



**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Εφαρμογή μεθόδων στατιστικού ελέγχου ποιότητας σε  
βιομηχανία παραγωγής χυμών και passata»**

Ιωάννα Αναστασοπούλου

Επιτροπή επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Τσιτσιφλή Σταυρούλα

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Μπεσέρης Γεώργιος

Επίδαυρος, Μάρτιος 2024

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην εφαρμογή μεθόδων και τεχνικών του Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας σε μια βιομηχανία παραγωγής χυμών και passata, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στον Στατιστικό Έλεγχο Διεργασίας και στους Δείκτες Ικανότητας. Η αναγκαιότητα αυτής της μελέτης προέκυψε από την αδυναμία εφαρμογής της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας (ΔΟΠ) στον κλάδο των τροφίμων, όπως επισημαίνεται από τη βιβλιογραφία. Η εφαρμογή της ΔΟΠ στη βιομηχανία των τροφίμων θα εξασφαλίσει την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας, ενώ ταυτόχρονα δεδομένη είναι και η αύξηση της κερδοφορίας στο συγκεκριμένο κλάδο.

Στόχος της εργασίας, λοιπόν, είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ΔΟΠ στην υπό μελέτη βιομηχανία και ο εντοπισμός των κρίσιμων σημείων για την επιτυχή εφαρμογή των τεχνικών αυτών. Για το σκοπό αυτό, μελετήθηκαν δύο ποιοτικά χαρακτηριστικά, το καθαρό βάρος κάθε συσκευασίας και το pH της passata. Τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελούν κρίσιμο παράγοντα, καθώς το βάρος πρέπει να τηρείται νομοθετικά, ενώ το υψηλό pH ελλοχεύει κίνδυνο στην υγεία του καταναλωτή. Τα δεδομένα και στις δύο περιπτώσεις αντλήθηκαν από το τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου.

Με τη χρήση της Περιγραφικής και της Επαγωγικής Στατιστικής πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και έγινε χρήση γραφημάτων, μέτρων θέσης, διασποράς και μορφής και διαγραμμάτων ελέγχου. Μέσω αυτών των τεχνικών, εξετάστηκε η ορθότητα της παραγωγικής διαδικασίας και η ικανότητα της να παράγει προϊόντα εντός των επιθυμητών ορίων, γεγονός που τις περισσότερες φορές βρέθηκε πως παραβιάζεται.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έγιναν φανερά τα προβλήματα στην παραγωγική διαδικασία και με αυτό τον τρόπο καταδείξαμε την αναγκαιότητα εφαρμογής των στατιστικών εργαλείων στη συγκεκριμένη βιομηχανία, ενώ δόθηκαν και προτάσεις βελτίωσης και συμμόρφωσης των αστοχιών που εντοπίστηκαν.

**Λέξεις – Κλειδιά:** Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών, Διαγράμματα Ελέγχου, Δείκτες Ικανότητας Διεργασίας, βιομηχανία τροφίμων, χυμοί, passata

## « Implementation of statistical quality control methods in juice and passata production industry»

Ioanna Anastasopoulou

### Abstract

This diploma thesis focuses on the application of methods and techniques of Statistical Quality Control in a juice and passata industry, with particular emphasis on Statistical Process Control and Process Capability Indicators. The necessity of this study arose from the inability to implement Total Quality Management (TQM) in the food industry, as indicated by the literature. The implementation of TQM in the food industry will ensure the production of high quality products, while at the same time the increase in profit in the specific sector is a given.

The aim of this thesis, therefore, is to present the results of TQM to this industry and to identify the critical points for the successful application of these techniques. For this purpose, two quality characteristics were studied, the net weight of each package and the pH of passata. These characteristics are a critical factor, as the net weight must be observed by law, while high pH poses a risk to the health of the consumer. The data in both cases were obtained from the Quality Control department.

The analysis of qualitative characteristics was performed through Descriptive and Inductive Statistical Inference and graphs, location, variability and skewness measures and control charts were used. Through these techniques, the correctness of the production process and its ability to produce products within the desired specifications were examined, which was most often found to be violated.

The results of this work revealed the problems in the production process and in this way we demonstrated the necessity of applying statistical tools in this kind of industry, the food industry, while suggestions were also given to improve the identified failures.

**Keywords:** Statistical Quality Control, Statistical Process Control, Control Charts, Process Capability Indicators, food industry, juices, passata

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	ii
Abstract .....	iv
Περιεχόμενα.....	vi
Κατάλογος Εικόνων.....	viii
Κατάλογος Σχημάτων .....	ix
Κατάλογος Πινάκων .....	xii
Συντομογραφίες και Ακρωνύμια .....	xiv
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή .....	1
Κεφάλαιο 2. Ποιότητα και Στατιστικός έλεγχος .....	5
2.1 Η έννοια της ποιότητας και η ιστορική της εξέλιξη .....	5
2.2 Ορισμοί για την ποιότητα .....	5
2.3 Διοίκηση Ολικής Ποιότητας.....	12
2.4 Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας.....	14
2.5 Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας.....	17
2.6 Διαγράμματα Ελέγχου .....	19
2.6.1 Κατηγοριοποίηση διαγραμμάτων ελέγχου .....	21
2.6.2 Περιγραφή και κατασκευή των διαγραμμάτων ελέγχου .....	23
2.6.3 Στατιστική ανάλυση των διαγραμμάτων ελέγχου .....	27
2.7 Δείκτες ικανότητας διεργασίας.....	29
2.7.1 Δείκτη δυνατότητας διεργασίας $C_p$ .....	29
2.7.2 Δείκτες τρέχουσας επίδοσης διεργασίας.....	30
Κεφάλαιο 3. Βιομηχανία τροφίμων και ποτών-Η εξεταζόμενη εταιρία.....	33
3.1 Βιομηχανία Τροφίμων και Ποτών .....	33
3.2 Βιβλιογραφική έρευνα .....	34

3.3 Η εξεταζόμενη εταιρία .....	38
3.4 Διαδικασία παραγωγής .....	42
3.4.1 Κρίσιμοι Παράγοντες.....	43
Κεφάλαιο 4. Μεθοδολογία και Στατιστική Ανάλυση.....	45
4.1 Συλλογή δεδομένων .....	45
4.2 Μεθοδολογία.....	50
4.3 Περιγραφική Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων.....	51
4.3.1 Γραφήματα καθαρού βάρους.....	51
4.3.2 Γραφήματα pH.....	66
Κεφάλαιο 5. Επαγωγική Στατιστική Ανάλυση .....	69
5.1 Καθαρό βάρος.....	69
5.2 pH passata .....	87
5.3 Δείκτες Ικανότητας .....	92
5.3.1 Καθαρό βάρος.....	92
5.3.2 pH passata .....	97
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα-Προτάσεις βελτίωσης.....	99
6.1 Συμπεράσματα .....	99
6.2 Προτάσεις βελτίωσης.....	104
Βιβλιογραφία .....	105
Παράρτημα I: Συντελεστές για τα Διαγράμματα Ελέγχου .....	110
Παράρτημα II: Δεδομένα μετρήσεων βάρους και pH .....	111

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Κύκλος Deming (PDCA) (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018) .....	8
Εικόνα 2: Επίπεδα εξέλιξης συστημάτων ποιότητας (Dale, 2003).....	13
Εικόνα 3: Επισκόπηση των εννοιών της διαχείρισης ποιότητας (Weckenmann, Akkasoglu, & Werner, 2014) .....	14
Εικόνα 4: Οι φάσεις της διαδικασίας παραγωγής (Αντζουλάκος, 2009) .....	16
Εικόνα 5: Διαχρονική χρήση των τριών συνιστωσών του Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας (Αντζουλάκος, 2009) .....	17
Εικόνα 6: Επιλογή κατάλληλου διαγράμματος ελέγχου για μεταβλητές (Κούτρας, 2008) ....	22
Εικόνα 7: Επιλογή κατάλληλου διαγράμματος ελέγχου ιδιοτήτων (Κούτρας, 2008). .....	23
Εικόνα 8: Ασηπτική συσκευασία Tetra Pak 1Lt και 330ml .....	41
Εικόνα 9: Ασηπτική συσκευασία Tetra Pak 250ml και 500g (Πηγή: <a href="https://productexplorer.tetrapak.com/">https://productexplorer.tetrapak.com/</a> ) .....	42
Εικόνα 10: Διακριβωμένος ζυγός της KERN .....	46
Εικόνα 11: Όργανο μέτρησης pH .....	49



## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Τυπικό διάγραμμα ελέγχου τύπου Shewhart (Αντζουλάκος, 2009) .....	24
Σχήμα 2: Ζώνες A, B, C σε ένα διάγραμμα ελέγχου (Αντζουλάκος, 2009).....	25
Σχήμα 3: Απασχόληση και ποσοστό συμμετοχής στο σύνολο μεταποίησης (Σταυράκη & Αθανασιάδης, 2023) .....	34
Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας χυμών Tetra Pak .....	43
Σχήμα 5: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 1.51	
Σχήμα 6: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 1 .....	52
Σχήμα 7: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 2.53	
Σχήμα 8: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 2 .....	54
Σχήμα 9: Συγκριτική απεικόνιση καθαρού βάρους των δύο μηχανών 1L .....	55
Σχήμα 10: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml στη Μηχανή 3.....	56
Σχήμα 11: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml στη Μηχανή 3 .....	56
Σχήμα 12: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml στη Μηχανή 4.....	57
Σχήμα 13: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml στη Μηχανή 4 .....	58
Σχήμα 14: Συγκριτική απεικόνιση καθαρού βάρους των δύο μηχανών 250ml.....	59
Σχήμα 15: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 330ml στη Μηχανή 5.....	59
Σχήμα 16: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 330ml στη Μηχανή 5 .....	60

Σχήμα 17: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών passata 500g στη Μηχανή 6.....	61
Σχήμα 18: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών passata 500g στη Μηχανή 6.....	61
Σχήμα 19: Ιστόγραμμα μεταβλητής pH στη Φάση I .....	66
Σχήμα 20: Θηκόγραμμα μεταβλητής pH στη Φάση I .....	67
Σχήμα 21: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 1 .....	70
Σχήμα 22: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 2 .....	71
Σχήμα 23: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 1 .....	73
Σχήμα 24: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 2 .....	74
Σχήμα 25: Διάγραμμα EWMA για το καθαρό βάρος της Μηχανής 2.....	76
Σχήμα 26: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 3 .....	77
Σχήμα 27: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 4 .....	77
Σχήμα 28: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 3 .....	79
Σχήμα 29: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 4 .....	80
Σχήμα 30: Διάγραμμα EWMA για το καθαρό βάρος της Μηχανής 3.....	81
Σχήμα 31: Διάγραμμα EWMA για το καθαρό βάρος της Μηχανής 4.....	81
Σχήμα 32: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 5 .....	82
Σχήμα 33: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 5 .....	83
Σχήμα 34: Διάγραμμα EWMA για το καθαρό βάρος της Μηχανής 5.....	84
Σχήμα 35: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 6 .....	85
Σχήμα 36: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 6 .....	86
Σχήμα 37: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας μεταβλητής pH στη Φάση I.....	87
Σχήμα 38: Διάγραμμα I-MR μεταβλητής pH στη Φάση I.....	88
Σχήμα 39: Διάγραμμα EWMA μεταβλητής pH στη Φάση I.....	89
Σχήμα 40: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας μεταβλητής pH στη Φάση II.....	90

Σχήμα 41: Διάγραμμα I-MR μεταβλητής pH στη Φάση II.....	91
Σχήμα 42: Διάγραμμα EWMA μεταβλητής pH στη Φάση II.....	92
Σχήμα 43: Ανάλυση δυνατότητας διεργασίας για το καθαρό βάρος της Μηχανής 4 με όρια προδιαγραφών που έχει ορίσει η επιχείρηση .....	93
Σχήμα 44: Ανάλυση δυνατότητας διεργασίας για το καθαρό βάρος της Μηχανής 4 με όρια προδιαγραφών που έχει ορίσει η επιχείρηση.....	94
Σχήμα 45: Ανάλυση δυνατότητας διεργασίας για το καθαρό βάρος της Μηχανής 5 με όρια προδιαγραφών που έχει ορίσει η επιχείρηση.....	95
Σχήμα 46: Ανάλυση δυνατότητας διεργασίας για το pH της Φάσης I .....	98

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Οι δυνατές αποφάσεις και οι συνέπειες τους σε έναν έλεγχο υποθέσεων (Κουτροβέλης, 2000).....	27
Πίνακας 2: Μέγιστα ανεκτά σφάλματα βάρους ή όγκου συσκευασιών (ΔΙΕΠΠΥ, 2014) .....	46
Πίνακας 3: Όρια βάρους συσκευασιών ανάλογα με το είδος της συσκευασίας.....	47
Πίνακας 4: Συγκεντρωτικά δεδομένα των υπό μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών.....	49
Πίνακας 5: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 1 .....	52
Πίνακας 6: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 2 .....	54
Πίνακας 7: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml στη Μηχανή 3 .....	57
Πίνακας 8: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml .....	58
Πίνακας 9: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 330ml στη Μηχανή 5 .....	60
Πίνακας 10: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών passata 500g στη Μηχανή 6.....	62
Πίνακας 11: Μέτρα κεντρικής τάσης των δεδομένων των μεταβλητών .....	62
Πίνακας 12: Μέτρα διασποράς των δεδομένων των μεταβλητών.....	63
Πίνακας 13: Μέτρα ασυμμετρίας και κύρτωσης των δεδομένων των μεταβλητών.....	65
Πίνακας 14: Μέτρα θέσης και διασποράς της μεταβλητής pH στη Φάση Ι.....	67
Πίνακας 15: Επιθυμητά όρια βάρους συσκευασιών ανάλογα με το είδος της συσκευασίας ..	69
Πίνακας 16: Τυχαιότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 1 .....	71
Πίνακας 17: Τυχαιότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 2.....	72
Πίνακας 18: Τυχαιότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 3 .....	78

Πίνακας 19: Τυχαιότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 4.....	78
Πίνακας 20: Τυχαιότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 5.....	82
Πίνακας 21: Τυχαιότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 6.....	85
Πίνακας 22: Τυχαιότητα δεδομένων μεταβλητής pH στη Φάση I .....	88
Πίνακας 23: Τυχαιότητα δεδομένων μεταβλητής pH στη Φάση II.....	90
Πίνακας 24: Δείκτες Ικανότητας διεργασίας για κάθε μηχανή .....	95
Πίνακας 25: Συντελεστές των διαγραμμάτων ελέγχου (Γεωργακάκος Γ. , 2002) .....	110
Πίνακας 26: Δεδομένα μετρήσεων βάρους και pH για τις Μηχανές 1, 2, 3 και 4 .....	111
Πίνακας 27: Δεδομένα μετρήσεων βάρους και pH για τις Μηχανές 5 και 6 .....	113
Πίνακας 28: Ιστορικά δεδομένα των μετρήσεων του pH της passata .....	116
Πίνακας 29: Δεδομένα μετρήσεων Φάσης II του pH της passata .....	117

## Συντομογραφίες και Ακρωνύμια

ΑΟΠ	Άνω Όριο Προδιαγραφής
ΔΕ	Διάγραμμα Ελέγχου
ΔΕ I-MR	Διάγραμμα Ελέγχου Μέσης Τιμής – Κινούμενου Εύρους
ΔΟΠ	Διοίκηση Ολικής Ποιότητας
ΚΟΠ	Κάτω Όριο Προδιαγραφής
ΣΕΔ	Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών
ΣΕΠ	Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας
ARL	Average Run Length
CUSUM	Cumulative Sum Chart
EWMA	Exponentially Weighted Moving Average
HACCP	Hazard Analysis & Critical Control Point
LCL	Lower Control Limit
UCL	Upper Control Limit

## Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Μέχρι και σήμερα που η Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (ΔΟΠ) έχει κατακλύσει τις ζωές μας σε όλους τους τομείς, υπάρχουν επιχειρήσεις, οι οποίες είναι δύσπιστες ως προς τα οφέλη της ή δεν έχουν καταφέρει να την εντάξουν στην παραγωγική τους διαδικασία. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε λόγω έλλειψης γνώσεων είτε λόγω έλλειψης προθυμίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ιδίως σε μικρές επιχειρήσεις, διαπιστώνουμε ότι η έλλειψη γνώσεων αποτελεί τον κυριότερο ανασταλτικό παράγοντα, καθώς δεν γνωρίζουν ούτε τα οφέλη ούτε τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της ΔΟΠ.

Διάφορες μελέτες (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022· Aquilani, Silvestri, Ruggieri, & Gatt, 2017· Psomas & Fotopoulos, 2009· Psomas, Kafetzopoulos, & Fotopoulos, 2013· Kafetzopoulos & Gotzamani, 2014· Kakouris & Sfakianaki, 2018) έχουν βρεθεί και επισημαίνουν την επίδραση της ΔΟΠ στα οφέλη της αγοράς, στη βελτίωση της εσωτερικής ποιότητας της εταιρείας (μείωση ελαττωμάτων σε ημιτελικά προϊόντα και ελαττωμάτων τελικών προϊόντων), στη συνεχή βελτίωση της ασφάλειας και της ποιότητας των προϊόντων σε όλη την τροφική αλυσίδα, στην αύξηση της ικανοποίησης των πελατών και της οργανωτικής απόδοσης, καθώς και στην αποφυγή αστοχιών προϊόντων, ζητημάτων ασφάλειας και υγείας, καταγγελιών πελατών και κόστους σφαλμάτων.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρουσιαστεί αύξηση της εφαρμογή της ΔΟΠ στον τομέα των τροφίμων (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022), ωστόσο, όπως αποκαλύπτεται από ευρήματα ερευνών (Chaves, Gomes, Prata, & Passos, 2020), οι μελέτες σε αυτόν τον τομέα εξακολουθούν να είναι σπάνιες, αφού το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας για τη διαχείριση ποιότητας έχει επικεντρωθεί στον τομέα της μεταποίησης και των υπηρεσιών, με εξαίρεση ένα σημαντικό αριθμό μελετών για την ανάλυση κινδύνων μέσω κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP) και εκείνων που εξετάζουν τα πρότυπα συστημάτων ποιότητας. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι υπάρχει περιορισμένη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι οργανισμοί σε βασικούς τομείς των αναπτυσσόμενων χωρών μπορούν να ενισχύσουν την παραγωγικότητά τους μέσω της διαχείρισης της ποιότητας. Πολλοί συγγραφείς (Kumar, Maiti, & Gunasekaran, 2018· Dora, Kumar, Van Goubergen, & Molnar, 2013· Kakouris & Sfakianaki, 2018· Beardsell & Dale, 1999· Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022· Sousa & Voss, 2002), επομένως, προτείνουν τη διεξαγωγή περισσότερης εμπειρικής έρευνας για την καλύτερη κατανόηση των επιδράσεων της ΔΟΠ στην απόδοση, σε διαφορετικά

πλαίσια και την περαιτέρω μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ των βασικών πρακτικών και των πρακτικών υποδομής και τη διερεύνηση των μηχανισμών με τους οποίους οι πρακτικές ΔΟΠ επηρεάζουν την απόδοση.

Αυτό το βιβλιογραφικό κενό έρχεται να καλύψει η συγκεκριμένη εργασία και να συμβάλει στην πρακτική εφαρμογή ορισμένων τεχνικών και μεθόδων της ΔΟΠ στην ελληνική βιομηχανία τροφίμων. Στην ουσία, θα χρησιμοποιηθεί ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών για να διαπιστωθεί αν η εφαρμογή της ΔΟΠ επιτυγχάνει τα οφέλη που παρουσιάζονται στις μελέτες, αν εντοπίζει αστοχίες στην παραγωγική διαδικασία που δεν είχαν παρατηρηθεί προηγουμένως και κατά πόσο αυτό επηρεάζει την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και κατά συνέπεια το κόστος της επιχείρησης. Για το σκοπό αυτό, μελετήθηκε ένα συγκεκριμένο σύστημα, εξετάστηκαν οι παράμετροι εισόδου και εξόδου και επιλέχθηκε η κατάλληλη μέθοδος ανάλυσης, με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου Minitab. Για την ορθότητα των αποτελεσμάτων επιλέχθηκε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα και πραγματοποιήθηκε η ανάλυση του. Επίσης, θα αναδειχθεί το βασικό πλεονέκτημα των διαγραμμάτων ελέγχου, το οποίο είναι η έγκαιρη ανίχνευση των αιτιών που θέτουν μια διεργασία εκτός ελέγχου ακόμα και αν παράγει προϊόντα εντός προδιαγραφών.

Η εργασία αυτή, λοιπόν, μπορεί να αποτελέσει απόδειξη των πλεονεκτημάτων της ΔΟΠ στη βιομηχανία τροφίμων και να δημιουργήσει κίνητρο εφαρμογής της και από άλλους χρήστες για την επίλυση μιας ευρείας γκάμας συναφών προβλημάτων. Στόχος είναι να αναδειχθεί η χρησιμότητα και η αναγκαιότητα υιοθέτησης αντίστοιχων τεχνικών από τις επιχειρήσεις, έτσι ώστε μελλοντικά να οδηγηθούμε στην επίτευξη και στη διασφάλιση παραγωγικών διεργασιών υψηλότερου επιπέδου. Τα αποτελέσματα της εργασίας θα καταδείξουν ακόμη τα κρίσιμα σημεία για την επιτυχή εφαρμογή των τεχνικών αυτών.

Η συγκεκριμένη βιομηχανία παράγει χυμούς και passata σε ασηπτική συσκευασία Tetra Pak. Διαθέτει έξι γραμμές παραγωγής, δύο γραμμές που παράγουν συσκευασίες 1L, δύο γραμμές που παράγουν συσκευασίες 250ml, μία γραμμή που παράγει συσκευασία 330ml και μία γραμμή που παράγει συσκευασίες passata των 500g. Η δυναμικότητα των μηχανών αυτών είναι για το 1L 7.000 κουτιά ανά ώρα, για τα 250ml 8.000 κουτιά ανά ώρα, για τα 330ml 7.000 κουτιά ανά ώρα και για την passata 6.000 τεμάχια ανά ώρα. Σε ένα εργοστάσιο που δουλεύει δύο οκτάωρες βάρδιες αντιλαμβανόμαστε πως το μέγιστο της παραγωγής αν όλες αυτές οι μηχανές δουλεύουν ταυτόχρονα και χωρίς βλάβες είναι περίπου 688.000 συσκευασίες την ημέρα.



Πιο συγκεκριμένα, θα μελετηθεί ένα ποσοτικό και ένα ποιοτικό χαρακτηριστικό, το βάρος συσκευασίας του τελικού προϊόντος και το pH της passata. Ο όγκος καθορίζεται από το νομοθετικό πλαίσιο και προσδιορίζεται η ελάχιστη αποδεκτή τιμή του. Αντιλαμβανόμαστε συνεπώς πως ο όγκος των συσκευασιών είναι καθοριστικός παράγοντας και πόσο σημαντικό είναι να βρισκόμαστε με ασφάλεια κοντά στο κατώτερο όριο, όχι μόνο για να είναι η επιχείρηση εντός νομοθετικών ορίων αλλά και πως έστω και λίγο να είναι υψηλότερος από την κατώτερη αποδεκτή τιμή πρόκειται να επιφέρει σημαντικό κόστος.

Για ευκολία και πιο αξιόπιστες μετρήσεις ο όγκος θα μετατρέπεται σε βάρος, δεδομένου ότι η επιχείρηση παράγει μόνο ένα προϊόν, το φυσικό χυμό πορτοκάλι. Η αναλογία σύμφωνα με το ειδικό βάρος του χυμού πορτοκαλιού στα 11,4 brix είναι η εξής: 1L χυμού=1,0458kg (Williams, 1984). Επομένως, για μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεων, επιλέχθηκε να μετράται το βάρος της τελικής συσκευασίας, με τη χρήση ηλεκτρονικών ζυγών. Επίσης, το pH της passata αποτελεί κρίσιμο παράγοντα και αξίζει να μελετηθεί, καθώς αν ξεπεράσει το ανώτερο επιτρεπτό όριο μπορεί να τεθεί ζήτημα για την υγεία του καταναλωτή. Το pH καθορίζεται μόνο πριν από την τελική συσκευασία του προϊόντος και ρυθμίζεται με την προσθήκη κιτρικού οξέως στο προϊόν κατά το στάδιο της παρασκευής του τοματοχυμού. Το pH μετράται με το pHmeter και οι μετρήσεις καταγράφονται.

Συνοπτικά, θα μελετηθούν τα βάρη των συσκευασιών για όλες τις μηχανές και το pH της passata στη διάρκεια ενός τριμήνου και θα παρουσιαστούν τα διαγράμματα ελέγχου σε κάθε περίπτωση. Θα παρουσιαστεί η συλλογή των δεδομένων και η ανάλυση τους. Εκτός από τα διαγράμματα θα υπολογιστούν και κάποιοι μετρήσιμοι δείκτες, σημαντικοί για να αντιληφθούμε αν οι διεργασίες λειτουργούν σωστά. Η εφαρμογή αυτών των εργαλείων Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας (ΣΕΠ) και Στατιστικού Ελέγχου Διεργασίας (ΣΕΔ) και η ανάλυση τους θα μας βοηθήσουν να καταλήξουμε σε συμπεράσματα για τη συγκεκριμένη βιομηχανία.

Η σημαντικότητα των ΣΕΠ και ΣΕΔ είναι πολύ μεγάλη, καθώς μέσα από τη χρήση τους μπορεί να εξασφαλιστεί η καινοτομία στην παραγωγική διαδικασία, η αλλαγή της νοοτροπίας της διοικούσας αρχής, η συνεχή βελτίωση των διεργασιών και η διαρκής έρευνα και ανάπτυξη. Όλα αυτά έχουν απώτερο στόχο την επίτευξη και τη διασφάλιση διεργασιών υψηλότερου επιπέδου.

Όσον αφορά τη δομή της εργασίας, στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η έννοια της Ποιότητας και η ιστορική εξέλιξή της στο πέρασμα των χρόνων μέχρι να φτάσουμε στην ΔΟΠ, ενώ αναφέρονται και ορισμένοι γκουρού της Ποιότητας και η συνεισφορά τους στην εξέλιξη της. Έπειτα, η εργασία εστιάζει στον Στατιστικό Έλεγχο Ποιότητας και στον Στατιστικό Έλεγχο Διεργασίας, παρουσιάζονται οι ορισμοί τους και τα εργαλεία ποιότητας που θα εφαρμοστούν, ενώ αναφορά γίνεται και στην μελέτη της έννοιας της μεταβλητότητας.

Το Κεφάλαιο 3 περιέχει βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με το θέμα της εργασίας, γενικές πληροφορίες για τον κλάδο των Τροφίμων και των Ποτών, την παρουσίαση της επιχείρησης, τη διαδικασία παραγωγής και τις προδιαγραφές της ποιότητας που έχει θέσει η ίδια. Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται περιγραφή της δειγματοληψίας και παρουσιάζεται η Στατιστική Ανάλυση των δεδομένων.

Στο Κεφάλαιο 5 ακολουθεί η Επαγωγική Στατιστική Ανάλυση των χαρακτηριστικών που μελετώνται. Στο Κεφάλαιο 6 συνοψίζονται τα συμπεράσματα, τα οφέλη από την εφαρμογή της συγκεκριμένης εργασίας και οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα. Καταλήγουμε με τη Βιβλιογραφία και τα Παραρτήματα.

## Κεφάλαιο 2. Ποιότητα και Στατιστικός έλεγχος

### 2.1 Η έννοια της ποιότητας και η ιστορική της εξέλιξη

Στη σύγχρονη εποχή με την ολοένα αυξανόμενη ανταγωνιστικότητα μεταξύ των επιχειρήσεων, η ποιότητα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν την τελική επιλογή του καταναλωτή. Η ευαισθητοποίηση αυτή των καταναλωτών απέναντι στην ποιότητα, ανάγκασε τις επιχειρήσεις να προσαρμοστούν στις νέες απαιτήσεις. Ως εκ τούτου, οι επιχειρήσεις που έχουν κατορθώσει να ενσωματώσουν την ποιότητα στα παραγόμενα προϊόντα, σε συνδυασμό με τις ανταγωνιστικές τιμές, συνήθως έρχονται πρώτες στις προτιμήσεις των καταναλωτών. Η ποιότητα δεν μπορεί πλέον να είναι απλώς το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας επιθεώρησης, αλλά πρέπει να είναι μια φιλοσοφία διαχείρισης σε ολόκληρη την επιχείρηση. Τα προγράμματα βελτίωσης της ποιότητας αποτελούν σε μεγάλο βαθμό μέρος της διαδικασίας στρατηγικού σχεδιασμού των επιτυχημένων επιχειρήσεων (Rowlands, Antony, & Knowles, 2000).

Παράλληλα με τα θέματα στρατηγικού σχεδιασμού, είναι η σημασία του σχεδιασμού και η ιδέα του σχεδιασμού της ποιότητας στα προϊόντα και τις διαδικασίες. Επενδύοντας περισσότερη προσπάθεια στο σχεδιασμό, η ποιότητα μπορεί να σχεδιαστεί σε ένα προϊόν, μειώνοντας έτσι την ανάγκη να βασίζεστε στην επιθεώρηση για τη διασφάλιση της ποιότητας. Ωστόσο, το έργο της βελτιστοποίησης του σχεδιασμού γίνεται ολοένα και πιο δύσκολο καθώς τα προϊόντα γίνονται όλο και πιο πολύπλοκα (Rowlands, Antony, & Knowles, 2000).

Η έννοια της ποιότητας αποτελεί έναν από τους πιο πολυσυζητημένους όρους εδώ και δεκαετίες, καθώς αναμφίβολα δεν είναι δημιούργημα των τελευταίων χρόνων. Η ιστορία της ποιότητας εκτείνεται για χιλιετίες, σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές και κοινωνικοπολιτικά συστήματα. Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του πολιτισμού, αναπτύχθηκαν πολλές από τις μεθόδους και τα εργαλεία που αποτελούν τα θεμέλια της σημερινής προσέγγισης της ποιότητας (Culot, 2019).

### 2.2 Ορισμοί για την ποιότητα

Ο ορισμός της έννοιας της ποιότητας είναι συχνά μια σύνθετη και πολύπλοκη διαδικασία, με την οποία προκαλείται σύγχυση, καθώς έχουν δοθεί πολλοί και διαφορετικοί ορισμοί κατά

καιρούς. Στον όρο ποιότητα περιλαμβάνονται τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές διαστάσεις. Ορισμένοι ορισμοί για την ποιότητα όπως αυτοί βρέθηκαν βιβλιογραφικά παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Στην πιο βασική της μορφή, η ποιότητα σημαίνει «αριστεία». Αναφορές θέλουν τη λέξη αυτή να προέρχεται από την ελληνική λέξη αρετή ή από τους φιλοσόφους στην αρχαία Ελλάδα. Ο Πλάτωνας υποστήριζε ότι για να κατανοήσει κανείς την «ομορφιά» πρέπει να εκτεθεί σε μια σειρά από αντικείμενα που φέρουν τα χαρακτηριστικά της. Ομοίως, για να κατανοήσει κανείς την ποιότητα πρέπει να εκτεθεί σε ένα προϊόν που φέρει τα χαρακτηριστικά της (Garvin, 1988).

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 180 8402:1986, η ποιότητα ορίζεται ως το σύνολο των ιδιοτήτων και των χαρακτηριστικών ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας που συμβάλλουν στην ικανότητά του να πληροί εκφρασμένες ή συνεπαγόμενες ανάγκες του καταναλωτή.

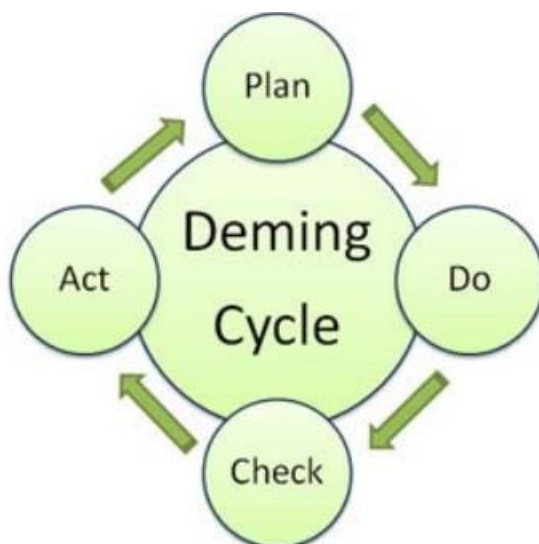
Η ΔΟΠ αναπτύχθηκε αρχικά το 1950 στην Ιαπωνία και αποτέλεσε τη βάση για να εξαπλωση των μεγάλων Ιαπωνικών εταιριών στη Δύση και τη θεμελίωση της αξιοπιστίας τους, όσον αφορά την ανώτερη ποιότητα των προϊόντων τους. Η ανάγκη της βιομηχανικής ανάπτυξης και βελτίωσης των προϊόντων, με απώτερο στόχο την ικανοποίηση του καταναλωτή, οδήγησε τους πατέρες της ποιότητας στη δημιουργία πρακτικών φιλοσοφιών και τυποποιημένων μεθόδων, ώστε να προσφέρουν στον καταναλωτή αυτή την ικανοποίηση και παράλληλα να μειώσουν το κόστος παραγωγής (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

Αρχικά, ο Deming όρισε την ποιότητα μέσα από το ευρύτερο μάνατζμεντ της επιχείρησης και ανέφερε ότι αποκλειστικά υπεύθυνοι για την αποτελεσματική εφαρμογή της στο εσωτερικό του οργανισμού είναι οι μάνατζερ (Ζαβλανός, 2006). Ανέπτυξε 14 σημεία, τα οποία θεώρησε πως καλύπτουν την ευρύτερη φιλοσοφία που πρέπει να έχει το μάνατζμεντ σχετικά με τη Διοίκηση Ποιότητας και πως μπορούν να εφαρμοστούν ανεξάρτητα από το μέγεθος της επιχείρησης και από τον τομέα που ανήκουν. Τα 14 σημεία είναι (Ζαβλανός, 2006):

1. Δημιουργία μιας σταθερής φιλοσοφίας βελτίωσης των προϊόντων και υπηρεσιών. Η διοίκηση δεν πρέπει να ενδιαφέρεται για το γρήγορο κέρδος.
2. Προσθήκη μιας νέας φιλοσοφίας. Οι επιχειρήσεις δεν πρέπει να λειτουργούν πια αποδεχόμενες τις καθυστερήσεις και τα λάθη.

3. Εφαρμογή συχνών ελέγχων αντί απλών στατιστικών και μαθηματικών υπολογισμών.
4. Η επιχείρηση δεν πρέπει να ενδιαφέρεται μόνο για το κόστος και τις τιμές πώλησης.
5. Εύρεση προβλημάτων. Οι μάνατζερ πρέπει να ελέγχουν συνεχώς τα προγράμματα παραγωγής της εταιρίας.
6. Εφαρμογή νέων τεχνικών εκπαίδευσης.
7. Εφαρμογή νέων τεχνικών ελέγχου του προσωπικού και της παραγωγικής διαδικασίας. Η απόδοση πρέπει να ελέγχεται βάση αριθμών αλλά και ποιοτικών στάνταρντ.
8. Δεν πρέπει να υπάρχει φόβος στο μάνατζμεντ, η επιχείρηση θα πρέπει να είναι αποτελεσματική. Η αποτελεσματικότητα μειώνει και τους φόβους.
9. Κατάργηση των εμποδίων ανάμεσα στα τμήματα και ενθάρρυνση της ομαδικής προσέγγισης.
10. Κατάργηση των συνθημάτων, των αφισών και των προτροπών, τα οποία ζητούν νέα επίπεδα παραγωγικότητας χωρίς να παρέχουν καλύτερες μεθόδους.
11. Κατάργηση αυθαίρετων ποσοτικών στόχων παραγωγής, προτύπων εργασίας και σκοπών που δυσχεραίνουν την επίτευξη της ποιότητας.
12. Μείωση των περιορισμών σχετικά με τα δικαιώματα των εργατών στην παραγωγή και απομάκρυνση των εμποδίων.
13. Ενθάρρυνση συνεχούς εκπαίδευσης και αυτοβελτίωσης για κάθε εργαζόμενο. Ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων.
14. Δέσμευση της διοίκησης και συμμετοχή όλων των ατόμων για την υλοποίηση των παραπάνω σημείων της νέας φιλοσοφίας.

Συγχρόνως, ο Deming ανέπτυξε ένα σύστημα επίλυσης προβλημάτων, δηλαδή, μια σειρά ενεργειών απαραίτητων για κάθε ολοκληρωμένη ανάλυση με σκοπό τη βελτίωση μιας διαδικασίας ή ενός προϊόντος (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018). Η επαναλαμβανόμενη αυτή δράση όπου αυξάνεται η γνώση σχετικά με το σύστημα προκειμένου να επιτευχθεί ο απώτερος στόχος είναι γνωστή ως κύκλος του Deming (PDCA Cycle) (Εικόνα 1 (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018)).



Εικόνα 1: Κύκλος Deming (PDCA) (Τσαρούχας & Ντέλιον, 2018)

Ένας άλλος γκουρού της ποιότητας, ο Juran ανέπτυξε την τριλογία της ποιότητας. Αυτή αποτελείται από:

- Τον προγραμματισμό της ποιότητας
- Τον έλεγχο της ποιότητας
- Τη βελτίωση της ποιότητας

Σύμφωνα με τον Juran, η λέξη ποιότητα έχει πολλαπλές έννοιες. Δύο από αυτές τις έννοιες κυριαρχούν στη χρήση της λέξης (Juran, 1988):

- Η ποιότητα αποτελείται από εκείνα τα χαρακτηριστικά του προϊόντος που ανταποκρίνονται στις ανάγκες των πελατών και ως εκ τούτου παρέχουν ικανοποίηση προϊόντος.
- Η ποιότητα συνίσταται στην απαλλαγή από ελλείψεις.

Ο Juran πίστευε ότι η ποιότητα σχετίζεται με το βαθμό ικανοποίησης των πελατών από το παραγόμενο προϊόν. Τα 10 βήματα για τη βελτίωση της απόδοσης είναι τα ακόλουθα:

1. Δημιουργία ευκαιριών για βελτίωση
2. Τοποθέτηση στόχων για βελτίωση
3. Οργάνωση για την επίτευξη στόχων
4. Παροχή εκπαίδευσης

5. Εκτέλεση έργων για την επίλυση προβλημάτων
6. Αναφορά απόδοσης
7. Αναγνώριση
8. Μετάδοση αποτελεσμάτων
9. Βαθμολογία
10. Διατήρηση της διαδικασίας αυτής με το να κάνει η επιχείρηση την ετήσια βελτίωση μέρος των μόνιμων διαδικασιών και συστημάτων της

Οι πρώτοι ερευνητές στον τομέα της διαχείρισης της ποιότητας (π.χ. Shewhart, 1931) όρισαν την ποιότητα ως «συμμόρφωση με τις προδιαγραφές». Οι προδιαγραφές είναι στόχοι και ανοχές που καθορίζονται από τους σχεδιαστές των προϊόντων (Crosby, 1979). Σύμφωνα με τον Crosby, η λέξη ποιότητα χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει τη σχετική αξία των πραγμάτων σε φράσεις όπως «καλή ποιότητα», «κακή ποιότητα» και σε αυτή τη γενναία νέα δήλωση, «ποιότητα ζωής». Η «ποιότητα ζωής» είναι ένα κλισέ, επειδή κάθε ακροατής υποθέτει ότι ο ομιλητής εννοεί ακριβώς αυτό που αυτός ή αυτή, ο ακροατής, εννοεί με τη φράση. Αυτός ακριβώς είναι ο λόγος για τον οποίο πρέπει να ορίσουμε την ποιότητα ως «συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις», αν θέλουμε να τη διαχειριστούμε. Το ίδιο ισχύει και στις επιχειρήσεις. Οι απαιτήσεις πρέπει να διατυπώνονται με σαφήνεια, ώστε να μην μπορούν να παρεξηγηθούν. Στη συνέχεια, πραγματοποιούνται συνεχώς μετρήσεις για τον προσδιορισμό της συμμόρφωσης προς τις απαιτήσεις αυτές. Η μη συμμόρφωση που εντοπίζεται είναι η απουσία ποιότητας. Τα προβλήματα ποιότητας γίνονται προβλήματα μη συμμόρφωσης, και η ποιότητα καθίσταται προσδιορίσιμη. Η προέλευση αυτού του ορισμού της ποιότητας μπορεί να εντοπιστεί στις βιομηχανίες παραγωγής της βιομηχανικής επανάστασης του 18ου αιώνα και στην αυξανόμενη ζήτηση για εναλλάξιμα εξαρτήματα για μαζική παραγωγή (Seakhwa-King, Augustyn & Mason, 2020).

Τα 14 βήματα που διατύπωσε ο Crosby και θα πρέπει να ακολουθηθούν από μια επιχείρηση, ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων είναι (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018):

1. Δέσμευση των διευθυντικών στελεχών
2. Η ομάδα βελτίωσης της ποιότητας
3. Μέτρηση της ποιότητας

4. Το κόστος της ποιότητας
5. Συνείδηση ποιότητας
6. Διορθωτική δράση
7. Προγραμματισμός μηδενικών ελαττωμάτων
8. Εκπαίδευση των επιστατών
9. Ημέρα μηδενικών ελαττωμάτων
10. Θέσπιση στόχων
11. Άρση των αιτιών των σφαλμάτων
12. Αναγνώριση
13. Συμβούλια ποιότητας
14. «Κάνε το ξανά»

Πολλοί ερευνητές έχουν προτείνει ότι ο διαχωρισμός της δομής ποιότητας στα βασικά στοιχεία ή διαστάσεις της μπορεί να είναι ο καλύτερος τρόπος για να κατανοήσουμε τι σημαίνει πραγματικά ποιότητα. Οι διαστάσεις αντιπροσωπεύουν εκείνα τα χαρακτηριστικά ενός προϊόντος που χρησιμοποιούν οι πελάτες για να κρίνουν την ποιότητα (Garvin, 1984). Ο Garvin πρότεινε οκτώ κύριες διαστάσεις της ποιότητας:

- απόδοση
- χαρακτηριστικά γνωρίσματα
- αξιοπιστία
- προσαρμογή
- διάρκεια
- χρησιμότητα
- αισθητική και
- αντιληπτή ποιότητα

Μια ακόμα προσέγγιση της ποιότητας, είναι αυτή του Ishikawa, ο οποίος όρισε την ποιότητα ως την ανάπτυξη, το σχεδιασμό και την παραγωγή ενός προϊόντος που είναι το πιο



οικονομικό, το πιο χρήσιμο και πάντα ικανοποιητικό για τον πελάτη. Σύμφωνα με τον Ishikawa, η ποιότητα αφορά όλες τις διαδικασίες που εμπλέκονται στην παραγωγή ενός προϊόντος. Ο Ishikawa πίστευε ότι ένα ποιοτικό προϊόν είναι αυτό που διατίθεται σε τιμή που ο πελάτης μπορεί να αντέξει οικονομικά, ενώ πρότεινε ότι η παροχή ποιότητας εκτείνεται πέρα από το προϊόν και περιλαμβάνει τις υπηρεσίες μετά την πώληση (Seakhoa-King, Augustyn, & Mason, 2020).

Ο Ishikawa πρότεινε ένα σύστημα «αγοράς μέσα», στο οποίο οι απαιτήσεις των καταναλωτών πρέπει να είναι ύψιστης σημασίας δηλαδή πρότεινε πως κατά την ανάπτυξη ενός νέου προϊόντος, ένας κατασκευαστής πρέπει να προβλέψει τις απαιτήσεις και τις ανάγκες των καταναλωτών (Ishikawa, 1985). Ο Ishikawa έγινε κυρίως γνωστός για το έργο του σχετικά με την εκπαίδευση στη χρήση μεθόδων βελτίωσης της ποιότητας. Πρότεινε επτά εργαλεία και υποστήριξε ότι είναι ζωτικής σημασίας για την επίλυση προβλημάτων. Τα εργαλεία αυτά έχουν γίνει γνωστά ως εργαλεία του Ishikawa και περιλαμβάνουν φύλλα ελέγχου, ιστογράμματα, ανάλυση Pareto, διαγράμματα αιτίου και αποτελέσματος, διαγράμματα ελέγχου, διαγράμματα διασποράς και ανάλυση διασπρωμάτωσης (McDermott, Antony, Sony, Rosa, Hickey, & Grant, 2022).

Στο ίδιο πνεύμα, ο Taguchi συζήτησε την ποιότητα ως προς την ελαχιστοποίηση της «απώλειας» που προκαλείται σε μια κοινωνία από τη στιγμή που αποστέλλεται ένα προϊόν. Τα κύρια παραδείγματα τέτοιας «απώλειας» είναι η μεταβλητότητα και η αδυναμία του προϊόντος να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των πελατών και οι κίνδυνοι που μπορεί να προκαλέσει ένα προϊόν στους πελάτες. Σύμφωνα με τον Taguchi όσο μικρότερη είναι η «απώλεια», τόσο πιο επιθυμητό είναι το προϊόν. Μία από τις κύριες συνεισφορές του ορισμού της ποιότητας του Taguchi είναι ότι υπογραμμίζει το γεγονός ότι οι επιχειρήσεις έχουν ευθύνη απέναντι στην κοινωνία που υπηρετούν (Culot, 2019).

Μια μέθοδος που έχει λάβει μεγάλη προσοχή, θετική και αρνητική, τα τελευταία χρόνια ως εργαλείο βελτίωσης της ποιότητας είναι η μέθοδος Taguchi. Η μέθοδος Taguchi βασίζεται σε στατιστικό σχεδιασμό πειραμάτων και εφαρμόζεται στο στάδιο του σχεδιασμού των παραμέτρων για τη δημιουργία βέλτιστων ρυθμίσεων διεργασίας ή παραμέτρων σχεδιασμού. Η φιλοσοφία του Taguchi για τη βελτίωση της ποιότητας είναι να καταβάλει προσπάθεια για τη μείωση της διαφοροποίησης στα προϊόντα και τις διαδικασίες στην πηγή. Αντί να μειώνει τη διακύμανση σε μεμονωμένα εξαρτήματα καθορίζοντας αυστηρότερες ανοχές (σχεδιασμός ανοχής), η μέθοδος του Taguchi αντιμετωπίζει το ζήτημα με προσεκτική επιλογή των

παραμέτρων σχεδίασης (που ονομάζονται παράγοντες). Η μείωση της διακύμανσης στο τελικό προϊόν είναι εφικτή χωρίς το πρόσθετο κόστος του καθορισμού εξαρτημάτων αυστηρότερης ανοχής. Αυτή η προσέγγιση σχεδιασμού παραμέτρων έχει ως αποτέλεσμα έναν πιο στιβαρό σχεδιασμό που είναι ικανός να αντέχει σε παραλλαγές από ανεπιθύμητες πηγές όπως πρώτες ύλες, εξαρτήματα, διαδικασίες παραγωγής και το περιβάλλον. Η φιλοσοφία Taguchi και η σχετική πειραματική μέθοδος σχεδιασμού της έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς στο περιβάλλον παραγωγής για τη βελτίωση των διαδικασιών παραγωγής (Rowlands, Antony, & Knowles, 2000).

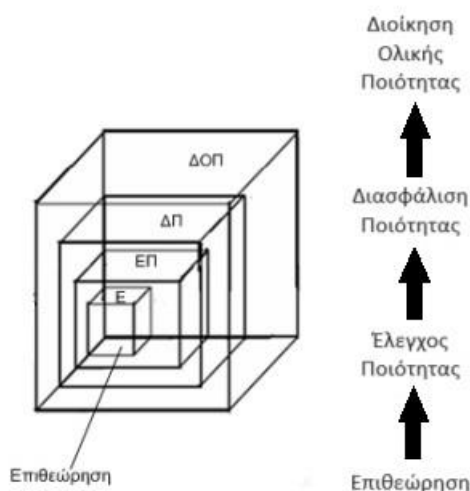
Τέλος, μια διαφορετική προσέγγιση για τον ορισμό της ποιότητας προτάθηκε από τον Feigenbaum, ο οποίος όρισε την ποιότητα στο πλαίσιο της αξίας. Ο Feigenbaum απέρριψε την ιδέα ότι η ποιότητα μπορεί να θεωρηθεί ότι σημαίνει «καλύτερη» με την απόλυτη έννοια, όπως υπονοείται στον ορισμό της «ποιότητας ως αριστείας» (Culot, 2019). Υποστήριξε ότι η ποιότητα μπορεί να σημαίνει «καλύτερη» μόνο υπό ορισμένες προϋποθέσεις και ότι αυτές είναι η πραγματική χρήση και η τιμή πώλησης ενός προϊόντος. Αυτό σημαίνει ότι ένα ποιοτικό προϊόν είναι εκείνο που παρέχει την απαιτούμενη απόδοση σε αποδεκτή τιμή (Feigenbaum, 1983).

## 2.3 Διοίκηση Ολικής Ποιότητας

Καθώς η έννοια της ποιότητας εξαπλώθηκε στο πέρασμα των χρόνων μέσα από τις διαφορετικές απόψεις που θεσπίστηκαν από τους λεγόμενους «γκουρού» της ποιότητας, όλες οι χώρες έστρεψαν το ενδιαφέρον τους στην εφαρμογή της. Η ΔΟΠ διαδόθηκε για πρώτη φορά στην Ιαπωνία ως στρατηγική για τη βελτίωση της απόδοσης και της διεθνούς ανταγωνιστικότητας των ιαπωνικών επιχειρήσεων. Η ΔΟΠ άρχισε να εφαρμόζεται πρακτικά το 1949 από την Ένωση Ιαπώνων ειδικών και επιστημόνων, τους οποίους απασχολούσε η ποιότητα της παραγωγικότητας. Την δεκαετία του 1980 την εφάρμοσαν οι ΗΠΑ, ενώ λίγο αργότερα άρχισε να εφαρμόζεται και στην Ευρώπη (Ελληνική Συνομοσπονδία Ελληνικού Εμπορίου, 2014).

Η εμφάνιση της ΔΟΠ υπήρξε μια από τις σημαντικότερες εξελίξεις στην πρακτική διαχείρισης. Η ΔΟΠ περιλαμβάνει μια συνολική δέσμευση για την ικανοποίηση των πελατών μέσω συνεχούς βελτίωσης και καινοτομίας σε όλες τις πτυχές μιας επιχείρησης (Chen, 2023). Οι επιχειρήσεις, οι οποίες ενέτειναν τις προσπάθειές τους για την επίτευξη ενός υψηλού ποιοτικού επιπέδου αναγνωρίζουν την ποιότητα ως ένα κρίσιμο στρατηγικό παράγοντα για

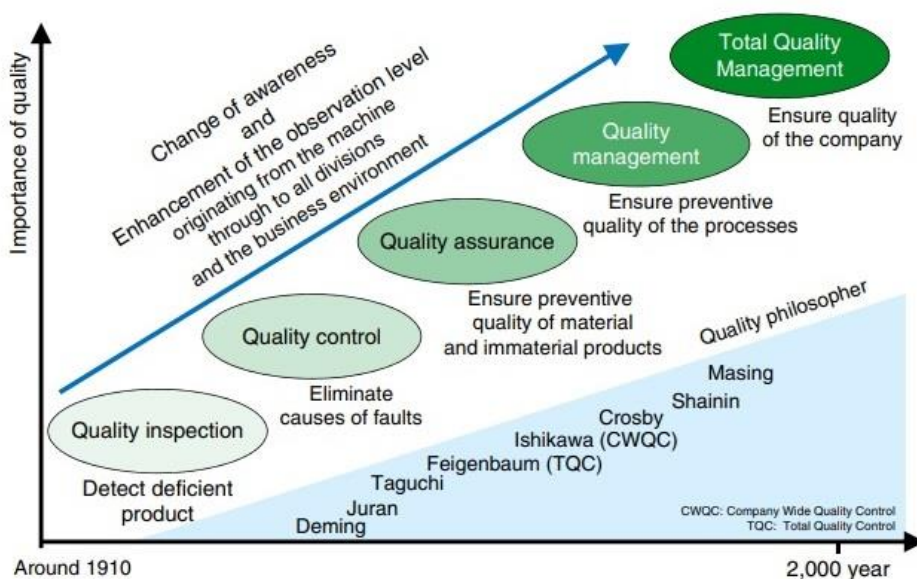
την εξασφάλιση της επιτυχίας. Στις μέρες μας, το φαινόμενο της παγκοσμιοποίησης επέφερε τον αυξημένο οικονομικό ανταγωνισμό και τη συνειδητοποίηση της αξίας και της σημαντικότητας της ΔΟΠ στο δρόμο για την επιτυχία (Ελληνική Συνομοσπονδία Ελληνικού Εμπορίου, 2014).



**Εικόνα 2: Επίπεδα εξέλιξης συστημάτων ποιότητας (Dale, 2003)**

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται τα επίπεδα εξέλιξης της ΔΟΠ. Η διοίκηση της ποιότητας εφαρμόζει την πολιτική της ποιότητας συνεχώς ξεκινώντας από τις ενέργειες της επιθεώρησης, προχωρώντας στον έλεγχο ποιότητας και στη διασφάλιση ποιότητας και καταλήγοντας στη διοίκηση ολικής ποιότητας.

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται η εξέλιξη της ποιότητας, από τις απαρχές της με την επιθεώρηση της ποιότητας μέχρι σήμερα με τη Διοίκηση Ολικής Ποιότητας.



Εικόνα 3: Επισκόπηση των εννοιών της διαχείρισης ποιότητας (Weckenmann, Akkasoglu, & Werner, 2014)

## 2.4 Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας

Ο Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας (ΣΕΠ) αποτελεί μια από τις παλαιότερες και γνωστότερες μεθόδους ελέγχου παραγωγικών διεργασιών για τη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Ένας βασικός στόχος του είναι ο έγκαιρος προσδιορισμός των μη συμμορφωμένων με τις προδιαγραφές παραγόμενων προϊόντων, με σκοπό τη λήψη διορθωτικών ενεργειών για την απομάκρυνση των αιτιών που είναι υπεύθυνες για τις αποκλίσεις (Αντζουλάκος, 2009). Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο ΣΕΠ επηρεάζει σημαντικά αποφάσεις σχετικές με τις προδιαγραφές, την παραγωγή και τον έλεγχο των παραγόμενων προϊόντων μιας επιχείρησης (Αντζουλάκος, 2009).

Ο ΣΕΠ είναι μια προληπτική προσέγγιση στον ποιοτικό έλεγχο, που θεωρείται κρίσιμη για την επιτυχία των συστημάτων διασφάλισης ποιότητας. Βασίζεται στη συνεχή παρακολούθηση στατιστικών διαδικασιών για τη διατήρηση υπό έλεγχο της κεντρικής τάσης και μεταβλητότητας των ποσοτικών μεταβλητών ποιότητας. Η ορθολογική προσέγγιση και οι ποσοτικές πληροφορίες που λαμβάνονται από αυτές τις μεθόδους παρέχουν υποστήριξη στις αποφάσεις της διοίκησης και στη βελτίωση της διαδικασίας (Chaves, Gomes, Prata, & Passos, 2020).

Η εξέχουσα σημασία των συστημάτων διασφάλισης ποιότητας στη βιομηχανία τροφίμων είναι παγκοσμίως αποδεκτή. Ωστόσο, μελέτες δείχνουν ότι η επικράτηση των τεχνικών ΣΕΠ είναι χαμηλότερη στη βιομηχανία τροφίμων σε σχέση με άλλους τομείς, όπως η αυτοκινητοβιομηχανία. Σύμφωνα με ορισμένες μελέτες, υπάρχει σχετική έλλειψη τεχνικής βιβλιογραφίας σχετικά με την εφαρμογή μεθόδων ΣΕΠ σε διαδικασίες τροφίμων, η οποία αποδίδεται ειδικά σε ελλείψεις σχετικά με την κουλτούρα στατιστικής σκέψης, τις πρακτικές οδηγίες για την εφαρμογή ΣΕΠ σε διαδικασίες τροφίμων και τα κίνητρα της εκτελεστικής διοίκησης. Η ανάπτυξη μεθόδων για την εφαρμογή του ΣΕΠ στις διεργασίες τροφίμων είναι, επομένως, ελκυστική, ιδίως αν ληφθεί υπόψη πόσο σημαντική είναι για τη βιομηχανία τροφίμων η διαχείριση των κινδύνων που ενέχουν οι διεργασίες της (Chaves, Gomes, Prata, & Passos, 2020).

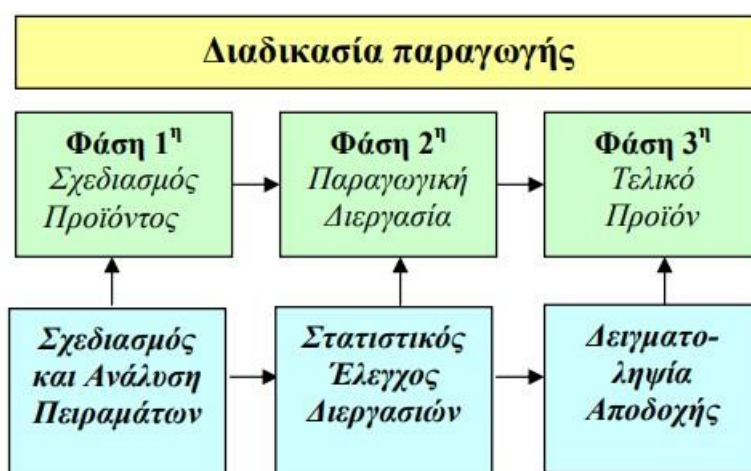
Ο Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας αποτελείται από ένα σύνολο μεθόδων στατιστικής ανάλυσης δεδομένων. Το σύνολο αυτό μπορεί να χωριστεί σε τρία βασικά υποσύνολα που το καθένα περιέχει στατιστικές μεθόδους προσανατολισμένες σε διαφορετικές φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Τα τρία υποσύνολα είναι τα ακόλουθα (Αντζουλάκος, 2009):

- Σχεδιασμός και Ανάλυση Πειραμάτων (Design of Experiments), όπου περιέχονται όλες εκείνες οι στατιστικές τεχνικές οι οποίες μας βοηθούν στην ανακάλυψη της επίδρασης που έχουν τα διάφορα επίπεδα των παραγόντων (μεταβλητών) που επηρεάζουν τις ποιοτικές παραμέτρους του τελικού προϊόντος και συνεπώς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της σχεδίασης της παραγωγικής διαδικασίας.
- Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών (Statistical Process Control), όπου περιέχει στατιστικές τεχνικές που είναι απαραίτητες για τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας κατά τη διάρκεια της παραγωγής τελικών προϊόντων. Στις τεχνικές αυτές ανήκουν τα Διαγράμματα Ελέγχου (ΔΕ) και οι Δείκτες Ικανότητας διεργασίας.
- Δειγματοληψία Αποδοχής (Acceptance Sampling), όπου περιέχονται στατιστικές τεχνικές (δειγματοληπτικές), απαραίτητες για να αποφασίσουμε αν μια παρτίδα προϊόντων θα γίνει αποδεκτή ή όχι.

Στην Εικόνα 4 παρουσιάζονται οι φάσεις της διαδικασίας παραγωγής και πως αυτές αντιστοιχούν σε κάθε συνιστώσα. Στην 1<sup>η</sup> φάση του σχεδιασμού του προϊόντος σημαντικό ρόλο διαδραματίζει ο σχεδιασμός και η ανάλυση πειραμάτων, όπου οι στατιστικές τεχνικές

βοηθούν στην ανακάλυψη της επίδρασης που έχουν τα διάφορα επίπεδα των παραγόντων (μεταβλητών) που επηρεάζουν τις ποιοτικές παραμέτρους του τελικού προϊόντος, ενώ στη 2<sup>η</sup> φάση καθοριστική είναι η συμβολή του στατιστικού ελέγχου διεργασιών, ο οποίος περιέχει στατιστικές τεχνικές που είναι απαραίτητες για τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας κατά τη διάρκεια της παραγωγής τελικών προϊόντων. Στην 3<sup>η</sup> και τελευταία φάση, αυτή του τελικού προϊόντος, εξίσου σημαντική είναι η διαδικασία της δειγματοληψίας αποδοχής, όπου περιέχονται στατιστικές τεχνικές με σκοπό να αποφασιστεί αν η παρτίδα προϊόντων θα γίνει αποδεκτή ή όχι.

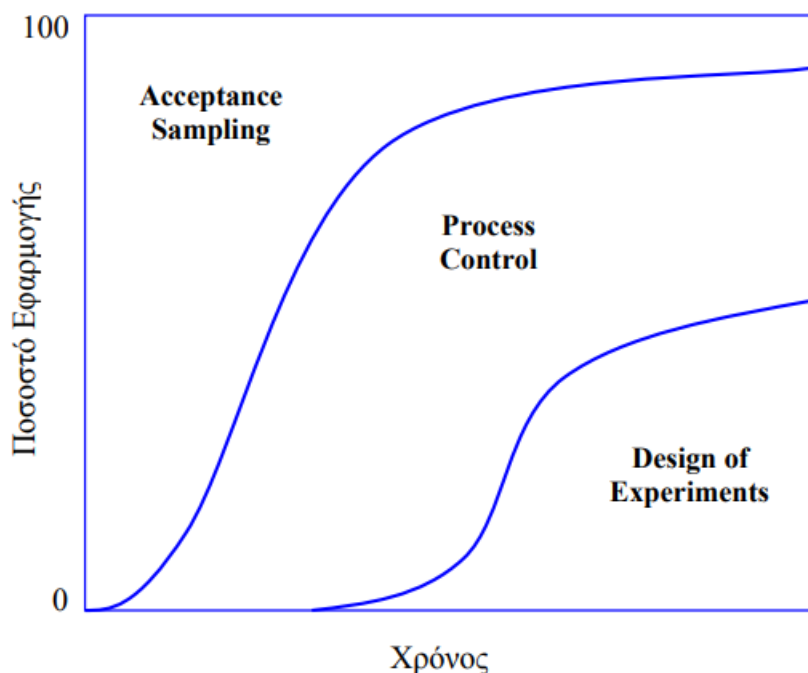
### Οι Φάσεις της Διαδικασίας Παραγωγής



Εικόνα 4: Οι φάσεις της διαδικασίας παραγωγής (Αντζουλάκος, 2009)

Στην Εικόνα 5 παρουσιάζεται το ποσοστό εφαρμογής της κάθε συνιστώσας στο πέρας του χρόνου. Παρατηρούμε, ότι τα μοντέρνα συστήματα διασφάλισης της ποιότητας συνήθως εστιάζονται σε θέματα Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών και Σχεδιασμού Πειραμάτων παρά στη Δειγματοληψία Αποδοχής, αφού αυτή δεν ανατροφοδοτεί (feedback) το σύστημα με κρίσιμες πληροφορίες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στη βελτίωση της ποιότητας (Αντζουλάκος, 2009).





**Εικόνα 5: Διαχρονική χρήση των τριών συνιστωσών του Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας (Αντζουλάκος, 2009)**

Στην παρούσα εργασία θα γίνει ανάλυση των δεδομένων μέσω του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασίας και πιο συγκεκριμένα, με εργαλεία όπως τα Διαγράμματα Ελέγχου και οι Δείκτες Ικανότητας διεργασίας, τα οποία θα παρουσιαστούν λεπτομερώς στη συνέχεια.

## 2.5 Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας

Ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας (ΣΕΔ) είναι μια μέθοδος ελέγχου της διαδικασίας με στατιστικές τεχνικές για τον εντοπισμό των διακυμάνσεων της διαδικασίας. Ο ΣΕΔ είναι ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων ποιότητας που καθιστά μια διαδικασία σταθερή και ικανή να λειτουργεί σε υψηλότερα επίπεδα ποιότητας. Ο Shewhart (1980) ορίζει τον έλεγχο ως εξής: "Ένα φαινόμενο θα λέγεται ότι ελέγχεται όταν, μέσω της χρήσης της εμπειρίας του παρελθόντος, μπορούμε να προβλέψουμε, τουλάχιστον εντός ορίων, πώς το φαινόμενο αναμένεται να μεταβληθεί στο μέλλον" (Khorshidi, Nikfalazar, & Gunawan, 2015).

Ο Shewhart χωρίζει σε δύο κατηγορίες τα αίτια που προκαλούν μεταβλητότητα, τα συνήθη και τα ειδικά αίτια. Οι διακυμάνσεις κοινής αιτίας αποτελούν αναπόφευκτο μέρος μιας διαδικασίας, όπως η τυπική απόκλιση που υπάρχει σε κάθε φαινόμενο. Ωστόσο, οι μεταβολές ειδικής αιτίας προέρχονται από μη φυσιολογικά γεγονότα που μπορούν να μεταβάλουν τη μέση τιμή και τη διασπορά της διαδικασίας. Δεδομένου ότι οι μεταβολές ειδικής αιτίας

αλλάζουν την κατανομή της διαδικασίας και καθιστούν τη διαδικασία απρόβλεπτη, σκοπός του ΣΕΔ είναι να διακρίνει και να εξαλείψει αυτόν τον τύπο μεταβολών (Khorshidi, Nikfalazar, & Gunawan, 2015).

- **Συνήθη αίτια:** Συνήθη αίτια ή «Κοινά» ή «Τυχαία» ή «Τυχαίες Διακυμάνσεις» είναι αναπόφευκτα αίτια, παρόντα σε μια συγκεκριμένη διεργασία, τα οποία είναι χαρακτηριστικά της διεργασίας αυτής και δεν είναι δυνατόν να μειωθούν ή να εξαλειφθούν. Κάθε κοινό αίτιο προκαλεί ελάχιστη μεταβλητότητα, αλλά ενεργώντας όλα μαζί τα αίτια έχουν αξιολογη επίδραση (Γεωργακάκος, 2002).
- **Ειδικά αίτια:** Ειδικά ή «Ασυνήθη» ή «Προσδιορίσιμα» είναι αίτια υπεύθυνα για σημαντικές σχετικά αλλαγές στη διεργασία. Οι επιδράσεις αυτές δεν είναι τυχαίες, είναι δυνατόν να προσδιοριστούν και να ελεγχούν. Σχετίζονται με βλάβες, αστάθειες ή απρόβλεπτους, ασυνεπείς, απρόσμενους, ασυνήθεις, διαφορετικούς, σημαντικούς παράγοντες (Γεωργακάκος, 2002).

Ένας πιο ολοκληρωμένος ορισμός του ΣΕΔ τον παρουσιάζει ως μια τεχνική που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση, τον έλεγχο, την αξιολόγηση και την ανάλυση μιας διαδικασίας. Για να εκτιμήσουμε αυτούς τους ορισμούς, πρέπει να γνωρίζουμε τα εργαλεία (μέθοδοι) που βασίζονται σε στατιστική, γνωστά και ως εργαλεία ποιότητας, και τις πιθανές χρήσεις τους (Gaafar & Keats , 1991). Ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών είναι μια συλλογή εργαλείων που είναι χρήσιμα για την επίβλεψη της σταθερότητας μιας διεργασίας και τη βελτίωση της ικανότητάς της (capability) μέσω της μείωσης της μεταβλητότητάς της. Ο ΣΕΔ μπορεί να εφαρμοσθεί σε κάθε διαδικασία. Τα επτά κυριότερα εργαλεία που χρησιμοποιεί είναι τα εξής (Αντζουλάκος, 2009):

- Ιστόγραμμα (Histogram)
- Φύλλο ελέγχου (Check sheet)
- Διάγραμμα διασκόρπισης ή διασποράς (Scatter diagram)
- Διάγραμμα και ανάλυση Pareto (Pareto chart and analysis)
- Διάγραμμα Αιτίου – Αποτελέσματος ή διάγραμμα ψαροκόκαλο ή διάγραμμα Ishikawa (Cause - Effect diagram or Fishbone diagram)
- Διάγραμμα Ελέγχου (Control chart)



- Διάγραμμα Συγκέντρωσης Ελαττωμάτων (Defect concentration diagram)

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ενώ τα διαγράμματα ελέγχου αποτελούν τον πυρήνα του ΣΕΔ, δεν επαρκούν από μόνα τους για την επίτευξη των στόχων του. Αυτοί οι στόχοι μπορούν να επιτευχθούν μόνο μέσω της ενσωμάτωσης και των επτά εργαλείων ποιότητας, όχι μόνο στη φάση υλοποίησης, αλλά και κατά την πραγματική λειτουργία (Gaafar & Keats, 1991).

## 2.6 Διαγράμματα Ελέγχου

Τα διαγράμματα ελέγχου είναι ισχυρά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και την ανάλυση μιας μεταβλητής ποιότητας κατά τη διάρκεια μιας περιόδου. Οι βιομηχανικές διεργασίες αποδίδουν καλά εάν οι μεταβλητές ποιότητας διατηρούνται εντός των καθορισμένων ορίων και υπό έλεγχο. Εάν μια μεταβλητή ποιότητας παρουσιάζει τυχαία συμπεριφορά, οι μεταβολές είναι αποτέλεσμα της μεταβλητότητας που είναι εγγενής στη διαδικασία (κοινά αίτια), ενώ σε άλλες περιπτώσεις, οι μη τυχαίες μεταβολές οφείλονται σε εξωτερικούς παράγοντες (ειδικά αίτια). Σε περίπτωση ειδικής αιτίας, η διεργασία είναι ασταθής και θα χρειαστεί χρόνος για να διορθωθεί προτού επανέλθει σε κατάσταση ισορροπίας (Patino-Rodriguez, Perez, & Manco, 2021).

Ένας κύριος στόχος του διαγράμματος ελέγχου είναι η ανίχνευση οποιασδήποτε επιδείνωσης της ποιότητας, ώστε να μπορούν να ληφθούν διορθωτικά μέτρα πριν από την παραγωγή μεγάλης ποσότητας μη συμμορφούμενων ειδών. Η έννοια του διαγράμματος ελέγχου εισήχθη αρχικά το 1924 από τον Walter A. Shewhart. Τα διαγράμματα ελέγχου Shewhart είναι πιο αποτελεσματικά στην ανίχνευση μεγάλων μετατοπίσεων στις παραμέτρους της διαδικασίας, καθώς εξαρτώνται μόνο από τις πληροφορίες της τελευταίας δειγματοληπτικής παρατήρησης. Από την άλλη πλευρά, τα διαγράμματα αυτά είναι αναποτελεσματικά στην ανίχνευση μικρών μετατοπίσεων παραμέτρων. Για το λόγο αυτό, ο Roberts το 1959 εισήγαγε το διάγραμμα ελέγχου εκθετικά σταθμισμένου κινητού μέσου όρου (Exponentially Weighted Moving Average - EWMA), το οποίο είναι μια εξαιρετική εναλλακτική λύση για το διάγραμμα ελέγχου Shewhart, όταν μας ενδιαφέρει να εντοπίσουμε πιο γρήγορα μικρές μετατοπίσεις. Ωστόσο, αυτό το διάγραμμα δεν μπορεί να σχεδιαστεί για να ανιχνεύει μικρές και μεγάλες μετατοπίσεις ταυτόχρονα (Alsaid, Kamal, & Rashwan, 2020).

Τα συμβατικά διαγράμματα ΣΕΔ, όπως τα διαγράμματα ελέγχου Shewhart και τα διαγράμματα εκθετικά σταθμισμένου κινητού μέσου όρου (EWMA), έχουν καθιερωθεί για

την παρακολούθηση κανονικά κατανεμημένων διεργασιών, με τη μεταβολή της διεργασίας να είναι τυχαία (Wang & Zhang, 2008). Υπάρχουν διάφοροι τύποι διαγραμμάτων, αν και τα πιο σημαντικά παραμένουν εκείνα που αναφέρονται ως διαγράμματα Shewhart. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο με χαρακτηριστικά (διακριτά) όσο και με μεταβλητά (συνεχή) δεδομένα και αποτελούνται από γραφήματα χρονοσειρών, τα οποία αναπαριστούν τα αποτελέσματα περιοδικής δειγματοληψίας και αξιολόγησης κάποιου κρίσιμου ποιοτικού χαρακτηριστικού από την έξοδο της διεργασίας (Tannock, 1996).

Όμως σε μια διεργασία μπορεί να εμφανίζονται περιστασιακά και άλλες μορφές μεταβλητότητας οι οποίες δεν οφείλονται σε τυχαίες αιτίες, αλλά αφορούν τη συστηματική αλλαγή στο επίπεδο κάποιου ή κάποιων παραγόντων που καθορίζουν την ποιότητα του προϊόντος. Αυτές οι μορφές μεταβλητότητας οφείλονται συνήθως σε λανθασμένα ρυθμισμένες μηχανές, σε λάθη των χειριστών των μηχανημάτων και σε κακής ποιότητας ή ελαττωματική πρώτη ύλη. Η μεταβλητότητα που οφείλεται στους παραπάνω λόγους είναι σε μέγεθος πολύ μεγαλύτερη της φυσικής μεταβλητότητας και η παρουσία της οδηγεί συνήθως σε μη αποδεκτά επίπεδα λειτουργίας της παραγωγικής διεργασίας. Αυτή η μεταβλητότητα αναφέρεται ως ειδική μεταβλητότητα και οι αιτίες που οδηγούν σε αυτή ονομάζονται ειδικές ή προσδιορισμένες αιτίες μεταβλητότητας. Μια διεργασία (σύστημα) η οποία λειτουργεί με την παρουσία ειδικής μεταβλητότητας λέμε ότι είναι εκτός στατιστικού ελέγχου διεργασία ή ότι λειτουργεί σε ασταθή κατάσταση (Αντζουλάκος, 2009).

Για την σωστή δημιουργία των διαγραμμάτων ελέγχου πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις (Ταγαράς, 2001):

- Καθορισμός αντικειμένου που εξετάζεται
- Επιλογή μεθόδου μέτρησης
- Επιλογή κατάλληλου διαγράμματος ελέγχου
- Οριοθέτηση κεντρικής τιμής και των ορίων αποδοχής
- Προσδιορισμός μεγέθους δείγματος
- Καταγραφή των δεδομένων
- Ανάλυση αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων

Η αναγκαιότητα της χρήσης των διαγραμμάτων ελέγχου από τις επιχειρήσεις είναι σαφής, καθώς εξασφαλίζουν πολλαπλά οφέλη. Αρχικά, παρακολουθώντας την παραγωγική διαδικασία έχουν την ευκαιρία να επέμβουν και ο αριθμός αυτών των επεμβάσεων είναι μικρός, ενώ με αυτό τον τρόπο προλαμβάνουν λάθη και αστοχίες. Επίσης, επιτυγχάνεται αξιόπιστη ανάλυση των δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζεται ο μέγιστος βαθμός ποιότητας της παραγωγικής διαδικασίας. Τέλος, επιτυγχάνεται αύξηση της παραγωγικής ικανότητας της επιχείρησης με ταυτόχρονη μείωση του κόστους της (Ταγαράς, 2001).

### 2.6.1 Κατηγοριοποίηση διαγραμμάτων ελέγχου

Τα διαγράμματα ελέγχου (ΔΕ) μπορεί να είναι είτε απλά (τύπου Shewhart) είτε σύνθετα (Cumulative Sum Chart (CUSUM), EWMA κλπ.). Ανάλογα με το είδος της μεταβλητής που περιγράφει το ποιοτικό χαρακτηριστικό του προϊόντος μπορούμε να τα κατατάξουμε σε δύο κατηγορίες. Οι δύο κατηγορίες είναι (Αντζουλάκος, 2009):

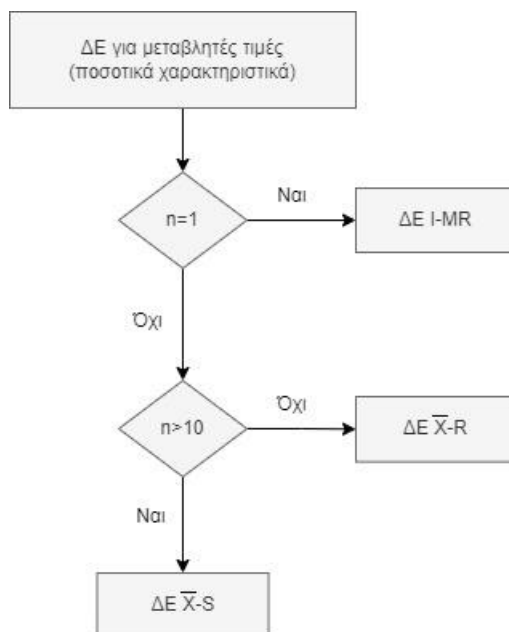
- Διαγράμματα ελέγχου για συνεχή χαρακτηριστικά-μεταβλητές (charts for variables): Χρησιμοποιούνται όταν το χαρακτηριστικό της ποιότητας του προϊόντος που μελετάται λαμβάνει τιμές από συνεχή κλίμακα. Παραδείγματα μεταβλητών είναι η θερμοκρασία, το ύψος, η οξύτητα, το βάρος συσκευασίας κ.ά.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα διαγράμματα: μέση τιμής δείγματος ( $\bar{X}$ ), εύρους δείγματος (R), τυπικής απόκλισης δείγματος (s), μεμονωμένων τιμών (I), κινούμενου εύρους (MR), κινούμενου μέσου όρου ( $m\bar{X}$ ) και εκθετικά σταθμισμένου μέσου όρου (EWMA) (Καπετανοπούλου, 2022).

- Διαγράμματα ελέγχου για διακριτά χαρακτηριστικά-ιδιότητες (charts for attributes): Η κατηγορία αυτή βρίσκει εφαρμογή όταν το εξεταζόμενο χαρακτηριστικό ποιότητας είναι απαριθμητό. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν ο αριθμός ελαττωμάτων σε μια σύνθετη μονάδα, αριθμός ελαττωματικών προϊόντων σε μια συσκευασία κ.ά.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα διαγράμματα: ποσοστού ελαττωματικών (p), αριθμού ελαττωματικών (np), τυποποιημένης μεταβλητής (z), αριθμού ελαττωμάτων (c), αριθμού ελαττωμάτων ανά μονάδα (u), διαβαθμισμένων ελαττωμάτων (D) και σταθμισμένων ελαττωμάτων (Q) (Καπετανοπούλου, 2022).

Η επιλογή του κατάλληλου διαγράμματος ελέγχου προϋποθέτει αρχικά να γίνει ξεκάθαρο σε ποια από τις δύο κατηγορίες εντάσσεται το χαρακτηριστικό που μελετάται. Στην πρώτη περίπτωση αυτή των ΔΕ μεταβλητών, η σωστή επιλογή βασίζεται στο μέγεθος ( $n$ ) της υποομάδας (δείγματος) (Κούτρας, 2008).

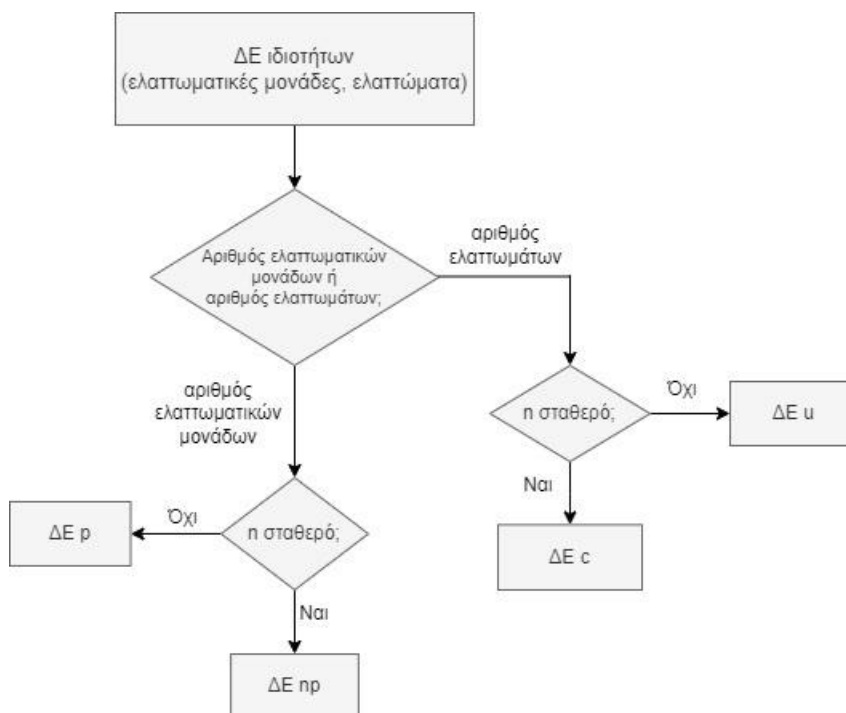


Εικόνα 6: Επιλογή κατάλληλου διαγράμματος ελέγχου για μεταβλητές (Κούτρας, 2008)

Στην Εικόνα 6 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής, όπου απεικονίζεται η διαδικασία επιλογής ΔΕ μεταβλητών ανάλογα με το μέγεθος του δείγματος. Αν το  $n=1$  επιλέγεται το ΔΕ Μέσης Τιμής- Κινούμενου Εύρους (ΔΕ I-MR), αν  $1 < n \leq 10$  επιλέγεται το ΔΕ μέσου όρου-εύρους, ενώ αν  $n > 10$  επιλέγεται το ΔΕ μέσου όρου-τυπικής απόκλισης (Κούτρας, 2008).

Στη δεύτερη περίπτωση, η περαιτέρω επιλογή διαγράμματος ελέγχου βασίζεται στο κατά πόσο το ελεγχόμενο χαρακτηριστικό αποτελεί ελάττωμα ή ελαττωματική/μη συμμορφούμενη μονάδα, καθώς επίσης και στο κατά πόσο τα δείγματα που συλλέγονται σε τακτική βάση έχουν σταθερό μέγεθος ή όχι.

Αν η κατανομή που διέπει την υπό μελέτη διεργασία υπακούει στην κατανομή Poisson τότε επιλέγεται κάποιο από τα διαγράμματα  $c$  και  $u$ , ενώ αν υπακούει στη Διωνυμική κατανομή επιλέγεται κάποιο από τα διαγράμματα  $p$  και  $np$  (Κούτρας, 2008). Στην Εικόνα 7 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής, όπου απεικονίζεται η διαδικασία επιλογής ΔΕ ιδιοτήτων.



Εικόνα 7: Επιλογή κατάλληλου διαγράμματος ελέγχου ιδιοτήτων (Κούτρας, 2008).

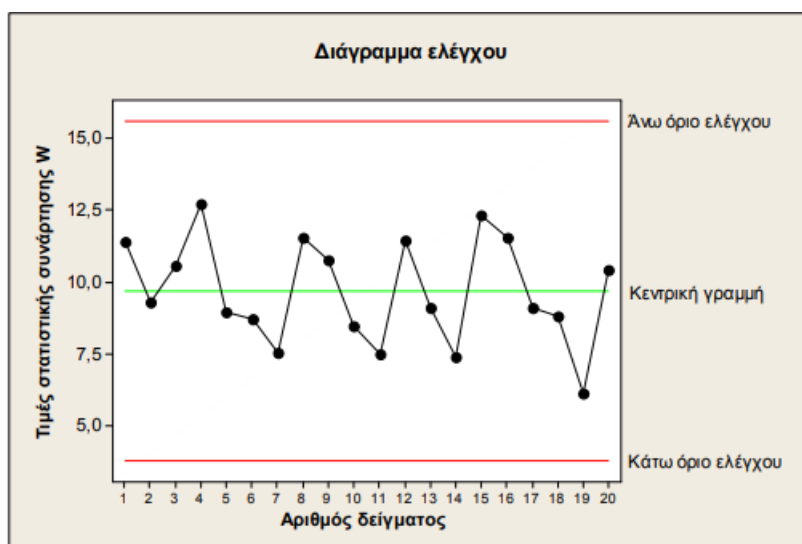
## 2.6.2 Περιγραφή και κατασκευή των διαγραμμάτων ελέγχου

Στις παραγωγικές διεργασίες μας ενδιαφέρει η παρακολούθηση της συμπεριφορά μιας κρίσιμης ποσότητας ενός μετρήσιμου χαρακτηριστικού  $X$  (τυχαία μεταβλητή) των προϊόντων που παράγονται. Η παρακολούθηση της κρίσιμης ποσότητας βασίζεται σε μετρήσεις του χαρακτηριστικού  $X$ , που προκύπτουν από την επιλογή τυχαίων δειγμάτων από την παραγωγή σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, έστω  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . Χρησιμοποιώντας τα τυχαία δείγματα υπολογίζουμε την τιμή  $W_i = g(X_i)$ ,  $i=1, 2, \dots, n$ , μιας κατάλληλης στατιστικής συνάρτησης (τυχαίας μεταβλητής) που εκτιμά την κρίσιμη ποσότητα που μας ενδιαφέρει. Έτσι, η (διαχρονική) παρακολούθηση της συμπεριφοράς της κρίσιμης ποσότητας επιτυγχάνεται με την παρακολούθηση των τιμών που λαμβάνει η στατιστική συνάρτηση  $W$  στα διάφορα δείγματα (Αντζουλάκος, 2009).

Ένα τυπικό διάγραμμα ελέγχου Shewhart απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Ο οριζόντιος άξονας αποτελείται από τον αριθμό των δειγμάτων  $n$ , ενώ στον κατακόρυφο παρουσιάζονται οι τιμές της συνάρτησης  $W$ . Οι κόκκινες γραμμές αναπαριστούν το άνω και το κάτω όριο ελέγχου (ΑΟΠ (ή Upper Control Limit (UCL)) και ΚΟΠ (ή Lower Control Limit (LCL)) αντίστοιχα) και εντός αυτών των ορίων πρέπει να βρίσκονται οι τιμές του ποιοτικού χαρακτηριστικού για κάθε παραγόμενο προϊόν προκειμένου να είναι ποιοτικά αποδεκτό. Τα όρια του φυσικού

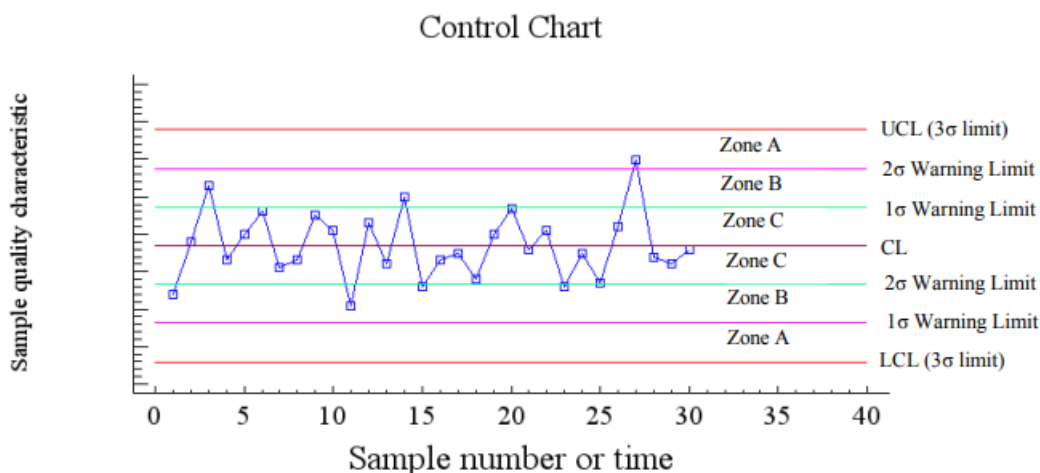
εύρους διεργασίας είναι :  $\mu - 3\sigma$ ,  $\mu + 3\sigma$ , όπου  $\mu$ : η μέση τιμή των τιμών του δείγματος και  $\sigma$ : η τυπική απόκλιση των τιμών του δείγματος. Η ικανότητα ή το φυσικό εύρος της διεργασίας ισούται με  $6\sigma$ . Η πιθανότητα να παρατηρήσουμε τιμή εκτός του εύρους  $6\sigma$  είναι 0,0027 (0,27%) (Καπετανοπούλου, 2022).

Η πράσινη γραμμή αποτελεί την κεντρική γραμμή του διαγράμματος, ενώ οι κουκκίδες φανερώνουν τις παρατηρούμενες τιμές της  $W$ . Η κεντρική γραμμή ή μέσο επίπεδο της διεργασίας παριστάνει συνήθως τη μέση τιμή της  $W$  όπως αυτή προκύπτει από τη λειτουργία μιας εντός ελέγχου διεργασίας ή την τιμή στόχο του προϊόντος. Απεικονίζει την κατάσταση ομαλής λειτουργίας της διεργασίας κατά την οποία, η όποια μεταβλητότητα οφείλεται μόνο σε συνήθη αίτια (Αντζουλάκος, 2009).



Σχήμα 1: Τυπικό διάγραμμα ελέγχου τύπου Shewhart (Αντζουλάκος, 2009)

Χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι για τον υπολογισμό των ορίων ελέγχου, τα οποία είναι όρια διακύμανσης που καθορίζονται για δεδομένα δείγματος σχετικά με ένα χαρακτηριστικό ποιότητας, πέραν των οποίων πρέπει να ληφθούν μέτρα ελέγχου, όπως προσαρμογή της διαδικασίας ή επισκευή. Συχνότερα χρησιμοποιούνται όρια που βασίζονται στην πραγματική απόδοση της διεργασίας (αποκαλούμενα όρια ικανότητας διεργασίας), τα οποία υπολογίζονται με βάση έναν αριθμό αρχικών δειγμάτων που αξιολογούνται όταν η διεργασία θεωρείται σταθερή και ικανή. Η ικανότητα διεργασίας αναφέρεται στην ικανότητα της διεργασίας να παράγει μεμονωμένα αντικείμενα εντός των ορίων των προδιαγραφών σχεδιασμού για το εν λόγω χαρακτηριστικό ποιότητας (Tannock, 1996).



**Σχήμα 2: Ζώνες A, B, C σε ένα διάγραμμα ελέγχου (Αντζουλάκος, 2009)**

Τα προειδοποιητικά όρια χρησιμοποιούνται μαζί με κάποιους κανόνες που περιγράφουν την εμφάνιση ειδικών μοτίβων σε ένα διάγραμμα ελέγχου. Στην περίπτωση που εμφανιστεί το μοτίβο που περιγράφει ο κανόνας τότε θεωρούμε ότι η διεργασία είναι εκτός ελέγχου χωρίς απαραίτητα να έχουμε κάποιο σημείο του διαγράμματος εκτός των ορίων ελέγχου (UCL και LCL). Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα ελέγχου μαζί με τις ζώνες των ορίων ελέγχου, το οποίο μας βοηθάει να κατανοήσουμε καλύτερα τα ειδικά μοτίβα που αναλύονται στη συνέχεια. Οι σημαντικότεροι κανόνες που χρησιμοποιούνται για την ευαισθητοποίηση ενός διαγράμματος ελέγχου είναι οι εξής (Αντζουλάκος, 2009):

- Ένα ή περισσότερα σημεία εκτός των ορίων ελέγχου
- Δύο από τρία συνεχόμενα σημεία στην Ζώνη A (σε μια από τις δύο ζώνες A)
- Τέσσερα από πέντε συνεχόμενα σημεία πέραν της Ζώνης C (σε μια από τις δύο περιοχές)
- Οκτώ συνεχόμενα σημεία στην ίδια μεριά (επάνω ή κάτω) της κεντρικής γραμμής
- Έξι συνεχόμενα σημεία σε αύξουσα ή φθίνουσα διάταξη
- Δεκαπέντε συνεχόμενα σημεία στην ολική Ζώνη C
- Δεκατέσσερα συνεχόμενα σημεία σε εναλλασσόμενη μορφή «πάνω-κάτω»
- Οκτώ συνεχόμενα σημεία εκτός της ολικής Ζώνης C
- Οποιαδήποτε ασυνήθιστη ή μη τυχαία ακολουθία σημείων
- Ένα ή περισσότερα σημεία κοντά στα προειδοποιητικά όρια ή τα όρια ελέγχου.



Η κατασκευή ενός ΔΕ περιλαμβάνει συγκεκριμένα βήματα, τα οποία συνοπτικά είναι: η επιλογή του υπό μελέτη χαρακτηριστικού, ο τύπος του ΔΕ που θα χρησιμοποιηθεί με βάση τα δεδομένα, η επιλογή του μεγέθους του δείγματος και η συχνότητα της δειγματοληψίας, η συλλογή και η καταγραφή των ιστορικών δεδομένων που θα αξιοποιηθούν στον καθορισμό των παραμέτρων του ΔΕ κατά τη Φάση Ι και η πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων αυτών και ο καθορισμός των σχετικών παραμέτρων. Στο τελικό και επαναλαμβανόμενο στάδιο αυτό του σχεδιασμού του ΔΕ, πραγματοποιούνται τακτικά μετρήσεις των χαρακτηριστικών ποιότητας, οι οποίες ελέγχονται με το ΔΕ για την εμφάνιση ειδικών αιτιών και εξάγονται ανάλογα συμπεράσματα.

Η κατασκευή και η χρήση των ΔΕ κατά τον έλεγχο μιας παραγωγικής διεργασίας πραγματοποιείται σε δύο φάσεις, τη Φάση Ι και τη Φάση ΙΙ.

- Φάση Ι: Στη φάση αυτή πραγματοποιείται η πιστοποίηση της διεργασίας. Πραγματοποιείται διαμόρφωση και εγκατάσταση στατιστικού ελέγχου με τη συλλογή ικανού αριθμού μετρήσεων από το υπό μελέτη χαρακτηριστικό (ιστορικά δεδομένα) (Καπετανοπούλου, 2022). Οι μετρήσεις αυτές λαμβάνονται με τη διεργασία υπό αυστηρή επιτήρηση και εντός ελέγχου. Η συλλογή των δεδομένων κατά τη φάση αυτή χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των εντός ελέγχου παραμέτρων της διεργασίας και για τον έλεγχο της κανονικότητας της κατανομής. Αφού ολοκληρωθεί η Φάση Ι και η εκτίμηση των παραμέτρων ελέγχου των διεργασιών, το σύστημα θεωρείται εγκατεστημένο και περνάμε στη Φάση ΙΙ, δηλαδή στη φάση πλήρους λειτουργίας του συστήματος (Αντζουλάκος, 2009).
- Φάση ΙΙ: Στη φάση αυτή όπου το σύστημα θεωρούμε πως βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία, γίνεται χρήση των ΔΕ προκειμένου να ελεγχθεί αν η διαδικασία παραμένει εντός ελέγχου. Ο διαχειριστής έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει εγκαίρως μια πιθανή αλλαγή στην παραγωγική διαδικασία και έτσι να διαπιστώνει αν η διεργασία παραμένει εντός ή εκτός ελέγχου και κατά συνέπεια τα παραγόμενα προϊόντα παραμένουν υψηλής ποιότητας. Στη φάση αυτή, ο διαχειριστής-υπεύθυνος δεν ενδιαφέρεται για τον τρόπο με τον οποίο καθορίστηκαν οι παράμετροι εντός των οποίων η διεργασία θεωρείται εντός στατιστικού ελέγχου (Αντζουλάκος, 2009).



### 2.6.3 Στατιστική ανάλυση των διαγραμμάτων ελέγχου

Με τη χρήση των ΔΕ ελέγχεται σε κάθε σημείο για κάθε μεμονωμένη ή δειγματική τιμή αν αυτή προέρχεται από τον ίδιο πληθυσμό με εκείνον που υπήρχε κατά την πιστοποίηση της διεργασίας. Ένα διάγραμμα ελέγχου είναι η γραφική παράσταση ενός στατιστικού ελέγχου υποθέσεων. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιείται έλεγχος υποθέσεων:

- Μηδενική υπόθεση  $H_0$ : η διεργασία να βρίσκεται εντός στατιστικού ελέγχου
- Εναλλακτική υπόθεση  $H_1$ : η διεργασία να βρίσκεται εκτός στατιστικού ελέγχου

Σε κάθε έλεγχο υπόθεσης η αποδοχή ή η απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης εμπεριέχει μια πιθανότητα λάθους. Η πιθανότητα αυτή εκφράζεται με πιθανά σφάλματα. Τα σφάλματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα σφάλματα τύπου I και τα σφάλματα τύπου II. Το σφάλμα τύπου I συμβολίζεται με το γράμμα  $\alpha$  και σχετίζεται με ένα επίπεδο εμπιστοσύνης που καθορίζεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της έρευνας και ισούται με  $1-\alpha$ . Το ρίσκο  $\alpha$  εκφράζει την πιθανότητα εμφάνισης τιμής εκτός ορίων ελέγχου, όταν η διεργασία δεν έχει αλλάξει (απόρριψη της  $H_0$  όταν ισχύει). Το ρίσκο  $\alpha$  είναι μία τιμή που προκαθορίζεται και συνήθως στα ΔΕ ισούται με 0,0027.

Το σφάλμα τύπου II συμβολίζεται με το γράμμα  $\beta$  και σχετίζεται με την ισχύ του ελέγχου που ισούται με  $1-\beta$ . Το ρίσκο  $\beta$  εκφράζει την πιθανότητα εμφάνισης τιμής εντός ορίων ελέγχου όταν η διεργασία έχει αλλάξει (αποδοχή της  $H_0$  όταν δεν ισχύει). Αυτό πιθανόν συμβαίνει γιατί η διεργασία έχει αλλάξει χωρίς να γίνει αντιληπτό. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται συνοπτικά η κατηγοριοποίηση των σφαλμάτων (Κουτρουβέλης, 2000).

**Πίνακας 1: Οι δυνατές αποφάσεις και οι συνέπειες τους σε έναν έλεγχο υποθέσεων (Κουτρουβέλης, 2000)**

Απόφαση	Πραγματικότητα	
	Αληθεύει η $H_0$	Αληθεύει η $H_1$
<b><math>H_0</math> αποδεκτή</b>	Σωστή απόφαση	Σφάλμα τύπου II
<b>Απορρίπτεται η <math>H_0</math> (<math>H_1</math> αποδεκτή)</b>	Σφάλμα τύπου I	Σωστή απόφαση

Η μηδενική υπόθεση  $H_0$  είναι δεκτή, όταν οι τιμές του δείγματος βρίσκονται εντός συγκεκριμένων ορίων. Σε αντίθετη περίπτωση, γίνεται δεκτή η εναλλακτική υπόθεση  $H_1$ . Η

απόρριψη της  $H_0$  φανερώνει την εμφάνιση ειδικών αιτιών και την ανάγκη για εξέταση προσωρινής διακοπής της διεργασίας. Η συχνότητα απόρριψης της  $H_0$  καθορίζεται από το κατά πόσο έχει αλλάξει η διεργασία, αλλά και από το ρίσκο  $\alpha$ .

Μια άλλη έννοια που σχετίζεται με τα διαγράμματα ελέγχου και αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τη χρήση τους είναι το μέσο μήκος διαδρομής ARL (Average Run Length). Το μέσο μήκος διαδρομής μας δίνει τον αναμενόμενο αριθμό των σημείων στο διάγραμμα μέχρι να εμφανιστεί το πρώτο σημείο εκτός ορίων ελέγχου. Το μέσο μήκος διαδρομής υπολογίζεται από τον τύπο:

$$ARL = \frac{1}{p}$$

όπου  $p$  συμβολίζει την πιθανότητα ένα σημείο του διαγράμματος να βρεθεί εκτός των ορίων ελέγχου. Είναι φανερό ότι το ARL ακολουθεί την γεωμετρική κατανομή, καθώς μετρά τον αριθμό των δοκιμών μέχρι την πρώτη επιτυχία, που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι να βρεθεί ένα σημείο εκτός ορίων ελέγχου.

Το μέσο μήκος διαδρομής μπορεί να υπολογιστεί για τα περισσότερα διαγράμματα ελέγχου και θεωρείται βασικό μέτρο της αποτελεσματικότητάς τους. Το ARL μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το αν βρίσκεται εντός ή εκτός ελέγχου. Πιο συγκεκριμένα, οι δύο κατηγορίες είναι (Αντζουλάκος, 2009):

- το εντός ελέγχου μήκος διαδρομής  $ARL_0$ , δηλαδή το μέσο μήκος ροής για να κριθεί μια διαδικασία εκτός ελέγχου, ενώ στην πραγματικότητα είναι εντός ελέγχου
- το εκτός ελέγχου μήκος διαδρομής  $ARL_1$ , δηλαδή το μέσο μήκος ροής που μεσολαβεί από τη στιγμή που η διαδικασία τίθεται εκτός ελέγχου μέχρι τη στιγμή που κρίνεται εκτός ελέγχου από το διάγραμμα ελέγχου

Για μια διεργασία που βρίσκεται εντός ελέγχου και στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε 3σ όρια ελέγχου με κανονική κατανομή για την στατιστική συνάρτηση  $W$  που αναφέραμε προηγουμένως, το ARL ισούται με:

$$ARL_0 = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{0,0027} = 370 \quad (\text{σφάλματα τύπου I})$$

$$ARL_0 = \frac{1}{1-\beta} \quad (\text{σφάλματα τύπου II})$$

Ενώ στην εντός ελέγχου διεργασία προτιμάται μεγάλο  $ARL_0$ , καθώς δεν θέλουμε να διακοπεί μια διεργασία που λειτουργεί ομαλά σε μια εκτός ελέγχου διεργασία, το  $ARL_1$  προτιμάται μικρό, με σκοπό να εντοπιστεί γρήγορα η μετατόπιση της διεργασίας.

## 2.7 Δείκτες ικανότητας διεργασίας

Η ανάλυση ικανότητας διεργασιών είναι ένα σημαντικό εργαλείο στατιστικού ελέγχου διεργασιών που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ικανότητας της διεργασίας υπό στατιστικό έλεγχο. Παραδοσιακά, οι δείκτες ικανότητας διεργασίας χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της απόδοσης της διεργασίας σε σχέση με καθορισμένα όρια. Πρόκειται για ισχυρά εργαλεία παρακολούθησης της ικανότητας της διεργασίας για την κατασκευή ενός προϊόντος ώστε να ανταποκρίνεται στις συγκεκριμένες προδιαγραφές. Δίνουν άμεση απόκριση της ικανότητας της διαδικασίας με έναν μόνο αριθμό που περιγράφει συνοπτικά πώς μια διαδικασία παραγωγής είναι ικανή να παράγει αντικείμενα που πληρούν τις προδιαγραφές της (Ghute & Deshpande, 2023).

Οι δείκτες ικανότητας διεργασίας χρησιμοποιούνται ευρέως για να προσδιοριστεί εάν μια διαδικασία είναι ικανή να παράγει αντικείμενα εντός των ορίων των προδιαγραφών του μηχανικού ή του πελάτη. Στόχος της ανάλυσης ικανότητας διεργασίας είναι η εκτίμηση, η παρακολούθηση και η μείωση της μεταβλητότητας της διεργασίας σε σχέση με τις προδιαγραφές της διεργασίας (Hosseini & Abbasi, 2011). Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μετρήσεις της ικανότητας διεργασίας είναι οι  $C_p$ ,  $C_{pu}$ ,  $C_{pl}$  και  $C_{pk}$ .

### 2.7.1 Δείκτη δυνατότητας διεργασίας $C_p$

Το πιο απλό μέτρο για την μέτρηση της ικανότητας μιας διεργασίας είναι ο δείκτης  $C_p$ . Ο δείκτης  $C_p$  είναι ένα μέτρο ικανότητας της διεργασίας να κατασκευάζει προϊόντα που πληρούν τις προδιαγραφές, γι αυτό χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία. Αναπτύχθηκε για διεργασίες όπου η τυχαία μεταβλητή  $X$  ακολουθεί κανονική κατανομή, με  $\mu$ : μέση τιμή  $\mu$  και  $\sigma$ : τυπική απόκλιση. Όπως είναι γνωστό, το 99,73% των προϊόντων που θα παράγονται από τη διεργασία θα βρίσκονται μεταξύ του  $\mu-3\sigma$  και  $\mu+3\sigma$ . Το διάστημα αυτό αποτελεί το φυσικό εύρος ανοχής της κατανομής του  $X$  και επομένως, σε διάστημα  $6\sigma$  κατανέμονται σχεδόν όλες οι τιμές του  $X$  (Κούτρας, 2008). Ο δείκτης  $C_p$  ορίζεται ως εξής:

$$C_p = \frac{AO\Pi - KO\Pi}{6\sigma}$$

όπου ΑΟΠ είναι άνω όριο προδιαγραφών, ΚΟΠ είναι το κάτω όριο προδιαγραφών και σ είναι η τυπική απόκλιση των τιμών του δείγματος.

Οι παραδοχές που ακολουθούνται για τον δείκτη  $C_p$  είναι:

1. Το χαρακτηριστικό ποιότητας έχει κανονική κατανομή
2. Η διεργασία βρίσκεται σε στατιστικό έλεγχο
3. Στην περίπτωση των δύο ορίων προδιαγραφών, ο μέσος όρος της διεργασίας είναι κεντραρισμένος μεταξύ του κατώτερου και του ανώτερου ορίου προδιαγραφών

Όπως φαίνεται από τον τύπο, ο  $C_p$  συγκρίνει το εύρος προδιαγραφών ως προς τη μεταβλητότητα της διεργασίας και δεν εξαρτάται από τη μέση τιμή της διεργασίας. Δηλαδή, δεν λαμβάνει υπόψη που βρίσκεται ο μέσος όρος σε σχέση με τις προδιαγραφές, αλλά μετρά απλώς το εύρος των προδιαγραφών σε σχέση με την τυπική απόκλιση. Αυτό είναι και το βασικό μειονέκτημα του συγκεκριμένου δείκτη, καθώς έχει ως συνέπεια να μην επηρεάζεται από τη διαφορά του μέσου από την κεντρική τιμή της περιοχής προδιαγραφών και πολλές φορές αδυνατεί να εντοπίσει την περισσότερο ικανή διεργασία.

Σημειώνουμε πως αν ο δείκτης  $C_p$  λάβει την τιμή 1,33, τότε η διεργασία θεωρείται ικανοποιητική. Για τιμές μικρότερες του 1,33 προτείνεται να γίνει προσεκτική παρακολούθηση της διεργασίας, ενώ για τιμές μικρότερες του 1, η διεργασία δε θεωρείται καθόλου ικανοποιητική και χρειάζεται αναθεώρηση του σχεδιασμού. Σύμφωνα με το κλασσικό σύγγραμμα του Montgomery το 1997, οι προτεινόμενες ελάχιστες τιμές του δείκτη  $C_p$  είναι 1,33 για υπάρχουσα διαδικασία, 1,5 για νέα διαδικασία, 1,55 για υπάρχουσα διαδικασία που σχετίζεται με ασφάλεια του κοινού και 1,67 για νέα διαδικασία που σχετίζεται με ασφάλεια του κοινού (Κούτρας, 2008).

Σημειώνεται ότι για να μπορέσουμε να βγάλουμε ασφαλή στατιστικά συμπεράσματα από τους δείκτες επίδοσης διεργασίας, πρέπει να έχει εξασφαλιστεί ότι η διεργασία είναι εντός στατιστικού ελέγχου, περιγράφεται από την κανονική κατανομή και οι παρατηρήσεις είναι ανεξάρτητες.

### 2.7.2 Δείκτες τρέχουσας επίδοσης διεργασίας

Οι δείκτες τρέχουσας επίδοσης εισήχθησαν με σκοπό να καλύψουν την αδυναμία του δείκτη  $C_p$  αναφορικά με την αδυναμία προσδιορισμού της θέσης της μέσης τιμής σε σχέση με τα όρια προδιαγραφών. Ο δείκτης  $C_p$  είναι προφανές ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο εάν

έχουν οριστεί και τα δύο όρια προδιαγραφών. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις που για κάποιο προϊόν δεν έχουν οριστεί και τα δύο όρια προδιαγραφών και συνεπώς ο υπολογισμός του δείκτη  $C_p$  είναι αδύνατος. Για το λόγο αυτό, έχουν προταθεί οι δείκτες  $C_{pu}$ ,  $C_{pl}$ ,  $C_{pk}$ .

$$C_{pu} = \frac{AOΠ - \mu}{3 \sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - KOΠ}{3 \sigma}$$

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl})$$

Ο δείκτης  $C_{pu}$  εκφράζει πόσο ικανή είναι η διεργασία στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το άνω όριο προδιαγραφών, ενώ ο δείκτης  $C_{pl}$  εκφράζει πόσο ικανή είναι η διεργασία στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το κάτω όριο προδιαγραφών. Όταν οι δύο δείκτες είναι ίσοι, θεωρούμε πως η διεργασία είναι εξίσου ικανή στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το άνω ή το κάτω όριο προδιαγραφών (Κούτρας, 2008).

Ο δείκτης ικανότητας  $C_{pk}$  δηλώνει την ικανότητα της διεργασίας προς τη μεριά του ορίου προδιαγραφών που ευθύνεται για την παραγωγή μεγαλύτερου ποσοστού ελαττωματικών προϊόντων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις που ορίζεται μόνο το ένα όριο προδιαγραφών, δηλαδή αποτελεί έναν μονόπλευρο δείκτη για το όριο προδιαγραφής που είναι πλησιέστερο στο μέσο της διεργασίας. Ο δείκτης  $C_{pk}$  δεν μπορεί να πάρει αρνητικές τιμές. Από τον ορισμό του δείκτη  $C_{pk}$  είναι φανερό πως εκφράζει το χειρότερο σενάριο ως προς της παραγωγή ελαττωματικών. Συνεπώς, αν πάρει μεγάλες τιμές αντιλαμβανόμαστε ότι η διεργασία είναι ικανή να παράγει προϊόντα εντός και των δύο προδιαγραφών, ενώ αν οι τιμές είναι μικρές, η διεργασία αποτυγχάνει σε τουλάχιστον μία από τις δύο προδιαγραφές.

Με άλλα λόγια, ο  $C_{pk}$  είναι ένας μονόπλευρος δείκτης  $C_p$  για το όριο προδιαγραφών που βρίσκεται πλησιέστερα στη μέση τιμή. Το μέγεθος του  $C_{pk}$  σε σχέση με το  $C_p$  είναι ένα άμεσο μέτρο για το πόσο μακριά είναι η διαδικασία από την τιμή στόχο. Έτσι συνήθως θεωρούμε πως ο  $C_p$  μετρά την πιθανή ικανότητα στη διεργασία, ενώ ο  $C_{pk}$  μετρά την πραγματική ικανότητα.

Ένας επιπλέον δείκτης είναι ο  $C_{pm}$ , ο οποίος ορίζεται ως:

$$C_{pm} = \frac{AOΠ - KOΠ}{3 \sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

Όπου  $T$ : τιμή στόχος

Η διαφορά με αυτόν το δείκτη είναι ότι εισάγει την τιμή  $T$ , η οποία αντιπροσωπεύει την ιδανική τιμή-τιμή στόχος. Ο δείκτης αυτός καλύπτει την αδυναμία των υπόλοιπων δεικτών, οι οποίοι δίνουν πληροφορίες μόνο για την ικανότητα της διεργασίας να παράγει προϊόντα εντός των ορίων προδιαγραφών, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη την προκαθορισμένη τιμή στόχο της διεργασίας. Σύμφωνα με το δείκτη  $C_{pm}$ , η διαδικασία παράγει προϊόντα υψηλής ποιότητας όταν η μέση τιμή βρίσκεται πλησιέστερα στην επιθυμητή τιμή στόχο.

## Κεφάλαιο 3. Βιομηχανία τροφίμων και ποτών-Η εξεταζόμενη εταιρία

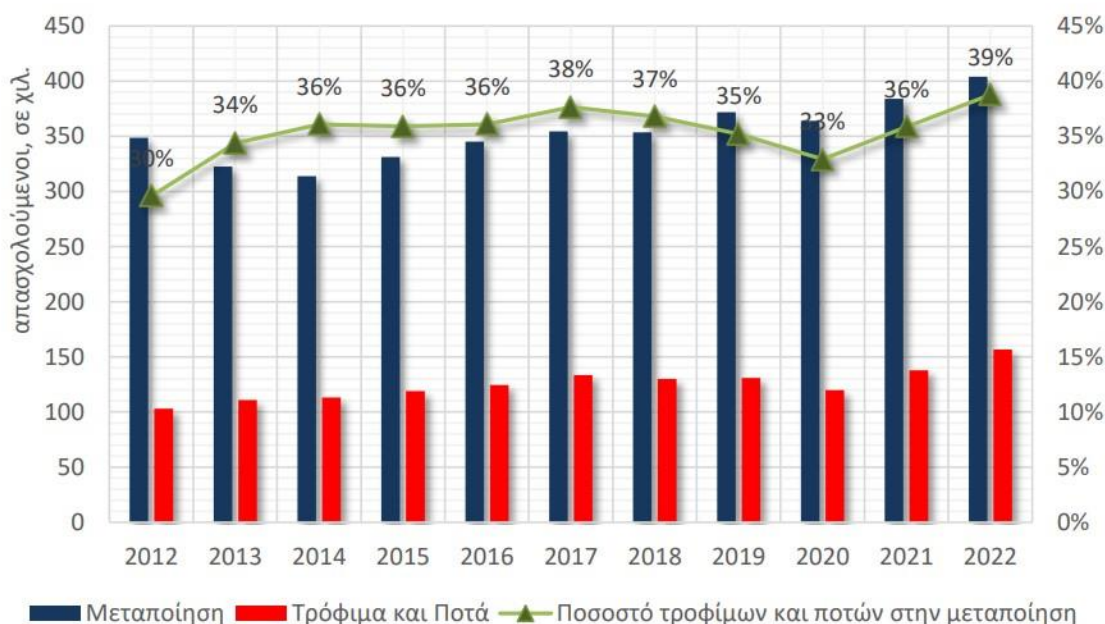
### 3.1 Βιομηχανία Τροφίμων και Ποτών

Η Ελληνική Βιομηχανία Τροφίμων και Ποτών συγκαταλέγεται ανάμεσα στους βασικούς πυλώνες του δευτερογενή τομέα της εγχώριας οικονομίας, παραμένοντας βασικός μοχλός ανάπτυξης της παραγωγικής δραστηριότητας, αλλά και της αναπτυξιακής πορείας της χώρας. Ο κλάδος των Τροφίμων και Ποτών είναι ένας κλάδος δυναμικός, ανταγωνιστικός και εξωστρεφής, με έντονη επενδυτική και εμπορική δραστηριότητα στην Ελλάδα, τα Βαλκάνια και σε όλη την Ευρώπη, ενώ τα περιθώρια ανάπτυξής του είναι ακόμη μεγαλύτερα και μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην τόνωση της ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας σε δύσκολους καιρούς (Θωμαΐδου & Βλάχου, 2012).

Η βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των ελληνικών προϊόντων τροφίμων σχετίζεται άμεσα και με την ποιότητα του ανθρώπινου δυναμικού, και κυρίως με τα προσόντα που ενσωματώνει, τις γνώσεις και τον βαθμό εξειδίκευσης. Ο κλάδος τροφίμων διακρίνεται για την υψηλή εξειδίκευση της απασχόλησης, καθώς περιλαμβάνει μία ευρύτατη γκάμα ειδικοτήτων και αντικειμένων που δεν αφορούν αποκλειστικά στον τομέα της μεταποίησης. Οι νέες τεχνολογίες, οι καινοτόμες πρακτικές, τα βελτιωμένα προϊόντα υψηλής ποιότητας, αποτέλεσμα διαδικασιών έρευνας και ανάπτυξης, οδηγούν καθοριστικά τις εξελίξεις σε όλα τα στάδια παραγωγής και διάθεσης στον χώρο των τροφίμων. Η συνεχής επιμόρφωση και επιστημονική κατάρτιση, η εγρήγορση και η διάχυση γνώσης του ανθρώπινου δυναμικού αποτελούν παράγοντες, ώστε να είναι ικανό να ανταποκριθεί άμεσα, έγκαιρα και αποτελεσματικά στις σύγχρονες προκλήσεις του διεθνούς ανταγωνισμού (Θωμαΐδου & Αθανασιάδης, 2019).

Η Βιομηχανία Τροφίμων και Ποτών ξεχωρίζει για τη συμβολή της στην απασχόληση της ελληνικής μεταποίησης. Από τα πρόσφατα στοιχεία της Eurostat, προκύπτει ότι το μερίδιό της στο σύνολο των απασχολούμενων της μεταποίησης παραμένει σε υψηλά επίπεδα τα τελευταία χρόνια σημειώνοντας ήπια άνοδο, κυρίως από το 2020 παρά τη μικρή αύξηση του συνολικού εργατικού δυναμικού στις μεταποιητικές επιχειρήσεις της χώρας (Σταυράκη & Αθανασιάδης, 2023).





Σχήμα 3: Απασχόληση και ποσοστό συμμετοχής στο σύνολο μεταποίησης (Σταυράκη & Αθανασιάδης, 2023)

Στο Σχήμα 3 παρατηρούμε ότι το 2012, το ποσοστό του εργατικού δυναμικού Τροφίμων και Ποτών στο σύνολο της απασχόλησης στη μεταποίηση βρισκόταν περίπου στο 29%, ενώ το 2022 ανήλθε περίπου στο 39%.

### 3.2 Βιβλιογραφική έρευνα

Ωστόσο, ο κλάδος της προμήθειας και διανομής τροφίμων αντιμετωπίζει αρκετά προβλήματα, καθώς από τη φύση τους πολλά τρόφιμα είναι ευπαθή και έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Κατά συνέπεια, ο τελικός χρήστης θα διατηρεί ελάχιστα αποθέματα αυτών των ευπαθών προϊόντων και θα βασίζεται στον προμηθευτή για την κάλυψη των αναγκών του όταν απαιτείται (Beardsell & Dale, 1999). Στη βιβλιογραφία υπάρχουν ελάχιστα στοιχεία για έρευνες που έχουν διεξαχθεί και συνδέουν τη διαχείριση της ολικής ποιότητας (ΔΟΠ) με τον κλάδο της προμήθειας και διανομής τροφίμων, με εξαίρεση ένα σημαντικό αριθμό μελετών για την ανάλυση κινδύνων μέσω κρίσιμων σημείων ελέγχου (Hazard Analysis & Critical Control Point - HACCP) και εκείνων που εξετάζουν τα πρότυπα συστημάτων ποιότητας (Beardsell & Dale, 1999). Ωστόσο, τα οφέλη της ΔΟΠ στους οργανισμούς έχουν αναγνωριστεί ευρέως από ερευνητές, επαγγελματίες, διευθυντές και υπεύθυνους χάραξης



πολιτικής και το αυξανόμενο ενδιαφέρον τους αντικατοπτρίζεται σε ποικίλες βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

Ορισμένες από τις έρευνες που πραγματοποιήθηκαν είναι αυτή των Sousa και Voss (Sousa & Voss, 2002), όπου αναλύθηκε ο αντίκτυπος της ΔΟΠ στις επιδόσεις των επιχειρήσεων, συγκεκριμένα από τον αντίκτυπο στην ποιότητα, τις λειτουργικές και επιχειρηματικές επιδόσεις. Τα ευρήματά τους επιβεβαίωσαν τις αρετές της διαχείρισης ποιότητας, γι' αυτό και θεωρείται στρατηγική οργανωτικής βελτίωσης, και έδειξαν ότι οι αποτυχίες της αποδίδονται σε προβλήματα εφαρμογής, όπως τα μη δεσμευτικά στελέχη. Οι συγγραφείς προτείνουν τη διεξαγωγή περισσότερης εμπειρικής έρευνας για την καλύτερη κατανόηση των επιδράσεων της ΔΟΠ στην απόδοση, σε διαφορετικά πλαίσια και την περαιτέρω μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ των βασικών πρακτικών και των πρακτικών υποδομής και τη διερεύνηση των μηχανισμών με τους οποίους οι πρακτικές ΔΟΠ επηρεάζουν την απόδοση, με στόχο την παραγωγή πιο στέρεων και χρήσιμων συμβουλών προς τους μάνατζερ στο συγκεκριμένο πλαίσιο ενός οργανισμού (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

Μια άλλη έρευνα πραγματοποιήθηκε το 2006 από τον Nair (Nair, 2006), ο οποίος μελέτησε τη σχέση μεταξύ των πρακτικών διαχείρισης της ποιότητας και της απόδοσης της επιχείρησης. Τα ευρήματα αποκάλυψαν θετική συσχέτιση μεταξύ διαφόρων πρακτικών ΔΟΠ και διαστάσεων της απόδοσης της επιχείρησης. Επιπλέον, οι περισσότερες από τις μελέτες που αναλύθηκαν επικεντρώθηκαν είτε σε δεδομένα σε επίπεδο μεταποιητικών μονάδων είτε σε δεδομένα σε επίπεδο επιχείρησης (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

Η μελέτη των Ebrahimi και Sadeghi (Ebrahimi & Sadeghi, 2013) ανέλυσε τις πρακτικές ΔΟΠ και τις σχέσεις μεταξύ των επιδόσεων των επιχειρήσεων και αποκάλυψε ότι τα πιο ευρέως αναφερόμενα μέτρα επιδόσεων ήταν οι λειτουργικές, ποιοτικές, χρηματοοικονομικές, εμπορικές και καινοτομικές επιδόσεις και η ικανοποίηση των πελατών. Επισημαίνουν, επίσης, ότι η λειτουργική επίδοση αποτελεί πρωταρχικό μέτρο επίδοσης, ενώ η ποιότητα, η χρηματοοικονομική επίδοση και η επίδοση στην αγορά και η ικανοποίηση των πελατών αποτελούν δευτερεύοντα μέτρα, καθώς είναι συνέπεια των συστημάτων εφαρμογής της ΔΟΠ (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

Η εργασία των Aquilani κ.ά. (Aquilani, Silvestri, Ruggieri, & Gatt, 2017) παρουσίασε μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση, όπου είναι εμφανές ότι οι έρευνες που αναλύθηκαν ασχολήθηκαν με τη σχέση μεταξύ των κρίσιμων παραγόντων επιτυχίας της

διαχείρισης της ποιότητας και των εσωτερικών διαδικασιών, της ικανοποίησης των πελατών, του μεριδίου αγοράς, του φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος, της ποιότητας των προϊόντων, του καθαρού περιθωρίου κέρδους, της απόδοσης του ενεργητικού, των πωλήσεων, της ανάπτυξης και των διαφόρων τύπων επιδόσεων, όπως η χρηματοοικονομική ή μη χρηματοοικονομική, η λειτουργική και η οργανωτική (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

Τέλος, από τα ευρήματα της συστηματικής ανασκόπησης των Ruales Guzman et al. (Ruales Guzman, Brun, & Castellanos Dominguez, 2019) προέκυψε ότι οι προσεγγίσεις επιδόσεων που εξετάστηκαν στις εμπειρικές μελέτες που αναλύθηκαν ήταν η εταιρική, η χρηματοοικονομική, η λειτουργική, η ποιοτική, η παραγωγική/εγκαταστασιακή και η καινοτομική επίδοση, οι συνδυασμοί επιδόσεων και η παραγωγικότητα. Η απόδοση της επιχείρησης ήταν ο πιο μελετημένος τύπος απόδοσης, ενώ πιο ειδικές προσεγγίσεις με μεγάλη χρησιμότητα για τις επιχειρήσεις, όπως η παραγωγικότητα, μελετήθηκαν λιγότερο (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

Από τις προηγούμενες μελέτες, συμπεραίνουμε ότι τα οφέλη της ΔΟΠ αντιμετωπίστηκαν κυρίως από γενικές προσεγγίσεις επιδόσεων, ενώ η μελέτη συγκεκριμένων δεικτών έμεινε στο περιθώριο. Για παράδειγμα, υπάρχουν λίγες μελέτες σχετικά με την παραγωγικότητα, παρά το γεγονός ότι θεωρείται σημαντικός μοχλός για τη μακροπρόθεσμη ανάπτυξη της οικονομίας και ζωτικός παράγοντας που επηρεάζει την ανταγωνιστικότητα των οργανισμών. Από την άλλη πλευρά, αποκαλύπτουν επίσης, όπως και η μελέτη των Kumar et al. (Kumar, Maiti, & Gunasekaran, 2018), ότι οι περισσότερες έρευνες σχετικά με τα οφέλη της ΔΟΠ έχουν διεξαχθεί σε παραδοσιακούς τομείς, όπως η μεταποίηση και οι υπηρεσίες, στα πλαίσια των αναπτυγμένων χωρών, ενώ, όπως αποδεικνύεται από τους Dora et al. (Dora, Kumar, Van Goubergen & Molnar, 2013) και τους Kakouris & Sfakianaki (Kakouris & Sfakianaki, 2018) σε συγκεκριμένους βασικούς τομείς για την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα των αναπτυσσόμενων χωρών, ελάχιστη δουλειά έχει γίνει. Αυτό το πανόραμα δείχνει ότι υπάρχει περιορισμένη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι οργανισμοί σε βασικούς τομείς των αναπτυσσόμενων χωρών μπορούν να ενισχύσουν την παραγωγικότητά τους μέσω της διαχείρισης της ποιότητας (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

Τις τελευταίες δεκαετίες, η χρήση της διαχείρισης ποιότητας έχει αυξηθεί στον τομέα των τροφίμων λόγω της αύξησης και της αλλαγής στις προσδοκίες των πελατών, των κυβερνητικών και κλαδικών κανονισμών και της επέκτασης του ανταγωνισμού στην

παγκόσμια αγορά. Ωστόσο, όπως αποκαλύπτεται από ευρήματα ερευνών, οι μελέτες σε αυτόν τον τομέα εξακολουθούν να είναι σπάνιες, αφού το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας για τη διαχείριση ποιότητας έχει επικεντρωθεί στον τομέα της μεταποίησης και των υπηρεσιών. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην υψηλή πολυπλοκότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας στον αγροτοβιομηχανικό τομέα και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, όπως η μικρή διάρκεια ζωής, οι ετερογενείς πρώτες ύλες, η εποχικότητα και οι ποικίλες συνθήκες συγκομιδής. Οι έρευνες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο έλεγχος της διαδικασίας είναι το διακριτικό χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί τον τομέα των τροφίμων από άλλους, καθώς οι εταιρείες στον τομέα της επεξεργασίας τροφίμων είναι νομικά υποχρεωμένες να διενεργούν έναν ή περισσότερους ποιοτικούς ελέγχους, κάτι που μπορεί να μην ισχύει για άλλους μεταποιητικούς τομείς (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

Στη συγκεκριμένη περίπτωση του ελληνικού κλάδου τροφίμων, βρέθηκαν πέντε μελέτες. Η πρώτη είναι αυτή του Psomas & Fotopoulos (2009) όπου έδειξαν ότι η διαχείριση ποιότητας έχει επίδραση στα οφέλη της αγοράς (βελτίωση σε ανταγωνιστική θέση, απόδοση, μερίδιο αγοράς και αύξηση πωλήσεων και κερδών), στην ικανοποίηση των πελατών (μείωση παραπόνων πελατών, βελτίωση της ικανοποίησης πελατών και αύξηση του αριθμού των πελατών) και στη βελτίωση της εσωτερικής ποιότητας της εταιρείας (μείωση ελαττωμάτων σε ημιτελικά προϊόντα και ελαττωμάτων τελικών προϊόντων). Επιπλέον, τα ευρήματα αποκάλυψαν ότι «υποστήριξη ανώτατης διοίκησης», «διαχείριση διαδικασιών», «έλεγχος διαδικασιών», «διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού» και «εστίαση στον πελάτη» είναι οι κατασκευές πρακτικές διαχείρισης ποιότητας, στις οποίες οι εταιρείες θα πρέπει να επικεντρωθούν στη βελτίωση της απόδοσης του οργανισμού.

Από τη δεύτερη μελέτη, αυτή των Psomas, Kafetzopoulos, & Fotopoulos (2013) παρουσιάζονται πως τα οφέλη της διαχείρισης ποιότητας ήταν η συνεχής βελτίωση της ασφάλειας και της ποιότητας των προϊόντων σε όλη την τροφική αλυσίδα, η αύξηση της ικανοποίησης των πελατών και της οργανωτικής απόδοσης και η μείωση της εμφάνισης μη συμμορφώσεων (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

Η τρίτη μελέτη των Kafetzopoulos & Gotzamani (2014) διαπίστωσε ότι η βελτίωση της ποιότητας, της λειτουργικής και οικονομικής απόδοσης, καθώς και η αποφυγή αστοχιών προϊόντων, ζητημάτων ασφάλειας και υγείας, καταγγελιών πελατών και κόστους σφαλμάτων ήταν τα οφέλη της αποτελεσματικής εφαρμογής της διαχείρισης ποιότητας στις ελληνικές εταιρείες τροφίμων. Επιπλέον, προτείνουν ότι η «διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού», η

«διαχείριση διαδικασιών», η «εστίαση στον πελάτη», ο «έλεγχος διαδικασιών» και η «υποστήριξη ανώτατης διοίκησης» συμβάλλουν στη λειτουργική απόδοση των εταιρειών (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

Τα ευρήματα των Psomas, Vouzas, & Kafetzopoulos (2014) αποκάλυψαν ότι οι «μαλακές» και οι «σκληρές» πρακτικές διαχείρισης ποιότητας έχουν οφέλη στη βελτίωση της ποιότητας, στους εργαζομένους, στην ικανοποίηση των πελατών και στην επιχειρηματική απόδοση των ελληνικών εταιρειών τροφίμων. Επίσης, απέδειξαν ότι οι «μαλακές» πρακτικές διαχείρισης ποιότητας των δομών «υποστήριξη ανώτατης διοίκησης», «διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού», «διαχείριση προμηθευτών», «εστίαση στον πελάτη», «συνεχής βελτίωση» και «διαχείριση διαδικασιών» έχουν άμεσο και σημαντικό αντίκτυπο στην οργανωτική απόδοση και ότι «οι «σκληρές» πρακτικές διαχείρισης ποιότητας «έλεγχος διαδικασίας» έχει έμμεσο αντίκτυπο μέσω των «μαλακών» πρακτικών (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

Τέλος, η έρευνα των Kakouris & Sfakianaki (2018) έδειξε ότι οι εταιρείες με πιστοποίηση διαχείρισης ποιότητας κερδίζουν εσωτερικά και εξωτερικά οφέλη, όπως ευαισθητοποίηση ποιότητας, αυξημένη παραγωγικότητα, αυξημένη συμμετοχή και αποτελεσματικότητα του προσωπικού, καλύτερη εικόνα και διείσδυση σε νέες αγορές (Ruales Guzman & Castellanos Dominguez, 2022).

### 3.3 Η εξεταζόμενη εταιρία

Η Ένωση Αγροτών Συνεταίρων Αργολίδας - ΠΕΑ είναι μια εταιρία που ασχολείται με την εκχύμωση φρούτων, την παραγωγή και συσκευασία χυμών σε ασηπτική συσκευασία TetraPak και την συσκευασία χυμού τομάτας και passata και έχει έδρα τα Λειβάδια Άργους. Με πρωταρχικό στόχο τη δυνατότητα εξέλιξης και με πίστη στη δύναμη της συνεργασίας, έξι πρωτοπόροι συνεταιριστές του Νομού Αργολίδας συνέπραξαν για πρώτη φορά τον Ιανουάριο του 1938, ιδρύοντας την Ένωση Συνεταιρισμών Παραγωγών Κηπαίων Προϊόντων Αργολίδας. Όραμά τους ήταν η δημιουργία άρρηκτων δεσμών συνεργασίας μεταξύ του αγροτικού κόσμου και η δυναμική οργάνωση και εκπροσώπηση του αγροτικού τομέα, αποβλέποντας στη βέλτιστη προώθηση και διάθεση των αργολικών προϊόντων με τις πιο αποδοτικές και καινοτόμες πρακτικές.

Σήμερα, περίπου 80 χρόνια μετά, η Ένωση Αγροτών Συνεταίρων Αργολίδας (Ε.Α.Σ.Α.-ΠΕΑ) είναι η καρδιά του αγροτικού κόσμου της Αργολίδας, ως δευτεροβάθμια

συνεταιριστική οργάνωση. Εκπροσωπεί περίπου 5.000 αγρότες και έχει μέλη 32 πρωτοβάθμιους συνεταιρισμούς. Δραστηριοποιείται δυναμικά στον τομέα παροχής υπηρεσιών, προσφέροντας υποστήριξη σε όλους σχεδόν τους παραγωγούς της Αργολίδας, και ασχολείται παράλληλα με τη συσκευασία και μεταποίηση αγροτικών προϊόντων.

Με κίνητρο τη διαρκή ανάπτυξη, η Ε.Α.Σ.Α.- ΡΕΑ έχει επενδύσει σε καταρτισμένο ανθρώπινο δυναμικό, σε πλήρως μηχανογραφημένο λογιστήριο και σε σύγχρονες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Το ιδιόκτητο εργοστάσιο «Εσπερίδες» στο Άργος αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα χυμοποιεία της χώρας, παράγοντας μια ευρεία γκάμα φυσικών χυμών, νέκταρ και φρουτοποτών. Τα προϊόντα διατίθενται σε ολόκληρη την Ελλάδα, ενώ γίνονται εξαγωγές στις μεγαλύτερες αγορές διεθνώς. Το εργοστάσιο ιδρύθηκε το 1999 και έχει συνολική έκταση 11.000 τ.μ. και περιλαμβάνει μονάδα χυμοποίησης, γραμμές συσκευασίας Tetra Pak, χημικό και μικροβιολογικό εργαστήριο, χώρους αποθήκευσης προϊόντων και πρώτων υλών και ψυγεία χωρητικότητας 3.000 τ.μ. (<https://easa.gr/el/>).

Η διεύθυνση της εταιρείας δεσμεύεται να ικανοποιεί τους πελάτες της, προσφέροντας τις υπηρεσίες και προϊόντα της στο μέγιστο βαθμό ποιότητας και ασφάλειας τροφίμων που απαιτείται σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 22000:2018 και FSSC 22000 και τη σχετική νομοθεσία, που αφορούν την Υγιεινή και Ασφάλεια τροφίμων. Η λειτουργία της εταιρείας γίνεται με σεβασμό προς το περιβάλλον.

Για την επίτευξη ποιοτικών προϊόντων έχει αναπτύξει διαδικασίες ελέγχου, με βάση τις απαιτήσεις του προτύπου ISO 22000:2018 και FSSC 22000, σε όλα τα στάδια των λειτουργικών του διαδικασιών. Η εταιρεία παρακολουθεί βήμα προς βήμα τις διεργασίες που γίνονται, συνεργάζεται με τις αρμόδιες υπηρεσίες και με διαπιστευμένα εργαστήρια για την διασφάλιση της ποιότητας και της υγιεινής και της ασφάλειας των προϊόντων.

Οι στόχοι της εταιρείας είναι μετρήσιμοι και έχουν ως βασικούς πυλώνες τα παρακάτω:

- Διάθεση συνεχώς ασφαλών προϊόντων, η οποία θα στηρίζεται στη συνεχή προσπάθεια για ποιοτικά και συνεχώς βελτιούμενα προϊόντα, κάτω από συνθήκες Υγιεινής και Ασφάλειας, στην αποφυγή κάθε δυνατού κινδύνου που μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στο προϊόν και στη λειτουργία σε σύγχρονες εγκαταστάσεις
- Αποτελεσματική εξυπηρέτηση των πελατών
- Μηδενισμός των παραπόνων της αγοράς

Οι προϋποθέσεις για την υλοποίηση των ανωτέρω στόχων βασίζονται στην κατανόηση και εφαρμογή τους από όλο το ανθρώπινο δυναμικό, κάτι που επιτυγχάνεται μέσω της εγκαθίδρυσης σαφών διεργασιών επικοινωνίας, εκπαίδευσης, διαθέτοντας σε κάθε περίπτωση τους απαραίτητους πόρους για την υλοποίησή τους. Επίσης, η υλοποίηση των στόχων βασίζεται στην εξασφάλιση απαραίτητων πόρων για την εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών παραγωγής, που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του εργοστασίου, των καταναλωτών, του περιβάλλοντος και των κατά το νόμο προδιαγραφές για τα τρόφιμα και στη δημιουργία συνθηκών Υγιεινής και Ασφάλειας για το προϊόν.

Ακόμη, για την υλοποίηση των στόχων απαραίτητη είναι η καθιέρωση στο προσωπικό της εταιρείας ορθής νοοτροπίας σχετικά με την ασφάλεια των τροφίμων και η εγκατάσταση Συστημάτων Ελέγχου για την Διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων για τη συνεχή παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας και η εφαρμογή τεχνικών ποιοτικού ελέγχου με βάση τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί. Τέλος, προϋπόθεση αποτελεί και η καταλληλότητα του Συστήματος Διασφάλισης των Τροφίμων, η οποία εξασφαλίζεται μέσω της ανασκόπησης του και αναθεώρησης του σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και λαμβάνοντας υπόψη τα νέα επιστημονικά δεδομένα για τους κινδύνους και τα τρόφιμα.

Οι άρτια εξοπλισμένες μονάδες παραγωγής με μηχανήματα προηγμένης τεχνολογίας και τα ερευνητικό εργαστήριο που διαθέτει η εταιρία, εξασφαλίζουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης ποιότητας σε όλα τα στάδια της παραγωγής, ξεκινώντας από την επιλογή των πρώτων υλών έως την διανομή των τελικών προϊόντων στους καταναλωτές.

Στο εργοστάσιο «Εσπερίδες» βρίσκονται έξι γραμμές παραγωγής ασηπτικής συσκευασίας Tetra Pak. Η Tetra Pak τη δεκαετία του '60 λάνσαρε στην ελληνική αγορά την ασηπτική συσκευασία, χάρη στην οποία καθίστατο δυνατή η διατήρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και των θρεπτικών ουσιών ενός προϊόντος, χωρίς τη χρήση χημικών χρωστικών και ψυγείου. Το πρώτο βήμα έγινε με την συσκευασία Tetra Brik Aseptic το 1969, που έδωσε τη δυνατότητα αύξησης του χρόνου ζωής του γάλακτος – γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για χώρες με περιορισμένη πρόσβαση στο γάλα. Έως και σήμερα, οι χάρτινες συσκευασίες Tetra Pak, χάρη στην ασηπτική τους τεχνολογία, προστατεύουν τα τρόφιμα με μικρή διάρκεια ζωής και διευκολύνουν την πρόσβαση σε αυτά, ακόμη και στα πιο απομακρυσμένα μέρη του πλανήτη (Γκίτση, 2023).



Επιδιώκοντας τη δημιουργία ακόμη πιο βιώσιμων συστημάτων τροφίμων, η Tetra Pak αναζητά συνεχώς νέους τρόπους για την παραγωγή τροφίμων σε συνεργασία με ένα ευρύ δίκτυο παραγωγών, αλλά και νέες λύσεις για τη μείωση της σπατάλης τους. Για την επίτευξη ενός πιο βιώσιμου μέλλοντος είναι αναγκαία η μετάβαση σε μία κυκλική οικονομία, η οποία θα επιτευχθεί μέσω της μείωσης της σπατάλης τροφίμων και της ενίσχυσης της ανακύκλωσης. Η Tetra Pak εργάζεται προς αυτή την κατεύθυνση, σχεδιάζοντας συσκευασίες που ανακυκλώνονται. Παράλληλα, χρησιμοποιεί ανανεώσιμα υλικά, όπως το χαρτί σε ποσοστό περίπου 70%, μειώνει την χρήση πλαστικού και αλουμινίου και τα πλαστικά απορρίμματα, με λύσεις, όπως τα μη αποσπώμενα καπάκια (Γκίτση, 2023).

Πιο συγκεκριμένα, στο εργοστάσιο βρίσκονται δύο μηχανές πλήρωσης 1L Tetra Pak (Tetra Prisma Aseptic 1000 Square Helicap) με απόδοση 7.000 κουτιά/h η κάθε μία και μία μηχανή 330ml Tetra Pak (Tetra Prisma Aseptic 330 Square Dreamcap) με απόδοση 7.000 κουτιά/h. Στην Εικόνα 8 παρουσιάζονται οι συσκευασίες που παράγονται από αυτές τις δύο μηχανές παραγωγής.



**Εικόνα 8: Ασηπτική συσκευασία Tetra Pak 1Lt και 330ml**

Ακόμη, βρίσκονται δύο μηχανές 250ml Tetra Pak (Tetra Brik Aseptic 250 slim straw με χάρτινο καλαμάκι) με απόδοση 8.000 κουτιά/h η κάθε μία, και μία μηχανή 500g (Tetra Brik Aseptic 500 Base No opening) για παραγωγή passata με απόδοση 6.000 κουτιά/h. Στην

Εικόνα 9 παρουσιάζονται σε πραγματική διάσταση οι συσκευασίες που παράγονται από αυτές τις δύο μηχανές.



Εικόνα 9: Ασηπτική συσκευασία Tetra Pak 250ml και 500g (Πηγή: <https://productexplorer.tetrapak.com/>)

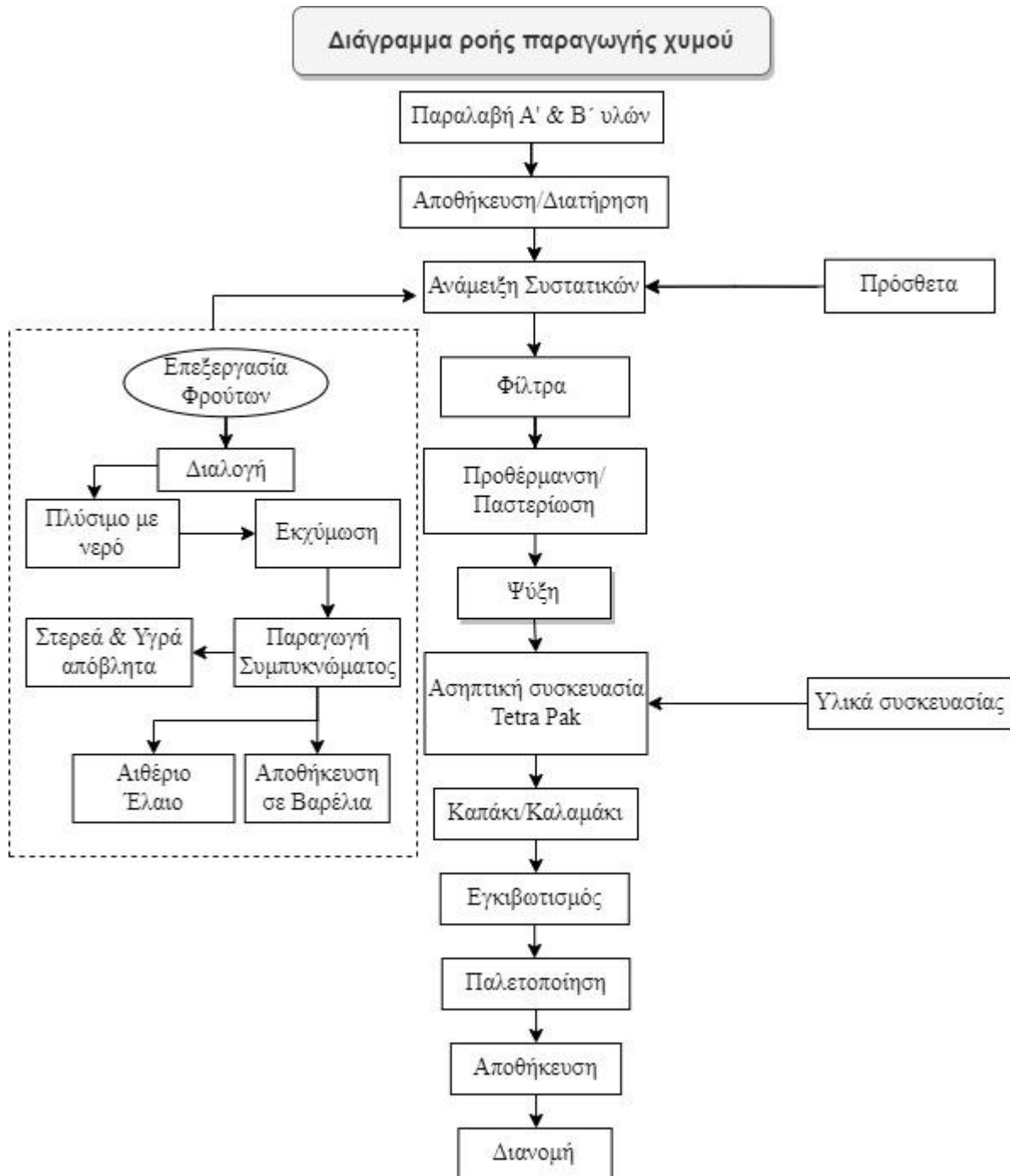
### 3.4 Διαδικασία παραγωγής

Για τη σχηματική παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας από τις εισερχόμενες ύλες μέχρι και την τελική διάθεση του προϊόντος, χρησιμοποιείται το διάγραμμα ροής. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Η διαδικασία ξεκινάει με την προμήθεια των πρώτων υλών, οι οποίες υφίστανται τους προαπαιτούμενους ελέγχους και έπειτα αποθηκεύονται στους κατάλληλους χώρους. Στο στάδιο της παρασκευής του χυμού, τα συμπυκνώματα των χυμών που χρησιμοποιούνται προέρχονται είτε από τη χυμοποίηση που γίνεται στο ίδιο το εργοστάσιο, είτε από αγορασμένες πρώτες ύλες. Στη φάση αυτή γίνεται η προσθήκη των πρόσθετων και καθορίζονται οι προαπαιτούμενοι δείκτες του χυμού ανάλογα με το είδος του και τις προδιαγραφές του.

Έπειτα, ακολουθεί η συσκευασία του χυμού. Πριν παστεριωθεί ο χυμός και περάσει στην τελική του συσκευασία, περνάει από φίλτρα, στη συνέχεια παστεριώνεται, ψύχεται και έπειτα εισέρχεται στην ασηπτική συσκευασία Tetra Pak. Στο σημείο αυτό εισέρχονται τα απαραίτητα υλικά συσκευασίας, όπως χαρτί Tetra Pak, καπάκι, καλαμάκι, χαρτοκιβώτιο κ.ά. Στη συνέχεια της παραγωγικής διαδικασίας, ανάλογα με το είδος της συσκευασίας εισέρχεται το καλαμάκι ή το καπάκι και ακολουθεί η είσοδος των κουτιών σε κιβώτια. Αμέσως μετά



ακολουθεί η παλετοποίηση των κιβωτίων και η αποθήκευσή τους στο χώρο του εργοστασίου. Τελικό στάδιο είναι αυτό της διανομής του τελικού προϊόντος στους καταναλωτές.



Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας χυμών Tetra Pak

### 3.4.1 Κρίσιμοι Παράγοντες

Εκτός από το βάρος των τελικών συσκευασιών που θα μελετηθεί και που αποτελεί κρίσιμο παράγοντα τόσο νομοθετικό όσο και από άποψη κόστους για την επιχείρηση, θα μελετηθεί

και ο παράγοντας pH της passata. Ο τοματοπολτός είναι το κύριο συστατικό των προϊόντων τομάτας όπως η passata ή αλλιώς ελαφρά συμπυκνωμένος χυμός τομάτας. Οι συνθήκες πρακτικές ποιοτικού ελέγχου περιλαμβάνουν ωριαίες δοκιμές δειγμάτων όπου μετράται το ιξώδες, η συνεκτικότητα, το pH, η οξύτητα και το χρώμα. Η συνοχή Bostwick ή το ιξώδες είναι οι κατεξοχήν ποιοτικές παράμετροι της passata για τον προσδιορισμό της αποδοχής από τον καταναλωτή. Ωστόσο, οι τιμές εκτός ορίων να μην επηρεάζουν την ποιότητα του προϊόντος δεν αποτελούν όμως πρόβλημα για την χρήση του από τον καταναλωτή.

Το pH και η οξύτητα του τοματοπολτού επηρεάζονται από την ποικιλία, το στάδιο ωρίμανσης κατά τη συγκομιδή, τις συνθήκες επεξεργασίας της τομάτας (θερμή ή ψυχρή επεξεργασία), την τοποθεσία καλλιέργειας και τις εποχιακές διακυμάνσεις. Οι ντομάτες είναι τρόφιμα χαμηλής οξύτητας ( $\text{pH} < 4,6$ ) και δεν απαιτούν ακραία θερμική επεξεργασία για να διασφαλιστεί η μικροβιολογική ασφάλεια των τροφίμων. Επιπλέον, το χαμηλό pH βοηθά στην αναστολή του βακτηρίου *Bacillus coagulans* που σχηματίζει σπόρους, καθιστώντας λιγότερο πιθανό το σχηματισμό της "επίπεδης ξινής" αλλοίωσης. Το pH 4,4 θεωρείται η υψηλότερη επιθυμητή τιμή για την ασφάλεια των τροφίμων και την αποφυγή της θερμόφιλης αλλοίωσης (Peren Aykas, Rodrigues Borba, & Rodriguez-Saona, 2020). Η ρύθμιση του pH γίνεται με προσθήκη κιτρικού οξέος.

## Κεφάλαιο 4. Μεθοδολογία και Στατιστική Ανάλυση

### 4.1 Συλλογή δεδομένων

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη στατιστική ανάλυση της παρούσας εργασίας αντλήθηκαν από το τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου της επιχείρησης και καταγράφηκαν στα πλαίσια των συστημάτων διαχείρισης της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων που εφαρμόζει η εταιρία. Οι μετρήσεις που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια, οι οποίες αφορούν το βάρος του τελικού προϊόντος, πραγματοποιήθηκαν το πρώτο τρίμηνο του 2023 (Ιανουάριος- Φεβρουάριος- Μάρτιος 2023). Η περίοδος δεν επιλέχθηκε τυχαία, καθώς ακολουθεί τις ετήσιες συντηρήσεις του μηχανολογικού εξοπλισμού και έχουν διαπιστωθεί περισσότερες αποκλίσεις κατά την παραγωγή.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό ποιότητας μιας συσκευασίας χυμού είναι η αξιοπιστία των αναγραφόμενων χαρακτηριστικών ετικέτας με το περιεχόμενο προϊόν. Για τον ποιοτικό έλεγχο, λοιπόν, των προϊόντων έρχεται ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας (ΣΕΔ), με τον έλεγχο των κρίσιμων σημείων της παραγωγικής διαδικασίας για να εξασφαλίσει την παραγωγή προϊόντων εντός προδιαγραφών. Οι παράμετροι που πρέπει να ελέγχονται μεταξύ άλλων είναι τα διατροφικά χαρακτηριστικά, η διάρκεια ζωής, η ποιότητα του προϊόντος και των υλικών συσκευασίας και η αναγραφόμενη ποσότητα όγκου ή βάρους της συσκευασίας.

Στη συγκεκριμένη εργασία, θα εξεταστούν τα βάρη από όλες τις μηχανές (δύο των 1L, δύο των 250ml, 330ml και 500g). Ως μηχανή 1 θα ορίζεται η παλαιότερη μηχανή Tetra Pak του 1L και ως μηχανή 2 η νεότερη. Ως μηχανή 3 θα ορίζεται η παλαιότερη μηχανή Tetra Pak των 250ml και ως μηχανή 4 η νεότερη, ενώ ως μηχανή 5 θα ορίζεται αυτή των 330ml και ως μηχανή 6 αυτή των 500g. Η μέτρηση του βάρους έγινε με διακριβωμένο ζυγό της KERN, ο οποίος παρουσιάζεται στην Εικόνα 10. Ο ζυγός της KERN έχει εύρος μέτρησης έως και 31kg και αναγνωσιμότητα έως και 0,001g. Επίσης, διαθέτει εσωτερική βαθμονόμηση, άρα δεν χρειάζονται πρότυπα βάρη.



Εικόνα 10: Διακριβωμένος ζυγός της KERN

Ο έλεγχος του βάρους των τελικών συσκευασιών προσδιορίζεται μέσω της Οδηγίας 76/211/EK, όπου τροποποιήθηκε από την Οδηγία 78/891/EK. Ένας προαιρετικός τρόπος ένδειξης συμμόρφωσης με τη σχετική νομοθεσία στα ευρωπαϊκά πλαίσια είναι το σήμα «e», το οποίο μπαίνει δίπλα από την ονομαστική ποσότητα του προϊόντος και δείχνει ότι υπάρχει συμμόρφωση με τη σχετική ευρωπαϊκή νομοθεσία και συνεπώς, τα προϊόντα αυτά μπορούν να πωλούνται σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης χωρίς να απαιτείται έλεγχος με τις επιμέρους εθνικές απαιτήσεις. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα μέγιστα ανεκτά σφάλματα των συσκευασιών ανάλογα με τον όγκο ή το βάρος τους.

Πίνακας 2: Μέγιστα ανεκτά σφάλματα βάρους ή όγκου συσκευασιών (ΔΙΕΠΠΥ, 2014)

Ονομαστική ποσότητα του προϊόντος ( $Q_n$ ) σε γραμμάρια ή χιλιοστόλιτρα (g ή mL)	Μέγιστα ανεκτά σφάλματα	
	% του $Q_n$	g ή mL
5 έως 50	9	-
50 έως 100	-	4,5
100 έως 200	4,5	-
200 έως 300	-	9
300 έως 500	3	-
500 έως 1000	-	15
1000 έως 10000	1,5	-

Για ευκολία και πιο αξιόπιστες μετρήσεις ο όγκος θα μετατρέπεται σε βάρος, δεδομένου ότι η επιχείρηση παράγει μόνο ένα προϊόν, το φυσικό χυμό πορτοκάλι. Η αναλογία σύμφωνα με

το ειδικό βάρος του χυμού πορτοκαλιού στα 11,4 brix είναι η εξής: 1L χυμού=1,0458kg (Williams, 1984). Η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί με τρία δεκαδικά ψηφία επί του καθαρού βάρους της συσκευασίας κατά την έξοδο από τη συσκευαστική μηχανή. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα καθαρά βάρη κάθε συσκευασίας και το ανάλογο επιτρεπτό νομοθετικό κατώτερο όριο.

Η άδεια συσκευασία του 1L μαζί με το καπάκι ζυγίζει 35,6g και έχουμε επιτρεπτό σφάλμα 15g. Η άδεια συσκευασία των 250ml μαζί με το χάρτινο καλαμάκι ζυγίζει 17,3g και έχει επιτρεπτό σφάλμα βάση του Πίνακα 4.1 9g. Η άδεια συσκευασία των 500g ζυγίζει 17g και έχει επιτρεπτό σφάλμα 15g και η συσκευασία των 330ml ζυγίζει 16,4g έχει επιτρεπτό σφάλμα 3%, το οποίο αντιστοιχεί σε 9,9g. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα καθαρά βάρη για κάθε συσκευασία και τα αντίστοιχα κατώτερα αποδεκτά όρια.

**Πίνακας 3: Όρια βάρους συσκευασιών ανάλογα με το είδος της συσκευασίας**

Ασηπτική συσκευασία	Κατώτερο όριο (g)
250ml = 262g	252,6
330ml= 345g	335,1
500g	485
1L = 1.046g	1.030,3

Η συλλογή των δεδομένων έγινε με απλή δειγματοληψία ( $n=1$ ) κατά τη φάση πλήρους λειτουργίας του συστήματος (Φάση II), προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι η διεργασία παραμένει υπό στατιστικό έλεγχο. Η φάση I έχει ήδη πραγματοποιηθεί και γνωρίζουμε ότι οι μηχανές παράγουν προϊόντα εντός επιθυμητών ορίων. Οι μετρήσεις που γίνονται από το τμήμα ποιοτικού ελέγχου της βιομηχανίας γίνονται σε βάρος επί του τελικού προϊόντος, δηλαδή με τη συσκευασία. Ωστόσο, οι τιμές που θα χρησιμοποιήσουμε στην ανάλυση είναι αυτές του καθαρού βάρους, δηλαδή για κάθε μηχανή έχει αφαιρεθεί το βάρος της συσκευασίας. Οι τιμές αυτές αποτελούν δείγμα του συνόλου του πληθυσμού.

Για το βάρος των συσκευασιών 1L και 250ml υπήρχαν πάρα πολλές μετρήσεις, καθώς οι συγκεκριμένες μηχανές δουλεύουν καθημερινά. Για το σκοπό της ανάλυσης επιλέχθηκαν οι μετρήσεις 4 ημερών με τυχαία δειγματοληψία ανά ημέρα. Για κάθε ημέρα έχουμε 10 μετρήσεις, οπότε το σύνολο των μετρήσεων για κάθε μηχανή είναι ( $N=40$ ) 40. Οι μετρήσεις

ανά ημέρα δεν παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιογένεια, οπότε οι 40 μετρήσεις θεωρήθηκαν επαρκές δείγμα του πληθυσμού.

Για την Μηχανή 5 (330ml) οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν πάρθηκαν τις ημέρες 19/01/2023, 23/01/2023, 08/02/2023, 24/02/2023, 15/03/2023, καθώς ήταν οι ημέρες που λειτουργούσε η συγκεκριμένη μηχανή και είχε παραγωγή μεγαλύτερη από 20.000 συσκευασίες. Συλλέχτηκαν 10 μετρήσεις ανά ημέρα με τυχαία δειγματοληψία, οπότε το σύνολο των μετρήσεων είναι ( $N=50$ ) 50.

Για τη Μηχανή 6 (500g) οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν πάρθηκαν τις ημέρες 10/01/2023, 17/01/2023, 20/02/2023, 03/03/2023, καθώς τις ημέρες αυτές λειτουργούσε η συγκεκριμένη μηχανή. Συλλέχτηκαν 10 μετρήσεις ανά ημέρα με τυχαία δειγματοληψία, οπότε το σύνολο των μετρήσεων είναι ( $N=40$ ) 40.

Σχετικά με τον κρίσιμο παράγοντα pH passata, η μέγιστη τιμή που έχει οριστεί από την επιχείρηση σύμφωνα με την βιβλιογραφία ισούται με  $pH=4,4$ . Ωστόσο, το pH δεν θα μελετηθεί στην τελική συσκευασία όπως το βάρος, καθώς δεν θα παρουσιάζει μεγάλη διαφορά ανά ώρα, αλλά ανά παραγωγή. Ως παραγωγή θεωρούμε την παρασκευή 10 τόνων passata, χωρητικότητα ίση με τη μέγιστη, όπως γίνεται και στην παρασκευή των χυμών. Δηλαδή, κατά τη διάρκεια μιας ημέρας μπορεί να έχουμε από 1 έως 4 διαφορετικές παραγωγές (10-40 τόνοι) passata, άρα οι ωριαίες μετρήσεις έστω και με τυχαία δειγματοληψία δεν θα απέχουν σημαντικά, στην περίπτωση που είχαμε παραγωγή ενός ή δύο παρτίδων. Σημειώνουμε ότι μία παρτίδα 10 τόνων ισοδυναμεί με περίπου 3,5 ώρες παραγωγής.

Επομένως, η λήψη των δειγμάτων θα πραγματοποιηθεί από τη δεξαμενή που παρασκευάζεται το προϊόν κατά το στάδιο της παραγωγής, με δεδομένη χωρητικότητα 10 τόνων, με τη μέθοδο της απλής δειγματοληψίας. Οι δεξαμενές κατά την παρασκευή λειτουργούν υπό ανάδευση, άρα η μέτρηση του pH πραγματοποιείται αρχικά και έπειτα διορθώνεται με την προσθήκη κιτρικού οξέος. Για την εξασφάλιση της ομοιογένειας για την τελική μέτρηση του pH εξασφαλίζεται χρόνος ανάδευσης ίσος με 20'.

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με τη βοήθεια pHmeter το οποίο βαθμονομείται με πρότυπα διαλύματα. Το pHmeter που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις παρουσιάζεται στην Εικόνα 11. Η περίοδος Ιανουάριος – Φεβρουάριος - Μάρτιος 2023 όπου πραγματοποιήθηκαν συνολικά 52 παρασκευές passata, θα λειτουργήσει ως Φάση I και τα

δεδομένα αυτά θα χρησιμοποιηθούν ως ιστορικά. Τα δεδομένα για τη Φάση II καταγράφηκαν κατά το δεύτερο τρίμηνο του 2023 και είναι σύνολο 65 μετρήσεις. Αναλυτικά οι ημέρες, οι ποσότητες παραγωγής και το αντίστοιχο pH και για τις δύο φάσεις παρουσιάζονται στο Παράρτημα II.



Εικόνα 11: Όργανο μέτρησης pH

Πίνακας 4: Συγκεντρωτικά δεδομένα των υπό μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών

Συγκεντρωτικός Πίνακας μετρήσεων Ποιοτικών Χαρακτηριστικών					
	Πλήθος μετρήσεων (N)	Ελάχιστη Τιμή (Min)	Μέγιστη Τιμή (Max)	Μέση Τιμή	Τυπική απόκλιση
Καθαρό βάρος Μηχ. 1	40	1.035,0g	1.058,3g	1.049,5g	5,82g
Καθαρό βάρος Μηχ. 2	40	1.039,6g	1.056,2g	1.048,7g	3,78g
Καθαρό βάρος Μηχ. 3	40	255,43g	269,56g	261,73g	3,61g
Καθαρό βάρος Μηχ. 4	40	255,0g	268,50g	261,65g	2,81g
Καθαρό βάρος Μηχ. 5	50	338,13g	351,77g	344,88g	3,68g
Καθαρό βάρος Μηχ. 6	40	490,63g	511,23g	502,80g	5,45g
pH – Φάση I	52	4,01	4,36	4,1996	0,0918



Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι τιμές των υπό μελέτη χαρακτηριστικών, με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου Minitab 21 Statistical Software. Πιο συγκεκριμένα, για τη μεταβλητή καθαρό βάρος συσκευασίας παρουσιάζεται για κάθε μηχανή το πλήθος των μετρήσεων κατά τη Φάση II, όπου πραγματοποιείται η ανάλυση, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση. Για τη δεύτερη μεταβλητή που εξετάζεται, το pH της passata, παρουσιάζεται το πλήθος των τιμών κατά τη Φάση I, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση.

## 4.2 Μεθοδολογία

Για τα δύο υπό μελέτη χαρακτηριστικά ποιότητας, το καθαρό βάρος της συσκευασίας και το pH της passata, αφού συλλέξαμε τα δεδομένα με τη μέθοδο της απλής δειγματοληψίας, θα εφαρμόσουμε την Περιγραφική Στατιστική Ανάλυση, για να πάρουμε πληροφορίες για το είδος των δεδομένων μας και της κατανομής. Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε περίπτωση θα κατασκευαστεί το Ιστόγραμμα, το Θηκόγραμμα και θα υπολογιστούν τα μέτρα θέσης και διασποράς.

Σκοπός είναι να κατασκευαστεί το ΔΕ I-MR και το ΔΕ EWMA αν χρειάζεται, για να διαπιστώσουμε αν η διεργασία είναι εντός ή εκτός ελέγχου. Για να μπορέσουμε να κατασκευάσουμε αυτά τα διαγράμματα πρέπει πρώτα να εξασφαλίσουμε ότι τα δεδομένα μας ακολουθούν την κανονική κατανομή και είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Γι αυτό το σκοπό, θα κάνουμε έλεγχο κανονικότητας των δεδομένων του καθαρού βάρους κάθε μηχανής και της μεταβλητής pH της passata.

Από την Περιγραφική Στατιστική ανάλυση δεδομένων έχουμε μια πρώτη εικόνα του είδους της κατανομής, όμως με την Επαγωγική Στατιστική Ανάλυση θα εξασφαλίσουμε την ύπαρξη ή μη της κανονικότητας και της αυτοσυσχέτισης των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, θα κατασκευάσουμε το κανονικό διάγραμμα πιθανότητας μέσω του Minitab και με τον έλεγχο p-value θα διαπιστώσουμε αν τα δεδομένα μας ακολουθούν την κανονική κατανομή. Έπειτα, θα ελέγξουμε την τυχαιότητα των δεδομένων μέσω του Minitab και αφού επιβεβαιωθούν και οι δύο αυτές παράμετροι θα κατασκευάσουμε το διάγραμμα I-MR, για να ανιχνεύσουμε αρχικά τις απότομες και μεγάλες αλλαγές και αν χρειαστεί στη συνέχεια θα κατασκευαστεί το ΔΕ EWMA για να ανιχνεύσουμε τις μικρών και σταδιακές αλλαγές.

Τέλος, όπου είναι εφικτό θα υπολογίσουμε τους δείκτες ικανότητας της διεργασίας.



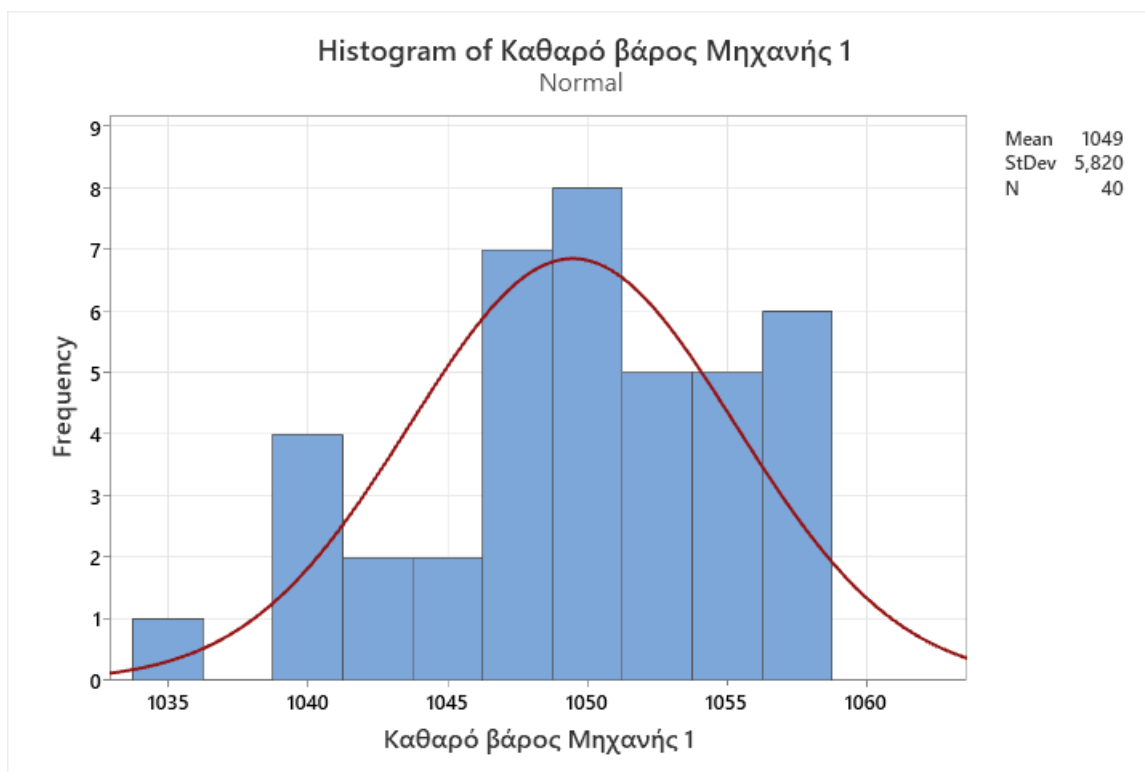
### 4.3 Περιγραφική Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

Για τη μεταβλητή του καθαρού βάρους, αφού όλες οι μηχανές κατά τη Φάση I πιστοποιήθηκαν ότι είναι εντός ελέγχου, περνάμε στην Φάση II, όπου θέλουμε να διαπιστώσουμε αν κατά τη διάρκεια της παραγωγής συνεχίζουν να παράγουν προϊόντα εντός των επιθυμητών προδιαγραφών, αν δηλαδή συνεχίζουν να είναι εντός ελέγχου. Για τη μεταβλητή pH, η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί για τη Φάση I. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο Minitab 21 Statistical Software.

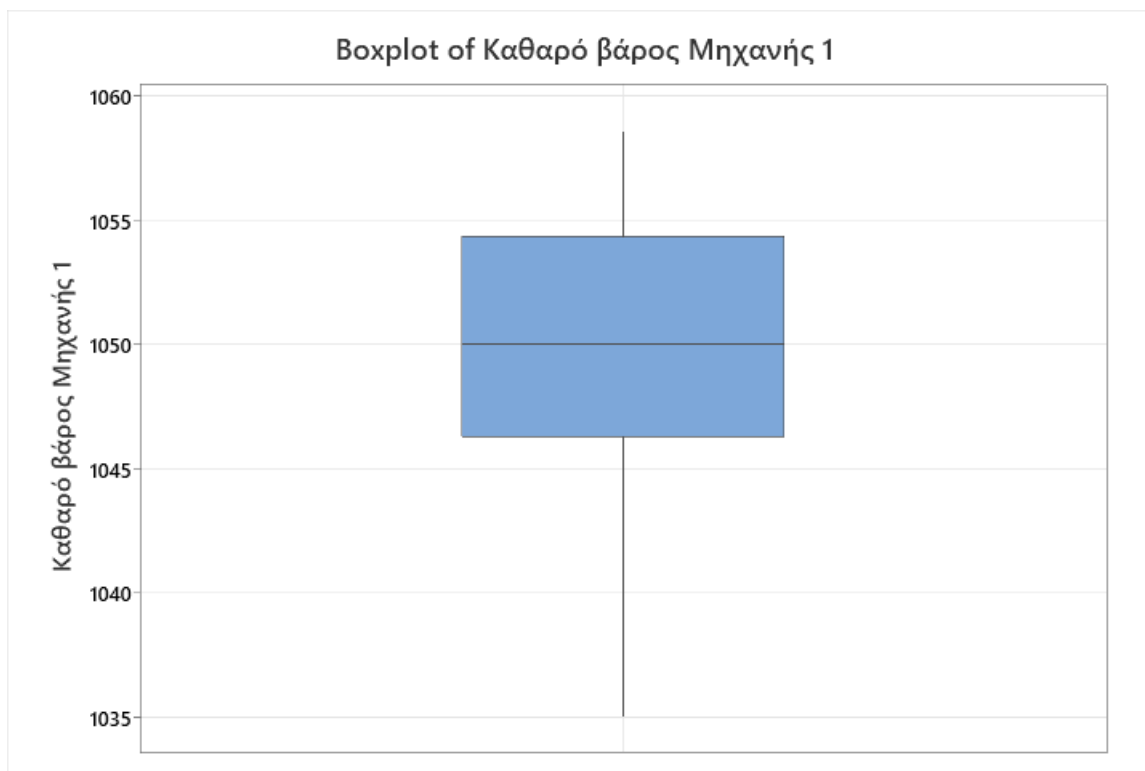
#### 4.3.1 Γραφήματα καθαρού βάρους

Για την γραφική απεικόνιση των δεδομένων χρησιμοποιούνται ιστογράμματα και θηκογράμματα, καθώς όλες οι μεταβλητές μας είναι συνεχείς. Η ακολουθία εντολών στο Minitab είναι Graph > Histogram και Graph > Boxplot. Για τον υπολογισμό των μέτρων θέσης και διασποράς ακολουθείται η ακολουθία εντολών Stat > Basic Statistics > Display Descriptive Statistics.

- Μηχανή 1



Σχήμα 5: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 1



Σχήμα 6: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 1

Πίνακας 5: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 1

### Statistics

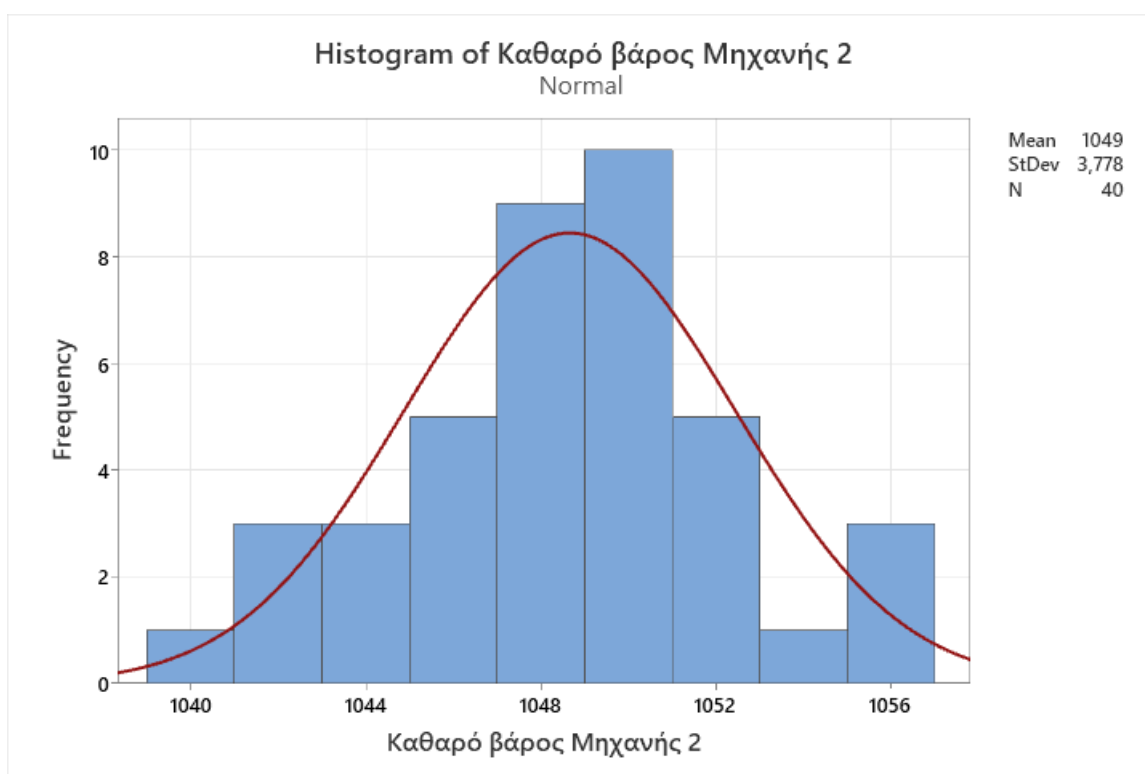
Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Q1
Καθαρό βάρος Μηχανής 1	40	0	1049,5	0,920	5,82	33,9	0,55	1035,0	1046,3
Variable	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode	Skewness	
Καθαρό βάρος Μηχανής 1	1050,0	1054,3	1058,6	23,5	8,05	*	0	-0,55	
Variable	Kurtosis								
Καθαρό βάρος Μηχανής 1	-0,26								

Το θηκόγραμμα και το ιστόγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε αν η κατανομή της συνεχούς μεταβλητής είναι κανονική. Όταν η κατανομή είναι κανονική τότε, η διάμεσος δεν πρέπει να αποκλίνει σημαντικά προς το πρώτο ή τρίτο τεταρτημόριο, δηλαδή η γραμμή που αντιστοιχεί στη διάμεσο να μην πλησιάζει σε κάποιο από τα δύο άκρα του κουτιού. Αν συνέβαινε αυτό, θα είχαμε μη συμμετρική κατανομή που παρουσιάζει λοξότητα. Επίσης, για να θεωρήσουμε κανονική κατανομή θα πρέπει το εύρος στα δύο τεταρτημόρια να

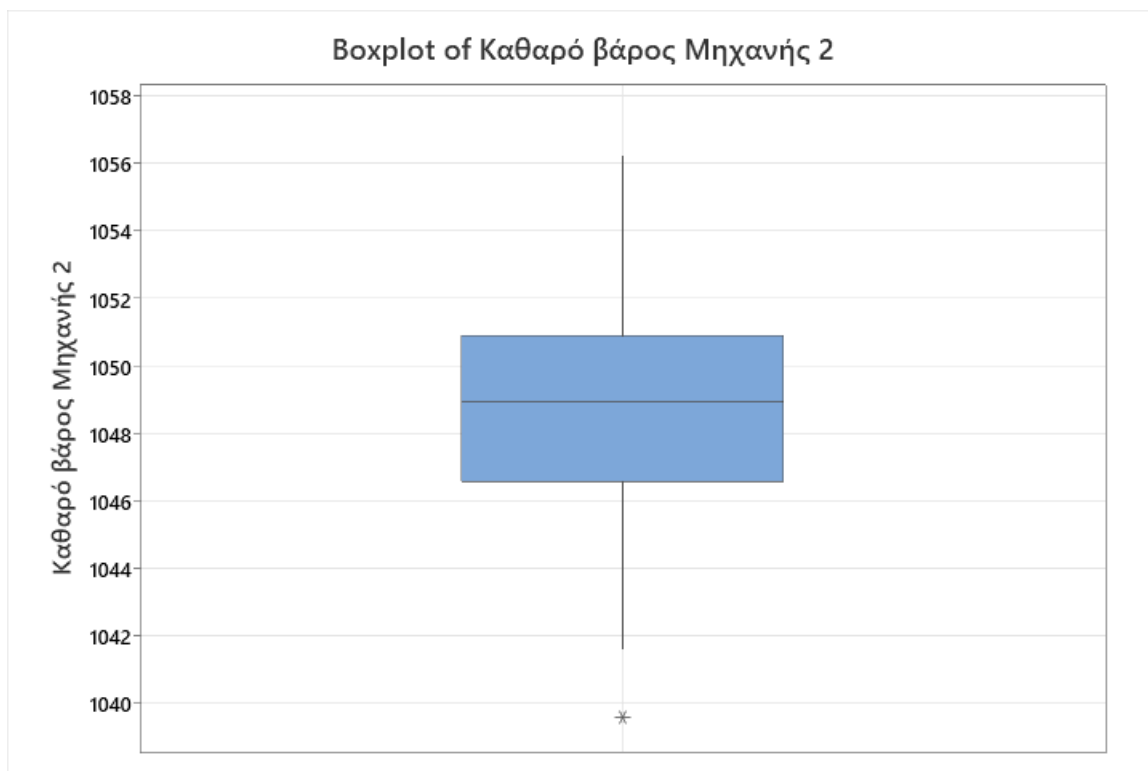
μην έχει μεγάλη διαφορά, δηλαδή τα μήκη των δύο μυστάκων να μπορούν να συγκριθούν και να μην υπάρχουν ακραίες τιμές.

Επομένως, σύμφωνα με τα Σχήματα 5 και 6 μπορούμε να ισχυριστούμε ότι τα δεδομένα του καθαρού βάρους της Μηχανής 1 φαίνεται να ακολουθούν την κανονική κατανομή. Δεν παρατηρούνται εξωκείμενες παρατηρήσεις, ενώ δεν εμφανίζεται ασυμμετρία αφού τα μήκη και των δύο μυστάκων είναι σχεδόν ίσα.

- **Μηχανή 2**



Σχήμα 7: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 2



Σχήμα 8: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 2

Πίνακας 6: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 2

### Statistics

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Q1
Καθαρό βάρος Μηχανής 2	40	0	1048,7	0,597	3,78	14,3	0,36	1039,6	1046,6

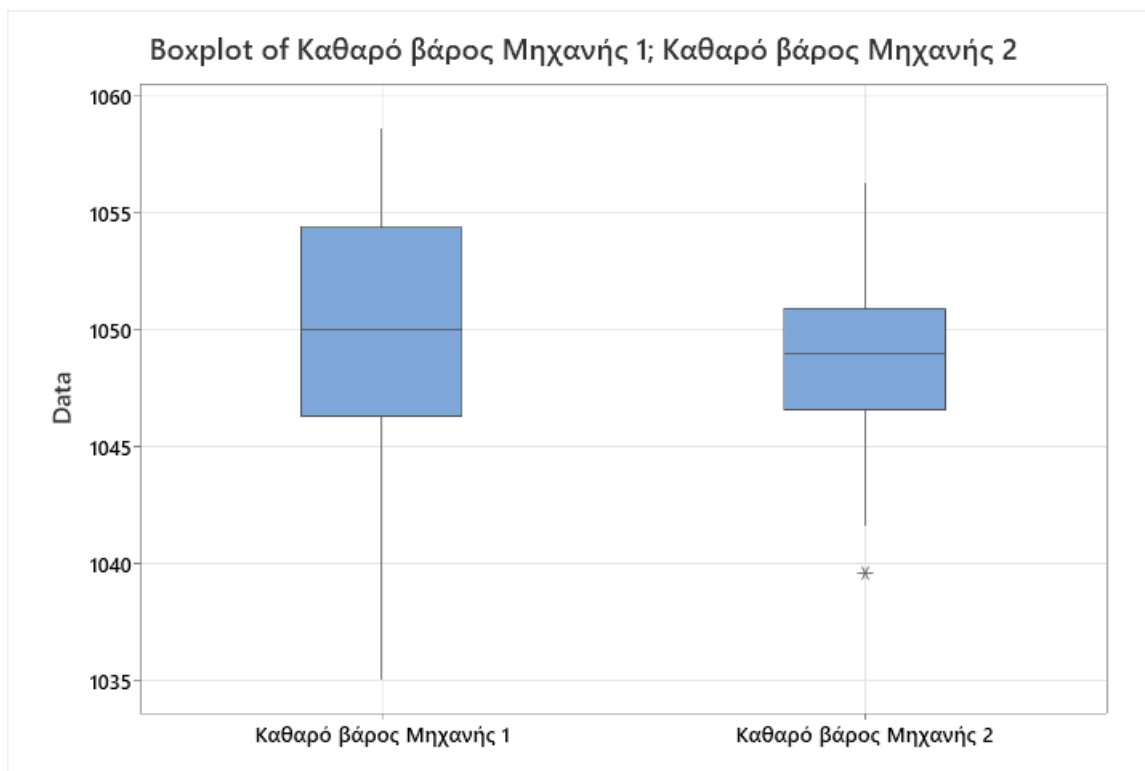
  

Variable	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode	Skewness
Καθαρό βάρος Μηχανής 2	1048,9	1050,9	1056,2	16,7	4,32	*	0	-0,26

Variable	Kurtosis
Καθαρό βάρος Μηχανής 2	0,04

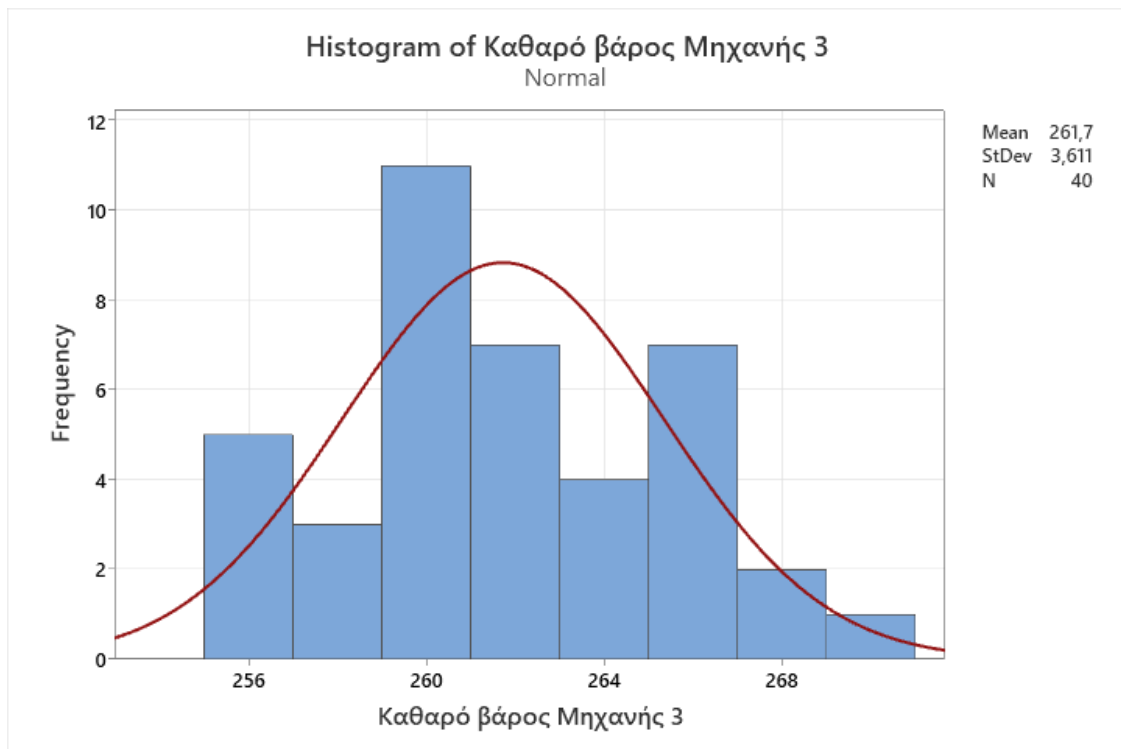
Σύμφωνα με τα Σχήματα 7 και 8 μπορούμε να ισχυριστούμε ότι τα δεδομένα του καθαρού βάρους της Μηχανής 2 φαίνεται πως δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Μπορεί στο ιστόγραμμα να φαίνεται ότι η κατανομή είναι κανονική, όμως η διάμεσος του θηκογράμματος φαίνεται να αποκλίνει προς το Q<sub>3</sub> φανερώνοντας την αρνητική λοξότητα, ενώ παρατηρείται και μια εξωκείμενη παρατήρηση.



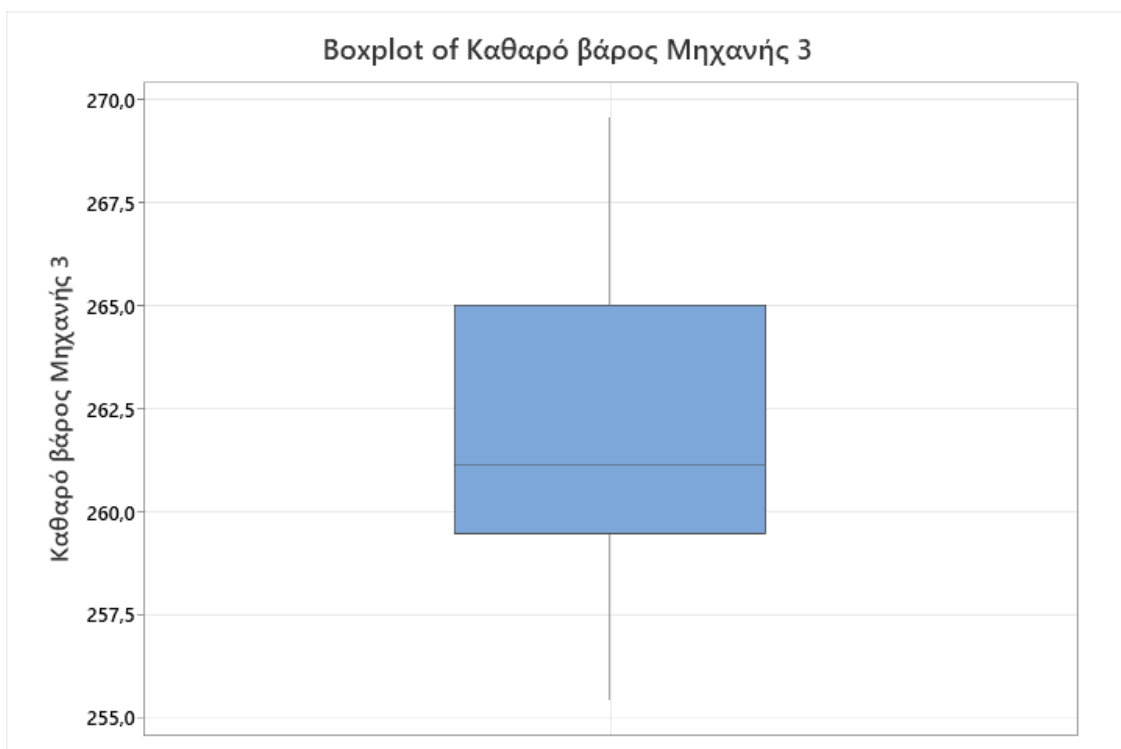
**Σχήμα 9: Συγκριτική απεικόνιση καθαρού βάρους των δύο μηχανών 1L**

Στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται η συγκριτική απεικόνιση του βάρους και των δύο μηχανών 1L. Εδώ είναι πιο κατανοητή η διαφορά μεταξύ των δύο μηχανών και είναι πιο φανερή η μη κανονικότητα της 2<sup>ης</sup> μηχανής.

- Μηχανή 3



Σχήμα 10: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml στη Μηχανή 3



Σχήμα 11: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml στη Μηχανή 3

**Πίνακας 7: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml στη Μηχανή 3**

### Statistics

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Q1
Καθαρό βάρος Μηχανής 3	40	0	261,73	0,571	3,61	13,04	1,38	255,43	259,46

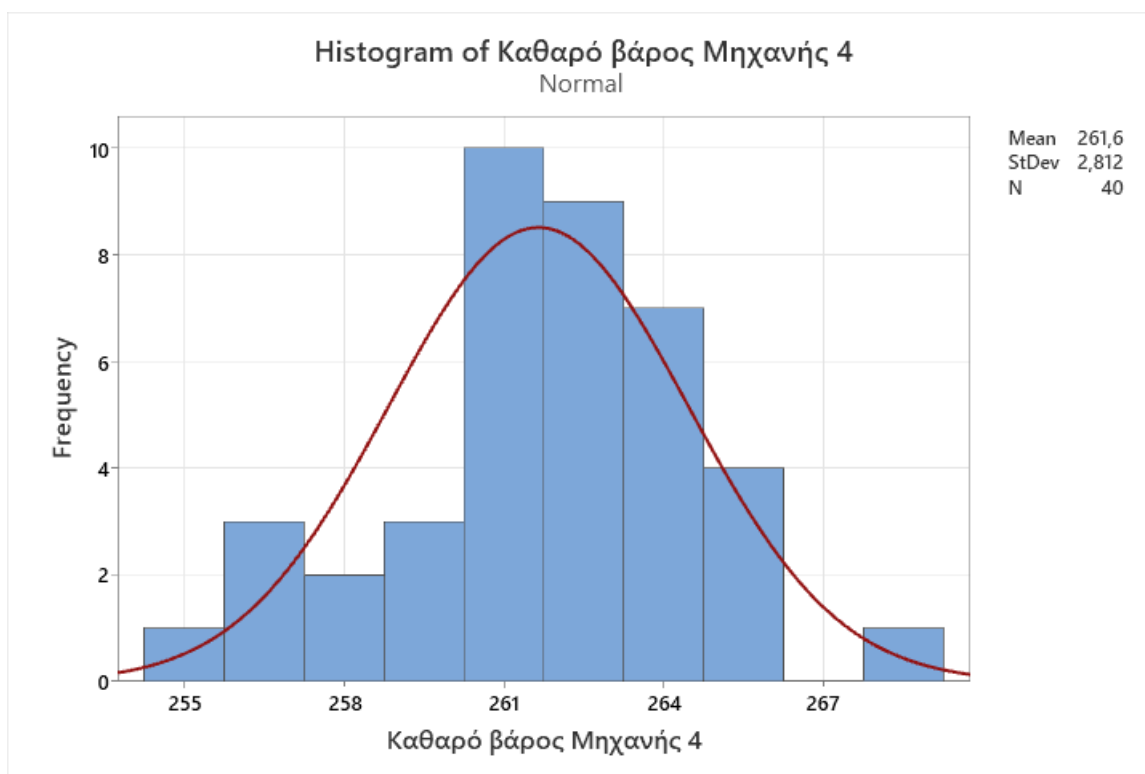
Variable	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode	Skewness
Καθαρό βάρος Μηχανής 3	261,14	265,01	269,56	14,13	5,55	265,332	3	0,24

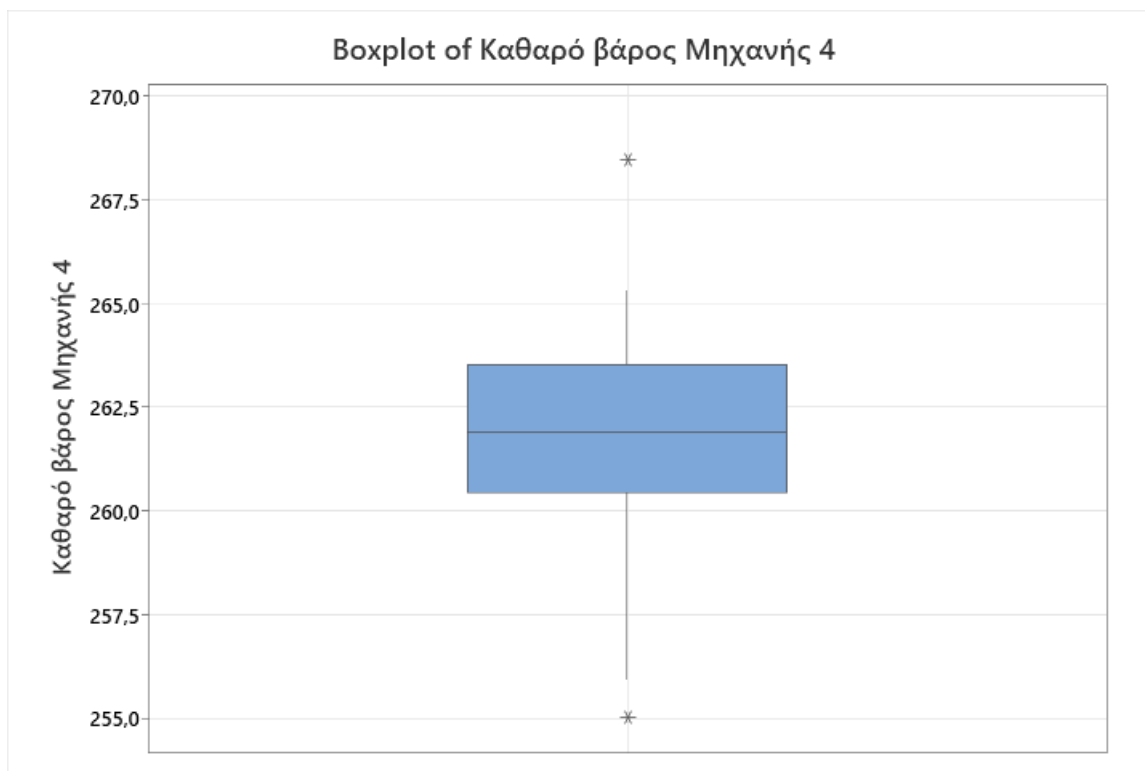
Variable	Kurtosis
Καθαρό βάρος Μηχανής 3	-0,61

Σύμφωνα με τα Σχήματα 10 και 11 μπορούμε να ισχυριστούμε ότι τα δεδομένα του καθαρού βάρους της Μηχανής 3 φαίνεται να μην ακολουθούν την κανονική κατανομή. Η διάμεσος του θηκογράμματος αποκλίνει σημαντικά προς το Q<sub>1</sub> φανερώνοντας τη θετική λοξότητα. Ωστόσο, δεν παρατηρούνται εξωκείμενες παρατηρήσεις.

- **Μηχανή 4**



**Σχήμα 12: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml στη Μηχανή 4**



Σχήμα 13: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml στη Μηχανή 4

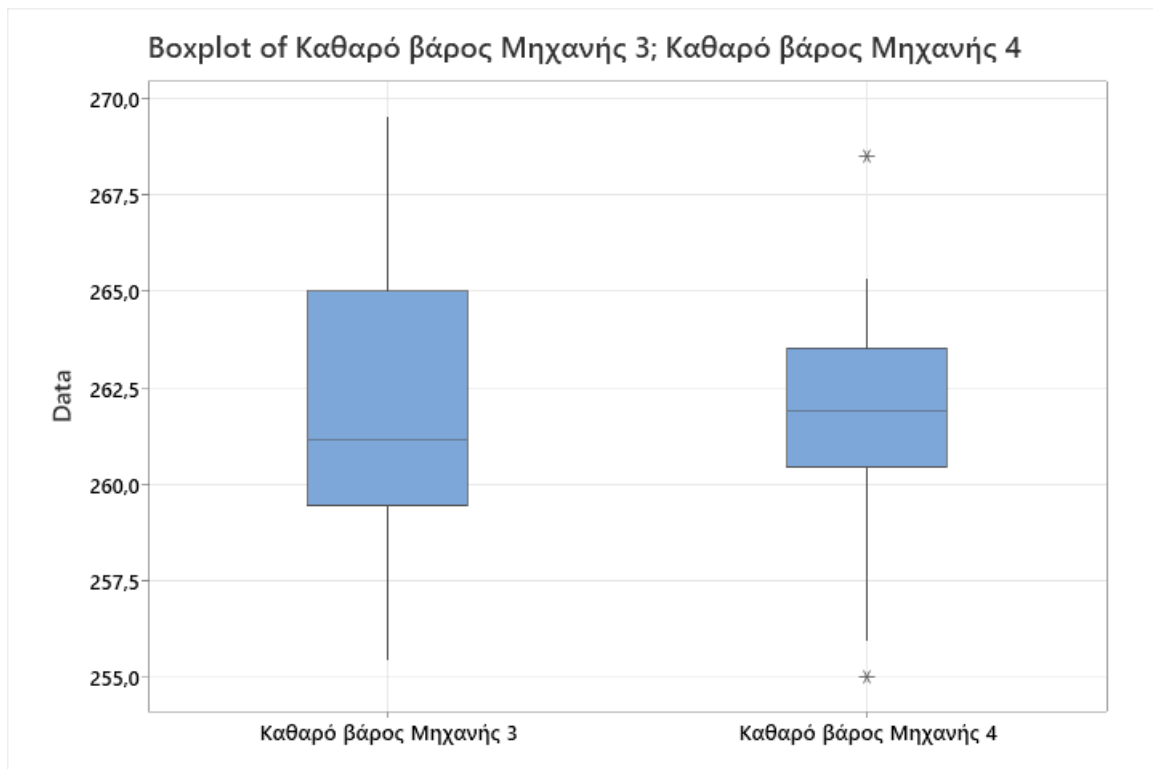
Πίνακας 8: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 250ml στη Μηχανή 4

### Statistics

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Q1
Καθαρό βάρος Μηχανής 4	40	0	261,65	0,445	2,81	7,91	1,07	255,00	260,45
Variable	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode	Skewness	
Καθαρό βάρος Μηχανής 4	261,89	263,53	268,50	13,50	3,08	263,556	2	-0,35	
Variable	Kurtosis								
Καθαρό βάρος Μηχανής 4	0,49								

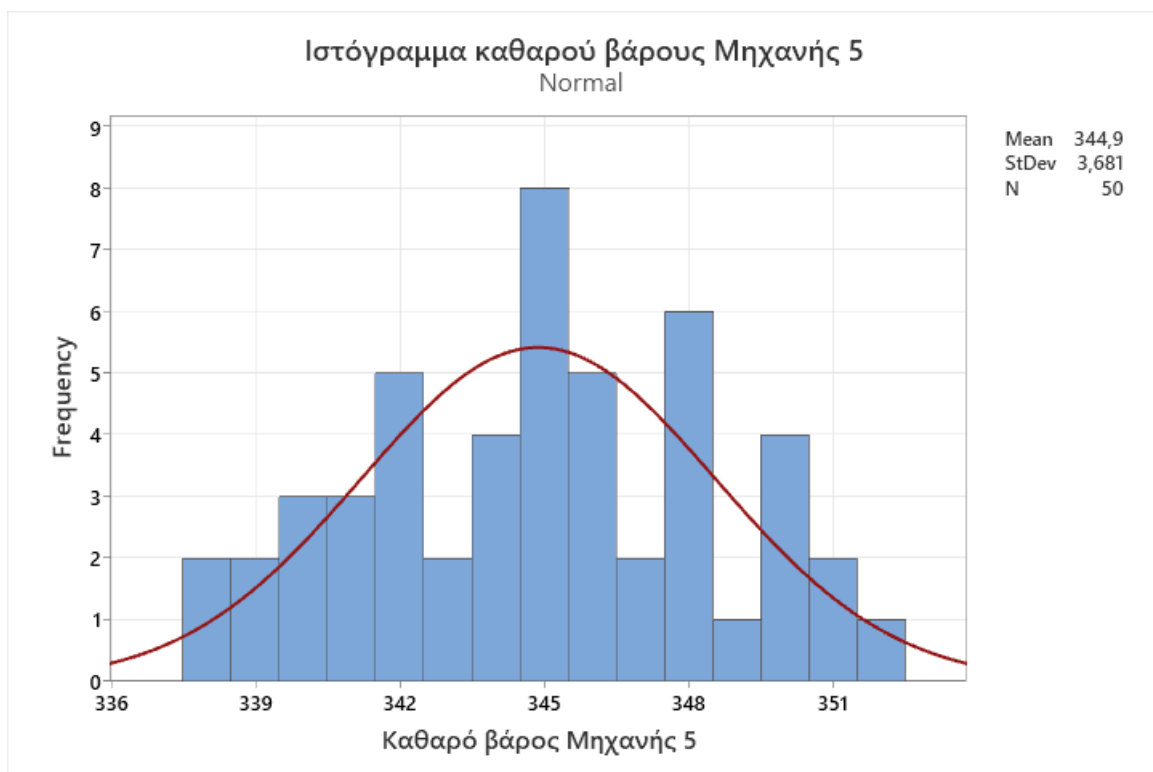
Σύμφωνα με τα Σχήματα 12 και 13 μπορούμε να ισχυριστούμε ότι τα δεδομένα του καθαρού βάρους της Μηχανής 4 φαίνεται να μην ακολουθούν την κανονική κατανομή. Δεν παρατηρούμε διαφορά στα μήκη των δύο μύστακων, παρατηρούνται όμως δύο εξωκείμενες παρατηρήσεις. Στο Σχήμα 14 παρουσιάζεται η συγκριτική απεικόνιση του βάρους και των δύο μηχανών 250ml.



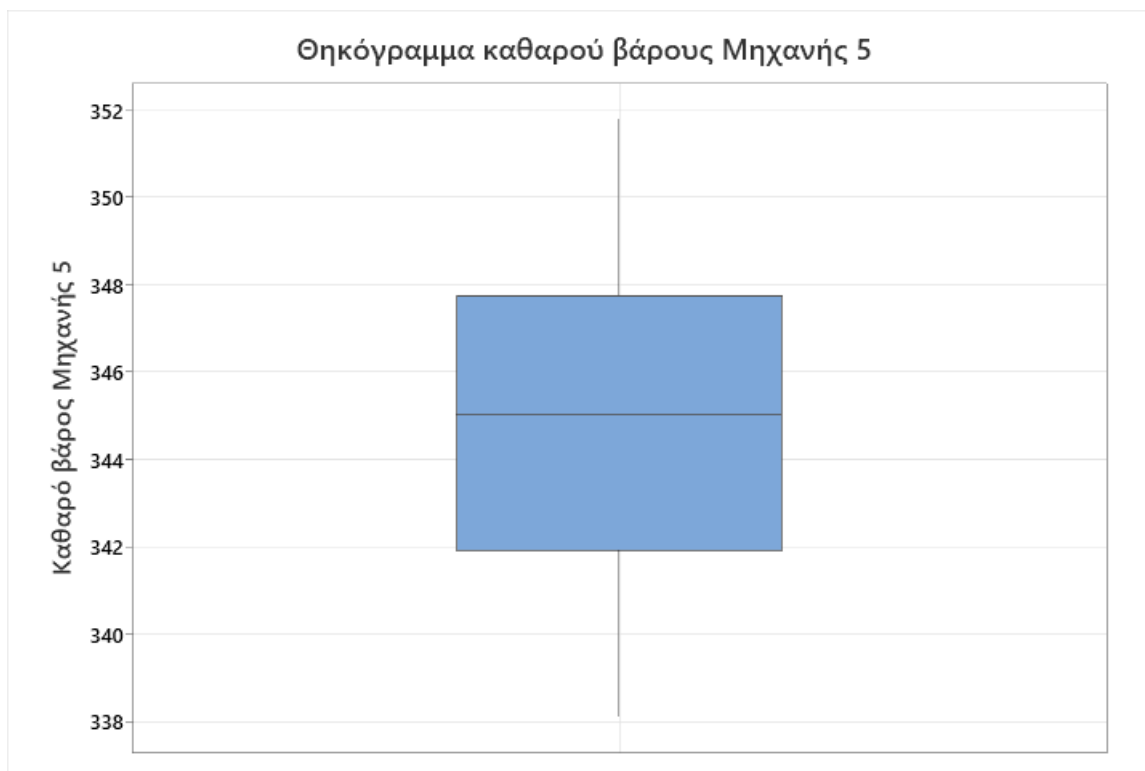


Σχήμα 14: Συγκριτική απεικόνιση καθαρού βάρους των δύο μηχανών 250ml

- Μηχανή 5



Σχήμα 15: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 330ml στη Μηχανή 5



Σχήμα 16: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 330ml στη Μηχανή 5

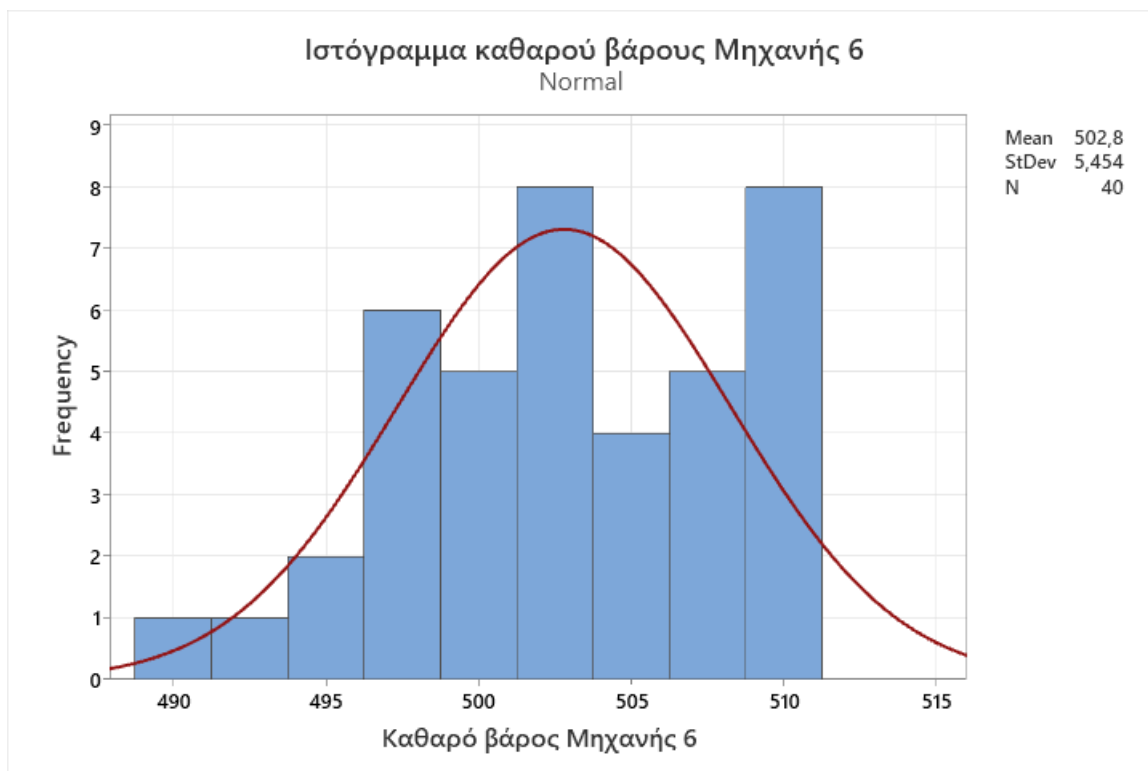
Πίνακας 9: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 330ml στη Μηχανή 5

### Statistics

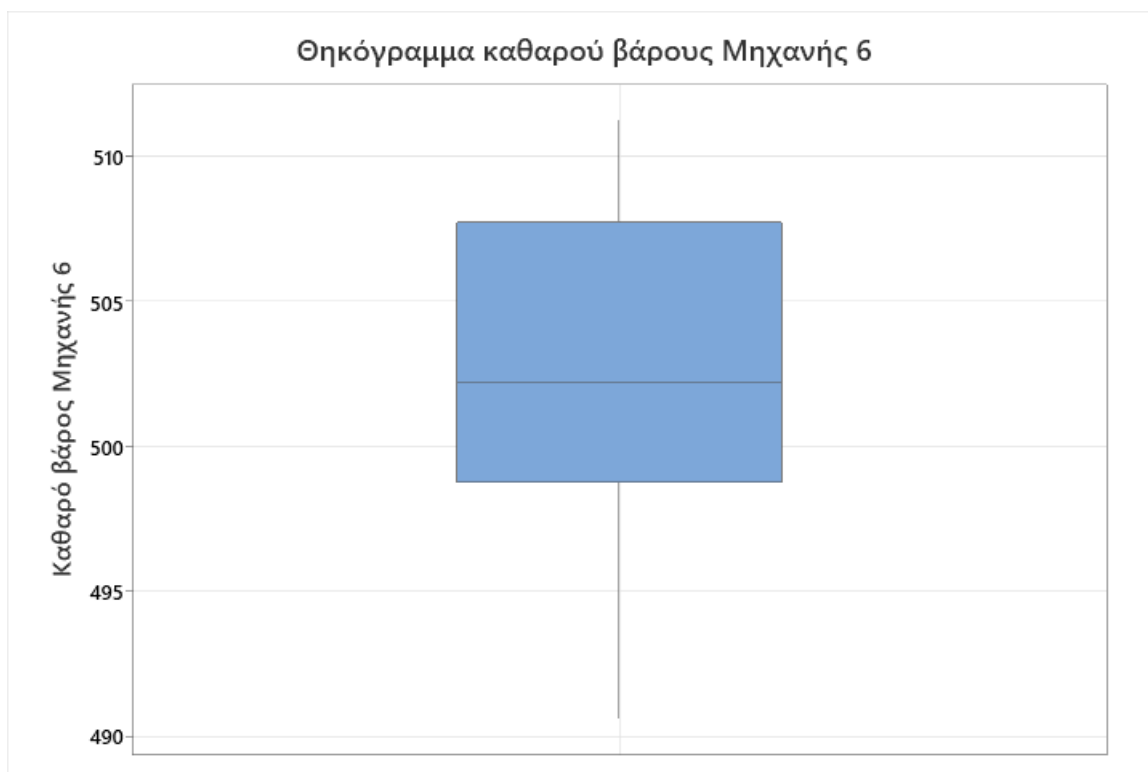
Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Q1
Καθαρό βάρος Μηχανής 5	50	0	344,88	0,521	3,68	13,55	1,07	338,13	341,91
Variable	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode	Skewness	
Καθαρό βάρος Μηχανής 5	345,03	347,73	351,77	13,65	5,82	*	0	-0,04	
Variable	Kurtosis								
Καθαρό βάρος Μηχανής 5	-0,82								

Σύμφωνα με το Σχήμα 15 μπορούμε να ισχυριστούμε ότι τα δεδομένα του καθαρού βάρους της Μηχανής 5 φαίνεται πως ακολουθούν την κανονική κατανομή. Ωστόσο, σύμφωνα με το Σχήμα 16 τα μήκη στους μύστακες του θηκογράμματος εμφανίζουν μικρή διαφοροποίηση, αφού η γραμμή που αντιστοιχεί στη διάμεσο πλησιάζει το άνω άκρο του κουτιού, φανερώνοντας την αρνητική λοξότητα. Ωστόσο, δεν παρατηρούνται εξωκείμενες παρατηρήσεις. Άρα, η κατανομή δεν είναι συμμετρική και παρουσιάζει λοξότητα.

- Μηχανή 6



Σχήμα 17: Ιστόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών passata 500g στη Μηχανή 6



Σχήμα 18: Θηκόγραμμα μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών passata 500g στη Μηχανή 6

**Πίνακας 10: Μέτρα θέσης και διασποράς των μετρήσεων καθαρού βάρους συσκευασιών passata 500g στη Μηχανή 6**

### Statistics

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Q1
Καθαρό βάρος Μηχανής 6	40	0	502,80	0,862	5,45	29,75	1,08	490,63	498,75
Variable	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode	Skewness	
Καθαρό βάρος Μηχανής 6	502,23	507,71	511,23	20,60	8,97	*	0	-0,23	
Variable	Kurtosis								
Καθαρό βάρος Μηχανής 6	-0,72								

Από το ιστόγραμμα του Σχήματος 17 φαίνεται ότι το βάρος της Μηχανής 6 δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή. Στο θηκόγραμμα του Σχήματος 18 δεν παρατηρείται κάποια εξωκείμενη παρατήρηση, ενώ παρατηρούμε διαφορά στα μήκη των δύο μύστακων φανερώνοντας θετική λοξότητα.

Τα μέτρα θέσης της μεταβλητής του βάρους συνοψίζονται στον Πίνακα 11, ενώ τα μέτρα διασποράς συνοψίζονται στον Πίνακα 12.

**Πίνακας 11: Μέτρα κεντρικής τάσης των δεδομένων των μεταβλητών**

Μέτρα θέσης				
Μεταβλητή	Μέση τιμή	Τυπικό σφάλμα μέσης τιμής	Διάμεσος	Κορυφή
Καθαρό βάρος Μηχ. 1	1.049,5	0,920	1.050,0	Δεν υπάρχει
Καθαρό βάρος Μηχ. 2	1.048,7	0,597	1.048,9	Δεν υπάρχει
Καθαρό βάρος Μηχ. 3	261,73	0,571	261,14	265,332
Καθαρό βάρος Μηχ. 4	261,65	0,445	261,89	263,556
Καθαρό βάρος Μηχ. 5	344,88	0,521	345,03	Δεν υπάρχει
Καθαρό βάρος Μηχ. 6	502,80	0,862	502,23	Δεν υπάρχει

Σύμφωνα με τον Πίνακα 11 συμπεραίνουμε ότι ένα αναμενόμενο καθαρό βάρος συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 1 για μια τυχαία μέτρηση από τις 40 που καταγράφηκαν

είναι ίσο με 1.049,5g. Αντίστοιχα, για τις υπόλοιπες μηχανές ένα αναμενόμενο καθαρό βάρος συσκευασιών χυμού ισούται με 1.048,7g για τη Μηχανή 2, 261,73g για τη Μηχανή 3, 261,65g και για τη Μηχανή 4. Ένα αναμενόμενο καθαρό βάρος για τη Μηχανή 5 (από τις 50 τυχαίες μετρήσεις) ισούται με 344,88g, ενώ για την Μηχανή 6 ισούται με 502,80g.

Η διάμεσος για κάθε μηχανή φανερώνει πρακτικά ότι το 50% των δειγματικών δεδομένων δεν ξεπερνάει την τιμή της διαμέσου. Οπότε για κάθε μηχανή αναλυτικά προκύπτει ότι, το 50% των δειγματικών δεδομένων καθαρού βάρους συσκευασιών χυμού 1L στη Μηχανή 1 δεν υπερβαίνει τα 1.050,0g και στη Μηχανή 2 τα 1.048,9g. Αντίστοιχα για τις υπόλοιπες μηχανές, το 50% των δειγματικών δεδομένων καθαρού βάρους συσκευασιών δεν υπερβαίνει τα 261,14g στη Μηχανή 3, τα 261,89g στη Μηχανή 4, τα 345,03g στη Μηχανή 5 και τα 502,23g στη Μηχανή 6.

**Πίνακας 12: Μέτρα διασποράς των δεδομένων των μεταβλητών**

<b>Μέτρα διασποράς</b>					
<b>Μεταβλητή</b>	<b>Τυπική απόκλιση</b>	<b>Εύρος</b>	<b>1<sup>ο</sup> τεταρτημόριο</b>	<b>3<sup>ο</sup> τεταρτημόριο</b>	<b>Συντελεστής μεταβλητότητας</b>
Καθαρό βάρος Μηχ. 1	5,82	23,5	1.046,3	1.054,3	0,55
Καθαρό βάρος Μηχ. 2	3,78	16,7	1.046,6	1.050,9	0,36
Καθαρό βάρος Μηχ. 3	3,61	14,13	259,46	265,01	1,38
Καθαρό βάρος Μηχ. 4	2,81	13,50	260,45	263,53	1,07
Καθαρό βάρος Μηχ. 5	3,68	13,65	341,91	347,73	1,07
Καθαρό βάρος Μηχ. 6	5,45	20,60	498,75	507,71	1,08

Σύμφωνα με τον Πίνακα 12 συμπεραίνουμε ότι η τυπική απόκλιση των μετρήσεων που αφορούν το καθαρό βάρος συσκευασιών 1L της Μηχανής 1 είναι ίση με 5,82g, που πρακτικά σημαίνει ότι μια αναμενόμενη διαφορά του καθαρού βάρους που συμβαίνει σε μια τυχαία μέτρηση της Μηχανής 1 έναντι του μέσου καθαρού βάρους όλων των μετρήσεων της συγκεκριμένης μηχανής είναι ίση με 5,82%. Ομοίως, για την Μηχανή 2 η τιμή αυτή είναι 3,78g. Για τις Μηχανές 3 και 4, οι αντίστοιχες τιμές είναι 3,61g και 2,81g, ενώ η αναμενόμενη διαφορά του καθαρού βάρους που συμβαίνει σε μια τυχαία μέτρηση της

Μηχανής 5 είναι 3,68g και της Μηχανής 6 είναι 5,45g. Όταν οι παρατηρήσεις δεν διαφέρουν πολύ από τη μέση τιμή τους, η τυπική απόκλιση είναι μικρή, ενώ σε αντίθετη περίπτωση όσο μεγαλώνει τόσο διασκορπίζονται γύρω από τη μέση τιμή τους.

Το εύρος των μετρήσεων πρακτικά μας φανερώνει ότι η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ δύο μετρήσεων δεν μπορεί να υπερβαίνει τις τιμές 23,5, 16,7, 14,13, 13,50, 13,65, 20,60 για τις Μηχανές 1-6 κατά σειρά.

Το 1<sup>ο</sup> τεταρτημόριο για τις υπό μελέτη μετρήσεις φανερώνει ότι 1 στις 4 μετρήσεις παρουσιάζει καθαρό βάρος το πολύ ίσο με τις τιμές Q1 για κάθε μηχανή. Έτσι, έχουμε 1 στις 4 μετρήσεις για τη Μηχανή 1 να παρουσιάζει καθαρό βάρος των συσκευασιών 1L το πολύ ίσο με 1.046,3g, για τη Μηχανή 2 το πολύ ίσο με 1.046,6g, 1 στις 4 μετρήσεις καθαρού βάρους των συσκευασιών 250ml να είναι το πολύ ίσο με 259,46g για τη Μηχανή 3 και 260,45g για τη Μηχανή 4. Για τις Μηχανές 5 και 6, 1 στις 4 μετρήσεις καθαρού βάρους των συσκευασιών τους φαίνεται να είναι το πολύ ίσο με 341,91g και 498,75g αντίστοιχα.

Το 3<sup>ο</sup> τεταρτημόριο για τις υπό μελέτη μετρήσεις φανερώνει ότι 1 στις 4 μετρήσεις παρουσιάζει καθαρό βάρος τουλάχιστον ίσο με τις τιμές Q3 για κάθε μηχανή. Έτσι, έχουμε 1 στις 4 μετρήσεις για τη Μηχανή 1 να παρουσιάζει καθαρό βάρος των συσκευασιών τουλάχιστον ίσο με 1.054,3g, για τη Μηχανή 2 τουλάχιστον ίσο με 1.048,9g, για τη Μηχανή 3 τουλάχιστον ίσο με 265,01g, για τη Μηχανή 4 τουλάχιστον ίσο με 263,53g. Για τις Μηχανές 5 και 6, 1 στις 4 μετρήσεις καθαρού βάρους των συσκευασιών τους φαίνεται να είναι τουλάχιστον ίσο με 347,73g και 507,71g αντίστοιχα.

Ο συντελεστής μεταβλητότητας των μετρήσεων φανερώνει πόσο ομοιογενές είναι το δείγμα μας, ως προς τα καταγεγραμμένα καθαρά βάρη. Δηλαδή, φανερώνει κατά πόσο οι υπό μελέτη μετρήσεις παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις ως προς το καθαρό βάρος της κάθε μηχανής. Την μεγαλύτερη ομοιογένεια την παρουσιάζει η Μηχανή 6, ενώ την μικρότερη η Μηχανή 2. Γενικά, στο σύνολό τους για όλες τις μηχανές μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι υπό μελέτη μετρήσεις δεν παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις από τα αντίστοιχα καθαρά βάρη.

**Πίνακας 13: Μέτρα ασυμμετρίας και κύρτωσης των δεδομένων των μεταβλητών**

Μέτρα μορφής		
Μεταβλητή	Συντελεστής ασυμμετρίας	Συντελεστής κύρτωσης
Καθαρό βάρος Μηχ. 1	-0,55	-0,26
Καθαρό βάρος Μηχ. 2	-0,26	0,04
Καθαρό βάρος Μηχ. 3	0,24	-0,61
Καθαρό βάρος Μηχ. 4	-0,35	0,49
Καθαρό βάρος Μηχ. 5	-0,04	-0,82
Καθαρό βάρος Μηχ. 6	-0,23	-0,72

Ο συντελεστής ασυμμετρίας μας φανερώνει συμμετρία ή όχι των δεδομένων ως προς την κατακόρυφη ευθεία που διέρχεται από την κορυφή της καμπύλης συχνοτήτων. Η κατανομή ενός πληθυσμού μπορεί να είναι συμμετρική ( $Skewness=0$ ) όταν οι τιμές διατάσσονται συμμετρικά γύρω από τη μέση τιμή. Όταν δεν συμβαίνει αυτό λέμε ότι έχουμε είτε θετική είτε αρνητική ασυμμετρία (ή λοξότητα). Όταν ο συντελεστής ασυμμετρίας παίρνει τιμές μεταξύ  $(0, \pm 1)$  τότε έχουμε μικρή ασυμμετρία. Η μηχανή 3 παρουσιάζει θετική ασυμμετρία, ενώ οι υπόλοιπες αρνητική. Όταν ο συντελεστής ασυμμετρίας παίρνει τιμές μεταξύ  $(\pm 0,1, \pm 0,3)$  τότε έχουμε μέτρια ασυμμετρία, ενώ όταν παίρνει τιμές μικρότερες του  $-0,3$  ή μεγαλύτερες του  $0,3$  η ασυμμετρία είναι έντονη. Μικρή ασυμμετρία εμφανίζεται στη Μηχανή 5, μέτρια ασυμμετρία εμφανίζεται στη Μηχανή 2, 3 και 6, ενώ οι υπόλοιπες παρουσιάζουν έντονη ασυμμετρία.

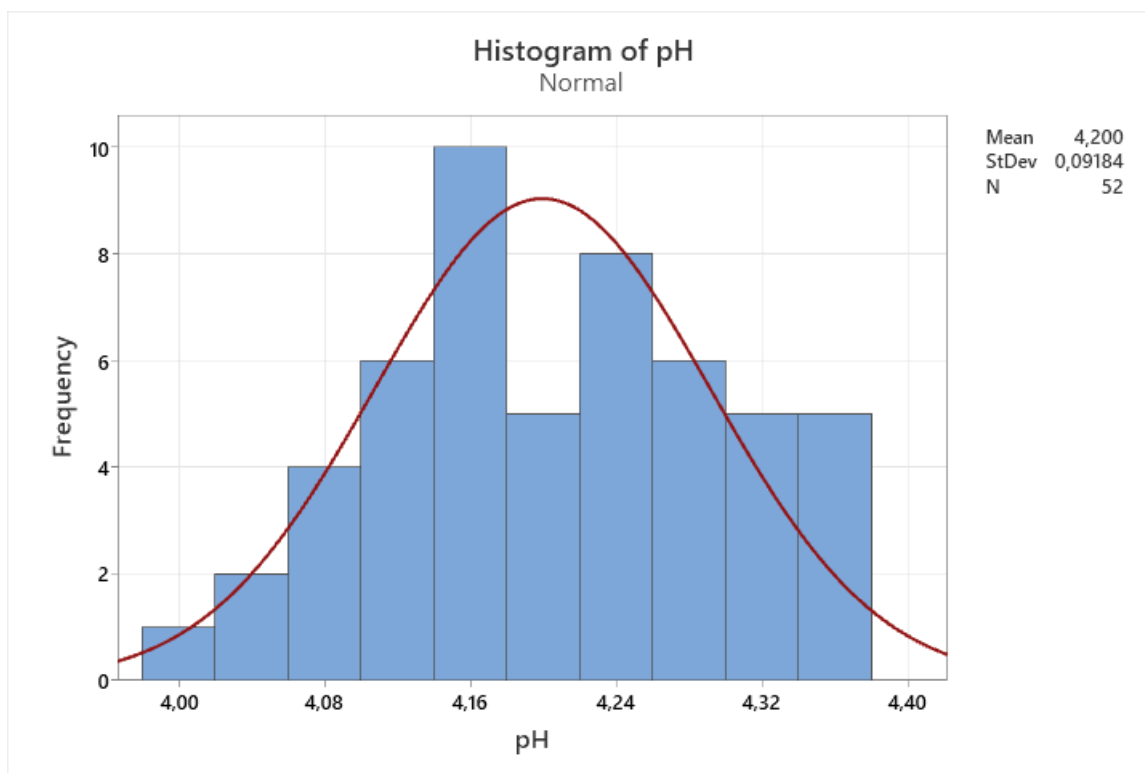
Η κύρτωση μιας κατανομής μετράει τον βαθμό της συγκέντρωσης των τιμών της στην περιοχή της μέσης τιμής ή στα άκρα. Επίσης, χαρακτηρίζει το ύψος της κορυφής της κατανομής και δίνει πληροφορίες για την αιχμηρότητα της καμπύλης. Αν ο συντελεστής κύρτωσης ( $kurtosis > 0$ ) είναι θετικός τότε έχουμε λεπτόκυρτη κατανομή, ενώ αν είναι αρνητικός ( $kurtosis < 0$ ) έχουμε πλατύκυρτη κατανομή. Αν ο συντελεστής είναι μηδενικός ( $Kurtosis = 0$ ) τότε έχουμε μεσόκυρτη ή κανονική κατανομή. Από τα δεδομένα μας παρατηρούμε ότι μόνο οι Μηχανές 2 και 4 παρουσιάζουν λεπτόκυρτη κατανομή, ενώ όλες οι υπόλοιπες έχουν πλατύκυρτη.



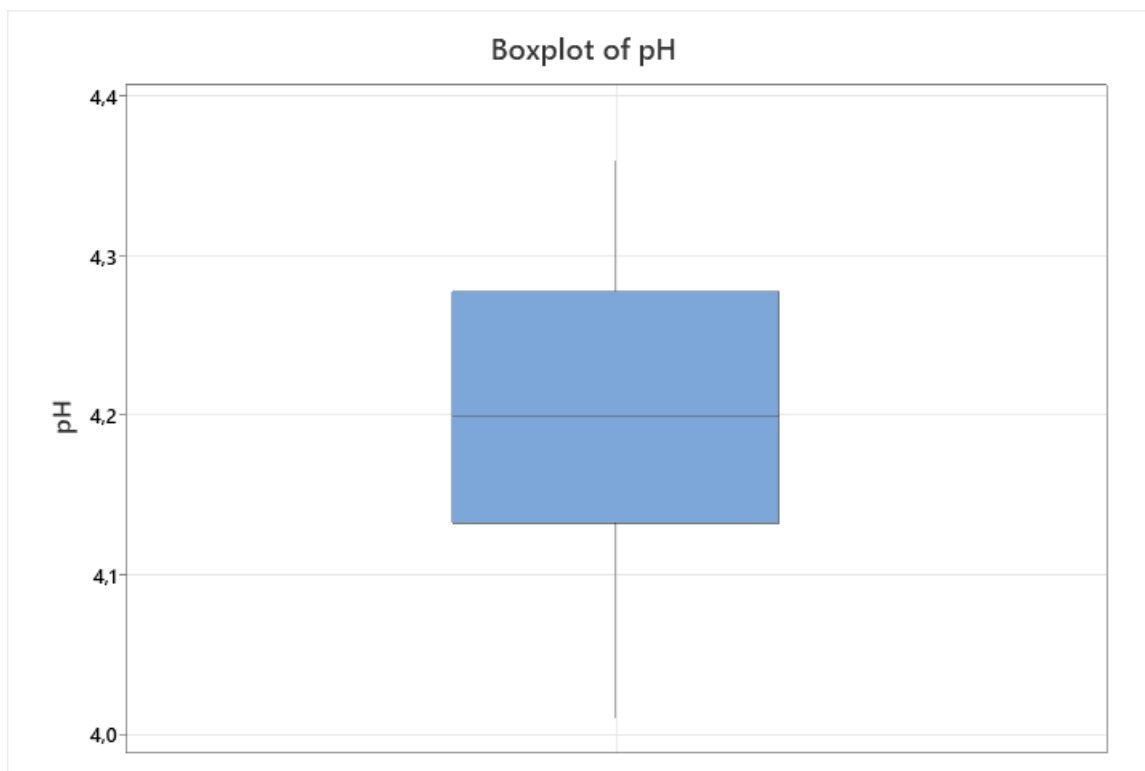
### 4.3.2 Γραφήματα pH

Για την γραφική απεικόνιση των δεδομένων χρησιμοποιούνται ιστογράμματα και θηκογράμματα, καθώς όλες οι μεταβλητές μας είναι συνεχείς. Η ακολουθία εντολών στο Minitab είναι Graph > Histogram και Graph > Boxplot. Για τον υπολογισμό των μέτρων θέσης και διασποράς ακολουθείται η ακολουθία εντολών Stat > Basic Statistics > Display Descriptive Statistics. Η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί για τα δεδομένα και της Φάσης Ι.

- Φάση Ι



Σχήμα 19: Ιστόγραμμα μεταβλητής pH στη Φάση Ι



Σχήμα 20: Θηκόγραμμα μεταβλητής pH στη Φάση I

Πίνακας 14: Μέτρα θέσης και διασποράς της μεταβλητής pH στη Φάση I

### Statistics

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Q1	Median	Q3
pH	52	0	4,1996	0,0127	0,0918	0,0084	2,19	4,0100	4,1325	4,2000	4,2775

Variable	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode	Skewness	Kurtosis
pH	4,3600	0,3500	0,1450	4,15; 4,22	5	-0,05	-0,81

Επομένως, σύμφωνα με τα Σχήματα 19 και 20 μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η μεταβλητή pH στη Φάση I ακολουθεί την κανονική κατανομή. Στο θηκόγραμμα του Σχήματος 20 δεν παρατηρείται κάποια εξωκείμενη παρατήρηση, ενώ παρατηρούμε μικρή διαφορά στα μήκη των δύο μύστακων φανερώνοντας θετική λοξότητα.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 14 συμπεραίνουμε πως η δειγματική μέση τιμή των τιμών του δείγματος της μεταβλητής pH είναι 4,1996 και το τυπικό σφάλμα είναι 0,0918. Το εύρος των μετρήσεων πρακτικά μας φανερώνει ότι η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ δύο μετρήσεων δεν μπορεί να υπερβαίνει την τιμή 0,35. Η διάμεσος φανερώνει πρακτικά ότι το 50% των δειγματικών δεδομένων δεν ξεπερνάει την τιμή 4,2. Η επικρατούσα τιμή του δείγματος

ισούται με 4,22 με συχνότητα εμφάνισης 5 φορές. Ο συντελεστής διακύμανσης είναι μικρότερος του 10% (2,19) άρα το δείγμα μας είναι ομοιογενές.

Το 1<sup>ο</sup> τεταρτημόριο για τις υπό μελέτη μετρήσεις φανερώνει ότι 1 στις 4 μετρήσεις παρουσιάζει pH το πολύ ίσο με τις τιμές Q1. Έτσι, έχουμε 1 στις 4 μετρήσεις με pH το πολύ ίσο με 4,1325. Το 3<sup>ο</sup> τεταρτημόριο για τις υπό μελέτη μετρήσεις φανερώνει ότι 1 στις 4 μετρήσεις παρουσιάζει pH τουλάχιστον ίσο με τις τιμές Q3. Έτσι, έχουμε 1 στις 4 μετρήσεις με pH τουλάχιστον ίσο με 4,2775.

Ο συντελεστής ασυμμετρίας ισούται με -0,05, άρα έχουμε μέτρια λοξότητα με ελαφριά λοξότητα προς τα αριστερά. Ο συντελεστής κύρτωσης είναι -0,81 και επομένως έχουμε πλατύκυρτη κατανομή.

## Κεφάλαιο 5. Επαγωγική Στατιστική Ανάλυση

### 5.1 Καθαρό βάρος

Η εταιρία συσκευάζει χυμούς με πιο αυστηρά όρια από τα νομοθετικά, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Ανώτερο όριο έχει οριστεί από την επιχείρηση για κάθε μηχανή, καθώς όσο αυξάνεται ο όγκος άρα και το βάρος του χυμού πάνω από το επιθυμητό αυξάνεται και το κόστος της παραγωγής. Εκτός από το ανώτερο έχει οριστεί και κατώτερο όριο για να βρίσκεται πάντα εντός νομοθετικού πλαισίου.

Επομένως για τις μηχανές του 1L επιλέχθηκε σφάλμα 1,0% αντί για 1,5%, σε γραμμάρια δηλαδή  $\pm 10\text{ml}$  (ή  $\pm 10,46\text{g}$ ). Για τις μηχανές των 250ml έχουμε ανεκτό σφάλμα 9g (περίπου 3,6%), η επιχείρηση όμως επιλέγει 3% σφάλμα, δηλαδή  $\pm 7,5\text{ml}$  (ή  $\pm 7,84\text{g}$ ). Για την μηχανή των 330ml αντί για 3% επιλέχθηκε το 2%, δηλαδή  $\pm 6,6\text{ml}$  (ή  $\pm 6,9\text{g}$ ). Τέλος, για την μηχανή των 500g αντί για 15g επιλέχθηκαν τα 10g. Τα επιθυμητά ανώτερα και κατώτερα όρια που έχει θέσει η επιχείρηση παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 15.

Πίνακας 15: Επιθυμητά όρια βάρους συσκευασιών ανάλογα με το είδος της συσκευασίας

Ασηπτική συσκευασία	Επιθυμητό κατώτερο όριο (g)	Επιθυμητό ανώτερο όριο (g)
250ml = 262g	254,16	269,84
330ml = 345g	338,1	351,9
500g	490	510
1L = 1.046g	1.035,54	1.056,46

Οι μετρήσεις μας είναι μεμονωμένες, οπότε δεν μπορούμε να εφαρμόσουμε το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα (πλήθος παρατηρήσεων  $< 30$ ) για να εξασφαλίσουμε την κανονικότητα της στατιστικής συνάρτησης. Επομένως, για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε το διάγραμμα I-MR πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι τα δεδομένα μας ακολουθούν την κανονική κατανομή και είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Γι αυτό το σκοπό, θα κάνουμε έλεγχο κανονικότητας των δεδομένων κάθε μηχανής. Στο Κεφάλαιο 4, όπου πραγματοποιήθηκε η περιγραφική στατιστική ανάλυση δεδομένων φαίνεται ότι κάποιες μηχανές δεν παρουσιάζουν

κανονικότητα. Επομένως στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε με επαγωγική στατιστική αν η υπόθεση της κανονικότητας ή μη ήταν σωστή.

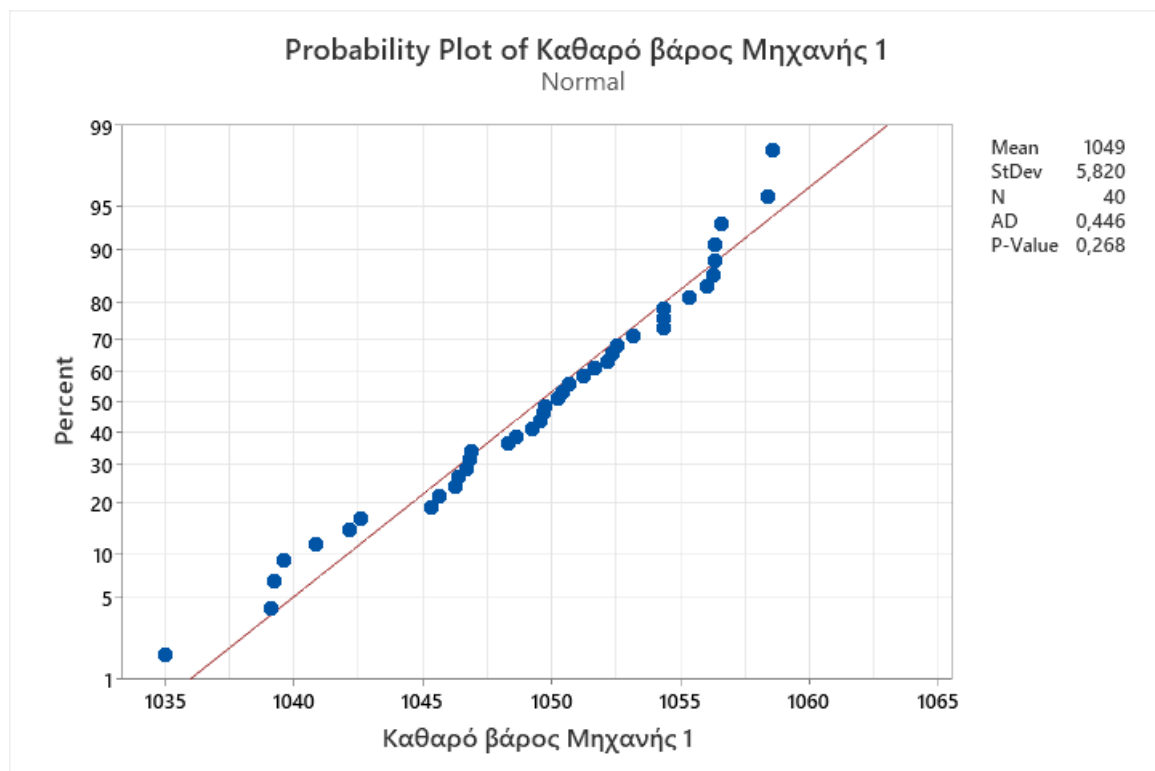
Η ακολουθία εντολών για τον έλεγχο της κανονικότητας στο Minitab είναι: Stat> Basic Statistics> Normality Test. Σε κάθε περίπτωση επιλέγεται ο έλεγχος Anderson-Darling.

Η ακολουθία εντολών για τον έλεγχο της ανεξαρτησίας στο Minitab είναι: Stat> Nonparametrics> Run Tests.

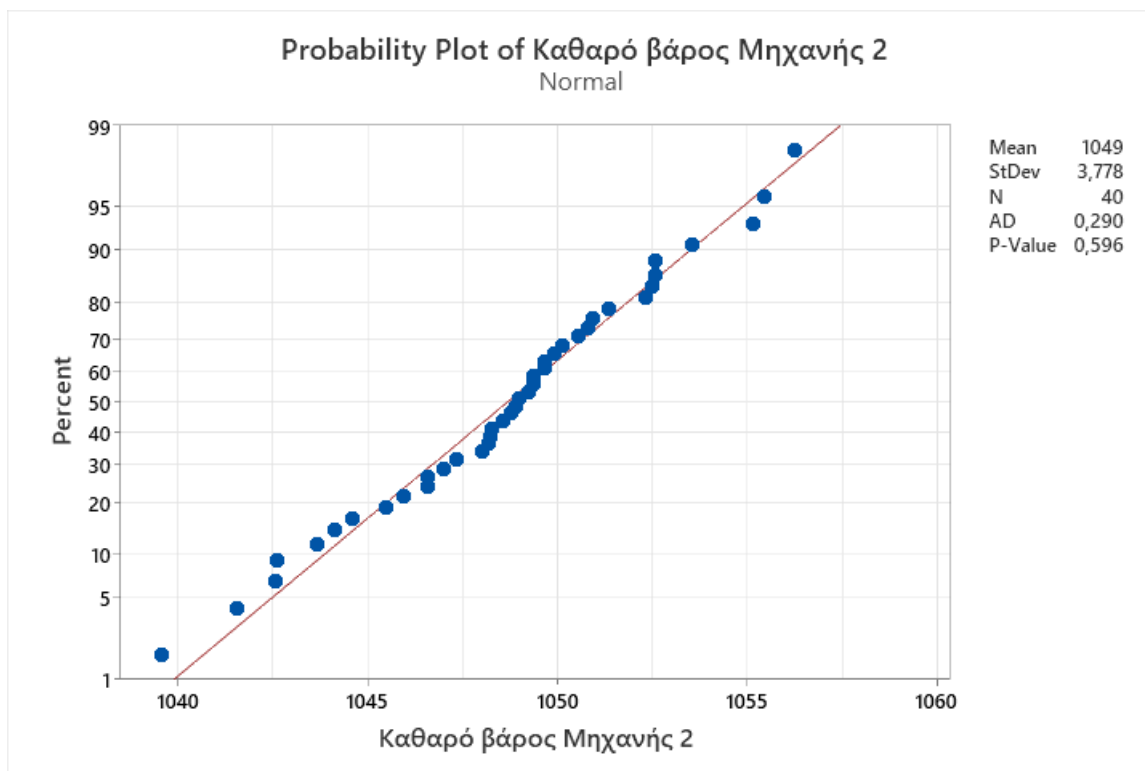
Η ακολουθία εντολών για το διάγραμμα I-MR στο Minitab είναι: Stat> Control Charts> Variables Charts for Individuals> I-MR.

Η ακολουθία εντολών για το διάγραμμα EWMA στο Minitab είναι: Stat> Control Charts> Time-Weighted Charts> EWMA, Subgroup sizes=1, Weight of EWMA=0,2.

- **Μηχανή 1 και Μηχανή 2**



Σχήμα 21: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 1



Σχήμα 22: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 2

Η μηδενική υπόθεση  $H_0$  είναι η κανονικότητα της κατανομής, έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης  $H_1$  όπου θεωρούμε την κατανομή μη κανονική. Η μηδενική υπόθεση κανονικότητας είναι αποδεκτή και στις δυο περιπτώσεις, αφού το  $p\text{-value}=0,268>0,05$  και  $p\text{-value}=0,596>0,05$  σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Ακολουθεί ο έλεγχος ανεξαρτησίας.

Πίνακας 16: Τυχαιότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 1

### Descriptive Statistics

Number of Observations			
N	K	≤ K	> K
40	1049,47	17	23

$K = \text{sample mean}$

### Test

Null hypothesis  $H_0$ : The order of the data is random  
Alternative hypothesis  $H_1$ : The order of the data is not random

Number of Runs		
Observed	Expected	P-Value
23	20,55	0,422

**Πίνακας 17: Τυχειότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 2.**

Descriptive Statistics

Number of Observations			
N	K	≤ K	> K
40	1048,66	18	22

*K = sample mean*

Test

Null hypothesis  $H_0$ : The order of the data is random

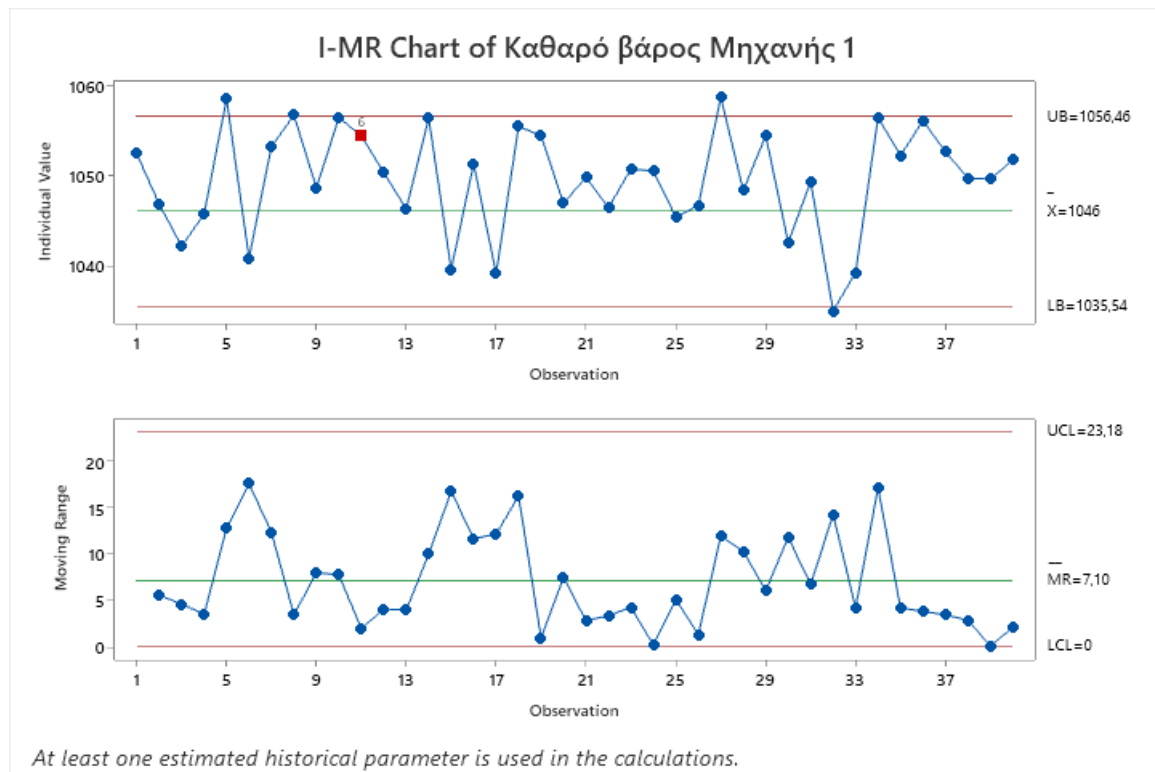
Alternative hypothesis  $H_1$ : The order of the data is not random

Number of Runs		
Observed	Expected	P-Value
25	20,80	0,174

Η επιλογή του κατάλληλου Διαγράμματος Ελέγχου εξαρτάται από την αυτοσυσχέτιση των δεδομένων που χρησιμοποιούμε. Οι υποθέσεις είναι, η μηδενική  $H_0$ , όπου τα δεδομένα είναι τυχαία έναντι της εναλλακτικής  $H_1$ , όπου τα δεδομένα δεν είναι τυχαία και υπάρχει αυτοσυσχέτιση. Επομένως, από τους Πίνακες 16 και 17 επιβεβαιώνεται και η ανεξαρτησία των δεδομένων αφού  $p\text{-value}=0,422>0,05$  για την Μηχανή 1 και  $p\text{-value}=0,174>0,05$  για τη Μηχανή 2, δηλαδή δεν επαληθεύεται στατιστικά η υπόθεση για πιθανή αυτοσυσχέτιση των παρατηρήσεων.

Έχοντας επιβεβαιώσει την κανονικότητα και την ανεξαρτησία μπορούμε να προχωρήσουμε την ανάλυση. Θα ελέγξουμε αν η διεργασία συνεχίζει να είναι εντός ελέγχου στη Φάση II, ανιχνεύοντας αρχικά τις απότομες και μεγάλες αλλαγές με το διάγραμμα I-MR. Για τη Μηχανή 1 και τη Μηχανή 2 στην καρτέλα I-MR Options> parameters θα δοθούν οι τιμές που έχει ορίσει η επιχείρηση ως όρια ελέγχου. Άρα,  $\text{mean}=1.046$ , στην καρτέλα limits ορίζουμε το άνω και το κάτω όριο: 1.035,54 και 1.056,46 αντίστοιχα. Στην καρτέλα Tests επιλέγουμε όλα τα διαθέσιμα τεστ. Έτσι προκύπτει το Σχήμα 24 για τη Μηχανή 1 και το Σχήμα 25 για τη Μηχανή 2.



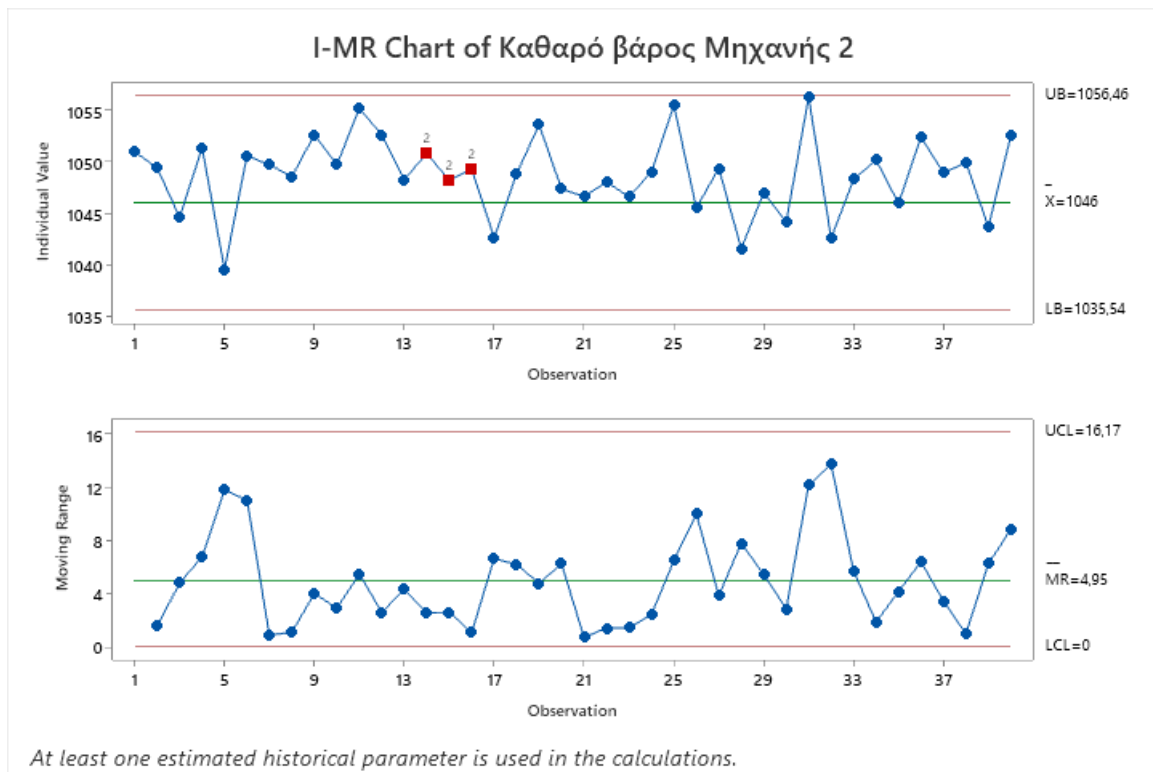


### Test Results for I Chart of Καθαρό βάρος Μηχανής 1

TEST 6. 4 out of 5 points more than 1 standard deviation from center line (on one side of CL).

Test Failed at points: 11

**Σχήμα 23: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 1**



### Test Results for I Chart of Καθαρό βάρος Μηχανής 2

TEST 2. 9 points in a row on same side of center line.

Test Failed at points: 14; 15; 16

#### Σχήμα 24: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 2

Για τον εντοπισμό ειδικών αιτιών το Minitab εξετάζει τα ακόλουθα μοτίβα:

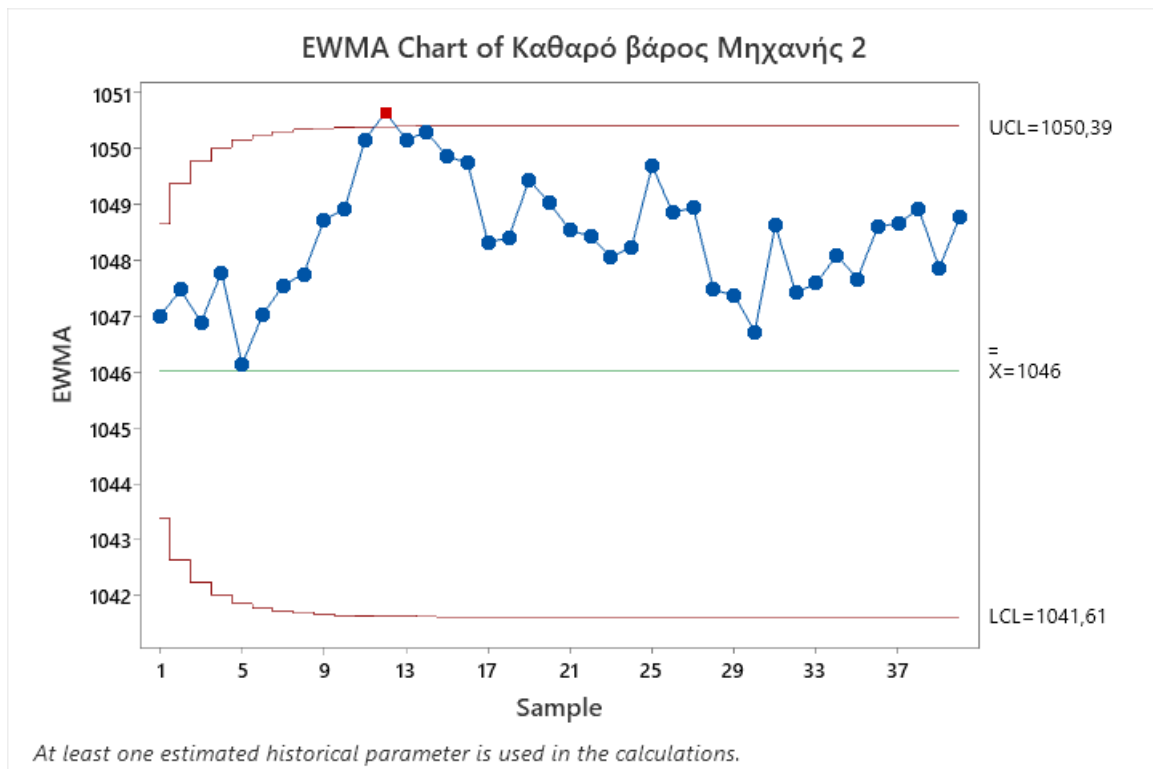
1. 1 σημείο που απέχει περισσότερες από 3 τυπικές αποκλίσεις από την κεντρική γραμμή
2. 9 συνεχόμενα σημεία από την ίδια μεριά της κεντρικής γραμμής
3. 6 συνεχόμενα σημεία που βρίσκονται είτε σε ανοδική είτε σε καθοδική πορεία
4. 14 σημεία που εναλλάσσονται πάνω κάτω
5. 2 στα 3 σημεία που απέχουν περισσότερο από 2 τυπικές αποκλίσεις και βρίσκονται στην ίδια μεριά της κεντρικής γραμμής
6. 4 στα 5 σημεία που απέχουν περισσότερο από μία τυπική απόκλιση από την κεντρική γραμμή και βρίσκονται στην ίδια μεριά της

7. 15 συνεχόμενα σημεία που απέχουν το πολύ μια τυπική απόκλιση από την κεντρική γραμμή και ας είναι σε διαφορετική μεριά της κεντρικής γραμμής
8. 8 συνεχόμενα σημεία που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη της μιας τυπικής απόκλισης από την κεντρική γραμμή και ας είναι σε διαφορετική μεριά της κεντρικής γραμμής

Για τις μετρήσεις που αντιστοιχούν στη Μηχανή 1 διαπιστώνεται από το Σχήμα 23 και τους ελέγχους του Minitab ότι υπάρχουν ενδείξεις ότι η διεργασία βρίσκεται εκτός στατιστικού ελέγχου, καθώς αποτυγχάνει στον έλεγχο 6, 2 σημεία της βρίσκονται εκτός ορίων ελέγχου (παρατηρήσεις 5, 27, 32) και αρκετά προσεγγίζουν το άνω όριο προδιαγραφών.

Για τις μετρήσεις που αντιστοιχούν στη Μηχανή 2 διαπιστώνεται από το Σχήμα 24 ότι δεν υπάρχει κάποιο σημείο εκτός των ορίων ελέγχου, οπότε θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι η μηχανή στη Φάση II παραμένει εντός ελέγχου. Ωστόσο, από τους ελέγχους του Minitab προκύπτει αποτυχία στον έλεγχο 2 και εντοπίζεται ότι η παρατήρηση 31 προσεγγίζει πολύ το άνω όριο. Τα συγκεκριμένα ευρήματα δημιουργούν υποψίες για ύπαρξη ειδικών αιτιών στη διεργασία.

Για την ανίχνευση των μικρών και σταδιακών αλλαγών θα χρησιμοποιήσουμε το διάγραμμα EWMA. Στην καρτέλα EWMA options> parameters επιλέγεται ως mean= 1.046, στην καρτέλα limits ορίζουμε το άνω και το κάτω όριο: 1.035,54 και 1.056,46 αντίστοιχα. Στην καρτέλα Tests επιλέγουμε τεστ 1 σημείο με απόσταση μεγαλύτερη από 3 τυπικές αποκλίσεις. Έτσι προκύπτει το Σχήμα 25 για τη Μηχανή 2, για τη Μηχανή 1 ο έλεγχος αυτός δεν χρειάζεται καθώς γνωρίζουμε πως βρίσκεται εκτός ελέγχου.



### Test Results for EWMA Chart of Καθαρό βάρος Μηχανής 2

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.

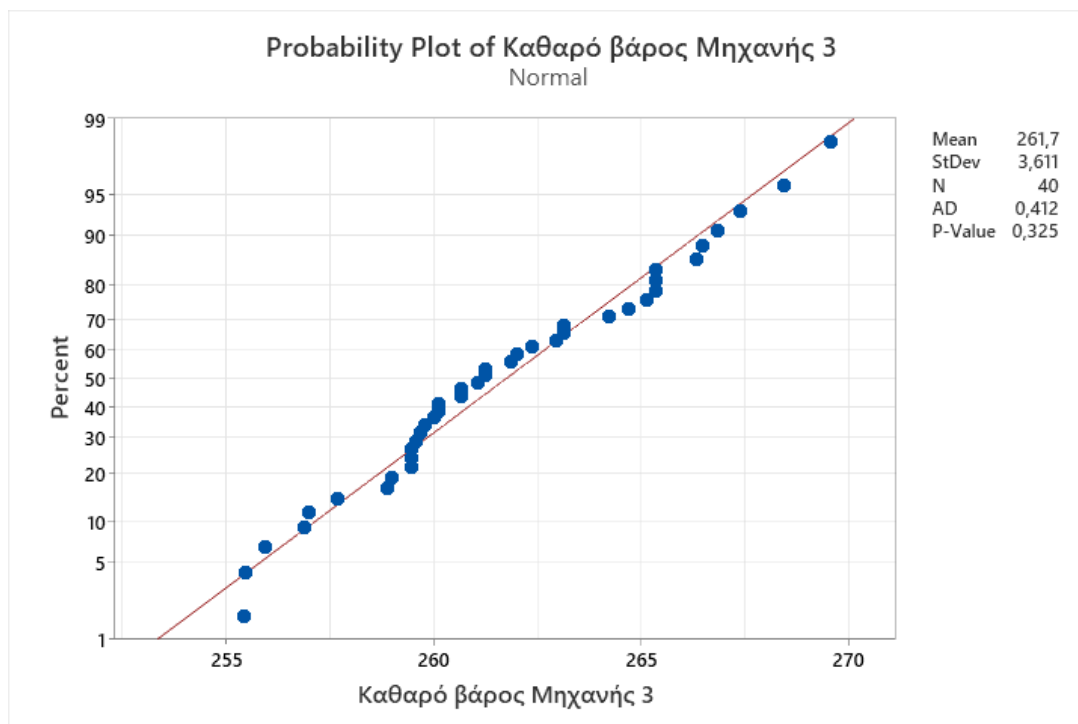
Test Failed at points: 12

#### Σχήμα 25: Διάγραμμα EWMA για το καθαρό βάρος της Μηχανής 2

Από το Σχήμα 25 για τη Μηχανή 2 προκύπτει ότι το σημείο 12 βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 3 τυπικών αποκλίσεων πάνω από την κεντρική γραμμή. Επομένως, υπάρχουν ενδείξεις παρουσία ειδικών αιτιών και ότι η παραγωγική διαδικασία βρέθηκε εκτός στατιστικού ελέγχου για τη Μηχανή 2, σύμφωνα με τα όρια που έχει θέσει η επιχείρηση. Το τμήμα ποιοτικού ελέγχου πρέπει να κάνει τις προβλεπόμενες ενέργειες, ώστε να βρεθεί γιατί υπάρχει αυτή η αστοχία. Πιθανά αίτια μπορεί να είναι ότι διαφορετικοί άνθρωποι πραγματοποιούν τις μετρήσεις, η αστοχία του χειριστή της μηχανής, πτώσεις τάσης, ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας, λανθασμένη λειτουργία μηχανών, κλπ.

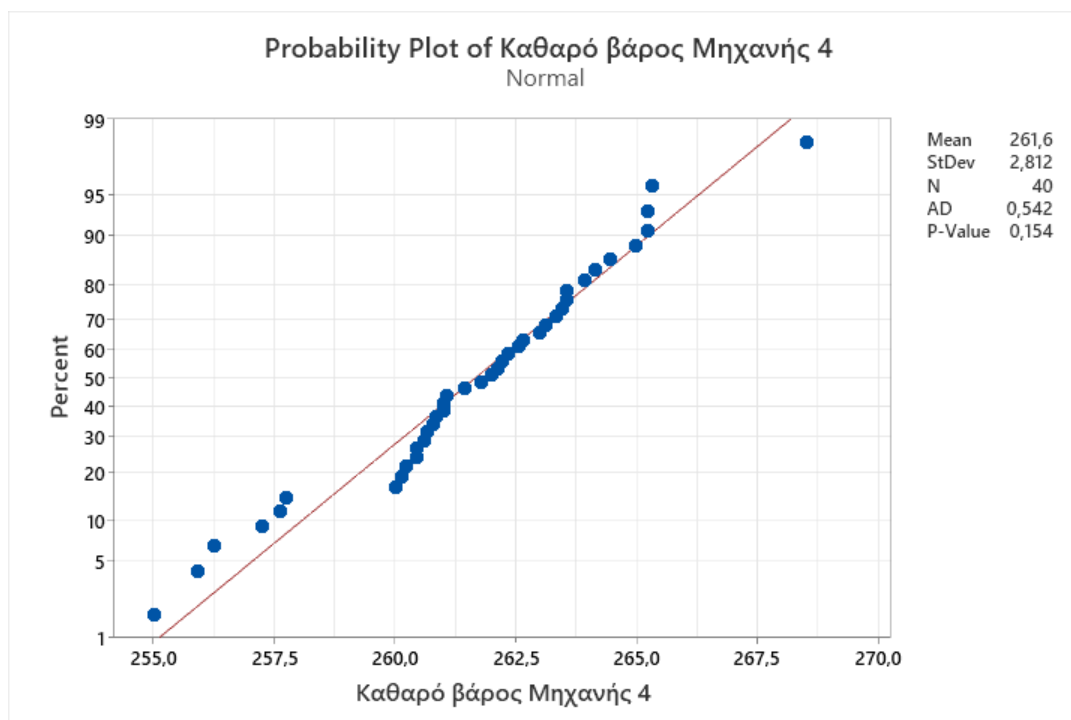
Ο ίδιος έλεγχος και η ίδια διαδικασία θα πραγματοποιηθεί για όλες τις μηχανές.

- Μηχανή 3 και Μηχανή 4



Σχήμα 26: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 3

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για τη Μηχανή 3 φαίνεται να ακολουθούν την κανονικότητα, αφού το  $p\text{-value}=0,325>0,05$ .



Σχήμα 27: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 4

Η μηδενική υπόθεση κανονικότητας είναι αποδεκτή για τη Μηχανή 4, αφού  $p\text{-value}=0,154>0,05$  σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Ακολουθεί ο έλεγχος ανεξαρτησίας.

**Πίνακας 18: Τυχαιότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 3**

Descriptive Statistics

Test

Number of Observations			
N	K	≤ K	> K
40	261,725	22	18

*K = sample mean*

Number of Runs		
Observed	Expected	P-Value
19	20,80	0,560

**Πίνακας 19: Τυχαιότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 4**

Descriptive Statistics

Test

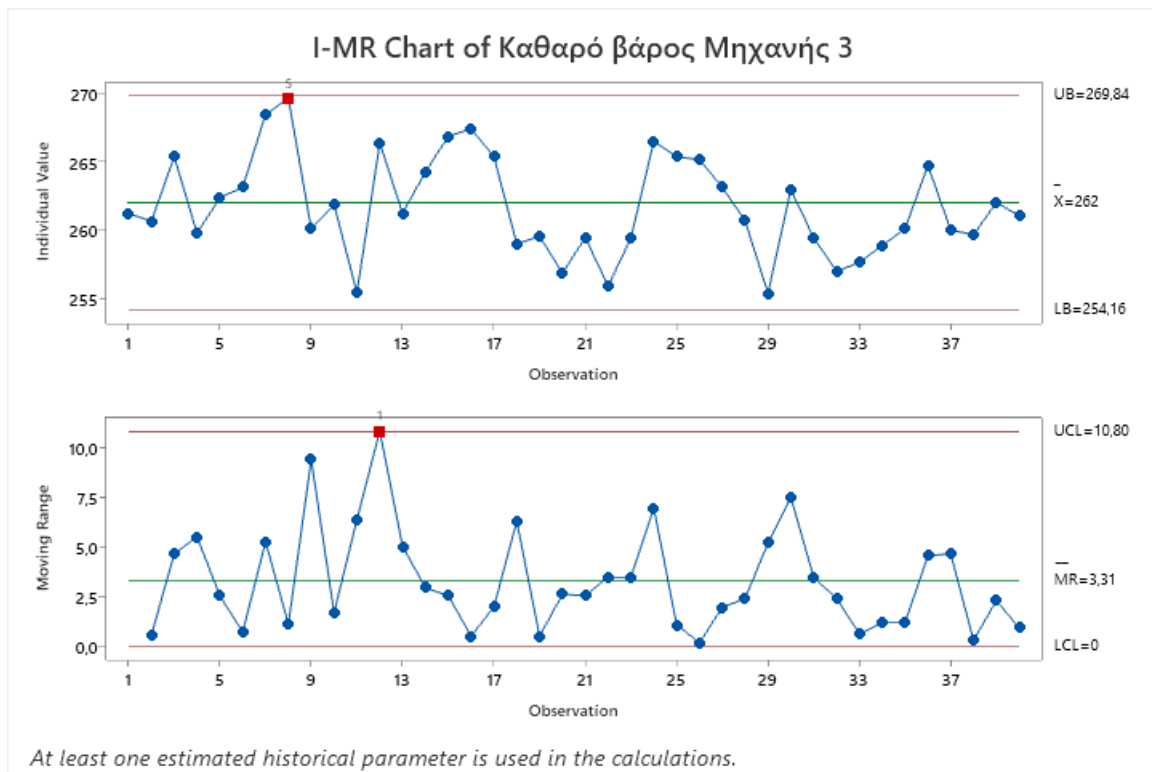
Number of Observations			
N	K	≤ K	> K
40	261,648	19	21

*K = sample mean*

Number of Runs		
Observed	Expected	P-Value
20	20,95	0,760

Επιβεβαιώνεται και η ανεξαρτησία των δεδομένων αφού  $p\text{-value}=0,56>0,05$  για την Μηχανή 3 και  $p\text{-value}=0,76>0,05$  για τη Μηχανή 4, δηλαδή δεν επαληθεύεται στατιστικά η υπόθεση για πιθανή αυτοσυσχέτιση των παρατηρήσεων.

Έχοντας επιβεβαιώσει την κανονικότητα και την ανεξαρτησία μπορούμε να προχωρήσουμε την ανάλυση. Θα ελέγξουμε αν η διεργασία είναι εντός ελέγχου, ανιχνεύοντας αρχικά τις απότομες και μεγάλες αλλαγές με το διάγραμμα I-MR. Για τη Μηχανή 3 και τη Μηχανή 4 στην καρτέλα I-MR Options> parameters θα δοθούν οι τιμές που έχει ορίσει η επιχείρηση ως όρια ελέγχου. Άρα,  $\text{mean}=262$ , στην καρτέλα limits ορίζουμε το άνω και το κάτω όριο: 254,16 και 269,84 αντίστοιχα. Στην καρτέλα Tests επιλέγουμε όλα τα διαθέσιμα τεστ. Έτσι προκύπτει το Σχήμα 28 για τη Μηχανή 3 και το Σχήμα 29 για τη Μηχανή 4.



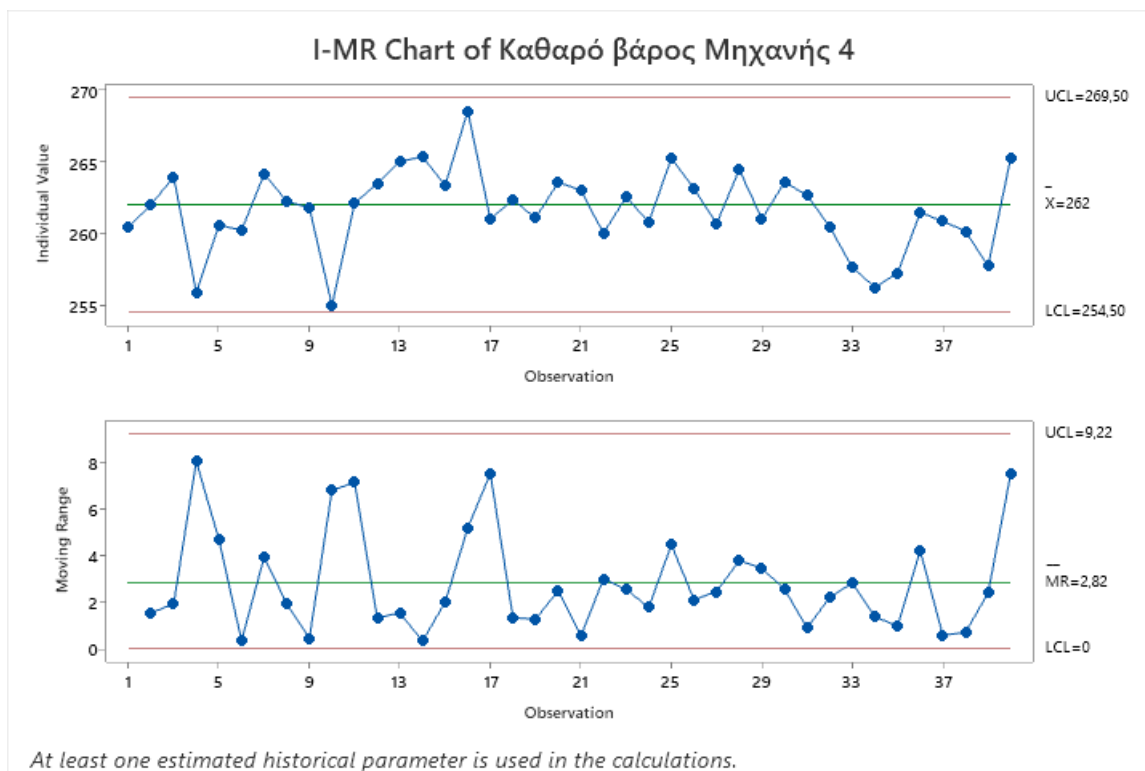
### Test Results for I Chart of Καθαρό βάρος Μηχανής 3

TEST 5. 2 out of 3 points more than 2 standard deviations from center line (on one side of CL).  
Test Failed at points: 8

### Test Results for MR Chart of Καθαρό βάρος Μηχανής 3

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.  
Test Failed at points: 12

**Σχήμα 28: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 3**



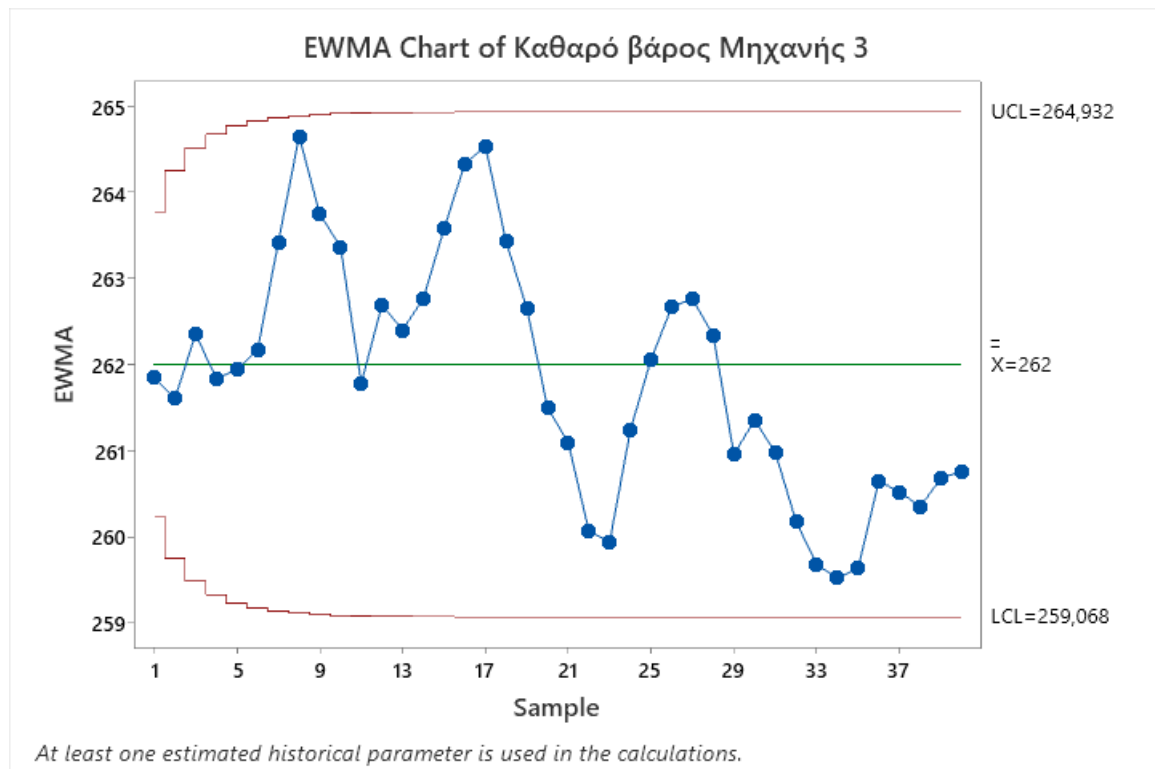
**Σχήμα 29: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 4**

Για τις μετρήσεις που αντιστοιχούν στη Μηχανή 3 διαπιστώνεται από το Σχήμα 28 ότι δεν υπάρχει κάποιο σημείο εκτός των ορίων ελέγχου, οπότε θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι η μηχανή στη Φάση II παραμένει εντός ελέγχου. Ωστόσο, από τους ελέγχους του Minitab προκύπτει αποτυχία στον έλεγχο 5 στο διάγραμμα μέσης τιμής και στον έλεγχο 1 στο διάγραμμα κινούμενου εύρους. Αυτό δημιουργεί υποψίες για ύπαρξη ειδικών αιτιών στη διεργασία.

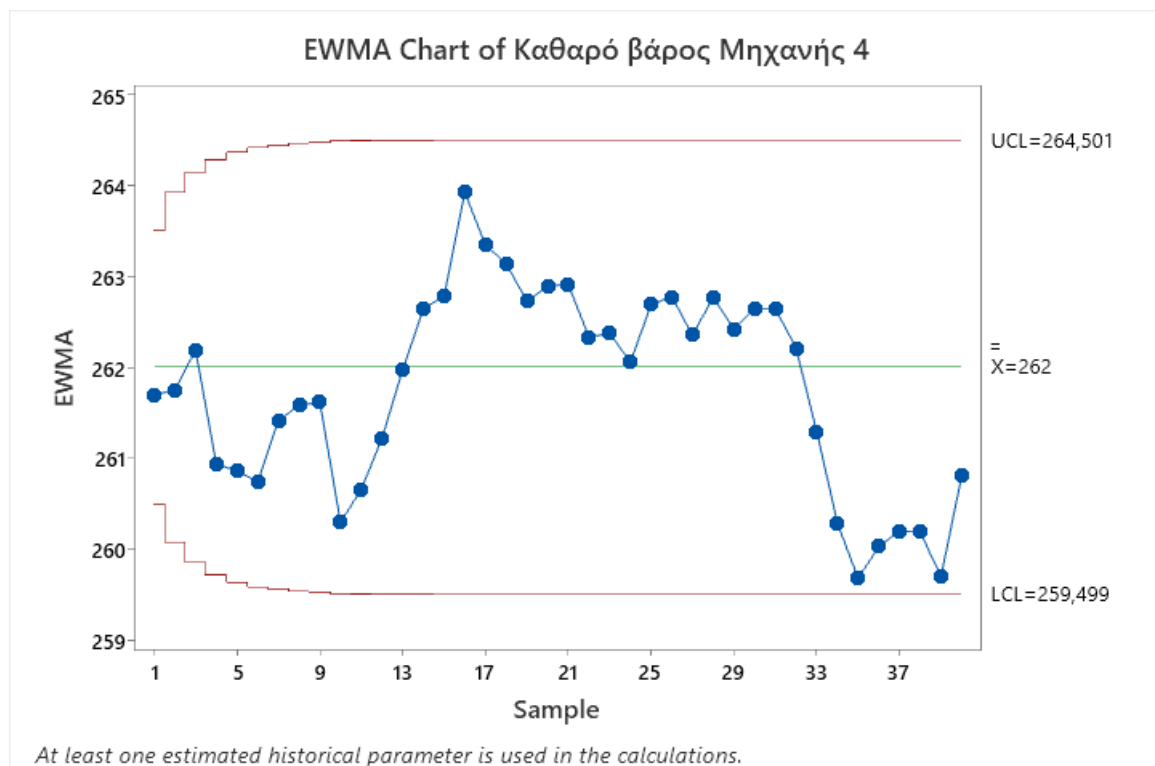
Για τις μετρήσεις που αντιστοιχούν στη Μηχανή 4 διαπιστώνεται από το Σχήμα 29 και τους ελέγχους του Minitab ότι η διεργασία βρίσκεται εντός στατιστικού ελέγχου.

Για την ανίχνευση των μικρών και σταδιακών αλλαγών θα χρησιμοποιήσουμε το διάγραμμα EWMA. Στην καρτέλα EWMA options> parameters επιλέγεται ως mean= 262, στην καρτέλα limits ορίζουμε το άνω και το κάτω όριο: 254,16 και 269,84 αντίστοιχα. Στην καρτέλα Tests επιλέγουμε τεστ 1 σημείο με απόσταση μεγαλύτερη από 3 τυπικές αποκλίσεις. Έτσι προκύπτει το Σχήμα 30 για τη Μηχανή 3 και το Σχήμα 31 για τη Μηχανή 4.





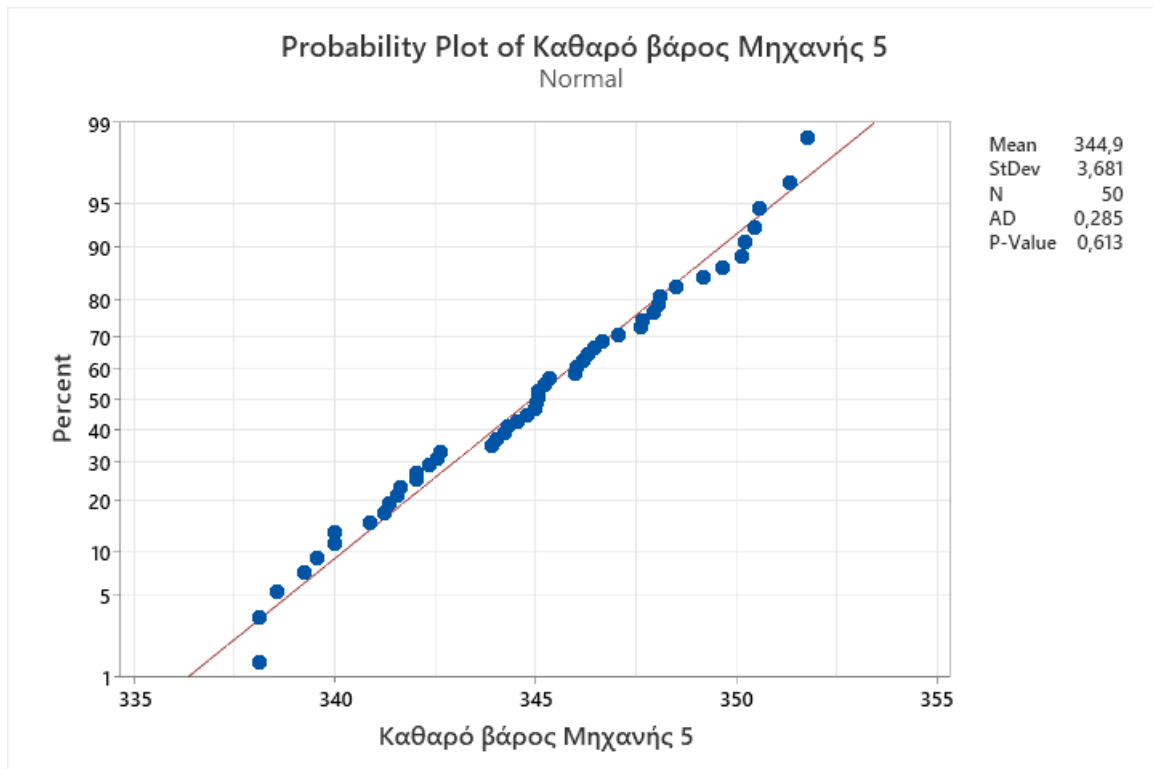
**Σχήμα 30: Διάγραμμα EWMA για το καθαρό βάρος της Μηχανής 3**



**Σχήμα 31: Διάγραμμα EWMA για το καθαρό βάρος της Μηχανής 4**

Από το Σχήμα 30 και 31 προκύπτει ότι κανένα σημείο δεν βρίσκεται εκτός στατιστικού ελέγχου. Οπότε, οι ενδείξεις που υπήρχαν για τη Μηχανή 3 δεν υπάρχουν πια και μπορούμε να θεωρήσουμε πως τόσο η Μηχανή 3 όσο και η Μηχανή 4 συνεχίζουν να παράγουν προϊόντα εντός προδιαγραφών.

- **Μηχανή 5**



Σχήμα 32: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 5

Η μηδενική υπόθεση κανονικότητας είναι αποδεκτή για τη Μηχανή 5, αφού  $p\text{-value}=0,613>0,05$  σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Ακολουθεί ο έλεγχος ανεξαρτησίας.

Πίνακας 20: Τυχαιότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 5

### Descriptive Statistics

Number of Observations			
N	K	≤ K	> K
50	344,881	23	27

$K = \text{sample mean}$

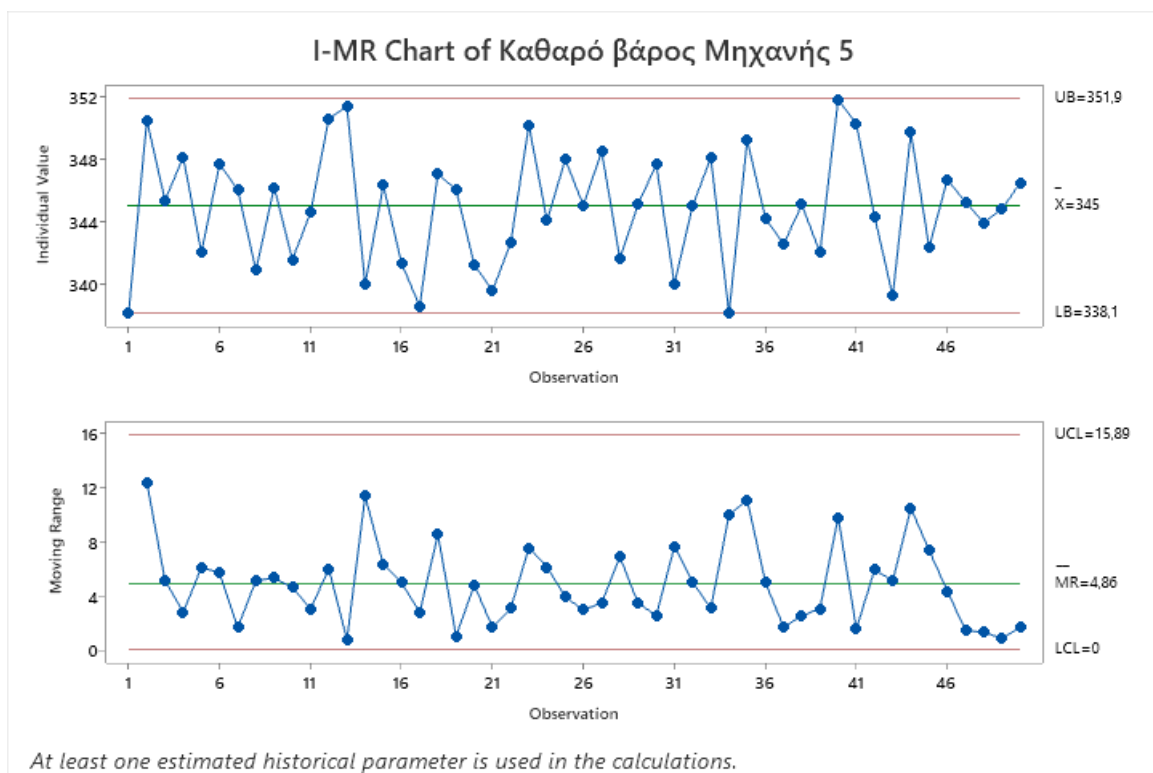
### Test

Null hypothesis  $H_0$ : The order of the data is random  
Alternative hypothesis  $H_1$ : The order of the data is not random

Number of Runs		
Observed	Expected	P-Value
32	25,84	0,076

Επιβεβαιώνεται και η ανεξαρτησία των δεδομένων αφού  $p\text{-value}=0,076>0,05$  για την Μηχανή 5, δηλαδή δεν επαληθεύεται στατιστικά η υπόθεση για πιθανή αυτοσυσχέτιση των παρατηρήσεων.

Έχοντας επιβεβαιώσει την κανονικότητα και την ανεξαρτησία μπορούμε να προχωρήσουμε την ανάλυση. Θα ελέγξουμε αν η διεργασία είναι εντός ελέγχου, ανιχνεύοντας αρχικά τις απότομες και μεγάλες αλλαγές με το διάγραμμα I-MR. Για τη Μηχανή 5 στην καρτέλα I-MR Options> parameters θα δοθούν οι τιμές που έχει ορίσει η επιχείρηση ως όρια ελέγχου. Άρα,  $\text{mean}=345$ , στην καρτέλα limits ορίζουμε το άνω και το κάτω όριο: 338,1 και 351,9 αντίστοιχα. Στην καρτέλα Tests επιλέγουμε όλα τα διαθέσιμα τεστ.

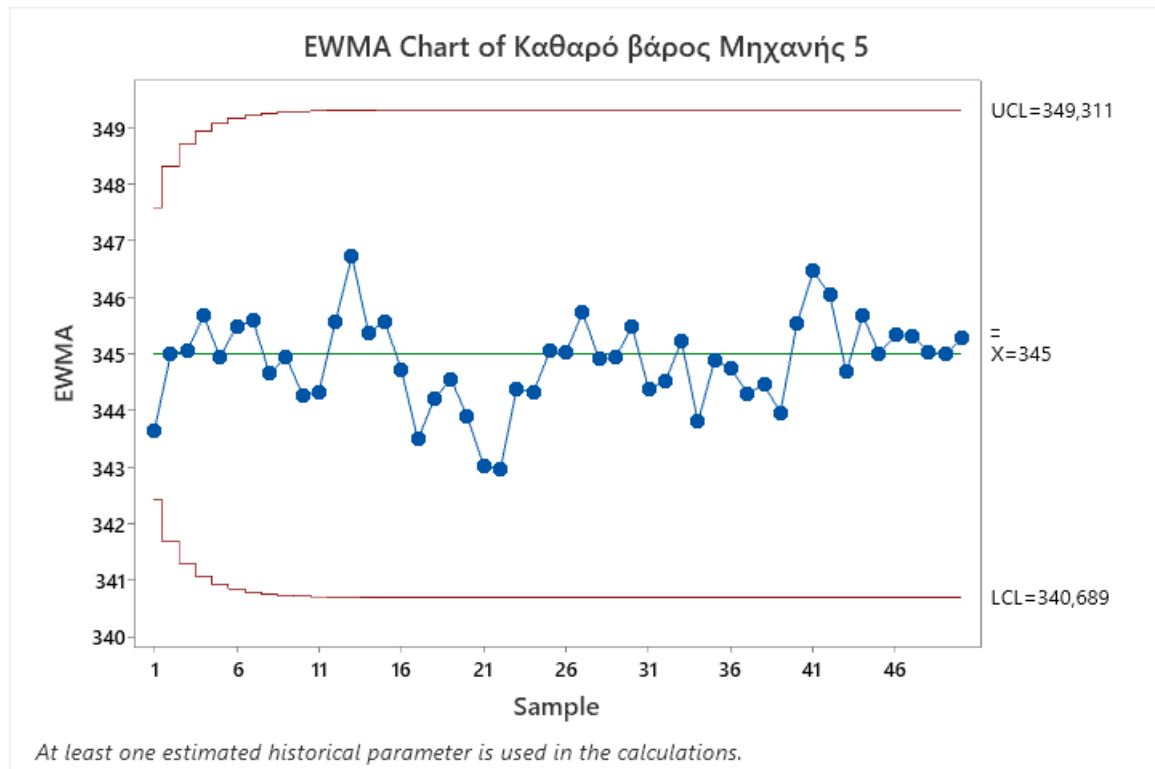


**Σχήμα 33: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 5**

Για τις μετρήσεις που αντιστοιχούν στη Μηχανή 5 διαπιστώνεται από το Σχήμα 33 και τους ελέγχους του Minitab ότι η διεργασία βρίσκεται εντός στατιστικού ελέγχου, ωστόσο υπάρχουν κάποιες ενδείξεις για ύπαρξη ειδικών αιτιών, αφού οι παρατηρήσεις 1, 17, 34, 40 πλησιάζουν τα όρια των προδιαγραφών.

Για την ανίχνευση των μικρών και σταδιακών αλλαγών θα χρησιμοποιήσουμε το διάγραμμα EWMA. Στην καρτέλα EWMA options> parameters επιλέγεται ως  $\text{mean}=345$ , στην καρτέλα limits ορίζουμε το άνω και το κάτω όριο: 338,1 και 351,9 αντίστοιχα. Στην καρτέλα Tests

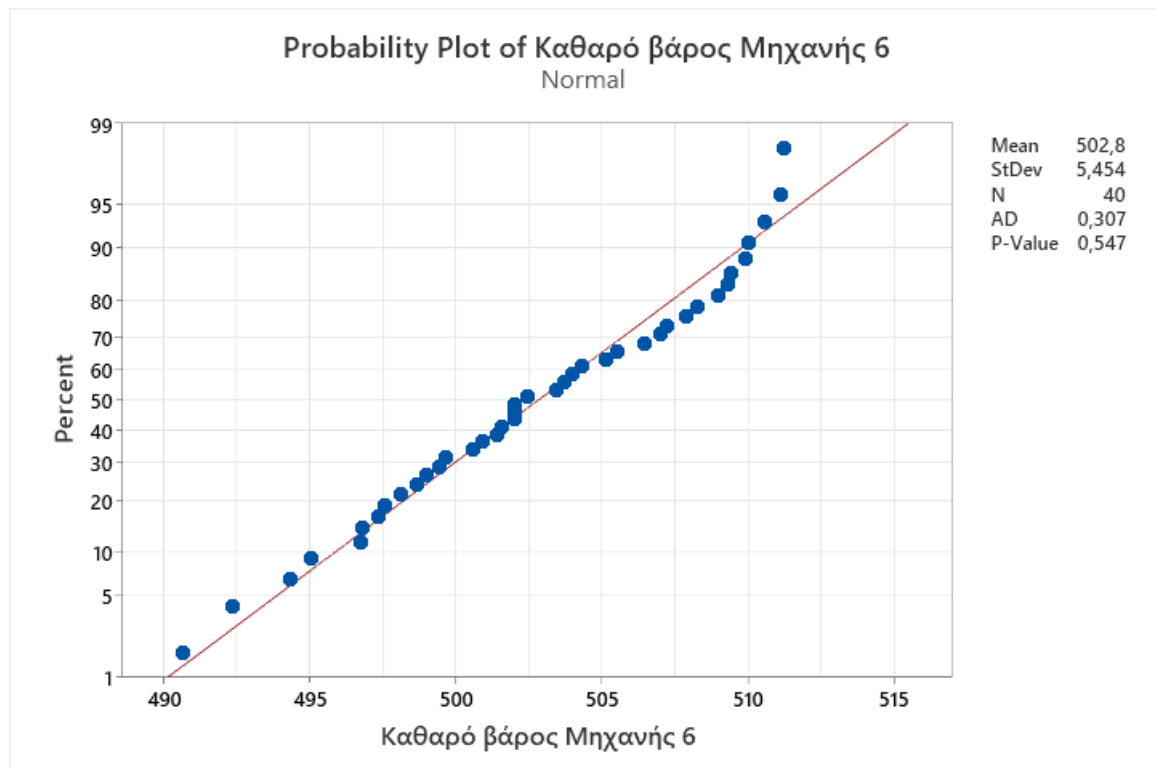
επιλέγουμε τεστ 1 σημείο με απόσταση μεγαλύτερη από 3 τυπικές αποκλίσεις. Έτσι προκύπτει το Σχήμα 34 για τη Μηχανή 5.



**Σχήμα 34: Διάγραμμα EWMA για το καθαρό βάρος της Μηχανής 5**

Το Σχήμα 34 εξασφαλίζει ότι η διεργασία παραμένει εντός στατιστικού ελέγχου και πως δεν εισέρχονται ειδικά αίτια σ αυτήν.

- Μηχανή 6



Σχήμα 35: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας καθαρού βάρους Μηχανής 6

Η μηδενική υπόθεση κανονικότητας είναι αποδεκτή για τη Μηχανή 6, αφού  $p\text{-value}=0,547>0,05$  σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Ακολουθεί ο έλεγχος ανεξαρτησίας.

Πίνακας 21: Τυχαιότητα δεδομένων καθαρού βάρους Μηχανής 6

### Descriptive Statistics

Number of Observations			
N	K	≤ K	> K
40	502,797	21	19

$K = \text{sample mean}$

### Test

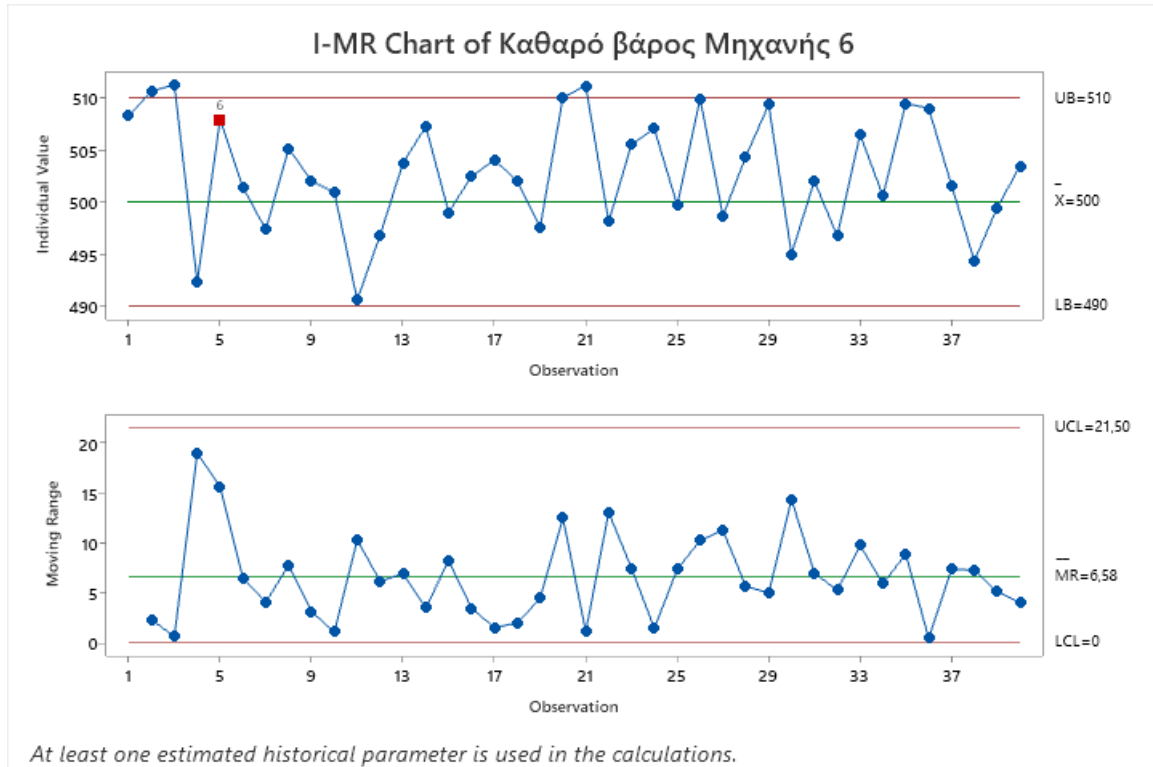
Null hypothesis  $H_0$ : The order of the data is random  
Alternative hypothesis  $H_1$ : The order of the data is not random

Number of Runs		
Observed	Expected	P-Value
23	20,95	0,510

Επιβεβαιώνεται και η ανεξαρτησία των δεδομένων αφού  $p\text{-value}=0,510>0,05$  για την Μηχανή 6, δηλαδή δεν επαληθεύεται στατιστικά η υπόθεση για πιθανή αυτοσυσχέτιση των παρατηρήσεων.

Έχοντας επιβεβαιώσει την κανονικότητα και την ανεξαρτησία μπορούμε να προχωρήσουμε την ανάλυση. Θα ελέγξουμε αν η διεργασία είναι εντός ελέγχου, ανιχνεύοντας αρχικά τις

απότομες και μεγάλες αλλαγές με το διάγραμμα I-MR. Για τη Μηχανή 6 στην καρτέλα I-MR Options> parameters θα δοθούν οι τιμές που έχει ορίσει η επιχείρηση ως όρια ελέγχου. Άρα, mean= 500, στην καρτέλα limits ορίζουμε το άνω και το κάτω όριο: 490 και 510 αντίστοιχα. Στην καρτέλα Tests επιλέγουμε όλα τα διαθέσιμα τεστ.



### Test Results for I Chart of Καθαρό βάρος Μηχανής 6

TEST 6. 4 out of 5 points more than 1 standard deviation from center line (on one side of CL).  
Test Failed at points: 5

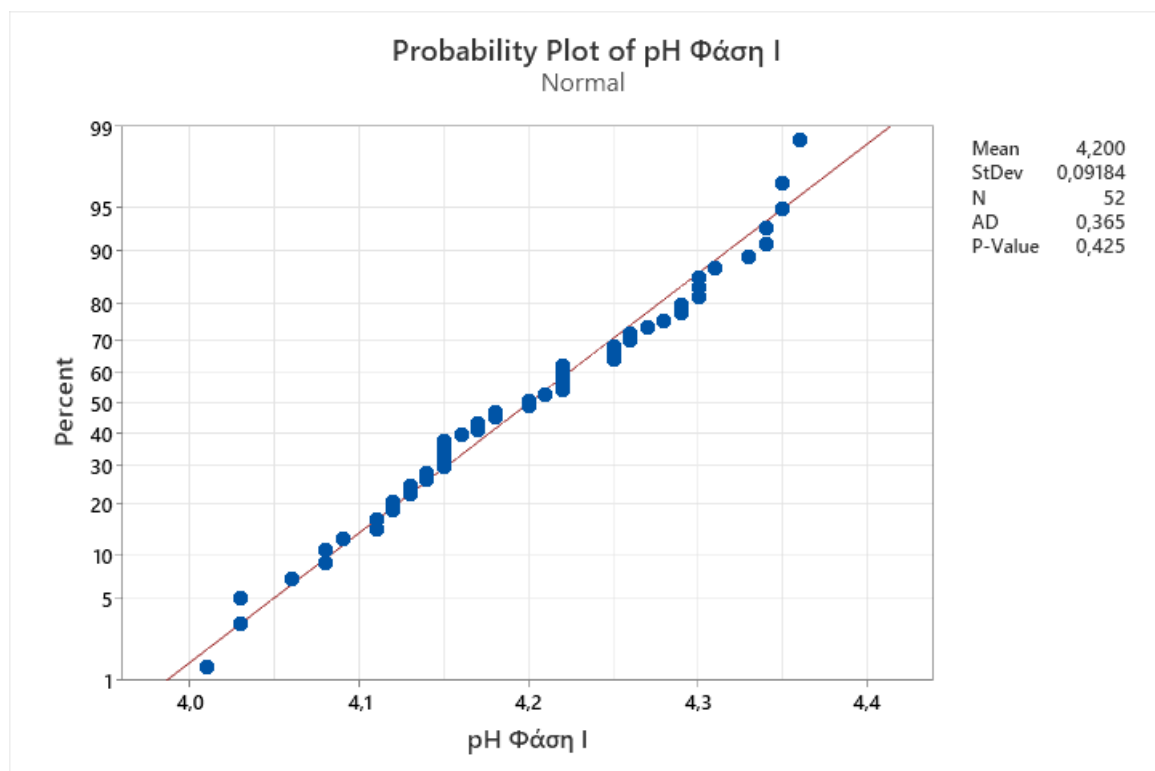
Σχήμα 36: Διάγραμμα I-MR καθαρού βάρους Μηχανής 6

Για τις μετρήσεις που αντιστοιχούν στη Μηχανή 6 διαπιστώνεται από το Σχήμα 36 και τους ελέγχους του Minitab ότι η διεργασία βρίσκεται εκτός στατιστικού ελέγχου, καθώς υπάρχουν 3 σημεία εκτός του άνω ορίου στο διάγραμμα μέσης τιμής, ακόμη 3 πολύ κοντά στο άνω όριο, ενώ αποτυγχάνει και στον έλεγχο 6.

## 5.2 pH passata

Η εταιρία συσκευάζει τον ελαφρά συμπυκνωμένο χυμό ντομάτας (passata) με ανώτερο όριο pH=4,4. Οπότε στα διαγράμματα θα υπάρχει μόνο ανώτερο όριο. Το μέγεθος του δείγματος είναι 52 στη Φάση I. Θα εξετάσουμε αν η διεργασία ήταν εντός ελέγχου κατά τη Φάση I και αν συνέβαινε αυτό, τα αποτελέσματα θα αποτελέσουν τα όρια της Φάσης II.

Η ακολουθία εντολών για τον έλεγχο της κανονικότητας στο Minitab είναι: Stat> Basic Statistics> Normality Test. Σε κάθε περίπτωση επιλέγεται ο έλεγχος Anderson-Darling. Η ακολουθία εντολών για τον έλεγχο της ανεξαρτησίας στο Minitab είναι: Stat> Nonparametrics> Run Tests. Η ακολουθία εντολών για το διάγραμμα I-MR στο Minitab είναι: Stat> Control Charts> Variables Charts for Individuals> I-MR. Η ακολουθία εντολών για το διάγραμμα EWMA στο Minitab είναι: Stat> Control Charts> Time-Weighted Charts> EWMA, Subgroup sizes=1, Weight of EWMA=0,2.



Σχήμα 37: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας μεταβλητής pH στη Φάση I

Η μηδενική υπόθεση κανονικότητας είναι αποδεκτή για τη μεταβλητή pH, αφού  $p\text{-value}=0,425>0,05$  σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Ακολουθεί ο έλεγχος ανεξαρτησίας.

Πίνακας 22: Τυχαιότητα δεδομένων μεταβλητής pH στη Φάση I

### Descriptive Statistics

Number of Observations			
N	K	≤ K	> K
52	4,19962	25	27

*K = sample mean*

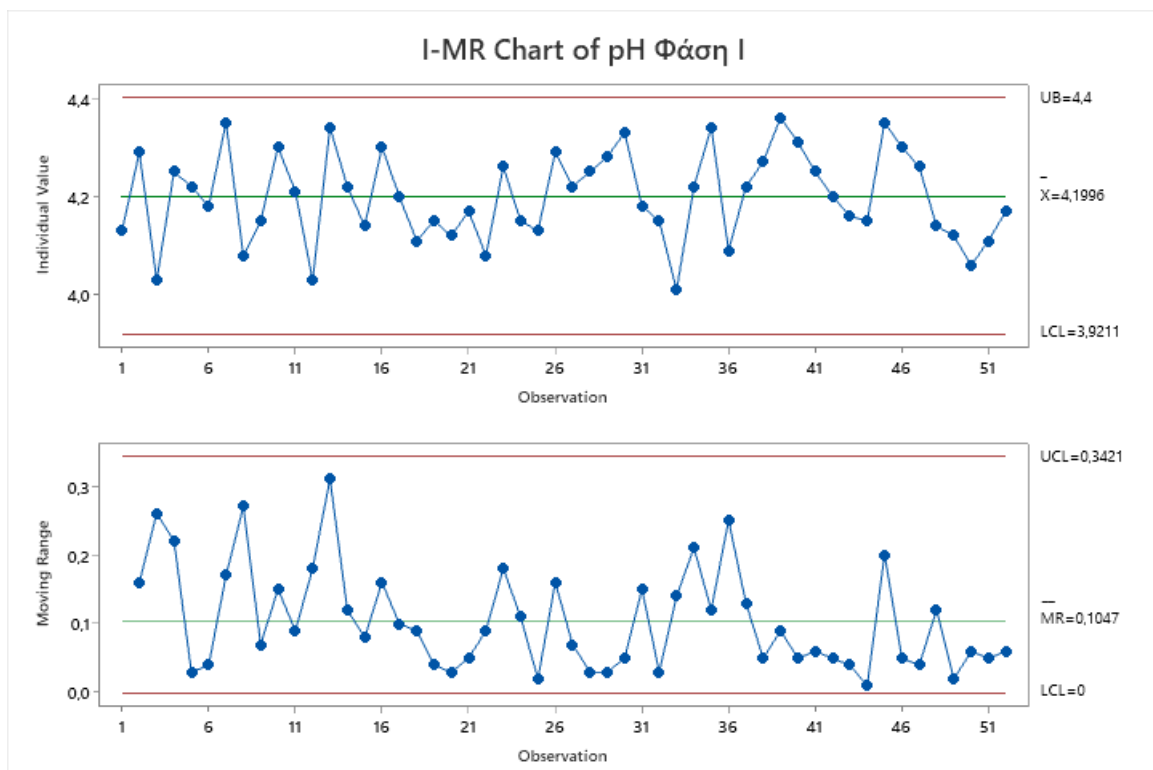
### Test

Null hypothesis  $H_0$ : The order of the data is random  
Alternative hypothesis  $H_1$ : The order of the data is not random

Number of Runs		
Observed	Expected	P-Value
23	26,96	0,266

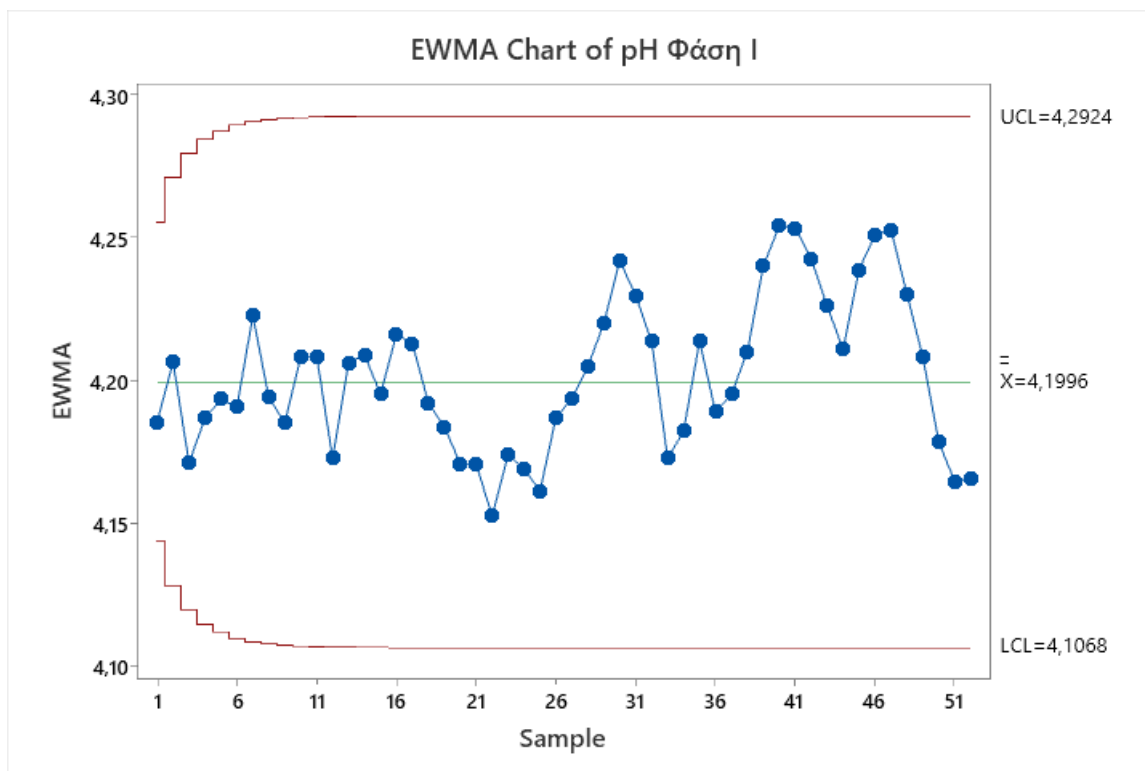
Επιβεβαιώνεται και η ανεξαρτησία των δεδομένων αφού  $p\text{-value}=0,094>0,05$ , δηλαδή δεν επαληθεύεται στατιστικά η υπόθεση για πιθανή αυτοσυσχέτιση των παρατηρήσεων.

Έχοντας επιβεβαιώσει την κανονικότητα και την ανεξαρτησία μπορούμε να προχωρήσουμε την ανάλυση. Θα ελέγξουμε αν η διεργασία είναι εντός ελέγχου, ανιχνεύοντας αρχικά τις απότομες και μεγάλες αλλαγές με το διάγραμμα I-MR. Για τη μεταβλητή pH στην καρτέλα I-MR Options> parameters θα δοθούν οι τιμές που έχει ορίσει η επιχείρηση ως όρια ελέγχου. Άρα, στην καρτέλα limits ορίζουμε το άνω όριο: 4,4. Στην καρτέλα Tests επιλέγουμε όλα τα διαθέσιμα τεστ.



Σχήμα 38: Διάγραμμα I-MR μεταβλητής pH στη Φάση I





Σχήμα 39: Διάγραμμα EWMA μεταβλητής pH στη Φάση I

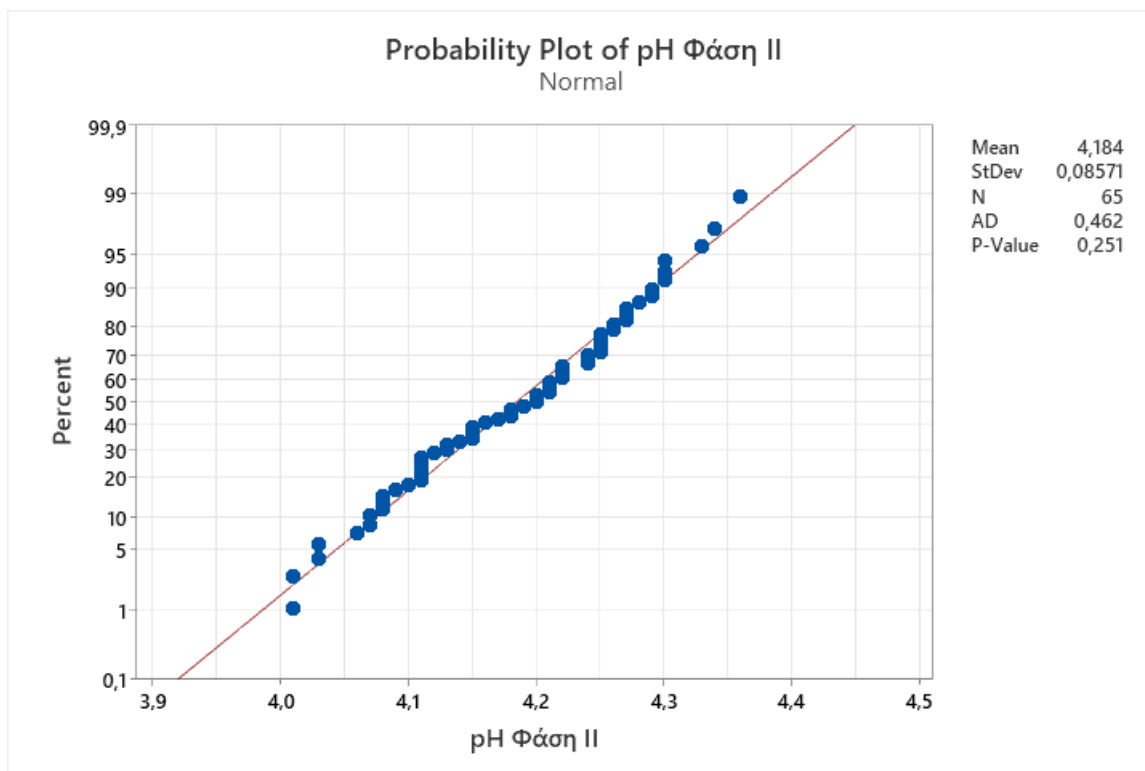
Από τα Σχήματα 38 και 39 προκύπτει ότι κανένα σημείο δεν βρίσκεται εκτός στατιστικού ελέγχου, επομένως η διεργασία μας είναι εντός ελέγχου. Επομένως, το σύστημα ελέγχου θεωρείται εγκατεστημένο. Άρα, μπορούμε να εκτιμήσουμε τις παραμέτρους της Φάσης II. Η μέση τιμή θα ισούται με 4,1996. Η τυπική απόκλιση προκύπτει από το ΔΕ MR με χρήση του τύπου:

$$\sigma = \frac{\overline{MR}}{d_2} = \frac{0,1047}{1,128} = 0,0928$$

όπου η τιμή  $d_2=1,128$  προέκυψε από τον Πίνακα Α του Παραρτήματος.

### • Φάση II

Μετά την ολοκλήρωση της Φάσης I και την πιστοποίηση της διεργασίας, θα εξεταστεί αν το σύστημα παραμένει εντός ελέγχου στη φάση πλήρους λειτουργίας ή αν χρειάζονται διορθωτικές κινήσεις. Η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί για την χρονική περίοδο Απρίλιος - Μάιος - Ιούνιος 2023.



Σχήμα 40: Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας μεταβλητής pH στη Φάση II

Η μηδενική υπόθεση κανονικότητας είναι αποδεκτή για τη μεταβλητή pH στη Φάση II, αφού  $p\text{-value}=0,251>0,05$  σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Ακολουθεί ο έλεγχος ανεξαρτησίας.

Πίνακας 23: Τυχαιότητα δεδομένων μεταβλητής pH στη Φάση II

#### Descriptive Statistics

Number of Observations			
N	K	≤ K	> K
65	4,184	31	34

$K = \text{sample mean}$

#### Test

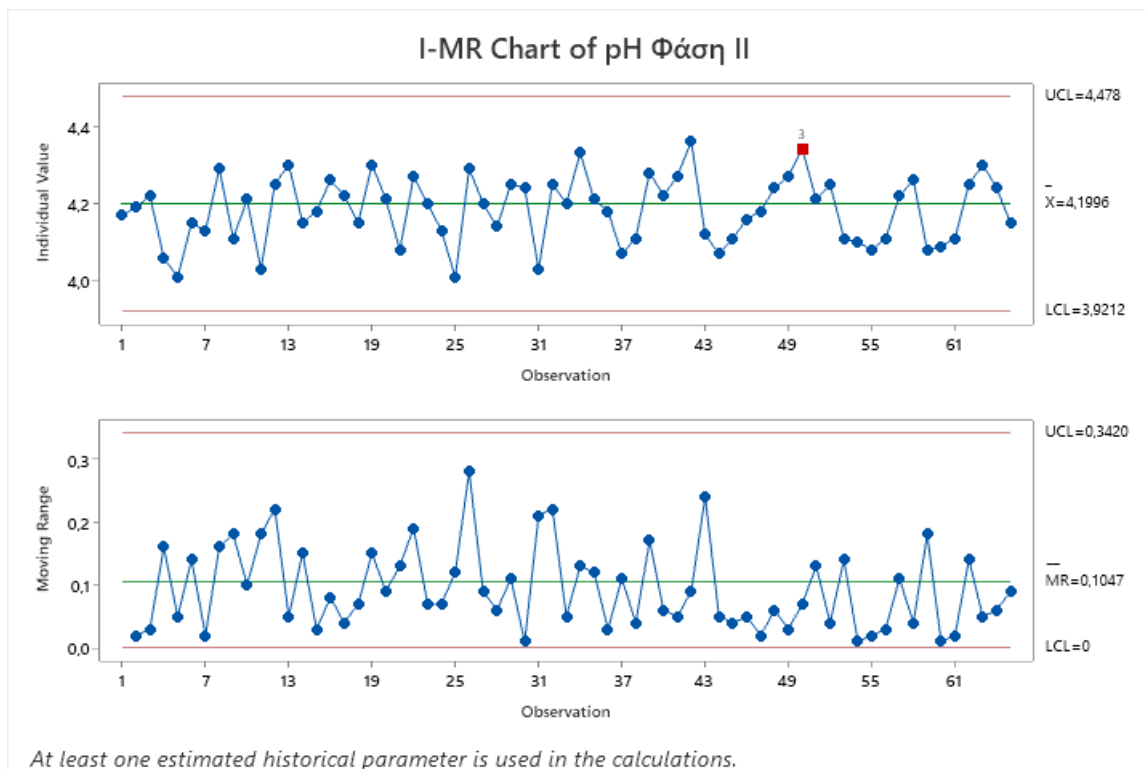
Null hypothesis  $H_0$ : The order of the data is random  
Alternative hypothesis  $H_1$ : The order of the data is not random

Number of Runs		
Observed	Expected	P-Value
29	33,43	0,267

Επιβεβαιώνεται και η ανεξαρτησία των δεδομένων αφού  $p\text{-value}=0,267>0,05$ , δηλαδή δεν επαληθεύεται στατιστικά η υπόθεση για πιθανή αυτοσυσχέτιση των παρατηρήσεων.

Έχοντας επιβεβαιώσει την κανονικότητα και την ανεξαρτησία μπορούμε να προχωρήσουμε την ανάλυση. Θα ελέγξουμε αν η διεργασία είναι εντός ελέγχου, ανιχνεύοντας αρχικά τις απότομες και μεγάλες αλλαγές με το διάγραμμα I-MR. Για τη μεταβλητή pH στην καρτέλα I-MR Options> parameters θα δοθούν οι τιμές που βρέθηκαν κατά τη Φάση I, οπότε η μέση

τιμή θα ισούται με 4,1996 (Mean=4,1996) και η τυπική απόκλιση με 0,0928 (Standard deviation=0,0928). Στην καρτέλα Tests επιλέγουμε όλα τα διαθέσιμα τεστ.



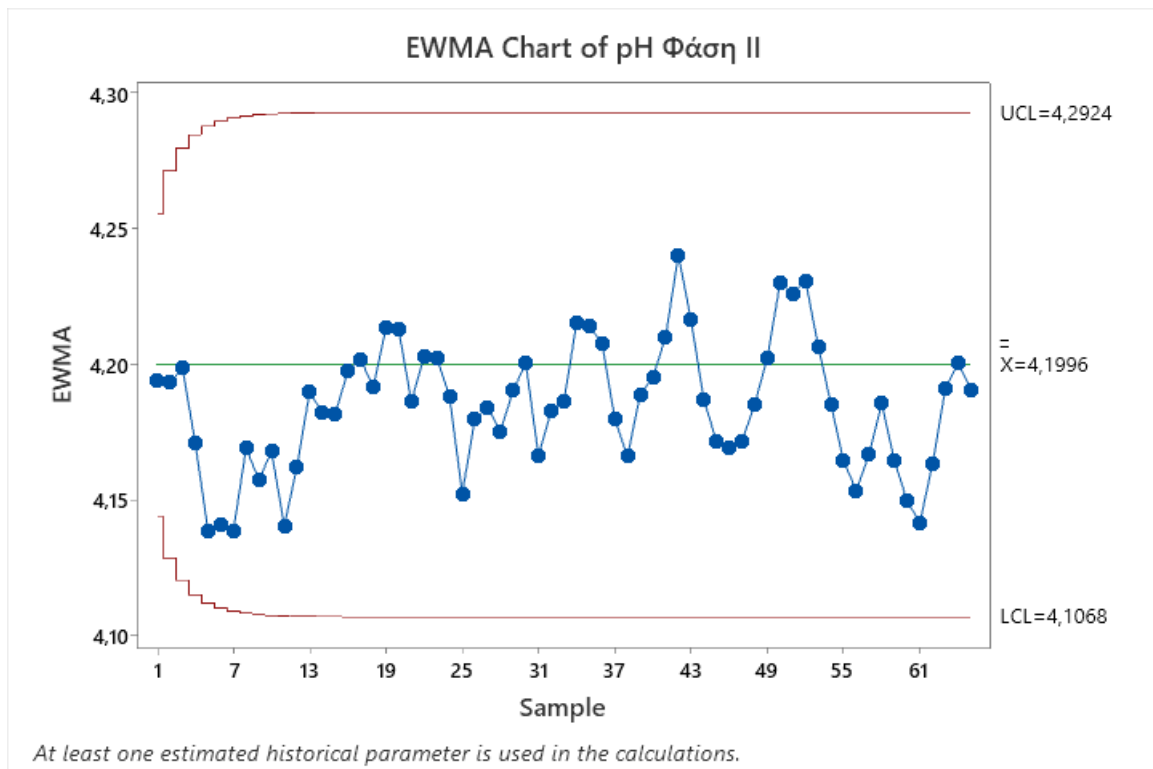
### Test Results for I Chart of pH Φάση II

TEST 3. 6 points in a row all increasing or all decreasing.  
Test Failed at points: 50

#### Σχήμα 41: Διάγραμμα I-MR μεταβλητής pH στη Φάση II.

Για τη μεταβλητή pH κατά τη Φάση II διαπιστώνεται από το Σχήμα 41 ότι δεν υπάρχει κάποιο σημείο εκτός των ορίων ελέγχου, οπότε θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι η διεργασία παραμένει εντός ελέγχου. Ωστόσο, από τους ελέγχους του Minitab προκύπτει αποτυχία στον έλεγχο 3 στην παρατήρηση 50, γεγονός που δημιουργεί υποψίες για ύπαρξη ειδικών αιτιών στη διεργασία.

Για την ανίχνευση των μικρών και σταδιακών αλλαγών θα χρησιμοποιήσουμε το διάγραμμα EWMA. Στην καρτέλα EWMA options> parameters επιλέγεται ως mean= 4,1996, και ως standard deviation= 0,0928. Στην καρτέλα Tests επιλέγουμε τεστ 1 σημείο με απόσταση μεγαλύτερη από 3 τυπικές αποκλίσεις.



Σχήμα 42: Διάγραμμα EWMA μεταβλητής pH στη Φάση II

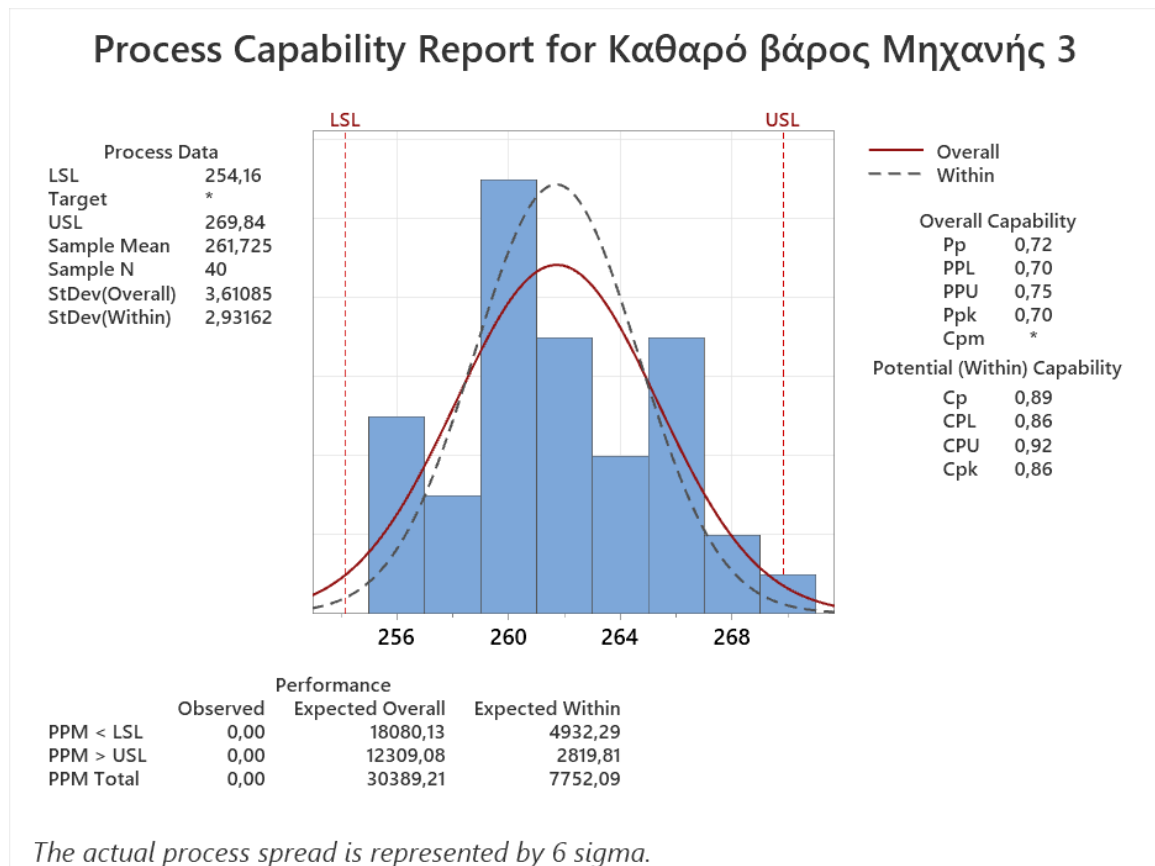
Παρατηρούμε ότι από το ΔΕ EWMA δεν υπάρχουν σημεία που να χαρακτηρίζουν τη διεργασία εκτός ελέγχου. Οπότε η ανάλυση σταματά και το σύστημα θεωρείται εγκατεστημένο.

## 5.3 Δείκτες Ικανότητας

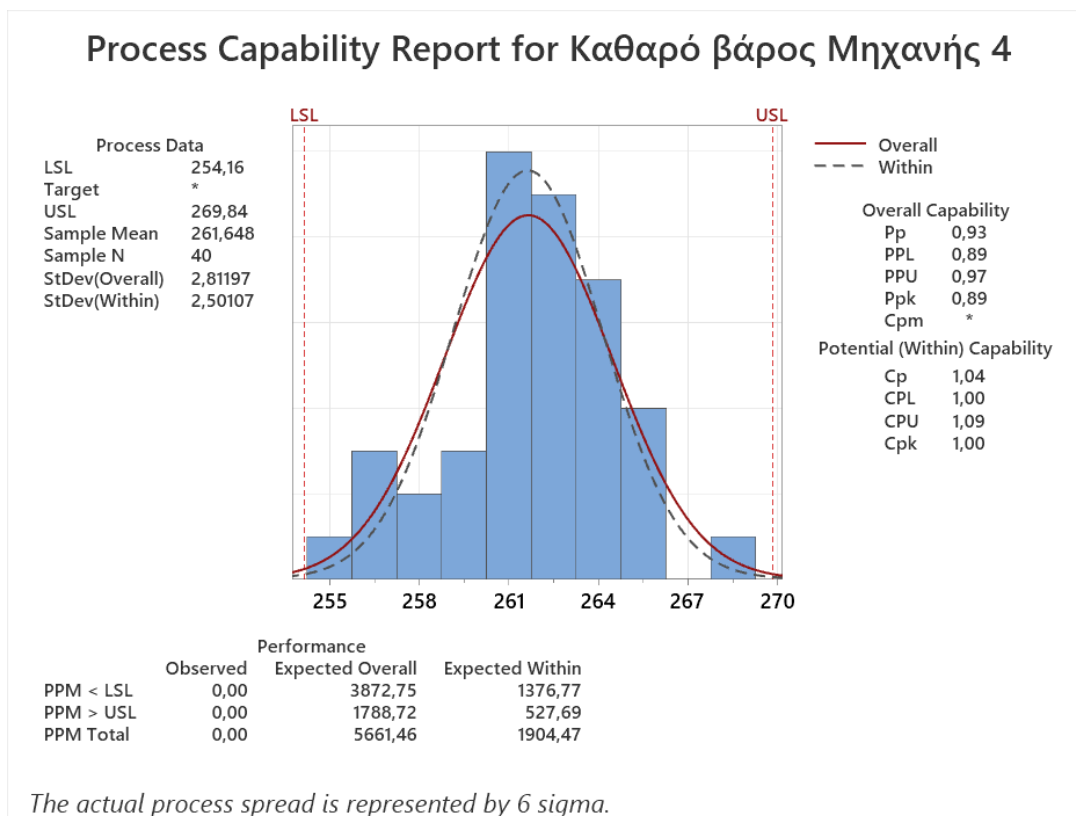
### 5.3.1 Καθαρό βάρος

Αφού έχουμε διερευνήσει ποιες μηχανές είναι εντός ελέγχου θα περάσουμε στον υπολογισμό των δεικτών ικανότητας της διεργασίας μόνο για τις μηχανές αυτές, αφού απαραίτητη προϋπόθεση υπολογισμού των δεικτών είναι η διεργασία να βρίσκεται εντός ελέγχου. Η ακολουθία εντολών στο Minitab είναι: Stat> Quality Tools> Capability Analysis> Normal.

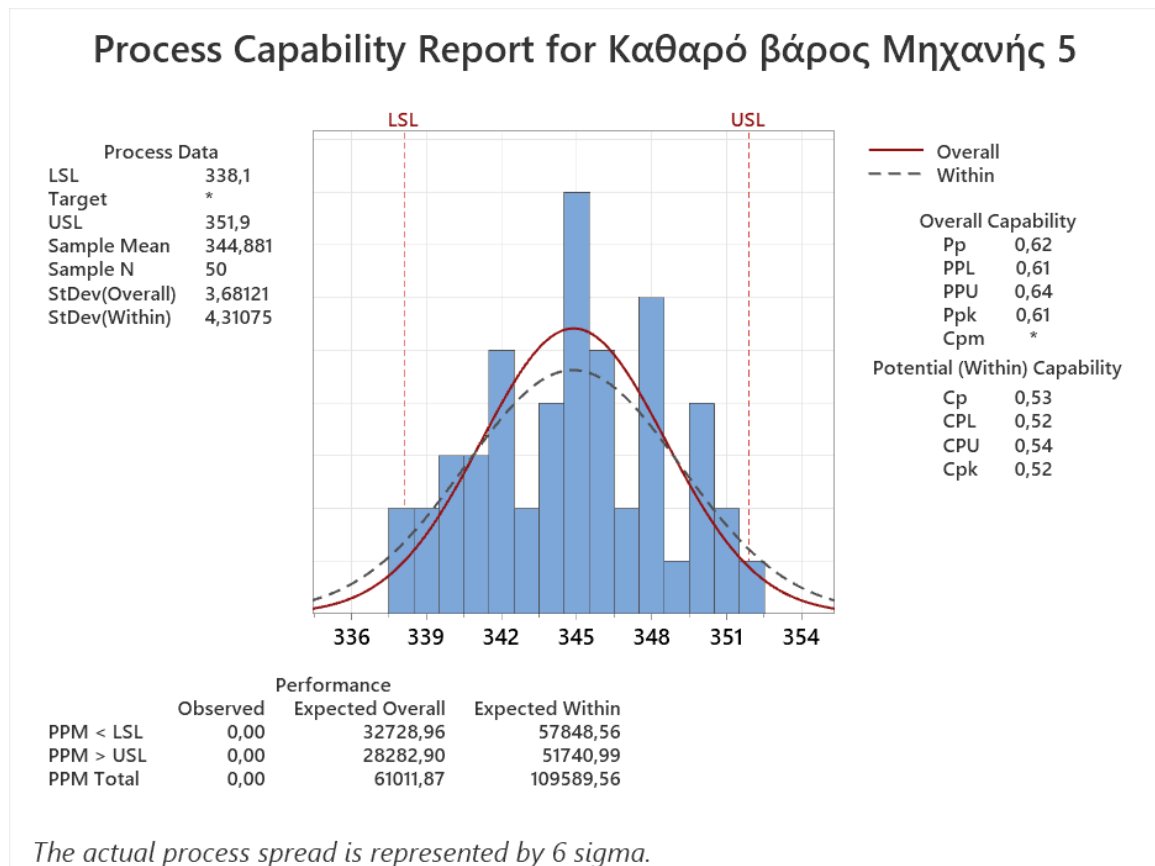
Επομένως, οι δείκτες δυνατότητας διεργασίας μπορούν να υπολογιστούν μόνο για τις Μηχανές 3, 4 και 5, αφού οι υπόλοιπες είναι εκτός ελέγχου.



**Σχήμα 43:** Ανάλυση δυνατότητας διεργασίας για το καθαρό βάρος της Μηχανής 4 με όρια προδιαγραφών που έχει ορίσει η επιχείρηση



**Σχήμα 44:** Ανάλυση δυνατότητας διεργασίας για το καθαρό βάρος της Μηχανής 4 με όρια προδιαγραφών που έχει ορίσει η επιχείρηση.



**Σχήμα 45:** Ανάλυση δυνατότητας διεργασίας για το καθαρό βάρος της Μηχανής 5 με όρια προδιαγραφών που έχει ορίσει η επιχείρηση.

Οι εκτιμήσεις των δεικτών της τρέχουσας επίδοσης διεργασίας παρουσιάζονται στα παραπάνω Σχήματα, στο σημείο Potential (Within) Capability. Στον Πίνακα 24 συνοψίζονται για όλες τις μηχανές οι δείκτες ικανότητας.

**Πίνακας 24:** Δείκτες Ικανότητας διεργασίας για κάθε μηχανή

Δείκτες Ικανότητας Διεργασίας					
	C <sub>p</sub>	C <sub>pl</sub>	C <sub>pu</sub>	C <sub>pk</sub>	C <sub>pm</sub>
<b>Μηχανή 3</b>	0,89	0,86	0,92	0,86	*
<b>Μηχανή 4</b>	1,04	1,00	1,09	1,00	*
<b>Μηχανή 5</b>	0,53	0,52	0,54	0,52	*

- **Μηχανή 3**

Για τη Μηχανή 3 παρατηρούμε ότι ο δείκτης  $C_p$  ισούται με 0,89, ο οποίος είναι μικρότερος της τιμής 1,33 και μικρότερος και του 1, οπότε συμπεραίνουμε πως η διεργασία δεν μπορεί να παράγει προϊόντα εντός των απαιτούμενων προδιαγραφών που έχουν τεθεί. Η διεργασία κρίνεται ως ανεπαρκής και χρειάζεται επανασχεδιασμός της. Η εταιρία οφείλει λοιπόν να προβεί στις κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες, έτσι ώστε η παραγωγή να μείνει εντός στόχου. Σύμφωνα με το Σχήμα 43 φαίνεται πως δεν υπάρχει τιμή, η οποία να βρίσκεται κάτω από την προδιαγραφή του προϊόντος ( $PPM < LSL$ ), ή πάνω από την προδιαγραφή ( $PPM > USL$ ). Επίσης, ο αριθμός  $PPM=0$ , που πρακτικά σημαίνει ότι δεν υπάρχουν συσκευασίες εκτός προδιαγραφών ανά ένα εκατομμύριο συσκευασίες. Το αναμενόμενο πλήθος συσκευασιών (Expected Overall) είναι: 18.080,13 συσκευασίες κάτω από το κάτω όριο, 12.309,08 συσκευασίες άνω του άνω ορίου, νούμερα ανησυχητικά και στις δύο περιπτώσεις.

Ο δείκτης  $C_{pu}$  εκφράζει πόσο ικανή είναι η διεργασία στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το άνω όριο προδιαγραφών, ενώ ο δείκτης  $C_{pl}$  εκφράζει πόσο ικανή είναι η διεργασία στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το κάτω όριο προδιαγραφών. Ο δείκτης  $C_{pu}$  για τη Μηχανή 3 είναι μεγαλύτερος από τον  $C_{pl}$  ( $0,92 > 0,86$ ), που δηλώνει ότι η διεργασία είναι πιο ικανή να παράγει μονάδες που πληρούν το άνω όριο προδιαγραφών.

Ο δείκτης ικανότητας  $C_{pk}$  δηλώνει την ικανότητα της διεργασίας προς τη μεριά του ορίου προδιαγραφών που ευθύνεται για την παραγωγή μεγαλύτερου ποσοστού ελαττωματικών προϊόντων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις που ορίζεται μόνο το ένα όριο προδιαγραφών, δηλαδή αποτελεί έναν μονόπλευρο δείκτη για το όριο προδιαγραφής που είναι πλησιέστερο στο μέσο της διεργασίας. Η μικρή τιμή του  $C_{pk}$  δείχνει ότι η διεργασία αποτυγχάνει σε τουλάχιστον μία από τις δύο προδιαγραφές.

- **Μηχανή 4**

Για τη Μηχανή 4 παρατηρούμε ότι ο δείκτης  $C_p$  ισούται με 1,04, ο οποίος είναι μεγαλύτερος του 1, αλλά μικρότερος του 1,33, όπου είναι ο στόχος για ικανοποιητική διεργασία. Η διεργασία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ικανή, αλλά χρειάζεται προσεκτική παρακολούθηση, ώστε να εξασφαλιστεί ότι παράγονται προϊόντα εντός προδιαγραφών. Σύμφωνα με το Σχήμα 44 φαίνεται πως δεν υπάρχει τιμή, η οποία να βρίσκεται κάτω από την προδιαγραφή του προϊόντος ( $PPM < LSL$ ), ή πάνω από την προδιαγραφή ( $PPM > USL$ ).



Επίσης, ο αριθμός PPM=0, που πρακτικά σημαίνει ότι δεν υπάρχουν συσκευασίες εκτός προδιαγραφών ανά ένα εκατομμύριο συσκευασίες. Το αναμενόμενο πλήθος συσκευασιών (Expected Overall) είναι: 3.872,75 συσκευασίες κάτω από το κάτω όριο, 1.788,72 συσκευασίες άνω του άνω ορίου, τιμές αποδεκτές και όχι ανησυχητικές.

Ο δείκτης  $C_{pu}$  ισούται με 1,09 και είναι μεγαλύτερος από τον  $C_{pl}$ , ο οποίος ισούται με 1,00, γεγονός που καταδεικνύει ότι η διεργασία είναι πιο ικανή να παράγει μονάδες που πληρούν το άνω όριο προδιαγραφών. Ο δείκτης  $C_{pk}$  ισούται με 1, δείχνει ότι η διεργασία είναι αρκετά ικανή να παράγει προϊόντα εντός και των δύο προδιαγραφών.

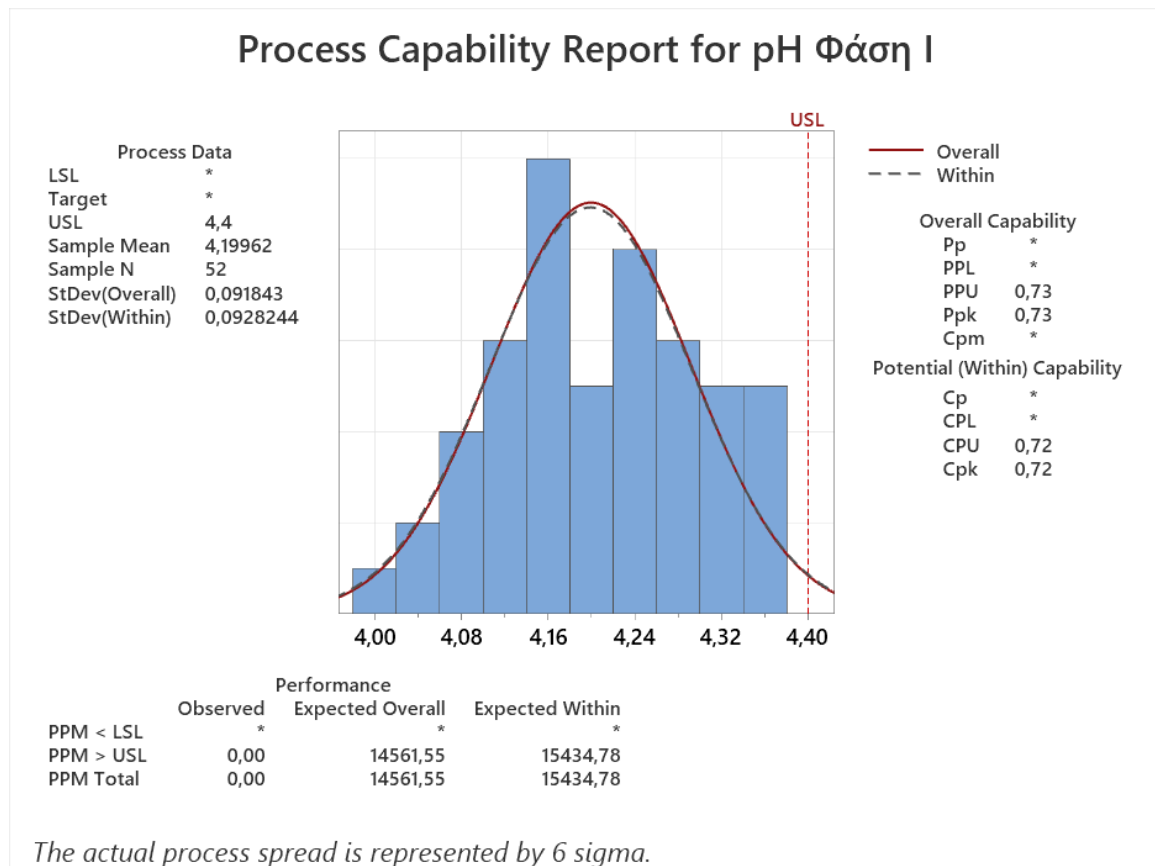
### • Μηχανή 5

Για τη Μηχανή 5 έχουμε μια υψηλής διακύμανσης διεργασία που χαρακτηρίζεται ως ανεπαρκής. Παρατηρούμε ότι ο δείκτης  $C_p$  ισούται με 0,53, ο οποίος είναι μικρότερος του 1, οπότε συμπεραίνουμε πως η διεργασία δεν μπορεί να παράγει προϊόντα εντός των απαιτούμενων προδιαγραφών που έχουν τεθεί. Η διεργασία κρίνεται ως ανεπαρκής και χρειάζεται επανασχεδιασμός της. Η εταιρία οφείλει και σε αυτή την περίπτωση να προβεί στις κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες, και να επανασχεδιάσει τη διεργασία, ώστε η παραγωγή να μείνει εντός στόχου. Σύμφωνα με το Σχήμα 45 φαίνεται πως δεν υπάρχει τιμή, η οποία να βρίσκεται κάτω από την προδιαγραφή του προϊόντος ( $PPM < LSL$ ), ή πάνω από την προδιαγραφή ( $PPM > USL$ ). Επίσης, ο αριθμός PPM=0, που πρακτικά σημαίνει ότι δεν υπάρχουν συσκευασίες εκτός προδιαγραφών ανά ένα εκατομμύριο συσκευασίες. Το αναμενόμενο πλήθος συσκευασιών (Expected Overall) είναι: 32.728,96 συσκευασίες κάτω από το κάτω όριο, 28.282,90 συσκευασίες άνω του άνω ορίου, τιμές πολύ ανησυχητικές και στις δύο περιπτώσεις.

Ο δείκτης  $C_{pu}$  ισούται με 0,54 και είναι μεγαλύτερος από τον  $C_{pl}$ , ο οποίος ισούται με 0,52, γεγονός που καταδεικνύει ότι η διεργασία είναι πιο ικανή να παράγει μονάδες που πληρούν το άνω όριο προδιαγραφών. Η μικρή τιμή του  $C_{pk}$  (=0,52) δείχνει ότι η διεργασία αποτυγχάνει σε τουλάχιστον μία από τις δύο προδιαγραφές.

### 5.3.2 pH passata

Αφού έχουμε διαπιστώσει ότι η διεργασία μας είναι εντός ελέγχου θα προχωρήσουμε στον υπολογισμό των δεικτών για τη Φάση Ι. Η ακολουθία εντολών στο Minitab είναι: Stat> Quality Tools> Capability Analysis> Normal, Historical mean= 4,1996 και Historical standard deviation=0,0928. Το άνω και το κάτω όριο προκύπτουν από το ΔΕ Ι.



**Σχήμα 46: Ανάλυση δυνατότητας διεργασίας για το pH της Φάσης I**

Για τη μεταβλητή pH δεν μπορούμε να ορίσουμε το δείκτη  $C_p$ , αφού υπάρχει μόνο άνω όριο στα όρια που έχει θέσει η επιχείρηση. Σύμφωνα με το Σχήμα 4 φαίνεται πως δεν υπάρχει τιμή, η οποία να βρίσκεται πάνω από την προδιαγραφή ( $PPM > USL$ ). Επίσης, ο αριθμός  $PPM=0$ , που πρακτικά σημαίνει ότι δεν υπάρχουν παρτίδες παραγωγής εκτός προδιαγραφών ανά ένα εκατομμύριο παρτίδες. Το αναμενόμενο πλήθος παραγωγών (Expected Overall) είναι: 14.561,55 παραγωγές άνω του άνω ορίου, νούμερο αρκετά ανησυχητικό.

Ο δείκτης  $C_{pu}$  εκφράζει πόσο ικανή είναι η διεργασία στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το άνω όριο προδιαγραφών. Ο δείκτης  $C_{pu}$  ισούται με 0,72. Ο δείκτης ικανότητας  $C_{pk}$  ισούται με 0,72 και δηλώνει την ικανότητα της διεργασίας προς τη μεριά του ορίου προδιαγραφών που ευθύνεται για την παραγωγή μεγαλύτερου ποσοστού ελαττωματικών προϊόντων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις που ορίζεται μόνο το ένα όριο προδιαγραφών. Η μικρή τιμή του  $C_{pk}$  δείχνει ότι η διεργασία αποτυγχάνει στο άνω όριο προδιαγραφών που έχει τεθεί. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η τιμή του δείκτη εφιστά την προσοχή και υποδεικνύει την αναγκαιότητα για στενή παρακολούθηση της διεργασίας.

## Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα-Προτάσεις βελτίωσης

### 6.1 Συμπεράσματα

Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας και Διεργασίας για τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας της εξεταζόμενης επιχείρησης ως προς κάποιες μεταβλητές, με σκοπό την βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και την αύξηση του κέρδους της επιχείρησης. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση εργαλείων στατιστικού ελέγχου κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας και πιο συγκεκριμένα με τη χρήση Διαγραμμάτων Ελέγχου. Έγινε προσπάθεια να αναδειχθούν τα βασικά πλεονεκτήματα των Διαγραμμάτων Ελέγχου, όπως η έγκαιρη ανίχνευση τόσο των μεγάλων και απότομων όσο των μικρών και σταδιακών αλλαγών, γεγονότα που θέτουν μια διεργασία εκτός ελέγχου, με αποτέλεσμα να παράγει προϊόντα εκτός προδιαγραφών.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν είναι το καθαρό βάρος των συσκευασιών 1L, 250ml, 330ml και 500g για κάθε μηχανή παραγωγής και το pH της passata πριν από την τελική συσκευασία, κατά το στάδιο της παρασκευής. Το καθαρό βάρος του τελικού προϊόντος είναι παράγοντας κρίσιμος που ελέγχεται νομοθετικά, αλλά επηρεάζει και το κόστος, αφού αποκλίσεις από τα επιθυμητά όρια επιβαρύνουν οικονομικά την επιχείρηση. Η μέτρηση του pH είναι εξαιρετικά κρίσιμος παράγοντας, αφού ελλοχεύει κίνδυνος για την υγεία του καταναλωτή.

Πιο συγκεκριμένα, για το χαρακτηριστικό ποιότητας καθαρό βάρος, αφού όλες οι μηχανές πιστοποιήθηκαν κατά τη Φάση I ότι είναι εντός ελέγχου, η ανάλυση πραγματοποιήθηκε κατά τη Φάση II, αυτή της πλήρους λειτουργίας.

- **Μηχανή 1**

Τα δεδομένα του καθαρού βάρους της Μηχανής 1 φαίνεται να ακολουθούν την κανονική κατανομή. Δεν παρατηρούνται εξωκείμενες παρατηρήσεις, ενώ δεν εμφανίζεται ασυμμετρία αφού τα μήκη και των δύο μυστάκων είναι σχεδόν ίσα. Η μέση τιμή ισούται με 1049,5 και η τυπική απόκλιση ισούται με 5,82g. Ισχύει η κανονικότητα της κατανομής και η ανεξαρτησία των δεδομένων. Για τις μετρήσεις που αντιστοιχούν στη Μηχανή 1 διαπιστώνεται από το ΔΕ I-MR ότι υπάρχουν ενδείξεις ότι η διεργασία βρίσκεται **εκτός στατιστικού ελέγχου**, καθώς αποτυγχάνει στον έλεγχο 6, 2 σημεία της βρίσκονται εκτός ορίων ελέγχου και αρκετά

προσεγγίζουν το άνω όριο προδιαγραφών. Συνεπώς, ο υπεύθυνος παραγωγής πρέπει να εξετάσει τη συγκεκριμένη διεργασία και να λάβει τα αναγκαία διορθωτικά μέτρα. Τέτοια μέτρα θα μπορούσαν να είναι η εκπαίδευση των χειριστών, έτσι ώστε να μπορέσουν να αντιλαμβάνονται εγκαίρως τις μεταβολές και να πράττουν τις ακόλουθες ενέργειες, ο επανασχεδιασμός της διεργασίας και η μείωση της τυπική απόκλισης.

- **Μηχανή 2**

Τα δεδομένα του καθαρού βάρους της Μηχανής 2 αρχικά φαίνεται πως δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Μπορεί στο ιστόγραμμα να φαίνεται ότι η κατανομή είναι κανονική, όμως η διάμεσος του θηκογράμματος φαίνεται να αποκλίνει προς το  $Q_3$  φανερώνοντας την αρνητική λοξότητα, ενώ παρατηρείται και μια εξωκείμενη παρατήρηση. Η μέση τιμή ισούται με 1048,7 και η τυπική απόκλιση ισούται με 3,78g. Ισχύει η κανονικότητα της κατανομής και η ανεξαρτησία των δεδομένων. Από το ΔΕ I-MR διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει κάποιο σημείο εκτός των ορίων ελέγχου, οπότε θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι η μηχανή στη Φάση II παραμένει **εντός ελέγχου**. Ωστόσο, από τους ελέγχους του Minitab προκύπτει αποτυχία στον έλεγχο 2 και εντοπίζεται ότι η παρατήρηση 31 προσεγγίζει πολύ το άνω όριο. Τα συγκεκριμένα ευρήματα δημιουργούν υποψίες για ύπαρξη ειδικών αιτιών στη διεργασία.

Από το ΔΕ EWMA προκύπτει ότι ένα σημείο βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 3 τυπικών αποκλίσεων πάνω από την κεντρική γραμμή. Επομένως, υπάρχουν ενδείξεις παρουσία ειδικών αιτιών και ότι η παραγωγική διαδικασία βρέθηκε **εκτός στατιστικού ελέγχου**, σύμφωνα με τα όρια που έχει θέσει η επιχείρηση. Τα ευρήματα αυτά φανερώνουν ότι ειδικά αίτια έχουν εισέρθει στη διεργασία, τα οποία χρήζουν διερεύνησης.

- **Μηχανή 3**

Τα δεδομένα του καθαρού βάρους της Μηχανής 3 φαίνεται να μην ακολουθούν την κανονική κατανομή. Η διάμεσος του θηκογράμματος αποκλίνει σημαντικά προς το  $Q_1$  φανερώνοντας τη θετική λοξότητα. Ωστόσο, δεν παρατηρούνται εξωκείμενες παρατηρήσεις. Η μέση τιμή ισούται με 261,73g και η τυπική απόκλιση ισούται με 3,61g. Ισχύει η κανονικότητα της κατανομής και η ανεξαρτησία των δεδομένων. Από το ΔΕ I-MR διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει κάποιο σημείο εκτός των ορίων ελέγχου, οπότε θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι η μηχανή στη Φάση II παραμένει εντός ελέγχου. Ωστόσο, από τους ελέγχους του Minitab προκύπτει αποτυχία στον έλεγχο 5 στο διάγραμμα μέσης τιμής και στον έλεγχο 1 στο διάγραμμα κινούμενου εύρους. Αυτό δημιουργεί υποψίες για ύπαρξη ειδικών αιτιών στη

διεργασία. Από το ΔΕ EWMA προκύπτει ότι οι ενδείξεις που υπήρχαν δεν υπάρχουν πια και μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η Μηχανή 3 συνεχίζει να παράγει προϊόντα **εντός προδιαγραφών**.

Ο δείκτης  $C_p$  ισούται με 0,89, οπότε συμπεραίνουμε πως η διεργασία δεν μπορεί να παράγει προϊόντα εντός των απαιτούμενων προδιαγραφών που έχουν τεθεί. Η διεργασία κρίνεται ως ανεπαρκής και χρειάζεται επανασχεδιασμός της. Ο δείκτης  $C_{pu}$  για τη Μηχανή 3 είναι μεγαλύτερος από τον  $C_{pl}$  ( $0,92 > 0,86$ ), που δηλώνει ότι η διεργασία είναι πιο ικανή να παράγει μονάδες που πληρούν το άνω όριο προδιαγραφών. Η μικρή τιμή του  $C_{pk}$  (0,86) δείχνει ότι η διεργασία αποτυγχάνει σε τουλάχιστον μία από τις δύο προδιαγραφές. Το αναμενόμενο πλήθος συσκευασιών είναι: 18.080,13 συσκευασίες κάτω από το κάτω όριο, 12.309,08 συσκευασίες άνω του άνω ορίου, νούμερα ανησυχητικά και στις δύο περιπτώσεις.

- **Μηχανή 4**

Τα δεδομένα του καθαρού βάρους της Μηχανής 4 φαίνεται να μην ακολουθούν την κανονική κατανομή. Δεν παρατηρούμε διαφορά στα μήκη των δύο μύστακων, παρατηρούνται όμως δύο εξωκείμενες παρατηρήσεις. Η μέση τιμή ισούται με 261,65g και η τυπική απόκλιση ισούται με 2,81g. Ισχύει η κανονικότητα της κατανομής και η ανεξαρτησία των δεδομένων. Από το ΔΕ I-MR και τους ελέγχους του Minitab διαπιστώνεται ότι η διεργασία βρίσκεται εντός στατιστικού ελέγχου. Από το ΔΕ EWMA προκύπτει ότι η Μηχανή 4 συνεχίζει να παράγει προϊόντα **εντός προδιαγραφών**.

Για τη Μηχανή 4 παρατηρούμε ότι ο δείκτης  $C_p$  ισούται με 1,04, άρα η διεργασία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ικανή, αλλά χρειάζεται προσεκτική παρακολούθηση, ώστε να εξασφαλιστεί ότι παράγονται προϊόντα εντός προδιαγραφών. Ο δείκτης  $C_{pu}$  ισούται με 1,09 και είναι μεγαλύτερος από τον  $C_{pl}$ , ο οποίος ισούται με 1, γεγονός που καταδεικνύει ότι η διεργασία είναι πιο ικανή να παράγει μονάδες που πληρούν το άνω όριο προδιαγραφών. Ο δείκτης  $C_{pk}$  ισούται με 1, δείχνει ότι η διεργασία είναι αρκετά ικανή να παράγει προϊόντα εντός και των δύο προδιαγραφών.

- **Μηχανή 5**

Τα δεδομένα του καθαρού βάρους της Μηχανής 5 φαίνεται πως ακολουθούν την κανονική κατανομή. Τα μήκη στους μύστακες του θηκογράμματος εμφανίζουν μικρή διαφοροποίηση, αφού η γραμμή που αντιστοιχεί στη διάμεσο πλησιάζει το άνω άκρο του κουτιού, φανερώνοντας την αρνητική λοξότητα. Ωστόσο, δεν παρατηρούνται εξωκείμενες

παρατηρήσεις. Άρα, η κατανομή δεν είναι συμμετρική και παρουσιάζει λοξότητα. Η μέση τιμή ισούται με 344,88g και η τυπική απόκλιση ισούται με 3,68g. Ισχύει η κανονικότητα της κατανομής και δεν επαληθεύεται στατιστικά η υπόθεση για πιθανή αυτοσυσχέτιση των παρατηρήσεων. Από το ΔΕ I-MR και τους ελέγχους του Minitab διαπιστώνεται ότι η διεργασία βρίσκεται εντός στατιστικού ελέγχου, ωστόσο υπάρχουν κάποιες ενδείξεις για ύπαρξη ειδικών αιτιών, αφού ορισμένες παρατηρήσεις πλησιάζουν τα όρια των προδιαγραφών. Για την ανίχνευση των μικρών και σταδιακών αλλαγών από το διάγραμμα EWMA προκύπτει ότι η διεργασία παραμένει **εντός στατιστικού ελέγχου** και πως δεν εισέρχονται ειδικά αίτια σ αυτήν.

Για τη Μηχανή 5 έχουμε μια υψηλής διακύμανσης διεργασία που χαρακτηρίζεται ως ανεπαρκής. Παρατηρούμε ότι ο δείκτης  $C_p$  ισούται με 0,53, ο οποίος είναι μικρότερος του 1, οπότε συμπεραίνουμε πως η διεργασία δεν μπορεί να παράγει προϊόντα εντός των απαιτούμενων προδιαγραφών που έχουν τεθεί. Η διεργασία κρίνεται ως ανεπαρκής και χρειάζεται επανασχεδιασμός της. Η εταιρία οφείλει και σε αυτή την περίπτωση να προβεί στις κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες, και να επανασχεδιάσει τη διεργασία, ώστε η παραγωγή να μείνει εντός στόχου. Ο δείκτης  $C_{pu}$  ισούται με 0,54 και είναι μεγαλύτερος από τον  $C_{pl}$ , ο οποίος ισούται με 0,52, γεγονός που καταδεικνύει ότι η διεργασία είναι πιο ικανή να παράγει μονάδες που πληρούν το άνω όριο προδιαγραφών. Η μικρή τιμή του  $C_{pk}$  ( $=0,52$ ) δείχνει ότι η διεργασία αποτυγχάνει σε τουλάχιστον μία από τις δύο προδιαγραφές.

Επομένως, αν και η διεργασία βρίσκεται εντός ελέγχου, κρίνεται ως ανεπαρκής και χρειάζεται επανασχεδιασμός της για να συνεχίζει να παράγει προϊόντα εντός επιθυμητών προδιαγραφών.

- **Μηχανή 6**

Το βάρος της Μηχανής 6 φαίνεται πως δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή. Στο θηκόγραμμα δεν παρατηρείται κάποια εξωκείμενη παρατήρηση, ενώ παρατηρούμε διαφορά στα μήκη των δύο μύστακων φανερώνοντας θετική λοξότητα. Η μέση τιμή ισούται με 502,80g και η τυπική απόκλιση ισούται με 5,45g. Ισχύει η κανονικότητα της κατανομής και η ανεξαρτησία των δεδομένων. Από το ΔΕ I-MR και τους ελέγχους του Minitab επαληθεύεται ότι η διεργασία βρίσκεται **εκτός στατιστικού ελέγχου**, καθώς υπάρχουν 3 σημεία εκτός του άνω ορίου στο διάγραμμα μέσης τιμής, ακόμη 3 πολύ κοντά στο άνω όριο, ενώ αποτυγχάνει και στον έλεγχο 6. Αναγκαίος κρίνεται ο επανασχεδιασμός της διεργασίας



και οι απαιτούμενες διορθωτικές ενέργειες ώστε να μετατοπιστούν οι παρατηρήσεις προς τη μέση τιμή και να μειωθεί η τυπική απόκλιση.

- **pH passata**

Για το χαρακτηριστικό ποιότητας pH passata, αρχικά η διεργασία πιστοποιήθηκε κατά τη Φάση I και ακολούθησε η ανάλυση για τη Φάση II, για να διαπιστωθεί αν η διεργασία παραμένει εντός ελέγχου. Η μεταβλητή pH στη Φάση I ακολουθεί την κανονική κατανομή, αφού στο θηκόγραμμα δεν παρατηρείται κάποια εξωκείμενη παρατήρηση, ενώ παρατηρούμε μικρή διαφορά στα μήκη των δύο μύστακων φανερώνοντας θετική λοξότητα. Η δειγματική μέση τιμή των τιμών του δείγματος της μεταβλητής pH είναι 4,1996 και το τυπικό σφάλμα είναι 0,0918, ενώ η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ δύο μετρήσεων δεν μπορεί να υπερβαίνει την τιμή 0,35. Επίσης, το 50% των δειγματικών δεδομένων δεν ξεπερνάει την τιμή 4,2. Η επικρατούσα τιμή του δείγματος ισούται με 4,22 με συχνότητα εμφάνισης 5 φορές. Ο συντελεστής διακύμανσης είναι μικρότερος του 10% (2,19) άρα το δείγμα μας είναι ομοιογενές. Η κατανομή είναι πλατύκυρτη με ελαφριά αριστερή λοξότητα.

Για τη μεταβλητή pH κατά τη Φάση II διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει κάποιο σημείο εκτός των ορίων ελέγχου στο ΔΕ I-MR, οπότε θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι η διεργασία παραμένει εντός ελέγχου. Ωστόσο, από τους ελέγχους του Minitab προκύπτει αποτυχία στον έλεγχο 3 στην παρατήρηση 50, γεγονός που δημιουργεί υποψίες για ύπαρξη ειδικών αιτιών στη διεργασία. Από το ΔΕ EWMA δεν υπάρχουν σημεία που να χαρακτηρίζουν τη διεργασία εκτός ελέγχου, οπότε η ανάλυση σταματά και το σύστημα θεωρείται εγκατεστημένο.

Για τη μεταβλητή pH δεν μπορούμε να ορίσουμε το δείκτη  $C_p$ , αφού μόνο το υπάρχει μόνο άνω όριο στα όρια που έχει θέσει η επιχείρηση. Το αναμενόμενο πλήθος παραγωγών (Expected Overall) είναι: 14.561,55 παραγωγές άνω του άνω ορίου, νούμερο αρκετά ανησυχητικό. Ο δείκτης  $C_{pu}$  ισούται με 0,72. Η μικρή τιμή του  $C_{pk}$  (0,72) δείχνει ότι η διεργασία αποτυγχάνει στο άνω όριο προδιαγραφών που έχει τεθεί. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η τιμή του δείκτη εφιστά την προσοχή και υποδεικνύει την αναγκαιότητα για στενή παρακολούθηση της διεργασίας.

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι η συγκεκριμένη μελέτη εντόπισε αστοχίες στην παραγωγική διαδικασία, οι οποίες δεν ήταν αρχικά ορατές από τους χειριστές και τον υπεύθυνο παραγωγής. Ακόμη και όταν βρίσκονται εντός ελέγχου οι διεργασίες παρατηρήσαμε ότι έχουν σχεδόν όλες πολύ χαμηλό δείκτη ικανότητας, με αποτέλεσμα να χρειάζεται βελτίωση η

παραγωγική διαδικασία. Οι αστοχίες που εντοπίστηκαν και για τις δύο μεταβλητές που εξετάστηκαν, φανερώνουν την αναγκαιότητα περισσότερων εφαρμογών της ΔΟΠ στον τομέα των τροφίμων. Απλές βελτιωτικές κινήσεις μπορούν να επιφέρουν αξιοσημείωτα αποτελέσματα στην ποιότητα των τελικών προϊόντων και κατ' επέκταση στο κόστος της επιχείρησης. Το κόστος έγκειται τόσο στο υλικό κόστος από καταστροφές μη συμμορφούμενων προϊόντων όσο και στο κόστος που σχετίζεται με την αξιοπιστία προς τον καταναλωτή και την αποφυγή διάθεσης προϊόντων που θα πλήξουν ανεπανόρθωτα την εικόνα της επιχείρησης.

## 6.2 Προτάσεις βελτίωσης

Προκειμένου να μπορέσουν να αξιοποιηθούν όσο το δυνατόν καλύτερα τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης, κρίνεται απαραίτητη η τακτική συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού με ταυτόχρονη εφαρμογή των εργαλείων του ΣΕΔ. Όπου είναι αναγκαίο πρέπει να σχεδιαστεί εκ νέου η διεργασία. Επίσης, επιτακτική είναι και η εκπαίδευση του προσωπικού, έτσι ώστε να μπορέσει να ανταποκριθεί στις νέες ανάγκες και να μπορεί να προβαίνει στις κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες.

Προτείνεται ακόμη και η μελέτη των δεικτών επίδοσης διεργασίας σε όλες τις περιπτώσεις, έτσι ώστε κάθε διεργασία να προσεγγίσει όσο το δυνατόν περισσότερο την αρτιότερη παραγωγική διαδικασία. Αυτό μπορεί να μελετηθεί πειραματικά και να γίνουν οι αντίστοιχες προτάσεις. Επιπλέον, για ακόμη πιο ασφαλή αποτελέσματα προτείνεται νέα ανάλυση, η οποία θα περιλαμβάνει μεγαλύτερο αριθμό δείγματος, δηλαδή περισσότερες μετρήσεις του βάρους της τελικής συσκευασία των προϊόντων σε κάθε μηχανή και μεγαλύτερο διάστημα καταγραφής των μετρήσεων του pH της passata.

Σε κάθε περίπτωση, η εφαρμογή της ΔΟΠ σε μια βιομηχανία θα επιφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια στην παραγωγή αγαθών και πιο αξιόπιστες διαδικασίες, ενώ ταυτόχρονα θα βελτιώσει την ποιότητα των παραγόμενων αγαθών και φυσικά το κέρδος και την αξιοπιστία της επιχείρησης.



## Βιβλιογραφία

- Alsaid, M., Kamal , R., & Rashwan, M. (2020, September 29). The performance of control charts with economic-statistical design when parameters are estimated. *Review of Economics and Political Science*, σσ. 142-160.
- Aquilani, B., Silvestri, C., Ruggieri, A., & Gatt, C. (2017). A systematic literature review on total quality management critical success factors and the identification of new avenues of research. *The TQM Journal*, Vol. 29 No. 1, σσ. 184-213.
- Beardsell, M., & Dale, B. (1999). The relevance of total quality management in the food supply and distribution industry: a study. *British Food Journal Vol. 101 No. 3, 1999*, σσ. 190-200.
- Chaves, J., Gomes, S., Prata, E., & Passos, F. (2020, April 20). Statistical quality control in the food industry: a risk-based approach.
- Chen, J. (2023, Mar). Identifying critical success factors of total quality management via comprehensive assessment of soft and hard factors. *The TQM Journal*.
- Crosby, P. (1979). *Quality is free*. New York: McGraw-Hill .
- Culot, G. (2019). *Quality Management: Tools, Methods, and Standards*.
- Dale, B. (2003). *Managing Quality, Fourth Edition*. Blackwell Publishing Ltd.
- Dora, M., Kumar, M., Van Goubergen, D., & Molnar, A. (2013). Food quality management system: reviewing assessment strategies and a feasibility study for European food small and medium-sized enterprises. *Food Control*, Vol. 31 No. 2, σσ. 607-616.
- Ebrahimi , M., & Sadeghi, M. (2013). Quality management and performance: an annotated review. *International Journal of Production Research*, Vol. 51 No. 18, σσ. 5625-5643.
- Feigenbaum, A. (1983). *Total quality control (3rd ed.)*. McGraw-Hill.
- Gaafar, L., & Keats , J. (1991). *Statistical Process Control: A Guide for Implementation*. Arizona State University, USA .
- Garvin, D. (1984). *What does 'product quality' really means?* Sloan Management Review.
- Garvin, D. (1988). *Managing Quality*. New York: The Free Press.

- Ghute, V., & Deshpande, M. (2023, October 11). QUALITY PAPER, Process capability index Cpm under autoregressive process AR (2). *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Hosseinifard, S., & Abbasi, B. (2011, April ). Evaluation of process capability indices of linear profiles. *International Journal of Quality & Reliability Management*, σσ. 162-176.
- <https://easa.gr/el/>. (n.d.). Ανάκτηση March 11, 2024, από EASA: <https://easa.gr/el/>
- Ishikawa, K. (1985). *What Is Total Quality Control? The Japanese Way*. New Jersey: Englewood Cliffs.
- Juran, J. (1988). *Juran's Quality Control Handbook, 4th Edition*. McGraw-Hill.
- Kafetzopoulos, D., & Gotzamani, K. (2014). Critical factors, food quality management and organizational performance. *Food Control, Vol. 40 No. 1*, σσ. 1-11.
- Kakouris, A., & Sfakianaki, E. (2018). Impacts of ISO 9000 on Greek SMEs business performance. *International Journal of Quality and Reliability Management, Vol. 35 No. 10*, σσ. 2248-2271.
- Khorshidi, H., Nikfalazar, S., & Gunawan, I. (2015, January 12). Statistical process control application on service quality using SERVQUAL and QFD with a case study in trains' services. σσ. 195-215.
- Kumar, P., Maiti, J., & Gunasekaran, A. (2018). Impact of quality management systems on firm performance. *International Journal of Quality and Reliability Management, Vol. 35 No. 5*, σσ. 1034-1059.
- McDermott, O., Antony, J., Sony, M., Rosa, A., Hickey, M., & Grant, T. (2022). A study on Ishikawa's original basic tools of quality control in healthcare. *The TQM Journal*, 1686-1705.
- Nair, A. (2006). Meta-analysis of the relationship between quality management practices and firm performance-implications for quality management theory development. *Journal of Operations Management, Vol. 24 No. 6*, σσ. 948-975.

- Patino-Rodriguez, C., Perez, D., & Manco, O. (2021, January 26). Simulation approach for assessing the performance of the  $\gamma$ EWMA control chart. *International Journal of Quality & Reliability Management*, σσ. 1902-1922.
- Peren Aykas , D., Rodrigues Borba , K., & Rodriguez-Saona, L. (2020, September 15). Non-Destructive Quality Assessment of Tomato Paste by Using Portable Mid-Infrared Spectroscopy and Multivariate Analysis. *MDPI, Foods 2020*.
- Psomas, E., & Fotopoulos , C. (2009). Total quality management practices and results in food companies. *International Journal of Productivity and Performance Management Vol. 59 No. 7*, σσ. 668-687.
- Psomas, E., Kafetzopoulos, D., & Fotopoulos, C. (2013). Developing and validating a measurement instrument of ISO 9001 effectiveness in food manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 24 No.1*, σσ. 52-77.
- Psomas, E., Vouzas, F., & Kafetzopoulos, D. (2014). Quality management benefits through the “soft” and “hard” aspect of TQM in food companies. *TQM Journal, Vol. 26 No. 5*, σσ. 431-444.
- Rowlands, H., Antony, J., & Knowles, G. (2000). An application of experimental design for process optimisation. *The TQM Magazine*, 78-83.
- Ruales Guzman, B., & Castellanos Dominguez, O. (2022, March 25). Benefits on productivity indicators after quality management implementation: evidence in the dairy industry. *International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 72 No. 8*, σσ. 2349-2375.
- Ruales Guzman, B., Brun, A., & Castellanos Dominguez, O. (2019). Quality management as a determinant factor of productivity: a systematic literature review. *International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 68 No. 4*, σσ. 675-698.
- Seakhoa-King, A., Augustyn, M., & Mason, P. (2020). "Approaches to Conceptualising and Measuring Quality", *Tourism Destination Quality*. Emerald Publishing Limited.
- Sousa, R., & Voss, C. (2002). Quality management re-visited: a reflective review and agenda for future research. *Journal of Operations Management, Vol. 20 No. 1*, σσ. 91-109.

- Tannock, J. (1996, September). An economic comparison of inspection and control charting using simulation. *International Journal of Quality & Reliability Management*, σσ. 687-699.
- Tetra Pak ProductExplorer*. (n.d.). Ανάκτηση January 15, 2024, από <https://productexplorer.tetrapak.com/>:  
<https://productexplorer.tetrapak.com/packages/ambient-packages>
- Wang, W., & Zhang, W. (2008, August 15). Early defect identification: application of statistical process control methods. *Emerald, Journal of Quality in Maintenance Engineering*, σσ. 225-236.
- Weckenmann, A., Akkasoglu, G., & Werner, T. (2014). Quality management – history and trends. *The TQM Journal*, 281-293.
- Williams, S. (1984). *Official Methods of Analysis of the association of official Analytical Chemists, 14th Edition*. Virginia, USA: Association of official Analytical Chemists, inc.
- Αντζουλάκος, Δ. (2009). *Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Πανεπιστημιακές σημειώσεις Πανεπιστημίου Πειραιώς - Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης*. Πειραιάς Β' Έκδοση.
- Γεωργακάκος, Γ. (2002). *Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας, Τόμος Α, ΔΙΠ 60*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Γκίτση, Α. (2023, August 16). *euro2day*. Ανάκτηση January 15, 2024, από <https://www.euro2day.gr/news/enterprises/article/2202850/mia-viomhhania-hymon-apo-to-argos-me-pistopoihsh-k.html>
- ΔΙΕΠΠΥ. (2014). *Κανόνες ΔΙΕΠΠΥ*. Αθήνα: Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας.
- Ελληνική Συνομοσπονδία Ελληνικού Εμπορίου. (2014). *Διαχείριση Ποιότητας*. Αθήνα.
- Ζαβλανός, Μ. (2006). *Η Ποιότητα στις Παρεχόμενες Υπηρεσίες και τα Προϊόντα*. Εκδόσεις Σταμούλη.
- Θωμαΐδου, Φ., & Αθανασιάδης, Α. (2019). *Βιομηχανία Τροφίμων και Ποτών: Facts & Figures 2018, 14η έκδοση*. Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών.

- Θωμαΐδου, Φ., & Βλάχου, Π. (2012). *Ελληνική Βιομηχανία Τροφίμων και Ποτών, Ετήσια Έκθεση 2011*. Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών.
- Καπετανοπούλου, Π. (2022). *Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας, 1η ΟΣΣ, ΔΙΠ 60*. Θεσσαλονίκη: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Κούτρας, Μ. (2008). *Προηγμένα Εργαλεία και Μέθοδοι για τον Έλεγχο της Ποιότητας, Θέματα Στατιστικού Ελέγχου Διεργασίας, ΔΙΠ 60/Τευχίδιο Α'*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Κουτρουβέλης, Ι. (2000). *Βασικά Εργαλεία και Μέθοδοι για τον Έλεγχο Ποιότητας, ΔΙΠ 50, Τόμος Β', Πιθανότητες και Στατιστική II*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Σταυράκη, Σ., & Αθανασιάδης, Α. (2023). *Βιομηχανία Τροφίμων και Ποτών 2022*. Ίδρυμα Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών.
- Ταγαράς, Γ. (2001). *Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.
- Τσαρούχας, Π., & Ντέλιου, Κ. (2018). *Σύγχρονοι Μέθοδοι στη Διοίκηση & Τεχνολογία Ποιότητας*. Εκδόσεις Δίσιγμα.



## Παράρτημα Ι: Συντελεστές για τα Διαγράμματα Ελέγχου

Πίνακας 25: Συντελεστές των διαγραμμάτων ελέγχου (Γεωργακάκος Γ. , 2002)

n	Δ.Ε. Μέσων			Δ.Ε. Τυπικών αποκλίσεων						Δ.Ε. Εύρους						
	Σταθερές για τα όρια ελέγχου			Σταθερές για την κεντρική γραμμή		Σταθερές για τα όρια ελέγχου				Σταθερές για την κεντρική γραμμή		Σταθερές για τα όρια ελέγχου				
	A	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	I/c <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	d <sub>2</sub>	I/d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541
26	0.588	0.148	0.594	0.9901	1.0100	0.576	1.424	0.568	1.412	3.970	0.2529	0.705	1.854	6.086	0.467	1.533
27	0.577	0.144	0.583	0.9904	1.0107	0.584	1.416	0.576	1.404	3.996	0.2503	0.701	1.892	6.100	0.474	1.527
28	0.567	0.141	0.572	0.9918	1.0093	0.592	1.408	0.584	1.397	4.028	0.2483	0.705	1.913	6.143	0.475	1.525
29	0.557	0.137	0.562	0.9911	1.0090	0.599	1.401	0.592	1.390	4.055	0.2476	0.696	1.967	6.143	0.485	1.515
30	0.548	0.134	0.552	0.9914	1.0097	0.606	1.394	0.599	1.384	4.090	0.2445	0.694	2.008	6.172	0.491	1.509
31	0.539	0.131	0.543	0.9927	1.0084	0.613	1.387	0.606	1.377	4.116	0.2430	0.691	2.042	6.190	0.496	1.504
32	0.530	0.128	0.535	0.9920	1.0081	0.619	1.381	0.613	1.371	4.140	0.2425	0.689	2.074	6.206	0.501	1.499
33	0.522	0.125	0.526	0.9922	1.0088	0.625	1.375	0.619	1.366	4.170	0.2408	0.687	2.110	6.230	0.506	1.494
34	0.514	0.123	0.518	0.9925	1.0086	0.631	1.369	0.625	1.360	4.188	0.2398	0.683	2.140	6.236	0.511	1.489
35	0.507	0.120	0.511	0.9937	1.0074	0.636	1.364	0.630	1.355	4.211	0.2375	0.681	2.169	6.253	0.515	1.485
36	0.500	0.118	0.504	0.9939	1.0072	0.641	1.359	0.636	1.350	4.240	0.2368	0.680	2.201	6.279	0.519	1.481
37	0.493	0.116	0.497	0.9931	1.0070	0.646	1.354	0.641	1.345	4.260	0.2357	0.677	2.228	6.292	0.523	1.477
38	0.487	0.114	0.490	0.9933	1.0078	0.651	1.349	0.646	1.341	4.284	0.2334	0.675	2.258	6.310	0.527	1.473
39	0.480	0.112	0.484	0.9934	1.0076	0.656	1.344	0.650	1.336	4.303	0.2324	0.673	2.285	6.321	0.531	1.469
40	0.474	0.110	0.477	0.9946	1.0064	0.660	1.340	0.655	1.332	4.318	0.2326	0.669	2.310	6.326	0.535	1.465

## Παράρτημα II: Δεδομένα μετρήσεων βάρους και pH

Πίνακας 26: Δεδομένα μετρήσεων βάρους και pH για τις Μηχανές 1, 2, 3 και 4

ΑΑ δείγματος	Ημερομηνία δείγματος	Καθαρό Βάρος Μηχανής 1 (g)	Καθαρό βάρος Μηχανής 2 (g)	Καθαρό βάρος Μηχανής 3 (g)	Καθαρό βάρος Μηχανής 4 (g)
1	2/1/2023	1.052,365	1.050,92	261,232	260,455
2	2/1/2023	1.046,785	1.049,365	260,64	262,003
3	2/1/2023	1.042,159	1.044,574	265,332	263,924
4	2/1/2023	1.045,658	1.051,321	259,784	255,912
5	2/1/2023	1.058,397	1.039,554	262,36	260,584
6	2/1/2023	1.040,852	1.050,546	263,111	260,223
7	2/1/2023	1.053,145	1.049,665	268,412	264,145
8	2/1/2023	1.056,589	1.048,551	269,558	262,228
9	2/1/2023	1.048,585	1.052,567	260,123	261,772
10	2/1/2023	1.056,321	1.049,666	261,855	254,998
11	3/1/2023	1.054,325	1.055,144	255,448	262,115
12	3/1/2023	1.050,254	1.052,550	266,312	263,45
13	3/1/2023	1.046,258	1.048,223	261,244	264,992
14	3/1/2023	1.056,278	1.050,775	264,225	265,331
15	3/1/2023	1.039,582	1.048,152	266,814	263,332
16	3/1/2023	1.051,228	1.049,228	267,36	268,502
17	3/1/2023	1.039,125	1.042,599	265,332	261,005
18	3/1/2023	1.055,355	1.048,774	258,998	262,339
19	3/1/2023	1.054,365	1.053,552	259,546	261,058
20	3/1/2023	1.046,899	1.047,322	256,885	263,556

21	4/1/2023	1.049,746	1.046,588	259,466	262,996
22	4/1/2023	1.046,382	1.047,998	255,935	260,003
23	4/1/2023	1.050,664	1.046,553	259,454	262,552
24	4/1/2023	1.050,442	1.048,973	266,451	260,774
25	4/1/2023	1.045,323	1.055,445	265,332	265,225
26	4/1/2023	1.046,665	1.045,477	265,114	263,119
27	4/1/2023	1.058,572	1.049,335	263,11	260,666
28	4/1/2023	1.048,295	1.041,557	260,665	264,443
29	4/1/2023	1.054,347	1.046,977	255,425	260,998
30	4/1/2023	1.042,555	1.044,115	262,955	263,556
31	5/1/2023	1.049,253	1.056,228	259,448	262,661
32	5/1/2023	1.035,023	1.042,557	256,999	260,448
33	5/1/2023	1.039,234	1.048,255	257,665	257,632
34	5/1/2023	1.056,326	1.050,112	258,885	256,258
35	5/1/2023	1.052,145	1.045,946	260,105	257,245
36	5/1/2023	1.055,996	1.052,332	264,698	261,447
37	5/1/2023	1.052,547	1.048,887	260,005	260,857
38	5/1/2023	1.049,658	1.049,885	259,668	260,145
39	5/1/2023	1.049,545	1.043,654	262,008	257,75
40	5/1/2023	1.051,654	1.052,478	261,048	265,228



**Πίνακας 27: Δεδομένα μετρήσεων βάρους και pH για τις Μηχανές 5 και 6**

ΑΑ δείγματος	Ημερομηνία δείγματος	Καθαρό Βάρος Μηχανής 5 (g)	Ημερομηνία δείγματος	Καθαρό βάρος Μηχανής 6 (g)
1	19/1/2023	338,125	10/1/2023	508,25
2	19/1/2023	350,457	10/1/2023	510,588
3	19/1/2023	345,332	10/1/2023	511,228
4	19/1/2023	348,108	10/1/2023	492,326
5	19/1/2023	342,009	10/1/2023	507,879
6	19/1/2023	347,662	10/1/2023	501,398
7	19/1/2023	345,995	10/1/2023	497,336
8	19/1/2023	340,884	10/1/2023	505,114
9	19/1/2023	346,177	10/1/2023	502,003
10	19/1/2023	341,552	10/1/2023	500,899
11	23/1/2023	344,558	17/1/2023	490,632
12	23/1/2023	350,552	17/1/2023	496,788
13	23/1/2023	351,326	17/1/2023	503,709
14	23/1/2023	340,002	17/1/2023	507,22
15	23/1/2023	346,288	17/1/2023	499,002
16	23/1/2023	341,33	17/1/2023	502,445
17	23/1/2023	338,556	17/1/2023	503,996
18	23/1/2023	347,045	17/1/2023	502,008
19	23/1/2023	346,004	17/1/2023	497,552
20	23/1/2023	341,228	17/1/2023	509,993
21	8/2/2023	339,558	20/2/2023	511,114
22	8/2/2023	342,623	20/2/2023	498,087

23	8/2/2023	350,14	20/2/2023	505,525
24	8/2/2023	344,036	20/2/2023	506,995
25	8/2/2023	347,95	20/2/2023	499,664
26	8/2/2023	345,008	20/2/2023	509,882
27	8/2/2023	348,485	20/2/2023	498,662
28	8/2/2023	341,628	20/2/2023	504,331
29	8/2/2023	345,077	20/2/2023	509,305
30	8/2/2023	347,623	20/2/2023	495,008
31	24/2/2023	340,004	3/3/2023	501,994
32	24/2/2023	344,987	3/3/2023	496,74
33	24/2/2023	348,06	3/3/2023	506,456
34	24/2/2023	338,129	3/3/2023	500,558
35	24/2/2023	349,191	3/3/2023	509,431
36	24/2/2023	344,205	3/3/2023	508,962
37	24/2/2023	342,528	3/3/2023	501,589
38	24/2/2023	345,058	3/3/2023	494,339
39	24/2/2023	342,007	3/3/2023	499,443
40	24/2/2023	351,773	3/3/2023	503,445
41	15/3/2023	350,225		
42	15/3/2023	344,314		
43	15/3/2023	339,225		
44	15/3/2023	349,669		
45	15/3/2023	342,332		
46	15/3/2023	346,669		
47	15/3/2023	345,22		

<b>48</b>	15/3/2023	343,92		
<b>49</b>	15/3/2023	344,78		
<b>50</b>	15/3/2023	346,447		

**Πίνακας 28: Ιστορικά δεδομένα των μετρήσεων του pH της passata**

Ημερομηνία δείγματος	pH	Ημερομηνία δείγματος	pH	Ημερομηνία δείγματος	pH
5/1/2023	4,13	17/2/2023	4,26	20/3/2023	4,35
10/1/2023	4,29	17/2/2023	4,15	21/3/2023	4,3
10/1/2023	4,03	17/2/2023	4,13	21/3/2023	4,26
10/1/2023	4,25	20/2/2024	4,29	23/3/2023	4,14
10/1/2023	4,22	20/2/2024	4,22	28/3/2023	4,12
16/1/2023	4,18	20/2/2024	4,25	28/3/2023	4,06
16/1/2023	4,35	20/2/2024	4,28	29/3/2023	4,11
17/1/2023	4,08	24/2/2024	4,33	29/3/2023	4,17
17/1/2023	4,15	1/3/2023	4,18		
17/1/2023	4,3	1/3/2023	4,15		
17/1/2023	4,21	3/3/2023	4,01		
20/1/2023	4,03	3/3/2023	4,22		
23/1/2023	4,34	3/3/2023	4,34		
25/1/2023	4,22	3/3/2023	4,09		
25/1/2023	4,14	6/3/2023	4,22		
31/1/2023	4,3	8/3/2023	4,27		
31/1/2023	4,2	8/3/2023	4,36		
2/2/2023	4,11	9/3/2023	4,31		
2/2/2023	4,15	9/3/2023	4,25		
7/2/2023	4,12	14/3/2023	4,2		
13/2/2023	4,17	14/3/2023	4,16		
13/2/2023	4,08	20/3/2023	4,15		

**Πίνακας 29: Δεδομένα μετρήσεων Φάσης II του pH της passata**

Ημερομηνία δείγματος	pH	Ημερομηνία δείγματος	pH	Ημερομηνία δείγματος	pH
4/4/2023	4,17	30/4/2023	4,2	6/6/2023	4,11
4/4/2023	4,19	8/5/2023	4,13	11/6/2023	4,16
4/4/2023	4,22	8/5/2023	4,01	11/6/2023	4,18
5/4/2023	4,06	8/5/2023	4,29	11/6/2023	4,24
5/4/2023	4,01	10/5/2023	4,2	13/6/2023	4,27
9/4/2023	4,15	10/5/2023	4,14	13/6/2023	4,34
9/4/2023	4,13	14/5/2023	4,25	13/6/2023	4,21
11/4/2023	4,29	14/5/2023	4,24	13/6/2023	4,25
11/4/2023	4,11	17/5/2023	4,03	17/6/2023	4,11
12/4/2023	4,21	17/5/2023	4,25	17/6/2023	4,1
15/4/2023	4,03	17/5/2023	4,2	19/6/2023	4,08
15/4/2023	4,25	17/5/2023	4,33	19/6/2023	4,11
17/4/2023	4,3	21/5/2023	4,21	21/6/2023	4,22
17/4/2023	4,15	21/5/2023	4,18	21/6/2023	4,26
17/4/2023	4,18	21/5/2023	4,07	26/6/2023	4,08
19/4/2023	4,26	28/5/2023	4,11	26/6/2023	4,09
19/4/2023	4,22	28/5/2023	4,28	26/6/2023	4,11
19/4/2023	4,15	31/5/2023	4,22	28/6/2023	4,25
23/4/2023	4,3	3/6/2023	4,27	28/6/2023	4,3
23/4/2023	4,21	5/6/2023	4,36	28/6/2023	4,24
29/4/2023	4,08	5/6/2023	4,12	28/6/2023	4,15
30/4/2023	4,27	6/6/2023	4,07		