



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

**«Διαχείριση διακινδύνευσης κατά την παραγωγική διαδικασία ασύρματου
τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με την μεθοδολογία μελέτης αστοχίας και την χρήση
εργαλείων Ποιότητας σε βιομηχανία Τηλεπικοινωνιακών συστημάτων»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ Χ. ΚΑΚΙΩΡΗ

Επιβλέπων: Δημήτριος Ασκούνης, Καθηγητής ΕΜΠ

Συν-Επιβλέπων (ΕΔΠ): Δημήτριος Πανόπουλος, Διδάκτωρ ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος, 2024



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

«Διαχείριση διακινδύνευσης κατά την παραγωγική διαδικασία ασύρματου
τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με την μεθοδολογία μελέτης αστοχίας και την χρήση
εργαλείων Ποιότητας σε βιομηχανία Τηλεπικοινωνιακών συστημάτων»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ Χ. ΚΑΚΙΩΡΗ

Επιβλέπων: Δημήτριος Ασκούνης, Καθηγητής ΕΜΠ

Συν-Επιβλέπων (ΕΔΠΠ): Δημήτριος Πανόπουλος, Διδάκτωρ ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 29 Φεβρουαρίου 2024.

Δημήτριος Ασκούνης
Καθηγητής ΕΜΠ

Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής ΕΜΠ

Ευάγγελος Μαρινάκης
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Φεβρουάριος, 2024

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ Χ. ΚΑΚΙΩΡΗ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, Msc

Copyright © ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΚΙΩΡΗ, 2024.

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 τον συγγραφέα.

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

Περίληψη

Σκοπός: Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να παρουσιαστεί μια ολοκληρωμένη μελέτη ανάλυσης διακινδύνευσης που αφορά στην παραγωγή τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού και να συμβάλει στην βιβλιογραφία παρουσιάζοντας για τον σκοπό αυτό την εφαρμογή της μεθόδου FMEA (Failure Mode and Effects Analysis). Σκοπός της επίσης είναι να δείξει σ' αυτές τις εταιρίες ότι είναι απαραίτητο να υιοθετηθεί μια τέτοια διεργασία, αφού το αποτέλεσμα της εφαρμογής της είναι η τεράστια ανάπτυξη των παραγωγικών της δεικτών και παράλληλα η ικανοποίηση των πελατών της από προϊόντα υψηλής ποιότητας.

Μεθοδολογία / Προσέγγιση: Έγινε προσπάθεια μέσω της ανάλυσης διακινδύνευσης και των εργαλείων της FMEA να αναλυθούν όλα τα πιθανά προβλήματα στην αρχή του κύκλου ζωής ενός από τα προϊόντα τα εταιρείας. Αρχικά, γίνεται καθορισμός του στόχου του προφίλ του προϊόντος. Κατόπιν διενεργήθηκε έρευνα στους τρόπους μεταφοράς από την εργαστηριακή κλίμακα στην βιομηχανική, μέσω μελέτης σκοπιμότητας και η μελέτη σκοπιμότητας του βιομηχανικού εξοπλισμού. Στην συνέχεια καταβλήθηκε προσπάθεια να εντοπισθούν οι κρίσιμες παράμετροι λειτουργίας της παραγωγικής διαδικασίας και μέσω της εκτεταμένης έρευνας ολοκληρώθηκε η ανάλυση διακινδύνευσης. Τέλος έγινε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων και κατάταξη RPN με διάγραμμα PARETO.

Η έρευνα διενεργήθηκε στο σχεδιαστικό και παραγωγικό περιβάλλον της Βιομηχανίας Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων, η οποία διατηρεί εργοστάσια στην Ελλάδα (Αθήνα) αλλά και την Ρουμανία (Βουκουρέστι).

Περιορισμοί: Υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που κάνουν αυτό το εγχείρημα δύσκολο. Κατά κύριο λόγο δεν υπάρχει προηγούμενη ερευνητική εργασία σχετικά με την εφαρμογή της μεθοδολογίας FMEA σε αντίστοιχο χώρο στην Ελληνική επικράτεια ώστε να μπορούν να συγκριθούν τα αποτελέσματα των ερευνών. Επίσης η χρήση των αποτελεσμάτων των διαδικασιών της εταιρείας απαιτεί πρόσβαση σε τέτοιες πληροφορίες εκ των έσω, μέσω σχετικής αδειοδότησης.

Πρακτικές εφαρμογές: Το πολλαπλώς ανταγωνιστικό περιβάλλον του σημερινού εμπορικού γίνεσθαι, απαιτεί από τις εταιρίες την αύξηση της παραγωγικότητας και της ποιότητας των προϊόντων τους. Η εφαρμογή της FMEA έχει να προσφέρει σε εταιρίες τηλεπικοινωνιών παγκοσμίως άλματα στην αύξηση της απόδοσής τους. Είναι και βιβλιογραφικά τεκμηριωμένο ότι

η υιοθέτηση της FMEA είναι απαραίτητη σε μια εταιρία η οποία θέλει να αυξήσει την ποιότητα των προϊόντων της. Η παρούσα μελέτη εξετάζει την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της μεθόδου σε έναν κλάδο που τα τελευταία χρόνια η καινοτομία και η μετεξέλιξη των προϊόντων είναι αλματώδης.

Πρωτοτυπία/ Αξία: Σε ανάλογη έκταση έρευνες για την εφαρμογή της μεθοδολογίας FMEA δεν έχουν διενεργηθεί στον Ελλαδικό χώρο και ειδικότερα σε περιβάλλον βιομηχανίας τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Οι πληροφορίες από την μελέτη αυτή θα γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ θεωρίας & πρακτικής εφαρμογής της μεθόδου και θα αποδείξει ότι η εφαρμογή των εργαλείων της σε ένα ενιαίο, ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής οδηγεί σε σημαντική βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων της βιομηχανίας αλλά και στην βέλτιστη αξιοποίηση της ευκαιρίας/ ρίσκου που μπορεί να παρουσιαστεί.

Λέξεις – Κλειδιά

– FMEA, Αρχές FMEA, Εργαλεία FMEA, Risk management, Βιομηχανία Τηλεπικοινωνιών.

Abstract

Purpose: The purpose of this paper is to present a comprehensive risk analysis study related to the production of telecommunications equipment and to contribute to the literature by presenting for this purpose the application of the FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) method. Its purpose is also to show these companies that it is necessary to adopt such a process, since the result of its application is the enormous growth of its production indicators and at the same time the satisfaction of its customers with high quality products.

Methodology / Approach: An attempt was made through risk analysis and FMEA tools to analyze all possible problems at the beginning of the life cycle of one of the company's products. First, the goal of the product profile is determined. Then research was carried out on the transfer methods from the laboratory scale to the industrial scale, through a feasibility study and the feasibility study of the industrial equipment. Then an effort was made to identify the critical operating parameters of the production process and through extensive research the risk analysis was completed. Finally, a statistical analysis of the results and RPN ranking with a PARETO diagram was done.

The research was conducted in the design and production environment of the Telecommunication Systems Industry, which maintains factories in Greece (Athens) and Romania (Bucharest).

Limitations: There are some factors that make this undertaking difficult. Mainly, there is no previous research work regarding the application of the FMEA methodology in a corresponding area in the Greek territory so that the results of the research can be compared. Also, the use of the results of the company's procedures requires access to such information from the inside, through relevant licensing.

Practical applications: The multi-competitive environment of today's commercial environment requires companies to increase the productivity and quality of their products. The application of FMEA has given telecommunications companies worldwide leaps in increasing their performance. It is documented in the literature that the adoption of FMEA is necessary for a company that wants to increase the quality of its products. The present study examines the

effectiveness of the application of the method in an industry where, in recent years, the innovation and evolution of products has been leaps and bounds.

Originality/Value: To a similar extent, research on the application of the FMEA methodology has not been carried out in the Greek area, and particular in a telecommunications systems industry environment. The information from this study will bridge the gap between theory & practical application of the method and will prove that the application of its tools in a single, integrated production system leads to a significant improvement in the quality of the industry's products but also to the optimal utilization of the opportunity / risk that may occur.

Keywords

– FMEA, FMEA Principles, FMEA Tools, Risk management, Telecommunications Industry.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σ' αυτή την προσπάθεια είχα αρωγούς τους καθηγητές μου κ. Ασκούνη Δημήτριο και Πανόπουλο Δημήτριο, τους οποίους θέλω να ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθεια τους στην εκπόνηση της Διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που ήταν πάντα δίπλα μου στο ταξίδι της εξέλιξης της γνώσης μου.

«When everything seems to be going against you, remember that the airplane takes off against the wind. »

-Henry Ford-

ΣΕΛΙΔΑ ΣΚΟΠΙΜΩΣ ΚΕΝΗ

Αθήνα , Φεβρουάριος , 2024

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

• Περίληψη	5
• Abstract	7
• Εισαγωγή	13
• ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
Διαχείριση διακινδύνευσης – Το θεωρητικό πλαίσιο	16
• Το ISO 31000 – Αναλυτική παρουσίαση	19
• Στρατηγικές αποφασεις	28
• Ο ορισμός της Ποιότητας	32
• Οι διαστάσεις της Ποιότητας	34
• Η σπάταλη στην Βιομ/κη παραγωγή και το κόστος Ποιότητας	35
• Σχεδιάζοντας την Ποιότητα ενός προϊόντος	38
• FMEA, Η ανάλυση της μεθόδου	47
• ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
Η ποιότητα και η εφαρμογή της στις τηλεπικοινωνίες	
Οι Τηλεπικοινωνίες στην Ελλάδα - Αναδρομή	58
• Η Ποιότητα στις τηλεπικοινωνίες	60
• ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
Έρευνα σε Ελληνική εταιρεία Τηλεπικοινωνιακών λύσεων	
Το περιβάλλον της μελέτης και τα χαρακτηριστικά των προϊόντων	62
• Περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας	
Στάδια ανάπτυξης μοντέλου	68
• Προκαταρκτική μελέτη	69
• Η ανάπτυξη της μελέτης	76
• Η κατάταξη των ευρημάτων	88
• Τα αποτελέσματα της έρευνας	100
• Συμπερασματα	103
• Προτάσεις για μελλοντικές ερευνες	105
• Βιβλιογραφια	106

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

• Εικόνα 1 : Πρότυπο 31000	21
• Εικόνα 2 : Continual Improvement	23
• Εικόνα 3 : Διαχείριση διακινδύνευσης	24
• Εικόνα 4 : Ανάλυση Bow Tie	25
• Εικόνα 5 : Δένδρο ανάλυσης σφαλμάτων	27
• Εικόνα 6 : Risk assessment	30
• Εικόνα 7 : Παράγοντες ρίσκου	31
• Εικόνα 8 : Επιχειρηματική εφυΐα	32
• Εικόνα 9 : Στοιχεία κόστους Ποιότητας	36
• Εικόνα 10 : Ακολουθία δράσεων μείωσης κόστους	37
• Εικόνα 11 : Κλασσικό μοντέλο κόστους Ποιότητας	38

• Εικόνα 12 : Διαδικασία χρήσης τεχνικής DFMEA	41
• Εικόνα 13 : Παράδειγμα ανάλυσης Ishikawa	44
• Εικόνα 14 : Τα επίπεδα της κουλτουρας	45
• Εικόνα 15 : Τύποι FMEA	49
• Εικόνα 16 : FMEA και σχεδιασμός για την Ποιότητα	50
• Εικόνα 17 : Η σχέση μεταξύ DFMEA, SFMEA, PFMEA	51
• Εικόνα 18 : Το αντικείμενο των μελετών αστοχίας	52
• Εικόνα 19 : Το διάγραμμα ροής των δραστηριοτήτων της μελέτης	53
• Εικόνα 20 : Βαθμονόμηση κρισιμότητας	55
• Εικόνα 21 : Πιθανότητα εμφάνισης αστοχίας	56
• Εικόνα 22 : Πιθανότητα εντοπισμού αστοχίας	56
• Εικόνα 23 : Μετρητικές διατάξεις	74
• Εικόνα 24 : SMD μηχανες	74
• Εικόνα 25 : X-RAY inspection machine	80
• Εικόνα 26 :Cycle oven Chamber	85

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

• Σχήμα 1 :Εφαρμογή τεχνικών στην διαδικασία διακινδύνευσης	25
• Σχήμα 2 :Κανόνας του Carlson	57
• Σχήμα 3 :Αποτύπωση έννοιας Ποιότητας	60
• Σχήμα 4 :Residential Subscribers	67
• Σχήμα 5 :Business application	68
• Σχήμα 6 :Σχεδιάγραμμα παραγωγικής διαδικασίας	73

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

• Διάγραμμα 1 :Pareto chart RPN1	92
• Διάγραμμα 2 :Bar chart of RPN 1	92
• Διάγραμμα 3 :Histogram chart of RPN 1	93
• Διάγραμμα 4 :Chart Analysis of Means	93
• Διάγραμμα 5 : Pareto chart RPN 2	98
• Διάγραμμα 6 : Bar chart of RPN 2	98
• Διάγραμμα 7 : Chart Analysis of Means	99
• Διάγραμμα 8 : Histogram chart of RPN 1& RPN 2	99

Εισαγωγή

Στην σύγχρονη και ταχέως αναπτυσσόμενη εποχή της άνθησης των βιομηχανιών στον τομέα παραγωγής τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, η «μεταφορά τεχνολογίας» αναφέρεται στις διαδικασίες που απαιτούνται για την επιτυχή μεταφορά από το επίπεδο της ανάπτυξης – σχεδίασης των προϊόντων στην πλήρη εμπορευματοποίηση τους και την παραλαβή τους από τον τελικό καταναλωτή. Αυτή η διαδικασία εμπεριέχει και την έννοια του «ρίσκου», την αβεβαιότητα δηλαδή ενός αποτελέσματος ή μιας κατάστασης και αυτό το ρίσκο θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιαστεί μια ολοκληρωμένη μελέτη ανάλυσης διακινδύνευσης που αφορά στην παραγωγή τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού. Πολύτιμο εργαλείο στα πλαίσια εντοπισμού κινδύνων αποτελεί η Μελέτη Αστοχίας (Failure mode and Effect Analysis-FMEA), μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η εύρεση, η ανάλυση και η μελέτη των αστοχιών μιας διαδικασίας, έτσι ώστε με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα να κινηθούμε εστιασμένα στην εφαρμογή των απαιτούμενων διορθωτικών ενεργειών.

Εντοπίζοντας παραμέτρους της παραγωγικής διαδικασίας και πιθανές ανάγκες εξοπλισμού, τις αξιολογούμε με την βοήθεια εργαλείων ποιότητας. Ιδιαίτερη βαρύτητα έχουν οι παράμετροι που επηρεάζουν την ποιότητα του προϊόντος. Ο στατιστικός έλεγχος διεργασίας εφαρμόζεται σε αναλυτικά αποτελέσματα μετρήσεων από διάφορα στάδια παραγωγής, με σκοπό τον έλεγχο της μεταβλητότητας στην διαδικασία και την ελαχιστοποίηση του ρίσκου. Όλα τα παραπάνω συνδράμουν στον σχεδιασμό των δοκιμών μέσω των οποίων προκύπτουν τα πειραματικά μας δεδομένα. Βάσει των παραπάνω, γίνεται η αξιολόγηση τους και οριστικοποιούνται τα όρια λειτουργίας των παραμέτρων ώστε να οδηγηθούμε στην παραγωγή τα ποιοτικού προϊόντος.

Στο συνεχές μεταβαλλόμενο καινοτομικά περιβάλλον, όπου οι ιδέες γεννιούνται, ωριμάζουν και επικοινωνούνται σε χρόνους απίστευτα μικρούς, οι εταιρείες αναζητούν λύσεις επιβίωσης με βέλτιστη αξιοποίηση των ευκαιριών. Δεν κινούμαστε πια σ' ένα Εθνικό πλαίσιο αλλά η παγκοσμιοποίηση είναι πλέον το περιβάλλον ανάπτυξης για όλους. Από την άλλη οι καταναλωτές θέλουν να φτάνουν στα χέρια τους προϊόντα υψηλής αξιοπιστίας χωρίς όμως να υποβάλλονται σε υπερκοστολόγηση. Παράλληλα, η διαχείριση του ρίσκου σε πραγματικό χρόνο είναι μια πραγματικότητα που θα πρέπει να αντιμετωπισθεί ενώ απαιτείται γι' αυτό ηρεμία, εκτίμηση της κατάστασης με έγκαιρη και σωστή εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών οι οποίες έχουν ήδη αποσαφηνιστεί. Αυτές είναι συνθήκες που απαιτούν την σωστή εφαρμογή ενός Συστήματος Διαχείρισης Ποιότητας πλήρως εναρμονισμένο με τις αρχές και τους κανόνες της διαχείρισης της Διακινδύνευσης αλλά και την λογική της συνεχούς βελτίωσης (ISO 9001, 2015).

Η σύνδεση των Διοικητικών στόχων, δηλαδή η ικανοποίηση του πελάτη, με την καθημερινή επιχειρησιακή διαχείριση είναι βασικός παράγοντας επιτυχίας των επιχειρήσεων, ο οποίος επιτυγχάνεται μέσω της σωστής εφαρμογής της διαχείρισης της διακινδύνευσης (Koomsap, P., Charoenchokdilok, T., 2018). Μια σειρά από γεγονότα μπορούν να αποτελέσουν συχνά αίτιες ατυχημάτων και πιθανών καταστροφών και οι οποίες μπορεί να αφορούν σε θέματα οικονομικά, περιβαλλοντικά ή και εργατικά, θα πρέπει με κάθε τρόπο να αντιμετωπιστούν και ακόμη καλύτερα να προβλεφθούν. Στόχος μας είναι να δοθεί έμφαση στην συστηματικότερη εκτίμηση του κίνδυνου, ώστε να εντοπισθούν τα ασθενή σημεία του συστήματος και παράλληλα εφαρμόζοντας τις διορθωτικές ενέργειες να εξαφανίσουμε την πιθανότητα αστοχίας.

Για να μπορέσουμε να εφαρμόσουμε μια επιτυχημένη διαδικασία Διαχείρισης της Διακινδύνευσης, θα πρέπει να περιγράψουμε αναλυτικά τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας του προϊόντος, να γίνει αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του με βάση την κρισιμότητα της επίπτωσης που θα έχει στην ποιότητα της λειτουργικότητάς του μια πιθανή αστοχία έτσι ώστε να προκύψουν τα Κρίσιμα Ποιοτικά του Χαρακτηριστικά τα οποία δεν θα πρέπει με κανένα τρόπο να απωλέσουμε. Επόμενο βήμα είναι η ενεργοποίηση της Μελέτης Αστοχίας (FMEA) για τα χαρακτηριστικά και τις παραμέτρους διεργασίας. Έπεται η στατιστική ανάλυση των παραμέτρων με αυξημένο ρίσκο και για όσες βρέθηκαν εκτός ελέγχου διερευνήθηκαν τα πιθανά αίτια και προτάθηκαν οι απαιτούμενες διορθωτικές ενέργειες.

Υπάρχουν πέντε βασικά βήματα στην μεθοδολογία για την διαχείριση της Διακινδύνευσης και είναι οι ακόλουθες (Gheorghiou N, 2020) :

- Η αναγνώριση του (Identify Hazards)
- Η εκτίμηση του (Assess Hazards)
- Η ανάπτυξη ελέγχου-αποφάσεων (Control Development & Decision's making)
- Η εφαρμογή του ελέγχου (Implementation Control)
- Η επίβλεψη – εκτίμηση της διορθωτικής (Supervise & Evaluate).

- Η διπλωματική αυτή εργασία χωρίζεται σε τρία μέρη:

Στο πρώτο μέρος γίνεται ιστορική αναδρομή της πορείας της Διαχείρισης Ρίσκου και της μεθοδολογίας FMEA. Ακόμη παρουσιάζονται οι αρχές και τα εργαλεία εφαρμογής που διέπουν την FMEA.

Στο δεύτερο μέρος υπάρχει το κύριο μέρος της έρευνας με ανάλυση των στοιχείων που περιλαμβάνονται σ αυτήν και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Στο τρίτο μέρος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και ορίζονται τα πεδία που αποτελούν σημεία περαιτέρω ανάπτυξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ», ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.

Η Διαχείριση της Διακινδύνευσης- Ρίσκου (Risk Management, RM) είναι μια διαδικασία που αφορά και μπορεί να εφαρμοστεί σε πάρα πολλές επιχειρήσεις. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η κινητήριος δύναμη της οικονομίας είναι οι υγιείς οργανισμοί (Liu, H.C. Liu, L. Liu, N., 2013), η ανάλυση και κατανόηση των κύριων εφαρμογών της διαδικασίας ελέγχου της Διακινδύνευσης

αποτελούν βασικό μέλημα, δίνοντας την καθοδήγηση και τα απαραίτητα εργαλεία για την περαιτέρω ανάπτυξη στα έργα τους. Κατά τους (Joslin and Muller, 2015) η σχέση μεταξύ μεθοδολογίας Διοίκησης Έργων και επιτυχούς αποτελεσμάτων σ' αυτά είναι πολύ καλά τεκμηριωμένη, όμως βιβλιογραφικά δεν υπάρχουν εξειδικευμένες case analysis που να αφορούν στο κατά πόσο μέσω της εφαρμογής της RM μεθοδολογίας τα έργα και οι εταιρείες επωφελούνται. Κατά την πρόσφατη βιβλιογραφική ανασκόπηση των de Araujo Lima, et al (2020) είναι απολύτως ξεκάθαρο ότι τα αναπτυξιακά μονοπάτια της RM έχουν μελετηθεί πολύ αμυδρά σε ένα μεγάλο μέρος των επιχειρήσεων.

Τα ειδικά χαρακτηριστικά των έργων μιας επιχείρησης όπως είναι η καινοτομία, η μοναδικότητα, ο μεγάλος αριθμός συμβαλλομένων μερών και τα χρονοδιαγράμματα καταδεικνύουν ότι η RM είναι απολύτως χρήσιμη για την επιτυχημένη έκβαση των διεργασιών ολοκλήρωσής του (PMI, 2017). Το ίδιο συμβαίνει και κατά την σχεδίαση/ ανάπτυξη ενός προϊόντος, η RM είναι αναπόσπαστο τμήμα της μεθόδου, της γνώσης και των εργαλείων που εφαρμόζονται σε όλο τον χρόνο ζωής του προϊόντος (ISO 21500, 2012). Όλα τα έργα, συμπεριλαμβανομένου και της σχεδίασης – ανάπτυξης - παραγωγής ενός προϊόντος, εμπεριέχουν ρίσκα που συνδέονται με την ύπαρξη του έργου αυτή καθ' αυτή, και που η θετική τους πλευρά διευκολύνει στην αποκόμιση συγκεκριμένων ωφελημάτων γι' αυτά (PMI, 2017). Κατά έναν γενικό, ποιοτικό χαρακτηρισμό, ο «κίνδυνος» είναι η πιθανότητα ύπαρξης ενός ατυχούς περιστατικού, οι συνέπειες μιας δραστηριότητας από την σχετική της αβεβαιότητα και τέλος η απόκλιση από ένα συγκεκριμένο επίπεδο αναφοράς (Aven, 2016). Ένας άλλος, κοινός ορισμός, σχετιζόμενος με την Διαχείριση έργων δίνεται παρακάτω: «Ρίσκο είναι ένα αβέβαιο γεγονός ή κατάσταση που αν λάβει χώρα, ταυτόχρονα θα υπάρχουν αρνητικές και θετικές συνιστώσες στην ολοκλήρωση του έργου» (ISO 31000, 2018, PMI, 2017). Είναι φανερό ότι οι εταιρείες θα πρέπει να κατορθώσουν μέσω της RM να ισορροπήσουν ανάμεσα στον κίνδυνο που αναλαμβάνουν με τις αποφάσεις που θα πάρουν και τα επιδιωκόμενα οφέλη. Είναι επίσης αναγκαίο να θεωρήσουμε τον κίνδυνο ως ένα σύστημα το οποίο μας επιτρέπει να εξερευνήσουμε τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις διαφορετικές αποφάσεις μας, ενώ ταυτόχρονα μας ενθαρρύνει στην καλύτερη διαχείρισή τους, αφού μας δείχνει την συσχέτισή αναμεσά τους. Γενικότερα αναγκάζει σε ολιστική απεικόνιση των δεδομένων για κάθε έργο (Ackerman et al, 2007).

Οι βασικοί τύποι Διακινδύνευσης είναι οι παρακάτω (Dey,2012; Quazi et al, 2016) :

- Τεχνο-επιχειρησιακοί: η επιλογή της τεχνολογίας που θα εφαρμοστεί, οι επιλογές υλικών, η διαχείριση των αιτημάτων αλλαγής, τα ρίσκα σχεδίασης.

- Οργανωτικοί, σχετιζόμενοι με τους ανθρώπινους παράγοντες: ομάδες εργασίας, άτομα, έλλειψη συνεργασίας, ανθρώπινα λάθη λόγω έλλειψης κατάλληλης γνώσης.
- Οργανωτικοί, σχετιζόμενοι με τους κανονισμούς πολιτικές που εφαρμόζονται.
- Κίνδυνοι από την ίδια την συμφωνία και το συμβόλαιο που έχει υπογραφεί.
- Οικονομικοί: πληθωρισμός, τραπεζικά επιτόκια, ρυθμοί συναλλάγματος.

Βάσει του ISO 31000, η RM μεθοδολογία μπορεί να συμπυκνωθεί στα παρακάτω σημεία : α) initiate (context analysis), β) identify (risk identification), γ) analyze (quantification & qualification), δ) treatment (planning & implementation), ε) monitoring & control (re-evaluation). Η διαδικασία αυτή πρέπει να είναι συνεχής καθ' όλη την διάρκεια ζωής του έργου ώστε να αυξήσει τις πιθανότητες επιτυχίας (Raz & Michael, 2001). Εδώ θα πρέπει να γίνει ιδιαίτερη αναφορά στο βασικό στοιχείο που συνδέει όλα αυτά τα βήματα. Είναι η επικοινωνία. Αυτή είναι ο ακρογωνιαίος λίθος σε όλο το project και η οποία επιτρέπει στην ομάδα που εκπονεί το έργο (συμπεριλαμβανομένων και των βασικών ενδιαφερόντων μελών), να κατανοήσει το πλαίσιο του έργου μέσω της ανάπτυξης της RM προσέγγισης. Η προσέγγιση αυτή, προσφέρει έναν περισσότερο ικανοποιητικό τρόπο λειτουργίας των ομάδων γιατί προλαμβάνει τους κινδύνους και αυξάνει τα οφέλη. Με τον τρόπο αυτό οι ομάδες εργασίας λειτουργούν κάτω από καθεστώς μικρότερου στρες και μεγαλύτερης αυτοπεποίθησης τα οποία μεγιστοποιούν τις επιδόσεις τους (APM, 2004, Portman, 2009). Παρόλα αυτά θα πρέπει να παραδεχθούμε ότι ένας μεγάλος αριθμός επιχειρηματιών αλλά και διαχειριστών έργων πιστεύουν ότι η μεθοδολογία RM είναι απλά σπάταλη χρονο και περιλαμβάνει πολλή περισσότερη δουλειά σε σχέση με τα οφέλη της (Marcelino-S´adaba et al., 2014).

Ειδικά για τις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, κατά τους Vacik et al. (2018) μόνο το 4% αυτών των εταιρειών στην έρευνα τους έχουν χρησιμοποιήσει μεθοδολογίες μέτρησης κινδύνου στην λήψη των αποφάσεων τους και πραγματοποιώντας την διαδικασία με ποιοτικό τρόπο.

Από την άλλη, οι εταιρείες τεχνολογίας, όπου τα έργα λογισμικού χαρακτηρίζονται από υψηλό επίπεδο αβεβαιότητας στον ορισμό των απαιτήσεων, η μεθοδολογία RM αποκτά μεγάλη σημασία για τη διαχείριση έργων (Neves et al., 2014). Υπάρχουν και άλλες μελέτες σχετικά με τον εντοπισμό κινδύνου και τη διαχείρισή του σε αυτόν τον τομέα, συμπεριλαμβανομένης αυτής των Sharif et al. (2013), Lam et al. (2017).

Ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα στην εφαρμογή της RM είναι η έλλειψη συστηματικών μεθόδων αναγνώρισης κινδύνου οι οποίες να παρέχουν ταξινόμηση ανάλογη με τον τύπο έργου στο οποίο εφαρμόζονται και κάνοντας χρήση της γνώσης από προηγούμενη βιβλιογραφία να φτά-

νουν στο επιθυμητό αποτέλεσμα (Pellerin and Perrier, 2019). Πολλοί τομείς βέβαια, όπως η πληροφορική, οι κατασκευές και ο σχεδιασμός συνήθως έχουν πληροφορίες για τους συγκεκριμένους κινδύνους που συνδέονται με αυτά ώστε είναι ευκολότερο να εφαρμόσουν την μέθοδο (Tang et al., 2009; Rostami et al., 2015).

Κοιτώντας τώρα μέσα από το πρίσμα της Industry 4.0 στο οποίο οι σχέσεις μεταξύ ανθρώπων και συστημάτων χαρακτηρίζονται από υψηλή συνδεσιμότητα και είναι σημαντική η ποσότητα των δεδομένων και των πληροφοριών προς διαχείριση, έχει προκύψει μια νέα δυνατότητα δημιουργίας ροών πληροφοριών που ενημερώνουν τους δείκτες που έχουν καθοριστεί για την RM λόγω των νέων συστημάτων σύνδεσης. Στην μελέτη των Gupta et al. (2017) and Moeuf et al. (2020) παρουσιάζεται μια λεπτομερής ανάλυση της διαδικασίας που αναπτύχθηκε για την απόκτηση προτύπων καλών πρακτικών σ αυτούς τους τύπους έργων και οι δυνατότητες που προσφέρουν στην ευκολότερη εφαρμογή της RM.

Η γνώση της αιτίας των πιθανών αστοχιών σε όλους τους τομείς, είναι ζωτικής σημασίας. Ειδικά αν σκεφτούμε ότι η συμμετοχή αυτής της γνώσης παράλληλα με τις διαδικασίες ανάλυσης δεδομένων βοηθά στην αποφυγή μεροληπτικών αποτελεσμάτων. Για να παραχθούν τέτοιου είδους γνώσεις η μεθοδολογία FMEA είναι απολύτως σημαντική. Αρχικά η μεθοδολογία σχεδιάστηκε και αναλύεται από ανθρώπους. Στο πλαίσιο της Industry 4 όμως, με την βελτίωση της ποιότητας και του όγκου των δεδομένων, ταυτόχρονα με τον αυτόματο έλεγχο των διαδικασιών παραγωγής θα αποφύγουμε οποιαδήποτε ζητήματα συνέπειας που μπορεί να προκύψουν. Παρόλα αυτά όμως, ενώ έχουν υπάρξει διάφορες πρωτοβουλίες βελτίωσης της ποιότητας σε παγκόσμια κλίμακα τις τελευταίες δεκαετίες, πάνω από 70% αυτών απέτυχαν λόγω έλλειψης συνεχούς στρατηγικής και ολιστικής εφαρμογής ενός συστήματος ελέγχου. Οι ολοένα και περισσότερο αυξημένες ανάγκες των πελατών απαιτούν την χρήση αποτελεσματικών εργαλείων για την βελτιστοποίηση στην λήψη αποφάσεων (Sharma M. and Gupta S., 2015). Γι' αυτό και η δημιουργία ενός Διεθνούς Προτύπου κρίθηκε απαραίτητη.

ΤΟ ISO 31000. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

Οι κίνδυνοι είναι καταστάσεις με αρνητική ή και θετική επίδραση. Την θετική επίδραση την ονομάζουμε ευκαιρία. Η διαχείριση του ρίσκου αποτελεί την διαδικασία η οποία έχει ως στόχο την επιτυχία σε πολύπλοκες καταστάσεις. Η επίτευξη των στόχων μιας εταιρείας και η δημιουργία αξίας για τα προϊόντα και τις υπηρεσίες της μπορεί να βασιστεί στο ISO 31000. Το πρότυπο

παρουσιάστηκε το 2009 και αναθεωρήθηκε το 2018, με αρχή την θεώρηση ότι θα προσφέρει στον στρατηγικό σχεδιασμό αυτών που εφαρμόζουν τις αρχές του RM σε εταιρείες και οργανισμούς. Το συγκεκριμένο πρότυπο εννοεί/ ορίζει το ρίσκο ως « το αποτέλεσμα της αβεβαιότητας στους στόχους».

Η αρχή έγινε από την εταιρεία American Risk and Insurance Association το 1932 με απώτερο σκοπό την προστασία εταιρειών και ιδιωτικών συμφερόντων από ατυχήματα (Dionne, 2013). Στα επόμενα χρόνια οι καλύψεις για διάφορους κινδύνους μεγάλωσαν και έγιναν περισσότερο δαπανηρές, με αποτελέσματα οι αποζημιώσεις πολλές φορές να μην μπορούν να καταβληθούν. Υπάρχουν τρεις περίοδοι στην εξέλιξη του προτύπου :

- Κατά την πρώτη περίοδο (1960-1970) οι εταιρείες προσπαθούν να ανατρέψουν τα πιθανά ρίσκα με την βοήθεια των ασφαλιστικών εταιρειών. Όμως καθόλου επικερδής δεν ήταν αυτός ο τρόπος. Ποτέ, σε καμία χρονική περίοδο της ιστορίας δεν είναι δυνατόν να προβλεφθούν όλα τα ρίσκα, με αποτέλεσμα να μην καλύπτονται όλες οι συνέπειες συνήθως καταστροφικών γεγονότων. Μόλις το 1960 εμφανίζεται μια καλύτερη μεθοδολογία διαχείρισης, κυρίως σε βιβλιογραφικό επίπεδο, η οποία όμως αποκλείει την χρηματοοικονομική προσέγγιση. Ταυτόχρονα έχουμε ανάπτυξη ασφαλιστρών κατά των απωλειών από εργατικά ατυχήματα.
- Κατά την δεύτερη περίοδο (1970-1980) αρχίζει η χρήση των προτύπων να είναι γενικευμένη και ιδιαίτερα εκείνων που σχετίζονται με τις παραγωγικές διαδικασίες. Εμφανίζεται αυτή την περίοδο το «ρίσκο» ως φιλοσοφία πρόληψης και διασφάλισης. Στα θεωρητικά μοντέλα που προσπάθησαν να αναπτυχθούν, ως βάση θεωρούνταν η εσωτερική οργάνωση των εταιρειών και η διαχείριση αφορούσε μόνο σε εσωτερικές υποθέσεις. Μόνο κατά τα έτη του 1980, οι οργανισμοί κατανόησαν ότι το ρίσκο πρέπει να έχει και χρηματοοικονομική οντότητα και να υπολογίζονται και σε εξωτερικά γεγονότα. Οι τράπεζες ήταν εκείνες οι οποίες ξεκίνησαν να κάνουν διαχείριση ρίσκου με βασικό αντικείμενο τους πιστωτικούς κινδύνους (Dione, 2013).
- Περίπου κατά το 1995, την τρίτη δηλαδή χρονική περίοδο, εκδίδεται το πρώτο πρότυπο για την διαχείριση των κινδύνων/ ευκαιριών από τους οργανισμούς AS/NZS 4360:1995. Είναι ένα σύστημα δομημένο με τέτοιο τρόπο ώστε να συσχετίζονται με τους κινδύνους και τις απώλειες, όχι μόνο οι εσωτερικές δομές των οργανισμών αλλά και διάφοροι εξωγενείς

παράγοντες. Η στρατηγική του οργανισμού θα πρέπει να διατηρεί ως κεντρικό άξονα της επέκτασης του την διαχείριση του ρίσκου.

Στην πορεία η RM αναπτύχθηκε και βελτιστοποιήθηκαν οι πρακτικές με την μορφή κανόνων από εθνικούς αλλά και παγκόσμιους οργανισμούς (Doi, 2017). Το πρώτο δημοσιευμένο ως Πρότυπο κείμενο (AS/NZS 4360), ήρθε το 1995 παρέχοντας οδηγίες για να καθοριστεί η μεθοδολογία RM έχοντας ως σημεία αναζήτησης την ανάλυση των κινδύνων, την εκτίμηση των αποτελεσμάτων τους, τον τρόπο άρσης τους και την επικοινωνία μεταξύ όλων των συμβαλλομένων μερών. Το 2001 εμφανίστηκε στην Ιαπωνία το Πρότυπο JSI Q 2001:2001 το οποίο αποτελεί έναν καθοριστικό οδηγό διαχείρισης ρίσκου και διαδικασίας συνεχούς βελτίωσης. Παρόλα αυτά το AS/NZS 4360 θεωρείται η βάση του διεθνούς Προτύπου ISO 31000:2009 και το οποίο έχουν υιοθετήσει πολλές χώρες για την εφαρμογή της RM.

Το ISO 31000:2009 είναι ένα διεθνές πρότυπο που καθορίζει τις αρχές και τις κατευθυντήριες γραμμές για την διαχείριση των κινδύνων σε οποιοδήποτε είδος οργανισμού ή περιβάλλοντος και καλείται να δώσει τις βασικές γραμμές κατεύθυνσης για την διαχείριση κινδύνων/ευκαιριών από έναν οργανισμό. Παρέχει μια κοινή προσέγγιση για όλα τα είδη ρίσκου και δεν περιορίζεται στους τομείς μόνο που αφορούν τις πηγές κινδύνων αλλά επεκτείνεται σε όλες τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων για κάθε επίπεδο του οργανισμού. Δίνοντας τον ορισμό του ρίσκου, τον περιγράφει ως την απόκλιση λόγω αβεβαιότητας από τους προκαθορισμένους στόχους που έχουν υπολογισθεί και η οποία μπορεί να εδράζει την αιτία της σε ευκαιρία ή απειλή. Παράλληλα σημειώνεται ότι οι στόχοι μπορεί να είναι διαφορετικοί και να αφορούν διάφορα οργανωτικά επίπεδα. Το ζητούμενο είναι η εναρμόνιση των διαφόρων αποφάσεων/δράσεων ώστε το ρίσκο να κατάσται ελεγχόμενο. Οι βασικοί εμπλεκόμενοι είναι οποιοσδήποτε ή οτιδήποτε μπορεί να δημιουργήσει απόκλιση από το αποτέλεσμα και αυτά ονομάζονται «συμβάντα». Ένα ή περισσότερα «συμβάντα» αποτελούν ένα «γεγονός» το οποίο μπορεί να έχει μια ή περισσότερες αιτίες και μπορεί να αποτελεί πηγή ρίσκου με θετικό ή αρνητικό αποτύπωμα. Οι συνέπειες των συμβάντων επίσης μπορεί να είναι ποσοτικές ή ποιοτικές.

Στην παρακάτω Εικόνα (1) αποτυπώνεται ότι αφορά στις αρχές και τα βασικά σημεία κατά το πρότυπο



Εικόνα 1: Πρότυπο 31000 (ISO 31000, 2018)

Θα πρέπει κατά αρχάς να γίνει ορισμός του κίνδυνου, δηλαδή να οριστεί η πιθανότητα της επίτευξης των στόχων καθώς και οι επιπτώσεις από την επίτευξη αυτών των στόχων. Κατόπιν ακολουθεί η στοχοθέτηση κινδύνων, η διαδικασία δηλαδή κατά την οποία καθορίζουμε τις παραμέτρους των κινδύνων. Επόμενο βήμα είναι η ενημέρωση για την συμμετοχή και την ενθάρρυνση της ενεργούς συμμετοχής όλων των ενδιαφερομένων μερών. Ακολούθως λαμβάνει χώρα ο καθορισμός, η καταγραφή και η περιγραφή των κινδύνων. Η αξιολόγηση της πιθανότητας και των επιπτώσεων των κινδύνων αλλά και ο καθορισμός των κατάλληλων μεθόδων αντιμετώπισης τους ακολουθεί. Τέλος, η συνεχής παρακολούθηση και αναθεώρηση της διαχείρισης τους είναι επιβεβλημένες από το πρότυπο.

Το κατά πόσο θα είναι αποτελεσματική η διαχείριση ρίσκου εξαρτάται από το κατά πόσο ο οργανισμός έχει δεσμευτεί απέναντι στην εφαρμογή της RM. Η δέσμευση της ανώτατης Διοίκησης του οργανισμού είναι απαραίτητη ώστε να μπορούν να υποστηριχθούν όλες οι επιβεβλημένες ενέργειες και αποφάσεις των εκτελεστικών Διευθυντών. Η ενσωμάτωσή του προτύπου με άλλα συστήματα διαχείρισης όπως της Ποιότητας και του Περιβάλλοντος στον οργανισμό είναι αναγκαία για να υπάρξουν τα βέλτιστα αποτελέσματα όπως και η ανάγκη προσαρμογής των αρχών του προτύπου σε όλους τους τομείς λειτουργίας του οργανισμού. Είναι όμως προφανές ότι κάθε οργανισμός θα πρέπει να διαμορφώνει το πλαίσιο εφαρμογής του Προτύπου στις δικές του ανάγκες και στρατηγικές που ακολουθεί.

Τα δεδομένα που εξάγονται από την Εικόνα 2 είναι εκείνα που θα πρέπει να υφίστανται ώστε να γίνεται η βέλτιστη χρήση της μεθοδολογίας διαχείρισης ρίσκου. Αναλυτικότερα για κάθε ένα δεδομένο έχουμε :

➤ Integrated

Η RM αποτελεί μέρος όλων των διαδικασιών του οργανισμού

➤ Structured and Comprehensive

Η δομημένη και πλήρως εναρμονισμένη με τον οργανισμό προσέγγιση της RM δίνει συγκρίσιμα/μετρήσιμα αποτελέσματα

➤ Customized

Το πλαίσιο εφαρμογής της διαχείρισης του ρίσκου θα πρέπει να εναρμονίζεται με τις αρχές και ηθική του οργανισμού.

➤ Inclusive

Όλοι οι συμμετέχοντες στις διεργασίες του οργανισμού θα πρέπει να είναι ενήμεροι, έχοντας τις κατάλληλες γνώσεις για να εφαρμόζουν τις αρχές και τις αποφάσεις του οργανισμού χωρίς παρεκκλίσεις.

➤ Dynamics

Καθώς ο οργανισμός αποτελεί μια ζωντανή οντότητα, κατά την πάροδο του χρόνου το ρίσκο μπορεί να αλλάξει ή να σταματήσει να υφίσταται. Η RM πρέπει να αναζητά, διερευνά, αναγνωρίζει και αντιλαμβάνεται οποιαδήποτε αλλαγή με απώτερο σκοπό να την συμπεριλάβει στο πλάνο δράσης της.

➤ Best Available Information

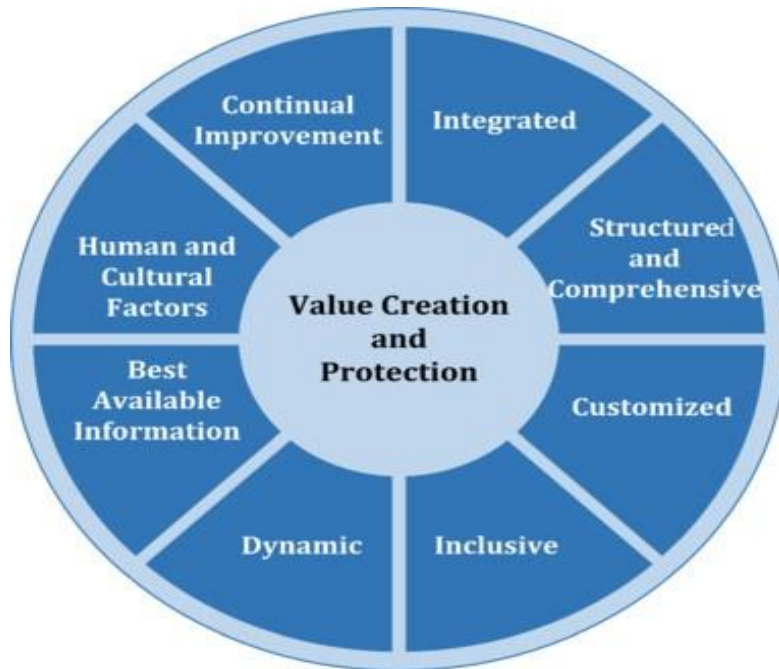
Ιστορικά δεδομένα και σύγχρονες καταγραφές λαμβάνονται υπόψιν κυρίως για τις προβλέψεις συμβάντων. Θα πρέπει λοιπόν πάντα να έχουμε υπόψιν κατά την λήψη των αποφάσεων ότι η αβεβαιότητα είναι ο βασικός ορισμός του ρίσκου και ότι οι πληροφορίες αλλά και οι προσδοκίες επηρεάζονται έντονα από τον αστάθμητο παράγοντα.

➤ Human and Cultural Factor

Η κουλτούρα του οργανισμού επηρεάζει την εφαρμογή της διαχείρισης ρίσκου.

➤ Continual Improvement

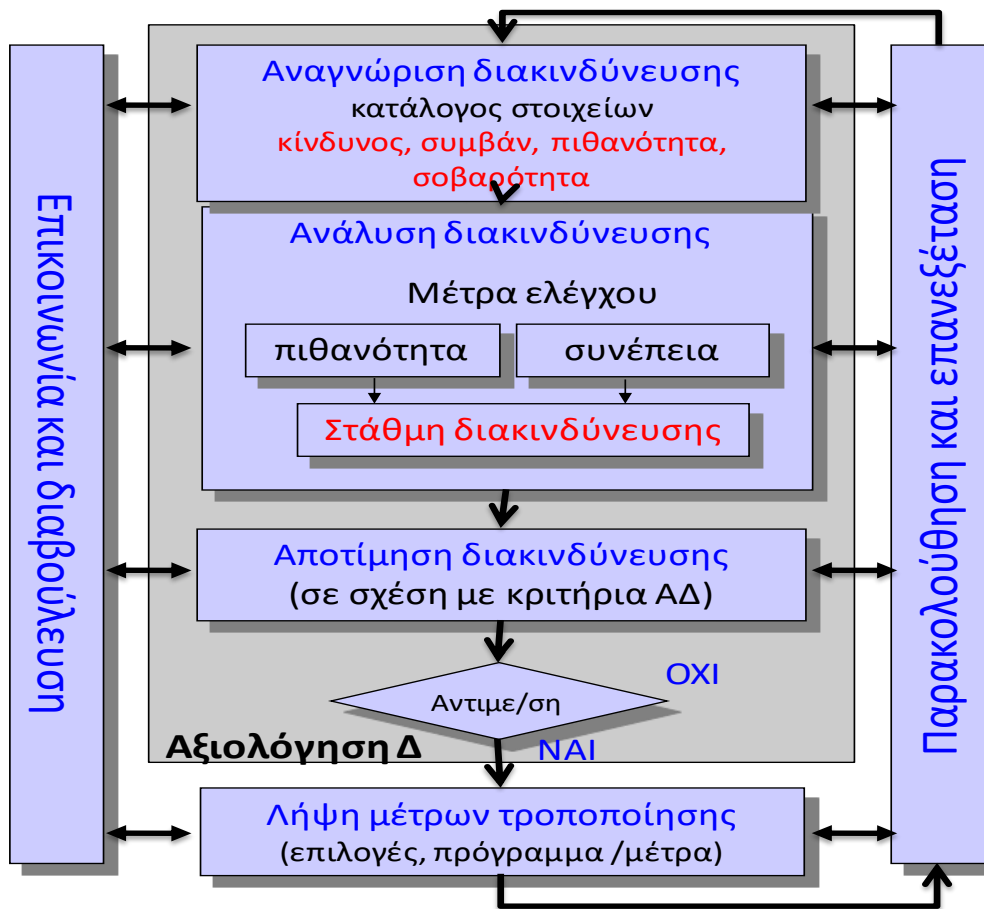
Η συνεχής βελτίωση μέσω της εφαρμογής της μεθόδου είναι ζητούμενο για τους οργανισμούς



Εικόνα 2 : Continual Improvement (ISO 31000, 2018)

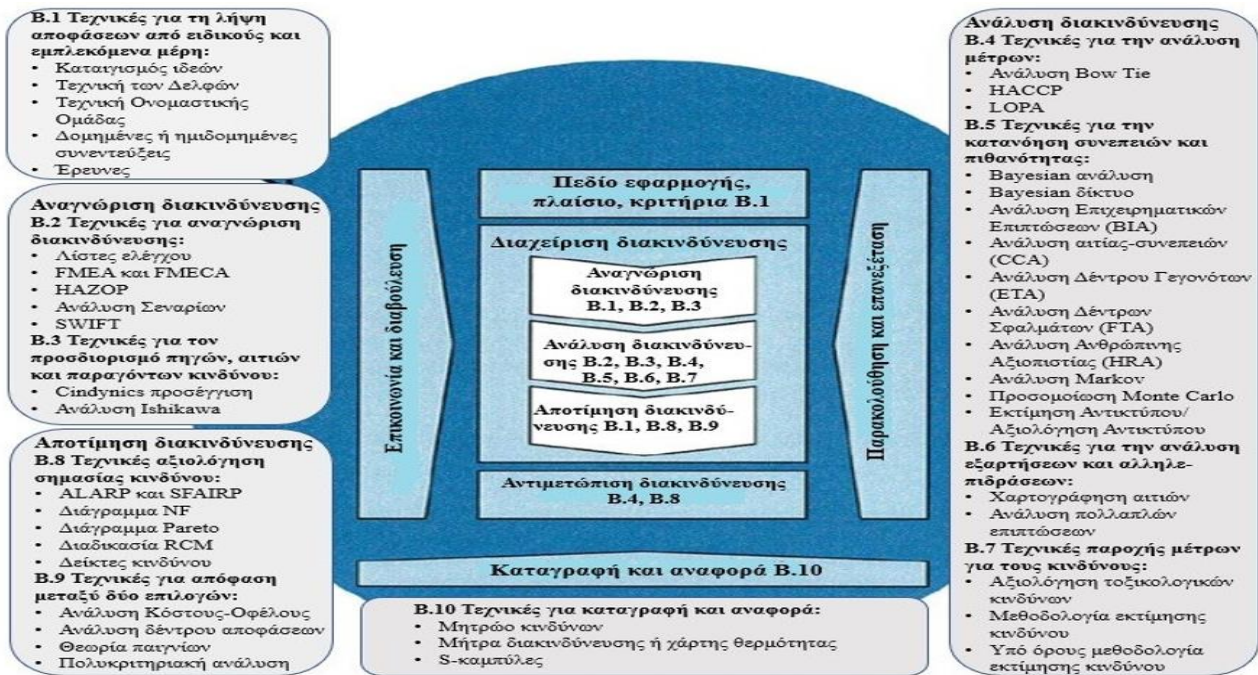
Στην διαδικασία της διαχείρισης ευκαιριών/κινδύνων θα πρέπει να συμπεριληφθούν και η κατ' εξακολούθηση εφαρμογή πολιτικών και πρακτικών που να εξασφαλίζουν την επικοινωνία με διάφορους συμβούλους, οι οποίοι έχοντας εκτενή γνώση του αντικειμένου να παρέχουν τις κατάλληλες συμβουλές για την εκτίμηση, διαχείριση, παρακολούθηση, αναθεώρηση, καταγραφή και άρση του ρίσκου, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 3).

Υπάρχουν τεχνικές για την αναγνώριση της διακινδύνευσης και για τον προσδιορισμό των παραγόντων κινδύνου, οι οποίες αναφέρονται αναλυτικά σε παραγράφους του προτύπου ISO 31010:2019. Αυτές μπορούν να διαχωριστούν σε τεκμηριωμένες τεχνικές, σε εμπειρικές τεχνικές, σε έρευνες αντίληψης αλλά και σε λίστες ελέγχου ή ταξινομήσεις (ISO 31010:2019). Η FMEA είναι μια τέτοια τεχνική. Άλλες τεχνικές είναι η Μελέτη επικινδυνότητας και λειτουργικότητας HAZOP, η Ανάλυση σεναρίων (scenario analysis), ανάλυση SWIFT (Structured what if technique), η Cindynics προσέγγιση κτλ.



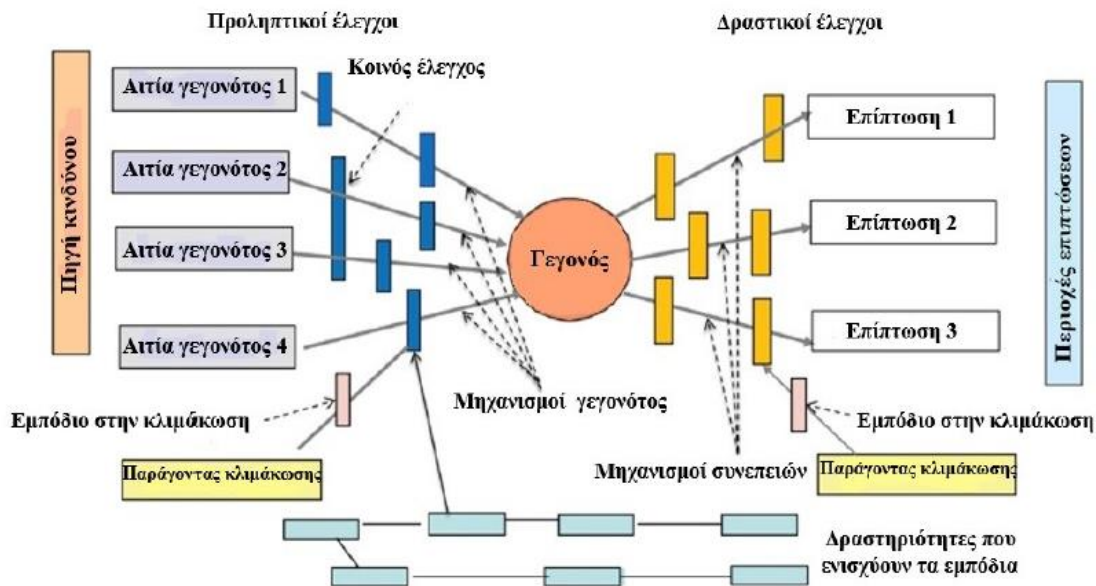
Εικόνα 3: Διαχείριση Διακινδύνευσης (Αρβανιτογιάννης, 2008)

Επιπλέον, στο πρότυπο ISO 31010:2019 περιγράφονται και τεχνικές για την ανάλυση της διακινδύνευσης οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αποφασίσουμε αν οι ενέργειες που έχουμε σχεδιάσει είναι επαρκείς. Στο επόμενο σχήμα 1 δίνονται αναλυτικά όποια μέθοδο αναφέρει το Πρότυπο. Ας δούμε αναλυτικά κάποιες από αυτές:



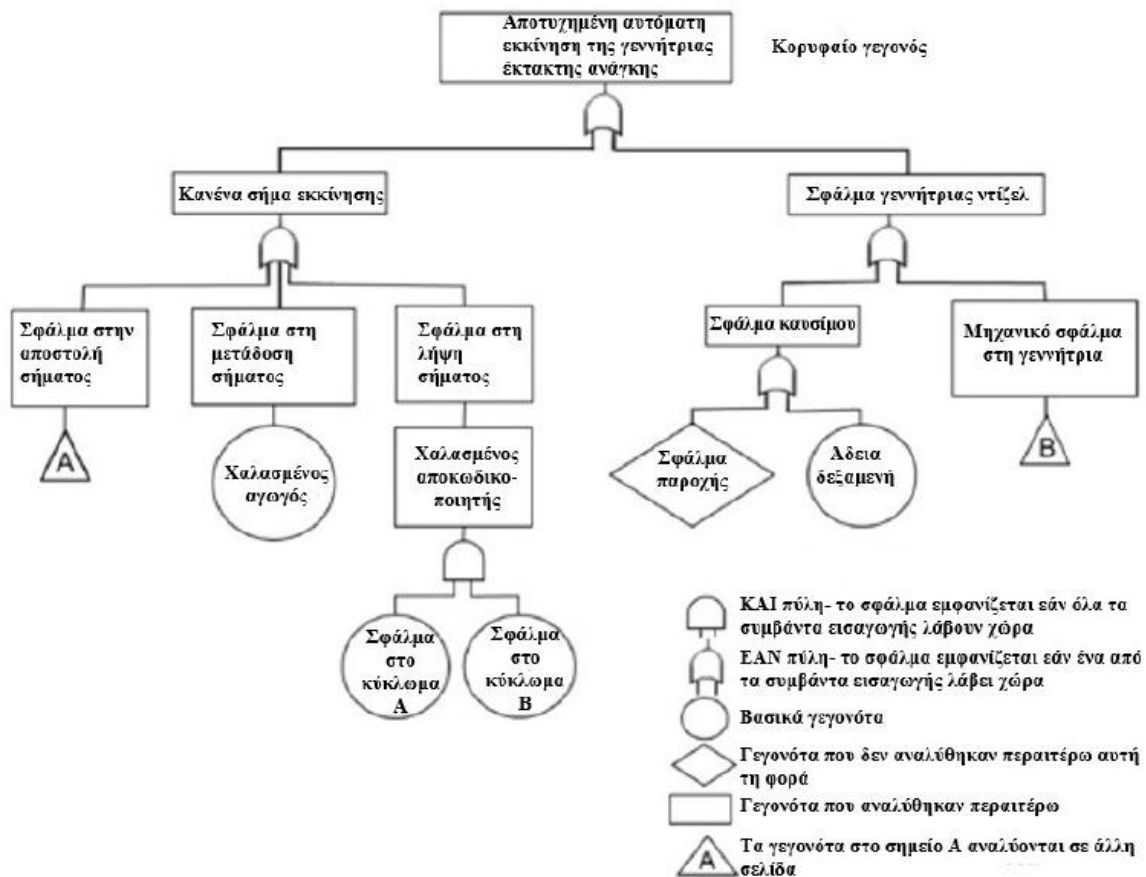
Σχήμα 1: Εφαρμογή τεχνικών στην διαδικασία διακινδύνευσης (ISO 31010,2019)

➤ **Ανάλυση Bow Tie.** Η μέθοδος είναι μια γραφική απεικόνιση της πορείας ενός συμβάντος από τις αιτίες προς τις επιπτώσεις του (Αδαμίδης, Ε, 2015).



Εικόνα 4 : Ανάλυση Bow Tie (ISO 31010:2019)

- **Ανάλυση Κίνδυνου Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου(HACCP)**. Η συγκεκριμένη ανάλυση χρησιμοποιείται για την ασφάλεια των τροφίμων αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε κλάδους εκτός του τομέα αυτού. Η ανάλυση αποσκοπεί στην επιθεώρηση όχι μόνο στο τέλος της διαδικασίας αλλά και κατά την εξέλιξη της (Γεωργακάκος, Γ.,2002).
- **Μελέτη LOPA (Layer of Protection Analysis)**. Ο συγκεκριμένος τύπος μελέτης έχει ως στόχο την μείωση του κινδύνου μετά από την εφαρμογή ενός πλήθους ελέγχων.
- **Bayesian ανάλυση**. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιεί δεδομένα κρίσιμα αλλά και εμπειρικά. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια εκ των προτέρων εκτίμηση για την κατάσταση μιας παραμέτρου του συστήματος.
- **Bayesian δίκτυο**. Αντλώντας πληροφορίες από το πρότυπο το δίκτυο αποτελεί ένα γραφικό μοντέλο του οποίου οι κομβοί είναι τυχαίες μεταβλητές και συνδέονται μεταξύ τους με τόξα τα οποία είναι οι εξαρτήσεις μεταξύ των μεταβλητών (ISO 31010:2019).
- **Ανάλυση Επιχειρηματικών Επιπτώσεων (BIA)**. Η ανάλυση βλέπει με ποιο τρόπο μπορούν να επηρεαστούν οι λειτουργίες ενός οργανισμού βαθμονομώντας τις δυνατότητες που υπάρχουν για την αντιμετώπισή τους. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας ερωτηματολόγια, συνεντεύξεις και ομάδες μελέτης.
- **Ανάλυση αιτίου- αποτελέσματος (CCA)**. Χρησιμοποιεί την ανάλυση μεταξύ διαδοχικών χρονικά αστοχιών και επιτρέπει την ενσωμάτωση χρονικών καθυστερήσεων με αποτέλεσμα να μπορεί να υπάρξει ανάλυση διαφορετικών αιτιών του συμβάντος.
- **Ανάλυση Δέντρου Γεγονότων (ETA)**. Αποτελεί γραφική τεχνική στην οποία χρησιμοποιώντας αλληλο-αποκλειούμενες ακολουθίες γεγονότων που μπορεί να συμβούν μετά το αρχικό συμβάν. Μπορεί να γίνει ποσοτικοποίηση του δέντρου μέσω πιθανοτήτων. (ISO 31010:2019).
- **Δέντρο Ανάλυσης Σφαλμάτων (FTA)**. Η ανάλυση δέντρου σφαλμάτων υπάρχει ένα ανεπιθύμητο συμβάν το οποίο ονομάζεται «Κορυφαίο» και αναλύεται στις αιτίες του. Χρησιμοποιούνται λογικές πύλες και το συμβάν αναλύεται μέχρι να μην μπορεί να υπάρξει περαιτέρω παραγωγική ανάλυση.



Εικόνα 5: Δέντρο Ανάλυσης Σφαλμάτων (ISO 31010:2019).

- **Τρόποι αστοχίας και ανάλυση αποτελεσμάτων (FMEA).** Σύμφωνα με το Πρότυπο ορίζεται μια ομάδα η οποία θα χωρίσει το σύστημα ανάπτυξης, σχεδιασμού και παραγωγής ενός προϊόντος σε υποσυστήματα. Για καθένα από αυτά θα πρέπει να ελεγχθεί αν υπάρχει πιθανότητα εμφάνισης κάποιας αποτυχίας και αυτές να αναλυθούν στα συστατικά τους. Τα βασικά μέρη που πρέπει να καταγράφουν είναι η λειτουργία του συστήματος, η πιθανή αστοχία, τα αίτια και η φύση της και τέλος οι επιπτώσεις της. Ακόμη είναι επιβεβλημένο να καταγράφουν οι τρόποι εντοπισμού της και οι τρόποι με τους οποίους θα καταφέρουμε να την αντισταθμίσουμε. Η τεχνική FMEA μπορεί να αναπτυχθεί κατά τον σχεδιασμό, την παραγωγή και την λειτουργία ενός συστήματος ενώ είναι ένα εργαλείο παροχής πληροφοριών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά όπως τα δέντρα ανάλυσης σφαλμάτων ή η μέθοδος υπολογισμού συνόλων διακοπής.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ

Όπως είδαμε και στην ανάλυση του ISO 31000, αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία της διαχείρισης μιας ευκαιρίας ή και κίνδυνου, η δέσμευση της Διοίκησης ενός οργανισμού. Όταν υπάρχει η δέσμευση αυτή, τα στελέχη έχοντας αντιληφθεί ότι η αξία της επιχείρησης τους εξαρτάται από την ικανότητά της να διαχειρίζεται την γνώση που έχει αποκτηθεί, συλλέγουν και επεξεργάζονται δεδομένα λαμβάνοντας ανατροφοδότηση από το εξωτερικό περιβάλλον της και τους πελάτες, κατανοώντας και προσεγγίζοντας την σύγχρονη εποχή και τις ευκαιρίες που δημιουργούνται με απώτερο στόχο να αποκτήσουν ένα σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Με γνώμονα αυτό λαμβάνονται οι αποφάσεις στο στρατηγικό επίπεδο, οι οποίες είναι κυρίως αδόμητες, βασίζονται δηλαδή κυρίως στην κρίση και την εμπειρία των στελεχών. Σ αυτή την κρίση θα πρέπει να στηριχθεί όλο το οικοδόμημα της διαχείρισης ευκαιριών για να υπάρξει τελικά προστιθέμενη αξία στις δραστηριότητες του οργανισμού.

Υπάρχουν διάφορα ερωτήματα στα οποία θα πρέπει απαντήσουν οι Διοικούντες έναν οργανισμό. Κυρίως αφορούν στην κατεύθυνση του ρίσκου κατά την αξιολόγηση των επιχειρηματικών στρατηγικών. Δηλαδή ποια ρίσκα είναι κρίσιμης σημασίας να αποφευχθούν ή να τα αξιοποιήσουν, ποια είναι η στρατηγική επίδραση της τεχνολογίας στις διεργασίες της εταιρείας, ποιες επενδύσεις πρέπει να γίνουν για να εκμεταλλευθούν οι ενδεχόμενες ευκαιρίες αλλά και ποιοι είναι οι κίνδυνοι οι οποίοι θα υπονομεύσουν την επιχειρηματική δραστηριότητα. Παράλληλα και η ταχύτητα των παραγόντων που δημιουργούν τα ρίσκα είναι σήμερα τόσο μεγάλη και απότομη, όπως για παράδειγμα η εκτόξευση της καμπύλης της καινοτομίας, που κάθε οργανισμός θα πρέπει να είναι πάρα πολύ καλά προετοιμασμένος και ευέλικτος σε σχέση με το παρελθόν ώστε να ανταποκριθεί. Εάν θέλαμε να δώσουμε έναν ορισμό του στρατηγικού ρίσκου θα χρησιμοποιούσαμε έναν αρκετά πρόσφατο, ο οποίος δόθηκε από τους **Frigo & Anderson το 2011** και διατυπώνεται ως εξής: « Η διαχείριση ρίσκου αποτελεί μια διαδικασία αναγνώρισης, αξιολόγησης και διαχείρισης ρίσκων και αβεβαιοτήτων, επηρεασμένων από εσωτερικά και εξωτερικά γεγονότα και σενάρια, τα οποία δύναται να αναστείλουν την ικανότητα του οργανισμού να επιτύχει τους στρατηγικούς στόχους, με βασικό σκοπό την δημιουργία και τη προστασία της αξίας των μετόχων και των άμεσα ενδιαφερομένων. Είναι πρωταρχικό συστατικό και σημαντική βάση της Διαχείρισης Επιχειρηματικού Ρίσκου».

Βασισμένοι στον ορισμό αυτό μπορούμε να αποδώσουμε κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στην Διαχείριση στρατηγικού ρίσκου:

- Είναι βασικό κομμάτι της διαδικασίας διαχείρισης επιχειρηματικών ρίσκων
- Ο απώτερος σκοπός είναι η προστασία των μετόχων και των άμεσα ενδιαφερομένων μερών
- Απαιτείται να υπάρχει στρατηγική αντίληψη για τους κίνδυνους και τις ευκαιρίες και κατά πόσο αυτά επηρεάζονται από εσωτερικά και εξωτερικά γεγονότα
- Είναι μια συνεχής διαδικασία η οποία ενσωματώνεται στην γενικότερη στρατηγική του οργανισμού
- Είναι μια διαδικασία αναγνώρισης, αξιολόγησης και διαχείρισης όλων εκείνων των καταστάσεων που θα εμποδίζουν την ολοκλήρωση των σκοπών και των στρατηγικών στόχων μιας εταιρείας.
- Εξ' ορισμού επηρεάζεται από τις αποφάσεις και την διαχείριση των γεγονότων από τα Ανώτερα στελέχη ενός οργανισμού.

Ένας ακόμη ορισμός είναι εκείνος των Garvey & Roggi το 2014 οι οποίοι συσχετίζουν την διαχείριση του στρατηγικού ρίσκου με εκείνη της διαχείρισης του επιχειρηματικού ρίσκου και είναι ο εξής : «Η SRM (strategic risk management) μεθοδολογία είναι μια προέκταση της ERM (Enterprise risk management) και ένας τρόπος να κατανοηθεί και να υπογραμμισθεί η σημασία της διαχείρισης λειτουργικών και στρατηγικών παραγόντων που περιλαμβάνουν ρίσκο για να επιτύχουμε μακροχρονίους εταιρικούς στόχους. Τα στρατηγικά ρίσκα έχουν υψηλή αβεβαιότητα για την οποία δεν υπάρχουν προηγούμενα ιστορικά στοιχεία στα οποία να ανατρέξουμε. Επιπλέον περιλαμβάνουν οικονομικά ρίσκα, πολιτικά όπως οι μεταρρυθμίσεις και οι διάφορες πολιτικές εξελίξεις αλλά και ευκαιρίες/κίνδυνους λόγω των κοινωνικών τάσεων και της προόδου της τεχνολογίας». Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό οι οργανισμοί πρέπει να έχουν την ικανότητα να διαχειριστούν τους κινδύνους και τις ευκαιρίες που τους παρουσιάζονται κατά τον βέλτιστο τρόπο. Θα πρέπει επίσης να συμπεριληφθεί η πιθανή αλληλεξάρτηση μεταξύ κάποιων ρίσκων, σημείο σημαντικό για την κατανόηση και εφαρμογή μιας αποτελεσματικής διαχείρισης. Εδώ θα πρέπει επίσης να κάνουμε έναν διαχωρισμό μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών ρίσκων. Τα εξωτερικά (πολιτικές εξελίξεις, φυσικές καταστροφές, κτλ.) δεν είναι δυνατόν να αποτραπούν, μπορούν όμως να ελέγχουν οι συνέπειες τους μέσω πλάνων επιχειρησιακής συνέχειας. Τα εσωτερικά ρίσκα είναι εκείνα τα οποία πρέπει να διαχειριστεί η εταιρεία για να αυξήσει την προστιθέμενη αξία των προϊόντων και υπηρεσιών που παρέχει. Τα ρίσκα αυτά έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως α) δεν μπορούν

να οριστούν εκ των προτέρων, β) απαιτούν την βαθιά κατανόηση τους για να υπάρξει διορθωτική ενέργεια (πολλές φορές τα ανώτατα στελέχη πιστεύουν ότι μπορούν εύκολα να τα μετρήσουν και να τα ελέγξουν αλλά αυτό είναι ψευδές), γ) δεν έχουν μια μόνη λύση, δ) δεν μπορούμε εκ των προτέρων να ορίσουμε την αποτελεσματικότητα της διορθωτικής ενέργειας, ε) θέτοντας κάποια διορθωτική ενέργεια σε εφαρμογή μπορεί να επηρεαστεί κάποιο άλλο σημείο μέσα στον οργανισμό στ) υπάρχει η υψηλή αβεβαιότητα στο ίδιο το ρίσκο η οποία είναι συνδεδεμένη με τις διορθωτικές ενέργειες, και ζ) είναι μοναδικά για τον οργανισμό, επειδή η στρατηγική και η εταιρική κουλτούρα είναι διαφορετικές για κάθε επιχείρηση (Nutt & Wilson, 2010).

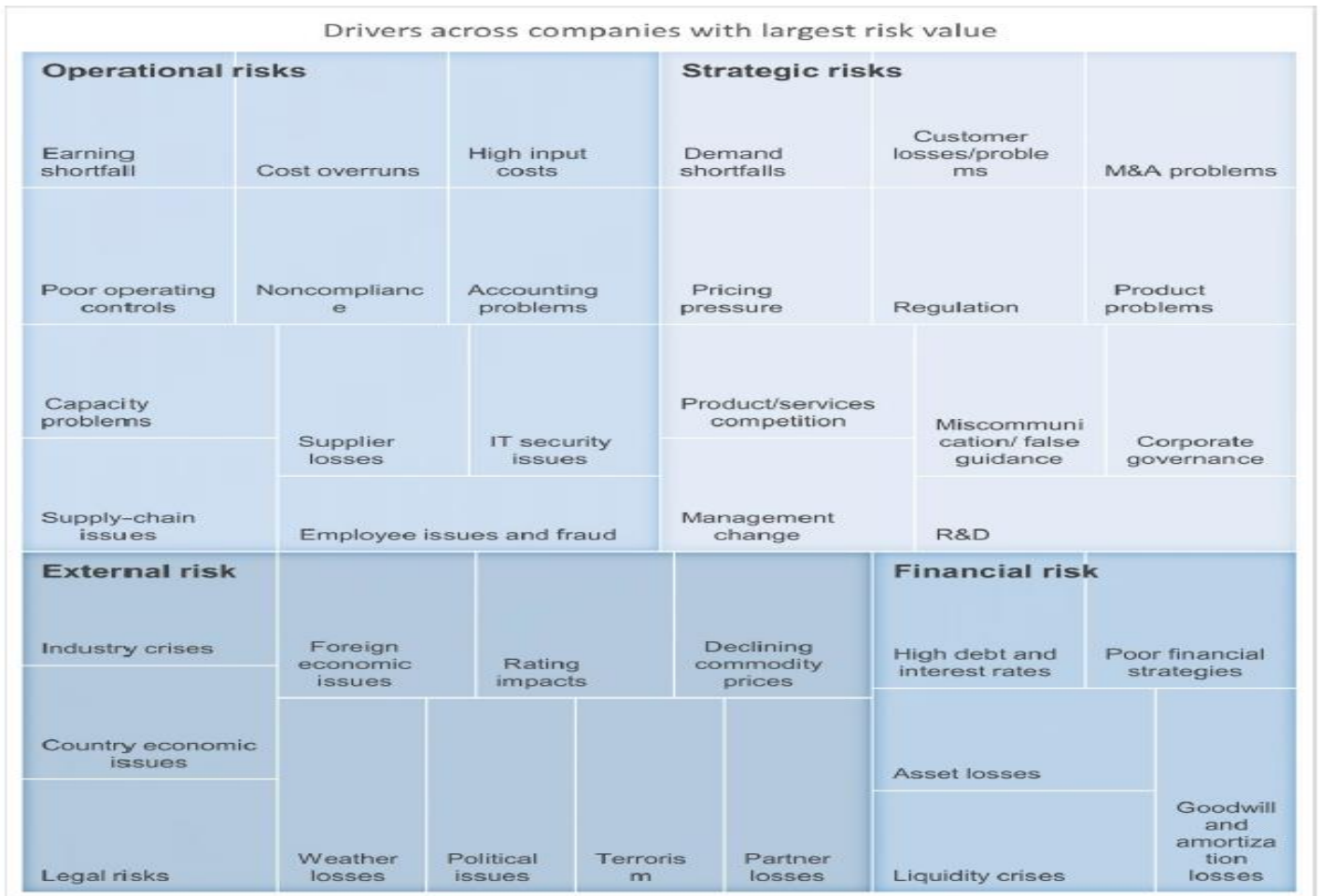
Μελέτες παγκοσμίως έχουν δείξει ότι τα στρατηγικά ρίσκα αποτελούν το 60% της μείωσης στην κεφαλαιοποίηση ενός οργανισμού ενώ τα λειτουργικά ρίσκα αποτελούν το 30% και τα χρηματοοικονομικά μόλις το 10%. Τα τελευταία χρόνια το μέγιστο ποσοστό των οργανισμών έχουν δαλέξει να ασχοληθούν με την διαχείριση του στρατηγικού ρίσκου αλλάζοντας ολοκληρωτικά την προσέγγισή τους. Η αποτελεσματική διαχείριση του ρίσκου αποδεδειγμένα προσφέρει πάρα πολλά σ έναν οργανισμό και την κερδοφορία του αποφεύγοντας εν δυνάμει κινδύνους και ταυτόχρονα βελτιώνει την θέση του στο παγκόσμιο γίγνεσθαι (Dr George Klein, 2014).



Εικόνα 6 : Risk assessment ((ISO 31000, 2018)

Σπουδαίο βοήθημα στην διαχείριση των κινδύνων αποτελεί η επιχειρηματική ευφυΐα. Ένας όρος ο οποίος περιγράφει τα εργαλεία συλλογής και επεξεργασίας μεγάλων κατά βάση δεδομένων τα οποία βοηθούν τα στελέχη των επιχειρήσεων να πάρουν κρίσιμες αποφάσεις. Επιπλέον συστήματα διαχείρισης γνώσης μπορούν να ενσωματωθούν στην γραμμή παραγωγής μιας εταιρείας και μ'αυτόν τον τρόπο να οδηγηθούμε στην αυτοματοποίηση και την συντόμευση των διεργασιών.

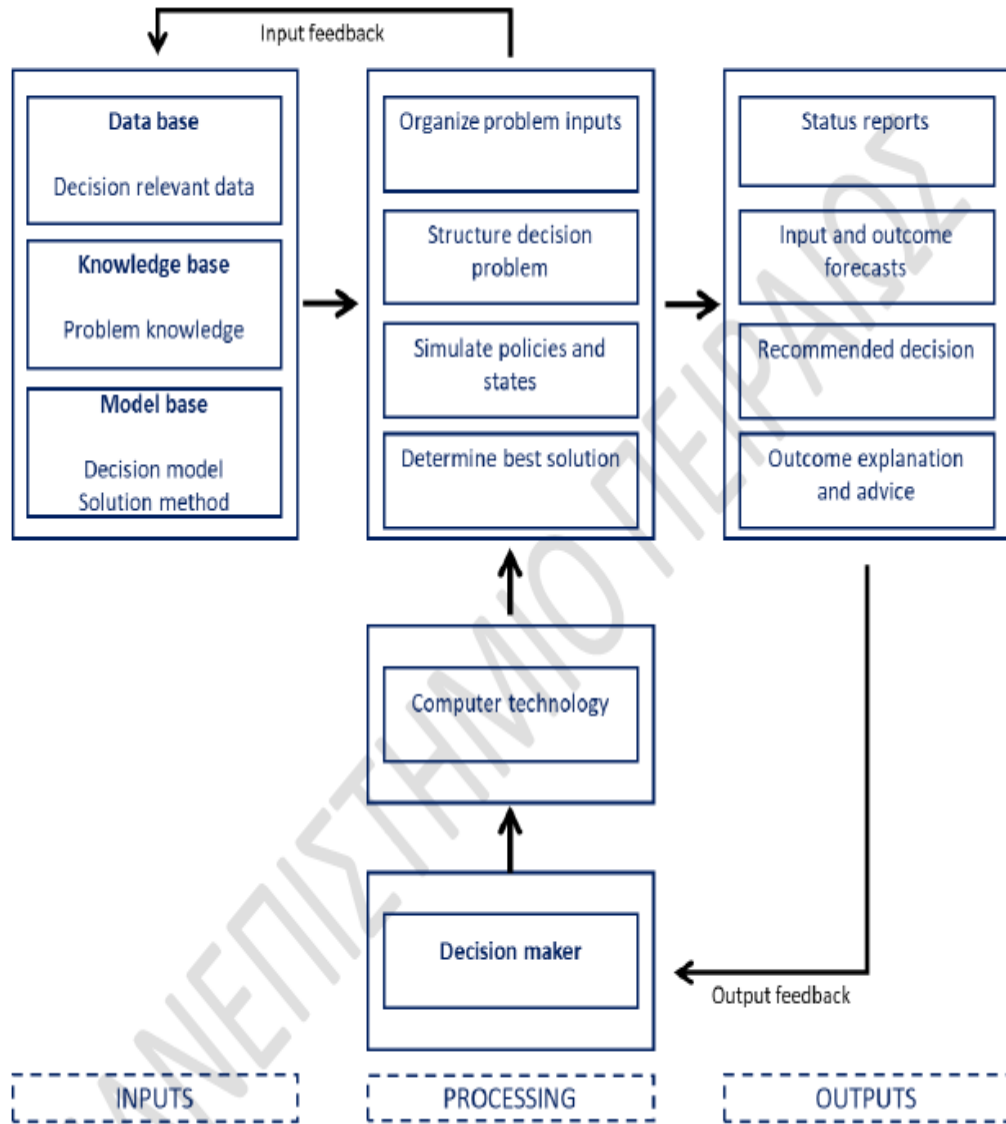
Αποτέλεσμα είναι η μείωση του λειτουργικού κόστους αλλά και η μέγιστη παραγωγικότητα. Όλα αυτά βέβαια με την προϋπόθεση ότι τα εισερχόμενα δεδομένα θα είναι ακριβή, ολοκληρωμένα, έγκυρα και προσβάσιμα. Αν αυτά τα κριτήρια δεν ισχύουν, το πληροφοριακό σύστημα δεν θα μπορέσει να ανταποκριθεί στον ρόλο του.



Εικόνα 7 : Παράγοντες ρίσκου (IEC 60812:2018)

Μέρος της επιχειρηματικής ευφυΐας αποτελούν και τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων τα οποία βοηθούν τα στελέχη να κατανοούν και να αναλύουν τα ρίσκα (Li, Z. Chen, L. 2019). Ο λαμβάνων την απόφαση γίνεται μέρος της διαδικασίας και έχει την δυνατότητα αναζήτησης περισσότερων επιλογών αλλά και επεξεργασίας των δεδομένων και των αποτελεσμάτων. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για επίλυση διοικητικών προβλημάτων είτε και πιο συνθέτων, αφού είναι ικανά να συμβάλλουν στην λήψη της απόφασης καθοδηγώντας τον χρήστη και δίνοντας του τον τελευταίο λόγο. Η εικόνα 5 μας δίνει σχηματικά την διαδικασία. Είσοδο αποτελεί μια βάση δεδομένων που μπορεί να περιλαμβάνει ακόμη και έναν οδηγό για την επιλογή

εναλλακτικής, όπου μέσω μοντέλων που περιλαμβάνουν κυρίως δομημένους αλγορίθμους και μεθοδολογίες επίτευξης αποτελεσμάτων έχουμε την αλληλεπίδραση με τον λαμβάνων την τελική απόφαση είτε να δώσει περισσότερες πληροφορίες, είτε να ζητήσει περαιτέρω αποτελέσματα.



Εικόνα 8: Επιχειρηματική ευφυΐα (IEC 60812:2018)

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Εάν θέλαμε να δώσουμε έναν ορισμό της ποιότητας θα λέγαμε με απλά λογία ότι ποιότητα ενός προϊόντος είναι «η καταλληλότητα για χρήση». Στην βιβλιογραφία υπάρχουν διάφοροι ορισμοί ανάλογα με το πλαίσιο και τον τομέα εφαρμογής. Παραθέτοντας κάποιους γενικούς ορισμούς :

➤ **Ορισμός ISO (Διεθνής Οργανισμός Πιστοποίησης)**

Σύμφωνα με το ISO 9000, η ποιότητα ορίζεται ως « ο βαθμός με τον οποίο ένα σύνολο χαρακτηριστικών ενός προϊόντος, συστήματος ή διαδικασίας συμφωνεί με τις απαιτήσεις που ορίζονται από τους πελάτες ή τις προδιαγραφές» (ISO 9001, 2015)

➤ **Ορισμός ASQ (American Society for Quality)**

Η ASQ ορίζει την ποιότητα ως «την συνολική ικανοποίηση των χαρακτηριστικών ενός προϊόντος ή υπηρεσίας σχετικά με τις προδιαγραφές του και τις προσδοκίες του πελάτη.» (American Society for Quality, 2018)

➤ **Ορισμός Phillip Crosby**

Ο γκουρού της ποιότητας Crosby έχει διατυπώσει την ακόλουθη φράση « Η ποιότητα είναι δωρεάν. Είναι μόνο τα προϊόντα που είναι πολύ ακριβά. Χρειαζόμαστε μηδέν ελαττώματα». Για αυτόν υπάρχουν τρία απόλυτα τεκμήρια. Η ποιότητα είναι η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις, απαιτείται η πρόληψη αντί για εκτίμηση και μέτρο της ποιότητας είναι η αξία των μη συμμορφώσεων. (Στεφανάτος, 2000)

➤ **Ορισμός Joseph Juran**

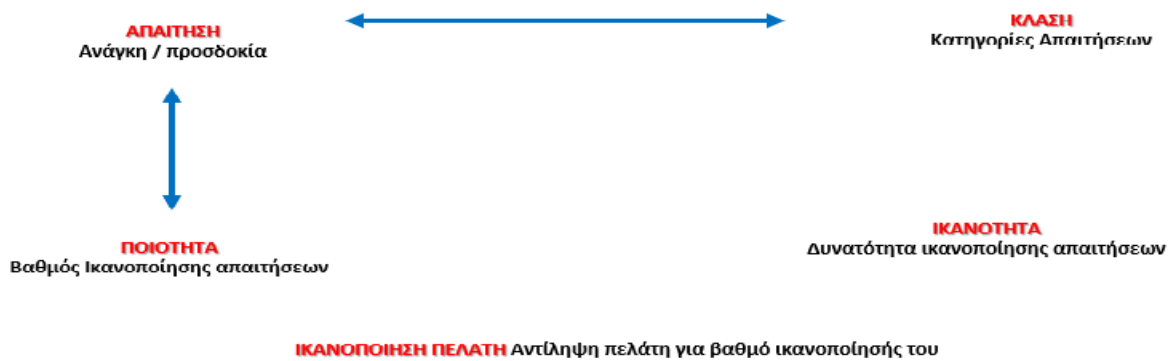
Ο επίσης γκουρού της ποιότητας Juran έχει ορίσει την ποιότητα ως « την ικανότητα του προϊόντος να ικανοποιεί / πληροί τις επιθυμίες του πελάτη» και επίσης ότι « η ποιότητα δεν συμβαίνει κατά τύχη, πρέπει να προσχεδιαστεί». Το σύνολο της φιλοσοφίας του συνοψίζεται στην φράση ότι ο Σχεδιασμός για την ποιότητα αποτελεί μέρος ενός αέναου κύκλου ο οποίος περιλαμβάνει την βελτίωση της ποιότητας άλλα και τον έλεγχό της. (Στεφανάτος, 2000)

➤ **Ορισμός Six Sigma**

Στο πλαίσιο της μεθοδολογίας Six Sigma η ποιότητα ορίζεται ως « η συνολική εμπειρία του πελάτη με το προϊόν ή την υπηρεσία, συμπεριλαμβανομένων πτυχών όπως η ασφάλεια, η αξία και η επίδοση» (Αγγελόπουλος, 2000)

Όλοι οι παραπάνω ορισμοί, παρόλο που προέρχονται από διαφορετικές σχολές και προσεγγίσεις αντανακλούν κοινές πτυχές της ποιότητας όπως η συμμόρφωση με τις προδιαγραφές, την ικανοποίηση του πελάτη και την συνεχή βελτίωση. Η εικόνα 6 (ΕΛΟΤ ISO 9000, 2005) αποτυπώνει την συσχέτιση αυτών των πτυχών.

Με βάση το ζητούμενο αποτέλεσμα και την διαδικασία που εφαρμόζεται έχουμε δυο διαφοροποιήσεις της ποιότητας. Είναι η «Ποιότητα Σχεδιασμού» (quality of design or grade) όπου περιγράφει τον μετασχηματισμό των απαιτήσεων σε καθορισμένα χαρακτηριστικά / προδιαγραφές και την «Ποιότητα Παραγωγής» (quality of conformance) όπου αναφερόμαστε στην παραγωγή προϊόντων, σταθερά σε συμμόρφωση με αυτά τα χαρακτηριστικά / προδιαγραφές. Σε κάθε περίπτωση παραγωγής προϊόντος υφίσταται μια βέλτιστη τιμή για την ποιότητα παραγωγής όπως και σε κάθε περίπτωση ανάπτυξης προϊόντος υπάρχει μια αντίστοιχη βέλτιστη τιμή σχεδιασμού (Juran et al, 1962). Επιπλέον πάντα υπάρχει μια άρρηκτη σχέση μεταξύ κόστους παραγωγής, ποιότητας της παραγωγής και της απόδοσης του προϊόντος.



(Αγγελόπουλος,2000)

ΟΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Κατά τον γκουρού της ποιότητας David Garvin η ποιότητα έχει οκτώ διαστάσεις οι οποίες είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους άλλα και αυτό-προσδιοριζόμενες, ενώ υπερκαλύπτουν τις διαφορετικές αντιλήψεις που έχουν για την ποιότητα οι πελάτες, οι προμηθευτές, οι εργαζόμενοι κτλ.

- *Απόδοση (Performance)* : Αφορά στα χαρακτηριστικά λειτουργίας του προϊόντος ή της υπηρεσίας που εξυπηρετούν εσωτερικούς και εξωτερικούς πελάτες.
- *Χαρακτηριστικά (Features)* : Αφορά στα επιπλέον χαρακτηριστικά του προϊόντος που δημιουργούν μια ευνοϊκότερη αντίληψη για αυτό.
- *Αξιοπιστία (Reliability)* : Το πλήθος των αστοχιών που μπορεί να παρουσιαστούν στο προϊόν ή την υπηρεσία και την συχνότητα εμφάνισής τους. Υπάρχουν συγκεκριμένοι δείκτες

που αξιολογούν την αξιοπιστία όπως ο MTBF (mean time between failures) & MTTR (mean time to repair).

- *Συμμόρφωση (Conformance)* : Το ποσοστό συμμόρφωσης του προϊόντος με τις προδιαγραφές του
- *Διάρκεια ζωής (Durability)* : Είναι ο χρόνος ζωής του προϊόντος και κατά πόσο χρειάζεται συντήρηση ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των πελάτων.
- *Αισθητική (Aesthetics)* : Πόσο «καλό» είναι αισθητικά το προϊόν, η εμφάνιση του, το στυλ του κτλ.
- *Ικανότητα υποστήριξης (Serviceability)* : Αφορά στις υπηρεσίες υποστήριξης για το προϊόν, δηλαδή την ταχύτητα, την ικανότητα, την φιλική διάθεση κατά την τεχνική υποστήριξη και του service. Είναι η ποιότητα εξυπηρέτησης μετά την πώληση και αφορά στην συμπεριφορά της εταιρείας προς τους πελάτες της.
- *Αντιλαμβανομένη ποιότητα (Fame)* : Είναι η φήμη που ακολουθεί το προϊόν ή την υπηρεσία, και αποτελεί έναν συνδυασμό όλων των παραπάνω παραγόντων όπως τις αξιολογεί ο πελάτης.

Η ΣΠΑΤΑΛΗ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Αναφέρθηκε και προηγουμένα ότι ο Γκουρού της Ποιότητας Juran θεωρεί την «χωρίς λάθη παραγωγή προϊόντος» ως την δεύτερη διάσταση της ποιότητας. Λέγοντας «σπάταλη» εννοούμε το επιπλέον κόστος για την παραγωγή ενός προϊόντος ή την παροχή μιας υπηρεσίας. Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης ορίζει το κόστος ως «Κόστος ποιότητας είναι το άθροισμα των δαπανών που αναφέρονται στις ενέργειες πρόληψης των μη συμμορφώσεων και των απωλειών που προκαλούνται από τις μη συμμορφώσεις». Σήμερα το κόστος ποιότητας αποδίδεται σε ποσοστά 20-40% επί των πωλήσεων. Οι βασικοί λόγοι για την αναλυτική αποτύπωση του κόστους ποιότητας δίνονται : (Sanjay B. et al, 2006):

- Τα ανώτερα στελέχη πρέπει να γνωρίζουν το κόστος σε μέγεθος υπολογίσιμο και συγκρίσιμο.
- Μπορούν να καταγραφούν οι αιτίες των αστοχιών ώστε να μειωθεί το κόστος με εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών.

- Δύναται η δυνατότητα να προσδιοριστούν οι μέθοδοι που θα μειώσουν ή και θα εξαφανίσουν πιθανή δυσaréσκεια των καταναλωτών.
- Το κόστος ποιότητας αποτελεί δείκτη αξιολόγησης κατά την χρήση προγραμμάτων βελτίωσης και διασφάλισης ποιότητας.

Υπάρχουν διαφορετικά είδη κόστους τα οποία θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ανεξάρτητα λόγω των διαφορετικών συνιστωσών που τα αποτελούν.

- Το Κόστος Ποιότητας : Αποτελείται από μερικά κόστη όπως εκείνα του κόστους πρόληψης, του κόστους εκτίμησης ποιότητας, του εσωτερικού και εξωτερικού κόστους.
- Κόστος Μη Ποιότητας : Αδικαιολόγητες επιβαρύνσεις του κόστους ενός προϊόντος.
- Κόστος Χαμηλής Ποιότητας : Τα ειδικά αίτια που οδηγούν σε εφαρμογή επιπλέον ενεργειών, των διορθωτικών ενεργειών, που θα μπορούσαμε να έχουμε αποφύγει.
- Κόστος Επιχειρησιακής φθοράς : Είναι το κόστος λόγω την απώλεια φήμης του προϊόντος ή του οργανισμού.
- Κόστος Συμμόρφωσης : Το κόστος για την εφαρμογή των σχεδιασμένων προδιαγραφών και των κανονιστικών διατάξεων στα προϊόντα της εταιρείας .
- Κόστος Μη Συμμόρφωσης : Όλοι οι χαμένοι πόροι, υλικοί και ανθρώπινοι, κατά την διεργασία αποδοχής και επιδιόρθωσης των μη συμμορφουμένων.



Εικόνα 9 : Στοιχεία κόστους Ποιότητας (Αρβανιτογιάννης, 2008)

Το Κόστος Έλλειψης Ποιότητας αποτελεί την διαφορά μεταξύ του **ιδανικού** και του **πραγματικού** κόστους. Όλες οι υποστηρικτικές διεργασίες και λειτουργίες που συσχετίζονται με την παραγωγή όπως η παροχή υπηρεσιών και η σχέση του οργανισμού με ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα, ειδικότερα λειτουργιών που έχουν να κάνουν με την σπατάλη χρόνου λόγω κακού προγραμματισμού παραγωγής αλλά και εισαγωγής των προμήθειων, αφορούν σ' αυτό το κόστος. Επιπλέον, η σπατάλη λόγω ακανόνιστης παραγωγικής διαδικασίας η οποία οδηγεί σε αποθήκευση ενδιάμεσων προϊόντων, αλλά και στην σπατάλη της απόδοσης του εργατικού δυναμικού με την συχνά ακανόνιστη λειτουργία των σταθμών ελέγχου λόγω μη ύπαρξης μονάδων προς έλεγχο είναι επίσης συνιστώσες του πραγματικού κόστους. Αποτέλεσμα αυτού, είναι η κατανάλωση χρόνου και υλικών που θα μπορούσαν να μας ήταν διαθέσιμα σε διαφορετικό παραγωγικό χρόνο για προϊόντα τα οποία δεν θα μπορούσαν την στιγμή που είναι αναγκαίο να παραχθούν, λόγω έλλειψης των πρώτων υλών. Στην εικόνα 11 αποτυπώνεται η καμπύλη κόστους και βλέπουμε ότι το ελάχιστο συνολικό κόστος βρίσκεται εκεί που η καμπύλη του κόστους των μη συμμορφώσεων τέμνει την καμπύλη κόστους πρόληψης. Στην εικόνα 10 παραθέτοντας τα βήματα για να πραγματοποιηθεί η σχετική μείωση κόστους σε μια επιχείρηση.

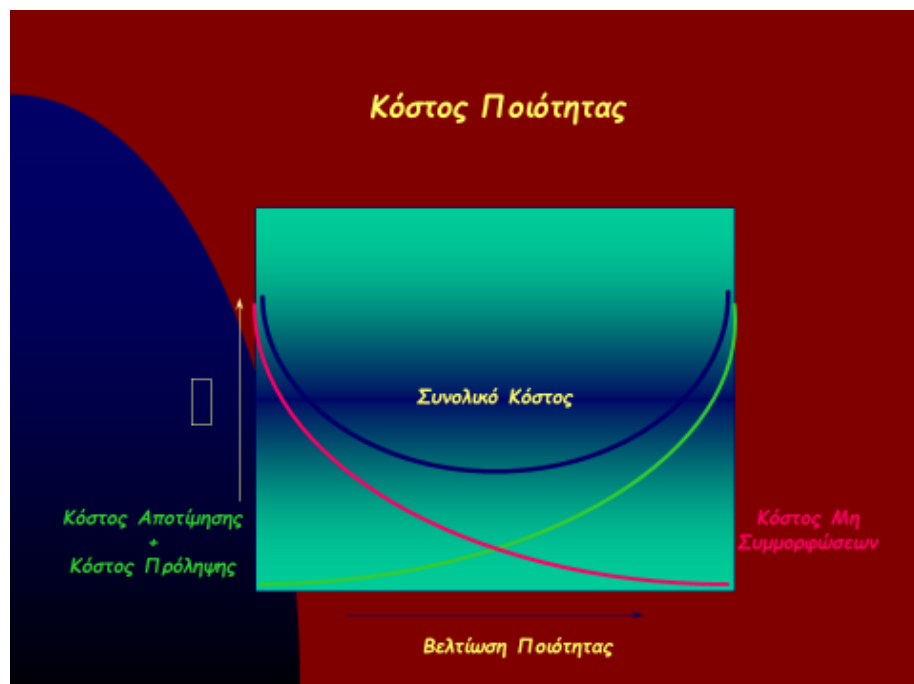


Εικόνα 10: Ακολουθία δράσεων μείωσης κόστους (Αρβανιτογιάννης, 2008)

Σύμφωνα με τον δημιουργό του Toyota Production System (TPS) τα πιο συνηθισμένα είδη σπατάλης δημιουργούνται λόγω ύπαρξης των παρακάτω συνθηκών (Λεκκάκος Σ., 2007) :

- Σφάλμα σε σημείο της παραγωγής, το οποίο δημιουργεί την ανάγκη ύπαρξης τμημάτων ελέγχου και αποκατάστασης.

- Υψηλή συγκέντρωση ενδιάμεσων ή τελικών προϊόντων λόγω λανθασμένης πρόβλεψης και προγραμματισμού εργασιών.
- Μεγάλο απόθεμα πρώτων υλών, οι οποίες καταλαμβάνουν χώρο και δεσμεύουν κεφάλαια από το αποθεματικό της εταιρείας ενώ αυξάνουν παράλληλα το κόστος της απογραφής.
- Μη απαιτούμενες διεργασίες, διαδικασίες επιδιόρθωσης μη συμμορφωμένων
- Χωρίς κατάλληλο προγραμματισμό μετακίνηση υλικών και ανθρωπίνου δυναμικού ακόμη και σε μεγάλες αποστάσεις
- Ύπαρξη υψηλών χρόνων αναμονής των προϊόντων και των εργαζομένων. Τέτοιου είδους συνθήκες αυξάνουν το συνολικό κόστος διεκπεραίωσης
- Όταν οι εργαζόμενοι δεν συμμετέχουν ενεργά στην βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας. Δηλαδή η έμπρακτη υποτίμηση της δημιουργικότητας τους.



Εικόνα 11: Κλασικό μοντέλο κόστους Ποιότητας (Αρβανιτογιάννης, 2008)

ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΝΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ

«Η ανώτατη διοίκηση έχει την ευθύνη για την Ποιότητα. Αυτή η ευθύνη δεν μεταβιβάζεται. Το πρόβλημα είναι ότι η ανώτατη διοίκηση στερείται ενός βασικού στοιχείου, το οποίο αποκαλώ «βαθιά γνώση». Η σκληρή δουλειά, η καλύτερη προσπάθεια και οι καλύτερες προθέσεις δεν θα δημιουργήσουν από μόνες τους προϊόντα ποιότητας ή νέες αγορές. Απαιτείται αλλαγή τρόπου διαχείρισης με γνώση και εφαρμογή βαθιάς γνώσης» (Deming, 1993)

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια σύντομη παρουσίαση του Σχεδιασμού και του Προγραμματισμού για την Ποιότητα στα πλαίσια του σημερινού ανταγωνιστικού εμπορικού περιβάλλοντος που καλούνται να λειτουργήσουν οι επιχειρήσεις. Λέξεις κλειδιά στην ανάλυσή μας είναι «το Σχέδιο για την Ποιότητα», «Κύκλος Σχεδιασμού Ποιότητας» και «η Μελέτη Αξιοπιστίας». Ο σχεδιασμός της ποιότητας αποτελεί συγκεκριμένη μέθοδο η οποία καθορίζει τις απαιτούμενες ενέργειες για την διασφάλιση της εκπλήρωσης των αναγκών του πελάτη. Υπάρχουν συγκεκριμένα αποτελέσματα και οφέλη από την χρήση του σχεδιασμού. Παράδειγμα είναι ο καλός συντονισμός μεταξύ διαδοχών δραστηριοτήτων, η ανεύρεση των αναγκαίων αλλαγών στα αρχικά στάδια της σχεδίασης του προϊόντος, η ελαχιστοποίηση των τροποποιήσεων στα τελικά στάδια σχεδίασης και τέλος η έγκαιρη παράδοση ποιοτικών προϊόντων με το μικρότερο κόστος. Δημιουργείται ένα Πλάνο Ποιότητας (Quality Plan) το οποίο είναι συγκεκριμένο και αναφέρεται σε ένα προϊόν ή σε μια ομάδα ομοειδών προϊόντων. Το πλάνο αυτό το συντάσσεται από μια ομάδα ανθρώπων η οποία ορίζεται με ευθύνη της Γενικής Δ/σης και απαρτίζεται από στελέχη διάφορων τμημάτων του οργανισμού. Η ομάδα, μεταξύ άλλων, θα πρέπει να αξιολογήσει την δυνατότητα των διεργασιών παραγωγής κατά πόσο είναι συμβατές με τις απαιτήσεις παραγωγής των προϊόντων άλλα και να καταγράψει την ικανότητα των πόρων (υλικών και ανθρώπινων) να ανταπεξέλθουν σε διεργασίες εντοπισμού και αποκατάστασης μη συμμορφώσεων. Κατά την διαδικασία αυτή η ομάδα μπορεί να χρησιμοποιήσει τεχνικές και εργαλεία επίλυσης προβλημάτων όπως το brainstorming , τα affinity diagrams, τα block diagrams και τέλος την cause & effect analysis.

Ένα από τα βασικά και αρχικά θέματα με τα οποία θα καταπιαστεί η ομάδα σχεδιασμού είναι ο καθορισμός των αναγκών, των τεχνικών απαιτήσεων και ο προσδιορισμός των προσδοκιών των πελατών. Αυτό αποτελεί τον στόχο για την ποιότητα της σχεδίασης. Συγκεντρωτικά τα στάδια ως βασικά ζητούμενα του Quality Planning είναι:

Σχεδιασμός για την ποιότητα (quality planning)

↳ καθορισμός

- ▶▶ στόχων για την ποιότητα
- ▶▶ λειτουργικών διεργασιών
- ▶▶ πόρων

Διαμέσου αυτών των απαιτήσεων σκιαγραφείται ο χρόνος ζωής ενός προϊόντος, ο οποίος είναι συγκεκριμένος και μπορεί να κατανεμηθεί σε φάσεις. Οι φάσεις αυτές είναι : 1) Η φάση αρχικής σύλληψης του προϊόντος, 2) Η φάση αρχικού σχεδιασμού, 3) Η φάση βιομηχανοποίησης (εδώ ολοκληρώνεται ο σχεδιασμός), 4) Η φάση παραγωγής βιομηχανικού πρωτοτύπου (φάση πιστοποίησης προϊόντος), 5) Η φάση παραγωγής (φάση παραγωγής παρτίδας πιλότου και παραγωγή σειράς) και τέλος η 6) Η φάση χρήσης του προϊόντος. (Αγγελόπουλος, 2000)

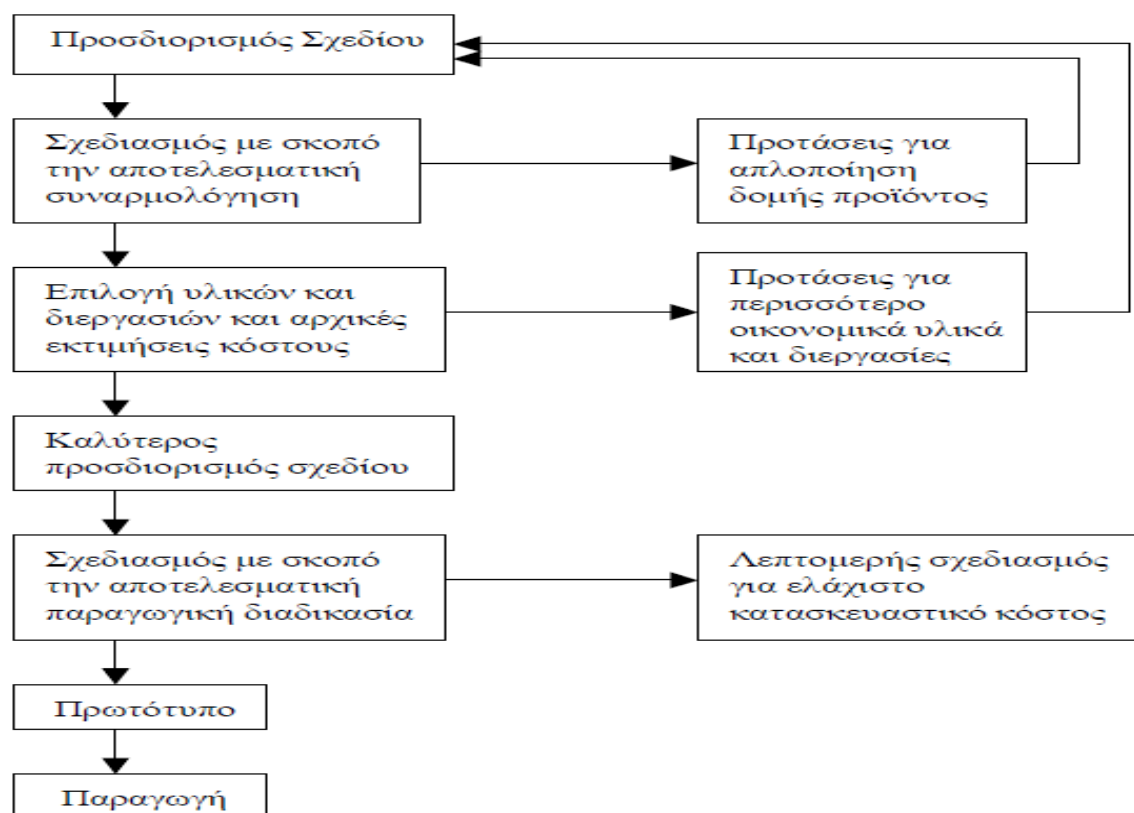
Αυτές οι φάσεις εμπίπτουν σε κάποιες δραστηριότητες/ διεργασίες σχεδιασμού. Οι διεργασίες αυτές είναι : 1) Τεκμηρίωση και προγραμματισμός (1^ο στάδιο), 2) Σχεδιασμός και ανάπτυξη νέου προϊόντος (2^α στάδιο), 3) Σχεδιασμός και ανάπτυξη Διεργασιών παραγωγής (2β στάδιο), 4) Πιστοποίηση- επικύρωση (3^α στάδιο) και 5) Διορθωτικές και προληπτικές ενέργειες (3β στάδιο). Προσπαθώντας να κάνουμε μια συσχέτιση μεταξύ των φάσεων ζωής και των σταδίων σχεδίασης το αποτέλεσμα είναι :

- 1^ο Στάδιο (τεκμηρίωση και προγραμματισμός). Περιλαμβάνει την 1^η φάση της αρχικής σύλληψης του προϊόντος και την 2^η φάση του αρχικού συνδυασμού.
- 2^α Στάδιο (σχεδιασμός και ανάπτυξη προϊόντος) και το 2β^ο Στάδιο (σχεδιασμός και ανάπτυξη διεργασιών). Περιλαμβάνει την 3^η φάση της βιομηχανοποίησης ΚΑΙ την αρχή της 4^{ης} φάσης της παραγωγής βιομηχανικού πρωτοτύπου, όμως ΠΡΙΝ την πιστοποίηση των κατασκευαστικών σχεδίων, των τεχνικών προδιαγραφών και των διεργασιών.
- 3^α Στάδιο (πιστοποίηση προϊόντος και διεργασιών παραγωγής). Περιλαμβάνει την 4^η φάση δηλαδή την παραγωγή του βιομηχανικού προτύπου, με την έναρξη της πιστοποίησης των κατασκευαστικών σχεδίων, τις δοκιμές τύπου, κ.α. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει ακόμη και την παραγωγή παρτίδας πιλότου που όμως είναι μέρος της 5^{ης} φάσης, της φάσης παραγωγής.
- 3β^ο Στάδιο (διορθωτικές και προληπτικές ενέργειες). Περιλαμβάνει την 5^η φάση, φάση παραγωγής, μετά από την παραγωγή παρτίδας πιλότου. (Αγγελόπουλος, 2000)

Ανάλογα με τα στάδια έχουμε και τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων. Στο 1^ο Στάδιο κατά-λήγουμε στην οριοθέτηση της αρχικής κατάστασης των υλικών και των εξαρτημάτων της παραγωγής, δημιουργείται το αρχικό διάγραμμα ροής της παραγωγής, δίνονται οι απαιτήσεις της υλικο-τεχνικής υποδομής και της διοικητικής της υποστήριξης ενώ εν τέλει αποτυπώνονται η αρχική κατάσταση των ειδικών χαρακτηριστικών του προϊόντος και των ειδικών διεργασιών της παραγωγικής διαδικασίας. Στο 2^α Στάδιο έχουμε την **ανάλυση DFMEA-Design Failure Mode & Effect**

Analysis (στην φάση σχεδιασμού), τον σχεδιασμό της παραγωγής και την πιστοποίηση- επικύρωση του σχεδιασμού. Επίσης ως αποτέλεσμα αυτού του σταδίου έχουμε τα κατασκευαστικά σχέδια, τις προδιαγραφές προμήθειας των απαιτούμενων υλικών για την κατασκευή, τις απαιτήσεις για νέα μηχανήματα και όργανα ελέγχου και τέλος τις προδιαγραφές και τις οδηγίες για εξειδικευμένες διεργασίες που απαιτούνται για την παραγωγή του προϊόντος. Η εικόνα 12 μας δίνει το διάγραμμα ροής της **DFMEA**.

Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι πλέον αποτελεί για πολλές επιχειρήσεις κοινή πρακτική, ιδιαίτερα για τις αυτοκινητοβιομηχανίες, η διαδικασία «από την ιδέα στον πελάτη, C to C. Στα πλαίσια αυτής, η βελτίωση ποιότητας με την πρόληψη ελαττωμάτων γίνεται με την στρατηγική της «ταυτόχρονης ανάπτυξης» δηλαδή από κοινού το τμήμα Σχεδίασης και Παραγωγής. Υπάρχει συνεργασία μεταξύ τους σε όλα τα στάδια της σχεδίασης μέχρι το release to production την έναρξη δηλαδή της μαζικής παραγωγής. Εδώ τίθενται χρονικά ορόσημα (timing benchmarks) που προσδιορίζουν ποιες ενέργειες θα πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί σε καθένα από αυτά και να έχουμε επιτυχημένη σχεδίαση εντός χρονοδιαγράμματος (Αγγελόπουλος, 2000).



Εικόνα 12 : Διαδικασία χρήσης τεχνικής DFMA (Παλακωνσταντίνου Α., 2014)

Στο 2^ο Στάδιο δημιουργούνται τα διαγράμματα ροής και τα φασεολόγια παραγωγής, γίνεται η χωροταξική διευθέτηση για τον εξοπλισμό της παραγωγής και γράφονται οι αναλυτικές οδηγίες παραγωγής. Συμπεριλαμβάνεται σ αυτό το στάδιο επίσης η ανάλυση του συστήματος μέτρησης για το προϊόν και τέλος γίνεται η μελέτη **PFMEA -Production Failure Mode & Effect Analysis**.

Για το 3^ο Στάδιο αποτελέσματα αποτελούν η έγκριση της δοκιμαστικής παραγωγής, οι δείκτες ικανότητας παραγωγής (Cp, Cp, Cpu, Cpl), η έγκριση των παραχθέντων προϊόντων, η έγκριση του Σχεδιασμού για την ποιότητα παραγωγής και η Διοικητική υποστήριξη. Επίσης ζητούμενο ως αποτέλεσμα είναι ο περιορισμός της διακύμανσης των μετρήσεων του προϊόντος και της παραγωγικής διαδικασίας με την χρήση τεχνικών στατιστικού ελέγχου διεργασίας. Τέτοιες τεχνικές είναι ο έλεγχος βάσει ιδιοτήτων ή μεταβλητών (ανάλογα με την φύση του παραγόμενου), τα διαγράμματα ελέγχου μέσης τιμής και εύρους, τα διαγράμματα ελέγχου δειγματικής τυπικής απόκλισης, τα I-MR charts, τα control charts $p^*/u/c/np$, τα διαγράμματα ελέγχου διαβαθμισμένων και σταθμισμένων ελαττωμάτων. Επίσης χρησιμοποιούνται τεχνικές επαναληψιμότητας και αναπαραγωγιμότητας των μετρήσεων σε συνδυασμό με Pre-control charts και βέβαια κάνοντας χρήση διαγραμμάτων αποδοχής και αποδεκτής αναλογίας απορρίψεων. (Γεωργακάκος, 2002).

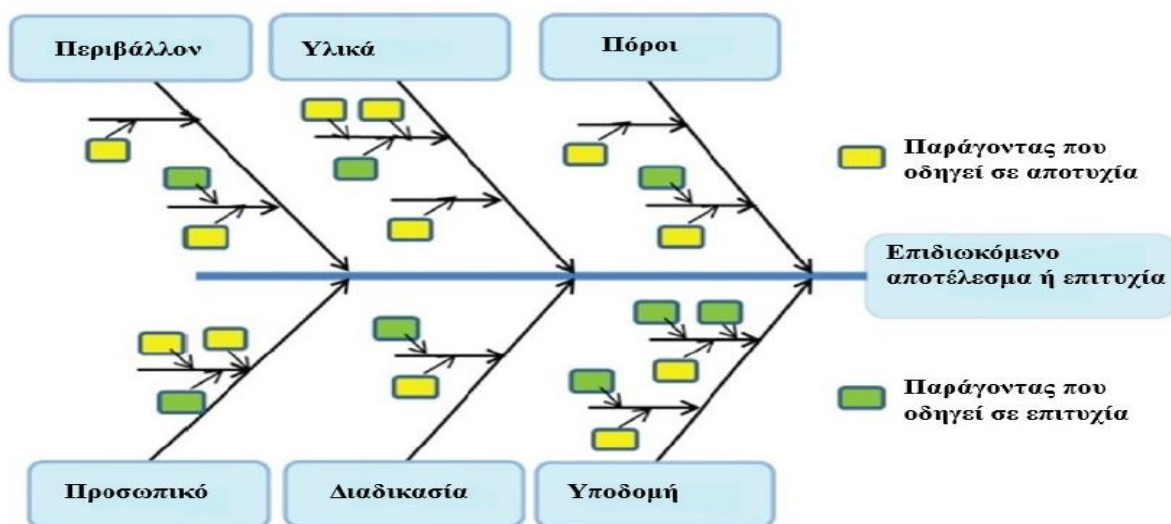
Όλα τα προηγούμενα όμως δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν εφόσον δεν προϋπάρχει η έννοια του Προγραμματισμού για την ποιότητα δηλαδή η χρήση προγραμματιστικών μεθόδων και τεχνικών με στόχο να διασφαλιστεί ότι τα προϊόντα ή οι υπηρεσίες πληρούν τα υψηλά πρότυπα ποιότητας και ότι τελικά επιτυγχάνονται τα βέλτιστα αποτελέσματα. Τομέας εφαρμογής του προγραμματισμού είναι ο Αυτοματοποιημένος Έλεγχος, δηλαδή η χρήση σεναρίων δοκιμής και εργαλείων αυτοματοποιημένου ελέγχου σε διεργασίες κυρίως που αφορούν σε έλεγχο λειτουργικότητας και σταθερότητας λογισμικού. Επίσης η Συστηματική Προσέγγιση δηλαδή η χρήση ελέγχου ποιότητας (QC) και ο σχεδιασμός πειραμάτων για την βελτίωση των διαδικασιών αποτελούν εφαρμογές του παραγραμματισμού. Ακόμη, η Συνεχής Ενσωμάτωση και Συνεχής Παράδοση (Continuous Integration- Continuous Improvement CI/CD) είναι μέρος του προγραμματισμού και διασφαλίζει την ταχεία και ασφαλή παράδοση (ειδικά σε εφαρμογές λογισμικού) με αυτοματοποιημένες διαδικασίες ελέγχου ποιότητας. Ακόμη, η Στρατηγική Διαχείριση αλλαγών με εστίαση στην χωρίς μεταβολές ποιότητα κατά την ενσωμάτωση νέων χαρακτηριστικών ή αλλαγών. Τέλος η Εκπαίδευση και η Κατάρτιση των μελών των ομάδων για να κατανοούν τις βέλτιστες πρακτικές προγραμματισμού ποιότητας. Είναι ξεκάθαρο ότι ο προγραμματισμός απαιτεί ολοκληρωμένη προσέγγιση σε όλα τα επίπεδα ανάπτυξης και λειτουργίας των συστημάτων ενός οργανισμού.

Με ποιο τρόπο όμως θα εξασφαλίσουμε ότι εφαρμόζονται σωστά όλα αυτά που προδιαγράφηκαν προηγουμένα; Η απάντηση βρίσκεται στον όρο «μετρήσεις ποιότητας». Ο όρος αυτός αφορά στα δεδομένα που παρέχονται από μετρήσεις για την απόδοση ενός συστήματος, μιας διαδικασίας ή ενός προϊόντος δίνοντας την δυνατότητα για παρακολούθηση της προόδου του σχεδιασμού και της παραγωγής αλλά και την λήψη αποφάσεων βελτίωσης. Τέτοιες μετρήσεις είναι το «ποσοστό σφαλμάτων (Defect rate)» δηλαδή ο αριθμός ελαττωματικών προϊόντων ή υπηρεσιών σε σχέση με το συνολικό αριθμό παραγομένων προϊόντων. Επίσης είναι ο «χρόνος ανάλυσης σφαλμάτων (mean time to detect MTTD) που αφορά στον χρόνο ανίχνευσης μιας αστοχίας. Ο «χρόνος διόρθωσης σφαλμάτων» είναι ο χρόνος που απαιτείται για να εφαρμοστεί η διορθωτική ενέργεια. Το «ποσοστό επαναλαμβανόμενων σφαλμάτων» είναι ο αριθμός των μονάδων που χρειάζονται επανεργασία και αποτελεί δείκτη απόδοσης. Το «ποσοστό εγκαίρων παραδόσεων» και ο «χρόνος κύκλου παραγωγής» δηλαδή ο χρόνος που απαιτεί να ολοκληρωθεί μια παραγωγική δραστηριότητα είναι δείκτες απόδοσης. Τέλος το «ποσοστό συμμόρφωσης» δηλαδή κατά πόσο τα προϊόντα συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές και τα κανονιστικά πλαίσια όπως και το «ποσοστό απόδοσης των εργαζόμενων» δηλαδή η μέτρηση της συνεισφοράς των εργαζόμενων στην παραγωγική διαδικασία και στην βελτιστοποίηση των διαδικασιών, αποτελούν βασικές μετρήσεις απόδοσης ποιότητας.

Ολοκληρώνοντας το θεωρητικό πλαίσιο της Σχεδίασης της Ποιότητας ενός προϊόντος, στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται τα συνηθέστερα σύμφωνα με τον ISO χρησιμοποιούμενα Εργαλεία και Τεχνικές Βελτίωσης Ποιότητας και τα κριτήρια επιλογής τους. **(ISO 9000, Certification -TQM)**

Εργαλείο ή Τεχνική	Πότε το επιλέγουμε
Έντυπα Συλλογής Δεδομένων (Data collection forms)	Όταν θέλουμε να συλλέξουμε δεδομένα με συστηματικό τρόπο προκειμένου να αποκομίσουμε ξεκάθαρη και αντικειμενική εικόνα των γεγονότων
A. Εργαλεία για μη αριθμητικά δεδομένα	
Διάγραμμα Συνάφειας (Affinity Diagrams)	Όταν θέλουμε να ομαδοποιήσουμε ένα μεγάλο αριθμό ιδεών, γνωμών, απόψεων κτλ
Benchmarking	Όταν θέλουμε να «μετρήσουμε» μια διαδικασία της εταιρείας σε σχέση με αντίστοιχη άλλων αναγνωρισμένων ηγετικών εταιρειών. Η σύγκριση απαιτεί ομοειδείς διαδικασίες, όχι απαραίτητα εταιρείες.

Καταιγισμός Ιδεών (Brainstorming)	Όταν θέλουμε να δημιουργήσουμε και να εκτιμήσουμε μια λίστα με ιδέες, προβλήματα ή θέματα
Διάγραμμα Αιτίου-Αποτελέσματος (Cause & effect analysis – Fishbone)	Όταν θέλουμε να κάνουμε συστηματική ανάλυση της συσχέτισης αιτιών και αποτελεσμάτων και να προσδιορίσουμε τις πιθανές κύριες αιτίες ενός προβλήματος
Διάγραμμα Ροής (Flow chart)	Όταν θέλουμε να περιγράψουμε μια υφιστάμενη διαδικασία με σκοπό να προσδιοριστούν τα σημεία που επιδέχονται διορθώσεις. Επίσης όταν θέλουμε να σχεδιάσουμε μια νέα διαδικασία.
Δέντρο-διάγραμμα (Tree diagram)	Όταν θέλουμε να αναλύσουμε ένα θέμα στα βασικά του στοιχεία
Β. Εργαλεία για αριθμητικά δεδομένα	
Διάγραμμα Ελέγχου (Control charts)	Όταν θέλουμε να παρακολουθούμε την απόδοση μιας διαδικασίας μέσω της συχνής κατάγραφης των αποτελεσμάτων της προκειμένου να προσδιορίσουμε αν και κατά πόσο είναι εκτός ελέγχου ή ακολουθείται η κανονική κατανομή
Ιστόγραμμα (Histograms)	Όταν θέλουμε να αποτυπώσουμε την κατανομή των δεδομένων
Ανάλυση Pareto	Όταν θέλουμε να προσδιορίσουμε τους κύριους παράγοντες προβλημάτων και να τους διακρίνουμε από τους λιγότερους σημαντικούς
Διάγραμμα Διασκόρπισης (Scatter Diagrams)	Όταν θέλουμε να ανακαλύψουμε, να επιβεβαιώσουμε ή να παρουσιάσουμε την σχέση δυο μεταβλητών

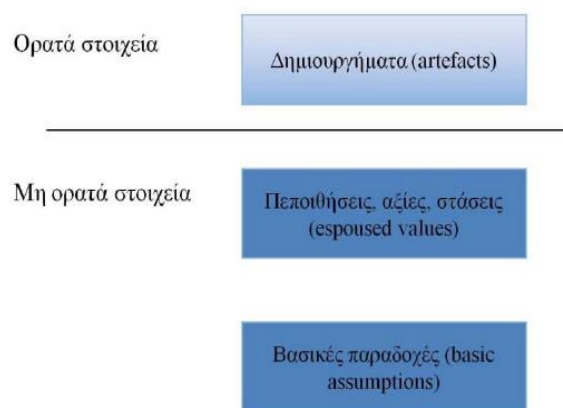


Εικόνα 13 : Παράδειγμα ανάλυσης Ishikawa (Fishbone) (ISO 31010, 2019)

Επιπλέον των τεχνικών αυτών υπάρχουν επίσης προηγμένες τεχνικές και μέθοδοι Στατιστικής ανάλυσης όπως ο Σχεδιασμός Πειραμάτων, η Ανάλυση Διασποράς και τέλος η μεθοδολογία Tagu-

chi οι οποίες χρησιμοποιούνται για την Βελτίωση της Ποιότητας στο στάδιο του σχεδιασμού του προϊόντος και της διεργασίας παραγωγής. (Στεφανάτος, 2000).

Ένας βασικός παράγοντας που θα πρέπει να υφίσταται για να μπορούν να εφαρμοστούν όλα τα προηγούμενα, είναι η κατάλληλη κουλτούρα στον εκάστοτε οργανισμό. Με τον όρο κουλτούρα αναφερόμαστε στην στρατηγική και τις πρακτικές διοίκησης των ανθρωπίνων πόρων που ακολουθεί ο οργανισμός. Η κουλτούρα σε διεθνές, εθνικό επίπεδο και οργανωτικό επίπεδο έχει τεράστια σημασία για τους στόχους και τις προτεραιότητες στις διεργασίες και στην επίτευξη των ζητουμένων. Η κουλτούρα είναι μια έννοια για την οποία έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί. Ο Taylor την ορίζει ως το σύνολο των γνώσεων και πεποιθήσεων αλλά και ηθικής συνάμα με τις ικανότητες τα έθιμα και τις συνήθειες που έχει κάποιος άνθρωπος ως μέρος του κοινωνικού συνόλου (Boran, S. Gökler, S.H., 2020). Κατά άλλους ερευνητές η κουλτούρα είναι ένα σύνολο βασικών παραδοχών οι οποίες έχουν αναπτύξει ομάδες ανθρώπων κατά την προσαρμογή τους στο εξωτερικό περιβάλλον (Shi, S., Fei, H., Xu, X., 2019) Η κουλτούρα, ως έννοια, διακρίνεται σε δυο επίπεδα, το ορατό αλλά και το μη ορατό. Στο ορατό επίπεδο και σε επίπεδο επιχείρησης τα δημιουργήματα των ανθρώπων δημιουργούν την έννοια του όρου της. Είναι οι διαδικασίες και η δομή του οργανισμού, η βάση και οι στόχοι του, τα εφαρμοζόμενα συστήματα ελέγχου ενώ στο μη ορατό επίπεδο είναι οι πεποιθήσεις, τα πιστεύω και οι αντιλήψεις πως πρέπει να γίνονται τα πράγματα.



Εικόνα 14 : Τα επίπεδα της κουλτούρας (Adler, N.J & Bartholomew, S, 1992)

Κανένα επιχειρηματικό σχέδιο, επένδυση, συγχώνευση ή εξαγορά, αλλά και καμιά πρόσληψη ή απόφαση διοίκησης από μόνη της, δεν μπορεί να εγγυηθεί την επιτυχία μιας επιχείρησης. Αυτή συνδέεται ευθέως με την εταιρική κουλτούρα. Το πώς δηλαδή αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους,

κινητοποιούνται και εντέλει ενεργούν όλοι οι εργαζόμενοι για να επιτύχουν έναν κοινό σκοπό με κοινά αποδεκτούς τρόπους. Σήμερα, που συντελείται η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση και η στροφή προς μία περιβαλλοντικά και κοινωνικά φιλικότερη οικονομία, ο ρόλος της εταιρικής κουλτούρας αποδεικνύεται πολλά παραπάνω από μία θεωρία. Διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο που αγκαλιάζει ό,τι πιο πολύτιμο έχει μία επιχείρηση και αυτό είναι οι άνθρωποί της. Είναι οι αξίες που πρεσβεύει, ο τρόπος που λειτουργεί και συμπεριφέρεται, η εικόνα που έχει προς τα μέσα αλλά και αυτή που δείχνει στην αγορά. Σήμερα περισσότερο από ποτέ η εταιρική κουλτούρα είναι συνώνυμο της βιωσιμότητας και της επιτυχίας (<https://www.Καθημερινή.gr>).

Όμως πολύ συχνά είναι το μη ορατό επίπεδο εκείνο το οποίο δημιουργεί προβλήματα στην εγκαθίδρυση ενός καινούργιου μοντέλου μέσα στον οργανισμό και γενικότερα αντιτίθεται στην εξέλιξη ακόμη και στις αναγκαίες αλλαγές για την επιβίωση του. Είναι συχνό επίσης το φαινόμενο να δημιουργούνται υποκουλτούρες εσωτερικά και να υπάρχουν συγκρούσεις αλλά σύμφωνα με τον **Nouei, M.T (2016)** επιβιώνουν εκείνες οι εταιρείες των οποίων η κουλτούρα είναι τέτοια που μπορεί να προσαρμόζεται στις αλλαγές αφού με τον τρόπο αυτό βελτιώνονται σημαντικά οι δείκτες απόδοσής της. Οι αξίες που βρίσκονται στο κέντρο της εννοίας της κουλτούρας είναι οι παρακάτω (**Volkanovski, A, 2009**):

- Το σύνολο αρχών και παραδοχών που καθορίζουν την κρίση των ατόμων ενός οργανισμού.
- Η οργανωτική του δομή, κατά ποσό είναι ευέλικτη ή όχι αν είναι καθετή κτλ.
- Η δομή της δύναμης και πως αυτή διαμοιράζεται, αφού πάντα υπάρχουν κάποια άτομα με περισσότερη δύναμη λόγω ειδικών χαρακτηριστικών.
- Τα συστήματα ελέγχου γιατί αυτά καθορίζουν τι πρέπει να μετριέται
- Τις ρουτίνες/ τελετές τα σύμβολα/λογότυπα και τις ιστορίες που κυκλοφορούν στην επιχείρηση για διαφορά σημαντικά γεγονότα, επιτυχίες και αποτυχίες που υπήρξαν.

FMEA, Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ.

Η αξιοπιστία ενός συστήματος λόγω και της χρήσης συγχρόνων τεχνολογιών αποτελεί το βασικό ζητούμενο για την λειτουργία του. Δηλαδή το σύστημα θα πρέπει να ανταποκριθεί χωρίς την ύπαρξη αστοχιών και όπως ο κατασκευαστής προδιαγράφει όταν υπάρξει ανάγκη (Carlson, 2012). Οι στόχοι για την αξιοπιστία καθορίζονται με βάση τις απαιτήσεις και τις προσδοκίες του πελάτη, τους αντικειμενικούς στόχους του προγράμματος και τα συγκριτικά στοιχεία για την αξιοπιστία (Αγγελόπουλος, 2000). «Αξιοπιστία (reliability)» είναι η πιθανότητα ένα σύστημα να εκτελεί επαρκώς τον σκοπό του για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα δηλαδή να μην εμφανίσει βλάβη, «συντηρησιμότητα (maintainability)» είναι η πιθανότητα αποκατάστασης της βλάβης εντός ενός χρονικού διαστήματος και τέλος «διαθεσιμότητα (availability)» είναι η πιθανότητα αποτελεσματικής λειτουργίας ενός συστήματος σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Και οι τρεις αυτές εννοιές αποτελούν, μέσω των δεικτών τους, μετρήσιμους στόχους και βασικά στοιχεία κατά την διαδικασία σχεδίασης ενός προϊόντος.

«Ένας μεγάλος παράγοντας ασφάλειας δεν μεταφράζεται απαραίτητα σε ένα αξιόπιστο προϊόν. Αντιθέτως μπορεί να οδηγήσει σε ένα προϊόν με προβλήματα αξιοπιστίας» (Failure Analysis Beats Murphy's Law, 1993)

Από πολύ παλιά και σε παγκόσμιο επίπεδο, οι μηχανικοί προσπαθούσαν να δημιουργήσουν προϊόντα που να λειτουργούν, δίνοντας βάση κυρίως στην μορφή των προϊόντων και τις διαδικασίες παραγωγής αλλά όχι τόση σημασία στην αξιοπιστία και την ποιότητα τους. Όμως αυτό μπορεί να στοιχίσει σε χρόνο και να επηρεάσει με αρνητικό πρόσημο την φήμη εταιρείας εφόσον δεν διασφαλίζεται η de facto και χωρίς αμφισβήτηση ύπαρξη προστιθέμενης αξίας του προϊόντος.

Η FMEA έχει ως πρόγονο την μέθοδο «trial and error» η οποία όμως ήταν δαπανηρή και χρονοβόρα αφού οι σχεδιαστές προσπαθούσαν να προβλέψουν τις αστοχίες πολύ πριν την ανάπτυξη του προϊόντος και χωρίς τις δοκιμές λειτουργίας. Χωρίς την ύπαρξη σχεδιασμένου πειράματος και προχωρώντας «στα τυφλά» γίνεται απολύτως ξεκάθαρο ότι δεν μπορούσαν να σχεδιαστούν και να παραχθούν πολύπλοκα προϊόντα όπως απαιτεί η σύγχρονη πραγματικότητα. Την δεκαετία του 1940 μετά τον πόλεμο λόγω της ύπαρξης μιας κατεστραμμένης παγκόσμιας οικονομίας αλλά και της έλλειψης πρώτων υλών, υπήρξαν πρωτοβουλίες βελτίωσης της παραγωγικής διαδικασίας ώστε να βελτιωθεί η απόδοση των εταιρειών και να καλυφθεί η εκτινασόμενη ζήτηση από τους καταναλωτές. Η μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε κυρίως από την αεροδιαστημική υπηρεσία των ΗΠΑ για

να αποφευχθούν κρίσιμα λάθη στα μικρά μεγέθη της τεχνολογίας των πυραύλων. Ειδικά μέσω των στρατιωτικών διαδικασιών εισήχθη ένα έγγραφο για τις «διαδικασίες ανάπτυξης μελέτης τροπών αστοχίας και κριτικής ανάλυσης αποτελεσμάτων». Μια παράλληλη εφαρμογή της ήταν στην βιομηχανία τροφίμων ως τμήμα του HACCP. Όταν όμως το 1960 με την αποστολή Apollo η Αμερική θέλησε να στείλει τον άνθρωπο στο φεγγάρι, η FMEA αποτέλεσε βασική μεθοδολογία για πρόβλεψη και έλεγχο της διακινδύνευσης του πονήματος, ειδικά κατά την φάση προσσελήνωσης και την επιστροφή των αστροναυτών στην Γη. Επίσης η FMEA έχει χρησιμοποιηθεί και στην αυτοκινητοβιομηχανία με κύριο αντιπρόσωπο την βιομηχανία FORD. Η Ιαπωνική βιομηχανία Toyota οδήγησε την μέθοδο ένα βήμα πιο πέρα κάνοντας την Αναθεώρηση Σχεδιασμού βασισμένη σε τρόπους αστοχίας (Design Review Based on Failure Modes) με την οποία εκείνος που την χρησιμοποιεί να πραγματοποιεί ακόμη και μιας πλήρους αναθεώρησης στο μοντέλο πρόληψης και αντιμετώπισης του κινδύνου.

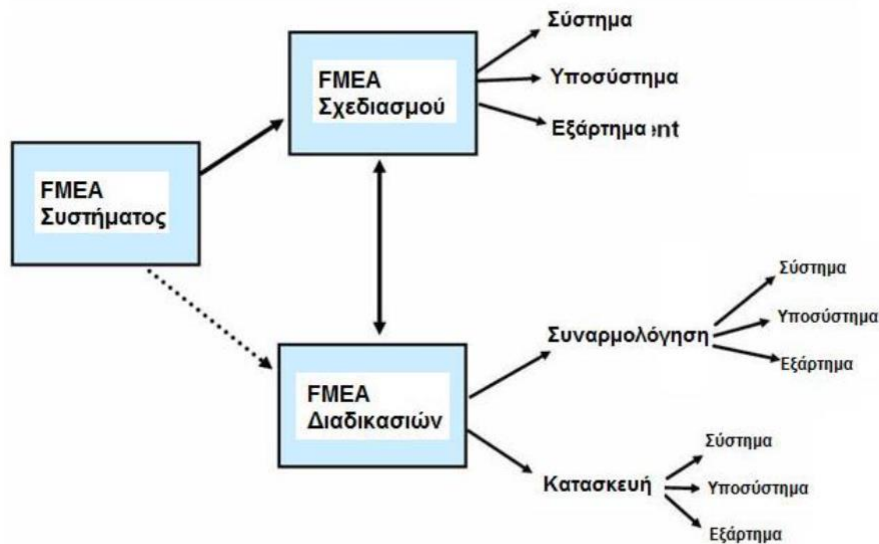
Η FMEA (failure mode and effect analysis) είναι η τεχνική ανάλυσης κινδύνου προσανατολισμένη στην ομάδα και στην οποία μέσω της εξέτασης και της βαθμονόμησης των πιθανών αστοχιών ενός συστήματος και των μερών που το αποτελούν, προσδιορίζονται οι αιτίες των αστοχιών και οι επιπτώσεις τους ώστε αυτές να ελαχιστοποιηθούν με τις κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες. Προσδιορίζει τα κρίσιμα ή σημαντικά χαρακτηριστικά του σχεδιασμού ή των διαδικασιών που χρειάζονται ελέγχους για να ανιχνευτούν τα προβλήματα πριν την χρήση του προϊόντος και όσο το δυνατόν πιο νωρίς στον κύκλο ζωής του. Παράλληλα με την βελτίωση στον παρόντα χρόνο ενός προϊόντος δίνεται ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα για τους μηχανικούς-σχεδιαστές, τα ιστορικά στοιχεία για επόμενες σχεδιάσεις.

Η FMEA ως τεχνική Σχεδιασμού & Βελτίωσης της Ποιότητας κινείται σε τρεις άξονες: **(Borgovini, 1993)**.

- Η αναγνώριση και η αξιολόγηση των πιθανών αστοχιών και των επιπτώσεων τους.
- Ο προσδιορισμός και η βαθμονόμηση των ενεργειών που θα μπορούσαν να εξαφανίσουν ή να μειώσουν το ποσοστό εμφάνισης των αστοχιών
- Η καταγραφή των αποτελεσμάτων της εφαρμογής της αξιολόγησης των κινδύνων και των διορθωτικών ενεργειών στην πορεία του χρόνου ώστε στην διαδικασία να μην υπεισέρχονται ειδικά αίτια.

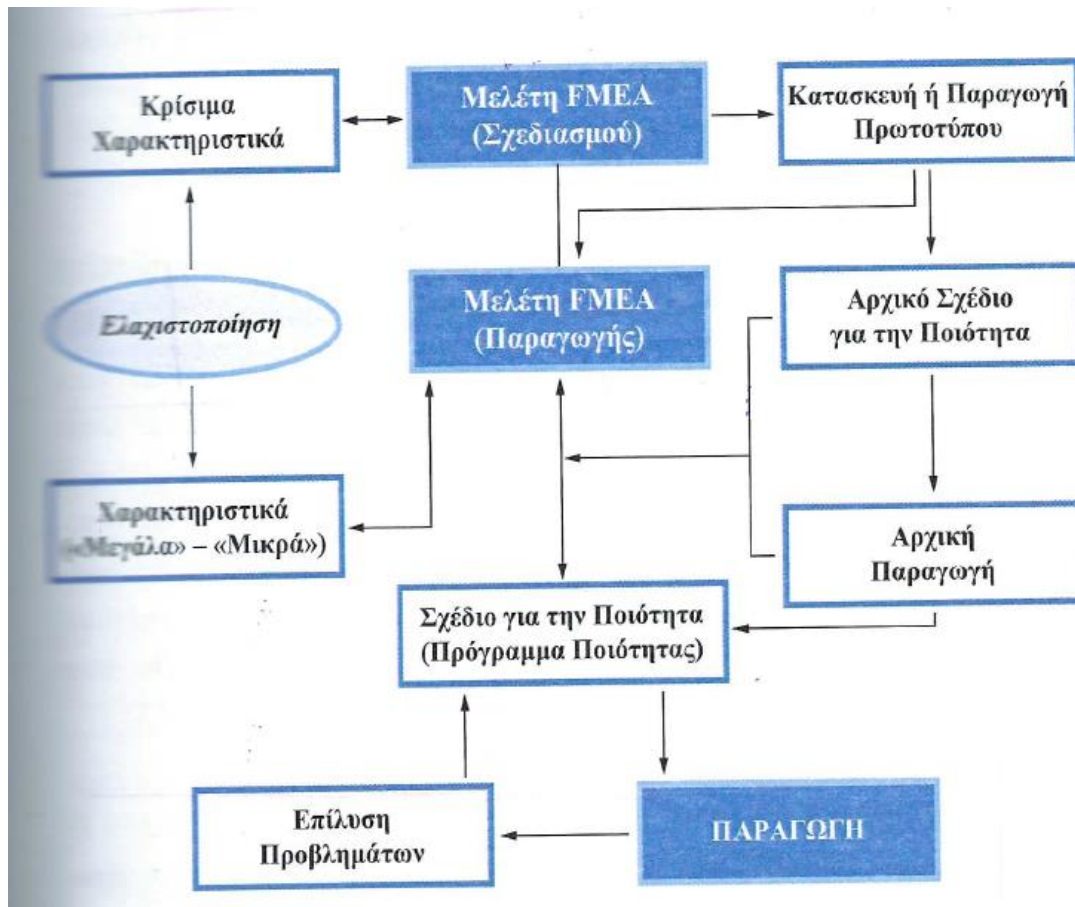
Η μεθοδολογία FMEA συμβάλλει ουσιαστικά στον μετασχηματισμό προηγούμενης εμπειρίας σχεδιασμού σε ικανότητα πρόβλεψης πιθανών προβλημάτων ώστε αυτά να εξαλειφθούν, κατά

προτίμηση, ή έστω να μετριαστούν ειδικά στα πρώιμα στάδια της σχεδίασης ενός προϊόντος. Μπορεί να υλοποιηθεί κατά την φάση σχεδιασμού (DFMEA) αλλά και κατά την φάση παραγωγής (PFMEA) ενός προϊόντος σε όλο το προϊόν ή σε μεμονωμένα συστήματα. Τέλος υπάρχει και Μελέτη Αστοχίας Συστήματος (SFMEA), ειδικά στην αρχική φάση ανάπτυξης. Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει ανάλυση των συσχετίσεων των λειτουργιών στα υποσυστήματα (Αγγελόπουλος, 2000). Όπως γίνεται αντιληπτό ένα αίτιο αστοχίας κατά την μελέτη του συστήματος (SFMEA) μπορεί να οδηγήσει σε μελέτη εντοπισμού προβλημάτων κατά την σχεδίαση του προϊόντος αλλά και κατά την φάση παραγωγής του πιθανών λόγω πλημμελούς εφαρμογής των κανόνων ποιότητας που έχουν ορισθεί.



Εικόνα 15 : Τύποι FMEA (Χυτήρης Λ., Άννινος Λ. 2015)

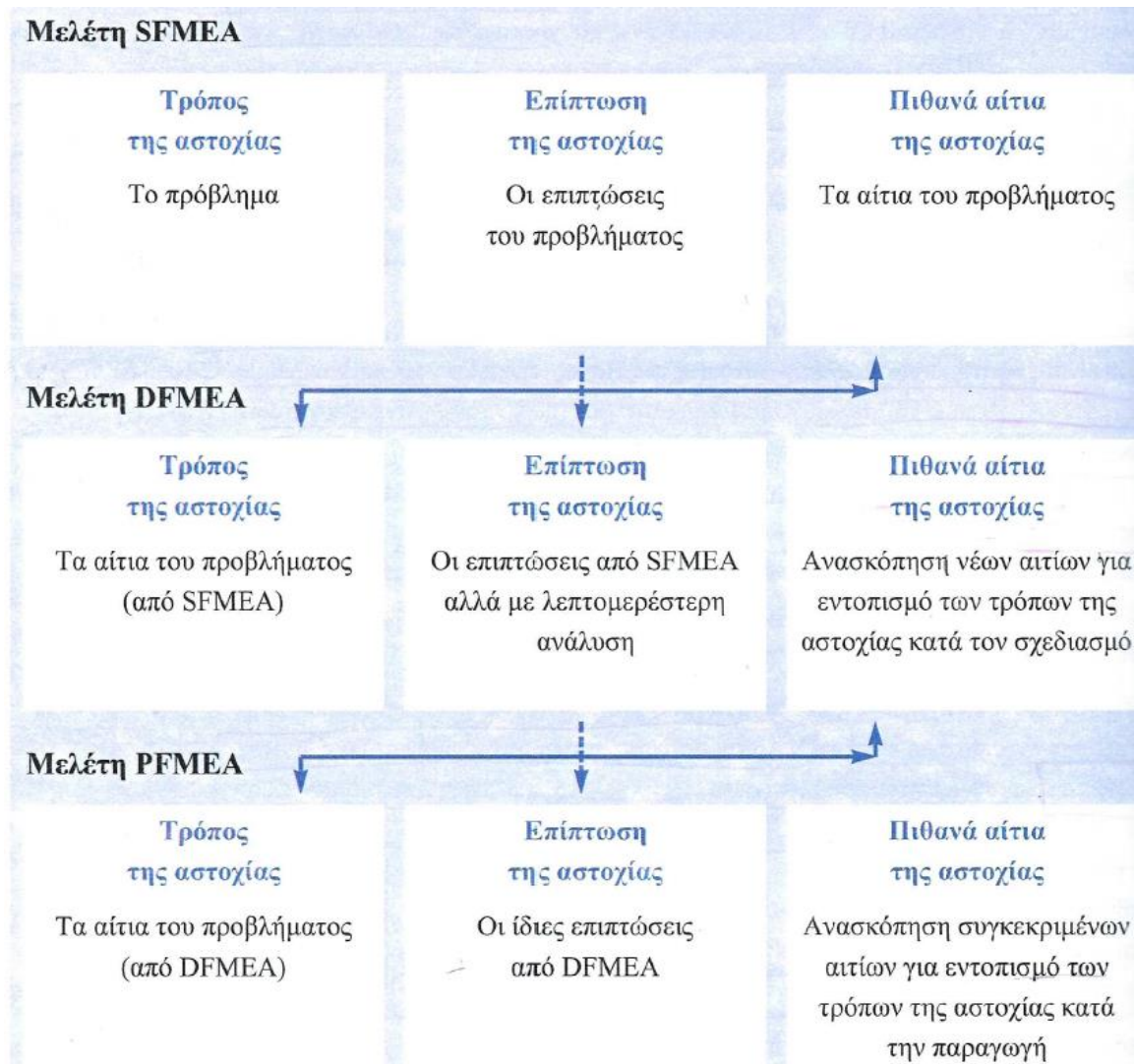
Η FMEA έχει τρία βασικά συστατικά. Αυτά είναι η καταγραφή πιθανών αστοχιών, η κατάγραφή των πιθανών αιτιών τους και τέλος των επιπτώσεων τους. Εν ολίγοις οδηγούμαστε στην εύρεση των απαραίτητων διορθωτικών κινήσεων που θα πρέπει να γίνουν ώστε να μην χρειαστεί επανεργασία στο σχεδιαζόμενο προϊόν και φυσικά να μην φτάσει αυτό στον πελάτη με ελαττώματα, είτε αισθητικά είτε λειτουργικά ή το προϊόν να μην καλύπτει όλες τις προδιαγραφές που το ακολουθούν.



Εικόνα 16 : FMEA και Σχεδιασμός για την Ποιότητα (Αγγελόπουλος, 2000)

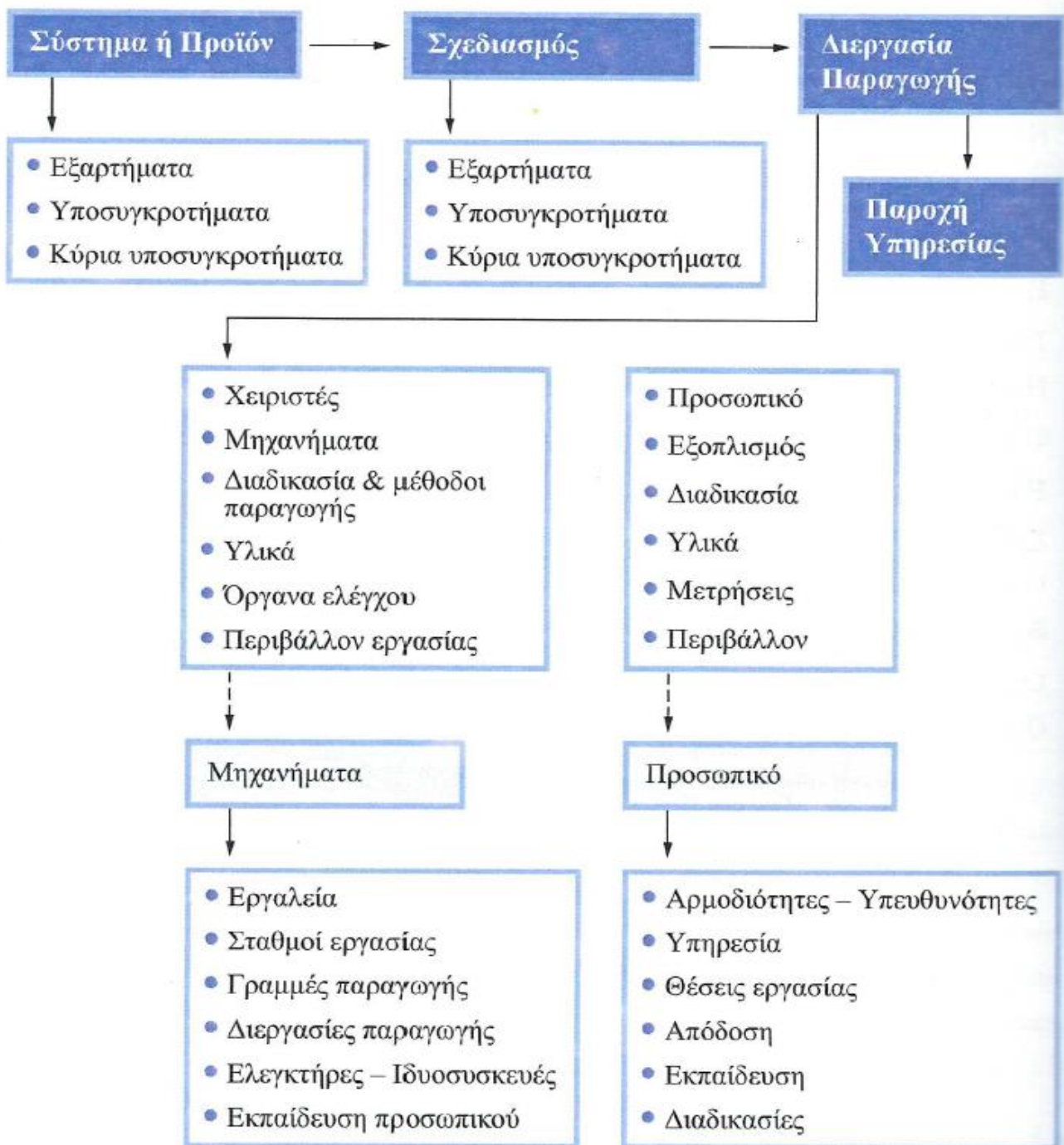
Επίσης η FMEA είναι μια μεθοδολογία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να δοθούν προτεραιότητες στην παρακολούθηση των αλλαγών μιας διεργασίας (Mil STD 882B, 1984). Γενικά θα λέγαμε ότι η μέθοδος είναι αποτελεσματική διότι επιτρέπει την αναγνώριση και την τεκμηρίωση των σημείων αποτυχίας στο σύστημα ολόκληρο, στο υποσύστημα, στις τεχνικές και στις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα (Ostrom & Wilhelmsen, 2012).

Πολλά τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της μεθόδου. Θα μπορούσαμε να σταχυολογήσουμε κάποια από αυτά όπως ότι συμβάλει σε υψηλότερη αξιοπιστία και ικανοποίηση των πελατών, στην βελτίωση της εικόνας του οργανισμού, συμβάλει στην μείωση του κόστους, μειώνει τους σπάταλες από επανεργασίες και συμβάλει στην αύξηση της προστιθέμενης αξίας των προϊόντων μέσω της συνεχούς βελτίωσης. Μειώνει την πιθανότητα ύπαρξης παρόμοιων προβλημάτων στο μέλλον, οδηγεί στην αύξηση της συνεργατικότητας της ομάδας μέσω της ανταλλαγής ιδεών.

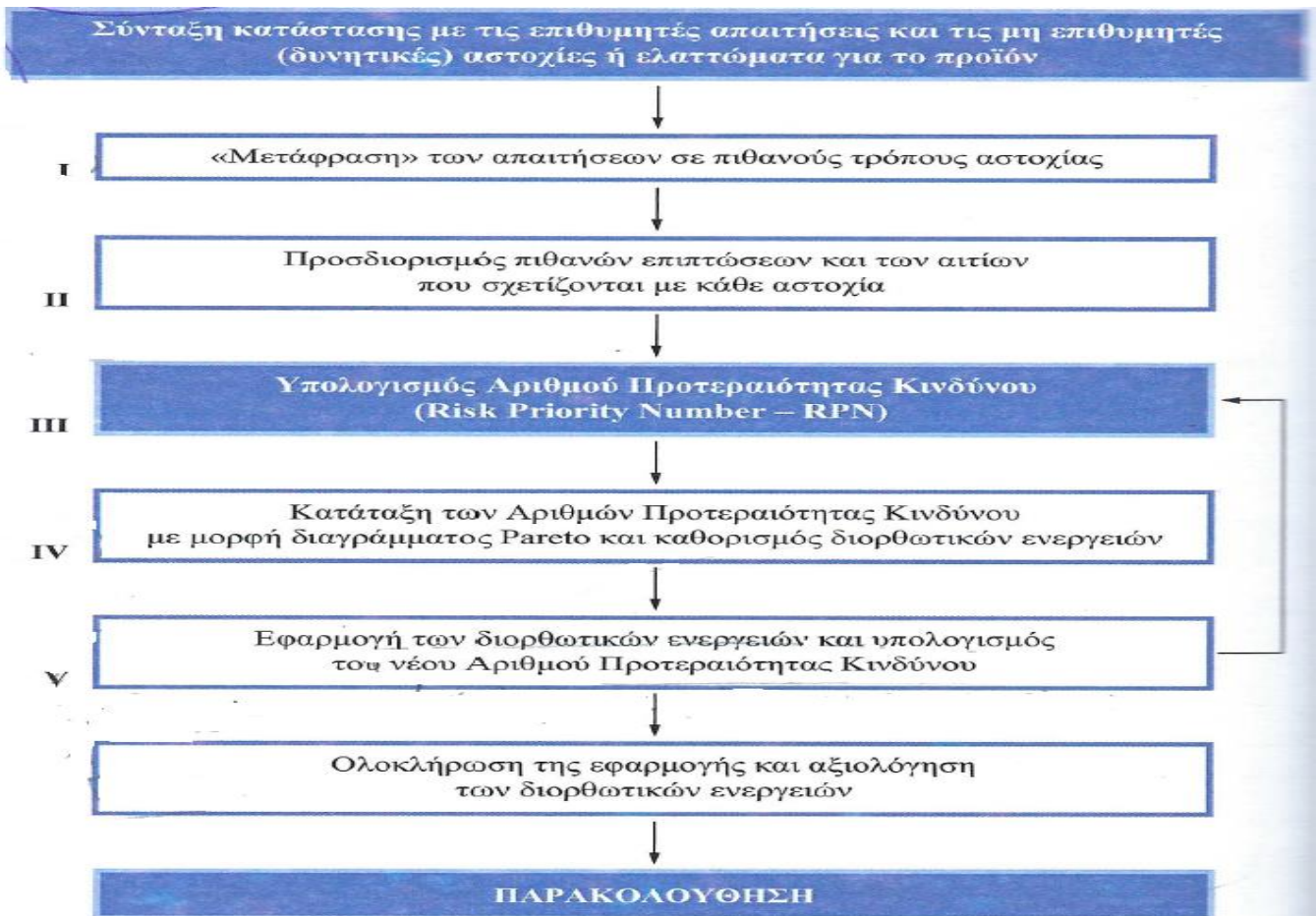


Εικόνα 17 : Η σχέση μεταξύ SFMEA, DFMEA & PFMEA (Αγγελόπουλος, 2000)

Όμως όπως κάθε μεθοδολογία υπάρχουν και για αυτή κάποιους περιορισμούς, οι οποίοι συνάδουν κυρίως με την σημαντικότητα της, η οποία εξαρτάται από την σύνθεση της ομάδας που διενεργεί την FMEA και κατά ποσό έμπειρα είναι τα μέλη της στην πρόγνωση και αξιολόγηση του ρίσκου μιας σειράς διεργασιών. Όταν η ανάλυση λαμβάνει χώρα «από κάτω προς τα πάνω» η FMEA είναι ικανή να προσδιορίσει πολλές, αν όχι όλες, τις αστοχίες που θα μπορούσαν να συμβούν, όμως δεν είναι το ίδιο ικανή σε πιο συνθέτους τρόπους που μπορεί να συμβεί μια αποτυχία ή όταν ο τρόπος διεργασίας μπορεί να έχει πολλαπλές αστοχίες μέσα σ ένα σύστημα. Τέλος ο δείκτης RPN που χρησιμοποιείται για την κατάταξη των ρίσκων μπορεί να οδηγήσει, αν δεν υπάρξει η δέουσα προσοχή, σε αντιστροφή επίπεδου κίνδυνων.



Εικόνα 18 : Το αντικείμενο των μελετών αστοχίας (Αγγελόπουλος, 2000)



Εικόνα 19 : Το διάγραμμα ροής των δραστηριοτήτων της μελέτης (Αγγελόπουλος, 2000)

Όπως κάθε εξειδικευμένη διαδικασία και η FMEA έχει την δική της γλώσσα η οποία χρησιμοποιείται για την σύνταξη της και οι βασικοί οροί που την αποτελούν είναι (Αγγελόπουλος, 2000):

- Αστοχία (Failure): Είναι η απώλεια κάποιας λειτουργίας ενός προϊόντος υπό συγκεκριμένες συνθήκες και χρόνο λειτουργίας
- Ο τρόπος αστοχίας (Failure mode): Είναι η περιγραφή του πως συμβαίνει μια αστοχία αλλά και με ποιο τρόπο αυτή γίνεται αντιληπτή
- Η επίπτωση της αστοχίας (Failure effect): Τα αποτελέσματα της αποτυχίας σε ένα σύστημα ή προϊόν ή διεργασία. Η επίπτωση μπορεί να εξεταστεί σε δυο επίπεδα, το «τοπικό» (*local viewpoint*), αλλά και το «γενικό» (*global viewpoint*). Η διαφορά τους είναι ότι στο τοπικό επίπεδο η αστοχία θεωρείται μεμονωμένη και δεν θα έχει την δυνατότητα να επηρεάσει το σύστημα ολόκληρο ή τις επόμενες διεργασίες όπως στο γενικό επίπεδο.

- Τα πιθανά αίτια της αστοχίας (Potential causes of failure): Τα πιθανά αίτια για μια αποτυχία είναι το επόμενο πιο σημαντικό ζήτημα για να μπορέσει ο μηχανικός να προσδιορίσει την έκταση του προβλήματος αλλά να και σχεδιάσει τις απαιτούμενες διορθωτικές ενέργειες.
- Ο προσδιορισμός των πιθανών επιπτώσεων: Κάθε αίτιο αποτελεί ένδειξη κάποιας ατέλειας στον σχεδιασμό ή στις διεργασίες παραγωγής. Όταν η επίπτωση μπορεί να συσχετιστεί με πιθανή μη συμμόρφωση προς τα Πρότυπα ή τις κανονιστικές διατάξεις θα πρέπει να συνοδεύεται με λεπτομερή ανάλυση.
- Επίπεδα συμβατικότητας (Indenture levels): Προσδιορίζεται ο βαθμός πολυπλοκότητας και όσο πιο κοντά στην μονάδα βρισκόμαστε τόσο αυξάνουν τα επίπεδα κίνδυνου
- Επίδραση στο επόμενο υψηλότερο επίπεδο (Next higher level effect): Ποια η επίδραση της αποτυχίας στο επόμενο επίπεδο συμβατικότητας
- Πρωταρχική αίτια (Route cause): Η πραγματική αίτια που προκάλεσε την αστοχία και η οποία επιβεβαιώνεται μέσα από στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων
- Κρισιμότητα (Severity- S): Ορίζεται ως η αξιολόγηση της σοβαρότητας των επιπτώσεων στο προϊόν, την διεργασία ή το σύστημα
- Πιθανότητα εμφάνισης (Occurrence- O): Ορίζεται ως η εκτίμηση της συχνότητας της αστοχίας λόγω συγκεκριμένης αίτιας. Η κλίμακα της 1 έως 10
- Η πιθανότητα εντοπισμού (Detection- D): Είναι η αξιολόγηση ικανότητας των αναθεωρήσεων να εντοπίσουν πιθανές αιτίες αστοχίας πριν την έναρξη της παραγωγικής διαδικασίας
- Αριθμός Προτεραιότητας Κίνδυνου (RPN Risk Priority Number) : Ο αριθμός αυτός υπολογίζεται ως το γινόμενο της κρισιμότητας, της πιθανότητας εμφάνισης και της πιθανότητας εντοπισμού $RPN = S \times O \times D$
- Κατάταξη Αριθμών Προτεραιότητας : Γίνεται μέσω διαγράμματος Pareto και βοηθά στον εντοπισμό της δραστηριότητας που απαιτείται να αξιολογηθεί. Επίσης για τον καθορισμό των διορθωτικών ενεργειών. Τέλος, αποτελεί μια μετρική για την εφαρμογή των διορθωτικών που θα αποφασιστούν.
- Εφαρμογή των διορθωτικών ενεργειών : Για την δραστηριότητα με τον μεγαλύτερο αριθμό προτεραιότητας κίνδυνου θα πρέπει να γίνει προσπάθεια μείωσης του μέσω της κρισιμότητας (S), της συχνότητας (O) και της πιθανότητας εντοπισμού (D), και σε συγκεκριμένο χρονικό περιθώριο.

- Υπολογισμός νέου αριθμού Προτεραιότητας Κίνδυνου : Μετά την εφαρμογή των διορθωτικών ενεργειών υπολογίζεται ξανά ο RPN

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται οι οδηγίες βαθμολόγησης της Κρισιμότητας (S), της πιθανότητας εμφάνισης (O) και της πιθανότητας εντοπισμού (D).

Αποτέλεσμα (effect)	Κριτήρια	Σημαντικότητα της Επίδρασης (Severity)	Εκτίμηση
Κανένα		Καμία επίδραση	1
Απειροελάχιστο	Ελαχιστη επιρροη στη γραμμη παραγωγης	Μέρος του προϊόντος ίσως χρειαστεί να αναθεωρηθεί. Το ελάττωμα δεν γίνεται αντιληπτό από τον μέσο καταναλωτή. Αισθητικά ελαττώματα	2
Ελάχιστο	Ελαχιστη επιρροη στη γραμμη παραγωγης	Μέρος του προϊόντος ίσως χρειαστεί να αναθεωρηθεί. Το ελάττωμα γίνεται μετά βίας αντιληπτό από τον μέσο καταναλωτή, 25% πιθανότητα επιστροφής. Αισθητικά ελαττώματα	3
Πολύ Μικρό	Ελαχιστη επιρροη στη γραμμη παραγωγης	Το προϊόν ίσως χρειαστεί να αναθεωρηθεί. Το ελάττωμα γίνεται αντιληπτό από τον μέσο καταναλωτή παρουσιάζοντας μικρή υποβάθμιση της απόδοσής του, 50% πιθανότητα επιστροφής	4
Μικρό	Μερικη επιρροη στη γραμμη παραγωγης	Ολόκληρο το προϊόν πρέπει να αναθεωρηθεί. Ο καταναλωτής ίσως να μην είναι ικανοποιημένος. Το προϊόν εκπληρώνει το σκοπό του αλλά δεν είναι σε υψηλό επίπεδο απόδοσης, 75% πιθανότητα επιστροφής	5
Μέτριο	Μερικη επιρροη στη γραμμη παραγωγης	Ένα μέρος του προϊόντος ίσως χρειαστεί να απορριφθεί. Ο καταναλωτής δεν είναι ικανοποιημένος. Το προϊόν με τα βίας εκπληρώνει το σκοπό του και σε πολύ μειωμένα επίπεδα απόδοσης, 100% πιθανότητα επιστροφής	6
Υψηλό	Μερικη επιρροη στη γραμμη παραγωγης	Ένα μέρος του προϊόντος ίσως χρειαστεί να αναθεωρηθεί και ένα άλλο να απορριφθεί. Ο καταναλωτής είναι δυσαρεστημένος. Το προϊόν δεν είναι χρησιμοποιήσιμο.	7
Πολύ Υψηλό	Υψηλη επιρροη στη γραμμη παραγωγης	Ίσως ολόκληρο το προϊόν χρειάζεται να απορριφθεί. Απώλεια της βασικής λειτουργίας. Το αντικείμενο δεν είναι χρησιμοποιήσιμο. Ο καταναλωτής είναι αρκετά δυσαρεστημένος	8
Επικίνδυνο με Προειδοποίηση	Περιπτωση κινδυνου για το μηχανημα ή τον χειριστη	Η αποτυχία εμφανίζεται με προειδοποίηση. Ο τρόπος αποτυχίας επηρεάζει την ασφαλή λειτουργία και περιέχει παραβίαση των κανονισμών	9
Επικίνδυνο χωρίς Προειδοποίηση	Περιπτωση κινδυνου για το μηχανημα η τον χειριστή	Η αποτυχία εμφανίζεται χωρίς προειδοποίηση. Ο τρόπος αποτυχίας επηρεάζει την ασφαλή λειτουργία και περιέχει παραβίαση των κανονισμών	10

Εικόνα 20 : Βαθμολόγηση Κρισιμότητας (S) (Αγγελόπουλος, 2000)

Εννοιολογική πιθανότητα αστοχίας (Occurrence)	Εκτιμώμενα ποσοστά αστοχίας	Ταξινόμηση
Ελάχιστη: Η αστοχία είναι απίθανη. Δεν έχουν παρατηρηθεί αστοχίες με την συγκεκριμένη διαδικασία	1 σε 1500000	1
Πολύ χαμηλή: Μόνο μεμονωμένες αστοχίες σχετίζονται με την συγκεκριμένη διαδικασία (περιστασιακές αστοχίες)	1 σε 150000	2
Χαμηλή: Μεμονωμένες αστοχίες σχετίζονται με παρόμοιες διαδικασίες (περιστασιακές αστοχίες)	1 σε 15000	3
Μέτρια: Οι αστοχίες σχετίζονται με παρόμοιες αστοχίες προηγούμενων διαδικασιών, αλλά όχι σε μεγάλες ποσότητες (μέτρια συχνότητα στην εμφάνιση αστοχιών)	1 σε 2000	4
	1 σε 400	5
	1 σε 80	6
Υψηλή: Οι αστοχίες σχετίζονται με παρόμοιες αστοχίες προηγούμενων διαδικασιών με συχνή εμφάνιση (συχνές αστοχίες)	1 σε 20	7
	1 σε 8	8
Πολύ υψηλή: Η αποτυχία είναι σχεδόν αναπόφευκτη	1 σε 3	9
	1 σε 2	10

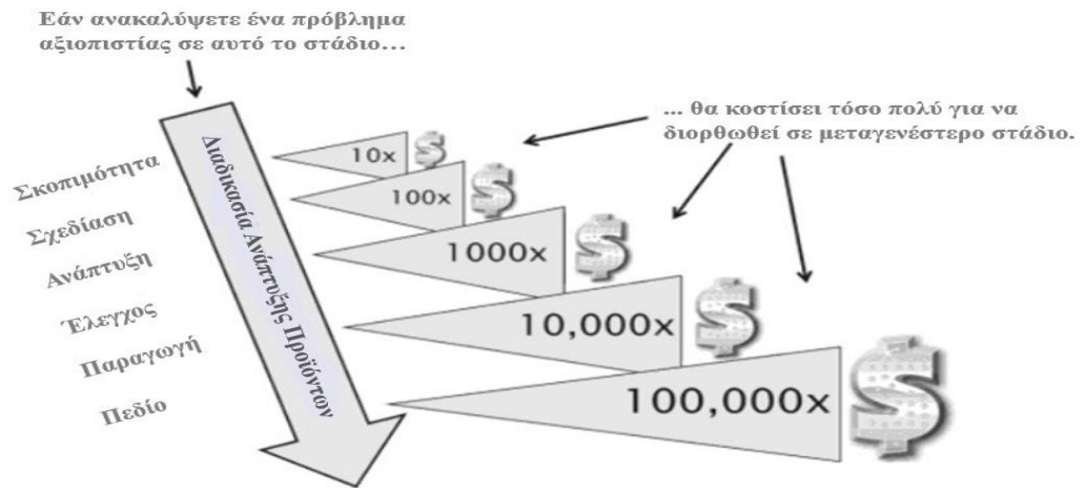
Εικόνα 21 : Πιθανότητα εμφάνισης αστοχίας (O) (Αγγελόπουλος, 2000)

Ανίχνευση (Detection)	Η πιθανότητα οι ελεγκτικοί μηχανισμοί να ανιχνεύσουν ένα ελάττωμα	Ταξινόμηση
Σχεδόν Σίγουρη	Οι διαθέσιμοι ελεγχοί είναι σχεδόν σίγουρο ότι θα εντοπίσουν την πιθανή αιτία αστοχίας και τον επικείμενο Τροπο Αστοχίας.	1
Πολύ Υψηλή	Πολύ μεγάλη πιθανότητα οι διαθέσιμοι ελεγχοί να εντοπίσουν την πιθανή αιτία αστοχίας και τον επικείμενο Τροπο Αστοχίας	2
Υψηλή	Μεγάλη πιθανότητα οι διαθέσιμοι ελεγχοί να εντοπίσουν την πιθανή αιτία αστοχίας και τον επικείμενο Τροπο Αστοχίας	3
Σχετικά Υψηλή	Σχετικά μεγάλη πιθανότητα οι διαθέσιμοι ελεγχοί να εντοπίσουν την πιθανή αιτία αστοχίας και τον επικείμενο Τροπο Αστοχίας	4
Μέτρια	Μετρημένες πιθανότητες οι διαθέσιμοι ελεγχοί να εντοπίσουν την πιθανή αιτία αστοχίας και τον επικείμενο Τροπο Αστοχίας	5
Χαμηλή	Μικρή πιθανότητα οι διαθέσιμοι ελεγχοί να εντοπίσουν την πιθανή αιτία αστοχίας και τον επικείμενο Τροπο Αστοχίας	6
Πολύ Χαμηλή	Πολύ μικρή πιθανότητα οι διαθέσιμοι ελεγχοί να εντοπίσουν την πιθανή αιτία αστοχίας και τον επικείμενο Τροπο Αστοχίας	7
Ελάχιστη	Ελάχιστες πιθανότητες οι διαθέσιμοι ελεγχοί να εντοπίσουν την πιθανή αιτία αστοχίας και τον επικείμενο Τροπο Αστοχίας	8
Απειροελάχιστη	Απειροελάχιστες πιθανότητες οι διαθέσιμοι ελεγχοί να εντοπίσουν την πιθανή αιτία αστοχίας και τον επικείμενο Τροπο Αστοχίας	9
Σχεδόν απίθανη	Δεν υπάρχουν διαθέσιμοι ελεγχοί για να εντοπίσουν την πιθανή αιτία αστοχίας και τον επικείμενο Τροπο Αστοχίας	10

Εικόνα 22 : Πιθανότητα εντοπισμού αστοχίας (D) (Αγγελόπουλος, 2000)

Συμπέρασμα αποτελεί ότι η ανάπτυξη και η εφαρμογή μιας καλά μελετημένης FMEA

διασφαλίζει ότι οι προληπτικές ενέργειες έχουν εντοπιστεί πριν την ύπαρξη κάποιου συμβάντος και η εφαρμογή τους είναι άμεση. (Lipol & Haq, 2011).



Σχήμα 2 : Κανόνας του 10 (Carlson, 2012)

Επόμενο στάδιο (και βάση της εικόνας 17) μετά τον υπολογισμό του δείκτη RPN για κάθε πιθανή αστοχία είναι η ιεράρχησή τους. Η ταξινόμηση γίνεται κατά σειρά μεγέθους του δείκτη από τον μεγαλύτερο στον μικρότερο και ισχύει ο κανόνας του Pareto δηλαδή στο 20% των αστοχιών ωφελείται το 80% του δείκτη RPN. Χρησιμοποιώντας την τεχνική Pareto αποφασίζουμε ποιες αστοχίες θα πρέπει να αναλυθούν περαιτέρω (Robin E. McDermott, 2009). Ιδανικά θα έπρεπε να εξαλειφθούν όλες οι πιθανές αστοχίες όμως επειδή αυτό είναι αρκετά ουτοπικό και κοστοβόρο, ελέγχουμε την πιθανότητα μείωσης κάποιου από τους δείκτες κρισιμότητας (S), πιθανότητας εμφάνισης (O) και δυνατότητας ανίχνευσης (D) με τις κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες στις οποίες θα προβούμε. Έχει αποδειχθεί ότι η ευκολότερη διαδικασία είναι προσπάθεια αύξησης της ικανότητας ανίχνευσης μιας αστοχίας μέσω της μείωσης του δείκτη δυνατότητας ανίχνευσης. Όταν όμως αναφερόμαστε σε αστοχίες από τις οποίες απορρέουν θέματα ασφάλειας ή αντιθέσεων με τα Πρότυπα και τις κανονιστικές διατάξεις είναι επιβεβλημένο οι αστοχίες αυτές να εξαλειφθούν. Σύμφωνα με τον Robin E. McDermott (2009), η καλύτερη βελτίωση είναι πιθανότερη με την μείωση της πιθανότητας εμφάνισης της αστοχίας, δηλαδή μεταβάλλοντας τον δείκτη (O).

Αφού καθορίσουμε τις διορθωτικές, θα πρέπει να επανυπολογίσουμε τον δείκτη RPN με τις νέες βαθμολογίες των δεικτών. Δημιουργούμε εκ νέου ένα διάγραμμα Pareto και συνήθως η μείωση

του δείκτη είναι της τάξης του 50%. Στην παρούσα διπλωματική εργασία οι τιμές για τον δείκτη RPN θα βρίσκονται μεταξύ 1 -130 (Αγγελόπουλος, 2000).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΣΤΙΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ.

Οι τηλεπικοινωνίες στην Ελλάδα- Αναδρομή

Η θεμελίωση της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας οφείλεται στον Maxwell και τον Marconi, με εκείνον να διενεργεί την πρώτη ασύρματη μετάδοση κάπου στο μέσο του 1895. Αποτέλεσμα ήταν να ανοίξει η οδός για τεράστια επιτεύγματα και με πολλαπλές δυναμικές. Ένα τέτοιο παράδειγμα την πρώτη κινητή ασύρματη ζεύξη το 1921 για την αστυνομία. Ο Armstrong στο μακρινό 1933, χρησιμοποίησε την διαμόρφωση συχνότητας κάτι το οποίο οδήγησε στο «άνοιγμα» των κλειστών περιθωρίων των καναλιών και το 1947 παρουσιάστηκε ο προάγγελος της κινητής τηλεπικοινωνίας, το πρώτο κυψελωτό σύστημα. Το 1901 έγινε μια σημαντική προσπάθεια για ασύρματη μετάδοση σε μια απόσταση μεγαλύτερη των 3,000 χιλιομέτρων και ο χώρος βρισκόταν στον Ατλαντικό ωκεανό. Το επόμενο τεράστιο βήμα έγινε το 1982, με την εύρεση της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος και η οποία οδήγησε στο γνωστό μας GSM. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται ακόμη κατά κόρον στην Ευρώπη. Με το πέρασμα των ετών και την πρόοδο που έχει υπάρξει στον τομέα των ψηφιακών επεξεργαστών και ιδιαίτερα στην χρήση των RF κυκλωμάτων σε πολλές εφαρμογές, η ανάπτυξη της βιομηχανίας των τηλεπικοινωνιών είναι θεαματική (πηγή : <https://www.otegroupmuseum.gr/>).

Στην Ελλάδα οι πρώτες κινήσεις εναρμόνισης με την τεχνολογία έγιναν το 1859, με την ψήφιση του νομοσχεδίου από την Κυβέρνηση για την ίδρυση της τηλεγραφικής υπηρεσίας Το 1872 γίνεται επέκταση του υποβρύχιου δικτύου τηλεγραφίας με σύμβαση που υπογράφεται μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και της εταιρίας Levant Submarine Telegraph Company. Το 1896 η Γενική Διεύθυνση Ταχυδρομείων και Τηλεγράφων συμπεριλαμβάνει και την Τηλεφωνία. Με αυτή την απόφαση δημιουργείται η Γενική Διεύθυνση Τηλεφωνίας, Ταχυδρομείων & Τηλεγράφων, τα γνωστά μας 3Τ (ΤΤΤ). Το 1949 αρχίζει η ανταλλαγή εικόνων από και προς το εξωτερικό με ασύρματο σύστημα φωτοτηλεγραφίας και η πρώτη δοκιμαστική μετάδοση γίνεται με την Αμερική (Μουσείο τηλεπικοινωνιών ΟΤΕ, πηγή : <https://www.otegroupmuseum.gr/portal/telco-stories>) .

Μαζική ζήτηση μέχρι και το τέλος της δεκαετίας του 1950 υπάρχει για τις συνδέσεις στον ΟΤΕ. Παράλληλα γίνονται πολλά έργα σε όλη τη χώρα, γιατί όλοι ζητούν να συνδεθούν με τηλεφωνική γραμμή, με αποτέλεσμα να περνούν παντού καλώδια. Στα μέσα της δεκαετίας του 1980 οι αιτήσεις για τηλεφωνική σύνδεση ξεπερνούν το 1 εκατομμύριο και συνεχίζουν με αμείωτη ένταση μέχρι το 1990. Φτάσαμε έτσι στο 1995 όπου με το προεδρικό διάταγμα το ελληνικό Κράτος χορηγεί στον ΟΤΕ την ειδική άδεια λειτουργίας δικτύου Κινητής Τηλεφωνίας Ξηράς. (πηγή:<https://www.pagenews.gr/2020/02/03/oikonomia/ote-auti-einai-i-istoria-tis-megalyteris-etaireias-technologias/>).

Στα μέσα του 1992 ιδρύθηκε στην Ελλάδα η πρώτη εταιρεία κινητής τηλεφωνίας Telestet, ιδιοκτησία της νέο-ϊδρυθείσας τότε STET Hellas Τηλεπικοινωνίες Α.Ε.Β.Ε. θυγατρικής της ομότιτλης τότε Ιταλικής STET – Società Finanziaria Telefonica. Η πρώτη της έδρα ήταν η Αθήνα. Η δεύτερη εταιρεία κινητής τηλεφωνίας με την ονομασία Πάναφον (Panafon) ιδρύθηκε από τον όμιλο της Vodafone, την France Telecom (νυν Orange), την Intracom και την DataBank το 1992 και ονομάστηκε επίσημα «Vodafone» πολύ αργότερα, τον Ιανουάριο του 2002. Στις 29 Ιουνίου 1993 πραγματοποιείται η πρώτη κλήση κινητής τηλεφωνίας. Παρότι υπήρξε πολλή μεγάλη διείσδυση της κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα, η κινητήριος δύναμη συνολικά για τον κλάδο των τηλεπικοινωνιών αποτέλεσε η ευζωνική πρόσβαση, δηλαδή η πρόσβαση στο Ίντερνετ. (Τσακανίκας, 2014) Πλέον η Ελλάδα, έχει τον top-level domain κωδικό .gr και 23 παρόχους υπηρεσιών διαδικτύου (ISPs). (Εθνική Επιτροπή τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων).

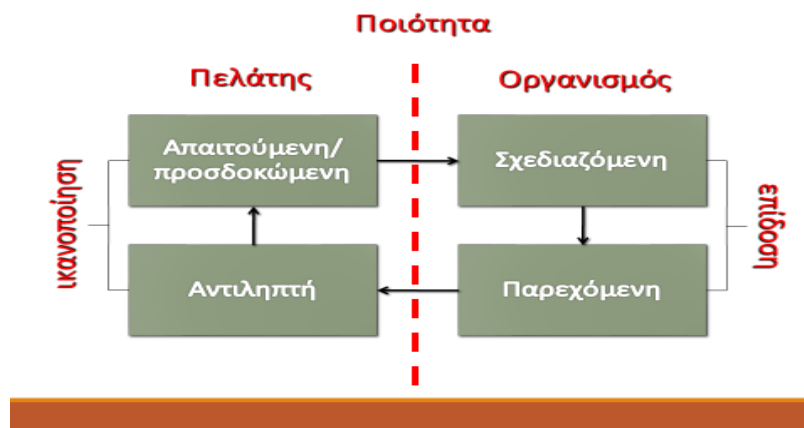
Επόμενη μέρα αυτών αποτελεί σήμερα το 5G δίκτυο δηλαδή μια γενιά τηλεπικοινωνιακών εφαρμογών όπου τα ασύρματα δίκτυα μαζί με τις οπτικές ίνες, και τις τεχνολογίες συλλογής, επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων (Αισθητήρες, Τεχνητή Νοημοσύνη, Κέντρα Δεδομένων, κ.α.) θα προσφέρουν νέες εμπειρίες στους τελικούς χρήστες και νέες δυνατότητες σε Επιχειρήσεις, στο Κράτος και στην Βιομηχανία. Για να αντιμετωπίσουμε τώρα την ευελιξία και την πολυπλοκότητα των δικτύων 5G, χρειαζόμαστε λύσεις που δίνουν προτεραιότητα στην ασφάλεια, την αξιοπιστία και την κατανομή πόρων για τους πελάτες. Αυτές οι λύσεις θα πρέπει να είναι στιβαρές και δυναμικές αλλά ταυτόχρονα και αξιόπιστες, ενώ θα πρέπει να μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των δικτύων.

Το επόμενο βήμα είναι το 6G το οποίο οραματίζονται οι ειδικοί της τεχνολογίας και θα χρησιμοποιεί υπολογιστές αιχμής και τεχνητή νοημοσύνη για την δημιουργία ενός αλλού κόσμου.

Σε ανάπτυξη είναι επίσης και ραδιοκύματα της τάξης των terahertz, μιλώντας πια για ταχύτητες χιλιάδες φορές πιο γρήγορες από το WI-FI. Τέτοιου είδους παροχή υπηρεσιών από τις εταιρίες, χρειάζεται ενεργοποίηση της γνώσης τους, στρατηγικής και επιχειρησιακής αλλά και της εξειδίκευσής τους, παράλληλα με την τυποποίηση και πιστοποίηση των παρεχόμενων υπηρεσιών τους. (Τσακανίκας, 2014).

Η Ποιότητα στις Τηλεπικοινωνίες

Η στρατηγική Διοίκηση Παραγωγής προσβλέπει σε όρους όπως το μειωμένο κόστος, η αξιοπιστία, η ταχύτητα, η ευελιξία και η ποιότητα. Η ποιότητα είναι βέβαια ένας όρος ολοκληρωμένος, που εμπεριέχει και τους προηγούμενους ως προς τα προσδοκώμενα αποτελέσματα. Ένας οργανισμός όταν επενδύει στον έλεγχο ποιότητας κερδίζει σε κόστος, σε αξιοπιστία, σε ταχύτητα και τέλος στην υψηλή παραγωγικότητα, άρα σε καλύτερη τιμή, και όλα αυτά τα «δωρίζει» στον πελάτη μέσω του προϊόντος που του προσφέρει. Το παρακάτω σχήμα (3) (πηγή: <http://leanmanufacturingtools.org/>) αποτυπώνει τους διαχωρισμούς στο πως «βλέπει» κάθε μέρος την έννοια της ποιότητας.



Σχήμα 3 : Αποτύπωση έννοιας Ποιότητας (πηγή:<http://leanmanufacturingtools.org/>)

Σύμφωνα με την μελέτη των (Rajagopalan et al., 2019) υπάρχει χάσμα μεταξύ του που θα ήθελε η βιομηχανία να βρίσκεται και που πραγματικά είναι σε θέση και ετοιμότητα σήμερα. Η ανάγκη για ένα διεθνές εφαρμοζόμενο Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας, όπως το ISO 9001, έχει σημαντικό αντίκτυπο στην διαχείριση και την περαιτέρω ανάπτυξη της ποιότητας των προϊόντων και υπηρεσιών ενός οργανισμού (Heras, 2011). Πολλοί τόμοι της τρέχουσας βιβλιογραφίας αποδέχεται την υπόθεση ότι η υιοθέτηση του ISO 9001 έχει αποτελέσματα στην απόδοση μιας εταιρίας. (Psomas,

Fotopoulos & Gotzamani, 2013). Η επιτυχία ή η αποτυχία του προτύπου όμως δεν εξαρτάται από το ίδιο το πρότυπο αλλά από τον τρόπο εφαρμογής του (**Singh, and Rathi., 2019**). Υπάρχουν πολλές μελέτες αποδεικνύουν ότι οι εταιρίες που εφαρμόζουν αποτελεσματικά το ISO 9001 βελτιώνουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων τους και αυξάνουν την επιχειρηματική τους απόδοση (**Singh & Smith, 2006; Jang & Lin, 2008**). Στην βιβλιογραφία βρίσκουμε: α) την έννοια της «αποτελεσματικότητας ISO 9001», β) τους τρεις βασικούς στόχους για την επίτευξή της αλλά και γ) τις βασικές διατάξεις τις «σταθερής απόδοσης» (**Kafetzopoulos, Psomas & Gotzamani, 2014**). Κάποιοι συγγραφείς περιγράφουν την «αποτελεσματικότητα» της παραγωγικής διαδικασίας ως τον βαθμό στον οποίο τα αποτελέσματα της παραγωγής ικανοποιούν καθορισμένους στόχους (**Gotzamani K. and Tsiotras G., 2002**). Από την άλλη, η «συνεχής βελτίωση» είναι η συστηματική προσέγγιση για την μέτρηση, την ανάλυση και την βελτίωση των επιχειρησιακών διαδικασιών (**Terziovski & Sohal, 2000**). Ως «μη συμμόρφωση» επίσης ορίζεται η απόκλιση από τα προκαθορισμένα χαρακτηριστικά ποιότητας ενός προϊόντος (**Besterfield et al., 2003**). Θα βρούμε πάρα πολλές μελέτες στην βιβλιογραφία που αναφέρονται σε δείκτες μέτρησης για την πρόληψη των «μη συμμορφώσεων». Στην μελέτη των **Handfield and Nichols., (2002)**, αναφέρεται ότι η πρόληψη των «μη συμμορφώσεων» είναι ένας βασικότερος στόχος για την αποτελεσματικότητα μιας διεργασίας και της επίτευξης της συνεχούς βελτίωσης.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (**ISO, 2015**) στόχοι του προτύπου 9001 αλλά και εμμέσως του 31000 είναι η ικανοποίηση των πελατών μέσω της συνεχούς βελτίωσης και της πρόληψης των μη συμμορφώσεων. Όταν όμως η απόκτηση των πιστοποιήσεων αφορά σε επιφανειακό επίπεδο τότε το αποτέλεσμα απέχει από το αναμενόμενο και οι εταιρίες είναι πιθανόν να μην λάβουν τα οφέλη που θα είχαν μέσω μιας κάθετης εφαρμογής τους (**Feng, Terziovski & Sohal, 2000**). Διάφορα εσωτερικά κίνητρα στους εργαζομένους είναι απολύτως επιβεβλημένα να δοθούν, ώστε και εκείνοι να έχουν την δύναμη να ενεργούν σε θέματα ποιότητας και να αισθάνονται ικανοί και δημιουργικοί (**Singh & Smith, 2006**). Η ποιότητα των προϊόντων ενός οργανισμού αντικατοπτρίζει την ικανότητά του να βελτιώνει τις διαδικασίες μέσω εφαρμογής βασικών πρακτικών διαχείρισης και ελέγχου (**Handfield and Nichols., 2002**). Οι Ψωμάς, Φωτόπουλος & Καφετζόπουλος (**Psomas E., Fotopoulos C., Kafetzopoulos, 2011**) αποτυπώνουν το συμπέρασμα ότι οι πρακτικές διαχείρισης διεργασιών έχουν πολύ θετική επίδραση στην βελτίωση της ποιότητας, έμφαση να πρέπει δίνεται στον έλεγχο και την βελτίωση των διαδικασιών και μέσω αυτών να υπάρχει διαχείριση της διακινδύνευσης.

Στην βιβλιογραφία υπάρχει ένας σχετικά απλοϊκός ορισμός της διεργασίας ο οποίος είναι ότι «αποτελεί τον μετασχηματισμό των εισροών σε εκροές» (Armistead et al., 1995), ενώ υπάρχει και ο ακόλουθος, «η διεργασία είναι μια οριζόντια ακολουθία δραστηριοτήτων που μετατρέπει μια είσοδο σε αποτέλεσμα, για να ικανοποιήσει τους πελάτες ή τους ενδιαφερόμενους» (Palmberg, 2009). Κάτω από αυτό το πρίσμα, όταν ένας οργανισμός προσπαθεί να εφαρμόσει ένα σύστημα διαχείρισης διαδικασιών θα πρέπει να σχεδιάσει, να βελτιώσει και να ελέγξει τα σημεία ελέγχου των βασικών διεργασιών του (Hellstrom et al., 2015). Με άλλα λόγια είναι απολύτως επιβεβλημένη η ανάπτυξη και επεξεργασία κρίσιμων σημείων ελέγχου για την μείωση της διακινδύνευσης στα πεπραγμένα ενός οργανισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΈΡΕΥΝΑ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Το περιβάλλον της μελέτης και τα χαρακτηριστικά των προϊόντων

Η μελέτη έγινε στο βιομηχανικό περιβάλλον μιας Ελληνικής Εταιρίας Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων. Η εταιρία αποτελεί έναν παγκόσμιο προμηθευτή συστημάτων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων που δραστηριοποιείται πάνω από 45 χρόνια. Αναπτύσσει, παράγει και εγκαθιστά καινοτόμα προϊόντα ασύρματης πρόσβασης ταυτόχρονα με ένα πλήρες φάσμα επαγγελματικών υπηρεσιών τεχνολογίας. Η εταιρία ξεκίνησε να λειτουργεί στην Αθήνα το 1977 με 10 υπαλλήλους για την κατασκευή τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού οικιακής χρήσης ενώ το 2005 μετατράπηκε από επιχειρηματική μονάδα τηλεπικοινωνιών σε εταιρία τηλεπικοινωνιακών λύσεων. Έχει λάβει διεθνή βραβεία για τις τεχνολογικές της καινοτομίες και το εργασιακό της περιβάλλον. Οι εγκαταστάσεις Έρευνας & Ανάπτυξης ενώ παράλληλα διαθέτει σύγχρονο εργοστάσιο παραγωγής για τα προϊόντα της. Διαθέτει τεχνογνωσία και ευελιξία, ενώ έχει πελάτες παγκοσμίως σε περισσότερες από 70 χώρες. Η εταιρία τέλος έχει τοπική παρουσία στην Ευρώπη, Μέση Ανατολή, Αφρική, Ασία και Β. Αμερική.

Οι παραγωγικές εγκαταστάσεις της εταιρίας βρίσκονται στρατηγικά στην Ευρωπαϊκή Αγορά ως κατασκευαστής ηλεκτρονικών συστημάτων υψηλής απόδοσης, ευέλικτου όγκου και χαμηλού κόστους. Οι δυνατότητες της καλύπτουν όλο το φάσμα των εργασιών μαζικής παραγωγής. Η ροή κατασκευής έχει σχεδιαστεί με κρίσιμα σημεία ελέγχου όπου το προϊόν και η διαδικασία

παρακολουθούνται και ελέγχονται μέσω υπολογιστικών συστημάτων για την συμμόρφωση και την μείωση των απορρίψεων με μετρήσεις σε δείκτη DPMO (Defect per Million Opportunities). Το R&D τμήμα έχει αποκτήσει πολλή μεγάλη τεχνογνωσία στην σχεδίαση και παραγωγή υψηλής ποιότητας με χαμηλό κόστος προϊόντων δημιουργώντας όσο το δυνατόν λιγότερα απόβλητα με απότελεσματικές τεχνικές παραγωγής στην ροή του προϊόντος. Η λειτουργικότητα και η αξιοπιστία των προϊόντων επικυρώνονται μέσω μιας σειράς δοκιμών και μετρήσεων που πραγματοποιούνται σε κάθε φάση της διαδικασίας παραγωγής, πλήρως αυτοματοποιημένα. Η εταιρία λειτουργεί ένα τμήμα Testing Equipment με εργαζομένους εκτενώς κατηρτισμένους, το οποίο αναπτύσσει τις δικές του σύγχρονες κατασκευές για να καλυφθούν οι απαιτούμενες μετρητικές ανάγκες αλλά και ανάγκες κατά τις διαδικασίες επιθεώρησης. Επίσης διαθέτει πιστοποιημένο εργαστήριο κατά ISO 17025 στο οποίο γίνονται δοκιμές testing και συμβατότητας του προϊόντος με τις κανονιστικές διατάξεις καθώς και environmental δοκιμές. Διαθέτει πλήρως εξοπλισμένο εργαστήριο για την παραγωγή πρωτοτύπων και σε συνεργασία με Ελληνικά και Ευρωπαϊκά πανεπιστήμια αναπτύσσει από κοινού καινοτόμες τεχνολογίες στην παραγωγή προϊόντων χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες βιομηχανικών σχεδιαστών ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί σε μαζική παραγωγή προϊόντων τομέας που εμφανίζει δυσκολίες και περιλαμβάνει πολλαπλά στάδια.

Τα τελευταία χρόνια η εταιρεία έχει εκσυγχρονίσει το παραγωγικό της μοντέλο μέσω επενδυτικού προγράμματος κατά το οποίο αγοράστηκε νέος υπερσύγχρονος εξοπλισμός καθώς και εταιρεία κατασκευής τηλεπικοινωνιακών κεραιών στην Ιταλία.

Η εταιρεία έχει δεσμευτεί να καινοτομεί για FWA συνδέσεις ευρείας ζώνης και φέρνει λύσεις υψηλής ποιότητας για εγκατάσταση σε προαστιακές και αγροτικές περιοχές. Η οικιακή ευρυζωνική πρόσβαση γίνεται συνεχώς πιο απαιτητική και απαιτεί πιο προηγμένες προσφορές, με υπηρεσίες υψηλής χωρητικότητας και υψηλής ποιότητας που υποστηρίζουν ροή βίντεο ή τηλεφωνία VoIP. Η οικιακή ευρυζωνική πρόσβαση αφορά επίσης μια αγορά που είναι ευαίσθητη στις τιμές. Η υψηλή απόδοση είναι η προτεραιότητα. Οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών συνδέσεων που σχεδιάζουν να αναπτύξουν ασύρματα ευρυζωνικά δίκτυα για τους πελάτες τους σε ελκυστικά μηνιαία πακέτα πρέπει να επιλέξουν προμηθευτές εξοπλισμού που θα παρέχουν προσιτές λύσεις και θα δημιουργήσουν κερδοφόρες επενδύσεις. Αυτά τα προϊόντα για να είναι χαμηλού κόστους θα πρέπει η παραγωγική τους διαδικασία να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερου ρίσκου.

Επίσης η εταιρεία αξιοποιώντας τα 45 χρόνια εμπειρίας και επενδύοντας σημαντικά στην Έρευνα και Ανάπτυξη, αναπτύξει τεχνολογίες που εφαρμόζονται σε συστήματα ασύρματης πρό-

σβασης με βασικό χαρακτηριστικό της τελευταίας τεχνολογίας G5 είναι η σημαντική μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος παρέχοντας παράλληλα υπερύψηλές ταχύτητες σύνδεσης στους κατάναλωτές. Πιο συγκεκριμένα, η συγκεκριμένη τεχνολογία G5 που αναπτύσσει η εταιρεία μειώνει το ενεργειακό κόστος για τον τηλεπικοινωνιακό πάροχο κατά δύο τάξεις μεγέθους σε σύγκριση με τις ανταγωνιστικές ασύρματες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται ευρέως διεθνώς. Η εκθετική παγκόσμια αύξηση της ζήτησης για σταθερές συνδέσεις υπερυψηλής ταχύτητας έχει δημιουργήσει μεγάλες προκλήσεις για τους παρόχους τηλεπικοινωνιών, οι οποίοι πρέπει να προσφέρουν αυτό το αγαθό τόσο στον αστικό ιστό όσο και σε απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές. Τα δίκτυα οπτικών ινών που μπορούν να προσφέρουν εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες (Ultra-Broadband) της τάξης των εκατοντάδων Mbps ή ακόμα και Gbit/s στον τελικό χρήστη δεν είναι κατάλληλα για πρόσβαση σε ημιαστικές ή αγροτικές περιοχές, επειδή είναι οικονομικά ασύμφορο για να επεκτείνουν τις ίνες σε αυτές τις περιοχές. Τα σταθερά δίκτυα ασύρματης πρόσβασης ακολουθούν παρόμοια αρχιτεκτονική με την κινητή τηλεφωνία, καλύπτοντας ασύρματα απομακρυσμένες περιοχές με κυψελοειδές σχέδιο γύρω από τους Σταθμούς Βάσης. Οι τελικοί χρήστες έχουν τερματικούς σταθμούς στα σπίτια τους, οι οποίοι διασφαλίζουν την ευρυζωνική σύνδεση.

Σύμφωνα με τους παρόχους συνδεσιμότητας και τους κυβερνητικούς στόχους, όλοι οι συνδρομητές θα πρέπει να έχουν πρόσβαση σε σύνδεση 1 Gigabit ανά δευτερόλεπτο πολύ σύντομα, μερικοί λένε ότι αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέχρι το 2030. Όμως η αυξανόμενη ζήτηση ειδικά στις ασύρματες υπηρεσίες έχει τον αντίκτυπό της, την αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς το αποτύπωμα άνθρακα του συγκεκριμένου τομέα. Έχει υπολογιστεί ότι ολόκληρος ο τομέας των τηλεπικοινωνιών αντιπροσωπεύει περίπου το 1,5-2% της κατανάλωσης ενέργειας στις ανεπτυγμένες οικονομίες. Από αυτό το ποσοστό περίπου το 50-60% αντιστοιχεί στους σταθμούς βάσης των εν λόγω δικτύων.

Πώς μπορούμε να ορίσουμε μια τηλεπικοινωνιακή λύση «ΠΡΑΣΙΝΗ»; Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η στρατηγική μείωσης των εκπομπών CO2 είναι οι τρεις βασικοί πυλώνες που πρέπει να συνυπάρχουν προκειμένου ένα δίκτυο να φέρει την ένδειξη «ΠΡΑΣΙΝΟ».

Εκτός από την ελαχιστοποίηση του συνολικού ενεργειακού αποτυπώματος των ασύρματων τηλεπικοινωνιών, υπάρχει και μια ισχυρή οικονομική συνιστώσα, η οποία αφορά κυρίως τους παρόχους. Πιο συγκεκριμένα, οι υψηλές απαιτήσεις για ταχύτητες σύνδεσης με τους τελικούς συνδρομητές που προαναφέραμε, οδηγεί σε πυκνότερα και ευρύτερα δίκτυα με αύξηση του αριθμού

των σταθμών βάσης. Σε συνδυασμό με τις σταθερά αυξανόμενες τιμές της ενέργειας, γίνεται φανερό ότι η κατανάλωση ενέργειας είναι κρίσιμος παράγοντας για τα λειτουργικά έξοδα (OPEX) των παρόχων τηλεπικοινωνιακών δικτύων σταθερής ασύρματης πρόσβασης. Η εταιρεία προσφέρει λύση στο πρόβλημα αυτό αναπτύσσοντας συγκεκριμένη οικογένεια προϊόντων σταθερής ασύρματης πρόσβασης η οποία πλέον περιλαμβάνει την τεχνολογία G5 και η οποία επιτυγχάνει εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες σύνδεσης και εμβέλεια έως και 11 χιλιόμετρα από τον κόμβο (Σταθμός Βάσης). Επιπλέον, τα συστήματα που θα μελετήσουμε έχουν τη δυνατότητα να υποστηρίξουν έως και 960 χρήστες ανά σταθμό βάσης. Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά από μόνα τους μειώνουν δραστικά την ανάγκη για πυκνά ασύρματα δίκτυα. Επομένως, υπάρχει σημαντική μείωση στις συνολικές ενεργειακές ανάγκες για τους παρόχους που επιλέγουν τη λύση G5 αυτή για τους συνδρομητές τους.

Ένα από τα δυο προϊόντα για το οποίο θα μελετήσουμε την διαδικασία παραγωγής του και θα εφαρμόσουμε την μεθοδολογία FMEA είναι ένα τερματικό Dual Radio/Polarization με δυνατότητες MU-MIMO ενώ προσφέρει ταχύτητες λήψης 1 Gigabit/sec. Έχει αυξημένη λειτουργική ευκολία, αξιόπιστες επιδόσεις και χαρακτηριστικά εξοικονόμησης ενέργειας είναι δηλαδή μια πραγματική επανάσταση στην αγορά FWA. Το MU-MIMO διευκολύνει τη χρήση υψηλού φάσματος παράλληλα με γρήγορες και αξιόπιστες συνδέσεις. Προσφέρει επίσης προηγμένες δυνατότητες δικτύωσης, εκτεταμένη κάλυψη και κορυφαία τεχνολογία ραδιοφώνου PtMP στις ζώνες αδειοδοτημένης περιοχής 24,25-29,50 GHz, ενώ επιτρέπει την τελευταίας τεχνολογίας συνδεσιμότητα IP σε εγκαταστάσεις μηδενικού αποτυπώματος και σε τοποθεσίες εξυπηρέτησης που απαιτούν οικονομική ταχέως υλοποιούμενα δίκτυα FWA. Οι δυνατότητες παροχής Zero-touch καθιστούν την ανάπτυξη του δικτύου αβίαστη. Τα χαρακτηριστικά του είναι :

- Ευρύ κανάλι, έως 112 MHz (FDD).
- Ράδιο διπλής πολικότητας που παρέχει χωρητικότητα κατερχόμενης ζεύξης 1 Gbps στον συνδρομητή.
- Μέθοδος πρόσβασης MU-MIMO με τεχνικές ακύρωσης παρεμβολών.
- Υποστήριξη διαφόρων προφίλ υπηρεσιών με προηγμένο προγραμματισμό QoS.
- Αβίαστη διάθεση που χρησιμοποιεί αυτοματοποιημένες διαδικασίες παροχής μηδενικής επαφής.
- Βελτιστοποιημένη ανάπτυξη δικτύου με εργαλεία σχεδιασμού PtMP και ανάλυσης χωρητικότητας που επιτρέπουν επίσης την αυτοματοποιημένη είσοδο στο τερματικό.

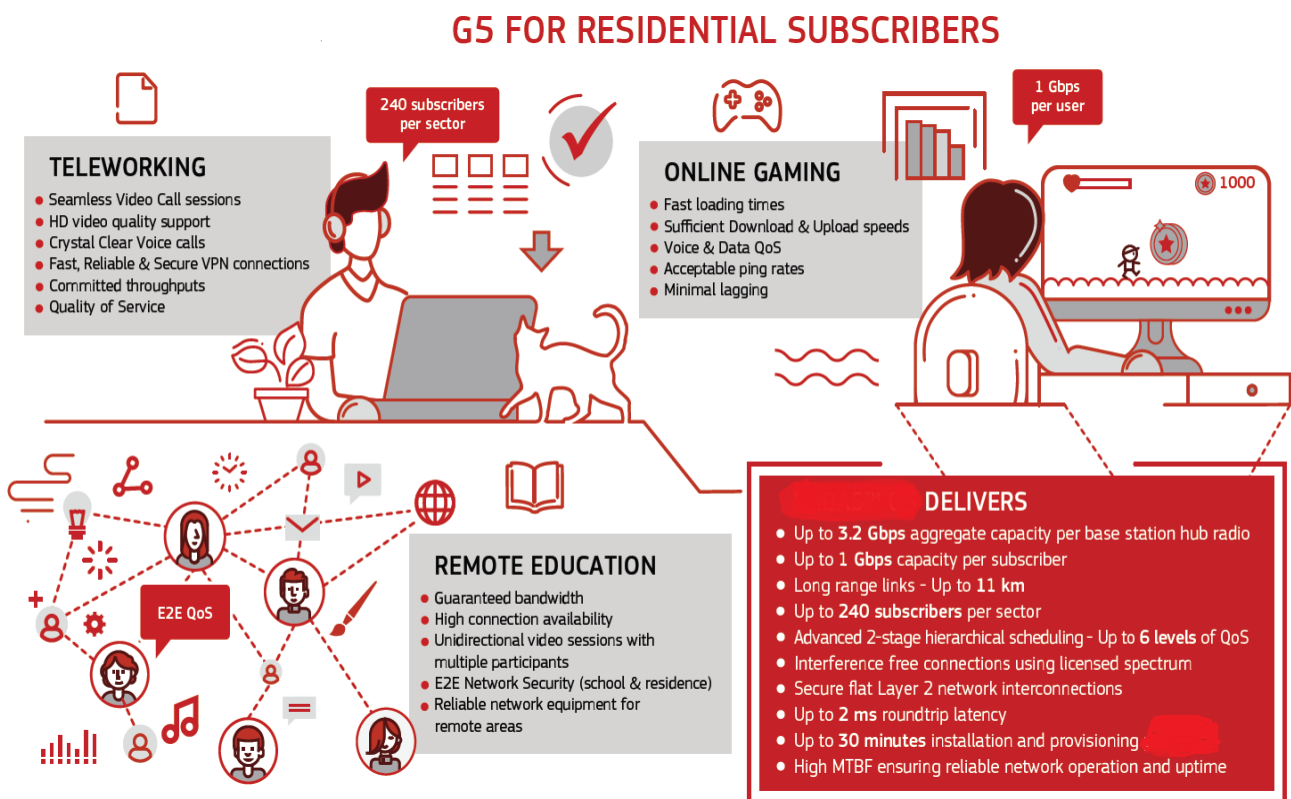
- Εύκολη απομακρυσμένη αναβάθμιση στο πεδίο με νέες δυνατότητες χάρη στην τεχνολογία Software Defined Radio (SDR).
- Εγγύηση QoS και, μαζί με το πολύ μικρό μέγεθος, τον ελκυστικό σχεδιασμό και την πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, προσφέρει εξαιρετικά αξιόπιστη ευρυζωνική συνδεσιμότητα πρόσβασης σε οικιακούς πελάτες.

Το επόμενο προϊόν είναι η πιο πρόσφατη προσθήκη στη γενιά G5 της σειράς προϊόντων για εξαιρετικά γρήγορη σταθερή ασύρματη πρόσβαση (FWA). Πρόκειται για ένα full outdoor- dual radio διανομέα PtMP με διπλό φορέα που λειτουργεί εξ ολοκλήρου στην αδειοδοτημένη ζώνη των 28 GHz και συνδυάζει τη χρήση ευρείων καναλιών 112 MHz με τις πιο προηγμένες τεχνικές FDD MU-MIMO και ακύρωσης παρεμβολών για απόδοση έως και 3,2 Gbps. Είναι ιδανικό για παρόχους τηλεπικοινωνιακού δικτύου που χρειάζονται να αναπτύξουν πυκνά δίκτυα FWA - ικανά να εξυπηρετούν έως και 240 τερματικούς σταθμούς (ανά διανομέα). Βασίζεται σε μια πλατφόρμα που καθορίζεται από λογισμικό, η οποία παρέχει μελλοντικές αναπτύξεις και βελτιώσεις χαρακτηριστικών του λογισμικού. Η προηγμένη τεχνολογία του συστήματος επιτρέπει τη λειτουργία του συστήματος σε ένα μέγιστο σχήμα διαμόρφωσης 1024-QAM, επομένως τα τερματικά μπορούν να επιτύχουν συνολική απόδοση 1 Gbps. Τα χαρακτηριστικά του είναι :

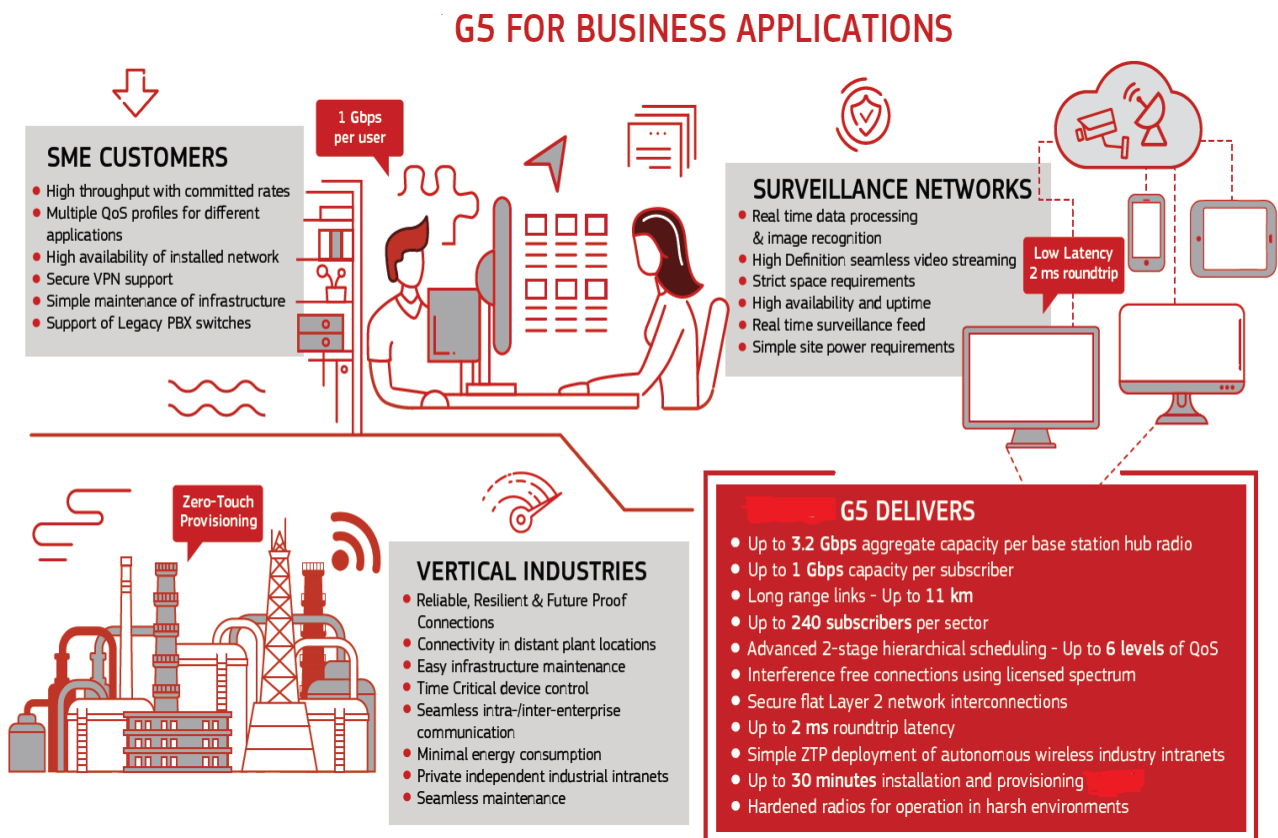
- Ραδιόφωνο Dual-Carrier που παρέχει εξαιρετικά γρήγορες ευρυζωνικές συνδέσεις.
- Ευρύ πλάτος καναλιού, έως 112 MHz.
- Μέθοδος πρόσβασης FDD MU-MIMO με τεχνικές ακύρωσης παρεμβολών.
- Μεγάλη περιοχή εξυπηρέτησης (έως 11 km εμβέλεια).
- Υψηλή πυκνότητα τερματικού ανά τομέα (240 συνδρομητές).
- Υποστήριξη διαφόρων προφίλ υπηρεσιών με προηγμένο προγραμματισμό QoS (Quality of Services).
- Βελτιστοποιημένη ανάπτυξη δικτύου με εργαλεία σχεδιασμού PtMP και ανάλυσης χωρητικότητας που επιτρέπουν επίσης την αυτοματοποιημένη είσοδο στο τερματικό.
- Αβίαστη διάθεση που χρησιμοποιεί αυτοματοποιημένες διαδικασίες παροχής μηδενικής επαφής.
- Γρήγορη επέκταση δικτύου - απλώς προσθέστε τερματικά στις τοποθεσίες που εξυπηρετούνται.
- Εύκολη αναβάθμιση στο πεδίο με νέες δυνατότητες χάρη στην τεχνολογία Software Defined Radio (SDR).

Τα προηγούμενα αναφερθέντα τεχνικά χαρακτηριστικά των δύο προϊόντων, μαζί βέβαια με την πλήρωση των αισθητικών standards, αποτελούν το προφίλ ποιότητάς για κάθε προϊόν (Quality Target Product Profile).

Και τα δυο προϊόντα αποτελούν έναν σχεδιασμό της εταιρείας για ταχέως αναπτυσσόμενα ασύρματα δίκτυα ώστε να προσφέρεται εξαιρετικά γρήγορη πρόσβαση σε σπίτια, διαμερίσματα ή επιχειρήσεις, μεγάλη ευελιξία και οικονομική απόδοση σε απαιτητικά έργα backhaul και fronthaul. Ένα παράδειγμα τέτοιου έργου αποτελούν οι ραδιακές ζεύξεις που χρησιμοποιούνται για back-hauling κάμερες HD κυκλοφορίας και που προσβλέπουν σε υπηρεσίες δικτύου επιτήρησης χωρίς επιπτώσεις στους πελάτες ή επιχειρηματικές διακοπές λόγω καθυστερήσεις. Κατάλληλο και για ιδιωτικές εφαρμογές δικτύωσης σε αστυνομικές και στρατιωτικές εγκαταστάσεις, όπου είναι αυστηροί οι κανόνες ασφαλείας και πρέπει να πληρούνται οι απαιτήσεις όσον αφορά τα περιουσιακά στοιχεία ασφάλειας και κρυπτογράφησης κρίσιμων δεδομένων. Παράλληλα υπάρχει δυνατότητα παρακολούθησης 24x7 και έλεγχος της τηλεπικοινωνιακής υποδομής η οποία υποστηρίζεται από μια κορυφαία λύση διαχείρισης, μια ψηφιακή πλατφόρμα επίσης σχεδιασμένη από την εταιρεία.



Σχήμα 4 : Residential Subscribers (Κακιώρη, 2021)



Σχήμα 5 : Business application (Κακτώρη, 2021)

Περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας- Στάδια ανάπτυξης μοντέλου.

Η εταιρεία προσπαθώντας να ενισχύσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων προϊόντων της έχει στραφεί στην εφαρμογή μεθοδολογιών όπως η Lean & Six Sigma. Η επιλογή αυτή έγινε διότι η μεθοδολογία Lean προάγει την μείωση των αποβλήτων σε κάθε φάση της διαδικασίας, δηλαδή τα scrap, ενώ για την Six Sigma η μικρότερη απόκλιση στις παραμέτρους παραγωγής είναι ο στόχος και το τελικό αποτέλεσμα της εφαρμογής τους προάγει την καλύτερη εξυπηρέτηση του πελάτη με ταυτόχρονη μείωση κόστους για την ίδια. Επειδή η ανάγκη για μείωση της διακινδύνευσης αποτελεί επιτακτική ανάγκη για την επιβίωση της εταιρείας, επιπλέον αυτών των μεθοδολογιών επιλέχθηκε η FMEA έτσι ώστε να ενισχυθεί περαιτέρω η αξιοπιστία της παραγωγικής της διεργασίας διότι με τον τρόπο αυτό θα εντοπισθούν και θα αξιολογηθούν οι παράμετροι της (Process Parameters & Critical Process Parameters), οι οποίες επηρεάζουν τα κρίσιμα χαρακτηριστικά ποιότητας (Critical Quality Attributes, CQAs) άρα και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά λειτουργίας των προϊόντων (Quality Target Product Profile).

Προκαταρκτική μελέτη

Το καθοριστικό βήμα για την ανάλυση της μελέτης είναι η σε βάθος πλήρη κατανόηση της διαδικασίας παραγωγής των προϊόντων. Η εταιρεία έχει πολλή μεγάλη εμπειρία στην ανάπτυξη και παραγωγή τηλεπικοινωνιακού υλικού και έχει κατορθώσει οι διεργασίες και τα στάδια παραγωγής ελέγχου των προϊόντων της να είναι τυποποιημένες και κοινές στο top level execution. Στο επόμενο σχήμα αναπαριστάνεται η γραμμή παραγωγής στο οποίο αποτυπώνονται και τα κρίσιμα σημεία ελέγχου. Περιλαμβάνονται τα ακόλουθα στάδια:

- 1) Εισαγωγή υλικών και incoming inspection. Η διαδικασία γίνεται με δειγματοληπτικό έλεγχο (Acceptance Quality Level status) στο τμήμα ελέγχου εισερχομένων, το οποίο ανήκει στην Δ/ση Ποιότητας και χωροταξικά βρίσκεται στον χώρο των αποθηκών. Οι έλεγχοι αφορούν χαρακτηριστικά τεχνικά και αισθητικά, τόσο στα digital components αλλά και στα μηχανολογικά εξαρτήματα που απαιτούνται για την παραγωγή των προϊόντων.
- 2) Προγραμματισμός παραγωγής. Για να ξεκινήσει η παραγωγική διαδικασία απαιτείται να έχει ολοκληρωθεί ο προγραμματισμός της βάση συγκεκριμένων απαιτήσεων και επιβεβαίωσης της επάρκειας των κατάλληλων υλικών & βοηθημάτων και ταυτόχρονα του εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικό που θα εμπλακεί. Η διεργασία αυτή γίνεται μέσω του σύγχρονου ERP συστήματος που διαθέτει η εταιρεία.
- 3) Αφύγρανση υλικών. Κάποια υλικά όπως επί παραδείγματι οι processors πριν την χρήση τους και την προγραμματισμό τους απαιτείται να περάσουν μια διαδικασία αφύγρανσης έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί ο χρόνος ζωής τους. Στον χώρο της παραγωγής υπάρχει μηχανήμα στο οποίο λαμβάνει χώρα η διαδικασία.
- 4) Συγκόλληση των SMDs σε επιφάνεια τυπωμένου κυκλώματος. Κατά την διαδικασία αυτή δημιουργείται στην πραγματικότητα το προϊόν. Με ένα εξοπλισμό 4 συγχρόνων μηχανών τοποθέτησης και συγκόλλησης (on both sides of PCBs) ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, η εταιρεία έχει την ευχέρεια να παράγει με ασφάλεια, μεγάλη ταχύτητα και σε τεράστιους αριθμούς integrated circuits (ICs). Στην φάση αυτή για κάθε καινούργιο set up των μηχανών (είτε αλλάζει ο τύπος του παραγόμενου προϊόντος είτε αλλάζει η πλευρά συγκόλλησης στο ίδιο PCB) ελέγχεται το αποτέλεσμα της διεργασίας από το τμήμα ποιοτικού ελέγχου βάση συγκεκριμένων οδηγιών οι οποίες αντλούνται από τον φάκελο παραγωγής του προϊόντος
- 5) AOI station. Σ αυτή την φάση έχουμε έναν ελεγκτικό μηχανισμό για το 100% του πληθυσμού με την χρήση ενός αυτοματοποιημένου συστήματος visual inspection. Ο σταθμός

καλείται AOI (Automatic Optical Inspection) και τα αποτελέσματα καταγράφονται αυτόματα στο MES (Manufacturing Execution System) της Δ/νσης Παραγωγής.

- 6) X-RAY station. Επειδή στην σύγχρονη εποχή πάρα πολλά από τα υλικά των ICs για να συγκολληθούν απαιτούν ειδικές τεχνολογίες και τα σημεία συγκόλλησης τους δεν είναι ορατά από το ανθρώπινο μάτι, διατίθεται μηχάνημα X-RAY στο οποίο ελέγχεται δείγμα 10% για κάθε τύπο unit και το αποτέλεσμα πρέπει να είναι 100% εντός προδιαγραφών. Σε αντίθετη περίπτωση επιθεωρείται το set up των SMDs ενώ παράλληλα στα units που διαπιστώθηκαν ότι βρίσκονται κάποια σημεία τους εκτός προδιαγραφών, γίνεται το απαραίτητο rework για να ενταχθούν ξανά στην παραγωγική διαδικασία ή χαρακτηρίζονται scrap και στέλνονται στην ανακύκλωση.
- 7) Manual Insertion station. Για τα trough-hole υλικά που απαιτείται να συγκολληθούν στα units, τα υλικά αυτά είναι πλέον περιορισμένα σε πλήθος και αφορούν κυρίως σε διάφορους τύπους connectors ή πυκνωτές υψηλής χωρητικότητας, το προσωπικό του σταθμού αντικαθιστά τις συγκολλητικές μηχανές.
- 8) Functional stations. Είναι σταθμοί ελέγχου σε επίπεδο υπο-μονάδας και γίνονται πριν την σύνθεση του ολοκληρωμένου προϊόντος που θα φτάσει στον καταναλωτή. Οι σταθμοί αυτοί είναι πολύπλοκες διατάξεις που διαθέτουν εξοπλισμό υψηλής τεχνολογίας πλήρως αυτοματοποιημένες, έχουν κατασκευαστεί από την Δ/νση Test Equipment και διενεργούν μια πληθώρα ελέγχων βάση προδιαγραφών οι οποίες έχουν δοθεί από την Δ/νση R&D και έχουν επαληθευτεί κατά την πιλοτική παραγωγή των προϊόντων (η οποία προηγείται του release to production). Υπάρχουν διαφορετικοί σταθμοί ανάλογα με τον τύπο του unit (DUT, Device Under Test) αλλά και το είδος των ελέγχων που εκτελούνται. Για παράδειγμα, υπάρχουν σταθμοί ελέγχου για τα DC κυκλώματα, για τον προγραμματισμό των ολοκληρωμένων (processors κτλ) αλλά και για τις Rf λειτουργικότητες που απαιτεί να έχει κάθε μονάδα. Δηλαδή ένα unit συνήθως θα περάσει έλεγχο σε παραπάνω από έναν Functional station. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονται στο MES.
- 9) Assembly stations. Είναι το επόμενο στάδιο της διαδικασίας παραγωγής και δεν είναι ελεγκτικοί σταθμοί αλλά εκεί γίνεται η συναρμολόγηση των υπο-μοναδών σε ολοκληρωμένα συστήματα. Υπάρχουν διάφοροι τέτοιοι σταθμοί οι οποίοι διαχωρίζονται κατά ομάδες προϊόντων αφού υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις ανά προϊόν. Κάποια από αυτά είναι πιο σύνθετα και χρειάζονται αρκετά εξειδικευμένο προσωπικό που θα πρέπει να έχει επάρκεια σε quality standards όπως το ICP-610 και άλλες ομάδες προϊόντων είναι πιο απλές όπου η

συναρμολόγηση γίνεται πολύ γρήγορα. Με τον διαχωρισμό αυτό δεν δημιουργούνται bottlenecks. Σε αυτό το στάδιο γίνεται τυχαίος δειγματοληπτικός έλεγχος από το QC για την αποφυγή και την πρόληψη αστοχιών.

10) Pre-Final stations. Όπως καταλαβαίνουμε και από το όνομα των σταθμών αφορά σε ελέγχους στο τελικό προϊόν, οι οποίοι όμως γίνονται σε συνθήκες περιβάλλοντος. Είναι επίσης διατάξεις ανεξάρτητες για κάθε ομάδα προϊόντων, πολύπλοκες και με εξειδικευμένο εξοπλισμό ενώ το s/w που «τρέχει» ο σταθμός είναι δημιουργία της Δ/σης Έρευνας και Ανάπτυξης σε συνεργασία με την Δ/ση Test Equipment. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονται στο MES και απαιτείται 100% συμμόρφωση με τις προδιαγραφές (όρια μετρήσεων). Σε περίπτωση αστοχιών, γίνεται διάγνωση της βλάβης, το σύστημα αποσυναρμολογείται και ανάλογα με την αξιολόγηση της βλάβης στέλνεται στον σταθμό ελέγχου της υπο-μονάδας για επανέλεγχο και εφαρμογή των κατάλληλων διορθωτικών ενεργειών. Σε κάποιες περιπτώσεις μια αστοχία μπορεί να επικοινωνηθεί στο R&D για ενδελεχή αξιολόγηση και να προκύψει είτε αλλαγή στα όρια ελέγχου των σταθμών ή αλλαγή του τρόπου που διενεργείται μια μέτρηση (αυτό συμβαίνει σπάνια όταν υπάρξουν ειδικές εξωγενείς συνθήκες που δεν είχαν προβλεφθεί) είτε έκδοση Ειδικής Τεχνικής Αλλαγής, η οποία αφορά σε όλα τα συστήματα που παράγονται ή έχουν παραχθεί από τον συγκεκριμένο τύπο προϊόντος. Κατά την εφαρμογή τέτοιων οδηγιών αποτελεί ευθύνη του Ποιοτικού ελέγχου να δεσμεύσει τα προϊόντα σε ειδικό χώρο, να σημανθούν ανάλογα και να επιβλέψει όλη την διαδικασία μέχρι την ολοκλήρωσή της. Θα πρέπει να διενεργήσει επίσης έλεγχο στο πρώτο unit μετά την εφαρμογή της Τεχνικής Αλλαγής για την πιστοποίηση της καλής λειτουργίας του συστήματος και να επικοινωνήσει ότι δεν υπάρχει πλέον ο συγκεκριμένος παράγοντας αστοχίας.

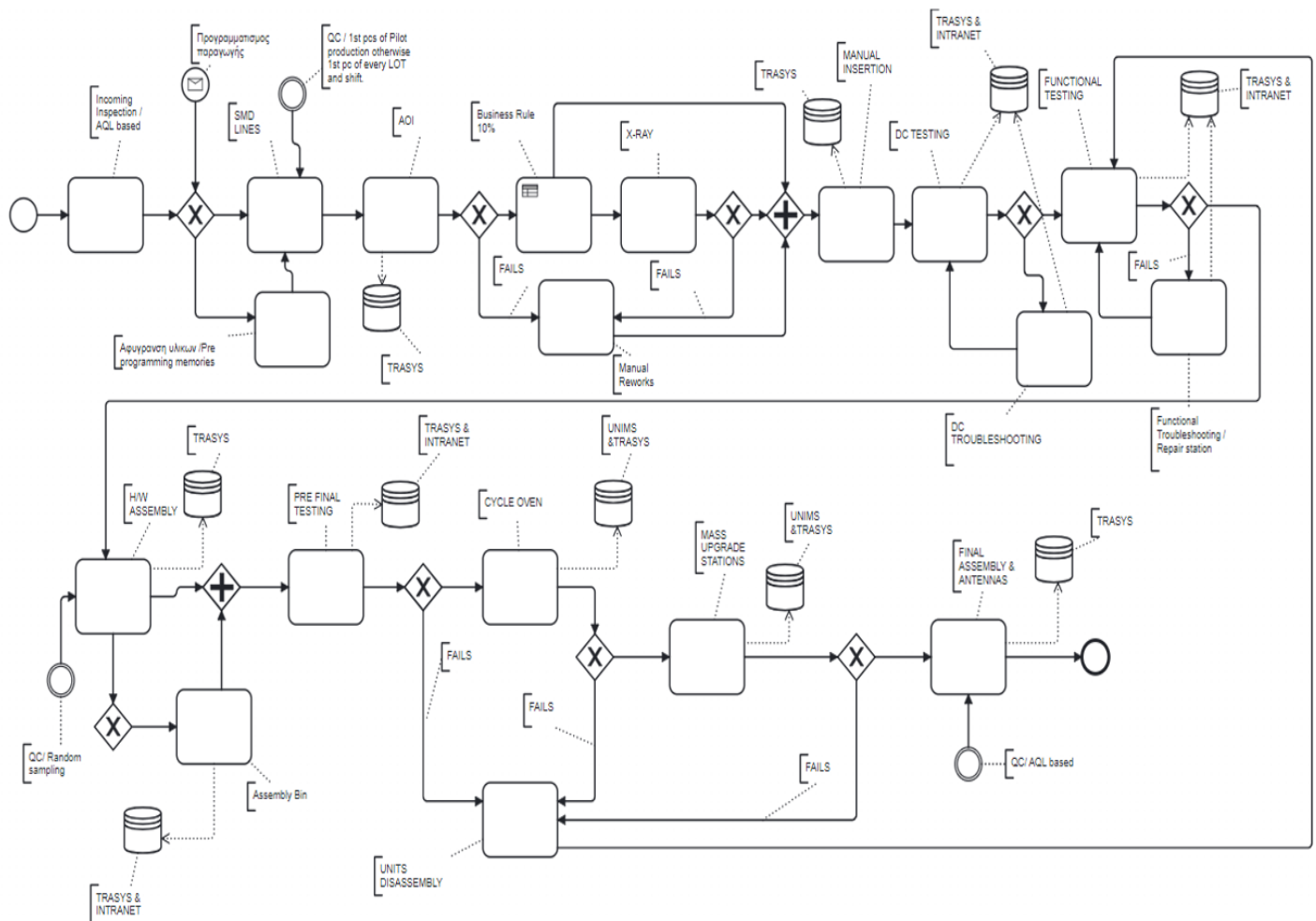
11) Cycle -Oven stations. Είναι σταθμοί ελέγχου για ολόκληρα τα συστήματα αλλά αυτά καταπονούνται με θερμοκρασιακές μεταβολές. Οι έλεγχοι γίνονται από την θερμοκρασία των 30°C ως και την θερμοκρασία των +50°C με διάφορους ελέγχους στις ενδιάμεσες θερμοκρασίες. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στο MES και παρακολουθούνται ώστε σε περίπτωση απόκλισης από τις προδιαγραφές να ακολουθηθεί η διαδικασία που περιεγράφηκε στους Pre-Final stations.

12) Mass-Upgrade stations. Σταθμοί ελέγχου στους οποίους τα συστήματα λαμβάνουν το τελικό s/w version που έχει συμφωνηθεί με τον πελάτη καθώς επίσης ενεργοποιούνται τα ανάλογα licenses.

13) *Final Assembly stations.* Είναι τα σημεία που γίνεται η τελική συναρμολόγηση (πχ γίνεται η προσθήκη της κεραίας πριν την αποστολή στον πελάτη) και η σήμανση του τελικού προϊόντος. Λαμβάνει χώρα και εδώ διαδικασία ελέγχου, η οποία γίνεται δειγματοληπτικά βάσει Acceptance Quality Level status από το QC.

Για να συλλεχθούν τα δεδομένα της μελέτης FMEA και την ερμηνεία τους απαιτείται να συγκροτηθεί μια ομάδα από στελέχη με διαφορετικές ειδικότητες οι οποίοι θα συνεισφέρουν ο καθένας από την πλευρά του ώστε τα αποτελέσματα της μελέτης να είναι ολοκληρωμένα. Στην ομάδα θα πρέπει να συμμετέχουν οι ακόλουθες ειδικότητες :

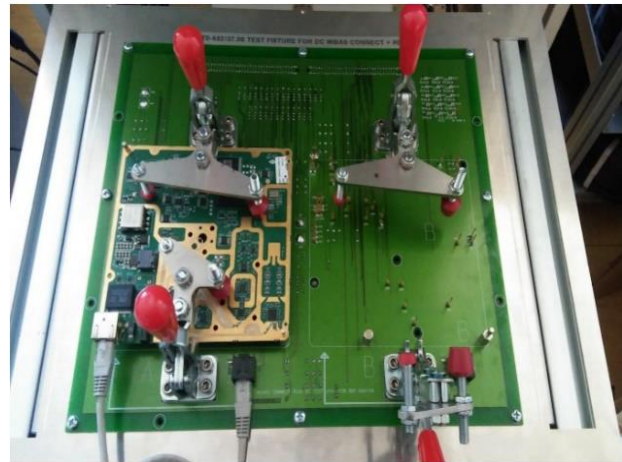
- Ο υπεύθυνος για την παραγωγή που γνωρίζει με κάθε λεπτομέρεια τις παραγωγικές δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά της.
- Τα στελέχη της Δ/σης Διασφάλισης Ποιότητας από τα οποία θα αντλήσουμε τα αναγκαία ιστορικά στοιχεία για παλαιότερες παραγωγές προϊόντων και πληροφορίες από τις εταιρικές διαδικασίες. Είναι εκείνοι οι οποίοι θα μεσολαβήσουν για την ροή της πληροφορίας από το τμήμα Μάρκετινγκ με τις απαιτήσεις των πελατών, δηλαδή θα κάνουν την περίληψη των δεδομένων Ποιότητας.
- Τα στελέχη του Quality Control τα οποία θα συλλέξουν πληροφορίες σχετικά με τα κρίσιμα σημεία όπου διενεργούν ελέγχους.
- Προϊστάμενοι σταθμών ελέγχων οι οποίοι θα συλλέξουν πληροφορίες για τις βλάβες και τις διορθωτικές ενέργειες που εφαρμόζονται.
- Ο process engineer του τμήματος SMD που θα μας δώσει τις απαραίτητες πληροφορίες για την διαδικασία τοποθέτησης και συγκόλλησης των units.
- Οι μηχανικοί της Δ/σης Έρευνας και Ανάπτυξης που σχεδίασαν τα προϊόντα και τις μετρητικές διατάξεις και θα προσδιορίσουν τα κρίσιμα χαρακτηριστικά των υλικών και των παραμέτρων της διεργασίας.



Σχήμα 6 : Σχεδιάγραμμα παραγωγικής διαδικασίας

Θα πρέπει εδώ να μας απασχολήσει η αξιολόγηση του εξοπλισμού της παραγωγής το οποίο αποτελεί σημαντικό τμήμα των ελέγχων και της ικανότητας για ιχνηλάτηση των προϊόντων αφού κάθε προϊόν συνοδεύεται από έναν μοναδιαίο σειριακό αριθμό και τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονται σε logs με τίτλο τον αντίστοιχο σειριακό κάθε unit. Όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένα ο εξοπλισμός του εργοστασίου αποτελεί συνδυασμό μηχανήματων που η προμήθεια τους έχει γίνει από εξωτερικό παροχή αλλά και διατάξεις κατασκευασμένες από την εταιρεία οι οποίες όμως χρησιμοποιούν εξειδικευμένα όργανα (spectrum analyzers, multimeters, oscilloscopes RF generators, RF couplers κτλ). Οι διατάξεις αυτές «τρέχουν» ειδικό λογισμικό το οποίο αναπτύσσεται στο τμήμα Test Equipment, μαζί με τις μηχανολογικές σχεδιάσεις που απαιτούν οι συγκεκριμένοι σταθμοί ελέγχου. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφονται σε έναν server στον οποίο είναι συνδεδεμένοι όλοι οι σταθμοί εργασίας και από τον οποίο μπορούμε να εξάγουμε επιπλέον διάφορα γραφήματα που θα διευκολύνουν στην στατιστική ανάλυση των από-

τελεσμάτων και της απόδοσης του εργοστασίου(KPIs, Cp κτλ). Με τον τρόπο αυτό υπάρχει αποθηκευμένη όλη η πορεία μιας μονάδας κατά την παραγωγικής της διαδικασία και σε περίπτωση που υπάρχει πρόβλημα στο πεδίο λειτουργίας ή κάποιο παράπονο πελάτη μπορούμε να γνωρίζουμε το ιστορικό της και να εφαρμοστούν οι κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες. Θα πρέπει να παραθέσουμε ότι η διαδικασία ιχνηλατήσης είναι απαίτηση του Προτύπου ISO9001 και επιβάλλεται η καταγραφή τέτοιων συμβάντων σε ειδικό αρχείο της Δ/σης Ποιότητας, το οποίο ελέγχουν οι φορείς πιστοποίησης στην διαδικασία ετήσιας επιθεώρησης/ πιστοποίησης.



Εικόνα 23 : Μετρητικές διατάξεις (Κακιώρη, 2021)



Εικόνα 24 : Μηχάνες SMD (<https://www.etongroupmachine.com>)

Περιγραφή	Πλήθος συμβάντων	Περιγραφή αστοχίας	Αίτια συμβάντος-Διορθωτική ενέργεια	Ποσοστό αστοχίας
Αποκλίσεις οι οποίες συνδέονται με την διεργασία	8	<ul style="list-style-type: none"> • Λανθασμένο update licenses • Λανθασμένη mac address • Rx path ripple • Less Tx Power 	<ul style="list-style-type: none"> • Ανθρώπινο λάθος → Δημιουργία εφαρμογής που να ελέγχει όλα τα στάδια μετρήσεων ως προς την επιτυχή ολοκλήρωσή τους • Ανθρώπινο λάθος → Λάθος στην ενημέρωση του πελάτη. Αυτοματοποίηση της έκδοσης των στοιχείων από την βάση δεδομένων του MES • Επαναξιολόγηση τρόπου μέτρησης. Αλλαγή ορίων στον σταθμό ελέγχου • Wrong Calibration → Αστοχία υλικού. Αντί-κατασταση και επανέλεγχος 	0,35%
Αποκλίσεις οι οποίες συνδέονται με την ποιότητα των υλικών	5	<ul style="list-style-type: none"> • Υγρασία • Αλλοιωμένο κάτοπτρο • Εκτός προδιαγραφών: functional & oven test. 	<ul style="list-style-type: none"> • Είσοδος βρόχινου νερού → Αλλαγή φλάντζας και προσθήκη σιλικόνης εφεξής σε συγκεκριμένα σημεία • Λάθος κωδικός pillar → Έλεγχος αποθέματος και αντικατάσταση ελαττωματικών • Αστοχία κατασκευής συγκεκριμένης διάταξης ελέγχου → Επεξεργασία στην κατασκευή και επιβεβαίωση των σωστών αποτελεσμάτων ελέγχου 	0,12%
Κρίσιμα ή επαναλαμβανόμενα παράπονα	0	Μη εφαρμόσιμο	Μη εφαρμόσιμο	0%
Απόδοση προϊόντος εκτός προδιαγραφών	3	<ul style="list-style-type: none"> • Alignment fails • Lower Tx power 	<ul style="list-style-type: none"> • Κακό SNR → Ολίσθηση Local Oscillator. Επισκευή της μονάδας και αποστολή στον πελάτη χωρίς χρέωση (εντός εγγύησης) • Αστοχία υλικού σε συγκεκριμένες θερμοκρασιακές συνθήκες → Power Amplifier fail. Επισκευή της μονάδας και αποστολή στον πελάτη χωρίς χρέωση (εντός εγγύησης) 	0,08%
Ανακλήσεις	0	Μη εφαρμόσιμο	Μη εφαρμόσιμο	0%
Απορρίψεις	3	<ul style="list-style-type: none"> • Dead on Arrival • Wrong cavities to metal covers • Components out of standards 	<ul style="list-style-type: none"> • Κακή τελική συναρμολόγηση του συστήματος → Απόρριψη μονάδας και αποστολή νέας στον πελάτη χωρίς χρέωση • Λάθος προμηθευτή → Έκδοση έκθεσης απόρριψης με χρέωση προμηθευτή. 100% έλεγχος αποθέματος και αντικατάσταση των ελαττωματικών metal covers 	0,08%

			<ul style="list-style-type: none"> • Λάθος προμηθευτή → έκδοση έκθεσης απόρριψης με χρέωση προμηθευτή από το τμήμα Incoming inspection 	
Επεξεργασίες προϊόντων	12	<ul style="list-style-type: none"> • Rework to PCB's solder resist • Λάθος τοποθέτηση διόδου • Σφάλμα στην τοποθέτηση absorber 	<ul style="list-style-type: none"> • Κακή κατασκευή stencil SMD → Επικοινωνία με προμηθευτή και διόρθωση τεχνικών σχεδίων • Προγραμματισμός SMD line. → Αλλαγή στο s/w της γραμμής • Τοποθέτηση συγκεκριμένης διάστασης του υλικού σε λάθος θέση → Ενημέρωση/εκπαίδευση προσωπικού, αναθεώρηση τεχνικών σχεδίων 	0,42%
Διορθωτικές ενέργειες in process που δεν έχουν ολοκληρωθεί και αφορούν εξοπλισμό, υλικά και τμήματα της διεργασίας	4	<ul style="list-style-type: none"> • Εφαρμογή τεχνικής αλλαγής για την ρύθμιση της απόκλισης της τάσης των 5V • Αγορά Laser cutter για τα absorber • Εκπαιδεύσεις προσωπικού στο IPC-610 • Αγορά δευτέρου μηχανήματος AOI 	Καταληκτική ημερομηνία υλοποίησης αλλαγών : Μάιος 2024	0,1%

Πίνακας 1: Περίληψη των δεδομένων ποιότητας

Στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 1) συνοψίζονται τα δεδομένα ποιότητας που έχουν καταγραφεί κατά τις περιοδικές ανασκοπήσεις ποιότητας των προϊόντων και σε ιστορικά στοιχεία για τα δυο προϊόντα. Τέτοια δεδομένα αφορούν σε κρίσιμα ή επαναλαμβανόμενα παράπονα πελατών, σε κρίσιμες αποκλίσεις που συνδέονται με την διεργασία (πριν και μετά την πώληση), τα υλικά ή τον εξοπλισμό, την εκτός ορίων απόδοση των προϊόντων και τις απορρίψεις ή τα reworks.

Η ανάπτυξη της μελέτης

Η ανάπτυξη της μελέτη αστοχίας παραγωγής (PFMEA) θα γίνει σε όλα τα 13 στάδια τα οποία περιεγράφηκαν προηγούμενα. Για κάθε αστοχία θα υπολογιστεί ο δείκτης RPN και αφού εφαρμοστούν οι διορθωτικές ενέργειες ο δείκτης θα επαναπροσδιοριστεί. Ακολουθούν οι αναλυτικοί πίνακες για την εφαρμογή της μελέτης. Όλοι οι πίνακες της μελέτης είναι της μορφής του πίνακα 3.

											Έκδοση 1 ^η				
											Ημ. Ανασκόπησης: 05.02.2024				
											Μελέτη PFMEA				
											Υπεύθυνος:.....				
A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	S	Πιθανά Αίτια Αστοχίας	O	Τρόποι Ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική Ενέργεια	Υπεύθυνος	S	O	D	RPN
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

Πίνακας 2: Φύλλο εργασίας της μελέτης

«Διαχείριση διακινδύνευσης κατά την παραγωγική διαδικασία ασύρματου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με την μεθοδολογία μελέτης αστοχίας και την χρήση εργαλείων Ποιότητας σε βιομηχανία Τηλεπικοινωνιακών συστημάτων»

										Έκδοση 1 ^η					
<i>Εισαγωγή υλικών και incoming inspection</i>										Ημ. Ανασκόπησης: 05.02.2024					
<i>Προγραμματισμός παραγωγής .</i>										Μελέτη PFMEA					
										Υπεύθυνος:.....					
A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	S	Πιθανά Αίτια Αστοχίας	O	Τρόποι Ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική Ενέργεια	Υπεύθυνος	S	O	D	RPN
1	Αποστολή δελτίου παραγωγής	Λανθασμένη καταχώρηση πρώτης ύλης	Λανθασμένη παραλαβή πρώτης ύλης προς παραγωγή	3	Ανθρώπινο λάθος	6	Εκπαίδευση προσωπικού	5	90	Επανελεγχος δελτίων παραγωγής με βάση το πλάνο παραγωγής	Τμήμα αποθήκης	3	4	4	48
2	Συλλογή πρώτης ύλης	Λανθασμένη συλλογή πρώτης ύλης	Λανθασμένη παραλαβή πρώτης ύλης προς επιθεωρηση	4	Ανθρώπινο λάθος	6	Εκπαίδευση προσωπικού	5	120	Κατά την παραλαβή της πρώτης ύλης να ελέγχεται η ορθότητα της ετικέτας του δείγματος από εκείνον που κάνει την παραλαβή	Τμήμα αποθήκης	4	4	4	64
3	Τοποθέτηση πρώτης ύλης σε ειδικές παλέτες	Καταστροφή πρώτης ύλης / μη αντιστατική προστασία	Υποβάθμιση ποιότητας	10	Ελλειπή μετρα ESD	4	Προληπτική συντήρηση συστήματος /Τακτική Επιθεωρηση μετρων	3	120	Πλάνο ελέγχων και επιθεωρηση των μετρων κάθε 3 μηνες/ διατηρηση αρχειων μετρησεων	Τμήμα συντήρησης / Δ/ση Ποιοτητας	10	2	2	40
4	Παραλαβη υλικών που χρειαζονται ειδικες συνθηκες υγρασιας	Καταστροφή πρώτης ύλης / μη σωστη αποθηκευση σε συγκεκριμενες συνθηκες	Υποβάθμιση ποιότητας	10	Ανθρώπινο λάθος	6	Παρατηρηση συσκευασίας παραγωγού πρώτης ύλης/ Λίστα υλικων που απαιτουν ειδικη διαχειριση	5	300	Δημιουργια οπτικης ενημερωσης του Incoming στο ERP, για ειδοποιηση κατά την παραλαβή	Τμήμα μηχανογράφησης / Δ/ση Ποιοτητας	10	4	2	80
5	Μη Παραλαβη υλικών	Αδυναμια εναρξης παραγωγικης διαδικασιας	Αδυναμια επίτευξης στοχου πωλήσεων	9	Ανθρώπινο λάθος	5	Αυτοματοποιημενος ελεγχος προγραμματος και με εναλλακτικους κωδικούς	4	180	Επιλογη στρατηγικων προμηθευτων/εναλ. λακτικοι κωδικοι υλικων	Δ/ση Προμηθειων / R&D	9	4	2	72
6	Incoming Inspection	Ελαττωματικα bottom covers	Αδυναμια παραγωγής	9	Ανθρώπινο λάθος	5	Μετρήσεις με ειδικα όργανα (παχυμετρο)	3	135	Επιλογη στρατηγικων προμηθευτων/περισσότεροι από έναν προμηθευτη	Δ/ση Προμηθειων	9	3	2	54
7	Incoming Inspection	Λαθος κωδικός βιδας	Αδυναμια επίτευξης στοχου πωλήσεων	9	Ανθρώπινο λάθος	4	Παρατήρηση συσκευασίας παραγωγού πρώτης ύλης/ Αναζήτηση πληροφοριας στο ERP	3	108	Αναζήτηση πληροφοριας στο ERP/ Εκδοση εκθεσης μη συμμορφωσης	Τμήμα μηχανογράφησης / Δ/ση Ποιοτητας	9	2	2	36

«Διαχείριση διακινδύνευσης κατά την παραγωγική διαδικασία ασύρματου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με την μεθοδολογία μελέτης αστοχίας και την χρήση εργαλείων Ποιότητας σε βιομηχανία Τηλεπικοινωνιακών συστημάτων»

Έκδοση 1^η

Ημ. Ανασκόπησης: 05.02.2024

Υπεύθυνος:.....

Αφύγρανση υλικών.

Συγκόλληση SMDs

Μελέτη PFMEA

A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	S	Πιθανά Αίτια Αστοχίας	O	Τρόποι Ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική Ενέργεια	Υπεύθυνος	S	O	D	RPN
1	Αφύγρανση υλικών.	Ακατάλληλη αποθήκευση υλικού	Υποβαθμηση ποιότητας	10	Ανθρώπινο λάθος	5	Ελεγχος ειδικής σημασης στην συσκευασία	4	200	Αυτόματη ενημερωση από το ERP κατά την εισαγωγής στην παραγωγή	Δ/ση IT / QC	10	2	2	40
2	Συγκόλληση των SMDs	Λανθασμενος τρόπος συγκόλλησης	Υποβαθμηση ποιότητας	10	Ανθρώπινο λάθος	5	Ελεγχος s/w συγκολλητικής μηχανής.	5	250	Σωστο Set-up από εξειδικευμενο προσωπικο	Δ/ση Παραγωγής	10	3	3	90
3	Συγκόλληση των SMDs	Λανθασμενος τρόπος συγκόλλησης	Υποβαθμηση ποιότητας	10	Κακη συντηρηση μηχανών	6	Προληπτικη συντηρηση	5	300	Εξειδικευμενο προσωπικο για την συντηρηση / πλανο συντηρησης	Δ/ση Παραγωγής	10	3	3	90
4	Συγκόλληση των SMDs	Λανθασμενος τρόπος συγκόλλησης	Υποβαθμηση ποιότητας	10	Προμηθεια προβληματικού stencil	6	Παραγωγή παρτίδας πιλοτου πριν την προμηθεια μεγάλης ποσοτητας υλικου	5	300	Αναζητηση άλλου προμηθευτη/ Έκδοση εκθεσης μη συμμορφωσης	Δ/ση Προμηθειών	10	3	4	120
5	Συγκόλληση των SMDs	Λανθασμενος τρόπος συγκόλλησης	Υποβαθμηση ποιότητας	10	Λανθασμενοι παραμετροι στον σχεδιασμο του stencil / Ανθρώπινο λάθος	3	Ελεγχος από R&D/Παραγωγή παρτίδας πιλοτου πριν την προμηθεια μεγάλης ποσοτητας υλικου	4	120	Επανεργασίες παραγωγής σε οσα τεμαχια είναι δυνατον να συμβει ακολουθώντας τα αναλογα workmanship standards	Δ/ση Παραγωγής	10	3	2	60
6	Αφύγρανση υλικών.	Καταστροφη υλικου	Υποβαθμηση ποιότητας	10	Παραβιαση πλανου συντηρησης	4	Ελεγχος θερμοκρασιας και υγρασιας ζτου χωρου αφυγρανσης	4	160	Αυτοματοποιημενος ελεγχος μετρησεων θερμοκρασιας και υγρασιας/ alarm setting Ενημερωση εργοδηγού	Δ/ση Παραγωγής	10	2	3	60
7	Συγκόλληση των SMDs	Μικρη συγκολλητικη δυνατοτητα	Υποβαθμηση ποιότητας	8	Αφαιρεση από τον θαλαμο ξηρανσης μεχρι την χρηση (SMD machine) > 24 ωρων	3	Εντυπο καταγραφης / ελεγχων PCBs	3	72	Επαναληψη διαδικασιας ξηρανσης	Δ/ση Παραγωγής	8	2	2	32
8	Αφύγρανση υλικών.	Wrong masking	Υποβαθμηση ποιότητας	8	Ρύθμιση θερμοκρασιας < +30oC	3	Ηλεκτρονικος θερμοστατης	3	72	Επαναληψη διαδικασιας	Δ/ση Παραγωγής	8	2	2	32
9	Χρήση εξοπλισμού	Μη ορθος καθαρισμός	Επιμολυνση και καταστροφη α' υλης	10	Ανθρώπινο λάθος	5	Εκπαιδευση προσωπικού	4	200	Δειγματοληπτικος ελεγχος και επιθεωρηση oven logs	Δ/ση Παραγωγής/ Δ/ση Ποιότητας	10	2	3	60
10	Χρήση εξοπλισμού	Χρήση μη αντιστατικου εξοπλισμου	Υποβαθμηση ποιότητας	10	Ανθρώπινο λάθος	4	Εκπαιδευση προσωπικού/ χρηση ειδικης σημασης	3	120	Αγορα εξοπλισμου για αντιστατικη προστασια/ καθημερινη μετρηση "τακουινών" και "βραχιολιών"	Δ/ση Παραγωγής	10	3	3	90
11	Συγκόλληση των SMDs	Λανθασμενη τοποθετηση πιαστας (σφαιριδια κασσιτερο-κολλησης)	Υποβαθμηση ποιότητας	10	Ανθρώπινο λάθος	5	Εκπαιδευση προσωπικού με τεχνικούς της προμηθευτριας μηχανής SMD	4	200	Repair processes to repair station/ Εξαμηνια On the job training για τους νεους εργαζομενους	Δ/ση Παραγωγής	10	4	3	120

											Έκδοση 1 ^η				
											Ημ. Ανασκόπησης: 05.02.2024				
											Υπεύθυνος:.....				
											Μελέτη PFMEA				
A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	S	Πιθανά Αίτια Αστοχίας	O	Τρόποι Ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική Ενέργεια	Υπεύθυνος	S	O	D	RPN
1	AOI station	Λαθος ρυθμιση καμερας ελέγχου	Υποβαθμιση ποιτητας	8	Ανθρωπινο λαθος	3	Ειδικη εκπαιδευση στους χειριστές από την προμηθευτρια εταιρεια	3	72	Προγραμματισμός εκπαιδευσεων	Δ/ση Παραγωγης	8	2	2	32
2	AOI station	Λανθασμενο profil μοναδας προς ελεγχο	Υποβαθμιση ποιτητας	8	Ανθρωπινο λαθος	3	Επιβεβαιωση μεσω MES κωδικών παραγωγης και σχεδιων	3	72	Επαναπρογραμματισμός profil	Δ/ση Παραγωγης	8	2	2	32
3	X-RAY station	Μειωμενη ροη αερα	Πιθανη καταστροφη κεφαλής μετρησεων	7	Ελλειπής συντηρηση αεραγωγού	3	Προληπτικη συντηρηση αεραγωγού	3	63	Αντικατασταση ελαττωματικου συνδεσμου στον αεραγωγό	Δ/ση Παραγωγης	7	2	1	14
4	AOI station	Καταστροφη βλαβη ταινιοδρομου	Υποβαθμιση ποιτητας	7	Ελλειπής συντηρηση	3	Προληπτικη συντηρηση	2	42	Αντικατασταση ταινιοδρομου	Δ/ση Παραγωγης	7	1	2	14
5	X-RAY station	Μη ικανοποιητικη ανιχνευση πορων και ρωγμων στα εξαρτηματα	Υποβαθμιση ποιτητας	9	Ελλειπής συντηρηση	5	Προληπτικη συντηρηση	4	180	Ρυθμιση κεφαλής	Δ/ση Παραγωγης	9	2	2	36
6	X-RAY station	Μη ικανοποιητικη ανιχνευση πορων και ρωγμων στα εξαρτηματα	Υποβαθμιση ποιτητας	9	Ανθρωπινο λαθος	5	Ειδικη εκπαιδευση στους χειριστές από την προμηθευτρια εταιρεια	4	180	Προγραμματισμός εκπαιδευσεων	Δ/ση Παραγωγης	9	3	3	81



Εικόνα 25 : X-RAY inspection machine (<https://www.etongroupmachine.com>)

«Διαχείριση διακινδύνευσης κατά την παραγωγική διαδικασία ασύρματου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με την μεθοδολογία μελέτης αστοχίας και την χρήση εργαλείων Ποιότητας σε βιομηχανία Τηλεπικοινωνιακών συστημάτων»

Manual Insertion station

Ημ. Ανασκόπησης: 05.02.2024

Μελέτη PFMEA

Υπεύθυνος:.....

A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	S	Πιθανά Αίτια Αστοχίας	O	Τρόποι Ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική Ενέργεια	Υπεύθυνος	S	O	D	RPN
1	Manual	Σπασμένα εξαρτήματα	Υποβαθμηση ποιότητας	9	Πλημελής αποθήκευση καρτών	6	Εκπαίδευση προσωπικού	4	216	Αγορά ειδικών διαμορφωμένων racks	Δ/ση Παραγωγής	9	3	3	81
2	Manual	Σπασμένα εξαρτήματα	Υποβαθμηση ποιότητας	9	Μεταφορα καρτων με μη ενδεδειγμενα μεσα	5	Εκπαίδευση προσωπικού	4	180	Προμηθεια καταλληλου εξοπλισμου μεταφορας	Δ/ση Παραγωγής	9	2	3	54
3	Manual	Κακη συγκολληση/ δεν δημιουργεται "φιλετο" κολλησης	Υποβαθμηση ποιότητας / Πιθανη αποκολληση μελλοντικά	10	Ανθρωπινο λαθος	5	Εκπαίδευση προσωπικού σε IPC-610	5	250	Έλεγχος (δειγματοληπτικα με χρηση AQL) εφαρμογής visual inspection standards	Δ/ση Ποιότητας	10	3	3	90
4	Manual	Κακη συγκολληση/ δεν δημιουργεται	Υποβαθμηση ποιότητας / Πιθανη αποκολληση	10	Ελατωματικό υλικο	5	Επικοινωνια με προμηθευτη	5	250	Οπτικος ελεγχος σε 10% μεγεθυνση	Δ/ση Παραγωγής/ Δ/ση Ποιότητας	10	3	2	60
5	Manual	Λανθασμενη τοποθετηση εξαρτηματος	Υποβαθμηση ποιότητας	10	Ανθρωπινο λαθος	5	Εκτενης χρηση φακελων / οδηγιων παραγωγής	5	250	Έλεγχος α' παραγόμενης μοναδας	QC/Δ/ση Ποιότητας	10	3	2	60
6	Manual	Κακη συγκολληση/ παρουσια soldering cracks	Υποβαθμηση ποιότητας	10	Χρηση ακατάλληλου εξοπλισμού	6	Αντικατασταση εξοπλισμου (κολλητηρι)	5	300	Τακτικος έλεγχος θερμοκρασιας λειτουργιας εξοπλισμού	Δ/ση Παραγωγής	10	3	3	90
7	Manual	Ηλεκτροστατική εκτονωση	Υποβαθμηση ποιότητας	10	Μη χρηση μετρων προστασιας ESD	6	Εκπαίδευση προσωπικού/ Υποχρεωτικη εφαρμογη μετρων προστασιας	5	300	Τακτικος έλεγχος για την εφαρμογη των μετρων / Επιθεωρηση/ Καταγραφη μετρησεων	Δ/ση Παραγωγής/ Δ/ση Ποιότητας	10	2	2	40
8	Manual	Χρηση μολυβδουχας κολλησης (καλαϊ)	Υποβαθμηση ποιότητας / Ευρωπαϊκη απαγορευση χρησης μολυβδου	10	Ανθρωπινο λαθος	5	Εκτενης ενημερωση προσωπικού/ Καταστροφη ολων των αποθεματων συρματος συγκολλησης	5	250	Δειγματοληπτικος ελεγχος αποθεματος/ επιθεωρηση χωρου παραγωγής	Δ/ση Παραγωγής/ Δ/ση Ποιότητας	10	3	3	90

«Διαχείριση διακινδύνευσης κατά την παραγωγική διαδικασία ασύρματου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με την μεθοδολογία μελέτης αστοχίας και την χρήση εργαλείων Ποιότητας σε βιομηχανία Τηλεπικοινωνιακών συστημάτων»

Functional stations

Μελέτη PFMEA

Έκδοση 1^η

Ημ. Ανασκόπησης: 05.02.2024

Υπεύθυνος:.....

A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	S	Πιθανά Αίτια Αστοχίας	O	Τρόποι Ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική Ενέργεια	Υπεύθυνος	S	O	D	RPN
1	Functional	Το SW1P2 δεν διαμορφώθηκε σύμφωνα με το αρχείο παραγωγής	Απώλεια λειτουργικότητας	10	Κακή τοποθέτηση στην manual	5	Αναβαθμηση οδηγιών παραγωγής	5	250	Οπτικός έλεγχος 100%	Δ/νση Παραγωγής	10	3	4	120
2	Functional	Λυγισμενος πειρος στον κονεκτορα P2E	Απώλεια λειτουργικότητας	10	Ελλατωματικό υλικό	5	Οπτικός έλεγχος	5	250	Αυξηση δειγματος στο incoming inspection	Δ/νση Παραγωγής Δ/νση Ποιότητας	10	3	3	90
3	Functional	Η κολληση στον N-type κονεκτορα δεν ηταν βαση του IPC standard	Υποβαθμηση ποιότητας	9	Οι συνδεσμοι συγκολλησης ειχαν κακη διαβροχη.	6	Εκπαιδευση προσωπικού σε IPC-610	4	216	Οπτικός έλεγχος 100%	Δ/νση Παραγωγής Δ/νση Ποιότητας	9	4	3	108
4	Functional	"Αναποδη"/στρεβλή τοποθετηση υλικού	Απώλεια λειτουργικότητας	10	Κακή τοποθετηση στην SMD	5	Διορθωση του προγραμματος ελέγχου της SMD	5	250	Έλεγχος α' καρτας από QC και διακοπη της παραγωγής μεχρι την ολοκληρωση του ελέγχου	Δ/νση Παραγωγής Δ/νση Ποιότητας	10	2	2	40
5	Functional	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Καθυστερηση παραγωγικής διαδικασίας	8	Αστοχια υλικών - Εξάρτημα σε λαθος θεση	5	Διορθωση του προγραμματος SMD	5	200	από QC και διακοπη της παραγωγής μεχρι την ολοκληρωση του ελέγχου	Δ/νση Παραγωγής Δ/νση Ποιότητας	8	3	2	48
6	Functional	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Καθυστερηση παραγωγικής διαδικασίας	8	Βλαβη μετρητικού εξοπλισμου	5	Callibration planning	5	200	Προληπτικη συντηρηση	Δ/νση Παραγωγής	8	2	3	48
7	Functional	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	10	Αστοχια στην παραγωγή του PCB/υπαρξη βραχυκυκλωμενων layers	6	Αναθεώρηση ελέγχου Incoming inspection	5	300	Απόρριψη ελαττωματικού PCB /Επικοινωνια με προμηθευτη	Δ/νση Προμηθειών -Δ/νση Ποιότητας	10	4	3	120
8	Functional	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	10	Αστοχια στην παραγωγή του PCB/μικροτερη απόσταση ground layer από την προδιαγρα-	6	Αναθεωρηση Τεχνικού φακελλου προτόντος / επανασχεδιαση PCB στο CAD	5	300	Απόρριψη ελαττωματικού PCB	Δ/νση Ερευνας και Αναπτυξης	10	2	2	40
9	Functional	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Καθυστερηση παραγωγικής διαδικασίας	8	Διαφορετικη παρτιδα υλικου/ εντος προδιαγραφων προμηθευτη	5	Αναθεωρηση Τεχνικού φακελλου προτόντος /αλλαγη testing limits	4	160	Επανελεγχος units με καινουρια limits	Δ/νση Ερευνας και Αναπτυξης / Test equipment dept.	8	3	2	48
10	Functional	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	10	Αστοχια στην παραγωγή του PCB/ κομμενες φλέβες (Circuitry damaged)	6	Αναθεώρηση ελέγχου Incoming inspection	5	300	Απόρριψη ελαττωματικού PCB /Επικοινωνια με προμηθευτη	Δ/νση Προμηθειών -Δ/νση Ποιότητας	10	3	3	90
11	Functional	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	10	Σπασμενο εξαρτημα λογω κακής μεταφορας (bad handling)	5	Αλλαγη τροπου μεταφορας units από τον έναν σταθμό εργασίας στον άλλο/αγορα ειδικού εξοπλισμου	4	200	Αλλαγη υλικού/ Επανελεγχος unit	Δ/νση Παραγωγής	10	2	2	40
12	Functional	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	10	Μη ολοκληρωμενο για ελεγχο unit /Ανθρωπινο λαθος	6	Εκπαιδευση προσωπικού	4	200	Επιστροφη και επανεργασια στον προηγουμενο σταθμό	Δ/νση Παραγωγής	10	4	2	80

«Διαχείριση διακινδύνευσης κατά την παραγωγική διαδικασία ασύρματου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με την μεθοδολογία μελέτης αστοχίας και την χρήση εργαλείων Ποιότητας σε βιομηχανία Τηλεπικοινωνιακών συστημάτων»

13	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	10	Δυσλειτουργία s/w σταθμού ελέγχου	3	S/W update	3	90	Επανελεγχος units μετα την αλλαγή/διορθωση s/w	Δ/νση Παραγωγής / Test equipment dept.	10	2	2	40
14	Functional	Λαθος θέση βραχυκυκλωτήρα	Απώλεια λειτουργικότητας	8	Ανθρώπινο λαθος	3	Αναβαθμιση οδηγιών παραγωγής/ testing	3	72	Επανεργασία/ αλλαγή θέσης βραχυκυκλωτήρα	Δ/νση Παραγωγής/ Δ/νση R&D	8	2	2	32
15	Functional	Λανθασμενη χρηση αρχειων ελεγχου/ κωδικών - s/w	Απώλεια λειτουργικότητας	8	Ανθρώπινο λαθος	3	Αναβαθμιση οδηγιών παραγωγής/ testing	3	72	Επανεργασία/ αλλαγή θέσης βραχυκυκλωτήρα	Δ/νση Παραγωγής/ Δ/νση R&D	8	2	2	32

											Έκδοση 1^η				
											Ημ. Ανασκόπησης: 05.02.2024				
											Μελέτη PFMEA				
											Υπεύθυνος:.....				

A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	S	Πιθανά Αίτια Αστοχίας	O	Τρόποι Ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική Ενέργεια	Υπεύθυνος	S	O	D	RPN
1	Assembly	Κακος συνδιασμος εξαρτηματων συναμολογησης	Υποβαθμιση ποιότητας	9	Ανθρώπινο λαθος	4	Εκπαιδευση προσωπικου /Αναθεωρηση φακελλου παραγωγής	4	144	Οπτικός έλεγχος α' τεμαχίου παρτίδας	Δ/νση Παραγωγής /QC	9	3	2	54
2	Assembly	Αναστροφη τοποθετηση καλωδιων τροφοδοσιας	Καταστροφη units	10	Ανθρώπινο λαθος	4	Εκπαιδευση προσωπικου /Προσθηκη φωτογραφιων στον φακελλο παραγωγής	4	160	Οπτικός έλεγχος α' τεμαχίου παρτίδας	Δ/νση Παραγωγής /QC	9	2	2	36
3	Assembly	Λάθος labelling	Υποβαθμιση ποιότητας	7	Ανθρώπινο λαθος	4	Αυτοματοποση διαδικασιας εκπαιωσης με λήγη στοιχειων από τα προς συναμολογηση units	4	112	Οπτικός έλεγχος α' τεμαχίου παρτίδας	Δ/νση Παραγωγής /QC/IT Dept.	7	2	2	28
4	Assembly	Ανάστροφη τοποθετηση washers	Υποβαθμιση ποιότητας	7	Ανθρώπινο λαθος	4	Εκπαιδευση προσωπικου /Προσθηκη φωτογραφιων στον φακελλο παραγωγής	4	112	Οπτικός έλεγχος α' τεμαχίου παρτίδας	Δ/νση Παραγωγής /QC	7	2	2	28
5	Assembly	Συσφιξη βιδας με λανθασμενη ροπή	Υποβαθμιση ποιότητας - πιθανη καταστροφη unit	8	Ανθρώπινο λαθος	5	Εκπαιδευση προσωπικου/ Προμηθεια ηλεκτρικών κατασβιδιών με ελεγχομενη ροπή	5	200	Οπτικός έλεγχος α' τεμαχίου παρτίδας / καθημερινη μετρηση ροπής με ειδικο εργαλειο και καταγραφη μετρησεων	Δ/νση Παραγωγής /QC	8	2	2	32

«Διαχείριση διακινδύνευσης κατά την παραγωγική διαδικασία ασύρματου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με την μεθοδολογία μελέτης αστοχίας και την χρήση εργαλείων Ποιότητας σε βιομηχανία Τηλεπικοινωνιακών συστημάτων»

6	Assembly	Κατεστραμένο εξάρτημα λόγω συγκολλησης	Υποβαθμιση ποιτητας	8	Ανθρώπινο λαθος	4	Εκπαίδευση προσωπικού σε IPC-610	4	128	Οπτικός έλεγχος α' τεμαχίου παρτίδας	Δ/νση Παραγωγής /QC	8	2	2	32
7	Assembly	Λανθασμενη τοποθετηση Duplexer	Απωλεια λειτουργικότητας	9	Ανθρώπινο λαθος	5	Εκπαίδευση προσωπικού /Αναθεωρηση φακελλου παραγωγής	4	180	Οπτικός έλεγχος α' τεμαχίου παρτίδας	Δ/νση Παραγωγής /QC	9	3	3	81
8	Assembly	Τοποθετηση Duplexer χωρις να υπάρχει καλή επαση με το Bottom cover	Απωλεια λειτουργικότητας	9	Ελλατοματικό εξάρτημα (duplexer)	5	Αναθεωρηση οδηγιων incoming inspection	4	180	Οπτικός έλεγχος α' τεμαχίου παρτίδας /Ενημερωση προμηθευτη	Δ/νση Παραγωγής /QC	9	2	2	36

											Έκδοση 1^η				
<u>Pre-Final stations</u>											Ημ. Ανασκόπησης: 05.02.2024				
<u>Cycle -Oven stations</u>											Μελέτη PFMEA				
											Υπεύθυνος:.....				

A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	S	Πιθανά Αίτια Αστοχίας	O	Τρόποι Ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική Ενέργεια	Υπεύθυνος	S	O	D	RPN
1	Pre-Final OR Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απωλεια λειτουργικότητας unit	10	Κατεστραμενο εξάρτημα	6	Εκπαίδευση προσωπικού	5	300	Disassembly, αντικατασταση εξαρτηματος & Functional testing	Δ/νση Παραγωγής	10	4	4	160
2	Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απωλεια λειτουργικότητας unit	10	Εξάρτημα εκτος θερμοκρασιακων προδιαγραφων	6	Προσεκτικη επιλογη προμηθευτων/ετησια αξιολογησης τους	5	300	Επιλογη στρατηγικων συνεργασιων με προμηθευτες και αγορες εξαρτηματων από τους επίσημους αντιπροσωπους τους	Δ/νση Προμηθειων	10	4	4	160
3	Pre-Final OR Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απωλεια λειτουργικότητας unit	10	Κακη συναρμο-λογηση	5	Εκπαίδευση προσωπικού/ Αναθεωρηση φακελλου παραγωγής	5	250	Disassembly & Functional testing	Δ/νση Παραγωγής	10	3	3	90
4	Pre-Final OR Cycle -Oven	Module Transmitter defect	Απωλεια λειτουργικότητας unit	10	Κακη συγκολληση εξαρτηματος	6	Συγκολληση από εξειδικευμενο προσωπικο σε ειδικη συγκολλητικη μηχανη (όχι στις SMD)	5	300	Disassembly, rework & Functional testing	Δ/νση Παραγωγής	10	4	4	160
5	Pre-Final OR Cycle -Oven	Module Receiver defect	Απωλεια λειτουργικότητας unit	10	Κακη συγκολληση εξαρτηματος	6	Συγκολληση από εξειδικευμενο προσωπικο σε ειδικη συγκολλητικη μηχανη (όχι στις SMD)	5	300	Disassembly, rework & Functional testing	Δ/νση Παραγωγής	10	4	4	160

«Διαχείριση διακινδύνευσης κατά την παραγωγική διαδικασία ασύρματου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με την μεθοδολογία μελέτης αστοχίας και την χρήση εργαλείων Ποιότητας σε βιομηχανία Τηλεπικοινωνιακών συστημάτων»

6	Pre-Final OR Cycle -Oven	Tx/Rx ripple	Υποβαθμηση ποιτητας	9	Λαθος τοποθετηση absorber	5	Εκπαιδευση προσωπικού/ Αναθεωρηση φακελλου παραγωγης με χρηση φωτογραφιων	4	180	Disassembly & rework	Δ/νση Παραγωγής	9	2	3	54
7	Pre-Final OR Cycle -Oven	Tx/Rx ripple	Υποβαθμηση ποιτητας	9	Λανθασμενη κοπή στο Laser του absorber	5	Αναθεωρηση μηχανολογιων σχεδιων κοπης absorber	4	180	Οπτικος ελεγχος α' τεμαχιου παρτιδας στην φαση Assembly	Δ/νση Παραγωγής	9	2	3	54
8	Pre-Final OR Cycle -Oven	Low Tx Power	Απολεια λειτουργικτητας unit	10	Λανθασμενο Tx path silver tuning	5	Αναθεωρηση φακελλου παραγωγης με χρηση φωτογραφιων/ Σχεδιαση νεου PCB με σταθερα stubs	4	200	Disassembly, returning & Functional testing	Δ/νση Παραγωγής	10	2	3	60
9	Pre-Final	Low Tx Power / Low SNR	Υποβαθμηση ποιτητας	9	Λανθασμενο coupler calibration	6	Calibration planning για τον σταθμο ελέγχου	5	270	Επιβεβαιωση μετρησεων με golden sample μια φορα σε κάθε βαρδια	Δ/νση Παραγωγής/ Test equipment Dept.	9	2	2	36
10	Pre-Final OR Cycle -Oven	No boot	Απολεια λειτουργικτητας unit	10	Αστοχια κατά το upgrade του unit s/w version	4	Ελεγχος προδιαγραφων μνημης στο unit/ Αναζητηση εξαρτηματος με καλυτερες προδιαγραφες	5	200	Αντικατασταση εξαρτηματος/Επικονωνια με προμηθευτες για αγορα νεων μνημων βασει των απαιτησεων R&D	Δ/νση Παραγωγής/ Δ/νση Ερευνας και Αναπτυξης	10	3	3	90
11	Pre-Final OR Cycle -Oven	No boot	Απολεια λειτουργικτητας unit	10	Κατεστραμενα καλωδια (pin headers) τροφοδοσιας των units	5	Προληπτικη συντηρηση και αντικατασταση των καλωδιων τροφοδοσιας	5	250	Οπτικός Ελεγχος καλωδιων πριν από κάθε χρηση	Δ/νση Παραγωγής/ Test equipment Dept.	10	3	2	60
12	Pre-Final OR Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απολεια λειτουργικτητας unit	10	Νεα παρτιδα υλκου εντος προδιαγραφων προμηθευτη	4	Αναθεωρηση οριων ελέγχου	4	160	Επανελεγχος με τα καινουργια ορια λειτουργιας	Δ/νση Παραγωγής/ Δ/νση Ερευνας και Αναπτυξης	10	2	2	40



Εικόνα 26 : Cycle Oven Chamber (<https://www.angelantoni.com>)

«Διαχείριση διακινδύνευσης κατά την παραγωγική διαδικασία ασύρματου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με την μεθοδολογία μελέτης αστοχίας και την χρήση εργαλείων Ποιότητας σε βιομηχανία Τηλεπικοινωνιακών συστημάτων»

Pre-Final stations Cycle -Oven stations											Έκδοση 1 ^η Ημ. Ανασκόπησης: 05.02.2024 Υπεύθυνος:.....				
Μελέτη PFMEA															
A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	S	Πιθανά Αίτια Αστοχίας	O	Τρόποι Ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική Ενέργεια	Υπεύθυνος	S	O	D	RPN
1	Pre-Final OR Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	10	Κατεστραμμένο εξαρτημα	6	Εκπαίδευση προσωπικού	5	300	Disassembly, αντικατασταση εξαρτηματος & Functional testing	Δ/νση Παραγωγής	10	4	4	160
2	Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	10	Εξαρτημα εκτος θερμοκρασιακων προδιαγραφων	6	Προσεκτικη επιλογη προμηθειων/ ετησια αξιολογησι τους	5	300	Επιλογη στρατηγων συνεργασιων με προμηθευτες και αγορες εξαρτηματων από τους επίσημους αντιπροσωπους τους	Δ/νση Προμηθειων	10	4	4	160
3	Pre-Final OR Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	10	Κακη συναρμο-λογηση	5	Εκπαίδευση προσωπικού/ Αναθεωρηση φακελλου παραγωγης	5	250	Disassembly & Functional testing	Δ/νση Παραγωγής	10	3	3	90
4	Pre-Final OR Cycle -Oven	Module Transmitter defect	Απώλεια λειτουργικότητας unit	10	Κακη συγκολληση εξαρτηματος	6	Συγκολληση από εξειδικευμενο προσωπικο σε ειδικη συγκολλητιση μηχανη (όχι στις SMD)	5	300	Disassembly, rework & Functional testing	Δ/νση Παραγωγής	10	4	4	160
5	Pre-Final OR Cycle -Oven	Module Receiver defect	Απώλεια λειτουργικότητας unit	10	Κακη συγκολληση εξαρτηματος	6	Συγκολληση από εξειδικευμενο προσωπικο σε ειδικη συγκολλητιση μηχανη (όχι στις SMD)	5	300	Disassembly, rework & Functional testing	Δ/νση Παραγωγής	10	4	4	160
6	Pre-Final OR Cycle -Oven	Tx/Rx ripple	Υποβαθμιση ποιητας	9	Λαθος τοποθετηση absorber	5	Εκπαίδευση προσωπικού/ Αναθεωρηση φακελλου παραγωγης με χρηση φωτογραφιων	4	180	Disassembly & rework	Δ/νση Παραγωγής	9	2	3	54
7	Pre-Final OR Cycle -Oven	Tx/Rx ripple	Υποβαθμιση ποιητας	9	Λανθασμενη κοπή στο Laser του absorber	5	Αναθεωρηση μηχανολογικων σχεδιων κοπης absorber	4	180	Οπτικος ελεγχος α' τεμαχιου παρτιδας στην φαση Assembly	Δ/νση Παραγωγής	9	2	3	54
8	Pre-Final OR Cycle -Oven	Low Tx Power	Απώλεια λειτουργικότητας unit	10	Λανθασμενο Tx path silver tunning	5	Αναθεωρηση φακελλου παραγωγης με χρηση φωτογραφιων/ Σχεδιαση νευ PCB με σταθερα stubs	4	200	Disassembly, returning & Functional testing	Δ/νση Παραγωγής	10	2	3	60
9	Pre-Final	Low Tx Power / Low SNR	Υποβαθμιση ποιητας	9	Λανθασμενο coupler calibration	6	Callibration planning για τον σταθμο ελέγχου	5	270	Επιβεβαιωση μετρησεων με golden sample μια φορα σε κάθε βαρδια	Δ/νση Παραγωγής/ Test equipment Dept.	9	2	2	36

«Διαχείριση διακινδύνευσης κατά την παραγωγική διαδικασία ασύρματου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού με την μεθοδολογία μελέτης αστοχίας και την χρήση εργαλείων Ποιότητας σε βιομηχανία Τηλεπικοινωνιακών συστημάτων»

10	Pre-Final OR Cycle -Oven	No boot	Απώλεια λειτουργικότητας unit	10	Αστοχία κατά το upgrade του unit s/w version	4	Ελεγχος προδιαγραφών μνημης στο unit/ Αναζήτηση εξαρτηματος με καλύτερες προδιαγραφες	5	200	Αντικατασταση εξαρτηματος/Επικοινωνια με προμηθευτες για αγορα νεων μνημων βασει των απαιτησεων R&D	Δ/νση Παραγωγής/ Δ/νση Ερευνας και Αναπτυξης	10	3	3	90
11	Pre-Final OR Cycle -Oven	No boot	Απώλεια λειτουργικότητας unit	10	Κατεστραμενα καλωδια (pin headers) τροφοδοσιας των units	5	Προληπτική συντηρηση και αντικατασταση των καλωδιων τροφοδοσιας	5	250	Οπτικός Έλεγχος καλωδιων πριν από κάθε χρηση	Δ/νση Παραγωγής/ Test equipment Dept.	10	3	2	60
12	Pre-Final OR Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	10	Νεα παρτιδα υλκου εντος προμηθευτη	4	Αναθεωρηση οριων ελέγχου	4	160	Επανελεγχος με τα κανιουρηγια ορια λειτουργιας	Δ/νση Παραγωγής/ Δ/νση Ερευνας και Αναπτυξης	10	2	2	40
13	Pre-Final OR Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	10	Unit wrong allighnmet	5	Εκπαιδευση προσωπικού/ Χρηση ιδιοκατασκευης για την σωστη τοποθετηση των sub-units στο bottom cover	5	250	Οπτικός ελεγχος α' τεμαχιου παρτιδας στην φαση Assembly	Δ/νση Παραγωγής/ Test equipment Dept.	10	2	2	40
14	Pre-Final OR Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτυχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	10	Λανθασμενη εφαρμογη Τεχνικης Αλλαγης	6	Εκπαιδευση προσωπικού/ Εφαρμογη σε παρτιδα πιλότο πριν την εφαρμογη της αλλαγης μαζικα	6	360	Καταλληλη σημανση ότι εχει εφαρμοστει η Τεχνικη αλλαγη/ Οπτικός ελεγχος α' τεμαχιου παρτιδας	Δ/νση Παραγωγής/ QC	10	2	3	60

Έκδοση 1^η

Ημ. Ανασκόπησης: 05.02.2024

Υπεύθυνος:.....

Mass-Upgrade stations

Final Assembly stations

Μελέτη PFMEA

A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	S	Πιθανά Αίτια Αστοχίας	O	Τρόποι Ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική Ενέργεια	Υπεύθυνος	S	O	D	RPN
1	Mass-Upgrade	Wrong Licence	Υποβαθμηση ποιτητας / Αποστολη προιοντων στον πελατη με λανθασμενα στοιχεια	10	Ανθρωπινο λαθος/ Λαθος επιλογη Licence από τον server	5	Αυτοματοποιηση της διαδικασιας με κωδικο ανά πελατη και ανα συμβολαιο αγοράς	6	300	Αυτοματοποιημενος ελεγχος πριν την εξοδο του unit από τον Mass-Upgrade σταθμο	Δ/νση Παραγωγής/ Test Equipment Dept.	10	2	2	40
2	Final Assembly	Εμφανιση υγρασιας	Υποβαθμηση ποιτητας	9	Ανθρωπινο λαθος	5	Μεταφορα σημειου ελεγχου για εισορή νερου ακριβως μετα το Assembly station	5	250	100% δειγματοληητα μετα τον σταθμο Assembly και πριν τους ελεγχους Pre Final	Δ/νση Παραγωγής/ Δ/νση Ποιότητας	10	3	3	90
3	Final Assembly	Εμφανιση υγρασιας	Υποβαθμηση ποιτητας	9	Κακής ποιτητας φλαντζα (πολυμερτισμενη)	5	Μεταφορα σημειου ελεγχου για εισορή νερου ακριβως μετα το Assembly station	5	250	Επικοινωνια με προμηθευτη/ Απδύρση ελαττωματικων	Δ/νση Παραγωγής/ Δ/νση Ποιότητας	9	3	3	81
4	Final Assembly	Στρεβλωση τυμπανου κεραιας	Υποβαθμηση ποιτητας	9	Λαθος κωδικος pillar	6	Διαχωρισμός σημειων συναρμολογησις ανα ειδος κεραιας	5	270	Δειγματοληητα AQL based για την συγκεκριμενη διεργασια	Δ/νση Παραγωγής/ QC	9	3	3	81

5	Final Assembly	Κατεστραμμένος/ Σπασμένος reflector	Υποβάθμιση ποιότητας	9	Ανθρώπινο λάθος/ Κακή συναρμολογήσ η κεραίας	6	Εκπαίδευση προσωπικού/ αγορά ειδικών εργαλείων συναρμολογήσης	5	270	Δειγματοληψια AQL based για την συγκεκριμενη διεργασία	Δ/νση Παραγωγής/ QC	9	3	3	81
6	Final Assembly	Αισθητικές αστοχίες	Υποβάθμιση ποιότητας	8	Ανθρώπινο λάθος	5	Εκπαίδευση προσωπικού	4	160	Δειγματοληψια AQL based	Δ/νση Παραγωγής/ QC	8	3	3	72
7	Final Assembly	Εξαρτήματα εκτος θεσης μεσα στο κλεισμενο unit	Υποβάθμιση ποιότητας	8	Ανθρώπινο λάθος	5	Εκπαίδευση προσωπικού	4	160	Δειγματοληπτικός ελεγχος vibration	Δ/νση Παραγωγής/ QC	8	3	3	72

Η κατάταξη των ενορημάτων

Το επόμενο βήμα για την ολοκλήρωση της μεθοδολογίας είναι η κατάταξη των αποτελεσμάτων σε διαγράμματα Pareto ώστε να είναι πιο ευκρινής η αποτύπωση των δεδομένων και να φτάσουμε πιο εύκολα σε συμπεράσματα. Τα διαγράμματα αυτά είναι εργαλεία που μας βοηθούν να εντοπίσουμε τις πηγές αστοχίας και να διαχωριστούν οι αιτίες που έχουν υψηλή επικινδυνότητα.

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται η κατάταξη των πιθανών σημείων αστοχίας με κριτήριο τον δείκτη RPN πριν την εφαρμογή των διορθωτικών ενεργειών (RPN 1).

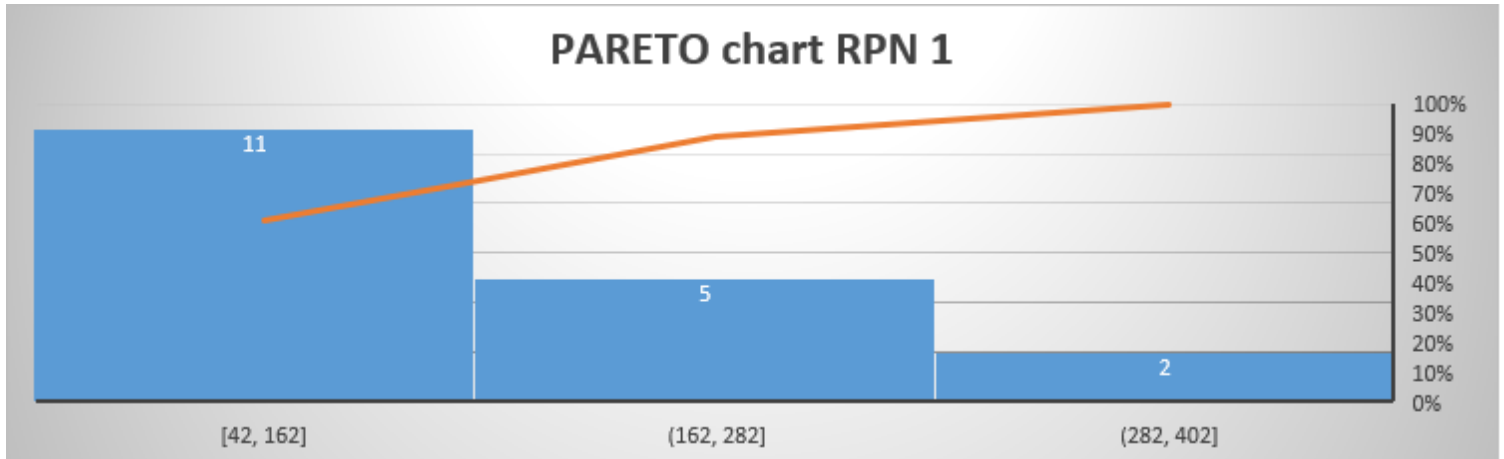
A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	RPN 1
70	Pre-Final OR Cycle - Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	360
4	Παραλαβή υλικών που χρειάζονται ειδικές συνθήκες υγρασίας	Καταστροφή πρώτης ύλης / μη σωστή αποθήκευση σε συγκεκριμένες συνθήκες	Υποβάθμιση ποιότητας	300
11	Συγκόλληση SMD	Λανθασμένος τρόπος συγκόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας	300
12	Συγκόλληση SMD	Λανθασμένος τρόπος συγκόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας	300
31	Manual	Κακή συγκόλληση/παρουσία soldering cracks	Υποβάθμιση ποιότητας	300
32	Manual	Ηλεκτροστατική εκτόνωση	Υποβάθμιση ποιότητας	300
40	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	300

41	Απώλεια λειτουργικότητας	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	300
43	Απώλεια λειτουργικότητας	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	300
57	Pre-Final OR Cycle - Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	300
58	Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	300
60	Pre-Final OR Cycle - Oven	Module Transmitter defect	Απώλεια λειτουργικότητας unit	300
61	Pre-Final OR Cycle - Oven	Module Receiver defect	Απώλεια λειτουργικότητας unit	300
71	Mass-Upgrade	Wrong Licence	Υποβάθμιση ποιότητας / Αποστολή προϊόντων στον πελάτη με λανθασμένα στοιχεία	270
65	Pre-Final	Low Tx Power / Low SNR	Υποβάθμιση ποιότητας	270
74	Final Assembly	Στρέβλωση τυμπάνου κεραίας	Υποβάθμιση ποιότητας	270
75	Final Assembly	Κατεστραμμένος/Σπασμένος reflector	Υποβάθμιση ποιότητας	270
10	Συγκόλληση SMD	Λανθασμένος τρόπος συγκόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας	250
28	Manual	Κακή συγκόλληση/ δεν δημιουργείται "φιλέτο" κόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας / Πιθανή αποκόλληση μελλοντικά	250
29	Manual	Κακή συγκόλληση/ δεν δημιουργείται "φιλέτο" κόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας / Πιθανή αποκόλληση	250
30	Manual	Λανθασμένη τοποθέτηση εξαρτήματος	Υποβάθμιση ποιότητας	250
33	Manual	Χρήση μολυβδούχας κόλλησης (καλαϊ)	Υποβάθμιση ποιότητας / Ευρωπαϊκή απαγόρευση χρήσης μολυβδου	250
34	Functional	Το SW1P2 δεν διαμορφώθηκε σύμφωνα με το αρχείο παραγωγής	Απώλεια λειτουργικότητας	250
35	Functional	Λυγισμένος πείρος στον κοντότερα P2E	Απώλεια λειτουργικότητας	250
37	Functional	"Ανάποδη"/στρεβλή τοποθέτηση υλικού	Απώλεια λειτουργικότητας	250
59	Pre-Final OR Cycle - Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	250
67	Pre-Final OR Cycle - Oven	No boot	Απώλεια λειτουργικότητας unit	250
69	Pre-Final OR Cycle - Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	250
72	Final Assembly	Εμφάνιση υγρασίας	Υποβάθμιση ποιότητας	250

73	Final Assembly	Εμφάνιση υγρασίας	Υποβάθμιση ποιότητας	250
26	Manual	Σπασμένα εξαρτήματα	Υποβάθμιση ποιότητας	216
36	Functional	Η κόλληση στον N-type κονεκτορα δεν ήταν βάση του IPC Standard	Υποβάθμιση ποιότητας	216
9	Αφυγρανση υλικών	Ακατάλληλη αποθήκευση	Υποβάθμιση ποιότητας	200
17	Χρήση εξοπλισμού	Χρήση μη αντιστατικού εξοπλισμού	Υποβάθμιση ποιότητας	200
19	Συγκόλληση SMD	Λανθασμένη τοποθέτηση πάστας (σφαιρίδια κασσιτεροκόλλησης)	Υποβάθμιση ποιότητας	200
38	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Καθυστέρηση παραγωγικής διαδικασίας	200
39	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Καθυστέρηση παραγωγικής διαδικασίας	200
44	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	200
45	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	200
53	Assembly	Σύσφιξη βίδας με λανθασμένη ροπή	Υποβάθμιση ποιότητας - πιθανή καταστροφή unit	200
64	Pre-Final OR Cycle - Oven	Low Tx Power	Απώλεια λειτουργικότητας unit	200
66	Pre-Final OR Cycle - Oven	No boot	Απώλεια λειτουργικότητας unit	200
5	Μη Παραλαβή υλικών	Αδυναμία έναρξης παραγωγικής διαδικασίας	Αδυναμία επίτευξης στόχου πωλήσεων	180
24	X-RAY station	Μη ικανοποιητική ανίχνευση πόρων και ρωγμών στα εξαρτήματα	Υποβάθμιση ποιότητας	180
25	X-RAY station	Μη ικανοποιητική ανίχνευση πόρων και ρωγμών στα εξαρτήματα	Υποβάθμιση ποιότητας	180
27	Manual	Σπασμένα εξαρτήματα	Υποβάθμιση ποιότητας	180
55	Assembly	Λανθασμένη τοποθέτηση Duplexer	Απώλεια λειτουργικότητας	180
27	Manual	Σπασμένα εξαρτήματα	Υποβάθμιση ποιότητας	180
63	Pre-Final OR Cycle - Oven	Tx/Rx ripple	Υποβάθμιση ποιότητας	180
14	Αφυγρανση υλικών	Καταστροφή υλικού	Υποβάθμιση ποιότητας	160
42	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφες ελέγχου (testing limits)	Καθυστέρηση παραγωγικής διαδικασίας	160

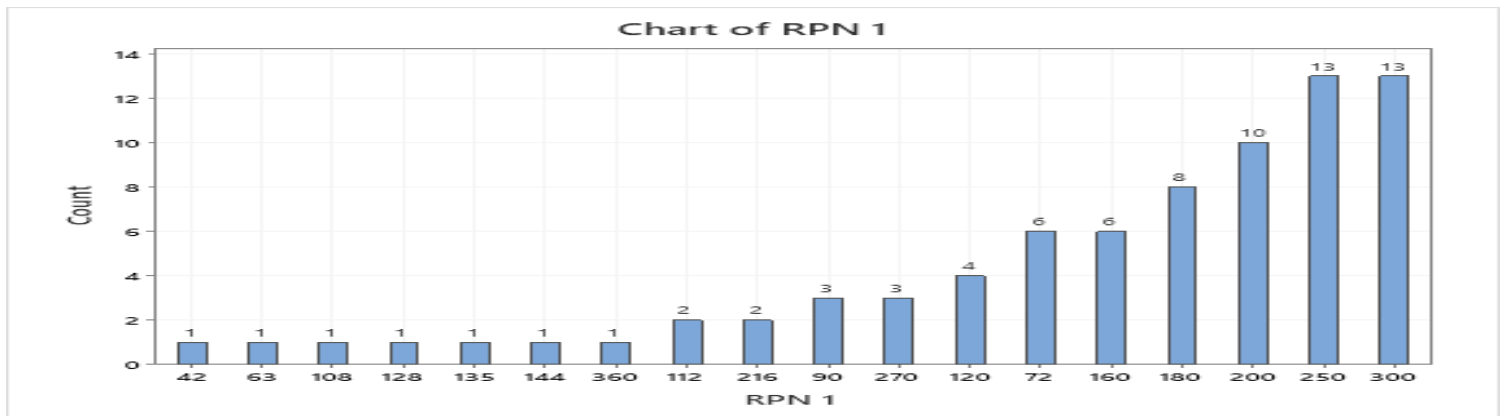
50	Assembly	Αναστροφή τοποθέτηση καλωδίων τροφοδοσίας	Καταστροφή units	160
68	Pre-Final OR Cycle - Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιάγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	160
76	Final Assembly	Αισθητικές αστοχίες	Υποβάθμιση ποιότητας	160
77	Final Assembly	Εξαρτήματα εκτός θέσης μέσα στο κλεισμένο unit	Υποβάθμιση ποιότητας	160
49	Assembly	Κακός συνδυασμός εξαρτημάτων συναρμολόγησης	Υποβάθμιση ποιότητας	144
6	Incoming Inspection	Ελαττωματικά bottom covers	Αδυναμία παραγωγής	135
54	Assembly	Κατεστραμμένο εξάρτημα λόγω συγκόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας	128
2	Συλλογή πρώτης ύλης	Λανθασμένη συλλογή πρώτης ύλης	Λανθασμένη παραλαβή πρώτης ύλης προς επιθεώρηση	120
3	Τοποθέτηση πρώτης ύλης σε ειδικές παλέτες	Καταστροφή πρώτης ύλης / μη αντιστατική προστασία	Υποβάθμιση ποιότητας	120
13	Συγκόλληση SMD	Λανθασμένος τρόπος συγκόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας	120
18	Χρήση εξοπλισμού	Χρήση μη αντιστατικού εξοπλισμού	Υποβάθμιση ποιότητας	120
51	Assembly	Λάθος labelling	Υποβάθμιση ποιότητας	112
52	Assembly	Ανάστροφη τοποθέτηση washers	Υποβάθμιση ποιότητας	112
7	Incoming Inspection	Λάθος κωδικός βίδας	Αδυναμία επίτευξης στόχου πωλήσεων	108
1	Αποστολή δελτίου παραγωγής	Λανθασμένη καταχώρηση πρώτης ύλης	Λανθασμένη παραλαβή πρώτης ύλης προς παραγωγή	90
8	Αποστολή δελτίου παραγωγής	Λανθασμένη καταχώρηση πρώτης ύλης	Λανθασμένη παραλαβή πρώτης ύλης προς παραγωγή	90
46	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιάγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	90
15	Συγκόλληση SMD	Μικρή συγκολλητική δυνατότητα	Υποβάθμιση ποιότητας	72
16	Αφυγραση υλικών	Wrong masking	Υποβάθμιση ποιότητας	72
20	AOI station	Λάθος ρύθμιση κάμερας ελέγχου	Υποβάθμιση ποιότητας	72
21	AOI station	Λανθασμένο Profil μονάδας προς έλεγχο	Υποβάθμιση ποιότητας	72
47	Functional	Λάθος θέση βραχυκυκλωτηρα	Απώλεια λειτουργικότητας	72
48	Functional	Λανθασμένη χρήση αρχείων ελέγχου/ κωδικών - s/w	Απώλεια λειτουργικότητας	72
22	X-RAY station	Μειωμένη ροή αέρα	Πιθανή καταστροφή κεφαλής μετρήσεων	63
23	AOI station	Καταστροφή/βλάβη ταινιοδρομου	Υποβάθμιση ποιότητας	42

Με τα στοιχεία του πίνακα θα κάνουμε την στατιστική ανάλυση των δεδομένων μας. Κατασκευάζουμε το διάγραμμα PARETO από το οποίο μπορούμε να διακρίνουμε την συχνότητα εμφάνισης των αστοχιών μας και την συνεισφορά τους στην διακινδύνευση της καλής λειτουργίας του συστήματος:



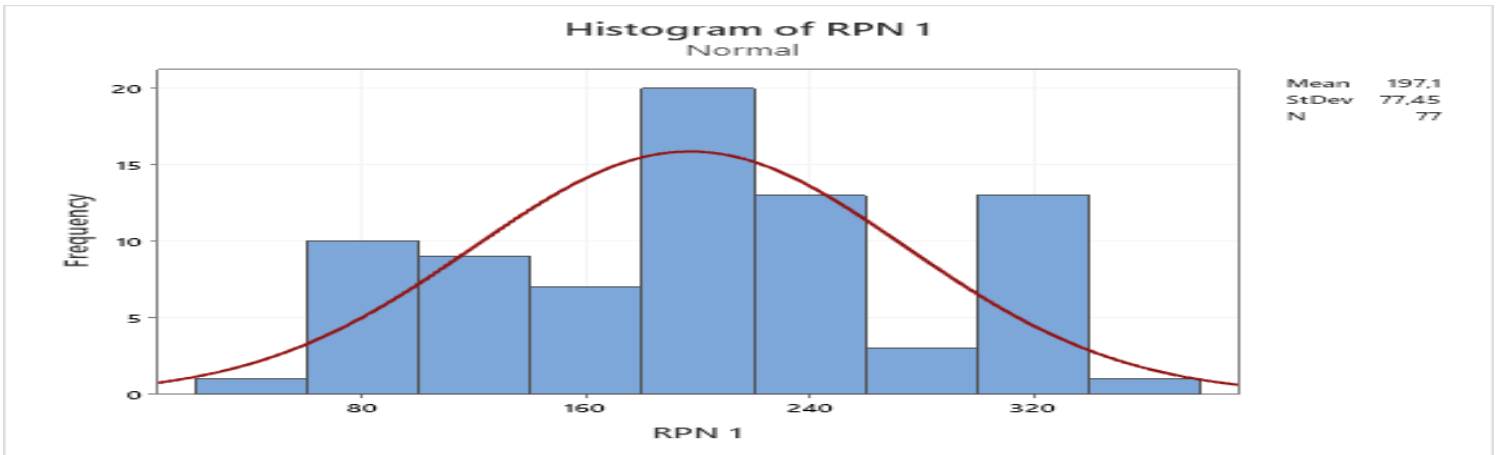
Διάγραμμα 1 : Pareto chart RPN 1

Παρατηρούμε ότι στην περιοχή (42 - 162) βρίσκουμε 11 διαφορετικές τιμές ενώ στην περιοχή (162 - 282) βρίσκουμε 5 τιμές και στην περιοχή (282 - 402) 2 τιμές. Οι συχνότητα ανά τιμή εμφανίζεται στον παρακάτω διάγραμμα:



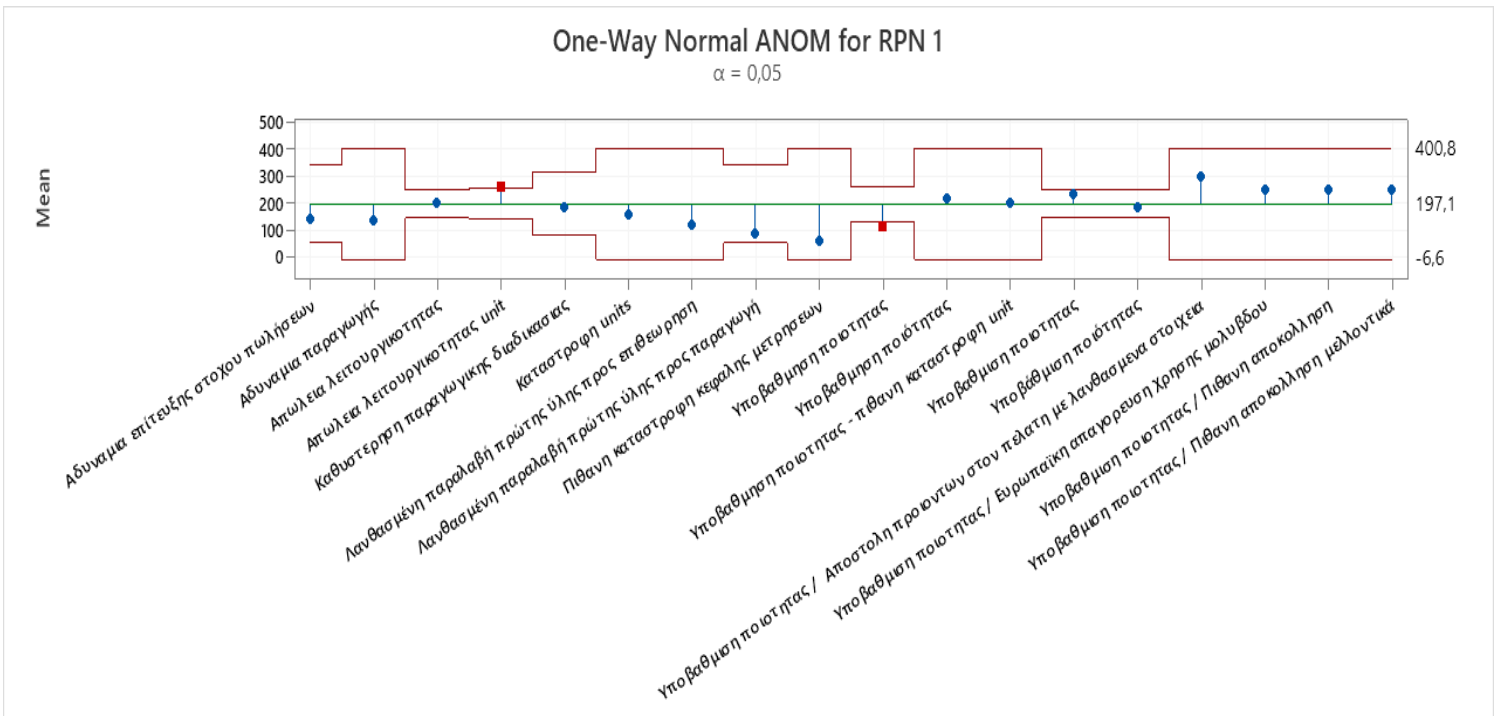
Διάγραμμα 2 : Bar Chart of RPN 1

Επίσης μπορούμε να κατασκευάσουμε ιστόγραμμα για τις τιμές του RPN 1 και παρατηρούμε ότι δεν παρουσιάζει λοξότητα και η μέση τιμή είναι Mean value = 197,1.



Διάγραμμα 3 : Histogram Chart of RPN 1

Τέλος για να μπορέσουμε να φτάσουμε στα συμπεράσματα για τα κρίσιμα σημεία διακινδύνευσης και την διαχείριση τους, εφαρμόσαμε την μεθοδολογία Analysis of Means η οποία μας επιτρέπει να κατανοήσουμε κατά πόσο κάθε Πιθανή Επίπτωση Αστοχίας επιβαρύνει το σύνολο των ρίσκων της παραγωγικής διαδικασίας.



Διάγραμμα 4 : Chart of Analysis of Means

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται η κατάταξη των πιθανών σημείων αστοχίας με κριτήριο τον δείκτη RPN με κριτήριο την στήλη του υπολογισμένου δείκτη μετά την εφαρμογή των διορθωτικών ενεργειών (RPN 2).

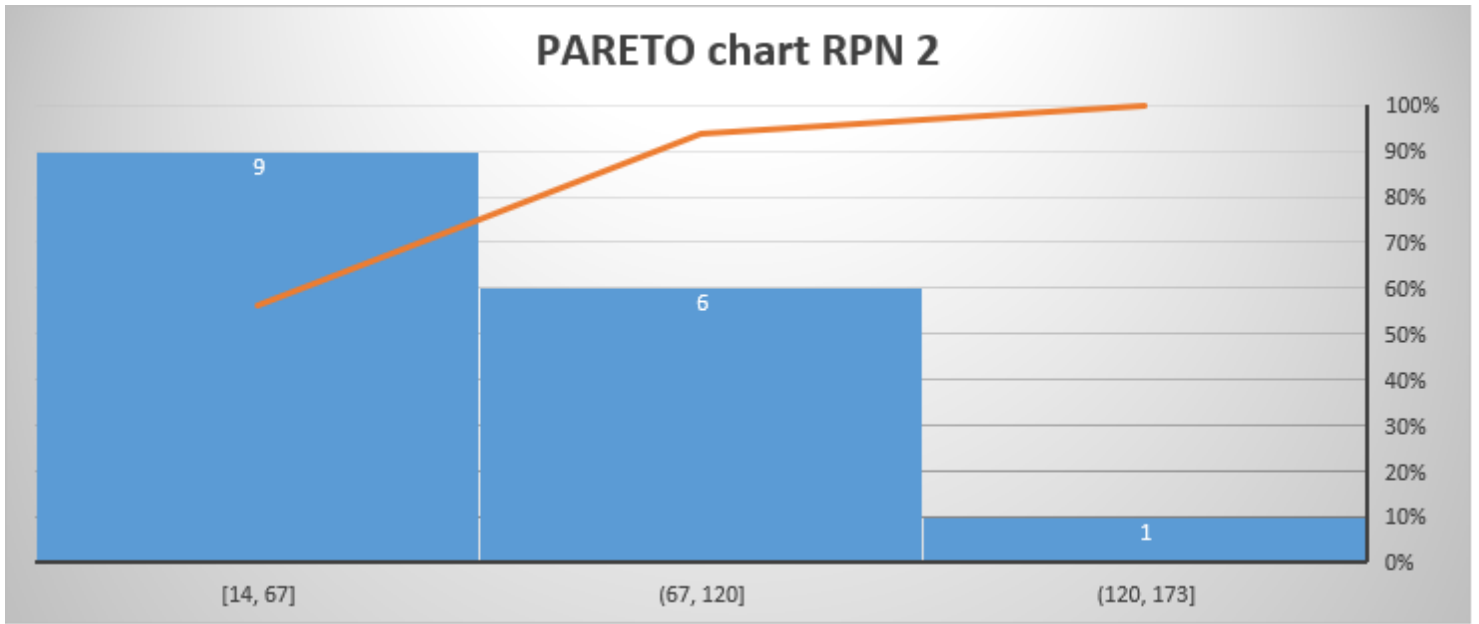
A/A	Στάδιο Παραγωγής	Πιθανός Τρόπος Αστοχίας	Πιθανές Επιπτώσεις Αστοχίας	RPN 2
57	Pre-Final OR Cycle - Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	160
58	Cycle -Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	160
60	Pre-Final OR Cycle - Oven	Module Transmitter defect	Απώλεια λειτουργικότητας unit	160
61	Pre-Final OR Cycle - Oven	Module Receiver defect	Απώλεια λειτουργικότητας unit	160
12	Συγκόλληση SMD	Λανθασμένος τρόπος συγκόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας	120
40	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	120
34	Functional	Το SW1P2 δεν διαμορφώθηκε σύμφωνα με το αρχείο παραγωγής	Απώλεια λειτουργικότητας	120
19	Συγκόλληση SMD	Λανθασμένη τοποθέτηση πάστας (σφαιρίδια κασσιτεροκόλλησης)	Υποβάθμιση ποιότητας	120
36	Functional	Η κόλληση στον N-type κονεκτορα δεν ήταν βάση του IPC Standard	Υποβάθμιση ποιότητας	108
11	Συγκόλληση SMD	Λανθασμένος τρόπος συγκόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας	90
31	Manual	Κακή συγκόλληση/παρουσία soldering cracks	Υποβάθμιση ποιότητας	90
43	Απώλεια λειτουργικότητας	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	90
10	Συγκόλληση SMD	Λανθασμένος τρόπος συγκόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας	90
28	Manual	Κακή συγκόλληση/ δεν δημιουργείται "φιλέτο" κόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας / Πιθανή αποκόλληση μελλοντικά	90
33	Manual	Χρήση μολυβδούχας κόλλησης (καλαϊ)	Υποβάθμιση ποιότητας / Ευρωπαϊκή απαγόρευση χρήσης μολυβδου	90
35	Functional	Λυγισμένος πείρος στον κοντότερα P2E	Απώλεια λειτουργικότητας	90
72	Final Assembly	Εμφάνιση υγρασίας	Υποβάθμιση ποιότητας	90
66	Pre-Final OR Cycle - Oven	No boot	Απώλεια λειτουργικότητας unit	90
18	Χρήση εξοπλισμού	Χρήση μη αντιστατικού εξοπλισμού	Υποβάθμιση ποιότητας	90

74	Final Assembly	Στρέβλωση τυμπάνου κεραίας	Υποβάθμιση ποιότητας	81
75	Final Assembly	Κατεστραμμένος/Σπασμένος reflector	Υποβάθμιση ποιότητας	81
73	Final Assembly	Εμφάνιση υγρασίας	Υποβάθμιση ποιότητας	81
26	Manual	Σπασμένα εξαρτήματα	Υποβάθμιση ποιότητας	81
25	X-RAY station	Μη ικανοποιητική ανίχνευση πόρων και ρωγμών στα εξαρτήματα	Υποβάθμιση ποιότητας	81
55	Assembly	Λανθασμένη τοποθέτηση Duplexer	Απώλεια λειτουργικότητας	81
4	Παραλαβή υλικών που χρειάζονται ειδικές συνθήκες υγρασίας	Καταστροφή πρώτης ύλης / μη σωστή αποθήκευση σε συγκεκριμένες συνθήκες	Υποβάθμιση ποιότητας	80
45	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιάγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	80
5	Μη Παραλαβή υλικών	Αδυναμία έναρξης παραγωγικής διαδικασίας	Αδυναμία επίτευξης στόχου πωλήσεων	72
76	Final Assembly	Αισθητικές αστοχίες	Υποβάθμιση ποιότητας	72
77	Final Assembly	Εξαρτήματα εκτός θέσης μέσα στο κλεισμένο unit	Υποβάθμιση ποιότητας	72
2	Συλλογή πρώτης ύλης	Λανθασμένη συλλογή πρώτης ύλης	Λανθασμένη παραλαβή πρώτης ύλης προς επιθεώρηση	64
70	Pre-Final OR Cycle - Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιάγραφες ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	60
29	Manual	Κακή συγκόλληση/ δεν δημιουργείται "φιλέτο" κόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας / Πιθανή αποκόλληση	60
30	Manual	Λανθασμένη τοποθέτηση εξαρτήματος	Υποβάθμιση ποιότητας	60
67	Pre-Final OR Cycle - Oven	No boot	Απώλεια λειτουργικότητας unit	60
17	Χρήση εξοπλισμού	Χρήση μη αντιστατικού εξοπλισμού	Υποβάθμιση ποιότητας	60
64	Pre-Final OR Cycle - Oven	Low Tx Power	Απώλεια λειτουργικότητας unit	60
14	Αφυγρανση υλικών	Καταστροφή υλικού	Υποβάθμιση ποιότητας	60
13	Συγκόλληση SMD	Λανθασμένος τρόπος συγκόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας	60
27	Manual	Σπασμένα εξαρτήματα	Υποβάθμιση ποιότητας	54
27	Manual	Σπασμένα εξαρτήματα	Υποβάθμιση ποιότητας	54
63	Pre-Final OR Cycle - Oven	Tx/Rx ripple	Υποβάθμιση ποιότητας	54

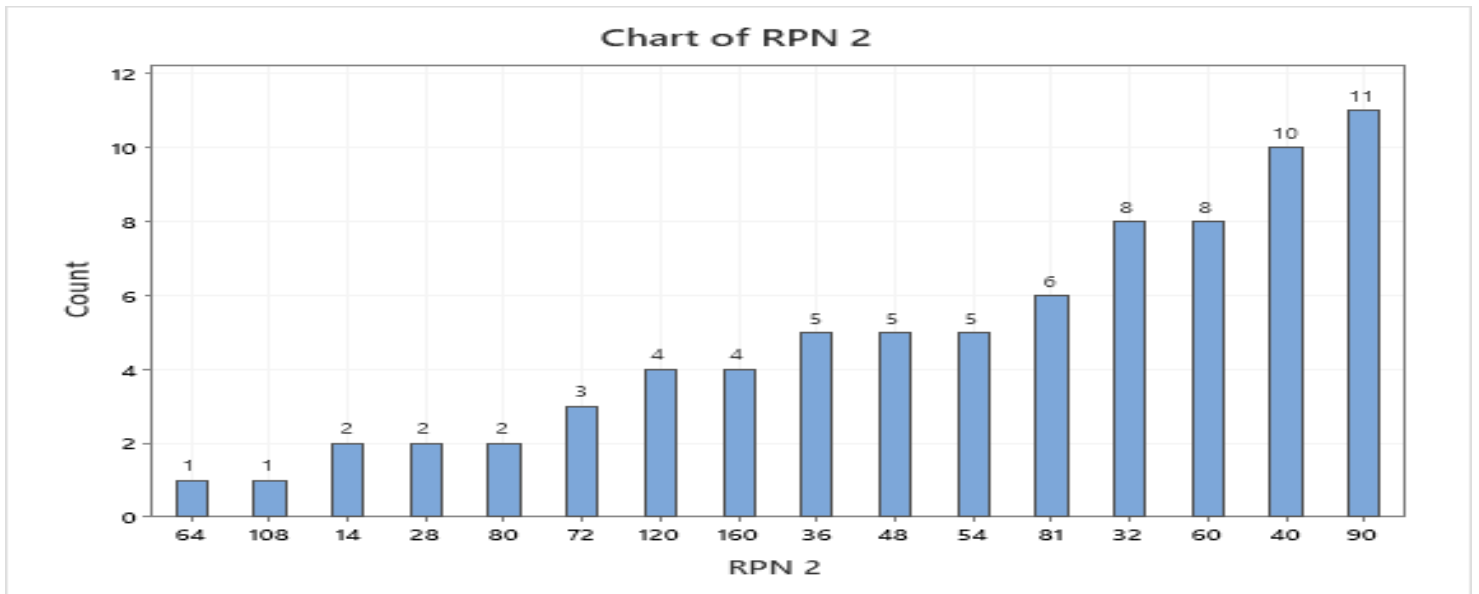
49	Assembly	Κακός συνδυασμός εξαρτημάτων συναρμολόγησης	Υποβάθμιση ποιότητας	54
6	Incoming Inspection	Ελαττωματικά bottom covers	Αδυναμία παραγωγής	54
38	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Καθυστέρηση παραγωγικής διαδικασίας	48
39	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Καθυστέρηση παραγωγικής διαδικασίας	48
42	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Καθυστέρηση παραγωγικής διαδικασίας	48
1	Αποστολή δελτίου παραγωγής	Λανθασμένη καταχώρηση πρώτης ύλης	Λανθασμένη παραλαβή πρώτης ύλης προς παραγωγή	48
8	Αποστολή δελτίου παραγωγής	Λανθασμένη καταχώρηση πρώτης ύλης	Λανθασμένη παραλαβή πρώτης ύλης προς παραγωγή	48
32	Manual	Ηλεκτροστατική εκτόνωση	Υποβάθμιση ποιότητας	40
41	Απώλεια λειτουργικότητας	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	40
71	Mass-Upgrade	Wrong Licence	Υποβάθμιση ποιότητας / Αποστολή προϊόντων στον πελάτη με λανθασμένα στοιχεία	40
37	Functional	"Ανάποδη"/στρεβλή τοποθέτηση υλικού	Απώλεια λειτουργικότητας	40
69	Pre-Final OR Cycle - Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	40
9	Αφυγραση υλικών	Ακατάλληλη αποθήκευση	Υποβάθμιση ποιότητας	40
44	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	40
68	Pre-Final OR Cycle - Oven	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας unit	40
3	Τοποθέτηση πρώτης ύλης σε ειδικές παλέτες	Καταστροφή πρώτης ύλης / μη αντιστατική προστασία	Υποβάθμιση ποιότητας	40
46	Functional	Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits)	Απώλεια λειτουργικότητας	40
65	Pre-Final	Low Tx Power / Low SNR	Υποβάθμιση ποιότητας	36
24	X-RAY station	Μη ικανοποιητική ανίχνευση πόρων και ρωγμών στα εξαρτήματα	Υποβάθμιση ποιότητας	36
56	Assembly	Τοποθέτηση Duplexer χωρίς να υπάρχει καλή επαφή με το Bottom cover	Απώλεια λειτουργικότητας	36

50	Assembly	Αναστροφή τοποθέτηση καλωδίων τροφοδοσίας	Καταστροφή units	36
7	Incoming Inspection	Λάθος κωδικός βίδας	Αδυναμία επίτευξης στόχου πωλήσεων	36
53	Assembly	Σύσφιξη βίδας με λανθασμένη ροπή	Υποβάθμιση ποιότητας - πιθανή καταστροφή unit	32
54	Assembly	Κατεστραμμένο εξάρτημα λόγω συγκόλλησης	Υποβάθμιση ποιότητας	32
15	Συγκόλληση SMD	Μικρή συγκολλητική δυνατότητα	Υποβάθμιση ποιότητας	32
16	Αφύγρανση υλικών	Wrong masking	Υποβάθμιση ποιότητας	32
20	AOI station	Λάθος ρύθμιση κάμερας ελέγχου	Υποβάθμιση ποιότητας	32
21	AOI station	Λανθασμένο Profil μονάδας προς έλεγχο	Υποβάθμιση ποιότητας	32
47	Functional	Λάθος θέση βραχυκυκλωτηρα	Απώλεια λειτουργικότητας	32
48	Functional	Λανθασμένη χρήση αρχείων ελέγχου/ κωδικών - s/w	Απώλεια λειτουργικότητας	32
51	Assembly	Λάθος labelling	Υποβάθμιση ποιότητας	28
52	Assembly	Ανάστροφη τοποθέτηση washers	Υποβάθμιση ποιότητας	28
22	X-RAY station	Μειωμένη ροή αέρα	Πιθανή καταστροφή κεφαλής μετρήσεων	14
23	AOI station	Καταστροφή/βλάβη ταινιοδρομου	Υποβάθμιση ποιότητας	14

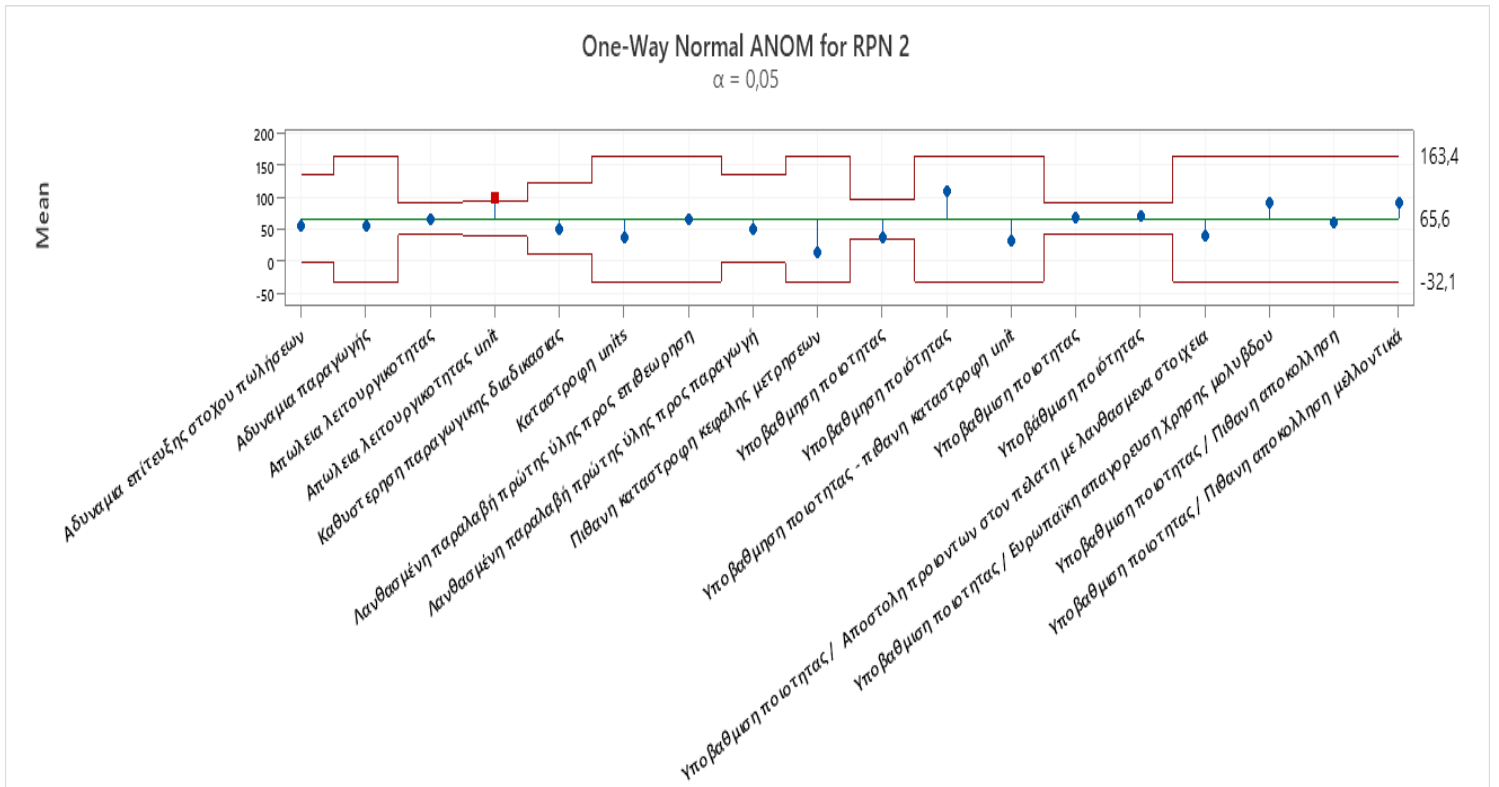
Όπως και προηγούμενα θα κατασκευάσουμε τα αντίστοιχα διαγράμματα για τις καταγραφές μας META την εφαρμογή των διορθωτικών ενεργειών. Δημιουργούμε δηλαδή διάγραμμα PARETO, Bar chart και την Analysis of Means. Παρατηρούμε ότι στο διάγραμμα PARETO έχουμε τρεις επίσης περιοχές: την (14 – 67) με 9 διαφορετικές τιμές του δείκτη RPN 2, την (67 – 120) με 6 τιμές και τέλος την περιοχή (120 – 173) που περιλάβει μόνο μια τιμή. Τέλος δημιουργούμε ένα κοινό ιστόγραμμα στο οποίο αποτυπώνονται οι κατανομές των δυο δεικτών, μέσω της συχνότητας εμφάνισης κάθε τιμής σε επί τοις εκατό ποσοστού.



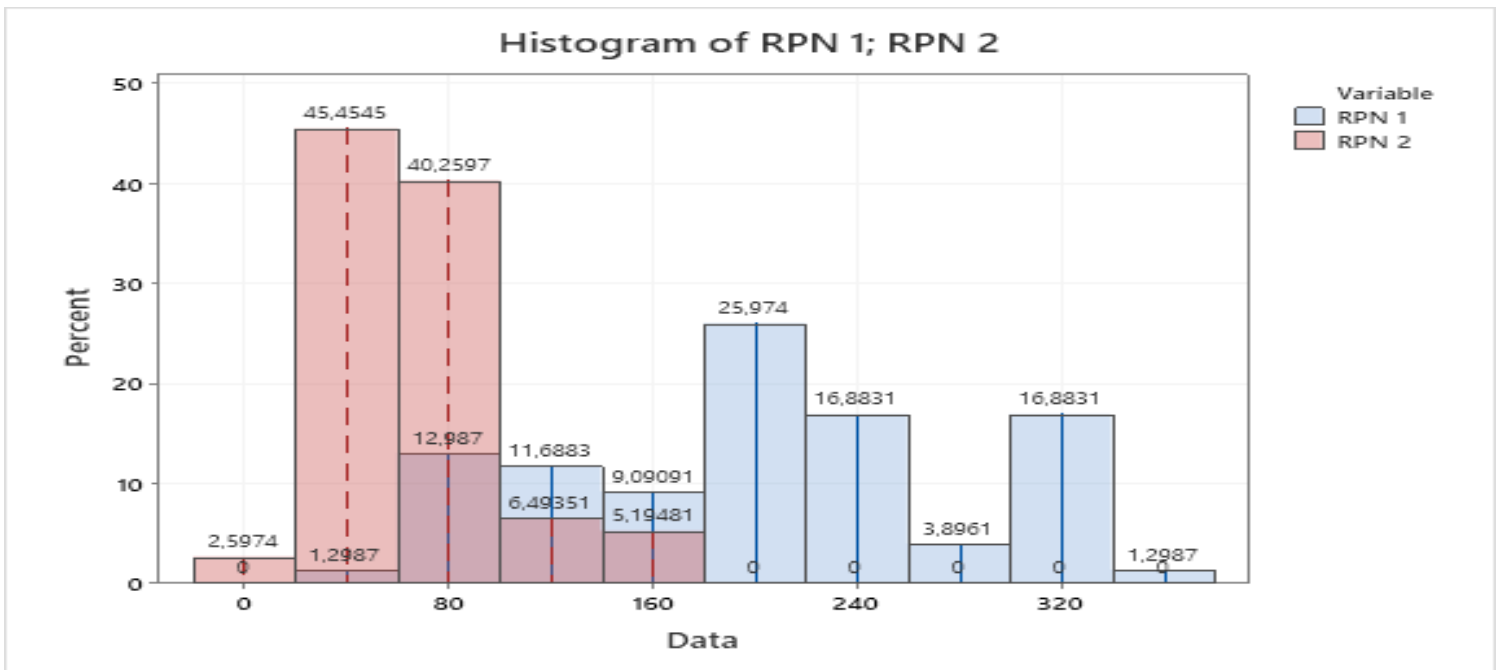
Διάγραμμα 5 : Pareto chart RPN 2



Διάγραμμα 6 : Bar Chart of RPN 2



Διάγραμμα 7 : Chart of Analysis of Means



Διάγραμμα 8 : Histogram Chart of RPN 1 & RPN 2

Τα αποτελέσματα της Έρευνας

Η παραπάνω μελέτη μας οδήγησε με την ανάλυση των αποτελεσμάτων μέσω διάφορων στατιστικών εργαλείων να κατανοήσουμε αλλά και να κατατάξουμε τα σημεία της παραγωγικής διαδικασίας τα οποία είναι απαραίτητο να επισημανθούν ως κρίσιμα και να εφαρμοστούν οι κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες. Τέτοια σημεία είναι αρκετά, δεδομένου ότι αναφερόμαστε σε παραγωγή πολύπλοκων συστημάτων τα οποία στην συντριπτική τους πλειοψηφία είναι πρωτότυπα και αφορούν σχεδιάσεις υψηλών απαιτήσεων.

Τα σημεία με την υψηλότερη βαθμολογία στην επικινδυνότητα που θα πρέπει να εφαρμόσει ο οργανισμός άμεσα διορθωτικές, γιατί αυτές με την υψηλότερη ένδειξη του δείκτη προκαλούν απώλεια της λειτουργικότητας του προϊόντος και οι υπόλοιπες οδηγούν σε υποβάθμιση της ποιότητα του, είναι τα παρακάτω (RPN $1 > 200$):

1. Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits) λόγω κατεστραμμένου εξαρτήματος βρέθηκε στο Pre-Final OR Cycle -Oven σταθμό εργασίας
2. Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits) λόγω εξαρτήματος εκτός θερμοκρασιακών προδιαγραφών βρέθηκε στον Pre-Final OR Cycle -Oven σταθμό εργασίας.
3. Εκτός προδιαγραφών το Transmitter Module λόγω κακής συγκόλληση του εξαρτήματος βρέθηκε στο Pre-Final OR Cycle -Oven σταθμό εργασίας
4. Εκτός προδιαγραφών το Receiver Module λόγω κακής συγκόλλησης του εξαρτήματος βρέθηκε στο Pre-Final OR Cycle -Oven σταθμό εργασίας
5. Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits) λόγω λανθασμένης εφαρμογής Τεχνικής Αλλαγής βρέθηκε στο Pre-Final OR Cycle -Oven σταθμό εργασίας
6. Λανθασμένος τρόπος συγκόλλησης λόγω κακής συντήρησης μηχανών βρέθηκε στον σταθμό συγκόλλησης SMD.
7. Λανθασμένος τρόπος συγκόλλησης λόγω προμήθειας ελαττωματικού υλικού βρέθηκε στον σταθμό συγκόλλησης SMD.
8. Καταστροφή πρώτης ύλης / μη σωστής αποθήκευσης σε συγκεκριμένες συνθήκες κατά την παραλαβή υλικών που χρειάζονται ειδικές συνθήκες υγρασίας βρέθηκε στον σταθμό συγκόλλησης SMD.

9. Σπασμένα εξαρτήματα λόγω πλημμελούς αποθήκευσης καρτών βρέθηκε στον σταθμό Manual insertion
10. Κακή συγκόλληση/ δεν δημιουργείται "φιλέτο" κόλλησης λόγω ανθρωπίνου λάθους βρέθηκε στον σταθμό Manual insertion
11. Κακή συγκόλληση/ δεν δημιουργείται "φιλέτο" κόλλησης λόγω ελαττωματικού υλικού βρέθηκε στον σταθμό Manual insertion
12. Λανθασμένη τοποθέτηση εξαρτήματος λόγω ανθρωπίνου λάθους βρέθηκε στον σταθμό Manual insertion
13. Κακή συγκόλληση/ παρουσία soldering cracks λόγω χρήσης ακατάλληλου εξοπλισμού βρέθηκε στον σταθμό Manual insertion
14. Ηλεκτροστατική εκτόνωση λόγω μη χρήσης μέτρων προστασίας ESD βρέθηκε στον σταθμό Manual insertion
15. Χρήση μολυβδούχας κόλλησης (καλαϊ) λόγω ανθρωπίνου λάθους βρέθηκε στον σταθμό Manual insertion
16. Το SW1P2 δεν διαμορφώθηκε σύμφωνα με το αρχείο παραγωγής λόγω κακής τοποθέτησης στην manual βρέθηκε στον σταθμό Functional
17. Λυγισμένος πείρος στον κονέκτορα P2E λόγω ελαττωματικού υλικό βρέθηκε στον σταθμό Functional
18. Η κόλληση στον N-type κονεκτορα δεν ήταν βάση του IPC Standard λόγω ότι οι σύνδεσμοι συγκόλλησης είχαν κακή διαβροχή βρέθηκε στον σταθμό Functional
19. "Ανάποδη"/στρεβλή τοποθέτηση υλικού λόγω κακής τοποθέτησης στην SMD βρέθηκε στον σταθμό Functional
20. Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits) λόγω αστοχίας στην παραγωγή του PCB/ύπαρξη βραχυκυκλωμένων layers βρέθηκε στον σταθμό Functional
21. Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits) λόγω αστοχίας στην παραγωγή του PCB/μικρότερη απόσταση ground layer από την προδιαγραφόμενη βρέθηκε στον σταθμό Functional
22. Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits) λόγω αστοχίας στην παραγωγή του PCB/ κομμένες φλέβες (Circuitry damaged) βρέθηκε στον σταθμό Functional
23. Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits) λόγω κακής συναρμολόγησης βρέθηκε στον σταθμό Pre-Final OR Cycle -Oven σταθμό εργασίας.

24. Low Tx Power / Low SNR λόγω λανθασμένου coupler calibration βρέθηκε στον σταθμό Pre-Final OR Cycle -Oven σταθμό εργασίας
25. No boot λόγω κατεστραμμένων καλωδίων (pin headers) τροφοδοσίας του συστήματος βρέθηκε στον σταθμό Pre-Final OR Cycle -Oven σταθμό εργασίας
26. Αδυναμία να επιτύχουμε τις προδιαγραφές ελέγχου (testing limits) λόγω κακής τοποθέτησης της υπο-μονάδας εντός του συστήματος βρέθηκε στον σταθμό Pre-Final OR Cycle -Oven σταθμό εργασίας
27. Wrong Licence λόγω ανθρωπίνου λάθους/ λάθος επιλογή Licence από τον Server βρέθηκε στον σταθμό Mass-Upgrade
28. Εμφάνιση υγρασίας λόγω ανθρωπίνου λάθους βρέθηκε στον σταθμό Final Assembly
29. Εμφάνιση υγρασίας λόγω κακής ποιότητας φλάντζα (πολυμερισμένη) βρέθηκε στον σταθμό Final Assembly
30. Στρέβλωση τυμπάνου κεραίας λόγω λάθους κωδικού pillar βρέθηκε στον σταθμό Final Assembly
31. Κατεστραμμένος/ Σπασμένος reflector λόγω ανθρωπίνου λάθους/ Κακή συναρμολόγησης κεραίας βρέθηκε στον σταθμό Final Assembly

Αυτά είναι τα 31 από τα 77 σημεία πιθανής αστοχίας στα οποία η εταιρεία θα πρέπει να προχωρήσει άμεσα σε εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών. Στα υπόλοιπα σημεία, θα πρέπει και εκεί να εφαρμοστούν οι απαραίτητες ενέργειες αλλά μπορεί να συμβεί σε δεύτερο χρόνο γιατί στα περισσότερα από αυτά τα σημεία οι αποκλίσεις δεν οδηγούν σε μεγάλη καθυστέρηση της παραγωγικής διαδικασίας αλλά είναι επίσης σημεία τα οποία μπορούν να εντοπιστούν πριν το προϊόν φτάσει στον τελικό πελάτη.

Βάση των διαγραμμάτων και κυρίως του διαγράμματος της ανάλυσης των μέσων τιμών αλλά και του κοινού ιστογράμματος παρατηρούμε ότι μετά την εφαρμογή των διορθωτικών η μέση τιμή των δεικτών RPN 1&2 έχει μειωθεί αισθητά, αφού πριν την εφαρμογή έχουμε μέση τιμή RPN 1= 197,1 και μετά τις ενέργειες RPN 2=65,6 μια σημαντική μεταβολή που οδηγεί σε μεγάλη μείωση και κατ' επέκταση σε έλεγχο του ρίσκου της διαδικασίας. Όπως παρατηρούμε μετά την εφαρμογή των διορθωτικών η μέγιστη τιμή του δείκτη φαίνεται από το διάγραμμα των μέσων τιμών να μην ξεπερνά το 160. Μόνο μια τιμή είναι ακριβώς ίση με το 160 (κόκκινη ένδειξη στο διάγραμμα μέσων τιμών για τον δείκτη RPN 2). Από το διάγραμμα του RPN 1 βλέπουμε ότι οι τιμές βρίσκονται μεταξύ των τιμών 100 και 400 (μόνο 3 είναι κάτω του ορίου του 100) ενώ για το RPN 2

μόνο 3 είναι μεγαλύτερες της τιμής 100 δηλαδή υπάρχει σημαντική υποβάθμιση του κίνδυνου των διεργασιών.

Μια ακόμη παρατήρηση αφορά στο αίτιο της αστοχίας. Τα περισσότερα προβλήματα δημιουργούνται εξ αιτίας ανθρωπίνου λάθους κάτι το οποίο είναι απολύτως λογικό μιας και λόγω της φύσης της παραγωγικής διαδικασίας πάρα πολλά σημεία είναι πλήρως αυτοματοποιημένα και τα προβλήματα μπορεί να προέρχονται είτε από την ανθρώπινη παρέμβαση σε προηγούμενα στάδια είτε σε βαθμονόμηση του εξοπλισμού. Αλλά και εκεί ο ανθρώπινος παράγοντας είναι εκείνος ο οποίος θα προγραμματίσει ή εκτελέσει μέχρι ενός βαθμού την διαδικασία. Πολλές φορές βέβαια οι εργαζόμενοι παρόλο που είναι έμπειροι, μπορεί λόγω βιασύνης ή «σιγουριάς» ή κούρασης λόγω φόρτου εργασίας να μην δίνουν τόσο μεγάλη σημασία σε κάποια στάδια της διαδικασίας. Προτείνοντας μια καλύτερη εκπαίδευση προσπαθούμε να διεγείρουμε την ευφυΐα των εργαζομένων αλλά και το αίσθημα ικανοποίησης που λαμβάνουν μαθαίνοντας πράγματα τα οποία θα τους προσφέρουν ακόμη και εξέλιξη μέσα στον χώρο της εργασίας τους σε διοικητικό επίπεδο.

Λιγότερες αστοχίες παρουσιάζονται λόγω εξοπλισμού, η εταιρεία ανανεώνει συχνά τον εξοπλισμό της ώστε να μπορεί να ακολουθεί την φρενίτιδα της τεχνολογίας, αλλά παρόλα αυτά η συντήρηση του θα έπρεπε αν λειτουργεί σε ένα πλαίσιο ολικής παραγωγικής συντήρησης και όχι βάση του μοντέλου της συντήρησης αποκατάστασης βλαβών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσω της εκπόνησης της Διπλωματικής εργασίας κυρίαρχος στόχος ήταν να αναδειχθεί η πολλή μεγάλη σημασία της έννοιας της διακινδύνευσης και της αποτύπωσης των σημείων που μπορεί αυτή να υπάρξει ώστε να ελεγχθεί. Η χρήση των κατάλληλων εργαλείων και τεχνικών αποτελούν θεμελιώδες κεφάλαιο στον έλεγχο της διακινδύνευσης και έχουν αναπτυχθεί πολλαπλές μέθοδοι οι οποίες εάν εφαρμοστούν, η επίδραση τους γίνεται καταλυτική στην παροχή ποιοτικών προϊόντων απόλυτα σύμφωνα τις απαιτήσεις του πελάτη.

Η συγκεκριμένη εργασία αναλύει τους κινδύνους που μπορούν να εμφανιστούν κατά την παραγωγική διαδικασία ενός συγχρόνου και πολύπλοκου κατά την παραγωγή του προϊόντος. Η ανάπτυξη και παραγωγή τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού σε μεγάλη κλίμακα είναι ένα δύσκολο εγχείρημα από πολλές απόψεις. Χρειάζεται πολλή μεγάλη εξειδίκευση στο γνωστικό επίπεδο των

συμμετεχόντων στην διαδικασία, μηχανικών σχεδίασης και εργατών, εμπειρία, πολύπλοκο εξοπλισμό αλλά και μεγάλη εμπειρία των ατόμων που σχεδιάζουν, εφαρμόζουν το Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας και εκπονούν τους ελέγχους. Η εργασία επικεντρώθηκε στην σχεδίαση ενός πλάνου ανίχνευσης, ανάλυσης και μέτρησης των επιπτώσεων των πιθανών κινδύνων κατά την παραγωγική διαδικασία ενώ παράλληλα ορίστηκαν οι απαιτούμενες διορθωτικές ενέργειες, για τις οποίες μετρήθηκαν επίσης τα αποτελέσματα της βελτίωσης που επέφεραν.

Για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας της διακινδύνευσης και για τους τρόπους ελέγχου αυτής έγινε ανάλυση του Προτύπου ISO 31000 και δόθηκε περιγραφή των τεχνικών ελέγχου του ρίσκου. Παράλληλα, υπήρξε αναλυτική αποτύπωση της παραγωγικής διαδικασίας. Η μεθοδολογία που παρουσιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε ήταν η μελέτη αστοχίας (FMEA) και πιο συγκεκριμένα ο τύπος PFMEA που αφορά στον εντοπισμό αστοχιών κατά την παραγωγική διαδικασία. Η μελέτη περιλάμβανε κάθε στάδιο παραγωγής όπου καταγράφηκαν και αναλυθήκαν όλες οι πιθανές αστοχίες των οποίων βαθμονομήθηκαν οι επιπτώσεις. Επιπλέον, αναζητήθηκαν και καταγράφηκαν οι ενδεδειγμένες διορθωτικές ενέργειες των οποίων επίσης μετρήθηκαν και καταγράφηκαν τα αποτελέσματα μέσω κατάλληλων δεικτών RPN που ορίζει η μεθοδολογία. Στα αποτελέσματα έγινε στατιστική ανάλυση με χρήση διαγραμμάτων PARETO, analysis of Means- one-way ANOVA και ιστογράμματος. Μέσω της στατιστικής επεξεργασίας έγινε η ιεράρχηση όχι μόνο των επιπτώσεων των αστοχιών αλλά και των αποτελεσμάτων των διορθωτικών ενεργειών, άρα μπορούμε να οδηγηθούμε στον ορισμό κρίσιμων σημείων ελέγχου της διαδικασίας, αναθεωρώντας το σχέδιο ποιότητας με τις βέλτιστες πρακτικές αντιμετώπισης του ρίσκου.

Οι περισσότερες αστοχίες υπάρχουν λόγω του ανθρωπίνου παράγοντα όποιος όμως πάρα την μεγάλη αυτοματοποίηση της γραμμής παραγωγής αποτελεί βασική επένδυση για την βιομηχανία και θα πρέπει να επενδυθεί χρόνος και χρήματα στην επανεκπαίδευση και ανάπτυξη των εργαζομένων ώστε να μειώσουμε το πλήθος των μονάδων που χρειάζονται επεξεργασία ή τελικά λόγω κακής ποιότητας απορρίπτονται και παράλληλα να καλυφθεί η απαίτηση του Πρότυπου για συνεχή βελτίωση των προϊόντων και των διαδικασιών. Η επόμενη αιτία αστοχίας είναι η βαθμονόμηση του εξοπλισμού. Αλλά και σ αυτή την περίπτωση ο άνθρωπος είναι εκείνος ο οποίος θα προγραμματίσει ή εκτελέσει μέχρι ενός βαθμού την διαδικασία. Η πλήρης αυτοματοποίηση της διαδικασίας αυτής θα αποτελούσε ενδεδειγμένη λύση.

Σε κάθε περίπτωση η εφαρμογή προγραμμάτων εκπαίδευσης για την παροχή εξειδικευμένης γνώσης στο αντικείμενο εργασίας για τους εργαζόμενους παράλληλα με την δημιουργία χώρων εργασίας σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποιημένους όπου όμως υπάρχει υποστήριξη μέσω της

ομαδικής εργασίας και εμπιστοσύνη μεταξύ των εργαζομένων θα οδηγήσουν στην αύξηση της Ποιότητας των προϊόντων και κάτ' επέκταση στην μείωση του κόστους παραγωγής.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Αντίστοιχες έρευνες δεν έχουν διενεργηθεί στην χώρα αλλά θα αποτελούσε μια ευκαιρία ανάδειξης των προβλημάτων και των πιθανών τους λύσεων κατά την παραγωγή τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού σε μεγάλη κλίμακα η διενέργεια αντίστοιχης έρευνας και σε άλλες εταιρείες που εδρεύουν στην Ελλάδα για να έχουμε μια ολοκληρωμένη γνώση ως προς την εφαρμογή των τρόπων ελέγχου της διακινδύνευσης και των μεθοδολογιών που ακολουθούνται.

Με την διενέργεια ανάλογων μελετών σε άλλες εταιρίες του κλάδου το κενό μεταξύ θεωρητικής προσέγγισης και πρακτικής εφαρμογής της μεθοδολογίας θα μπορούσε να εκλείψει. Επίσης θα μπορούσαν να εξευρεθούν νέοι τρόποι και τύποι άρσης των αστοχιών και διαχείρισης του ρίσκου λόγω της καινοτομίας που αντικειμένου της έρευνας.

Μία ακόμη πρόταση αποτελεί η έρευνα σε σχέση με τη εφαρμογή της FMEA ως εργαλείου των μεθοδολογιών Green Lean ή Lean Agile, ή της Six Sigma.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- ❖ **Ackerman et al, (2007).**” *Systematic risk assessment: a case study*”, Journal of the Operational Research Society, Vol. 58 No 1, pp39-51
- ❖ **Adler, P. S., Bartholomew, S., (1993).** “*Time-and-motion regained*”, Harvard Business Review, Vol. 71 No.1, pp. 97-108.
- ❖ **American Society for Quality, (2018).** “*Fishbone (Ishikawa) Diagram*” Milwaukee: ASQ Quality Press
- ❖ **Armistead, C. et al., (1995).** “*Business process re-engineering: lessons from operations management*”, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15 No. 12, pp. 46-58.
- ❖ **APM, (2004).** *Directing change -A Guide of Governance of Project Management (GoPM)*, APM Publishing London
- ❖ **Aven, T., (2016).** “*Risk assessment and Risk management: review of recent advances on their foundation*”, European Journal of Operational Research, Vol 253 No 1, pp 1-13
- ❖ **Boran, S. Gökler, S.H., (2020)** “*A Novel FMEA Model Using Hybrid ANFIS–Taguchi Method*”. Arab. J. Sci. Eng. Vol 45, pp 2131–2144.
- ❖ **Borgovini, R., (1993).** “*Failure mode, Effects and Criticality Analysis (FMWECA)*” Reliability Analysis Center, New York
- ❖ **Besterfield, et al., (2003).** “*Total Quality Management*”, 3rd ed, Pearson, New York.
- ❖ **Carlson, S., (2012).** “*Effective FMEA*”, Hoboken, John Wiley & Sons
- ❖ **de Araujo Lima, et al., (2020),** “*Risk management in SME: a systematic literature review and future directions*”, European Management Journal, Vol 38 No 1, pp 78-94
- ❖ **Deming, E.W., (1993).** “*The essential Deming Leadership Principles from the Father of Quality*”, McGraw-Hill Books. NY.
- ❖ **Dey, P. K., (2012).** “*Project risk management using multiple criteria decision-making technique and decision tree analysis: a case study of Indian oil refinery*”, *Production Planning and Control*, Vol. 23 No. 12, pp. 903-921.
- ❖ **Dionne, G., (2013).** “*Risk Management History, Definition and Critique*”, <https://www.cir-relt.ca/documentstravail/cirrelt-2013-56.pdf>, (Ημερομηνία επίσκεψης: 2023, 2 Οκτωβρίου).
- ❖ **Doi, A., (2017).** “*Gerenciamento de riscos corporativos em pequenas e médias*

empresas: análise de uma empresa nacional no setor de TI,” Universidade de São Paulo,.

- ❖ **Dr Klein G., (2014).** “*A recognition-primed decision (RPD) model of rapid decision making in Decision making in Action: Models and Methods*” Ablex Publishing Corporation Norwood, NJ pp 138-147
- ❖ **Failure Analysis Beats Murphy’s Law, (1993).** *Mechanical Engineering*, Vol. 22 No. 6
- ❖ **Feng, I., Terziovski, M., Sohal, A. S., (2000).** “*The adoption of continues improvement and innovation strategies in Australian manufacturing firms*”, *Technovation*, Vol. 20 No. 10 pp. 539-550
- ❖ **Frigo, M., Anderson, S., (2011).** “*Return Driven Lessons from High-Performance Companies*” *Strategic Finance*, Vol 9, No 1, pp 25
- ❖ **Handfield, R., Nichols, E., (2002),.** “*Supply chain Redesign*”, *Financial times*, Prentice Hall. NY.
- ❖ **Hellstrom, A. et al., (2015).** “*Adopting a management innovation in a professional organization-The case of improvement knowledge in healthcare*” *Business Process Management Journal*, Vol. 21 No. 5, doi/10.1108/BPMJ-05-2014-0041.
- ❖ **Heras, I., (2011).** “*Internalization of ISO 9000: an exploratory study*”, *Industrial Management and Data Systems*, Vol. 111 No. 8 pp. 312-330.
- ❖ **IEC 60812, (2018).** *BSI Failure Modes and Effects Analysis (FMEA and FMECA)*. BSI Standards Limited: London, UK.
- ❖ **ISO 9001, (2015).** *ISO 9001:2015 Quality Management Systems - Requirements*, ISO Copyright Office, Geneva
- ❖ **ISO 31000, (2018).** *Principals and Generic guidelines on Risk Management International*, International Organization for Standardization, available at <https://www.iso.org/standard/65694.html>
- ❖ **ISO 31010, (2019).** “*Risk management - Risk assessment techniques*, International““ Organization for Standardization
- ❖ **Jang, W.Y., Lin, C., (2008).** “*An integrated framework for ISO 9000 motivation, depth of ISO implementation and firm performance. The case of Taiwan*”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 19 No. 2, pp. 194-216.

- ❖ **Joslin, R., Muller, R., (2015),** “*Relationships between a project management methodology and project success in different project governance contexts*” International Journal of Project Management, Vol 33 No 6, pp 1377-1392
- ❖ **Juran, J. et al, (1962).** “*Quality Control Handbook*” Mc Graw-Hill Book Company, New York,
- ❖ **Gheorghiu, N., (2020).** “Knowledge risk management in aviation”. Προσβάσιμο <https://www.researchgate.net/publication/343703544> Knowledge risk management in aviation
- ❖ **Gotzamani, K., Tsiotras, G., (2002)** “*The true Motives behind ISO 9000 Certification: Their Effect on the Overall Certification Benefits and Long Term Contribution towards TQM*”, International Journal of Quality Reliability Management, Vol. 19 No.2, pp.151-169.
- ❖ **Kafetzopoylos, Psomas & Gotzamani, (2014).** “*Core process management practices, quality tools and quality improvement in ISO 9001 certified manufacturing companies*”, Business Process Management Journal, Vol.17, No 3, pp. 437-460.
- ❖ **Koomsap, P., Charoenchokdilok, T., (2018).** “*Improving risk assessment for customer-oriented FMEA.*” Total Qual. Manag. Bus. Excell. Vol 29, pp 1563–1579.
- ❖ **Lam, et al., (2017),** “*A framework to assist in the analysis of risks and reward to adopting BIM for SMEs in the U,K*” Journal of Civil Engineering and Management Vol 23 No 6, pp 740-752
- ❖ **Li, Z. Chen, L., (2019).** “*A novel evidential FMEA method by integrating fuzzy belief structure and grey relational projection method.*” Eng.Appl. Artif. Intell. Vol 77, pp 136–147.
- ❖ **Liu, H.C. Liu, L. Liu, N., (2013)** “*Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review*”, Expert Syst. Appl., Vol 40, pp 828–838
- ❖ **Marcelino-S´adaba et al., (2014).** “*An exploratory of understanding project risk management from the perspective of national culture*” International Journal of Project Management, Vol 32 No 2, pp 564-575
- ❖ **Mil STD 882B, (1984).** *System safety program requirements*, Department of Defense Washington, DC 20301
- ❖ **Moeuf et al., (2020),** “*Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs*” International Journal of Production research, Vol 58 No 5, pp 1384-1400

- ❖ **Neves, S. M., et al., (2014).** “*Risk management in software projects through knowledge management techniques: cases in Brazilian incubated technology-based firms*”, International Journal of Project Management, Vol. 32 No. 1, pp. 125-138.
- ❖ **Nouei, M.T., (2016).** “*Fuzzy risk assessment of mortality after coronary surgery using combination of adaptive neuro-fuzzy inference system and K-means clustering.*” Expert Syst., Vol133, pp 230–238.
- ❖ **Nutt, A., Wilson, T., (2010).** “*Risk management in software projects through knowledge management techniques: cases in Brazilian incubated technology-based firms*” International Journal of Project Management, Vol 32 No 1, pp 125-138
- ❖ **Ostrom, T., Wilhelmsen, A., (2012).** “*Risk Assessment, Tools, Techniques, and Their Applications*”, Wiley Vol 12 No 2, pp 123-130
- ❖ **Palmberg, K., (2009).** “*Exploring process management: are there any widespread models and definitions?*”, The TQM Journal, Vol. 5 No. 2, pp. 203-215.
- ❖ **Pellerin, R., Perrier, N., (2019).** “*A review of methods, techniques and tools for project planning control*” International Journal of Production research, Vol 57 No 57, pp 2160-2178
- ❖ **PMI, (2017).** *A guide to Project Management Body of Knowledge: PMBoK Guide, 6th ed.*, Management Institute, Newtown Square, PA
- ❖ **Portman, H., (2009).** *PRINCE2 in Practice*, Van Haren Publishing, s-Hertogenbosh, NL
- ❖ **Psomas, E., Fotopoulos, C., and Gotzamani, K., (2013).** “*The impact of quality management systems on the performance of manufacturing firms*”, International Journal of Quality and Reliability Management, Vol.32 No.4, pp. 381-399
- ❖ **Psomas E., Fotopoulos C., Kafetzopoulos, D., (2011).** “*Core process management practices, quality tools and quality improvement in ISO 9001 certified manufacturing companies*”, Business Process Management Journal , Vol.17, No 3, pp. 437-460.
- ❖ **Qazi, A., et al., (2016).** “*Project complexity and risk management (ProCRiM): towards modelling project complexity driven risk in construction projects*” International Journal of Project Management, Vol 34 No 7, pp 1183-1198
- ❖ **Raz, T., Michael, E., (2001).** “*Use and benefits of tools for project risk management*” International Journal of Project Management, Vol 19 No 1, pp 9-17
- ❖ **Robin, E., McDermott, J., (2009).** “*The basics of FMEA*” Taylor & Francis Group. New York

- ❖ **Rostami A., et al., (2015).** “*Risk management Implementation in small and medium enterprises in the UK constructions industry*” Engineering, Construction and Architectural Management, Vol 22 No 1, pp 91-107
- ❖ **Sanjay, B., et al., (2006).** “*Lean viewed as a philosophy*”. Journal of Manufacturing Systems, Vol. 17 No.1, pp. 56-72.
- ❖ **Sharma M., Gupta S., (2015).** “*Impact of lean practices on performance measures in context to Indian tool industry*”, Journal of Manufacturing Technology Management, Vol.26 No. 8, pp 1218-1242.
- ❖ **Sharif, A. M., et al., (2013),** “*Design and implementation pf project time management risk assessment tool for SME project using oracle application express*” World Academy of Science Engineering and Technology (WASET), Vol 3 No 1, pp 1151-1156
- ❖ **Shi, S., Fei, H., Xu, X., (2019).** “*Application of a FMEA method combining interval 2-tuple linguistic variables and grey relational analysis in preoperative medical service process.*” IFAC-Papers On Line, Vol 52, pp 1242–12473
- ❖ **Singh, J., Rathi, S.J., (2019).** “*Availability and maintenance scheduling of a repairable block-board manufacturing system*” International Journal of Reliability and Safety, Vol 4, No 1, pp 104-108
- ❖ **Singh, P. J., Smith, A., (2006).** “*An empirically validated quality management measurement instrument*”, Benchmarking: An International Journal, Vol. 13 No.2, pp. 493-522
- ❖ **Tang, L.C.M., et al., (2009).** “*Entropic risk analysis by a high-level decision support system for construction SMEs*” Journal of Computing in Civil Engineering, Vol 24 No 1, pp 81-94
- ❖ **Terziovski, M., Sohal, A.S., (2000).** “*The adoption of continues improvement and innovation strategies in Australian manufacturing firms*”, Technovation, Vol. 20 No. 10 pp. 539-550
- ❖ **Tupa, J., et al., (2017).** “*Aspects of risk management implementation for industry 4.0*” Procedia Manufacturing, Vol 11, pp 1223-1230
- ❖ **Vacik, E., et al., (2018).** “*Project portfolio optimization as a part of strategy implementation process in small and medium-sized enterprises*” Economics and Management, Vol 21 No 3, pp 107-123
- ❖ **Volkanovski, A., (2009).** “*Application of the Fault Tree Analysis for Assessment of Power System Reliability.*” Reliab. Eng. Syst. Saf. 94, 1116–1127

Ελληνική

- ❖ **Αγγελόπουλος, Χ. (2000)**, «Σχεδιασμός για την Ποιότητα» ΔΠΠ 51 Πάτρα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
- ❖ **Αρβανιτογιάννης, Ι. (2008)**, «Προγραμματισμός για την Ποιότητα» ΔΠΠ 51 Πάτρα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
- ❖ **Αδαμίδης, Ε. (2015)**. «Σχεδιασμός και Διοίκηση βιομηχανικών μονάδων» Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών . Ανακτήθηκε 25-02-2021 από www.kalipos.gr
- ❖ **Γεωργακάκος, Γ. (2002)**. «Βασικά εργαλεία και μέθοδοι για τον έλεγχο της Ποιότητας», Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.
- ❖ **Κακιώρη, Π. (2021)**. «Η εφαρμογή των πρακτικών *Lean Manufacturing* σε ελληνική βιομηχανία τηλεπικοινωνιών», Πάτρα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
- ❖ **Λεκκάκος, Σ. (2007)** “ Παρουσίαση και κριτική αξιολόγηση του *Lean* μοντέλου Διοίκησης επιχειρήσεων- Προεκτάσεις για την Επιχείρηση του 21^{ου} Αιώνα” Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιά, Πειραιάς.
- ❖ **Παπακωσταντίνου, Α. (2014)**. «Επιλογή μεθόδων *six sigma* για την εφαρμογή τους σε Μικρομεσαίες επιχειρήσεις», Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Ανακτήθηκε 14-3-2021 από www.kalipos.gr
- ❖ **Στεφανάτος, Σ., (2000)**. «Προγραμματισμός για την Ποιότητα» ΔΠΠ 51 Τόμος Β' Πάτρα Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
- ❖ **Τσακανίκας, (2014)**. «Ο τομέας των τηλεπικοινωνιών στο νέο αναπτυξιακό πρότυπο της χώρας», Έρευνα στις επιχειρήσεις για την πρόβλεψη των μεταβολών στα περιφερειακά παραγωγικά συστήματα και τις τοπικές αγορές εργασίας, Τομέας Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών, ΙΟΒΕ/ΕΒΕΟ-ΕΜΠ για λογαριασμό του ΣΕΒ, Ανακτήθηκε 20-4-2021 από <https://www.hba.gr/5Ekdois/UpIPDFs/sylltomos14/305-318%20Tsakanikas%202014.pdf>
- ❖ **Χυτήρης Α. και Άννινος Α. (2015)**. «Διοίκηση και Ποιότητα Υπηρεσιών» Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Ανακτήθηκε 22-4-2021 από www.kalipos.gr
- ❖ **Καθημερινή, Ημερήσια πολιτική και οικονομική εφημερίδα** [https://:www.Καθημερινή.gr](https://www.Καθημερινή.gr)
- ❖ **Εθνική Επιτροπή τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων**

<https://www.otegroupmuseum.gr/portal/telco-stories>)

- ❖ *Μουσείο τηλεπικοινωνιών OTE*, <https://www.otegroupmuseum.gr/portal/telco-stories>
- ❖ *Lean Manufacturing Org*, <http://leanmanufacturingtools.org/>
- ❖ *Eton Group Machine*, <https://www.etongroupmachine.com>
- ❖ *Gruppo angelantoni*, <https://www.angelantoni.com>