

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΟΝΗΣ
ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΑΝΘΟΥ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ

ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΟΝΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΑΝΘΟΥ
ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ**

1.Εισαγωγή.....	3
1.1 Περίληψη.....	3
1.2 Σκοπός της εργασίας	4
2. Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής.....	4
2.1 Εισαγωγή.....	4
2.2 Ανάλυση Κύκλου Ζωής κατα τα πρότυπα ISO 1404-14044.....	8
2.3Υδατικό Αποτύπωμα	15
2.3.1 Εισαγωγή.....	15
2.3.2 Ιστορική αναδρομή του υδατικού αποτυπώματος.....	20
2.3.3 Τύποι υδατικού αποτυπώματος	21
2.3.4 Η σημασία του υδατικού αποτυπώματος	26
2.3.5 Εφαρμογές του υδατικού αποτυπώματος	28
2.4 Ανθρακικό αποτύπωμα.....	29
2.4.1 Εισαγωγή	29
2.4.2 Πρωτόκολλο του Κιότο	30
2.4.3 Υπολογισμός ανθρακικού αποτυπώματος.....	31
2.5 Βιβλιογραφία Κεφαλαίου	32
3.Παραγωγή σκόνης μίγματος ανθού αραβοσίτου	34
3.1 Εισαγωγή	34
3.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της επεξεργασίας τροφίμων	35
3.3 Συστατικά σκόνης και παραγωγή τους	37
3.3.1 Αλεύρι	37
3.3.1.2Αναλυτική περιγραφή των σταδίων παραγωγής αλεύρου:	39
3.3.1.3 Υδατικό αποτύπωμα αλεύρου	40
3.3.1.4 Ανθρακικό αποτύπωμα παραγωγής αλεύρου	48
3.3.2 Ζάχαρη.....	53
3.3.2.1 Αναλυτική περιγραφή των σταδίων παραγωγής Ζάχαρης	55
3.3.2.2 Υδατικό αποτύπωμα ζάχαρης	57
3.3.2.3 Ανθρακικό αποτύπωμα παραγωγής ζάχαρης.....	62
3.3.3 Γάλα σε σκόνη	66

3.3.3.1 Αναλυτική περιγραφή των σταδίων παραγωγής γάλακτος σε σκόνη	67
3.3.3.2 Υδατικό αποτύπωμα γάλακτος-γάλακτος σε σκόνη	69
3.3.3.3 Ανθρακικό αποτύπωμα γάλακτος σε σκόνη	72
3.3.4 Δεξτρόζη	77
3.3.5 Συσκευασία και παράμετροι.....	78
3.3.5.1 Εισαγωγή	78
3.3.5.2 Παράμετροι συσκευασίας.....	80
3.3.5.2.1 Τύποι και υλικά συσκευασίας	81
3.3.5.2.2 Χαρτί	82
3.3.5.2.3 Πλαστικό.....	87
3.4 Βιβλιογραφία κεφαλαίου	93
4. Ανάλυση Κύκλου Ζώης σκόνης μίγματος ανθού αραβοσίτου	95
4.1 Πίνακες και Συμπεράσματα	95

1.Εισαγωγή

1.1 Περίληψη

Αρχικά, γίνεται μια εισαγωγική παρουσίαση της ανάλυσης κύκλου ζωής ενός προϊόντος, μελετάται ιστορικά και κατόπιν αναλύεται λεπτομερώς το ISO 1404-14044. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η έννοια του υδατικού αποτυπώματος και η διάκριση στους τρεις τύπους του (πράσινο, μπλε και γκρι), η σημασία του, οι εφαρμογές που παρουσιάζουν ενδιαφέρον και ο τρόπος υπολογισμού του. Έπειτα ακολουθεί η έννοια του ανθρακικού αποτυπώματος και αναλύεται η διάκριση του στα 3 πιο σημαντικά αέρια του θερμοκηπίου (CH₄, CO₂, NO₂). Περιγράφεται η συνθήκη του Κίото που αφορά το ανθρακικό αποτύπωμα και η μέθοδος υπολογισμού του.

Στο 3^ο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συστατικά της σκόνης (αλεύρι, ζάχαρη, σκόνη γάλακτος, δεξτρόζη) και τα υλικά συσκευασίας της (χαρτί, πλαστικό) και γίνεται μια σύντομη περιγραφή τους. Πραγματοποιείται ανάλυση κύκλου ζωής στην παραγωγή κάθε συστατικού ξεχωριστά μελετώντας κάθε φορά τα στάδια παραγωγής και το ανθρακικό και υδατικό αποτύπωμα κάθε σταδίου. Αναλύονται διεξοδικά τα στάδια παραγωγής και η συνεισφορά τους στα τελικά αποτυπώματα.

Τέλος, εφαρμόζεται η ανάλυση κύκλου ζωής στην παραγωγή της σκόνης έχοντας ως όρια της ανάλυσης το σύνολο παραγωγής των συστατικών της και υλικών συσκευασίας όσο και της ίδιας της σκόνης. Παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα, γνωρίζοντας την συνεισφορά του κάθε συστατικού και υλικού στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Abstract

At first, there is an introduction of a product's life cycle analysis, history life and then the ISO 1404-14044 thoroughly analysis of. Then, the concept of water's footprint and the discrimination, occurs in three types (green, blue and gray), the importance of the applications of interest and manner of calculation. Next comes the concept of carbon footprint and it is analyzed the distinction of the three most important greenhouse gases (CH₄, CO₂, NO₂). It is described the Kyoto treaty on the carbon footprint and the method of its calculation.

In the third chapter are presented, the components of the cream (flour, sugar, milk powder, dextrose) and packaging materials (paper, plastic) and a brief description. Of the above Life cycle analysis is carried out at the production of each component separately studying each time the stage of production and carbonate and water footprint of each stage. There are thoroughly analyzed the stages of production and their contribution to the final foot prints.

Finally, life cycle analysis is applied to the production of cream having as limits the analysis of the total production and packaging materials and as much as the same cream's. They are presented and discussed the results, knowing the contribution of each component and material in the environmental impacts.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια κ.Αικατερίνη Ι. Χαραλάμπους για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα και για την επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Γεώργιο Κωνσταντζο για τις συμβουλές του και τις πληροφορίες που μοιράστηκε μαζί μου και τη βοήθειά του να κατανοήσω το θέμα.

1.2 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εκπόνησης είναι η μελέτη και παρουσίαση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την παραγωγή σκόνης μίγματος ανθού αραβοσίτου, από δύο σκοπιές: την κατανάλωση νερού(υδατικό αποτύπωμα) σε όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου(ανθρακικό αποτύπωμα). Η σπουδαιότητα της εργασίας έγκειται στην αναγνώριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγής κάθε προϊόντος και στη συνέχεια έρευνας τρόπων μείωσης αυτών, από το αρχικό στάδιο καλλιέργειας έως και την διανομή του. Παράλληλα, προστίθεται μια μελέτη στη βιβλιογραφία που αφορά τη διερεύνηση των κλιματικών αλλαγών του πλανήτη και τη συνεισφορά του τομέα παραγωγής σε αυτό.

2. Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής

2.1 Εισαγωγή

Η βιομηχανική παραγωγή αγαθών σχετίζεται με την κατεργασία και μεταποίηση διαφόρων πρώτων υλών.

Οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται σύμφωνα με τους νόμους και τους κανόνες της φυσικής, της χημείας και άλλων θετικών επιστημών.

Αποτέλεσμα αυτού αποτελούν τα εξής:

- Για την πραγματοποίηση των διαφόρων διεργασιών είναι απαραίτητη η κατανάλωση ενέργειας.
- Παράλληλα με την παραγωγή των αγαθών παράγονται και απόβλητα σε διάφορες μορφές.



Εικόνα 1. Κύκλος Ζωής Προϊόντος (w.w.w.google.gr)

Δεν είναι δυνατή η πραγματοποίηση μιας διεργασίας ή δραστηριότητας η οποία δεν θα καταναλώνει ενέργεια και δεν θα επιβαρύνει το περιβάλλον αποδεσμεύοντας διαφορών ειδών απόβλητα.

Βέβαια είναι εφικτή η ελαχιστοποίηση της χρήσης της ενέργειας όσο και της αποδέσμευσης αποβλήτων.

Αρχικά η ορθή καταγραφή της κατάστασης που μελετάται είναι απαραίτητη έτσι ώστε να αποτελέσει το υπόβαθρο με βάση το οποίο θα κριθεί και θα συγκριθεί κάθε μελλοντική προσπάθεια βελτίωσης.

Η σύγκριση υλικών και διεργασιών προκειμένου να προσδιοριστεί το βέλτιστο από περιβαλλοντικής άποψης δεν είναι εύκολη, καθώς κανείς δεν μπορεί να αποφασίσει για το κατά πόσο ένα προϊόν είναι φιλικό προς το περιβάλλον αν δεν λάβει υπόψη του τη διαδικασία παραγωγής του προϊόντος αυτού, τη διανομή και μεταφορά του, τη χρήση του, την απόρριψη του κ.λπ.

Θα πρέπει σαφώς να καταγράψει και να ελέγξει όλα τα στάδια της ζωής του ώστε να φτάσει σε ένα ολοκληρωμένο συμπέρασμα.

Το όργανο για μια τέτοια προσέγγιση του ζητήματος είναι η ανάλυση κύκλου ζωής.

Η ανάλυση κύκλου ζωής - ΑΚΖ (Life Cycle Analysis) ή LCA όπως επικράτησε στη διεθνή βιβλιογραφία είναι μία σχετικά νέα επιστημονική μέθοδος η οποία αναπτύχθηκε για να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των οξυμένων, τα τελευταία χρόνια, περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Σκοπός της μεθόδου αυτής είναι να εκτιμήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες συνδέονται με μια δεδομένη δραστηριότητα που εξετάζεται (π.χ. προϊόν, διεργασία κ.λπ.) καθ' όλο τον κύκλο που διαγράφει από την γέννηση έως το θάνατό της. Ουσιαστικά από την παραγωγής ως την απόρριψής της.

Όπως συνήθως συμβαίνει με κάθε νέα προσπάθεια της επιστήμης, η ΑΚΖ έχει κάνει μέχρι σήμερα την εμφάνισή της στη διεθνή βιβλιογραφία με διάφορα ονόματα λόγω είτε μικροδιαφορών στην μεθοδολογία είτε διαφορετικών ονομασιών του ίδιου πράγματος. Για τον ίδιο λόγο, έχουν προταθεί και αρκετοί ορισμοί όπου συνήθως ο ένας συμπληρώνει τον άλλο.

Σύμφωνα με τους ορισμούς λοιπόν:

Η ανάλυση κύκλου ζωής είναι η διαδικασία καταγραφής και ανάλυσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος (χρήσης ενέργειας και πρώτων υλών, ρύπανση ατμόσφαιρας, νερού, εδάφους κ.ο.κ.) καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής του, από τη σύλληψη μέχρι την απόρριψή του.

Στον παραπάνω ορισμό, ο όρος «προϊόν» έχει ευρύτερη έννοια καθώς με την ΑΚΖ μπορούν επίσης να μελετηθούν και να αναλυθούν μια σειρά από διεργασίες και δραστηριότητες της σύγχρονης κοινωνίας. Η βασική αρχή της μεθόδου, όπως περιγράφηκε πιο πάνω, είναι ότι, ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε στάδιο της ζωής ενός προϊόντος και ότι, αλλαγές σε κάποιο από τα στάδια αυτά είναι πιθανόν να έχουν θετικές ή αρνητικές συνέπειες στα υπόλοιπα στάδια στον τομέα τόσο της δημιουργίας οποιασδήποτε μορφής ρύπανσης, όσο και της κατανάλωσης ενέργειας και πρώτων υλών.

Τα διάφορα περιβαλλοντικά προγράμματα και στρατηγικές εστιάζουν συνήθως στην ρύπανση ενός μόνο μέσου (αέρα, υδάτων ή εδάφους) με αποτέλεσμα συχνά οι προσπάθειες για μείωση της ρύπανσης του μέσου αυτού να έχουν ως συνέπεια την αύξηση της ρύπανσης κάποιου άλλου μέσου.

Συνεπώς, η ΑΚΖ μπορεί να συντελέσει, όχι μόνο στο να εξακριβωθεί εάν κάποια προτεινόμενη αλλαγή σε προϊόν ή διεργασία έχει ενδεχομένως αρνητικές παρενέργειες στο περιβάλλον, αλλά και στο να καταγραφούν οι παρενέργειες αυτές ποσοτικά.

Πέρα όμως από τον κύριο αυτό σκοπό της ΑΚΖ, υπάρχουν και άλλοι επιμέρους στόχοι οι οποίοι τίθενται κάθε φορά και ανάλογα με την περίπτωση μπορεί να είναι:

1. ο προσανατολισμός στη λήψη αποφάσεων για το περιβάλλον με βάση επιστημονικές μεθοδολογίες και όχι με αυθαίρετες εκτιμήσεις
2. η θέσπιση περιβαλλοντικών κανόνων και ο καθορισμός αντίστοιχων προτεραιοτήτων στη σχεδίαση και παραγωγή διαφόρων προϊόντων.
3. η αξιολόγηση ενός υλικού σε σχέση με ένα άλλο σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. στη συσκευασία) και γενικά ο προσδιορισμός του ρόλου διαφόρων υλικών στις σύγχρονες στρατηγικές διαχείρισης του περιβάλλοντος

4. η δημιουργία ενός επιστημονικού υπόβαθρου με βάση το οποίο θα αποδεικνύεται η αναγκαιότητα υιοθέτησης οικονομικών μέτρων, εφόσον υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από προϊόντα ή δραστηριότητες
5. η ανάδειξη της καλύτερης μεθόδου ανάκτησης των υλικών και γενικά διαχείρισης των αποβλήτων σε σχέση με όλες τις δυνατές εναλλακτικές λύσεις
6. η δημιουργία μιας αξιόπιστης βάσης ανταλλαγής πληροφοριών στον τομέα της περιβαλλοντικής διαχείρισης ώστε να είναι ευκολότερη η συνεργασία μεταξύ των διαφόρων φορέων με σκοπό περιβαλλοντικά οφέλη
7. ο εφοδιασμός των επιχειρήσεων με επιχειρήματα που θα τις διευκολύνουν στο πεδίο του οικολογικού μάρκετινγκ (eco-marketing ή green marketing) υπό την προϋπόθεση ότι, σε μια τέτοια περίπτωση, η μεθοδολογία της ΑΚΖ είναι ομοιόμορφη και τυποποιημένη προκειμένου να μην γίνεται καταστρατήγηση και αντιδεοντολογική χρήση των διαφόρων στοιχείων
8. η ανατροπή υφιστάμενων δυσμενών περιβαλλοντικών απόψεων της κοινής γνώμης για διάφορα προϊόντα ή δραστηριότητες που ενδεχομένως να είναι λανθασμένες
9. η δημιουργία της βάσης για την εφαρμογή προγραμμάτων ολικής ποιότητας περιβάλλοντος (Environmental Total Quality Programs)
10. η θέσπιση των επιστημονικών κριτηρίων με βάση τα οποία θα απονέμονται τα οικολογικά σήματα (eco-labels) στα διάφορα προϊόντα
11. η ενημέρωση των πολιτών σχετικά με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από προϊόντα που χρησιμοποιούν και δραστηριότητες που ασκούν. Αυτή επιτυγχάνεται είτε με την κοινοποίηση των αποτελεσμάτων μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής σε κάθε ενδιαφερόμενο φορέα (κρατικές αρχές, οικολογικές ομάδες κ.λπ.), είτε με την εφαρμογή της οικολογικής σήμανσης στα προϊόντα (οικολογική ετικέτα ή οικολογικό σήμα) είτε, τέλος, με την πιστοποίηση αυτών για την περιβαλλοντική τους ποιότητα (certification) και
12. η αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων σχετικά με την επίδρασή τους στο περιβάλλον

Η Ιστορία και οι Διάφορες Μορφές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Η ανάλυση κύκλου ζωής έκανε για πρώτη φορά την εμφάνισή της τις τελευταίες δεκαετίες. Αν και χρησιμοποιήθηκε από βιομηχανίες, κρατικούς φορείς και άλλους οργανισμούς της Ευρώπης, των Ηνωμένων Πολιτειών και μερικών άλλων χωρών με την μία ή άλλη μορφή, το ενδιαφέρον για την μέθοδο αυτή ως εργαλείο διαχείρισης περιβάλλοντος άρχισε να αυξάνεται μόλις τα τελευταία χρόνια.

Η σύγχρονη ανάλυση κύκλου ζωής αρχίζει να εφαρμόζεται ευρύτερα στην δεκαετία του 1960 και αυτό γιατί εκείνη την περίοδο άρχισε να εμφανίζεται εντονότερο το

πρόβλημα της μείωσης των πρώτων υλών και της διαθέσιμης ενέργειας, οπότε παρουσιάστηκε η ανάγκη να βρεθούν τρόποι για την όσο το δυνατόν αντικειμενικότερη καταγραφή της απαιτούμενης ενέργειας και των αναγκαίων πρώτων υλών που θα χρειαζόνταν στο μέλλον.

Συνέπεια των πρώτων αλλά εντυπωσιακών αυτών προσπαθειών ήταν να αυξηθεί κατακόρυφα το ενδιαφέρον για περισσότερο λεπτομερείς μελέτες σχετικά με τις διεργασίες της βιομηχανίας. Βέβαια, αυτές οι πρώτες προσπάθειες εστιάζονταν και αναλώνονταν σε περιορισμένο αριθμό περιβαλλοντικών προβλημάτων ακολουθώντας τις κοινωνικές και πολιτικές επιταγές της εποχής. Έτσι, προβλήματα όπως τα στερεά απορρίμματα και η διαχείριση τους άρχισαν να απασχολούν τις προσπάθειες αυτές αρκετά χρόνια αργότερα.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, στο χρονικό διάστημα ανάμεσα στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και στις αρχές της δεκαετίας του 1970, εκπονήθηκαν μια σειρά από μελέτες οι οποίες είχαν ως σκοπό να συγκρίνουν μεταξύ τους διάφορες εναλλακτικές ενεργειακές πηγές.

Ανάλογες προσπάθειες παρατηρούνται και στην Ευρώπη κυρίως στην Γερμανία, την Ελβετία, την Βρετανία και τις σκανδιναβικές χώρες όπου, άλλωστε, οι σχετικές δραστηριότητες εξακολουθούν να είναι πολύ διαδεδομένες.

Στην περίοδο από το 1975 μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980 παρατηρείται μια εξασθένηση του ενδιαφέροντος για αυτού του είδους τις μελέτες καθώς υπήρχε μια φαινομενική ύφεση των πετρελαϊκών κρίσεων ενώ παράλληλα το ενδιαφέρον για το περιβάλλον μετατοπίστηκε σε ζητήματα διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων.

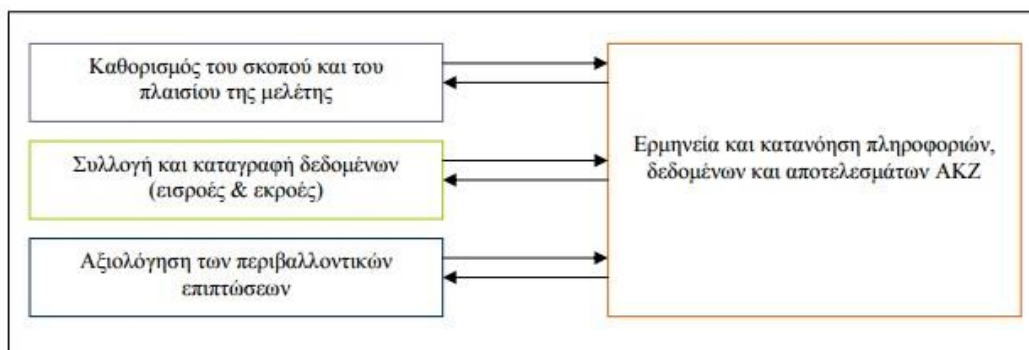
Ωστόσο, από το 1980 και έπειτα παρατηρείται μια αναθέρμανση του ενδιαφέροντος για μελέτες που αφορούν την ΑΚΖ. Σε αυτό συντελεί η αύξηση των πιέσεων από τις οικολογικές οργανώσεις και η δημιουργία της Γενικής Διεύθυνσης για το περιβάλλον, τροφίμων και ποτών από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η οποία αναφέρονταν στην κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας καθώς και στην πρόκληση ρύπανσης.

2.2 Ανάλυση Κύκλου Ζωής κατα τα πρότυπα ISO 1404-14044

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την Ανάλυση Κύκλου Ζωής των προϊόντων (αγαθών και υπηρεσιών) αποτελείται από τέσσερα στάδια (ISO 14040-14044, 2006) κατά το Διεθνή Οργανισμό για την Προτυποποίηση.

Τα στάδια της μεθοδολογίας είναι:

1. Καθορισμός σκοπού και αντικειμένου της μελέτης (Goal and scope definition)
2. Απογραφή δεδομένων (Inventory analysis)
3. Εκτίμηση επιπτώσεων (Impact assessment)
4. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων (Interpretation)



Εικόνα 2. Στάδια της Μεθοδολογίας για ΑΚΖ , σύμφωνα με το ISO 14040

Α.Καθορισμός σκοπού και αντικειμένου της μελέτης (Goal & Scope Definition)

Αυτό το στάδιο είναι το πρώτο και ιδιαίτερα σημαντικό στην εφαρμογή της ΑΚΖ γιατί από το συγκεκριμένο θα εξαρτηθεί το γιατί γίνεται αυτή η μελέτη , το τι θέλει να υπολογίσει αλλά και η έκταση που θα καλύψει.

Επιπρόσθετα όπως και κάθε άλλη μεθοδολογία, το μοντέλο που χρησιμοποιείται για την ΑΚΖ αναπόφευκτα περιέχει απλοποιήσεις και παραδοχές.

Τα σημαντικότερα ζητήματα που συνδέονται με το σκοπό και το πλαίσιο της ΑΚΖ, είναι:

- Η ακριβής αποτύπωση του σκοπού για τον οποίο γίνεται η ΑΚΖ
- Ο λεπτομερής καθορισμός του κύκλου ζωής και της χρήσης του προϊόντος
- Ο καθορισμός της λειτουργικής μονάδας (functional unit)
- Ο ορισμός και περιγραφή των ορίων του συστήματος
- Ο καθορισμός των ποιοτικών προδιαγραφών για τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν
- Οι υποθέσεις, περιορισμοί και απαιτήσεις για την επακόλουθη ερμηνεία

Το πλαίσιο της μελέτης στηρίζεται στην λεπτομέρεια που απαιτείται για την ορθή εφαρμογή των αποτελεσμάτων. Το αποτέλεσμα της μελέτης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ακρίβεια των στοιχείων που εισάγονται (SETAC,2002)

Η λειτουργική μονάδα (functional unit) θεωρείται το βασικότερο μέτρο της λειτουργίας του συστήματος , καθώς παρέχει μια κοινή αναφορά επιτρέποντας έτσι τη σύγκριση δύο διαφορετικών συστημάτων

Τα όρια του συστήματος .Τα όρια του συστήματος καθορίζουν ποιες διεργασίες θα πρέπει να συμπεριληφθούν στη μελέτη ΑΚΖ. Ο καθορισμός των ορίων του συστήματος, είναι εν μέρει υποκειμενικός, και γίνεται συνήθως κατά τον ορισμό του πλαισίου. Όρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι για παράδειγμα τα όρια μεταξύ τεχνόσφαιρας (διεργασίες, υλικά και άλλα είδη που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας) και οικοσφαιρας (διεργασίες και υλικά που δεν προκύπτουν από κάποια ανθρώπινη δραστηριότητα), γεωγραφικά και χρονικά όρια

και τα όρια μεταξύ του κύκλου ζωής υπό μελέτη και των κύκλων ζωής άλλων συστημάτων (π.χ. παραγωγή κεφαλαίου αγρών).

Η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων από τις μελέτες AKZ, εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα των δεδομένων που εισάγονται σε αυτή. Για κάθε στοιχείο που συμπεριλαμβάνεται θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η χρονική και γεωγραφική κάλυψη, η ακρίβεια, η επαναληψιμότητα και όσο είναι δυνατόν η αντιπροσωπευτικότητα του στο γεωγραφικό και χρονικό πλαίσιο που έχει οριστεί

Το διάγραμμα ροής (Flow Diagram) των διαδικασιών διαμορφώνει μια ποιοτική γραφική απεικόνιση όλων των σχετικών διεργασιών που περιλαμβάνονται στον κύκλο ζωής του συστήματος που μελετάται. Το διάγραμμα ροής πρέπει να περιλαμβάνει τα στάδια του κύκλου ζωής που αναλύονται, δηλαδή μόνο τα στάδια που έχουν συμπεριληφθεί εντός των ορίων του συστήματος. Το σημείο που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα είναι οι αναφορές να γίνονται ως προς τη λειτουργική μονάδα για να διατηρούνται τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας (Κορωναίος, 2008).

B. Απογραφή δεδομένων (Inventory analysis)

Στο στάδιο της απογραφής δεδομένων κάθε υποπροϊόν παρουσιάζεται ως ένα σύστημα. Ως σύστημα ορίζεται το σύνολο των διεργασιών που συνδέονται με ροή μάζας ή ενέργειας. Το σύστημα μπορεί να παρουσιαστεί ακόμα και σαν ένα κουτί, όπου μέσα σε αυτό περικλείονται διάφορες διεργασίες η καθαυτή φύση των οποίων δεν μας απασχολεί (black box) (Μουσιόπουλος 1999).

Η απογραφή δεδομένων είναι μια ποσοτική περιγραφή της συνολικής ροής μάζας και ενέργειας μέσα στα όρια του συστήματος ή υποσυστημάτων. Κάθε ένα από αυτά έχει ως είσοδο την έξοδο μιας διεργασίας που προηγείται, ενώ η έξοδος του υποσυστήματος υπολογίζεται ως είσοδος για την επόμενη διεργασία που ακολουθεί. Έτσι κατά την απογραφή δεδομένων προσδιορίζονται όλα τα εισερχόμενα και εξερχόμενα του συστήματος (εισροές και εκροές) (ISO 14040-14044, 2006).

Οι πηγές των δεδομένων μπορεί να είναι πρωτογενείς και να προέρχονται από δεδομένα εργαστηριακών δοκιμών, μετρήσεις. Πολλές φορές βέβαια συμβαίνει να μην υπάρχουν δεδομένα για όλα τα στάδια του συστήματος. Στις περιπτώσεις αυτές γίνονται *ορθές εκτιμήσεις βάση μοντέλων* ή *εκτιμήσεις βάση βιβλιογραφίας*, δημοσιεύσεων, βάσεων δεδομένων, παρόμοιων μελετών AKZ κ.λπ, που ανταποκρίνονται όσο καλύτερα γίνεται στα χαρακτηριστικά του συστήματος υπό μελέτη. Στο σημείο αυτό βέβαια πρέπει να τονιστεί ότι το στάδιο της απογραφής των δεδομένων κάθε AKZ παρουσιάζει διακυμάνσεις, αβεβαιότητες και πιθανά κενά. Οι παραπάνω παράμετροι πρέπει να παρουσιάζονται στο στάδιο του καθορισμού του σκοπού της μελέτης, και να αναλύονται κατά το στάδιο της ερμηνείας των αποτελεσμάτων.

Γ. Εκτίμηση επιπτώσεων (Impact assessment)

Το τρίτο στάδιο της μεθοδολογίας είναι μια ποιοτική ή/και ποσοτική διεργασία η οποία χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει τις πιθανές (αρνητικές ή συγκριτικά θετικές) περιβαλλοντικές συνέπειες που προσδιορίζονται στο στάδιο της απογραφής δεδομένων. Η περιβαλλοντική επίπτωση ενός προϊόντος μπορεί να περιγραφεί με διάφορους τρόπους αλλά συνήθως καταλήγει στον υπολογισμό της επίπτωσης του

προϊόντος εξετάζοντας στις εξόδους, τις επιπτώσεις ή καταστροφές που προκαλούνται σε μια ή περισσότερες φάσεις του κύκλου ζωής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εντοπίζονται τα σημαντικότερα προβλήματα και σε ποιο στάδιο της ζωής του προϊόντος συμβαίνουν (Κορωνάιος 2008, Μουσιόπουλος 1999).

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14040 και 14044, η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών των προϊόντων μπορεί να αφορά επιπτώσεις ενδιάμεσου (midpoint) ή και τελικού σημείου (endpoint).

Η προσέγγιση «ενδιάμεσου σημείου», περιλαμβάνει κατηγορίες επιπτώσεων όπως η αλλαγή κλίματος, η μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος, η δημιουργία τροποσφαιρικού όζοντος (αιθαλομίχλη), ο ευτροφισμός, η οξίνιση, οι τοξικολογικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα, η μείωση των μη ανανεώσιμων ορυκτών πόρων, η χρήση ύδατος, η χρήση εδάφους, η δημιουργία θορύβου κ.α.

Στη προσέγγιση «τελικού σημείου», οι επιπτώσεις ταξινομούνται σε τρία γενικά επίπεδα προστασίας (PreConsultans 2000, Μουσιόπουλος, 1999).

Τα επίπεδα προστασίας είναι τα εξής:

- της εξάντλησης των φυσικών πόρων.
Οι φυσικοί πόροι διακρίνονται σε μη ανανεώσιμους (πόροι που μόνο ένα πεπερασμένο απόθεμά τους είναι διαθέσιμο), σε ανανεώσιμους (π.χ. ήλιος, ανακυκλωμένα υλικά κ.λπ) και βιοτικούς (πόροι που συνδέονται με τη χλωρίδα και την πανίδα).
- της ανθρώπινης υγείας σε δύο επίπεδα, ήτοι άμεσο που προκαλεί οξείες επιπτώσεις (π.χ. από πυρκαγιές, εκρήξεις, κ.λπ.) και έμμεσο δηλαδή μακροπρόθεσμες επιπτώσεις που προκαλούνται από τη χρόνια έκθεση των ανθρώπων σε τοξικές ουσίες (π.χ. βενζόλιο, εντομοκτόνα),
- της «υγείας» του οικοσυστήματος. Εδώ εξετάζονται πιθανές επιπτώσεις στη δομή (πληθυσμός, επίπεδα διατροφής, φυσικό περιβάλλον), στη λειτουργία (παραγωγικότητα, διεργασία) κ.λπ.

Όποια προσέγγιση και να ακολουθηθεί, η σειρά των βασικότερων σταδίων της Εκτίμησης Επιπτώσεων είναι η εξής:

- **Επιλογή της μεθόδου και των κατηγοριών επιπτώσεων** που θα χρησιμοποιηθούν (πχ «κλιματική αλλαγή» κ.λπ).
- **Κατηγοριοποίηση (Classification)** των στοιχείων της απογραφής δεδομένων στις επιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων. Π.χ. οι εκπομπές CO₂, CH₄, N₂O πρέπει να ταξινομηθούν στην επίπτωση «κλιματική αλλαγή» καθώς όλα τα παραπάνω αποτελούν αέρια του θερμοκηπίου.

- **Χαρακτηρισμός (Characterisation)**, ήτοι ο υπολογισμός των συνολικών δεικτών κατηγορίας επιπτώσεων χρησιμοποιώντας συντελεστές χαρακτηρισμού. Ο δείκτης πχ της επίπτωσης «κλιματική αλλαγή» είναι κιλά ισοδύναμου CO₂. Άρα οι εκπομπές CH₄ πρέπει να πολλαπλασιαστούν με δείκτη χαρακτηρισμού (για το μεθάνιο ο δείκτης αυτός είναι συνήθως το 21 σε χρονικό ορίζοντα 100 χρόνων), για να μετατραπούν οι εκπομπές CH₄ σε ισοδύναμες εκπομπές CO₂.
- **Κανονικοποίηση (Normalization)**. Στο στάδιο αυτό, το οποίο δεν είναι υποχρεωτικό κατά το πρότυπο ISO αλλά είναι άκρως διαφωτιστικό στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων, γίνεται ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων του συνολικού δείκτη ανά κατηγορία επιπτώσεων σε σχέση με κάποιες τιμές αναφοράς.

Μπορεί να υπάρξουν και άλλα στάδια σε μία μελέτη όπως πχ η ομαδοποίηση και η στάθμιση (weighting) κ.λπ.

Παρακάτω αναφέρονται περαιτέρω στάδια της Εκτίμησης Επιπτώσεων. Τονίζεται ότι οι κατηγορίες εξαρτώνται από την μέθοδο που θα ακολουθηθεί.

Τα περαιτέρω στάδια της Εκτίμησης Επιπτώσεων :

- **Χαρακτηρισμός (Characterization)** Μετά την ταξινόμηση των περιβαλλοντικών φορτίων στις διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων ακολουθεί το στάδιο του χαρακτηρισμού. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η ανάλυση, η ποσοτικοποίηση και οι άθροιση των περιβαλλοντικών φορτίων και επιπτώσεων που ανήκουν στις διάφορες επί μέρους κατηγορίες. Ο χαρακτηρισμός μπορεί να προσεγγιστεί μέσω της συσχέτισης των πληροφοριών από πίνακες απογραφής δεδομένων ανάλογα με την μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί. Επίσης, υπάρχουν προσεγγίσεις που προσπαθούν να μοντελοποιήσουν την έκθεση και τις επιδράσεις. Από το στάδιο του χαρακτηρισμού προκύπτουν μετρήσεις και περιγραφές επιπτώσεων οι οποίες χαρακτηρίζονται ως «προφίλ επιπτώσεων» (ISO 14040-14044, 2006).

Οι δείκτες για κάθε κατηγορία επιπτώσεων με βάση τα στοιχεία της απογραφής δεδομένων ενός προϊόντος μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας διάφορες εξισώσεις, συντελεστές, βάσεις δεδομένων κ.λπ. Οι συντελεστές αυτοί είναι αποτελέσματα υπολογισμών των μοντέλων χαρακτηρισμού και εξαρτώνται από την μέθοδο που ακολουθείται. Τα στοιχεία της απογραφής δεδομένων τελικώς εκφράζονται σε όρους ισοδύναμη μονάδας, η οποία για κάθε κατηγορία είναι μοναδική.

Για παράδειγμα, οι σχετικές συνεισφορές των διαφορετικών αερίων στην κατηγορία επίπτωσης «κλιματική αλλαγή» αποτιμούνται συνήθως με βάση τα ισοδύναμα του διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιώντας τα σχετικά δυναμικά κλιματικής αλλαγής (GWPs) σε ορίζοντα 100 ή 500 χρόνων. Έτσι κάθε ρύπος που συνεισφέρει στην κλιματική αλλαγή μπορεί να μετατραπεί σε ισοδύναμα του διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιώντας συγκεκριμένους συντελεστές.

Για μια τιμή $GWP_{100}=21$ ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα, συμπεραίνουμε ότι 1 κιλό της ουσίας αυτής έχει την ίδια επίπτωση αλλαγής κλίματος με 21 κιλά διοξειδίου του άνθρακα σε χρονικό ορίζοντα 100 ετών.

Σημειώνεται ότι οι συντελεστές είναι μοναδικοί ανά κατηγορία, ρύπο, μέσο (πχ αέρας, νερό κ.α.), χρονικό περιθώριο, χωρικό περιβάλλον κ.λπ.

Αθροιστικά τώρα, για όλους τους ρύπους που συνεισφέρουν με μία κατηγορία, η τελική τιμή της κατηγορίας σε ισοδύναμη μονάδα προκύπτει όταν τους προαναφερθέντες συντελεστές τους πολλαπλασιάσουμε με την ποσότητα του ρύπου που εκπέμπεται.

Για την κλιματική αλλαγή (Global Warming) για παράδειγμα η εξίσωση είναι η εξής:

$$\text{Global Warming} = \sum_i GWP_{a,i} * m_i$$

όπου

- $GWP_{a,i}$: Συντελεστής Global Warming Potential για την ουσία/μέσο i σε χρονικό περιθώριο a . $iaGWP$,
- m_i : ποσότητα του ρύπου i που εκπέμπεται σε συγκεκριμένο μέσο (kg). im

Η τελική τιμή προκύπτει σε ισοδύναμα κιλά του διοξειδίου του άνθρακα. Ανάλογες εξισώσεις υπάρχουν και για τις υπόλοιπες κατηγορίες.

- **Κανονικοποίηση (Normalization)** Επιπλέον, μπορεί να τεθεί η ανάγκη σύγκρισης αποτελεσμάτων μεταξύ των διαφόρων επιπτώσεων, ή ακόμα και μεταξύ των Περιοχών Προστασίας, για να δώσει προτεραιότητα ή για να επιλύσει αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εναλλακτικών προϊόντων (π.χ. χαμηλότεροι δείκτες αλλαγής κλίματος για μια επιλογή, αλλά υψηλότερα τοξικολογικά αποτελέσματα δεικτών για μια άλλη). Η σύγκριση μεταξύ δεικτών κατηγορίας επιπτώσεων είναι ένα προαιρετικό βήμα σε μερικές εφαρμογές AKZ όπως αναφέρεται στον ISO 14040 και μπορεί να επιτευχθεί στο στάδιο της κανονικοποίησης (ISO 14040, 2006, Μουσιόπουλος, 1999).

Μέθοδοι της κανονικοποίησης επιτρέπουν τα αποτελέσματα των διαφόρων κατηγοριών επιπτώσεων να συγκρίνονται με μια πρότυπη τιμή. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η κατηγορία επιπτώσεων διαιρείται με την τιμή αναφοράς. Οποιαδήποτε τιμή μπορεί να επιλεγεί ως τιμή αναφοράς, αλλά συνήθως αυτή η τιμή αναφοράς είναι οι ετήσιες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις σε μια χώρα ή μια ήπειρο, διαιρεμένες με τον αντίστοιχο αριθμό κατοίκων.

Η εξίσωση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι:

$$N_k = \frac{P_k}{R_k}$$

όπου:

K: δείκτης που δηλώνει την κατηγορία επίπτωσης

N: δείκτης κανονικοποίησης

P : άθροισμα από τη φάση χαρακτηρισμού και

R : τιμή αναφοράς.

Ακολουθώντας αυτή την προσέγγιση, μετά την κανονικοποίηση, όλες οι κατηγορίες επιπτώσεων έχουν την ίδια μονάδα, πχ ανά έτος (1/yr) ή ανά κάτοικο Ευρώπης (1/κάτοικο), γεγονός που επιτρέπει τη ευκολότερη σύγκρισή τους.

Για παράδειγμα, αν υπολογίσουμε τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη διαχείριση απορριμμάτων στην Ευρώπη. Αυτός ο αριθμός, θα μπορεί να κανονικοποιηθεί διαιρώντας τον με τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη. Αυτό, μας επιτρέπει να βρούμε τη σχετική βαρύτητα των εκπομπών της διαχείριση απορριμμάτων σε σχέση με τις συνολικές εκπομπές της στην Ευρώπη. Ομοίως, θα μπορούσαμε να «κανονικοποιήσουμε» τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη διαχείριση απορριμμάτων στην Ελλάδα σε σχέση με τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τη διαχείριση απορριμμάτων στην Ευρώπη κ.ο.κ..

Ο στόχος της κανονικοποίησης είναι διπλός (Penningtonetal,2004) :

- Να τοποθετήσει τα αποτελέσματα της εκτίμησης επιπτώσεων σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, και
- Να ρυθμίσει τα αποτελέσματα ώστε να έχουν κοινές διαστάσεις.

Τα αποτελέσματα της κανονικοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την ανάδειξη της σχετικής σπουδαιότητας των διαφόρων κατηγοριών επιπτώσεων. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι η φάση της κανονικοποίησης προσδίδει την παραδοχή ότι όλες οι κατηγορίες είναι ισοδύναμες, για παράδειγμα δηλαδή η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και οι οικοτοξικολογικές επιπτώσεις στην Ευρώπη είναι ισοδύναμης σπουδαιότητας.

Η πιο διαδεδομένη μεθόδους διεθνώς, είναι η CML – Baseline 2000, η οποία έχει αναπτυχθεί και υποστηρίζεται πλήρως και διαρκώς από το Institute of Environmental

Science of Leiden University (CML, 2010), ενώ χρησιμοποιείται και από εμπορικά λογισμικά όπως το SimaPro (<http://www.pre.nl/simapro>) κ.α..

Οι κατηγορίες των επιπτώσεων που περιλαμβάνει, είναι οι εξής:

1. η εξάντληση των αβιοτικών πόρων (Abiotic Depletion)
2. η παγκόσμια υπερθέρμανση, (Global warming 100)
3. η εξασθένηση της στρωβάδας του όζοντος, (Ozone layer depletion)
4. η ανθρώπινη τοξικότητα, (Human toxicity)
5. η οικοτοξικότητα του γλυκού νερού, (Fresh water aquatic ecotoxicity)
6. η θαλάσσια οικοτοξικότητα, (Marine aquatic ecotoxicity)
7. η εδαφική οικοτοξικότητα, (Terrestrial ecotoxicity)
8. η φωτοχημική οξείδωση, (Photochemical oxidation)
9. η οξίνιση (Acidification)
10. οευτροφισμός (Eutrophication)

Δ. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων (Interpretation)

Η ερμηνεία είναι το στάδιο κατά το οποίο τα αποτελέσματα των προηγούμενων σταδίων και όλες οι παραδοχές εξετάζονται και αξιολογούνται και τέλος εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα, ανάλογα με τον αρχικό σκοπό της ΑΚΖ.

Το πρότυπο ISO 14040-14044 έχει διαδραματίσει ένα πολύ βασικό ρόλο στην εξέλιξη του σταδίου της ερμηνείας. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, τρεις κύριες κατηγορίες δραστηριοτήτων έχουν προσδιοριστεί (ISO 14040-14044, 2006).

Οι κατηγορίες είναι οι εξής :

- Η ανάλυση των αποτελεσμάτων
- Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων
- Η εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων και η διατύπωση προτάσεων

Κατά την ερμηνεία είναι σκόπιμο κατά περίπτωση να υλοποιείται και μία *ανάλυση ευαισθησίας*, κατά την οποία διάφορες αλλαγές στα δεδομένα εισάγονται σκόπιμα προκειμένου να καθοριστεί η σταθερότητα των αποτελεσμάτων όσον αφορά αυτές τις παραλλαγές. Η ανάλυση αβεβαιότητας χρησιμοποιεί εμπειρικά δεδομένα όσον αφορά τα εύρη αβεβαιότητας συγκεκριμένων στοιχείων για να υπολογίσει το συνολικό σφάλμα των αποτελεσμάτων. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα δεν προέρχονται από συγκεκριμένες μετρήσεις όπου η αβεβαιότητα είναι μεγάλη, η ανάλυση ευαισθησίας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο.

2.3 Υδατικό Αποτύπωμα

2.3.1 Εισαγωγή

Το νερό αποτελεί στρατηγικής σημασίας αγαθό σε όλη την υφήλιο, καθώς είναι η πιο διαδεδομένη χημική ένωση στην επιφάνεια της Γης και καλύπτει το 70,9%

του πλανήτη μας. Το νερό αρκετά συχνά αποκαλείται «συμπαντικός διαλύτης» (*universal solvent*) λόγω των πολλών ουσιών που διαλύονται σε αυτό και είναι η μόνη συνηθισμένη ουσία που βρίσκεται στη φύση του πλανήτη μας και στις τρεις κοινές καταστάσεις της ύλης και είναι ζωτικό για όλες τις γνωστές μορφές ζωής στη Γη.

Το 96,5% του νερού της Γης βρίσκεται στους ωκεανούς και τις θάλασσες, 1,7% στα υπόλοιπα επιφανειακά νερά (λίμνες, ποτάμια, έλη, κ.τ.λ.), 1,7% στα παγοκαλύμματα και στις παγωμένες σπηλιές της Ανταρκτικής και της Γροιλανδίας, 0,001% ως υγρασία της ατμόσφαιρας και σε σύννεφα.

Μόνο το 2,5% του νερού της Γης είναι «γλυκό» και το 98,8% του πόσιμου νερού βρίσκεται στα παγοκαλύμματα και στα υπόγεια ύδατα. Λιγότερο από 0,3% του γλυκού νερού της Γης βρίσκεται σε ποτάμια, λίμνες και στην ατμόσφαιρα

Το νερό στη Γη κινείται συνεχόμενα μέσω του «κύκλου του νερού» (μια φυσική ανακύκλωση) που περιλαμβάνει την εξάτμιση(κυρίως των θαλασσών), τη μεταφορά της υγρασίας, τη συμπύκνωση, την κατακρήμνιση (με βροχή, χιόνι, χαλάζι, κ.ά. και την αποστράγγιση με την οποία το μεγαλύτερο ποσοστό επιστρέφει στις θάλασσες. Η εξάτμιση και η μεταφορά υγρασίας συνεισφέρουν στις κατακρημνίσεις πάνω από την ξηρά.

Το «γλυκό νερό» είναι ένας ανανεώσιμος πόρος, αλλά παρόλα αυτά η παγκόσμια προμήθεια καθαρού «γλυκού» νερού σταθερά μειώνεται. Η ζήτηση νερού ήδη ξεπερνά την προσφορά σε πολλά μέρη του κόσμου, καθώς ο παγκόσμιος πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται, και επομένως το ίδιο και η παγκόσμια ζήτηση νερού. Μια πρόσφατη αναφορά (Νοέμβριος 2009) προτείνει ότι μέχρι το 2030 σε κάποιες περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου η ζήτηση νερού θα ξεπεράσει την προσφορά κατά 50%.

Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού της Γης, της μαζικής κατανάλωσης, της κατάχρησης των φυσικών πόρων, της ρύπανσης και μόλυνσης του νερού εντείνουν το πρόβλημα διαθεσιμότητας του πόσιμου νερού. Αυτή τη στιγμή, 1,1 δις συνάνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση σε νερό, ενώ εκτιμάται ότι το 2020 το 35% του παγκόσμιου πληθυσμού θα υποφέρουν από λειψυδρία ή ξηρασία.

Το πόσιμο νερό λόγω της εντατικής χρησιμοποίησης του στη γεωργία, στη σύγχρονη βιομηχανία και στην παραγωγή ενέργειας χρειάζεται καλύτερη διαχείριση και λογική χρήση. Το μικρότερο μέρος του παγκοσμίως καταναλώνεται για οικιακή χρήση, ένα μεγαλύτερο ποσοστό από την βιομηχανία και το 85% στην γεωργία.

Ένα δυναμικό εργαλείο για την ορθολογική διαχείριση του νερού αποτελεί το **υδατικό αποτύπωμα**.

ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΚΑΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ

Το υδατικό αποτύπωμα (water footprint) μετρά την ποσότητα του νερού που απαιτείται για την παραγωγή των αγαθών που καταναλώνονται μέσα σε μια χώρα, ανεξάρτητα από το αν τα αγαθά αυτά έχουν παραχθεί στη χώρα αυτή ή στο εξωτερικό. Ακόμη πρόκειται για έναν δείκτη χρήσης γλυκού νερού που συμπεριλαμβάνει όχι μόνο την άμεση κατανάλωση μιας υπηρεσίας ή ενός προϊόντος αλλά και την έμμεση. Αφορά μια συγκεκριμένη περιοχή, υδατική χρήση και χρονικό διάστημα και αναφέρεται σε καταναλωτή ή παραγωγό. Κατα συνέπεια, ακολουθώντας τις λογιστικές πρακτικές που έχουν τυποποιηθεί από το Δίκτυο Αποτυπώματος Νερού, μπορεί να υπολογιστεί το υδατικό αποτύπωμα είτε για ένα βαρέλι πετρέλαιο, ένα κιλό σιτάρι ή ακόμα και μια χώρα.

Συνιστώσες του υδατικού αποτυπώματος αποτελούν η πράσινη, η μπλε και η γκρι κατανάλωση του νερού. Ως μπλε υδατικό αποτύπωμα ορίζεται η χρήση του νερού που προέρχεται από επιφανειακά και υπόγεια αποθέματα, πράσινο, η χρήση του νερού που προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (κυρίως βρόχινο νερό) και γκρι, η χρήση του νερού για τη διάλυση των ρύπων των υδάτινων αποδεκτών σε βαθμό που να είναι αποδεκτή και δεν υποβαθμίζεται η ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων νερών τουλάχιστον όσο αφορά στα ισχύοντα επίπεδα.

Ο διαχωρισμός ενός υδατικού αποτυπώματος σε πράσινο, μπλε, και γκρίζο είναι ιδιαίτερα σημαντικός διότι τα οικονομικά και περιβαλλοντικά κόστη μπορεί να είναι πολύ διαφορετικά μεταξύ των τριών χρήσεων του νερού.

Για παράδειγμα το άμεσο οικονομικό κόστος της κατανάλωσης μπλε νερού είναι υψηλό σε σύγκριση με το άμεσο οικονομικό κόστος από την κατανάλωση πράσινου νερού.

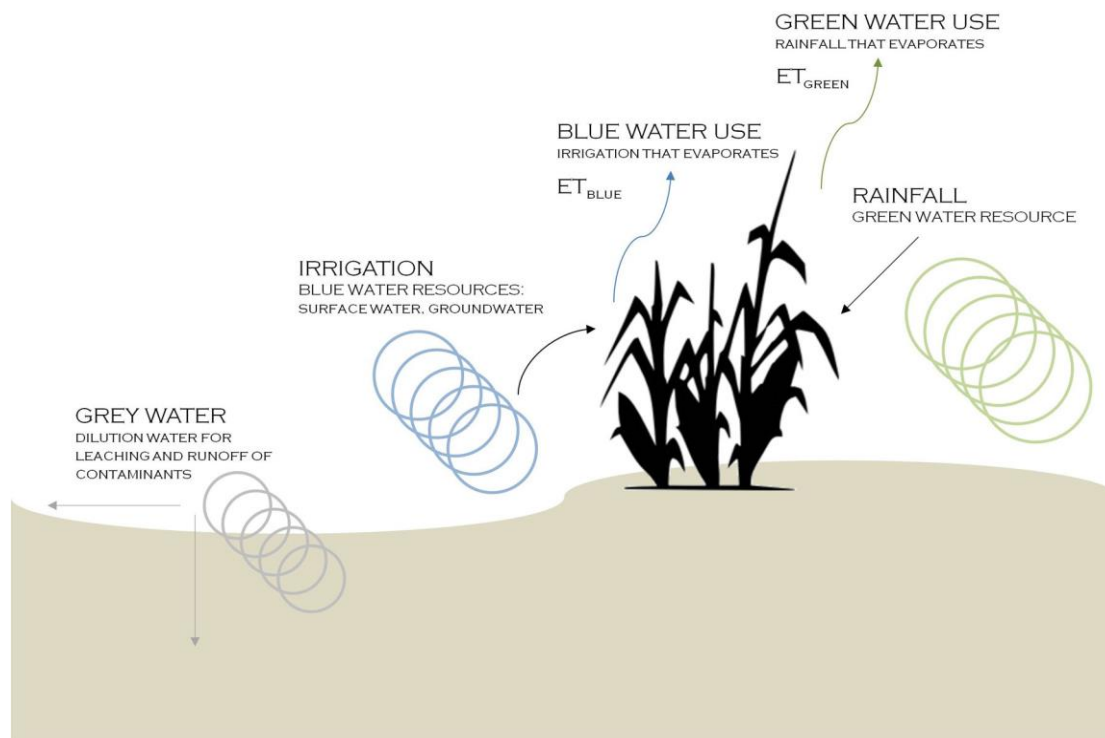


Εικόνα 3. Συνιστώσες Υδατικού Αποτυπώματος (<http://googlyweb..rg/2015/06/water-footprint-concept-world.html>)

Το υδατικό αποτύπωμα διαφοροποιείται σημαντικά από τους τυπικούς δείκτες μέτρησης της χρήσης ύδατος καθώς δεν συμπεριλαμβάνει τη χρήση νερού που επιστρέφει στη λεκάνη απορροής (υδατικοί πόροι επιφάνειας και υπεδάφους) και το οποίο μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Επιπρόσθετα αφορά το γλυκό νερό που:

- Εξατμίζεται
- Ενσωματώνεται μέσα σε ένα προϊόν
- Έχει μολυνθεί
- Δεν επιστρέφει στην ίδια περιοχή απο όπου αποσύρθηκε.



Εικόνα 4. Σχηματική αναπαράσταση γκρι, μπλε και πράσινου νερού
(Daniel Dourte UNIVERSITY OF FLORIDA)

Ο όρος αυτός αναγνωρίζει την περιορισμένη διαθεσιμότητά του σε μια συγκεκριμένη περίοδο και περιοχή. Την πιο σημαντική καταναλωτική χρήση του νερού αποτελεί συχνά η εξάτμιση και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εξομοιώνεται με την πλήρη χρήση των υδάτων και οι άλλες τρεις συνιστώσες να θεωρούνται αμελητέες. Ο όρος εξατμισοδιαπνοή (ET) χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη συνδυασμένη εξάτμιση του νερού από τις επιφάνειες του εδάφους και τη διαπνοή από φυτά.

Η μονάδα του υδατικού αποτυπώματος εξαρτάται κάθε φορά από τι μελετάται στο υδατικό αποτύπωμα. Ορίζεται ως ο λόγος του όγκου του νερού που καταναλώνεται προς την ποσότητα που μας ενδιαφέρει.

Όπως :

- Λίτρα / kg, για καλλιέργεια
- λίτρα / άτομο / έτος, για τον καταναλωτή
- m³ /χρόνος, για μια έκταση γης
- λίτρα / ζευγάρι τζιν για ένα προϊόν)

Αξίζει να αναφερθεί πως ο χρόνος πάντα περιλαμβάνεται έστω έμμεσα στην αναλογία του κλάσματος καθώς η καταναλωτική χρήση του νερού συμβαίνει κατά τη διάρκεια κάποιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου.

Η πράσινη χρήση του νερού περιγράφει την εξάτμιση / διαπνοή (Evaporation_{green}) ή την ενσωμάτωση σε ένα προϊόν από νερό που προέρχεται κατευθείαν από τη βροχόπτωση, προτού τεθεί σε απορροή ή αποστράγγιση (Incorporation_{green}). Ένα αποτύπωμα πράσινου νερού είναι απλά ο όγκος του πράσινου νερού που χρησιμοποιείται διαιρούμενο με την ποσότητα που μελετάται (μάζα, αριθμός των προϊόντων, περιοχή, κλπ). Η πηγή του πράσινου νερού είναι η βροχόπτωση.

Το αποτύπωμα πράσινου νερού μπορεί να εκφραστεί από την ακόλουθη εξίσωση:

$$WF_{\text{process,green}} = \text{Evaporation}_{\text{green}} + \text{Incorporation}_{\text{green}}$$

[volume/time].

Η μπλε χρήση του νερού περιγράφει την εξάτμιση/διαπνοή, την ενσωμάτωση σε ένα προϊόν, ή μεταφορά σε μία άλλη λεκάνη απορροής, με επιστροφή σε διαφορετική χρονική περίοδο. Ένα μπλε αποτύπωμα νερού είναι ο όγκος της συνολικής χρήσης μπλε νερού διαιρούμενου με την ποσότητα που μελετάται (Μάζα, αριθμός των προϊόντων, περιοχή).

Εκφράζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$WF_{\text{process,blue}} = \text{Evaporation}_{\text{blue}} + \text{Incorporation}_{\text{blue}} + \text{Lost Return Flow}_{\text{blue}}$$

Η γκρι χρήση νερού περιγράφει το νερό που απαιτείται για την αραίωση προσμίξεων σε αποδεκτές τιμές συγκέντρωσης για ένα σύστημα. Εκφράζεται ως ο λόγος του ρυπαντικού φορτίου προς τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης για τον συγκεκριμένο ρύπομο βάση τους κανονισμούς και της φυσικής συγκέντρωσης προσμίξεων στο υδατικό σώμα χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα:

Η εξίσωση της γκρι χρήσης νερού:

$$WF_{\text{process,grey}} = L / (C_{\text{maximum}} - C_{\text{natural}})$$

Οι τρεις αυτές συνιστώσες έχουν διαφορετικά μεταξύ τους χαρακτηριστικά. Η μπλε και πράσινη χρήση νερού αφορούν την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται πραγματικά στο υπο εξέταση σύστημα ενώ το γκρι νερό αποτελεί έναν δείκτη ποιότητας του νερού.

2.3.2 Ιστορική αναδρομή του υδατικού αποτυπώματος

Το εικονικό νερό συνδέεται με την έννοια του υδατικού αποτυπώματος καθώς αποτελεί τον συνολικό όγκο νερού που πρέπει να καταναλωθεί για την παραγωγή κάποιου προϊόντος, αλλά διαφέρει στο ότι δεν περιλαμβάνει τη διάκριση μεταξύ πράσινου, μπλε και γκριζου νερού.

Ο πρώτος που εισήγαγε την έννοια του εικονικού νερού ήταν ο JohnAnthonyAllan, του KingCollege του Λονδίνου στις αρχές του 1990 στο πλαίσιο της λειψυδρίας στη Μέση Ανατολή και στην εξαγωγή εσπεριδοειδών από τις βόρειες αφρικανικές χώρες στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Εκείνος που διεύρυνε ακόμη περισσότερο την έννοια του εικονικού νερού ήταν ο ArjenHoekstra ο οποίος παρουσίασε το υδατικό αποτύπωμα και τις διακρίσεις του. Ακολούθως στήθηκε η ιστοσελίδα του υδατικού αποτυπώματος

www.waterfootprint.org

η οποία εκπροσωπείται από μια διεθνή οργάνωση που στόχο έχει την τυποποίηση και προώθηση του υπολογισμού της άμεσης και έμμεσης χρήσης νερού από τους παραγωγούς και καταναλωτές. Το μοναδικό εγχειρίδιο δημοσιεύθηκε από την οργάνωση για την τυποποίηση της λογιστικής του αποτυπώματος το 2011.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ

Η αξιολόγηση του αποτυπώματος ακολουθεί τέσσερα ξεχωριστά βήματα:



**Εικόνα5. ΣτάδιοΥδατικούΑποτυπώματος(Daniel Dourte
UNIVERSITYOFFLORIDA)**

Το συνολικό υδατικό αποτύπωμα είναι απλώς το άθροισμα του πράσινου, μπλε και γκρι που προκύπτει από την διαδικασία:

$$WF_{\text{process}} = WF_{\text{process,green}} + WF_{\text{process,blue}} + WF_{\text{process,grey}}$$

Λόγω του διαφορετικού οικονομικού και περιβαλλοντικού κόστους συνίσταται ο ξεχωριστός υπολογισμός για το κάθε είδος νερού.

2.3.3 Τύποι υδατικού αποτυπώματος

Το υδατικό αποτύπωμα μπορεί να υπολογιστεί για ένα προϊόν, έναν καταναλωτή, μια περιοχή ή μια καλλιέργεια.

➤ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

Υπολογίζεται προσθέτωντας όλα τα υδατικά αποτυπώματα που έχουν υπολογιστεί κατά τη διαδικασία παραγωγής κάποιου προϊόντος:

$$WF_{\text{product}} = \frac{\sum_{i=1}^n WF_{\text{process},i}}{P [\text{quantity}]}$$

[volume/productunit]

Πολλά συστήματα παραγωγής έχουν πολλαπλές εξόδους προϊόντων. Ως εκ τούτου, για να αποφευχθεί η διπλή καταμέτρηση, χρειάζεται μια πιο ρεαλιστική και ευρύτερη προσέγγιση. Για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος της εξόδου του προϊόντος-ων $p=1$ έως m , εξαρτώμενο από $k=1$ της εισόδου N προϊόντων, χρησιμοποιείται η ακόλουθη έκφραση :

$$WF_{\text{product}} = WF_{\text{process}} + \frac{\sum_{k=1}^n WF_{\text{product},p}}{f_p[p,k]} * f_v[p]$$

Όπου

- WF προϊόν, είναι το υδατικό αποτύπωμα της εξόδου των προϊόντων,
- WF διαδικασία, είναι το υδατικό αποτύπωμα της διαδικασίας που απαιτείται για την μετατροπή του εισαγόμενου προϊόντος,
- WF προϊόν, στα m προϊόντα εξόδου,
- $f_p [p, k]$, είναι η ποσότητα του εξαγόμενου προϊόντος $q[p]$ ανά μονάδα εισαγόμενου προϊόντος $q [k]$,

- $f_v [p]$ είναι ο λόγος της τιμής του προϊόντος εξόδου $[p]$ προς το συνολική αξία του συνόλου των προϊόντων m εξόδου που πραγματοποιούνται από τα N προϊόντα εισόδου.

Ακολουθούν οι αντίστοιχες εκφράσεις των τελευταίων εννοιών :

$$f_p [p, k] = \frac{q[p]}{q[k]}$$

$$f_v [p] = \frac{price[p]*q[p]}{\sum_{i=1}^Z(price[p]*q[p])} .$$

Στη συνέχεια παρουσιάζονται υδατικά αποτυπώματα κάποιων προϊόντων αναγράφοντας τις αναλογίες του πράσινου, γκρι και μπλε αποτυπώματος, περιλαμβάνοντας την ανάπτυξη καλλιέργειας, την παραγωγή και συσκευασία του κάθε προϊόντος.



Εικόνα6. Υδατικόαποτύπωμα(Daniel Dourte UNIVERSITYOFFLORIDA)

Στην πρώτη τριάδα των τροφίμων που χρειάζονται περισσότερο νερό για την παραγωγή τους βρίσκονται η σοκολάτα, το βοδινό και τα γαλακτοκομικά, ενώ αρκετά πιο χαμηλά βρίσκονται φρούτα και λαχανικά. Οι επιστήμονες του Water Footprint Network, του διεθνούς μη κερδοσκοπικού οργανισμού που αναφέρθηκε παραπάνω και μάχεται υπέρ μιας βιώσιμης, δίκαιης και αποτελεσματικής χρήσης των πόρων γλυκού νερού παγκοσμίως εξηγούν το λόγο αυτής της κατάταξης για να πάρουμε 200 κιλά βοδινού κρέατος θα πρέπει να καταναλωθούν 1.300 κιλά ζωοτροφής (σιτάρι, βρώμη, σόγια κ.τ.λ.), 7.200 κιλά σανό και πρασινάδα από βοσκοτόπους, 24.000 λίτρα νερού που θα πιει το ζωντανό και 7.000 λίτρα νερού για άλλες πράξεις που περιλαμβάνουν π.χ. την καθαριότητα του ζώου ή τη μετέπειτα επεξεργασία του κρέατος.

➤ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ

Το αποτύπωμα νερού του καταναλωτή αποτελείται από ένα σύνολο άμεσων και έμμεσων χρήσεων του. Παραδείγματα άμεσης χρήσης είναι η κατάποση νερού, το

πλύσιμο, η οικιακή αρδευση ενώ έμμεσης (αποτελώντας και το μεγαλύτερο ποσοστό του υδατικού αποτυπώματος), το νερό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή των τροφίμων, της ενέργειας, των ρούχων και άλλων προϊόντων που χρησιμοποιούνται από τον καταναλωτή.

Εκφράζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$WF_{\text{consumer}} = WF_{\text{direct}} + WF_{\text{indirect}}$$

Ο κάθε καταναλωτής μπορεί μόνος του να υπολογίσει το υδατικό του αποτύπωμα μέσω του διαδικτύου και της ιστοσελίδας που παρέχεται απο το NationalGeographic:

<http://environment.nationalgeographic.com/environment/freshwater/water-footprint-calculator/>.

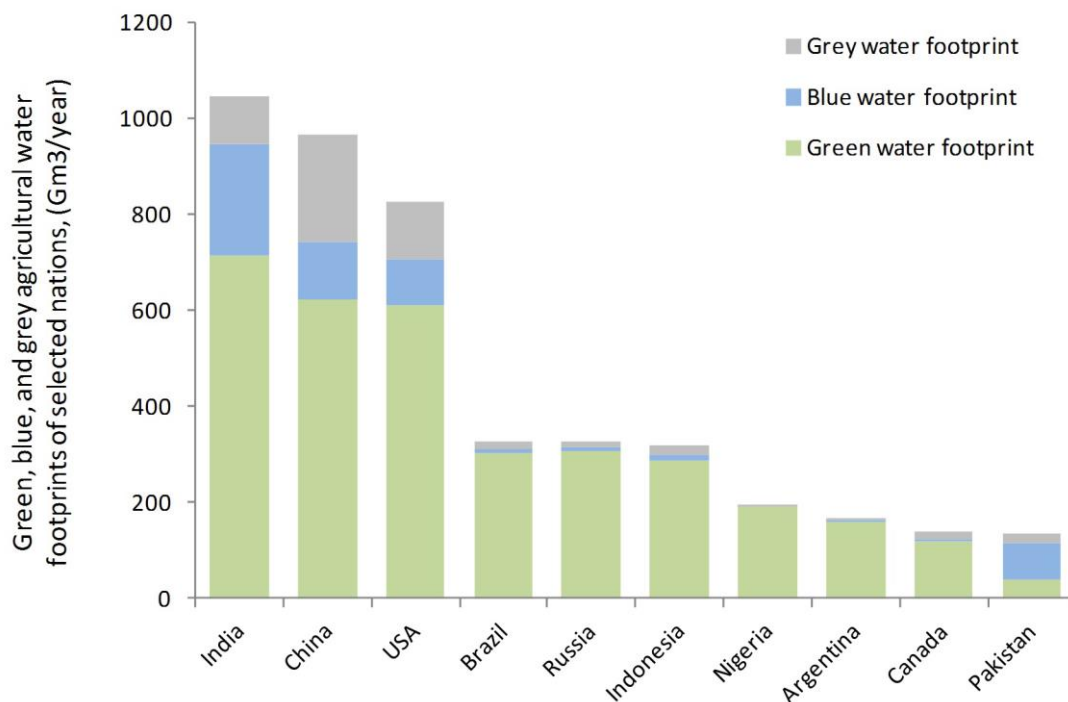
➤ **ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΜΙΑΣ ΕΚΤΑΣΗΣ**

Μια έκταση γης μπορεί να είναι ένας νομός, μια πολιτεία, μια χώρα ή μια λεκάνη απορροής ενός ποταμού και το αποτύπωμά της υπολογίζεται ως το άθροισμα όλων των υδατικών αποτυπωμάτων των διαδικασιών στην περιοχή:

$$WF_{\text{area}} = \sum_{i=1}^n WF_{\text{process},i}$$

Για παράδειγμα, οι Ηνωμένες Πολιτείες εξάγουν περίπου 26 εκατομμύρια μετρικούς τόνους σίτου ετησίως, και το συνολικό υδατικό αποτύπωμα που απαιτείται για την παραγωγή τόσο πολύ σιταριού είναι περίπου 570 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα.

Παρακάτω εμφανίζονται αναλυτικά τα υδατικά αποτυπώματα αρκετών χωρών :



Εικόνα7. Υδατικά Αποτύπωμα Χωρών 1996-2005 (Daniel Dourte UNIVERSITY OF FLORIDA)

Ωστόσο πρόσφατη έρευνα (2014) έδειξε πως το δεύτερο υψηλότερο υδατικό αποτύπωμα στον κόσμο έχει η χώρα μας, κυρίως λόγω της μεγάλης κατανάλωσης νερού στη γεωργία, που υπολογίζεται στα 14,8 δισ. Κυβικά μέτρα το χρόνο. Εκτός από προφανείς επιπτώσεις για το περιβάλλον, η σπατάλη νερού στη χώρα μας πλήττει και την κερδοφορία των παραγωγών.



Εικόνα 8. Χώρες με τη μεγαλύτερη κατανάλωση νερού (www.naturangr.gr)

➤ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΜΙΑΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Η γεωργία είναι υπεύθυνη για περίπου το 85% της συνολικής παγκόσμιας, καταναλωτικής χρήσης του γλυκού νερού.

Τα υδατικά αποτυπώματα ειδικών συστημάτων διαχείρισης μπορεί να είναι σημαντικά εργαλεία για την εξέταση των επιπτώσεων που προκύπτουν από τη διαχείριση του νερού από μια ποικιλία επιλογών διαχείρισης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Για παράδειγμα, αλλαγές στη διαχείριση της άρδευσης και του οργώματος μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στα υδατικά αποτυπώματα σε επίπεδο γεωργικής εκμετάλλευσης.

Το υδατικό αποτύπωμα μιας καλλιέργειας υπολογίζεται ως εξής:

$$WF_{\text{crop}} = WF_{\text{crop,green}} + WF_{\text{crop,blue}} + WF_{\text{crop,grey}}$$

[Volume/mass]

Όπου,

$$WF_{\text{crop,green}} = \frac{ET_{\text{green}}[\text{volume/area}]}{\text{Yield} [\text{mass/area}]} ;$$

$$WF_{\text{crop,blue}} = \frac{ET_{\text{blue}}[\text{volume/area}]}{\text{Yield} [\text{mass/area}]} ;$$

$$WF_{\text{crop,grey}} = \frac{\frac{L}{c_{\text{maximum}} - c_{\text{natural}}} [\text{volume/area}]}{\text{Yield} [\text{mass/area}]} .$$

Μια αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ των υδατικών αποτυπωμάτων των διαδικασιών και των καλλιεργειών είναι οι μονάδες που εκφράζονται σε όγκο ανά μονάδα μάζας (λίτρα / kg ή, ισοδύναμα, m³ / τόνο). Τόσο ο χρόνος όσο και η περιοχή περιλαμβάνονται εμμέσως στον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος μιας καλλιέργειας.

Η απόδοση του συστήματος συνήθως μετριέται σε μάζα ανά μονάδα επιφάνειας, και η απόδοση που παράγεται κατά τη διάρκεια κάποιας χρονικής περιόδου (συνήθως περίπου 4-6 μήνες για τις περισσότερες ετήσιες καλλιέργειες). Επίσης, η μπλε και πράσινη εξατμισοδιαπνοή (ET) μετριέται σε μονάδες βάθους (mm) και η μετατροπή

αυτών των μονάδων απαιτεί πολλαπλασιασμό τους με τις μονάδες της περιοχής που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της απόδοσης (εκτάριο ή στρέμμα), δίνοντας την εξατμισοδιαπνοή (ET) σε μονάδες όγκου / περιοχή.

2.3.4 Η σημασία του υδατικού αποτυπώματος

Παρά την δυνατότητα ανανέωσης του γλυκού νερού η διαθεσιμότητα του είναι περιορισμένη στον χώρο και τον χρόνο. Προκειμένου να διατηρηθούν οι πληθυσμοί ένα ορισμένο ποσό νερού είναι απαραίτητο και εκτιμάται σε περίπου 1.300 m³ / έτος / άτομο.

Το υδατικό αποτύπωμα παρέχει τη δυνατότητα να λογοδοτήσουν οι πληθυσμοί για τους τύπους των υδάτινων πόρων (Βροχόπτωση, επιφανειακά ύδατα, ή υπόγεια ύδατα) που χρησιμοποιούν και που.

Οι μπλε πόροι, συμπεριλαμβανομένων των λιμνών, των ποταμών και των υπόγειων υδάτων αναπληρώνονται με ρυθμό που καθορίζεται από ατμοσφαιρικά και τοπικά χαρακτηριστικά. Οι διαθέσιμοι πράσινοι πόροι (ή το ποσό της βροχόπτωσης που χρησιμοποιείται) εξαρτώνται από τις βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια κάποιας χρονικής περιόδου και της κατάτμησης της βροχής σε πράσινες και μπλε ροές, η οποία καθορίζεται από τη διαχείριση της γης και τα τοπικά χαρακτηριστικά.

Η βιωσιμότητα της χρήσης μπλε νερού μπορεί να αξιολογηθεί με τη σύγκριση ενός μπλε υδατικού αποτυπώματος κάποιας περιοχής [όγκος / χρόνο] με τον εκτιμώμενο ρυθμό ανανέωσης των μπλε πόρων. Αυτό έγινε σε παγκόσμια κλίμακα, και εκτιμήθηκε ότι μέχρι και 25% του νερού που καταναλώνεται προερχόμενο από άρδευση δεν είναι βιώσιμο, που σημαίνει ότι υπερβαίνει τα τοπικά ποσοστά ανανέωσης.

Ο συμπληρωματικός χαρακτήρας της μπλε χρήσης του νερού και της πράσινης έχει σημαντικές επιπτώσεις στη διαχείριση των πόρων. Για παράδειγμα, εάν το μπλε υδατικό αποτύπωμα ορισμένων γεωργικών συστημάτων είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το ποσοστό ανανέωσης των μπλε υδάτινων πόρων, τότε η επέκταση της χρήσης πράσινου νερού μπορεί να αξιολογηθεί ως ένας τρόπος για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό, μειώνοντας παράλληλα το μπλε υδατικό αποτύπωμα.

Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι σε συστήματα ξηρασίας δεν υπάρχει συμπληρωματική μείωση της χρήσης του μπλε νερού για να συνοδεύσει μια αύξηση στη ροή πράσινου νερού.

Παρακάτω συνοψίζονται κάποιες επιλογές για τη μείωση του μπλε υδατικού αποτυπώματος αυξάνοντας την παραγωγική χρήση των βροχοπτώσεων:

Management options	Green water use	Blue water use
Water harvesting: tillage or reservoirs/ponds	↑	↓
Reduced or zero tillage	↑	↓
Contour planting	↑	↓
Terracing	↑	↓
High residue cover crops	↑	↓
Rotations with perennials	↑	↓
Variable-rate irrigation application		↓
Soil-moisture or ET-based irrigation controllers		↓

Εικόνα 9. Παραδείγματα της διαχείρισης για την αύξηση της πράσινης χρήσης ύδατος προκειμένου να μειωθεί το μπλε της χρήσης νερού (Daniel Dourte UNIVERSITY OF FLORIDA)

Αποφασίζοντας εάν πράσινη χρήση του νερού σε κάποια λεκάνη είναι βιώσιμη θα πρέπει να ξεκινήσουμε με την αξιολόγηση του πόσο πράσινο νερό είναι διαθέσιμο, το οποίο μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση αυτή:

$$WA_{green}[x,t] = ET_{green}[x,t] - ET_{environmental}[x,t] - ET_{unproductive}[x,t]$$

[volume/time]

Όπου $WA_{green}[x,t]$ είναι το συνολικά διαθέσιμο πράσινο νερό σε μια λεκάνη κατά τη διάρκεια κάποιου χρόνου t , $ET_{green}[x,t]$ είναι η συνολική εξατμισοδιαπνοή των βροχοπτώσεων στη λεκάνη, το $ET_{environmental}[x,t]$ είναι η ροή των βροχοπτώσεων που προορίζεται για τα φυσικά οικοσυστήματα, και $ET_{unproductive}[x,t]$ είναι η ροή των βροχοπτώσεων στις περιοχές της λεκάνης που είναι ακατάλληλες για τη γεωργία. Ομοίως, η διαθεσιμότητα του μπλε νερού μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$WA_{blue}[x,t] = Rainfall[x,t] - ET_{green}[x,t] - EFR[x,t]$$

[volume/time]

Όπου $WA_{blue}[x,t]$ είναι το συνολικά διαθέσιμο μπλε νερό σε μια x λεκάνη κατά τη διάρκεια κάποιου χρόνου t , $rainfall[x,t]$, είναι η ποσότητα της καθίζησης των βροχοπτώσεων, $ET_{green}[x,t]$ είναι η συνολική εξατμισοδιαπνοή των βροχοπτώσεων στη λεκάνη, και $EFR[x,t]$ είναι η απαιτούμενη περιβαλλοντική ροή, η οποία είναι η επιφανειακή απορροή και η επαναφόρτιση των υπόγειων υδάτων, που απαιτείται για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από αυτές τις ροές. Αυτά τα ισοζύγια νερού μπορούν να δώσουν εκτιμήσεις για το πόσο πράσινο και μπλε νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί με βιώσιμο τρόπο.

2.3.5 Εφαρμογές του υδατικού αποτυπώματος

- ✓ Επιτυγχάνεται σύγκριση στα συστήματα διαχείρισης σε διάφορες περιοχές /κλίματα: Περιφερειακές συγκρίσεις υδατικών αποτυπώματων ορισμένων καλλιεργειών μπορεί να υποδηλώνουν ότι η παραγωγή θα πρέπει να μετατοπιστεί σε μια περιοχή όπου η παραγωγή θα έχει χαμηλότερο αποτύπωμα νερού.
- ✓ Μελετάται η αύξηση της ανθεκτικότητας στην αλλαγή του κλίματος: Η εκτίμηση των επιπτώσεων στη γεωργία που προκύπτουν από προβλεπόμενες και παρατηρούμενες αλλαγές στο κλίμα μπορεί να γίνει με τη χρήση του υδατικού αποτυπώματος, το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την απόδοση και τη χρήση του νερού συνδεδεμένο με τον τόπο και το χρόνο. Για παράδειγμα, αυξανόμενη μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων σε ξηρικά συστήματα μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο αποτύπωμα νερού λόγω της μειωμένων αποδόσεων, εκτός εάν οι αλλαγές στη διαχείριση είναι σε θέση να μειώσουν τις επιπτώσεις της ξηρασίας.
- ✓ Αναλύονται δημόσιες πολιτικές που ενδέχεται να επηρεάσουν τη χρήση του νερού: Ένα παράδειγμα είναι η αξιολόγηση της βιομηχανικής και γεωργικής πολιτικής χρησιμοποιώντας υδατικά αποτυπώματα και κάποιο μέτρο του ποσοστού λειψυδρίας. Το υδατικό αποτύπωμα έχει δείξει ότι περίπου 350 δισεκατομμύρια m³ / έτος σώζονται ως ακούσια συνέπεια του διεθνούς εμπορίου τροφίμων.
- ✓ Αξιολογείται το επίπεδο βιωσιμότητας μιας λεκάνης: το υδατικό αποτύπωμα παρέχει πληρέστερη ενημέρωση (τόσο πράσινη και η μπλε καταναλωτική χρήση) σε σύγκριση με την εξέταση μόνο των συνολικών αναλήψεων νερού.
- ✓ Συνδέεται η κατανάλωση με την περιοχή: Το υδατικό αποτύπωμα για ένα βαμβακερό μπλουζάκι στις ΗΠΑ μπορεί να βασίζεται σε καταναλωτική χρήση νερού στην Κίνα και τη Μαλαισία.
- ✓ Είναι δυνατόν να επισημανθούν κάποια προϊόντα ώστε να επιτευχθεί αύξηση της ευαισθητοποίησης για τη χρήση του νερού. Παρέχοντας μια ταμπέλα υδατικού αποτυπώματος στα τρόφιμα θα μπορούσαν οι καταναλωτές να διαθέτουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος και την τοποθεσία του υδατικού αποτυπώματος ενός προϊόντος.

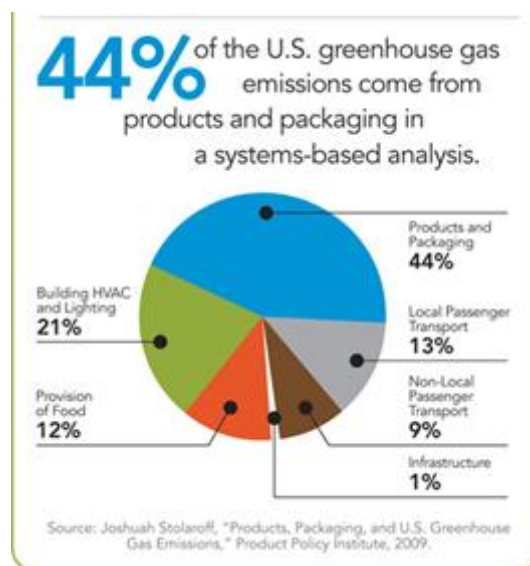
2.4 Ανθρακικό αποτύπωμα

2.4.1 Εισαγωγή

Καθώς το φαινόμενο του θερμοκηπίου ολοένα και εντείνεται λόγω των αυξημένων δραστηριοτήτων στη βιομηχανία, ο όρος αποτύπωμα άνθρακα μοιάζει πιο επίκαιρος από ποτέ.

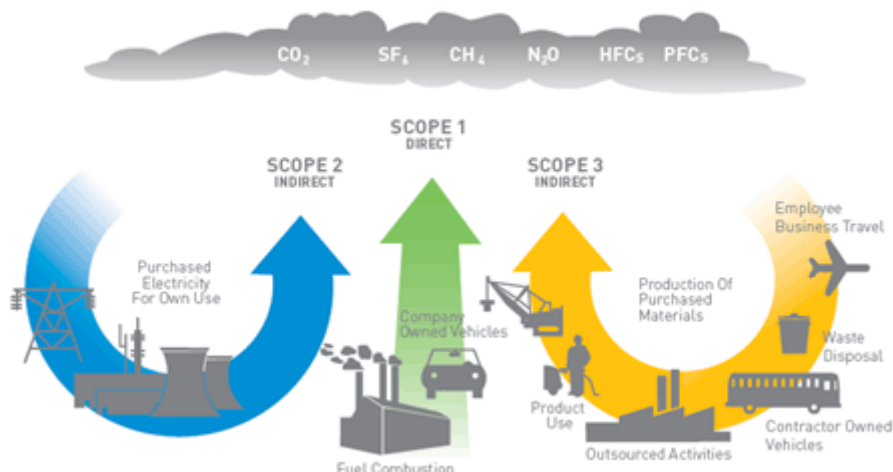
Το ανθρακικό αποτύπωμα αποτελεί απαραίτητο εργαλείο για τη μετατροπή μιας εφοδιαστικής αλυσίδας σε πράσινη (Emmet & Sood, 2010) και αποτελεί μέρος της ανάλυσης κύκλου ζωής. Ορίζεται ως ένα σύνολο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προκαλείται από διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Κατά κύριο λόγο το αέριο που παράγεται μέσω αυτών των δραστηριοτήτων είναι το CO₂ για αυτό και οι συνολικές εκπομπές αερίων μετρούνται σε ισοδύναμες μονάδες CO₂.

Κατά συνέπεια το ανθρακικό αποτύπωμα ορίζεται ως ένα μέτρο την συνολικής ποσότητας εκπομπών του CO₂ που είτε άμεσα είτε έμμεσα συσσωρεύονται κατά τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος (Wiedmann & Minx, 2008), δηλαδή από την εξαγωγή της πρώτης ύλης, μέσω της παραγωγής, της συσκευασίας και των logistics, έως την απόρριψη ή ανακύκλωση του τελικού προϊόντος (Carbon Trust, 2007). Όπως επισημαίνεται και από την εικόνα που παρατίθεται η βιομηχανία αποτελεί την μεγαλύτερη πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.



Εικόνα 10. Πηγές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στις Η.Π.Α. (Source: 'Products, Packaging and U.S. Greenhouse Gas Emissions', Product Policy Institute 2009)

Τα πεδία που λαμβάνουν μέρος στην ανάλυση κύκλου ζωής για την ανάλυση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ποικίλουν και η συμβολή τους είναι είτε άμεση είτε έμμεση. Ένα παράδειγμα έμμεσης εκπομπής είναι η κατανάλωση ενέργειας ενώ άμεσης η χρησιμοποίηση οχημάτων από τη βιομηχανία και η κάυση καυσίμων.



Εικόνα 11. Άμεσες και έμμεσες πηγές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Source: BahtiaandRanganathan, 2004)

Η AKZ και κατά συνέπεια το ανθρακικό αποτύπωμα έχουν ζωτική σημασία για μια επιχείρηση καθώς της δίνουν τη δυνατότητα να ελέγξει τη γραμμή παραγωγής της και να δημιουργήσει προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον ικανοποιώντας πιθανές προσδοκίες των καταναλωτών. Αρκετά προϊόντα παγκοσμίως έχουν ήδη ετικέτα όπου αναγράφεται το ανθρακικό τους αποτύπωμα ώστε ο καταναλωτής να επιλέγει συνειδητά προϊόντα με λιγότερους ρύπους (Hogevold, Svensson 2012).

2.4.2 Πρωτόκολλο του Κιότο

Τον Δεκέμβριο του 1997 συντάχθηκε το πρωτόκολλο του Κιότο και τέθηκε σε ισχύ το Φεβρουάριο του 2005 ενώ η πρώτη περίοδος ανάληψης υποχρεώσεων διήρκεσε την περίοδο 2008-2012.

Αποτελεί μια διεθνή συνθήκη στο πλαίσιο των ηνωμένων εθνών για την κλιματική αλλαγή η οποία υποχρεώνει τα συμβαλλόμενα μέρη να θέσουν δεσμευτικούς στόχους για την μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Οι συμβαλλόμενες χώρες υποχρεούνται να εξασφαλίσουν, είτε χωριστά είτε από κοινού, ότι οι συνολικές τους εκπομπές που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (εκφρασμένες σε ισοδύναμες μονάδες CO₂) δε θα υπερβούν τις καταλογισθείσες ποσότητες, οι οποίες υπολογίζονται σύμφωνα με τις υποχρεώσεις που έχουν αναλάβει για τον περιορισμό των αερίων εκπομπών. Το Δεκέμβριο του 2012 στη Ντόχα, λήφθηκε η απόφαση για συνέχιση των δεσμεύσεων για την περίοδο 2013-2020, ενώ το Πρωτόκολλο 21 τροποποιήθηκε και επικαιροποιήθηκε (United Nations, 2012).

Το Πρωτόκολλο καθορίζει τα αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ελέγχονται από τους μηχανισμούς του Πρωτοκόλλου (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ και NF₃, το οποίο εισήχθη κατά τη δεύτερη περίοδο), καθώς και τις διάφορες κατηγορίες πηγών που είναι υπεύθυνες για την εκπομπή τους. Ενδεικτικά, οι πηγές αυτές μπορεί να είναι η χρήση ενέργειας στη βιομηχανία και τις

μεταφορές, οι βιομηχανικές διεργασίες, η χρήση διαλυτών και άλλων προϊόντων, η γεωργία, αλλά και η διαχείριση αποβλήτων. Παράλληλα, το Πρωτόκολλο παρουσιάζει τους στόχους των συμβαλλόμενων χωρών όσον αφορά την ποσοστιαία μείωση των εκπομπών τους για κάθε περίοδο δέσμευσης. Για παράδειγμα, η Ελλάδα θα έπρεπε να μειώσει 8% τις εκπομπές της στο τέλος του 2012 και κατά τις 20% στο τέλος του 2020 σε σχέση με το έτος βάσης 1990. Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο προβλέπονται τρεις μηχανισμοί μέσω των οποίων οι χώρες δύνανται να επιτύχουν μείωση των εκπομπών τους. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι: (i) η εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών, (ii) το πρόγραμμα Κοινής Εφαρμογής, και (iii) ο μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης.

2.4.3 Υπολογισμός ανθρακικού αποτυπώματος

Στον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος λαμβάνουν μέρος αρκετά στάδια, καθώς αποτελεί μέρος της ανάλυσης κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Τα αέρια που λαμβάνονται υπόψη είναι το CO₂, το CH₄ και το N₂O που αποτελούν και τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου που ευθύνονται για την κλιματική αλλαγή του πλανήτη. Οι επιπτώσεις στην κλιματική αλλαγή μετρούνται σε χιλιόγραμμα ισοδύναμου CO₂ (δηλαδή ο αντίκτυπος του αθροίσματος των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) μετατρέπεται σε ένα αντίκτυπο στις εκπομπές CO₂ μόνο, λαμβάνοντας υπόψη ένα χρονικό ορίζοντα 100 χρόνια). Κατά συνέπεια 1 kg CO₂ ισούται με 1 kg CO₂-eq, 1 kg CH₄ αντιστοιχεί σε 25 kg CO₂-eq και 1 κιλό N₂O αντιστοιχεί σε 298 kg CO₂-eq (I.D.F., Belgium 2009).

Σημαντικό ρόλο κατά τη διάρκεια κύκλου ζωής ενός προϊόντος διαδραματίζει και η κατανάλωση ενέργειας στα διάφορα στάδια η οποία αποτελεί *έμμεση εκπομπή CO₂*. Συνήθως οι επιπτώσεις για τους πόρους μετρούνται σε MJ, τα οποία αντιπροσωπεύουν την ενέργεια που περιέχεται σε ορυκτά καύσιμα και το ουράνιο (για την ενεργειακή κατανάλωση), καθώς και την αναγκαία για την εξαγωγή των ενεργειακών πόρων. Η εξάντληση των πόρων ολοένα και αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου και έτσι απαιτείται περισσότερη ενέργεια για την εξαγωγή των μη ανανεώσιμων πόρων.

Συνοψίζοντας η ανάλυση κύκλου ζωής επιτυγχάνει την μελέτη των διαφόρων σταδίων ζωής ενός προϊόντος επισημαίνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κάθε σταδίου, προτείνοντας τρόπους μείωσης των επιπτώσεων, δείχνοντας τη συνεισφορά του κάθε σταδίου στους περιβαλλοντικούς ρύπους. Αναδεικνύεται επομένως η ανάγκη καταγραφής του ανθρακικού αποτυπώματος για τα προϊόντα.

Ένας αξιόπιστος τρόπος μέτρησης και καταγραφής του αποτυπώματος επιτυγχάνεται μέσω του προτύπου PAS 2050 (επικαιροποίηση το 2011) το οποίο υιοθετήθηκε από τον Βρετανικό Οργανισμό τυποποίησης το 2008. Σύμφωνα με αυτό λαμβάνονται υπόψη οι εκπομπές και οι απορροφήσεις στην ατμόσφαιρα για τον υπολογισμό του συνολικού αριθμού των αερίων του θερμοκηπίου σε όλο τον κύκλο ζωής του

προϊόντος. Η ακόλουθη μέθοδος είναι αυτή που χρησιμοποιείται από το πρότυπο ανά λειτουργική μονάδα του υπό εξέταση προϊόντος (BSILondon,2011):

- ✓ Προσδιορίζονται οι εκπομπές και απορροφήσεις για κάθε δραστηριότητα εντός των ορίων του συστήματος ως πρωταρχικά δεδομένα δραστηριότητας ή δευτερογενή δεδομένα, με τις εκπομπές να περιλαμβάνονται ως θετικές τιμές και τις απορροφήσεις ως αρνητικές.
- ✓ Μετατρέπονται τα δεδομένα σε GHG εκπομπές και απορροφήσεις ανά λειτουργική μονάδα του υπό εξέταση προϊόντος με τον πολλαπλασιασμό των δεδομένων με τον συντελεστή εκπομπών για κάθε δραστηριότητα.
- ✓ Μετατρέπονται οι εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και των δεδομένων σε ισοδύναμες μονάδες CO₂ πολλαπλασιάζοντας το καθένα με το αντίστοιχο GWP.
- ✓ Αθροίζονται οι εκπομπές και απορροφήσεις του CO₂ που εμφανίζονται στον κύκλο ζωής του προϊόντος

Μια εξίσωση που ικανοποιεί το ανθρακικό αποτύπωμα είναι η ακόλουθη η οποία πραγματοποιείται αφού προσδιοριστούν οι ποσότητες υλικών και ενέργειας που απαιτούνται για την παραγωγή καποιου προϊόντος όπως και η ποσότητα των αποβλήτων:

$$CF = \sum_{j=1}^J \sum_{g=1}^G A_j \cdot C_{g,j} \cdot GWP_g$$

Όπου,

CF: το ανθρακικό αποτύπωμα του προϊόντος

j: πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

A_j: δεδομένα δραστηριότητας για την j πηγή εκπομπών

C_{g,j}: συντελεστής εκπομπής του g αερίου του θερμοκηπίου για την j πηγή εκπομπών

GWP_g: παγκόσμιο δυναμικό θέρμανσης του g αερίου του θερμοκηπίου

Η ΑΚΖ της σκόνης μίγματος ανθού αραβοσίτου θα επικεντρωθεί στις εκπομπές αέριων του θερμοκηπίου(ανθρακικό αποτύπωμα) και στο νερό που χρησιμοποιείται στα διάφορα στάδια(υδατικό αποτύπωμα). Πρώτα θα μελετηθούν όμως τα αποτυπώματα της παραγωγής του κάθε συστατικού της σκόνης.

2.5 Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. BSI BRITISH STANDARDS 2011: PAS 2050,2011 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services

2. Carbon Trust, 2007. Carbon Footprint Measurement Methodology. URL: http://rpm-solutions.ca/CSR/CarbonFootprint_methodology_full.pdf
3. CML (Centre for Environmental Studies) (2010), CML-IA Characterisation Factors Database, University of Leiden, Netherlands
4. Daniel R. Dourte and Clyde W. Fraisse, 'What is a water footprint', University of Florida 2011
5. Emmett S., Sood V., 2010. Green Supply Chains: An Action Manifesto. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, United Kingdom
6. Hogevoold N., Svensson G. (2012) A BUSINESS SUSTAINABILITY model a European case study journal of business and industrial marketing
7. International Dairy Federation, Environmental/ecological impact of the dairy sector, Belgium 2009
8. ISO 14040 (2006), Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework, International Organisation for Standardisation (ISO), Geneva
9. ISO 14044 (2006), Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines, International Organisation for Standardisation (ISO), Geneva
10. Pennington D.W., Potting J., Finnveden G., Lindeijer E., Jolliet O., Rydberg T. and G. Rebitzer (2004), A Life cycle assessment: Part 2: Current impact assessment practice, Environment International, 30(5), July 2004
11. PRé Consultants (2000), Eco-indicator 99 - A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, Government of the Netherlands, Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment
12. SETAC (2002), Life-Cycle Impact Assessment: Striving towards Best Practice, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).
13. United nations 2012 Kyoto, protocol framework convention on climate change
14. Wiedmann T., Minx J., 2008. A Definition of 'Carbon Footprint'. Ecological Economics Research Trends, C. Petsova (Ed.), Chapter 1, 1-11. Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA.
15. Wikipedia
16. Κορωναίος Χρ. (2008), Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Η ολοκληρωμένη Περιβαλλοντική Προσέγγιση στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη, Σημειώσεις -

Διεπιστημονικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.) του Ε.Μ.Π.
“Περιβάλλον και Ανάπτυξη”.

17. Μουσιόπουλος, Ν. (1999). «Ανάλυση Κύκλου Ζωής», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

3. Παραγωγή σκόνης μίγματος ανθού αραβοσίτου

3.1 Εισαγωγή

Η Επεξεργασία Τροφίμων

Η Επεξεργασία τροφίμων είναι η μετατροπή των πρώτων υλών, μέσω φυσικών ή χημικών διαδικασιών σε τρόφιμα, ή των τροφίμων σε άλλες μορφές. Συνδυάζει ακατέργαστα συστατικά τροφίμων για την παραγωγή εμπορεύσιμων προϊόντων που μπορούν να παρασκευαστούν εύκολα και εξυπηρετούν τον καταναλωτή.

Περιλαμβάνει συνήθως δραστηριότητες όπως το άλεσμα, την απόσταξη, την υγροποίηση, την γαλακτωματοποίηση, το μαγειρέμα (όπως το βράσιμο, ψήσιμο, τηγάνισμα), την αποσκωρίωση, την παστερίωση και πολλά άλλα είδη διατήρησης του τροφίμου.

Η ιστορία της Επεξεργασίας Τροφίμων

Η επεξεργασία τροφίμων χρονολογείται από τους προϊστορικούς χρόνους. Στη βασική επεξεργασία τροφίμων εμπλέκονταν χημικές ενζυματικές αλλαγές στην βασική δομή των τροφίμων στη φυσική τους μορφή. Η επεξεργασία χρησίμευσε ιδιαίτερα για να χτίσει ένα φράγμα έναντι της μικροβιακής δραστηριότητας που ευθύνεται για την ταχεία φθορά των τροφίμων. Η διαδικασία χρησιμοποίησης του αλατιού για την συντήρηση των τροφίμων ήταν ιδιαίτερα συνηθισμένο φαινόμενο

στους πολεμιστές ή ναυτικούς. Οι διαδικασίες αυτές χρησιμοποιήθηκαν μέχρι την εισαγωγή των μεθόδων κονσερβοποίησης.

Αποδεικτικά στοιχεία για την ύπαρξη αυτών των μεθόδων βρέθηκαν στα γραπτά των αρχαίων Ελλήνων, των Χαλδαίων, των Αιγυπτίων, στο Ρωμαϊκό πολιτισμό, καθώς και στα αρχαιολογικά ευρήματα από την Ευρώπη, τη Βόρεια και τη Νότια Αμερική και την Ασία. Αυτές οι δοκιμασμένες τεχνικές επεξεργασίας παρέμειναν ουσιαστικά ίδιες μέχρι την βιομηχανική επανάσταση.

Η σύγχρονη τεχνολογία επεξεργασίας τροφίμων αναπτύχθηκε το 19ο και 20ο αιώνα και αναπτύχθηκε σε ένα μεγάλο μέρος για να υπηρετήσει στρατιωτικές ανάγκες. Το 1809 ο Nicolas Appert επινόησε μια τεχνική εμφιάλωσης που θα συντηρούσε τα τρόφιμα για τα γαλλικά στρατεύματα που τελικά συνέβαλε στην ανάπτυξη της επικασσιτέρωσης, και στη συνέχεια κονσερβοποίησης από τον Peter Durand το 1810. Η παστερίωση, που ανακαλύφθηκε από τον Louis Pasteur το 1864, βελτίωσε την ποιότητα των κονσερβών και εισήγαγε το κρασί, την μπύρα και τη συντήρηση του γάλακτος.

Κατά τον 20ο αιώνα και την περίοδο του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, η αυξανόμενη καταναλωτική κοινωνία στις ανεπτυγμένες χώρες (συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένων Πολιτειών) συνέβαλε στην αύξηση της επεξεργασίας τροφίμων με καινοτομίες όπως η ξήρανση με ψεκασμό, συμπύκνωση χυμών, ξήρανση με κατάψυξη και στην εισαγωγή γλυκαντικών ουσιών, χρωστικών ουσιών, και στα συντηρητικά όπως το βενζοϊκό νάτριο. Στη Δυτική Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική, το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα παρατηρήθηκε μια αύξηση στην επιδίωξη του γρήγορου και εύκολου μαγερέματος.

3.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της επεξεργασίας τροφίμων

Πλεονεκτήματα

Οφέλη της επεξεργασίας τροφίμων είναι τα εξής η απομάκρυνση τοξινών, η συντήρηση, η διευκόλυνση της εμπορίας καθώς και η αύξηση της ζωής των τροφίμων. Επιπλέον, αυξάνει την ετήσια διαθεσιμότητα πολλών τροφίμων, επιτρέπει την μεταφορά ευαίσθητων ευπαθών τροφίμων σε μεγάλες αποστάσεις και κάνει πολλά είδη τροφίμων ασφαλή για κατανάλωση από την αλλοίωση παθογόνων μικροοργανισμών. Οι σύγχρονες υπερ-αγορές (σούπερ μάρκετ) δεν θα υπήρχαν χωρίς τις σύγχρονες τεχνικές επεξεργασίας τροφίμων.

Τα επεξεργασμένα τρόφιμα είναι συνήθως λιγότερο επιρρεπή σε πρόωρη φθορά από τα νωπά τρόφιμα και είναι καταλληλότερα για τις υπεραστικές μεταφορές από την πηγή στον καταναλωτή.

Όταν εισήχθησαν για πρώτη φορά, ορισμένα επεξεργασμένα τρόφιμα συνέβαλλαν στην αντιμετώπιση των ελλείψεων και βελτίωσαν τη συνολική διατροφή του πληθυσμού. Η επεξεργασία μπορεί επίσης να μειώσει την επίπτωση των τροφιογενών ασθενειών. Φρέσκα υλικά, όπως τα φρέσκα προϊόντα και τα ακατέργαστα κρέατα, είναι πιο πιθανό να φιλοξενούν παθογόνους μικροοργανισμούς (π.χ. σαλμονέλα) που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ασθένειες. Η εξαιρετικά ποικίλη σύγχρονη διατροφή είναι μόνο πραγματικά δυνατή σε μία ευρεία κλίμακα, λόγω της επεξεργασίας τροφίμων. Η πράξη της επεξεργασίας μπορεί συχνά να βελτιώσει σημαντικά τη γεύση των τροφίμων.

Η μαζική παραγωγή των τροφίμων είναι πολύ φθηνότερη από ό, τι συνολικά η ατομική παραγωγή των γευμάτων από πρώτες ύλες. Ως εκ τούτου, υπάρχει μια μεγαλύτερη δυνατότητα κέρδους για τους κατασκευαστές και τους προμηθευτές των μεταποιημένων προϊόντων διατροφής. Τα επεξεργασμένα τρόφιμα απάλλαξαν τον άνθρωπο από τη μεγάλη ποσότητα του χρόνου που απαιτείται για την προετοιμασία και το μαγείρεμα.

Η αύξηση του ελεύθερου χρόνου επιτρέπει στους ανθρώπους να έχουν περισσότερες επιλογές στον τρόπο ζωής από ό, τι στο παρελθόν (π.χ. πλήρως παρασκευασμένα-έτοιμα γεύματα που μπορεί να θερμανθούν σε φούρνο μικροκυμάτων μέσα σε λίγα λεπτά).

Η σύγχρονη επεξεργασία τροφίμων βελτιώνει επίσης την ποιότητα της ζωής των ανθρώπων με αλλεργίες, των διαβητικών και άλλων ατόμων που δεν μπορούν να καταναλώσουν κάποια κοινά στοιχεία τροφίμων. Η επεξεργασία τροφίμων μπορεί επίσης να προσθέσει επιπλέον θρεπτικά συστατικά όπως βιταμίνες.

Μειονεκτήματα

Κάθε επεξεργασία τροφίμων μπορεί να επηρεάσει τη θρεπτική πυκνότητα του τρόφιμου. Η ποσότητα των θρεπτικών συστατικών που χάνεται εξαρτάται από τη μέθοδο και την επεξεργασία που θα δεχθεί το εκάστοτε τρόφιμο. Για παράδειγμα, η θερμότητα καταστρέφει την βιταμίνη C. Ως εκ τούτου, τα κονσερβοποιημένα φρούτα έχουν λιγότερη βιταμίνη C από ότι τα φρέσκα φρούτα.

Το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ πραγματοποίησε μια μελέτη το 2004, δημιουργώντας ένα θρεπτικό πίνακα για διάφορα τρόφιμα. Με μια βιαστική ματιά του πίνακα προκύπτει ότι, στην πλειοψηφία των τροφίμων, η επεξεργασία μειώνει τα θρεπτικά συστατικά κατά ένα ελάχιστο ποσοστό. Κατά μέσο όρο η διαδικασία αυτή μειώνει οποιαδήποτε συγκεκριμένη θρεπτική ουσία από 5% έως 20%.

Η επεξεργασία των τροφίμων είναι τυπικά μια μηχανική διαδικασία που χρησιμοποιεί σε μεγάλο βαθμό ανάμειξη, άλεση, τεμαχισμό και γαλακτωματοποίηση κατά την διαδικασία παραγωγής. Αυτές οι διαδικασίες περιέχουν μια σειρά από κινδύνους μόλυνσης. Σημαντικό ρόλο παίζει στον περιορισμό μολύνσεων η συσκευασία του προϊόντος.

3.3 Συστατικά σκόνης και παραγωγή τους

Ένα μεγάλο φάσμα συστατικών χρησιμοποιείται στην επεξεργασία τροφίμων και στη ζαχαροπλαστική ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις του κάθε τρόφιμου. Αυτά μπορεί να είναι είτε γλυκαντικές ουσίες, είτε αρωματικές ύλες, είτε σταθεροποιητές, είτε ρυθμιστές οξύτητας κ.τ.λ. Ωστόσο μεγάλο ποσοστό της σύστασης του τροφίμου καταλαμβάνεται από κάποια βασικά συστατικά.

Η κύρια σύσταση της σκόνης μίγματος ανθού αραβοσίτου συντελείται από το αλεύρι, τη ζάχαρη, τη σκόνη γάλακτος και τη δεξτρόζη (από αραβόσιτο) και η παραγωγή του καθενός περιγράφεται λεπτομερώς παρακάτω.

3.3.1 Αλεύρι

Το αλεύρι ανήκει στις πρώτες ύλες, οι οποίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ζαχαροπλαστική και οι βιομηχανίες τροφίμων το χρησιμοποιούν σαν πρώτη ύλη για την παρασκευή των τελικών προϊόντων. Συνήθως ως πρώτη ύλη στην αλευροβιομηχανία χρησιμοποιείται το σιτάρι είτε μαλακό είτε σκληρό.

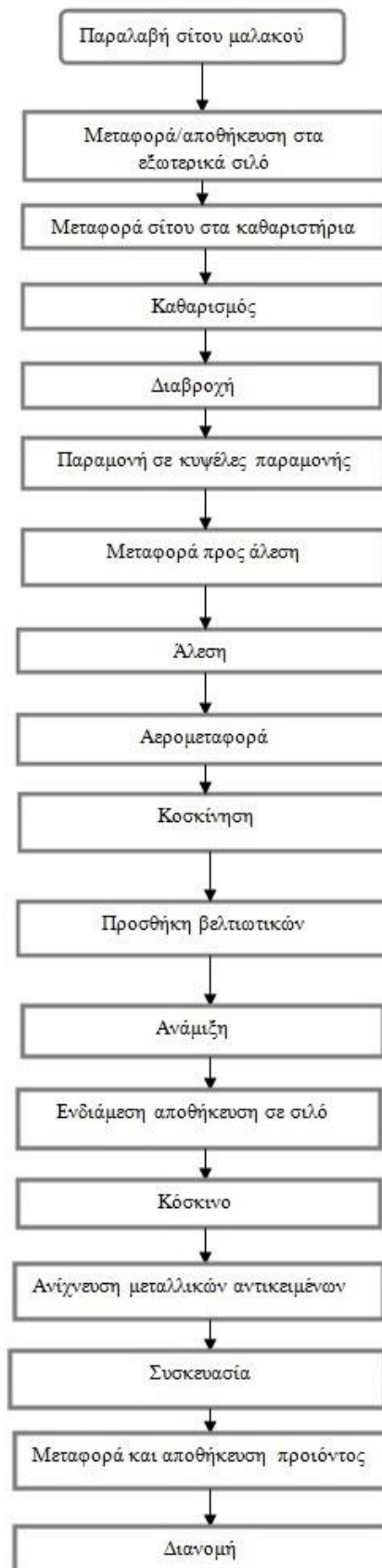
Κατά την άλεση των σιτηρών λαμβάνονται:

- α) Το μαλακό αλεύρι (από το μαλακό σιτάρι) το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ψωμιού και διαφόρων ειδών ζαχαροπλαστικής και
- β) το σιμιγδάλι και το κίτρινο αλεύρι, από τα οποία παράγονται τα διάφορα ζυμαρικά.

Η παρακολούθηση κάθε σταδίου της παραγωγικής διαδικασίας του προϊόντος είναι απαραίτητη. Τα κύρια στάδια παραγωγής του αλεύρου είναι τα εξής:

- Παραλαβή του σίτου
- Καθαρισμός
- Άλεση
- Ανάμιξη

Αναλυτικό διάγραμμα ροής με τα στάδια παραγωγής του αλεύρου παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής του αλευριού

3.3.1.2 Αναλυτική περιγραφή των σταδίων παραγωγής αλεύρου:

- **Παραλαβή σίτου**

Το σιτάρι κατά την εκφόρτωση ζυγίζεται, διέρχεται από μαγνήτη προκειμένου να αφαιρεθούν τυχόν μεταλλικά αντικείμενα και ακολούθως υποβάλλεται σε έναν αρχικό καθαρισμό που απομακρύνει με τη βοήθεια ροής αέρα μεγάλες σε σχήμα ξένες ύλες, ελαφρότερες του σιταριού, όπως ξύλα και χαρτιά. Στη συνέχεια αποθηκεύεται σε σιλό.

- **Καθαρισμός**

Ο διαχωρισμός των ακαθαρσιών από το σιτάρι γίνεται βάση μεγέθους, ειδικού βάρους, σχήματος και αντίστασης στον αέρα:

Διαχωρισμός βάση μεγέθους: Το σιτάρι περνάει πάνω από μεταλλικά κόσκινα όπου διαχωρίζονται ξένες ύλες μεγέθους μικρότερου ή μεγαλύτερου από αυτό του σιταριού.

Διαχωρισμός βάση σχήματος: Αν το σιτάρι περιέχει σφαιρικούς καρπούς και τροφοδοτηθεί σε ένα σπιράλ με κλίση, οι σφαιρικοί καρποί θα κινηθούν προς το εξωτερικό μέρος του σπιράλ από όπου θα μπορούν να συλλεχθούν ξεχωριστά από το σιτάρι.

Διαχωρισμός βάση ειδικού βάρους: Ορισμένες ξένες ύλες όπως πέτρες ή γυαλιά έχουν το ίδιο σχήμα και μέγεθος όπως το σιτάρι και δεν μπορούν να διαχωρισθούν εύκολα. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να γίνει διαχωρισμός βάση διαφοράς στο ειδικό βάρος, με τη βοήθεια κατάλληλης ροής αέρα που διαχωρίζει το σιτάρι από τις βαρύτερες από αυτό ύλες.

Διαχωρισμός βάση της αντίστασης στον αέρα: Ξένες ύλες που είναι ελαφρότερες του σιταριού όπως η σκόνη και η άμμος μπορούν να απομακρυνθούν με τη βοήθεια ισχυρού ρεύματος αέρα που περνάει μέσα από ένα λεπτό στρώμα σιταριού.

- **Διαβροχή**

Η υγρασία του σιταριού πρέπει να διατηρείται σε συγκεκριμένα επίπεδα, ώστε να επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του αλεύρου από τα πίτουρα. Η ποσότητα της προστιθέμενης υγρασίας και ο χρόνος παραμονής του σιταριού πριν την άλεση εξαρτάται από τη σκληρότητα του σιταριού, τις κλιματικές συνθήκες και τις προδιαγραφές υγρασίας του τελικού προϊόντος. Η ύγρανση του σιταριού επιτρέπει τον πιο αποτελεσματικό διαχωρισμό του πιτύρου από το ενδόσπερμα και τον κατάλληλο βαθμό μαλακότητας του εσωτερικού του καρπού ώστε να επιτυγχάνεται καλή απόδοση κατά την άλεση.

- Άλεση

Η άλεση πραγματοποιείται με τη βοήθεια κυλίνδρων και αποτελείται από τρία μέρη: Το σύστημα σπασίματος, που διαχωρίζει και απομακρύνει το ενδόσπερμα από το πίτυρο σε σχετικά μεγάλα κομμάτια, το σύστημα απόξυσης, που απομακρύνει μικρά κομμάτια πίτουρου και φύτρου που είναι προσκολλημένα στο ενδόσπερμα και τέλος το σύστημα μείωσης, που αλέθει το ενδόσπερμα σε αλεύρι. Κατά τη φάση του διαχωρισμού γίνεται το κοσκίνισμα και ο καθαρισμός. Το κοσκίνισμα, γενικά, επιτυγχάνει την ταξινόμηση του ενδοσπέρματος ανάλογα με το μέγεθος. Ο καθαρισμός είναι η διεργασία κατά την οποία το σιμιγδάλι και τα άλλα κλάσματα που προκύπτουν από το σπάσιμο του καρπού καθαρίζονται από το πίτυρο.

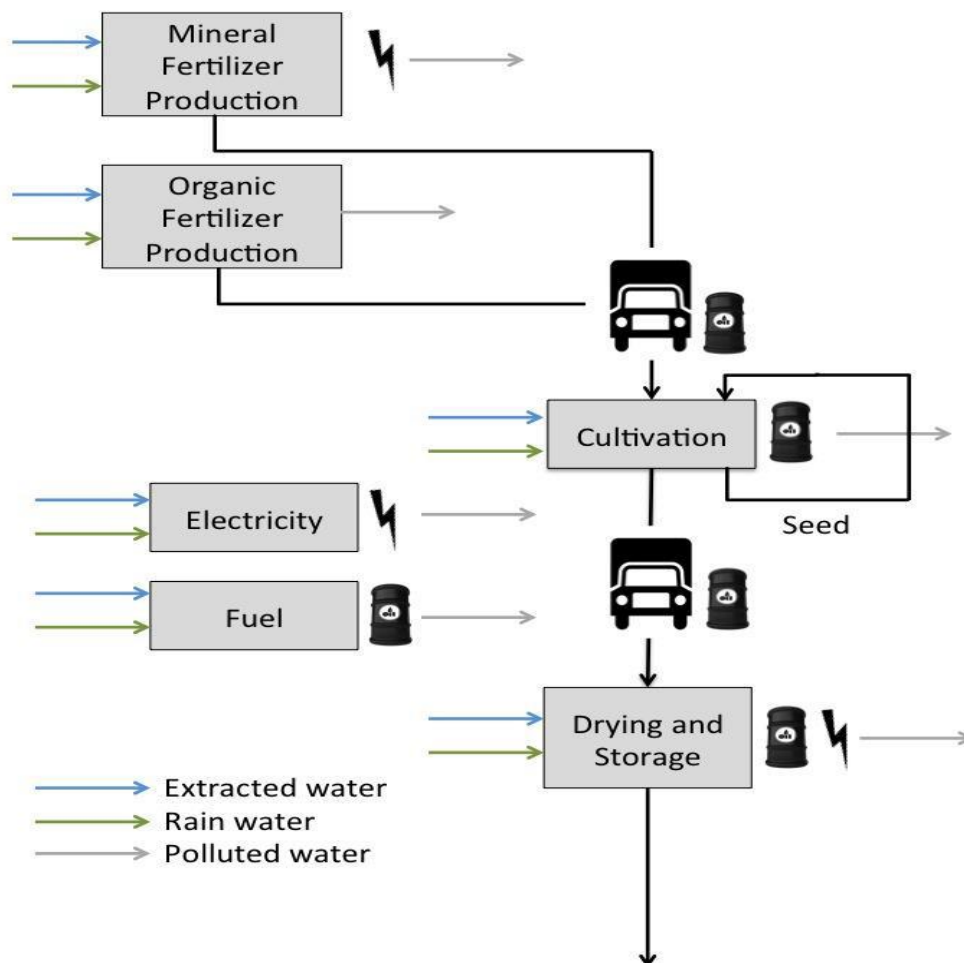
- Αποθήκευση και συσκευασία

Το παραγόμενο από την άλεση αλεύρι μεταφέρεται σε σιλόαποθήκευσης, κατασκευασμένο από ατσάλι ή τσιμέντο. Από εκεί το αλεύρι είτε θα οδηγηθεί κατευθείαν στη συσκευασία είτε στον αναμείκτη ώστε να αναμειχθεί με κάποιας άλλης ποιότητας αλεύρι και βελτιωτικά (γλουτένη, ασκορβικό οξύ, διάφορα ένζυμα, όπως η αμυλάση κ.ά.). Η τελική συσκευασία του αλεύρου ποικίλλει από πακέτο του 0,5 Kg μέχρι σακί των 50 Kg. Μπορεί όμως το αλεύρι να φορτώνεται και σε σιλοφόρο 25 τόνων. Αμέσως πριν την τελική συσκευασία πρέπει να μεσολαβεί κόσκινο κατάλληλης διαμέτρου και μεταλλικός ανιχνευτής για την απομάκρυνση τυχόν ξένων προς το αλεύρι υλικών, που για οποιοδήποτε λόγο δεν μπόρεσαν να απομακρυνθούν στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας του σιταριού.

3.3.1.3 Υδατικό αποτύπωμα αλεύρου

Σύμφωνα με μια μελέτη του τμήματος Υδατικών Πόρων Μηχανικής στο Πανεπιστήμιο του Lund και Lantmännen που πραγματοποιήθηκε από τον Henrik Sundberg το 2012, το υδατικό αποτύπωμα του αλευριού σίτου βρέθηκε να είναι $1,15 m^3$ (59,1 % πράσινο, 1,2% μπλε και 39,7 % γκρι) / kg αλεύρι , εκ των οποίων το 99 % προέρχεται από την εφοδιαστική αλυσίδα.

Οι εισροές υλικών στο στάδιο της καλλιέργειας περιορίζονται σε λιπάσματα και σπόρους, με το τελευταίο να μην χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία καθώς δεν επηρεάζει το συνολικό αποτέλεσμα. Το ίχνος νερού κάθε συστατικού υπολογίζεται και στη συνέχεια προστίθενται για να δημιουργήσει το αποτέλεσμα. Αυτά τα αποτυπώματα εκπροσωπούνται από τα πράσινα, μπλε και γκρι βέλη που εισέρχονται ή εξέρχονται κάθε πλαίσιο διαδικασίας στο παρακάτω σχήμα. Τα συστατικά του υδατικού αποτυπώματος, χωρίς γεωγραφικές πληροφορίες, όπως η ηλεκτρική ενέργεια και η παραγωγή καυσίμων, υποτίθεται ότι συμβαίνουν στην ίδια λεκάνη απορροής όπως η διαδικασία στην οποία ανήκουν. Η παραγωγή και η ρύπανση από φυτοφάρμακα και ζιζανιοκτόνα υποτίθεται ότι δεν έχουν καμία επίδραση στο σύστημα, αφού χρησιμοποιούνται σε σχετικά μικρές ποσότητες, πράγμα που σημαίνει ότι η χρήση της ενέργειας είναι χαμηλή στην παραγωγή, και το γκριζό αποτύπωμα νερού του αζώτου είναι σημαντικά υψηλότερο.



Σχήμα 2. Σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας σίτου (Henrik Sundberg, Lund University 2012)

Τα **ανόργανα λιπάσματα** που παράγονται από σταθεροποίηση του αζώτου σε έναν αριθμό ενώσεων εφαρμόζονται στο χωράφι καλλιέργειας σίτου. Το υδατικό αποτύπωμα που συνδέεται με αυτό προέρχεται από την ενέργεια που χρησιμοποιείται στις διαδικασίες στερέωσης, κυρίως από το φυσικό αέριο και κάποια ηλεκτρική ενέργεια.

Τα **οργανικά λιπάσματα** που θεωρείται ότι είναι η κοπριά από βοοειδή, έχουν ίχνη νερού που συνδέονται με την αύξηση των βοοειδών και την καλλιέργεια της τροφής για τα ζώα.

Η συνιστώσα **καλλιέργεια** περιλαμβάνει τα υδατικά αποτυπώματα για τις καλλιέργειες, καθώς μεγαλώνουν, που συσχετίζονται με την εξατμισοδιαπνοή της βροχής και το νερό άρδευσης, καθώς και το γκρι αποτύπωμα νερού τυχόν ρύπων έκπλυσης ή λιπασμάτων. Περιλαμβάνει επίσης τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στις γεωργικές δραστηριότητες, όπως η σπορά, το όργωμα, η συγκομιδή κ.λπ.

Η διαδικασία **ξήρανσης** χρησιμοποιεί το πετρέλαιο και την ηλεκτρική ενέργεια . Η αποθήκευση υποτίθεται ότι λαμβάνει χώρα στην ίδια τοποθεσία όπως η ξήρανση, μια απλούστευση για υπολογιστικούς σκοπούς.

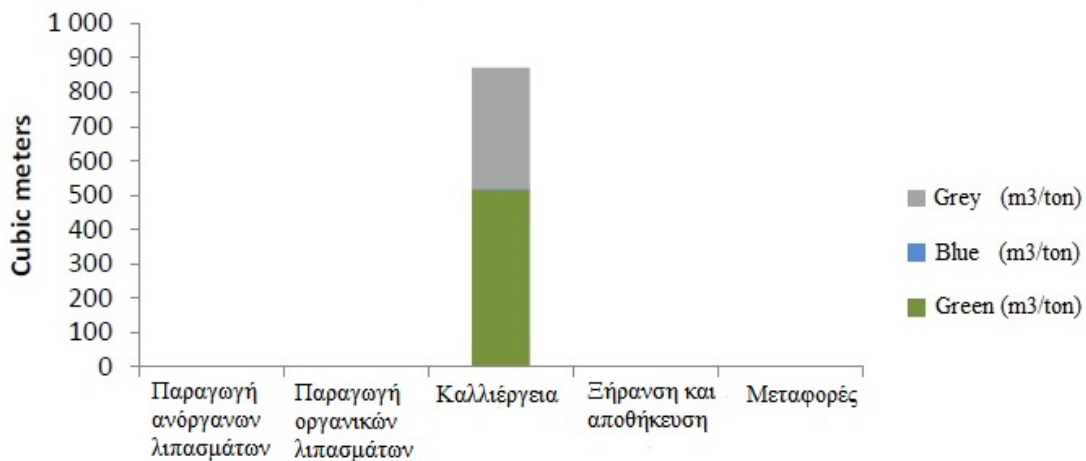
Τα υγρά **καύσιμα** , με τη μορφή του ντίζελ χρησιμοποιούνται σε πολλές από τις συνιστώσες του συστήματος Η παραγωγή αυτών διαφέρει πάρα πολύ , και τα ίχνη του νερού που σχετίζονται με τα ορυκτά ντίζελ συμβαίνουν στην εξόρυξη ενώ το αποτύπωμα νερού του βιο - ντίζελ προέρχεται από την καλλιέργεια των ενεργειακών καλλιεργειών .

Οι διάφορες πηγές παραγωγής **ηλεκτρικής ενέργειας** έχουν αποτυπώματα που προέρχονται από μια σειρά διαδικασιών . Η εξάτμιση από δεξαμενές νερού για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας συμβάλλει περίπου στο 65 % του αποτυπώματος νερού της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η παραγωγή ισχύος με βάση τη βιομάζα συμβάλλει σχεδόν στο 30 % .

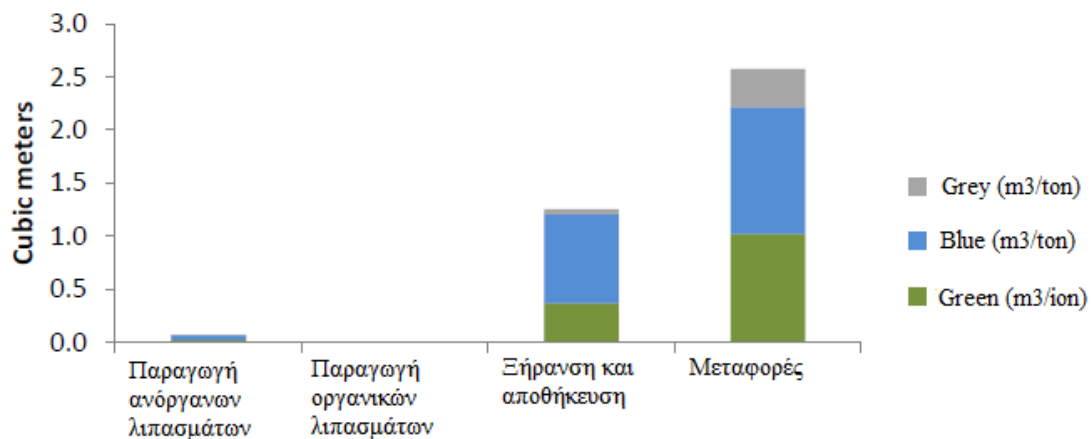
Η **μεταφορά** του σιταριού μεταξύ των διαφόρων πεδίων και εγκαταστάσεων συμβάλλουν στο υδατικό αποτύπωμα μέσω της χρήσης των καυσίμων και οι πηγές εξαρτώνται από τη σύνθεση του ντίζελ.

Πράσινο Μπλε	Γκρι (m ³ /ton)	Total (m ³ /ton)	Percent (m ³ /ton)	(m ³ /ton)	of total
Παραγωγή ανόργανων λιπασμάτων	0.020	0.046	0.003	0.069	0.008%
Παραγωγή οργανικών λιπασμάτων	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000%
Καλλιέργεια	519	4.8	347	871	99.555%
Ξήρανση-αποθήκευση	0.37	0.83	0.049	1.25	0.143%
Μεταφορές	1.02	1.20	0.36	2.58	0.294%
Total	520.0	6.9	348	875	100%

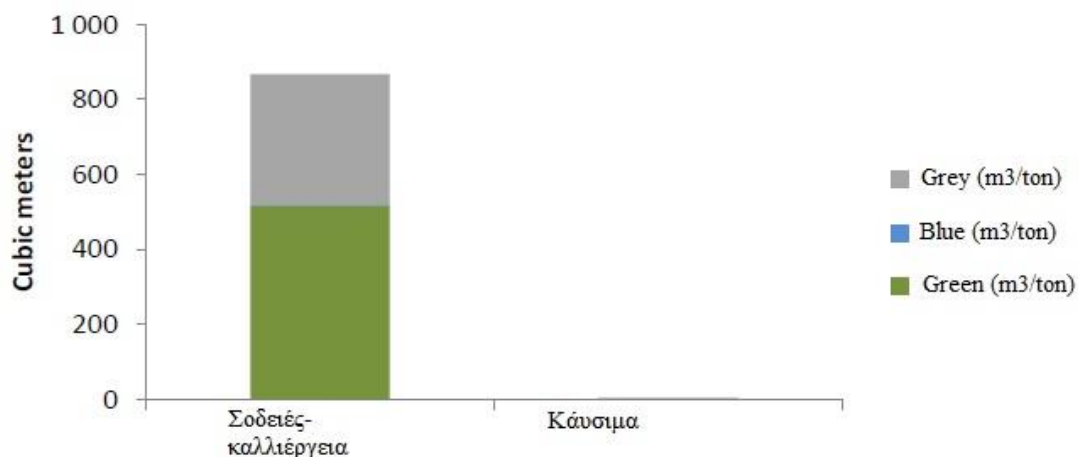
Πίνακας 1.Αποτελέσματα εφοδιαστικής αλυσίδας (στάδια στην γεωργία σίτου) για τις τρεις συνιστώσες του υδατικού αποτυπώματος (προσαρμοσμένο από HenrikSundberg, LundUniversity 2012)



Σχήμα 3. Διάγραμμα με τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας και τα αντίστοιχα υδατικά τους αποτυπώματα (προσαρμοσμένο από HenrikSundberg, LundUniversity, 2012)



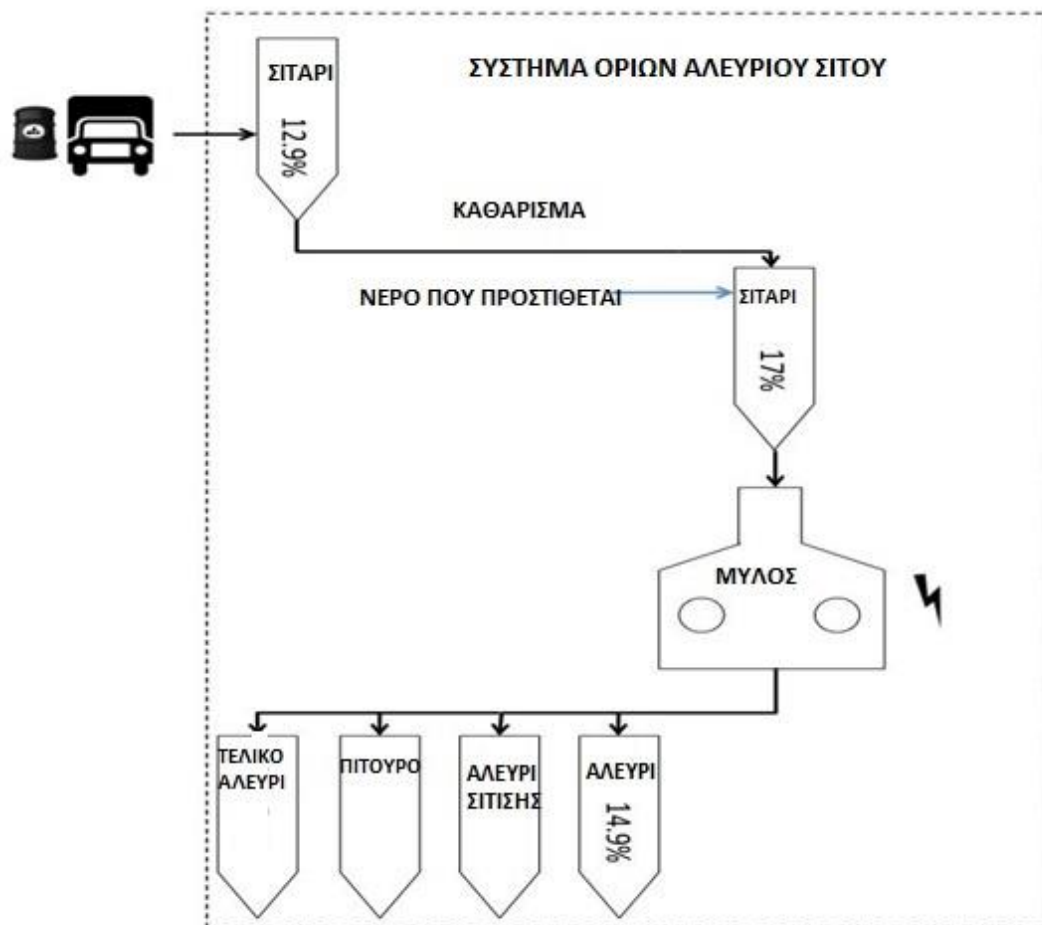
Σχήμα 4. Διάγραμμα που εξαιρεί την καλλιέργεια ώστε να μελετηθούν τα αποτυπώματα των υπόλοιπων σταδίων λεπτομερώς (προσαρμοσμένο από HenrikSundberg, LundUniversity, 2012)



Σχήμα 5. Διάσπαση του σταδίου καλλιέργειας σε καύσιμα και απαιτήσεις του νερού για τη καλλιέργεια της σοδειάς, με τη δεύτερη να αντιπροσωπεύει το 99.59% του σταδίου καλλιέργειας και το 99.14% της συνολικής εφοδιαστικής αλυσίδας (προσαρμοσμένο από Henrik Sundberg, Lund University, 2012)

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε από το Πανεπιστήμιο casestudy σε κάποιον μύλο της Σουηδίας για την περίοδο 2009-2010 ώστε να βρεθεί το υδατικό αποτύπωμα της επεξεργασίας σίτου για τη μετατροπή του σε αλεύρι. Η μελέτη περιλαμβάνει στο αποτύπωμα που προκύπτει τις εισροές από την καλλιέργεια σίτου, αλλά όχι την χρήση νερού που πραγματοποιείται στη συσκευασία. Η μονάδα μέτρησης είναι 1 kg αλευριού περιεκτικότητας νερού 14,9%.

Το αποτύπωμα νερού που σχετίζεται με την επεξεργασία βρίσκεται κυρίως στη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου, αλλά και στο νερό που προστίθεται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Το νερό υγιεινής που χρησιμοποιείται στην εγκατάσταση επιστρέφει στο δημοτικό σύστημα λυμάτων και στη συνέχεια υφίστανται επεξεργασία πριν να εισέλθει και πάλι στα υδάτινα συστήματα. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει γκρι αποτύπωμα νερού που σχετίζεται με το στάδιο επεξεργασίας.



Σχήμα 6. Σχηματική απεικόνιση της επεξεργασίας σίτου σε αλεύρι. (Τα ποσοστά δείχνουν το νερό που απαιτείται σε κάθε στάδιο) (Henrik Sundberg, Lunduniversity, 2012)

Η απόσταση μεταφοράς από την αποθήκη στον μύλο υποτίθεται ότι είναι 100 χιλιόμετρα και 15 348 τόνοι σιταριού φθάνουν στη μονάδα ετησίως. Αυτό δίνει ένα συνολικό ετήσιο υδατικό αποτύπωμα μεταφοράς: 14 600 m³ πράσινο, 17 100 m³ μπλε και 5 130 m³ γκρι (0,95 m³/τονπράσινο, 1,11 m³/τονμπλε και 0,334 m³/τονγκρι).

Ο μύλος χρησιμοποιεί περίπου 72240 GJ ή περίπου 20,07 GWh ηλεκτρικής ενέργειας και 9 419 GJ φυσικού αερίου ετησίως, και το 8,9% αυτής προορίζεται για την παραγωγή αλεύρου σίτου κατά κατανομή μάζας.

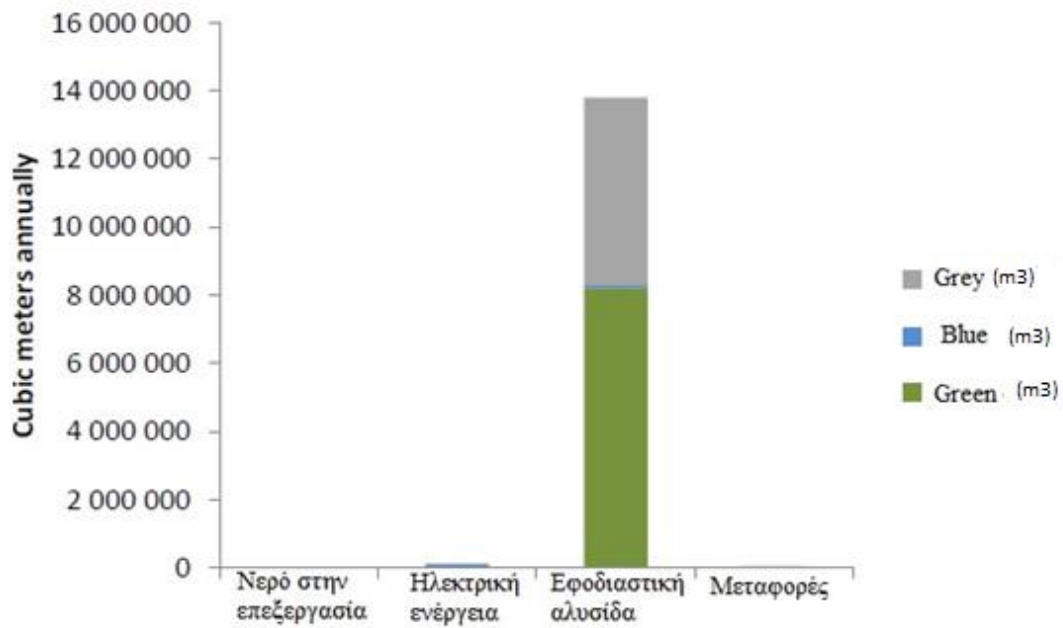
Green(m ³)	Blue(m ³)	Grey(m ³)	
Ηλεκτρική ενέργεια	32780	73595	4306
Φυσικό αέριο	0	84	0
Εγκατάσταση	32780	73679	4306
Ανά κιλό αλευριού	0.003	0.006	0.0004

Πίνακας 2. Τα υδατικά αποτυπώματα που αφορούν τη χρήση ενέργειας στον μύλο (προσαρμοσμένο από HenrikSundberg, Lunduniversity, 2012)

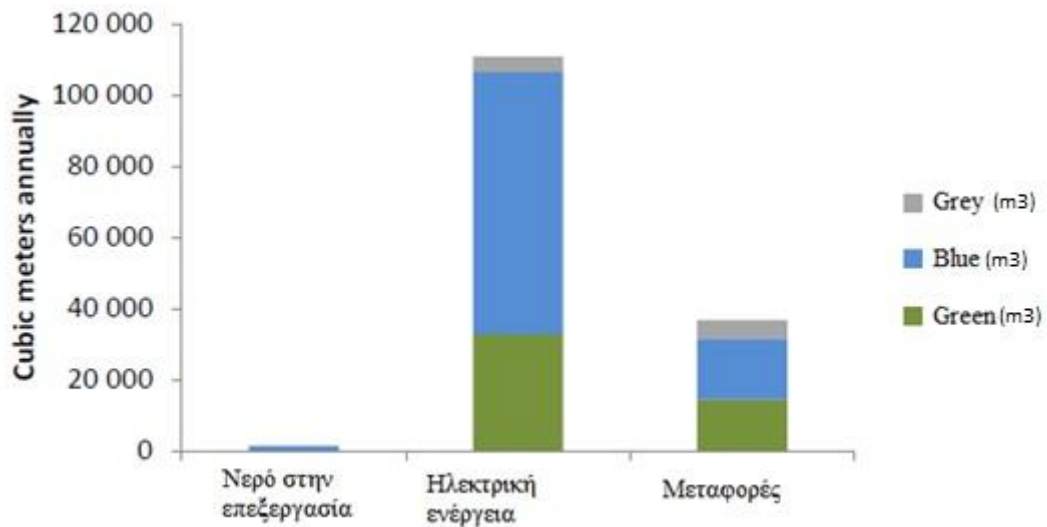
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης με τα πράσινα, μπλε και γκρι αποτυπώματα κάθε σταδίου και το ποσοστό συνεισφοράς του. Ετησίως παράχθηκαν **12.156.000 kg αλευριού**, οπότε το υδατικό αποτύπωμα της εφοδιαστικής αλυσίδας (πίνακας 3) για παράδειγμα είναι: 0,676 m³/kgπράσινο, 0.0063m³/kg μπλε και 0,453 m³/kgγκρι.

Green(m ³)	Blue(m ³)	Grey(m ³)	Total	Percentage of total	
Νερό στην επεξεργασία	0	1256	0	1256	0.01%
Ενέργεια-ηλεκτρική ενέργεια	32780	73680	4310	110760	0.79%
Εφοδιαστική αλυσίδα	8216780	76500	5506880	13800160	98.93%
Μεταφορές	14560	17070	5130	36760	0.26%
Σύνολο	8264120	168510	5516320	13948950	-
Ανά κιλό αλευριού	0.680	0.0139	0.4538	1.15	-

Πίνακας 3. Αποτελέσματα της μελέτης.(Η εφοδιαστική αλυσίδα κυριαρχεί στο αποτύπωμα συνεισφέροντας στο 99%, προσαρμοσμένο από HenrikSundberg, LundUniversity, 2012).



Σχήμα 7. Συνολικό αποτύπωμα νερού στο μύλοπεριλαμβάνοντας το στάδιο της γεωργίας του σίτου (προσαρμοσμένο από HenrikSundberg, LundUniversity,2012)



Σχήμα 8. Υδατικό αποτύπωμα στο μύλο με εξαίρεση της εφοδιαστικής αλυσίδας(προσαρμοσμένο από HenrikSundberg, LundUniversity, 2012).

Η εφοδιαστική αλυσίδα κυριαρχεί στο υδατικό αποτύπωμα συνεισφέροντας σχεδόν στο 99%, λόγω της καλλιέργειας η οποία αποτελεί με διαφορά το σημαντικότερο παράγοντα.

Άλλες μελέτες

Οι M. M. Mekonnen και A. Y. Hoekstra (2011) μελέτησαν το υδατικό αποτύπωμα του αλευριού σίτου για την περίοδο 1996-2005 σε παγκόσμιο επίπεδο καταλήγοντας στα παρακάτω :

- Πράσινο νερό: 1292 m³/ton
- Μπλε νερό: 347 m³/ton
- Γκρι νερό: 210 m³/ton
- Σύνολο: 1849 m³/ton

Παρατηρείται πως και στις δύο μελέτες την πιο σημαντική συνιστώσα αποτελεί η χρήση του πράσινου νερού. Ωστόσο η χρήση του μπλε και του γκρι νερού διαφέρει σημαντικά μεταξύ των δύο.

3.3.1.4 Ανθρακικό αποτύπωμα παραγωγής αλεύρου

Ενέργεια-έμμεση εκπομπή CO₂

Σημαντικό στάδιο στο ανθρακικό αποτύπωμα αλεύρου είναι η καλλιέργεια του σίτου πριν αυτό μεταφερθεί στη βιομηχανία για επεξεργασία.

Για την καλλιέργεια του σιταριού, οι εργασίες πεδίου περιλαμβάνουν γενικά όργωμα, την προετοιμασία του εδάφους για σπορά του, γεώτρηση, εφαρμογή των λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων, συγκομιδή και περιστασιακάδεματοποίηση. Πριν από τη φύτευση, μια σειρά από ενέργειες πρέπει να γίνει για να προετοιμάσει το έδαφος, όπως η γονιμοποίηση, το όργωμα και την ταξινόμηση (Botanical-online).

Κατά τη διάρκεια κύκλου ζωής του αλευριού όπως αναφέρθηκε και παραπάνω υπάρχει εισροή και κατανάλωση ενέργειας. Μελετώντας την έρευνα του Golaszewski(2014) σχετικά με την Ευρωπαϊκή καλλιέργεια σίτου, εξετάστηκαν έξι χώρες από πέντε αγροτικές περιοχές της ηπειρωτικής Ευρώπης. Ειδικότερα, οι χώρες που μελετήθηκαν είναι: η Φινλανδία και η Πολωνία (ηπειρωτικό κλίμα), η Γερμανία και η Ολλανδία (εύκρατο κλίμα) η Ελλάδα και η Πορτογαλία (μεσογειακό κλίμα). Η μέση απόδοση στις έξι χώρες κυμαινόταν από 2 τόνους / εκτάριο έως 9 τόνους / εκτάριο.

Στο πλαίσιο αυτής της μελέτης, οι φυσικές εισροές ενέργειας για την καλλιέργεια του σίτου εκτιμήθηκαν με βάση τόσο στατιστικά στοιχεία όσο και έρευνες κοινής γνώμης των εμπειρογνομόνων. Έπειτα οι φυσικές εισροές ενέργειας μετατράπηκαν σε

εισόδους πρωτογενούς ενέργειας (PEC), χρησιμοποιώντας την ισοδύναμη ενέργεια από τη βάση δεδομένων του BioGrace (2011).

Εισροή ενέργειας		Μονάδα	PECReferences	
Άμεση				
Ηλεκτρική ενέργεια		MJ kWh-1	9.70	BioGrace 2011
Diesel		MJ kg-1	50.00	BioGrace 2011
Έμμεση				
Σπόροι		MJ kg-1	2.61	BioGrace 2011
Συνθετικά λιπάσματα:				
Άζωτο(N)		MJ kg-1	48.99	BioGrace 2011
Φώσφορος (P205)		MJ kg-1	15.23	BioGrace 2011
Κάλιο (K20)		MJ kg-1	9.68	BioGrace 2011
Ασβέστιο(CaO)		MJ kg-1	1.97	BioGrace 2011
Μαγνήσιο (Mg0)		MJ kg-1	6.70	Mihov&Tringovska 2010
Θείο (S)		MJ kg-1	2.10	www.stewarshipindex.org
Οργανικά λιπάσματα		MJ kg-1	0.30	Erdaletal. 2007
Νερό		MJ (m3)-1	0.63	Mihov&Tringovska 2010
Φυτοφάρμακα		MJ kg a.i.-1	268.4	BioGrace 2011

Πίνακας 4. Εισροές ενέργειας στην καλλιέργεια σίτου (προσαρμοσμένο από Gołaszewski et al., 2014)

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης όπως φαίνεται και στον πίνακα, έδειξαν ότι η κύρια εισοδος ενέργειας στην παραγωγή σιταριού αποδίδεται σε λιπάσματα (έμμεση ενέργεια εισόδου). Ειδικότερα, οι σταθμισμένες μέσες εισροές λιπασμάτων υπολογίζεται ότι αντιπροσωπεύουν το 60%, 59% και 46% των συνολικών εισροών στις ηπειρωτικές, εύκρατες και τις χώρες της Μεσογείου, αντίστοιχα. Η δεύτερη μεγαλύτερη εισροή ενέργειας σχετίζεται με τη χρήση καυσίμων σε εργασίες πεδίου, με τα υψηλότερα ποσοστά χρήσης καυσίμων να καταγράφονται στις χώρες της Μεσογείου, η οποία ήταν περίπου δύο φορές υψηλότερη σε σύγκριση με τις άλλες χώρες.

Για τη μεταφορά των υλικών εισόδου στο αγρόκτημα, μπορεί να υποτεθεί ότι ένα φορτηγό παράδοσης (<3,5 τόνων) χρησιμοποιείται για μια μέση απόσταση 0.93tkm, ενώ για τη μεταφορά του σίτου στην αλευροποιία, ένα φορτηγό 28 τόνων για μια μέση απόσταση 570 χιλιόμετρα (50% φορτωμένο). Λαμβάνοντας υπόψη ότι για την

παραγωγή 1 τόνου αλευριού απαιτείται 1,353 κιλά σιτάρι, η συνολική απόσταση που πρέπει να καλυφθεί για τη μεταφορά του είναι 771000 χιλιόμετρα.

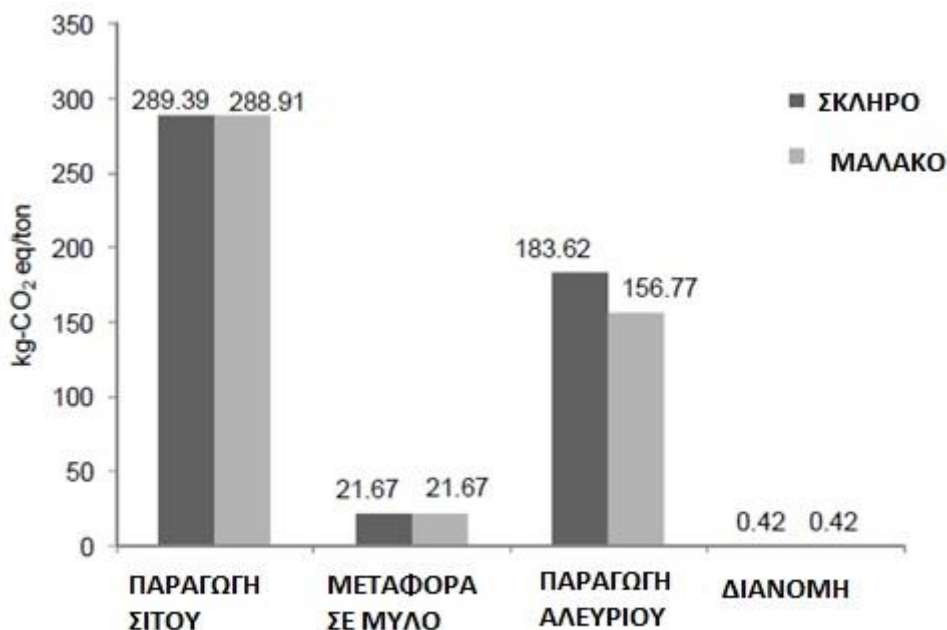
Η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις βιομηχανίες άλεσης αλεύρων στην Ελλάδα είναι **88,1 kWh / τόνο αλευριού**). Η ενέργεια που καταναλώνεται για τις βιομηχανίες άλεσης αλεύρων ΕΕ κυμαίνεται από 361 MJ / τόνο σε 1.186 MJ / τόνο αλευριού.

Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου(CO₂,CH₄,N₂O)

Για να αναπτυχθεί η καλλιέργεια και να σχηματιστούν οι πρωτεΐνες ,θα πρέπει να παρέχονται οι απαραίτητες ποσότητες αζώτου, οι οποίες εάν δεν είναι ήδη διαθέσιμες στο έδαφος, πρέπει να παρέχονται μέσω αζωτούχων λιπασμάτων. Επιπλέον, ο φώσφορος είναι αναγκαίος για την καρποφορία του φυτού, το κάλιο είναι απαραίτητο για τα φύλλα για να λειτουργήσουν σωστά και το θείο μπορεί να εφαρμοστεί εάν παρατηρηθούν συμπτώματα της ανεπάρκειας, ενώ άλλα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται είναι το μαγνήσιο και το ασβέστιο.

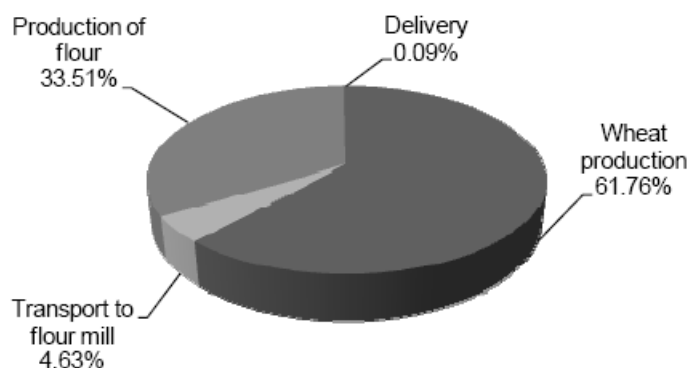
Τα λιπάσματα αποτελούν σημαντικό στοιχείο της καλλιέργειας και επιτυγχάνεται υψηλή απόδοση όμως είναι και βασική πηγή εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου. Η αντικατάσταση των χημικών λιπασμάτων με οργανικά μπορεί να μειώσει τους περιβαλλοντικούς ρύπους, με τα τελευταία να έχουν μικρότερο ανθρακικό αποτύπωμα(Botanical-online).

Εκτιμάται ότι στην Ελλάδα το ανθρακικό αποτύπωμα παραγωγής συσκευασμένων αλεύρων είναι **264.16 kgCO₂-eq/τόνο**(Zygourasetal., 2005).Μια άλλη έρευνα (Shietal., 2011) έδειξε πως για να παραχθεί σιτάρι στις ΗΠΑ και στην Αυστραλία, να μεταποιηθεί σε άλευρα και να παραδοθεί στη Σιγκαπούρη το αποτύπωμα άνθρακα που προκύπτει είναι 495.07 kgCO₂-eq/τόνογια το σκληρό σιτάρι και για το μαλακό 467.71 kgCO₂-eq/τόνο. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το αποτύπωμα άνθρακα κάθε σταδίου παραγωγής:



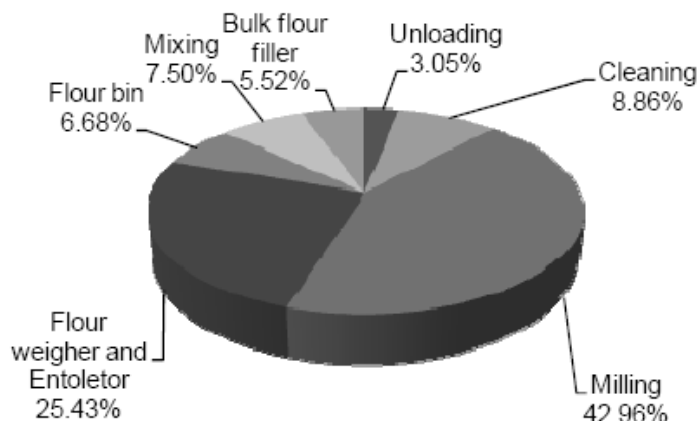
Σχήμα 9. Συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα σκληρού και μαλακού σιταριού(Shietal,2011)

Έπειτα παρατίθεται η συνεισφορά του κάθε σταδίου της διαδικασίας παραγωγής στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα για το μαλακό αλεύρι. Σε γενικές γραμμές, φαίνεται ότι η παραγωγή του σιταριού συμβάλλει περισσότερο στη συνολικό αποτύπωμα άνθρακα με περίπου 60% μερίδιο, που ακολουθείται από την παραγωγή αλευριού στην βιομηχανία (περίπου 30%) και τη φάση μεταφοράς (5%), ενώ η συμβολή του σταδίου της τελικής παράδοσης είναι σχεδόν αμελητέα.



Σχήμα 10. Συνεισφορά στο ανθρακικό αποτύπωμα κάθε σταδίου για το μαλακό σιτάρι(Shietal,2011)

Πιο αναλυτικά παρουσιάζεται και η συνεισφορά κάθε σταδίου παραγωγής στη βιομηχανία αλεύρου στο ανθρακικό αποτύπωμα:



Σχήμα 11. Συνεισφορά σταδίων στη βιομηχανία άλεσης για μαλακό σιτάρι(Shietal,2011)

Η διαδικασία με την υψηλότερη συνεισφορά είναι η αυτή της άλεσης όπως φαίνεται. Επομένως τα σημαντικότερα στάδια που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος είναι η καλλιέργεια του σίτου και η άλεση στη βιομηχανία.

ΑΛΕΥΡΙ				
Carbon footprint				
	ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΑ ΣΙΤΟΥ	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΣΕ ΜΥΛΟ-ΔΙΑΝΟΜΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΛΕΥΡΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ
kg-CO2 eq/ton	288,91	22,09	156,77	467,77
Water footprint				
Grey Water (m3 / ton)	453	0,422	0,3545	453,78
Green Water (m3 / ton)	676	1,2	2,7	679,90
Blue Water (m3 / ton)	6,3	1,404	6,1645	13,87
	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ			1147,55

Πίνακας 5. Συνολικός Πίνακας αποτυπωμάτων αλευριού

3.3.2 Ζάχαρη

Αποτελεί ίσως την πιο σημαντική πρώτη ύλη της ζαχαροπλαστικής, η οποία μπορεί να παρασκευαστεί σε διάφορους τύπους (καστανή, μαύρη, ζάχαρη άχνη κ.α) και έτσι οι χρήσεις της είναι πολλαπλές. Εκτός από τη δυνατότητά της να δίνει γλυκιά γεύση και να παρέχει ενέργεια που είναι άμεσα διαθέσιμη στον εγκέφαλο, η ζάχαρη είναι κυρίως ουσία που επηρεάζει την υφή. Προσδίδει τη δομή σε μπισκότα, σοκολάτες και προϊόντα ζαχαροπλαστικής. Μειώνοντας το σημείο πήξεως του νερού, η ζάχαρη αποτρέπει τις γρανίτες και τα παγωτά από το να κάνουν κρυστάλλους πάγου και άρα να λιώσουν πιο γρήγορα.

Η ζάχαρη είναι και φυσικό συντηρητικό. Σε κομπόστες, σιρόπια, συντηρημένα φρούτα και μαρμελάδες, παγιδεύει το διαθέσιμο νερό και εμποδίζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Παρασκευάζεται από τα ζαχαρότευτλα ή τα ζαχαροκάλαμα, με την παραγωγή από τα ζαχαρότευτλα να είναι πιο δύσκολη γιατί περιέχουν περισσότερες φυσικές και δύσοσμες ξένες ουσίες (ακαθαρσίες) από το ζαχαροκάλαμο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα στάδια παραγωγής ζάχαρης από τεύτλα:



Σχήμα 12. Διάγραμμα ροής παραγωγής Ζάχαρης

3.3.2.1 Αναλυτική περιγραφή των σταδίων παραγωγής Ζάχαρης

- **Καλλιέργεια-συγκομιδή:**

Τα ζαχαρότευτλα καλλιεργούνται κυρίως στη κεντρική και βόρεια Ελλάδα και η μεταφορά τους γίνεται είτε οδικώς είτε σιδηροδρομικώς. Ανάλογα με την ποιότητα του εδάφους και το κλίμα που επικρατεί διαμορφώνονται και οι απαιτήσεις σε λιπάσματα και εντομοκτόνα.

- **Αποθήκευση,πλύση και κοπή των τεύτλων:**

Τα τεύτλα αποθηκεύονται σε υπαίθρια σιλό σε μεγάλες σωρούς που μπορούν να φτάσουν και τα 11 μέτρα και στη συνέχεια με τη βοήθεια ροής νερού από κανάλια μεταφέρονται προς το πλυντήριο τεύτλων. Μετά το πλύσιμο, τα τεύτλα κόβονται σε λεπτά τεμαχίδια στις κοπτικές μηχανές.

- **Εκχύλιση**

Ονομάζουμε εκχύλιση τη διαδικασία που συνίσταται στην παραλαβή της ζάχαρης που περιέχεται στα τεμαχίδια. Αυτή η διαδικασία βασίζεται στην αρχή της όσμωσης. Με αντίστροφη πορεία ζεστού νερού και τεμαχιδίων, η ζάχαρη που περιέχεται σ'αυτά περνά προοδευτικά στο νερό.

Ένας από τους τύπους εκχύλισης που χρησιμοποιείται στα εργοστάσια είναι η κεκλιμένη σκάφη (DDS) με διπλή έλικα προωθήσεως. Τα τεμαχίδια εισάγονται στο ένα άκρο, ενώ το ζεστό νερό, που κυκλοφορεί κατ'αντιρροή εμπλουτίζεται σιγά-σιγά με τη ζάχαρή τους. Ο ζαχαρούχος χυμός συλλέγεται στο ένα άκρο, ενώ τα εκχυλισθέντα τεμαχίδια που ονομάζονται πούλπα ή πολτός, ανακτώνται στο άλλο και χρησιμοποιούνται μετά από συμπίεση και ενδεχόμενη ξήρανση για κτηνοτροφία (νωπός πολτός και ζαχαρόπιτα).

- **Καθαρισμός του χυμού**

Ο ακατέργαστος χυμός που δημιουργείται μετά την εκχύλιση των τεύτλων προωθείται στην εγκατάσταση καθαρισμού του χυμού.Σκοπός είναι η απομάκρυνση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου μέρους των μη ζαχάρων από τον ακατέργαστο χυμό. Στη συνέχεια μέσω φυσικοχημικών και χημικών διαδικασιών απομακρύνονται κατά μεγάλο ποσοστό οι εκχυλισματικές ύλες και τα μη ζάχαρα που συνοδεύουν τη ζάχαρη.

Έτσι μετά τα διάφορα στάδια καθαρισμού δημιουργείται ένας αραιός χυμός ο οποίος περιέχει σε μεγάλο ποσοστό ζάχαρη στα συστατικά που βρίσκονται στο διάλυμα. Κάποια στάδια που μπορούν να λάβουν μέρος στον καθαρισμό είναι:

- **Η προασβέστωση και η ασβέστωση**, όπου προστίθεται γάλα ασβέστου στον ζαχαρούχο χυμό όπου καθιζάνει ένα μέρος από τις ξένες ουσίες, ενώ η ζάχαρη σχηματίζει διάλυμα ζαχαρασβέστου.

- **Ο κορεσμός**, όπου διαβιβάζεται διοξείδιο του άνθρακα στον ασβεστομένο χυμό οπότε διασπάται η ζαχαράσβεστος και σχηματίζεται ένα ίζημα από ανθρακικό ασβέστιο που είναι αδιάλυτο και συγκρατεί τις ξένες ουσίες και ένα διάλυμα ζάχαρης.
Η άσβεστος και το διοξείδιο του άνθρακα παράγονται στην ασβεστοκάμινο του εργοστασίου που τροφοδοτείται με ασβεστόλιθο και κωκ.
- **Η διήθηση(φιλτράρισμα)**, όπου το ίζημα του ανθρακικού ασβεστίου που περιέχει τις ξένες ουσίες που δεσμεύτηκαν, αποτίθεται στα φίλτρα (φίλτρα περιστροφικά και φίλτρα καθιζητήρες). Ο ζαχαρούχος χυμός είναι διαυγής και περιέχει ~1,6% ξένες ουσίες, ~12% ζάχαρη και ~86% νερό (αραιός χυμός).

- **Συμπύκνωση**

Η συμπύκνωση αποτελεί σπουδαίο τμήμα της ολικής διαδικασίας παραγωγής, καθώς ο αραιός χυμός μέσω χημικών διεργασιών που πραγματοποιούνται σε υψηλές θερμοκρασίες, μετατρέπεται σε πυκνό. Για την απομάκρυνση του νερού όπου είναι διαλυμένη η ζάχαρη, ο αραιός χυμός αποστέλλεται σε μία σειρά από διαδοχικά δοχεία εξάτμισης.

- **Κρυστάλλωση**

Ο πυκνός χυμός συμπυκνώνεται όλο και περισσότερο σε συσκευές που εργάζονται υπό κενό. Φθάνει έτσι σε κατάσταση υπερκορεσμού. Εκείνη τη στιγμή εμφανίζονται στο χυμό οι πρώτοι κρύσταλλοι ζάχαρης. Αυτοί οι κρύσταλλοι αυξάνονται και προκύπτει ένα μείγμα κρυστάλλων και σιροπίου που λέγεται ζαχαρόμαζα.

- **Φυγοκέντριση**

Η ζαχαρομάζα μετά την κρυστάλλωση οδηγείται σε φυγοκεντρικούς διαχωριστές όπου διαχωρίζονται οι κρύσταλλοι της ζάχαρης από το μητρικό υγρό της κρυστάλλωσης. Ακολουθεί έκπλυση με ψεκάσμο θερμού νερού για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων σιροπίου που παραμένουν προσκολλημένα στους κρυστάλλους ζάχαρης.

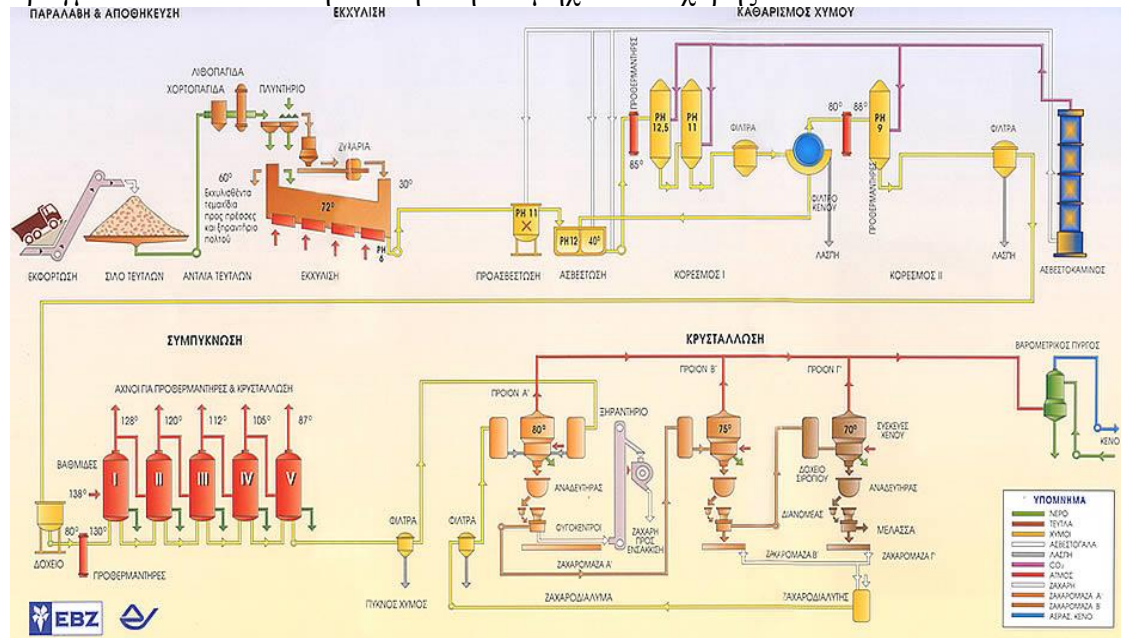
- **Ξήρανση**

Ακολούθως η ζάχαρη διοχετεύεται στο ξηραντήριο μέσω δονούμενων μεταφορικών διατάξεων, μεταφορικών ταινιών και αναβατορίων, έτσι ώστε να απομακρυνθεί το υψηλό ποσοστό υγρασίας που έχει μετά τη φυγοκέντριση.

- **Αποθήκευση**

Η ζάχαρη αποθηκεύεται σε σιλό ή αποθήκες. Η αποθήκευση πραγματοποιείται συνήθως σε σιλό, τσιμεντένια ή μεταλλικά, εφοδιασμένα με εγκαταστάσεις κλιματισμού, ανελκυστήρες, συστήματα πλήρωσης και παραλαβής ζάχαρης και όργανα μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας.

Παρακάτω παρατίθεται ένα απλοποιημένο διάγραμμα ροής παραγωγής ζάχαρης που πραγματοποιείται από την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης:



Εικόνα 12. Διάγραμμα ροής παραγωγής ζάχαρης στην EBZ (http://www.ebz.gr/sugar_production_flow.htm)

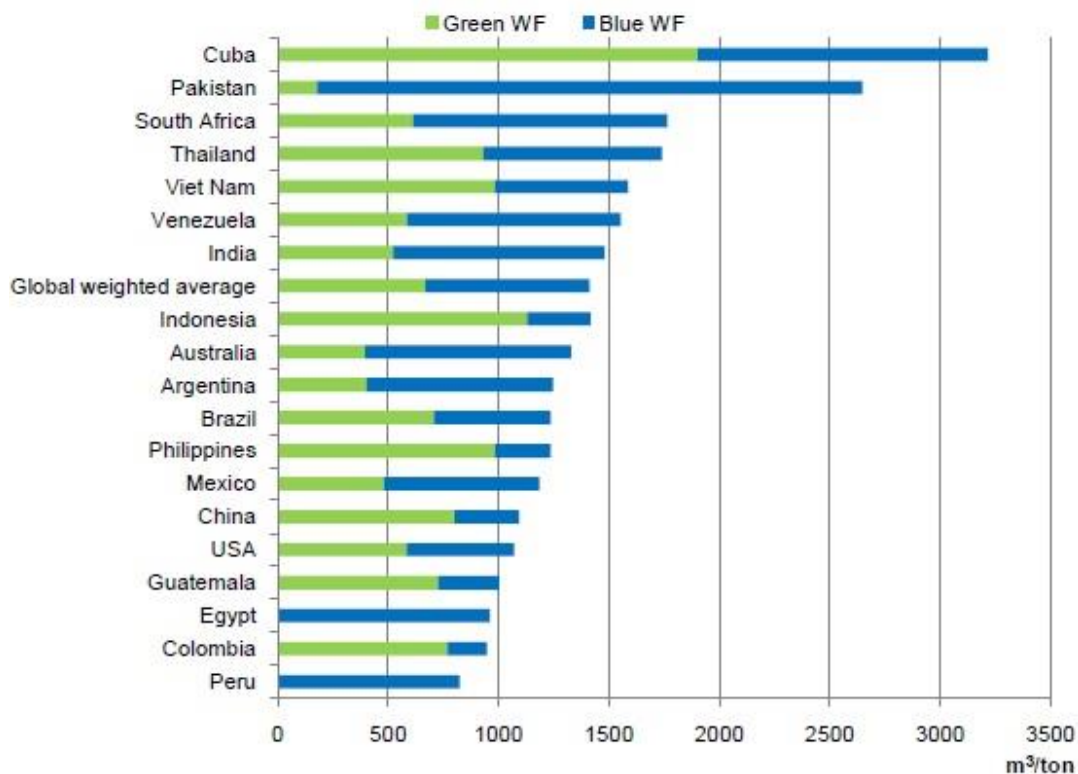
3.3.2.2 Υδατικό αποτύπωμα ζάχαρης

Χημικά , η ζάχαρη που παράγεται από ζαχαροκάλαμο και τεύτλα είναι η ίδια . Περίπου το 70 % της παγκόσμιας ζάχαρης παράγεται από ζαχαροκάλαμο και το υπόλοιπο από ζαχαρότευτλα. Ωστόσο τα υδατικά τους αποτυπώματα διαφέρουν. Σύμφωνα με τον ArjenHoekstra(2010)το παγκόσμιο υδατικό αποτύπωμα της ζάχαρης από ζαχαροκάλαμο είναι **1500 m³/ton**(45% πράσινο,49% μπλε, 6% γκρι)και από ζαχαρότευτλα **935 m³/ton**(35% πράσινο, 49% μπλε,16% γκρι).

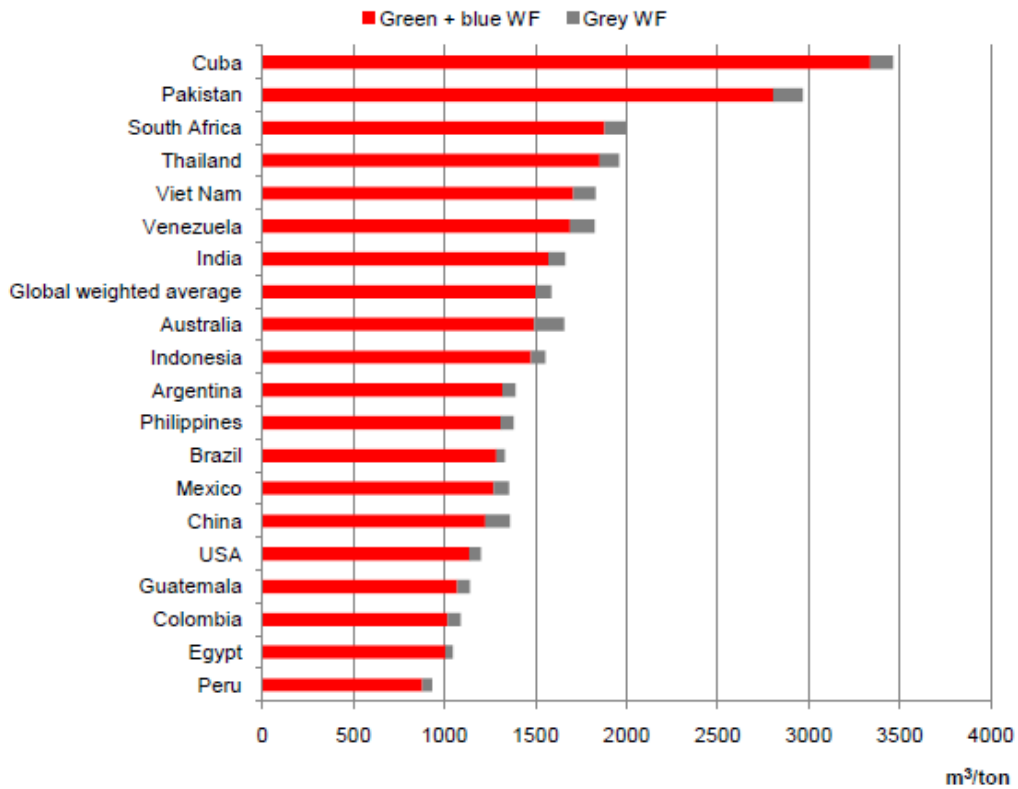
Ο Macedo (2005) υποστηρίζει ότι η χρήση του νερού για ένα εργοστάσιο με αποστακτήριο που παράγει ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο είναι **21 m³ ανά τόνο επεξεργασμένου ζαχαροκάλαμου**. Βέβαια λόγω της ανακύκλωσης και κάποιων αλλαγών στη διαδικασία παραγωγής η χρήση νερού έχει μειωθεί αισθητά. Σε μια έρευνα που έγινε το 1997 σε 34 μύλους στη Βραζιλία , η κατανάλωση νερού αναφέρθηκε σε **0,92 m³/ t ζαχαροκάλαμου**.

Δεδομένου ότι η χρήση νερού στο στάδιο επεξεργασίας (PWU) είναι πολύ μικρή σε σύγκριση με την κατανάλωση νερού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του ζαχαροκάλαμου , δεν λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό του WF όπως δεν λαμβάνονται υπόψη και τα απόβλητα για τον υπολογισμό του γκρι νερού. Αυτό διότι η απελευθέρωση αποβλήτων παρουσιάζει τεράστιες διαφορές ανά εργοστάσιο.

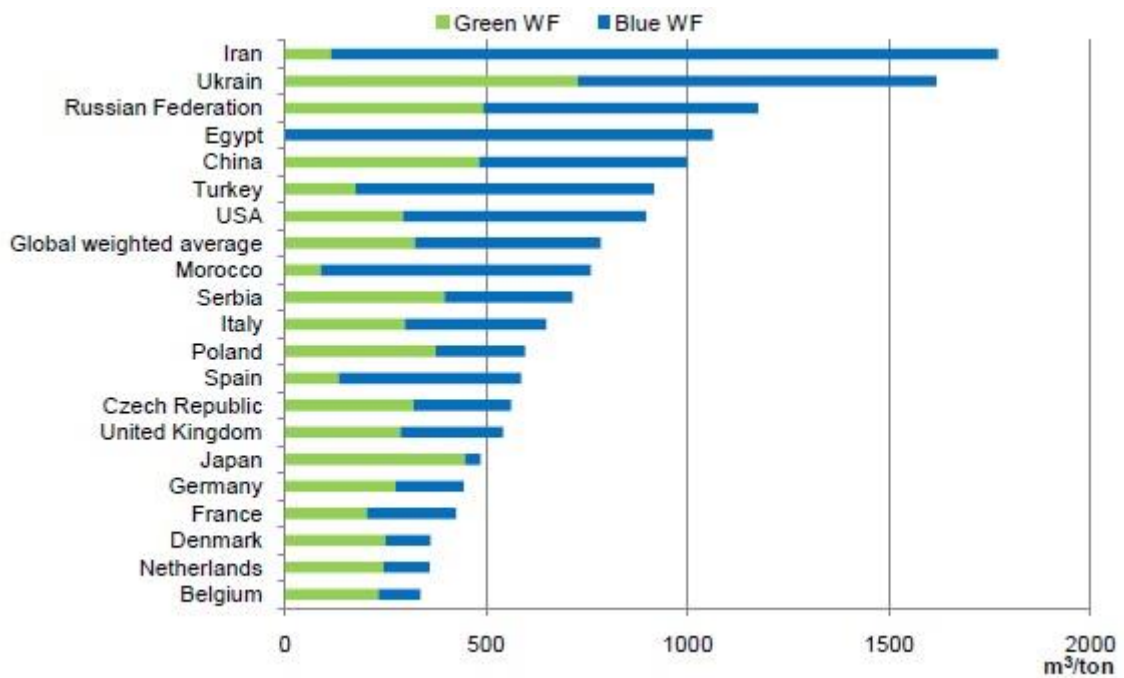
Στην επεξεργασία ζαχαρότευτλων το περισσότερο νερό που χρησιμοποιείται συμμετέχει στο πλύσιμο των τεύτλων. Τα εργοστάσια έχουν επενδύσει σε ανακύκλωση του νερού και στη διαχείριση των λυμάτων. Στα παλιότερα εργοστάσια επεξεργασίας τεύτλων η κατανάλωση νερού κυμαινόταν από 2,5 έως 4,5 m³/τόνο τεύτλων που μεταποιούνται. Νέα, σύγχρονα εξοπλισμένα εργοστάσια με καλές διαχειρίσεις αποβλήτων είναι σε θέση να χρησιμοποιούν το νερό πολύ αποτελεσματικά ακόμη και να εξαλείφουν την πρόσληψη φρέσκου νερού. Σύμφωνα με τον Fornalek (1995), η χρήση του νερού σε ένα εργοστάσιο της Πολωνίας, μειώθηκε σε **10 m³/τόνο ζάχαρης(περίπου 1,5 m³/t τεύτλων)**. Οι τιμές αυτές είναι πολύ μικρές σε σύγκριση με την κατανάλωση νερού των ζαχαρότευτλων κατά την περίοδο της ανάπτυξης τους και για αυτό δεν λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό του WF.



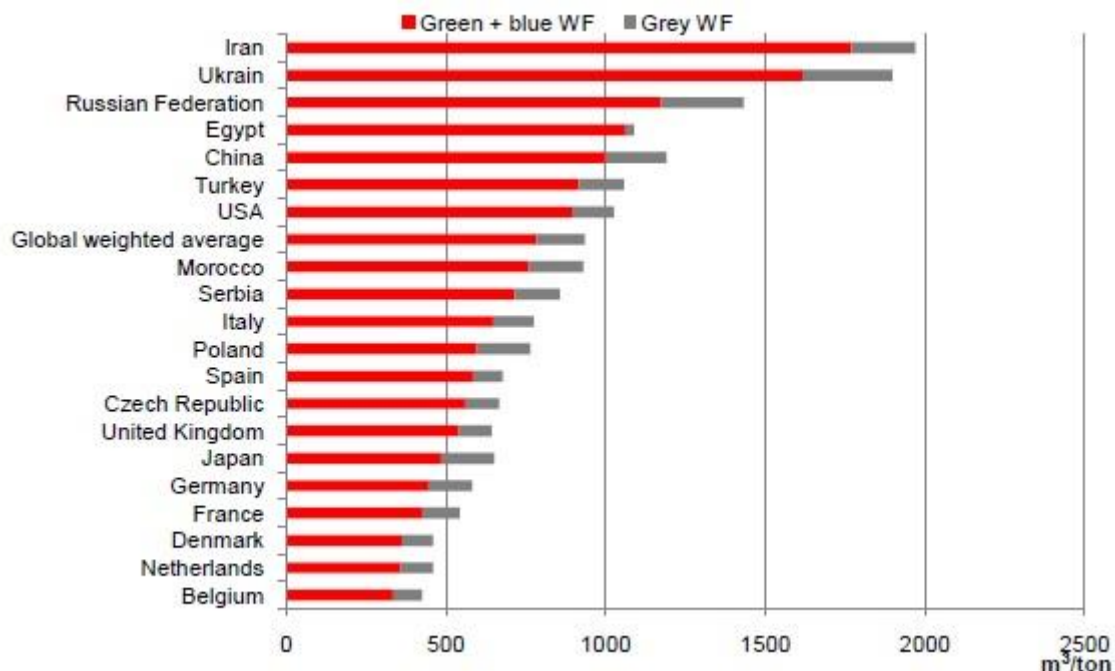
Σχήμα 13. Πράσινο και μπλε υδατικό αποτύπωμα για ζάχαρη από ζαχαροκάλαμα για διάφορες χώρες (Scholten, UniversityofTwente,2009)



Σχήμα14. Συνολικά ύδατικά αποτυπώματα (Scholten, University of Twente, 2009)



Σχήμα 15. Μπλε και πράσινο αποτύπωμα ζάχαρης από τεύτλα (Scholten, University of Twente, 2009)



Σχήμα 16. Συνολικό υδατικό αποτύπωμα ζάχαρης από τεύτλα (Scholten, University of Twente, 2009)

Οι διαφορές στα υδατικά αποτυπώματα προκαλούνται κυρίως από διαφορετικά χαρακτηριστικά των χωρών όπως το είδος καλλιέργειας, το κλίμα και το έδαφος. Ορισμένες χώρες, για παράδειγμα η Αίγυπτος, βασίζονται στην άρδευση, ενώ άλλες χώρες, όπως για παράδειγμα η Ιαπωνία για την καλλιέργεια του ζαχαρότευτλου, έχει μικρές απαιτήσεις σε άρδευση. Σε γενικές γραμμές, το γκρι WF είναι μόνο ένα μικρό μέρος, περίπου 10%, του συνολικού WF.

Η παραγωγή ζάχαρης από ζαχαροκάλαμα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια έλλειψη νερού καθώς αυτά καλλιεργούνται έχοντας αντίκτυπο σε λεκάνες απορροής ποταμών που σπανίζουν, όπως του Ινδού και του Γάγγη.

Η παραγωγή ζάχαρης από ζαχαρότευτλα έχει επίσης αντίκτυπο στην ποσότητα και την ποιότητα του νερού σε μεγάλες λεκάνες απορροής ποταμών, όπως είναι οι λεκάνες απορροής του Δνειπέρου, όπου ειδικά το γκρι υδατικό αποτύπωμα είναι σημαντικό.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια ανάλυση στη χρήση του νερού που πραγματοποιείται σε ένα εργοστάσιο παραγωγής ζάχαρης και αιθανόλης (από ζαχαροκάλαμα σε μια βάση 50/50)

ΤΟΜΕΑΣ	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ (ΟΛΙΚΟ m ³ /t ΤΕΤΛΟΥ)	%
ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ	ΠΛΗΣΙΜΟ ΖΑΧΑΡΟΤΕΤΛΩΝ	5,33	25,40
ΕΞΑΓΩΓΗ-ΛΙΑΝΣΗ	ΑΝΑΧΑΙΤΙΣΗ	0,25	1,20
	ΨΥΞΗ ΡΟΥΛΕΜΑΝ	0,15	0,70
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΧΥΜΟΥ	ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ	0,01	0,00
	ΨΥΞΗ ΣΕ ΘΕΙΟΣΗ (1)	0,05	0,20
	ΑΝΑΣΤΟΛΗ ΦΙΛΤΡΟΥ	0,04	0,20
	ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ ΦΙΛΤΡΟΥ	0,30	1,40
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΧΥΜΟΥ	ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ-ΕΞΑΤΜΙΣΗ (1)	2,00	9,50
	ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ-ΦΕΡΜΑΣΤΡΑ (1)	4,00	19,00
	ΑΡΑΙΩΣΗ ΜΕΛΑΣΑΣ	0,03	0,10
	ΨΥΞΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΤΗΡΑΣ (1)	0,05	0,20
	ΠΛΥΣΙΜΟ ΖΑΧΑΡΗΣ (1)	0,01	0,00
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΤΜΟΥ	0,50	2,40
	ΨΥΞΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ TURBO	0,20	1,00
ΖΥΜΩΣΗ	ΨΥΞΗ ΧΥΜΟΥ (2)	1,00	4,80
	ΨΥΞΗ ΖΥΜΩΣΗΣ (2)	3,00	14,30
ΠΟΤΟΠΟΙΕΙΟ	ΨΥΞΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗ (2)	4,00	19,00
ΆΛΛΑ	ΚΑΘΑΡΙΣΜΑ ΠΑΤΩΜΑΤΟΣ & ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	0,05	0,20
	ΠΟΣΙΜΟ	0,03	0,10
ΣΥΝΟΛΟ		21,00	
1. ΜΟΝΟ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΑΧΑΡΗΣ			
2. ΜΟΝΟ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ			

Πίνακας 6. Χρήση νερού σε εργοστάσιο παραγωγής ζάχαρης-αιθανόλης από ζαχαροκάλαμα(source:Neto, 1996,citedbyMoreira,2007)

Παρατηρείται πως η μεγαλύτερη χρήση νερού σε ένα εργοστάσιο γίνεται για το πλύσιμο των ζαχαροκάλαμων, με τη θέρμανση των συμπυκνωτών να ακολουθεί. Το υδατικό αποτύπωμα που προκύπτει από τον πίνακα είναι 6.5 m³/tonτεύτλου.

Για την ανάλυση κύκλου ζωής της σκόνης θα ληφθεί υπόψη ο μέσος όρος κατανάλωσης νερού σύμφωνα με τον Hoekstraya παραγωγή ζάχαρης από τεύτλα (935 m³/ton), τα οποία χρησιμοποιεί και η Ελληνική βιομηχανία ζάχαρης.

3.3.2.3 Ανθρακικό αποτύπωμα παραγωγής ζάχαρης

ΛΕΔΟΜΕΝΑ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η καλλιέργεια των τεύτλων είναι το πρωταρχικό στάδιο για την παραγωγή της ζάχαρης όπου και λαμβάνουν χώρα αρκετές διαδικασίες με σκοπό τη υψηλή απόδοση.

Σύμφωνα με τονKlenk(2012) οι βασικές εισοδοι για την καλλιέργεια ζαχαρότευτλων περιλαμβάνουν ποσότητες σπόρων, φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων και ντίζελ που καταναλώνονται για την εργασία στο χωράφι. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου λόγω αλλαγής στη χρήση γης για την καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων θεωρούνται αμελητέες, δεδομένου ότι η γη που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη για την καλλιέργεια ζαχαρότευτλων είναι καλλιεργήσιμη γη. Οι γεωργικές εισροές και εκροές, καθώς και οι συντελεστές εκπομπών που συνδέονται με την καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων στην Ευρώπη παρουσιάζονται παρακάτω:

	Ποσό	Συντελεστής εκπομπών	Πηγή
Είσοδοι			
Ντίζελ	177 L ha ⁻¹ year ⁻¹	3.14 kg CO ₂ eq L ⁻¹ 87.64 g CO ₂ eq MJ ⁻¹	Biograce (2011)
Αζωτούχο λίπασμα	120 kg N ha ⁻¹ year ⁻¹	5.88 kg CO ₂ eq kg ⁻¹	Biograce (2011)
Λίπασμα ασβεστίου	400 kg ha ⁻¹ year ⁻¹	0.13 kg CO ₂ eq kg ⁻¹	Biograce (2011)
Κάλιο(K2O)	135 kg K ₂ O ha ⁻¹ year ⁻¹	0.58 kg CO ₂ eq kg ⁻¹	Biograce (2011)
Φώσφορος (P2O5)	60 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ year ⁻¹	1.01 kg CO ₂ eq kg ⁻¹	Biograce (2011)
Φυτοφάρμακα	1.3 kg ha ⁻¹ year ⁻¹	10.97 kg CO ₂ eq kg ⁻¹	Biograce (2011)
Σπόροι	6 kg ha ⁻¹ year ⁻¹		Biograce (2011)
Εξοδοι			
Ζαχαρότευτλο (καθαρό)	68.9 t ha ⁻¹ year ⁻¹		Biograce (2011)

Απόβαρο ακαθαρσιών	8.9% on sugar beet		CEFS
Ζαχαρότευτλο (με απόβαρο)	75.0 t ha ⁻¹ year ⁻¹		CEFS
Εκπομπές N ₂ O	3.27 kg N ₂ O ha ⁻¹ year ⁻¹		Biograce (2011)

Πίνακας 7.Είσοδοι και έξοδοι στην καλλιέργεια ζαχαρότευτλων(Klenketal,2012)

Έπειτα αν υποθεθεί ότι η μεταφορά των ζαχαρότευτλων γίνεται οδικώς και η μέση απόσταση που διανύει το φορτηγό είναι 45 km, η κατανάλωση ντίζελ που πετυχαίνεται είναι 0.94 MJ t⁻¹ km⁻¹ με συντελεστή εκπομπής 82.5 g CO₂eq t⁻¹ km⁻¹. (Biograce 2011).

Τα δεδομένα της απογραφής για τον υπολογισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται από τα εργοστάσια ζάχαρης στην Ευρώπη, προέρχονται από μια πανευρωπαϊκή μελέτη που εκπονήθηκε για την Ευρωπαϊκή Ένωση Παραγωγών Ζάχαρης και καλύπτει την περίοδο 2005-2008. Όλες οι εισοδοι στα εργοστάσια ζάχαρης λαμβάνονται υπόψη ,εκτός από εκείνες που χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρές ποσότητες. Οι ποσότητες των εισροών στα ευρωπαϊκά εργοστάσια ζαχαρότευτλων, καθώς και οι συντελεστές εκπομπής τους παρουσιάζονται παρακάτω:

	Ποσό (Ε.Ε μέσος όρος)	Συντελεστής εκπομπής	Πηγή
Διαδικασία παραγωγής ατμού			
Κατανάλωση καυσίμων	1522 kWh t ⁻¹ sugar	286.1 g CO ₂ eq kWh ⁻¹	ENTEC (2010),Biograce (2011)
Λειτουργία ασβεστοκαμίνων			
Κατανάλωση καυσίμων	74.2 kWh t ⁻¹ sugar 0.0096 t t ⁻¹ sugar	414.6 g CO ₂ eq kWh ⁻¹	ENTEC (2010), GEMIS 4.5
Κατανάλωση ασβεστόλιθου	0.12 t t ⁻¹ sugar	11.58 kg CO ₂ eq t ⁻¹	ENTEC (2010), GEMIS 4.5
Μεταφορά	400 km		

καυσίμων			
Μεταφορά ασβεστόλιθων	400 km		
Ξηραντήρας πολτού			
Κατανάλωση καυσίμων	1370 kWh t ⁻¹ pulp dry substance	303.7 g CO ₂ eq kWh ⁻¹	ENTEC (2010), Biograce (2011)

Πίνακας 8. ΕΥεργοστάσιο ζάχαρης, είσοδοι και παράγοντες εκπομπής (Klenketal, 2012)

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

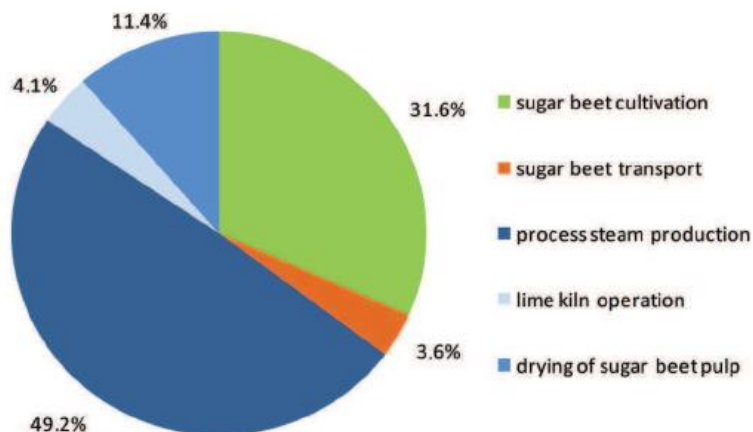
Το αποτύπωμα άνθρακα της παραγωγής ζαχαρότευτλων στην Ευρώπη είναι **884,7 kg CO₂eq. ανά τόνο ζάχαρης**. Ο πίνακας που ακολουθεί αναλύει την πορεία αυτής της τιμής

Kg CO ₂ eq t ⁻¹ sugar	
Καλλιέργεια ζαχαρότευτλων	279.8
Μεταφορά ζαχαρότευτλων	31.7
Βιομηχανία ζάχαρης	
Διαδικασία παραγωγής ατμού	435.5
Λειτουργία ασβεστοκάμινων	36.6
Ξήρανση του πολτού ζαχαρότευτλων	101.1
Σύνολο	884.7

Πίνακας 9. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την καλλιέργεια τεύτλων και την παραγωγήζάχαρης(Klenk et al., 2012)

Η πλειοψηφία αυτών των εκπομπών (64%) αποδίδεται στη φάση της επεξεργασίας ζάχαρης από το εργοστάσιο, το 32% παράγεται στο αγρόκτημα για την καλλιέργεια

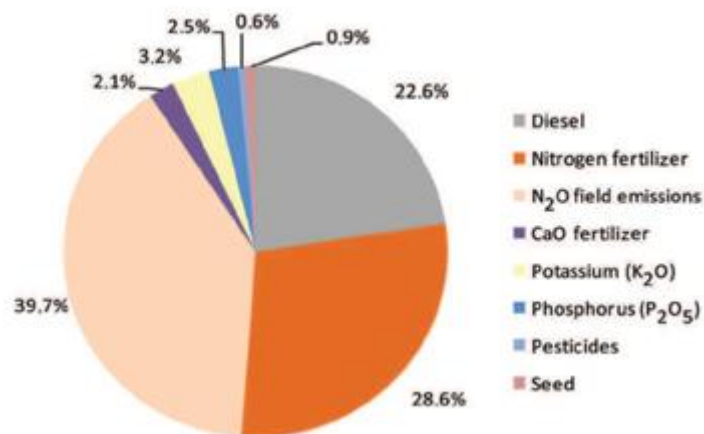
των ζαχαροτεύτλων και το 4% παράγεται στη φάση της μεταφοράς:



Σχήμα 17. Ποσοστά εκπομπών σταδίων καλλιέργειας και παραγωγής ζάχαρης (Klenketal., 2012)

Σχεδόν το 50% των συνολικών εκπομπών παράγονται κατά την παραγωγή του ατμού στο εργοστάσιο ζάχαρης, ενώ οι κύριες εκπομπές παράγονται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας ζαχαροτεύτλων:

- εφαρμογήτων αζωτούχων λιπασμάτων (40%),
- παραγωγή λιπασμάτων (29%)
- κατανάλωση καυσίμων (24%).



Σχήμα 18. Ποσοστά εκπομπών αερίων στην καλλιέργεια τεύτλων (Klenketal., 2012)

ZACHARH
Carbon footprint

	ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΑΧΑΡΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ
kg-CO2 eq/ton	279,8	31,7	573,2	884,70
	Water footprint			
Grey Water (m3 / ton)	-	-	-	149,6
Green Water (m3 / ton)	-	-	-	327,25
Blue Water (m3 / ton)	-	-	-	458,15
	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ			935

Πίνακας 10. Συνολικός πίνακας αποτυπωμάτων ζάχαρης

3.3.3 Γάλα σε σκόνη

Η πρώτη σύγχρονη διαδικασία παραγωγής της σκόνης γάλακτος εφευρέθηκε από το Ρώσο φυσικό Osip Krichevsky το 1802 . και η πρώτη εμπορική παραγωγή αποξηραμένου γάλακτος διοργανώθηκε από την Ρώσο χημικό M Dirchoff το 1832.

Η παραγωγή σκόνης γάλακτος είναι μια απλή διαδικασία , η οποία πραγματοποιείται πλέον σε μεγάλη κλίμακα και περιλαμβάνει την απαλή απομάκρυνση του νερού με το χαμηλότερο δυνατό κόστος κάτω από αυστηρές συνθήκες υγιεινής, ενώ διατηρεί όλες τις επιθυμητές φυσικές ιδιότητες του γάλακτος: το χρώμα , τη γεύση , τη διαλυτότητα και τη θρεπτική αξία.

Το πλήρες γάλα περιέχει , συνήθως , περίπου 87 % νερό και το αποβουτυρωμένο γάλα περιέχει περίπου 91 % . Κατά τη διάρκεια παραγωγής της σκόνης γάλακτος αυτό το νερό απομακρύνεται βράζοντας το γάλα υπό μειωμένη πίεση, σε χαμηλή θερμοκρασία, μια διαδικασία γνωστή ως εξάτμιση . Το προκύπτον συμπυκνωμένο γάλα στη συνέχεια ψεκάζεται σε μια λεπτή ομίχλη σε ζεστό αέρα για να επιτευχθεί περαιτέρω απομάκρυνση της υγρασίας και έτσι να μετατραπεί σε σκόνη.. Περίπου 13 κιλά πλήρους γάλακτος σε σκόνη ή 9 κιλά άπαχου γάλακτος σε σκόνη μπορούν να γίνουν από 100 λίτρα πλήρους γάλακτος (Dr. K. N. Pearce, NewZealand)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η παραγωγική διαδικασία που ακολουθείται για τη μετατροπή του γάλακτος σε σκόνη και λεπτομερής ανάλυση του κάθε σταδίου:



Σχήμα 19. Διάγραμμα ροής παραγωγής σκόνης γάλακτος

3.3.3.1 Αναλυτική περιγραφή των σταδίων παραγωγής γάλακτος σε σκόνη

- **Διαχωρισμός-Φυγοκέντριση**

Η συμβατική διαδικασία για την παραγωγή του γάλακτος σε σκόνη αρχίζει με τη λήψη του νωπού γάλακτος το οποίο περιήλθε στο εργοστάσιο γαλακτοκομικών προϊόντων και παστερίωσης και το διαχωρισμό του σε άπαχο γάλα και σκόνη γάλακτος χρησιμοποιώντας ένα φυγοκεντρικό διαχωριστή σκόνης. Αν πρόκειται να παραχθεί πλήρες γάλα ένα τμήμα της σκόνης προστίθενται πίσω στο αποβουτυρωμένο γάλα για την παραγωγή γάλακτος με τυποποιημένη περιεκτικότητα σε λιπαρά (συνήθως 26-30 % λίπος στην σκόνη). Το πλεόνασμα της σκόνης χρησιμοποιείται για την παρασκευή βουτύρου ή άνυδρου λίπους γάλακτος.

- **Προθέρμανση-Παστερίωση**

Το επόμενο βήμα είναι η " προθέρμανση " , κατά την οποία το τυποποιημένο γάλα θερμαίνεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 75 και 120 C για ένα συγκεκριμένο χρονικό

διάστημα το οποίο διαρκεί από μερικά δευτερόλεπτα μέχρι και αρκετά λεπτά (συνθήκες παστερίωσης: 72 C για 15 s) . Μέσω της προθέρμανσης προκαλείται ελεγχόμενη μετουσίωση των πρωτεϊνών ορού γάλακτος στο γάλα και καταστρέφονται τα βακτηρίδια , απενεργοποιούνται τα ένζυμα , παράγονται φυσικά αντιοξειδωτικά και προσδίδεται σταθερότητα στη θερμότητα . Οι ακριβείς συνθήκες θέρμανσης εξαρτώνται από τον τύπο του προϊόντος και της προβλεπόμενης τελικής χρήσης του . Η υψηλή προθέρμανση στο πλήρες γάλα συνδέεται με τη βελτιωμένη ποιότητα και τη διατηρησιμότητα , αλλά με μειωμένη διαλυτότητα . Η προθέρμανση μπορεί να επιτευχθεί είτε έμμεσα (μέσω εναλλακτών θερμότητας) , ή άμεσα (μέσω ένεσης ατμού ή έγχυση μέσα στο προϊόν) , ή ένος μίγματος των δύο .

Έμμεσοι θερμοσίφωνες χρησιμοποιούν γενικά την απορριπτόμενη θερμότητα από άλλα μέρη της διαδικασίας παραγωγής ,ως μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας .

- **Εξάτμιση**

Στον εξατμιστή το προθερμασμένο γάλα συμπυκνώνεται σε στάδια, από περίπου 9,0 % συνολική περιεκτικότητα σε στερεά για αποβουτυρωμένο γάλα και 13 % για το πλήρες γάλα , έως 45-52 % ολικά στερεά. Αυτό επιτυγχάνεται με βρασμό του γάλακτος υπό κενό σε θερμοκρασίες κάτω 72 C σε πτωτική ταινία στο εσωτερικό κάθετων σωλήνων , και απομακρύνοντας τον ατμό ως ατμό. Αυτός ο ατμός , ο οποίος μπορεί να είναι μηχανικά ή θερμικά συμπιεσμένος, στη συνέχεια χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του γάλακτος στο επόμενο στάδιο του εξατμιστή το οποίο μπορεί να λειτουργεί σε χαμηλότερη πίεση και θερμοκρασία από το προηγούμενο.

Σύγχρονες εγκαταστάσεις μπορεί να έχουν μέχρι και επτά στάδια για την μέγιστη ενεργειακή απόδοση . Περισσότερο από 85 % του νερού στο γάλα μπορεί να απομακρυνθεί στον εξατμιστή.

- **Ξήρανση με ψεκασμό**

Η ξήρανση με ψεκασμό περιλαμβάνει ψεκασμό του συμπυκνωμένου γάλακτος από τον εξατμιστή σε λεπτά σταγονίδια. Αυτό γίνεται μέσα σε ένα μεγάλο θάλαμο ξήρανσης σε ρεύμα θερμού αέρα (έως 200 C) χρησιμοποιώντας είτε ένα περιστρεφόμενο δίσκο ψεκασμού ή μια σειρά ακροφυσίων υψηλής πίεσης. Τα σταγονίδια γάλακτος ψύχονται μέσω της εξάτμισης και ποτέ δεν φτάνουν τη θερμοκρασία του αέρα. Το συμπύκνωμα μπορεί να θερμαίνεται πριν από τον ψεκασμό για να μειωθεί το ιξώδες του και να αυξήσει τη διαθέσιμη ενέργεια για την ξήρανση.

Μεγάλο μέρος του υπόλοιπου νερού εξατμίζεται στο θάλαμο ξήρανσης, αφήνοντας μια λεπτή σκόνη περίπου 6% περιεκτικότητας σε υγρασία με ένα μέσο μέγεθος σωματιδίων τυπικής διαμέτρου <0.1 mm.

Τελική ή "δευτερεύουσα" ξήρανση λαμβάνει χώρα σε μια ρευστοποιημένη κλίση, ή σε μια σειρά από τέτοιες κλίσεις, στην οποία καυτός αέρας εμφυσάται μέσω ενός στρώματος ρευστοποιημένης κόνεως απομακρύνοντας το νερό και δίνοντας προϊόν με υγρασία περιεκτικότητας 2-4%.

- Συσκευασία και αποθήκευση

Το γάλα σε σκόνη είναι πάρα πολύ πιο σταθερό από το φρέσκο γάλα, αλλά η προστασία από την υγρασία, το οξυγόνο, το φως και τη θερμότητα είναι απαραίτητη προκειμένου να διατηρηθεί η ποιότητα και η διάρκεια ζωής τους. Οι σκόνες γάλακτος εύκολα καταλαμβάνουν υγρασία από τον αέρα, οδηγώντας σε ταχεία απώλεια της ποιότητας. Συνήθως συσκευάζονται είτε σε πλαστικής επένδυση τσάντες πολλαπλών τοιχωμάτων (25 kg) ή χύμα σε παλετοκιβώτια (600 kg).

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Οι εξατμιστήρες είναι πολύ πιο αποδοτικοί ενεργειακά από τους ξηραντήρες χρησιμοποιώντας μόνο ένα κλάσμα από ένα κιλό ατμού (ή την ενέργεια ισοδύναμα) ανά χιλιόγραμμα του νερού που αφαιρείται στην παραγωγική διαδικασία. Οι ξηραντήρες από την άλλη πλευρά χρησιμοποιούν αρκετά χιλιόγραμμα ατμού (ή ισοδύναμα ενέργειας) ανά χιλιόγραμμα του νερού εξατμίζεται.

Τα εργοστάσια παραγωγής σκόνης γάλακτος τείνουν να είναι πολύ μεγάλα, λίγα σε αριθμό και βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές. Εάν είναι σύγχρονα και κάνουν σωστή διαχείριση, έχουν σχετικά μικρές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Έχουν μέτρια ένταση ενέργειας, καίγοντας άνθρακα ή φυσικό αέριο και καταναλώνοντας ουσιαστική ηλεκτρική ενέργεια. Υπάρχουν ισχυρές οικονομικές πιέσεις για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας αλλά υπάρχει μικρό περιθώριο για περαιτέρω σημαντική βελτίωση.

3.3.3.2 Υδατικό αποτύπωμα γάλακτος-γάλακτος σε σκόνη

Η κύρια φάση που συμβάλλει στην χρήση του νερού είναι το βουστάσιο. Η χρήση του νερού στο αγρόκτημα γαλακτοπαραγωγής προέρχεται από την παραγωγή ζωοτροφών, το πόσιμο νερό για τις αγελάδες και αυτό που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό των μηχανήματων αρμέγματος. Η πιο σημαντική κατανάλωση νερού είναι στην παραγωγή ζωοτροφών και ανάλογα με την περιοχή παραγωγής, πολύ νερό άρδευσης μπορεί να είναι απαραίτητο για την παραγωγή της τροφής για τις αγελάδες.

Περίπου **6 l/kg** γάλακτος χρησιμοποιούνται στο αγρόκτημα γαλακτοπαραγωγής για να καταναλωθεί από τις αγελάδες, **2** ή περισσότερα λίτρα νερού ανά κιλό γάλακτος χρησιμοποιούνται για σκοπούς καθαρισμού (αγρόκτημα και μηχανήματα αρμέγματος). Στο γαλακτοκομείο καταναλώνεται περίπου **1,5 L για την παραγωγή 1 kg γάλακτος**.

Η διαδικασία συσκευασίας μπορεί να χρησιμοποιήσει διάφορες ποσότητες νερού ανάλογα με τη μορφή της (γυάλινο μπουκάλι, τούβλο χαρτόνι), αλλά μπορεί να υπολογιστεί σε περίπου **5 λίτρα νερού ανά kg γάλακτος**. Αυτή η ποσότητα νερού αντιστοιχεί στην "άμεση" χρήση του νερού και δεν περιλαμβάνει το νερό άρδευσης για την παραγωγή τροφίμων ή την υγρασία του εδάφους, ούτε τις μεγάλες ποσότητες

νερού που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, για την ψύξη των εγκαταστάσεων ή για την παραγωγή άλλων εισροών (π.χ. λιπάσματα), ούτε τον όγκο του μολυσμένου νερού που οφείλεται σε φυτοφάρμακα, για παράδειγμα. Εάν αυτές οι ποσότητες νερού περιλαμβάνονται τότε 1 kg γάλα απαιτεί περίπου **1.000 L** νερού για την παραγωγή του και η παραγωγή σκόνης γάλακτος απαιτεί **4600 l/kg**.

Σύμφωνα με μελέτη του Hoekstra (2010) το παγκόσμιο υδατικό αποτύπωμα (1000 l/kg, 4600l/kg) προκύπτει ως εξής:

- Γάλα

Παγκόσμιος μέσος όρος			
	Green(m ³ /ton)	Blue(m ³ /ton)	Grey(m ³ /ton)
Γάλα βόσκησης (grazing)	1087	56	49
Μικτό γάλα (mixed)	790	90	76
Βιομηχανικό γάλα (industrial)	1027	98	82
Σταθμισμένος μέσος όρος (weighted average)	863	86	72

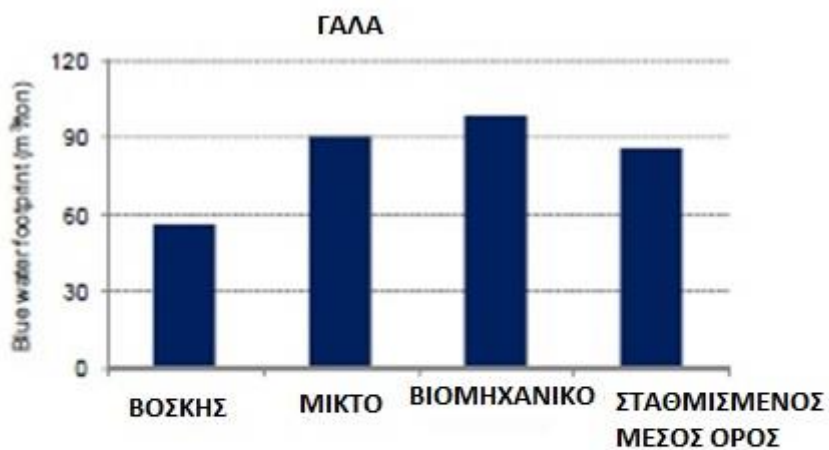
Πίνακας 11. Παγκόσμιο υδατικό αποτύπωμα διαφόρων ειδών γάλακτος (Hoekstra 2010)

- Σκόνη γάλακτος

Παγκόσμιος μέσος όρος			
	Green(m ³ /ton)	Blue(m ³ /ton)	Grey(m ³ /ton)
Grazing	5052	261	277
Mixed	3671	421	354
Industrial	4777	455	382
Weighted average	4011	398	336

Πίνακας 12. Παγκόσμιο υδατικό αποτύπωμα για διάφορα είδη σκόνης γάλακτος (Hoekstra, 2010)

Παρακάτω ακολουθεί διάγραμμα για το μπλε αποτύπωμα γάλακτος και τα είδη του.



Σχήμα 20. Μπλε αποτύπωμα ειδών γάλακτος (Hoekstra, 2010)

3.3.3.3 Ανθρακικό αποτύπωμα γάλακτος σε σκόνη

ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η παραγωγή του γάλακτος ξεκινάει με τη λήψη νοπού γάλακτος από το βουστάσιο όπου εκτρέφονται οι αγελάδες. Αυτό το στάδιο της γαλακτοπαραγωγής αποτελεί και τον πιο σημαντικό παράγοντα για τα αέρια του θερμοκηπίου που προκύπτουν από τη χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (I.D.F., Belgium 2009).

Περίπου το 60% της χρήσης ενέργειας οφείλεται στον παραγωγό, εστιάζοντας στην παραγωγή ζωοτροφών, στη μεταφορά τους και στην παραγωγή λιπασμάτων. Ανάλογα με τη διατροφή της αγελάδας, η παραγωγή ζωοτροφών μπορεί να ποικίλει λόγω της περισσότερης ενέργειας που καταναλώνουν οι διαδικασίες για την παραγωγή συμπυκνωμένων ζωοτροφών σε σύγκριση με σανό, για παράδειγμα.

Το 25% της χρήσης της μη ανανεώσιμης πρωτογενούς ενέργειας αποδίδεται στη γεωργική εκμετάλλευση ηλεκτρικής ενέργειας,

- για την ξήρανση ζωοτροφών,
- το άρμεγμα,
- τη διαχείριση λιπασμάτων,
- τον εξαερισμό,
- τις ηλεκτρικές περιφράξεις,
- το φωτισμό,
- την ψύξη

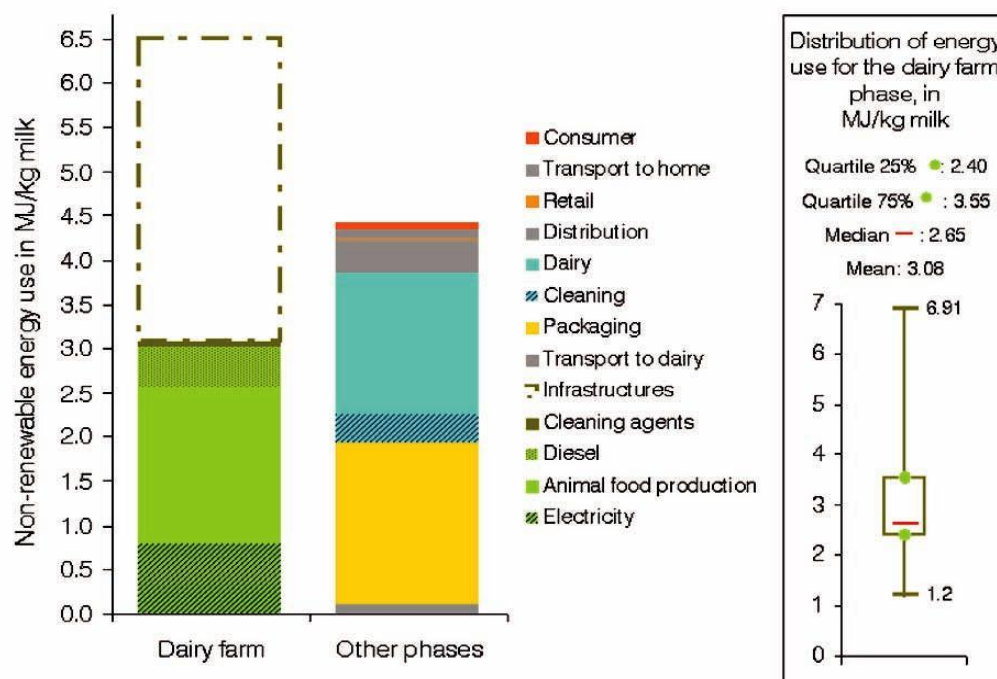
Το υπόλοιπο 15% αντιπροσωπεύεται στην πλειοψηφία από τα φορτηγά ντίζελ και τη χρήση τρακτέρ .

Οι πιο σημαντικές φάσεις όσον αφορά την κατανάλωση πόρων μετά την φάρμα γαλακτοκομικών προϊόντων είναι η **επεξεργασία γαλακτοκομικών προϊόντων** και η **συσκευασία**. Η παραγωγή των υλικών συσκευασίας καταναλώνει μη-ανανεώσιμων πηγών ενέργεια για την εξόρυξη των πρώτων υλών, τη μετατροπή τους και τη μεταφορά τους προς την επεξεργασία γαλακτοκομικών προϊόντων. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των γαλακτοκομικών χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια από τις μηχανές και ορυκτά καύσιμα για δραστηριότητες παραγωγής ατμού και θέρμανσης. Η κατανάλωση των πόρων για τις εργασίες καθαρισμού στο γαλακτοκομείο δεν είναι αμελητέα. Προέρχεται από την παραγωγή και τη μεταφορά των καθαριστικών προϊόντων (αλκαλικά και όξινα διαλύματα), την ηλεκτρική ενέργεια, τον ατμό και την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Οι διάφορες φάσεις της μεταφοράς (μεταφορά

γάλακτος στην επεξεργασία γαλακτοκομικών προϊόντων, η διανομή και η μεταφορά στα σπίτια των καταναλωτών) δεν είναι πολύ ενεργοβόρες λόγω των μικρών αποστάσεων.

Η βιολογική γεωργία καταναλώνει γαλακτοκομικά γενικά λίγο λιγότερη ενέργεια από τη συμβατική γεωργία. Αυτό οφείλεται κυρίως στη διαφορετική διατροφή των αγελάδων και την προέλευση των ζωοτροφών (για τη βιολογική γεωργία, το μεγαλύτερο μέρος των ζωοτροφών παράγονται στο αγρόκτημα, δηλαδή υπάρχουν χαμηλότερες εισροές των μεταφορών), καθώς και τη χαμηλότερη χρήση ή καθόλου χρήση των ορυκτών καυσίμων για λίπασμα (η παραγωγή λιπασμάτων είναι η ενεργειακή κατανάλωση).

Το παρακάτω σχήμα δείχνει την κατανάλωση της μη ανανεώσιμης πρωτογενούς ενέργειας για τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής του 1 kg γάλακτος. Τα αποτελέσματα διαφέρουν σημαντικά από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αφού οι κυρίαρχες εισφορές από μεθάνιο και διοξείδιο του αζώτου δεν έχει σχέση με την ενεργειακή χρήση.



Σχήμα 21. Στα αριστερά, η κατανάλωση των πόρων για 1 κίλο γάλα στις διάφορες φάσεις του κύκλου ζωής (τα δεδομένα αντιστοιχούν στο μέσο). Στα δεξιά το κουτί δείχνει την κατανομή και διακύμανση των δεδομένων που συλλέγονται στις διάφορες μελέτες για τη φάση βουστάσιο(υποδομή δεν συμπεριλαμβάνεται). Τα εκατοστημόρια 5 και 95% είναι αντίστοιχα 1.31 και 6.57 MJ/KGγάλακτος (I.D.F., Belgium 2009)

Ο κύριος συντελεστής στη χρήση της ενέργειας είναι η φάση βουστάσιο. Το αγρόκτημα γαλακτοπαραγωγής αντιπροσωπεύει περίπου το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον κύκλο ζωής του γάλακτος, ενώ η φάση της

επεξεργασίας και συσκευασίας το 20% για τη κάθε μια. Η διαδικασία καθαρισμού και η διανομή συσκευασμένων γαλάκτων στους λιανοπωλητές ανέρχονται σε ~ 10% της κατανάλωσης ενέργειας για ολόκληρο τον κύκλο ζωής.

Ωστόσο για κάθε προϊόν υπάρχει και διαφορετικός συντελεστής για την κατανάλωση ενέργειας όπως συμβαίνει για **τη σκόνη γάλακτος**. Η πιο σημαντική φάση για την κατανάλωση ενέργειας είναι το γαλακτοκομείο παρά το βουστάσιο και αυτό λόγω του υψηλού βαθμού επεξεργασίας για να ξηραθεί το γάλα. Αυτό εξηγεί και τη διαφορά στην κατανάλωση ενέργειας μεταξύ γάλακτος και γάλακτος σε σκόνη ανά κιλό προϊόντος:

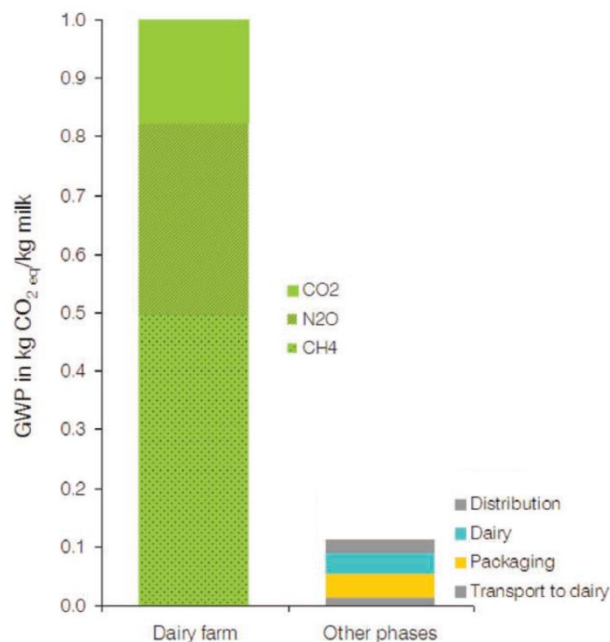
- 8 MJ/kg γάλακτος
- 58 MJ/kg γάλακτος σε σκόνη

ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Για τα αέρια του θερμοκηπίου (GHG), το βουστάσιο αντιστοιχεί σε περισσότερο από το 80% των επιπτώσεων.

Μεταξύ αυτών των εκπομπών, περίπου το 50% οφείλονται σε μεθάνιο (**CH₄**), εκπομπές από τις εντερικές ζυμώσεις (μια αγελάδα γαλακτοπαραγωγής εκπέμπει 100-150 kgCH₄/έτος). Περίπου το ένα τρίτο οφείλεται σε υποξείδιο του αζώτου (**N₂O**), κυρίως από τη διαχείριση της κοπριάς και τα αζωτούχα λιπάσματα. Το τελικό ένα έκτο οφείλεται στο διοξείδιο του άνθρακα (**CO₂**), που προέρχεται από το τρακτέρ, τα φορτηγά και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μεταξύ των μη γεωργικών φάσεων, εκείνες που έχουν μεγάλη σημασία για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι η επεξεργασία και η συσκευασία των γαλακτοκομικών προϊόντων. Άλλες διεργασίες που παράγουν σημαντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι η διαχείριση των αποβλήτων που προέρχονται από την αποτέφρωση των αποβλήτων.

Σύμφωνα με τη μελέτη της Διεθνούς Ομοσπονδίας Γάλακτος σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του τομέα των γαλακτοκομικών προϊόντων (IDF 2009) το αποτύπωμα άνθρακα του γάλακτος είναι κατά μέσο όρο **1,1 kg CO₂-eq/kg** γάλακτος. Το αποτύπωμα άνθρακα των διαφόρων φάσεων που συνδέονται με την παραγωγή γάλακτος απεικονίζεται στο Σχήμα



Σχήμα 22. Ανθρακικό αποτύπωμα των διαφορετικών φάσεων της παραγωγής γάλακτος (IDF, 2009)

Οι μεγαλύτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οφείλονται στο βουστάσιο. Το άθροισμα των GWP όλων των άλλων φάσεων αντιπροσωπεύει μόνο το ένα πέμπτο της φάσης βουστάσιο. Το υψηλότερο GWP του μεθανίου και υποξειδίου του αζώτου σε σχέση με το CO₂ (GWP των 25 και 298 κιλά ισοδυνάμου CO₂ για 1kg CH₄ και N₂O αντιστοίχως, σε σύγκριση με το 1 kg ισοδυνάμου CO₂ για 1 κιλό CO₂) και τα μεγάλα ποσά που εκπέμπονται μπορεί να εξηγήσει γιατί οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι πολύ πιο σημαντικές για το βουστάσιο, παρά από τις άλλες φάσεις του κύκλου ζωής.

Ανάλυση ανθρακικού αποτυπώματος στα 3 πιο σημαντικά αέρια	
CO ₂	0,2 kgCO ₂ -eq/kg
CH ₄	0,5 kgCO ₂ -eq/kg
N ₂ O	0,3 kgCO ₂ -eq/kg
Total	1 kgCO₂-eq/kg

Πίνακας 13. Ανάλυση ανθρακικού αποτυπώματος σε CO₂, CH₄, N₂O

Οι μέσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη σύμφωνα με τον Gerber (2010) μετά από το αγρόκτημα, εκτιμάται σε 0,155kg CO₂-eq/kg γάλακτος, εκ των οποίων 55% έχει σχέση με την επεξεργασία γαλακτοκομικών προϊόντων, 24,5% με την παραγωγή συσκευασιών και το υπόλοιπο 20% έχει σχέση με τη μεταφορά από και προς το εργοστάσιο γαλακτοκομικών προϊόντων.

Στάδιο	kg CO ₂ -eq/kg	%
Μεταφορά από τη φάρμα στη βιομηχανία	0.016	10.3
Επεξεργασία στη βιομηχανία	0.086	55.5
Συσκευασία	0.038	24.5
Μεταφορά από τη βιομηχανία στη λιανική	0.014	9.0
Total	0.155	100

Πίνακας 14. Αποτύπωμα άνθρακα στα διάφορα στάδια (Gerber et al., 2010).

Για την σκόνη γάλακτος οι εκπομπές στο αγρόκτημα είναι 0.157 kgCO₂-eq/kg για την αποβουτυρωμένη και 0.171 kgCO₂-eq/kg για την κανονική ενώ για το φρέσκο γάλα 0.153 kgCO₂-eq/kg (Gerber et al., 2010).

Επιπλέον, μια άλλη μελέτη σχετικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον τομέα των γαλακτοκομικών προϊόντων που πραγματοποιούνται για λογαριασμό του FAO, έδειξε τις περιφερειακές παραλλαγές για το αποτύπωμα άνθρακα του γάλακτος, με την υποσαχάρια Αφρική να παράγει τις υψηλότερες εκπομπές για την παραγωγή του γάλακτος (7,5 kg CO₂-eq/ kg γάλακτος) και τις πιο βιομηχανοποιημένες περιοχές να παράγουν τις χαμηλότερες εκπομπές (1-2 kg CO₂-eq/kg γάλακτος).

ΓΑΛΑ						
Carbon footprint						
	ΒΟΥΣΤΑΣΙΟ	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΦΑΡΜΑ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	ΔΙΑΝΟΜΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ
kg-CO2 eq/ton	1000	16	86	38	14	1154,00
Water footprint						
Grey Water (m ³ / ton)	-	-	-	-	-	336
Green Water (m ³ / ton)	-	-	-	-	-	4011
Blue Water (m ³ / ton)	-	-	-	-	-	398
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ						4745

Πίνακας 15.Συνολικός πίνακας αποτυπωμάτων γάλακτος

3.3.4 Δεξτρόζη

Ο όρος δεξτρόζη προέρχεται από την «δεξιόστροφη» γλυκόζη (D-Γλυκόζη). Η γλυκόζη παράγεται μέσω της ενζυματικής υδρόλυσης του αμύλου. Πολλές καλλιέργειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή αμύλου, όπως το καλαμπόκι, το ρύζι, το σιτάρι, ο φλοιός καλαμποκιού που χρησιμοποιούνται σε διάφορα μέρη του κόσμου. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το άμυλο αραβοσίτου χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά.

Η δεξτρόζη είναι μονοσακχαρίτης που είναι περίπου 30% λιγότερο γλυκός από την καθαρή ή επεξεργασμένη ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο. Η λεπτή υφή της και η συγκρατημένη γλυκύτητά της, καθιστά την δεξτρόζη ως ένα γλυκαντικό πολλαπλών χρήσεων για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών όπως είναι και η ζαχαροπλαστική.

Η παραγωγή της δεξτρόζης από το καλαμπόκι ακολουθεί την εξής πορεία:



Εικόνα 13. Διάγραμμα παραγωγής δεξτρόζης (<http://polymerinnovation.com/from-corn-to-poly-lactic-acid-fermentation-in-action>)

Οι σπόροι καλαμποκιού μετατρέπονται σε άμυλο μέσω μιας διαδικασίας που καλείται υγρή άλεση. Το καλαμπόκι διαβρέχεται με νερό στους 15°C για 35-45h και προστίθεται ικανή ποσότητα SO₂ (0,15-0,20%) για να εμποδίζει την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Κατά τη διαβροχή το καλαμπόκι συγκρατεί νερό, διαχωρίζεται το εξωσπέρμιο από το σπόρο και διευκολύνεται η άλεση. Το άμυλο, οι πρωτεΐνες και τα υδατοδιαλυτά συστατικά διαχωρίζονται από το σπόρο σε μορφή πολτού, ο οποίος αλέθεται και αποφλοιώνεται. Μετά προστίθεται περισσότερο SO₂ και αυξάνεται η θερμοκρασία στους 29-33°C ώστε να γίνεται ευκολότερα ο διαχωρισμός του αμύλου από τα πρωτεϊνικά συστατικά.

Έπειτα το άμυλο υπόκειται σε υδρόλυση η οποία γίνεται με οξέα ή ενζυματικά. Κατά την προσθήκη νερού και με την βοήθεια οξέων ή ενζύμων (αμυλάσες) διασπώνται οι χημικοί δεσμοί, που οδηγούν στην μετατροπή του αμύλου σε μαλτόζη και στη συνέχεια σε δεξτρόζη.

Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης κύκλου ζωής θα γίνει η παραδοχή ότι η δεξτρόζη έχει ίδιες επιπτώσεις με τη ζάχαρη, λόγω πολυπλοκότητας μελέτης του υδατικού και ανθρακικού αποτυπώματος παραγωγής της.

3.3.5 Συσσκευασία και παράμετροι

3.3.5.1 Εισαγωγή

Η συσκευασία είναι η τεχνολογία που περικλείει την προστασία των προϊόντων προς διανομή, αποθήκευση, πώληση και χρήση. Η συσκευασία αναφέρεται επίσης στη διαδικασία του σχεδιασμού, της αξιολόγησης και της παραγωγής των πακέτων. Μπορεί να περιγραφεί ως ένα συντονισμένο σύστημα logistics προετοιμασίας εμπορευμάτων προς μεταφορά, αποθήκευση, πώληση, και τελική χρήση.

Η Ιστορία της συσκευασίας

Αρχαία εποχή

Οι πρώτες συσκευασίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν από φυσικά υλικά όπως τα καλάθια από καλάμια, ξύλινα κουτιά, βάζα-αγγεία, κεραμικά, αμφορείς, ξύλινα βαρέλια και πολλά άλλα.

Η πρώτη καταγεγραμμένη χρήση του χαρτιού περιτυλίγματος χρονολογείται από το 1035, όταν ένας Πέρσης ταξιδιώτης που επισκέφθηκε τις αγορές στο Κάιρο αγόρασε τα προϊόντα που αναζητούσε τα οποία ήταν τυλιγμένα σε χαρτί.

Σύγχρονη εποχή

Κασσιτέρωση

Η χρήση του λευκοσιδήρου για τη συσκευασία χρονολογείται από τον 18ο αιώνα. Η κατασκευή του λευκοσιδήρου ήταν μονοπώλιο της Βοημίας. Το 1667 ο Andrew Yarranton, ένας Άγγλος μηχανικός και ο Αμβρόσιος Crowley έφεραν την μέθοδο στην Αγγλία.

Κονσερβοποιία

Με την ανακάλυψη της σημασίας των αεροστεγών δοχείων για τη συντήρηση των τροφίμων, η διαδικασία κονσερβοποίησης με κασσίτερο κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Βρετανό έμπορο Peter Durand το 1810. Μετά τη λήψη του διπλώματος ευρεσιτεχνίας, ο Durand πώλησε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του το 1812 σε δύο άλλους Άγγλους, Bryan Donkin και John Hall, οι οποίοι επαναπροσδιόρισαν τη διαδικασία και φτάσαν στο σημείο να δημιουργήσουν το πρώτο εργοστάσιο κονσερβοποιίας στο Λονδίνο. Το 1813, παρήγαγαν τα πρώτα κονσερβοποιημένα προϊόντα για το Βασιλικό Ναυτικό. Η σταδιακή βελτίωση της κονσερβοποίησης τόνωθηκε το 1855 με την εφεύρεση του τούρτου ανοίγματος της κονσέρβας.

Χαρτί συσκευασίας

Κουτιά συσκευασίας χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά τον 16ο αιώνα και σύγχρονα πτυσσόμενα κουτιά χρονολογούνται από το 1839. Το πρώτο κυματοειδές κουτί παρήχθη στο εμπόριο το 1817 στην Αγγλία. Εμπορικές χάρτινες σακούλες για πρώτη φορά κατασκευάστηκαν στο Μπρίστολ της Αγγλίας, το 1844.

20ος αιώνας

Η εξέλιξη της συσκευασίας στις αρχές του 20ου αιώνα περιλαμβάνεται διαφανή περιτυλίγματα σελοφάν καθώς και χαρτοκιβώτια, βελτιώνοντας έτσι την ασφάλεια των τροφίμων. Καθώς αναπτύχθηκαν πρόσθετα υλικά όπως το αλουμίνιο και διάφορα είδη από πλαστικό ενσωματώθηκαν σε συσκευασίες για τη βελτίωση της απόδοσης και της λειτουργικότητας.

Το 1952, το Michigan State University έγινε το πρώτο πανεπιστήμιο στον κόσμο που προσφέρει γνώσεις στην εφαρμοσμένη μηχανική συσκευασίας. Με την ευαισθητοποίηση των καταναλωτών το 1980 κατασκευάστηκε στην Αμερική το

πρώτο εργαστάσιο Ανακύκλωσης. Από το 2003, ο τομέας της συσκευασίας αντιπροσώπευε περίπου το δύο τοις εκατό του ακαθάριστου εθνικού προϊόντος σε ανεπτυγμένες χώρες. Περίπου το μισό αυτής της αγοράς είχε άμεση σχέση με τις συσκευασίες των τροφίμων.

3.3.5.2 Παράμετροι συσκευασίας

Η συσκευασία τροφίμων αποτελεί πολύ σημαντικό στάδιο σε μια βιομηχανία καθώς εξυπηρετεί δυο βασικές ανάγκες του προϊόντος: α) την προστασία του σε προκαθορισμένο βαθμό για τον αναμενόμενο χρόνο ζωής και β) την διαφήμισή του στο σημείο πώλησης. Ανάγκες οι οποίες καθορίζουν το σχεδιασμό και την επιλογή της συσκευασίας για το κάθε προϊόν.

Ωστόσο η συσκευασία εξυπηρετεί και άλλους σκοπούς:

- Η επιθυμητή ποσότητα ενός προϊόντος μπορεί να τοποθετηθεί σε έναν περιέκτη (άμεση συσκευασία) και να διακινηθεί και να αποθηκευθεί εύκολα το προϊόν και περισσότερες μονάδες περιεκτών να συγκεντρωθούν σε ένα σύνολο (εξωτερική συσκευασία) ώστε να παρέχεται περισσότερη ασφάλεια κατά τη μεταφορά τους.
- Μπορεί να λειτουργήσει ως βοηθητικό μέσο μιας διεργασίας όπως είναι η θερμική κατεργασία τροφίμων προσδίδοντας σταθερότητα διαστάσεων και καθορισμένο σχήμα και θέση.
- Συχνά ο περιέκτης χρησιμοποιείται ως σκεύος από τον καταναλωτή όπως είναι τα μεταλλικά κουτιά αναψυκτικών. Ο σωστός σχεδιασμός της συσκευασίας διευκολύνει τους χειρισμούς του καταναλωτή και τον προστατεύει από πιθανούς τραυματισμούς.

Η ποιότητα του τροφίμου μπορεί να υποβαθμιστεί λόγω της επίδρασης κάποιων παραγόντων όπως είναι η μηχανική καταπόνηση, το φως, το οξυγόνο και τα άλλα αέρια του περιβάλλοντος, οι υδρατμοί, η μεταφορά θερμότητας, οι μικροοργανισμοί και διάφορες ουσίες από το περιβάλλον που μπορεί να το μολύνουν. Ωστόσο αυτοί οι παράγοντες μπορούν να ελεγχθούν από τη συσκευασία:

- **Η αντοχή σε εφελκυσμό, κρούση, συμπίεση** κ.λ.π. (μηχανικές αντοχές) του υλικού συσκευασίας μπορεί να προστατεύσει το τρόφιμο από μια ενδεχόμενη προσβολή από μικροοργανισμούς λόγω μηχανικής καταπόνησης.
- **Η διαπερατότητα του υλικού συσκευασίας από το φως**, καθορίζει την ένταση του φωτός στην επιφάνεια του τροφίμου και επομένως ελέγχει τις φωτοκαταλυόμενες αντιδράσεις. Το φως καταλύει και επιταχύνει διάφορες ανεπιθύμητες αντιδράσεις στα τρόφιμα. Για παράδειγμα την οξειδωση των λιπαρών που οδηγεί σε οξειδωτικό ταγγισμό, την οξειδωση του γάλακτος προς σχηματισμό δύσοσμων μερκαπτανών κ.α. Ειδικότερα στα υγρά τρόφιμα

ακόμα και εάν η διείσδυση της ακτινοβολίας είναι μικρή, η διάχυση των αντιδρώντων συστατικών προς την επιφάνεια και των σχηματιζόμενων από τη φωτοκατάλυση ελεύθερων ριζών προς το εσωτερικό οδηγεί σε σημαντική υποβάθμιση. Η διείσδυση της ακτινοβολίας στο τρόφιμο εξαρτάται από το ίδιο το τρόφιμο και ακολουθεί την εκθετική σχέση (νόμος Beer-Lambert):

$$I_x = I_0 \cdot e^{-kx}$$

όπου I_x , η ένταση του φωτός σε βάθος του τροφίμου (Cd)

I_0 , η ένταση του φωτός στην επιφάνεια του τροφίμου (Cd)

K , η χαρακτηριστική σταθερά απορρόφησης του τροφίμου σε ορισμένο μήκος κύματος (m⁻¹).

- **Η διαπερατότητα του υλικού σε οξυγόνο,** βοηθά στον έλεγχο διαφόρων χημικών μεταβολών όπως η οξείδωση λιπαρών, βιταμινών και χρωστικών. Ακόμη ελέγχεται η αναπνοή φρούτων και λαχανικών όπου η επιβράδυνσή της επιφέρει παράταση του χρόνου ζωής του τροφίμου όμως πολύ χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου προκαλεί αναερόβια αναπνοή και γρήγορη αλλοίωσή του. Σε τρόφιμα πλούσια σε πτητικά αρωματικά συστατικά απαιτείται συσκευασία μη περατή από αυτά ώστε να διατηρηθεί το άρωμα του προϊόντος. Επομένως κάθε τρόφιμο χρήζει διαφορετικής συσκευασίας διαφορετικής διαπερατότητας σε οξυγόνο.
- **Η διαπερατότητα σε υδρατμούς,** του υλικού συσκευασίας πρέπει να είναι χαμηλή ώστε να διατηρείται σταθερή η υγρασία και να αποφεύγονται αλλοιώσεις του τροφίμου όπως μεταβολές στην υφή (απώλεια τραγανότητας), κρυσταλλώσεις, συσσωματώσεις. Η περιεχόμενη υγρασία και η ενεργότητα του νερού στα τρόφιμα είναι οι αμέσως πιο σημαντικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες μετά τη θερμοκρασία που επιδρούν στο ρυθμό των αντιδράσεων που καθορίζουν την ποιοτική υποβάθμιση του τροφίμου. Η ενεργότητα του νερού είναι ένα μέτρο της διαθεσιμότητας του νερού στα διάφορα τρόφιμα. Δηλαδή περιγράφει το πόσο ισχυρά συγκρατείται μέσα στο τρόφιμο και σε ποιο ποσοστό είναι διαθέσιμο να συμπεριφερθεί ως διαλύτης ή να λάβει μέρος σε χημικές δράσεις.
- **Η ικανότητα αντανάκλασης, η θερμική αγωγιμότητα και το πορώδες,** ελέγχουν την μεταφορά θερμότητας στο τρόφιμο και προστατεύουν από υψηλές θερμοκρασίες.
- **Η ύπαρξη ακατάλληλων προσθέτων ή συστατικών στη συσκευασία, το πορώδες και η ακεραιότητα,** καθορίζουν είτε την επιμόλυνση από χημικές ουσίες στη συσκευασία, είτε την επιμόλυνση από μικροοργανισμούς και έντομα από το περιβάλλον αντίστοιχα.

3.3.5.2.1 Τύποι και υλικά συσκευασίας

Το υλικό συσκευασίας και ο τύπος κατασκευής του περιέκτη καθορίζουν την προστασία που προσδίδεται στο τρόφιμο.

Υπάρχουν δυο βασικές κατηγορίες συσκευασίας:

α) Συσκευασίες λιανικής πώλησης που έρχονται απ' ευθείας σε επαφή με το τρόφιμο, αναγράφουν στοιχεία που προσδιορίζουν, διαφημίζουν το περιεχόμενο, προστατεύουν το τρόφιμο στα σημεία λιανικής πώλησης και στην αποθήκευση στο σπίτι και

β) Συσκευασίες που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά και τη διανομή των τροφίμων, οι οποίες μπορεί να έρχονται σε άμεση επαφή με το τρόφιμο, περιέχοντας μεγάλες ποσότητες τροφίμου χύμα, π.χ. σάκοι, βαρέλια κ.λ.π. ή να περιέχουν μονάδες συσκευασμένων τροφίμων, π.χ. κιβώτια.

Η συσκευασία μπορεί να είναι ήδη προσχηματισμένη (π.χ. γυάλινα και μεταλλικά δοχεία) ή να σχηματίζεται στη γραμμή συσκευασίας πριν από το γέμισμα (π.χ. χαρτονένια κουτιά, πλαστικά σακίδια).

Δυο τύποι συσκευασιών με βάση τον περιέκτη και την ικανότητά του να αλλάζει σχήμα εαν πιεστεί με τα χέρια είναι οι εξής :

Δύσκαμπτες (rigid) και ημίσκληρες (semi-rigid) συσκευασίες που έχουν ορισμένο σχήμα. Από αυτές οι ημίσκληρες μπορούν να παραμορφωθούν όταν πιεστούν με τα χέρια (χαρτονένια κουτιά, ορισμένα πλαστικά δοχεία) ενώ οι δύσκαμπτες διατηρούν το σχήμα τους (γυάλινα και μεταλλικά δοχεία).

Εύκαμπτες (flexible) που δεν έχουν ορισμένο σχήμα και κατασκευάζονται από φύλλο εύκαμπτου υλικού.

Οι κυριότεροι τύποι υλικών συσκευασίας με βάση τη φύση του υλικού είναι:

- Χαρτί για εύκαμπτη-δύσκαμπτη συσκευασία
- Μεταλλικά δοχεία
- Μεταλλικά φύλλα για εύκαμπτη συσκευασία
- Γυάλινα δοχεία
- Πλαστικές μεμβράνες
- Πλαστικοί περιέκτες δύσκαμπτοι
- Ξύλινοι περιέκτες

Η συσκευασία της σκόνης μίγματος ανθού αραβοσίτου είναι κατασκευασμένη είτε από χαρτί είτε από πλαστικό.

3.3.5.2.2 Χαρτί

Το χαρτί αποτελεί μεγάλο ποσοστό των υλικών συσκευασίας λόγω του χαμηλού κόστους, της διαθεσιμότητας, της εύκολης διαμόρφωσης και της χαμηλής ρύπανσης, λόγω αποικοδόμησης. Οι ιδιότητες του χαρτιού μπορούν να μεταβληθούν ανάλογα με τη διεργασία παραγωγής, την προσθήκη ουσιών βελτίωσης στην κατασκευή του φύλλου, ή την επίστρωση των φύλλων με κηρούς, άσφαλτο, πλαστικά κ.λ.π. Το απλό χαρτί (χωρίς βελτιωτικά και επιστρώσεις) που χρησιμοποιείται για εύκαμπτη συσκευασία έχει γενικά μικρή μηχανική αντοχή και μεγάλη διαπερατότητα από υδρατμούς και αέρια.

Οι πιο σημαντικοί τύποι αυτού του χαρτιού είναι:

Χαρτί Kraft: παρουσιάζει βελτιωμένη μηχανική αντοχή.

Λαδόχαρτο και περγαμινό χαρτί: έχει μικρούς πόρους λόγω πυκνού πλέγματος ινών κυτταρίνης και επομένως μικρή διαπερατότητα από λιπαρά.

Τσιγαρόχαρτο: μαλακό χαρτί με μεγάλους πόρους και μικρό βάρος ανά επιφάνεια που μπορεί να προστατεύσει από τριβές

Χαρτί κρέπ: παρουσιάζει μεγάλη ικανότητα επιμήκυνσης και είναι κατάλληλο για περιτυλίξεις

Χαρτί με πρόσθετες ουσίες μπορεί να παρουσιάσει πολύ βελτιωμένες ιδιότητες. Ένας σημαντικός τύπος αυτού του χαρτιού είναι το:

Αδιαβροχοποιημένο χαρτί (wet-strength paper): παρασκευάζεται με προσθήκη ρητινών ουρίας- φορμαλδεΰδης ή μελαμίνης-φορμαλδεΰδης στο χαρτοπολτό, οπότε τα παραγόμενα προϊόντα συμπύκνωσης που δημιουργούνται κατά την ξήρανση του χαρτιού, είναι αδιάλυτα στο νερό και αυξάνουν πολύ την αντοχή του χαρτιού όταν απορροφήσει υγρασία.

Τα επικαλυμμένα χαρτιά (coated papers) παρασκευάζονται με επικάλυψη του φύλλου με διάφορα υλικά μέσω διαβίβασής του σε λουτρό τηγμένου υλικού ή αιωρήματος του υλικού, ή μέσω εξώθησης του υλικού με εκβολέα.

Οι κυριότεροι τύποι επικαλυμμένων χαρτιών είναι:

1. **Χαρτί με επικάλυψη κηρού:** παρασκευάζεται με εμβάπτιση σε λουτρό τηγμένης παραφίνης και παρουσιάζει μειωμένη διαπερατότητα νερού και υδρατμών.
2. **Χαρτί με επικάλυψη ασφάλτου:** Η επικάλυψη γίνεται στη μία πλευρά του φύλλου με ρολό ημιεμβαπτισμένο σε λουτρό ασφάλτου και δύο επικαλυμμένα φύλλα πιέζονται ανάμεσα σε περιστρεφόμενους κυλίνδρους, για τη δημιουργία ενός σύνθετου φύλλου με την επικάλυψη στο εσωτερικό. Το σύνθετο φύλλο έχει πολύ μειωμένη διαπερατότητα σε νερό και υδρατμούς και χρησιμοποιείται για την κατασκευή σάκων ιδιαίτερα για θαλάσσια μεταφορά.
3. **Χαρτί με επικάλυψη πολυεθυλενίου (PE):** Το PE είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο πλαστικό για την επικάλυψη χαρτιού. Η επικάλυψη γίνεται με μεμβράνη PE που σχηματίζεται από εκβολέα και τα δύο υλικά συμπιέζονται ανάμεσα σε κυλίνδρους. Το επικαλυμμένο φύλλο έχει πολύ μικρή διαπερατότητα νερού και υδρατμών και σχετικά μικρή διαπερατότητα λιπαρών. Επίσης έχει την ικανότητα θερμοσυρραφής.
4. **Χαρτί με επικάλυψη πολυβινυλιδενοχλωριδίου (PVdC):** Η επικάλυψη γίνεται από λουτρό αιωρήματος PVdC. Το φύλλο παρουσιάζει ανάλογες ιδιότητες με εκείνο του PE.

Παραγωγή χαρτιού

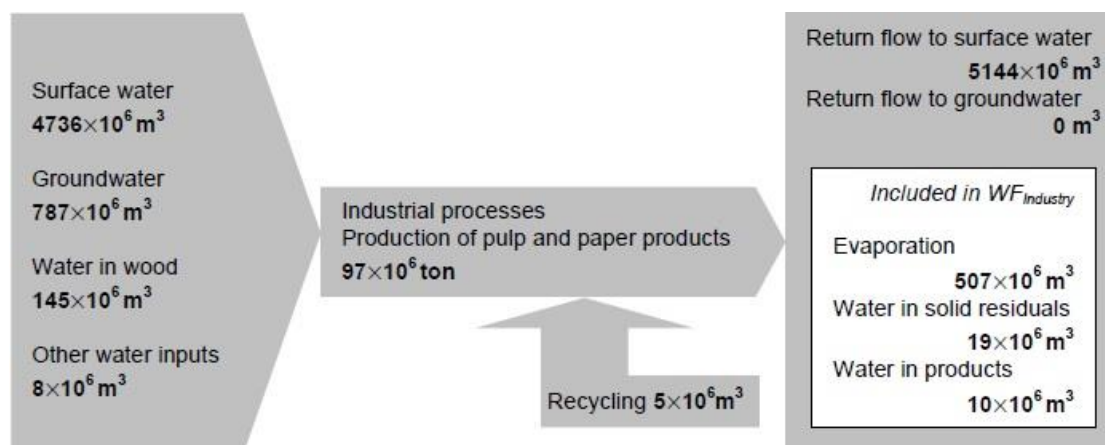
Αρχικά πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των χρήσιμων ινών από το ξύλο από το υπόλοιπο των πρώτων υλών. (π.χ. κυτταρίνη από το ξύλο, βαμβάκι, κλπ). Στη συνέχεια ακολουθεί πάταξη των ινών ως την μετατροπή τους σε πολτό και ρύθμιση του χρώματος, των μηχανικών, χημικών, βιολογικών και άλλων ιδιοτήτων του χαρτιού, με την προσθήκη ειδικών χημικών προμιγμάτων.

Υδατικό αποτύπωμα χαρτιού

Το νερό χρησιμοποιείται στη μηχανική και χημική πολτοποίηση ώστε να διαχωρίσει, λευκάνει, πλύνει, εκκαθαρίσει και μεταφέρει πρωτογενείς ίνες (από ξύλο) και στην ανακύκλωση ώστε να διαχωρίσει, πλύνει, εκκαθαρίσει και μεταφέρει ανακυκλωμένες ίνες που ανακτώνται από τα απορρίμματα χαρτιού.

Στην Ευρώπη το 2001, οι μύλοι κατανάλωσαν κατά μέσο όρο 48 m³ ανά τόνο χαρτιού και χαρτονιού έχοντας ήδη μειώσει την κατανάλωση στο ένα τρίτο από την προηγούμενη δεκαετία. Από τότε έχοντας σημειωθεί σημαντικές αλλαγές, ο μέσος ευρωπαϊκός μύλος χρησιμοποιεί 12 m³ ανά τόνο χαρτιού και χαρτονιού.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες μια εκτίμηση από τον Hoekstrato 2010, αναφέρει πως η κατανάλωση νερού σε μια βιομηχανία χαρτιού είναι 5.5 m³ ανά τόνο για ένα προϊόν χαρτιού.



Εικόνα 14. Η ροή νερού στη βιομηχανία χαρτιού και χαρτοπολτού στις ΗΠΑ(NCASI,2009)

Παρακάτω μελετάται τα υδατικό αποτύπωμα παραγωγής χαρτιού στην Ολλανδία(Hoekstra 2010) για την περίοδο 1996-2005 περιλαμβάνοντας την καλλιέργεια των δέντρων και την παραγωγή του.Θα ληφθεί υπόψη ένας μέσος όρος λόγω των διαφορετικών αποτυπωμάτων που παρατηρούνται μεταξύ του χαρτιού που παράγεται από δέντρα που καλλιεργούνται στην Ολλανδία και αυτού που παράγεται από εισαγόμενο πολτό.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ		ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ (Μ3 /ΤΟΝ)	
		ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΗ Η ΕΚΤΙΜΗΣΗ	ΥΨΗΛΟΤΕΡΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ
ΧΑΡΤΙ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΔΕΝΤΡΑ ΠΟΥ ΜΕΓΑΛΟΝΟΥΝ ΣΤΗΝ ΟΛΛΑΝΔΙΑ	ΔΗΜΟΣΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΧΑΡΤΙ	369	410
	ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ & ΓΡΑΦΗΣ ΧΑΡΤΙ	451	501
	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΧΑΡΤΙ & ΧΑΡΤΟΝΙ	423	470
ΧΑΡΤΙ ΣΤΗΝ ΟΛΛΑΝΔΙΑ Η ΧΑΡΤΙ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΌ ΕΙΣΑΓΓΕΛΙΑ	ΔΗΜΟΣΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΧΑΡΤΙ	829	1144
	ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ & ΓΡΑΦΗΣ ΧΑΡΤΙ	994	1402
	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΧΑΡΤΙ & ΧΑΡΤΟΝΙ	848	1267
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΧΑΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΟΛΛΑΝΔΙΚΗ ΑΓΟΡΑ	ΔΗΜΟΣΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΧΑΡΤΙ	802	1101
	ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ & ΓΡΑΦΗΣ ΧΑΡΤΙ	962	1349
	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΧΑΡΤΙ & ΧΑΡΤΟΝΙ	823	1221

Πίνακας 16. Υδατικό αποτύπωμα προϊόντων χαρτιού στην Ολλανδία (Hoekstra,2010)

Στην περίπτωση παραγωγής χαρτιού από ξύλο από ένα δάσος , δεν είναι σαφές ποια προσέγγιση είναι καλύτερη για τον υπολογισμό του αποτυπώματος καθώς το ξύλο συλλέγεται μόνο μετά από έναν συγκεκριμένο αριθμό ετών ανάπτυξης . Κάποιος θα μπορούσε έτσι να εξετάσει την εξαμυσοδιαπνοή για ολόκληρη την περίοδο από την φύτευση του δάσους μέχρι την κοπή. Στην πράξη ωστόσο μπορεί κανείς να θεωρήσει τη συγκομιδή ως ετήσια δραστηριότητα . Υποθέτοντας μια περισσότερο ή λιγότερο σταθερή ζήτηση για τα προϊόντα δασοκομίας και ένα εύλογο εύρος των βιώσιμων πρακτικών δασικής διαχείρισης , η ορθολογική προσέγγιση είναι να συσχετιστεί η μέση ετήσια εξαμυσοδιαπνοή από το δάσος προς τη μέγιστη βιώσιμη ετήσια απόδοση .

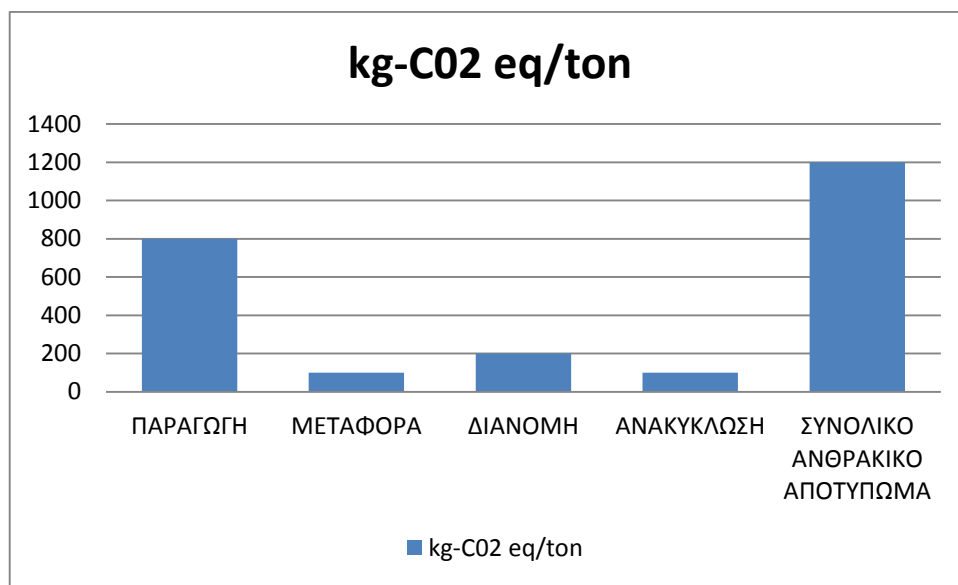
Το πράσινο και μπλε αποτύπωμα νερού έχουν καθοριστεί από κοινού . Η διαφορά μεταξύ της χρήσης του πράσινου και τη χρήση του μπλε νερού δεν είναι τόσο απλή για τα δασοκομικά προϊόντα , όπως είναι για άλλα γεωργικά προϊόντα . Η δυσκολία αυτή σχετίζεται με την διαδικασία της πρόσληψης νερού από τα δέντρα.

Το γκρι αποτύπωμα νερού δεν λογίζεται σε αυτή τη μελέτη . Είναι δυνατόν να παραχθεί χαρτί χωρίς να ρυπαίνονται οι υδάτινοι πόροι, το οποίο επιτυγχάνεται όταν τα λύματα έχουν μια ποιότητα που είναι ίση ή καλύτερη από την πρόσληψη της ποιότητας του νερού . Μια τέτοια καθαρή παραγωγική διαδικασία απαιτεί προηγμένες τεχνικές καθαρισμού και δεν εφαρμόζεται ακόμα σε πολλές περιοχές παραγωγής . Έλλειψη σε όλο τον κόσμο από δεδομένα σχετικά με την ποιότητα των λυμάτων και αδύνατο να δοθούν αξιόπιστες εκτιμήσεις για το γκρι αποτύπωμα νερού των προϊόντων χαρτιού .

Ανθρακικό αποτύπωμα

Για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος παραγωγής χαρτιού με πρώτη ύλη το ξύλο είναι αναγκαίο να γίνουν κάποιες παραδοχές καθώς η ανάπτυξη των δέντρων αποτελεί δύσκολο προσεγγίσιμο θέμα.

Σύμφωνα με τους ChrisEdwards&GaryParker(IntertekExpertServices,2010) οι οποίοι πραγματοποίησαν τη μελέτη, η ποσότητα CO₂ που απορροφάται από τα δέντρα καθώς μεγαλώνουν ισούται με το ποσό που απελευθερώνεται στο τέλος ζωής του προϊόντος. Το ανθρακικό αποτύπωμα που βρέθηκε είναι **1200 kgCO₂/ton** χαρτιού και η συνεισφορά του κάθε σταδίου παρουσιάζεται παρακάτω.



Σχήμα 23 . Συνολικός πίνακας αποτυπωμάτων χαρτιού

Στη συνέχεια ακολουθεί συνολικός πίνακας του ανθρακικού και υδατικού αποτυπώματος του χαρτιού:

ΧΑΡΤΙ					
Carbon footprint					
	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΜΕΤΑΦΟΡΑ	ΔΙΑΝΟΜΗ	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ
kg-CO2 eq/ton	800	100	200	100	1200
Water footprint					
Grey Water (m3 / ton)	-	-	-	-	-
Green Water (m3 / ton)	-	-	-	-	-
Blue Water (m3 / ton)	-	-	-	-	-
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ					1221

Πίνακας 17. Συνολικός πίνακας αποτυπωμάτων χαρτιού

3.3.5.2.3 Πλαστικό

Τα πλαστικά υλικά συσκευασίας είναι πολυμερή υλικά διαφόρου χημικής σύστασης, δομής και φυσικών ιδιοτήτων. Σε αυτά ταξινομούνται και τα φυσικά πολυμερή, όπως τα φύλλα αναγεννημένης κυτταρίνης (σελοφάν), τα πολυμερή με βάση το άμυλο, τις πρωτεΐνες κ.λ.π.

Στη συσκευασία τροφίμων χρησιμοποιούνται δύσκαμπτοι πλαστικοί περιέκτες και εύκαμπτες πλαστικές μεμβράνες. Ορισμένα πολυμερή υλικά χρησιμοποιούνται και για τις δύο κατηγορίες περιεκτών, αλλά στις εύκαμπτες συσκευασίες χρησιμοποιούνται πολύ περισσότερα είδη από ότι στις δύσκαμπτες.

Πολυολεφίνες

Ως υλικά συσκευασίας χρησιμοποιούνται το πολυαιθυλένιο $(-CH_2-CH_2-)_n$ και το πολυπροπυλένιο $(-CH_2-CHCH_3-)_n$. Το πολυαιθυλένιο είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο από όλα τα πλαστικά υλικά συσκευασίας για τα τρόφιμα. Διακρίνεται σε πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE) και πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) ανάλογα με την ύπαρξη διακλαδώσεων μεταξύ των μακρομοριακών αλυσίδων. Και τα δύο υλικά χρησιμοποιούνται στην κατασκευή δύσκαπτων περιεκτών και σε μορφή μεμβράνης για εύκαμπτες συσκευασίες.

Το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας είναι εύκαμπτο, έχει μεγάλη αντοχή σε κρούση, ενώ μαλακώνει σε θερμοκρασία $>100^\circ C$. Η διαπερατότητά του σε υδρατμούς είναι μικρή, αλλά η διαπερατότητα σε αέρια μεγάλη. Είναι ανθεκτικό σε οξέα, βάσεις και διαλύματα αλάτων, απορροφά όμως πτητικά συστατικά από ορισμένα συσκευασμένα τρόφιμα και είναι ακατάλληλο για τη συσκευασία χυμών και παρόμοιων τροφίμων.

Το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας έχει πέντε φορές μικρότερη διαπερατότητα σε υδρατμούς και αέρια από το LDPE, παρουσιάζει θερμική σταθερότητα μέχρι τους $120^\circ C$, αλλά έχει μικρότερη αντοχή σε κρούση. Οι λοιπές ιδιότητες του είναι παρόμοιες με το LDPE.

Οι μεμβράνες πολυαιθυλενίου παρέχουν δυνατότητα θερμικής συγκόλλησης και συνδυάζονται άριστα με άλλα υλικά, όπως το χαρτί και το αλουμινοφύλλο για την παραγωγή σύνθετων πολυστρωματικών υλικών.

Το πολυπροπυλένιο (PP) χρησιμοποιείται επίσης σε εύκαμπτες και δύσκαμπτες συσκευασίες. Παρουσιάζει στεγανότητα ενδιάμεση των LDPE και HDPE, πολύ χαμηλή διαπερατότητα από λίπη, θερμική σταθερότητα έως τους $140^\circ-150^\circ C$, αλλά μικρότερη αντοχή σε κρούση. Η αντοχή του σε αντιδραστήρια είναι παρόμοια με των πολυαιθυλενίων. Βασικό πλεονέκτημά του είναι η καλή εμφάνιση που οφείλεται στη στιλπνότητα και τη διαύγεια καθώς και η αντοχή του στο τσάκισμα. Σε μορφή μεμβρανών χρησιμοποιείται συχνά μετά από διεργασία προσανατολισμού (OPP, oriented poly-propylene) για βελτίωση των αντοχών και της εμφάνισης και παρουσιάζει μέτρια δυνατότητα θερμοσυγκόλλησης.

Πολυβινυλοπαράγωγα

Τα πολυβινυλοπαράγωγα έχουν το γενικό τύπο $(-CH_2-CXY-)_n$ όπου τα X και Y είναι είτε άτομα υδρογόνου είτε άλλοι υποκαταστάτες, όπως χλώριο, βενζολικός

δακτύλιος, υδροξύλιο κ.λ.π. Οι ιδιότητες των πολυβινυλοπαραγώγων εξαρτώνται από τη φύση του υποκαταστάτη, τη διαμόρφωση των ομάδων στην αλυσίδα, το μοριακό βάρος του πολυμερούς, την κρυσταλλικότητα και τον προσανατολισμό. Επίσης οι ιδιότητες εξαρτώνται από την προσθήκη πλαστικοποιητή, οπότε αυξάνεται η διαπερατότητα και η διαλυτότητα του πλαστικού. Γενικά η ύπαρξη πολικών υποκαταστατών αυξάνει τη διαπερατότητα από υδρατμούς και πολικά μόρια. Η μηχανική αντοχή, η αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και σε προσβολή από χημικά και η στεγανότητα αυξάνονται με το βαθμό κρυσταλλικότητας.

1. Πολυστυρένιο (PS) (-CH₂-CH- o -)_n : Είναι διαυγές, σκληρό και εύθραυστο, με μικρή στεγανότητα σε υδρατμούς και μέση σε αέρια και θερμοκρασία ευπλαστότητας 90-95°C. Η αντοχή του δύσκαμπτου διαυγούς υλικού μπορεί να βελτιωθεί με προσθήκη πολυβουταδιενίου, χάνεται όμως η διαύγειά του. Οι μεμβράνες πολυστυρενίου χρησιμοποιούνται σε απλή μορφή ή κατόπιν προσανατολισμού σε ορισμένη θερμοκρασία (OPS).
2. Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) (-CH₂-CHCl -)_n: Είναι σκληρό και εύθραυστο υλικό, με την προσθήκη όμως πλαστικοποιητών γίνεται μαλακό και εύκαμπτο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή ημίσκληρων περιεκτών ή μεμβρανών. Το μη πλαστικοποιημένο υλικό παρουσιάζει εξαιρετική αντοχή στα λιπαρά. Η διαπερατότητα του στους υδρατμούς είναι μεγαλύτερη των πολυολεφινών, σε αέρια όμως πολύ μικρή. Οι λεπτές μεμβράνες έχουν μεγάλη διαύγεια και μεγάλη διαπερατότητα σε αέρια. Το PVC γίνεται εύπλαστο σε χαμηλή θερμοκρασία (82°C) και αρχίζει να αποικοδομείται σε λίγο ψηλότερη, ενώ προσβάλλεται και από το ηλιακό φως. Γι' αυτό προστίθενται σταθεροποιητές. Οι πλαστικοποιητές και οι σταθεροποιητές είναι ουσίες τοξικές που μεταναστεύουν στα τρόφιμα και επομένως είναι απαραίτητος ο έλεγχος της καταλληλότητας της συσκευασίας για χρήση σε τρόφιμα.
3. Πολυβινυλιδενοχλωρίδιο (PVdC) (-CH₂-CCl₂-)_n: Χρησιμοποιείται σε μορφή μεμβρανών, σε συνδυασμό συνήθως με άλλα υλικά, λόγω της εξαιρετικής στεγανότητας που παρουσιάζει και της άριστης θερμοσυγκόλλησης. Είναι κατάλληλο, όπως και το PVC για συρρικνούμενο περιτύλιγμα. Συμπολυμερές βινυλοχλωριδίου-βινυλιδενοχλωριδίου, γνωστό ως Saran, χρησιμοποιείται για την κατασκευή μεμβρανών με πολύ μικρή διαπερατότητα σε αέρια και υδρατμούς.
4. Πολυβινυλική αλκοόλη (PVAL) (-CH₂-CHOH-)_n: Χρησιμοποιείται ως μεμβράνη. Το συμπολυμερές αιθυλενίου-βινυλικής αλκοόλης (EVAL) έχει πολύ μικρή διαπερατότητα σε αέρια αλλά μεγάλη ευαισθησία σε υδρατμούς. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται στο εσωτερικό σύνθετων πολυστρωματικών υλικών.
5. Οξείκος πολυβινυλεστέρας (-CH₂-CHOCOCH₃-)_n: Μορφοποιείται ως εύκαμπτη μεμβράνη. Επίσης με μορφή μεμβράνης χρησιμοποιείται και συμπολυμερές βινυλοχλωριδίου-οξείκου βινυλεστέρα.

Πολυεστέρες

Οι πολυεστέρες (PET) έχουν το γενικό τύπο HO(-CO-R-CO-O-R'-O-)_nH. Ο πολυεστέρας που χρησιμοποιείται συνήθως στη συσκευασία τροφίμων είναι ο

πολυαιθυλενο-τερεφθαλικός (PETP). Έχει άριστη διαφάνεια, καλές μηχανικές αντοχές, ελάχιστη διαπερατότητα υδρατμών και αερίων, αντοχή σε οξέα, βάσεις, λιπαρά και διαλύτες και σταθερότητα σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι φιάλες από PETP αντέχουν σε πίεση μέχρι 4 atm και δεν μαλακώνουν μέχρι τους 250°C. Οι μεμβράνες διατηρούν επίσης τις ιδιότητές τους σε υψηλές θερμοκρασίες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη συσκευασία τροφίμων που πρέπει να θερμανθούν συσκευασμένα πριν την κατανάλωση. Τα πλεονεκτήματα του PETP οδηγούν σε συνεχή διεύρυνση της χρήσης τους παρ' όλο το μεγάλο κόστος. Στις εύκαμπτες συσκευασίες εκτός του PETP χρησιμοποιείται και ο πολυβουτυλενο-τερεφθαλικός εστέρας (PBTP).

Πολυακρυλικά

Οι κύριοι εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι ο πολυμεθακρυλικός εστέρας ($-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)-$)_n, το πολυακρυλονιτρίλιο ($-\text{CH}_2-\text{CHCN}-$)_n και το συμπολυμερές ακρυλονιτρίλιου-μεθακρυλικού εστέρα (Barex). Έχουν καλές μηχανικές και χημικές ιδιότητες και πολύ μικρή διαπερατότητα σε αέρια. Ο πολυμεθακρυλικός εστέρας είναι πολύ ακριβό υλικό και γι' αυτό χρησιμοποιείται ελάχιστα στη συσκευασία τροφίμων. Το πολυακρυλονιτρίλιο έχει απαγορευθεί για χρήση στα τρόφιμα λόγω μετανάστευσης του μονομερούς ακρυλονιτρίλιου που είναι καρκινογόνο. Το συμπολυμερές Barex αναπτύχθηκε αρχικά για την κατασκευή φιαλών συσκευασίας αεριούχων αναψυκτικών, αλλά έχει και αυτού απαγορευθεί η χρήση στις ΗΠΑ. Ένα άλλο συμπολυμερές με εξ ίσου καλές ιδιότητες, είναι το συμπολυμερές ακρυλονιτρίλιου-βουταδιενίου-στυρενίου (ABS) το οποίο χρησιμοποιείται στην κατασκευή ημίσκληρων περιεκτών και του οποίου η χρήση επιτρέπεται στις ΗΠΑ με την προϋπόθεση ότι η μεταφερόμενη ποσότητα ακρυλονιτρίλιου στο τρόφιμο δεν υπερβαίνει τα 50 ppb. Παρόμοιες απαγορεύσεις δεν ισχύουν στην ΕΕ. Ανάλογες ιδιότητες και χρήσεις έχει και το συμπολυμερές στυρενίου-ακρυλονιτρίλιου (SAN).

Πολυαμίδια

Τα πολυαμίδια που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων είναι τα: nylon 6 ($-\text{NH}-(\text{CH}_2)_5-\text{CO}-$)_n nylon 6.6 ($-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-$)_n nylon 11 ($-\text{NH}-(\text{CH}_2)_{10}-\text{CO}-$)_n Χρησιμοποιούνται σε μορφή μεμβρανών και έχουν μικρή διαπερατότητα σε αέρια, καλές μηχανικές αντοχές και αντοχή σε λιπαρά, αλλά η ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητά τους είναι η αντοχή σε υψηλή θερμοκρασία (μέχρι 250°C) που επιτρέπει τη χρήση τους σε συσκευασία τροφίμων που πρόκειται να ψηθούν συσκευασμένα. Τα πολυαμίδια είναι ευαίσθητα στην υγρασία και διαπερατά από υδρατμούς γι' αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως σε πολυστρωματικά υλικά με πολυαιθυλένιο.

Αναγεννημένη κυτταρίνη (σελοφάν)

Η αναγεννημένη κυτταρίνη ανήκει στα φυσικά πολυμερή. Είναι λεπτή διαφανής μεμβράνη, με μικρή διαπερατότητα σε αέρια, αλλά μεγάλη ευαισθησία και διαπερατότητα σε υδρατμούς, καθώς και αδυναμία θερμοσυγκόλλησης. Τα μειονεκτήματα αυτά μπορούν να υπερνικηθούν με διάφορες επικαλύψεις. Σελοφάν επικαλυμμένο με νιτροκυτταρίνη (MS) έχει μικρή διαπερατότητα σε υδρατμούς και επικαλυμμένο με PVdC (MXDT, MXXT) ακόμα μικρότερη, ενώ παράλληλα επιδέχονται θερμοσυγκόλληση. Άλλα επικαλυπτικά που χρησιμοποιούνται είναι το

Saran και το LDPE. Μη επικαλυμμένες μεμβράνες χρησιμοποιούνται σε προϊόντα που είναι απαραίτητη η διέλευση υγρασίας για να αποφευχθεί η ανάπτυξη μυκήτων, ενώ επικαλυμμένες μεμβράνες για υγροσκοπικά προϊόντα.

Οξείκη κοτταρίνη

Παρουσιάζει εξαιρετική διαφάνεια και εμφάνιση και χρησιμοποιείται σε δύσκαμπτους περιέκτες ή σε εύκαμπτες συσκευασίες σαν απλή μεμβράνη ή σε πολυστρωματικά υλικά. Είναι ευαίσθητη στην υγρασία και δεν θερμοσυγκλλάται. Έχει μέση διαπερατότητα σε αέρια και υδρατμούς και γι' αυτό χρησιμοποιείται σε προϊόντα που αναπνέουν, όπως φρούτα.

Το κόστος των ίδιων των υλικών συσκευασίας, της μεταφοράς τους στη μονάδα συσκευασίας των τροφίμων, των μηχανημάτων συσκευασίας κ.λ.π. αυξάνει την τελική τιμή του τροφίμου που φθάνει στον καταναλωτή. Επί πλέον δεν πρέπει να παραβλέπεται το κόστος που επιβαρύνει το κοινωνικό σύνολο: κόστος συγκέντρωσης των απορριμάτων (χρησιμοποιημένων υλικών συσκευασίας), κόστος διαχείρισης των απορριμάτων και πρόληψης της οικολογικής επιβάρυνσης.

Παρ' όλα αυτά η συσκευασία, αν χρησιμοποιηθεί σωστά, μπορεί να επιφέρει οικονομικό όφελος επειδή μειώνει τις απώλειες και τις φθορές των τροφίμων, παρεμποδίζει τη μόλυνση, διευκολύνει τη μεταφορά και μειώνει το εργατικό κόστος. Παράλληλα προστατεύοντας το τρόφιμο μέχρι την κατανάλωσή του, μειώνει τον όγκο των απορριμάτων που δημιουργούν τα ίδια τα ακατάλληλα για κατανάλωση τρόφιμα.

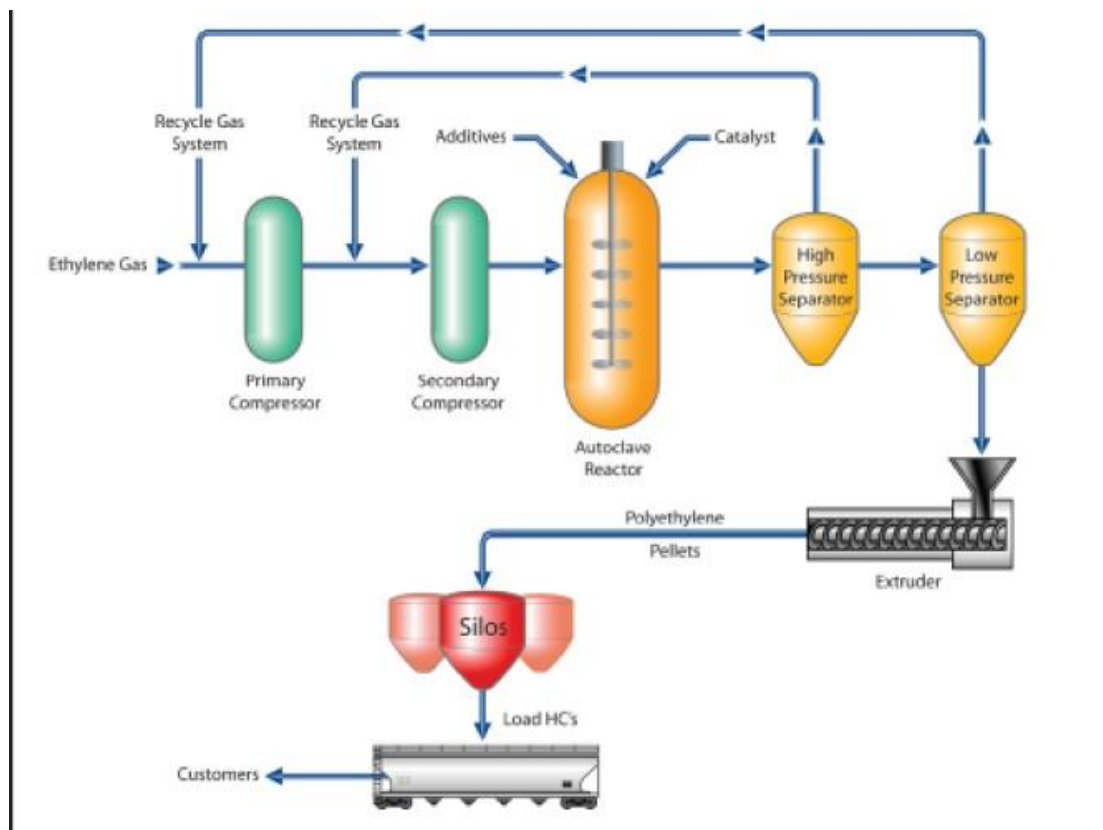
Παραγωγή -Υδατικό αποτύπωμα πλαστικού

Το αποτύπωμα νερού του πλαστικού είναι πιο δύσκολο να προσδιοριστεί ,λόγω των πολλών προϊόντων πλαστικού ανά τον κόσμο και των διαφορετικών διαδικασιών στις βιομηχανίες.

Μελετάται η περίπτωση του μεταποιητικού εργοστασίου Tetra Pak στη Σουηδία από τον CongLi του LundUniversityγια το προϊόν του πλαστικού LDPE (πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας) .

Η πηγή των πλαστικών είναι το πετρέλαιο όπου διυλίζεται σε αιθάνιο , προπάνιο και άλλα εκατοντάδες πετροχημικά προϊόντα. Ως εκ τούτου το αιθάνιο και το προπάνιο μετατρέπονται σε αιθυλένιο και προπυλενίο, οι οποίες είναι οι πρώτες ύλες για το LDPE (Simon and Schuster , 1993) .

Το LDPE είναι αρκετά ευέλικτο με υψηλή αντοχή στην κρούση και πολυμερίζεται από 99,9 %καθαρό αιθυλένιο, μετά συμπιέζεται μέσω δύο σταδίων , κάτω υπό υψηλή θερμοκρασία και πολύ υψηλή πίεση , έπειτα καταλύεται στον αντιδραστήρα και τέλος το προϊόν πολυαιθυλενίου σχηματίζεται από άλλα ακόλουθα βήματα(Emerson Process Management, 2008).



Εικόνα 15. Διάγραμμα ροής παραγωγής PET (AaronDormer,2013)

Για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος εξαιρείται η υδραυλική μονάδα που παράγει ηλεκτρική ενέργεια μέσω πτώσης ή τρεξίματος του νερού. Η άμεση χρήση γλυκού νερού κυμαίνεται από 1,2 έως 6,5 λίτρα ανά κιλό τελικού προϊόντος.

Το μέσο υδατικό αποτύπωμα είναι $13,7 \text{ m}^3/\text{ton}$ όπου $2,78 \text{ m}^3/\text{ton}$ χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρική ενέργεια $6,13$ στην πρώτη ύλη και $4,78$ στην επιχείρηση. Επίσης μετράται μόνο το μπλε υδατικό αποτύπωμα όπου ένα μέρος του χρησιμοποιείται για το σύστημα ψύξης. Το γκρι νερό υποτίθεται πως δεν υπάρχει εφόσον υπάρχουν εκτεταμένες επεξεργασίες λυμάτων που εφαρμόζονται σε όλες τις εγκαταστάσεις.

Ανθρακικό αποτύπωμα

Τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει μια αύξηση τόσο των καταναλωτικών όσο και νομοθετικών πιέσεων στον τομέα της συσκευασίας για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων της, τα οποία είναι συχνά μόνο είδη μίας χρήσης.

Χρησιμοποιούνται στοιχεία από μια μελέτη η οποία παρατίθεται στο βιβλίο του Aaron Dormer (Carbon footprint analysis in plastics manufacturing) από την γέννηση έως το θάνατο του προϊόντος και αφορά πλαστικό που παράγεται από ανακυκλωμένο τereφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET).

Διαπιστώθηκε ότι το αποτύπωμα του *1 kg* ανακυκλωμένου τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου που περιέχει τουλάχιστον 85% είναι *1.538 kg ισοδύναμον CO2*. Η συνεισφορά των σταδίων έχει ως εξής:

- Πρώτη ύλη: 45%
- Παραγωγή: 38%
- Δευτερογενής συσκευασία : 5%
- Μεταφορά: 3%
- Τέλος κύκλου ζωής 9%

Το ανακυκλωμένο περιεχόμενο της πρώτης ύλης βρέθηκε να έχει σημαντική επίδραση στο αποτύπωμα άνθρακα του προϊόντος: μείωση 24% του αποτυπώματος άνθρακα θα μπορούσε να επιτευχθεί με την παραγωγή πλαστικού από 100% ανακυκλωμένο περιεχόμενο, σε σύγκριση με το τρέχον επίπεδο ανακυκλωμένου περιεχόμενου, 85%.

Οι μεταφορές συνεισφέρουν μόνο σε ένα μικρό ποσό των αερίων του θερμοκηπίου (3%) και ως εκ τούτου η βελτίωση της αποτελεσματικότητας των μεταφορών έχει πολύ μικρή επίδραση στο αποτύπωμα άνθρακα. Το ενδεχόμενο σενάριο της μη ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής του πλαστικού έχει ως αποτέλεσμα αύξηση κατά 2,7% του ανθρακικού αποτυπώματος, ενώ η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης από 23,7% σε 32% και 50%, έχει μείωση κατά 1% και 3% αντίστοιχα.

Οι μεγαλύτερες μειώσεις στο αποτύπωμα άνθρακα μπορούν να επιτευχθούν με αλλαγές στις πρώτες ύλες (όπως αύξηση ανακυκλωμένων πρώτων υλών) και τα στάδια παραγωγής του κύκλου ζωής (μείωση ενέργειας).

ΠΛΑΣΤΙΚΟ						
Carbon footprint						
	ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	ΜΕΤΑΦΟΡΑ	ΤΕΛΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ
kg-CO2 eq/ton	692,1	584,44	76,9	46,14	138,42	1538
Water footprint						
Grey Water (m3 / ton)	∅	∅	∅	∅	∅	∅
Green Water (m3 / ton)	∅	∅	∅	∅	∅	∅
Blue Water (m3 / ton)	-	-	-	-	-	13,7
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ						13,7

Πίνακας 18. Συνολικός Πίνακας αποτυπώματων πλαστικού

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΥΛΙΚΟ	ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ	ΥΔΑΤΙΚΟ
ΑΛΕΥΡΙ	467,77	1147,55
ΖΑΧΑΡΗ	884,7	935
ΓΑΛΑ	1154	4745
ΔΕΞΤΡΟΖΗ	-	-
ΧΑΡΤΙ	1200	1221
ΠΛΑΣΤΙΚΟ	1538	13,7
ΣΥΝΟΛΑ	5244,47	8062,25

Πίνακας 19. Συνολικό ανθρακικό και υδατικό αποτύπωμα συστατικών της σκόνης μίγματος ανθού αραβοσίτου

3.4 Βιβλιογραφία κεφαλαίου

1. Aaron Dormer, Donal Finn, Patrick Ward, John Cullen, Carbon footprint analysis in plastic manufacturing, 2013
2. Botanical-online. Cultivation of wheat. Available at: <http://www.botanical-online.com/english/wheatcultivation.htm>
3. Chris Edwards & Gary Parker, An environmental comparison of paper and plastic labels, September 2010
4. Cong Li, Investigating the water footprint of Tetra Pak Carton Economy's beverage portfolio, Lund University.
5. Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., Henderson, B., & Steinfeld, H., 2010. Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector A Life Cycle Assessment. International Dairy Federation and Food and Agriculture Organization of the United Nations.
6. Gołaszewski, J., van der Voort, M., Meyer-Aurich, A., Silva, L. L., Balafoutis, A., & Mikkola, H., 2014. Case studies and comparative analysis of energy efficiency in wheat production in different climatic conditions of Europe.
7. Henrik Sundberg, The Water Footprint of Winter Wheat in Sweden, Division of Water Resources Engineering, Department of Building and Environmental Technology, Lund University, 2012

8. HoeKstra , The water footprint: water inthe supply chain,2010
9. Hoekstra,The water footprint of animals products, 2010
10. Hoekstra,The green and blue water footprint of paper products: methodological considerations and quantification, July 2010
11. International Dairy Federation, Enviromental/ecological impact of the dairy sector, Belgium 2009.
12. Klenk, I., Landquist, B., & de Imana, O. R., 2012. The product carbon footprint of EU beet sugar (part I). Sugar Industry-Zuckerindustrie, 137(3), 169-177.
13. Mark J. Kirwan,Handbook of Paper and Paperboard Packaging Technology, January 2013
14. M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra, The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products Twente Water Centre, University of Twente, Enschede, The Netherlands published 25 May 2011
15. M.M Mekonnen and A.Y. Hoekstra, The green blue and grey waterfootprint of farm animals and animals products, 2010
16. Pearce K.N.Dr.,(Food Science Section, New Zealand Dairy Research Institute). <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/dairy/3C.pdf>
17. Scholten ,The water footprint of sugar and sugar-based ethanol ,University of Twente Department of Water Engineering and Management Enschede, The Netherlands Prof. dr. ir. A.Y. Hoekstra Dr. P.W. Gerbens-Leenes,2009
18. Shi, C. W. P., Rugrungruang, F., Yeo, Z., & Song, B., 2011. Carbon footprint analysis for energy improvement in flour milling production. In Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing (pp. 246-251). Springer Berlin Heidelberg.
19. Wikipedia
20. Zygouras G., Kornaros, M., & Angelopoulos, K., 2005. Life Cycle Assessment (LCA) as a tool for assessing the environmental performance of flour production in Greece. In Proceedings of the 9th international conference on environmental science and technology, vol A—oral presentations, Pts A and B. University of Aegean, Athens
21. Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης (http://www.ebz.gr/sugar_production.htm)

22. Τζια, Ταούκης, Ωραιοπούλου, Επιστήμη και Μηχανική Τροφίμων: Συστατικά-Ιδιότητες-Ποιότητα-Μικροβιολογία-Ρεολογία-Συσκευασία, Αθήνα 2009

4. Ανάλυση Κύκλου Ζώης σκόνης μίγματος ανθού αραβοσίτου

4.1 Πίνακες και Συμπεράσματα

Η διαδικασία παραγωγής της σκόνης μίγματος ανθού αραβοσίτου περιλαμβάνει και αυτή κατανάλωση ενέργειας και νερού η οποία θα μελετηθεί στη συνέχεια.

Η ανάλυση του κύκλου ζωής πραγματοποιείται αρχικά μελετώντας την κατανάλωση ενέργειας και νερού για την παραγωγή ενός κουτιού σκόνης μίγματος ανθού αραβοσίτου το οποίο αποτελείται από το μίγμα (ζάχαρη και δεξτρόζη, αλεύρι και σκόνη γάλακτος) και τη συσκευασία του μίγματος και του κουτιού (**πλαστικό και χαρτί** αντίστοιχα), Η ενέργεια που καταναλώνεται είναι **0,0084 kwh/ κουτί** και νερό **0,04 m³/κουτί**.

Ωστόσο η μελέτη των επιπτώσεων πραγματοποιείται με μονάδα μέτρησης ανά τόνο των προϊόντων οπότε για την παραγωγή της σκόνης καταναλώνονται **52,50 kwh/ ton** και **250 m³/ton**. Στον πίνακα που ακολουθεί αναλύεται και η ποσότητα των συστατικών που περιλαμβάνει το κάθε κουτί:

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΡΕΜΑΣ			
Συστατικά	1 κουτί (160 + 12,8 gr)	%	1 τόνος (1.000 + 80 kg)
Μίγμα			
Ζάχαρη και Δεξτρόζη	85	49,2%	531
Αλεύρι	25	14,5%	156
Σκόνη γάλακτος	50	28,9%	313
	160 gr		1.000 kg
Συσκευασία			
Χαρτί	12,0	6,9%	75
Πλαστικό	0,8	0,5%	5
	12,8 gr		80 kg
Συνολικό βάρος	172,8	100,0%	1080,0
Παραγωγή			
Ενέργεια για την παραγωγή (kwh)	0,0084		52,50
Νερό (m3)	0,04		250,00

Πίνακας 20. Ισοζύγια μάζας και παραγωγής ενέργειας σκόνης

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας των επιπτώσεων της παραγωγής και συσκευασίας των συστατικών της σκόνης για το κάθε ένα ξεχωριστά:

Συγκεντρωτικός πίνακας επιπτώσεων (ανα τόνο υλικού)				
	C02 eq	Grey Water	Green Water	Blue Water
	(kg-C02 eq/ton)	(m3 / ton)	(m3 / ton)	(m3 / ton)
Αλεύρι				
ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΑ ΣΙΤΟΥ	288,91	453,00	676,00	6,30
ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΣΕ ΜΥΛΟ - ΔΙΑΝΟΜΗ	22,09	0,42	1,20	1,40
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΛΕΥΡΟΥ	156,77	0,35	2,70	6,16
Άθροισμα	467,77	453,78	679,90	13,87
Ζάχαρη και Δεξτρόζη				
ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ	279,8	149,6	327,25	458,15
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ	31,7			
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΑΧΑΡΗΣ	573,2			
Άθροισμα	884,70	149,60	327,25	458,15
Σκόνη γάλακτος				
ΒΟΥΣΤΑΣΙΟ	1000	336,00	4011,00	398,00
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΦΑΡΜΑ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	16			

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	86			
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	38			
ΔΙΑΝΟΜΗ	14			
Άθροισμα	1154,00	336,00	4011,00	398,00
Χαρτί				
ΠΑΡΑΓΩΓΗ	800	1221,00		
ΜΕΤΑΦΟΡΑ	100			
ΔΙΑΝΟΜΗ	200			
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	100			
Άθροισμα	1200,00	1221,00		
Πλαστικό				
ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	692,1	0,0	0,0	13,7
ΠΑΡΑΓΩΓΗ	584,44			
ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	76,9			
ΜΕΤΑΦΟΡΑ	46,14			
ΤΕΛΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	138,42			
Άθροισμα	1538,00	0,00	0,00	13,70

Πίνακας 21. Επιπτώσεις συστατικών και συσκευασίας (ανά τόνο υλικού)

Παρατηρείται πως το **υψηλότερο ανθρακικό αποτύπωμα** είναι αυτό της **σκόνης γάλακτος (1154 kg-CO₂)** ακολουθώντας η ζάχαρη και έπειτα το αλεύρι το οποίο έχει υποδιπλάσιο ανθρακικό αποτύπωμα από το γάλα. Αξίζει να σημειωθεί πως το στάδιο στη γεωργία-καλλιέργεια του αλευριού και της ζάχαρης αθροιστικά είναι το υποδιπλάσιο αυτού της σκόνης γάλακτος στο ίδιο στάδιο. Η τόσο υψηλή τιμή του αποτυπώματος στο βουστάσιο οφείλεται στην εκτροφή των αγελάδων όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω και η διαχείριση αυτού του σταδίου θα μείωνε σημαντικά το αποτύπωμα της παραγωγής σκόνης γάλακτος αφού η τιμή του διαφέρει κατά πολύ από τα υπόλοιπα στάδια.

Αντίθετα, για τη ζάχαρη παρατηρείται πως το στάδιο της βιομηχανίας έχει την υψηλότερη τιμή ενώ για το αλεύρι παραμένει το στάδιο καλλιέργειας. Το χαρτί και το πλαστικό κυμαίνονται σε κοντινές τιμές με το αποτύπωμα του πλαστικού να προηγείται στο σύνολο όχι όμως στο στάδιο της παραγωγής.

Το **υδατικό αποτύπωμα της σκόνης γάλακτος (4745 m³/ton)** κατέχει την πρώτη θέση στις τιμές και στη συνέχεια ακολουθεί το αλεύρι (1147,55m³/ton) και η ζάχαρη (935 m³/ton). Η τιμή της σκόνης γάλακτος είναι τετραπλάσια συγκριτικά με τα άλλα δυο συστατικά και αυτό οφείλεται στην μεγάλη ποσότητα κατανάλωσης νερού στο βουστάσιο. Παρατηρώντας την κατανομή του αποτυπώματος σε γκρι, πράσινο και μπλε, σχεδόν το σύνολο του αποτυπώματος καταλαμβάνεται από τη χρήση πράσινου νερού (4011m³/ton). Η χρήση πράσινου νερού είναι υψηλότερη και στο αλεύρι ενώ στη ζάχαρη του μπλε. Κατά συνέπεια η παραγωγή της ζάχαρης έχει μεγαλύτερη επίπτωση στην αποστράγγιση των λιμνών λόγω της χρήσης άρδευσης νερού παρά βρόχινου (πράσινου). Ωστόσο αυτό εξαρτάται και από τη γεωγραφική περιοχή καλλιέργειας των τεύτλων και τις περιόδους ξηρασίας της.

Για το υδατικό αποτύπωμα του χαρτιού δεν είναι εύκολο να γίνει σαφής διάκριση στις συνιστώσες του όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στην ενότητα παραγωγής χαρτιού. Για το αποτύπωμα παραγωγής πλαστικού μελετάται μόνο το μπλε αποτύπωμα καθώς εκλείπει το στάδιο καλλιέργειας, η κύρια πηγή χρήσης πράσινου νερού.

Κατόπιν, η ανάλυση εστιάζει στη σύγκριση των επιπτώσεων της παραγωγής των συστατικών και συσκευασίας και στην παραγωγή της σκόνης, έχοντας ως μονάδα μέτρησης τον 1 τόνο σκόνης και τις ανάλογες ποσότητες που περιλαμβάνει από κάθε συστατικό και συσκευασία. Όπως και πριν, αναλύεται κάθε στάδιο κύκλου ζωής ξεχωριστά:

Συγκεντρωτικός πίνακας επιπτώσεων (ανα τόνο προϊόντος)

	C02 eq	Grey Water	Green Water	Blue Water	Σύνολο Νερού
	(kg-C02 eq/τν προϊόντος)	(m3 / τν προϊόντος)	(m3 / τν προϊόντος)	(m3 / τν προϊόντος)	
Αλεύρι	0,15625000	0,15625000	0,15625000	0,15625000	
ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΑ ΣΙΤΟΥ	45,142	70,781	105,625	0,984	
ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΣΕ ΜΥΛΟ - ΔΙΑΝΟΜΗ	3,452	0,066	0,188	0,219	
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΛΕΥΡΟΥ	24,495	0,055	0,422	0,963	
Άθροισμα	73,09	70,90	106,23	2,17	179,30
Ζάχαρη και Δεξτρόζη	0,53125000	0,53125000	0,53125000	0,53125000	
ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ	148,644	79,475	173,8515625	243,3921875	

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ	16,841				
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΖΑΧΑΡΗΣ	304,513				
Άθροισμα	470,00	79,48	173,85	243,39	496,72
Σκόνη γάλακτος	<i>0,31250000</i>	<i>0,31250000</i>	<i>0,31250000</i>	<i>0,31250000</i>	
ΒΟΥΣΤΑΣΙΟ	312,500				
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΦΑΡΜΑ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	5,000	105,00	1253,44	124,38	
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	26,875				
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	11,875				
ΔΙΑΝΟΜΗ	4,375				
Άθροισμα	360,63	105,00	1253,44	124,38	1482,81
Χαρτί	<i>0,07496000</i>	<i>0,07496000</i>	<i>0,07496000</i>	<i>0,07496000</i>	
ΠΑΡΑΓΩΓΗ	59,968	91,53			
ΜΕΤΑΦΟΡΑ	7,496				
ΔΙΑΝΟΜΗ	14,992				
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	7,496				
Άθροισμα	89,95	91,53			91,53
Πλαστικό	<i>0,00504000</i>	<i>0,00504000</i>	<i>0,00504000</i>	<i>0,00504000</i>	
ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	3,488				
ΠΑΡΑΓΩΓΗ	2,946				
ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	0,388	0,0	0,0	0,1	
ΜΕΤΑΦΟΡΑ	0,233				
ΤΕΛΟΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	0,698				
Άθροισμα	7,75	0,00	0,00	0,07	0,07
Παραγωγή					
Ενεργειακή κατανάλωση ¹	61,950	0,08			
Κατανάλωση νερού	0,000	250,0000			
Άθροισμα	61,95		250,08		250,08

¹ <https://www.dei.gr/Default.aspx?id=31381&nt=18&lang=1>

Πίνακας 22. Συγκεντρωτικός πίνακας επιπτώσεων (ανά τόνο προϊόντος)

Ανθρακικό αποτύπωμα

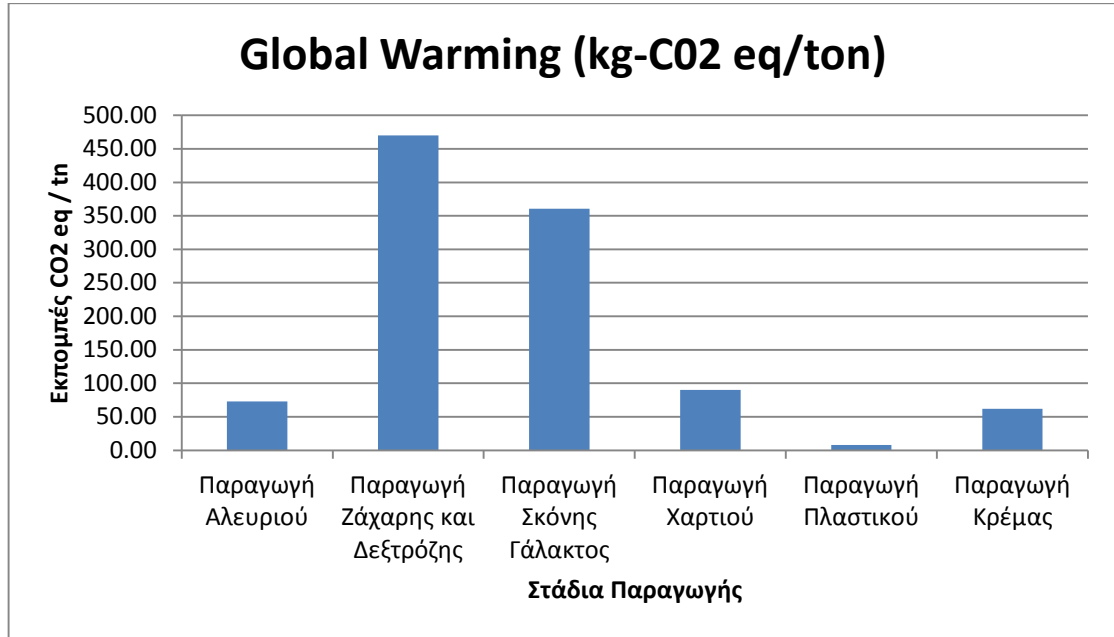
Από την ανάλυση του πίνακα 22 προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα συνολικών επιπτώσεων του ανθρακικού αποτυπώματος:

Συνοπτικά Global Warming	
Στάδιο	Global Warming (kg-CO ₂ eq/ton)
Παραγωγή Αλευριού	73,09
Παραγωγή Ζάχαρης και Δεξτρόζης	470,00
Παραγωγή Σκόνης Γάλακτος	360,63
Παραγωγή Χαρτιού	89,95
Παραγωγή Πλαστικού	7,75
Παραγωγή Σκόνης	61,95

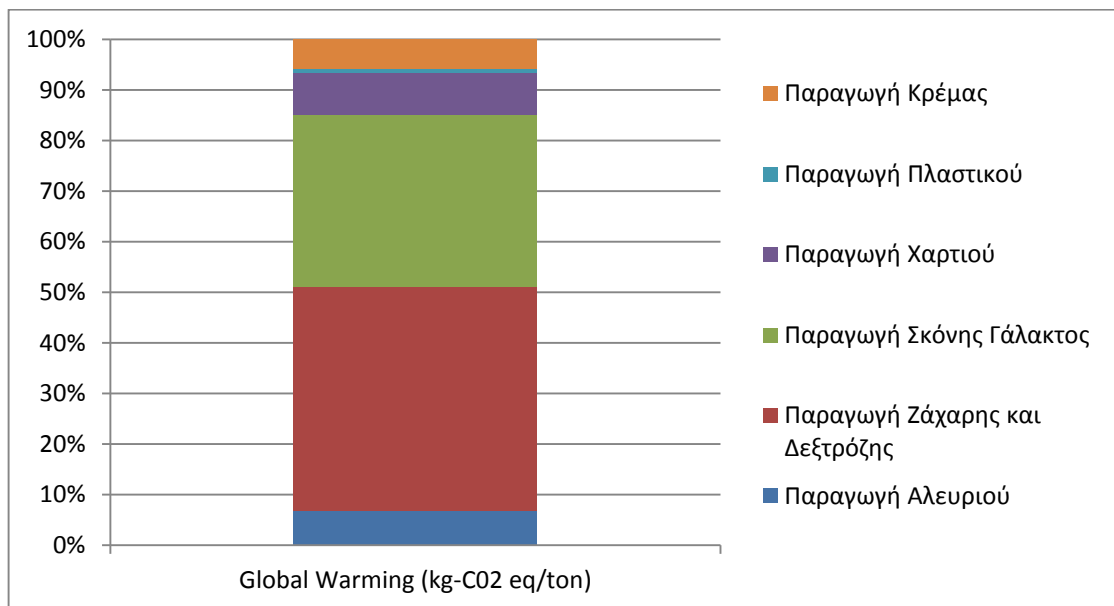
Πίνακας 23. Συνοπτική παρουσίαση συνολικού Global Warming

Για την παραγωγή 1 τόνου σκόνης οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για το αλεύρι είναι 73,09 kg-CO₂. Σε αυτήν την ανάλυση το *υψηλότερο* ανθρακικό αποτύπωμα το κατέχει η *ζάχαρη και η δεξτρόζη (470 kg-CO₂ /ton)* αντί για την σκόνη γάλακτος, λόγω των διαφορετικών ποσοτήτων που έχει το κάθε συστατικό στο μίγμα της σκόνης. Έτσι, σημαντική διαφορά παρουσιάζει η παραγωγή χαρτιού με το πλαστικό όπου το πρώτο κυριαρχεί.

Ωστόσο, παρατηρείται πως η *παραγωγή της σκόνης* παρουσιάζει σχετικά χαμηλό ανθρακικό αποτύπωμα (*61,95 kg-CO₂ / ton*) σε σύγκριση με τα υπόλοιπα τρόφιμα αν μελετηθεί μεμονωμένα. Για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου όμως στην παραγωγή της σκόνης λαμβάνεται υπόψη ολόκληρος ο κύκλος ζωής του προϊόντος, περιλαμβάνοντας την παραγωγή κάθε συστατικού ξεχωριστά, έτσι αρχικά η προσοχή πρέπει να τεθεί στην παραγωγή ζάχαρης και στη σκόνη γάλακτος. Έπειτα στην παραγωγή χαρτιού, αλευριού και τελευταία στην παραγωγή στην ίδια τη βιομηχανία σκόνης και του πλαστικού.



Πίνακας 24. Σχηματική παρουσίαση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κάθε υλικού



Πίνακας 25. Ποσοτική παρουσίαση επιπτώσεων κάθε υλικού

Υδατικό αποτύπωμα

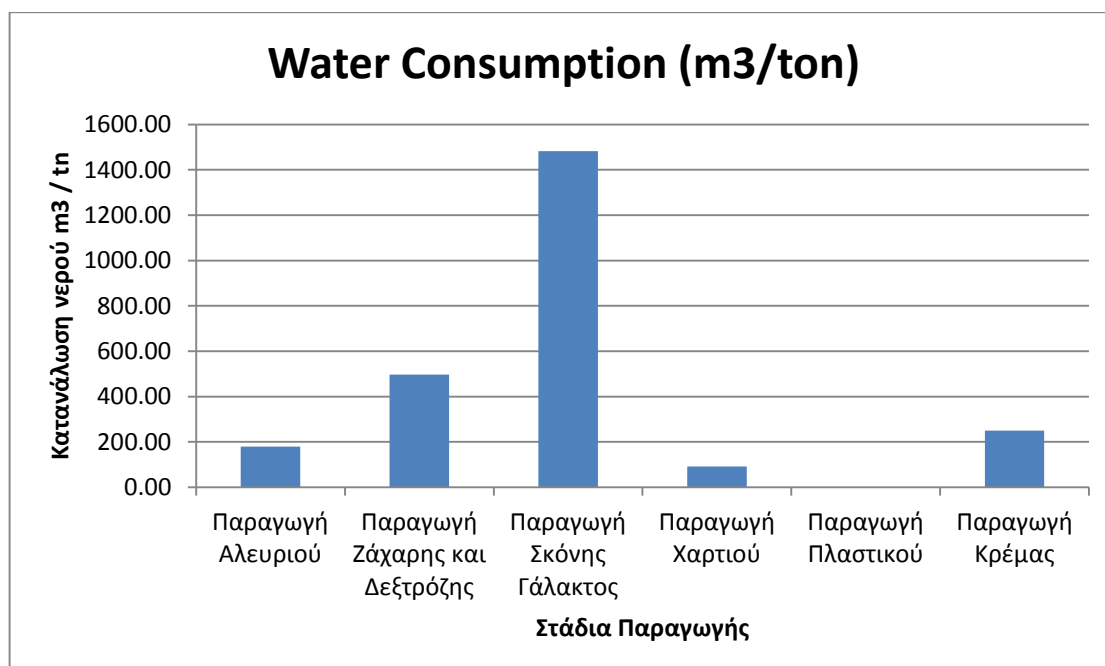
Η κατανάλωση νερού στην παραγωγή καθε συστατικού και συσκευασίας όσο και στην παραγωγή σκόνης παρουσιάζεται ακολούθως:

Συνοπτικά για νερό	
Στάδιο	Water Consumption (m ³ /ton)
Παραγωγή Αλευριού	179,30
Παραγωγή Ζάχαρης και Δεξτρόζης	496,72
Παραγωγή Σκόνης Γάλακτος	1482,81
Παραγωγή Χαρτιού	91,53
Παραγωγή Πλαστικού	0,07
Παραγωγή Σκόνης	250,08

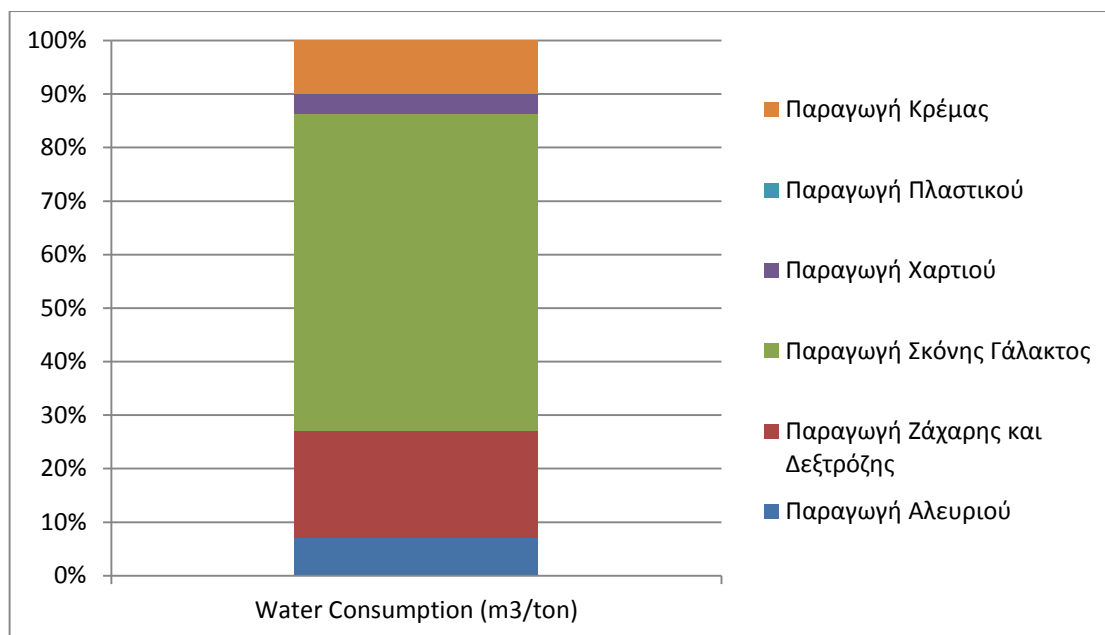
Πίνακας 26. Συνοπτική παρουσίαση συνολικού υδατικού αποτυπώματος

Το νερό που καταναλώνεται για την παραγωγή σκόνης γάλακτος είναι αρκετά υψηλό έχοντας σημαντική διαφορά από τα υπόλοιπα συστατικά, με αυτό που ακολουθεί την παραγωγή ζάχαρης να καταναλώνει υποτριπλάσιο νερό. Η ζάχαρη αποτελεί το 49 % του μίγματος σκόνης ενώ η σκόνη γάλακτος το 28,9% όμως η σκόνη γάλακτος καταναλώνει περισσότερο νερό για την παραγωγή ενός τόνου σκόνης.

Παρατηρείται πως αρκετό νερό καταναλώνει η παραγωγή σκόνης στη βιομηχανία, παραπάνω και από την παραγωγή αλευριού η οποία περιλαμβάνει και το στάδιο της καλλιέργειας. Με στόχο την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα τόσο στη βιομηχανία όσο και στις παραγωγές των συστατικών της σκόνης.



Πίνακας 27. Συγκεντρωτικό υδατικό αποτύπωμα



Πίνακας28. Ποσοτική παρουσίαση υδατικού αποτυπώματος

Συμπεράσματα

Παρατηρώντας κανείς την παραπάνω μελέτη, εύκολα συμπεραίνει πως το στάδιο που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και επιφέρει τις περισσότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, είναι αυτό της καλλιέργειας. Ωστόσο, είναι ανάγκη να μεριμνηθούν και τα υπόλοιπα στάδια. Είναι δυνατόν να είναι διαφορετικό το στάδιο που συνεισφέρει πιο πολύ στα αποτυπώματα από αυτό της καλλιέργειας, καθώς πολλοί παράγοντες παίζουν ρόλο. Μια τέτοια περίπτωση είναι αυτή της ζάχαρης, όπου η προσοχή στρέφεται στη βιομηχανία και στην παραγωγή της εκεί.

Οι πολλές συνιστώσες που επηρεάζουν τα αποτυπώματα δίνουν τη δυνατότητα ευελιξίας εύρεσης τρόπων μείωσης των επιπτώσεων. Η γεωγραφική θέση, το έδαφος, τα υπόγεια αποθέματα νερού αποτελούν κάποια παραδείγματα παραγόντων προς εξέταση. Το βασικό εφόδιο για την μερίμνηση του περιβάλλοντος είναι η ανάλυση κύκλου ζωής του προϊόντος και ακολουθεί η αξιολόγηση των σταδίων παραγωγής προσεκτικά ώστε να γίνουν αποτελεσματικές αλλαγές.

Η παραγωγή προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον είναι πλέον εφικτή, παράλληλα με τη βιομηχανική ανάπτυξη. Η ενημέρωση των καταναλωτών μέσω ετικετών μπορεί να αποτελέσει τα επόμενο βήμα σε κάθε βιομηχανοποιημένη χώρα. Η προσπάθεια παραγωγής προϊόντων με ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον ευνοείται σημαντικά από αυτό το εργαλείο, την ανάλυση του κύκλου ζωής.