



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Μηχανικών Υπολογιστών

Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και
Συστημάτων Αποφάσεων

Εφαρμογή Επιχειρηματικής Ευφυΐας στη Διαχείριση Αποδοτικότητας σε Βιομηχανία Παραγωγής Παρτίδων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ,
ΣΤΡΑΤΗΓΗΣ ΧΑΡΙΛΑΟΣ

Επιβλέπων : Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2018



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Μηχανικών Υπολογιστών

Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και
Συστημάτων Αποφάσεων

Εφαρμογή Επιχειρηματικής Ευφυΐας στη Διαχείριση Αποδοτικότητας σε Βιομηχανία Παραγωγής Παρτίδων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ,
ΣΤΡΑΤΗΓΗΣ ΧΑΡΙΛΑΟΣ**

Επιβλέπων : Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 14η Μαρτίου 2018.

.....
Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Χρυσόστομος Δούκας
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2018

.....
Κουτσογιαννακόπουλος Ιωάννης, Στρατήγης Χαρίλαος

Διπλωματούχοι Ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί και Μηχανικοί Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Κουτσογιαννακόπουλος Ιωάννης, Στρατήγης Χαρίλαος, 2018.
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τους συγγραφείς και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Το Performance Management (ή αλλιώς Διαχείριση Απόδοσης) ενός οργανισμού αποτελεί τη διαδικασία, κατά την οποία πραγματοποιείται συντονισμένη προσπάθεια με στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας του οργανισμού αυτού. Ειδικότερα, στη σύγχρονη, άκρως ανταγωνιστική επιχειρησιακή πραγματικότητα, αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας και της επιτυχίας μια επιχείρησης. Γι' αυτό το λόγο, νέες μέθοδοι και προσεγγίσεις του Performance Management προκρίνονται για την καλύτερη διαχείρισή του. Αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων προσεγγίσεων και μεθόδων αποτελεί το Business Intelligence (ή αλλιώς Επιχειρηματική Ευφυΐα), κατά το οποίο ακατέργαστα δεδομένα μετατρέπονται σε χρήσιμες και αξιοποιήσιμες πληροφορίες για την καλύτερη λήψη αποφάσεων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρεί να δημιουργήσει μια μεθοδολογία βελτίωσης του Performance Management σε μια βιομηχανία παραγωγής παρτίδων, δημιουργώντας μία εφαρμογή Business Intelligence με σκοπό να παράξει πολύτιμη γνώση από την επεξεργασία και την οπτικοποίηση δεδομένων.

Το εγχείρημα αυτό στηρίχτηκε στη συνεργασία μας με την Johnson & Johnson Hellas που μας έδωσε τη δυνατότητα να εργαστούμε με πραγματικά βιομηχανικά δεδομένα και να αντλήσουμε πληροφορίες αποτυπώνοντας παράλληλα τον πραγματικό αντίκτυπο που αυτές μπορούν να έχουν σε μια υπάρχουσα παραγωγική διαδικασία.

Συγκεκριμένα, δημιουργήσαμε μια εφαρμογή, η οποία λαμβάνει ακατέργαστα δεδομένα από τους αισθητήρες των PLC των αναμεικτηρίων της εταιρείας, τα αναλύει με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R και παράγει ποσοτικοποιημένους δείκτες απόδοσης (KPIs) για το σύνολο της παραγωγικής διαδικασίας. Ακολούθως, οι δείκτες αυτοί οπτικοποιούνται με τη χρήση του προγράμματος Power BI ώστε να προσφέρουν στον χρήστη της μια οπτική και άμεση ελοπτεία στο σύνολο της παραγωγικής διαδικασίας.

Τα συμπεράσματα μας δείχνουν ότι το Business Intelligence αποτελεί μια προσέγγιση με τεράστιες δυνατότητες για την βελτίωση του Performance Management σε μια βιομηχανία. Συνεπώς, μοντελοποιώντας και αναλύοντας κατάλληλα την εκάστοτε υπό μελέτη παραγωγική διαδικασία είναι δυνατόν να παραχθεί μια πολύτιμη βάση γνώσης, η οποία προσφέρει απεριόριστες ευκαιρίες αξιοποίησης όχι μόνο στη βελτίωση του Performance Management, αλλά και στο να καταστούν πιο αποτελεσματικές οι γενικότερες στρατηγικές, οι τακτικές και η λήψη αποφάσεων σε μια βιομηχανία.

Λέξεις κλειδιά

Διαχείριση Απόδοσης, Λήψη Αποφάσεων, Επιχειρηματική Ευφυΐα, Παραγωγή Παρτίδων, Ανάλυση Δεδομένων, Γαλακτώματοποίηση, Διοίκηση Παραγωγής, Λιτή Παραγωγή, Παραγωγικότητα, Διαχείριση Συντήρησης, Οπτικοποίηση, R, Power BI

Abstract

Performance Management for an organization is the process, during which a coordinated effort takes place, with the goal to increase the performance of this organization. Thus in the highly competitive business reality, it is highlighted as a crucial factor for the sustainability and success of a company. For this reason, new methods and approaches of Performance Management come to the fore for better management. Really important part of the modern approaches and methods is Business Intelligence, in which the raw data are transformed to useful and usable information for better Decision Making.

This thesis tries to create a methodology for improvement of Performance Management in a batch industry, by creating an application of Business Intelligence, with the goal of creating useful knowledge from raw data.

Our cooperation with Johnson & Johnson Hellas gave us the ability to work with real industrial data and produce information, while measuring the impact, that they can have to a real production process.

We created an application, which gets raw data from the sensors of the PLC on the Mixing Vessels of the company, analyses them with the use of R programming language and produces quantified KPIs for the whole production process. Afterwards those KPIs are visualized through Microsoft Power BI, in order to offer the user a visual oversight of the production process.

Our conclusions show that Business Intelligence is an approach, which has vast possibilities for the improvement of Performance Management in an industry. By modeling and analyzing properly each production process, valuable knowledge can be produced, which offers unlimited opportunities of utilization, not only for the improvement of Performance Management but also to make more efficient the overall strategies and decision making in an industry.

Key words

Performance Management, Decision Making, Business Intelligence, Batch Industry, Data Analysis, Emulsion, Production Management, Lean Production, Productivity, Maintenance Management, Visualization, Overall Equipment Effectiveness(OEE), R, Power BI, Key Performance Indicator

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εκπονήθηκε στον Τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ.

Με την ολοκλήρωσή της νιώθουμε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή μας κ. Δημήτριο Ασκούνη για την επίβλεψη της εργασίας μας, τις εποικοδομητικές και αναγκαίες συμβουλές του κατά τη διάρκεια συγγραφής της. Εξίσου σημαντική υπήρξε η συμβολή και καθοδήγηση του Μιχάλη Αυγουλή, ο οποίος τόσο ως επιβλέπων της προόδου των εργασιών μας όσο και ως εκπρόσωπος της εταιρείας Johnson & Johnson Hellas συνέδραμε στην υλοποίηση του εγχειρήματος μας. Χωρίς τη συνδρομή αυτού αλλά και της εταιρείας Johnson & Johnson Hellas η εφαρμογή της προσέγγισης μας σε πραγματικό επιχειρησιακό περιβάλλον και η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων δεν θα ήταν δυνατή. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή, κ. Ιωάννη Ψαρά και τον επικουρο καθηγητή, κ. Χρυσόστομο Δούκα, που μας έκαναν την τιμή να συμμετάσχουν στην τριμελή επιτροπή εξέτασης.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερος τις οικογένειες και τους φίλους μας που ήταν αρωγοί στην προσπάθειά μας με τη συνεχή ηθική τους στήριξη.

Κουτσογιαννακόπουλος Ιωάννης, Στρατήγης Χαρίλαος,

Αθήνα, 14η Μαρτίου 2018

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	7
Ευχαριστίες	9
Περιεχόμενα	11
Κατάλογος σχημάτων	13
1. Εισαγωγή	15
1.1 Ανάλυση δεδομένων στην βιομηχανία	15
1.2 Περιγραφή προβλήματος	16
1.3 Προτεινόμενη και υλοποιημένη λύση	17
1.4 Δομή διπλωματικής εργασίας	17
2. Υποστήριξη λήψης αποφάσεων στη Διοίκηση Παραγωγής	19
2.1 Βιομηχανία	19
2.1.1 Παραγωγικά Συστήματα	19
2.1.2 Βιομηχανία παραγωγής σε παρτίδες	22
2.1.3 Case study - Βιομηχανία γαλακτωμάτων σε παρτίδες	23
2.2 Διοίκηση Παραγωγής (Production management)	25
2.2.1 Σημασία	25
2.2.2 Ορισμός	25
2.2.3 Λειτουργίες	26
2.3 Λήψη αποφάσεων	27
2.3.1 Είδη αποφάσεων	27
2.3.2 Key Performance Indicators(KPIs)	30
3. Διαχείριση Απόδοσης σε Βιομηχανία Παραγωγής Παρτίδων	31
3.1 Lean Παραγωγή	31
3.1.1 Αρχές Lean	31
3.1.2 Διαχείριση Απόδοσης (Performance Management)	35
3.2 KPIs προς μελέτη	37
3.2.1 OEE (Overall Equipment Effectiveness)	37
3.2.2 Παραγωγικότητα	43

3.2.3	Idle Times	43
3.2.4	Διαχείριση Συντήρησης (Maintenance Management)	43
4.	Επιχειρηματική Ευφυΐα (Business Intelligence)	45
4.1	Ορισμός Business Intelligence (BI)	45
4.2	Η ανάγκη για Business Intelligence	45
4.3	Αξία και οφέλη BI	46
4.4	Τρόπος εφαρμογής BI	48
5.	Εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε	51
5.1	R	51
5.2	Power BI	52
5.3	BitBucket	52
6.	Εφαρμογή	53
6.1	Καθορισμός αναγκών	53
6.2	Ανάλυση Δεδομένων με Χρήση R	53
6.2.1	Raw δεδομένα από PLC	53
6.2.2	Βήματα Ανάλυσης	54
6.2.3	Παραδοχές και Καθαρισμός Δεδομένων	55
6.2.4	Ενδιάμεσοι υπολογισμοί	56
6.2.5	Παραγωγή μετρικών	57
6.3	Οπτικοποίηση	59
6.3.1	Power BI	59
6.4	Επισκόπηση Εφαρμογής	64
7.	Συμπεράσματα	65
7.1	Αποτελέσματα εφαρμογής	65
7.2	Τρόπος υλοποίησης	66
7.2.1	Proof of concept	66
7.2.2	Μεθοδολογία	66
7.2.3	Απαραίτητες προϋποθέσεις	67
7.2.4	Πιθανοί κίνδυνοι	67
7.2.5	Πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις	68
	Βιβλιογραφία	69
	A. Κώδικας	71

Κατάλογος σχημάτων

2.1	Σχέση Συστημάτων Παραγωγής ως προς όγκο και ποικιλία	22
2.2	Ενέργεια γαλακτωματοποίησης για διάσπαση σταγονιδίων (Johnson & Johnson Hellas Documentation)	24
2.3	Μηχανημα Γαλακτωματοποίησης (Johnson & Johnson Hellas Documentation)	24
2.4	Τρόποι διάσπασης σταγονιδίων (Johnson & Johnson Hellas Documentation)	25
2.5	Σχέση επιπέδου λήψης απόφασης και δόμησης των προβλημάτων	29
3.1	Οι 5 αρχές του lean manufacturing	32
3.2	Τα 5 σημεία της φιλοσοφίας του 5S	33
3.3	Στοιχεία του Performance Management	35
3.4	Η δομή του συστήματος διαχείρισης απόδοσης (Ferreira and Otley, 2009, σ.268)	37
3.5	Υπολογισμός και διαδικασία του OEE (Προσαρμοσμένο από την Nakajima, 1988)	39
3.6	Παράγοντες υπολογισμού OEE	39
3.7	Εποπτική παρουσίαση των κατηγοριών διαχείρισης συντήρησης	44
6.1	Screenshot του αρχικού csv αρχείου των ακατέργαστων δεδομένων	54
6.2	Παράδειγμα MsgNumber στα αρχικά δεδομένα	54
6.3	Πίνακας Master Table με χαρακτηριστικά όλων των παρτίδων και των πλυσιμάτων	60
6.4	Διάγραμμα καταρράκτη γενικής εποπτείας χρόνου σε ώρες	60
6.5	Διάγραμμα παραγωγικότητας σε κιλά ανα ώρα	61
6.6	Διάγραμμα OEE σε %	61
6.7	Up-Times ανά διεργασία σε λεπτά	62
6.8	Speed Losses ανά διεργασία σε λεπτά	62
6.9	Διάγραμμα καταρράκτη για Human Idle σε ώρες	63
6.10	Διάγραμμα γραμμής για Human Idle σε ώρες	63
6.11	Επισκόπηση εφαρμογής	64

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Ανάλυση δεδομένων στην βιομηχανία

Ο βασικός παράγοντας ο οποίος οδηγεί στη βελτίωση της βιομηχανίας παραγωγής είναι η ανάγκη για ανταγωνιστικότητα και η ικανότητα να αντιμετωπίσει τις απειλές και τις ευκαιρίες με ευέλικτο τρόπο. Οι βιομηχανικοί παραγωγοί είναι πάντα κάτω από συνεχή πίεση να χρησιμοποιούν πιο αποδοτικά τους πόρους τους. Σήμερα, όμως, το βρίσκουν δύσκολο να βελτιώσουν την παραγωγικότητά στις βιομηχανίες, καθώς υπάρχουν ήδη αποδοτικές διαδικασίες παραγωγής (James Manyika, Michael Chui, Brad Brown, Jacques Bughin, Richard Dobbs, Charles Roxburgh, 2011). Παρ'όλο που η lean και six sigma τεχνικές εφαρμόζονται από τους βιομηχανικούς παραγωγούς για να μειώσουν τις απώλειες και τη μεταβλητότητα της παραγωγικής διαδικασίας, υπάρχουν ακόμα κάποιες ακραίες εναλλαγές στη μεταβλητότητα. Επιπρόσθετα, τα παραγωγικά συστήματα μπορεί να είναι περίπλοκα στη φύση τους, με πολλά βήματα και πολλές επαναλήψεις, με ισχυρές ενδοδιασυνδέσεις και να αποτελούνται από πολλές δραστηριότητες, οι οποίες επηρεάζουν την παραγωγικότητα.

Μία από τις μεθόδους που υπόσχονται να προσφέρουν σημαντικά παραγωγικά οφέλη και εξηγήσεις στο γιατί η μεταβλητότητα υπάρχει, είναι η εφαρμογή ανάλυσης δεδομένων (Lechevalier, Narayanan, & Rachuri, 2014). Σήμερα με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την ολοκλήρωση των συστημάτων, η απορρόφηση πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο στις βιομηχανικές λειτουργίες παραγωγής έχει φτάσει σε μια νέα διάσταση (Krumeich et al., 2014). Ο τομέας βιομηχανιών παραγωγής είναι ένας από τους μεγαλύτερους παραγωγούς δεδομένων σήμερα (Data, Group, & Greenplum, n.d.). Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που καταγράφονται από ειδικά συστήματα, τα Manufacturing Execution Systems (MES), είναι τα βασικά εφόδια των βιομηχανιών παραγωγής. Για να αξιοποιούν οι εταιρείες πιο έξυπνα, πιο ευκίνητα, τα συλλεγμένα δεδομένα πρέπει να μετατραπούν σε πληροφορία με νόημα. (Davenport, 2006).

Τα Big data αυξάνονται με εκθετικό ρυθμό στις βιομηχανίες παραγωγής. Από τα big data που συλλέγονται μπορεί να αντληθεί σε βάθος πληροφορία για την παραγωγική διαδικασία και να γίνει σύγκριση με άλλα παρόμοια παραγωγικά συστήματα και να εντοπιστούν οι σημαντικές περιοχές, στις οποίες μπορεί να επέλθει βελτίωση. Εκτός από τον εντοπισμό των δυνατοτήτων βελτίωσης, τα big data παρέχουν πληροφορίες που βοηθούν τις εταιρείες στην καθημερινή διαδικασία λήψης αποφάσεων, σύμφωνα με τους McAfee and Brynjolfsson (2012),

“... όσο περισσότερο οι εταιρείες χαρακτηρίζουν τους εαυτούς τους ως οριζόμενες από ανάλυση δεδομένων, τόσο καλύτερα αποδίδουν στη μέτρηση αντικειμενικών οικονομικών και επιχειρησιακών αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, οι εταιρείες στις κορυφαίες του τομέα τους στη χρήση

δεδομένων για τη λήψη αποφάσεων ήταν, κατά μέσο όρο, 5% πιο παραγωγικές και 6% πιο κερδοφόρες από τους ανταγωνιστές τους.” (σ.64).

Οι βιομηχανικοί παραγωγοί συλλέγουν δεδομένα και τα χρησιμοποιούν είτε για την εποπτεία, είτε για τη βελτίωση και τη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας. Παρ’ όλα αυτά, πρόσφατες τάσεις δείχνουν ότι η χρήση big data στη βιομηχανία παραγωγής είναι ακόμα σε πρωταρχικό στάδιο, όταν συγκρίνεται με άλλες βιομηχανίες, όπως η λογιστική, η παροχή υπηρεσιών κτλ. (Yang & Nurtam, 2013). Προηγμένες αναλύσεις δεδομένων μπορούν αν δώσουν στις εταιρείες μια συγκεκριμένη εικόνα για την επίδραση διαφορετικών μεταβλητών στη συνολική παραγωγικότητα των παραγωγικών διεργασιών. Αρχικά παρουσιάζει πληροφορίες για τον πιο αποδοτικό τρόπο να ελέγχει τα παραγωγικά συστήματα, δεδομένου των συστημικών περιορισμών(π.χ. Καλύτερη διαχείριση των bottlenecks στην παραγωγή). Δεύτερον, επισημαίνει τις μεγαλύτερες ευκαιρίες για βελτίωση της επίδοσης , αναγνωρίζοντας τις βασικές απώλειες του παραγωγικού συστήματος. Επιπλέον, η ανάλυση δεδομένων εξερευνά τους συσχετισμούς για να αναγνωρίσει πρότυπα και να προβλέψει σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών και ποσοτικοποιεί το κατά πόσο μπορούν να εφαρμοστούν οι πληροφορίες που αντλήθηκαν.

Με τη χρήση της αυξανόμενης διαθεσιμότητας των δεδομένων και των εργαλείων για την ανάλυση αυτών, μπορεί να δημιουργηθεί τεράστια αξία από τα ευρήματα, και τα συμπεράσματα που αντλούνται μπορούν, θεμελιωδώς, να αλλάξουν τον τρόπο που η διοίκηση λαμβάνει αποφάσεις.

1.2 Περιγραφή προβλήματος

Το περιβάλλον της Johnson & Johnson Hellas συνιστά ιδανικό πεδίο για να να δείξουμε τη σημασία των δεδομένων και της ανάλυσής τους στη βιομηχανία. Από τις αρχικές συζητήσεις, υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον και από τις δύο πλευρές για την εργασία. Ο κλάδος της ανάλυσης δεδομένων στο πλαίσιο του Business Intelligence είναι τεράστιος, και οι εφαρμογές σε ένα τέτοιο χώρο είναι απεριόριστες και όχι επαρκώς εξερευνημένες.

Στο εργοστάσιο αυτό, κάθε γραμμή παραγωγής αποτελείται από πολλά μηχανήματα, το σημαντικότερο από τα οποία είναι το δοχείο ανάμιξης. Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους παραγωγής, το εργοστάσιο παράγει τα προϊόντα του σε παρτίδες. Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε δοχείο παράγεται μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων, ανάλογα με τη ζήτηση της αγοράς. Η ανάμιξη είναι ένα σημαντικό βήμα της παραγωγικής διαδικασίας, καθώς είναι το στάδιο στο οποίο δημιουργείται το προϊόν. Όπως θα εξηγηθεί και στο επόμενο κεφάλαιο λεπτομερώς, το δοχείο παρακολουθείται και ελέγχεται από ένα PLC, από το οποίο και μας δίδεται το αρχείο των δεδομένων.

Η κύρια ανάγκη που μας μεταφέρθηκε ήταν αυτή της οπτικοποίησης των δεδομένων παραγωγής. Τα δεδομένα καταγράφονταν σε καθημερινή βάση, αλλά δεν είχε επιχειρηθεί να υλοποιηθεί αντίστοιχη εφαρμογή Business Intelligence στη βιομηχανία της Johnson & Johnson, για περαιτέρω ανάλυση και αξιοποίησή τους. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η εποπτεία επί της παραγωγικής διαδικασίας να πραγματοποιούνταν μέσω χειροκίνητων διαδικασιών καταγραφής δεδομένων και υπολογισμού των μετρικών της παραγωγικής διαδικασίας, κάτι το οποίο είναι σημαντικά χρονοβόρο και κάποιες φορές ανακριβές λόγω του παρεμβαλλόμενου ανθρώπινου παράγοντα.

1.3 Προτεινόμενη και υλοποιημένη λύση

Για την κάλυψη των παραπάνω αναγκών, η Business Intelligence εφαρμογή μας δομήθηκε σε δύο σκέλη.

Πρώτο σκέλος είναι αυτό της ανάλυσης των δεδομένων. Έχοντας ως αρχείο εισόδου τα δεδομένα που παράγονται από τον PLC αισθητήρα, πραγματοποιείται κατάλληλη επεξεργασία και “καθαρισμός” τους προκειμένου να αντληθούν αξιοποιήσιμα δεδομένα προς περαιτέρω χρήση και εν συνεχεία, δημιουργούνται μετρικές που εξυπηρετούν την εποπτεία και το σχεδιασμό της παραγωγικής διαδικασίας. Περισσότερες λεπτομέρειες για τον τρόπο αξιοποίησης των δεδομένων και την εξαγωγή των μετρικών αυτών, θα δούμε στο κεφάλαιο 6.2 και 6.3

Δεύτερο σκέλος της εφαρμογής είναι η δημιουργία μιας πλατφόρμας, στην οποία θα υπάρχουν οπτικοποιημένα τα προπαραχθέντα δεδομένα, με τρόπο τέτοιο που θα προσφέρει ευκολία ανάγνωσης στον χρήστη και συνολική εποπτεία επί της παραγωγικής διαδικασίας. Περισσότερες λεπτομέρειες για την πλατφόρμα αυτή θα δούμε στο κεφάλαιο 6.4

1.4 Δομή διπλωματικής εργασίας

Στο κεφάλαιο 2 αναλύουμε τους διάφορους τρόπους παραγωγής και εστιάζουμε στην παραγωγή σε παρτίδες, και ειδικά στην παραγωγή προϊόντων γαλακτωματοποίησης, που αφορά το δικό μας πεδίο εφαρμογής. Περιγράφουμε τη διαδικασία της διοίκησης παραγωγής και λήψης αποφάσεων στη βιομηχανία και πόσο σημαντική είναι η υποστήριξη αυτών των διαδικασιών από τις διάφορες μετρικές της παραγωγικής διαδικασίας.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζουμε το θεωρητικό υπόβαθρο για τις έννοιες του Lean Manufacturing που αξιοποιείται από την εταιρεία για τη λήψη αποφάσεων, και του Performance Management. Από αυτά αναλύσουμε τις μετρικές που αξιοποιούνται από την εταιρεία ή κρίναμε ότι μπορούν να αξιοποιηθούν μελλοντικά.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύουμε την τεχνική του Business Intelligence που χρησιμοποιήσαμε για να υλοποιήσουμε την εφαρμογή μας. Απαρτίζεται τόσο από το κομμάτι της ανάλυσης των δεδομένων, όσο και της οπτικοποίησης τους.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάσαμε συνοπτικά τα εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε για την υλοποίησης της εφαρμογής μας, τη γλώσσα προγραμματισμού R για την ανάλυση των δεδομένων και το Power BI για το κομμάτι της οπτικοποίησης, καθώς και τον διαχειριστή αποθετηρίων Bitbucket για την εύκολη αποθήκευση, αξιοποίηση και διαμοιρασμό των υλοποιήσεών μας.

Στο κεφάλαιο 6 καταγράφουμε αναλυτικά τη διαδικασία υλοποίησης της εφαρμογής μας, προβλήματα που συναντήσαμε, περιορισμούς και κανόνες στα πλαίσια της ανάλυσης των δεδομένων καθώς και τους υπολογισμούς των διάφορων μετρικών.

Τέλος στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζουμε τα συμπεράσματα που προέκυψαν και προτάσεις για πιθανή εξέλιξη της εφαρμογής

Κεφάλαιο 2

Υποστήριξη λήψης αποφάσεων στη Διοίκηση Παραγωγής

2.1 Βιομηχανία

2.1.1 Παραγωγικά Συστήματα

Η κατηγοριοποίηση των παραγωγικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στις σημερινές επιχειρήσεις συνηθίζεται να γίνεται με βάση τα ακόλουθα κριτήρια :

- Τη σύνθεση ή τη διάταξη των τμημάτων που απαρτίζουν τις παραγωγικές μονάδες
- Τον αριθμό των μηχανών ή άλλων παραγωγικών μονάδων
- Τη ροή των υλικών και προϊόντων μέσα στην παραγωγική διαδικασία
- Την ευελιξία τους
- Το επίπεδο αυτοματοποίησης

Στόχος αυτής της κατηγοριοποίησης είναι να επιτρέψει τη διάκριση των διαφορετικών εκδοχών με βάση τους παράγοντες που τις διαφοροποιούν και στη συνέχεια να διευκολύνει τη διαφορετική προσέγγιση στο θέμα του χρονοπρογραμματισμού για κάθε εκδοχή.

Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά τα βασικά παραγωγικά συστήματα που συναντώνται:

Σύστημα μιας μηχανής (single machine shop)

Πρόκειται για μια απλή μηχανή. Είναι η απλούστερη όλων των δυνατών βιομηχανικών περιβαλλόντων και αποτελεί ειδική περίπτωση πιο πολύπλοκων περιπτώσεων. Αν και δεν συναντάται πια στην πράξη, τα μοντέλα αυτά είναι σημαντικό γιατί τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από αυτό προσφέρουν μια καλή βάση για την προσέγγιση πιο πολύπλοκων περιβάλλοντων.

Σύστημα παράλληλων μηχανών (parallel machine shop)

Είναι ένα παραγωγικό σύστημα με μηχανές συνδεδεμένες παράλληλα και αποτελεί γενίκευση του συστήματος με μια απλή μηχανή. Οι διαφοροποιήσεις που υπάρχουν στα συστήματα αυτά αφορούν την ταχύτητα, τη δυναμικότητά τους και άλλα χαρακτηριστικά (π.χ. ίδιες μηχανές συνδεδεμένες παράλληλα, μηχανές με διαφορετική ταχύτητα συνδεδεμένες παράλληλα - ομοιόμορφες μηχανές, ασυσχέτιστες μηχανές συνδεδεμένες παράλληλα).

Σύστημα συνεχούς ροής (flow shop)

Στα συστήματα του τύπου συνεχούς ροής, η παραγωγή εξειδικεύεται σε ένα περιορισμένο αριθμό τυποποιημένων προϊόντων που παράγονται σε αντίστοιχες γραμμές παραγωγής και προορίζονται για ευρεία κατανάλωση. Οι διεργασίες περνούν από συγκεκριμένα στάδια επεξεργασίας. Τα στάδια αυτά μπορεί να είναι διακριτά (π.χ. σε μια αυτοκινητοβιομηχανία) ή συνεχή, οπότε και είναι αδύνατον να διαχωριστούν μεταξύ τους (π.χ. διυλιστήρια). Οι διεργασίες έχουν το ίδιο δρομολόγιο μέσα στο σύστημα παραγωγής και έτσι πρέπει να επεξεργαστούν πρώτα στη μηχανή 1, μετά στη μηχανή 2 και ούτω καθεξής. Οι μηχανές είναι εγκατεστημένες στη σειρά και όταν μια διεργασία ολοκληρώνει την επεξεργασία της στη μια μηχανή πηγαίνει στην επόμενη. Η ακολουθία των διεργασιών μπορεί να ποικίλει από μηχανή σε μηχανή, εφόσον οι διεργασίες μπορεί να αναδιαταχθούν μεταξύ των μηχανών. Εντούτοις, η ίδια ακολουθία των διεργασιών διατηρείται διαμέσου όλου του συστήματος, αν ένα σύστημα χειρισμού των υλικών μεταφέρει τις διεργασίες από τη μια μηχανή στην άλλη.

Σύστημα κατά παραγγελία (job shop)

Στα συστήματα κατά παραγγελία, κυρίαρχη έννοια είναι η παραγγελία η οποία πρέπει να διεκπεραιωθεί. Αυτή η παραγγελία αφορά τις περισσότερες φορές την παραγωγή ενός προϊόντος με συγκεκριμένες προδιαγραφές που τίθενται από τον πελάτη. Εφόσον οι προδιαγραφές είναι διαφορετικές ανά παραγγελία, η γραμμή παραγωγής είναι επίσης διαφορετική για κάθε μια, ανεξάρτητα από το αν θα χρησιμοποιηθεί κοινά ένα συγκεκριμένο πλήθος παραγωγικών μονάδων. Τα κατά παραγγελία συστήματα είναι μια γενίκευση των συστημάτων συνεχούς ροής (ένα σύστημα συνεχούς ροής είναι ουσιαστικά ένα κατά παραγγελία σύστημα στο οποίο κάθε διεργασία έχει το ίδιο δρομολόγιο).

Σύστημα συναρμολόγησης (assembly shop)

Τα συστήματα συναρμολόγησης διαφέρουν από τα άλλα παραγωγικά συστήματα. Εδώ, η κίνηση των διεργασιών «χειραγωγείται» από ένα σύστημα ελέγχου, το οποίο επιβάλλει περιορισμούς στους χρόνους έναρξης των διεργασιών στις διάφορες μηχανές. Τα συστήματα αυτά έχουν ένα μεταφορέα που κινείται συνήθως με σταθερή ταχύτητα. Οι μονάδες που πρέπει να συναρμολογηθούν μετακινούνται - με τη βοήθεια του μεταφορέα - από τον ένα σταθμό παραγωγής στον άλλο. Κάθε σταθμός παραγωγής έχει τη δική του ικανότητα παραγωγής και τους δικούς του περιορισμούς.

Τέτοιου τύπου συστήματα είναι πολύ συνηθισμένα στις αυτοκινητοβιομηχανίες, όπου διαφορετικοί τύποι αυτοκινήτων (π.χ. διαφορετικού χρώματος, διαφορετικού επιπέδου εξοπλισμού) πρέπει να συναρμολογηθούν σε μια γραμμή παραγωγής.

Κυψελοειδές σύστημα παραγωγής (manufacturing cell)

Εδώ αναφερόμαστε στην φιλοσοφία Group Technology (GT) (Levary, 1993) των κυψελοειδών συστημάτων παραγωγής. Η τεχνολογία αυτή προήλθε από την ανάγκη για περαιτέρω βελτίωση της παραγωγικότητας των συστημάτων παραγωγής. Στηρίζεται στην αναδιοργάνωση των παραδοσιακών συστημάτων συνεχούς ροής και κατά παραγγελίας σε κυψελοειδή συστήματα. Βασικά, τα προϊόντα που πρέπει να παραχθούν ομαδοποιούνται σε αρκετές "οικογένειες". Κάθε οικογένεια εξυπηρετείται από μια κυψελίδα η οποία αποτελείται από μια δέσμη μηχανών μαζί με ένα σύστημα χειρισμού. Οι κύριοι στόχοι της φιλοσοφίας αυτής είναι:

- Απλοποίηση της ροής των διεργασιών
- Μείωση των χρόνων προετοιμασίας των μηχανών
- Μείωση του χρόνου μεταφοράς των διεργασιών
- Μείωση του χρόνου παραγωγής

Σε αυτήν την κατηγορία φιλοσοφίας βιομηχανικής παραγωγής μπορούν να ενταχθούν επίσης η διαχείριση ολικής ποιότητας (total quality management, TQM) και ο χρονικός ανταγωνισμός (time-based competition, TBC) που χρησιμοποιούν τις αρχές των κυψελοειδών συστημάτων κατασκευής

Σύστημα μαζικής παραγωγής / παραγωγής παρτίδων (batch shop)

Ένα σύστημα μαζικής παραγωγής είναι βασικά ένα σύστημα στο οποίο η παραγωγή πανομοιότυπων τελικών ή ενδιάμεσων προϊόντων είναι τόσο μεγάλη, ώστε προτιμάται η παραγωγή κάποιων τμημάτων σε συγκεκριμένες παρτίδες για να επιτυγχάνονται μεγάλες οικονομίες κλίμακας. Η ροή των διεργασιών στο συγκεκριμένο σύστημα παραγωγής δεν είναι τελείως γραμμική άλλα συνήθως είναι λιγότερο πολύπλοκη από ότι στα προηγούμενα συστήματα. Ένα παράδειγμα διακριτού συστήματος μαζικής παραγωγής είναι μια βιοτεχνία ρούχων

Σύστημα μηχανών πολλαπλής χρήσης (multi-purpose machine shop)

Σε αντίθεση με τα συστήματα παραγωγής που έχουμε εξετάσει ως τώρα, στα οποία κάθε μηχανή μπορεί να εκτελέσει μία μόνο εργασία, σε ένα σύστημα μηχανών πολλαπλής χρήσης (multi-purpose machine, MPM) οι μηχανές είναι εξοπλισμένες με διαφορετικά εργαλεία και είναι ικανές να διεκπεραιώνουν διαφόρων ειδών εργασίες. Μια μηχανή μπορεί να επεξεργαστεί μια διεργασία, μόνο αν είναι εξοπλισμένη με τα κατάλληλα εργαλεία.

Σύστημα έγκαιρης παράδοσης (just-in-time system, JIT)

Η λογική των συστημάτων αυτών υιοθετήθηκε και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από την αυτοκινητοβιομηχανία Toyota μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Η πολιτική των συστημάτων αυτών είναι τα τελικά προϊόντα να παράγονται ακριβώς τη στιγμή που πρέπει να παραχθούν και διέπει όλο το σύστημα από τη στιγμή που αγοράζονται οι πρώτες ύλες μέχρι τη στιγμή που το προϊόν φτάνει στο τελικό στάδιο επεξεργασίας. Στα συστήματα αυτά στόχος είναι η μείωση στο κόστος της αποθήκευσης των προϊόντων (ενδιάμεσων και τελικών), η υψηλότερη ποιότητα των τελικών προϊόντων, η αυξημένη ικανότητα προσαρμογής στις απαιτήσεις των πελατών και τελικά η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους κατασκευής. Παρακάτω εμφανίζεται η σχέση που υπάρχει μεταξύ των συστημάτων παραγωγής, του όγκου παραγωγής και της ποικιλίας των προϊόντων που μπορούν να παράγουν:



Σχήμα 2.1: Σχέση Συστημάτων Παραγωγής ως προς όγκο και ποικιλία

2.1.2 Βιομηχανία παραγωγής σε παρτίδες

2.1.2.1 Ορισμός

Η παραγωγή σε παρτίδες είναι η τεχνική που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία, στην οποία το αντικείμενο παράγεται βήμα, βήμα μέσα από μια σειρά από σταθμούς εργασίας και παράγονται διαφορετικές παρτίδες προϊόντων. Υπάρχει μεγάλη ευελιξία στον όγκο παραγωγής και στην ποικιλία των προϊόντων. Μαζί με την παραγωγή εργασίας (one-off production) και τη μαζική παραγωγή (flow production or continuous production) είναι μία από τις τρεις βασικές παραγωγικές μεθόδους. Παραγωγή σε παρτίδες είναι η συνηθέστερη σε αρτοποιεία και στην παραγωγή αθλητικών παπουτσιών, φαρμακευτικών υλικών (APIs), φιλτράρισμα νερού, μελάνια, χρώματα και κόλλες.

2.1.2.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Υπάρχουν αρκετά πλεονεκτήματα στην παραγωγή σε παρτίδες· μπορεί να μειωθεί το αρχικό κόστος τοποθέτησης του μηχανήματος, επειδή μια γραμμή παραγωγής μπορεί να παράξει πολλά διαφορετικά προϊόντα. Η παραγωγή σε παρτίδες μπορεί να είναι χρήσιμη για μικρές επιχειρήσεις, που δεν μπορούν να χρηματοδοτήσουν γραμμές συνεχούς παραγωγής. Αν ένας έμπορος λιανικής αγοράσει μια παρτίδα, την οποία δεν πουλήσει, τότε ο παραγωγός μπορεί να σταματήσει την παραγωγή, χωρίς να υποστεί μεγάλες απώλειες. Η παραγωγή σε παρτίδες μπορεί να είναι χρήσιμη για εργοστάσια που παράγουν εποχιακά προϊόντα, προϊόντα για τα οποία έχεις ποικιλία προϊόντων για παραγωγή, μια δοκιμή για παραγωγή προϊόντος ή προϊόντα που έχουν μεγάλο περιθώριο κέρδους.

Η παραγωγή σε παρτίδες, έχει όμως και κάποια μειονεκτήματα. Υπάρχει όμως και αναποτελεσματικότητα στην παραγωγή σε παρτίδες, καθώς ο εξοπλισμός πρέπει να σταματάει, να επαναπρογραμματίζεται, και το προϊόν να ελέγχεται πριν από την παραγωγή της επόμενης παρτίδας. Τέτοιες είναι και οι δυσκολίες και τα προβλήματα για τα οποία, στη δικιά μας περίπτωση, θέλουμε να βοηθήσουμε τη διοίκηση να αντιμετωπίσει εντοπίζοντας βέλτιστες λύσεις.

2.1.3 Case study - Βιομηχανία γαλακτωμάτων σε παρτίδες

2.1.3.1 Περιγραφή διαδικασίας/εντολών/μηχανημάτων

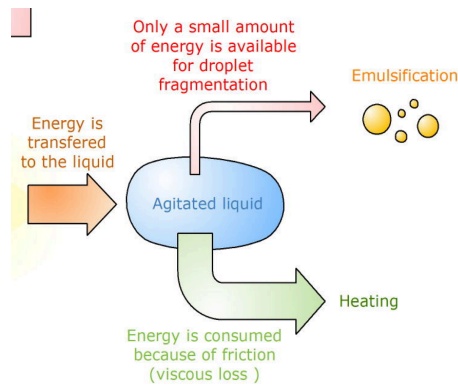
Το θέμα το οποίο μελετάμε είναι ένα υπαρκτό πρόβλημα. Τα δεδομένα, προέρχονται από τη Johnson & Johnson, και συγκεκριμένα, τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια του Business Intelligence, είναι από ένα συγκεκριμένο δοχείο το οποίο βρίσκεται σε γραμμή παραγωγής παρτίδων γαλακτωμάτων, σε ένα εργοστάσιο στην Ελλάδα. Η παραγωγική διαδικασία ουσιαστικά χωρίζεται σε δύο βασικά κομμάτια, την παραγωγή αυτή καθ' αυτή των παρτίδων προϊόντος και τη διαδικασία του πλυσίματος/απολύμανσης των μηχανημάτων για εκ νέου παραγωγή προϊόντος άλλης σύστασης. Η παραγωγή μιας παρτίδας είναι το κομμάτι της Ανάμιξης(Mixing), εν συνεχεία αφού ζυγιστεί το προϊόν περνάει στο κομμάτι του Γεμίσματος(Filling), όπου και το προϊόν διοχετεύεται στα μπουκάλια. Κατά τη διάρκεια της Ανάμιξης μια σειρά από διεργασίες επιτελούνται μέσα στο δοχείο παραγωγής, με σκοπό να παραχθεί το προϊόν. Τέτοιες επί μέρους διεργασίες είναι η θέρμανση/ψύξη του μείγματος, η ανάδευση, η εισαγωγή νερού και πρώτων υλών κ.α. Επίσης επιτελούνται, δευτερευόντως, επί μέρους ενέργειες, όπως συντήρηση μηχανημάτων, δοκιμές νέων προϊόντων ή μηχανημάτων κ.α. Εμείς εστιάζουμε στη διαδικασία της γαλακτωματοποίησης, της δημιουργίας και ανάμιξης γαλακτωμάτων, που είναι ουσιαστικά και η διαδικασία Ανάμιξης, που περιγράφεται παρακάτω.

Γαλακτωματοποίηση

Η γαλακτωματοποίηση είναι η διαδικασία που μετατρέπει τις σταγόνες ελαίων σε σταγονίδια και η ανάμιξή τους με νερό και πρώτες ύλες. Ο διαχωρισμός του λαδιού σε μικρά σταγονίδια βοηθάει στην αύξηση της επιφάνειας επαφής, κι αυτό υλοποιείται με χρήση μικρής ποσότητας ενέργειας.

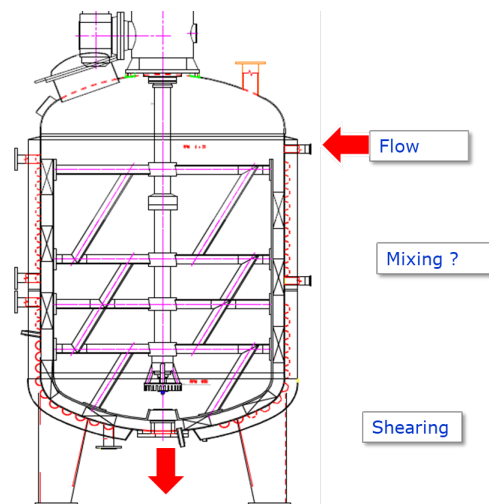
Διάσπαση σταγονιδίων με μηχανική δράση. Υδροδυναμικές ροές οδηγούν στη διάσπαση των σταγονιδίων, η οποία υλοποιείται είτε από ελαστική διάτμηση είτε διάτμηση μέσω επιμήκυνσης. Πρέπει η ενέργεια να δημιουργήσει τόση υδροδυναμική ροή, όση είναι αναγκαία, γιατί από ένα σημείο και μετά τα σταγονίδια σκληραίνουν και επανενώνονται. Η διαδικασία μπορεί να κρατήσει από μερικά λεπτά έως ώρες, ανάλογα τις ποσότητες.

Στη Johnson & Johnson Hellas χρησιμοποιούνται μίκτες με ομογενοποιητές υψηλής πίεσης και καύσης, για την υλοποίηση συμπυκνωμένης γαλακτωματοποίησης. Τα δοχεία αποτελούνται από έναν κινητήρα που μεταφέρει ενέργεια μέσω μιας κεφαλής γαλακτωματοποιητή στο υγρό. Μόνο ένα μέρος της ενέργειας χρησιμοποιείται για τη διάσπαση των σταγονιδίων, το μεγαλύτερο χρησιμοποιείται για να εξισορροπηθεί η θερμοκρασία λόγω της τριβής μεταξύ των σταγονιδίων.



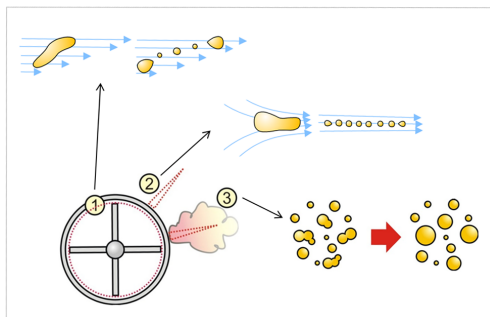
Σχήμα 2.2: Ενέργεια γαλακτωματοποίησης για διάσπαση σταγονιδίων (Johnson & Johnson Hellas Documentation)

Αυλακωτός μύλος προσαρμόζεται στο ρότορα και δημιουργεί όλες τις προϋποθέσεις για να ολοκληρωθεί η διάσπαση σταγονιδίων. (ελαστική διάτμηση, διάτμηση μέσω επιμήκυνσης, υδροδυναμικό πεδίο). Το υγρό κατευθύνεται στο ρότορα και μέσω της κίνησής του οδηγείται, μέσα από τις αυλακώσεις, στο υδροδυναμικό πεδίο, που έχει ήδη δημιουργήσει μέσω της κίνησής του.



Σχήμα 2.3: Μηχανημα Γαλακτωματοποίησης (Johnson & Johnson Hellas Documentation)

Η όλη διαδικασία απαιτεί ανάμειξη, ροή, και κοπή και υλοποιείται με τον ακόλουθο εξοπλισμό: Τυπικός, κάθε χρήσης, αντιδραστήρας παρτίδων με ικανότητα γαλακτωματοποίησης Πτερύγια για ανακυκλοφορία και ανάμειξη Άγκυρα για ψύξη/θέρμανση Κεφαλή γαλακτωματοποίησης για τη διασπορά του υγρού και τη διάσπαση



Σχήμα 2.4: Τρόποι διάσπασης σταγονιδίων (Johnson & Johnson Hellas Documentation)

Η τάση κοπής ή η πυκνότητα ενέργειας πρέπει να είναι ρυθμιζόμενη και απολύτως συγκεκριμένη για να οδηγήσει σε κοπή καθώς επίσης και τη σωστή εισαγωγή πρώτων υλών και απορρόφηση.

2.2 Διοίκηση Παραγωγής (Production management)

2.2.1 Σημασία

Η Διοίκηση Παραγωγής (Production Management) αναφέρεται στην εφαρμογή των αρχών της διοίκησης στην παραγωγική λειτουργία ενός εργοστασίου. Με άλλα λόγια, η διοίκηση παραγωγής περιλαμβάνει την εφαρμογή του σχεδιασμού, της οργάνωσης, της κατεύθυνσης και του ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας

Η εφαρμογή της διοίκησης στο πεδίο της παραγωγής έχει ως αποτέλεσμα τουλάχιστον τρεις εξελίξεις:

1. Πρώτη είναι η ανάπτυξη του παραγωγικού συστήματος του εργοστασίου. Μέχρι την εμφάνιση της έννοιας της βιομηχανοποίησης, δεν υπήρχε η διοίκηση παραγωγής όπως την γνωρίζουμε σήμερα. Είναι αλήθεια ότι οι άνθρωποι λειτουργούσαν τις επιχειρήσεις τους με τον έναν ή τον άλλον τρόπο, αλλά τις περισσότερες φορές, αυτοί οι άνθρωποι ήταν και ιδιοκτήτες της επιχείρησης και δεν θεωρούσαν τους εαυτούς τους και διευθυντές
2. Ουσιαστικά προέρχεται από την πρώτη, δηλαδή από την ανάπτυξη της έννοιας της μεγάλης εταιρείας με πολλούς ιδιοκτήτες και την ανάγκη πρόσληψης ανθρώπων για να την λειτουργήσουν
3. Το έργο πολλών πρωτοπόρων της επιστημονικής διοίκησης που ήταν ικανοί να αποδείξουν την αξία, από άποψη κέρδους και απόδοσης, μέσα από τις τεχνικές που ανέπτυξαν

2.2.2 Ορισμός

Έχει παρατηρηθεί ότι κανείς δεν μπορεί να οριοθετήσει την αρχή και το τέλος της Διοίκησης Παραγωγής σε μια εγκατάσταση. Ο λόγος είναι ότι είναι αλληλένδετη με πολλούς άλλους λειτουργικούς τομείς της επιχείρησης, όπως το μάρκετινγκ, τα λογιστικά, τις πολιτικές επιχειρησιακών

σχέσεων κ.α. Εναλλακτικά, η Διοίκηση Παραγωγής δεν είναι ανεξάρτητη από το μάρκετινγκ, τα λογιστικά και τη διαχείριση προσωπικού, λόγω του ότι είναι πολύ δύσκολο να διατυπωθεί ένας μοναδικός κατάλληλος ορισμός της Διοίκησης Παραγωγής.

Οι ακόλουθοι ορισμοί προσπαθούν να εξηγήσουν τα κύρια χαρακτηριστικά της διοίκησης παραγωγής:

1. Σύμφωνα με τον E.L. Brech: “Η Διοίκηση Παραγωγής είναι η διαδικασία του αποτελεσματικού σχεδιασμού και ρύθμισης των λειτουργιών εκείνου του τμήματος μιας επιχείρησης που είναι υπεύθυνο για τον πραγματικό μετασχηματισμό των υλικών σε τελικά προϊόντα.” Ο ορισμός αυτός περιορίζει το πεδίο της διοίκησης παραγωγής στις ενέργειες της επιχείρησης που συνδέονται με τη διαδικασία μετασχηματισμού των εισροών σε εκροές και δεν περιλαμβάνει τον ανθρώπινο παράγοντα που υπάρχει στην παραγωγική διαδικασία. Τονίζει μόνο τα υλιστικά χαρακτηριστικά
2. Η Διοίκηση παραγωγής ασχολείται με τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την παραγωγική διαδικασία. Έτσι, τα προϊόντα και οι υπηρεσίες παράγονται σύμφωνα με τις ποσοτικές προδιαγραφές και το χρονοδιάγραμμα ζήτησης με το ελάχιστο κόστος. Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, ο σχεδιασμός και ο έλεγχος του συστήματος παραγωγής είναι δύο κύριες λειτουργίες της διοίκησης παραγωγής
3. Η Διοίκηση Παραγωγής είναι ένα σύνολο γενικών αρχών για την οικονομία παραγωγής, τον σχεδιασμό εγκαταστάσεων, το σχεδιασμό εργασίας, το σχεδιασμό προγράμματος, τον έλεγχο ποιότητας, τον έλεγχο αποθεματικού, τη μελέτη εργασίας και το κόστος, και τον έλεγχο προϋπολογισμού. Ο ορισμός αυτός εξηγεί τους βασικούς τομείς μιας επιχείρησης, όπου μπορούν να εφαρμοστούν οι αρχές της διοίκησης παραγωγής. Ο ορισμός αυτός τονίζει σαφώς ότι η διαχείριση της παραγωγής δεν είναι ένα σύνολο τεχνικών.

Είναι προφανές από τους παραπάνω ορισμούς ότι ο σχεδιασμός παραγωγής και ο έλεγχός του είναι τα κύρια χαρακτηριστικά της διοίκησης παραγωγής. Σε περίπτωση ανεπαρκούς προγραμματισμού και ελέγχου των παραγωγικών δραστηριοτήτων, ο οργανισμός ενδέχεται να μην είναι σε θέση να επιτύχει τους στόχους του και μπορεί να οδηγηθεί σε απώλεια της εμπιστοσύνης των πελατών και σε επιβράδυνση της εξέλιξης εγκατάστασης

Με λίγα λόγια, οι κύριες δραστηριότητες της διοίκησης παραγωγής μπορούν να αναφερθούν ως:

1. Προσδιορισμός και προμήθεια πόρων εισροής, δηλαδή διαχείρισης, υλικών, και γης, εργασίας, εξοπλισμού και κεφαλαίου
2. Σχεδιασμός προϊόντων και ανάπτυξη για τον προσδιορισμό της παραγωγικής διαδικασίας για τον μετασχηματισμό των συντελεστών εισροής στην παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών
3. Εποπτεία και έλεγχος της διαδικασίας μετασχηματισμού για την αποτελεσματική παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών

2.2.3 Λειτουργίες

Οι παραπάνω ορισμοί δείχνουν σαφώς ότι η έννοια της διοίκησης παραγωγής συνδέεται κυρίως με τους οργανισμούς που ασχολούνται με την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών. Νωρίτερα οι

οργανισμοί αυτοί ήταν ως επί το πλείστον υπό τη μορφή καταστημάτων ενός ανθρώπου με ασήμαντα προβλήματα διαχείρισης των παραγωγών. Αλλά με την ανάπτυξη και την επέκταση των παραγωγικών οργανισμών υπό τη μορφή εργοστασίων, δημιουργήθηκαν πιο περίπλοκα προβλήματα όπως η θέση και ο σχεδιασμός, ο έλεγχος αποθεματικού, ο ποιοτικός έλεγχος, η δρομολόγηση και ο προγραμματισμός της παραγωγικής διαδικασίας κλπ., που απαιτούσαν λεπτομερέστερη ανάλυση και μελέτη του συνολικού φαινομένου. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη της διοίκησης παραγωγής στον τομέα της διαχείρισης εργοστασίων. Αρχικά, η κύρια λειτουργία της διοίκησης παραγωγής ήταν ο έλεγχος του κόστους εργασίας, το οποίο αποτελούσε το μεγαλύτερο μέρος του κόστους που συνδέεται με την παραγωγή. Αλλά με την ανάπτυξη του εργοστασιακού συστήματος προς την μηχανοποίηση και τον αυτοματισμό, το έμμεσο κόστος εργασίας αυξήθηκε εντυπωσιακά σε σχέση με το άμεσο κόστος εργασίας, π.χ. σχεδιασμός και συσκευασία των προϊόντων, έλεγχος παραγωγής και αποθεματικού, διάταξη και τοποθεσία εγκαταστάσεων, μεταφορά πρώτων υλών και τελικών προϊόντων κ.λπ. Ο σχεδιασμός και ο έλεγχος όλων αυτών των δραστηριοτήτων απαιτούσε περισσότερη εμπειρία και ειδικές τεχνικές.

Στην σύγχρονη εποχή, η διοίκηση παραγωγής πρέπει να επιτελέσει μια πληθώρα λειτουργιών, συγκεκριμένα:

1. Σχεδιασμός και ανάπτυξη της παραγωγικής διαδικασίας
2. Σχεδιασμός παραγωγής και έλεγχος
3. Υλοποίηση του σχεδίου και των σχετικών δραστηριοτήτων για να παραχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα
4. Διαχείριση και συντονισμός των δραστηριοτήτων διαφόρων συνιστωσών και τμημάτων, υπεύθυνων για την παραγωγή των απαραίτητων αγαθών και υπηρεσιών.

Ωστόσο, η ευθύνη καθορισμού των χαρακτηριστικών παραγωγής και της στρατηγικής διανομής που ακολουθείται από έναν οργανισμό, συμπεριλαμβανομένων των πολιτικών τιμολόγησης και πώλησης, κανονικά δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της διοίκησης παραγωγής

2.3 Λήψη αποφάσεων

2.3.1 Είδη αποφάσεων

Η συστηματική μελέτη της λήψης λογικών αποφάσεων έχει καταδείξει ότι η λήψη αποφάσεων είναι μια δομημένη διαδικασία, που συνεκτιμά πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες, που υφίσταται περιορισμούς και που αρθρώνεται σε διακριτά στάδια. Πέρα όμως από τα κοινά χαρακτηριστικά τους, οι αποφάσεις διαφέρουν μεταξύ τους σε σημαντικό βαθμό και με ποικίλους τρόπους. Ο επιμερισμός των αποφάσεων σε κατηγορίες συμβάλλει στη βαθύτερη κατανόηση του προβλήματος λήψης αποφάσεων και στην καλύτερη αντιμετώπιση του. Οι αποφάσεις μπορεί να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με δύο κριτήρια, τη δομή του προβλήματος και το διοικητικό επίπεδο λήψης της απόφασης. Ως προς τη δομή του προβλήματος οι αποφάσεις χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες δηλαδή σε δομημένες, αδόμητες και ημιδομημένες (Gorry & Scott Morton, 1971).

Δομημένες Αποφάσεις

Πρόκειται για συνήθεις αποφάσεις ρουτίνας που επαναλαμβάνονται. Το πρόβλημα που αφορούν είναι απολύτως κατανοητό και οι σχετικές λύσεις προκαθορισμένες. Οι αποφάσεις λαμβάνονται με τυποποιημένες διαδικασίες και οι λύσεις μπορεί να προέρχονται από κάποιο μαθηματικό μοντέλο ή κάποιον αλγόριθμο της διοικητικής επιστήμης ή της επιχειρησιακής έρευνας. Θα μπορούσαν να θεωρηθούν περισσότερο ως δομημένες διαδικασίες. Το γεγονός ότι η διαδικασία λήψης απόφασης είναι απολύτως σαφής και καθορισμένη, επιτρέπει την αυτοματοποιημένη λήψη της απόφασης από κάποιο κατάλληλο λογισμικό. Η εκτέλεση μια παραγγελίας όταν ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις είναι ένα παράδειγμα δομημένης απόφασης.

Αδόμητες Αποφάσεις

Βρίσκονται στον αντίποδα των δομημένων αποφάσεων. Αφορούν καταστάσεις και προβλήματα που δεν είναι επαναλαμβανόμενα, αλλά είναι πρωτότυπα και σημαντικά. Το πρόβλημα δεν μπορεί να περιγραφεί με απόλυτη ακρίβεια και υπάρχει σημαντικός βαθμός αβεβαιότητας. Οι πιθανές λύσεις δεν είναι προκαθορισμένες και χαρακτηρίζονται και αυτές από σημαντική αβεβαιότητα. Επίσης η διαδικασία λήψης της απόφασης δεν μπορεί να καθοριστεί ως ακολουθία συγκεκριμένων βημάτων. Για τη λύση του προβλήματος πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό η ανθρώπινη κρίση και διαίσθηση. Παράδειγμα αδόμητης απόφασης είναι η ανάπτυξη μιας νέας τεχνολογίας από την επιχείρηση.

Ημιδομημένες Αποφάσεις

Τοποθετούνται μεταξύ δομημένων και αδόμητων αποφάσεων. Πλευρές του προβλήματος χαρακτηρίζονται από κάποιον βαθμό αβεβαιότητας. Για τη λύση του προβλήματος εφαρμόζονται τυποποιημένες διαδικασίες, σε συνδυασμό με την ανθρώπινη κρίση. Η εκτίμηση της πιστοληπτικής ικανότητας μπορεί να θεωρηθεί παράδειγμα ημιδομημένης απόφασης. Οι ημιδομημένες αποφάσεις είναι ο συνηθέστερος τύπος αποφάσεων.

Πρέπει να επισημανθεί ότι ο παραπάνω διαχωρισμός δεν είναι απόλυτος και άκαμπτος. Ένα συγκεκριμένο στέλεχος πιθανώς να θεωρήσει ότι ένα πρόβλημα μπορεί να αποτυπωθεί σε ένα μαθηματικό μοντέλο. Στην περίπτωση αυτή το πρόβλημα αντιμετωπίζεται ως δομημένο. Αντιθέτως, ένα άλλο στέλεχος πιθανώς να θεωρήσει ότι το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι περισσότερο περίπλοκο και δεν μπορεί να μοντελοποιηθεί. Το πρόβλημα τότε αντιμετωπίζεται ως αδόμητο ή ημιδομημένο. Μια άλλη παράμετρος είναι η δυνατότητα πρόσβασης στην πληροφορία και οι διαθέσιμες μέθοδοι επεξεργασίας της. Πληροφοριακά συστήματα, που παρέχουν πρόσβαση σε δεδομένα υψηλής ποιότητας και προσφέρουν δυνατότητες προωθημένης επεξεργασίας τους, μειώνουν τον βαθμό αβεβαιότητας και διευκολύνουν την τυποποίηση διαδικασιών. Οργανισμοί που διαθέτουν τέτοια συστήματα βρίσκονται σε πλεονεκτική θέση έναντι ανταγωνιστών τους που τα στερούνται.

Το δεύτερο κριτήριο κατηγοριοποίησης των αποφάσεων αφορά το διοικητικό επίπεδο λήψης τους. Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο οι αποφάσεις χωρίζονται σε λειτουργικές, τακτικές και στρατηγικές.

Λειτουργικές Αποφάσεις

Αφορούν ζητήματα άμεσης λειτουργίας και συγκεκριμένων εργασιών. Έχουν βραχυπρόθεσμο έως άμεσο χρονικό ορίζοντα και λαμβάνονται από χαμηλόβαθμα στελέχη που είναι επιφορτισμένα με τη λειτουργία ενός υποτμήματος ή με την εκτέλεση μιας εργασίας.

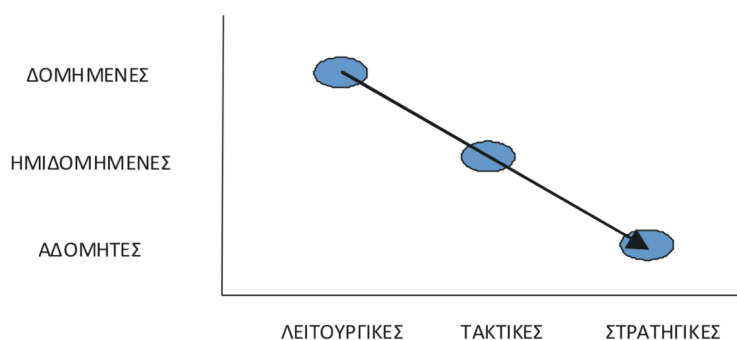
Τακτικές Αποφάσεις

Έχουν να κάνουν με τακτικές για την υλοποίηση των στρατηγικών στόχων. Μπορούν να σχετίζονται με την αποτελεσματικότητα χρήσης πόρων ή την αποδοτικότητα λειτουργικών μονάδων. Συνήθως επηρεάζουν ένα τμήμα του οργανισμού (πχ το τμήμα πωλήσεων) και έχουν βραχυπρόθεσμο ή μεσοπρόθεσμο ορίζοντα. Τακτικές αποφάσεις λαμβάνονται από τα μεσαία στελέχη (πχ διευθυντής εργοστασίου).

Στρατηγικές Αποφάσεις

Αφορούν τον καθορισμό των στόχων, των πόρων και της πολιτικής της επιχείρησης καθώς και τον έλεγχο για την εκπλήρωση των στόχων. Έχουν από μεσοπρόθεσμο έως μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα. Η σημασία τους είναι βαρύνουσα και μπορούν να επηρεάσουν ολόκληρο τον οργανισμό ή ένα σημαντικό τμήμα του. Στρατηγικές αποφάσεις λαμβάνονται από τα κορυφαία διοικητικά στελέχη.

Ο βαθμός δόμησης ενός προβλήματος και το επίπεδο λήψης της απόφασης σχετίζονται μεταξύ τους, αν και όχι με απόλυτο τρόπο. Συνήθως ο βαθμός δόμησης των αποφάσεων μειώνεται καθώς μεταβαίνουμε από το λειτουργικό στο στρατηγικό επίπεδο. Στο λειτουργικό επίπεδο, οι καλά καθορισμένες διαδικασίες καθημερινής λειτουργίας και η ακριβής πληροφόρηση επιτρέπουν τη λήψη δομημένων αποφάσεων. Αντιθέτως, στο στρατηγικό επίπεδο, η περιπλοκότητα των συνθηκών και το πλήθος των πιθανών λύσεων επιβάλλει τη λήψη ως επί το πλείστον αδόμητων αποφάσεων. Οι στρατηγικές αποφάσεις λαμβάνονται κυρίως σε συνθήκες ρίσκου ή και αβεβαιότητας. Συνθήκες ρίσκου υπάρχουν όταν οι συνθήκες και τα αποτελέσματα είναι πιθανολογικά ενδεχόμενα. Μια σειρά ενεργειών μπορεί να επιφέρει διάφορα αποτελέσματα και η πιθανότητα εμφάνισης ενός αποτελέσματος μπορεί να υπολογιστεί. Αβεβαιότητα υπάρχει όταν οι συνθήκες είναι απρόβλεπτες και όταν μια σειρά ενεργειών μπορεί να επιφέρει διαφορετικά αποτελέσματα με άγνωστη πιθανότητα εμφάνισης.



Σχήμα 2.5: Σχέση επιπέδου λήψης απόφασης και δόμησης των προβλημάτων

Θα έπρεπε ωστόσο να τονιστεί ότι ο συσχετισμός δόμησης του προβλήματος και επιπέδου λήψης απόφασης δεν είναι απόλυτος. Σε όλα τα επίπεδα υπάρχουν και δομημένες και αδόμητες αποφάσεις. Η τεχνολογία της πληροφορικής εδώ και πολλά χρόνια έχει προσφέρει σημαντικά εργαλεία για τη λήψη δομημένων και ημιδομημένων αποφάσεων. Η πρόκληση της σημερινής εποχής

είναι η χρήση της πληροφορικής για τη λήψη αδόμητων αποφάσεων.

2.3.2 Key Performance Indicators(KPIs)

2.3.2.1 Ορισμός KPI

Με απλά λόγια, τα KPI παρέχουν έναν τρόπο μέτρησης της απόδοσης των επιχειρήσεων, των επιχειρησιακών μονάδων, των έργων ή των ατόμων σε σχέση με τους στρατηγικούς στόχους και τις στοχεύσεις τους. Με την ευρύτερη έννοια τους, τα KPIs παρέχουν τις σημαντικότερες πληροφορίες απόδοσης που επιτρέπουν στους οργανισμούς (ή τους ενδιαφερόμενους) να κατανοήσουν αν ο οργανισμός βρίσκεται σε καλό δρόμο σε σχέση με τους καθορισμένους στόχους του. Με αυτόν τον τρόπο, οι καλά σχεδιασμένα KPIs είναι όργανα πλοήγησης ζωτικής σημασίας, δίνοντας μια σαφή εικόνα για τα σημερινά επίπεδα απόδοσης και για το εάν η επιχείρηση είναι στην επιθυμητή κατάσταση.

2.3.2.2 KPI's στην λήψη αποφάσεων

Τα KPIs είναι επίσης χρήσιμα εργαλεία λήψης αποφάσεων. Επειδή συμβάλλουν στη μείωση του πολύπλοκου χαρακτήρα των επιχειρησιακών επιδόσεων σε ένα μικρό και εύχρηστο αριθμό βασικών δεικτών, τα KPIs μπορούν με τη σειρά τους να βοηθήσουν στη λήψη αποφάσεων και, τελικά, να συμβάλουν στη βελτίωση των επιδόσεων.

Τα KPIs επιτελούν διπλό ρόλο στην επιχειρηματική πραγματικότητα λήψης αποφάσεων, τόσο ως κατευθυντήριο παράγοντες για την προσαρμογή της παραγωγής όσο και ως αναπόσπαστα κομμάτια επίτευξης στρατηγικών στόχων.

Τα KPIs ως εργαλεία πλοήγησης Τα KPIs είναι τα εργαλεία πλοήγησης που χρησιμοποιούν οι managers για να κατανοήσουν εάν η επιχείρηση βρίσκεται στη σωστή πορεία ή αν ξεφεύγει από αυτήν. Το σωστό σύνολο KPIs θα επιστήσει την προσοχή στις βασικές πτυχές της απόδοσης και θα τονίσει τομείς στους οποίους μπορεί να χρειάζεται προσοχή. Οι επιχειρήσεις χρειάζονται έναν τρόπο να αξιολογήσουν τόσο το πού βρίσκονται όσο και το εάν βρίσκονται ή όχι στη σωστή τροχιά βάσει της στρατηγικής που έχουν θέσει. Πρέπει να είναι σε θέση να διορθώνονται γρήγορα και να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς. Η επιτυχία σε μια έντονα ανταγωνιστική αγορά, απαιτεί έναν τρόπο μέτρησης της προόδου σε πραγματικό χρόνο και την προσαρμογή σύμφωνα με όσα λένε τα KPIs.

Τα KPIs ως εργαλείο λήψης στρατηγικών αποφάσεων Οι αποτελεσματικοί υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων κατανοούν ότι χρειάζονται πληροφορίες σχετικά με τις επιδόσεις και ότι αυτές μπορούν να τις αντλήσουν από τα βασικά KPIs. Στους οργανισμούς, οι πιο αποτελεσματικοί δείκτες KPI συνδέονται στενά με τους στρατηγικούς στόχους και βοηθούν στην απάντηση των πιο κρίσιμων επιχειρησιακών ερωτήσεων. Επομένως, καλό σημείο εκκίνησης είναι να προσδιοριστούν οι ερωτήσεις που πρέπει να απαντήσουν οι υπεύθυνοι για τη λήψη αποφάσεων, τα διευθυντικά στελέχη ή οι εξωτερικοί ενδιαφερόμενοι. Θα πρέπει να προσδιοριστούν μία ή δύο ερωτήσεις βασικής απόδοσης (Key Performance Questions - KPQ) για κάθε στρατηγικό στόχο. Μόλις εντοπιστούν τα πιο σημαντικά επιχειρησιακά ερωτήματα, μπορεί να επιλεγθούν ή να αναπτυχθούν τα σωστά KPIs που θα βοηθήσουν να απαντηθούν καλύτερα αυτές τις ερωτήσεις. Με αυτόν τον τρόπο, όλα τα KPIs θα είναι στρατηγικά, συναφή και σημαντικά.

Κεφάλαιο 3

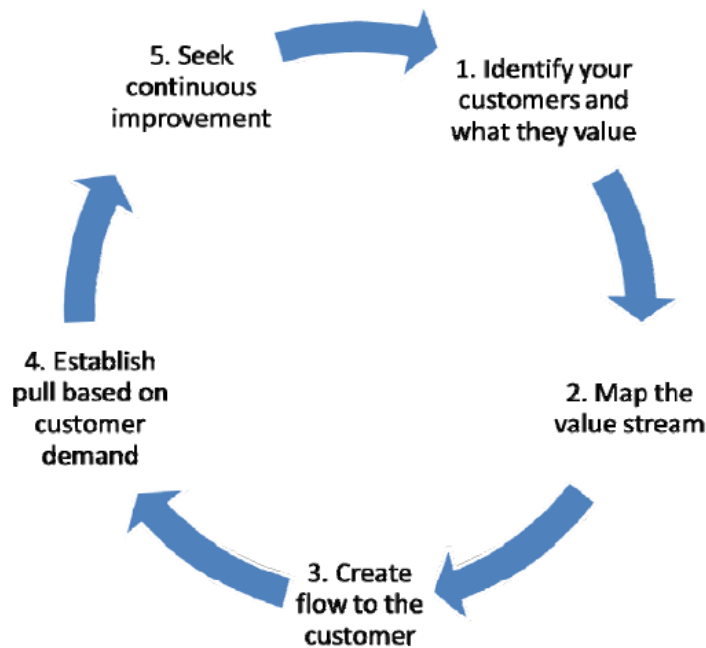
Διαχείριση Απόδοσης σε Βιομηχανία Παραγωγής Παρτίδων

3.1 Lean Παραγωγή

3.1.1 Αρχές Lean

Σύμφωνα με τον Emiliani (1998) ο **προσδιορισμός της αξίας** είναι η πρώτη αρχή της lean παραγωγής, ο πελάτης σε μεγάλο βαθμό ορίζει τι πρέπει να παραχθεί. Στο ίδιο μοτίβο, Julien and Tjahjono (2009) αντιλαμβάνονται την αρχή lean σαν οτιδήποτε κάνει τον πελάτη χαρούμενο. Η **αναγνώριση της ροής αξίας** είναι το επόμενο βήμα και αφορά την αναγνώριση των διεργασιών που εμπλέκονται στην παραγωγή συγκεκριμένων προϊόντων από την οπτική του τελικού καταναλωτή. Με αυτό τον τρόπο η παραγωγική μονάδα μπορεί να προσδιορίσει τις διεργασίες που προσθέτουν αξία, να εξαλείψουν αυτές που δεν μπορούν να προσθέσουν αξία και να εντοπίσουν και αυτές που ούτε μπορούν να προσθέσουν, ούτε μπορούν να αποφευχθούν. (Emiliani, 1998). Η τρίτη αρχή είναι η **δημιουργία ροής**, (Julien and Tjahjono, 2009; Emiliani, 1998) η οποία προτείνει ότι η αξία πρέπει συνεχώς να ρέει και ποτέ μία διεργασία που προσθέτει αξία να μην καθυστερεί. Αυτό βέβαια θα μείωνε το κόστος του προϊόντος με την εξάλειψη εκτενών ουρών παραγωγής και μεγάλες ποσότητες από ακριβό εμπόρευμα αναξιοποίητες. Η τέταρτη αξία έχει σχέση με την παραγωγή μόνο των προϊόντων τα οποία είναι αναγκαία από τον πελάτη και είναι γνωστή σαν **Έλξη(Pull)**. Αυτή η αξία αναφέρει ότι η παραγωγή πρέπει να είναι πάνω στην ώρα (be just-in-time) (JIT) τόσο εσωτερικά, όσο και εξωτερικά. Η τελευταία είναι η **τελειοποίηση**, η οποία αφορά την τελειοποίηση όλων των διεργασιών της παραγωγής με τη μείωση των απωλειών, και ως συνέπεια τη συγκέντρωση μόνο σε δραστηριότητες, οι οποίες δημιουργούν αξία. Στη lean παραγωγή η τελειοποίηση δεν μπορεί να υλοποιηθεί, ανεξαρτήτως με ποιο τρόπο υλοποιείται η συνεχιζόμενη αξιοποίηση όλων των ευκαιριών σε όλα τα μέσα που διαθέτει η επιχείρηση. (Emiliani, 1998; Julien και Tjahjono, 2009; Engelund et al, 2009). Στο Σχήμα 3.1 παρακάτω, απεικονίζονται τις 5 αρχές της lean παραγωγής, όπως περιγράφηκαν πιο πάνω.

Ο Sekine (1998), στο ίδιο μοτίβο με τους Chen και Meng (2008), ανέφερε τις περιοχές του 5S και τόνισε ότι είναι μια φιλοσοφία η οποία στοχεύει στο να αυξάνει την αποδοτικότητα μέσω της εξάλειψης των απωλειών και τη βελτίωση της ροής της εργασίας. Είναι ένα κομμάτι της lean παραγωγής, το οποίο δημιουργεί χώρο για τυποποιημένο περιβάλλον εργασίας, με πυρήνα την εξάλειψη απωλειών και περιλαμβάνει πέντε βήματα: το πρώτο **Seiri (sort)** σχετίζεται με τη διεύθυνση των αντικειμένων στον εργασιακό χώρο, με συνέπεια να αφαιρούμε αντικείμενα που δε χρειάζονται. Το **Seiton (Straighten)** αφορά την τοποθέτηση των απαραίτητων αντικειμένων με εύκολο και προ-



Σχήμα 3.1: Οι 5 αρχές του lean manufacturing

σβάσιμο τρόπο, το τρίτο είναι το **Seiso (Shine)** και περιλαμβάνει τη διατήρηση του εργασιακού περιβάλλοντος καθαρό κάθε στιγμή, ώστε να είναι εύκολο να εντοπιστεί ελαττωματικός εξοπλισμός. Το τέταρτο είναι το **Seiketsu (Standardized)** και περιλαμβάνει το σχηματισμό οπτικοποιημένων ελέγχων και οδηγιών, μέσω των οποίων το εργασιακό περιβάλλον μπορεί να οργανωθεί και να καθαριστεί. Το **Shitsuke (Sustain)** είναι το πέμπτο βήμα, το οποίο περιλαμβάνει εκπαίδευση και πειθαρχία, ώστε όλοι να συμμορφώνονται με όλα τα βήματα (Chen and Meng, 2008). Σύμφωνα με τον Liker (2004) το 5S υποστηρίζει την εξάλειψη των απωλειών, σαν αποτέλεσμα της μαζικής παραγωγής, με συνέπεια να καλύπτει προβληματικά πεδία. Σε σύνδεση με τις υπόλοιπες lean αξίες, το 5S δημιουργεί μια συνεχόμενη διεργασία βελτίωσης του εργασιακού περιβάλλοντος, όπως αποτυπώνεται στο Σχήμα 3.2 παρακάτω. Η ένταξη του 5S στις καθημερινές δραστηριότητες της παραγωγικής διαδικασίας μπορεί να προσφέρει ευεργετικά αποτελέσματα, όπως η διαμόρφωση καλής βάσης για δραστηριότητες που οδηγούν σε ποιοτική αναβάθμιση. Η μεγαλύτερη καινοτομία στην κουλτούρα που προσφέρει το 5S είναι η ανάληψη ευθύνης για τον καθαρισμό του χώρου εργασίας του καθενός, το 5S πάντα θεωρούνταν σαν ένας χρήσιμος καταλύτης για να ξεκαθαρίζονται τα πράγματα και να μπαίνουν σε μια σειρά. Άλλα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν καλύτερη ασφάλεια και εργασιακό περιβάλλον, βελτίωση στην ποιότητα, αποδοτικότητα, ακρίβεια στα αποθέματα και παραγωγικότητα, μείωση απωλειών, πιο ομαλή ροή εργασίας, αλλαγή κουλτούρας και πολλά άλλα. (Warwood and Knowles, 2004).



Σχήμα 3.2: Τα 5 σημεία της φιλοσοφίας του 5S

3.1.1.1 Μοντέλο συνεχούς βελτίωσης

Kaizen «Συνεχής βελτίωση» είναι μια Ιαπωνική λέξη, η οποία απλά σημαίνει σταδιακή βελτίωση προϊόντων, διεργασιών ή υπηρεσιών, σύμφωνα με τον Emiliani (1998). Από την οπτική του Farris et al, (2009), είναι συγκεκριμένο και καλά οργανωμένο ένα έργο συνεχούς βελτίωσης, αν μια ομάδα που επιτελεί πολλαπλές λειτουργίες χρησιμοποιείται για να επιτύχει σαφώς ορισμένους στόχους σε ένα επιταγυμένο χρονικό ορίζοντα. Ο βασικός στόχος, όπως επισημάνθηκε από τον Emiliani (1998) είναι η μείωση των απωλειών, ώστε να βελτιωθεί η χρηστικότητα του εργασιακού περιβάλλοντος και η απόδοση της παραγωγής. Αυτή η διαδικασία μειώνει το χρόνο επεξεργασίας και το συσχετισμένο κόστος στην παραγωγική διαδικασία συνεχώς βελτιώνεται (Emiliani, 1998). Το Kaizen όχι μόνο μειώνει τα λάθη που έχουν σχέση με την παραγωγή, αλλά εντοπίζει τη ρίζα τέτοιων λαθών, επομένως η συμμετοχή των εργαζομένων, είναι ζωτικό κομμάτι της διεργασίας, κατά την οποία μπορεί να παρατηρηθούν τέτοιες παρατυπίες. Μέσω της συνεισφοράς τους στην αναδιοργάνωση, οι ιδέες των εργαζομένων βοηθούν στη βελτίωση του προϊόντος μέσα από συνεχή καινοτομία (Iain, 1999). Συνεπώς, όπως η lean παραγωγή αφορά μείωση και εξάλειψη απωλειών, αυτό πρέπει να είναι μια συνεχής διαδικασία, με επίκεντρο τη συνεχή προσπάθεια για βελτίωση. (Henderson and Larco, 2003). Ο Ahlstrom (1998) πρόσθεσε ότι οι χειριστές της συνεχούς βελτίωσης, πρέπει να έχουν δομηθεί σε μια πτυχή επίλυσης προβλημάτων, η οποία θα οδηγεί στη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας. Επίσης οι Karlsson και Ahlstrom (1996) ανέφεραν ότι η συνεχής βελτίωση αφορά τη βελτίωση με μόνο στόχο την τελειότητα.

3.1.1.2 Οι 7 τύποι production waste

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω βασικό κομμάτι της Lean μεθόδου είναι η εξάλειψη των κάθε απωλειών(waste). Συγκεκριμένα, οι Karlsson και Ahlstrom (1996) όρισαν σαν την εξάλειψη των παραγωγικών απωλειών οτιδήποτε το οποίο δεν προσθέτει αξία στο προϊόν και οι πελάτες δεν είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν για ποσότητες απωλειών και επομένως πρέπει να εξαλειφθεί. Παρα-

κάτω αναφέρονται οι επτά τύποι παραγωγικών απωλειών με βάση τη θεωρία. Σύμφωνα με τον Kirpenberger (1997) ο πρώτος τύπος παραγωγικών απωλειών είναι η **υπερ-παραγωγικότητα**, η οποία είναι ουσιαστικά η παραγωγή προϊόντων που δεν χρειάζονται αυτή την στιγμή. Ο Martins (2010) όρισε περαιτέρω την υπερ-παραγωγικότητα σαν την προσδοκία για αλλαγές στη ζήτηση των πελατών η οποία οδηγεί σε απώλειες υλικών και εργασίας. Αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερους κύκλους εργασιών και μεγαλύτερο κόστος. Επομένως σε ένα lean περιβάλλον, οι εφαρμογείς του κά-νου προσπάθεια να εξαλείψουν αυτού του είδους τις απώλειες, με το να ταιριάζουν τη διαθέσιμη χωρητικότητα με την πραγματική ζήτηση, και τελικά να παράγουν όσα χρειάζονται. Σύμφωνα με τους Rother and Shook (2003), η υπερ-παραγωγικότητα είναι η πιο σημαντική πηγή παραγωγικών απωλειών. Οδηγεί σε ελλείψεις, αφού είναι πολύ πιο δύσκολο να προσαρμοστεί η παραγωγή στις ανάγκες των πελατών. Ο δεύτερος τύπος στην οπτική του Kirpenberger (1997) είναι οι απώλειες σαν αποτέλεσμα της **αναμονής από εργαζομένους**, είτε λόγω μεταφοράς προϊόντων, είτε για να ολοκληρωθεί μια διεργασία. Αυτές οι απώλειες οφείλονται, στο ότι οι άνθρωποι περιμένουν για υλικά, πληροφορίες, ή πόρους αναγκαίους για να ξεκινήσουν ή να ολοκληρώσουν τη δουλειά τους, ή όταν ο εξοπλισμός παραμένει ανενεργός, τότε χάνεται παραγωγικός χρόνος και αυξάνεται το κόστος παραγωγής. (Martins, 2010). Αυτό το είδος απωλειών είναι αποτέλεσμα της μη ορθής χρήσης του χρόνου, οι Hines and Rich (1997) αναφέρουν ότι οι απώλειες εμφανίζονται, όταν τα προϊόντα δεν μετακινούνται και το αποτέλεσμα αυτού είναι ότι και το προϊόν και οι εργαζόμενοι είναι αναγκασμένοι να περιμένουν περιττά. Προτείνουν ό τι ο χρόνος της αναμονής πρέπει να αξιοποιηθεί είτε για εκπαίδευση των εργαζομένων ή Kaizen δραστηριότητες. Η τρίτη κατηγορία απωλειών είναι η **μεταφορά**, όπου τα προϊόντα μεταφέρονται από το ένα σημείο στο άλλο, χωρίς ουσιαστικό λόγο και τα μεταφορικά κόστη αυξάνονται. Οι απώλειες από μεταφορά προκύπτουν, όταν η πληροφορία ή οι ύλες πρέπει να μεταφερθούν μέσω περιττών ενδιάμεσων. Το κόστος αυξάνεται, οποτεδήποτε περιττή εργασία, επιθεώρηση ή χώροι αποθήκευσης προστίθεται και κατ' επέκταση οδηγεί σε απώλειες από μεταφορά.

Οι απώλειες από **υπερ-επεξεργασία** είναι ο τέταρτος τύπος απωλειών και είναι το αποτέλεσμα διαφορετικών συνθηκών. Πρόσθεση αχρείαστων χαρακτηριστικών και λειτουργιών στο προϊόν οδηγεί σε αύξηση του χρόνου μεταξύ των παραγωγικών διεργασιών και του κόστους λόγω σχεδίασης και παραγωγής του προϊόντος (Martins, 2010). Οι Hines και Rich (1997) αναφέρουν ότι η υπερ-επεξεργασία είναι το αποτέλεσμα της δημιουργίας περίπλοκων λύσεων για απλές διαδικασίες, δηλαδή να χρησιμοποιούμε μεγάλες δυσκίνητες μηχανές αντί για μικρές ευέλικτες. Τόνισαν ότι το αποτέλεσμα από μια τέτοια κατάσταση αποθαρρύνει τους εργαζομένους και δίνει περιθώρια για κακούς σχεδιασμούς, που οδηγούν σε αυξημένα μεταφορικά και κακή επικοινωνία. Οι απώλειες **εξαιτίας του αποθέματος**, είναι ο πέμπτος τύπος απωλειών. Αυτός ο τύπος απωλειών εμφανίζεται όταν η ένα αντικείμενο εργασίας παράγεται, χωρίς να έχει ζητηθεί από τον πελάτη. Το ρίσκο που σχετίζεται με αυτόν τον τύπο παραγωγικών απωλειών, δημιουργεί μεγάλο απόθεμα που οδηγεί σε δέσμευση κεφαλαίου. Αυτές οι απώλειες μπορούν βέβαια να ελαχιστοποιηθούν, όταν η ζήτηση ταυτιστεί με την προσφορά. Οι απώλειες του αποθέματος, είναι σύμφωνα με τους Karlsson and Ahlstrom (1996) η πιο σημαντική πηγή απωλειών, η οποία έχει να κάνει με τη διατήρηση αντικειμένων και προϊόντων σε απόθεμα. Αυτό δεν προσθέτει αξία, άρα πρέπει να εξαλειφεται. Πρόσθεσαν ότι οι απώλειες από απόθεμα μπορούν να μειωθούν, μέσω της μείωσης του μεγέθους της παρτίδας, η οποία έμμεσα έχει θετικά αποτελέσματα, αφού αυξάνει την ευελιξία. Ο

έκτος είναι οι απώλειες **λόγω κίνησης**, που έχει να κάνει με αχρείαστη μετακίνηση εργαζομένων από το ένα σημείο στο άλλο (Kirpenberger, 1997). Αυτός ο τύπος απωλειών, δημιουργείται όταν μια συγκεκριμένη διεργασία δεν υλοποιείται αποδοτικά. Για να αποφευχθούν τέτοιου τύπου απώλειες πρέπει να γίνουν αντιληπτές οι διαφορετικές διεργασίες που εμπεριέχονται στην εκτέλεση μιας εργασίας και να οδηγήσει στον καλύτερο τρόπο υλοποίησής της (Martins, 2010). Τελευταία είναι οι απώλειες **ελλατωματικών**, η οποία έχει να κάνει με τα λάθη στη διαδικασία παραγωγής που απαιτούν διορθώσεις, σύμφωνα με τον Kirpenberger (1997). Αυτές οι απώλειες οφείλονται στο ότι τα προϊόντα δεν ανταποκρίνονται στις λεπτομέρειες που απαιτεί ο πελάτης και πρέπει να επέλθει εκ νέου επεξεργασία, οπότε αυξάνεται ο χρόνος ανάμεσα στις παραγωγικές διεργασίες καθώς και το κόστος. Ελαχιστοποιώντας αυτές τις απώλειες, το αποτέλεσμα είναι να αυξηθεί η ικανοποίηση των πελατών, μεταξύ άλλων. (Martins, 2010).

3.1.2 Διαχείριση Απόδοσης (Performance Management)

Για αρχή, η Διαχείριση Απόδοσης σύμφωνα με το Τμήμα Προσωπικού της Κυβέρνησης των Ηνωμένων Πολιτειών είναι η “συστηματική διαδικασία κατά την οποία οι εργαζόμενοι σαν προσωπικότητες, αλλά και σαν ομάδες επικεντρώνονται στη βελτίωση της αποδοτικότητας του οργανισμού, στα πλαίσια της επίτευξης των στόχων και αποστολής του οργανισμού αυτού.

Για να το επεκτείνουμε περιλαμβάνει δραστηριότητες οι οποίες οργανώνονται εργασίες και ορίζονται προσδοκίες, με συνεχή εποπτεία της απόδοσης, αναπτύσσοντας το χώρο να εκτελεστούν περιοδικά δείκτες αποδοτικότητας, με μορφή περίληψης και με επιβράβευση καλή απόδοσης (Broadbent and Laughlin, 2009, p 284)



Σχήμα 3.3: Στοιχεία του Performance Management

Οι De Toni και Tonchia (1996) αναφέρονται στη διαχείριση απόδοσης σαν διαχείριση ανά διεργασία. Τόνισαν ότι η εταιρεία πρέπει να έχει έναν στόχο επικεντρωμένο στην ικανοποίηση πελα-

τών και στη συνολική απόδοση στα πλαίσια ποιότητας χρόνου, αποδοτικότητας, ευελιξίας θα πρέπει να επιδιώξουν την ένωση όλων των δραστηριοτήτων. .

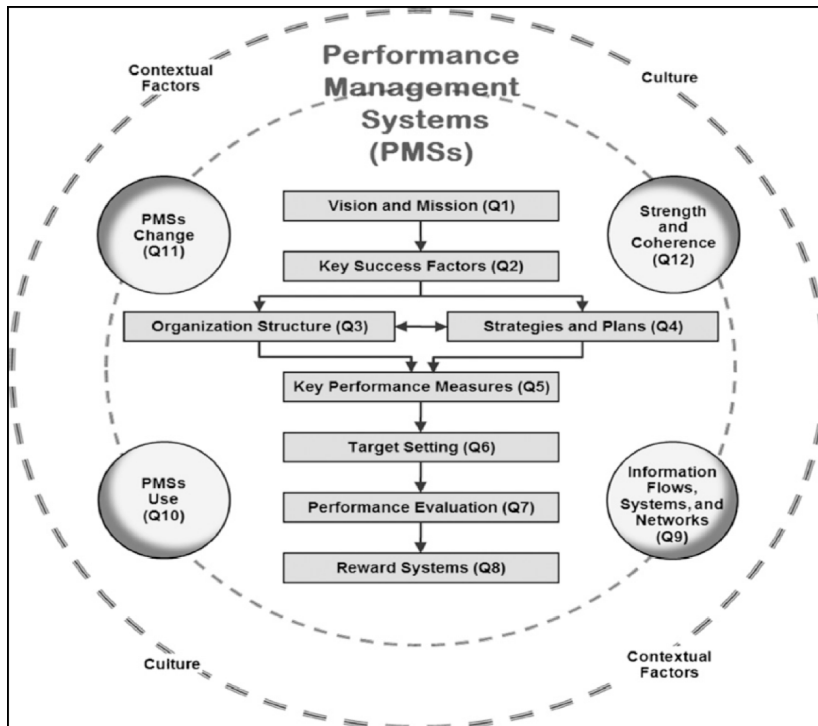
Στα πλαίσια των πιο πάνω ορισμών οι (Neely et al, 2000; Bhasin 2008) τόνισαν ότι η διαδικασία διοίκησης θεωρείται άχρηστη, όταν η πληροφορία που συλλέγεται δεν αξιοποιείται σωστά ή ο οργανισμός δεν έχει απαραίτητο αποδοτικό σύστημα για να μετατρέψει αυτή την πληροφορία σε στρατηγική για δράση. Μέσω της αναπληροφόρησης η διαχείριση απόδοσης δίνει τη δυνατότητα στους οργανισμούς να ορίσουν και να βελτιώσουν τις διεργασίες παραγωγής τους. (Amaratunga and Baldry 2002).

Hoque (2008) ξεκάθαρα τονίζει τη σημασία για ευθυγράμμιση τα συστήματα διαχείρισης απόδοσης με τους στρατηγικούς στόχους του οργανισμού, όπου σε σχέση με τον Cheng (2006, p 765) είναι το κλειδί επιτυχίας του οργανισμού.

Ο De Waal (2006) τόνισε ότι για να είναι επιτυχής η διαχείριση απόδοσης πρέπει να υπάρχει ένα μηχανισμός που θα συμπέρανε αν ο οργανισμός λειτουργεί βέλτιστα. Προχώρησε ακόμα παραπέρα, λέγοντας ότι πρέπει να υιοθετηθεί σε όλο τον οργανισμό και οι διαχειριστές να το χρησιμοποιούν συστηματικά και τα αποτελέσματα θα οδηγήσουν σε βελτιωμένη οργανωτική απόδοση. Προς αυτή την κατεύθυνση η διαχείριση απόδοσης και η νοοτροπία των εργαζομένων μέσα στον οργανισμό πρέπει να είναι στα υψηλότερα πρότυπα. “Τα συστήματα διαχείρισης απόδοσης παρατηρούνται σαν ένα κλειστό ανατροφοδοτούμενο σύστημα ελέγχου, το οποίο δημιουργεί πολιτική και στρατηγική και παίρνει αναπληροφόρηση από διάφορα επίπεδα με σκοπό να διαχειριστεί την απόδοση της επιχείρησης” (Bititci et al 1997, σ.524).

Οι Ferreira και Otley (2009) ισχυρίζονται ότι έχει να κάνει με ορισμό, έλεγχο και διαχείριση τόσο της επίτευξης των αποτελεσμάτων, όσο και της διαδικασίας που χρησιμοποιείται για να επιτευχθούν αυτά τα αποτελέσματα, με γνώμονα την κοινωνική και την οπτική του οργανισμού, και όχι μόνο σε ατομικό επίπεδο. Επέμειναν σε τέτοια κατεύθυνση, ώστε να ανταποκρίνεται στη μετάβαση σε πιο ανοιχτό πεδίο του ρόλου του ελέγχου της διαχείρισης της απόδοσης ενός οργανισμού από το καθιερωμένη διαίρεση του ελέγχου. Δίνει επίσης μια έμφαση στη διαχείριση με το να ενσωματώνει ποικίλες διαστάσεις διαχειριστικής δραστηριότητας με ένα σύστημα ελέγχου (Ferreira and Otley (2009, σ.266).

Ο Ferreira and Otley (2009) πρότειναν δώδεκα περιοχές κλειδιά τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στην ανάπτυξη της δομής των συστημάτων διοίκησης. Παρόμοια με τον Otley (1999) πέντε βασικά βήματα, που αφορούν θέματα που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, όταν αναπτύσσεται ένα σύστημα που διαχειρίζεται την απόδοση του οργανισμού. Joyce et al. (2003a) αναγνώρισε οχτώ πρακτικές διοίκησης και τις χώρισε σε “πρωταρχικές διοικητικές πρακτικές” που εκπροσωπούν τα βασικά της επιχείρησης και τα τελευταία τέσσερα είναι “δευτερεύουσες διοικητικές πρακτικές” (Grønholdt and Martensen, 2009, σ.48).



Σχήμα 3.4: Η δομή του συστήματος διαχείρισης απόδοσης (Ferreira and Otley, 2009, σ.268)

3.2 KPIs προς μελέτη

3.2.1 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Σήμερα, ορισμένα εργοστάσια παραγωγής άρχισαν να παρακολουθούν στενά τις παραγωγικές επιδόσεις μέσω των Συστημάτων Εκτέλεσης Παραγωγής (Manufacturing Execution Systems - MES). Η μέτρηση της χρησιμοποίησης των παραγωγικών πόρων υποδηλώνει την απόδοση του εξοπλισμού (Costa & Lima, 2002). Ο OEE είναι ένας χρήσιμος δείκτης και θεωρείται ο βασικός τρόπος μέτρησης της συνολικής απόδοσης (Puvanavaran, Kim, & Siang, 2012). Ο OEE είναι βασικά ο λόγος του πραγματικού χρόνου που παράγει η μηχανή, επιτυγχάνοντας τα κριτήρια ποιότητας και προδιαγραφών, με την προγραμματισμένη παραγωγή της μηχανής (Costa & Lima, 2002). Ο OEE είναι επίσης ένα μέτρο της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού, των επιδόσεων και των απωλειών απόδοσης, ως αποτέλεσμα των επαναδιαρθρώσεων και των απωλειών απόδοσης (Nakajima, 1988) όπως φαίνεται στην ακόλουθη εξίσωση.

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

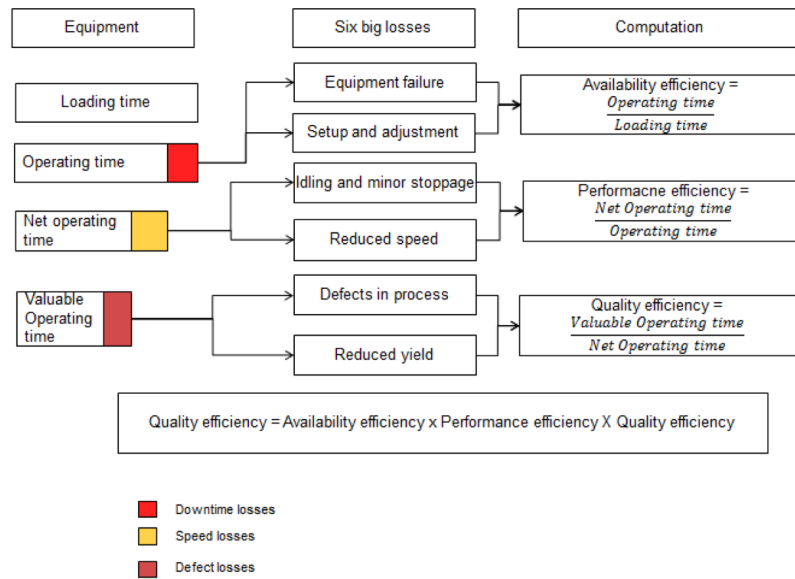
Συνεπώς, ο OEE θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ο συνδυασμός λειτουργίας, συντήρησης και διαχείρισης των παραγωγικών πόρων (Dal, Tugwell, & Greatbanks, 2000). Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν ορισμένες απώλειες που μειώνουν την απόδοση του εξοπλισμού, οι οποίες καθίσταται σημαντικό να μελετηθούν. Αυτές οι απώλειες οφείλονται σε διαταραχές στην παραγωγή. Αυτές οι διαταραχές στην παραγωγή μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες: Χρόνιες (Chronic) και Σποραδικές (Sporadic) διαταραχές όπως ορίζονται από τον Jonsson & Lesshammer, 2005. Η πρώτη κατηγορία είναι πολύ δύσκολο να εντοπιστεί καθώς οι διαταραχές της κατηγορίας αυτής είναι

κρυμμένες στο παραγωγικό σύστημα. Είναι πολύ μικρές διαταραχές στο παραγωγικό σύστημα και εμφανίζονται στην κανονική κατάσταση. Η δεύτερη κατηγορία είναι εκείνες που εμφανίζονται γρήγορα και ως αποτέλεσμα δημιουργούν μεγάλες αποκλίσεις από την τρέχουσα κατάσταση. Εμφανίζονται ακανόνιστα και είναι πολύ ευκολότερο να ανιχνευθούν σε σχέση με τις χρόνιες διαταραχές. Συγκρίνοντας τις χρόνιες και σποραδικές διαταραχές, η χρόνια διαταραχή οδηγεί σε χαμηλότερη αξιοποίηση της μηχανής.

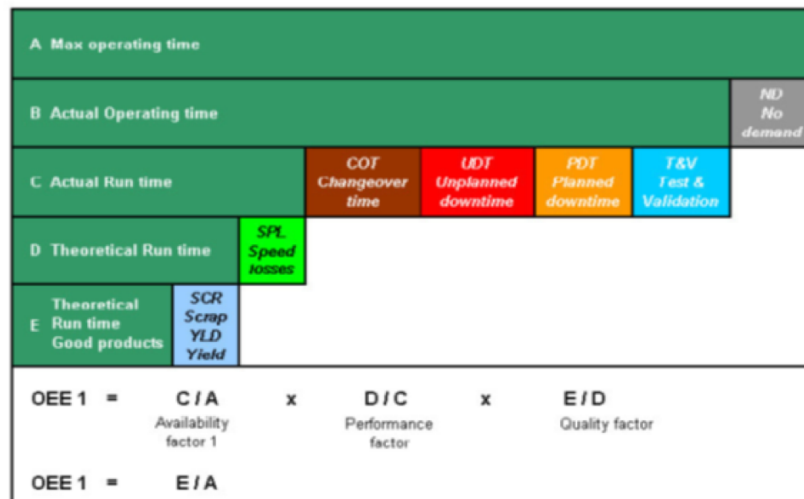
Υπάρχουν έξι σημαντικές απώλειες που πρέπει να αντιμετωπιστούν στο παραγωγικό σύστημα προκειμένου να επιτευχθεί υψηλότερο ΟΕΕ, όπως ορίζεται από τον Nakajima, 1988. Αυτές είναι:

- **Αποτυχία εξοπλισμού:** Όταν μειώνεται η παραγωγικότητα και υπάρχει απώλεια όγκου λόγω επισκευής ή αντικατάστασης εξαρτημάτων μηχανών.
- **Εγκατάσταση και ρύθμιση:** Αυτές οι απώλειες εμφανίζονται όταν στο τέλος της παραγωγής ενός προϊόντος πραγματοποιείται αλλαγή των παλαιών και εγκατάσταση νέων εργαλείων στα μηχανήματα ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του νέου προϊόντος.
- **Αδράνεια και μικρές διακοπές:** Εμφανίζονται όταν υπάρχει προσωρινή δυσλειτουργία του μηχανήματος, π.χ. απώλειες που μπορεί να προκύψουν κατά την αφαίρεση ελαττωματικών προϊόντων κ.λπ. ή όταν η μηχανή είναι σε κατάσταση αναμονής για την επόμενη εργασία.
- **Μειωμένη ταχύτητα:** Είναι η διαφορά μεταξύ της ταχύτητας σχεδιασμού της μηχανής και της πραγματικής ταχύτητας λειτουργίας, π.χ. η απώλεια χρόνου όταν ο τυπικός χρόνος κύκλου του μηχανήματος είναι στα 50 δευτερόλεπτα και η πραγματική λειτουργία διαρκεί 60 δευτερόλεπτα, η απώλεια ταχύτητας είναι 10 δευτερόλεπτα.
- **Μειωμένη απόδοση μεταβάσεων:** Είναι η απώλεια χρόνου από την εκκίνηση του μηχανήματος μέχρι τη σταθεροποίησή του. Για παράδειγμα, απώλειες χρόνου μετά από επισκευή στο μηχάνημα, απώλειες χρόνου μετά από μεσημεριανά διαλείμματα κλπ. Βλάβη στη διαδικασία: Αυτό προκαλεί απώλεια χρόνου και απώλειες στην ποιότητα του προϊόντος που προκαλείται από δυσλειτουργία του εξοπλισμού παραγωγής.

Ο όρος «απώλειες» προκύπτει από τις χρόνιες και σποραδικές διαταραχές που απορροφούν αυτούς τους πόρους και συνεπώς συμβάλλουν στις παραπάνω έξι απώλειες. Οι δύο πρώτες απώλειες, η “αποτυχία του εξοπλισμού” και η “εγκατάσταση και ρύθμιση” είναι μαζί γνωστές ως απώλειες ανενεργού χρόνου (downtime losses) και χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της πραγματικής διαθεσιμότητας του μηχανήματος. Οι απώλειες, “αδράνεια και μικρές διακοπές” και η “μειωμένη ταχύτητα” χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της απόδοσης της μηχανής. Οι τελευταίες δύο απώλειες, η “μειωμένη απόδοση μεταβάσεων” και η “βλάβη στη διαδικασία”, χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της απόδοσης της ποιότητας. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ελαττωμάτων τόσο χαμηλότερη είναι η απόδοση της ποιότητας. Το σχήμα 3.5 είναι μια αναπαράσταση του λεπτομερούς ορισμού και υπολογισμού του ΟΕΕ με όλες τις βασικές απώλειες που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα.



Σχήμα 3.5: Υπολογισμός και διαδικασία του OEE (Προσαρμοσμένο από την Nakajima, 1988)



Σχήμα 3.6: Παράγοντες υπολογισμού OEE

Όπως είναι αναμενόμενο, υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι υπολογισμού και προσεγγίσεις του δείκτη OEE. Ο τρόπος που έχει επιλέξει η Johnson & Johnson και ταιριάζει στο εργοστάσιό της είναι αυτό που περιγράφεται στο σχήμα 3.6.

Οι παράγοντες του σχήματος 3.6 επεξηγούνται ως εξής:

- **Μέγιστος Χρόνος Λειτουργίας - Maximum operating time (A)**

Ο μέγιστος χρόνος λειτουργίας (A) είναι ο χρόνος που είναι διαθέσιμος για επιχειρησιακές δραστηριότητες. Μόνο οι περίοδοι κατά τις οποίες η εγκατάσταση διακόπτεται από το νόμο (π.χ. υποχρεωτικές αργίες) δεν λαμβάνονται υπόψη.

Π.χ. 1 εβδομάδα = 7 ημέρες x 24 ώρες / ημέρα = 168 ώρες

- **Πραγματικός Χρόνος Λειτουργίας - Actual operating time (B)**

Ο πραγματικός χρόνος λειτουργίας (B) είναι ο χρόνος που υπάρχει μια δραστηριότητα στη γραμμή. Ο πραγματικός χρόνος λειτουργίας είναι ο μέγιστος χρόνος λειτουργίας μείον τον Χρόνο Χωρίς Ζήτηση.

- **Χρόνος Χωρίς Ζήτηση - No Demand (ND)**

Ο χρόνος χωρίς ζήτηση (ND) είναι ο χρόνος κατά τον οποίο δεν υπάρχει δραστηριότητα λόγω έλλειψης ζήτησης από τον πελάτη. Οι ευκαιριακές λειτουργίες, όπως οι απενεργοποιήσεις για συντήρηση, οι τροποποιήσεις εξοπλισμού, οι εισαγωγές νέων προϊόντων και οι εργασίες επικύρωσης, που προγραμματίζονται όταν δεν υπάρχει ζήτηση από τον πελάτη, θεωρούνται πραγματικός χρόνος λειτουργίας και **δεν πρέπει** να υπολογίζονται ως χρόνος χωρίς ζήτηση.

- **Πραγματικός Χρόνος Εκτέλεσης - Actual Run time (C)**

Ο πραγματικός χρόνος εκτέλεσης (C) είναι ο χρόνος κατά τον οποίο η γραμμή παράγει. Ο πραγματικός χρόνος εκτέλεσης είναι ο πραγματικός χρόνος λειτουργίας μείον τις απώλειες διαθεσιμότητας. Οι απώλειες διαθεσιμότητας είναι τυχόν απώλειες όταν ο εξοπλισμός είναι αδρανής και δεν είναι σε θέση να παράγει λόγω προγραμματισμένου ανενεργού χρόνου.

- **Προγραμματισμένος Ανενεργός Χρόνος - Planned Downtime (PDT)**

- Προγραμματισμένη συντήρηση: προληπτική συντήρηση/προγραμματισμένη επισκευή
- Προγραμματισμένη μετακίνηση εξοπλισμού ή τροποποιήσεις στην διαδικασία παραγωγής
- Απουσία ανθρώπων λόγω εκπαιδεύσεων/συναντήσεων
- Τακτικά διαλείμματα π.χ. για φαγητό
- Αλλαγή βάρδιας
- Γενικές δραστηριότητες καθαρισμού

- **Μη Προγραμματισμένος Ανενεργός Χρόνος - Unplanned downtime (UDT)** Ο μη προγραμματισμένος ανενεργός χρόνος είναι γενικά αποτέλεσμα των παρακάτω:

- Βλάβες εξοπλισμού: Η γραμμή είναι αδρανής λόγω διακοπής λειτουργίας ή δυσλειτουργίας του εξοπλισμού, διακοπή συστήματος, πρόσθετος / απρόβλεπτος καθαρισμός κλπ.
- Ελλείψεις πόρων: Η γραμμή είναι αδρανής επειδή πρέπει να περιμένει κάτι, π.χ. έλλειψη υλικών, πληροφοριών, εγγράφων, άτομα, διακοπές λειτουργίας των υπηρεσιών κοινής ωφελείας ή συστήματος αποθήκης, λείπουν εργαστηριακά αποτελέσματα, χρόνος αναμονής για την ολοκλήρωση προηγούμενων βημάτων της διαδικασίας

- Προβλήματα ποιότητας: χρόνος διακοπής της γραμμής λόγω προβλημάτων με υλικά, μη έλεγχος λειτουργίας κατά τη διαδικασία, εσφαλμένη λειτουργία.

Ο μη προγραμματισμένος ανενεργός χρόνος δεν είναι προκαθορισμένος και συνήθως απαιτεί άμεση προσοχή, ώστε να είναι δυνατή η επανεκκίνηση της παραγωγής.

- **Χρόνος Μετάβασης- Changeover Time (COT)** Ο χρόνος μετάβασης είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη μετάβαση από την παραγωγή ενός είδους προϊόντος στην παραγωγή ενός άλλου. Ο χρόνος μετάβασης περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες από το τελευταίο «καλό» κομμάτι που παράγεται σε μία παραγωγική ροή μέχρι το πρώτο «καλό» κομμάτι που παράγεται στην επόμενη. Για παράδειγμα:

- Δραστηριότητες καθαρισμού, CIP
- Κύκλοι απολύμανσης
- Φόρτωση / Εκφόρτωση προϊόντος

- **Δοκιμή - Test & Validation (T&V)**

Ο χρόνος που χρησιμοποιείται για τη δοκιμή νέου εξοπλισμού ή διαδικασιών και για την εισαγωγή νέων προϊόντων. Αυτό πρέπει να περιλαμβάνει τον χρόνο παραγωγής που διατίθεται για δραστηριότητες R&D, όπως η παραγωγή υλικών κλινικών δοκιμών και δοκιμαστικά τρεξίματα.

- **Θεωρητικός Χρόνος Εκτέλεσης - Theoretical Run Time (D)**

Ο θεωρητικός χρόνος εκτέλεσης (D) είναι ο χρόνος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της απαιτούμενης ποσότητας προϊόντος σύμφωνα με:

- Τη θεωρητική ταχύτητα γραμμής (για διαδικασίες σχετικές με τα εξαρτήματα)
 - * Η θεωρητική ταχύτητα μιας γραμμής είναι η μέγιστη ταχύτητα της γραμμής για ένα συγκεκριμένο προϊόν. Σε περίπτωση που η γραμμή περιλαμβάνει μια σειρά μονάδων εξοπλισμού, η μέγιστη ταχύτητα της πιο αργής μονάδας χρησιμοποιείται ως «ταχύτητα γραμμής».
 - * Σε περιπτώσεις που οι βελτιώσεις εξοπλισμού ή διεργασιών έχουν ως αποτέλεσμα ταχύτερες πάνω από την θεωρητική ή την ταχύτητα σχεδιασμού, πρέπει να χρησιμοποιείται η υψηλότερη αποδεδειγμένη τιμή.
- Το θεωρητικό χρόνο κύκλου (για διαδικασίες σχετικές με παρτίδες)
 - * Ο θεωρητικός χρόνος κύκλου είναι ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την παραγωγή μιας παρτίδας ενός συγκεκριμένου προϊόντος.

Η διαφορά μεταξύ του “Πραγματικού Χρόνου Εκτέλεσης” και του “Θεωρητικού Χρόνου Εκτέλεσης” είναι οι Απώλειες Απόδοσης ή Ταχύτητας (Speed Losses - SPL) που εμφανίζονται όταν η γραμμή παραγωγής λειτουργεί λιγότερο από τον βέλτιστο ρυθμό.

- **Θεωρητικός Χρόνος Εκτέλεσης Καλού Προϊόντος - Theoretical Run time Good Product(s)**

(E) Ο θεωρητικός χρόνος εκτέλεσης καλού προϊόντος είναι ο χρόνος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της απαιτούμενης ποσότητας καλού προϊόντος σύμφωνα με:

- Τη θεωρητική ταχύτητα (για διαδικασίες σχετικές με εξαρτήματα)

– Το θεωρητικό χρόνο ενός κύκλου (για διαδικασίες κατά παρτίδες).

Ο «Θεωρητικός Χρόνος Εκτέλεσης Καλού Προϊόντος» είναι ο «Θεωρητικός Χρόνος Εκτέλεσης» μείον τις απώλειες ποιότητας. Οι απώλειες ποιότητας οφείλονται σε :

- **Ελαττωματικά προϊόντα / Επανάληψη παραγωγής - Scrap / Rework (SCR)**
Τα προϊόντα δεν πληρούν τις αναμενόμενες προδιαγραφές ποιότητας, ακόμη και αν μπορούν να επαναπαραχθούν για να διορθωθούν τα προβλήματα.
- **Απόδοση παραγωγής - Yield (YLD)**
 - Η υπερχρησιμοποίηση των συστατικών υλικών ή η διαρροή του προϊόντος που έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη από την αναμενόμενη ποσότητα τελικών προϊόντων.
 - Χημικές απώλειες απόδοσης παραγωγής και απώλειες λόγω εναπομείναντος προϊόντος στον εξοπλισμό.

Τρόπος υπολογισμού OEE

- **Ο Συντελεστής Διαθεσιμότητας (Availability Factor)** είναι ο Πραγματικός Χρόνος Εκτέλεσης εκφρασμένος ως ποσοστό του Μέγιστου χρόνου λειτουργίας.
Συντελεστής διαθεσιμότητας (%) = Πραγματικός χρόνος εκτέλεσης / μέγιστος χρόνος λειτουργίας (A)
- **Ο Συντελεστής Απόδοσης (Performance Factor)** είναι ο Θεωρητικός Χρόνος Εκτέλεσης (σύμφωνα με τη θεωρητική ταχύτητα), εκφρασμένο ως ποσοστό του Πραγματικού Χρόνου Εκτέλεσης.
Συντελεστής απόδοσης (%) = Θεωρητικός Χρόνος Λειτουργίας (D) / Πραγματικός Χρόνος Εκτέλεσης (C)
- **Ο Συντελεστής Ποιότητας (Quality Factor)** είναι ο Θεωρητικός Χρόνος Χρόνος Εκτέλεσης Καλού Προϊόντος (σύμφωνα με τη θεωρητική ταχύτητα), εκφρασμένο ως ποσοστό του Θεωρητικού Χρόνου Εκτέλεσης.
Συντελεστής Ποιότητας (%) = Θεωρητικός Χρόνος Εκτέλεσης Καλού Προϊόντος (E) / Θεωρητικός Χρόνος Εκτέλεσης (D)

Τελικώς, το OEE υπολογίζεται ως το γινόμενο των παραπάνω 3 συντελεστών:

$$\text{OEE} = \text{Availability Factor (\%)} \times \text{Performance Factor (\%)} \times \text{Quality Factor (\%)}$$

Υπάρχουν πολλά οφέλη για την αύξηση του OEE μέσω της εξάλειψης των απωλειών και ένα σημαντικό όφελος είναι η αύξηση της παραγωγικής ικανότητας χωρίς την ανάγκη σημαντικά μεγάλων επενδύσεων (Koporka & Trybula, 1996). Υπάρχει ισχυρή σχέση σύνδεση μεταξύ του OEE και των χρηματοοικονομικών δεικτών της εταιρείας (Hansen, 2001). Η αύξηση του OEE από 60% σε 66% μιας εταιρείας προξένησε αύξηση κατά 21% στην Απόδοση Περιουσιακών Στοιχείων (ROA), αύξησε την παραγωγική ικανότητα κατά 10% και αύξησε τα λειτουργικά έσοδα κατά 21% (Hansen, 2001).

3.2.2 Παραγωγικότητα

Η παραγωγικότητα περιγράφει, διάφορες μετρήσεις της αποδοτικότητας της παραγωγής. Μια μέτρηση παραγωγικότητας εκφράζεται σαν ο λόγος εξόδου, προς είσοδο, που χρησιμοποιούνται σε μια παραγωγική διαδικασία. Η παραγωγικότητα είναι ένας σημαντικός παράγοντας την επίδοση της παραγωγικότητας μιας εταιρείας, ή ακόμα και έθνους. Η αύξηση εθνική παραγωγικότητας μπορεί να αυξήσει το επίπεδο διαβίωσης, επειδή περισσότερο πραγματικό εισόδημα βελτιώνει της ικανότητα των ανθρώπων να αγοράσουν προϊόντα και υπηρεσίες, να διασκεδάσουν, να βελτιώσουν τα σπίτια και την εκπαίδευσή τους και να συνεισφέρουν σε κοινωνικά και περιβαλλοντικά προγράμματα. Η αύξηση της παραγωγικότητας μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες να είναι πιο κερδοφόρες. Υπάρχουν πολλοί ορισμοί για την παραγωγικότητα, και η επιλογή ανάμεσά τους, εξαρτάται από το σκοπό της μέτρησης της παραγωγικότητας καθώς και από την ύπαρξη ή μη δεδομένων.

3.2.3 Idle Times

Ως Idle Time εννοούμε τον χρόνο κατά τον οποίο δεν πραγματοποιήθηκε κάποια ενέργεια μέσα στο διάστημα της παραγωγής. Μπορεί να χωριστεί σε 2 κατηγορίες, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Human Idle** Το άθροισμα των χρονικών διαστημάτων, κατά τα οποία ο χρήστης/χειριστής δεν έκανε κάποια ενέργεια (π.χ. Δεν πάτησε κάποιο κουμπί στο user panel). Αυτό μπορεί να οφείλεται τόσο σε παράγοντες που αφορούν την ίδια την παραγωγή (πχ αναγκαστική αναμονή λόγω σειριακής διαδικασίας) όσο και σε ανθρωπογενείς παράγοντες (πχ διάλειμμα χειριστή)
- **Machine Idle** Το άθροισμα των χρονικών διαστημάτων, κατά τα οποία ένα μηχάνημα/εξάρτημα δεν λειτουργούσε καθόλου, δηλαδή είχαν ολοκληρωθεί όλες οι εκκινηθείσες διαδικασίες και συνεπώς έμενε αδρανές. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε αμέλεια του χειριστή για να ξεκινήσει η επόμενη αναγκαία διαδικασία, είτε λόγω κάποιου είδους bottleneck ή βλάβης.

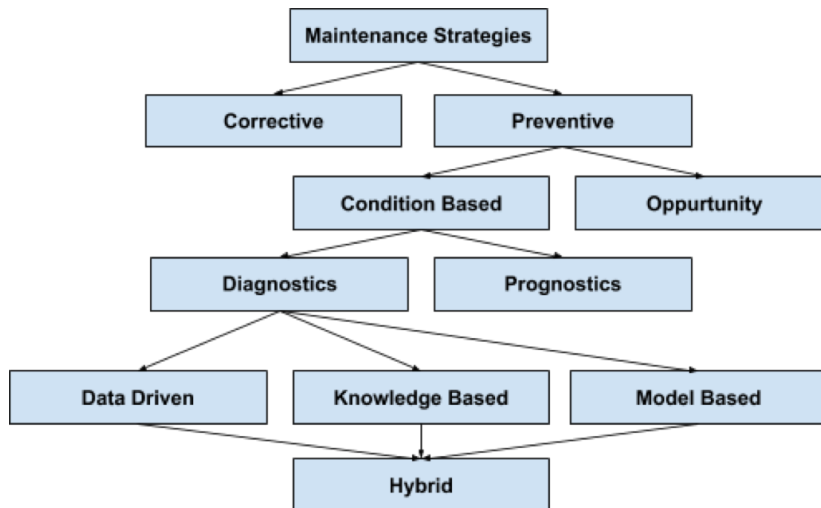
Ευλόγως προκύπτει ότι τα παραπάνω metrics μπορούν να μεταφραστούν με διαφορετικό τρόπο, όχι μόνο αναλόγως το είδος της βιομηχανίας στην οποία μετρώνται, αλλά και στο χρονικό κάτω όριο το οποίο τίθεται για τα χρονικά διαστήματα αυτά. Για παράδειγμα μπορεί να θεωρείται φυσιολογικό σε κάποιο είδος βιομηχανίας να υπάρχουν machine idles ώστε να μπορεί να αποθερμαίνεται κάποια μηχανή ή human idles μέχρι 20 λεπτά ώστε λόγω της σειριακής φύσης μερικών διεργασιών.

3.2.4 Διαχείριση Συντήρησης (Maintenance Management)

Όλες οι δραστηριότητες της διαχείρισης που καθορίζουν τους στόχους της συντήρησης, τις στρατηγικές και υποχρεώσεις και την πραγματοποίηση αυτών με μέσα, όπως ο σχεδιασμός, ο έλεγχος και η βελτίωση των ενεργειών συντήρησης και οικονομικών στοιχείων (EN 13306 : 2010).

Τύποι συντηρήσεων

Η βιβλιογραφία σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται διχασμένη. Κάποιοι υποστηρίζουν πως υπάρχουν μόνο δύο τύποι συντηρήσεων, η Επιδιορθωτική (Corrective Maintenance) και η Προληπτική (Preventive Maintenance). Η επιδιορθωτική συντήρηση λαμβάνει την έννοια της συντήρησης που



Σχήμα 3.7: Εποπτική παρουσίαση των κατηγοριών διαχείρισης συντήρησης

γίνεται προκειμένου να εξαλειφθούν ανεπιθύμητες καταστάσεις (πχ βλάβες) κατόπιν της εμφάνισής τους, ενώ ως προληπτική ορίζεται η συντήρηση που γίνεται σε ένα αντικείμενο πριν την αστοχία, και που χωρίζεται σε συντήρηση βασισμένη σε χρονικά διαστήματα ή σε συντήρηση βασισμένη στην κατάσταση του αντικειμένου (Technical Committee CEN/TC 319 "Maintenance", 2014).

Μία πιο αναλυτική προσέγγιση των παραπάνω μεγάλων 2 κατηγοριών (Okoh, Roy, & Mehnen, 2016) παρουσιάζεται εποπτικά στο σχήμα 3.7

Με τον καιρό, η ζυγαριά του maintenance management «γέρνει» προς υβριδικές στρατηγικές που χρησιμοποιούν δεδομένα και γνώση, μιας και αυτές φαίνονται να είναι οι πιο αποτελεσματικές και κερδοφόρες τακτικές. Προκειμένου να μπορεί να πραγματοποιηθεί ένα αποτελεσματικό maintenance management στη βιομηχανία, είναι αναγκαίο να υπάρχει, λοιπόν, διαθέσιμη γνώση σχετικά με τη λειτουργία των μηχανημάτων και των διεργασιών. Ίσως το πιο ενδεικτικό και χρήσιμο κομμάτι της γνώσης αυτής είναι ο χρόνος που βρίσκεται σε λειτουργία το κάθε μηχάνημα στη διαδικασία της παραγωγής (up time). Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα να:

1. Προβλεφθεί κατ' εκτίμηση το πότε πρέπει να πραγματοποιηθεί η τακτική συντήρησή τους
2. Να εντοπιστούν ζημιές και καθυστερήσεις ώστε να γίνουν επιδιορθώσεις
3. Να υπολογιστεί το προσδόκιμο ζωής τους ώστε να πραγματοποιηθούν αντικαταστάσεις μηχανημάτων και εξαρτημάτων.

Σημαντικό των παραπάνω είναι ότι μετρώντας τον χρόνο χρήσης του κάθε μηχανήματος/εξαρτήματος στη διαδικασία παραγωγής, πλέον μπορεί να γίνει στοχευμένη συντήρηση, επισκευή και αντικατάσταση βάσει της χρήσης και της απόδοσης του καθένα από αυτά και όχι βάσει του υπολογισμένου από τον κατασκευαστή προσδόκιμου ζωής.

Κεφάλαιο 4

Επιχειρηματική Ευφυΐα (Business Intelligence)

4.1 Ορισμός Business Intelligence (BI)

Το Business intelligence ή αλλιώς Επιχειρηματική Ευφυΐα είναι ένα σετ από μεθοδολογίες, διεργασίες, αρχιτεκτονικές και τεχνολογίες που μετασχηματίζουν ακατέργαστα δεδομένα σε χρήσιμες πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για να καταστήσουν πιο αποτελεσματικές τις στρατηγικές, τακτικές και επιχειρησιακές γνώσεις, και τη λήψη αποφάσεων. (Evelson, Nicolson, 2008).

Με απλούστερα λόγια, η Επιχειρηματική Ευφυΐα δεν είναι ούτε προϊόν ούτε σύστημα. Είναι ένας όρος «ομπρέλα» που συνδυάζει τις αρχιτεκτονικές τις εφαρμογές, και τις βάσεις δεδομένων. Επιτρέπει την «σε πραγματικό χρόνο» διαλογική πρόσβαση, την ανάλυση, και το χειρισμό των πληροφοριών, ο οποίος παρέχει στην επιχειρησιακή κοινότητα την εύκολη πρόσβαση στα επιχειρησιακά δεδομένα. Η Επιχειρηματική Ευφυΐα αναλύει τα ιστορικά στοιχεία -τα δεδομένα τα οποία οι επιχειρήσεις παράγουν μέσω των δραστηριοτήτων τους- και βοηθά τις επιχειρήσεις με την ανάλυση των προηγούμενων και παρούσων επιχειρησιακών καταστάσεων και αποδόσεων. Με την παροχή αυτής της πολύτιμης διορατικότητας, η Επιχειρηματική Ευφυΐα βοηθά τους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων να λαμβάνουν πιο ενημερωμένες αποφάσεις και προμηθεύει τους τελικούς χρήστες με κρίσιμες επιχειρησιακές πληροφορίες για τους πελάτες ή τους συνεργάτες τους, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών για τις συμπεριφορές και τις τάσεις.

Με άλλα λόγια, η Επιχειρηματική Ευφυΐα μετασχηματίζει τα δεδομένα σε πληροφορίες, τις πληροφορίες σε αποφάσεις, και τις αποφάσεις σε δράση.

4.2 Η ανάγκη για Business Intelligence

Η Επιχειρηματική Ευφυΐα υποστηρίζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, παρέχοντας χρήσιμη γνώση στους υπεύθυνους που μπορούν στη συνέχεια να λάβουν πιο τεκμηριωμένες και ορθές αποφάσεις. Στις μέρες μας, μεγάλες επιχειρήσεις ανά τον κόσμο χρειάζονται πρόσβαση σε ζωτικά δεδομένα για τους πελάτες, όπως είναι για παράδειγμα το ιστορικό των παραγγελιών, οι πληροφορίες παράδοσης και το ιστορικό τιμολόγησης, προκειμένου να αποκτήσουν ανταγωνιστική αξία. Οι επιχειρήσεις αυτές που επενδύουν σε συστήματα Επιχειρηματικής Ευφυΐας αποκτούν σύντομα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Το επιχειρησιακό περιβάλλον άλλαξε τα τελευταία χρόνια με έναν τρόπο που οδήγησε στην ανάγκη για Επιχειρηματική Ευφυΐα :

- Αυξημένη ταχύτητα επιχειρήσεων
- Υπερβολικά μεγάλες «ποσότητες» πληροφορίας
- Αυξημένη παγκοσμιοποίηση

- Αυξημένη πολυπλοκότητα και δυναμικότητα των εσωτερικών διεργασιών και του περιβάλλοντος
- Ταχύτητα τεχνολογικών αλλαγών

Οι επιχειρήσεις που συνήθως επωφελούνται περισσότερο από την εφαρμογή συστημάτων Επιχειρηματικής Ευφυΐας είναι εκείνες που είναι πλούσιες σε δεδομένα.

Κατά συνέπεια, τα τμήματα μίας επιχείρησης που επωφελούνται περισσότερο από το BI είναι αυτό του Μάρκετινγκ, των Πωλήσεων, των Χρηματοοικονομικών, του IT (Information Technology) - κυρίως μέσω διαδικτύου, και η Ανώτατη Διοίκηση. Τα τμήματα αυτά έχουν την περισσότερη συσσωρευμένη γνώση από τα δεδομένα που παράγουν καθημερινά, και στα οποία η εφαρμογή ενός συστήματος BI

4.3 Αξία και οφέλη BI

Επιχειρηματική αξία

Το αποτέλεσμα του Business Intelligence είναι χρήσιμη γνώση, με χρήση της οποίας η διοίκηση της επιχείρησης μπορεί να λάβει καλύτερες αποφάσεις, με περισσότερη αυτοπεποίθηση και άρα μεγαλύτερα κέρδη. Τα όρια που υπάρχουν μεταξύ των εννοιών που περικλείει το BI είναι αμυδρά, και μέχρι στιγμής προσπαθήσαμε να απομονώσουμε τα επιμέρους κομμάτια του και να δούμε ποια είναι τα οφέλη του καθενός. Συνοψίζοντας τα παραπάνω, μπορούμε να αναφερθούμε σε ορισμένα βασικά σημεία που χαρακτηρίζουν την επιχειρηματική αξία του BI, τόσο σαν ξεχωριστές εφαρμογές, όσο και σαν σύνολο. Συγκεκριμένα, η επιχειρηματική αξία του Business Intelligence παρέχει:

- Αναλύσεις και εκθέσει σχετικά με όλες τις νοητές πτυχές της ελλοχεύουσας επιχείρησης
- Βελτιωμένες στρατηγικές, τακτικές και λειτουργικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων
- Βελτιωμένες επιχειρησιακές διαδικασίες
- Ένα πιο συνεργάσιμο περιβάλλον εργασίας
- Εκτεταμένη διαχείριση γνώσης και διαχείριση των πληροφοριακών συστημάτων.
- Βελτιωμένη διάδοση πληροφοριών, βελτιωμένη πρόσβαση πληροφοριών και διάδοση της γνώσης για τον οργανισμό
- Βελτιωμένος μέσο- και μακρο-πρόθεσμος προγραμματισμός-0.2cm
- Αυξανόμενα εισοδήματα. Μειωμένες δαπάνες
- Μειωμένος χρόνος αντίδρασης που οδηγεί στο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα
- Στιγμαία άποψη στο ποια προϊόντα, πελάτες και αγορές είναι οι πιο κερδοφόρες
- Μια σφαιρική (360 μοιρών) άποψη των πελατών
 - Προσδιορισμός της αποδοτικότητας πελατών
 - Δημιουργία διαγραμμάτων κινδύνου υπαρχόντων και νέων πελατών
 - Συνολικό ενδιαφέρον στην ικανοποίηση πελατών
 - Πρόβλεψη της συμπεριφοράς των πελατών
- Βελτιωμένη ικανοποίηση πελατών. Προσφορά εξατομικευμένων προϊόντων και υπηρεσιών στον πελάτη

- Πρόγνωση της συμπεριφοράς, των επιθυμιών και των δυνατοτήτων του πελάτη στη χρήση των διαφορετικών καναλιών επικοινωνίας Βελτιωμένοι ιστότοποι
- Έλεγχος του εξωτερικού επιχειρησιακού περιβάλλοντος ο Εξαιρετικά γρήγορος έλεγχος
- Καλύτερη διορατικότητα στις αγορές, τους προμηθευτές, τους ανταγωνιστές και την τεχνολογία
- Ευκαιρίες και απειλές επίσημανσης
- Πλήρης «απ' άκρη σ' άκρη» πληροφόρηση για τις προμήθειες και τα λογιστικά στοιχεία από ολόκληρη την αλυσίδα ανεφοδιασμού
- Αυξανόμενη αντιδραστική δύναμη της αλυσίδας ανεφοδιασμού συνολικά
- Μια πιο διάφανη και ήρεμη αλυσίδα ανεφοδιασμού
- Μείωση αποθεμάτων σε κάθε σημείο στην αλυσίδα ανεφοδιασμού
- Προσδιορισμός ανακαλύψεων/τάσεων
- Ανίχνευση απάτης

Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η επιχειρηματική αξία του Business Intelligence είναι ιδιαίτερα σημαντική. Τα σημεία αυτά αποτελούν ουσιαστικά και τα πλεονεκτήματα του Business Intelligence, που οδηγούν στη χρήση του προς όφελος της επιχείρησης που θα την εφαρμόσει»

Οφέλη

Στις προηγούμενες παραγράφους είδαμε την επιχειρηματική αξία της Επιχειρηματικής Ευφυΐας και των επιμέρους συστατικών της. Τί είναι όμως, τελικά, αυτό που οδηγεί μία επιχείρηση στην εφαρμογή συστημάτων ΒΙ; Τί κερδίζει και σε ποιούς τομείς επωφελείται περισσότερο; Τα οφέλη των συστημάτων επιχειρηματικής ευφυΐας συγκεντρώνονται ως εξής:

1. Μειώνεται το κόστος και ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για τη συλλογή και την επεξεργασία μεγάλου όγκου πληροφοριών
2. Παρέχεται πολυδιάστατη ανάλυση των στοιχείων
3. Τα συστήματα καταλήγουν σε προτάσεις και όχι σε απλές αναφορές (reports)
4. Παρέχουν πιο γρήγορες και ακριβείς αναφορές (reporting)
5. Προσφέρουν βελτιωμένες διαδικασίες λήψης αποφάσεων
6. Βελτιωμένη εξυπηρέτηση πελατών
7. Αυξημένα έσοδα και μειωμένες δαπάνες σε πληροφορική

Όταν οι στατιστικές σχετικά με τα οφέλη μίας επένδυσης στην Επιχειρηματική Ευφυΐα συγκρίνονται με εκείνες επενδύσεων σε συστήματα ERP (Enterprise Resource Planning - Διαχείριση Επιχειρηματικών Πόρων) ή SCM (Supply Chain Management- Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας), βλέπουμε ότι η Επιχειρηματική Ευφυΐα αποδεικνύεται πολύ πιο συμφέρουσα. Παρόλα αυτά, είναι πιθανόν έναν συνδυασμός επένδυσης σε ERP, SCM και ΒΙ να επιφέρει στο μέγιστο βαθμό τα οφέλη αυτά επειδή τα οφέλη που «κρύβονται» μέσα στα συστήματα ERP και SCM δεν μπορούν να έρθουν στην επιφάνεια, χωρίς τη χρήση των ΒΙ εργαλείων που τα αναδεικνύουν. Επιπλέον, τα ERP και SCM συστήματα παράγουν, ως γνωστόν, μεγάλους όγκους πληροφοριών. Το ΒΙ δίνει τη δυνατότητα ανάλυσης των δεδομένων αυτών, με σκοπό την ανάδειξη της πιο σημαντικής πλευράς τους.

4.4 Τρόπος εφαρμογής ΒΙ

Η επιλογή της κατάλληλης εφαρμογής Business Intelligence είναι πολύ σημαντική για την επιχείρηση, αφού πρέπει να ανταποκρίνεται επιτυχώς τόσο στις ανάγκες όσο και στους διαθέσιμους πόρους της επιχείρησης. Στις μέρες μας υπάρχει πληθώρα εργαλείων Επιχειρηματικής Ευφυΐας, με αποτέλεσμα να γίνεται το έργο της αναζήτησης του κατάλληλου αρκετά πολύπλοκο και χρονοβόρο.

Όταν χρησιμοποιεί την Επιχειρηματική Ευφυΐα, μία εταιρεία πρέπει να συλλέγει καθημερινά μεγάλες ποσότητες πληροφοριών. Τα εργαλεία Επιχειρηματικής Ευφυΐας βοηθούν τις επιχειρήσεις στην αποθήκευση, την οργάνωση, ακόμη και τη συλλογή επιχειρηματικών δεδομένων. Για να μπορέσει μία επιχείρηση να επιλέξει και να εφαρμόσει τα κατάλληλα, για αυτή, εργαλεία Επιχειρηματικής Ευφυΐας με επιτυχία θα πρέπει να ακολουθήσει κάποια συγκεκριμένη μεθοδολογία. Πολλές επιχειρήσεις και έργα τεχνολογίας πληροφόρησης (IT Projects) βρίσκονται σε ρίσκο επειδή δεν εφαρμόζουν κάποια μεθοδολογία επιλογής ΒΙ εργαλείου.

Η εφαρμογή του σωστού λογισμικού είναι ένα από τα κρίσιμα βήματα στην προσπάθεια κατανόησης του πώς θα αξιοποιηθεί πλήρως η πληροφορία. Μια μεθοδολογία που βοηθάει στην επιλογή του εκάστοτε κατάλληλου λογισμικού είναι και αυτή του Κύκλου Απόφασης (Decision Cycle) η οποία αποτελείται από οκτώ βήματα αντιστοίχισης αναγκών της επιχείρησης στον κατάλληλο παροχέα υπηρεσιών. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία σχεδιάστηκε από την Ventana Research για να αντιμετωπίσει τα συνήθως χωριστά και κρίσιμα πληροφοριακά και επιχειρησιακά ζητήματα που θέτουν την εφαρμογή των ΒΙ συστημάτων σε κίνδυνο και τα βήματά της περιγράφονται συνοπτικά στις επόμενες γραμμές:

1. Καθορισμός επιχειρηματικών στόχων. Καθορισμός της αποστολής του επιχειρηματικού έργου, των επιδιωκόμενων στόχων προς επίτευξη και των επιθυμητών ωφελειών. Τι προσπαθεί να επιτύχει η επιχείρηση, γιατί είναι σημαντικό αυτό και ποιο θα είναι το αναμενόμενο τελικό αποτέλεσμα;
2. Καθορισμός επιχειρηματικών απαιτήσεων. Καθορισμός των απαιτήσεων που έχει η επιχείρηση για να επιτύχει τους στόχους της (δηλαδή τα συγκεκριμένα αντικείμενα ή ενέργειες που πρέπει να ολοκληρωθούν). Ποια είναι τα προαπαιτούμενα από την πλευρά της επιχείρησης ώστε να επιτευχθούν οι καθορισμένοι στόχοι;
3. Καθορισμός της κοινότητας χρηστών. Καθορισμός των χρηστών που εμπλέκονται στην επίτευξη των στόχων της επιχείρησης σε όλο το φάσμα της κοινότητας χρηστών. Συνειδητοποίηση του ποιος επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα της προσπάθειας της επιχείρησης και πόσο.
4. Καθορισμός λειτουργικών απαιτήσεων. Καθορισμός της λειτουργικότητας που θα επιτύχουν οι επιχειρηματικές απαιτήσεις για την κοινότητα χρηστών. Τι χρειάζεται να γίνει και ποιος θα το κάνει;
5. Καθορισμός λειτουργικών ικανοτήτων. Καθορισμός των λειτουργικών δυνατοτήτων που πρέπει να παρέχονται για να ικανοποιήσουν τις λειτουργικές ανάγκες των χρηστών. Αυτός ο ορισμός θα περιλαμβάνει λίστα των συγκεκριμένων ενεργειών που χρειάζονται για κάθε λειτουργική απαίτηση. Πώς ικανοποιείται επομένως κάθε απαίτηση από τις λειτουργικές ενέργειες;

6. Δημιουργία λίστας των κυριότερων παροχών. Καθορισμός των παροχών που βρίσκονται πιο κοντά στις λειτουργικές απαιτήσεις και δυνατότητες για δημιουργία κατάλληλης λίστας. Ποιοι είναι αυτοί που θα παρέχουν την απαιτούμενη αποδοτικότητα και λειτουργικότητα;
7. Καθορισμός επιχειρηματικών και τεχνολογικών κριτηρίων. Καθορισμός όλων των επιχειρηματικών και τεχνολογικών κριτηρίων που θα βοηθήσουν στην τελική επιλογή παρόχου. Συγκεκριμένα, αυτά τα κριτήρια παράγουν υψηλού επιπέδου δυνατότητες αξιολόγησης των παροχών που θα αποτελέσουν την λίστα.
8. Αξιολόγηση και επιλογή παρόχου. Πλήρης αξιολόγηση των παροχών βασισμένη στα προαναφερθέντα κριτήρια για το επιχειρησιακό σχέδιο. Πιο συγκεκριμένα σε αυτό το βήμα καθορίζεται και επιλέγεται ο πάροχος που καλύπτει καλύτερα τις ανάγκες της επιχείρησης. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε οργανισμό και να καθορίσει κάθε επιχειρηματική διαδικασία, οργανωτική μονάδα ή επιχειρησιακό τομέα που χρειάζεται βελτίωση.

Κεφάλαιο 5

Εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε

Στα πλαίσια της ανάλυσης της Επιχειρηματικής Ευφυΐας χρησιμοποιήσαμε κυρίως δύο εργαλεία για να κάνουμε την ανάλυση και να προσφέρουμε ορατότητα των αποτελεσμάτων δομημένα και με σαφήνεια. Από τη μία χρησιμοποιήσαμε τη γλώσσα προγραμματισμού R και για τη γραφική απεικόνιση το λογισμικό PowerBI της Microsoft.

5.1 R

Η R είναι μια γλώσσα προγραμματισμού ανοικτού κώδικα και έχει περιβάλλον που παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα να κάνει υπολογιστική στατιστική και γραφήματα. Λόγω του ότι η R έχει πάνω από 5000 πακέτα, χρησιμοποιείται σε πολλούς επιστημονικούς τομείς. Παρέχει πολύ καλή υποστήριξη στη διαχείριση πωσ στα οικονομικά, στην αστρονομία, στην χημεία, στην φαρμακευτική, στην ιατρική, στο μάρκετινγκ κτλ Επίσης παρέχει πολύ καλή υποστήριξη στη διαχείριση αρχείων όπως excel,csv αναγκαία για τη δικιά μας ανάλυση.

Πλεονεκτήματα

- Αποτελεί το πιο περιεκτικό πακέτο στατιστικής ανάλυσης. Περιλαμβάνει όλα τα τυπικά τεστ, μοντέλα και αναλύσεις καθώς και μια γλώσσα για επεξεργασία δεδομένων. Νέες τεχνολογίες και ιδέες εμφανίζονται συχνά στην R
- Είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που αναπτύχθηκε για στατιστική ανάλυση από εν ενεργεία στατιστικούς και ερευνητές, κόνοντάς τη πολύ λειτουργική
- Δεν έχει περιορισμούς άδειας (εκτός από την εξασφάλιση της ελευθερίας της χρήσης της κατά την κρίση του χρήστη) και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπουδήποτε και οποτεδήποτε, ακόμα και να πουληθούν τα προγράμματά της υπό ορισμένες προϋποθέσεις
- Έχει πάνω από 4800 διαθέσιμα πακέτα σε πολλαπλά repositories που ειδικεύονται σε θέματα όπως η οικονομετρία, το data mining και βιοπληροφορική
- Είναι cross-platform. Τρέχει σε πολλά λειτουργικά συστήματα και διαφορετικά hardware.
- Έχει δυνατότητα λειτουργίας μαζί με πολλά άλλα εργαλεία, με δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων, όπως για παράδειγμα απο CSV αρχεία και Microsoft Excel.
- Μπορεί επίσης να παράγει γραφικές αναπαραστάσεις σε PDF, JPG, PNG, ακόμα και πίνακες σε μορφή για LaTeX και HTML.
- Υπάρχουν ενεργά groups στα οποία θέτονται ερωτήσεις και απαντώνται με πολύ συχνό και γρήγορο ρυθμό, ακόμα και από τους ίδιους τους ανθρώπους που αναπτύσσουν τα πακέτα της R

- Βγαίνουν συνέχεια καινούρια βιβλία σχετικά με την R με αποτέλεσμα, αν και καινούρια γλώσσα, να υπάρχει ήδη μια αρκετά πλήρης βιβλιογραφία σχετικά με την R.

Μειονεκτήματα

- Είναι δύσκολη στην αρχική εκμάθηση και χρειάζεται χρόνος για να μπορέσει κάποιος να εκμεταλλευτεί στο έπακρο τις δυνατότητές της
- Η βιβλιογραφία είναι πολλές φορές δυσνόητη και απρόσιτη για μη-στατιστικούς. Ωστόσο, μερικά πολύ υψηλού επιπέδου βιβλία καλύπτουν όλο και περισσότερα τα κενά της βιβλιογραφίας.
- Γενικά, δεν υπάρχει κάποιος στον οποίο μπορείς να αναφερθείς αν κάτι δεν δουλεύει. Λόγω του open software χαρακτήρα της, η R αναπτύσσεται από πολλούς ανθρώπους με μεράκι, από τους οποίους λύνονται και όσα προβλήματα παρουσιάζονται
- Πολλές εντολές στην R δεν διαχειρίζονται αποτελεσματικά τη μνήμη του συστήματος και έτσι πολλές φορές δημιουργούνται καταστάσεις όπου καταναλώνεται πολύ γρήγορα όλη η διαθέσιμη μνήμη. Κάτι τέτοιο μπορεί να αποτελέσει, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, περιορισμό για data-mining διεργασίες.

5.2 Power BI

Το Power BI είναι μια σουίτα για business analytics εργαλεία που παράγουν γνώση για έναν οργανισμό. Μπορούν να παραχθούν όμορφες αναφορές, να εκδοθούν στο διαδίκτυο και σε διάφορες εφαρμογές κινητών τηλεφώνων. Ο καθένας μπορεί να δημιουργήσει πολύ εύκολα, προσωποποιημένα ταμπλό γραφημάτων και δεδομένων, προσφέροντας μια αναλυτική εικόνα του οργανισμού με ασφάλεια. Είναι cloud-based και έχει δυνατότητα να λάβει και να επεξεργαστεί δεδομένα σε πολλές διαφορετικές μορφές, από πολλές διαφορετικές πηγές, κάνοντάς το ιδιαίτερα ευέλικτο.

5.3 BitBucket

Για τη διαχείριση και παρακολούθηση του κώδικά μας χρησιμοποιήσαμε το Bitbucket. Είναι μια web-based έκδοση ελέγχου και αποθήκευσης software projects που έχει δημιουργηθεί από την Atlassian. Το Bitbucket προσφέρει τόσο εμπορικά όσο και δωρεάν λογαριασμούς, στους οποίους μπορείς να έχεις απεριόριστο αριθμό προσωπικών repositories. Με αυτό τον τρόπο είναι εύκολο να διαμοιράζουμε τον κώδικά μας και να έχουμε εύκολη πρόσβαση από παντού, μιας και είναι αποθηκευμένος στο σύννεφο. Αυτό προσδίδει και ασφάλεια μιας και διατηρεί πολλές εκδόσεις της υλοποίησης στις οποίες, μπορείς να ανατρέξεις σε περίπτωση λαθών.

Κεφάλαιο 6

Εφαρμογή

6.1 Καθορισμός αναγκών

Στο πλαίσιο εφαρμογής του Business Intelligence στην βιομηχανία, πρώτο αναγκαίο βήμα ήταν ο καθορισμός των αναγκών των χρηστών της. Προκειμένου να γίνει αυτό, πραγματοποιήθηκαν συζητήσεις/συνεντεύξεις τόσο με τον data/business owner όσο και με τους ίδιους τους χειριστές των μηχανημάτων, δηλαδή τους μελλοντικούς χρήστες της εφαρμογής. Τα αποτελέσματα των συζητήσεων αυτών αποτέλεσαν τον κατευθυντήριο παράγοντα στο τι ακριβώς θα περιλαμβάνεται στην εφαρμογή και αντικατοπτρίζονται στις αποφάσεις που πάρθηκαν σχετικά με τον τρόπο υλοποίησής της, αλλά και στο ποια metrics θα παράγονται και τελικώς θα αναπαρασταθούν οπτικά. Όπως έχει ήδη αναφερθεί αναλυτικότερα στο Κεφάλαιο 1, στόχος της εφαρμογής είναι η δημιουργία μιας πλατφόρμας που θα παρέχει δυνατότητα εποπτείας επί της παραγωγικής διαδικασίας, μέσω συγκεκριμένων μετρικών που αναλύονται παρακάτω, και με χρονικό ορίζοντα μεγαλύτερο της μίας εβδομάδας.

6.2 Ανάλυση Δεδομένων με Χρήση R

6.2.1 Raw δεδομένα από PLC

Ως μοναδικό αρχείο εισόδου για την εφαρμογή μας είχαμε τα δεδομένα που παρήγαγε ο αισθητήρας PLC του δοχείου ανάμιξης. Τα δεδομένα αυτά εξάγονται αυτομάτως από το PLC σε μορφή αρχείων csv και περιέχουν λεπτομερώς όλες τις διεργασίες που πραγματοποιήθηκαν μέσα στο δοχείο. Οι στήλες του αρχείου είναι οι εξής:

- Time_ms
- MsgProc
- StateAfter
- MsgClass
- Var1 (Temp)
- Var2 (Pressure)
- Var3 (Agitation1)
- Var4 (Agitation2)
- Var5 (Homogen)
- Var6 (Pump Power)

- Var7 (Raw Materials)
- Var8
- TimeString
- MsgText

Time_ms	MsgProc	StateAfter	MsgClass	MsgNumber	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6	Var7	Var8	TimeString	MsgText
42905283670	2	1	64	522	32105	115741	0	0	0	08391203	05		19.06.2017 06:48:29	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ T: 321 P: 1157 AG:0 SPIR:0 HOMO:0 AN
42905283670	2	1	64	523	42	-500	20	60	950	80	3183		19.06.2017 06:48:29	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (SP) T: 42 P: -500 AG:20 SPIR:60 HOMC
42905288052	2	1	64	583	42	-500	20	60	950	70	0		19.06.2017 06:54:48	ΑΛΛΑΞΕ ΤΟ SP ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ (SP) T: 42 P: -500 AG:20 SPIR:60
42905288087	2	0	64	583	42	-500	20	60	950	70	0		19.06.2017 06:54:51	ΑΛΛΑΞΕ ΤΟ SP ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ (SP) T: 42 P: -500 AG:20 SPIR:60
42905292415	2	1	64	572	3143	0	0	0	0	08391203	0		19.06.2017 07:01:05	ΕΝΑΡΞΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ / ΨΥΞΗΣ T: 3143 P: 0 AG:0 SPIR:0 HOMO:0 ANTL:08
42905292415	2	1	64	568	3143	0	0	0	0	08391203	0		19.06.2017 07:01:05	ΕΝΑΡΞΗ ΞΕΦΥΣΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ T: 3143 P: 0 AG:0 SPIR:0 HOMO:0 AI
42905292415	2	1	64	573	42	-500	20	60	950	70	0		19.06.2017 07:01:05	ΕΝΑΡΞΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ / ΨΥΞΗΣ (SP) T: 42 P: -500 AG:20 SPIR:60 HOMO:0!
42905292415	2	1	64	569	42	-500	20	60	950	70	0		19.06.2017 07:01:05	ΕΝΑΡΞΗ ΞΕΦΥΣΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (SP) T: 42 P: -500 AG:20 SPIR:60 HC
42905292454	2	1	64	584	80	-500	20	60	950	70	0		19.06.2017 07:01:08	ΑΛΛΑΞΕ ΤΟ SP ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ (SP) T: 80 P: -500 AG:20 SPIR:60 HOM
42905292488	2	0	64	584	80	-500	20	60	950	70	0		19.06.2017 07:01:11	ΑΛΛΑΞΕ ΤΟ SP ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ (SP) T: 80 P: -500 AG:20 SPIR:60 HOM
42905292588	2	1	64	564	3216	-115741	0	0	0	08101852			19.06.2017 07:01:20	ΕΝΑΡΞΗ SPIRAL T: 3216 P: -116 AG:0 SPIR:0 HOMO:0 ANTL:081
42905292588	2	1	64	565	80	-500	20	60	950	70			19.06.2017 07:01:20	ΕΝΑΡΞΗ SPIRAL (SP) T: 80 P: -500 AG:20 SPIR:60 HOMO:950 ANTL:70
42905292671	2	1	64	554	21	0	0	4987066	7594647	08391203			19.06.2017 07:01:27	ΕΝΑΡΞΗ HOMO T: 21 P: 0 AG:0 SPIR:4987 HOMO:7595 ANTL:0839
42905292671	2	1	64	555	80	-500	20	60	950	70			19.06.2017 07:01:27	ΕΝΑΡΞΗ HOMO (SP) T: 80 P: -500 AG:20 SPIR:60 HOMO:950 ANTL:70
42905293260	2	0	64	568	31925	0	0	4987066	9566531	08391203			19.06.2017 07:02:18	ΕΝΑΡΞΗ ΞΕΦΥΣΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ T: 3192 P: 0 AG:0 SPIR:4987 HOMO:
42905293260	2	0	64	569	80	-500	20	60	950	70	0		19.06.2017 07:02:18	ΕΝΑΡΞΗ ΞΕΦΥΣΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (SP) T: 80 P: -500 AG:20 SPIR:60 HC
42905293271	2	1	64	556	32015	115741	0	4987066	9569937	08391203			19.06.2017 07:02:19	ΕΝΑΡΞΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ T: 3201 P: 1157 AG:0 SPIR:4987 HOMO:957 ANTL:0
42905293271	2	1	64	557	80	-500	20	60	950	70			19.06.2017 07:02:19	ΕΝΑΡΞΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (SP) T: 80 P: -500 AG:20 SPIR:60 HOMO:950 ANTL:7
42905293361	2	1	64	574	31925	115741	0	4989178	9566531	08391203			19.06.2017 07:02:26	ΕΝΑΡΞΗ ΚΕΝΟΥ T: 3192 P: 1157 AG:0 SPIR:4989 HOMO:9567 ANTL:0839

Σχήμα 6.1: Screenshot του αρχικού csv αρχείου των ακατέργαστων δεδομένων

Επεξήγηση των πιο σημαντικών μεταβλητών:

- **StateAfter:** Αυτή η μεταβλητή μπορεί να είναι είτε 0 είτε 1. Αυτό σημαίνει ότι αν είναι 1 η ενέργεια εκκινεί, ενώ αν είναι 0 η ενέργεια σταματάει εκείνη την χρονική στιγμή.
- **MsgNumber:** Μέσω του αρχείου απεικόνισης μπορούμε να δούμε την εξήγηση του συγκεκριμένου μηνύματος, δηλαδή ποια ενέργεια έγινε στο δοχείο τη χρονική στιγμή αυτή.

	A	B
1	500	ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΑΠΌ ΠΑΝΩ
2	501	ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΑΠΌ ΠΑΝΩ (Set Points)
3	504	ΑΔΕΙΑΣΜΑ ΣΕ TNT
4	505	ΑΔΕΙΑΣΜΑ ΣΕ TNT (Set Points)
5	522	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ
6	523	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (Set points)

Σχήμα 6.2: Παράδειγμα MsgNumber στα αρχικά δεδομένα

- **TimeString:** Αυτή η μεταβλητή μας δίνει την χρονική στιγμή που έγινε η συγκεκριμένη ενέργεια με ανάλυση δευτερολέπτου.
- **Var7:** Η ποσότητα σε κιλά πρώτης ύλης που εισήχθη στο δοχείο κατά τη συγκεκριμένη ενέργεια.

6.2.2 Βήματα Ανάλυσης

Τα βήματα που ακολουθήσαμε κατά την υλοποίηση της εφαρμογής μας στο κομμάτι της ανάλυσης δεδομένων είναι τα εξής:

1. Καθαρισμός των δεδομένων από μη χρήσιμες καταγραφές των αρχικών δεδομένων.

2. Προσδιορισμός των κανόνων και παραδοχών, αναγκαίων για τον υπολογισμό των τελικών μετρικών.
3. Οριοθέτηση των παραγωγικών διαδικασιών (παραγωγή παρτίδων, πλυσίματα), οι οποίες αποτελούν βασικούς πυλώνες των υπολογισμών μας.
4. Προσθήκη από το χρήστη μη διαθέσιμων δεδομένων από τα πρώτα παράγωγα της ανάλυσης μας.
5. Υπολογισμός των απαραίτητων μετρικών για την ανάλυσή μας και τη μετέπειτα οπτικοποίηση.

6.2.3 Παραδοχές και Καθαρισμός Δεδομένων

Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης μας και σε συνεργασία με τον data/business owner συμπεράναμε, ότι το πιο καθοριστικό σημείο για την ανάλυση ήταν ο προσδιορισμός και οριοθέτηση των χρονικών διαστημάτων παραγωγής παρτίδων προϊόντος και των χρονικών διαστημάτων πλυσίματος/απολύμανσης του Δοχείου. Επίσης ορίσαμε παραδοχές για την αποφυγή λανθασμένων καταγραφών, είτε επειδή θεωρούνται άσχετες με την ανάλυσή μας είτε επειδή υπήρξε κάποια αλλαγή από την κανονική διαδικασία (άδεια,αργία, κατεστραμμένη παρτίδα)

Αρχικές Παραδοχές

- Παρατηρήσαμε ότι οποιαδήποτε καταγραφή για εισαγωγή απιονισμένου νερού(MsgNumber = “522”) μικρότερη από 250 kg μπορεί να θεωρηθεί ως λανθασμένη καταγραφή για την ανάλυσή μας
- Η διαδικασία του αδειάσματος του περιεχόμενου του δοχείου(MsgNumber = “504”) γίνεται σε περισσότερες από 6 φορές. Οπότε έχουμε περιορισμό, ότι αν δούμε λιγότερες καταγραφές, θεωρούνται λανθασμένες και απορρίπτονται.
- Οι αναλύσεις και οι λήψεις αποφάσεων γίνονται σε εβδομαδιαίο επίπεδο, οπότε και εμείς οριοθετήσαμε συγκεκριμένα τις αλλαγές εβδομάδας στην ανάλυσή μας, για να προστατευτούμε από πιθανές λανθασμένες ενδείξεις
- Το εργοστάσιο παραμένει ανοιχτό όλο το εικοσιτετράωρο, και ορίζεται η παραγωγική μέρα ως 6:00 το πρωί έως 6:00 της επόμενης
- Οποιαδήποτε διάρκεια μεταξύ δύο καταγραφών είναι μεγαλύτερη από δέκα ώρες χαρακτηρίζεται ως αλλαγή μέρας με αντίστοιχη για τις περιπτώσεις λανθασμένων καταγραφών, συνήθως λόγω βλαβών.

`clearData()` στο A.1

Οριοθέτηση Παρτίδων και Πλυσιμάτων/Απολύμανσης

- Κάθε παραγωγή παρτίδας ξεκινάει κατά κανόνα με εισαγωγή Απιονισμένου Νερού και τελειώνει με το άδειασμα του παραγόμενου προϊόντος από το δοχείο. Συνεπώς, με τη χρήση των κωδικών(MsgNumer) κρατήσαμε για την ανάλυσή μας μόνο τις αντίστοιχες καταγραφές “Εισαγωγής Απιονισμένου Νερού” και “Αδειάσματος σε TNT” Επιπρόσθετα, για την αποφυγή λανθασμένων καταγραφών, και επειδή “Εισαγωγή Απιονισμένου Νερού” γίνεται σε συνεχόμενες καταγραφές περισσότερες από δύο, όταν εντοπίσουμε αυτή την αλληλουχία κρατάμε την πρώτη καταγραφή ως την έναρξη της παραγωγής προϊόντος. Με όμοιο τρόπο

παρατηρούμε αλληλουχία “Άδειασμα σε TNT” και κρατάμε το τελευταίο ως το πέρας της παραγωγής προϊόντος.

findBatches() στο A.2

- Κάθε διαδικασία πλυσίματος/απολύμανσης ξεκινάει κατά κανόνα με Εισαγωγή Απιονισμένου Νερού και τελειώνει με την Άδειασμα σε Αποχέτευση(MsgNumber = “536”). Συνεπώς, με τη χρήση των κωδικών(MsgNumber) κρατήσαμε για την ανάλυσή μας μόνο τις αντίστοιχες καταγραφές του αρχικού PLC. Επιπλέον για την αποφυγή λανθασμένων καταγραφών, οριοθετούμε την έναρξη και το πέρας του πλυσίματος/απολύμανσης με αντίστοιχη αλληλουχία όπως στην παραγωγή προϊόντος με την πρώτη καταγραφή της “Εισαγωγής Απιονισμένου Νερού” και την τελευταία του Αδειάσματος σε Αποχέτευση.

findPlysimata() στο A.3

- Προσθέσαμε ένα μοναδικό ID για κάθε batch που προκύπτει από την ημερομηνία, το είδος της διεργασίας (“B” για παραγωγή παρτίδας) και από τον αριθμό παρτίδας εκείνης της ημέρας
- Προσθέσαμε ένα μοναδικό ID για κάθε πλύσιμο/απολύμανση που προκύπτει από την ημερομηνία, το είδος της διεργασίας (“C” για πλύσιμο/απολύμανση) και από τον αριθμό πλύσιματος εκείνης της ημέρας.

6.2.4 Ενδιάμεσοι υπολογισμοί

Σε αυτό το βήμα κάνουμε υπολογισμούς αξιοποιώντας τα καθαρισμένα δεδομένα, αναγκαίους για τον τελικό υπολογισμό μετρικών, που αναλύονται στην επόμενη παράγραφο.

- **Παρέμβαση Χρήστη:** Με βάση την υπάρχουσα υποδομή δεν υπάρχει τρόπος να αντλήσουμε πληροφορίες για το ποιο προϊόν παράγεται ανά πάσα στιγμή. Επομένως ο μόνος τρόπος για να λάβουμε αυτή την πληροφορία είναι να δοθεί χειροκίνητα από το χρήστη. Έτσι προσθέσαμε ένα βήμα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας μας, κατά το οποίο ο χρήστης προσθέτει στους πίνακες με τις παρτίδες προϊόντος και πλυσίματος/απολύμανσης το μοναδικό product number (PR) του, ανάλογα με το αντίστοιχο προϊόν που παράγεται ή διαδικασία πλυσίματος/απολύμανσης που επιτελείται. Σε αυτό το σημείο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να διορθώσει και τις καταγραφές παραγωγής παρτίδας προϊόντος ή πλυσίματος/απολύμανσης σε περίπτωση που έγινε κάποιο λάθος, ή δεν είναι χρήσιμη για τους υπολογισμούς των μετρικών (π.χ. δοκιμαστική παραγωγή παρτίδας καινούργιου μηχανήματος)

matchPR() στο A.4

- **Λήψη Θεωρητικών Χρόνων:** Βασικό κομμάτι της ανάλυσής μας στα πλαίσια της υλοποίησης της εφαρμογής είναι η σύγκριση με τους χρόνους που έχουν προβλέψει ή προϋπολογίσει στην εταιρεία ότι απαιτούνται για την παραγωγή μιας παρτίδας προϊόντος ή για πλύσιμο/απολύμανση του δοχείου. Γι αυτό το λόγο μας παρέχεται από την εταιρεία αρχείο με τους θεωρητικούς χρόνους παραγωγής για κάθε ξεχωριστό προϊόν με το αντίστοιχο μοναδικό PR(product number) του. Όμοια μας δίνεται και ένα αρχείο με τους θεωρητικούς χρόνους για τη διάρκεια πλυσίματος/απολύμανσης του δοχείου.
- **Λήψη Αναλυτικών Θεωρητικών Χρόνων:** Όπως έχουμε αναφέρει στην παράγραφο 6.2 κάθε διεργασία κατά την παραγωγική διαδικασία έχει ξεχωριστό κωδικό (MsgNumber). Επομένως για πιο αναλυτική εποπτεία της παραγωγικής διαδικασίας μας δόθηκε ένα αρχείο με

τους θεωρητικούς χρόνους κατά τους οποίους κάθε κωδικός θα είναι ενεργός κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

6.2.5 Παραγωγή μετρικών

6.2.5.1 Overall Equipment Effectiveness

Πιθανώς η σημαντικότερη μετρική που παρήχθη μέσω της εφαρμογής είναι αυτή του OEE (Overall Equipment Effectiveness), η οποία, σε θεωρητικό επίπεδο, αναλύθηκε λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 3.3.

Προκειμένου να προσαρμοστούμε στις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες της Johnson & Johnson Hellas, ο δείκτης OEE που παραγάγαμε δεν βρίσκεται στην αμιγώς πρωταρχική μορφή του. Καθώς τα δεδομένα μας ήταν μόνο βασισμένα στον παράγοντα χρόνο, δόθηκε έμφαση στην ακριβή προσδιορισμό των Availability Factor και Performance Factor του δείκτη OEE

Χρησιμοποιήσαμε ως βάση τον δείκτη OEE2, πάνω στον οποίο κάναμε μερικές ακόμα παραδοχές. Συνολικά, οι διαφορές σε σχέση με τον αρχικό OEE δείκτη καθώς και οι παραδοχές που έγιναν είναι οι εξής:

- Στην γενική μορφή του OEE, ο τελικός δείκτης προκύπτει από τη διαίρεση $\text{Theoretical Run time Good products} / \text{Max Operating Time}$. Στον OEE2 αντίθετα προκύπτει ως $\text{Theoretical Run time Good products} / \text{Actual Operating time}$
- Λόγω μη δυνατότητας υπολογισμού της ποσότητας ελαττωματικού προϊόντος από τα δεδομένα που είχαμε στη διάθεσή μας, ως αριθμητής του δείκτη OEE χρησιμοποιήθηκε το $\text{Theoretical Run Time}$, αφήνοντας με αυτόν τον τρόπο εκτός υπολογισμού τον Quality Factor .

Συνεπώς ο τελικός υπολογισμός του OEE ανα ημέρα στην περίπτωση μας προκύπτει ως η διαίρεση του $\text{Theoretical Run Time}$ με το $\text{Actual Operating Time}$ ανα ημέρα.

Το **Theoretical Run Time** υπολογίζεται ως το άθροισμα των standard χρόνων των παρτίδων ανά ημέρα, δηλαδή το θεωρητικό χρόνο που θα έπρεπε να παράγει το εργοστάσιο αν παρήγαγε χωρίς παρεμβολές και με βάση τους ορισθέντες χρόνους συνολικά για την κάθε ημέρα που αναλύουμε. **OEE2()** στο A.5

Το **Actual Operating Time** στην περίπτωση μας ορίζεται ως ο χρόνος κατά τον οποίο είναι σε λειτουργία το εργοστάσιο, δηλαδή ο χρόνος παραγωγής προϊόντος, η χρονική διάρκεια πλυσίματος/απολύμανσης καθώς και ο ενδιάμεσος χρόνος μεταξύ κάθε μίας από αυτές τις διαδικασίες. **actualOperatingTimePDay()** στο A.6

6.2.5.2 Παραγωγικότητα

Η παραγωγικότητα έχει πολλούς διαφορετικούς τρόπους να μετρηθεί, οι οποίοι πολλές φορές συνεπάγονται και διαφορετικές μονάδες μέτρησης του αποτελέσματος. Ένας από αυτούς και αυτός που χρησιμοποιήσαμε στην περίπτωση της διπλωματικής μας, είναι αυτός που υπολογίζει την παραγωγικότητα σε κιλά ανά ώρα (Kg/h) για κάθε ημέρα της εβδομάδας του αρχείου εισόδου που δόθηκε. Συνεπώς, η παραγωγικότητα προκύπτει από την διαίρεση των κιλών παραχθέντος προϊόντος ανά ημέρα με τον $\text{Actual Operating Time}$ ανά ημέρα.

Τα **παραχθέντα κιλά προϊόντος** προκύπτουν ως το γινόμενο του πλήθους παραχθέντων παρτίδων ανά ημέρα (όπως έχουν προκύψει προηγουμένως) με το 6000. Αυτό διότι το δοχείο το οποίο μελετάμε είναι χωρητικότητα 6000 κιλών και συνεπώς οι παραγόμενες παρτίδες είναι βάρους 6000 κιλών με αμελητέες αποκλίσεις. **Productivity()** στο A.7

Το **Actual Operating Time** ορίστηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

6.2.5.3 Human and Machine Idle times

Έχοντας ως δεδομένο πλέον τα ήδη οροθετημένα διαστήματα παραγωγής παρτίδων και πλυσιμάτων/απολύμανσης, καθώς και τα μεταξύ τους διαστήματα, υπολογίζουμε τα μεγέθη human idle time και machine idle time (περιγραφή των μεγεθών στο κεφάλαιο 3.3.3) για καθένα από αυτά. Για τον υπολογισμό αυτόν χρησιμοποιήσαμε τις παρακάτω παραδοχές:

- Εντός των παρτίδων και των πλυσιμάτων, ένας idle χρόνος προσμετράται στα παραπάνω μεγέθη μονάχα αν υπερβαίνει τα 20 λεπτά
- Στα ενδιάμεσα διαστήματα, ένας idle χρόνος προσμετράται στα παραπάνω μεγέθη αν υπερβαίνει τα 10 λεπτά και είναι μικρότερος των 8 ωρών (ώστε να αποφευχθεί η προσμέτρηση των χρόνων που δεν ανήκουν σε βάρδιες του εργοστασίου)

Τα Human και Machine Idle times υπολογίστηκαν τόσο για κάθε παρτίδα και κάθε πλύσιμο/απολύμανση μεμονωμένα, όσο και αθροιστικά ανά ημέρα και ανά εβδομάδα. **HumanIdleOverall()** στο A.8 , **HumanIdlePerDay()** στο A.9

6.2.5.4 Up-times ανά διεργασία

Με τη χρήση των μεταβλητών **MsgNumber** και **StateAfter** του αρχείου εισόδου (κεφάλαιο 6.2.1), μας δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού της διάρκειας κάθε μίας από τις πιθανές διεργασίες που πραγματοποιούνται στο δοχείο. Κατόπιν, με κατάλληλη ομαδοποίηση αυτών, συμπεραίνουμε τη διάρκεια λειτουργίας κάθε επιμέρους εξαρτήματος (π.χ. Αντλία νερού, άγκυρα, σπιράλ κ.ο.κ.). Μέσω αυτού δίδεται η δυνατότητα εποπτείας της χρήσης των εξαρτημάτων σε βάθος χρόνου ώστε, συνεισφέροντας έτσι στο maintenance management της βιομηχανίας (κεφάλαιο 3.3.5). Με κατάλληλη άθροιση και ομαδοποίηση πλέον ανά κωδικό παρτίδας παραγωγής, δίνεται η δυνατότητα εντοπισμού bottlenecks και σημείων καθυστερήσεων στην παραγωγή, πιθανώς ακόμα και βλαβών σε συγκεκριμένα εξαρτήματα. **uptime()** στο A.10

6.2.5.5 Speed Losses ανά διεργασία

Έχοντας ως δεδομένο πλέον τα Up-times ανά διεργασία, αλλά και τους αντίστοιχους αναλυτικούς θεωρητικούς χρόνους, με μια αφαίρεση προκύπτει ο χαμένος (ή ο κερδισμένος χρόνος αντίστοιχα) ανά ομάδα διεργασιών. Κάθε κωδικός (PR) προϊόντος έχει διαφορετικούς θεωρητικούς χρόνους ανά διεργασία, επομένως με κατάλληλη ομαδοποίηση μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για την αποδοτικότητα της παραγωγής ακόμα και για συγκεκριμένα παραγόμενα προϊόντα. **BatchesPerCode()** στο A.11

6.2.5.6 Speed Losses ανά παρτίδα/πλύσιμο

Χρησιμοποιώντας τις διάρκειες των παραγωγών παρτίδων και των πλυσιμάτων και αφαιρώντας από τις διάρκειες αυτές τους αντίστοιχους θεωρητικούς χρόνους (standard time), προκύπτει η συνολική καθυστέρηση που προέκυψε κατά τη διεκπεραίωση της κάθε παρτίδας και του κάθε πλυσίματος/απολύμανσης αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί πως το speed loss μπορεί να προκύψει και αρνητικό στην περίπτωση που οι διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν σε λιγότερο χρόνο από τον θεωρητικά αναμενόμενο.

Η μετρική αυτή είναι ένας πολύ σημαντικός δείκτης για το κατά πόσο μια παρτίδα ή ένα πλύσιμο ήταν χρονικά αποτελεσματικό. Παρ' όλα αυτά, αθροίζοντας τα speed losses αυτά σε επίπεδο εβδομάδας παίρνουμε σημαντικά μηνύματα για το πόσο γρήγορα ή αργά πήγε η συνολική παραγωγή, καθώς και το αν αυτό οφείλεται στην παραγωγή παρτίδων ή στα πλυσίματα. **speedLosses()** στο A.12

6.3 Οπτικοποίηση

Το τελευταίο στάδιο της εφαρμογής μας αποτελεί την οπτικοποίηση όλης της ανάλυσης που κάναμε πιο πάνω. Εμφανίζουμε τις μετρικές που αναλύσαμε στην παράγραφο 6.2.5 καθώς αποτελούν αναγκαίο κομμάτι για καλύτερη εποπτεία της παραγωγικής διαδικασίας. Η ανάλυση με τη γλώσσα R δημιουργεί “.csv” αρχεία με τους υπολογισμούς που κάναμε και με τα οποία τροφοδοτούμε το Power BI για την οπτικοποίησή τους. Με κάθε αλλαγή στα δεδομένα, υπάρχει δυνατότητα με ένα κουμπί από το panel του Power BI, να ανανεωθούν οι πίνακες και τα γραφήματα. Επιπλέον με δεδομένο ότι η ανάλυση γίνεται εβδομαδιαία, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει την εβδομάδα που επιθυμεί να εποπτεύσει, με τη χρήση “Slicer”.

Τα απεικονισμένα δεδομένα στα παρακάτω διαγράμματα είναι τυχαίως επιλεγμένα και δεν αποτελούν, σε καμία περίπτωση, αντιπροσωπευτικό δείγμα της παραγωγής.

6.3.1 Power BI

6.3.1.1 Master Table

Στον πίνακα αυτόν είναι συγκεντρωμένο το μεγαλύτερο μέρος από την παραχθείσα γνώση. Εμφανίζονται όλες οι αναγνωρισμένες παρτίδες παραγωγής και τα πλυσίματα με τις εξής πληροφορίες για το καθένα:

- Είδος εργασίας: Διαχωρισμός για το αν αποτελεί παρτίδα παραγωγής ή πλύσιμο
- ID: Μοναδικός κωδικός κάθε εργασίας της μορφής B201737Monday1 (“1st batch of Monday in week 37 of 2016”)
- PR Code: Κωδικός προϊόντος
- Χρόνος έναρξης: Ημερομηνία και ώρα με ακρίβεια δευτερολέπτου
- Χρόνος λήξης: Ημερομηνία και ώρα με ακρίβεια δευτερολέπτου
- Θεωρητικός χρόνος: Ο χρόνος σε ώρες που βάσει συνταγής θα έπρεπε να διαρκέσει η εργασία
- Διάρκεια: Ο χρόνος σε ώρες που διήρκεσε

- Speed Loss: Η διαφορά των δύο παραπάνω χρόνων
- Human Idle: Η αδράνεια χειριστή σε ώρες κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης εργασίας
- Machine Idle: Η αδράνεια μηχανημάτων σε ώρες κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης εργασίας

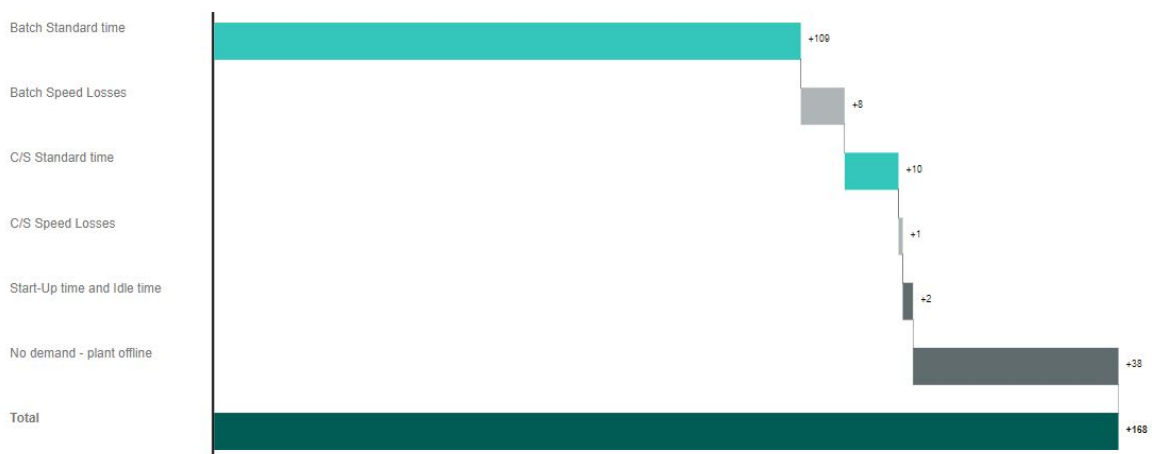
Παρέχεται με τη χρήση των αντίστοιχων slicers η δυνατότητα για εποπτεία μόνο παρτίδων ή πλυσιμάτων αντίστοιχα, αλλά και μόνο εργασιών του ίδιου κωδικού προϊόντος για την σύγκριση των παρτίδων μεταξύ τους.

Process	ID	PRCode	startTime	endTime	StandardTime (hours)	Duration (hours)	Speed Loss (hours)	Human_Idle (hours)	Machine_Idle (hours)	
Batch	B201637Monday1	Sanitized	12-Sep-16 06:03:27	12-Sep-16 12:14:48	8	6.19	-1.81	4.48	0.00	
Batch	B201637Monday2		12-Sep-16 12:15:34	12-Sep-16 20:42:11	8	8.44	0.44	5.35	1.54	
Batch	B201637Monday3		12-Sep-16 20:45:50	13-Sep-16 04:50:24	8	8.08	0.08	5.43	0.00	
Batch	B201637Tuesday1		13-Sep-16 05:04:32	13-Sep-16 11:58:36	8	6.90	-1.10	4.67	0.00	
C/S	C201637Tuesday1		13-Sep-16 12:25:40	13-Sep-16 18:06:24	5	5.68	0.68	2.10	0.00	
Batch	B201637Tuesday2		13-Sep-16 18:13:16	14-Sep-16 02:19:44	7	8.11	1.11	6.27	0.00	
Batch	B201637Wednesday1		14-Sep-16 02:24:28	14-Sep-16 09:08:54	7	6.74	-0.26	4.03	0.00	
Batch	B201637Wednesday2		14-Sep-16 09:09:54	14-Sep-16 17:23:08	7	8.22	1.22	6.25	0.91	
Batch	B201637Wednesday3		14-Sep-16 17:25:21	15-Sep-16 01:57:19	7	8.53	1.53	6.16	0.71	
Batch	B201637Thursday1		15-Sep-16 02:01:03	15-Sep-16 10:27:18	7	8.44	1.44	5.92	0.00	
C/S	C201637Thursday1		15-Sep-16 10:43:30	15-Sep-16 15:50:09	5	5.11	0.11	3.22	0.00	
Batch	B201637Thursday2		15-Sep-16 15:52:57	15-Sep-16 21:21:42	7	5.48	-1.52	2.87	0.00	
Batch	B201637Thursday3		15-Sep-16 21:21:58	16-Sep-16 05:32:49	7	8.18	1.18	4.94	0.00	
Batch	B201637Friday1		16-Sep-16 05:37:57	16-Sep-16 16:38:36	7	11.01	4.01	8.95	0.00	
Batch	B201637Friday2		16-Sep-16 16:57:45	17-Sep-16 01:47:58	7	8.84	1.84	4.94	0.00	
Batch	B201637Saturday1		17-Sep-16 01:50:51	17-Sep-16 10:18:17	7	8.46	1.46	5.12	0.00	
Batch	B201637Sunday1		18-Sep-16 07:10:15	18-Sep-16 12:41:43	7	5.52	-1.48	2.68	0.00	
Total						119	127.93	8.93	83.40	3.16

Σχήμα 6.3: Πίνακας Master Table με χαρακτηριστικά όλων των παρτίδων και των πλυσιμάτων

6.3.1.2 Γενική χρονική εποπτεία

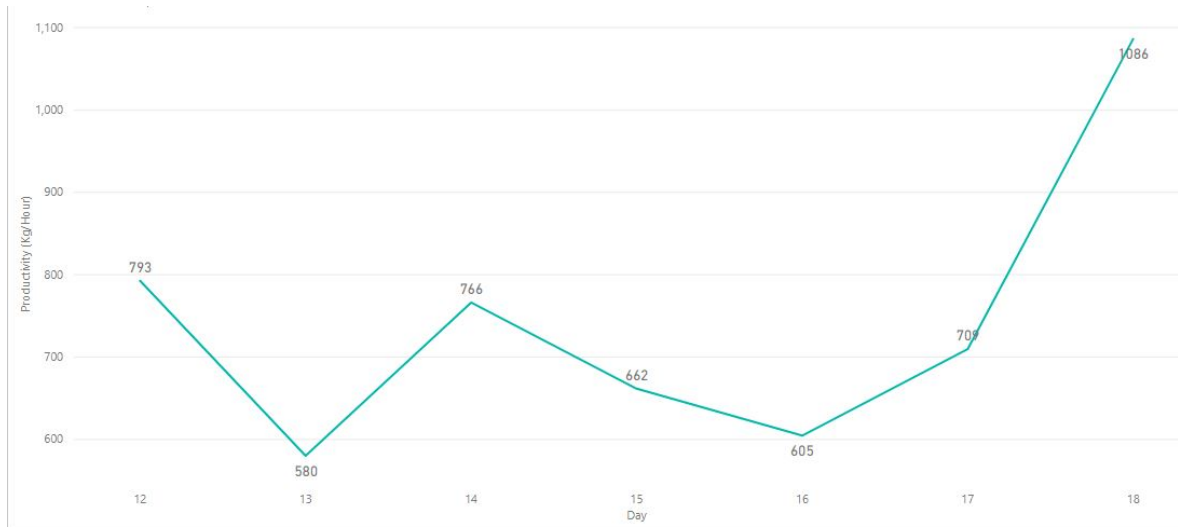
Δίνεται διαγραμματικά η δυνατότητα εποπτείας και σύγκρισης των speed losses μέσα σε παρτίδες, μέσα σε πλυσίματα και των ενδιάμεσων αδρανειών σε σχέση με τους χρόνους της υπόλοιπης παραγωγής στο σύνολο των 168 ωρών μιας εβδομάδας (7 μέρες*24 ώρες την ημέρα)



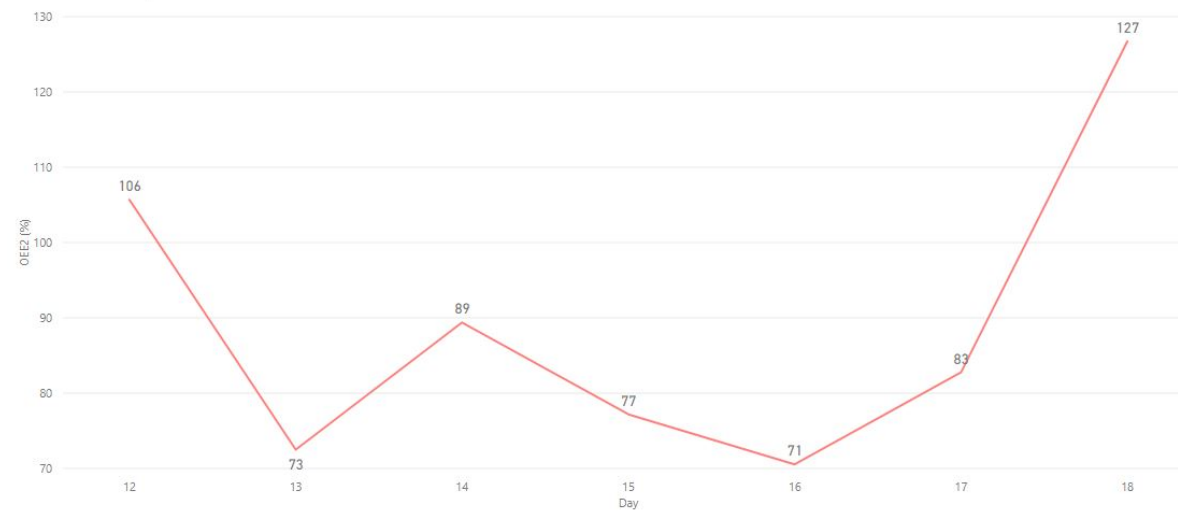
Σχήμα 6.4: Διάγραμμα καταρράκτη γενικής εποπτείας χρόνου σε ώρες

6.3.1.3 Διαγράμματα Παραγωγικότητας και ΟΕΕ

Εμφανίζονται σε επίπεδο ημέρας η παραγωγικότητα του εργοστασίου σε κιλά ανά ώρα και ο δείκτης ΟΕΕ σε ποσοστιαίες μονάδες. Η απεικόνιση γίνεται με διαγράμματα γραμμών για την παροχή άμεσης εποπτείας αυξομειώσεων.



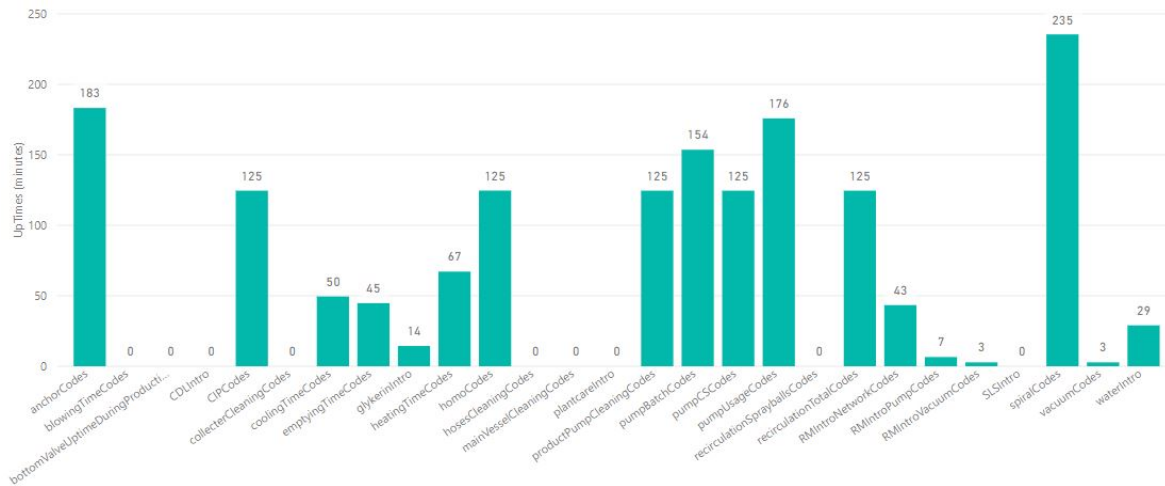
Σχήμα 6.5: Διάγραμμα παραγωγικότητας σε κιλά ανά ώρα



Σχήμα 6.6: Διάγραμμα ΟΕΕ σε %

6.3.1.4 Up-Times επιμέρους διεργασιών μέσα σε κάθε παρτίδα ή πλύσιμο

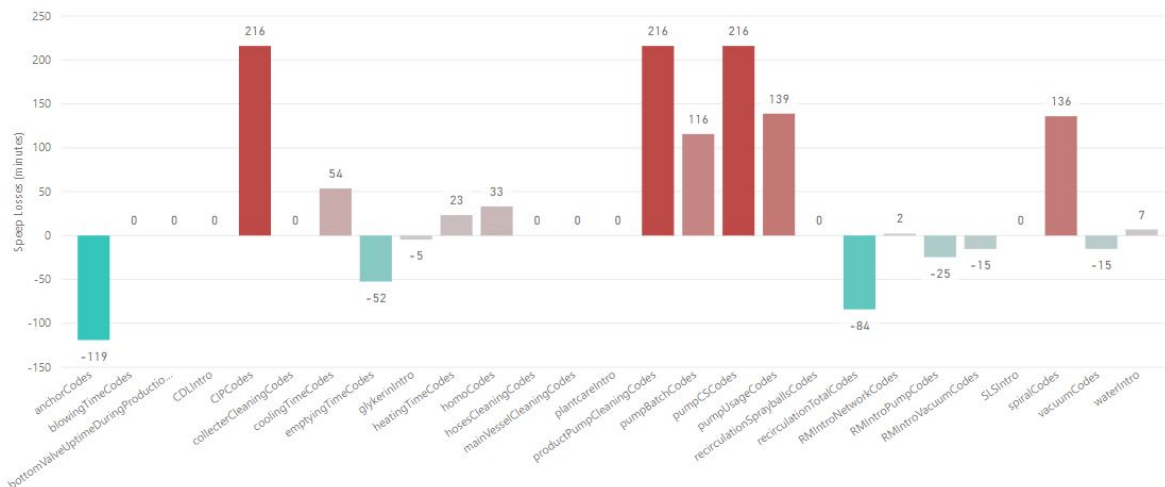
Στα διαγράμματα μπαρών που χρησιμοποιήθηκαν, απεικονίζονται ο χρόνοι σε λεπτά, κατά τους οποίους ήταν εν ενεργεία οι επιμέρους διαδικασίες (π.χ. θέρμανση, άδειασμα, εισαγωγή υλών, ανάδευση κλπ) κατά τη διάρκεια κάθε παρτίδας ή πλυσίματος. Με τη χρήση των slicers που δίνονται, παρέχεται η δυνατότητα οι χρόνοι αυτοί να εμφανίζονται είτε συγκεντρωτικά είτε και για κάθε επιμέρους παρτίδα ή πλύσιμο. Επίσης, υπάρχει δυνατότητα εμφάνισης συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων ανά κωδικό προϊόντος για την διερεύνηση συγκεκριμένων διαδικασιών παραγωγής



Σχήμα 6.7: Up-Times ανά διεργασία σε λεπτά

6.3.1.5 Speed Losses επιμέρους διεργασιών μέσα σε κάθε παρτίδα ή πλύσιμο

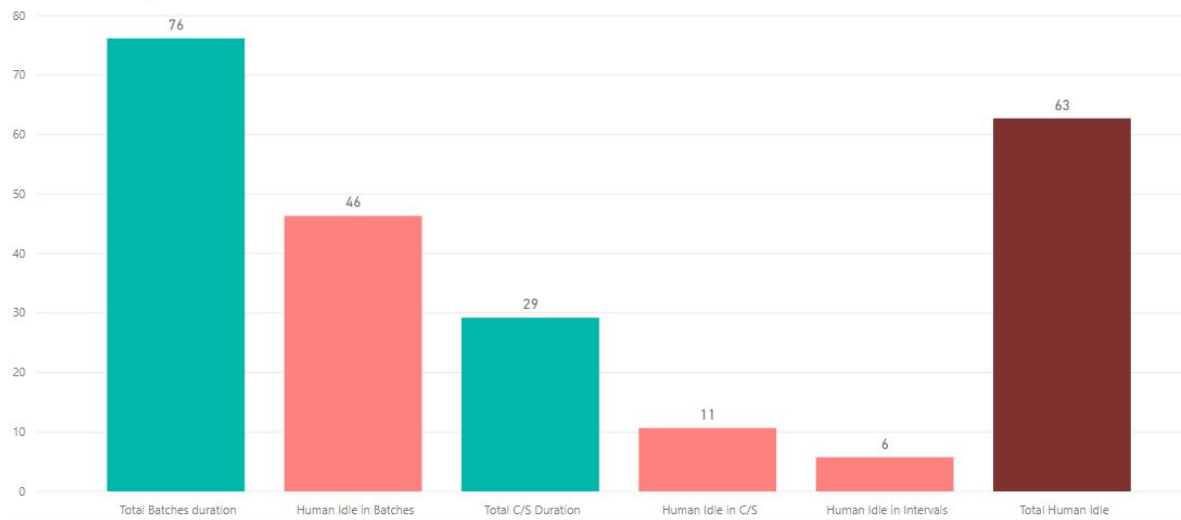
Με την ίδια ακριβώς λογική με τους παραπάνω χρόνους, εδώ εμφανίζονται οι αποκλίσεις από τους θεωρητικούς, βάσει συνταγών, χρόνους των επιμέρους διεργασιών



Σχήμα 6.8: Speed Losses ανά διεργασία σε λεπτά

6.3.1.6 Εποπτεία σε machine και human idle time ανα εβδομάδα

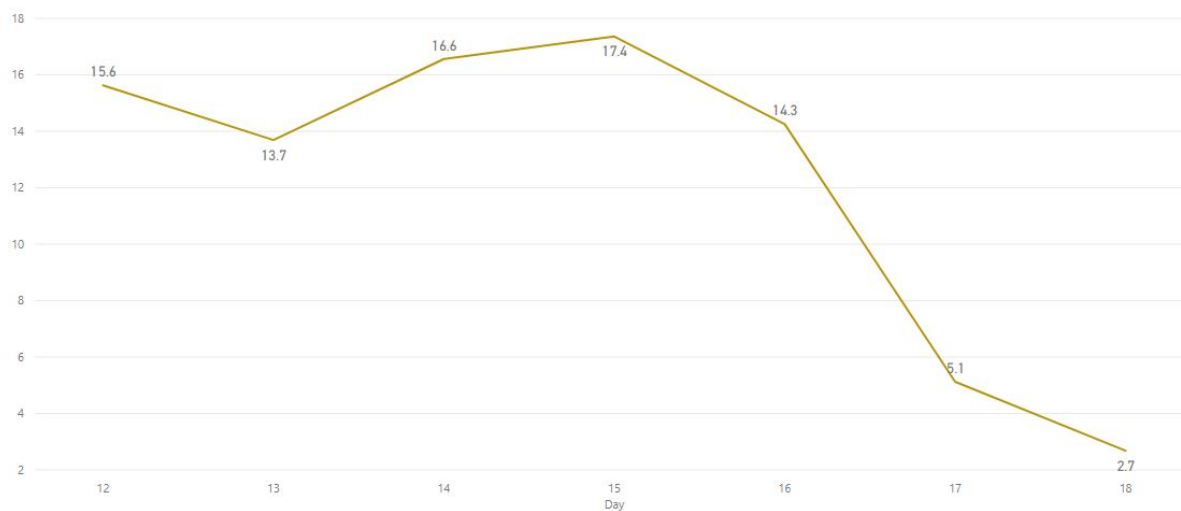
Διάγραμμα σε μορφή καταρράκτη που επιτρέπει τη σύγκριση των αδρανείων μηχανών και χειριστών με τους αντίστοιχους χρόνους παραγωγής και πλυσιμάτων, αλλά και τους ενδιάμεσους χρόνους (ανάμεσα στις παραγωγές παρτίδων και στα πλυσίματα)



Σχήμα 6.9: Διάγραμμα καταρράκτη για Human Idle σε ώρες

6.3.1.7 Διαγράμματα machine και human idle time ανά ημέρα

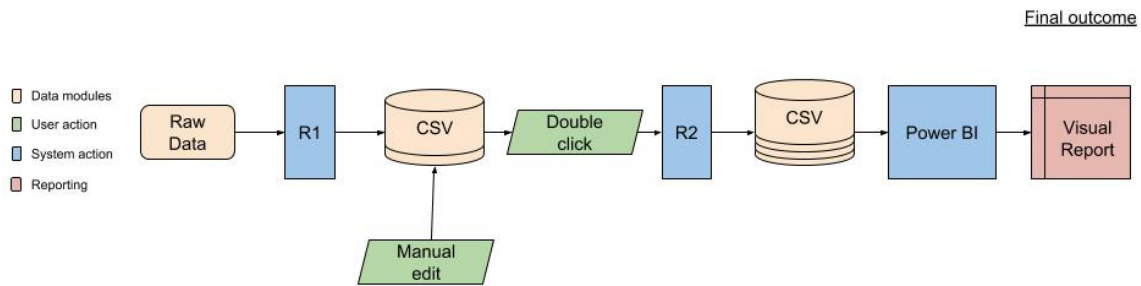
Οι παραπάνω χρόνοι σε ώρες απεικονισμένοι σε διαγράμματα γραμμών ανά ημέρα για την εποπτεία αυξομειώσεων σε επίπεδο εβδομάδας.



Σχήμα 6.10: Διάγραμμα γραμμής για Human Idle σε ώρες

6.4 Επισκόπηση Εφαρμογής

Εποπτικά η μορφή της εφαρμογής μας είναι παρουσιάζεται στο σχήμα () πάνω. Αρχικά λαμβάνουμε τα ανεπεξέργαστα δεδομένα από το PLC καθώς και τα αρχεία με θεωρητικούς χρόνους ανά κωδικό. Κάνουμε την πρώτη ανάλυση και καθαρισμό των δεδομένων (R1), δεχόμαστε χειροκίνητη είσοδο του PR κωδικού του προϊόντος κάθε παρτίδας, ή και πιθανές διορθώσεις. Στη συνέχεια τρέχει ένα ακόμα εκτελέσιμο που περιλαμβάνει scripts που κάνουν το σύνολο της υπόλοιπης ανάλυσης και τη δημιουργία των μετρικών, που εξάγονται σε αρχεία csv και διοχετεύονται στο Power Bi για το τελικό στάδιο του visualisation.



Σχήμα 6.11: Επισκόπηση εφαρμογής

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

7.1 Αποτελέσματα εφαρμογής

Με το πέρας της υλοποίησης της Business Intelligence εφαρμογής, συζητήθηκαν με τον data/business owner το ποια είναι τα αποτελέσματα που επιφέρει στην παραγωγική διαδικασία της βιομηχανίας της Johnson & Johnson Hellas. Τα συμπεράσματα που βγήκαν σχετικά με τα οφέλη που προσφέρει η εφαρμογή συνοψίζονται παρακάτω :

- **Εποπτεία** Ο άμεσος υπολογισμός και η οπτικοποίηση των δεδομένων όλης της παραγωγικής διαδικασίας προσφέρει δυνατότητα εποπτείας σε πολλά επίπεδά της. Παρέχεται γνώση για:
 - Την αποδοτικότητα του εργοστασίου και του εξοπλισμού
 - Την ποσότητα παραγόμενου προϊόντος
 - Τις ακριβείς χρονικές περιόδους πραγματοποίησης κάθε ενέργειας
 - Την ταχύτητα πραγματοποίησης των επιμέρους διαδικασιών
 - Την κατάσταση των μηχανών και των επιμέρους εξαρτημάτων
 - Την πιθανή αδράνεια των μηχανημάτων και των χειριστών.

Προσφέροντας όλα τα παραπάνω σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (σε επίπεδο εβδομάδας), δίνεται η δυνατότητα άμεσης παρέμβασης και επέμβασης στην παραγωγική διαδικασία για την επίτευξη άμεσων αποτελεσμάτων

- **Ορατότητα και σχεδιασμός:** Η μέχρι τώρα κατεύθυνση και προσαρμογή της παραγωγικής διαδικασίας στην Johnson & Johnson Hellas γίνεται βάσει του στρατηγικού σχεδιασμού και στοχοθεσίας της βιομηχανίας. Έχοντας δημιουργήσει μια εφαρμογή που προσφέρει εποπτεία βάσει πραγματικών στοιχείων της απόδοσης, πλέον μπορούμε να μιλάμε για ακόμη έναν παράγοντα επιρροής του σχεδιασμού και της λήψης αποφάσεων, καθώς ενισχύεται η αντίληψη της πραγματικής κατάστασης της παραγωγής. Στον αμιγώς "goal oriented" τρόπο λήψης αποφάσεων, πλέον εισάγεται η έννοια του "fact based", με σημαντικές προοπτικές στη βελτίωση της παραγωγικότητας και της απόδοσης της βιομηχανίας.
- **Αξιοπιστία:** Οι αντίστοιχοι υπολογισμοί που γίνονται μέσω της Business Intelligence εφαρμογής που δημιουργήθηκε, προηγουμένως πραγματοποιούνταν με τη χρήση χειρόγραφων αναφορών από τους χειριστές και το πέρασμά τους σε συναρτήσεις Excel για τη δημιουργία γραφημάτων. Το γεγονός ότι πλέον όλη η επεξεργασία των δεδομένων και η παραγωγή των αποτελεσμάτων γίνεται με ανεξαρτησία από επιμέρους άτομα και διαδικασίες, λαμβάνοντας δεδομένα από τον αισθητήρα PLC και την αυτόματη παραγωγή αποτελεσμάτων μέσω της εφαρμογής, παρέχει ένα σημαντικά υψηλότερο βαθμό αξιοπιστίας στα παραγόμενα αποτελέσματα

- **Ταχύτητα:** Η χειροκίνητη διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως, η οποία ακολουθούταν για την δημιουργία των γραφημάτων, ήταν σημαντικά χρονοβόρα και αρκετά περιοριστική στην έκταση που μπορούσε να λάβει, ακριβώς λόγω αυτού του χρονικού περιορισμού. Αντίστοιχα, η Business Intelligence εφαρμογή που δημιουργήθηκε παράγει σημαντικά περισσότερα αποτελέσματα μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα από την έναρξη λειτουργίας της
- **Αντικειμενικότητα:** Η ανεξαρτησία από επιμέρους άτομα και διαδικασίες προσφέρει επίσης και έναν μεγαλύτερο βαθμό αντικειμενικότητας στους υπολογισμούς και στις μετρικές που παράγονται. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση ενός και μόνο τρόπου υπολογισμού για κάθε μία από τις μετρικές (μιας και θα παράγονται κάθε φορά από τον ίδιο αλγόριθμο), ανεξαρτήτως από το ποιος άνθρωπος και με ποιον τρόπο τα υπολογίζει, κάνει αυτομάτως το αποτέλεσμα πιο αντικειμενικό. Ακόμη περισσότερο, αν επιλεγεί να χρησιμοποιηθεί η ίδια εφαρμογή σε περισσότερα από ένα εργοστάσια, τότε πλέον μπορούμε να μιλάμε για παραγωγή συγκρίσιμων μεγεθών, μιας και αυτά θα παράγονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και χωρίς να επηρεάζονται από τον εκάστοτε χρήστη.
- **Δημιουργία βάσης γνώσης:** Πιθανότατα το σημαντικότερο αποτέλεσμα που επέφερε η εφαρμογή που δημιουργήσαμε, σύμφωνα με το feedback που πήραμε από την εταιρεία, είναι το ότι δημιουργήθηκε μια βάση γνώσης με αξιοποιήσιμες πληροφορίες για την παραγωγική διαδικασία, που προηγουμένως δεν υπήρχε. Αυτή η γνώση προσφέρει πάρα πολλές ευκαιρίες αξιοποίησης και έχει πολλούς περιοχές εφαρμογής όπως:
 - Εύρεση bottlenecks και σε επιχειρησιακό και σε τεχνικό επίπεδο μέσω των speed losses ανά παρτίδα αλλά και ανά κάθε διεργασία
 - Διαδικασίες προς αυτοματοποίηση μέσω των idle times
 - Σύγκριση των δοχείων και των εργοστασίων μεταξύ τους (π.χ. σε ίδιους κωδικούς προϊόντων)
 - Σύγκριση διαφορετικών μεθόδων παραγωγής του ίδιου προϊόντος
 - Maintenance management με χρήση των up-times και των speed losses ανά διεργασία
 - Ανάλυση και εύρεση αιτιών για βλάβες και για ελαττωματικά προϊόντα

7.2 Τρόπος υλοποίησης

7.2.1 Proof of concept

Τα παραπάνω αποτελέσματα και οφέλη που επέφερε η υλοποιημένη εφαρμογή, αποδεικνύουν πως μιας τέτοιας μορφής Business Intelligence εφαρμογή έχει νόημα ύπαρξης στην Johnson & Johnson Hellas και αποτελεί μια σημαντική υπόδειξη για την πιθανή αξία μιας τέτοιου είδους επένδυσης από μέρος της εταιρείας. Όπως αποδείχθηκε, με χρήση ήδη υπαρχόντων δεδομένων και εργαλείων Ανοιχτού Κώδικα, μπορεί να δημιουργηθεί ένα αξιόλογο και αντικειμενικά χρήσιμο για την εποπτεία της παραγωγής αποτέλεσμα με σχεδόν μηδενικό κόστος από τη μεριά της Johnson & Johnson Hellas.

7.2.2 Μεθοδολογία

Για να είναι επιτυχές το εγχείρημα και να δημιουργηθεί μια λειτουργική και αποτελεσματική εφαρμογή, τα βασικά βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν είναι τα εξής:

1. Σε βάθος κατανόηση των διεργασιών που επιτελούνται στην παραγωγή, ώστε να μπορεί να γίνει η μετέπειτα μοντελοποίηση των δεδομένων και εν τέλει η αξιοποίησή τους
2. Πολύ σαφής ορισμός του προβλήματος και των συνθηκών που επικρατούν στην βιομηχανία, το οποίο αυτό παρατηρείται
3. Μετατροπή του προβλήματος σε συγκεκριμένες στοχεύσεις ώστε να γίνουν υλοποιήσιμα βήματα
4. Καθορισμός αναγκαίων μετρικών και υπολογισμών που αντιστοιχούν στις παραπάνω στοχεύσεις για τη βελτίωση της εποπτείας και στήριξη στη λήψη των αποφάσεων
5. Οπτικοποίηση των μετρικών με απλό και εύληπτο τρόπο, για να γίνεται το μήνυμα εύκολα και γρήγορα κατανοητό.

7.2.3 Απαραίτητες προϋποθέσεις

- Να υπάρχει αξιόπιστη πηγή δεδομένων, όπως PLC ή άλλο σύστημα αισθητήρων και άντλησης δεδομένων
- Να υπάρχει data/business owner, από την πλευρά της εταιρείας με γνώση των δεδομένων και των διαδικασιών για βέλτιστη κατανόηση του προβλήματος και των διεργασιών που επιτελούνται
- Δυνατότητα παρέμβασης του χρήστη για επεξεργασία των δεδομένων σε περίπτωση λάθους λόγω ακραίων συνθηκών (πχ βλάβη, κλειστό λόγω διακοπών)
- Σαφές χρονοδιάγραμμα της υλοποίησης, με επιμέρους παραδοτέα και επικοινωνία με τον data/business owner, για ανατροφοδότηση της υλοποίησης με χρήσιμες πληροφορίες
- Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται να είναι εύχρηστα, προσαρμόσιμα στην πλατφόρμα των χρηστών και να ανταποκρίνονται στον προϋπολογισμό του έργου.

7.2.4 Πιθανοί κίνδυνοι

- Λανθασμένες καταγραφές στα δεδομένα λόγω τεχνικών προβλημάτων θα πρέπει να προβλεφθούν και να ληφθούν υπόψιν κατά την ανάλυση τους
Π.χ. Κάθε φορά που απενεργοποιείται το PLC προκειμένου να εξαχθούν τα δεδομένα του, μπορούσαν να χαθούν οι εγγραφές μερικών δευτερολέπτων και το τελικό αρχείο να έχει ελλειπίες εγγραφές
- Ασυνέχεια δεδομένων εισαγωγής με κανόνες των χρησιμοποιούμενων εργαλείων
Π.χ. Το εργαλείο οπτικοποίησης PowerBi θεωρεί ως αρχή της εβδομάδας την Κυριακή ενώ τα δεδομένα μας την Δευτέρα
- Ασυνέχεια δεδομένων εισαγωγής με τις συνθήκες της βιομηχανίας
Π.χ. Το PLC καταγράφει timestamps με εναλλαγή ημερομηνίας κάθε μεσάνυχτα ενώ μια ημέρα παραγωγής για την Johnson & Johnson Hellas ξεκινάει στις 6:00 και τελειώνει στις 5:59 της επόμενης ημερολογιακής ημέρας
- Αναποτελεσματικότητα επικοινωνίας λόγω διαφορετικών ακαδημαϊκών και επαγγελματικών υποβάθρων. Το γεγονός ότι τόσο εμείς όσο και ο data/business owner μπορούσαμε να κατανοήσουμε αρκετές έννοιες σχετικά με την ηλεκτρονική ανάλυση δεδομένων ήταν κάτι πιο μας γλίτωσε σημαντικά πολύ χρόνο κατά την επικοινωνία και πιθανώς να τη δυσχέραινε πολύ αν δεν υπήρχε.

7.2.5 Πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις

Κάποιες πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής για ακριβέστερα και πληρέστερα αποτελέσματα θα μπορούσαν να είναι τα παρακάτω:

- **Απαλοιφή ανθρώπινου input** Μια πολύ σημαντική προσθήκη θα ήταν η αυτόματη εισαγωγή του κωδικού παραγόμενου προϊόντος ως επιπλέον μεταβλητή στα δεδομένα που εξάγονται από το PLC. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να αποφευχθεί το μοναδικό κομμάτι χειροκίνητου input που υπάρχει αυτή τη στιγμή για να αναγνωρίζονται οι κωδικοί των παρτίδων. Μια διαφορετική προσέγγιση θα μπορούσε να είναι η αναγνώριση μέσω ανάλυσης δεδομένων του κωδικού κάθε παρτίδας, συγκρίνοντας την αλληλουχία των πραγματοποιούμενων ενεργειών με την κάθε συνταγή. Μια τέτοια προσέγγιση όμως θα ανέβαζε κατά πολύ την πολυπλοκότητα των υπολογισμών και κατά συνέπεια και τον κίνδυνο αστοχίας και λάθους της. Ο ανθρώπινος παράγοντας θα μπορούσε να απαλειφθεί και σε ακόμα ένα σημείο, αυτοματοποιώντας τον τρόπο εξαγωγής των δεδομένων από το PLC. Αυτό θα μπορούσε, με κατάλληλη διασύνδεση, να γίνει με το αυτόματο ανέβασμα των δεδομένων στο cloud σε τακτικές χρονικές στιγμές π.χ. Κάθε Κυριακή κατά τη λήξη της τελευταίας βάρδιας
- **Ακριβής ποσότητα προϊόντος** Για ακριβέστερο υπολογισμό της παραγωγικότητας της βιομηχανίας αλλά και έλεγχο της επιτευξιμότητας των στόχων παραγωγής, θα μπορούσε να προστεθεί ένας ακόμα παράγοντας υπολογισμού, αυτός της ακριβούς ποσότητας παραγόμενου προϊόντος, αθροίζοντας τα συνολικά κιλά πρώτων υλών που προστίθεται για την παραγωγή και όχι πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό παρτίδων με τον αριθμό 6000 kg (χωρητικότητα δοχείου)
- **Συγκεκριμενοποίηση λόγων αδράνειας** Η ανάλυση δεδομένων που πραγματοποιεί η εφαρμογή, δίνει τη δυνατότητα εποπτείας στην περίπτωση που σταματήσει η παραγωγή. Δεν μπορεί όμως να προσδιορίσει τον λόγο για τον οποίο συμβαίνει αυτό κάθε φορά. Μια πιθανή επέκταση θα ήταν η υλοποίηση μιας διαδικασίας που θα αναγνώριζε τον λόγο αυτόν και θα τον ταυτοποιούσε πχ βλάβη
- **Ελαττωματικά προϊόντα** Στον υπολογισμό του OEE, χρησιμοποιώντας τα ως έχουν δεδομένα, δεν λαμβάνεται υπόψη ο παράγοντας ποιότητας (quality factor), καθώς δεν μπορούμε να έχουμε εικόνα για το ποσοστό των ελαττωματικών προϊόντων. Αυτό επηρεάζει σε έναν βαθμό την ακρίβεια του δείκτη και θα αποτελούσε σημαντική βελτίωση αν μπορούσε να προσμετρηθεί
- **Περισσότερα παραγόμενα μηνύματα από το PLC** Η παροχή μεγαλύτερης πληθώρας μηνυμάτων από το PLC θα μπορούσε να βοηθήσει στην ελάττωση πιθανών σφαλμάτων στα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, εάν υπήρχε μήνυμα που θα σηματοδοτούσε την απενεργοποίηση του δοχείου, θα μείωνε την πολυπλοκότητα στον υπολογισμό των χρόνων αδράνειας των μηχανών και τον χειριστών, αναγνωρίζοντας πολύ πιο εύκολα τις ώρες που ήταν κλειστό το εργοστάσιο.

Βιβλιογραφία

- [1] Oghenefejiro Awaritoma. Performance management in lean production. 2010.
- [2] Johnson & Johnson. Documentation and training material.
- [3] Ευστάθιος Κύρκος. Επιχειρηματική Ευφυΐα και Εξόρυξη Δεδομένων. 2015.
- [4] J. Konopka and W. Trybula. Overall equipment effectiveness (oee) and cost measurement [semiconductor manufacturing]. 1996.
- [5] R. C. Hansen. Overall equipment effectiveness : A powerful production / maintenance tool for increased profits.
- [6] P. Jonsson and M. Lesshammar. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of oee. 2005.
- [7] Tugwell P. Dal, B. and R. Greatbanks. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – a practical analysis. 2000.
- [8] S. Nakajima. Introduction to tpm. productivity press, cambridge, ma. 1988.
- [9] Kim C. Y. Puvanasvaran, P. and T. Y. Siang. Overall equipment efficiency (oee) improvement through integrating quality tool : Case study, (october), 15–16. 2012.
- [10] S. E. G. Da Costa and E. P. De. Lima. Uses and misuses of the “overall equipment effectiveness” for production management. 2002.
- [11] Γεωργία Αντωνιάδου. Εφαρμογή Συστημάτων Επιχειρηματικής Ευφυΐας (business intelligence - bi) και Ανάλυσης Κρίσιμων Παραγόντων Επιτυχίας. 2005.
- [12] Ανδρέας Μπότσικας. Ευφυή και έμπειρα συστήματα διαχείρισης πόρων σε παραγωγικά συστήματα. 2009.
- [13] Mukund Subramaniyan. Production data analytics – to identify productivity potentials. 2009.
- [14] Lean maintenance en 13306. 2010.
- [15] Grønholdt L and A Martensen. “management practices driving sustained business success” q emerald group publishing limited, issn 1368-3047. measuring business excellence. 2009.
- [16] A Ferreira and D Otley. “the design and use of performance management systems: An extended framework for analysis”. journal of management accounting research. 2009.

- [17] Carrie A.S. Bititci, U.S. and L. McDevitt. Integrated performance measurement systems: a development guide. international journal of operations and production management,. 1997.
- [18] Hoque. Measuring and reporting public sector outputs/outcomes: Exploratory evidence from australia. 2008.
- [19] Amaratunga and Baldry. Moving from performance measurement to performance management. 2002.
- [20] Neely et al. Implementing performance measurement systems: a literature review. 2000.
- [21] De Toni and Tonchia. Lean organization, management by process and performance measurement. 1996.
- [22] C. Karlsson and P Åhlström. Assessing changes towards lean production "international journal of operations and production management. 1996.
- [23] P Ahlstrom. Sequences in the implementation of lean production, journal of european management. 1998.
- [24] M.L. Emiliani. lean behavior. management decision. 1998.
- [25] M.L. Emiliani. Continuous personal improvement. journal of workplace learning. 1998.
- [26] A. Kippenberger. Apply lean thinking to a value stream to create a lean enterprise, journal of the antitode. 1997.
- [27] Rother and Shook. Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda. 2003.
- [28] Hines and Rich. The seven value stream mapping tools. 1997.
- [29] D.M. Julien and B. Tjahjono. Lean thinking implementation at a safari park. business process management journal. 2009.
- [30] L. Chen and B. Meng. How to make 5s as a culture in chinese enterprises. international conference on information management, innovation management and industrial engineering. 2008.
- [31] A. Kippenberger. Apply lean thinking to a value stream to create a lean enterprise, journal of the antitode. 1997.
- [32] Liker. The toyota way : 14 management principles from the world's greatest manufacturer. 2004.
- [33] Henderson and Larco. Implementing lean manufacturing system: Ism approach. 2003.
- [34] H. Ian. Lean production and the toyota production system or, the case of the forgotten production concepts. economic and industrial democracy. 1999.

Παράρτημα Α

Κώδικας

Κώδικας Α.1: Clear Data

```
1 #return value is a dataframe with only three MSgNumbers "536" –  
   APOXETEUSI / "504" – ADEIASMA SE TNT/ "522" EISAGOGI APIONISMENOU  
   NEROU cleared from false entries  
2 clearData<-function(input){  
3   #keep all the "EISAGOGI APIONISMOENOU NEROU" and last "ADEIASMA SE  
     TNT" and "ADEIASMA SE APOXETEUSI"  
4   tmp_test<- which((input$MsgNumber == "504" & input$StateAfter== 1) |  
     (input$MsgNumber == "522" & input$StateAfter== 0) | (input$  
     MsgNumber == "504" & input$StateAfter== 0) | (input$MsgNumber == "  
     522" & (input$StateAfter== 1) | (input$MsgNumber == "536" & input$  
     StateAfter== 0)))  
5   input_new<-input[tmp_test , ]  
6  
7   #waters_tnt is the dataframe to manipulate for our analysis  
8   waters_tnt<-input_new[ ,c("StateAfter" ,"MsgNumber" ,"TimeStamps" ,"  
     waterKg" ,"WeekDay" ,"Week" ,"Month" ,"Year" )]  
9   waters_tnt$checkDuration<-NA  
10  rownames(waters_tnt) = NULL  
11  
12  #### Add entries in waters_tnt as flags , when there is a week  
     transition. So the calculations are normal  
13  #week transitions  
14  temp<-which( diff(as.numeric(waters_tnt$Week)) >= 1)  
15  r <- temp  
16  #function which adds a row in a dataframe  
17  insertRow <- function(existingDF , newrow , r) {  
18    existingDF [seq(r+1,nrow(existingDF)+1) ,] <- existingDF [seq(r ,nrow(  
     existingDF)) ,]  
19    existingDF [r ,] <- newrow  
20    return(existingDF)  
21  }  
22  #counter to increase the dataframe size every time i add a new row
```

```

23 x<-0
24 #apply it for every week transition
25 for ( i in r){
26   i<-i+x
27   #row for every transition important thing is the MsgNumber to be
      unique
28   new_row<-data.frame( StateAfter = 10,MsgNumber = 1000, TimeStamps =
      waters_tnt$TimeStamps[i],waterKg = NA,WeekDay = waters_tnt$
      WeekDay[i], Week = 1,Month = waters_tnt$Month[i],Year = waters_
      tnt$Year[i],checkDuration = NA)
29   waters_tnt<-insertRow( waters_tnt , new_row, i+1)
30   x<-x+1
31 }
32 #more than ten hours between two entries in waters_tnt
33 temp<-which(diff(waters_tnt$TimeStamps) >= (24*60*60))
34 r <- temp
35 x<-0
36 for ( i in r){
37   i<-i+x
38   #row for every transition important thing is the MsgNumber to be
      unique
39   new_row<-data.frame( StateAfter = 12,MsgNumber = 1002, TimeStamps =
      waters_tnt$TimeStamps[i],waterKg = NA,WeekDay = waters_tnt$
      WeekDay[i], Week = 1,Month = waters_tnt$Month[i],Year = waters_
      tnt$Year[i],checkDuration = NA)
40   waters_tnt<-insertRow( waters_tnt , new_row, i+1)
41   x<-x+1
42 }
43 #clear the indexing of the dataframe
44 rownames(waters_tnt) = NULL
45 #clear the dataframe with entries of "TNT entry" shorter than 40 min
46 startTNTPositions<-which(waters_tnt$StateAfter == 1 & waters_tnt$
      MsgNumber == "504")
47 endTNTPositions<-which(waters_tnt$StateAfter == 0 & waters_tnt$
      MsgNumber == "504")
48 startTNT<-as.data.frame(waters_tnt$TimeStamps[startTNTPositions])
49 endTNT<-as.data.frame(waters_tnt$TimeStamps[endTNTPositions])
50 difTNT<-endTNT - startTNT
51 for ( i in 1:nrow(difTNT)) {
52   waters_tnt$checkDuration[endTNTPositions[i]]<-difTNT$'waters_tnt$
      TimeStamps[endTNTPositions][i]
53 }

```



```

54  waters_tnt<-waters_tnt[~which(waters_tnt$checkDuration < 40) ,]
55  waters_tnt<-waters_tnt[~which(waters_tnt$MsgNumber == "504" & waters_
    tnt$StateAfter == 1) ,]
56  rownames(waters_tnt) = NULL
57
58  #ditch the "alone" or "couple" TNTs – subset of the above rule
59  tmp<-rle(waters_tnt$MsgNumber)
60  waters_tnt <- waters_tnt [!(rep(tmp$lengths <=5,times=tmp$lengths) &
    waters_tnt$MsgNumber == "504") ,]
61  rownames(waters_tnt) = NULL
62
63  #clear the dataframes from the finishing "EISAGOI APIONISMENOU NEROU
    " and keep the right amount of kilos
64  finishingWaters<-which(waters_tnt$MsgNumber == "522" & waters_tnt$
    StateAfter == 0)
65  startingWaters<-which(waters_tnt$MsgNumber == "522" & waters_tnt$
    StateAfter == 1)
66  waters_tnt$waterKg[startingWaters]<-waters_tnt$waterKg[
    finishingWaters]
67  waters_tnt<-waters_tnt[~finishingWaters ,]
68  rownames(waters_tnt) = NULL
69
70  #ditch all the waters < 250 as wrong entries
71  waters_tnt<-waters_tnt[~which(waters_tnt$MsgNumber == "522" & waters_
    tnt$waterKg < 250 & waters_tnt$StateAfter == 1) , ]
72  rownames(waters_tnt) = NULL
73
74  #find consecutive MsgNumbers, make them FALSE and TRUE the last one.
    Then make TRUE all But the consecutive APOXETEUSI(keeping the last
    one)
75  tmp2<-c(waters_tnt$MsgNumber[-1]!= waters_tnt$MsgNumber[-nrow(waters_
    tnt)], TRUE) | c(waters_tnt$MsgNumber!="536")
76  waters_tnt<-waters_tnt[with(waters_tnt , tmp2) ,]
77  rownames(waters_tnt) = NULL
78
79  #find consecutive MsgNumbers, make them FALSE and TRUE the last one.
    Then make TRUE all But the consecutive TNT(keeping the last one)
80  tmp2<-c(waters_tnt$MsgNumber[-1]!= waters_tnt$MsgNumber[-nrow(waters_
    tnt)], TRUE) | c(waters_tnt$MsgNumber!="504")
81  waters_tnt<-waters_tnt[with(waters_tnt , tmp2) ,]
82  rownames(waters_tnt) = NULL
83

```

```

84 #find consecutive MsgNumbers, make them FALSE and TRUE the first one.
85 tmp2<-c(TRUE, waters_tnt$MsgNumber[-1] != waters_tnt$MsgNumber[-nrow(
      waters_tnt)])
86 waters_tnt<-waters_tnt[with(waters_tnt, tmp2),]
87 rownames(waters_tnt) = NULL
88 return(waters_tnt)
89 }

```

Κώδικας A.2: Εύρεση διαστημάτων παραγωγής παρτίδων

```

1
2 # IDENTIFY BATCH PRODUCTION
3 findBatches<-function(waters_tnt){
4   #calculate the transitions between TNTs and Waters
5   tmp3<-which(head(waters_tnt$MsgNumber,-1) == 522 & tail(waters_tnt$
      MsgNumber,-1) == 504)
6   # CREATE THE TABLE OF BATCHES
7   startTime<-tmp3
8   endTime<-tmp3+1
9   #duration of each batch
10  Intervals<-waters_tnt[endTime,3] - waters_tnt[startTime,3]
11  #transform seconds to hours [times is from chron library]
12  batchesTable<-cbind.data.frame(Intervals, startTime = waters_tnt[
      startTime,3], endTime = waters_tnt[endTime,3], weekday = waters_tnt[
      endTime,5], week = waters_tnt[endTime,6], month = waters_tnt[
      endTime,7], year = waters_tnt[endTime,8])
13
14  #add a unique identifier of each batch - form of the identifier[B][
      Year][NumOfWeek][WeekDay][CountOfBatchPerDay] e.g. 25Tuesday2
15  batchesTable$dayIndex<-sequence(rle(as.character(batchesTable$weekday
      ))$lengths)
16  batchesTable$ID<-do.call(paste0, c("B", batchesTable[c( 7,5,4,8)]))
17  batchesTable$Date<- as.Date(batchesTable$endTime)
18  batchesTable$Date[which(strftime(batchesTable$endTime, format="%A") !=
      batchesTable$weekday)]<-as.Date(as.character(batchesTable$endTime
      [which(strftime(batchesTable$endTime, format="%A") != batchesTable$
      weekday)] -3600*24))
19  batchesTable$Process<- "Batch"
20  batchesTable$PRCode<-NA
21  batchesTable$StandardTime<-NA
22  close( file( paste0("./output/batches.csv", open="w" ) ) )
23  write.table(batchesTable, "./output/batches.csv", sep = ",", row.names =
      FALSE, dec = ".")
24  return(batchesTable)

```

25 }

Κώδικας A.3: Εύρεση διαστημάτων πλυσίματος/απολύμανσης δοχείου

```

1 ##### IDENTIFY CLEANING/SANITATION PROCESS
  #####
2 findPlysimata <- function(waters_tnt){
3   #calculate the transitions between waters and apoxeteusi -> this
  #means transitions in plysimata
4   tmp3<-which(head(waters_tnt$MsgNumber,-1) == 522 & tail(waters_tnt$
  MsgNumber,-1) == 536)
5   #get the first WATER and the last APOXETEUSI to identify C/S
6   tmp4<-c(diff(tmp3) == 2, FALSE)
7   endQuery<-tmp3[which(tmp4 == 0)]+1
8   startQuery<-c(tmp3[1]+1,tmp3[which(tmp4 == 0)+1])
9   startQuery[which(waters_tnt$MsgNumber[startQuery -1] == "536")]<-
  startQuery[which(waters_tnt$MsgNumber[startQuery -1] == "536")] -1
10  startQuery<-startQuery[!is.na(startQuery)]
11
12  endTime<-waters_tnt$TimeStamps[endQuery]
13  startTime<-waters_tnt$TimeStamps[startQuery]
14  #in case there are extra entries on the startTime dataframe
15  if(length(startTime) != length(endTime)){
16    startTime<-startTime[-length(startTime)]
17  }
18  #duration of c/s
19  Intervals<-difftime(endTime, startTime, units = "hours")
20  plysimataTable<-cbind.data.frame(Intervals, startTime, endTime)
21  plysimataTable$weekday<-waters_tnt[tmp3[which(tmp4 == 0)]+1,5]
22  plysimataTable$week<-waters_tnt[tmp3[which(tmp4 == 0)]+1,6]
23  plysimataTable$month<-waters_tnt[tmp3[which(tmp4 == 0)]+1,7]
24  plysimataTable$year<-waters_tnt[tmp3[which(tmp4 == 0)]+1,8]
25  plysimataTable$dayIndex<-sequence(rle(as.character(plysimataTable$
  weekday))$lengths)
26  #add a unique identifier of each C/S - form of the identifier[C][Year
  ][NumOfWeek][WeekDay][CountOfBatchPerDay] e.g. 25Tuesday2
27  plysimataTable$ID<-Identifier<-do.call(paste0, c("C",plysimataTable[c
  (7,5,4,8)]))
28  plysimataTable$Date<-as.Date(plysimataTable$endTime)
29  plysimataTable$Date[which(strftime(plysimataTable$endTime,format="%A"
  ) != plysimataTable$weekday)]<-as.Date(as.character(plysimataTable
  $endTime[which(strftime(plysimataTable$endTime,format="%A") !=
  plysimataTable$weekday)] -3600*24))
30  plysimataTable$Process<- "C/S"

```

```

31 plysimataTable$PRCode<-NA
32 #hard coded 5 hours as the standard time for every C/S
33 plysimataTable$StandardTime<-5
34 write.table(plysimataTable, ". /output/plysimata.csv", sep = ",", row.
      names = FALSE, col.names = c("Duration_(hours)", "start_time", "
      finish_time", "WeekDay", "Week", "Month", "Year", "dayIndex", "ID", "Date
      ", "Process", "PRCode", "StandardTime"), dec = ".")
35 return(plysimataTable)
36 changeoverTime<-sum( Intervals )
37 }

```

Κώδικας A.4: Ταίριασμα χειροκίνητης εισόδου με πίνακα παραγόμενων παρτίδων

```

1 #match the PR from the standard data with the actual of batches table
2 matchPR<-function( standard , withPR ) {
3   for ( i in withPR$PRCode ) {
4     inx<-match( withPR$PRCode , standard$PR, nomatch = 0 )
5   }
6   withPR$StandardTime<-standard$Standard . Time [ inx ]
7   return( withPR )
8 }

```

Κώδικας A.5: Υπολογισμός OEE2

```

1 #calculate the Overall Equipment Efficiency 2
2 OEE2<-function( input , withPR , batchesTable , aOTPD ) {
3   inputWeekDays<-c( "Monday", "Tuesday", "Wednesday", "Thursday", "Friday", "
      Saturday", "Sunday" )
4   inputWeeks<-levels( as.factor( input$Week ) )
5   #declare the data frame for theoretical time per day
6   TheoreticalPerDay<-data.frame( matrix( ncol = 7, nrow = length(
      inputWeeks ) ) )
7   rownames( TheoreticalPerDay )<-inputWeeks
8   colnames( TheoreticalPerDay )<-inputWeekDays
9   #declare the dataframe to store the oee calculations
10  OEE2<-data.frame( matrix( ncol = 7, nrow = length( inputWeeks ) ) )
11  OEE2Print<-data.frame( matrix( ncol = 3, nrow = 7*length( inputWeeks ) ) )
12  colnames( OEE2Print )<-c( "Date", "OEE2_(%)", "Week" )
13  rownames( OEE2 )<-inputWeeks
14  colnames( OEE2 )<-inputWeekDays
15  #Actual Operating Time Per Day already calculated
16  AOTPerDay<-aOTPD
17  k<-0
18  for ( i in inputWeeks ) {
19    for ( j in inputWeekDays ) {

```

```

20     k<-k+1
21     #Calculate the theoretical time for each day
22     TheoreticalPerDay[i,j]<-sum(as.numeric(as.character(withPR$
        StandardTime[which(withPR$week == i & withPR$weekday == j)])))
23     if (TheoreticalPerDay[i,j]>0) {
24         OEE2[i,j]<-TheoreticalPerDay[i,j]/AOTPerDay[i,j]
25         OEE2Print$Date[k]<-as.character(batchesTable$Date[which(
            batchesTable$week == i & batchesTable$weekday == j)[1]])
26         OEE2Print$'OEE2 (%)'[k]<-OEE2[i,j]*100
27         OEE2Print$Week[k]<-i
28     }
29     else {
30         OEE2[i,j]<-0
31         OEE2Print$Date[k]<-as.character(as.Date(OEE2Print$Date[k-1])
            +1)
32         OEE2Print$'OEE2 (%)'[k]<-0
33         OEE2Print$Week[k]<-i
34     }
35
36 }
37 }
38 write.csv(OEE2Print, './output/OEE2Print.csv',row.names = FALSE)
39 return(OEE2)
40 }

```

Κώδικας A.6: Υπολογισμός Actual Operating Time

```

1 #Calculate the Actual Operating Time, which is the time that the
  machines are up during a day
2 actualOperTimePDay<-function(intervalsTable , batchesTable , plysimataTable
  ){
3   inputWeekDays<-levels(as.factor(batchesTable$weekday))
4   inputWeeks<-levels(as.factor(batchesTable$week))
5   #actual operating time per day for each week
6   actualOperatingTimePerDay<-data.frame(matrix(ncol = 7, nrow = length(
    inputWeeks)))
7   rownames(actualOperatingTimePerDay)<-inputWeeks
8   colnames(actualOperatingTimePerDay)<-c("Monday" ,"Tuesday" ,"Wednesday"
    ,"Thursday" ,"Friday" ,"Saturday" ,"Sunday")
9   #split the input data frames per week and afterwards per day
10  batches_per_week<-split(batchesTable , batchesTable$week)
11  plysimata_per_week<-split(plysimataTable , plysimataTable$week)
12  intervals_per_week<-split(intervalsTable , intervalsTable$Week)
13  batches_per_day<-list()

```

```

14 plysimata_per_day<-list ()
15 intervals_per_day<-list ()
16 for (i in levels(as.factor(batchesTable$week))) {
17   batches_per_day[[i]]<-split(batches_per_week[[i]], batches_per_week
18     [[i]]$weekday)
19   plysimata_per_day[[i]]<-split(plysimata_per_week[[i]], plysimata_
20     per_week[[i]]$weekday)
21   intervals_per_day[[i]]<-split(intervals_per_week[[i]], intervals_
22     per_week[[i]]$WeekDay)
23   for (j in inputWeekDays){
24     #add the duration of the batches
25     if(!is.null(batches_per_day[[i]][[j]])) {
26       actualOperatingTimePerDay[i, j]<-sum(batches_per_day[[i]][[j]]$
27         Intervals)
28     }
29     else {
30       actualOperatingTimePerDay[i, j]<-0
31     }
32     #add the duration of the C/S
33     if(!is.null(plysimata_per_day[[i]][[j]])) {
34       actualOperatingTimePerDay[i, j]<-actualOperatingTimePerDay[i, j]
35         + sum(plysimata_per_day[[i]][[j]]$Intervals)
36     }
37     #add the duration of the duration between batches and C/S
38     if(!is.null(intervals_per_day[[i]][[j]]) < 7 ) {
39       actualOperatingTimePerDay[i, j]<-actualOperatingTimePerDay[i, j]
40         + sum(intervals_per_day[[i]][[j]]$Duration)
41     }
42   }
43 }
44 write.csv(actualOperatingTimePerDay, "./output/AOTPerDay.csv")
45 return(actualOperatingTimePerDay)
46 }

```

Κώδικας A.7: Υπολογισμός Παραγωγικότητας σε κιλά/ώρα

```

1 #calculate the productivity as 6000*num_batch/actual_oper_time per day
2   of each week
3 Productivity<-function(input, batchesTable, aOTPD) {
4   inputWeekDays<-c("Monday", "Tuesday", "Wednesday", "Thursday", "Friday", "
5     Saturday", "Sunday")
6   inputWeeks<-levels(as.factor(input$Week))
7   #data frame with the Kg per day per week
8   KgPerDay<-data.frame(matrix(ncol = 7, nrow = length(inputWeeks)))

```

```

7  rownames(KgPerDay)<-inputWeeks
8  colnames(KgPerDay)<-inputWeekDays
9  Productivity<-0
10 productivityPrint<-data.frame(matrix(ncol = 3, nrow = 7*length(
    inputWeeks)))
11 colnames(productivityPrint)<-c("Date", "Productivity (Kg/Hour)", "Week"
    )
12
13 firstDate<-as.Date(input$TimeStamps)
14 #Actual Operating Time Per Day
15 AOTPerDay<-aOTPD
16 k<-0
17 for (i in inputWeeks){
18   for (j in inputWeekDays){
19     k<-k+1
20     #Product Kg Per Day
21     KgPerDay[i, j]<-6000 * nrow(batchesTable[which(batchesTable$week
        == i & batchesTable$weekday == j),])
22
23     #Productivity in Kg/h
24     if (KgPerDay[i, j]>0) {
25       Productivity<-KgPerDay[i, j]/AOTPerDay[i, j]
26       productivityPrint$Date[k]<-as.character(batchesTable$Date[which
        (batchesTable$week == i & batchesTable$weekday == j)[1]])
27       productivityPrint$`Productivity (Kg/Hour)`[k]<-Productivity
28       productivityPrint$Week[k]<-i
29     }
30     #if there is no entry we enter zero productivity
31     else {
32       # Productivity[i, j]<-0
33       productivityPrint$Date[k]<-as.character(as.Date(
        productivityPrint$Date[k-1]) +1)
34       productivityPrint$`Productivity (Kg/Hour)`[k]<-0
35       productivityPrint$Week[k]<-i
36     }
37   }
38 }
39 write.csv(productivityPrint, './output/productivityLast.csv', row.names
    = FALSE)
40 return(productivityPrint)
41 }

```

Κώδικας A.8: Υπολογισμός Human Idle Time συνολικά για κάθε εβδομάδα

```

1 #Calculate the Idle Time that the Machine Users isn't active
2 HumanIdleOverall<-function(input , batchesTable , plysimataTable){
3
4   inputWeeks<-levels(as.factor(input$Week))
5   HumanIdle<-data.frame(matrix(nrow = 6, ncol = length(inputWeeks)+2))
6
7   colnames(HumanIdle)<-c("Attributes",inputWeeks,"index")
8   HumanIdle[,1]<-c("Total_Batches_duration", "Human_Idle_in_Batches", "
9     Total_C/S_Duration", "Human_Idle_in_C/S", "Human_Idle_in_Intervals",
10    "Total_Human_Idle")
11
12  tempDf<-input
13  tempDf<-tempDf[which(tempDf$MsgNumber%%2 == 0),]
14  tempDf<-tempDf[which(tempDf$StateAfter == 1),]
15
16  times<-data.frame(Duration = diff(tempDf$TimeStamps))
17  #calculate the duration between every entry of the input
18  times$EndTime<-tempDf$TimeStamps[-1]
19  times$StartTime<-tempDf$TimeStamps[-nrow(times)]
20  times$Week<-tempDf$Week[-1]
21
22  for (j in inputWeeks) {
23    start<-times$StartTime[which(times$Week==j)]
24    end<-times$EndTime[which(times$Week==j)]
25    dur<-times$Duration[which(times$Week==j)]
26    wk<-j
27    HumanITBatch<-0
28    HumanITCS<-0
29    HumanITRest<-0
30
31    for(i in 1:length(dur)){
32      #if it is a part of batches production and longer than ** mins
33      if(nrow(batchesTable[which((end[i]<= batchesTable$endTime & end[i]
34        ]>= batchesTable$startTime ) &(start[i]<= batchesTable$endTime
35        & start[i]>= batchesTable$startTime ) ,)])>0){
36        if(dur[i]>1200){
37          HumanITBatch<-HumanITBatch+dur[i]
38        }
39      }
40    }
41    #if it is a part of C/S and longer than ** mins
42    else if(nrow(plysimataTable[which((end[i]<= plysimataTable$
43      endTime & end[i]>= plysimataTable$startTime ) &(start[i]<=

```



```

        plysimataTable$endTime & start[i] >= plysimataTable$startTime )
    ) ,]) > 0) {
38     if (dur[i] > 1200) {
39         HumanITCS <- HumanITCS + dur[i]
40     }
41 }
42 #if it is a part from the timw between batches production and C/S
43 else {
44     if (dur[i] > 600 & dur[i] < 28800) {
45         HumanITRest <- HumanITRest + dur[i]
46     }
47 }
48 }
49
50 HumanIdle[1, j] <- sum(batchesTable$Intervals[which(batchesTable$week
    == j)])
51 HumanIdle[2, j] <- HumanITBatch / 3600
52 HumanIdle[3, j] <- sum(plysimataTable$Intervals[which(plysimataTable$
    week == j)])
53 HumanIdle[4, j] <- HumanITCS / 3600
54 HumanIdle[5, j] <- HumanITRest / 3600
55 HumanIdle[6, j] <- HumanIdle[2, j] + HumanIdle[4, j] + HumanIdle[5, j]
56
57 }
58 for (i in 1:6) {
59     HumanIdle[i, length(inputWeeks) + 2] <- i
60 }
61 write.table(HumanIdle, ". / output / HumanIdlePerWeek.csv", sep = ", ", col.
    names = TRUE, row.names = FALSE, dec = ".")
62 return(HumanIdle)
63 }

```

Κώδικας A.9: Υπολογισμός Human Idle Time ανά ημέρα κάθε εβδομάδας της εισόδου

```

1
2 HumanIdleTimePerDay <- function(input, frames) {
3     inputWeeks <- levels(as.factor(input$Week))
4     inputWeekDays <- c("Monday", "Tuesday", "Wednesday", "Thursday", "Friday", "
    Saturday", "Sunday")
5     HumanIdlePerDay <- data.frame(matrix(ncol = 7, nrow = length(inputWeeks
    )))
6     HumanIdlePerDayPrint <- data.frame(matrix(ncol = 3, nrow = 7 * length(
    inputWeeks)))
7     colnames(HumanIdlePerDayPrint) <- c("Date", "HumanIdle", "Week")

```

```

8  rownames(HumanIdlePerDay)<-inputWeeks
9  colnames(HumanIdlePerDay)<-inputWeekDays
10 #preperation of the input to have one instance of every process
    during production
11  tempDf<-input
12  tempDf<-tempDf[which(tempDf$MsgNumber%%2 == 0) ,]
13  tempDf<-tempDf[which(tempDf$StateAfter == 1) ,]
14 #calculate the duration between every entry of the input
15  times<-data.frame(Duration = diff(tempDf$TimeStamps))
16  times$EndTime<-tempDf$TimeStamps[-1]
17  times$StartTime<-tempDf$TimeStamps[-nrow(times)]
18  times<-times[which(times$Duration >1200) ,]
19  start<-times$StartTime
20  end<-times$EndTime
21  dur<-times$Duration
22
23 #Filling the IdlePerBatch column of frames
24 #Thresholds: 1200 for 20', 1800 for 30', 2700 for 45', 3600 for 60'
25 for (j in 1:nrow(frames)){
26   for(i in 1:length(dur)){
27     #if the process is a part of batch production time, or C/S time
        is added as human idle time
28     if(nrow(frames[which((end[i]<= frames$endTime[j] & end[i]>=
        frames$startTime[j] ) & (start[i]<= frames$endTime[j] & start[i]
        )>= frames$startTime[j] )) ,])>0){
29       frames$HumanIdlePerBatch[j]<-frames$HumanIdlePerBatch[j]+dur[i]
30
31     }
32   }
33 }
34 frames$HumanIdlePerBatch<-frames$HumanIdlePerBatch/3600
35 write.csv(frames, './output/20HumanIdlePerBatch.csv',row.names = FALSE
    )
36
37 k<-0
38 for (i in inputWeeks){
39   for (j in inputWeekDays){
40     k<-k+1
41     HumanIdlePerDay[i, j]<-sum(frames$HumanIdlePerBatch[which(frames$
        week==i & frames$weekday==j)]) + sum(intervals$Duration[which
        ((intervals$Week==i & intervals$WeekDay==j) & (intervals$
        Duration < 7)))]

```

```

42   #if there is no entry for the day j, add as date the previous+1
43   if(is.na(frames$Date[which(frames$week == i & frames$weekday == j
44     ) [1])){
45     HumanIdlePerDayPrint$Date[k]<-as.character(as.Date(
46       HumanIdlePerDayPrint$Date[k-1]) +1)
47   }
48   else{
49     HumanIdlePerDayPrint$Date[k]<-as.character(frames$Date[which(
50       frames$week == i & frames$weekday == j) [1]))
51   }
52   HumanIdlePerDayPrint$HumanIdle[k]<-HumanIdlePerDay[i, j]
53   HumanIdlePerDayPrint$Week[k]<-i
54 }
55 write.csv(HumanIdlePerDayPrint, './output/HumanIdlePerDayPrint.csv',
56   row.names = FALSE)
57 return(HumanIdlePerDayPrint)
58 }

```

Κώδικας A.10: Υπολογισμός Uptimes ανά διεργασία

```

1  #####Uptimes Per Process#####
2  uptime<- function(input, batchesTable, plysimataTable){
3    titles<-as.character( c(500:585)) [c(TRUE, FALSE)]
4
5    batchesDuration<-data.frame(matrix(ncol = 43, nrow = 1))
6    plysimataDuration<-data.frame(matrix(ncol = 43, nrow = 1))
7    uptimes<-data.frame(matrix(ncol = 43, nrow = 1))
8    colnames(uptimes)<- titles
9    colnames(batchesDuration)<- titles
10   colnames(plysimataDuration)<- titles
11
12   for(j in titles){
13     start<-input$TimeStamps[which(input$MsgNumber == j & input$
14       StateAfter == 1)]
15     end<-input$TimeStamps[which(input$MsgNumber == j & input$StateAfter
16       == 0)]
17     dur<-difftime(end, start, units = "mins")
18     batchesDuration[j]<-0
19     plysimataDuration[j]<-0
20     for(i in 1:length(dur)){
21       if(nrow(batchesTable[which((end[i]<= batchesTable$endTime & end[i]
22         )>= batchesTable$startTime ) & (start[i]<= batchesTable$endTime
23         & start[i]>= batchesTable$startTime ) ,)])>0){

```

```

20     batchesDuration[j]←as.numeric(batchesDuration[j])+dur[i]
21   }
22   else if(nrow(plysimataTable[which((end[i]<= plysimataTable$
      endTime & end[i]>= plysimataTable$startTime ) &(start[i]<=
      plysimataTable$endTime & start[i]>= plysimataTable$startTime )
      ),])>0){
23     plysimataDuration[j]←as.numeric(plysimataDuration[j])+dur[i]
24   }
25   }
26 }
27 batchesDuration[which(is.na(batchesDuration))]<-0
28 plysimataDuration[which(is.na(batchesDuration))]<-0
29 for(i in titles){
30   uptimes[i]←batchesDuration[i]+plysimataDuration[i]
31 }
32 alldur←rbind(batchesDuration , plysimataDuration , uptimes)
33 rownames(alldur) <-c("batchesDuration", "plysimataDuration", "uptimes")
34 return(alldur)
35 }

```

Κώδικας A.11: Εύρεση speed loss ανά κωδικό και ανά διεργασία μέσα στα διαστήματα της παραγωγής παρτίδων

```

1
2 BatchesPerCode <- function(input , batchesTable){
3   # the codes we need to calculate
4   titles←as.character( c(500:585))[c(TRUE, FALSE)]
5   #a temporary list with all the batches for all the codes
6   temp←list()
7   #a list of codes with aggregated data.frames per batch
8   agg←list()
9   test←data.frame()
10  for(j in titles){
11    start←input$TimeStamps[which(input$MsgNumber == j & input$
      StateAfter == 1)]
12    end←input$TimeStamps[which(input$MsgNumber == j & input$StateAfter
      == 0)]
13    dur←difftime(end, start , units = "mins")
14    for(i in 1:length(dur)){
15      # check if it belongs to any batches
16      if(nrow(batchesTable[which(end[i]<= batchesTable$endTime &start[i]
      ]>= batchesTable$startTime ) ,)]) !=0){
17        #create a row with the batch entry in which a code belongs and
      add the duration of that code

```

```

18     test<-cbind(batchesTable[which(end[i]<= batchesTable$endTime &
        start[i]>= batchesTable$startTime ),],start = start[i],end =
        end[i],dur = dur[i])
19     #create a list with all the appearances of codes, in batches
        for every code
20     temp[[j]]<-rbind(temp[[j]],test)
21   }
22 }
23
24 #aggregate all the codes per batch if there is an entry for that
    code
25 if(length(temp[[j]])[1] >0){
26   agg[[j]]<-aggregate(dur~ID+week,temp[[j]],sum,na.action = na.omit
        )
27 }
28 }
29 tnt_per_pr<-split(temp[["504"]],temp[["504"]]$ID)
30 tntDur<-data.frame(ID = batchesTable$ID)
31 k<-0
32
33 for(i in batchesTable$ID){
34   k<-k+1
35   tntDur$week[k]<-tnt_per_pr[[i]]$week[1]
36   tntDur$dur[k]<-tnt_per_pr[[i]]$end[nrow(tnt_per_pr[[i]])] - tnt_
        per_pr[[i]]$start[1]
37 }
38 agg$'504'<-tntDur
39
40 return(agg)
41 }
42 BatchesPerCodeCS <- function(input , batchesTable){
43   # the codes we need to calculate
44   titles<-as.character( c(500:585))[c(TRUE,FALSE)]
45   #a temporary list with all the batches for all the codes
46   temp<-list()
47   #a list of codes with aggregated data.frames per batch
48   agg<-list()
49   test<-data.frame()
50   for(j in titles){
51     start<-input$TimeStamps[which(input$msgNumber == j & input$
        StateAfter == 1)]
52     end<-input$TimeStamps[which(input$msgNumber == j & input$StateAfter

```

```

    == 0)]
53 dur<-difftime(end, start , units = "mins")
54 for(i in 1:length(dur)){
55   # check if it belongs to any batches
56   if(nrow(batchesTable[which(end[i]<= batchesTable$endTime &start[i]
57     ]>= batchesTable$startTime ) ,)]) !=0){
58     #create a row with the batch entry in which a code belongs and
        add the duration of that code
59     test<-cbind(batchesTable[which(end[i]<= batchesTable$endTime &
60       start[i]>= batchesTable$startTime ) ,], start = start[i], end =
61       end[i], dur = dur[i])
62     #create a list with all the appearances of codes , in batches
        for every code
63     temp[[j]]<-rbind(temp[[j]] , test)
64   }
65 }
66 #aggregate all the codes per batch if there is an entry for that
    code
67 if(length(temp[[j]])[1] >0){
68   agg[[j]]<-aggregate(dur~ID+week , temp [[j]] , sum, na.action = na.omit
69   )
70 }
71 }
72 tnt_per_pr<-split(temp[["536"]], temp[["536"]]$ID)
73 tntDur<-data.frame(ID = batchesTable$ID)
74 k<-0
75 for(i in batchesTable$ID){
76   k<-k+1
77   tntDur$week[k]<-tnt_per_pr[[i]]$week[1]
78   tntDur$dur[k]<-tnt_per_pr[[i]]$end[nrow(tnt_per_pr[[i])]] - tnt_per
79     _pr[[i]]$start[1]
80 }
81 agg$'504'<-tntDur
82 return(agg)
83 }
84 MatrixPerBatchperCode<-function(agg , batchesTable){
85   titles<-as.character( c(500:585))[c(TRUE, FALSE)]
86   withCodes<-data.frame(matrix(ncol = length(titles)+3, nrow = nrow(

```

```

    batchesTable)))
86 colnames(withCodes)<-c("ID", titles, "Week", "PRCode")
87 withCodes$ID<-batchesTable$ID
88 withCodes$Week<-batchesTable$week
89 withCodes$PRCode<-batchesTable$PRCode
90
91 #withCodes$titles <- lapply(titles, function(x) agg$x$dur[match(
    withCodes$ID, agg$x$ID, nomatch = NA_integer_)])
92 for (i in titles) {
93   #withCodes[[i]]<-agg[[i]]$dur
94   inx<-match(withCodes$ID, agg[[i]]$ID, nomatch = 0)
95   withCodes[[i]][inx!=0]<- agg[[i]]$dur[inx]
96   #print(withCodes[[i]])
97 }
98 return(withCodes)
99 }
100
101 MatrixPerBatchperGroupedCode<-function(withCodes, batchesTable){
102 # ####matrix with ID/grouped codes
103   titles<-as.character( c(500:585)) [c(TRUE, FALSE)]
104   codes<-list(pumpUsageCodes,
105               pumpBatchCodes, pumpCSCodes, homoCodes, CIPCodes,
106               vacuumCodes, spiralCodes, anchorCodes,
107               RMIntroVacuumCodes, RMIntroNetworkCodes, RMIntroPumpCodes,
108               SLSIntro, plantcareIntro, CDLIntro,
109               glykerinIntro, waterIntro, blowingTimeCodes,
110               heatingTimeCodes, coolingTimeCodes, emptyingTimeCodes,
111               recirculationTotalCodes, recirculationSprayballsCodes,
112               bottomValveUptimeDuringProductionCodes,
113               collectorCleaningCodes, hosesCleaningCodes,
114               mainVesselCleaningCodes,
115               productPumpCleaningCodes)
116   names(codes)<-c("pumpUsageCodes",
117                 "pumpBatchCodes", "pumpCSCodes", "homoCodes", "CIPCodes",
118                 "vacuumCodes", "spiralCodes", "anchorCodes",
119                 "RMIntroVacuumCodes", "RMIntroNetworkCodes", "
120                 RMIntroPumpCodes",
121                 "SLSIntro", "plantcareIntro", "CDLIntro",
122                 "glykerinIntro", "waterIntro", "blowingTimeCodes",
123                 "heatingTimeCodes", "coolingTimeCodes", "
124                 emptyingTimeCodes",
125                 "recirculationTotalCodes", "

```

```

        recirculationSprayballsCodes", "
        bottomValveUptimeDuringProductionCodes",
122     "collectorCleaningCodes", "hosesCleaningCodes", "
        mainVesselCleaningCodes",
123     "productPumpCleaningCodes")
124 AggregatedWithCodes<-data.frame(matrix(ncol = length(codes) + 3, nrow =
        nrow(batchesTable))
125 colnames(AggregatedWithCodes)<-c("ID", names(codes), "Week", "PRCode")
126 AggregatedWithCodes$ID<-batchesTable$ID
127 AggregatedWithCodes$Week<-batchesTable$week
128 AggregatedWithCodes$PRCode<-batchesTable$PRCode
129
130 #withCodes$titles <- lapply(titles, function(x) agg$x$dur[match(
        withCodes$ID,agg$x$ID,nomatch = NA_integer_)])
131 for (i in titles) {
132     withCodes[[i]]<-as.numeric(withCodes[[i]], na.rm=TRUE)
133 }
134 for (i in names(codes)) {
135     if(length(codes[[i]]) == 1){
136         AggregatedWithCodes[[i]] <-withCodes[, codes[[i]]]
137     }
138     else {
139         AggregatedWithCodes[[i]]<-rowSums(withCodes[, codes[[i]]], na.rm =
            TRUE)
140     }
141 }
142 write.csv(AggregatedWithCodes, ". / output / withcodes.csv", row.names =
        FALSE)
143 return(AggregatedWithCodes)
144 }

```

Κώδικας A.12: Εύρεση speed loss της παραγωγής παρτίδων συνολικά ανά εβδομάδα

```

1
2 #Speed Losses Overall
3 #count the speedLosses of the bacthes On batchesTable compared with
    standard times
4 speedLosses<-function(batchesTable) {
5     tmp<-data.frame("ID" = batchesTable$ID)
6     temp1<- as.numeric(as.character(batchesTable$Intervals), na.rm = TRUE)
        - as.numeric(as.character(batchesTable$StandardTime))
7     tmp$speedLoss <-temp1
8     tmp$Day<-batchesTable$weekday
9     tmp$Week<-batchesTable$week

```



```

10  tmpm$Date<- batchesTable$Date
11  tmpm$PR<- batchesTable$PRCode
12  return(tmpm)
13  }
14  ##sum all the speedlosses per PR Code
15  speedLossTimePPR<-function(input ,tmpm){
16    speedLossesPerPR<-data.frame("PR" = levels(as.factor(tmpm$PR)))
17    losses_per_pr<- split(tmpm,tmpm$PR)
18    for (i in 1:length(levels(as.factor(tmpm$PR)))){
19      speedLossesPerPR[i,2]<-sum(losses_per_pr[[i]]$speedLoss)
20      colnames(speedLossesPerPR)[2]<- "Speed_ Loss"
21    }
22    return(speedLossesPerPR)
23  }
24
25  ##split the already calculated total speed losses per day per week
26  speedLossTimePDay<-function(input ,tmpm){
27    inputWeekDays<-c("Monday","Tuesday","Wednesday","Thursday","Friday","
28      Saturday","Sunday")
29
30    speedLossesPerDay<-data.frame(matrix(ncol = 9, nrow = length(
31      inputWeeks)))
32    speedLossPrint<-data.frame(matrix(ncol = 3, nrow = 7*length(
33      inputWeeks)))
34    colnames(speedLossPrint)<-c("Date","Speed_ Loss","Week")
35    rownames(speedLossesPerDay)<-inputWeeks
36    colnames(speedLossesPerDay)<-c(inputWeekDays,"Total","Downtime")
37    #colnames(speedLossesPerDay)<-c("Monday","Tuesday","Wednesday","
38      Thursday","Friday","Saturday","Sunday","Total","Downtime")
39
40    losses_per_week<- split(tmpm,tmpm$Week)
41    lossDay<- list()
42    losses_per_day<- list()
43    k<-0
44    for (i in levels(as.factor(tmpm$Week))){
45      losses_per_day[[i]]<- split(losses_per_week[[i]],losses_per_week[[i]
46        ]$Day)
47      for (j in inputWeekDays){
48        k<-k+1
49        #theoreticalTime<-sum(as.numeric(as.character(batchesTable$
50          StandardTime[which(batchesTable$week == i & batchesTable$

```

```

    weekday == j)))))
46   if(!is.null(losses_per_day[[i]][[j]])){
47     speedLossesPerDay[[i,j]<-sum(losses_per_day[[i]][[j]]$
      speedLoss ,na.rm = TRUE)
48     speedLossPrint$Date[k]<-as.character(as.Date(tmmp$Date[which(
      tmmp$Week == i & tmmp$Day == j)[1]]))
49     speedLossPrint$"Speed_Loss"[k]<-sum(losses_per_day[[i]][[j]]$
      speedLoss ,na.rm = TRUE)
50     speedLossPrint$Week[k]<-i
51   }
52   else{
53     #durDay[[i]][[j]]<-0
54     speedLossesPerDay[[i,j]<-0
55     speedLossPrint$Date[k]<-as.character(as.Date(speedLossPrint$
      Date[k-1]) + 1)
56     speedLossPrint$"Speed_Loss"[k]<-0
57     speedLossPrint$Week[k]<-i
58   }
59 }
60 speedLossesPerDay[i,8] <-sum(speedLossesPerDay[i,],na.rm = TRUE)
61 }
62 speedLossPrint$Date<-as.character(speedLossPrint$Date)
63 write.csv(speedLossPrint , './output/speedLossLast.csv')
64 write.csv(speedLossesPerDay , './output/speedLossPerDay.csv')
65 return(speedLossesPerDay)
66 }

```