

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**



Διπλωματική Εργασία

**ΜΕΛΕΤΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΩΝ
ΠΛΑΝΩΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΠΡΩΤΩΝ
ΥΛΩΝ ΜΕ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ**



ΚΟΝΤΟΧΡΗΣΤΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Επιβλέπων:

**ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΓΡΗΓΟΡΟΥΔΗΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΧΑΝΙΑ 2014

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα Διπλωματική Εργασία θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή Γρηγορούδη Ευάγγελο, που με την πολύτιμη βοήθεια του και τη σωστή καθοδήγηση σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της, κατέστη δυνατή η υλοποίησή της.

Επίσης ευχαριστώ θερμά τον κύριο Νεοφύτου Μιχάλη για τις γνώσεις, την άριστη και στενή συνεργασία και τη συμπαράσταση που μου προσέφερε.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους μου συμπαράσταθηκαν και ιδιαίτερα την οικογένεια μου.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	6
1.1	Γενικά.....	6
1.2	Περιγραφή του προϊόντος και της παραγωγικής διαδικασίας.....	7
1.2.1	Περιγραφή του προϊόντος και του κλάδου της αλευροβιομηχανίας	7
1.2.2	Διαδικασία παραγωγής του αλευριού	9
1.2.3	Δραστηριότητες της βιομηχανίας.....	11
2	Παραλαβή πρώτων υλών	12
2.1	Στάδιο παραλαβής	12
2.1.1	Παραλαβή και αποθήκευση πρώτων υλών	12
2.1.2	Παραλαβή και αποθήκευση βοηθητικών υλών	13
2.1.3	Διάγραμμα ροής παραλαβής πρώτων υλών.....	14
2.1.4	Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης	16
2.2	Καθορισμός πιθανοτήτων	17
2.3	Μοναδιαία κόστη	22
3	Δειγματοληπτικός έλεγχος με παράλειψη παρτίδων	27
3.1	Εισαγωγή στα δειγματοληπτικά σχήματα	27
3.2	Δειγματοληπτικό σχήμα SkSP-1.....	28
3.3	Οικονομικό μοντέλο δειγματοληψίας	29
3.3.1	Περιγραφή του μοντέλου	29
3.3.2	Παράμετροι	29
3.3.3	Απλοποίηση προβλήματος.....	37
3.3.4	Αλγόριθμος.....	38
4	Εφαρμογή στη βιομηχανία	39
4.1	Μοντελοποίηση προβλήματος	39
4.2	Περιγραφή της επίλυσης του προβλήματος για τον έλεγχο της γλουτένης.....	39
4.2.1	Περιγραφή της επίλυσης του προβλήματος.....	39
4.2.2	Εφαρμογή στον έλεγχο της γλουτένης	40
4.3	Εύρεση βέλτιστου σχεδίου	40
4.3.1	Τιμές παραμέτρων	40
4.3.2	Εφαρμογή βηματικού αλγορίθμου	42
4.3.3	Εφαρμογή στον έλεγχο χωρίς παράλειψη παρτίδων.....	45
4.4	Εναλλακτική μοντελοποίηση προβλήματος.....	46

4.5 Υπολογισμός οριακής στάθμης παραμέτρων	47
4.6 Σχολιασμός αποτελεσμάτων	51
5 Συμπεράσματα και επεκτάσεις	53
5.1 Γενικά	53
5.2 Βασικά συμπεράσματα	54
5.3 Μελλοντικές Επεκτάσεις	55
Βιβλιογραφία	57
Α. Ελληνική βιβλιογραφία	57
Β. Ξένη βιβλιογραφία	57
Παραρτήματα.....	58
Παράρτημα Α: Δεδομένα από τη βιομηχανία	58
Παράρτημα Β: Αποτελέσματα από εναλλακτικές μοντελοποιήσεις	60

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η εύρεση ενός δειγματοληπτικού σχήματος το οποίο θα αποτελεί τη βέλτιστη οικονομική λύση για μια επιχείρηση. Η μέθοδος, η οποία αναζητείται πρόκειται να εφαρμοστεί σε μια υπαρκτή παραγωγική διαδικασία με πραγματικά οικονομικά δεδομένα.

Πρόκειται για μια βιομηχανία που παράγει άλευρα. Ένας από τους κύριους στόχους της εταιρείας είναι η βελτίωση του τρόπου που γίνεται η δειγματοληψία.

Εξετάζεται ουσιαστικά, πόσο συχνά και με ποιο τρόπο πρέπει μια εταιρεία να ελέγχει τις πρώτες ύλες της στο στάδιο της παραλαβής αυτών, ταυτόχρονα με την εφαρμογή οικονομικών κριτηρίων, έτσι ώστε να είναι σίγουρη για την ποιότητα των προϊόντων της και παράλληλα να έχει το μικρότερο δυνατό κόστος.

Ο έλεγχος των πρώτων υλών είναι ιδιαίτερα σημαντικός γιατί χάρη σε αυτόν μπορεί να γίνει ο προγραμματισμός όλης της παραγωγής της βιομηχανίας και να ληφθεί από τους υπεύθυνους η κρίσιμη απόφαση για την αποδοχή ή απόρριψη αυτών που οδηγεί σε περίπτωση απόρριψης τους στην άμεση εξεύρεση εναλλακτικής λύσης για την συνέχιση της παραγωγής των προϊόντων. Η εγκυρότητα των ελέγχων και η χρήση της κατάλληλης μεθοδολογίας εξασφαλίζει την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος και εκμηδενίζει την πιθανότητα παραγωγής επικίνδυνου για την υγεία προϊόντος τα οποία αποτελούν τους κύριους στόχους κάθε βιομηχανίας.

Όσον αφορά τους ελέγχους που γίνονται κατά την παραλαβή, εκτός από τον οπτικό έλεγχο για αλλοίωση της πρώτης ύλης και τον έλεγχο βάρους για την διαπίστωση αν το φορτίο είναι ίσο με την ποσότητα που παραγγέλθηκε, που είναι σχετικά απλοί έλεγχοι, γίνονται και χημικοί έλεγχοι που είναι πιο πολύπλοκοι και χρονοβόροι και με υψηλό συγκριτικά κόστος.

Είναι φανερό λοιπόν ότι για να εξασφαλιστεί η ανταγωνιστικότητα και η φήμη κάθε βιομηχανίας είναι σημαντικό να υπάρχει αξιόπιστη, επιστημονικά τεκμηριωμένη και οικονομική μέθοδος των πρώτων υλών.

Στην παρούσα εργασία για τον έλεγχο της ποιότητας των δημητριακών, που αποτελούν τις πρώτες ύλες που παραλαμβάνονται, γίνεται δειγματοληπτικός έλεγχος με διαλογή για τον διαχωρισμό των παρτίδων σε αποδεκτές και απορριπτέες.

Το εφαρμοζόμενο δειγματοληπτικό σχήμα είναι το SkSP-1, δηλαδή δειγματοληψία με παράλειψη παρτίδων.

Στη συνέχεια εκτελείται ο αλγόριθμος του οικονομικού μοντέλου που αντιστοιχεί στο SkSP-1, ο οποίος δίνει τη βέλτιστη λύση για την αποδοχή ή απόρριψη των παραλαμβανόμενων υλικών.

Με βάση τα αποτελέσματα που δίνει ο αλγόριθμος, προκύπτει ένας δειγματοληπτικός έλεγχος οικονομικότερος από αυτόν που εφαρμόζεται ήδη στην βιομηχανία.

1.2 Περιγραφή του προϊόντος και της παραγωγικής διαδικασίας

1.2.1 Περιγραφή του προϊόντος και του κλάδου της αλευροβιομηχανίας

Το αλεύρι

Το αλεύρι είναι μια λεπτή σκόνη που γίνεται από τα δημητριακά ή άλλα αμυλούχα φυτά. Χρησιμοποιείται ως συστατικό σε πολλά τρόφιμα. Το αλεύρι είναι το κύριο συστατικό του ψωμιού, το οποίο είναι βασικό τρόφιμο σε πολλές χώρες, και επομένως η διαθεσιμότητα και επάρκεια του αλευριού είναι συχνά ένα σημαντικό οικονομικό και πολιτικό ζήτημα. Συνηθέστερα παράγεται από το σιτάρι, αλλά και το καλαμπόκι, τη σίκαλη, το κριθάρι και το ρύζι. Το αλεύρι μπορεί επίσης να παραχθεί από τα όσπρια, τη σόγια, τα φιστίκια, τα αμύγδαλα και από καρπούς δέντρων.

Γενικά Χαρακτηριστικά του Κλάδου – Περιγραφή των Προϊόντων

Στον κλάδο της αλευροβιομηχανίας δραστηριοποιούνται αρκετές επιχειρήσεις, οι οποίες παράγουν αλεύρι, σιμιγδάλι και τα υποπροϊόντα αυτών, από την άλεση σκληρού και μαλακού σίτου.

Οι μεγαλύτερες ποσότητες που διατίθενται στην αγορά παράγονται από τις μεγάλου μεγέθους αλευροβιομηχανίες, οι οποίες διαθέτουν σύγχρονο μηχανολογικό εξοπλισμό. Το παραγόμενο σιμιγδάλι απορροφάται κυρίως από τις βιομηχανίες ζυμαρικών, ενώ μικρές ποσότητες συσκευάζονται και διατίθενται στη λιανική.

Ορισμένες εταιρίες παραγωγής ζυμαρικών διαθέτουν ιδιόκτητους μύλους σιμιγδαλιού, ώστε να προμηθεύονται την κύρια πρώτη ύλη τους σε χαμηλότερο κόστος. Η μεγαλύτερη ποσότητα αλεύρων χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη από τη βιοτεχνική αρτοποιία.

Η ποιότητα των παραγομένων αλεύρων εξαρτάται τόσο από τη διαδικασία παραγωγής, όσο και από το ειδικό βάρος του σιταριού (πρώτη ύλη). Το κυριότερο συστατικό των σιτηρών είναι οι

υδατάνθρακες και το ποσοστό τους κυμαίνεται από 60% - 80%, ενώ περιέχουν και πρωτεΐνες σε ποσοστό 8% - 10% με μικρή περιεκτικότητα σε αμινοξέα.

Οι κύριες φάσεις που ακολουθούνται για την παραγωγή των διάφορων τύπων αλεύρου είναι: καθαρισμός του σιταριού, διαβροχή, αποφλοιώση, διαχωρισμός κόκκων ανά μέγεθος και άλεση. Κατά τη διαδικασία παραγωγής αλεύρων αποβάλλεται τόσο το πίτυρο, όσο και το φύτρο που αποτελούν τις φυτικές ίνες του σπόρου. Η ποιότητα του αλεύρου εξαρτάται και από την περιεκτικότητά του σε φύτρα και πίτυρα.

Το σιτάρι διακρίνεται στο μαλακό και στο σκληρό. Η Ελλάδα πραγματοποιεί παραγωγή και εξαγωγές κυρίως σκληρού σίτου, ενώ εισάγει κυρίως μαλακό σίτο. Ο κόκκος του μαλακού σιταριού παρουσιάζει κατά την τομή του αλευρώδη υφή και χρησιμοποιείται κυρίως στην αρτοποιία. Το αλεύρι που προκύπτει από την άλεση μαλακού σίτου είναι πλούσιο σε γλουτένη (πρωτεΐνη), ένζυμα (αμυλάσες) και τέφρα. Το σκληρό σιτάρι κατά τη διάσπαση του κόκκου του παρουσιάζει υαλώδη υφή και αποτελεί πρώτη ύλη για την παραγωγή σιμιγδαλιού. Το σιμιγδάλι, ανάλογα με τη λεπτότητα των κόκκων του, διακρίνεται σε χονδρό και ψιλό και χρησιμοποιείται αντίστοιχα στη ζαχαροπλαστική και τη βιομηχανία ζυμαρικών.

Κατά την άλεση του σίτου σχηματίζονται διάφορα προϊόντα. Συνήθως, κατά την άλεση προκύπτει το λευκό σιμιγδάλι, το πιτυρούχο σιμιγδάλι και τα πίτυρα. Παράλληλα, παράγονται και τα λεγόμενα υποπροϊόντα που χωρίζονται σε πίτυρα, βήττες (υπολείμματα λευκού σιμιγδαλιού) και κτηνάλευρα (υπολείμματα του πιτυρούχου σιμιγδαλιού) και χρησιμοποιούνται στη σύνθεση ζωοτροφών (φυραμάτων).

Σύμφωνα με παράγοντες του κλάδου, οι περισσότερες αλευροβιομηχανίες παράγουν σε μεγαλύτερο ποσοστό άλευρα τύπου 70% και παραλλαγές αυτών που προκύπτουν από τις προσμίξεις τους με ενισχυτικές ύλες για την καλύτερη απόδοσή τους στην αρτοποιία, ανάλογα με τον τύπο του ψωμιού στον οποίο προορίζονται να χρησιμοποιηθούν.

Σημαντική κατηγορία αλεύρου είναι και τα άλευρα ολικής αλέσεως, τα οποία προκύπτουν από την άλεση μαλακού σίτου και χρησιμοποιούνται στην παραγωγή πιτυρούχου ψωμιού. Στην παραγωγή χωριάτικου ψωμιού αναμειγνύεται αλεύρι τύπου 70% με αλεύρι τύπου Μ, το οποίο λαμβάνεται από την άλεση σκληρού σίτου.

1.2.2 Διαδικασία παραγωγής του αλευριού

Παραλαβή σίτου – Αποθήκευση

Η πρώτη ύλη ενός αλευρόμυλου είναι το σιτάρι. Σε όλες τις παραλαβές σιτηρών γίνεται σχολαστικός δειγματοληπτικός έλεγχος ώστε να πραγματοποιηθούν όλες οι απαραίτητες χημικές αναλύσεις στο εργαστήριο του ποιοτικού ελέγχου. Η παραλαβή των σιτηρών ολοκληρώνεται μετά την επιτυχή ολοκλήρωση της διαδικασίας που περιλαμβάνει μια σειρά ελέγχων (οπτικός, βάρους, υγρασίας, χημικούς). Στη συνέχεια τα σιτηρά αποθηκεύονται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους και πριν από τη χρήση τους μπαίνουν σε διαδικασία καθαρισμού.

Καθαρισμός

Ο καθαρισμός των σιτηρών γίνεται μέσω ειδικών μηχανημάτων ώστε να απομακρυνθούν όλες οι ξένες από το σιτάρι ύλες οι οποίες εμπεριέχονται μέσα τους κατά την παραλαβή τους και συνήθως προέρχονται από τον αγρό (π.χ. πέτρες, ξένοι καρποί, σκύβαλα, καρποί προσβεβλημένοι από αρρώστιες κ.α.). Μετά τον ξηρό καθαρισμό, προστίθεται στο σιτάρι μια μικρή ποσότητα νερού ώστε να είναι πιο ελαστικό κατά την άλεσή του, επιτυγχάνοντας έτσι την καλύτερη δυνατή εξαγωγή του καρπού από τον φλοιό του (πίτυρο). Το σιτάρι τώρα είναι έτοιμο να περάσει στην άλεση.

Άλεση

Μετά τον καθαρισμό, το σιτάρι περνάει στο στάδιο της άλεσης είτε σε ειδικές κυλινδρομηχανές είτε σε παραδοσιακό πετρόμυλο, όπου πλέον απελευθερώνεται το αλεύρι από τον καρπό. Το αλεσμένο προϊόν περνάει μέσα από ειδικά κόσκινα τα οποία το διαχωρίζουν σε 3 βασικά κλάσματα: Αλεύρι - Σιμιγδάλι - Πίτυρο. Για την παραγωγή αλεύρου ολικής άλεσης, το προϊόν αντλείται σαν ένα ενιαίο κλάσμα κρατώντας το πίτυρο.

Προσθήκη βοηθητικών υλών

Για την παραγωγή των τελικών προϊόντων χρησιμοποιούνται και βοηθητικές ύλες (γλουτένη, πρωτείνες) που αναμιγνύονται με το δημητριακό έτσι ώστε το παραγόμενο αλεύρι να έχει βελτιωμένα χαρακτηριστικά και ιδιότητες.

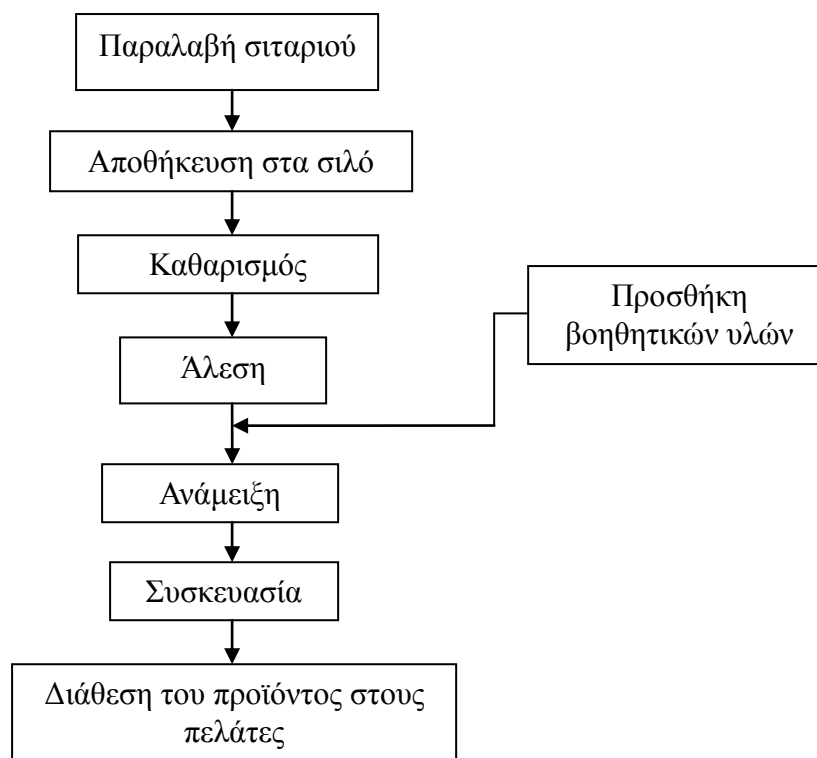
Ανάμειξη

Αφού τελειώσει η άλεση, τα άλευρα αποθηκεύονται μέσα σε ειδικά σιλό αποθήκευσης. Ανάλογα με την ποικιλία του δημητριακού που αλέθεται τα παραγόμενα άλευρα έχουν διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Σε αυτό το στάδιο χρειάζεται η ανάμειξη η οποία επιτρέπει την ανάμειξη διαφορετικών ποιοτήτων αλεύρων, παράγοντας έτσι, κάθε φορά, το μείγμα με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Επίσης, οι αναμείκτες δίνουν τη δυνατότητα επίτευξης της ίδιας σταθερής ποιότητας στο τελικό προϊόν, ανεξάρτητα από οποιεσδήποτε διακυμάνσεις μπορεί να έχει η πρώτη ύλη (τα δημητριακά). Τώρα πια, το προϊόν είναι έτοιμο για συσκευασία και διάθεση.

Συσκευασία – Διάθεση

Το τελικό προϊόν της ανάμειξης εξετάζεται με σχετικές αναλύσεις στα εργαστήρια του ποιοτικού ελέγχου και εφόσον πάρει έγκριση ότι πληροί τις προδιαγραφές, είναι έτοιμο για διάθεση. Έτσι, οδηγείται είτε για φόρτωση σε σιλοφόρα φορτηγά που προορίζονται για τις βιομηχανίες, είτε πάει προς ενσάκκιση σε επαγγελματικές συσκευασίες είτε οδηγείται στο τμήμα μικροσυσκευασίας πακέτου όπου συσκευάζεται σε συσκευασίες που προορίζονται για τη λιανική αγορά. Το συσκευασμένο αλεύρι αποθηκεύεται για ένα σύντομο χρονικό διάστημα σε ειδικές αποθήκες μέχρι τη φόρτωση και την αποστολή του στον πελάτη.

Η διαδικασία παραγωγής αλεύρου απεικονίζεται στο Σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1 Διάγραμμα ροής παραγωγής αλεύρου

1.2.3 Δραστηριότητες της βιομηχανίας

Η Βιομηχανία παραγωγής αλεύρων περιλαμβάνει συνοπτικά τις εξής δραστηριότητες:

- παραλαβής φορτίων πρώτων υλών και μεταφοράς τους στα σιλό αποθήκευσης
- παραλαβής βοηθητικών υλών
- διενέργειας ελέγχων ποιοτικών χαρακτηριστικών
- αποθήκευσης δημητριακών και βοηθητικών υλών
- επεξεργασίας αυτών και παραγωγής έτοιμων προϊόντων
- αποθήκευσης ετοιμών προϊόντων
- απογραφής υλικών και προϊόντων
- διακίνηση και εμπορία των έτοιμων προϊόντων

2 Παραλαβή πρώτων υλών

2.1 Στάδιο παραλαβής

2.1.1 Παραλαβή και αποθήκευση πρώτων υλών

Αναλυτικά όσον αφορά το στάδιο της παραλαβής πρώτων υλών (σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι, σίκαλη) γίνονται οι ακόλουθες διεργασίες.

Καταρχάς υπογράφεται ένα συμβόλαιο μεταξύ του προμηθευτή και της εταιρίας, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι θα τηρηθεί η συμφωνία που αφορά την ποιότητα των πρώτων υλών. Έτσι σε περίπτωση που η ποιότητα δεν είναι αποδεκτή χωρίς όμως να απορρίπτεται και μπορεί να επιδιορθωθεί, ο προμηθευτής είναι υποχρεωμένος να πληρώσει το αντίστοιχο κόστος.

Πριν από την παραλαβή ενός φορτίου ενημερώνεται έγκαιρα ο Υπεύθυνος Αποθηκών και φροντίζει για την εκκένωση και τον καθαρισμό των επιλεγμένων σιλό που προορίζονται για την αποθήκευση του συγκεκριμένου φορτίου.

Η παραλαβή του φορτίου, το οποίο παραλαμβάνεται με πλοίο στην ειδικά διαμορφωμένη προβλήτα του εργοστασίου, γίνεται με ευθύνη του Υπεύθυνου Παραλαβής του εργοστασίου, ο οποίος ελέγχει τα εξής:

- ελέγχει την ποσότητα σε σχέση με αυτή της παραγγελίας με βάση τα παραστατικά έγγραφα που συνοδεύουν το φορτίο του караβιού,
- ελέγχει οπτικά το φορτίο, όσο αυτό βρίσκεται ακόμα στο πλοίο,
- εφόσον ο οπτικός έλεγχος είναι ικανοποιητικός, φροντίζει να ληφθούν δείγματα του φορτίου, τα οποία αποστέλλονται στο χημείο της εταιρείας για διενέργεια ολοκληρωμένου ποιοτικού ελέγχου.

Παράλληλα δίνει οδηγίες για να αρχίσει η εκφόρτωση των δημητριακών από το πλοίο μέσω του ειδικού μηχανισμού αναρρόφησης και η μεταφορά τους μέσω ειδικού στεγασμένου ιμάντα στους αποθηκευτικούς χώρους (σιλό) του εργοστασίου.

Οι χειριστές των μηχανημάτων αναρρόφησης θέτουν σε λειτουργία το κύκλωμα μεταφοράς στο αντίστοιχο σιλό και ταυτόχρονα το φίλτρο καθαρισμού και το βεντιλατέρ αναρρόφησης και τα φίλτρα του ταινιομεταφορέα.

Κατά την μεταφορά και αποθήκευση των δημητριακών, πραγματοποιείται ταυτόχρονα και η ζύγιση τους. Κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης, ολοκληρώνεται ο ποιοτικός έλεγχος και εφόσον είναι ικανοποιητικός, ολοκληρώνεται η παραλαβή του φορτίου και καταγράφονται τα παρακάτω στοιχεία:

- το είδος του φορτίου,
- το πλοίο μεταφοράς,
- η ποσότητα του φορτίου,
- ο χώρος αποθήκευσής του (συμπεριλαμβανομένης της χωρητικότητάς του και του κενού χώρου που περισσεύει μετά την αποθήκευση),
- άλλες πιθανές παρατηρήσεις

Ο Υπεύθυνος Αποθηκάριος πραγματοποιεί συστηματικές μετρήσεις και καταγραφές θερμοκρασίας των πρώτων υλών που είναι αποθηκευμένες στα σιλό και ελέγχει για την παρουσία εντόμων και γενικά φροντίζει για την διατήρησή τους σε καλή κατάσταση.

Η διαδικασία της απογραφής των πρώτων υλών που βρίσκονται στους χώρους αποθήκευσης της εταιρείας, πραγματοποιείται κατά τακτά διαστήματα.

2.1.2 Παραλαβή και αποθήκευση βοηθητικών υλών

Για την αποθήκευση των βοηθητικών υλών, δηλαδή της γλουτένης και των πρωτεϊνών, ο υπεύθυνος φροντίζει ώστε να υπάρχει διαθέσιμος χώρος για την εκφόρτωση του εμπορεύματος (εφόσον απαιτείται).

Το φορτηγό με τις βοηθητικές ύλες ζυγίζεται κατά την άφιξή του στο εργοστάσιο.

Ο Υπεύθυνος του εργοστασίου προβαίνει στις εξής ενέργειες:

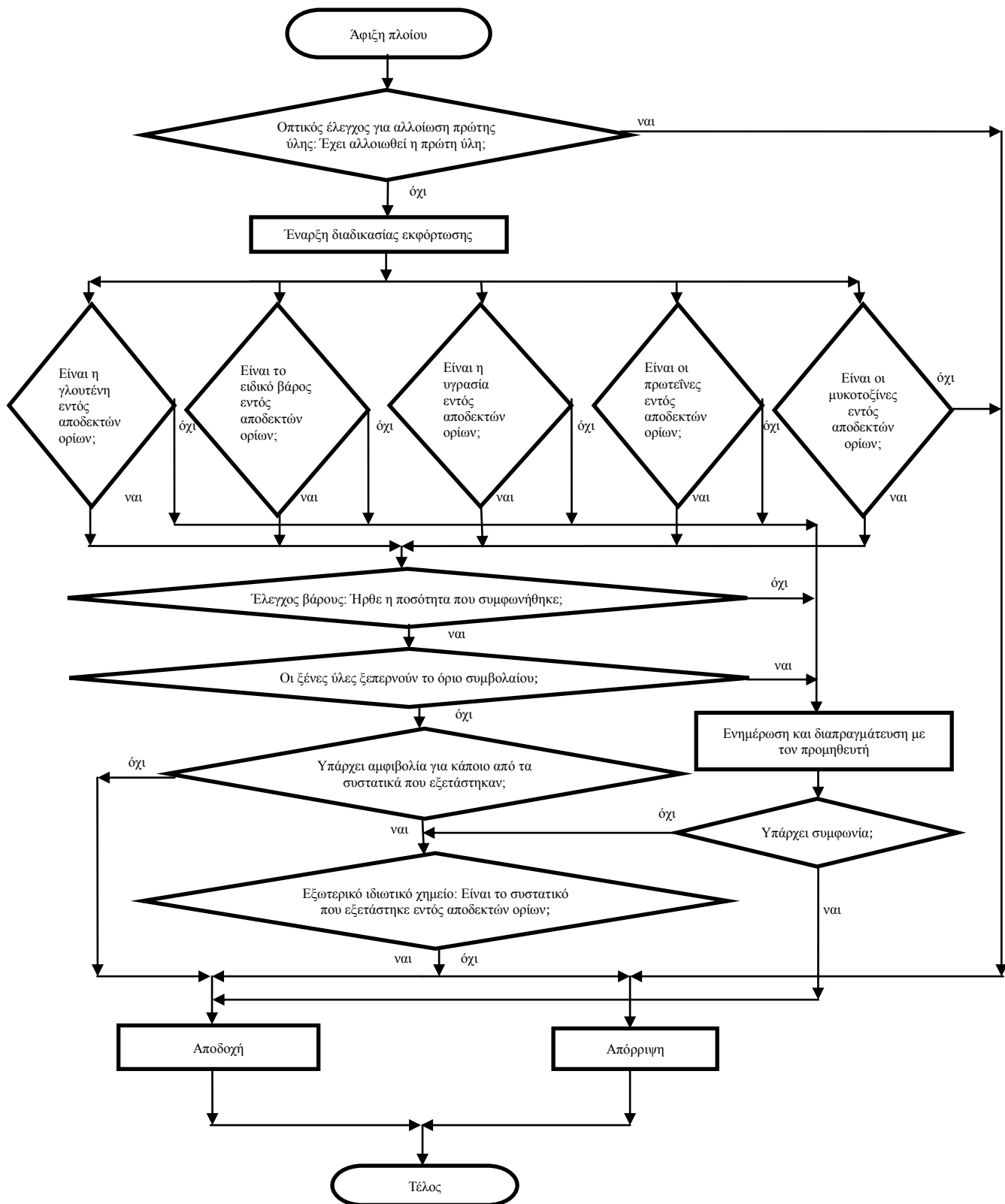
- ελέγχει οπτικά την κατάσταση των παλετών που περιέχουν τα σακιά της συσκευασίας
- ελέγχει την παραληφθείσα ποσότητα
- φροντίζει σε συνεργασία με τον Χειριστή Περονοφόρου για την αποστολή των υλικών στους κατάλληλους αποθηκευτικούς χώρους
- φροντίζει για τη λήψη δειγμάτων και την αποστολή τους στο χημείο (εφόσον απαιτείται)
- σημειώνει πάνω στις συσκευασίες τους αύξοντες αριθμούς παραλαβής

Η απογραφή των βοηθητικών υλών που βρίσκονται στους χώρους αποθήκευσης της εταιρίας πραγματοποιείται στις αρχές κάθε μήνα και μία φορά την εβδομάδα.

Καθημερινώς με χρήση φορητού καταγραφικού θερμοκρασίας και υγρασίας διεξάγονται μετρήσεις και καταγράφονται.

2.1.3 Διάγραμμα ροής παραλαβής πρώτων υλών

Η διαδικασία και οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται για τις πρώτες ύλες που παραλαμβάνονται απεικονίζονται στο σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Διάγραμμα ροής παραλαβής πρώτων υλών

2.1.4 Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης

Κάθε καράβι που μεταφέρει πρώτη ύλη έχει μια μέση χωρητικότητα 3000 τόνους. Για να εξεταστεί αν το φορτίο είναι «καλό» ή ελαττωματικό συλλέγονται 20 δείγματα ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα η συχνότητα της δειγματοληψίας είναι: 1 δείγμα βάρους 0,5 κιλού ανά 150 τόνους (περίπου 1 δείγμα ανά 2 ώρες).

Κατά το στάδιο της παραλαβής γίνονται ορισμένοι έλεγχοι(οπτικός, βάρους, ειδικού βάρους, υγρασίας , χημικοί).

Σε κάθε δείγμα πραγματοποιούνται έλεγχοι στο χημείο προκειμένου να ελεγχθεί αν τα συστατικά του δείγματος είναι εντός αποδεκτών ορίων σύμφωνα με τα όρια που θέτει η νομοθεσία. Οι έλεγχοι αυτή αφορούν την περιεκτικότητα σε γλουτένη, υγρασία, πρωτεΐνες, μυκοτοξίνες, ξένες ύλες και επιπρόσθετα εξετάζεται το ειδικό βάρος.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ελέγχων του δείγματος μπορούν να βγούνε συμπεράσματα για ολόκληρη την παρτίδα επειδή οι πρώτες ύλες που εξετάζονται είναι ομοιογενή υλικά. Αυτό σημαίνει ότι το δείγμα που λαμβάνεται είναι ικανοποιητικό για να αποφασιστεί αν το υπόλοιπο φορτίο γίνει αποδεκτό ή αν απορριφθεί (στην περίπτωση που οι μυκοτοξίνες είναι εκτός αποδεκτών ορίων).

Η πιθανότητα απόρριψης μιας παρτίδας με αποδεκτή στάθμη ποιότητας είναι το στατιστικό σφάλμα πρώτου είδους, ενώ η πιθανότητα αποδοχής παρτίδας με απορριπτέα στάθμη ποιότητας είναι το στατιστικό σφάλμα δεύτερου είδους. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα υπάρχει μόνο το στατιστικό σφάλμα δεύτερου είδους, δηλαδή ο κίνδυνος αποδοχής παρτίδων που είναι ελαττωματικές.

Από τη βιομηχανία δίνονται δεδομένα για τα κόστη των ελέγχων που γίνονται, τις πιθανότητες τα αποτελέσματα των ελέγχων που γίνονται να είναι εντός των αποδεκτών ορίων και τις πιθανότητες σφάλματος των μετρήσεων που επιφέρουν επιπρόσθετα κόστη για τη βιομηχανία.

Αν τα αποτελέσματα των ελέγχων του δείγματος είναι εκτός αποδεκτών ορίων τότε ενημερώνεται ο προμηθευτής και γίνεται διαπραγμάτευση της τιμής των πρώτων υλών επειδή η εταιρία επιβαρύνεται με ένα πρόσθετο κόστος για να γίνει ικανοποιητική η ποιότητα, σύμφωνα με τα όρια που θέτει η νομοθεσία.

Αν επιτευχθεί συμφωνία στη διαπραγμάτευση τότε ο προμηθευτής αναλαμβάνει να πληρώσει το επιπλέον κόστος,

διαφορετικά στέλνεται δείγμα σε εξωτερικό ιδιωτικό χημείο. Αν το αποτέλεσμα της μέτρησης επιβεβαιωθεί ότι είναι εκτός αποδεκτών ορίων, τότε αναλαμβάνει ο προμηθευτής να πληρώσει το επιπλέον κόστος.

Αν τα αποτελέσματα των ελέγχων του δείγματος στο εξωτερικό χημείο είναι εντός αποδεκτών ορίων σε σχέση με το αποτέλεσμα της μέτρησης στο χημείο του εργοστασίου (εκτός αποδεκτών ορίων), επομένως στην πραγματικότητα υπάρχει σφάλμα στη μέτρηση της βιομηχανίας τότε η εταιρεία πληρώνει η ίδια το κόστος επιδιόρθωσης.

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα των ελέγχων του χημείου του εργοστασίου είναι οριακά εντός ορίων τότε πάλι στέλνεται δείγμα σε εξωτερικό ιδιωτικό χημείο. Αν το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι εκτός αποδεκτών ορίων τότε αναλαμβάνει ο προμηθευτής να πληρώσει το επιπλέον κόστος.

Για την περίπτωση του ελέγχου των μυκοτοξινών, αν το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι εκτός αποδεκτών ορίων τότε το φορτίο απορρίπτεται γιατί είναι επικίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Αν το αποτέλεσμα του ελέγχου του δείγματος είναι εντός αποδεκτών ορίων αλλά στην πραγματικότητα υπάρχει σφάλμα στη μέτρηση και είναι εκτός αποδεκτών ορίων τότε η εταιρεία πληρώνει το κόστος απομάκρυνσης του φορτίου από τα σιλό αποθήκευσης.

Εκτός από τα κόστη των χημικών ελέγχων που γίνονται υπάρχουν ορισμένα σταθερά κόστη ανάλογα με την ποσότητα που ελέγχεται. Αυτά είναι το κόστος οπτικού ελέγχου, έτσι ώστε αν το φορτίο φαίνεται ακόμα και στην όψη ότι είναι ελαττωματικό να μη χρειαστεί να γίνουν όλοι οι παραπάνω έλεγχοι και το κόστος ελέγχου του βάρους, για να εξεταστεί αν ήρθε η ποσότητα που είχε συμφωνηθεί με τον προμηθευτή.

Τα κόστη των ελέγχων που γίνονται κατά το στάδιο της παραλαβής των πρώτων υλών, ο προσδιορισμός των σφαλμάτων μέτρησης και οι πιθανότητες επιτυχίας των ελέγχων αυτών παρουσιάζονται στις ενότητες 2.2 και 2.3.

2.2 Καθορισμός πιθανοτήτων

Δίνονται δεδομένα για τις πιθανότητες των ελέγχων που γίνονται να είναι εντός ή εκτός ορίων καθώς και οι πιθανότητες οι μετρήσεις που γίνονται να είναι αληθείς ή να έχει γίνει κάποιο σφάλμα και να είναι στην πραγματικότητα ψευδείς.

Ορίζονται οι ακόλουθες πιθανότητες για τη γλουτένη:

Πίνακας 2.1 Καθορισμός πιθανοτήτων στον έλεγχο της γλουτένης

Συμβολισμός	Πιθανότητα	Τιμή
$P_{αγλ}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης της γλουτένης να είναι αληθές	0,99
$P_{μγλ}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης της γλουτένης να είναι ψευδές	0,01
$P_{γλ}$	το αποτέλεσμα του ελέγχου της γλουτένης να είναι εντός αποδεκτών ορίων	0,99

Οι πιθανότητες του πίνακα 2.2 προκύπτουν ως το γινόμενο της πιθανότητας του ελέγχου που διεξάγεται επί την πιθανότητα το αποτέλεσμα του ελέγχου που γίνεται να είναι ορθό στην πραγματικότητα.

Υπάρχουν 4 πιθανές καταστάσεις κατά τον έλεγχο.

- Η 1^η κατάσταση αφορά την πιθανότητα ο έλεγχος να είναι εντός αποδεκτών ορίων και η πραγματική τιμή να είναι εντός ορίων, δηλαδή δεν υπάρχει σφάλμα στη μέτρηση.
- Η 2^η κατάσταση αφορά την πιθανότητα ο έλεγχος να είναι εντός αποδεκτών ορίων και η πραγματική τιμή να είναι εκτός ορίων, δηλαδή υπάρχει σφάλμα στη μέτρηση (σφάλμα δεύτερου είδους).
- Η 3^η κατάσταση στο συγκεκριμένο πρόβλημα δεν εμφανίζεται διότι δεν υπάρχει η πιθανότητα απόρριψης καλής παρτίδας (σφάλμα πρώτου είδους).
- Η 4^η κατάσταση αφορά την πιθανότητα ο έλεγχος να είναι εκτός ορίων και η πραγματική τιμή να είναι εκτός ορίων.

Πίνακας 2.2 Πιθανότητες κάθε κατάστασης στον έλεγχο της γλουτένης

Έλεγχος	Πραγματική τιμή εντός ορίων	Πραγματική τιμή εκτός ορίων
εντός ορίων	0,9801	0,0099
εκτός ορίων	-	0,01

Ορίζονται αντίστοιχα οι πιθανότητες για το ειδικό βάρος, την υγρασία, τις πρωτεΐνες, τις μυκοτοξίνες και τις ξένες ύλες.

Ειδικό βάρος

Πίνακας 2.3 Καθορισμός πιθανοτήτων στον έλεγχο του ειδικού βάρους

Συμβολισμός	Πιθανότητα	Τιμή
$P_{αεβ}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης του ειδικού βάρους να είναι αληθές	0,99
$P_{ψεβ}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης του ειδικού βάρους να είναι ψευδές	0,01
$P_{εβ}$	το αποτέλεσμα του ελέγχου του ειδικού βάρους να είναι εντός αποδεκτών ορίων	0,99

Πίνακας 2.4 Πιθανότητες κάθε κατάστασης στον έλεγχο του ειδικού βάρους

Έλεγχος	Πραγματική τιμή εντός ορίων	Πραγματική τιμή εκτός ορίων
εντός ορίων	0,9801	0,0099
εκτός ορίων	-	0,01

Υγρασία

Πίνακας 2.5 Καθορισμός πιθανοτήτων στον έλεγχο της υγρασίας

Συμβολισμός	Πιθανότητα	Τιμή
$P_{αυγρ}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης της υγρασίας να είναι αληθές	0,99
$P_{ψυγρ}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης της υγρασίας να είναι ψευδές	0,01
$P_{υγρ}$	το αποτέλεσμα του ελέγχου της υγρασίας να είναι εντός αποδεκτών ορίων	0,99

Πίνακας 2.6 Πιθανότητες κάθε κατάστασης στον έλεγχο της υγρασίας

Έλεγχος	Πραγματική τιμή εντός ορίων	Πραγματική τιμή εκτός ορίων
εντός ορίων	0,9801	0,0099
εκτός ορίων	-	0,01

Πρωτεΐνες

Πίνακας 2.7 Καθορισμός πιθανοτήτων στον έλεγχο των πρωτεϊνών

Συμβολισμός	Πιθανότητα	Τιμή
$P_{\alpha\pi\rho}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης των πρωτεϊνών να είναι αληθές	0,99
$P_{\psi\pi\rho}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης των πρωτεϊνών να είναι ψευδές	0,01
$P_{\pi\rho}$	το αποτέλεσμα του ελέγχου των πρωτεϊνών να είναι εντός αποδεκτών ορίων	0,99

Πίνακας 2.8 Πιθανότητες κάθε κατάστασης στον έλεγχο των πρωτεϊνών

Έλεγχος	Πραγματική τιμή εντός ορίων	Πραγματική τιμή εκτός ορίων
εντός ορίων	0,9801	0,0099
εκτός ορίων	-	0,01

Μυκοτοξίνες

Πίνακας 2.9 Καθορισμός πιθανοτήτων στον έλεγχο των μυκοτοξινών

Συμβολισμός	Πιθανότητα	Τιμή
$P_{\alpha\mu\upsilon\kappa}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης των μυκοτοξινών να είναι αληθές	0,97
$P_{\psi\mu\upsilon\kappa}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης των μυκοτοξινών να είναι ψευδές	0,03
$P_{\mu\upsilon\kappa}$	το αποτέλεσμα του ελέγχου των μυκοτοξινών να είναι εντός αποδεκτών ορίων	0,97

Πίνακας 2.10 Πιθανότητες κάθε κατάστασης στον έλεγχο των μυκοτοξίνων

Έλεγχος	Πραγματική τιμή εντός ορίων	Πραγματική τιμή εκτός ορίων
εντός ορίων	0,9409	0,0291
εκτός ορίων	-	0,03

Ξένες ύλες

Πίνακας 2.11 Καθορισμός πιθανοτήτων στον έλεγχο των ξένων υλών

Συμβολισμός	Πιθανότητα	Τιμή
$P_{αξυ}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης των ξένων υλών να είναι αληθές	0,985
$P_{ψξυ}$	το αποτέλεσμα της μέτρησης των ξένων υλών να είναι ψευδές	0,015
$P_{ξυ}$	το αποτέλεσμα του ελέγχου των ξένων υλών να είναι εντός αποδεκτών ορίων	0,985

Πίνακας 2.12 Πιθανότητες κάθε κατάστασης στον έλεγχο των ξένων υλών

Έλεγχος	Πραγματική τιμή εντός ορίων	Πραγματική τιμή εκτός ορίων
εντός ορίων	0,970225	0,014775
εκτός ορίων	-	0,015

Επιπρόσθετα ορίζονται οι πιθανότητες συμφωνίας και αμφιβολίας.

Πίνακας 2.13 Καθορισμός πιθανοτήτων συμφωνίας και αμφιβολίας

Συμβολισμός	Πιθανότητα	Τιμή
$P_{συμφ}$	συμφωνίας στη διαπραγμάτευση με τον προμηθευτή	0,9
$P_{αμφ}$	ύπαρξης αμφιβολίας για κάποιο από τα συστατικά που εξετάστηκαν	0,1

2.3 Μοναδιαία κόσθη

Κάθε καράβι περιέχει κατά μέσο όρο 3.000 τόνους πρώτης ύλης και εξετάζονται 20 δείγματα ανά καράβι. Ωστόσο στη μοντελοποίηση που θα γίνει, ορίζεται ως παρτίδα οι 150 τόνοι πρώτης ύλης. Επομένως, χωρίζεται το φορτίο του καραβιού σε 20 παρτίδες των 150 τόνων εξετάζοντας 1 δείγμα ανά παρτίδα. Οπότε θα γίνει ο υπολογισμός των κοστών για κάθε παρτίδα 150 τόνων.

Δίνονται δεδομένα στο παράρτημα Α για τα κόστη των ελέγχων που πραγματοποιούνται. Συγκεκριμένα στον πίνακα 2.14 παρουσιάζονται τα κόστη της γλουτένης. Το κόστος του ελέγχου της γλουτένης στο χημείο της εταιρείας περιλαμβάνει τον έλεγχο ενός δείγματος βάρους 0,5 κιλού ανά 150 τόνους πρώτης ύλης.

Ο έλεγχος γλουτένης στο εξωτερικό χημείο προκύπτει αν το αποτέλεσμα του ελέγχου στο χημείο είναι οριακά εντός αποδεκτών ορίων ή αν ο προμηθευτής δεν αποδέχεται ότι η μέτρηση στο χημείο της εταιρείας είναι εκτός ορίων. Εξετάζεται 1 δείγμα ανά καράβι, το φορτίο του οποίου αποτελείται από 20 παρτίδες, οπότε ο υπολογισμός του συγκεκριμένου κόστους για παρτίδα 150 τόνων προκύπτει από τη διαίρεση του κόστους ελέγχου στο εξωτερικό χημείο με τον αριθμό των παρτίδων.

Το κόστος επιδιόρθωσης της γλουτένης επιβαρύνει την εταιρεία για την περίπτωση που υπάρχει σφάλμα στη μέτρηση του χημείου του εργοστασίου. Δηλαδή η μέτρηση αυτού να είναι εντός αποδεκτών ορίων, ενώ η πραγματική τιμή να είναι εκτός αποδεκτών ορίων.

Πίνακας 2.14 Κόστη ελέγχου της γλουτένης

Συμβολισμός	Κόστος	Τιμή(ευρώ/150 τόνους)
$K_{\gamma\lambda 1}$	Έλεγχος γλουτένης στο χημείο	0,27
$K_{\gamma\lambda 2}$	Έλεγχος γλουτένης στο εξωτερικό χημείο	1,05
$K_{\gamma\lambda 3}$	Επιδιόρθωση γλουτένης	2100

Ορίζονται αντίστοιχα τα κόστη για το ειδικό βάρος, την υγρασία, τις πρωτεΐνες, τις μυκοτοξίνες και τις ξένες ύλες.

Πίνακας 2.15 Κόστη ελέγχου του ειδικού βάρους

Συμβολισμός	Κόστος	Τιμή(ευρώ/150 τόνους)
$K_{\varepsilon\beta1}$	Έλεγχος ειδικού βάρους στο χημείο	0,1
$K_{\varepsilon\beta2}$	Έλεγχος ειδικού βάρους στο εξωτερικό χημείο	0,35
$K_{\varepsilon\beta3}$	Επιδιόρθωση ειδικού βάρους	750

Πίνακας 2.16 Κόστη ελέγχου της υγρασίας

Συμβολισμός	Κόστος	Τιμή(ευρώ/150 τόνους)
$K_{\upsilon\gamma\rho1}$	Έλεγχος υγρασίας στο χημείο	0,15
$K_{\upsilon\gamma\rho2}$	Έλεγχος υγρασίας στο εξωτερικό χημείο	0,35
$K_{\upsilon\gamma\rho3}$	Επιδιόρθωση υγρασίας	750

Πίνακας 2.17 Κόστη ελέγχου των πρωτεϊνών

Συμβολισμός	Κόστος	Τιμή(ευρώ/150 τόνους)
$K_{\pi\rho1}$	Έλεγχος πρωτεϊνών στο χημείο	0,62
$K_{\pi\rho2}$	Έλεγχος πρωτεϊνών στο εξωτερικό χημείο	1,05
$K_{\pi\rho3}$	Επιδιόρθωση πρωτεϊνών	2100

Πίνακας 2.18 Κόστη ελέγχου των μυκοτοξινών

Συμβολισμός	Κόστος	Τιμή(ευρώ/150 τόνους)
$K_{\mu\upsilon\kappa1}$	Έλεγχος μυκοτοξινών στο χημείο	1,5
$K_{\mu\upsilon\kappa2}$	Έλεγχος μυκοτοξινών στο εξωτερικό χημείο	9,375
$K_{\mu\upsilon\kappa3}$	Επιδιόρθωση μυκοτοξινών	750

Πίνακας 2.19 Κόστη ελέγχου των ξένων υλών

Συμβολισμός	Κόστος	Τιμή(ευρώ/150 τόνους)
$K_{\xi v1}$	Έλεγχος ξένων υλών στο χημείο	0,1
$K_{\xi v2}$	Έλεγχος ξένων υλών στο εξωτερικό χημείο	0
$K_{\xi v3}$	Επιδιόρθωση ξένων υλών	750

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα για τα κόστη και τις πιθανότητές τους, προκύπτουν οι τύποι για τον υπολογισμό των συνολικών κοστών ελέγχου γλουτένης, ειδικού βάρους, υγρασίας, πρωτεϊνών, μυκοτοξινών και ξένων υλών.

Συνολικό κόστος ελέγχου γλουτένης

$$\begin{aligned} \Sigma K_{\gamma\lambda} = & P_{\alpha\gamma\lambda} P_{\gamma\lambda} (1 - P_{\alpha\mu\phi}) K_{\gamma\lambda1} + P_{\alpha\gamma\lambda} P_{\gamma\lambda} P_{\alpha\mu\phi} (K_{\gamma\lambda1} + K_{\gamma\lambda2}) + P_{\alpha\gamma\lambda} (1 - P_{\gamma\lambda}) P_{\sigma\mu\phi} K_{\gamma\lambda1} + \\ & P_{\alpha\gamma\lambda} (1 - P_{\gamma\lambda}) (1 - P_{\sigma\mu\phi}) (K_{\gamma\lambda1} + K_{\gamma\lambda2}) + P_{\psi\gamma\lambda} P_{\gamma\lambda} (K_{\gamma\lambda1} + K_{\gamma\lambda3}) \end{aligned} \quad (2.1)$$

Ο πρώτος όρος του αθροίσματος αφορά την πιθανότητα που ο έλεγχος είναι εντός αποδεκτών ορίων, το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι αληθές και δεν υπάρχει αμφιβολία για σφάλμα στη μέτρηση. Τότε υπάρχει μόνο το κόστος ελέγχου της γλουτένης στο χημείο.

Ο δεύτερος όρος αφορά την πιθανότητα ο έλεγχος να είναι οριακά εντός αποδεκτών ορίων, το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι αληθές οπότε υπάρχει αμφιβολία για σφάλμα στη μέτρηση. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει το κόστος ελέγχου γλουτένης στο χημείο και το κόστος ελέγχου της γλουτένης στο εξωτερικό ιδιωτικό χημείο.

Ο τρίτος όρος αφορά την πιθανότητα ο έλεγχος να είναι εκτός αποδεκτών ορίων, το αποτέλεσμα της μέτρησης να είναι αληθές και να υπάρχει συμφωνία στη διαπραγμάτευση με τον προμηθευτή. Στην περίπτωση αυτή η εταιρία πληρώνει μόνο το κόστος ελέγχου στο χημείο, ενώ το κόστος επιδιόρθωσης πληρώνεται από τον προμηθευτή.

Ο τέταρτος όρος αφορά την πιθανότητα ο έλεγχος να είναι εκτός αποδεκτών ορίων, το αποτέλεσμα της μέτρησης να είναι αληθές και να μην υπάρχει συμφωνία στη διαπραγμάτευση με τον προμηθευτή. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει το κόστος ελέγχου στο χημείο και το κόστος ελέγχου της γλουτένης στο εξωτερικό ιδιωτικό χημείο. Εφόσον δικαιωθεί η εταιρία ο προμηθευτής πληρώνει το κόστος επιδιόρθωσης της γλουτένης.

Ο πέμπτος όρος αφορά την πιθανότητα ο έλεγχος να είναι εντός αποδεκτών ορίων, όμως το αποτέλεσμα της μέτρησης να είναι ψευδές οπότε υπάρχει σφάλμα στη μέτρηση. Στην περίπτωση αυτή

υπάρχει το κόστος ελέγχου γλουτένης στο χημείο και το κόστος επιδιόρθωσης της γλουτένης προκειμένου να είναι σε αποδεκτό επίπεδο ποιότητας.

Ορίζονται αντίστοιχα τα συνολικά κόστη ελέγχου για το ειδικό βάρος, την υγρασία, τις πρωτεΐνες, τις μυκοτοξίνες και τις ξένες ύλες.

Συνολικό κόστος ελέγχου ειδικού βάρους

$$\Sigma K_{\varepsilon\beta} = P_{\alpha\varepsilon\beta} P_{\varepsilon\beta} (1 - P_{\alpha\mu\phi}) K_{\varepsilon\beta 1} + P_{\alpha\varepsilon\beta} P_{\varepsilon\beta} P_{\alpha\mu\phi} (K_{\varepsilon\beta 1} + K_{\varepsilon\beta 2}) + P_{\alpha\varepsilon\beta} (1 - P_{\varepsilon\beta}) P_{\sigma\upsilon\mu\phi} K_{\varepsilon\beta 1} + P_{\alpha\varepsilon\beta} (1 - P_{\varepsilon\beta}) (1 - P_{\sigma\upsilon\mu\phi}) (K_{\varepsilon\beta 1} + K_{\varepsilon\beta 2}) + P_{\psi\varepsilon\beta} P_{\varepsilon\beta} (K_{\varepsilon\beta 1} + K_{\varepsilon\beta 3}) \quad (2.2)$$

Συνολικό κόστος ελέγχου υγρασίας

$$\Sigma K_{\upsilon\gamma\rho} = P_{\alpha\upsilon\gamma\rho} P_{\upsilon\gamma\rho} (1 - P_{\alpha\mu\phi}) K_{\upsilon\gamma\rho 1} + P_{\alpha\upsilon\gamma\rho} P_{\upsilon\gamma\rho} P_{\alpha\mu\phi} (K_{\upsilon\gamma\rho 1} + K_{\upsilon\gamma\rho 2}) + P_{\alpha\upsilon\gamma\rho} (1 - P_{\upsilon\gamma\rho}) P_{\sigma\upsilon\mu\phi} K_{\upsilon\gamma\rho 1} + P_{\alpha\upsilon\gamma\rho} (1 - P_{\upsilon\gamma\rho}) (1 - P_{\sigma\upsilon\mu\phi}) (K_{\upsilon\gamma\rho 1} + K_{\upsilon\gamma\rho 2}) + P_{\psi\upsilon\gamma\rho} P_{\upsilon\gamma\rho} (K_{\upsilon\gamma\rho 1} + K_{\upsilon\gamma\rho 3}) \quad (2.3)$$

Συνολικό κόστος ελέγχου πρωτεϊνών

$$\Sigma K_{\pi\rho} = P_{\alpha\pi\rho} P_{\pi\rho} (1 - P_{\alpha\mu\phi}) K_{\pi\rho 1} + P_{\alpha\pi\rho} P_{\pi\rho} P_{\alpha\mu\phi} (K_{\pi\rho 1} + K_{\pi\rho 2}) + P_{\alpha\pi\rho} (1 - P_{\pi\rho}) P_{\sigma\upsilon\mu\phi} K_{\pi\rho 1} + P_{\alpha\pi\rho} (1 - P_{\pi\rho}) (1 - P_{\sigma\upsilon\mu\phi}) (K_{\pi\rho 1} + K_{\pi\rho 2}) + P_{\psi\pi\rho} P_{\pi\rho} (K_{\pi\rho 1} + K_{\pi\rho 3}) \quad (2.4)$$

Συνολικό κόστος ελέγχου μυκοτοξινών

$$\Sigma K_{\mu\upsilon\kappa} = P_{\alpha\mu\upsilon\kappa} P_{\mu\upsilon\kappa} (1 - P_{\alpha\mu\phi}) K_{\mu\upsilon\kappa 1} + P_{\alpha\mu\upsilon\kappa} P_{\mu\upsilon\kappa} P_{\alpha\mu\phi} (K_{\mu\upsilon\kappa 1} + K_{\mu\upsilon\kappa 2}) + P_{\alpha\mu\upsilon\kappa} (1 - P_{\mu\upsilon\kappa}) K_{\mu\upsilon\kappa 1} + P_{\psi\mu\upsilon\kappa} P_{\mu\upsilon\kappa} (K_{\mu\upsilon\kappa 1} + K_{\mu\upsilon\kappa 3}) \quad (2.5)$$

Συνολικό κόστος ελέγχου ξένων υλών

$$\Sigma K_{\xi\upsilon} = P_{\alpha\xi\upsilon} P_{\xi\upsilon} K_{\xi\upsilon 1} + P_{\psi\xi\upsilon} P_{\xi\upsilon} (K_{\xi\upsilon 1} + K_{\xi\upsilon 3}) \quad (2.6)$$

Στον πίνακα 2.20 παρουσιάζονται τα κόστη των ελέγχων που πραγματοποιούνται. Το συνολικό κόστος ελέγχου προκύπτει ως το άθροισμα του κόστους ελέγχου και του κόστους επιδιόρθωσης.

Πίνακας 2.20 Κόστη χημικών ελέγχων

Εξεταζόμενο μέγεθος	Κόστος ελέγχου(ευρώ/150 τόνους)	Κόστος επιδιόρθωσης(ευρώ/150 τόνους)	Συνολικό κόστος ελέγχου(ευρώ/150 τόνους)
γλουτένη	0,374	20,790	21,164
ειδικό βάρος	0,135	7,425	7,560
υγρασία	0,185	7,425	7,610
πρωτεΐνες	0,724	20,790	21,514
μυκοτοξίνες	2,381	21,825	24,206
ξένες ύλες	0,099	11,081	11,180

Οι υπολογισμοί των κοστών του οπτικού ελέγχου και του ελέγχου βάρους είναι απλοί και παρουσιάζονται στον πίνακα 2.21.

Πίνακας 2.21 Κόστη οπτικού ελέγχου και ελέγχου βάρους

Κόστος	Τιμή(ευρώ/150 τόνους)
Οπτικός έλεγχος	15,000
Έλεγχος βάρους	15,000

Στον οπτικό έλεγχο για αλλοίωση πρώτης ύλης και στον έλεγχο βάρους πρώτης ύλης έχουμε 100% έλεγχο οπότε δεν χρειάζεται να εισαχθούν πιθανότητες.

Το τελικό κόστος της παρτίδας μεγέθους 150 τόνων προκύπτει από το άθροισμα των κοστών των πινάκων 2.20 και 2.21.

Το αντίστοιχο κόστος για ολόκληρο το φορτίο ενός καραβιού δεδομένου ότι αποτελείται από 20 παρτίδες 150 τόνων και ελέγχονται 20 δείγματα ανά καράβι προκύπτει από το γινόμενο του κόστους της παρτίδας με τον αριθμό των παρτίδων ενός καραβιού.

Πίνακας 2.22 Συνολικά κόστη

Κόστος	Ανά παρτίδα μεγέθους 150 τόνων	Ανά καράβι χωρητικότητας 3000 τόνων
Γλουτένης	21,164	423,280
Ειδικού βάρους	7,560	151,200
Υγρασίας	7,610	152,200
Πρωτεϊνών	21,514	430,280
Μυκοτοξίνων	24,206	484,120
Ξένων υλών	11,180	223,600
Οπτικού ελέγχου	15,000	300,000
Ελέγχου βάρους	15,000	300,000
Συνολικό	123,234	2464,680

3 Δειγματοληπτικός έλεγχος με παράλειψη παρτίδων

3.1 Εισαγωγή στα δειγματοληπτικά σχήματα

Σκοπός των σχημάτων ελέγχου ποιότητας αποδοχής είναι ο διαχωρισμός παρτίδων σε αποδεκτές και απορριπτέες με βάση τα αποτελέσματα δειγματοληψιών.

Οι ελεγχόμενες παρτίδες αποτελούνται είτε από εξαρτήματα και πρώτες ύλες, είτε από ενδιάμεσα ή τελικά προϊόντα.

Σε κάθε περίπτωση όμως πρέπει να είναι ομοιογενείς, δηλαδή οι μονάδες που απαρτίζουν μια παρτίδα πρέπει να είναι του ίδιου τύπου, κατηγορίας και μεγέθους και να έχουν παραχθεί με τις ίδιες ουσιαστικά συνθήκες κατά την ίδια χρονική περίοδο.

Τα σχήματα ελέγχου ποιότητα αποδοχής διακρίνονται σε δύο μεγάλες ομάδες, ανάλογα με τον τύπο του ελεγχόμενου χαρακτηριστικού ποιότητας:

1. Με διαλογή:

Πρόκειται για τον έλεγχο όπου κάθε μονάδα προϊόντος κατατάσσεται απλά σε καλή ή ελαττωματική, ή για τον έλεγχο όπου καταμετρείται ο αριθμός των ελαττωμάτων σύμφωνα με ορισμένη απαίτηση ή σύνολο απαιτήσεων.

2. Με μέτρηση:

Είναι ο έλεγχος όπου ορισμένο χαρακτηριστικό ποιότητας κάθε μονάδας προϊόντος μετρείται με συγκεκριμένη κλίμακα σε συνεχή βάση και η στατιστική του κατανομή ακολουθεί γνωστό τύπο.

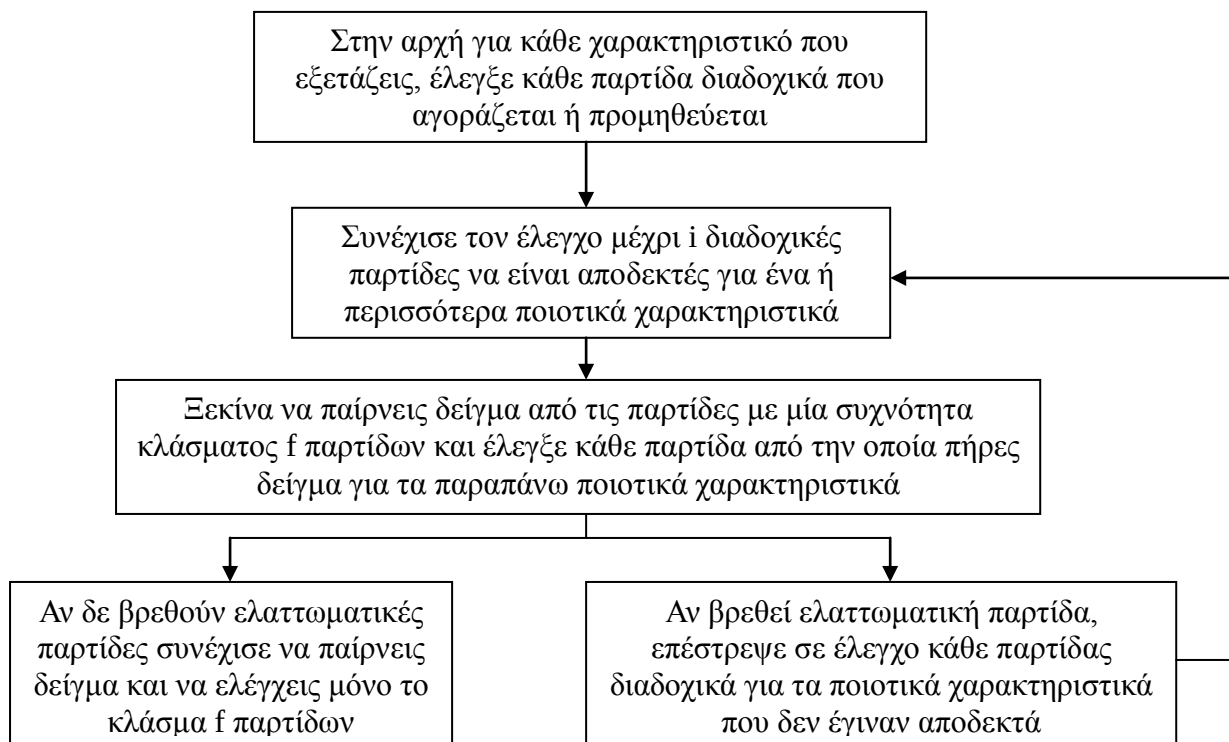
Τα σχήματα ελέγχου αποδοχής με παράλειψη παρτίδων οδηγούν σε σημαντική μείωση του κόστους ελέγχου. Πρέπει όμως να χρησιμοποιούνται μόνο όταν οι παρτίδες χαρακτηρίζονται από σταθερά καλή ποιότητα. Διαφορετικά υπάρχει υψηλή πιθανότητα αποδοχής πολλών παρτίδων μη αποδεκτής ποιότητας κατά τη φάση του μερικού ελέγχου.

Το Skip lot 1 (SkSP-1) δειγματοληπτικό σχήμα ανήκει στην κατηγορία του ελέγχου με διαλογή. Πρόκειται για σχήματα ελέγχου με παράλειψη παρτίδων.

Η ομάδα σχημάτων ελέγχου με παράλειψη παρτίδων που αναπτύχθηκε αρχικά ονομάζεται SkSP-1 και έχει εφαρμογή όταν οι παρτίδες αποτελούνται από ομοιογενές υλικό (π.χ. παρτίδες υγρών καυσίμων) και όχι από διακριτές μονάδες, οπότε αρκεί μια

εργαστηριακή ανάλυση δείγματος για να χαρακτηριστεί ολόκληρη η παρτίδα ελαττωματική ή καλή.

Τα δειγματοληπτικά σχέδια SkSP-1 είναι μία αποτελεσματική μέθοδος σε περιπτώσεις παραγωγικών διαδικασιών όπου επιθυμείται μείωση των ελεγχόμενων παρτίδων.



Σχήμα 3.1 Διάγραμμα ελέγχου SKSP-1

3.2 Δειγματοληπτικό σχήμα SkSP-1

Αναλυτικά, τα σχήματα SkSP-1 συνδυάζουν την λογική εναλλαγής δειγματοληπτικού και συνεχούς ελέγχου όλων των παρτίδων.

Οι καταστάσεις που μπορεί να βρίσκεται το σύστημα κατά τον SkSP-1 είναι οι ακόλουθες:

- **Πλήρης έλεγχος**

Αρχικά ελέγχονται όλες οι παρτίδες. Όταν i διαδοχικές παρτίδες γίνουν αποδεκτές, ο έλεγχος των παρτίδων περνάει στην επόμενη κατάσταση, στον μερικό έλεγχο. Η παράμετρος i ονομάζεται διάστημα απαλλαγής και μπορεί να είναι ένας οποιοδήποτε ακέραιος θετικός αριθμός.

Όταν θα βρεθούν i συνεχόμενα αποδεκτές παρτίδες τότε ο έλεγχος περνάει στο δεύτερο στάδιο, το στάδιο του μερικού ελέγχου.

- **Μερικός έλεγχος**

Κατά τον μερικό έλεγχο μόνο ένα κλάσμα f των παρτίδων υποβάλλεται σε έλεγχο.

Ο μερικός έλεγχος μετατρέπεται σε πλήρη έλεγχο παρτίδων αμέσως μόλις μία παρτίδα κριθεί απορριπτέα και επανέρχεται πάλι στον μερικό όταν τελειώσει ξανά ο πλήρης έλεγχος.

3.3 Οικονομικό μοντέλο δειγματοληψίας

3.3.1 Περιγραφή του μοντέλου

Πρόκειται για μια οικονομική ανάλυση που έγινε από τον Hsu (1980), για το SkSP-1 δειγματοληπτικό σχήμα. Λαμβάνονται υπόψη δύο περιπτώσεις, όταν ο έλεγχος είναι καταστροφικός και όταν δεν είναι. Σκοπός του μοντέλου αυτού είναι να βρεθεί το βέλτιστο skip-lot δειγματοληπτικό σχήμα με παραμέτρους το μέγεθος δείγματος n , τον επιτρεπτό αριθμό ελαττωματικών μιας παρτίδας c , τον αριθμό ή διάστημα απαλλαγής i και το κλάσμα ελέγχου f .

Ορίζονται τα παρακάτω τρία είδη κόστους που έχουν σχέση με τον έλεγχο ποιότητας.

- Το κόστος παραγωγής
- Το κόστος ελέγχου
- Το κόστος αποτυχίας

3.3.2 Παράμετροι

Παρακάτω παρουσιάζονται οι παράμετροι που καθορίζουν τη λειτουργία του οικονομικού μοντέλου. Επίσης αναφέρονται οι σχέσεις που αυτοί έχουν μεταξύ τους μέσα από κατάλληλα διαγράμματα και πίνακες.

- N : μέγεθος της παρτίδας

Πρόκειται για τον αριθμό των προϊόντων που αποτελούν μια παρτίδα. Ως παρτίδα μπορεί να χαρακτηριστεί η παραγωγή ενός συγκεκριμένου αριθμού προϊόντων ή ακόμα και η παραγωγή των προϊόντων μιας ημέρας.

– (n, c) : μέγεθος δείγματος και αριθμός αποδοχής

Το n είναι το μέγεθος των προϊόντων που αποτελούν το δείγμα και το c είναι ο επιτρεπτός αριθμός ελαττωματικών που μπορούν να βρεθούν σε ένα δείγμα. Σε περίπτωση που ο αριθμός των ελαττωματικών υπερβαίνει τον αριθμό c , η παρτίδα απορρίπτεται.

– k : καταστάσεις ποσοστού ελαττωματικών

Κάθε προϊόν μιας παρτίδας μπορεί να ανήκει σε μία από τις k καταστάσεις. Στην κατάσταση λοιπόν j , το ποσοστό των ελαττωματικών μιας παρτίδας είναι p_j με πιθανότητα r_j , όπου το j παίρνει τιμές από 1 έως k και $\sum p_j = 1$. Τα p_j και r_j είναι γνωστά από ιστορικές καταγραφές.

– Δειγματοληπτικό σχήμα

Ένας τρόπος για να συγκριθεί η αποτελεσματικότητα του κάθε δειγματοληπτικού σχήματος και να αποφασιστεί ποιο είναι το κατάλληλο για μια συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία, είναι να προσδιοριστούν τα:

– AOQ (Average Outgoing Quality): μέση εξερχόμενη ποιότητα. Δηλώνει το μέσο ποσοστό ελαττωματικών που υπάρχουν στις εξερχόμενες παρτίδες

– AOQL (Average Outgoing Quality Limit): όριο μέσης εξερχόμενης ποιότητας. Δηλώνει το ανώτατο ποσοστό ελαττωματικών που μπορεί να εμφανιστεί στις εξερχόμενες παρτίδες και είναι ίσο με την μέγιστη τιμή του AOQ.

– P_j : πιθανότητα αποδοχής με βάση το δειγματοληπτικό σχήμα

Αρχικά πρέπει να προσδιοριστεί η πιθανότητα αποδοχής P_j όταν το σύστημα βρίσκεται στην κατάσταση j . Η πιθανότητα αυτή διαφέρει ανάλογα με το δειγματοληπτικό σχήμα που χρησιμοποιείται.

– P : πιθανότητα αποδοχής παρτίδας κατά τον πλήρη έλεγχο

Το σύστημα βρίσκεται σε k καταστάσεις, όπου πιθανότητα αποδοχής μιας παρτίδας σε κάθε κατάσταση, είναι ίση με P_j .

Η συνολική πιθανότητα αποδοχής μιας παρτίδας για το σύστημα συνολικά και όχι για κάθε μία κατάσταση ξεχωριστά δίνεται από τον τύπο (3.2).

$$P = \sum_{j=1}^k P_j r_j \quad (3.1)$$

– P_a : πιθανότητα αποδοχής παρτίδας κατά τον μερικό έλεγχο

Η πιθανότητα αυτή προκύπτει από τον άθροισμα του γινομένου των πιθανοτήτων για κάθε μία κατάσταση j ξεχωριστά επί την πιθανότητα να βρισκόμαστε στην κατάσταση αυτή.

Αρχικά λοιπόν θα πρέπει να υπολογιστεί η πιθανότητα αποδοχής μιας παρτίδας κατά τον μερικό έλεγχο για την κατάσταση j .

$$P_{aj} = F_j P_j + (1 - F_j) \quad (3.2)$$

Όπου το F_j είναι το κλάσμα των συνολικών ελεγχόμενων παρτίδων όταν το σύστημα βρίσκεται στην κατάσταση j .

Έπειτα υπολογίζεται η συνολική πιθανότητα αποδοχής της παρτίδας κατά τον μερικό έλεγχο P_a :

$$P_a = \sum_{j=1}^k P_{aj} r_j \quad (3.3)$$

– F_j : κλάσμα συνολικών ελεγχόμενων παρτίδων όταν το σύστημα βρίσκεται στην κατάσταση j .

Η παράμετρος αυτή είναι το κλάσμα των ελεγχόμενων παρτίδων προς τις συνολικές παραγόμενες παρτίδες όταν το σύστημα βρίσκεται στην κατάσταση j .

$$F_j = \frac{f}{(1-f)P_j^i + f} \quad (3.4)$$

Το F_j λογικό είναι να αυξάνεται όσο αυξάνεται και το ποσοστό των ελαττωματικών p_j , καθώς και να μειώνεται συναρτήσει του κλάσματος ελέγχου f .

– F : μέσος όρος συνολικών ελεγχόμενων παρτίδων

Το κλάσμα που δείχνει πόσες συνολικά παρτίδες ελέγχθηκαν σε κάθε κατάσταση, τόσο για τον πλήρη όσο και τον μερικό έλεγχο, είναι το F .

$$F = \sum_{j=1}^k F_j r_j \quad (3.5)$$

– f : κλάσμα ελέγχου κατά το μερικό έλεγχο

Το κλάσμα αυτό είναι ίσο με τις παρτίδες οι οποίες ελέγχονται κατά τον μερικό έλεγχο προς τις συνολικές παρτίδες που συμμετέχουν στον μερικό έλεγχο.

Τονίζεται βέβαια ότι η παράμετρος αυτή αναφέρεται σε παρτίδες και όχι σε προϊόντα.

Για παράδειγμα έστω ότι 10 παρτίδες υποβάλλονται σε μερικό έλεγχο και από αυτές μόνο οι 4 ελέγχονται, τότε το κλάσμα f είναι ίσο με $f=4/10=0,40$.

– i : αριθμός ή διάστημα απαλλαγής (clearance number, clearing interval)

Είναι ένας θετικός ακέραιος αριθμός και δηλώνει τις διαδοχικές αποδεκτές παρτίδες που πρέπει να βρεθούν ώστε να περάσει το σύστημα από τον πλήρη στον μερικό έλεγχο.

Η παράμετρος i που αναφέρεται στον πλήρη έλεγχο και η παράμετρος f που αναφέρεται στο μερικό έλεγχο συνδέονται μεταξύ τους λόγω της μέσης οριακής εξερχόμενης ποιότητας, AOQL.

Γενικά όσο μειώνεται το f τόσο αυξάνεται το AOQL για σταθερό c και i , γεγονός το οποίο είναι λογικό αφού ο αριθμός των παρτίδων που ελέγχονται μειώνεται και επομένως το ποσοστό των ελαττωματικών που θα ξεφεύγουν από τον έλεγχο αυξάνεται.

Ενώ όσο αυξάνεται το i ο έλεγχος γίνεται πιο αυστηρός και η ποιότητα των προϊόντων καλύτερη.

– U : μέσος αριθμός παρτίδων κατά τον πλήρη έλεγχο

Ο μέσος αριθμός των παρτίδων που επιθεωρούνται στον πλήρη έλεγχο συμβολίζεται με U και δίνεται από την σχέση:

$$U = \sum_{j=1}^k \frac{1 - P_j^i}{P_j^i (1 - P_j)} r_j \quad (3.6)$$

– V : μέσος αριθμός παρτίδων κατά τον μερικό έλεγχο

Πρόκειται για τον μέσο αριθμό των παρτίδων που υποβάλλονται σε μερικό έλεγχο.

$$V = \sum_{j=1}^k \frac{1}{f(1 - P_j)} r_j \quad (3.7)$$

Φυσικά το U θα πρέπει να είναι μικρότερο από το V , αυτός είναι άλλωστε και ο σκοπός του SkSP-1, να ελέγχονται όσο το δυνατόν περισσότερες παρτίδες σύμφωνα με τον μερικό έλεγχο.

– p : το μέσο ποσοστό ελαττωματικών

Επειδή μπορεί να υπάρχουν k διαφορετικά ποσοστά ελαττωματικών, $p_1 \dots p_j \dots p_k$, το μέσο ποσοστό ελαττωματικών προσδιορίζεται ως εξής:

$$p = \sum_{j=1}^k p_j r_j \quad (3.8)$$

Στο οικονομικό μοντέλο που εφαρμόζεται, το ποσοστό των ελαττωματικών πρέπει να είναι γνωστό.

Όμως αυτό δεν συμβαίνει πάντα. Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις όπου το ποσοστό των ελαττωματικών είναι μια τυχαία μεταβλητή η οποία ακολουθεί κάποια συγκεκριμένη συνεχής κατανομή (υπεργεωμετρική, διωνυμική κ.α.).

– $\bar{p}$: μέσο ποσοστό των ελαττωματικών που δεν εντοπίζονται κατά τον πλήρη έλεγχο

Πρόκειται για το μέσο ποσοστό των ελαττωματικών προϊόντων τα οποία έφτασαν στον καταναλωτή και δεν έγιναν αντιληπτά κατά τον πλήρη έλεγχο.

$$\bar{p} = \sum_{j=1}^k p_j r_j P_j \quad (3.9)$$

– $\hat{p}_i$: μέσο ποσοστό των ελαττωματικών που δεν εντοπίζονται κατά τον μερικό έλεγχο

Πρόκειται για το μέσο ποσοστό των ελαττωματικών προϊόντων κατά την διάρκεια του μερικού ελέγχου που δεν έγιναν αντιληπτά με αποτέλεσμα οι παρτίδες να έγιναν αποδεκτές.

Για συγκεκριμένο λοιπόν i είναι:

$$\hat{p}_i = \sum_{j=1}^k p_j r_j P_{aj} \quad (3.10)$$

– Ch : μοναδιαίο κόστος ελέγχου

Για να ελεγχθεί το προϊόν ώστε να κριθεί αν είναι ελαττωματικό ή όχι, απαιτούνται ορισμένοι έλεγχοι καθώς και το εργατικό προσωπικό που θα κάνει αυτήν τη δουλειά.

Ένας έλεγχος μπορεί να είναι καταστροφικός ή όχι. Π.χ. για να εξεταστεί εάν το σιτάρι είναι ελαττωματικό, θα πρέπει να υποβληθεί το προϊόν αυτό σε ελέγχους στο χημείο.

Οι έλεγχοι αυτοί καθιστούν το σιτάρι ακατάλληλο προς χρήση ή πώληση. Δεν συμβαίνει όμως και το ίδιο για προϊόντα όπως η τηλεόραση. Ενδεχομένως η τηλεόραση μετά από ένα επιτυχή έλεγχο να μπορεί να πωληθεί.

– I : κόστος ελέγχου ανά παρτίδα

Το κόστος αυτό είναι ίσο με:

$$I = C_h n F \quad (3.11)$$

– C_p : μοναδιαίο κόστος παραγωγής

Το κόστος αυτό περιλαμβάνει κόστη που αφορούν την κατασκευή-παραγωγή του προϊόντος: υλικά, πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν, εργατικές ώρες, ενοίκια, ενεργειακές καταναλώσεις και άλλα. Αναφέρεται στην μία μονάδα προϊόντος.

– M : κόστος παραγωγής ανά παρτίδα

Το κόστος παραγωγής μιας παρτίδας προκύπτει από το άθροισμα των δύο παρακάτω κοστών:

- το κόστος παραγωγής των προϊόντων που αποτελούν μια παρτίδα, καθώς και
- το κόστος παραγωγής των προϊόντων που θα αντικαταστήσουν τα ελαττωματικά προϊόντα του μερικού ελέγχου που θα μεταφερθούν στο πελάτη.

Τα ελαττωματικά προϊόντα από τον μερικό έλεγχο που θα φτάσουν στον καταναλωτή είναι ίσα με:

$$Q = N \hat{p}_i - n \sum_{j=1}^k F_j P_j p_j r_j \quad (3.12)$$

Ο αριθμός των ελαττωματικών προϊόντων ανά παρτίδα που πρόκειται να αντικατασταθούν είναι ίσος με $Q/(1-p)$.

Στον πλήρη έλεγχο ο αριθμός των μονάδων που θα αντικατασταθούν είναι ίσος με:

$$B = (N - n) \bar{p} \left(\frac{1}{1 - p} \right) \quad (3.13)$$

Η σχέση (3.13) χρησιμοποιείται για να βρεθεί το κόστος παραγωγής προϊόντων που πρόκειται να αντικατασταθούν επειδή έχουν φτάσει στον πελάτη, κατά τον πλήρη έλεγχο και όχι τον μερικό όπως δείχνει η παράμετρος Q .

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το κόστος παραγωγής ανά παρτίδα M στον μερικό έλεγχο δίνεται από την σχέση (3.14) :

$$M = C_p \left(N + \frac{Q}{1-p} \right) \quad (3.14)$$

– C_d : μοναδιαίο κόστος αποτυχίας

Όταν ένα προϊόν κατά την διάρκεια του ελέγχου βρεθεί ελαττωματικό, τότε αμέσως εφαρμόζονται οι ενέργειες που προβλέπει το δειγματοληπτικό σχήμα που χρησιμοποιείται.

Στην περίπτωση όμως που κάποιο ελαττωματικό προϊόν διαφύγει από τον έλεγχο, η παρτίδα γίνεται αποδεκτή και ο καταναλωτής αγοράζει αυτό το ελαττωματικό προϊόν.

Τότε εμφανίζεται το κόστος αποτυχίας. Πρόκειται για όλες τις οικονομικές επιβαρύνσεις που θα έχει η εταιρεία από την στιγμή που ο πελάτης αγοράσει ένα ελαττωματικό προϊόν (εκτός από το κόστος αντικατάστασης του, το οποίο το έχει συνυπολογιστεί στο κόστος παραγωγής).

Το κόστος εξαρτάται άμεσα από το πώς θα αντιδράσει ο πελάτης αυτός. Υπάρχει πιθανότητα το ελαττωματικό προϊόν να μην χρησιμοποιηθεί ή γενικότερα να μην γίνει ποτέ καμία αναφορά για την παρουσία του.

Ίσως όμως ο πελάτης να κάνει απλά ένα παράπονο και να ζητήσει την απόσυρση της συγκεκριμένης παρτίδας.

Επίσης, ο καταναλωτής μπορεί να παρουσιάσει πρόβλημα υγείας και να χρειαστούν έξοδα νοσηλείας και φαρμακευτικής προστασίας ή νομικά έξοδα σε περίπτωση καταγγελίας.

Σε αυτά τα κόστη μπορεί να προστεθεί και το κόστος δυσφήμισης της εταιρείας όπου χάνει υπαρκτούς και ίσως μελλοντικούς πελάτες.

– S : μοναδιαία τιμή εκποίησης

Έστω για παράδειγμα μια παρτίδα από προϊόντα κουτιών αλουμινίου. Μετά από έλεγχο θεωρείται ότι η παρτίδα αυτή είναι ελαττωματική.

Σίγουρα υπάρχει μια οικονομική ζημία διότι η παρτίδα αυτή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Σε περίπτωση όμως που εμφανίζεται κάποιο κέρδος από πιθανή τιμή πώλησης των ελαττωματικών προϊόντων τότε ο συντελεστής S είναι ίσος με το μοναδιαίο κόστος πώλησης της ελαττωματικής μονάδας.

– D : κόστος αποτυχίας ανά παρτίδα

Στο κόστος αποτυχίας συμπεριλαμβάνονται όλα τα κόστη που έχουν σχέση με την περίπτωση που ένα ελαττωματικό προϊόν φτάσει στον καταναλωτή. Τα προϊόντα αυτά ανά παρτίδα όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω, είναι ίσα με $Q/(1-p)$. Οπότε το κόστος αποτυχίας ανά παρτίδα είναι ίσο με :

$$D = \left[\frac{C_d Q}{1-p} \right] - S(N-n)(1-P_a) \quad (3.15)$$

Ο παράγοντας $S(N-n)(1-P)$ που εμφανίζεται στον τύπο έχει σχέση με το κόστος διάσωσης. Δηλαδή όταν βρεθούν ελαττωματικά προϊόντα κατά τον έλεγχο αν μπορεί να διασωθεί κάποιο κέρδος από αυτά.

Ο αριθμός των ελαττωματικών προϊόντων που εντοπίζονται στους ελέγχους είναι ίσος με $(N-n)(1-P)$ που όταν πολλαπλασιαστεί με το S δίνει το συνολικό κόστος εκποίησης ανά παρτίδα L :

$$L = (N-n)(1-P_a) \quad (3.16)$$

Σε περίπτωση όπου δεν υπάρχει κόστος διάσωσης στην παραγωγική διαδικασία η οποία μελετάται αλλά αντίθετα υπάρχει ένα επιπλέον κόστος για την καταστροφή των προϊόντων αυτών, τότε αντί να προστεθεί ο παράγοντας L στη σχέση (3.16) , αφαιρείται.

Βέβαια ο παράγοντας S δεν θα έχει την έννοια του κόστους διάσωσης αλλά θα ερμηνεύεται σαν ένας δείκτης επιπλέον κόστους για κάθε ελαττωματική μονάδα που εντοπίζεται.

– G : μέσος αριθμός μη ελαττωματικών μονάδων ανά παρτίδα που φτάνουν στον καταναλωτή

$$G = NP_a - n \sum_{j=1}^k F_j P_j r_j \quad (3.17)$$

– AC : συνολικό μοναδιαίο κόστος

Τελικά το συνολικό μοναδιαίο κόστος σύμφωνα με τις παραπάνω πληροφορίες για την περίπτωση του καταστροφικού ελέγχου, δίνεται από την σχέση:

$$AC = \frac{I + M + D}{G} \quad (3.18)$$

Η σχέση (3.18) βοηθάει στο να βρεθεί το βέλτιστο κόστος στον SkSP-1 έλεγχο.

3.3.3 Απλοποίηση προβλήματος

Το συγκεκριμένο πρόβλημα απλοποιείται γιατί ορισμένοι παράμετροι δεν υπάρχουν.

1. Δεν υπάρχει το κόστος εκποίησης αφού στην περίπτωση που το προϊόν είναι ελαττωματικό δεν υπάρχει κόστος διάσωσης στην παραγωγική διαδικασία άρα $L=0$.
2. Υπάρχει μόνο μία κατάσταση ποσοστού ελαττωματικών. Το ποσοστό ελαττωματικών στο συγκεκριμένο πρόβλημα είναι η πιθανότητα να υπάρχει το κόστος επιδιόρθωσης, δηλαδή η πιθανότητα να υπάρχει σφάλμα ότι η μέτρηση είναι εντός αποδεκτών ορίων.
3. Η πιθανότητα αποδοχής είναι συμπληρωματική της πιθανότητας εμφάνισης ελαττωματικών και δίνεται από τη σχέση:

$$P = 1 - p \quad (3.19)$$

4. Κατά τον πλήρη έλεγχο, δεν υπάρχει μέσο ποσοστό ελαττωματικών που δεν εντοπίζονται και επομένως δεν υπάρχει ο αριθμός των μονάδων που θα αντικατασταθούν.
5. Το κόστος παραγωγής δε λαμβάνεται υπόψη γιατί είναι σταθερό και δεν επηρεάζει στον υπολογισμό του τελικού κόστους την επιλογή της βέλτιστης λύσης στη σύγκριση των αποτελεσμάτων που γίνεται στο τέλος. Το κόστος αποτυχίας χωρίζεται σε 2 επιμέρους κόστη: α) στο κόστος επιδιόρθωσης ανά παρτίδα D_1 και β) στο κόστος που προκύπτει όταν δεν γίνεται έλεγχος των παρτίδων D_2 .

$$D_1 = \frac{C_d Q}{1 - p} \quad (3.20)$$

$$D_2 = \frac{C_d p(1 - f)Q}{1 - p} \quad (3.21)$$

Επομένως το συνολικό μοναδιαίο κόστος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$AC = \frac{I + D_1 + D_2}{G} \quad (3.22)$$

6. Το μέγεθος του δείγματος και ο αριθμός αποδοχής δε λαμβάνονται υπόψη.

3.3.4 Αλγόριθμος

Το μοντέλο που παρουσιάστηκε παραπάνω σύμφωνα με τον Hsu (1980), βοηθάει στην εύρεση ενός SkSP-1 δειγματοληπτικού σχήματος που θα μειώσει το κόστος AC.

Ο αλγόριθμος που εφαρμόζεται είναι πιο απλοποιημένος από αυτόν που προτείνει ο Hsu αφού το μέγεθος δείγματος n και ο αριθμός αποδοχής c δεν λαμβάνονται υπόψη.

Εφαρμόζοντας τον παρακάτω αλγόριθμο μπορεί να βρεθεί η βέλτιστη οικονομική λύση.

- Αρχικά ορίζεται $i=1$
- Στη συνέχεια η διαδικασία ξεκινάει για $f=9/10$
- Μειώνεται η τιμή του f κατά $1/10$ την φορά μέχρι να φτάσει την τιμή $1/10$. Το i παραμένει σταθερό και βρίσκεται το βέλτιστο f που δίνει το χαμηλότερο κόστος
- Αυξάνεται στη συνέχεια το i κατά 1 και επαναλαμβάνονται τα βήματα 2 και 3 μέχρι να βρεθούν τα βέλτιστα i, f

Έτσι βρίσκεται το βέλτιστο skip-lot δειγματοληπτικό σχήμα.

4 Εφαρμογή στη βιομηχανία

4.1 Μοντελοποίηση προβλήματος

Για τη βιομηχανία αναφέρονται συνοπτικά οι εξής πληροφορίες:

- ✓ Τα προϊόντα που παράγονται διέπονται από ομοιογένεια.
- ✓ Σύμφωνα με τον Hsu, για καλή ποιότητα πρώτης ύλης, μικρό ποσοστό δείγματος είναι αρκετό, ενώ για κακή ποιότητα πρώτης ύλης απαιτούνται αυστηρότεροι έλεγχοι. Σχετικά με την ποιότητα, υπάρχουν στατιστικά στοιχεία των τελευταίων ετών που δείχνουν ότι η ποιότητα είναι αρκετά ικανοποιητική.
- ✓ Ο έλεγχος στον οποίο υποβάλλονται τα δείγματα είναι καταστροφικός. Μετά από τους ελέγχους τα δείγματα δεν πωλούνται και δεν καταναλώνονται.

Τα δεδομένα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι μπορεί να εφαρμοστεί ένα δειγματοληπτικό σχήμα SkSP-1 για την παραγωγική διαδικασία η οποία μελετάται.

Εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο του αντίστοιχου οικονομικού μοντέλου για το SkSP-1 μπορεί να βρεθεί το δειγματοληπτικό εκείνο σχήμα που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος.

Σκοπός είναι να μειωθεί το συνολικό κόστος διατηρώντας την ποιότητα σε ικανοποιητικά επίπεδα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μεταβάλλοντας τη συχνότητα της δειγματοληψίας.

4.2 Περιγραφή της επίλυσης του προβλήματος για τον έλεγχο της γλουτένης

4.2.1 Περιγραφή της επίλυσης του προβλήματος

Η μέση χωρητικότητα σε τόνους ενός карабиού είναι 3000 τόνοι. Κατά τη διαδικασία εκφόρτωσης πρώτων υλών του карабиού συλλέγονται 20 δείγματα βάρους 0,5 κιλών το καθένα ανά 150 τόνους.

Θα χωριστεί το φορτίο του πλοίου σε 20 παρτίδες 150 τόνων η καθεμία και θα εξετάζεται 1 δείγμα από κάθε παρτίδα.

Αυτό συμβαίνει για να μπορέσει να εφαρμοστεί το δειγματοληπτικό σχήμα SKSP-1 που είναι ένα σχήμα ελέγχου αποδοχής με παράλειψη παρτίδων

Οι πρώτες ύλες που εξετάζονται είναι:

- το μαλακό σιτάρι υψηλής πρωτεΐνης,
- το μαλακό σιτάρι χαμηλής πρωτεΐνης και
- το σκληρό σιτάρι

Σκοπός είναι να υπολογιστεί το συνολικό κόστος κατά τη διαδικασία της παραλαβής.

4.2.2 Εφαρμογή στον έλεγχο της γλουτένης

Το δειγματοληπτικό σχέδιο SKSP-1 θα εφαρμοστεί για τον έλεγχο της γλουτένης. Τα κόστη των ελέγχων που γίνονται είναι τα ακόλουθα:

1. Κόστος ελέγχου ανά δείγμα
2. Κόστος επιδιόρθωσης σε περίπτωση σφάλματος της μέτρησης
3. Κόστος αποτυχίας κατά τον μερικό έλεγχο στις παρτίδες που δεν ελέγχθηκαν

Στον πίνακα 2.20, παρουσιάζονται το κόστος ελέγχου ανά δείγμα και το κόστος επιδιόρθωσης σε περίπτωση σφάλματος της μέτρησης.

Το κόστος αποτυχίας ανά παρτίδα D_2 είναι ουσιαστικά το γινόμενο του ποσοστού των παρτίδων που δεν ελέγχθηκαν κατά το μερικό έλεγχο επί το ποσοστό ελαττωματικών επί το μοναδιαίο κόστος των παρτίδων που δεν ελέγχθηκαν κατά το μερικό έλεγχο επί τον αριθμό των ελαττωματικών ανά παρτίδα που πρόκειται να αντικατασταθούν.

Άρα σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουμε μπορεί να γίνει εκτίμηση του συνολικού κόστους του ελέγχου της γλουτένης.

Αντίστοιχα μπορούν να υπολογιστούν τα συνολικά κόστη του ειδικού βάρους, της υγρασίας, των πρωτεϊνών, των μυκοτοξινών και των ξένων υλών.

4.3 Εύρεση βέλτιστου σχεδίου

4.3.1 Τιμές παραμέτρων

Για να υπάρχουν όσο το δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ακριβή εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου.

Στην περίπτωση που εξετάζεται, οι παράμετροι αυτοί είναι οι εξής:

- N , το μέγεθος παρτίδας
- p , το ποσοστό των ελαττωματικών
- f , το κλάσμα ελέγχου κατά τον μερικό έλεγχο
- C_h , το μοναδιαίο κόστος ελέγχου
- C_{d1} , το μοναδιαίο κόστος επιδιόρθωσης
- C_{d2} , το μοναδιαίο κόστος της μη εφαρμογής ελέγχου

– Μέγεθος παρτίδας

Ως μονάδα μέτρησης ορίζεται το 0,5 κιλό πρώτης ύλης. Ως παρτίδα ορίζονται οι 150 τόνοι που είναι το 1/20 της χωρητικότητας σε τόνους ενός καραβιού 3000 τόνων.

Η αναλογία του μεγέθους του δείγματος που είναι 0,5 κιλά με το μέγεθος της παρτίδας που είναι 150.000 κιλά είναι 1/300.000.

Επομένως μπορεί να οριστεί το μέγεθος της παρτίδας $N=300.000$.

– Ποσοστό των ελαττωματικών

Θεωρητικά μπορούν να υπάρχουν διαφορετικές καταστάσεις ποσοστού ελαττωματικών, ωστόσο στην προκειμένη περίπτωση υπάρχει μόνο μία κατάσταση ποσοστού ελαττωματικών.

Το ποσοστό ελαττωματικών για τον έλεγχο της γλουτένης είναι η πιθανότητα ο έλεγχος να είναι εντός αποδεκτών ορίων, όμως το αποτέλεσμα της μέτρησης να είναι ψευδές οπότε υπάρχει σφάλμα στη μέτρηση.

Αυτό προκύπτει από τον εξής τύπο:

$$p = P_{\psi\gamma\lambda} P_{\gamma\lambda} \quad (4.1)$$

Στο συγκεκριμένο πρόβλημα ελέγχου της γλουτένης το ποσοστό ελαττωματικών είναι $p=0,0099$.

– Κλάσμα ελέγχου f

Το κλάσμα ελέγχου f δείχνει ουσιαστικά το ποσοστό των παρτίδων που ελέγχονται, όταν το σύστημα βρίσκεται στην κατάσταση του skip lot ελέγχου.

Όσο πιο μεγάλο είναι το f βέβαια τόσο πιο αυστηρός είναι και ο έλεγχος.

Για την παράμετρο αυτή θα χρησιμοποιηθούν 9 τιμές. Οι τιμές είναι: $1/10, 2/10, 3/10, 4/10, 5/10, 6/10, 7/10, 8/10$ και $9/10$. Οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές.

Θεωρητικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε κλάσμα μεγαλύτερο του μηδενός και μικρότερο του ένα.

– Μοναδιαία κόστη

Τα μοναδιαία κόστη είναι τα κόστη ελέγχου, επιδιόρθωσης και της μη εφαρμογής ελέγχου για το 0,5 κιλό, που ορίστηκε ως η μονάδα μέτρησης.

4.3.2 Εφαρμογή βηματικού αλγορίθμου

Δίνοντας τιμές στο κλάσμα ελέγχου f από 0,9 έως 0,1 με βήμα 0,1 και στον αριθμό απαλλαγής i υπολογίζονται ο μέσος αριθμός παρτίδων κατά των πλήρη έλεγχο U , ο μέσος αριθμός παρτίδων κατά τον μερικό έλεγχο V και ο μέσος όρος συνολικών ελεγχόμενων παρτίδων F .

Έπειτα υπολογίζονται με την ακόλουθη σειρά η πιθανότητα αποδοχής παρτίδας κατά τον μερικό έλεγχο P_a , το μέσο ποσοστό ελαττωματικών που δεν εντοπίζονται κατά τον μερικό έλεγχο, τα ελαττωματικά προϊόντα από τον μερικό έλεγχο Q και ο μέσος αριθμός μη ελαττωματικών μονάδων ανά παρτίδα G .

Έτσι έχοντας όλα τα παραπάνω δεδομένα υπολογίζεται το κόστος ελέγχου ανά παρτίδα I , το κόστος επιδιόρθωσης ανά παρτίδα D_1 και το κόστος D_2 , ενώ το κόστος παραγωγής ανά παρτίδα M δεν υπάρχει στο συγκεκριμένο πρόβλημα.

Τέλος γνωρίζοντας όλα τα παραπάνω κόστη μπορεί να υπολογιστεί το συνολικό μοναδιαίο κόστος, το συνολικό κόστος παρτίδας, που προκύπτει από το γινόμενο του συνολικού μοναδιαίου κόστους με μέγεθος της παρτίδας, και το συνολικό κόστος του караβιού, που προκύπτει από το γινόμενο του συνολικού κόστους ανά παρτίδα με τον αριθμό των παρτίδων ενός караβιού.

Μέσα από την εφαρμογή του αλγορίθμου θα βρεθεί ο βέλτιστος συνδυασμός (i, f) .

1η επανάληψη

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της 1^{ης} επανάληψης:

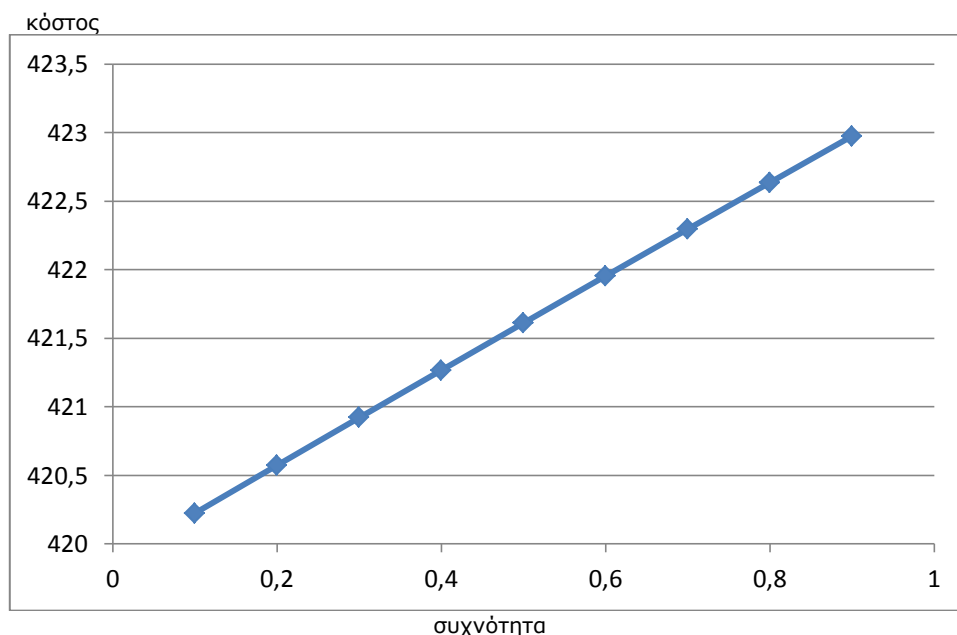
Πίνακας 4.1 Υπολογισμός συνολικού κόστους γλουτένης για $i=1$

Συνολικό κόστος	$f=0,9$	$f=0,8$	$f=0,7$	$f=0,6$	$f=0,5$	$f=0,4$	$f=0,3$	$f=0,2$	$f=0,1$
Μοναδιαίο	7,049E-05	7,044E-05	7,038E-05	7,032E-05	7,027E-05	7,021E-05	7,015E-05	7,009E-05	7,004E-05
Ανά παρτίδα	21,148	21,131	21,114	21,097	21,080	21,062	21,045	21,028	21,011
Ανά καράβι	422,969	422,625	422,281	421,937	421,593	421,249	420,906	420,562	420,218

Το f παίρνει τιμές από 0,9 έως 0,1 με βήμα 0,1 και κάνει όλες τις επαναλήψεις για $i=1$ αφού το ελάχιστο κόστος βρίσκεται για $f=0,1$.

Το μικρότερο συνολικό κόστος ελέγχου γλουτένης ενός καραβιού για $i=1$ είναι 420,218 ευρώ και εμφανίζεται για $f=0,1$

Παρακάτω παρουσιάζονται ο πίνακας και το διάγραμμα κλάσμα ελέγχου - κόστος για αριθμό απαλλαγής $i=1$.



Σχήμα 4.1 Διάγραμμα κόστους γλουτένης με συχνότητα δειγματοληψίας f για $i=1$

2η επανάληψη

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της 2^{ης} επανάληψης:

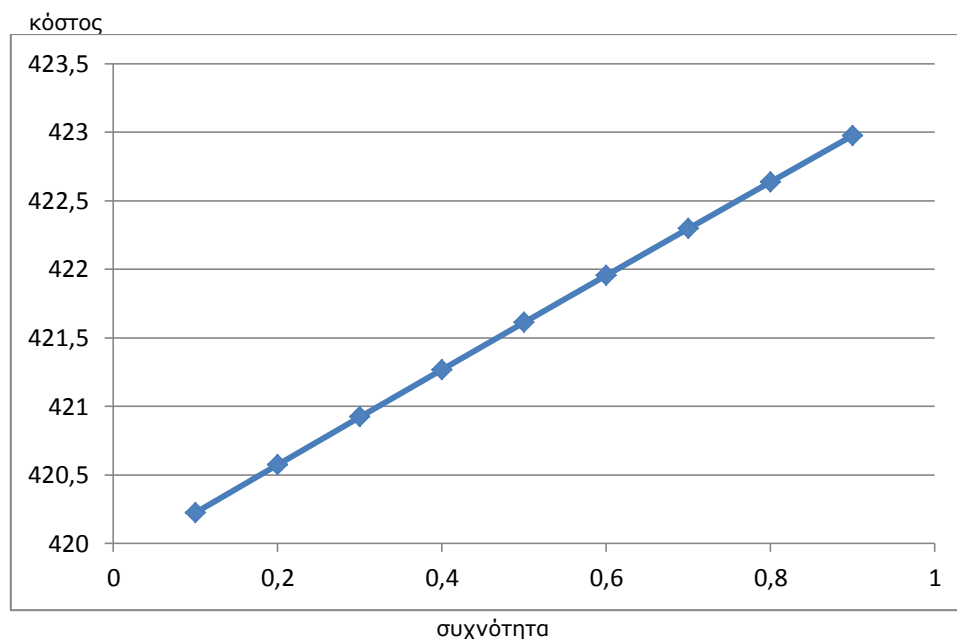
Πίνακας 4.2 Υπολογισμός συνολικού κόστους γλουτένης για $i=2$

Συνολικό κόστος	$f=0,9$	$f=0,8$	$f=0,7$	$f=0,6$	$f=0,5$	$f=0,4$	$f=0,3$	$f=0,2$	$f=0,1$
Μοναδιαίο	7,050E-05	7,044E-05	7,038E-05	7,033E-05	7,027E-05	7,021E-05	7,015E-05	7,010E-05	7,004E-05
Ανά παρτίδα	21,149	21,132	21,115	21,098	21,081	21,063	21,046	21,029	21,011
Ανά καράβι	422,976	422,637	422,297	421,955	421,612	421,268	420,921	420,574	420,225

Το f παίρνει τιμές από 0,9 έως 0,1 με βήμα 0,1 και κάνει όλες τις επαναλήψεις για $i=1$ αφού το ελάχιστο κόστος βρίσκεται για $f=0,1$.

Το μικρότερο συνολικό κόστος ελέγχου γλουτένης ενός καραβιού για $i=2$ είναι 420,225 ευρώ και εμφανίζεται για $f=0,1$.

Παρακάτω παρουσιάζονται ο πίνακας και το διάγραμμα κλάσμα ελέγχου - κόστος για αριθμό απαλλαγής $i=2$.



Σχήμα 4.2 Διάγραμμα κόστους γλουτένης με συχνότητα δειγματοληψίας f για $i=2$

Παρατηρείται ότι το μοναδιαίο κόστος AC αυξήθηκε στη δεύτερη επανάληψη επομένως βρέθηκε η βέλτιστη λύση και δεν χρειάζεται να γίνει τρίτη επανάληψη.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα και τα διαγράμματα εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- όσο αυξάνεται το f αυξάνεται και το κόστος για ίδιο i
- όσο αυξάνεται το i αυξάνεται και το κόστος για ίδιο f
- παρατηρώντας τα διαγράμματα διαπιστώνεται ότι οι σχέσεις των εξεταζόμενων μεγεθών είναι σχεδόν γραμμικές

4.3.3 Εφαρμογή στον έλεγχο χωρίς παράλειψη παρτίδων

Στον έλεγχο χωρίς παράλειψη παρτίδων ελέγχονται όλες οι παρτίδες.

Στόχος είναι να βρεθεί το συνολικό κόστος γλουτένης ανά καράβι της μεθόδου που χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία έως τώρα, και να συγκριθεί με τη βέλτιστη λύση που βρέθηκε από τον αλγόριθμο του οικονομικού μοντέλου για το SkSP-1.

Αυτό λοιπόν που μπορεί να γίνει είναι να οριστούν οι τιμές των απαραίτητων παραμέτρων και να χρησιμοποιηθούν στον αλγόριθμο του SkSP-1 για τον μερικό μόνο έλεγχο.

- Παράμετρος i
Η παράμετρος i είναι αναγκαστικά μηδέν γιατί το σύστημα δεν βρίσκεται ποτέ στην κατάσταση του πλήρη ελέγχου.
- Παράμετρος f
Η παράμετρος $f=1$ αφού ελέγχονται τα δείγματα όλων των παρτίδων.

Για την εύρεση του βέλτιστου συνολικού μοναδιαίου κόστους AC εφαρμόζεται ο ίδιος αλγόριθμος.

Πίνακας 4.3 Υπολογισμός κόστους γλουτένης χωρίς παράλειψη παρτίδων για μέγεθος παρτίδας 150 τόνων

Αριθμός απαλλαγής	Κλάσμα ελέγχου	Συνολικό μοναδιαίο κόστος	Συνολικό κόστος ανά παρτίδα	Συνολικό κόστος ανά καράβι
0	1	7,055E-05	21,164	423,280

Ο έλεγχος χωρίς παράλειψη παρτίδων είναι η υπάρχουσα κατάσταση στη βιομηχανία. Για αυτό το λόγο τα συνολικά κόστη ανά παρτίδα και ανά καράβι του πίνακα 4.3 είναι τα ίδια με τα αντίστοιχα του πίνακα 2.22 για την περίπτωση ελέγχου της γλουτένης.

4.4 Εναλλακτική μοντελοποίηση προβλήματος

Στο συγκεκριμένο πρόβλημα το μέγεθος του φορτίου ενός καραβιού 3.000 τόνων χωρίστηκε προηγουμένως σε 20 παρτίδες των 150 τόνων η καθεμιά και εξετάζεται 1 δείγμα για κάθε παρτίδα. Ωστόσο μπορεί να χωριστεί σε ακόμα μικρότερες σε μέγεθος αλλά μεγαλύτερες σε αριθμό παρτίδες. Αυτό σημαίνει ότι αν N το μέγεθος της παρτίδας και m ο αριθμός των παρτίδων τότε πρέπει το γινόμενο Nm να παραμένει σταθερό.

Για παράδειγμα μπορεί να διαιρεθεί σε 40 παρτίδες των 75 τόνων όπου θα ελέγχεται μία στις δύο παρτίδες, σε 60 παρτίδες των 50 τόνων όπου θα ελέγχεται μία στις τρεις παρτίδες κ.τ.λ.

Στους παρακάτω πίνακες γίνονται οι υπολογισμοί για τα προαναφερθέντα παραδείγματα:

40 παρτίδες 75 τόνων

Πίνακας 4.4 Υπολογισμός κόστους γλουτένης χωρίς παράλειψη παρτίδων για μέγεθος παρτίδας 75 τόνων

Αριθμός απαλλαγής	Κλάσμα ελέγχου	Συνολικό μοναδιαίο κόστος	Συνολικό κόστος ανά παρτίδα	Συνολικό κόστος ανά καράβι
0	0,5	7,089E-05	10,633	425,333

60 παρτίδες 50 τόνων

Πίνακας 4.5 Υπολογισμός κόστους γλουτένης χωρίς παράλειψη παρτίδων για μέγεθος παρτίδας 50 τόνων

Αριθμός απαλλαγής	Κλάσμα ελέγχου	Συνολικό μοναδιαίο κόστος	Συνολικό κόστος ανά παρτίδα	Συνολικό κόστος ανά καράβι
0	0,333	7,100E-05	7,100	426,007

4.5 Υπολογισμός οριακής στάθμης παραμέτρων

Οι στατιστικές μέθοδοι σχεδίασης δε λαμβάνουν άμεσα υπόψη όλα τα στοιχεία του κόστους ποιότητας που σχετίζονται με την επιλογή του σχήματος ελέγχου και επηρεάζονται από αυτή.

Αντικειμενικός σκοπός του ελέγχου ποιότητας είναι η αποτελεσματικότερη λειτουργία του συστήματος από οικονομική άποψη, άρα το θεωρητικά βέλτιστο σχήμα είναι εκείνο που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος ποιότητας.

Η σχεδίαση ενός σχήματος ελέγχου με οικονομικά κριτήρια πραγματοποιείται σε 2 στάδια:

- Το 1^ο είναι η κατάστρωση της συνάρτησης συνολικού κόστους αξιολόγησης(ελέγχου), εσωτερικών αστοχιών (επισκευής ή αντικατάστασης των ελαττωματικών που εντοπίζονται) και εξωτερικών αστοχιών(ελαττωματικών που δεν εντοπίζονται από το σχήμα ελέγχου).
- Το 2^ο στάδιο είναι η βελτιστοποίηση της συνάρτησης κόστους ως προς τις παραμέτρους σχεδίασης.

Εξετάζοντας τη συνάρτηση του κόστους στο συγκεκριμένο πρόβλημα εξάγεται το συμπέρασμα ότι στην περίπτωση γνωστού και σταθερού ποσοστού ελαττωματικών το βέλτιστο σχήμα είναι είτε 100% έλεγχος είτε αποδοχή χωρίς έλεγχο.

Αν το ποσοστό ελαττωματικών είναι μεγαλύτερο από την οριακή στάθμη ποιότητας τότε το βέλτιστο σχήμα είναι 100% έλεγχος, ενώ αν το ποσοστό ελαττωματικών είναι μικρότερο από την οριακή στάθμη ποιότητας τότε το βέλτιστο σχήμα είναι αποδοχή χωρίς δειγματοληψία. Άρα η δειγματοληψία έχει νόημα μόνο όταν το ποσοστό ελαττωματικών της κάθε παρτίδας δεν είναι γνωστό.

Η απόφαση ανάλογα με τη σχέση μεταξύ του ποσοστού ελαττωματικών και της οριακής στάθμης ποιότητας έχει γενική ισχύ

σε όλα τα σενάρια λειτουργίας σχημάτων ελέγχου αποδοχής. Επεκτείνεται μάλιστα και στην περίπτωση που το ποσοστό ελαττωματικών δεν είναι γνωστό και σταθερό αλλά κυμαίνεται οπωσδήποτε σε τιμές πάντοτε μικρότερες ή μεγαλύτερες από την οριακή στάθμη ποιότητας.

Στο συγκεκριμένο πρόβλημα το ποσοστό ελαττωματικών είναι $p=0,0099$. Ωστόσο αξίζει να μελετηθεί πώς επηρεάζεται το συνολικό κόστος, όταν το ποσοστό ελαττωματικών μεταβάλλεται (όταν μειώνεται και όταν αυξάνεται).

$$p=0,02$$

Πίνακας 4.6 Συνολικά κόστη γλουτένης για $p=0,02$

Συνολικό κόστος	f=0,9	f=0,8	f=0,7	f=0,6	f=0,5	f=0,4	f=0,3	f=0,2	f=0,1
Μοναδιαίο	1,429E-04	1,430E-04	1,432E-04	1,433E-04	1,435E-04	1,436E-04	1,438E-04	1,439E-04	1,441E-04
Ανά παρτίδα	42,857	42,904	42,950	42,997	43,044	43,090	43,137	43,184	43,230
Ανά καράβι	857,138	858,072	859,006	859,940	860,873	861,807	862,741	863,675	864,609

$$p=0,005$$

Πίνακας 4.7 Συνολικά κόστη γλουτένης για $p=0,005$

Συνολικό κόστος	f=0,9	f=0,8	f=0,7	f=0,6	f=0,5	f=0,4	f=0,3	f=0,2	f=0,1
Μοναδιαίο	3,597E-05	3,586E-05	3,575E-05	3,565E-05	3,554E-05	3,543E-05	3,532E-05	3,521E-05	3,511E-05
Ανά παρτίδα	10,791	10,758	10,726	10,694	10,661	10,629	10,597	10,564	10,532
Ανά καράβι	215,815	215,168	214,520	213,873	213,226	212,579	211,931	211,284	210,637

$$p=0,0134$$

Πίνακας 4.8 Συνολικά κόστη γλουτένης για $p=0,0134$

Συνολικό κόστος	f=0,9	f=0,8	f=0,7	f=0,6	f=0,5	f=0,4	f=0,3	f=0,2	f=0,1
Μοναδιαίο	9,539E-05	9,539E-05	9,539E-05	9,539E-05	9,539E-05	9,539E-05	9,539E-05	9,538E-05	9,538E-05
Ανά παρτίδα	28,616	28,616	28,616	28,616	28,616	28,616	28,616	28,615	28,615
Ανά καράβι	572,320	572,318	572,317	572,315	572,314	572,313	572,311	572,310	572,308

Παρατηρώντας τους πίνακες 4.6, 4.7 και 4.8 και συγκρίνοντας με το ποσοστό ελαττωματικών της γλουτένης $p=0,0099$ συμπεραίνεται ότι:

- ✓ Για μεγάλη αύξηση του ποσοστού ελαττωματικών συμφέρει οικονομικά ο έλεγχος όλων των παρτίδων.
- ✓ Για μείωση του ποσοστού ελαττωματικών συμφέρει οικονομικά να μη γίνεται έλεγχος των παρτίδων.
- ✓ Για μικρή αύξηση του ποσοστού ελαττωματικών (συγκεκριμένα για $p=0,0134$) το συνολικό κόστος είναι το ίδιο αν ελέγχονται όλες οι παρτίδες και αν δεν ελέγχεται καμία παρτίδα.
- ✓ Το συνολικό κόστος είναι μικρό για μικρή τιμή του ποσοστού ελαττωματικών, ενώ είναι μεγάλο για μεγάλη τιμή του ποσοστού ελαττωματικών.

Εκτός από το ποσοστό ελαττωματικών μπορούν να μεταβληθούν και οι υπόλοιπες παράμετροι του προβλήματος (π.χ. το μέγεθος της παρτίδας) και να εξετασθεί η συμπεριφορά τους ως προς την οριακή στάθμη ποιότητας. Στη συνέχεια αποδεικνύεται πως η οριακή στάθμη ποιότητας επηρεάζει την απόφαση σε διαφορετικές παραμέτρους για το αν συμφέρει ή όχι η εφαρμογή ελέγχου.

Κόστος ελέγχου

Έστω c_{i1} το μοναδιαίο κόστος ελέγχου στο χημείο, c_{i2} το μοναδιαίο κόστος ελέγχου στο εξωτερικό ιδιωτικό χημείο, P_c η πιθανότητα συμφωνίας σε διαπραγμάτευση P_k η πιθανότητα καλής παρτίδας σε περίπτωση αποδοχής, c_d το μοναδιαίο κόστος επανόρθωσης και P_k' η πιθανότητα καλής παρτίδας σε περίπτωση μη ελέγχου. Το κόστος ελέγχου δίνεται από τον τύπο:

$$c_i = c_{i1}F + (1-P)(1-P_c)c_{i2}F \quad (4.2)$$

Το συνολικό κόστος ελέγχου είναι:

$$c_i = c_{i1} + c_{i2} = c_{i1}F + (1-P)(1-P_c)c_{i2}F + (1-P_k)Nc_d[1-F(1-P)] = (1-P_k)Nc_d + [c_{i1} + (1-P)(1-P_c)c_{i2} + (1-P)(1-P_k)Nc_d]F \quad (4.3)$$

Η F είναι αύξουσα ως προς i, f . Το κόστος προκύπτει ότι είναι πολύ ευαίσθητο ως προς τα f, i .

Πιο συγκεκριμένα, συμφέρει οικονομικά να γίνεται έλεγχος σε όλες τις παρτίδες όταν $P_k < 0,986144$ ενώ όταν $P_k > 0,986144$ συμφέρει να μην εφαρμόζεται έλεγχος.

Επίσης όταν $P < 0,985715$ συμφέρει να γίνεται έλεγχος, ενώ όταν $P > 0,985715$ συμφέρει να μη διεξάγεται έλεγχος.

Κόστος επανόρθωσης/αστοχίας

Σε περίπτωση ελέγχου το κόστος δίνεται από τον τύπο:

$$c_{r1} = P(1 - P_k)Nc_d F \quad (4.4)$$

Σε περίπτωση μη εφαρμογής ελέγχου το κόστος δίνεται από τον τύπο:

$$c_{r2} = (1 - P_k)Nc_d(1 - F) \quad (4.5)$$

Άρα το συνολικό κόστος επανόρθωσης δίνεται από τον τύπο:

$$c_r = (1 - P_k)Nc_d[1 - F(1 - P)] \quad (4.6)$$

Συνάρτηση κόστους

Το συνολικό κόστος είναι:

$$c_{o\lambda} = [c_{i1} + (1 - P)(1 - P_c)c_{i2}]F + (1 - P_k)Nc_d[1 - F(1 - P)] = (1 - P_k)Nc_d + [c_{i1} + (1 - P)(1 - P_c)c_{i2} - (1 - P)(1 - P_k)Nc_d]F \quad (4.7)$$

Έστω $A = c_{i1} + (1 - P)(1 - P_c)c_{i2} - (1 - P)(1 - P_k)Nc_d$ που είναι ο συντελεστής της F στον τύπο 4.7. Επειδή η F είναι αύξουσα ως προς i, f υπάρχουν οι εξής περιπτώσεις:

- Αν $A > 0$ συμφέρει τα i, f να είναι μικρά για να ελαχιστοποιηθεί η F
- Αν $A < 0$ συμφέρει τα i, f να είναι μεγάλα για να μεγιστοποιηθεί η F

Άρα φαίνεται ότι η οριακή στάθμη για το P είναι (για $A=0$):

$$P = \frac{c_{i1}}{(1 - P_c)c_{i2} - (1 - P_k)Nc_d} + 1 \quad (4.8)$$

Για τα δεδομένα του προβλήματος, δηλαδή για $c_{i1}=0,27$, $c_{i2}=21$, $c_d=14$, $N=150$, $P_c=0,9$ και $P_k=0,99$ η οριακή στάθμη είναι $P^r=0,985715$.

Με τον ίδιο τρόπο βρίσκεται ότι η οριακή στάθμη ποιότητας για P_k είναι:

$$P_k = 1 - \frac{(1 - P)(1 - P_c)c_{i2} + c_{i1}}{(1 - P)Nc_d} \quad (4.9)$$

όπου για $P=0,99$ δίνει $P_k^r=0,986143$.

Άρα υπάρχουν οι εξής περιπτώσεις:

- Για $P > P^r$ συμφέρει τα f, i να είναι μικρά
- Για $P < P^r$ συμφέρει τα f, i να είναι μεγάλα
- Για $P_k > P_k^r$ συμφέρει τα f, i να είναι μικρά
- Για $P_k < P_k^r$ συμφέρει τα f, i να είναι μεγάλα

Με την ίδια λογική μπορούν να βρεθούν οριακές στάθμες για κάθε παράμετρο όπως π.χ. για το μέγεθος της παρτίδας.

$$N = \frac{c_{i1} + (1-P)(1-P_c)c_{i2}}{(1-P)(1-P_k)c_d} \quad (4.10)$$

Για τα δεδομένα του προβλήματος είναι $N^* = 207,8571$. Επομένως για μέγεθος παρτίδας 207 τόνων ή μικρότερο συμφέρει τα f_i να είναι μικρά, ενώ για μέγεθος παρτίδας 208 τόνων ή μεγαλύτερο συμφέρει τα f_i να είναι μεγάλα.

4.6 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Οι βέλτιστες λύσεις που προέκυψαν παραπάνω για τον έλεγχο χωρίς παράλειψη παρτίδων και τον SkSP-1 έλεγχο φαίνονται συγκεντρωτικά πίνακα 4.9

Πίνακας 4.9 Σύγκριση κόστους γλουτένης για έλεγχο με παράλειψη και χωρίς παράλειψη παρτίδων

Εξεταζόμενα μεγέθη	Έλεγχος με παράλειψη παρτίδων	Έλεγχος χωρίς παράλειψη παρτίδων
Αριθμός απαλλαγής	1	0
Κλάσμα ελέγχου	0,1	1
Μοναδιαίο κόστος	7,004E-05	7,055E-05
Συνολικό κόστος παρτίδας	21,011	21,164
Συνολικό κόστος караβιού	420,218	423,280

Φαίνεται καθαρά λοιπόν, πως αν εφαρμοστεί το SkSP-1 στην βιομηχανία παραγωγής αλευριού στην παραλαβή της γλουτένης, τότε το συνολικό κόστος ανά καράβι θα είναι 420,218 ευρώ.

Εάν ο έλεγχος γίνεται χωρίς παράλειψη παρτίδων, τότε το συνολικό κόστος ανά παρτίδα θα είναι 423,280 ευρώ. Άρα υπάρχει μία μείωση της τιμής κατά 0,73%.

Οι λύσεις που προέκυψαν παραπάνω για τον έλεγχο παρτίδων διαφορετικού μεγέθους σύμφωνα με το σχήμα ελέγχου SkSP-1 φαίνονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 4.10.

Πίνακας 4.10 Σύγκριση κόστους γλουτένης για διαφορετικά μεγέθη παρτίδων

Εξεταζόμενα μεγέθη	20 παρτίδες 150 τόνων	40 παρτίδες 75 τόνων	60 παρτίδες 50 τόνων
Αριθμός απαλλαγής	0	0	0
Κλάσμα ελέγχου	1	0,5	0,3339
Μοναδιαίο κόστος	7,055E-05	7,089E-05	7,100E-05
Συνολικό κόστος παρτίδας	21,164	10,6339	7,100
Συνολικό κόστος καραβιού	423,280	425,3339	426,007

Από τα αποτελέσματα συμπεραίνεται πως αν εφαρμοστεί το SkSP-1 στην βιομηχανία παραγωγής αλευριού στην παραλαβή της γλουτένης, τότε το ελάχιστο κόστος ανά καράβι θα είναι 420,218 ευρώ για μέγεθος παρτίδας 150 τόνους.

Η επιλογή περισσότερων αλλά μικρότερων σε μέγεθος παρτίδων δεν συμφέρει οικονομικά, αφού όσο πιο μικρή σε μέγεθος παρτίδα ελέγχεται τόσο αυξάνεται το συνολικό κόστος.

Μεταβάλλοντας το ποσοστό ελαττωματικών διαπιστώθηκε ότι η οριακή στάθμη ποιότητας βρίσκεται για ποσοστό ελαττωματικών $p_r=0,0134$. Αν το ποσοστό ελαττωματικών είναι μεγαλύτερο από την οριακή στάθμη ποιότητας τότε από οικονομική άποψη συμφέρει ο έλεγχος όλων των παρτίδων. Αν το ποσοστό ελαττωματικών είναι μικρότερο από την οριακή στάθμη ποιότητας τότε από οικονομική άποψη συμφέρει να μην ελέγχεται καμία παρτίδα.

Αποδείχτηκε ότι επειδή η F είναι αύξουσα, η απόφαση για το αν συμφέρει να γίνεται έλεγχος όλων των παρτίδων ή να μην εφαρμόζεται έλεγχος εξαρτάται από το αν είναι μικρά ή μεγάλα τα i, f για οποιαδήποτε παράμετρο εξετάζεται. Σε κάθε περίπτωση η απόφαση εξαρτάται από το αν η παράμετρος που εξετάζεται είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την οριακή στάθμη ποιότητας.

Πιο συγκεκριμένα, συμφέρει οικονομικά να γίνεται έλεγχος σε όλες τις παρτίδες όταν $P_k < 0,986144$ ενώ όταν $P_k > 0,986144$ συμφέρει να μην εφαρμόζεται έλεγχος.

Επίσης όταν $P < 0,985715$ συμφέρει να γίνεται έλεγχος, ενώ όταν $P > 0,985715$ συμφέρει να μη διεξάγεται έλεγχος.

Για μέγεθος παρτίδας 207 τόνων ή μικρότερο συμφέρει τα f, i να είναι μικρά, ενώ για μέγεθος παρτίδας 208 τόνων ή μεγαλύτερο συμφέρει τα f, i να είναι μεγάλα.

5 Συμπεράσματα και επεκτάσεις

5.1 Γενικά

Η παρούσα διπλωματική επικεντρώνεται στη μελέτη δειγματοληπτικών πλάνων κατά την παραλαβή πρώτων υλών αναζητώντας ένα οικονομικότερο μοντέλο από αυτό που ήδη εφαρμόζεται στη βιομηχανία.

Το δειγματοληπτικό εκείνο σχήμα που επιλέχθηκε είναι το SkSP-1. Είναι μια μέθοδος δειγματοληψίας όπου επιτρέπει την παράλειψη ελέγχου ενός κλάσματος παρτίδων.

Αρχικά, στην κατάσταση του πλήρη ελέγχου, ελέγχονται όλες οι παρτίδες. Εφόσον βρεθούν i διαδοχικές αποδεκτές παρτίδες, το σύστημα περνάει στον μερικό έλεγχο. Όταν το σύστημα βρίσκεται στον μερικό έλεγχο ελέγχεται μόνο ένα κλάσμα f των παρτίδων έως ότου βρεθεί κάποια ελαττωματική παρτίδα όπου τότε η διαδικασία περνάει πάλι στον πλήρη έλεγχο.

Έπειτα εφαρμόστηκε το οικονομικό μοντέλο του Hsu (1980) για το δειγματοληπτικό σχήμα SkSP-1. Εκτελώντας τα βήματα του αλγορίθμου, βρέθηκε η βέλτιστη λύση η οποία ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος.

Ο τρόπος λειτουργίας του δειγματοληπτικού σχήματος SkSP-1 θα πρέπει να είναι ο ακόλουθος.

ΠΛΗΡΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Ελέγχονται όλες οι παρτίδες έως ότου βρεθούν i διαδοχικές αποδεκτές.

ΜΕΡΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Ελέγχεται ένα κλάσμα f των παρτίδων έως ότου να βρεθεί κάποια ελαττωματική.

Χρειάζεται να είναι δυνατός ο ορισμός για τα παρακάτω τρία είδη κόστους που έχουν σχέση με τον έλεγχο ποιότητας.

- Το κόστος παραγωγής
- Το κόστος ελέγχου
- Το κόστος αποτυχίας

5.2 Βασικά συμπεράσματα

Η λύση η οποία προσδιορίστηκε από την εφαρμογή του SkSP-1 δειγματοληπτικού σχεδίου, είναι οικονομικότερη από αυτήν που ήδη εφαρμόζει η βιομηχανία που ουσιαστικά εφαρμόζει έλεγχο χωρίς παράλειψη παρτίδων.

Στον συγκριτικό πίνακα 5.1, φαίνονται οι βέλτιστες λύσεις.

Πίνακας 5.1 Σύγκριση κόστους γλουτένης για έλεγχο με παράλειψη και χωρίς παράλειψη παρτίδων

Εξεταζόμενα μεγέθη	Έλεγχος με παράλειψη παρτίδων	Έλεγχος χωρίς παράλειψη παρτίδων
Αριθμός απαλλαγής	1	0
Κλάσμα ελέγχου	0,1	1
Μοναδιαίο κόστος	7,004E-05	7,055E-05
Συνολικό κόστος παρτίδας	21,011	21,164
Συνολικό κόστος караβιού	420,218	423,280

Κατά τον έλεγχο χωρίς παράλειψη παρτίδων, θα πρέπει να ελέγχονται όλες οι παρτίδες.

Όταν βρεθεί ότι κανένα από αυτά δεν είναι ελαττωματικό, η παρτίδα γίνεται αποδεκτή. Το συνολικό κόστος ελέγχου γλουτένης ανά καράβι εκτιμάται στα 423,280 ευρώ.

Κατά τον SkSP-1 έλεγχο εξετάζεται το 1/10 των παρτίδων. Το συνολικό κόστος ελέγχου γλουτένης ανά καράβι είναι 420,218 ευρώ.

Διαπιστώνεται παρατηρώντας τον πίνακα 5.1 ότι στον έλεγχο με παράλειψη παρτίδων το κόστος είναι λίγο μικρότερο. Υπάρχει συγκεκριμένα μια μείωση του κόστους κατά 0,73%.

Επομένως με την εφαρμογή του SkSP-1 δειγματοληπτικού σχήματος μειώνεται το κόστος.

Στη συνέχεια έγινε σύγκριση για διαφορετικό διαχωρισμό σε παρτίδες του φορτίου ενός караβιού.

Πίνακας 5.2 Σύγκριση κόστους γλουτένης για διαφορετικά μεγέθη παρτίδων

Εξεταζόμενα μεγέθη	20 παρτίδες 150 τόνων	40 παρτίδες 75 τόνων	60 παρτίδες 50 τόνων
Αριθμός απαλλαγής	0	0	0
Κλάσμα ελέγχου	1	0,5	0,333
Μοναδιαίο κόστος	7,055E-05	7,089E-05	7,100E-05
Συνολικό κόστος παρτίδας	21,164	10,633	7,100
Συνολικό κόστος караβιού	423,280	425,333	426,007

Παρατηρείται ότι ο διαχωρισμός σε 20 παρτίδες 150 τόνων είναι η βέλτιστη λύση αφού έχει το μικρότερο συνολικό κόστος.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του πίνακα 5.2 συμφέρει ο διαχωρισμός σε λίγες παρτίδες μεγάλου μεγέθους παρά σε πολλές παρτίδες μικρότερου μεγέθους.

Μεταβάλλοντας το ποσοστό ελαττωματικών διαπιστώθηκε ότι η οριακή στάθμη ποιότητας εμφανίζεται για ποσοστό ελαττωματικών $p_r=0,0134$. Αν το ποσοστό ελαττωματικών είναι μεγαλύτερο από την οριακή στάθμη ποιότητας τότε από οικονομική άποψη συμφέρει ο έλεγχος όλων των παρτίδων. Αν το ποσοστό ελαττωματικών είναι μικρότερο από την οριακή στάθμη ποιότητας τότε από οικονομική άποψη συμφέρει να μη γίνεται ο έλεγχος των παρτίδων.

Στη συνέχεια αποδείχτηκε ότι επειδή η F είναι αύξουσα η απόφαση για το αν συμφέρει να γίνεται έλεγχος όλων των παρτίδων ή να μην εφαρμόζεται έλεγχος εξαρτάται από το αν είναι μικρά ή μεγάλα τα i, f για οποιαδήποτε παράμετρο εξετάζεται.

Πιο συγκεκριμένα, συμφέρει οικονομικά να γίνεται έλεγχος σε όλες τις παρτίδες όταν $P_k < 0,986144$ ενώ όταν $P_k > 0,986144$ συμφέρει να μην εφαρμόζεται έλεγχος.

Επίσης όταν $P < 0,985715$ συμφέρει να γίνεται έλεγχος, ενώ όταν $P > 0,985715$ συμφέρει να μη διεξάγεται έλεγχος.

Για μέγεθος παρτίδας 207 τόνων ή μικρότερο συμφέρει τα f, i να είναι μικρά, ενώ για μέγεθος παρτίδας 208 τόνων ή μεγαλύτερο συμφέρει τα f, i να είναι μεγάλα.

5.3 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος στο στάδιο της παραλαβής πρώτων υλών με βάση τα δεδομένα της παραγωγικής διαδικασίας μιας βιομηχανίας που παράγει άλευρα.

Η παρούσα εφαρμογή εξασφαλίζει μία αξιόπιστη και οικονομική μέθοδο για τον προσδιορισμό της ποιότητας των πρώτων υλών που παραλαμβάνονται από τη βιομηχανία, μπορεί όμως να αποτελέσει μια βάση για οποιαδήποτε εταιρία παράγει συνεχή προϊόντα κάτω από τις συνθήκες, που προϋποθέτει το δειγματοληπτικό σχήμα SkSP-1 και ο αλγόριθμος του Hsu (1980).

Ένα σημαντικό σημείο εξέτασης αποτελεί ο έλεγχος των παρτίδων με μεγαλύτερη συχνότητα. Επιλέγοντας διαφορετικά κλάσματα ελέγχου ενδεχομένως να προέκυπτε ένα ακόμα πιο οικονομικό μοντέλο.

Ο δειγματοληπτικός έλεγχος αναφέρεται στο στάδιο της παραλαβής των πρώτων υλών. Αυτό όμως δεν αποκλείει και την ανάπτυξη ενός δειγματοληπτικού σχεδίου το οποίο θα εφαρμόζεται

σε ολόκληρη την παραγωγική διαδικασία. Θα είχε ενδιαφέρον λοιπόν να αποτελέσει αντικείμενο εξέτασης η δειγματοληψία του τελικού προϊόντος.

Αξίζει επίσης να εξεταστεί η σωστή εκτίμηση των παραμέτρων του αλγορίθμου. Για να υπάρχουν αξιόπιστα αποτελέσματα θα πρέπει τα δεδομένα να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβή. Αυτό ισχύει για το ποσοστό ελαττωματικών, το κόστος παραγωγής, το κόστος ελέγχου και το κόστος αποτυχίας.

Εκτός από το SkSP-1 υπάρχουν και άλλα δειγματοληπτικά σχέδια με παράλειψη παρτίδων. Θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο μελέτης η εφαρμογή σε διαφορετικά skip-lot σχέδια.

Βιβλιογραφία

A. Ελληνική βιβλιογραφία

1. Ταγαράς Γ. (2001). Στατιστικός έλεγχος ποιότητας, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
2. Σύνδεσμος Ελλήνων Αλευροβιομηχάνων (2008). Οδηγός ορθής Πρακτικής για την αλευροβιομηχανία, Αθήνα
3. Κυλινδρόμυλοι Κρήτης Α.Ε. (2012). Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας και Ασφάλειας Τροφίμων, Χανιά
4. ICAP (2010). Κλαδική μελέτη - Αλευροβιομηχανία 2010, Εκδόσεις ICAP Hellas, Αθήνα
5. Αυλωνίτης Σ.Α. (2012). Στοιχεία ελέγχου & διασφάλισης ποιότητας, Εκδόσεις Έλλην, Αθήνα

B. Ξένη βιβλιογραφία

1. Hsu J. (1980). An economic Design of Skip-Lot Sampling Plans, Journal of Quality Technology, 12(3), 144-149
2. Stephens K. (1995). How to perform Skip-lot and chain sampling, American Society for Quality, 4(2), 3-14

Παραρτήματα

Παράρτημα Α: Δεδομένα από τη βιομηχανία

Πίνακας Α.1 Όρια ανά είδος σιταριού

Όρια	Μαλακό σιτάρι υψηλής πρωτεΐνης	Μαλακό σιτάρι χαμηλής πρωτεΐνης	Σκληρό σιτάρι
γλουτένης	31% min	19,5-30,5%	27-32%
ειδικού βάρους	78-82	76-81	78-84
υγρασίας	9,5-14,5%	9,5-14,5%	9,5-14,5%
πρωτεϊνών	12,5% min	12,5% max	11,5-14,5%
μυκοτοξινών	total 4ppb	total 4ppb	total 4ppb

Πίνακας Α.2 Κόστη ελέγχων ανά δείγμα

Κόστος ελέγχου	Τιμή(ευρώ/δείγμα)	Αριθμός δειγμάτων ανά καράβι
γλουτένης	0,27	20
ειδικού βάρους	0,1	20
υγρασίας	0,15	20
πρωτεϊνών	0,62	20
μυκοτοξινών	30	1
ξένων υλών	0,1	20
γλουτένης στο εξωτερικό χημείο	21	1
ειδικού βάρους στο εξωτερικό χημείο	7	1
υγρασίας στο εξωτερικό χημείο	7	1
πρωτεϊνών στο εξωτερικό χημείο	21	1
μυκοτοξινών στο εξωτερικό χημείο	187,5	1

Πίνακας Α.3 Κόστη επιδιόρθωσης

Κόστος επιδιόρθωσης	Τιμή(ευρώ/τόνο)
γλουτένης	14
ειδικού βάρους	5
υγρασίας	5
πρωτεϊνών	14
μυκοτοξίνων	5
ξένων υλών	5

Πίνακας Α.4 Κόστη ελέγχων

Κόστος ελέγχου	Τιμή(ευρώ/τόνο)
οπτικού	0,1
βάρους	0,1

Πίνακας Α.5 Πιθανότητες

Πιθανότητα	Τιμή
γλουτένη εντός ορίων	0,99
ειδικό βάρος εντός ορίων	0,99
υγρασία εντός ορίων	0,99
πρωτεΐνες εντός ορίων	0,99
μυκοτοξίνες εντός ορίων	0,97
ξένες ύλες εντός ορίων	0,985
σφάλματος στον έλεγχο της γλουτένης	0,01
σφάλματος στον έλεγχο του ειδικού βάρους	0,01
σφάλματος στον έλεγχο της υγρασίας	0,01
σφάλματος στον έλεγχο των πρωτεϊνών	0,01
σφάλματος στον έλεγχο των μυκοτοξίνων	0,03
σφάλματος στον έλεγχο των ξένων υλών	0,015
ύπαρξης αμφιβολίας	0,1
συμφωνίας μετά τη διαπραγμάτευση	0,9

Παράρτημα Β: Αποτελέσματα από εναλλακτικές μοντελοποιήσεις

Πίνακας Β.1 Υπολογισμός κόστους γλουτένης για μέγεθος παρτίδας 50 τόνων

Εξεταζόμενα μεγέθη	Υπολογισμοί για μέγεθος παρτίδας 50 τόνων
μέγεθος παρτίδας	100000
ποσοστό ελαττωματικών	0,0099
πιθανότητα αποδοχής πλήρους ελέγχου	0,9901
κλάσμα ελέγχου	0,33333333
αριθμός απαλλαγής	0
μέσος αριθμός παρτίδων κατά τον πλήρη έλεγχο	0
μέσος αριθμός παρτίδων κατά το μερικό έλεγχο	303,030303
μέσος όρος συνολικών ελεγχόμενων παρτίδων	0,33333333
μοναδιαίο κόστος ελέγχου	0,374
κόστος ελέγχου ανά παρτίδα	0,124666667
πιθανότητα αποδοχής παρτίδας κατά το μερικό έλεγχο	0,9967
μέσο ποσοστό ελαττωματικών που δεν εντοπίζονται κατά το μερικό έλεγχο	0,00986733
ελαττωματικά προϊόντα από το μερικό έλεγχο	986,733
μοναδιαίο κόστος επιδιόρθωσης	0,00693
κόστος επιδιόρθωσης ανά παρτίδα	6,90643338
μοναδιαίο κόστος μη ελέγχου	0,00693
κόστος μη ελέγχου ανά παρτίδα	0,04558246
μέσος αριθμός μη ελαττωματικών μονάδων ανά παρτίδα	99670
συνολικό μοναδιαίο κόστος	7,10011E-05
συνολικό κόστος ανά παρτίδα	7,10011288
συνολικό κόστος ανά καράβι	426,0067728

Πίνακας Β.2 Υπολογισμός κόστους γλουτένης για μέγεθος παρτίδας 75 τόνων

Εξεταζόμενα μεγέθη	Υπολογισμοί για μέγεθος παρτίδας 75 τόνων
μέγεθος παρτίδας	150000
ποσοστό ελαττωματικών	0,0099
πιθανότητα αποδοχής πλήρους ελέγχου	0,9901
κλάσμα ελέγχου	0,5
αριθμός απαλλαγής	0
μέσος αριθμός παρτίδων κατά τον πλήρη έλεγχο	0
μέσος αριθμός παρτίδων κατά το μερικό έλεγχο	202,020202
μέσος όρος συνολικών ελεγχόμενων παρτίδων	0,5
μοναδιαίο κόστος ελέγχου	0,374
κόστος ελέγχου ανά παρτίδα	0,187
πιθανότητα αποδοχής παρτίδας κατά το μερικό έλεγχο	0,99505
μέσο ποσοστό ελαττωματικών που δεν ε-ντοπίζονται κατά το μερικό έλεγχο	0,009850995
ελαττωματικά προϊόντα από το μερικό έλεγχο	1477,64925
μοναδιαίο κόστος επιδιόρθωσης	0,00693
κόστος επιδιόρθωσης ανά παρτίδα	10,34250005
μοναδιαίο κόστος μη ελέγχου	0,00693
κόστος μη ελέγχου ανά παρτίδα	0,051195375
μέσος αριθμός μη ελαττωματικών μονάδων ανά παρτίδα	149257,5
συνολικό μοναδιαίο κόστος	7,08889E-05
συνολικό κόστος ανά παρτίδα	10,63333041
συνολικό κόστος ανά καράβι	425,3332166

