

## **ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΚΑΘΑΡΟΤΕΡΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΓΙΑ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ**

Η συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης καθαρότερης παραγωγής πραγματοποιήθηκε σε Γαλακτοκομείο των Κάτω Χωρών. Παρουσιάζει ένα παράδειγμα για το πώς μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μια αξιολόγηση καθαρότερης παραγωγής σε γαλακτοκομείο καθώς επίσης και μερικές συγκεκριμένες επιλογές καθαρότερης παραγωγής που έχουν αποδειχθεί επιτυχείς.

### **1. Η Γαλακτομική Επιχείρηση Campina Melkunie Maasdam**

Η αξιολόγηση καθαρότερης παραγωγής για την συγκεκριμένη Ολλανδική επιχείρηση πραγματοποιήθηκε ως μέρος του προγράμματος PRISMA (Ολλανδικό Υπουργείο Οικονομικών, 1991). Το πρόγραμμα προσδιόρισε πέντε επιλογές καθαρότερης παραγωγής:

- ▶ καλύτερο άδειασμα των δεξαμενών παραγωγής
- ▶ εξάλειψη του πλυσίματος μεταξύ των παρτίδων γιαουρτιού
- ▶ μείωση του πλυσίματος κατά την επεξεργασία του προϊόντος
- ▶ βελτιστοποίηση των διαδικασιών καθαρισμού
- ▶ ανάκτηση της χαμηλότερης-βαθμίδας θερμότητας.

#### **1.1 Περιγραφή της Επιχείρησης**

Η Ολλανδική επιχείρηση Campina Melkunie Maasdam ανήκει στο συνεταιρισμό Campina Melkunie. Η επιχείρηση απασχολεί 170 άτομα, οι οποίοι εργάζονται σε δύο βάρδιες. Η εταιρία παράγει ένα ευρύ φάσμα προϊόντων γάλακτος, κρέμας και γιαουρτιού. Ετησίως στην συγκεκριμένη επιχείρηση υποβάλλονται σε επεξεργασία 105 εκατομμύρια λίτρα γάλακτος, όπου τα 92 εκατομμύρια λίτρα αφορούν γάλα αγοράς και τα υπόλοιπα 13 εκατομμύρια λίτρα άλλα γαλακτοκομικά προϊόντα.

#### **1.2 Περιγραφή Παραγωγικής Διαδικασίας**

Το γάλα παραδίδεται στην μονάδα με βυτιοφόρα γάλατος, και στην συνέχεια διαχωρίζεται. Ανάλογα με το απαιτούμενο τελικό προϊόν, το γάλα μπορεί στην συνέχεια να αναμιχθεί με υπάρχον στην επιχείρηση μη διαχωρισμένο γάλα για να λάβει τη σωστή περιεκτικότητα σε λίπος. Το γάλα παστεριώνεται και ομογενοποιείται, και στην συνέχεια συσκευάζεται σε συσκευασία χαρτονιού ή γυαλιού. Ένα ποσοστό του γάλακτος υποβάλλεται περαιτέρω σε επεξεργασία για την παραγωγή γιαουρτιού, κρέμας και βουτυρόγαλα.

Κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, το προϊόν προσκολλάται στις εσωτερικές επιφάνειες των σωληνώσεων και του εξοπλισμού, και μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ποιότητας των προϊόντων. Για να αποφευχθεί αυτό, ολόκληρη η διεργασία καθαρίζεται και αποστειρώνεται στο τέλος της ημερήσιας παραγωγής, ενώ συγκεκριμένα τμήματα του εξοπλισμού μπορεί επίσης να καθαρίζονται καθ' όλη τη διάρκεια της ημερήσιας παραγωγής. Τα

προϊόντα καθαρισμού που χρησιμοποιούνται συνήθως περιέχουν, μεταξύ άλλων, υδροξείδιο του νατρίου (NaOH), υπεροξείδιο του υδρογόνου (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) και το οξικό οξύ [CH<sub>3</sub>C(O)OOH].

### **1.3 Περιβαλλοντικές Πτυχές**

#### Υγρά απόβλητα

Όπως όλες οι γαλακτοκομικές μονάδες, έτσι και η συγκεκριμένη επιχείρηση παράγει έναν θερμό, υγρό ρεύμα απορροής που περιέχει συστατικά γάλακτος, χημικά συστατικά καθαρισμού και απολύμανσης. Η ποσότητα των υγρών αποβλήτων που απορρίπτονται ετησίως είναι 130.000 L. Το οργανικό φορτίο των υγρών αποβλήτων είναι κατά μέσο όρο 1.240 mg COD/L , το οποίο είναι ισοδύναμο με 3.600 μονάδες ρύπανσης (PU), όπου 1 PU είναι ίσο με το οργανικό φορτίο ρύπανσης που παράγεται από ένα άτομο. Η επιχείρηση δεν συνδέεται με εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και επομένως η εκροή των υγρών της αποβλήτων γίνεται απευθείας σε επιφανειακά ύδατα.

Το κόστος για την απόρριψη των υγρών αποβλήτων υπολογίζεται σύμφωνα με το Ολλανδικό Νόμο περί Ρύπανσης των Επιφανειακών Υδάτων σε US\$ 118,000 ετησίως, χρησιμοποιώντας την σχέση κόστους US\$ 33 ανά PU.

#### Αέριες Εκπομπές

Οι αέριες εκπομπές προκύπτουν κυρίως από την καύση των ορυκτών καυσίμων στο λέβητα για την παραγωγή ατμού. Οι εκπεμπόμενοι ρύποι μπορεί να είναι NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> και PAHs, αλλά οι ποσότητες τους δεν έχουν μετρηθεί.

#### Χημικά απόβλητα

Η επιχείρηση έχει τρεις ροές χημικών αποβλήτων: μελάνι, διαλυτικά και εργαστηριακά απόβλητα. Ετησίως παράγονται περίπου 10 λίτρα για κάθε ένα από τα παραπάνω απόβλητα. Αυτά αποκομίζονται προς την μικρή δημοτική χημική αποθήκη αποβλήτων.

#### Στερεά απόβλητα

Ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της ροής των στερεών αποβλήτων στην επιχείρηση είναι υλικά συσκευασίας, ιδιαίτερα οι συσκευασίες χαρτονιού που χρησιμοποιούνται για την συσκευασία του γάλατος. Ετησίως απορρίπτονται περίπου 125,000 συσκευασίες χαρτονιού ως στερεά απόβλητα, και αντιπροσωπεύει περίπου το 0,25% του συνολικού αριθμού χαρτόκουτων που καταναλώνονται. Η αξία αυτής της ροής των στερεών αποβλήτων έχει υπολογιστεί ότι είναι US\$ 6000. Τα στερεά απόβλητα από χαρτί επαναχρησιμοποιούνται οπουδήποτε είναι δυνατόν στην συγκεκριμένη εταιρία και τα απορριπτόμενα μπουκάλια γυαλιού ανακυκλώνονται επίσης.

#### Ενέργεια

Η επιχείρηση παράγει ατμό σε έναν επιτόπιο λέβητα για την θέρμανση και επεξεργασία του γάλατος, ενώ οι υπόλοιπες ενεργειακές ανάγκες ικανοποιούνται, χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια.

### Προηγούμενες περιβαλλοντικές πρωτοβουλίες

Πριν πραγματοποιηθεί το πρόγραμμα PRISMA που αφορά μέτρα πρόληψης των αποβλήτων, η επιχείρηση εξέτασε πως μπορεί να έχει οικονομικά αποτελεσματικές λύσεις. Η επιχείρηση παρατήρησε ότι χρησιμοποιούσε πολλή ενέργεια για την παραγωγή των γαλακτοκομικών προϊόντων. Με τις υψηλές τιμές ενέργειας στη δεκαετία του '70 έπρεπε να ληφθούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας. Επίσης παρατήρησε ότι χρησιμοποιούσε και μεγάλη ποσότητα νερού. Δέκα χρόνια πριν η παραγωγή 1 λίτρου γάλατος, απαιτούσε 10 λίτρα νερού. Αυτό έχει μειωθεί σήμερα σε 1,4 λίτρα νερού.

Το προληπτικά μέτρα που αρχικά πάρθηκαν βασίστηκαν στην μέθοδο επαναχρησιμοποίησης, όπως π.χ. η χρησιμοποίηση του νερού ψύξης και του νερού πλυσίματος αρκετές φορές πριν απορριφθούν.

Ένα άλλο μέτρο, για το περιορισμό των υγρών αποβλήτων, ήταν η επιστροφή τους στη παραγωγική διαδικασία ή η συλλογή τους χωριστά και η χρησιμοποίησή τους ως ζωτροφή των βοοειδών. Στην περίπτωση που τα παραπάνω μέτρα δεν ήταν εφικτά, μόνο τότε το προϊόν απορρίπτονταν.

## **1.4 Η Αξιολόγηση Καθαρότερης Παραγωγής**

Με βάση τις προηγούμενες μελέτες που έγιναν σχετικά με τις απώλειες του προϊόντος, προσδιορίστηκαν οι τομείς της επιχείρησης που παρήγαγαν σχετικά μεγάλες ποσότητες αποβλήτων και αέριων εκπομπών.

Οι σημαντικότερες πηγές ρύπανσης είναι η απώλεια του προϊόντος στο ρεύμα των υγρών αποβλήτων και η χρήση των προϊόντων καθαρισμού. Αυτές προκαλούνται, μεταξύ άλλων, και από την διαδικασία παραγωγής παρτίδας (batch), η οποία οδηγεί στην ανάγκη για συχνό καθαρισμό και τις επακόλουθες απώλειες του προϊόντος κατά τη διάρκεια του ξεκινήματος και του κλεισίματος της παραγωγής.

Ένας άλλος τομέας με ιδιαίτερο ενδιαφέρον ήταν και η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη.

Για να μειωθεί το φορτίο ρύπανσης δημιουργήθηκαν δεκατέσσερα προληπτικά μέτρα. Τα οκτώ από αυτά έχουν εφαρμοστεί. Τρία από αυτά τα μέτρα πρέπει να εξεταστούν περισσότερο και τα υπόλοιπα τρία έχουν βρεθεί ότι είναι ανέφικτα για διάφορους λόγους.

Το αποτελέσματα ήταν τα ακόλουθα:

- ▶ μείωση της απώλειας του προϊόντος κατά 24,000 λίτρα (μείωση 3,4%)
- ▶ εξοικονόμηση κατά 23% στην κατανάλωση χημικών ουσιών

- ▶ μείωση του φορτίου ρύπανσης κατά 198 PU /έτος (μείωση 5,5%)
- ▶ εξοικονόμηση 138.000 m<sup>3</sup>/έτος στη κατανάλωση του φυσικού αερίου.

Το συνολικό κέρδος έχει ανέλθει στα US\$ 68,000 ετησίως, και ενδεχομένως υπάρχει και ένα πρόσθετο κέρδος των US\$ 26,000 που αφορά στην μειωμένες δαπάνες από την απόρριψη των υγρών αποβλήτων. Αυτό επιτεύχθηκε φυσικά από μια ενιαία επένδυση των US\$ 32,000.

<b>Πίνακας 1: Προσδιορισμένες Επιλογές Καθαρότερης Παραγωγής</b>			
	<b>Προγράμματα που Εφαρμόστηκαν</b>	<b>Προγράμματα που ακόμα Εφαρμόζονται</b>	<b>Απαιτούμενη Μελέτη Σκοπιμότητας</b>
Απώλεια προϊόντος	Βελτιώσεις στις διαδικασίες παραγωγής  Βελτιώσεις στην τεχνική αδειάσματος της δεξαμενής	Αντικατάσταση της εγκατάστασης ψύξης	
Διαδικασίες καθαρισμού	Κανένα πλύσιμο μεταξύ των παρτίδων γιαουρτιού  Βελτιστοποίηση της διαδικασίας καθαρισμού. Μείωση της πλύσης		Αντικατάσταση των απορρυπαντικών προϊόντων  Επαναχρησιμοποίηση των ξινών προϊόντων
Ενέργεια	Προθέρμανση του γάλακτος για το βουτυρόγαλα  Θέρμανση κρέμας	Προθέρμανση του γάλακτος για την παραγωγή γιαουρτιού	
Διάφορα	Αντικατάσταση του εγχυτήρα μελανιού		

## **1.5 Καλύτερο Αδειασμα των Δεξαμενών Παραγωγής**

Η πλήρωση των δεξαμενών με το προϊόν είναι μια μη συνεχής διαδικασία (ανά παρτίδα). Στο τέλος κάθε παρτίδας, ένα μικρό μέρος του προϊόντος παραμένει στο δοχείο επεξεργασίας του γάλακτος. Πριν από το πρόγραμμα καθαρότερης παραγωγής, αυτό το εναπομένον προϊόν απορρίπτονταν στο αποχετευτικό δίκτυο μαζί με τα υγρά απόβλητα. Τώρα το προϊόν που παραμένει στο δοχείο της επεξεργασίας συλλέγεται και επιστρέφεται στη παραγωγική διαδικασία ή χρησιμοποιείται ως τροφή των βοοειδών.

Αυτό το μέτρο έχει μειώσει την ποσότητα του προϊόντος που χάνεται στο ρεύμα των υγρών αποβλήτων κατά 11,500 λίτρα, το οποίο αντιπροσωπεύει μια μείωση του 1,6% της συνολικής απώλειας του προϊόντος, και μια μείωση στην απόρριψη οργανικής ουσίας κατά 31 PU/έτος.

Η εφαρμογή αυτού του μέτρου ήταν αρκετά απλή. Ένα μεταλλικό δοχείο γάλατος τοποθετήθηκε κάτω από το σημείο απορροής του δοχείου επεξεργασίας. Μετά από την συλλογή του εναπομένοντος προϊόντος, το μεταλλικό δοχείο αδειάζονταν σε ένα από τα δοχεία παραγωγής ή στη δεξαμενή τροφής των βοοειδών, ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος.

Η αξία του προϊόντος που ανακτάται είναι US\$ 4850 και το κέρδος από την μείωση της απόρριψης των υγρών αποβλήτων ανέρχεται περίπου σε US\$ 1150. Το συνολικό ετήσιο κέρδος είναι US\$ 6000 ετησίως και δεν υπήρξε καμία επένδυση κεφαλαίου.

## **1.6 Αποφυγή του Πλύσιματος μεταξύ των Παρτίδων Γιαουρτιού**

Το πλύσιμο που πραγματοποιείται παραδοσιακά μεταξύ των διαφορετικών παρτίδων του γιαουρτιού γίνεται για να αποτρέψει τη ανάμιξη των διαφορετικών προϊόντων. Πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε πλύσιμο μεταξύ των παρτίδων γιαουρτιού προκαλεί μια απώλεια 110 λίτρων του προϊόντος. Το μεγαλύτερο μέρος του νερού που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή, ενώ το υπόλοιπο απορρίπτεται στο αποχετευτικό δίκτυο. Η συνολική απώλεια του προϊόντος ανέρχεται σε 22,880 λίτρα ετησίως, και ο συνολικός όγκος του νερού που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο είναι 2,500 m<sup>3</sup> ετησίως.

Η νέα τεχνική που υιοθετήθηκε για τη παραγωγή του προϊόντος ήταν να αδειάσει τελείως το δοχείο επεξεργασίας του γιαουρτιού και στην συνέχεια να εισέρχεται η επόμενη παρτίδα του γιαουρτιού στο σύστημα. Η προκύπτουσα μικτή ζώνη συλλέγεται και χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή. Κατά συνέπεια, δεν είναι πλέον απαραίτητο να ξεπλύνεται το δοχείο επεξεργασίας του γιαουρτιού μεταξύ των δύο παρτίδων.

Οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν ως μέρος του προγράμματος καθαρότερης παραγωγής έδειξαν ότι η απώλεια του προϊόντος μειώθηκε κατά 60 λίτρα ανά παρτίδα, ή συνολικά 12,500 λίτρα ετησίως. Η νέα διαδικασία έχει οδηγήσει επίσης σε μείωση της κατανάλωσης του νερού κατά 2,500 m<sup>3</sup> ανά

έτος, επειδή δεν πραγματοποιείται πλέον το ξέπλυμα μεταξύ των παρτίδων. Επιπλέον, ο χρόνος που απαιτείται για το άδειασμα του δοχείου επεξεργασίας του προϊόντος και η συλλογή τη μικτής ζώνη παίρνει μια ώρα λιγότερο από την προηγούμενη διαδικασία πλυσίματος. Το άδειασμα του δοχείου επεξεργασίας απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή από τους χειριστές και γι' αυτό το λόγο δημιουργήθηκαν γραπτές οδηγίες εργασίας.

Το ετήσιο κέρδος ως αποτέλεσμα των παραπάνω αλλαγών είναι US\$ 4600 όσο αφορά το κόστος του προϊόντος, US\$ 2100 όσο αφορά στις δαπάνες για την διάθεση των υγρών αποβλήτων και US\$ 7400 όσο αφορά την κατανάλωση νερού.

### **1.7 Μείωση του Πλυσίματος κατά την Επεξεργασία του Προϊόντος**

Το πλύσιμο του εξοπλισμού πραγματοποιείται μεταξύ των παρτίδων γλυκών και ξινών προϊόντων και μεταξύ έγχρωμων και ανοιχτόχρωμων προϊόντων. Αυτό γίνεται διαδοχικά οκτώ φορές με το πέρασμα 2,000 λίτρων νερού μέσω του συστήματος επεξεργασίας. Αντί της χρησιμοποίησης οκτώ διαδοχικών ξεβγαλμάτων έτσι ώστε να αφαιρεθεί το εναπομένον προϊόν, βρέθηκε ότι τα έξι ξεβγάλματα είναι αρκετά ικανοποιητικά. Αυτό το μέτρο έχει μειώσει την κατανάλωση νερού κατά 4 m<sup>3</sup> ανά ξέβγαλμα, που ισοδυναμεί με 3,120 m<sup>3</sup> νερού ετησίως.

Δεν απαιτήθηκε καμία κύρια δαπάνη και δεν υπήρξε καμία τεχνική περιπλοκή, ενώ το κέρδος ανήλθε σε US\$ 2450 ετησίως.

### **1.8 Βελτιστοποίηση των Διαδικασιών Καθαρισμού**

Η ανάλυση της διαδικασίας παραγωγής της κρέμας και οι διαδικασίες πλήρωσης έδειξαν ότι ο καθαρισμός των σωληνώσεων και του εξοπλισμού ήταν ένας τομέας σημαντικής απώλειας του προϊόντος.

Έτσι λοιπόν πραγματοποιήθηκε μια πιλοτική δοκιμή, ως μέρος του προγράμματος, η οποία έδειξε ότι οι διαδικασίες καθαρισμού ήταν μακριά από το βέλτιστο. Εγκαταστάθηκαν λοιπόν συσκευές μέτρησης στην τροφοδοσία και στις γραμμές ανατροφοδοσίας του συστήματος καθαρισμού για να μετρηθεί η θερμοκρασία και η αγωγιμότητα του νερών πλύσης. Μετρήθηκαν επίσης η κατανάλωση των απορρυπαντικών και η κατανάλωση των συστατικών αποστείρωσης πριν και μετά τη δοκιμή. Με βάση τα συμπεράσματα της δοκιμής έγιναν οι ακόλουθες αλλαγές στον κύκλωμα καθαρισμού:

- ▶ εγκαταστάθηκαν συστήματα ελέγχου της ποσότητας του νερού στο δοχείο ανάμιξης για να υπάρχει έλεγχος ως προς τον όγκο του νερού πλύσης που τροφοδοτείται στο δοχείο επεξεργασίας
- ▶ μειώθηκε η θερμοκρασία εξόδου σε ένα από τους εναλλάκτες θερμότητας για να υπάρχει και αντίστοιχη μείωση στην θερμοκρασίας του νερού που χρησιμοποιείται για πλύση.

- ▶ εγκαταστάθηκε ένα πρόγραμμα λογισμικού για το καλύτερο έλεγχο του προγράμματος καθαρισμού
- ▶ ο χρόνος καθαρισμού μειώθηκε μέχρι 20 λεπτά.

Οι παραπάνω αλλαγές, οδήγησαν σε μείωση στην κατανάλωση των απορρυπαντικών και συστατικών αποστείρωσης κατά 23% καθώς και σε μείωση του οργανικού φορτίου των υγρών αποβλήτων που απορρίπτονταν από τη διαδικασία καθαρισμού κατά 110 PU.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω αλλαγών ήταν και η ετήσια εξοικονόμηση US\$ 28,500 όσο αφορά τις δαπάνες για απορρυπαντικά, US\$ 4200 όσο αφορά τις δαπάνες για την απόρριψη των υγρών αποβλήτων και US\$ 7400 όσο αφορά την κατανάλωση νερού. Η μόνη επένδυση που πραγματοποιήθηκε ήταν για την εγκατάσταση των οργάνων μέτρησης, η όποια ήταν US\$ 3150. Επομένως η περίοδος αποπληρωμής του προγράμματος είναι περίπου ένας μήνας.

### **1.9 Ανάκτηση της χαμηλότερης-βαθμίδας θερμότητας**

Ένα από τα βήματα στη παραγωγική διαδικασία απαιτεί και τη θέρμανση του προϊόντος στους 90°C. Η επιχείρηση προηγουμένως χρησιμοποιούσε τον ατμό από έναν λέβητα φυσικού αερίου. Η επιχείρηση άλλαξε τη παραγωγική διαδικασία για να χρησιμοποιήσει τη χαμηλότερη-βαθμίδα θερμότητας από το σύστημα ψύξης.

Η θερμότητα που ανακτήθηκε από το τμήμα επιστροφής (ανακύκλωσης) του συστήματος ψύξης του νερού, χρησιμοποιήθηκε για την θέρμανση του προϊόντος μέχρι τους 30°C. Στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ο ατμός από το λέβητα για να θερμάνει επιπλέον το προϊόν μέχρι τους 90°C. Κατά συνέπεια, χρησιμοποιήθηκαν λιγότερο από 54.000 m<sup>3</sup> φυσικού αερίου.

Η επένδυση κεφαλαίου που απαιτήθηκε για την συγκεκριμένη αλλαγή στην παραγωγική διαδικασία ήταν US\$ 15,800 και η προκύπτουσα εξοικονόμηση όσο αφορά το κόστος του φυσικού αερίου ανήλθε σε US\$ 7900 ετησίως. Επομένως η περίοδος αποπληρωμής για το συγκεκριμένο πρόγραμμα ήταν 2 έτη.

### **1.10 Χρήσιμες Επαφές**

H.D. Hofman  
J.P.C. Dieleman  
Erasmus Centre for Environmental Studies (ECES)  
Erasmus University of Rotterdam  
P.O. Box 1738  
3000 DR Rotterdam