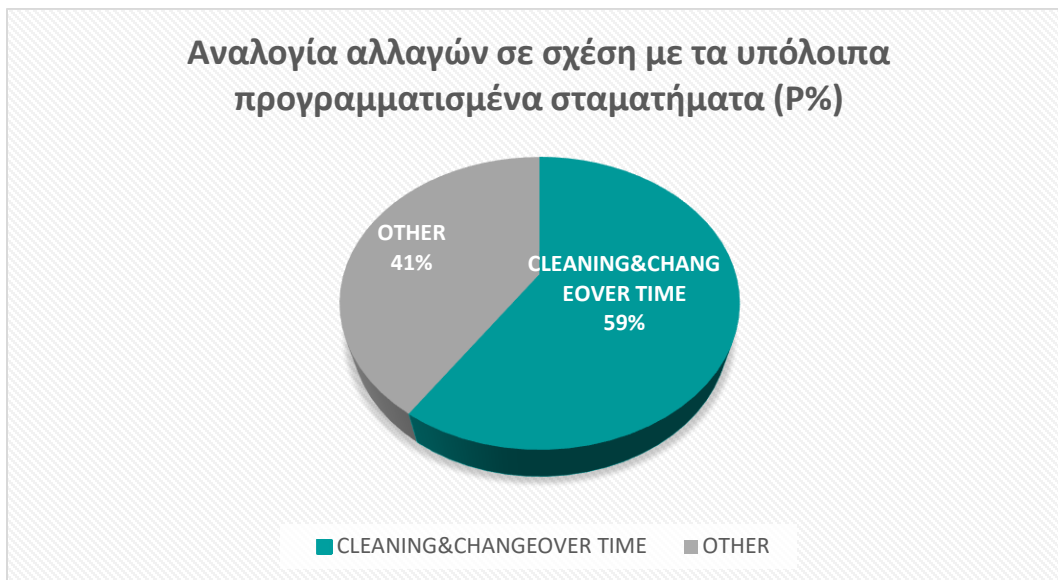
Η παρούσα ανάλυση, εστιάζει στην ενίσχυση της παραγωγικής αποδοτικότητας των γραμμών παραγωγής που με βάση τη ζήτηση έχουν απαίτηση για μεγαλύτερη παραγωγή και επομένως μεγαλύτερο χρονικό διάστημα λειτουργίας τους. Μέσα από την αξιοποίηση ενός μέρους του χρόνου που χρησιμοποιείται για τη διαδικασία αλλαγής, δίνεται η δυνατότητα για παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας τελικού προϊόντος.

4.7 Κριτήρια Επιλογής Μεθοδολογίας

Οι περισσότερες βιομηχανίες που έχουν στον προγραμματισμό τους αλλαγές εξοπλισμού μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη μεθοδολογία αυτή και να επωφεληθούν από αυτήν. Ωστόσο, αυτό δεν συνεπάγει ότι σε κάθε απώλεια που κοστίζει στην παραγωγική διαδικασία είναι χρήσιμη ή εφαρμόσιμη αυτή η μεθοδολογία. Στην πραγματικότητα, πριν ληφθεί η απόφαση σχετικά με τον τρόπο και τη μεθοδολογία βελτιστοποίησης που θα ακολουθηθεί, πρέπει πρώτα να υπάρξει ένα διάστημα παρατήρησης και συλλογής δεδομένων. Πιο αναλυτικά, θα πρέπει να παρατηρηθεί η παραγωγή για ένα εύλογο χρονικό διάστημα ώστε να συλλεχθούν δεδομένα και έπειτα να αναλυθούν με τελικό στάδιο τη διαπίστωση της φύσης των μεγαλύτερων απωλειών του παραγωγικού χρόνου και από ποιο κομμάτι προέρχονται.

Στην περίπτωση που οι αλλαγές εξοπλισμού αποτελούν μία σημαντική απώλεια που μειώνει αρκετά τον παραγωγικό χρόνο της βιομηχανίας, όπως εν λόγω περίπτωση που θα μελετηθεί παρακάτω, τότε η εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED με σκοπό τη μείωση των χρόνων αλλαγής είναι απαραίτητη.

Αναλύοντας σε μεγαλύτερο βαθμό το ποσοστό των προγραμματισμένων σταματημάτων προκύπτει η παρακάτω ποσοστιαία κατανομή δραστηριοτήτων.



Διάγραμμα 5: Ποσοστό που αφιερώνεται στην διαδικασία αλλαγής εξοπλισμού συγκριτικά με άλλα προγραμματισμένα σταματήματα στην γραμμή παραγωγής προς μελέτη.

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, το μεγαλύτερο ποσοστό των προγραμματισμένων σταματημάτων παρατηρείται στον τομέα του Καθαρισμού και της αλλαγής εξοπλισμού. Η διαδικασία αυτή αποτελείται από δύο στάδια: το στάδιο του καθαρισμού και της απολύμανσης και το στάδιο της αλλαγής εξοπλισμού. Λόγω της μορφής της διαδικασίας του πρώτου σταδίου, δεν θα μελετηθεί η περίπτωση βελτίωσης της.

Παρατηρείται λοιπόν στην συνέχεια, ότι οι αλλαγές αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο ποσοστό χρόνου κατά τον οποίο η μηχανή βρίσκεται προγραμματισμένα εκτός

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

παραγωγικής διαδικασίας. Έτσι, μπορεί να ακολουθηθεί η προσέγγιση της λιτής μεθοδολογίας και ειδικότερα της μεθοδολογίας SMED (Single Minute Exchange to Die).

Για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών αλλαγής, πρέπει αρχικά να ερευνηθούν τα πιθανά αίτια που οδηγούν σε μεγάλους χρόνους αλλαγής. Εφαρμόζεται η ανάλυση 4M όπως αναλύθηκε και στο θεωρητικό μέρος της εργασίας.

Παρακάτω παρουσιάζεται διαγραμματικά η ανάλυση. Γίνεται ανάλυση γύρω από τέσσερις πιθανούς άξονες επιρροής του τελικού χρόνου αλλαγής: την μέθοδο, το ανθρώπινο δυναμικό, τον εξοπλισμό και τα υλικά.

Ξεκινώντας από την μέθοδο, παρατηρείται ότι δεν ακολουθείται η ίδια διαδικασία σε κάθε αλλαγή, με λίγα λόγια η διαδικασία δεν είναι καθορισμένη κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις. Επίσης, η έλλειψη εργονομίας και ευταξίας στον χώρο εργασίας είναι ένα από τα αίτια που δυσχεραίνουν τη διαδικασία της αλλαγής καθώς δυσκολεύουν την κίνηση των εργαζομένων, την εύρεση των απαραίτητων υλικών, εργαλείων, ανταλλακτικών και γενικότερα τη ροή των εργασιών. Εστιάζοντας στα ανταλλακτικά, είναι απαραίτητο να υπάρχει εύκολη πρόσβαση σε αυτά και πιο συγκεκριμένα να είναι σε κοντινή απόσταση από τον αντίστοιχο εξοπλισμό αλλιώς αφιερώνεται πολύς χρόνος για τον εντοπισμό και τη μεταφορά τους προς αυτόν, κάτι που δεν ευνοεί την γρήγορη αλλαγή του εξοπλισμού. Τέλος, πολλές φορές παρατηρείται έλλειψη των απαραίτητων εργαλείων και ανταλλακτικών με αποτέλεσμα να υπάρχουν μεγάλες καθυστερήσεις στη συνολική διαδικασία λόγω αναζήτησης τους.

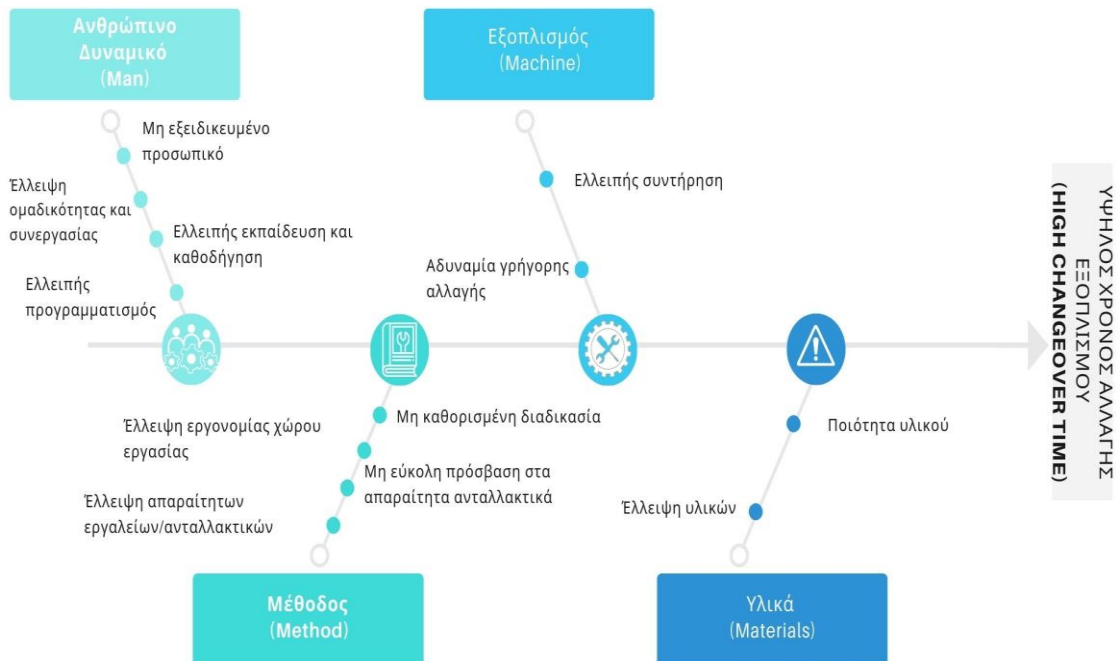
Σχετικά με το ανθρώπινο δυναμικό, καταλυτικό παράγοντα αποτελεί η έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού καθώς και η ελλιπής εκπαίδευση του.

Επίσης, παρατηρείται έλλειψη έγκαιρου προγραμματισμού, μέσα στα πλαίσια του οποίου συμπεριλαμβάνεται ο έλεγχος διαθεσιμότητας υλικών (πρώτες ύλες, υλικά συσκευασίας) και η προετοιμασία της διαδικασίας πριν την έναρξη της.

Τέλος, η διαδικασία της αλλαγής πραγματοποιείται από μία ομάδα εργαζομένων, επομένως η πιθανή έλλειψη ομαδικότητας και συνεργασίας μπορεί να οδηγεί σε υψηλούς χρόνους αλλαγής εξοπλισμού.

Τρίτος σημαντικός παράγοντας είναι ο εξοπλισμός και η ορθή λειτουργία του. Πιο συγκεκριμένα η ελλιπής συντήρηση του αλλά και η αδυναμία του για γρήγορη αλλαγή από την κατασκευή του καθιστούν τη διαδικασία περισσότερο χρονοβόρα και λιγότερο εργονομική.

Τέλος, η ποιότητα υλικού μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη ρύθμιση του εξοπλισμού και αδυναμία εφαρμογής των πρότυπων ρυθμίσεων με αποτέλεσμα την περαιτέρω καθυστέρηση της έναρξης της παραγωγικής διαδικασίας.



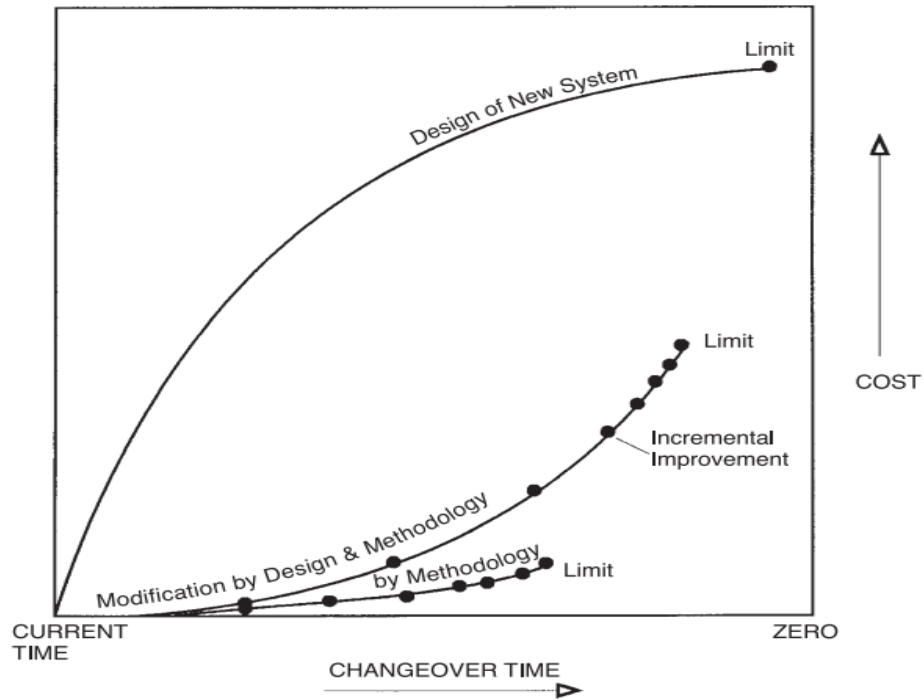
Διάγραμμα 6: Cause&Effect Διάγραμμα για την περίπτωση των μεγάλων χρόνων αλλαγής.

4.7 Κριτήρια Επιλογής Στρατηγικής

Σύμφωνα με τους Mileham et.al., υπάρχουν δύο στρατηγικές που μπορούν να ακολουθηθούν για την επίτευξη της μείωσης του χρόνου αλλαγής. Η πρώτη στρατηγική αφορά τη βελτίωση της ήδη υπάρχουσας διαδικασίας και μεθοδολογίας στα πλαίσια του προγράμματος συνεχούς βελτίωσης της παραγωγικής μονάδας ενώ η δεύτερη στρατηγική αναφέρεται στη ριζική αλλαγή της διαδικασίας και ο εκ νέου σχεδιασμός ενός νέου συστήματος[22].

Σχετικά με την πρώτη περίπτωση, η υλοποίηση της περιλαμβάνει βελτίωση της μεθοδολογίας και των δραστηριοτήτων με χαμηλό κόστος ενώ η δεύτερη περίπτωση απαιτεί αισθητά πιο αυξημένο κόστος όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα. Εκτός τη διαφορά στο κόστος, παρατηρείται αρκετά μεγάλη διαφορά στην διατήρηση των νέων συνθηκών. Στην περίπτωση του καινούργιου συστήματος η διατήρηση και η εισαγωγή του στην παραγωγική διαδικασία θα είναι αρκετά εύκολη καθώς πρόκειται για μία εντελώς καινούργια διεργασία. Στην πρώτη περίπτωση όμως, λόγω της εφαρμογής των βελτιώσεων σε μία ήδη υπάρχουσα διαδικασία, θα υπάρχουν δυσκολίες στη διατήρηση της καθώς θα πρέπει να υπάρχει διαρκής έλεγχος των νέων συνθηκών και της ορθότητάς τους[22].

Στην συγκεκριμένη μελέτη, επιλέγεται η πρώτη στρατηγική με σκοπό τη δοκιμή της σε μία γραμμή παραγωγής και έπειτα την εφαρμογή της και στις υπόλοιπες γραμμές παραγωγής του εργοστασίου. Λόγω του περιοριστικού παράγοντα του κόστους αλλά και του χρονικού ορίζοντα που είναι επιθυμητά τα αποτελέσματα η μελέτη θα εστιάσει στην πρώτη στρατηγική και στην συνεχή εκπαίδευση και έλεγχο της προκειμένου να διατηρηθούν οι βελτιώσεις και να παρατηρούνται τα ίδια θετικά αποτελέσματα σε κάθε εφαρμογή της[22].

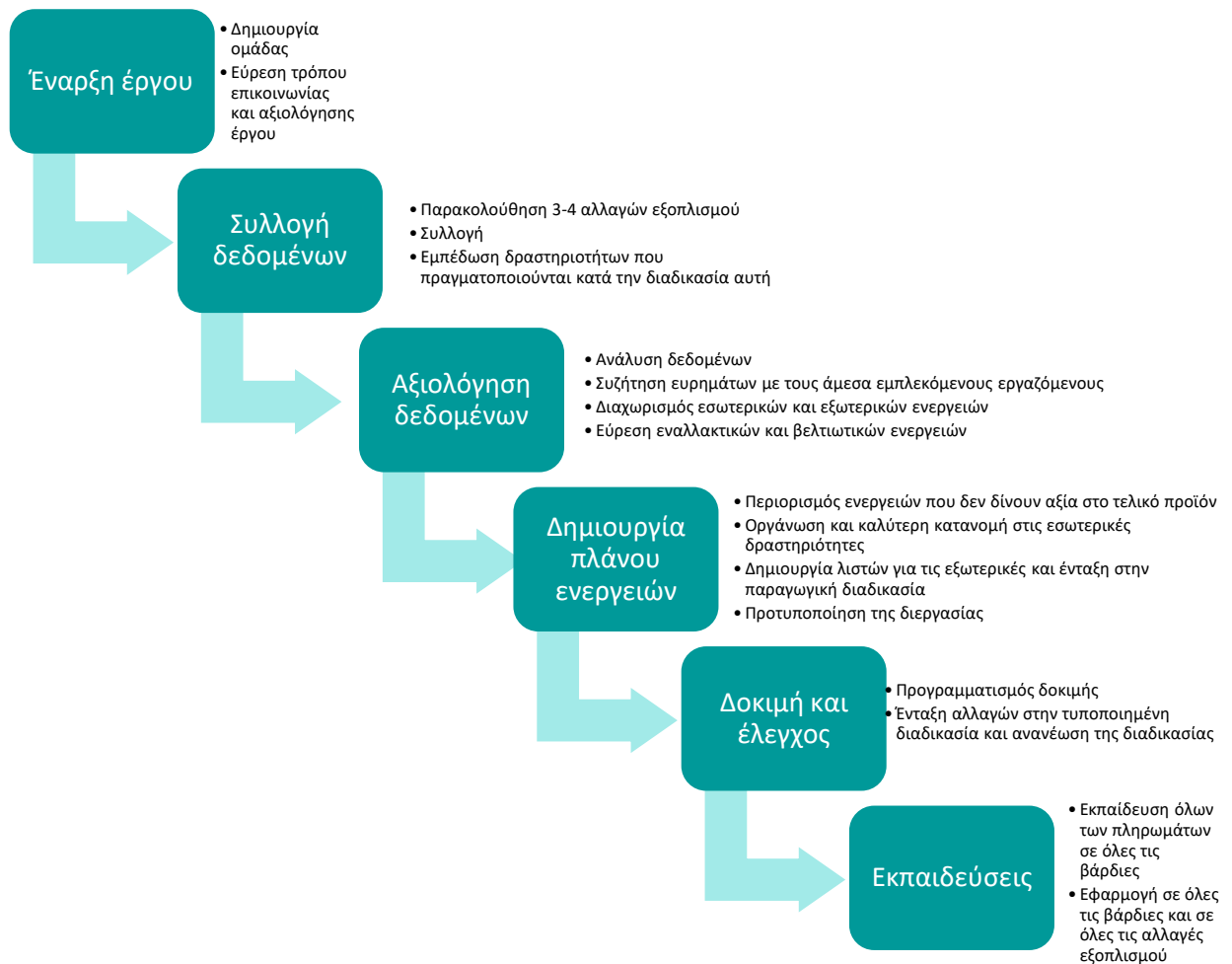


Διάγραμμα 7: Σύγκριση δύο στρατηγικών με βάση την μείωση του χρόνου αλλαγής και το αντίστοιχο απαιτούμενο κόστος, Πηγή: *Rapid changeover – a pre-requisite for responsive manufacture. International Journal of Operations & Production Management.*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο
Μεθοδολογία
βελτιστοποίησης &
επανασχεδιασμού διεργασίας

5.Μεθολογία Βελτιστοποίησης & Επανασχεδιασμού Διεργασίας

Το έργο και πιο συγκεκριμένα η μεθοδολογία που ακολουθείται, περιγράφεται και αναλύεται στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, ξεκινώντας από το παρακάτω διάγραμμα ροής της διαδικασίας.



Διάγραμμα 8: Διάγραμμα Ροής διαδικασίας που θα ακολουθηθεί.

5.1 Έναρξη έργου

Πρώτο βασικό βήμα της μεθοδολογίας αποτελεί η δημιουργία της ομάδας, η εύρεση του στόχου και των μεθοδολογιών που θα ακολουθηθούν προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος.

Προκειμένου λοιπόν να επιτευχθεί το έργο αυτό, θα πρέπει να υπάρχει υποστήριξη από τη διοίκηση μέχρι και τους εργαζόμενους παραγωγής. Το έργο αυτό, απαιτεί τη διαφοροποίηση της σκέψης και του τρόπου που λειτουργεί η παραγωγή έως τώρα επομένως τα μέλη της ομάδας καλούνται να πάρουν κάποια ρίσκα και κάποιες αποφάσεις. Αντίστοιχα, τα μέλη της παραγωγής καλούνται να απομακρυνθούν από τον τρόπο που σκέφτονται και δουλεύουν έως τώρα ώστε να μπορέσουν να προσαρμοστούν ευέλικτα στις νέες συνθήκες. Όλα αυτά, απαιτούν δέσμευση απ' όλες τις πλευρές.

Επίσης, σημαντικό είναι να κατανοήσουμε ότι η βελτιστοποίηση της διαδικασίας αλλαγής και επομένως η μείωση του χρόνου αλλαγής είναι μια διαδικασία που θα χρειαστεί αρκετό χρόνο για να υλοποιηθεί, δεν αποτελεί μια βραχυπρόθεσμη λύση αλλά μια μακροπρόθεσμη, επομένως τα αποτελέσματα δε θα καταγραφούν αμέσως. Αυτό μπορεί να εξασθενεί το αρχικό ενδιαφέρον για να εφαρμοστεί η διαδικασία και για αυτό χρειάζεται όλοι να έχουν πειστεί για τα μεσοπρόθεσμα οφέλη και να είναι προσανατολισμένοι στην εφαρμογή της.

Τέλος, από πλευράς στελέχωσης η ομάδα που είναι η πλέον κατάλληλη να πραγματοποιήσει αυτήν τη μελέτη αποτελείται από τον υπεύθυνο του τμήματος παραγωγής, τον μηχανικό βελτιώσεων, τον επόπτη παραγωγής, χειριστές της γραμμής παραγωγής προς μελέτη και μέλη της ομάδας του τεχνικού τμήματος.

5.2 Εφαρμογή μεθοδολογίας

Η διαδικασία χωρίζεται σε κάποια βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για να εφαρμοστεί.

5.2.1 Προσδιορισμός Περιοχής υπό μελέτη

Αρχικά επιλέγεται η “περιοχή” που θα εφαρμοστεί το SMED. Με τον όρο “περιοχή” ορίζεται η περιοχή της παραγωγής που απαιτεί βελτιστοποίηση και ελαχιστοποίηση του χρόνου αλλαγής.

Για να θεωρηθεί ένα στάδιο της παραγωγής κατάλληλο για εφαρμογή της διαδικασίας, αρχικά θα πρέπει οι χρόνοι αλλαγής εξοπλισμού να είναι αρκετά μεγάλοι και να χαρακτηρίζονται από αστάθεια, δηλαδή να μην υπάρχει συγκεκριμένο χρονικό διάστημα για μία συγκεκριμένη αλλαγή. Όπως διαπιστώθηκε και παραπάνω η εν λόγω γραμμή παραγωγής προσφέρει ένα σημαντικό πεδίο βελτίωσης ως αναφορά στη διαδικασία αλλαγής.

Για την επίτευξη του έργου, είναι επίσης σημαντικό, να συμμετέχουν στην εφαρμογή της μεθοδολογίας όλοι οι άμεσα εμπλεκόμενοι με τον συγκεκριμένο εξοπλισμό, ώστε η διαδικασία να γίνει πιο αποτελεσματική και να αποδώσει όσο το δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, η ομάδα του έργου θα πρέπει να απαρτίζεται από μέλη όλων των εμπλεκόμενων τμημάτων και γι’ αυτόν τον λόγο κατά τη διάρκεια του έργου αυτού η ομάδα αποτελείται από τον μηχανικό βελτιώσεων, μηχανικό, χειριστή και το αντίστοιχο πλήρωμα της γραμμής.

Τέλος, είναι αρκετά υποστηρικτικό σε όλη τη διαδικασία να υπάρχουν πολλές ευκαιρίες ώστε οι βελτιώσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή της διαδικασίας να εφαρμόζονται σε σύντομο χρονικό διάστημα, να εξετάζονται τα αποτελέσματα και να γίνονται επιπλέον διορθωτικές κινήσεις.

5.2.2 Προσδιορισμός όλων των στοιχείων – Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Εισαγωγή στην διαδικασία συλλογής δεδομένων και μέτρησης

Επόμενο βήμα της μεθοδολογίας, αποτελεί η συγκέντρωση όλων των στοιχείων που επηρεάζουν τη διαδικασία. Σκοπός αυτού του βήματος είναι η παρατήρηση των δραστηριοτήτων που εντάσσονται στην διαδικασία της αλλαγής αλλά και η μέτρηση του χρόνου που απαιτείται για την διεκπεραίωση τους. Για πιο έγκυρο αποτέλεσμα και τη μελέτη κάθε πιθανής διαφοροποίησης, αποφασίζεται να παρακολουθηθούν 3-4 αλλαγές εξοπλισμού, ίδιου τύπου.

Επειδή είναι πολύ σημαντικό να εξεταστεί η επιρροή ακόμα και της πιο μικρής λεπτομέρειας, επιλέγεται η βιντεοσκόπηση της διαδικασίας, χωρίς την εμφάνιση προσώπων για λόγους GDPR. Γίνεται καταγραφή του ανθρώπινου παράγοντα και του μηχανολογικού παράγοντα ώστε να εξεταστούν όλοι οι παράγοντες επιρροής. Κατά τη διάρκεια της βιντεοσκόπησης, σημειώνονται τυχόν παρατηρήσεις που μπορεί να μην παρατηρηθούν σε δεύτερο χρόνο. Είναι σημαντικό, η διαδικασία της αλλαγής να γίνεται ρεαλιστικά όπως σε κάθε άλλη περίπτωση και ο εργαζόμενος να μην επηρεάζεται από τη βιντεοσκόπηση και την παρατήρηση για να προκύψει αποτέλεσμα όσο πιο κοντινό γίνεται στην πραγματικότητα. Οπότε γι' αυτόν τον λόγο, τονίζεται στην ομάδα που πραγματοποιεί την αλλαγή ότι η βιντεοσκόπηση πραγματοποιείται αποκλειστικά για σκοπούς βελτίωσης της διαδικασίας.

Η αλλαγή που μελετάται, πραγματοποιείται από δύο εργαζόμενους, έναν εξειδικευμένο και ένα μη εξειδικευμένο.

Για τη συγκεκριμένη γραμμή, γνωρίζουμε ότι η αλλαγή διαρκεί περίπου 6,5 ώρες ενώ μέσα σε χρονικό διάστημα ενός χρόνου, με βάση τα δεδομένα του προγραμματισμού της προηγούμενης χρονιάς πραγματοποιούνται κατά μέσο όρο 138 αλλαγές.

Έπειτα, σε δεύτερο χρόνο, ακολουθεί η λεπτομερής καταγραφή και ανάλυση των κινήσεων, των βημάτων της διαδικασίας, αλλά και της χρονικής διάρκειας του κάθε βήματος. Η καταγραφή αυτή γίνεται σε περιβάλλον excel, σε πίνακες δεδομένων που παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α.

Με αυτόν τον τρόπο, δεν παραλείπεται κανένα σημαντικό στοιχείο που ενδέχεται να χρήζει βελτίωσης και επίσης γίνεται καταγραφή και αποθήκευση της πορείας και των προσπαθειών προς βελτίωση.

Δημιουργία «Λίστας ενεργειών»

Μετά το πέρας αυτού του βήματος, θα πρέπει να υπάρχει μία συνολική λεπτομερής λίστα με όλες τις ενέργειες που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της αλλαγής του εξοπλισμού καθώς και το αντίστοιχο χρονικό διάστημα που χρειάστηκαν για να γίνουν. Η λεπτομερής αυτή καταγραφή θα βοηθήσει και την πορεία για την κατηγοριοποίηση των εσωτερικών και εξωτερικών διαδικασιών.

Για την καλύτερη κατανόηση και ανάλυση, ακολουθείται κατηγοριοποίηση των ενεργειών ώστε να εξεταστεί συνολικά ο χρόνος αλλαγής, αλλά και ο χρόνος που απαιτείται για την εκάστοτε κατηγορία.

Εκτός από την κατηγοριοποίηση, σε κάθε ενέργεια καταγράφεται αν είναι απαραίτητη η χρήση εργαλείου, αλλά επίσης γίνεται ανάλυση και αξιολόγηση του βαθμού δυσκολίας (Difficulty) και της σημαντικότητας (Criticality) της κάθε ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, θα αξιολογηθεί στην συνέχεια η συμμετοχή του βοηθού στην διαδικασία αυτή ώστε να γίνει καλύτερη κατανομή εργασιών αλλά και θα μελετηθεί η πιθανότητα αξιοποίησης παραπάνω από ένα χειριστή για την διαδικασία αυτή.

Αναλυτικότερα για την κατηγοριοποίηση

Στην συγκεκριμένη μελέτη η κατηγοριοποίηση των ενεργειών γίνεται ως εξής.

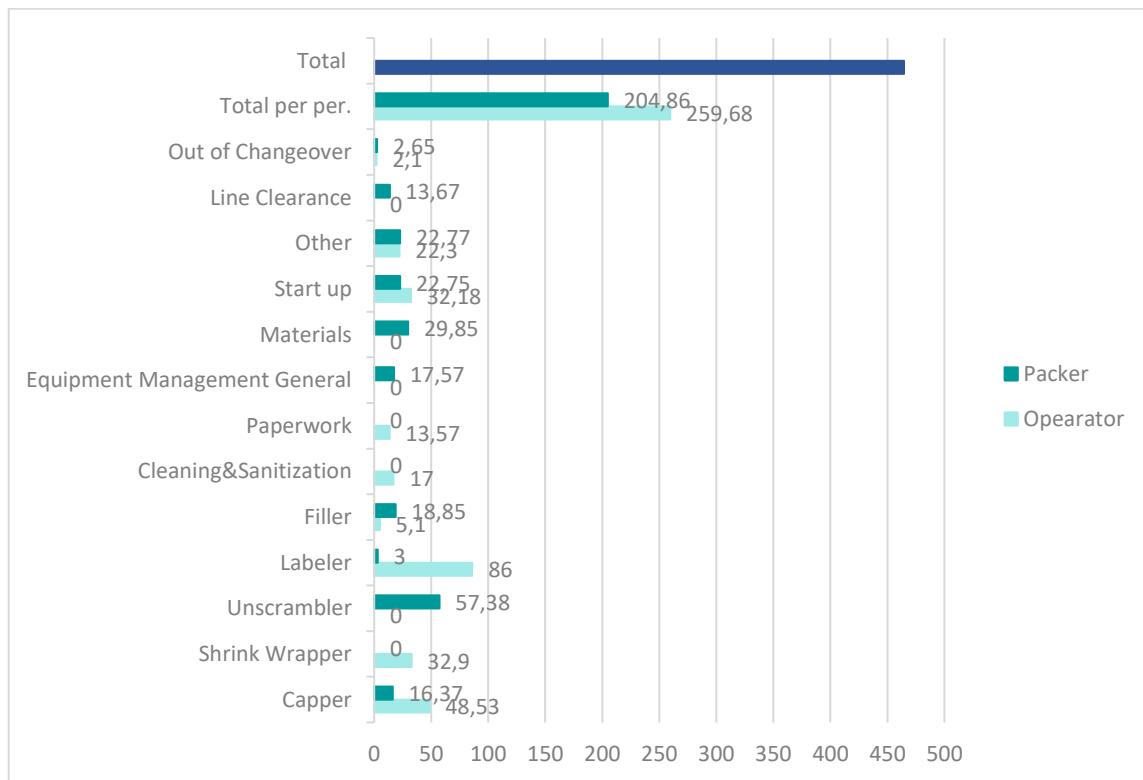
Αρχικά, πραγματοποιείται πρώτης τάξης κατηγοριοποίηση ανάλογα με το κομμάτι του εξοπλισμού στο οποίο αναφέρεται η ενέργεια και πιο συγκεκριμένα στην μηχανή που αναφέρεται η ενέργεια. Με λίγα λόγια, ο χρόνος χωρίζεται σε δεκατρείς κατηγορίες, οι οποίες είναι οι εξής:

1. Γεμιστική μηχανή (Filler Machine)
2. Μηχανή εγκιβωτισμού (Casepacker)
3. Πωματιστικό- βιδωτικό μηχανήμα(Capper)
4. Ανορθωτής φιαλιδίων (Unscrambler)
5. Μηχανή συρρίκνωσης (Shrink Wrapper)
6. Μηχανή ετικετοποίησης (Labeler)
7. Διαδικασίες συμπλήρωσης απαραίτητων εγγράφων (Paperwork)
8. Καθαρισμός και απολύμανση (CIP: Cleaning In Place)
9. Διαδικασία μετά τον καθαρισμό (After CIP)
10. Διαδικασία πριν τον καθαρισμό (Before CIP)
11. Διαδικασία καθαρισμού μηχανής: αναφέρεται σε καθαρισμό της γραμμής παραγωγής από υλικά συσκευασίας προηγούμενου προϊόντος (Line Clearance)
12. Διαδικασία διαχείρισης ανταλλακτικών και υλικών συσκευασίας: Μεταφορά από και προς την αποθήκη – στη γραμμή παραγωγής

13. Λοιπές διαδικασίες (Άλλο)

Προκύπτει λοιπόν, ότι κατά τη διάρκεια της αλλαγής του εξοπλισμού πραγματοποιήθηκαν 410 ενέργειες από τον χειριστή της γραμμής παραγωγής και 265 ενέργειες από τον βοηθό που τελικά διαχωρίζονται σε 13 κατηγορίες ανάλογα με τον εξοπλισμό στον οποίο αναφέρονται.

Παρακάτω παρουσιάζεται μία περιληπτική απεικόνιση του χρόνου που αφιερώθηκε στην εκάστοτε κατηγορία.

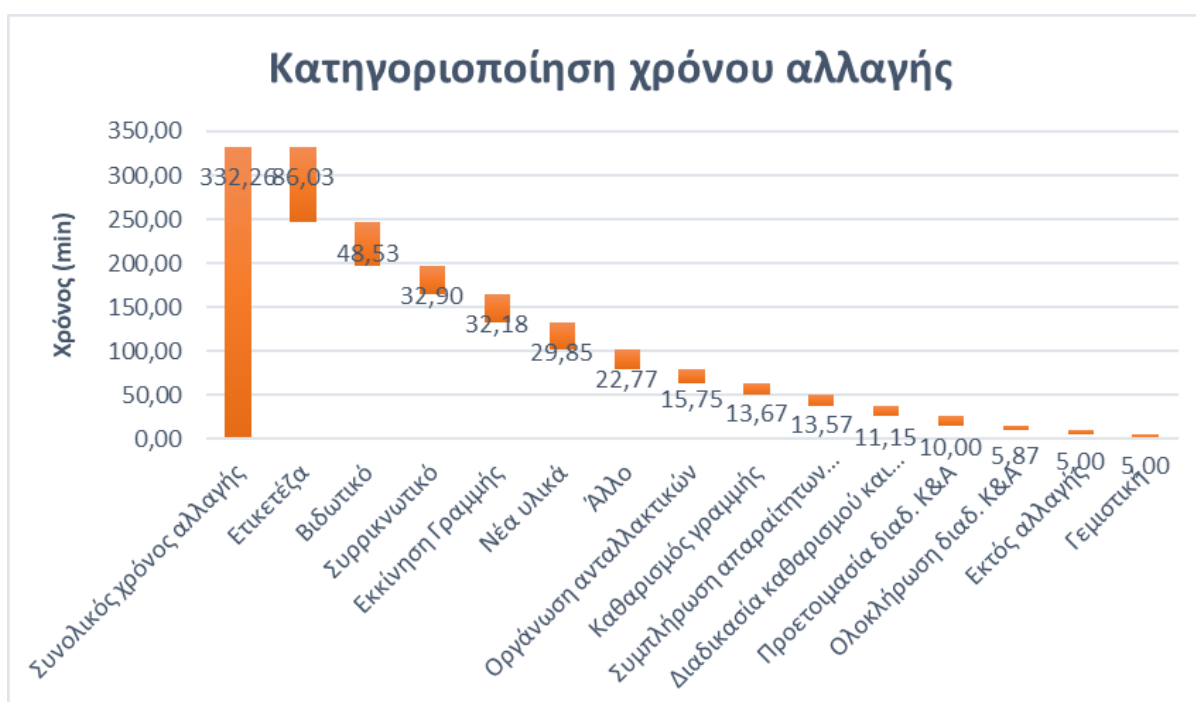


Διάγραμμα 9: Κατανομή χρόνου ανά δραστηριότητα και ανά εργαζόμενο.

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

Στο παραπάνω διάγραμμα, απεικονίζεται το χρονικό διάστημα που αφιέρωσε ο κάθε εργαζόμενος ανά μηχάνημα, καθώς και ο συνολικός χρόνος του κάθε εργαζομένου αλλά και ο συνολικός χρόνος στην περίπτωση που η αλλαγή του εξοπλισμού πραγματοποιούταν από έναν εργαζόμενο.

Παρακάτω, παρουσιάζεται στο διάγραμμα η κατανομή του συνολικού χρόνου αλλαγής εξοπλισμού με βάση την κατηγοριοποίηση στις μηχανές που λαμβάνει χώρα η αλλαγή. Με βάση το διάγραμμα που προκύπτει από την ανάλυση των ενεργειών, παρατηρείται ότι ο χρόνος που αφιερώνεται στην ετικετέζα και στη βιδωτική μηχανή είναι αρκετά μεγαλύτερος συγκριτικά με τις υπόλοιπες κατηγορίες.



Διάγραμμα 10: Κατανομή χρόνου ανά μηχάνημα.

Για την καλύτερη κατανόηση του χρόνου που αφιερώνεται στο κάθε σημείο του εξοπλισμού, πραγματοποιείται κατηγοριοποίηση δεύτερης τάξης η οποία αποτελείται από τις παρακάτω υποκατηγορίες για το κάθε μηχάνημα αντίστοιχα:

A. Διαδικασία αλλαγής: Με αυτήν την υποκατηγορία αναφέρεται η καθαρή διαδικασία απομάκρυνσης ανταλλακτικών προηγούμενου προϊόντος και τοποθέτησης ανταλλακτικών επόμενου προϊόντος

B. Ρυθμίσεις: Ό χρόνος που αφιερώνεται στις επιμέρους ρυθμίσεις σημείων του εξοπλισμού, θέσης του εξοπλισμού, ύψους κλπ.

Γ. Αναζήτηση/ Διαχείριση ανταλλακτικών: Σε αυτήν την υποκατηγορία τοποθετούνται οι δραστηριότητες που έχουν να κάνουν με την αναζήτηση των σωστών ανταλλακτικών στα διάφορα σημεία αποθήκευσης τους, τη μεταφορά τους κοντά στη γραμμή αλλά και την αποθήκευση των ανταλλακτικών που απομακρύνονται από τη γραμμή παραγωγής.

Δ. Διαχείριση υλικών προηγούμενου προϊόντος: Απευθύνεται σε δραστηριότητες που συγκαταλέγονται στον καθαρισμό της γραμμής παραγωγής από τα υλικά της προηγούμενης παραγωγής και πραγματοποιούνται κατά την αλλαγή του εκάστοτε μηχανήματος.

E. Μετακίνηση: Όλες οι μετακινήσεις που πραγματοποιούνται.

ΣΤ. Εργαλεία και εργαλειοθήκη: Όλες οι ενέργειες που αναφέρονται σε διαχείριση εργαλείων και μεταφορά εργαλείων.

Z. Άλλο: Ενέργειες μικρού χρόνου που δεν μπορούν να τοποθετηθούν σε κάποια άλλη κατηγορία από τις προαναφερθέντες.

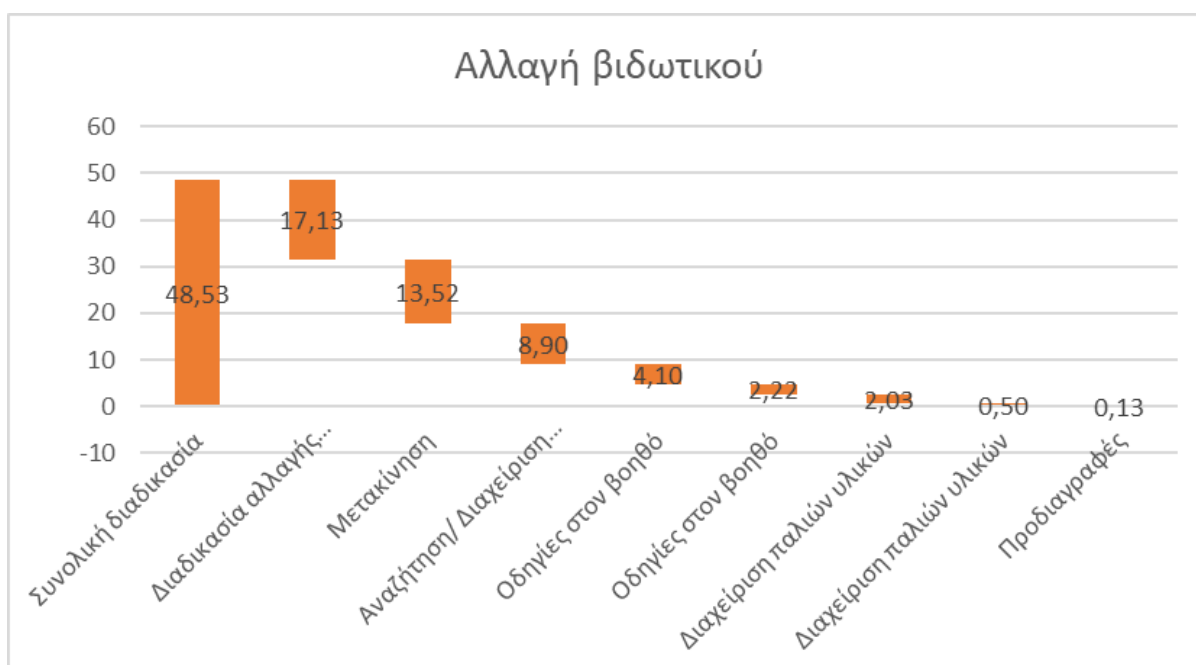
Έτσι, μελετώνται εκτενέστερα οι κατηγορίες στις οποίες αφιερώνεται το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ώστε να βρεθεί σε ποιο σημείο του εξοπλισμού και της διαδικασίας αντιμετωπίζεται η μεγαλύτερη δυσκολία και να γίνουν βελτιώσεις πάνω σε αυτά. Να σημειωθεί ότι η ανάλυση σε υποκατηγορίες θα γίνει σε όλες τις κατηγορίες ώστε να

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

μπορούν να παρθούν βελτιωτικές κινήσεις ακόμα και αν ο χρόνος δεν είναι τόσο εκτενής συγκριτικά με τις πρώτες κατηγορίες, ωστόσο θα δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στις κατηγορίες που επηρεάζουν περισσότερο τον συνολικό χρόνο αλλαγής εξοπλισμού.

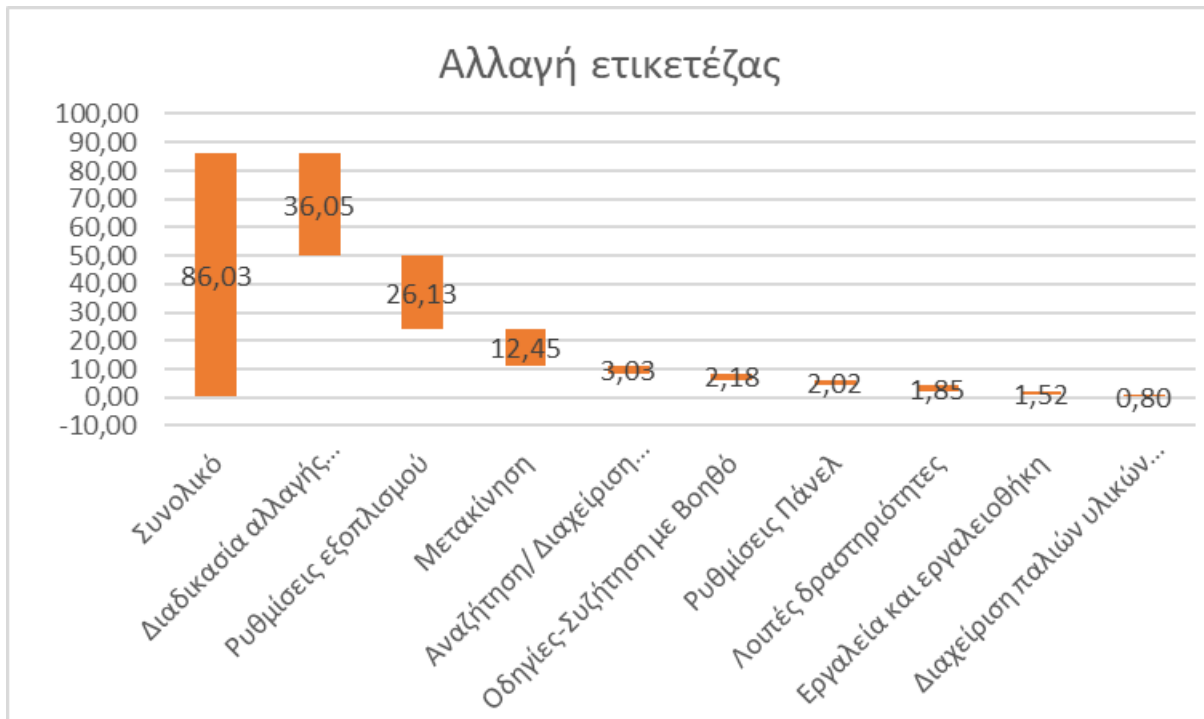
Ενδεικτικά, παρουσιάζονται παρακάτω τα διαγράμματα του πωματιστικού και της ετικετέζας καθώς είναι τα δύο μηχανήματα που επηρεάζουν περισσότερο τον συνολικό χρόνο αλλαγής.

Πωματιστικό:



Διάγραμμα 11: Κατανομή χρόνου ανά δραστηριότητα για την περίπτωση του πωματιστικού μηχανήματος.

Ετικετέζα:



Διάγραμμα 12: Κατανομή χρόνου ανά δραστηριότητα για την περίπτωση της ετικετέζας.

Με την ανάλυση αυτή και για τα μηχανήματα που εμπλέκονται σε μεγαλύτερο ποσοστό στον χρόνο αλλαγής, παρατηρείται ότι στις παρακάτω ενέργειες αφιερώνεται ο περισσότερος χρόνος. Συνολικά, Παρατηρείται ότι ένα μεγάλο ποσοστό του χρόνου αλλαγής αφιερώνεται στην διαδικασία αλλαγής ανταλλακτικών και κομματιών του εξοπλισμού. Όπως έχει αναφερθεί και στο θεωρητικό μέρος, είναι απαραίτητη η αλλαγή κομματιών του εξοπλισμού που έρχονται σε επαφή με το φιαλίδιο ώστε σε κάθε περίπτωση να εφάπτονται με το φιαλίδιο και να μπορούν να υποστηρίξουν την ομαλή πορεία του φιαλιδίου σε όλα τα σημεία της γραμμής παραγωγής. Με επανεξέταση του συγκεκριμένου κομματιού παρατηρείται ότι υπάρχει δυσκολία σε ένα συγκεκριμένο ανταλλακτικό καθώς λόγω της μορφολογίας ή της φθοράς που έχει αποκτήσει μετά από την εκτενή χρήση του, του απαιτείται περισσότερος χρόνος για τη ρύθμιση του, οπότε

αποφασίζεται η αντικατάσταση με ένα καινούργιο ανταλλακτικό για τη μείωση του χρόνου τοποθέτησης του.

Επομένως, αυτές οι δραστηριότητες θα μελετηθούν από την ομάδα του έργου προκειμένου να βελτιστοποιηθούν και να μειωθεί ο χρόνος που αφιερώνεται σε αυτές.

5.3 Διαχωρισμός και μετατροπή εσωτερικών-εξωτερικών στοιχείων

Σε αυτό το στάδιο, αναγνωρίζονται οι ενέργειες οι οποίες μπορούν να πραγματοποιηθούν ακόμα και όταν ο εξοπλισμός είναι σε παραγωγική λειτουργία, είτε πριν την έναρξη της αλλαγής, είτε μετά την νέα εκκίνηση της γραμμής με το νέο προϊόν.

Αρχικά, με βάση τη μεθοδολογία SMED, οι διαδικασίες της αλλαγής εξοπλισμού χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις εσωτερικές δραστηριότητες(internal activities) και τις εξωτερικές δραστηριότητες(external activities).

Πιο αναλυτικά ο διαχωρισμός γίνεται ως εξής, σχετικά με τις εξωτερικές δραστηριότητες, πρόκειται για διαδικασίες που μπορούν να πραγματοποιηθούν όταν ακόμα βρίσκεται η μηχανή σε λειτουργία δηλαδή παράγει το προηγούμενο προϊόν και πριν ξεκινήσει η αλλαγή.

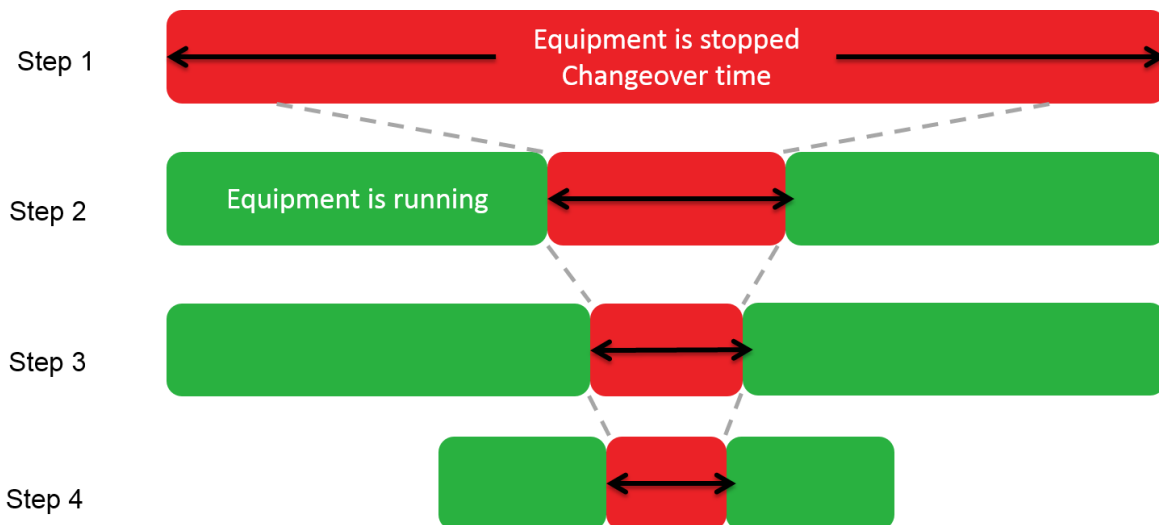
Αντίθετα, οι εσωτερικές δραστηριότητες είναι οι διαδικασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν όταν ο εξοπλισμός είναι σταματημένος, δηλαδή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αλλαγής.

Έτσι, προκύπτει ένας διαχωρισμός σε τρεις κατηγορίες:

1. Εξωτερικές ενέργειες δηλαδή ενέργειες που πραγματοποιούνται πριν την έναρξη της αλλαγής

2. Εσωτερικές ενέργειες δηλαδή ενέργειες που πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια της αλλαγής
3. Εξωτερικές αλλαγές δηλαδή ενέργειες που πραγματοποιούνται μετά την εκκίνηση της γραμμής παραγωγής.

Όσες περισσότερες δραστηριότητες μετατραπούν σε εξωτερικές, τόσο μικρότερο θα είναι το χρονικό διάστημα αλλαγής και επομένως τόσο θα αυξηθεί ο χρόνος παραγωγής και η παραγωγικότητα. Επομένως, είναι σημαντικό σε πρώτο στάδιο να γίνει ο διαχωρισμός των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της αλλαγής ή πριν και μετά από αυτήν. Στη συνέχεια, γίνεται η κατάλληλη μετατροπή σε όσες από τις εσωτερικές δραστηριότητες μπορούν να μετατραπούν σε εξωτερικές και περιορίζονται οι δραστηριότητες που δεν είναι απαραίτητες για τη διαδικασία. Τέλος, τυποποιούνται οι χρόνοι των ενεργειών που παραμένουν στη διαδικασία αλλαγής [13].



Εικόνα 8: Διαχωρισμός εξωτερικών και εσωτερικών δραστηριοτήτων για μείωση χρόνου αλλαγής, Πηγή: <https://industryforum.co.uk/blog/secrets-behind-successful-smed/>

Παρακάτω παρουσιάζονται οι ενέργειες που πρόκειται να πραγματοποιηθούν εκτός της διαδικασίας αλλαγής:

1. Προετοιμασία ανταλλακτικών εξοπλισμού κοντά στις μηχανές, ώστε να μειωθεί ο χρόνος διαχείρισης ανταλλακτικών, σε όσες μηχανές τα ανταλλακτικά δεν βρίσκονται «πάνω» στον εξοπλισμό.
2. Έλεγχος για διαθεσιμότητα υλικών και προετοιμασία υλικών, δηλαδή μεταφορά τους στη γραμμή παραγωγής κατά την παραγωγική διαδικασία του προηγούμενου προϊόντος
3. Αποθήκευση και διαχείριση προηγούμενων ανταλλακτικών μετά την εκκίνηση της επόμενης παραγωγής.
4. Συμπλήρωση απαραίτητων εγγράφων που απαιτούνται για την παραγωγή του προϊόντος Β.
5. Συμπλήρωση απαραίτητων εγγράφων αλλαγής και καθαρισμού, καθώς και έναρξης παραγωγής κατά την παραγωγική διαδικασία του επόμενου προϊόντος. Να σημειωθεί ότι αν η συμπλήρωση των απαραίτητων εγγράφων: να γίνει μετά την έναρξη της μηχανής και της παραγωγής, μπορεί να μειωθεί ο χρόνος αλλαγής κατά 14 λεπτά, δηλαδή να εξαλειφθεί το 4,1% του συνολικού χρόνου αλλαγής.

5.4 Ελαχιστοποίηση non value activities

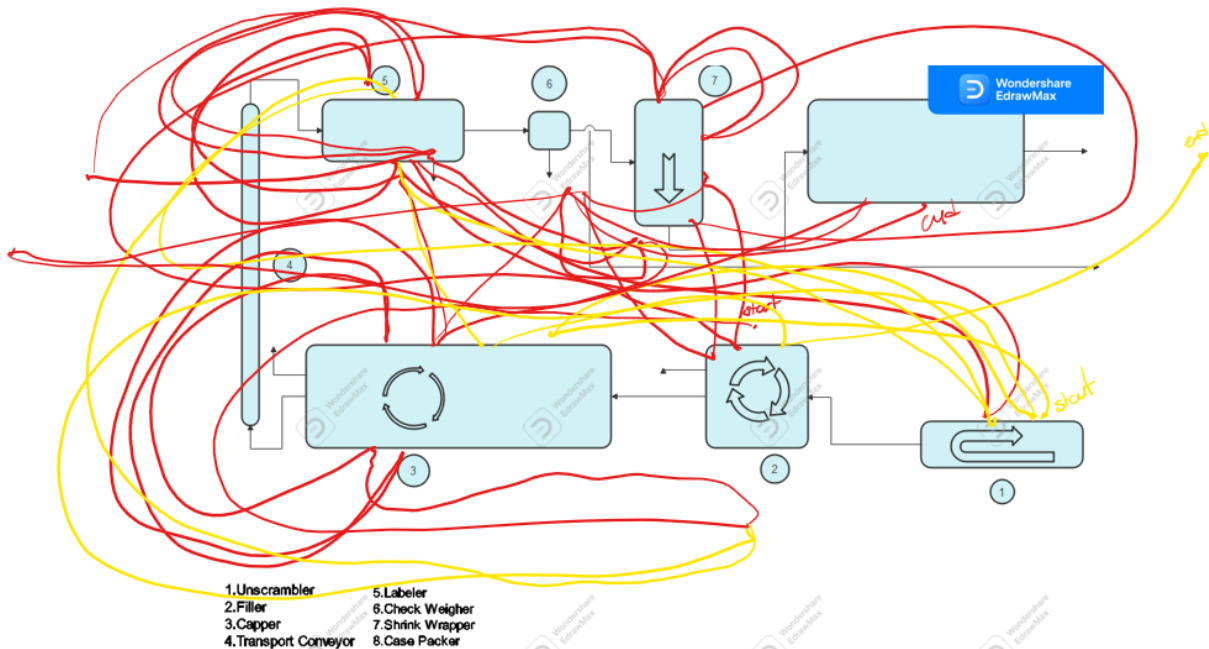
Μία από τις βασικές δραστηριότητες που δεν προσφέρουν αξία στο τελικό προϊόν είναι η άσκοπη μετακίνηση. Όπως έχει προκύψει και από τα αποτελέσματα, ο χρόνος που αφιερώνεται στις μετακινήσεις είναι πολύ μεγάλος. Λόγω του ότι η διαδικασία δεν είναι σταθερή και ενιαία, παρατηρείται μεγάλο ποσοστό κίνησης είτε για συνεννόηση μεταξύ των μελών της ομάδας που συμμετέχει στην αλλαγή, είτε για εύρεση κάποιου ανταλλακτικού, εργαλείου είτε για την αδυναμία ολοκλήρωσης μιας εργασίας.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα Spaghetti, το οποίο απεικονίζει την κίνηση των εργαζόμενων κατά την διάρκεια της αλλαγής εξοπλισμού. Με κόκκινο απεικονίζεται η κίνηση του χειριστή ενώ με κίτρινο η κίνηση του μη εξειδικευμένου εργαζομένου.

Παρατηρείται ότι στο μηχάνημα 5, στην ετικετέζα, υπάρχει πολλή μετακίνηση ανάμεσα στις δύο πλευρές του μηχανήματος. Αυτό μπορεί να συνδεθεί με τις πολύωρες ρυθμίσεις που παρατηρήθηκαν στο διάγραμμα με τους χρόνους της ετικετέζας.

Επίσης, παρατηρείται ότι στο εκάστοτε μηχάνημα υπάρχει δυσκολία στην ολοκλήρωση της διαδικασίας ενιαία και αντί αυτού οι εργαζόμενοι μετακινούνται συνεχώς από και προς το μηχάνημα. Αυτό το φαινόμενο, παρατηρείται λόγω της δύσκολης πρόσβασης στα ανταλλακτικά και λόγω της μακρινής αποθήκευσης των ανταλλακτικών, κάτι που υποχρεώνει τους εργαζόμενους να κινούνται συνεχώς από και προς το μηχάνημα για την συλλογή τους.

Τέλος, αν και οι διεργασίες είναι κατανεμημένες στους δύο εργαζόμενους, από το διάγραμμα συμπεραίνεται ότι απαιτείται η συμμετοχή και των δύο σε ορισμένα μηχανήματα. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στην ελλιπή καθοδήγηση του χειριστή προς τον άλλο εργαζόμενο και στην ανάγκη για επιπλέον συνεννόηση, είτε στην αδυναμία του μη εξειδικευμένου εργαζόμενου να χρησιμοποιήσει εργαλεία, κάτι που οδηγεί στην αναγκαιότητα του χειριστή για επέμβαση στη διαδικασία.

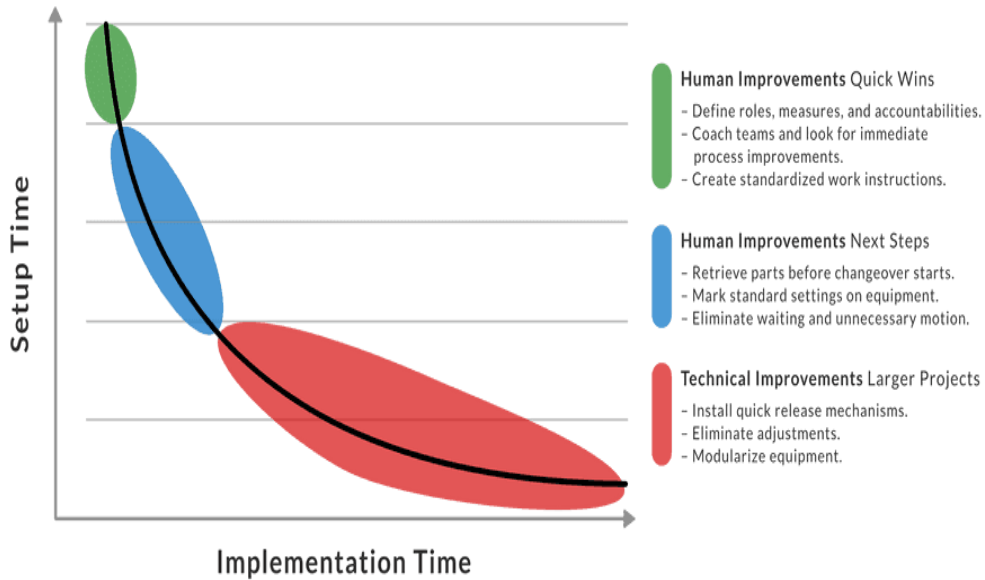


Εικόνα 9: Διάγραμμα Spaghetti διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού, πριν την εφαρμογή των βελτιώσεων.

5.5 Περαιτέρω βελτιώσεις

Στο τελικό βήμα, είναι σημαντικό να εξεταστούν πιθανές βελτιώσεις σε όλες τις υπόλοιπες δραστηριότητες που επηρεάζουν την αλλαγή του εξοπλισμού. Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται:

Οι βελτιώσεις ανάλογα με την φύση τους μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις παρακάτω κατηγορίες και αντίστοιχα να έχουν μικρή ή μεγαλύτερη επίπτωση στην μείωση του χρόνου αλλαγής.



Εικόνα 10: Σχέση μείωσης χρόνου αλλαγής με είδος βελτίωσης, Πηγή:

Στην συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρήθηκαν και αποφασίστηκαν οι παρακάτω βελτιωτικές ενέργειες:

1. Πιθανές βελτιώσεις μηχανολογικού εξοπλισμού όπως η ύπαρξη κοινών ανταλλακτικών για τα προϊόντα που δουλεύονται στην ίδια γραμμή παραγωγής ώστε ελαχιστοποιηθούν τα μέρη του εξοπλισμού που απαιτούν αλλαγή και έτσι να μειωθεί και ο χρόνος αλλαγής: Για τη συγκεκριμένη ενέργεια, δημιουργείται σχεδιάγραμμα με τα κοινά ανταλλακτικά ανά προϊόν, προκειμένου κατά τον προγραμματισμό των αλλαγών και της σειράς των προϊόντων, να επιλέγεται ο βέλτιστος συνδυασμός.
2. Αντικατάσταση φθαρμένου εξοπλισμού που δυσκολεύει τον εργαζόμενο κατά τη μετάβαση από το ένα προϊόν σε ένα άλλο: Παρατηρήθηκαν δύο μέρη του εξοπλισμού τα οποία έχρηζαν επισκευή και αντικατάσταση λόγω φθοράς και συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν στα ανταλλακτικά της ετικετέζας.

3. *Βελτιστοποίηση κομματιών του εξοπλισμού* που απαιτούν μεγάλο χρονικό διάστημα για τη συναρμολόγηση τους αλλά και *εκτεταμένη χρήση εργαλείων* και αντικατάσταση τους με αντίστοιχα κομμάτια που έχουν πιο εύκολη και έξυπνη συναρμολόγηση. Για παράδειγμα, στην προκειμένη περίπτωση έγινε αντικατάσταση βιδών σε ανταλλακτικά που απαιτούν χρήση εργαλείων με μηχανισμούς easy lock που δεν απαιτούν τη χρήση εργαλείων για την τοποθέτηση των ανταλλακτικών πάνω στα οποία βρίσκεται ο μηχανισμός. Με αυτόν τον τρόπο, αποφεύγεται η χρήση πολλαπλών εργαλείων και έτσι δίνεται το πλεονέκτημα της πραγματοποίησης της εργασίας αυτής και από τον μη εξειδικευμένο εργαζόμενο.

4. *Ελαχιστοποίηση κίνησης*: Αποθήκευση του εκάστοτε ανταλλακτικού κοντά στον εξοπλισμό ώστε να μειωθεί ο χρόνος που αφιερώνεται σε άσκοπες μετακινήσεις και μεταφορές εξοπλισμού. Για την πραγματοποίηση αυτής της ενέργειας, εξετάστηκε η δυνατότητα αγοράς αποθηκευτικού εξοπλισμού για τα ανταλλακτικά. Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε μηχάνημα, πραγματοποιήθηκαν αγορές κατάλληλων εξοπλισμών διαχείρισης ανταλλακτικών ώστε τα Change parts να βρίσκονται «πάνω» στο εκάστοτε μηχάνημα. Αυτή η ενέργεια πραγματοποιήθηκε στα παρακάτω μηχανήματα: labeler, unscambler, carper, shrink wrapper, για σερ ανταλλακτικών τριών διαφορετικών προϊόντων(όσα δηλαδή τα ενεργά προϊόντα της συγκεκριμένης γραμμής παραγωγής).

Με βάση την ανάλυση, παρατηρείται ότι το 18% του συνολικού χρόνου αλλαγής αφιερώνεται στην αναζήτηση και στην διαχείριση των ανταλλακτικών, πιο συγκεκριμένα δηλαδή πρόκειται για χρόνο που αφιερώνεται στην μεταφορά των προηγούμενων και των επόμενων ανταλλακτικών από και προς την αντίστοιχη μηχανή. Για να εξαλειφθεί αυτός ο χρόνος, προτείνεται να μετατραπούν οι ενέργειες σε εξωτερικές, δηλαδή πριν

την έναρξη της αλλαγής να μετακινούνται κοντά στον εξοπλισμό τα επόμενα ανταλλακτικά και αντίστοιχα μετά την αλλαγή και με την έναρξη της παραγωγής στην μηχανή, να μεταφέρονται και να αποθηκεύονται στην θέση τους τα προηγούμενα ανταλλακτικά.

Για τη μείωση των μετακινήσεων και των ενεργειών ακόμα και εκτός αλλαγής, υπάρχει δυνατότητα εύρεσης τρόπων αποθήκευσης των εν λόγω ανταλλακτικών δίπλα στην αντίστοιχη στην κάθε μηχανή, ώστε να γίνεται ταυτόχρονα η εύρεση του επόμενου ανταλλακτικού, αλλά και η αποθήκευση του ανταλλακτικού που χρησιμοποιούταν στην προηγούμενη παραγωγή.

5. *Δημιουργία standards*: Ένα άλλο κομμάτι στο οποίο υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης και μπορεί να επιτευχθεί μείωση ενός μεγάλου ποσοστού, αποτελούν οι ρυθμίσεις που γίνονται στο εκάστοτε μηχάνημα. Ειδικότερα στην ετικετέζα απαιτούνται πολύωρες ρυθμίσεις κατά την τοποθέτηση των νέων ανταλλακτικών αλλά και κατά την διάρκεια του τελικού set up της γραμμής παραγωγής με αποτέλεσμα να καθυστερούν αρκετά την έναρξη της παραγωγής. Από τη μελέτη που διεξάχθηκε παρατηρήθηκε ότι το 24,8% του συνολικού χρόνου αλλαγής αφιερώνεται στις ρυθμίσεις.

Σύμφωνα με τις αρχές των 5S, ένας βασικός πυλώνας είναι η δημιουργία standards και η τυποποίηση. Επομένως, ένα μέτρο που εξασφαλίζει την μείωση του χρόνου αλλαγής και προετοιμασίας του εξοπλισμού από την διαδικασία της αλλαγής σε κατάσταση παραγωγής είναι η τυποποίηση των ρυθμίσεων της κάθε μηχανής και για κάθε προϊόν. Επίσης, η δημιουργία standards συμβάλλει και στην συνεχή κατάρτιση του προσωπικού καθώς μπορεί με μεγαλύτερη ευκολία να διαχειρίζεται ακόμα και τα δυσκολότερα μέρη του εξοπλισμού. Επομένως, το παραπάνω βήμα πρόκειται να συμπεριληφθεί στα μέτρα που θα παρθούν ώστε να αξιολογηθεί η μείωση του χρόνου αλλαγής. Καθιέρωση

τυποποιημένων - πρότυπων ρυθμίσεων ανά προϊόν και ανά μηχάνημα ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος σε περαιτέρω ρυθμίσεις και προσαρμογές.

Για τη συγκεκριμένη ενέργεια, δημιουργήθηκαν πρότυπα templates, ώστε να ακολουθείται η ίδια λογική σε όλα τα προϊόντα, τοποθετήθηκαν ενδείξεις και σημάσεις ώστε να εντοπίζεται εύκολα το σημείο ρύθμισης και τέλος αριθμήσεις ώστε να γίνει πιο εύκολη η αποκωδικοποίηση τους και η δημιουργία και διατήρηση των standards.

6. Σημαντικό βήμα για τη μείωση του χρόνου αλλαγής και την απλοποίηση της διεργασίας αυτής, είναι η σήμανση των ανταλλακτικών ανά προϊόν. Με αυτόν τον τρόπο, υπάρχει γνώση από όλα τα μέλη της ομάδας για τα ανταλλακτικά και έτσι διευκολύνεται η εύρεση τους αλλά και η χρήση τους στην περίπτωση κοινών ανταλλακτικών. Σε αυτήν την περίπτωση, ακολουθούνται οι αρχές της μεθοδολογίας 5S.

7. *Δημιουργία εγχειριδίων αλλαγής και μαθημάτων ενός σημείου* με σκοπό την ύπαρξη κοινής στρατηγικής και πορείας της διαδικασίας αλλαγής απ' όλα τα πληρώματα της γραμμής ανεξάρτητα από τη βάρδια και τους εργαζομένους. Μέσα σε αυτά τα εγχειρίδια καταγράφηκαν ρυθμίσεις, ανταλλακτικά σε φωτογραφίες και σημάσεις, καθώς και οδηγίες και βήματα της διαδικασίας αλλαγής με σκοπό να είναι εύκολα διαχειρίσιμη από κάθε εργαζόμενο ανεξαρτήτως της παλαιότητας τους στη συγκεκριμένη θέση.

8. Για τη μείωση του χρόνου αλλαγής και την βελτιστοποίηση της συνολικής διαδικασίας απαιτείται ο επανακαθορισμός της κάθε διεργασίας ξεχωριστά αλλά και

της συνολικής διαδικασίας. Ο επανακαθορισμός της διαδικασίας μπορεί να περιλαμβάνει διαφορετικό καταμερισμό εργασιών στα μέλη της ομάδας που πραγματοποιούν την αλλαγή, επαναδιατύπωση των βημάτων της εκάστοτε διεργασίας, προσαρμογή της ομάδας και του αριθμού των ατόμων που την απαρτίζουν με βάση τις ανάγκες και την κατάρτιση του προσωπικού.

9. *Παράλληλες διεργασίες:* Ανάλογα με την απαίτηση της γραμμής για παραγωγή και συγκριτικά πάντα με το κόστος του επιπλέον εργαζομένου, μπορούν να μοιραστούν τις εργασίες δύο ή και παραπάνω άτομα προκειμένου να γίνει πιο γρήγορα η αλλαγή. Αντίστοιχα, ανάλογα με την ανάγκη, κρίνεται αν χρειάζεται βοήθεια από εξειδικευμένο εργαζόμενο ή όχι.

10. *Καλύτερη κατανομή εργασιών:* Όστε να μην επιβαρύνεται περισσότερο ο ένας εργαζόμενος. Αυτό απαιτεί ομοιόμορφη εκπαίδευση και κατάρτιση των εργαζόμενων ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν σε όλες τις εργασίες ανεξάρτητα από τον βαθμό δυσκολίας. Επίσης, απαιτεί διαχωρισμό εργασιών πριν την έναρξη της διαδικασίας αλλαγής.

Με βάση τις παραπάνω βελτιωτικές ενέργειες, εκτιμάται μείωση του χρόνου αλλαγής κατά 30% σε σχέση με τον αρχικό χρόνο αλλαγής.

5.6 Βέλτιστος αριθμός εργαζομένων για την διαδικασία της αλλαγής

Όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω, ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τον τελικό χρόνο αλλαγής, είναι ο αριθμός των εργαζομένων που εμπλέκονται στην

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

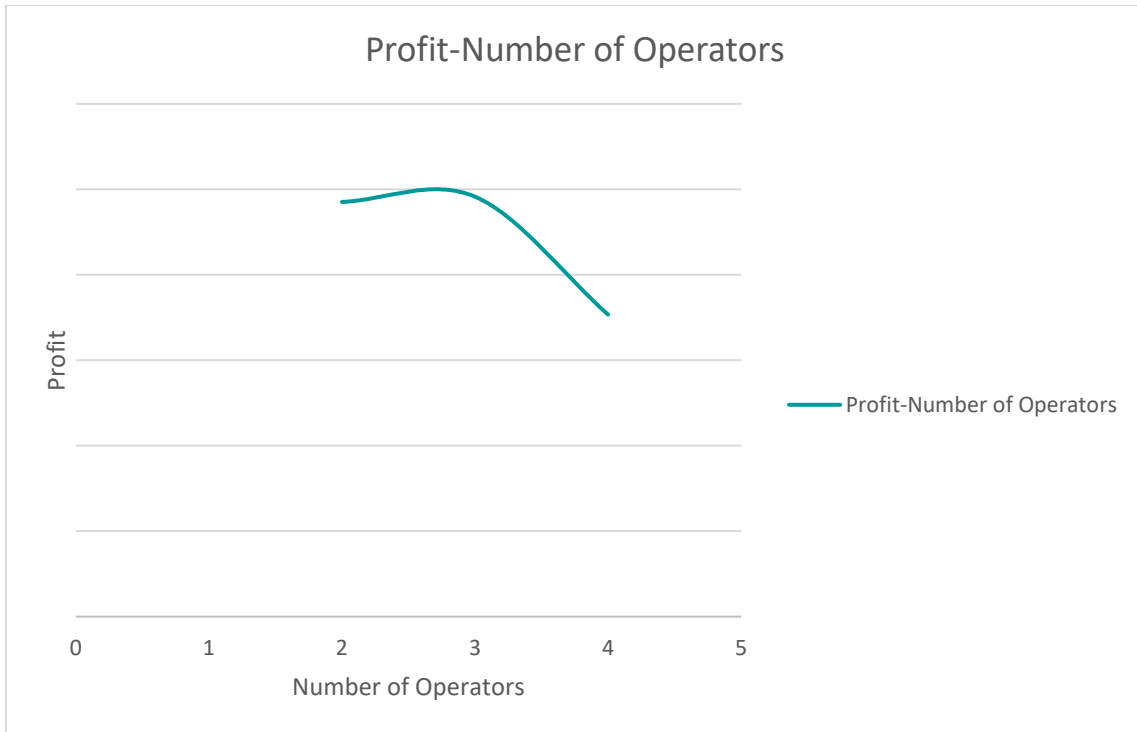
διαδικασία αυτή. Στις περιπτώσεις αλλαγών που συμμετέχει μόνο ένας εργαζόμενος, παρατηρείται απώλεια χρόνου λόγω της αδυναμίας κατανομής των εργασιών και λόγω της επιπλέον μετακίνησης στις περιπτώσεις μηχανημάτων που απαιτείται επέμβαση στο μπροστά και στο πίσω μέρος τους ή από το ένα μηχάνημα προς το άλλο. Γι' αυτό το λόγο θα εξεταστεί η δυνατότητα παράλληλων διεργασιών με δύο ή και περισσότερα άτομα ταυτόχρονα.

Στην αρχική μελέτη η αλλαγή πραγματοποιείται από έναν εξειδικευμένο εργαζόμενο και έναν εργαζόμενο χωρίς εξειδίκευση του οποίου το ποσοστό συμμετοχής στις δραστηριότητες είναι πιο περιορισμένο.

Για τη βέλτιστη κατανομή των εργασιών ανάμεσα στα μέλη της ομάδας θα μελετηθεί η περίπτωση συμμετοχής μόνο εξειδικευμένων εργαζόμενων στην αλλαγή, με σκοπό τη μείωση του χρόνου αλλαγής τουλάχιστον στο 50% του αρχικού χρόνου.

Επομένως, με τη χρήση του υπολογιστικού μοντέλου που κατασκευάστηκε στο 4^ο κεφάλαιο και με τη χρήση δεδομένων χρόνων αλλαγής για 1,2,3,4 εξειδικευμένους εργαζομένους αντίστοιχα υπολογίζεται ο βέλτιστος αριθμός με βάση τη μεγιστοποίηση του κέρδους.

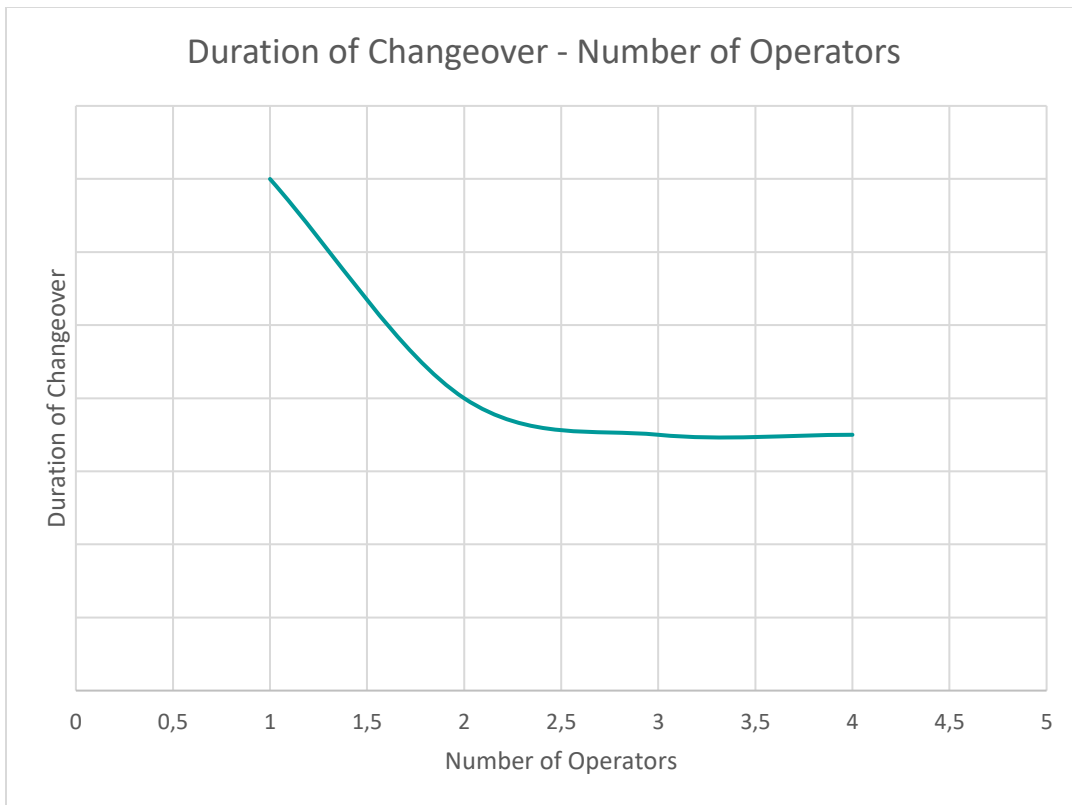
Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα κέρδους- αριθμού εργαζομένων.



Διάγραμμα 13: Διάγραμμα σύγκρισης κέρδους ανάλογα με τον αριθμό χειριστών που συμμετέχουν στην αλλαγή.

Αξιολογώντας το παραπάνω διάγραμμα, συμπεραίνεται ότι το μέγιστο κέρδος παρατηρείται στην περίπτωση των τριών εργαζομένων. Ωστόσο, η διαφορά ανάμεσα στην περίπτωση των τριών εργαζομένων και των δύο είναι πολύ μικρή οπότε γίνεται σύγκριση και στους συνολικούς χρόνους αλλαγής σε κάθε περίπτωση.

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα με τη σύγκριση του συνολικού χρόνου αλλαγής στην κάθε περίπτωση.



Διάγραμμα 14: Διάγραμμα σύγκρισης χρόνου αλλαγής ανάλογα με τον αριθμό χειριστών που συμμετέχουν στην αλλαγή.

Σχετικά με τον συνολικό χρόνο αλλαγής, παρατηρείται ότι η διαφορά στην περίπτωση δυο εργαζόμενων και παραπάνω είναι πολύ μικρή, οπότε επιλέγεται η περίπτωση των δύο εξειδικευμένων εργαζομένων.

Επομένως, κατά την εφαρμογή των βελτιώσεων θα δοκιμαστούν και θα αξιολογηθούν οι παρακάτω περιπτώσεις:

1. Περίπτωση 1^η: Δύο εξειδικευμένοι εργαζόμενοι
2. Περίπτωση 2^η: Δύο εξειδικευμένοι εργαζόμενοι και ένας χωρίς εξειδίκευση

5.7 Εφαρμογή βελτιώσεων και έλεγχος

Για την εφαρμογή των βελτιώσεων πραγματοποιείται ανακατανομή των διεργασιών με βάση τη βέλτιστη προοπτική. Έτσι, δημιουργείται ένα πλάνο για τις αρμοδιότητες του κάθε μέλους της ομάδας που συμμετέχει στη διαδικασία της αλλαγής εξοπλισμού και αντίστοιχα για κάθε περίπτωση που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα.

Πιο συγκεκριμένα, παρακάτω παρουσιάζεται η αρχική κατανομή των εργασιών ανάμεσα στα δύο μέλη της ομάδας που πραγματοποίησαν την αλλαγή του εξοπλισμού καθώς και η κατανομή που θα ακολουθηθεί μετά την υλοποίηση των βελτιστοποιήσεων και κατά την περίοδο της δοκιμής και του ελέγχου της μεθόδου.

Αρχική Κατανομή:

Πίνακας 3: Αρχική κατανομή δραστηριοτήτων.

Activity	Operator 1	Packer
CLEANING&SANITIZATION	X	
UNSCRAMBLER		X
FILLER		X
CAPPER CHANGE PARTS		X
CAPPER SETTINGS	X	
CONVEYORS	X	
LABELER CHANGE PARTS	X	
LABELER SETTINGS	X	
WEIGHING MACHINE	X	
SHRINK WRAPPER CHANGE PARTS	X	
SHRINK WRAPPER SETTINGS	X	
CASEPACKER CHANGE PARTS		
CASEPACKER SETTINGS	X	
START UP PAPERWORK	X	
MATERIALS		X
CHANGE PARTS		X
LINE CLEARANCE		X

1^η περίπτωση:

Πίνακας 4: Πρώτο σενάριο κατανομής δραστηριοτήτων μετά την εφαρμογή των βελτιώσεων.

Activity	Operator 1	Operator 2
CLEANING&SANITIZATION	X	
UNSCRAMBLER		X
FILLER	X	
CAPPER CHANGE PARTS	X	
CAPPER SETTINGS	X	
CONVEYORS		
LABELER CHANGE PARTS		X
LABELER SETTINGS		X
WEIGHING MACHINE		X
SHRINK WRAPPER CHANGE PARTS		X
SHRINK WRAPPER SETTINGS		X
CASEPACKER CHANGE PARTS	X	
CASEPACKER SETTINGS	X	
START UP PAPERWORK	X	
MATERIALS		X
CHANGE PARTS	X	X
LINE CLEARANCE	X	

2^η περίπτωση:

Πίνακας 5: Δεύτερο σενάριο κατανομής δραστηριοτήτων μετά την εφαρμογή των βελτιώσεων.

Activity	Operator 1	Operator 2	Packer
CLEANING&SANITIZATION	X		
UNSCRAMBLER			X
FILLER			X
CAPPER CHANGE PARTS	X		
CAPPER SETTINGS	X		
CONVEYORS		X	
LABELER CHANGE PARTS		X	
LABELER SETTINGS		X	
WEIGHING MACHINE	X		
SHRINK WRAPPER CHANGE PARTS		X	
SHRINK WRAPPER SETTINGS		X	
CASEPACKER CHANGE PARTS	X		
CASEPACKER SETTINGS	X		
START UP PAPERWORK	X		
MATERIALS			X
CHANGE PARTS			X
LINE CLEARANCE			X

5.8 Εκπαίδευση

Σημαντικό βήμα στη διεκπεραίωση, στην ένταξη και στην εδραίωση των αλλαγών αυτών στην καθημερινότητα των εργαζομένων είναι η εκπαίδευση. Γι' αυτόν τον λόγο, δίνεται έμφαση στο κομμάτι αυτό, εισάγοντας τη διαδικασία σαν μία τυπική συνθήκη των εργαζομένων σε όλες τις βάρδιες και ανεξάρτητα από τον εργαζόμενο.

Μέσω της εκπαίδευσης διασφαλίζεται ότι τηρούνται οι νέες συνθήκες και οι δραστηριότητες εκτελούνται με τον σωστό τρόπο και στο σωστό χρονικό πλαίσιο.

Δόθηκε λοιπόν έμφαση στην μεθοδολογία, στην κατανόηση των διαφοροποιήσεων καθώς και στον σωστό συντονισμό των δραστηριοτήτων. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, το πραγματικό αποτέλεσμα, με τον μειωμένο χρόνο αλλαγής θα φανεί σε δεύτερο χρόνο καθώς απαιτείται κάποιο χρονικό διάστημα για την εξοικείωση και την ενσωμάτωση της νέας διαδικασίας στην καθημερινότητα.

Για τη γρηγορότερη αφομοίωση της νέας διαδικασίας αλλά και την τυποποίηση της, δημιουργούνται λίστες και παραδίδονται στους χειριστές τις γραμμές, με τις δραστηριότητες που πρέπει να γίνουν εκτός της διαδικασίας αλλαγής, δηλαδή κατά την παραγωγική διαδικασία του προηγούμενου προϊόντος και κατά την παραγωγική διαδικασία του επόμενου προϊόντος. Επίσης, δημιουργούνται φόρμες αλλαγής εξοπλισμού, κατά τις οποίες ο χειριστής έχει πλήρη εικόνα των σημείων που πρέπει να κάνει αλλαγή, του καταμερισμού εργασιών ανάμεσα σε εκείνον και στα υπόλοιπα μέλη του προσωπικού καθώς και του χρονοδιαγράμματος και των χρονικών στόχων που πρέπει να πετύχει. Με αυτόν τον τρόπο, υπάρχει κοινή γραμμή ανάμεσα σε όλα τα μέλη της παραγωγής.

Παρακάτω παρουσιάζεται αρχικά η λίστα με τις ενέργειες που πραγματοποιούνται εκτός αλλαγής και έπειτα η φόρμα αλλαγής.

Πίνακας 6: Λίστα εξωτερικών ενεργειών.

ΛΙΣΤΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ				
	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΧΡΟΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΕΛΙΞΗ	ΑΡΜΟΔΙΟΣ
1.	Προετοιμασία ανταλλακτικών επόμενου προϊόντος.	Μία ώρα πριν την έναρξη της αλλαγής εξοπλισμού.		
2.	Έλεγχος ύπαρξης υλικών συσκευασίας επόμενου προϊόντος.	Μία ώρα πριν την έναρξη της αλλαγής εξοπλισμού.		
3.	Παραγγελία υλικών συσκευασίας επόμενου προϊόντος.	Μία ώρα πριν την έναρξη της αλλαγής εξοπλισμού.		
4.	Διατήρηση ευταξίας & Καθαριότητας στους άμεσα εμπλεκόμενους χώρους.	Κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.		
5.	Εφοδιασμός καθαριστικών και απολυμαντικών για την διαδικασία του καθαρισμού.	Κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.		
6.	Συμπλήρωση απαραίτητων εγγράφων.	Μετά την έναρξη του νέου προϊόντος.		
7.	Διαχείριση και αποθήκευση προηγούμενων ανταλλακτικών.	Μετά την έναρξη του νέου προϊόντος.		

Πίνακας 7: Φόρμα αλλαγών.

LINE:		DATE:		OPERATOR 1					
PREVIOUS PRODUCT:		NEXT PRODUCT:		OPERATOR 2					
		OPERATOR 1				OPERATOR 2			
ACTIVITY	TARGET (HOURS)	ΑΝΑΘΕΣΗ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΑΣ	START	END	COMMENTS	ΑΝΑΘΕΣΗ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΑΣ	START	END	COMMENTS
CHANGEOVER									
ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΕΠΟΜΕΝΟ ΦΟΡΜΑΤ									
UNSCRAMBLER									
FILLER									
CAPPER CHANGE PARTS									
CAPPER SETTINGS									
CONVEYORS									
LABELER CHANGE PARTS									
LABELER SETTINGS									
WEIGHING MACHINE									
SHRINK WRAPPER CHANGE PARTS									
SHRINK WRAPPER SETTINGS									
CASEPACKER CHANGE PARTS									
CASEPACKER SETTINGS									
START UP PAPERWORK									

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

Συζήτηση

Αποτελεσμάτων -

Συμπεράσματα

6.Συζήτηση αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα

Είναι κατανοητό σε όλο τον κλάδο της βιομηχανίας, ότι για να ανταπεξέλθουν στον ανταγωνισμό, οι εταιρείες πρέπει να παράγουν περισσότερα διαφορετικά είδη προϊόντων σε συντομότερο χρονικό διάστημα. Για να ικανοποιηθούν αυτές οι απαιτήσεις των πελατών υπάρχουν δύο προσεγγίσεις που μπορούν να ληφθούν· είτε να υπάρχουν επίπεδα αποθεμάτων ώστε η εταιρεία να μην καταλήγει χωρίς προϊόντα ή να μειωθούν οι χρόνοι αλλαγής και παραγωγής έτσι ώστε ένα υψηλότερο εύρος ειδών να μπορούν να παραχθούν στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Η τελευταία μέθοδος, η οποία μειώνει τον χρόνο παράδοσης, είναι πιο επιθυμητή και πάνω σε αυτή βασίζεται η παραπάνω μελέτη. Δεδομένου ότι η μείωση του χρόνου αλλαγής βελτιώνει τον χρόνο παραγωγής, επομένως βελτιώνει επίσης και την παραγωγικότητα, η εφαρμογή του SMED, εάν γίνει σωστά, μπορεί να εξαλείψει την ανάγκη ακόμα και για μία νέα γραμμή παραγωγής.

Συνοψίζοντας, η παρούσα μελέτη οδήγησε στα παρακάτω συμπεράσματα. Αρχικά, είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει μία πρότυπη διαδικασία που να ακολουθείται απ' όλους. Όπως παρατηρήθηκε από την μελέτη δεν υπήρχε μία κοινή γραμμή στην διεκπεραίωση της διαδικασίας. Μετά τις βελτιωτικές κινήσεις και τις αντίστοιχες εκπαιδεύσεις, δημιουργήθηκε μια ενιαία και ευκολότερη διεργασία. Μεγάλη αντίστοιχα αποδείχθηκε και η επιρροή των standards σε αυτήν την διαδικασία. Επομένως, εκτός το πρώτο βήμα της δημιουργίας τους που έχει γίνει, είναι πολύ σημαντικό να εξασφαλιστεί η διατήρηση τους και ο επανέλεγχος.

Ένα άλλο κομμάτι που επηρεάζει τη διαδικασία της αλλαγής όπως διαπιστώθηκε και από τη συγκεκριμένη μελέτη, είναι αυτό της διαχείρισης των ανταλλακτικών και της εύκολης πρόσβασης σε αυτά. Γι' αυτόν τον λόγο, είναι ιδιαίτερα σημαντική η καθιέρωση και η χρήση του εξοπλισμού τοποθέτησης ανταλλακτικών «πάνω» στα μηχανήματα.

Τέλος, ανάλογα με τις ανάγκες και το αντίστοιχο ανθρώπινο δυναμικό για επίσπευση της αλλαγής υπάρχει δυνατότητα ενίσχυσης της ομάδας που συμμετέχει στην αλλαγή.

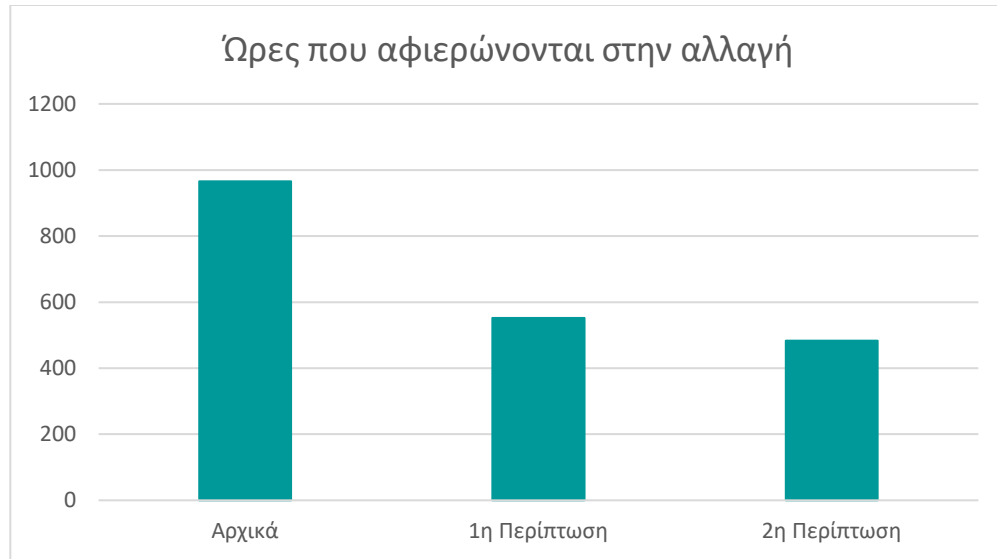
Με βάση όλα τα παραπάνω και με δεδομένο ότι ετήσια πραγματοποιούνται περίπου 138 αλλαγές εξοπλισμού στην συγκεκριμένη γραμμή παραγωγής, στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μεταξύ των περιπτώσεων που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 5 και με αυτόν τον τρόπο γίνονται οι απαραίτητες συγκρίσεις.

Πίνακας 8: Απεικόνιση & Σύγκριση περιπτώσεων

	ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1 ^Η	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2 ^Η
ΑΡΙΘΜΟΣ ΧΕΙΡΙΣΤΩΝ	1	2	2
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗ ΕΞ.ΕΡΓ	1	0	1
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓ.	2	2	3
ΧΡΟΝΟΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	7	4	3,5
ΜΗΧΑΝΟ-ΩΡΕΣ ΑΛΛΑΓΗΣ (ΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ)	966	552	483
ΑΝΘΡΩΠΟ-ΩΡΕΣ ΑΛΛΑΓΗΣ (ΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ)	1932	1102	1449

Επομένως, μετά την εφαρμογή των βελτιωτικών ενεργειών που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και με την αύξηση του ανθρώπινου δυναμικού από ένα σε δύο χειριστές (1^Η Περίπτωση: 2 χειριστές, 2^Η Περίπτωση: 2 χειριστές, 1 μη εξ. Εργ), αναμένεται μείωση του χρόνου αλλαγής έως και 50% και επομένως κέρδος σε μηχανο-ώρες 50% πάνω για κάθε προγραμματισμένη αλλαγή. Με λίγα λόγια, σε ετήσια βάση και με βάση τις προγραμματισμένες αλλαγές, υπάρχει δυνατότητα για κέρδος έως και 483 παραγωγικών ωρών, δηλαδή επιπλέον μία παραγωγική ώρα ανά εβδομάδα (θεωρώντας ότι το έτος αποτελείται από 50 εβδομάδες). Από πλευράς βαρδιών, αξιολογώντας τα αποτελέσματα η παραγωγική μονάδα μπορεί να κερδίσει μέχρι και 60 οκτώωρες βάρδιες.

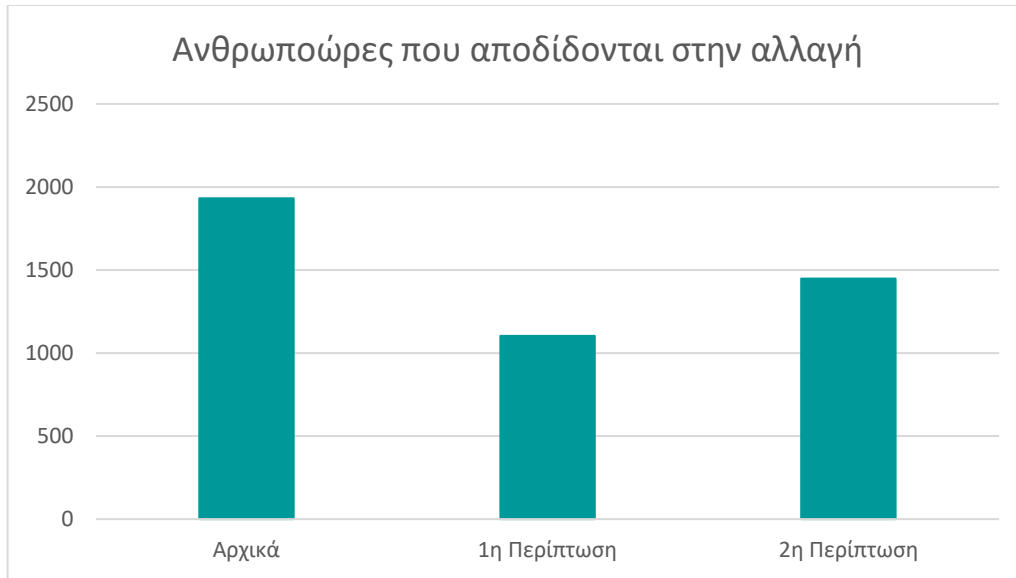
Στο παρακάτω διάγραμμα, διατυπώνεται καλύτερα η σύγκριση ανάμεσα στην περίπτωση πριν την βελτίωση και μετά από αυτήν.



Διάγραμμα 15: Σύγκριση συνολικών ωρών που αφιερώνονται στην αλλαγή, αρχικά και έπειτα μετά(δύο περιπτώσεις).

Επίσης, με βάση το πλήρωμα της γραμμής που απαρτίζεται από τρία άτομα, σημειώνεται κέρδος 1450 ανθρωπο-ωρών σε ετήσια βάση. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι δίνοντας έναν επιπλέον εργαζόμενο στην διαδικασία αυτή, δηλαδή 483 ανθρωποώρες ετησίως υπάρχει και πάλι κέρδος συνολικό και σε μηχανο-ώρες αλλά και σε ανθρωποώρες (κόστος εργασίας).

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα, ακόμα και στην περίπτωση των τριών εργαζομένων, δίνοντας δηλαδή μεγαλύτερο αριθμό ανθρωποωρών, ο συνολικός αριθμός είναι μικρότερος λόγω της μικρότερης χρονικής διάρκειας της αλλαγής.



Διάγραμμα 16: Σύγκριση συνολικών ανθρωποωρών αρχικά και μετά την μελέτη(2 περιπτώσεις).

Επιπλέον, με την μείωση του χρόνου αλλαγής, αυξάνεται η διαθεσιμότητα της γραμμής για παραγωγή. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η διαθεσιμότητα είναι ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν το OEE (Overall Equipment Efficiency). Επομένως, σε βάθος χρόνου και με την καθιέρωση και τυποποίηση των νέων συνθηκών, αναμένεται αύξηση του δείκτη αυτού κατά 3%.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής φαίνονται και στον τομέα του παραγωγικού κόστους. Πιο συγκεκριμένα, εάν το κόστος για την παραγωγή ενός προϊόντος μειωθεί, τότε τα περιθώρια κέρδους θα αυξηθούν. Με άλλα λόγια, εάν ο χρόνος που χρησιμοποιείται για την αλλαγή εξοπλισμού από ένα προϊόν σε ένα άλλο, μειωθεί, τότε το κόστος θα μειωθεί, καθώς μειώνεται ένας καταλυτικός παράγοντας του συνολικού κόστους, το κόστος εργασίας, κάτι που διαπιστώνεται και παραπάνω από το κέρδος σε ανθρωπόωρες. Σημαντικό είναι επίσης, ότι επιτυγχάνεται μείωση του παραγωγικού κόστους και κατά συνέπεια του κόστους ανά τεμάχιο, χωρίς όμως να επηρεάζεται η ποιότητα του προϊόντος, κάτι που είναι πολύ σημαντικό για το τελικό προϊόν.

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

Τέλος, η μελέτη αυτή είναι μια αρχική προσέγγιση για την μια γραμμή του εργοστασίου. Με την κατάλληλη διερεύνηση, παρόμοιες βελτιώσεις μπορούν να εφαρμοστούν και στις υπόλοιπες γραμμές συσκευασίας και το κέρδος να αυξηθεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

Επίλογος – Μελλοντικά Βήματα

7.Επίλογος-Μελλοντικά Έργα

7.1 Επίλογος

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η εφαρμογή των μεθοδολογιών που εντάσσονται στα πλαίσια της Λιτής Παραγωγής, συνέβαλε στην βελτίωση ενός πραγματικού και συγκεκριμένου προβλήματος σε βιομηχανικό περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, μειώνοντας τον χρόνο που αφιερώνεται στις αλλαγές επιτεύχθηκε αύξηση της παραγωγικότητας της γραμμής παραγωγής και πιο συνολικά της δυνατότητας της για παραγωγή χωρίς όμως να δημιουργηθεί η ανάγκη για αγορά και επένδυση σε νέο εξοπλισμό.

Έτσι, η επιπλέον παραγωγικότητα που προέκυψε συνέβαλε στο να αποκτήσει η γραμμή παραγωγής -και κατά συνέπεια η συγκεκριμένη παραγωγική μονάδα- την ευελιξία να δέχεται και να μπορεί να ανταπεξέλθει σε μεγαλύτερους όγκους παραγωγής αλλά και σε μικρότερες και πιο συχνές παραγγελίες. Σχετικά με την συγκεκριμένη παραγωγική μονάδα, εφαρμόζοντας παρόμοιες τακτικές και στις υπόλοιπες γραμμές συσκευασίας, δίνεται η ευκαιρία να εξασφαλιστεί επιπλέον ευελιξία στην διαχείριση των όγκων παραγωγής.

Εκτός το κέρδος που προκύπτει στην ευελιξία του προγραμματισμού, σημαντική είναι και η μείωση του κόστους παραγωγής ανά τεμάχιο μετά την εφαρμογή της συγκεκριμένης μελέτης. Στις βιομηχανίες φαρμακευτικών και καλλυντικών, όπως η συγκεκριμένη, είναι πολύ σημαντική η διατήρηση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Επομένως, η μείωση του κόστους παραγωγής του τελικού προϊόντος χωρίς κάποια επιρροή στην ποιότητα του θεωρείται από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου έργου.

7.2 Μελλοντικό Έργο

7.2.1 Βραχυπρόθεσμες Ιδέες

Μέσα από αυτήν την ανάλυση, συμπεραίνεται ότι ένας πολύς σημαντικός παράγοντας της διατήρησης των νέων συνθηκών αλλά και γενικότερα οποιασδήποτε διαδικασίας εμπλέκεται ο ανθρώπινος παράγοντας, είναι η δημιουργία πρότυπων συνθηκών αλλά και η συνεχής τήρηση και ενημέρωση τους. Επομένως, πρώτο και απαραίτητο βήμα για την εφαρμογή αλλά και την διατήρηση του έργου και των βελτιώσεων, αποτελεί ο συνεχής έλεγχος των δραστηριοτήτων και η επιβεβαίωση της ορθότητας της διαδικασίας (Process Confirmation). Μέσα από αυτό, θα μπορούν να διορθώνονται τυχόν λάθη της διαδικασίας, ανθρώπινα λάθη αλλά θα εξετάζεται και η χρησιμότητα των βημάτων μιας διαδικασίας ώστε να υπάρχει διαρκής ανανέωσή της όπου χρειάζεται. Επίσης, με συνεχείς αξιολογήσεις της διαδικασίας θα αποφευχθεί η επιστροφή στην παλιά διαδικασία πριν τις βελτιώσεις.

Αυτό το βήμα είναι απαραίτητο για κάθε έργο στην βιομηχανία και στην συγκεκριμένη περίπτωση εντάσσεται στις υποχρεώσεις των άμεσα εμπλεκόμενων στο συγκεκριμένο έργο.

7.2.2 Μακροπρόθεσμες Ιδέες

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, μελετάται η μείωση του χρόνου αλλαγής μέσω της μείωσης του ενός κομματιού της διαδικασίας, της αλλαγής και προσαρμογής του εξοπλισμού στο επόμενο προϊόν.

Ωστόσο, υπάρχει και το δεύτερο κομμάτι που συμπεριλαμβάνεται σε αυτήν την αλλαγή το οποίο αποτελείται από την διαδικασία Καθαρισμού και Απολύμανσης της γραμμής παραγωγής. Λόγω του ότι η συγκεκριμένη διεργασία δεν αντιπροσώπευε το μεγαλύτερο ποσοστό κατά την πρώτη μελέτη, το έργο δεν εστίασε σε αυτήν.

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

Με τις βελτιώσεις στο πρώτο κομμάτι, ο χρόνος αλλαγής εξοπλισμού και ο χρόνος Καθαρισμού και Απολύμανσης καταλήγουν στο ίδιο ποσοστό.

Επομένως, σαν μελλοντικό βήμα, θα μπορούσε να εξεταστεί η βελτιστοποίηση της διαδικασίας αυτής και η μείωση του χρόνου που απαιτείται, ελέγχοντας τις δυνατότητες του προγράμματος που χρησιμοποιείται και των παραμέτρων που το επηρεάζουν (θερμοκρασία, καθαριστικά, βήματα διαδικασίας).

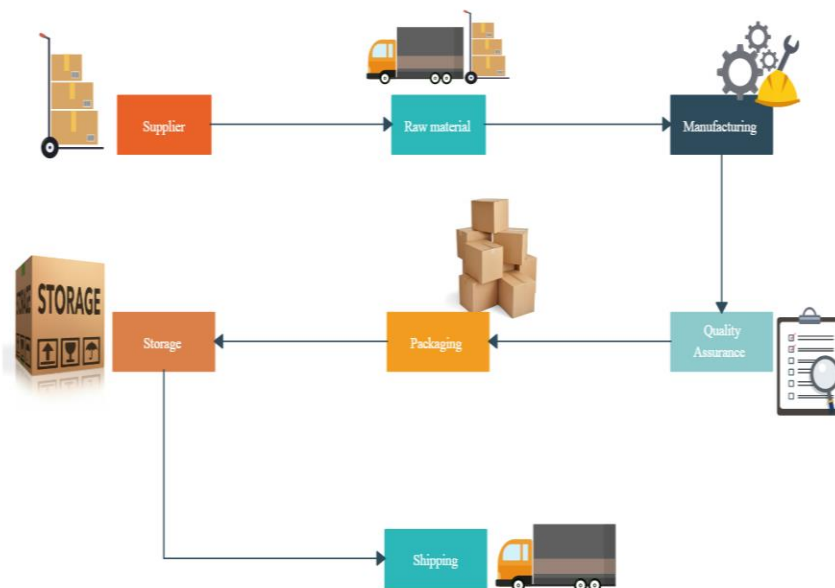
Ένα άλλο κομμάτι που πρέπει να ληφθεί υπόψιν ως μελλοντικό έργο με βραχυπρόθεσμες αλλά και μακροπρόθεσμες ενέργειες, είναι η προσαρμογή των υπόλοιπων τμημάτων της βιομηχανίας στις νέες συνθήκες του τμήματος συσκευασίας. Είναι γεγονός, ότι το τμήμα συσκευασίας δεν αποτελεί ένα αυτόνομο τμήμα αλλά ένα τμήμα που επηρεάζεται και τροφοδοτείται από τα υπόλοιπα τμήματα. Επομένως, είναι σημαντική η άμεση ανταπόκριση τους στις νέες ταχύτητες και στην νέα παραγωγικότητα τους.

Ξεκινώντας από το τμήμα του προγραμματισμού παραγωγής, είναι σημαντική η προσαρμογή καθώς αποτελεί το τμήμα που τροφοδοτεί την παραγωγή με τις απαραίτητες πρώτες ύλες και υλικά συσκευασίας.

Συνεχίζοντας, ένα εξίσου σημαντικό τμήμα είναι το τμήμα αποθήκης το οποίο καλείται να διαχειριστεί τόσο τα υλικά συσκευασίας και τις πρώτες ύλες που παραλαμβάνονται όσο και το απόθεμα του τελικού προϊόντος που αποθηκεύεται εκεί πριν την διανομή του στον τελικό προορισμό. Επομένως, είναι πολύ σημαντική η καλύτερη οργάνωση του τμήματος αυτού, στον τρόπο που διαχειρίζεται και διανείμει τα υλικά συσκευασίας στις γραμμές παραγωγής, στον τρόπο που αποθηκεύει και οργανώνει τους χώρους καθώς και στην δημιουργία πρότυπων διαδικασιών που θα ακολουθούνται σε κάθε περίπτωση ώστε να μην δημιουργηθεί αστοχία ακόμα και όταν οι όγκοι και οι απαιτήσεις παραγωγής είναι σε υψηλά επίπεδα. Επιπλέον, μέσα στα πλαίσια της καλύτερης οργάνωσης του τμήματος αυτό είναι η διαχείριση του αποθέματος και ο έγκαιρος προγραμματισμός των μεταφορών του ώστε να μην επηρεάζει αρνητικά την παραγωγική διαδικασία.

Σχετικά με το τμήμα του ποιοτικού ελέγχου, η επιρροή τους στην παραγωγική διαδικασία γίνεται αντιληπτή στο σημείο του ελέγχου των υλικών που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγική διαδικασία. Ένας βασικός πυλώνας που επηρεάζει την εύρυθμη λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας και πολλές φορές είναι ένα από τα αίτια των προβλημάτων που προκύπτουν είναι η ποιότητα του υλικού, γι' αυτό το λόγο αποτελεί και ένα από τους τέσσερις παράγοντες (Τέσσερα Μ) που ελέγχονται κατά την εμφάνιση ενός προβλήματος. Γι' αυτό το λόγο, η εξασφάλιση ποιοτικών υλικών συσκευασίας και η έγκαιρη επικοινωνία με τους προμηθευτές στην περίπτωση που υπάρχει ελαττωματικό υλικό.

Τέλος, το τεχνικό τμήμα και το τμήμα συντήρησης του εξοπλισμού θα πρέπει να προσαρμοστούν στην νέα πραγματικότητα καθώς με την αύξηση της παραγωγικότητας και των νέων ταχυτήτων θα πρέπει τα προγράμματα συντήρησης καθώς και η ανταπόκριση σε περίπτωση προβλημάτων να ανανεωθούν.



Εικόνα 11: Αλυσίδα εμπλεκόμενων τμημάτων στην παραγωγή και αποστολή τελικού προϊόντος, Πηγή: <https://creately.com/diagram/example/jma3qob43/manufacturing-workflow-template>

Μακροπρόθεσμα, μία άλλη λύση που μπορεί να συμβάλλει στην τυποποίηση των αλλαγών εξοπλισμού καθώς και στην μείωση του χρόνου τους όχι μόνο στην εν λόγω γραμμή παραγωγής αλλά και σε όλες τις γραμμές του εργοστασίου, είναι η δημιουργία μίας εξειδικευμένης ομάδας αλλαγών που θα ασχολείται εξ' ολοκλήρου με το συγκεκριμένο έργο. Η συγκεκριμένη ομάδα, θα ασχολείται και θα ενισχύει τις αλλαγές εξοπλισμού που είναι προγραμματισμένες, μειώνοντας έτσι τον χρόνο αλλαγής. Επίσης, θα συμμετέχει σε δραστηριότητες που έχουν στόχο την δημιουργία μίας πρότυπης διαδικασίας όπως συλλογή και δημιουργία πρότυπων ρυθμίσεων του εξοπλισμού, ευταξία του χώρου αλλαγής και των ανταλλακτικών κ.α.

Ένα άλλο πιθανό μελλοντικό βήμα, μηχανολογικής φύσεως, που σχετίζεται με την μείωση του χρόνου αλλαγών είναι η αντικατάσταση των ήδη υπαρχόντων αναλογικών ρυθμιστών που βρίσκονται σε κάθε μηχάνημα με σκοπό την ρύθμιση της θέσης με αντίστοιχους ηλεκτρονικούς. Όπως φάνηκε και στην παραπάνω μελέτη, οι ρυθμίσεις αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό της διαδικασίας της αλλαγής και πολλές φορές ο χειριστής αφιερώνει μεγάλο χρόνο σε αυτές. Συχνά αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της λανθάνουσας τιμής, δηλαδή ο ρυθμιστής μπορεί να δείχνει άλλη τιμή από αυτήν που πραγματικά είναι λόγω μη επαρκούς βαθμονόμησης. Με τους ηλεκτρονικούς ρυθμιστές υπάρχει η δυνατότητα ένδειξης της πραγματικής τιμής και ταυτόχρονα του στόχου που έχει ως τελική ρύθμιση. Επίσης, ένα άλλο πλεονέκτημα τους, είναι η δυνατότητα σύνδεσης με υπολογιστή ή πάνελ. Με αυτόν τον τρόπο, υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης των παραμέτρων και η προώθηση τους στους ρυθμιστές με σκοπό την αποφυγή κάποιου λάθους αλλά και την επίτευξη της κατάλληλης προετοιμασίας της αλλαγής. Τέλος, ένα βήμα παρακάτω σχετικά με τους συγκεκριμένους ρυθμιστές είναι οι αυτόματοι ρυθμιστές, οι οποίοι συνδεδεμένοι με τα αντίστοιχα μοτέρ μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές και ρυθμίσεις που να γίνονται μέσω του υπολογιστή.

Βιβλιογραφία

Βιβλιογραφία

- [1] Manish Deshmukh, Anshul Gangele, Deepak Kumar Gope, Saurabh Dewangan, "Study and implementation of lean manufacturing strategies: A literature review", Materialstoday Proceeding, Volume 62, Part 3, 2022, Pages 1489-1495, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.155>
- [2] Łukasz Dekier "The Origins and Evolution of Lean Management System", Journal of International Studies, Vol. 5, No 1, 2012, pp. 46-51 https://www.jois.eu/files/DekierV_5_N1.pdf
- [3] Alves, A.C., Dinis-Carvalho, J. and Sousa, R.M. (2012), "Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility", The Learning Organization, Vol. 19 No. 3, pp. 219-237. <https://doi.org/10.1108/09696471211219930>
- [4] Shaman Gupta, Sanjiv Kumar Jain, " A literature review of lean manufacturing", International Journal of Management Science and Engineering Management, Volume 8 No. 4, 2013, pp. 241-249, <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- [5] <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1069535/FULLTEXT01.pdf>
- [6] P. Muchiri, L. Pintelon, "Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion", International Journal of Production Research, Volume 46 No.13, 2008 , pp. 3517-3535, <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>

[7] Dal, B., Tugwell, P. and Greatbanks, R. (2000), "Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20 No. 12, pp. 1488-1502.

<https://doi.org/10.1108/01443570010355750>

[8] OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS), available at

<https://www.leanproduction.com/oeo/> (Accessed 29 January 2023)

[9] Lozano, J., Saenz-Díez, J., Martínez, E. et al. "Methodology to improve machine changeover performance on food industry based on SMED". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90, 2017, pp. 3607–3618.

<https://doi.org/10.1007/s00170-016-9686-x>

[10] Nancy M.P. Bocken, Alisa Harsch, Ilka Weissbrod, "Circular business models for the fastmoving consumer goods industry: Desirability, feasibility, and viability", *Sustainable Production and Consumption*, Volume 30,2022, Pages 799-814,

<https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.012>

[11] Womack, James & Jones, Daniel. (1996). "Lean Thinking : Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.", *Journal of the Operational Research Society* 48(11), 10.1038/sj.jors.2600967

[12] C. Ferreira, J.C. Sá, L.P. Ferreira, M.P. Lopes, T. Pereira, L.P. Ferreira, F.J.G. Silva,

Βελτιστοποίηση διαδικασίας αλλαγής εξοπλισμού σε γραμμή παραγωγής βιομηχανίας καλλυντικών: Μια εφαρμογή της μεθοδολογίας SMED(Single Minute Exchange to Die)

“iLeanDMAIC – A methodology for implementing the lean tools”,

Procedia Manufacturing, Volume 41, 2019, pp. 1095-1102,

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.038>

[13] 2016, “Secrets behind successful SMED”, Available at

<https://industryforum.co.uk/blog/secrets-behind-successful-smed/> (Accessed 29 January 2023)

[14] Paula Patricia Ganzer, Cassiane Chais, Pelayo Munhoz Olea, “Product, process, marketing and organizational innovation in industries of the flat knitting sector”, RAI Revista de Administração e Inovação, Volume 14 No.4, 2017, Pages 321-332,

<https://doi.org/10.1016/j.rai.2017.07.002>

[15] Désirée A. Laubengaier, Raffaella Cagliano, Filomena Canterino, “It Takes Two to Tango: Analyzing the Relationship between Technological and Administrative Process Innovations in Industry 4.0”, Technological Forecasting and Social Change, Volume 180, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121675>

[16] William T. Truscott, “Chapter 1 - What is Six Sigma?”, in Six Sigma Continual Improvement for Businesses, 2003, Pages 1-14, <https://doi.org/10.1016/B978-075065765-5/50001-8>

[17] R. I. McIntosh, S.J. Culley, A.R. Mileham & G.W. Owen, “A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology”, International Journal of Production Research, Volume 38 No.11, 2000, pp. 2377-23

95, <https://doi.org/10.1080/00207540050031823>

[18] P. Muchiri, L. Pintelon, “Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion”, *International Journal of Production Research*, Volume 46 No.13, 2008 , pp. 3517-3535, <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>

[19] Gould, W. A. (1992). “*Problem Solving — Cause and Effect Diagram.*”, *Total Quality Management for the Food Industries*, pp. 73–77. doi:10.1016/b978-1-84569-601-6.50018-9

[20] S T Risyahadi, F Apriliani, S Irawan, “ Descriptive analysis of Overall Equipment Effectiveness

(OEE) in various industry”, <http://dx.doi.org/10.12962/j23546026.v2018i3.3728>

[21] McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). “*A critical evaluation of Shingo’s “SMED” (Single Minute Exchange of Die) methodology.*”, *International Journal of Production Research*, 38(11), 2377–2395. doi:10.1080/00207540050031823

[22] Mileham, A. R., Culley, S. J., Owen, G. W., & McIntosh, R. I. (1999). *Rapid changeover – a pre-requisite for responsive manufacture. International Journal of Operations & Production Management*, 19(8), 785–796. doi:10.1108/0144357991027438

[23] Johnson, Corinne N., “The benefits fo PDCA”, Quality Progress;Vol. 35, Iss. 5, 2002, <https://www.proquest.com/openview/6fb24b731a9c0c8bafd90096fd751e76/1?pq-origsite=gscholar&cbl=34671>

[24] Ciano, Maria & Dallasega, Patrick & Orzes, Guido & Rossi, Tommaso. “One-to-one relationships between Industry 4.0 technologies and Lean Production techniques: a multiple case study.”, International Journal of Production Research. 1. 25, 2020, DOI: 10.1080/00207543.2020.1821119.

[25] Parikh, Yash & Mahamuni, Pranav., “Total Productive Maintenance: Need & Framework.”,2015, https://www.researchgate.net/publication/335313768_Total_Productive_Maintenance_Need_Framework

[26] SHAH, ADITYA NARESH., “Speeding Changeover in Pharmaceutical Packaging.” (Under the direction of Dr. Wilbur L. Meier Jr.),2004, Department of Industrial Engineering, North Carolina State University.

[27] Azim Mohammad, “Reduction of change over time applying SMED Under lean manufacturing: a case study”, 2013, Department of industrial and production engineering, Bangladesh University of Engineering Technology.

[28] Z. Ergun Gungor, Steve Evans, “Understanding the hidden cost and identifying the root causes of changeover impacts”, Journal of Cleaner Production, Volume 167, 2017, Pages 1138-1147, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.055>

[29] Dey, P. K., Malesios, C., De, D., Chowdhury, S., & Abdelaziz, F. B. (2019). “Could lean practices and process innovation enhance supply chain sustainability of small and

medium-sized enterprises?”, *Business Strategy and the Environment.*, Volume28, Issue 4, May 2019,Pages 582-598, doi:10.1002/bse.2266

[30] KLINE, S. J., & ROSENBERG, N. (2009). “An Overview of Innovation. *Studies on Science and the Innovation Process*”, 173–203. doi:10.1142/9789814273596_0009

[31] Möldner, A. K., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2018). “Exploring lean manufacturing practices’ influence on process innovation performance. *Journal of Business Research.*” , doi:10.1016/j.jbusres.2018.09.002

[32] “5S Today” <https://www.5stoday.com/what-is-5s/> (accessed February 2023)

[33] Benjamin, S.J., Marathamuthu, M.S. and Murugaiah, U. (2015), "The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE's speed loss in a manufacturing firm", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 21 No. 4, pp. 419-435. <https://doi.org/10.1108/JQME-09-2013-0062>

[34] <https://www.lifepersona.com/toyotism-history-characteristics-phases-advantages-and-disadvantages>

[35] Tjahjono, B., Ball, P., Vitanov, V. I., Scorzafave, C., Nogueira, J., Calleja, J., ... Yadav, A. (2010).” Six Sigma: a literature review.” ,*International Journal of Lean Six Sigma*, 1(3), 216–233. doi:10.1108/20401461011075017

[36] *The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities Oslo Manual 2018 Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition*

Παράρτημα Α

	Activity Description	Start	End	Duration	Who	Description 1	Description 2	Tool Required	Criticality	Difficulty	Comments/ improvements
1.	Μετακίνηση προς την γεμιστική	0:00:00	0:00:02	0:00:02	Χειριστής	Γεμιστική	Μετακίνηση	NO	L/M	NO	
2.	Άνοιγμα πόρτας και αφαίρεση ανταλλακτικών	0:00:00	0:00:19	0:00:19	Χειριστής	Γεμιστική	Διαδικασία αλλαγής ανταλλακτικών	NO	L/M	NO	
3.	Μετακίνηση προς το τραπεζάκι για να πάρει ένα προστατευτικό	0:00:00	0:00:06	0:00:06	Χειριστής	Γεμιστική	Μετακίνηση	NO	L/M	NO	
4.	Τοποθέτηση προστατευτικού πάνω από τον κοχλία της γεμιστικής, κλείσιμο της πόρτας και πάνελ	0:00:06	0:00:15	0:00:09	Χειριστής	Γεμιστική	Διαδικασία αλλαγής ανταλλακτικών	NO	L/M	NO	
5.	Μετακίνηση προς το πίσω μέρος της μηχανής	0:00:00	0:00:13	0:00:13	Χειριστής	CIP	Μετακίνηση	NO	L/M	NO	
6.	Οδεύει προς το γραφείο της μηχανής από το πίσω μέρος της γραμμής	0:00:13	0:00:30	0:00:17	Χειριστής	CIP	Μετακίνηση	NO	L/M	NO	
7.	Αναζήτηση στον φάκελο με τις ρυθμίσεις	0:00:30	0:01:34	0:01:04	Χειριστής	CIP	Ρυθμίσεις	NO	L/M	NO	
8.	Μετακίνηση στο πίσω μέρος της μηχανής(στο πάνελ του CIP)	0:01:34	0:02:00	0:00:26	Χειριστής	CIP	Μετακίνηση	NO	L/M	NO	

