



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

**ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙ-
ΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΛΕΥΚΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ Α4 ΣΤΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΕΛΟΥΝΤΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ
ΑΜ: 2009050070**

ΧΑΝΙΑ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2022



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

**ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙ-
ΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΛΕΥΚΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ Α4 ΣΤΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΣΕΛΟΥΝΤΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΣΤΕΛΙΟΣ ΡΟΖΑΚΗΣ - ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΧΗΜΗΠΕΡ

ΘΕΟΧΑΡΗΣ ΤΣΟΥΤΣΟΣ - ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΧΗΜΗΠΕΡ

ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ - ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΧΗΜΗΠΕΡ

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Στυλιανό Ροζάκη, επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας και καθηγητή μου, για την επιλογή του θέματος, την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο καθώς και την ουσιαστική καθοδήγηση του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης εργασίας.

Ακόμα, τον κ. Κυρίτση και το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών για την πολύτιμη βοήθειά του, το χρόνο του ώστε να αναλύσουμε το σύστημα που χρησιμοποιεί το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο και το βιβλιογραφικό υλικό που μας παρείχε. Το Δήμο Χανίων και τη ΔΕΔΙΣΑ για τις πληροφορίες που μας παρείχαν και τη συνεργασία.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Απόστολο Γιαννή, κ. Θεοχάρη Τσούτσο και κ. Τρύφων Δάρα για το χρόνο τους ως μέλη της επιτροπής .

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία, διερευνάτε η δυνατότητα και η αποδοτικότητα ενός συστήματος διαχείρισης των στερεών αποβλήτων χαρτιού εκτύπωσης στο Πολυτεχνείο της Κρήτης. Για την δημιουργία ενός φιλικότερου προς το περιβάλλον Πανεπιστημίου είναι αναγκαίο όλες οι σχολές, τα μέλη του προσωπικού, οι φοιτητές αλλά και ολόκληρη η κοινωνία των Χανίων να συμμετέχουν σε μια τέτοια προσπάθεια. Η ανακύκλωση, μπορεί να αποδειχτεί ένας πολύτιμος πόρος που συμβάλλει στο παραγόμενο εισόδημα του Πολυτεχνείου. Αρχικά, παραθέτοντας στοιχεία για την διαδικασία παραγωγής λευκού χαρτιού καθώς και για την διαδικασία και τα οφέλη της ανακύκλωσης. Έπειτα, συντελείται μια βιβλιογραφική έρευνα πάνω στα Πανεπιστημιακά απόβλητα χαρτιού, στην συμπεριφορά των πολιτών πάνω σε προγράμματα ανακύκλωσης καθώς και λύσεις που μπορούν να δοθούν στην αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος. Στην συνέχεια, καταγράφεται η δυναμική και οι παράγοντες επιρροής ενός τέτοιου εγχειρήματος για το Πολυτεχνείο. Τέλος, σχεδιάστηκαν 3 διαφορετικά πιθανά σενάρια τόσο ως προς τους όγκους, όσο και για τον τρόπο αντιμετώπισης. Πραγματοποιήθηκαν οικονομοτεχνικές μελέτες και υπολογίστηκαν τα κόστη επένδυσης και λειτουργίας αυτών των συστημάτων, οι εισφορές σε βάθος 10 ετών καθώς και τα περιβαλλοντικά αποτυπώματά τους. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας επέδειξαν πως για να λειτουργήσει ένα τέτοιο εγχείρημα χρειάζεται η συμμετοχή ολόκληρης της τοπικής κοινωνίας, ενώ ταυτόχρονα, μπορεί να αποβεί πολύ κερδοφόρο προς το Πολυτεχνείο.

Abstract

This paper investigate the possibility and efficiency of a solid waste-printing paper management system within the Technical University of Crete. In order to create a more environmentally friendly University, it is necessary for all faculties, staff members, students and the entire society of Chania to participate in such effort. Solid waste recycling can be a valuable resource, contributing to generated income of the Technical University. Initially, quoting information about the white paper production process as well as the recycling process and benefits. Moreover, a bibliographic research is carried out on the paper waste of the Universities, on the behavior of citizens on recycling programs as well as solutions that can be given to address this issue. Then, the dynamics and the impacts of such an endeavor for the Technical University are recorded. Finally, 3 different possible scenarios were designed both in terms of the waste volume and the treatment. Economic and technical studies were carried out calculating the investment and operation costs of these systems. A 10-year contributions as well as their environmental footprints were calculated too. The results of this research showed that in order for such a project to succeed, the participation of the entire local community is needed, while at the same time, it can be very profitable for the Technical University.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	4
Περίληψη.....	5
Abstract	6
Πίνακας περιεχομένων.....	7
Ευρετήριο Πινάκων:.....	9
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 2 ^ο : Ανακύκλωση χαρτιού	11
2.1 Ιστορία χαρτιού και ανακύκλωσης χαρτιού	11
2.2 Οι πρώτες ύλες της βιομηχανίας ανακύκλωσης προϊόντων χαρτιού.....	14
2.3 Στάδια ανακύκλωσης	19
2.4 Οφέλη ανακύκλωσης λευκού χαρτιού	26
Κεφάλαιο 3 ^ο : Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	31
3.1 Εισαγωγή.....	31
3.2 Ανάλυση συμπεριφοράς πολιτών για την ανακύκλωση.	32
3.3 Απόβλητα χαρτιού στα Πανεπιστήμια	40
3.4 Διαχείριση Πανεπιστημιακών αποβλήτων.	42
3.5 Διαχείριση αποβλήτων, εναλλακτικές λύσεις.....	45
Κεφάλαιο 4 ^ο : Η μελέτη περίπτωσης (case study)	48
4.1 Το Πολυτεχνείο Κρήτης και η υφιστάμενη κατάσταση.....	48
4.2 Παράγοντες σχεδιασμού	51
4.2.1 Ανακύκλωση στο νομό Χανίων.....	51
4.2.2 Περιβαλλοντική ενημέρωση	52
4.2.3 Ανάκτηση χαρτιού	53
4.2.4 Οικονομικά στοιχεία.....	54
4.2.5 Κάδοι	56
4.2.6 Εσωτερική αποθήκευση και μεταφορά κάδων (Λειτουργικά κόστη)	57
4.3 Σενάρια σχεδιασμού	59

4.3.1 Σενάριο 1 ^ο :	60
4.3.2 Σενάριο 2 ^ο :	67
4.3.3 Σενάριο 3 ^ο :	72
Κεφάλαιο 5 ^ο : Αποτελέσματα	76
5.1 Έσοδα και έξοδα του 1 ^{ου} Σεναρίου.	76
5.2 Έσοδα και έξοδα του 2 ^{ου} Σεναρίου.	76
5.3 Έσοδα και έξοδα του 3 ^{ου} Σεναρίου.	77
5.3 Αποτελέσματα Οικονομικής Ανάλυσης	78
5.4 Αποτελέσματα εξοικονόμησης πόρων	83
5.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων	84
Κεφάλαιο 6 ^ο : Συμπεράσματα	87
Κεφάλαιο 7 ^ο : Βιβλιογραφία	89
Κεφάλαιο 8 ^ο : Παραρτήματα	93
Παράρτημα 8.1: Εκτίμηση ανάκτησης χαρτιού από το ΠΚ	93
Παράρτημα 8.2: Κατασκευή αποθήκης	95
Παράρτημα 8.3: Εσωτερική διαδρομή	99
Παράρτημα 8.4: Ετήσιο ισοδύναμο κόστος	100

Ευρετήριο Πινάκων:

Πίνακας 2.1: Οι κυριότερες ακαθαρσίες που περιέχονται στο παλαιόχαρτο ..	24
Πίνακας 2.2: Σχετιζόμενα μεγέθη ανακύκλωσης χαρτιού [https://www.free-recycle.gr ; https://stopbasura.com]	27
Πίνακας 3.1: Συνολικά οι μελέτες που αναλύθηκαν και τα ερευνητικά ερωτήματα	39
Πίνακας 3.2: Συνολικά οι μελέτες που αναλύθηκαν και τα ακαδημαϊκά απόβλητα	41
Πίνακας 4.1: Κατανάλωση λευκού χαρτιού στο ΠΚ	49
Πίνακας 4.2: Τιμές λευκού χαρτιού και χαρτονιού στη Ευρώπη [https://fotavgeia.blogspot.com/2014/02/blog-post_14.html]	51
Πίνακας 4.3: Τιμές λευκού χαρτιού και χαρτονιού [Γιώργος Ράλλης, 2005] ...	54
Πίνακας 4.4: Έρευνα τιμών για τη αγορά κάδων	56
Πίνακας 4.5: Ετήσιο ωρολόγιο πρόγραμμα και κόστη για δαπάνες προσωπικού	57
Πίνακας 4.6 Ετήσια κόστη βενζίνης για τη εσωτερική μεταφορά των κάδων ..	58
Πίνακας 4.7: Εκτίμηση εσωτερικής ανακύκλωση 1 ^{ου} Σεναρίου	60
Πίνακας 4.8: Εκτίμηση εξωτερικής ανακύκλωση 1 ^{ου} Σεναρίου	61
Πίνακας 4.9: Εκτίμηση μηνιαίων κάδων 1 ^{ου} Σεναρίου	62
Πίνακας 4.10: Εκτίμηση εσωτερικής ανακύκλωση 2 ^{ου} Σεναρίου.	65
Πίνακας 4.11: Εκτίμηση εξωτερικής ανακύκλωση 2 ^{ου} Σεναρίου.	66
Πίνακας 4.12: Εκτίμηση μηνιαίων κάδων 2 ^{ου} Σεναρίου.	67
Πίνακας 4.13: Εκτίμηση εσωτερικής ανακύκλωση 3 ^{ου} Σεναρίου.	70
Πίνακας 4.14: Εκτίμηση εξωτερικής ανακύκλωση και σημεία αποικοδόμησης 3 ^{ου} Σεναρίου	71
Πίνακας 4.15: Εκτίμηση μηνιαίων κάδων 3 ^{ου} Σεναρίου	71
Πίνακας 5.1: Πίνακας με έσοδα 1 ^{ου} Σεναρίου	74
Πίνακας 5.2: Πίνακας με έξοδα 1 ^{ου} Σεναρίου	74
Πίνακας 5.3: Πίνακας με έσοδα 2 ^{ου} Σεναρίου	75
Πίνακας 5.4: Πίνακας με έξοδα 2 ^{ου} Σεναρίου	75
Πίνακας 5.5: Πίνακας με έσοδα 3 ^{ου} Σεναρίου	75
Πίνακας 5.6: Πίνακας με έξοδα 3 ^{ου} Σεναρίου	76
Πίνακας 5.7: Πίνακας με ταμειακές ροές 1 ^{ου} Σεναρίου.	77
Πίνακας 5.8: Πίνακας με ταμειακές ροές 2 ^{ου} Σεναρίου	77
Πίνακας 5.9: Πίνακας με ταμειακές ροές 3 ^{ου} Σεναρίου	St78
Πίνακας 5.10: Πίνακας με κριτήρια αξιολόγησης των Σεναρίων	79
Πίνακας 5.11: Πίνακας με τις εξοικονομήσεις των πόρων των Σεναρίων [www.stp.de]	79
Πίνακας 5.12: Πίνακας παραμέτρων και διαφοροποιήσεων σεναρίων	80

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης του Πολυτεχνείου Κρήτης, η εργασία αυτή έχει σκοπό να συμβάλλει στην εφαρμογή και βελτίωση προγραμμάτων οικολογικής διαχείρισης αποκριμάτων στην Ελλάδα και ειδικότερα στα Ελληνικά Α.Ε.Ι. Σε αυτό το πλαίσιο, κρίθηκε σκόπιμη η διεξαγωγή μίας πρότυπης μελέτης για την δημιουργία ενός αυτόνομου, ποσοτικά και οικονομικά αποτελεσματικού προγράμματος ανακύκλωσης χαρτιού εκτύπωσης του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Στην παρούσα έρευνα, συντελείται ανάλυση της ποιότητας χαρτιού και δίνονται οι λόγοι για να στηριχτεί ένα τέτοιο εγχείρημα ανακύκλωσης χαρτιού εκτύπωσης. Παράλληλα, διερευνώνται οι δεδομένες ανάγκες αλλά και οι απαιτήσεις σε χαρτί εκτύπωσης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Με τον τρόπο αυτό, γίνεται μια πρώτη προσπάθεια να κατανοηθεί από την επιστημονική και όχι μόνο κοινότητα η σημασία ενός τέτοιου εγχειρήματος.

Αρχικά, παρουσιάζονται έρευνες που έχουν γίνει ανά τα χρόνια για την ανακύκλωση χαρτιού και πιο συγκεκριμένα σε διάφορα Πανεπιστήμια στον κόσμο. Δίνονται τόσο ποσοτικά δεδομένα, ώστε να υπάρχει μια ολοκληρωμένη εικόνα για άλλα εκπαιδευτικά ιδρύματα, όσο και λύσεις που έχουν δοθεί για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος.

Στην συνέχεια, θα παρουσιαστούν όλες οι ενδεχόμενες παράμετροι που είναι αναγκαίες να ληφθούν υπόψιν κατά την δημιουργία αυτού του συστήματος σε μια οικονομοτεχνική μελέτη. Έπειτα, παρουσιάζονται ορισμένα σενάρια για την υλοποίηση αντιμετώπισης αυτού του εγχειρήματος.

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό το Πολυτεχνείο Κρήτης να καταφέρει να αξιοποιήσει προς όφελος του ένα μεγάλο μέρος των απορριμμάτων που παράγει μειώνοντας έτσι το περιβαλλοντικό του αποτύπωμα.

Κεφάλαιο 2^ο: Ανακύκλωση χαρτιού

2.1 Ιστορία χαρτιού και ανακύκλωσης χαρτιού

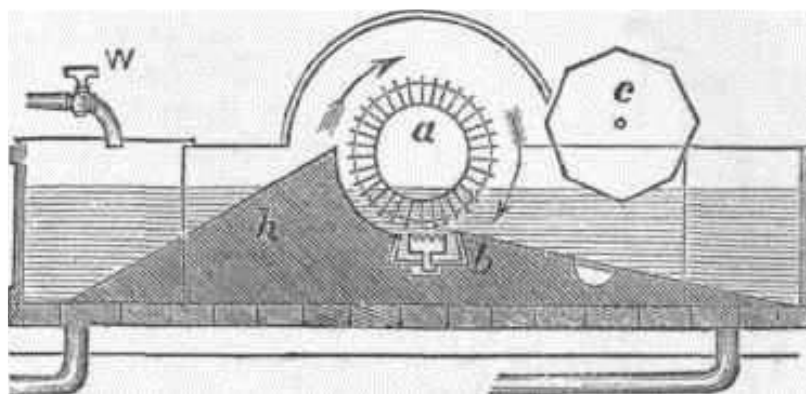
Η αρχική ανάγκη των ανθρώπων για την αποτύπωση και μεταγενέστερα την καταγραφή στοιχείων και πληροφοριών, οδήγησε στην εφεύρεση της περγαμηνής που αποδίδεται στον βασιλιά της Περγάμου το 197-159 π.Χ. από την επεξεργασία πρόβειου δέρματος. Ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η χρήση της ξεκινά τουλάχιστον από το 1000 περίπου π.Χ. Ο αιγυπτιακός πάπυρος θεωρείται πως πλησιάζει περισσότερο στο χαρτί, χωρίς να μπορεί όμως να θεωρηθεί πραγματικό χαρτί. Λωρίδες από τον κορμό του φυτού πάπυρου, τοποθετούνται παράλληλα και κολλιούνται μεταξύ τους με αμυλόκολλα ή με την κολλώδη ουσία που εκκρίνεται από το ίδιο το φυτό. Το πρώτο χαρτί, όπως το γνωρίζουμε σήμερα, κατασκευάστηκε στην Κίνα από τον Τσάι Λουν περίπου το 105 μ.Χ. από άχρηστα υφάσματα και δίχτυα, ίνες μπαμπού, ραμή (είδος φυτού σαν το λινάρι) και από τον φλοιό μουριάς, που αναμείχθηκαν σε κουβάδες με νερό. Τον 4^ο αιώνα γίνεται κατασκευή χαρτιού από τα ίδια υλικά αλλά χρησιμοποιείται το κολλάρισμα με φυτική κόλλα ή άμυλο. Τον 8^ο και τον 9^ο αιώνα κατασκευάζεται χαρτί στην Αίγυπτο χρησιμοποιώντας για πρώτη ύλη βαμβάκι ή λινό κολλαρισμένο με αμυλόκολλα. Από τη Ασία το χαρτί περνάει στην Σαμακάρδη, στην Βαγδάτη και από τη Βόρεια Αφρική η τέχνη της χαρτοποιίας περνάει στην Ισπανία. Χρονολογείται πως ο πρώτος χαρτόμυλος στην Ευρώπη ήταν κοντά στην Βαλένθια το 1151 μ.Χ., έπειτα στην Ιταλία το 1276 μ.Χ. και το 1390 μ.Χ. στην Γερμανία.



#270685921

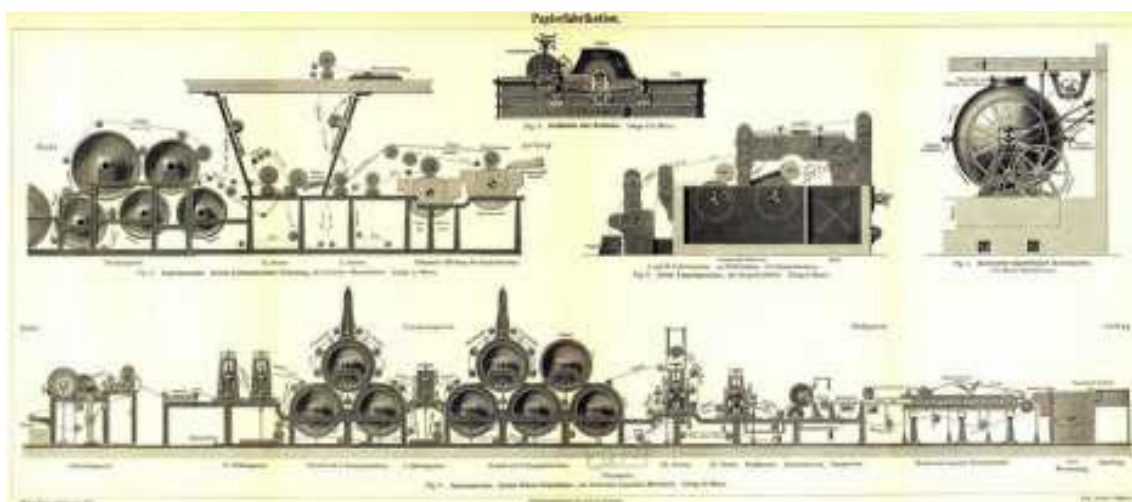
Εικόνα 2.1: Το χειρόγραφο της Φωνίας. Το πρώτο αλφάβητο στον κόσμο. Δημιουργήθηκε στη Μέση Ανατολή, περίπου 1500–1200 π.Χ. Αρχαίος πάπυρος χειροποίητος.

Κοντά στο 1450 χρονολογείται η ανακάλυψη της τυπογραφίας και κατά το 1517 ο αναγεννησιακός κόσμος δημιουργεί μεγάλες ανάγκες στην παραγωγή του χαρτιού. Από το 1680 κιόλας, διάφορες διαδικασίες της παραγωγής χαρτιού αρχίζουν να γίνονται με μηχανές. Μέσα στον επόμενο αιώνα, η Ολλανδική μηχανή Hollander θα αντικαταστήσει τις προηγούμενες τεχνικές πολτοποίησης του χαρτιού. Η μηχανή αυτή άλεθε μηχανικά και ταυτόχρονα ο κύλινδρος «χτύπαγε» τον χαρτοπολτό όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2 με σκοπό πιο λεία επιφάνεια χαρτιού, αλλά με μειονέκτημα τις μικρότερες αντοχές. (www.chestofbooks.com).



Εικόνα 2.2: Hollander τομή

Το 1798 παρουσιάζεται από τον Νικόλας-Λουίς Ρόμπερτς μια καινοτόμα για την εποχή μηχανή που είχε την δυνατότητα να παράγει ρολά χαρτιού μέχρι και 15 m ενώ η ζωική κόλλα αντικαθίσταται με ρητίνη κωνοφόρων. Το 1806 τελειοποιούνται οι υπάρχουσες μηχανές με την προσθήκη μακριών παραλληλόγραμμων ή κυκλικών κόσκινων (μηχανή Fourdiner), ενώ το 1820 εισάγεται το στέγνωμα των ρολών του χαρτιού με κυλίνδρους θερμαινόμενους με ατμό, καθώς και διάφοροι αυτοματισμοί όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα-2.3. Παράλληλα, το 1765 αρχίζει η έρευνα για πιο φτηνές πρώτες ύλες και δοκιμές γίνονται με ξυλοπολτό από κωνοφόρα, αμπέλια και άχυρα με αποτέλεσμα το 1780 στη Γαλλία να κατασκευαστεί το πρώτο χαρτί από άχυρο. Μέχρι το 1846 έχει καθιερωθεί η χρήση του ξυλοπολτού ως πρώτη ύλη και έτσι ξεκινάει η ιστορία της σύγχρονης χαρτοποιίας.



Εικόνα 2.3: Παραγωγή χαρτιού (www.commonswikimedia.org)

Το 1851 παράγεται χαρτί με επεξεργασία του ξυλοπολτού με καυστικό νάτριο (soda process – Hugh Burgess & Charles Watt), το 1857 επινοείται η όξινη μέθοδος πολτοποίησης (sulfite process – Benjamin & Richard Tilgham) και το 1884 χρησιμοποιούνται θειικά άλατα για επεξεργασία του πολτού (sulfate pulp – Kraft process – Carl Dahl). Από εκεί και έπειτα η τεχνολογία αυτοματοποιείται και ολοένα αυξάνεται η μαζική παραγωγή χαρτιού. Την περίοδο 1850-1980 το χαρτί ακόμα δεν έχει την επιθυμητή ποιότητα ούτε αντοχή (κακή κατάσταση διατήρησης) καθώς η σύστασή του είναι περίπου όξινη και περιλαμβάνει τη χρήση στύψης (θειικό αργίλιο) και ρητίνης κωνοφόρων (κολοφώνιο). Η τελική

αντικατάσταση του όξινου συστήματος με το αλκαλικό λειτουργεί μέχρι και σήμερα (Hunter, 1974; Σπύρος Ζερβός, 2015).

Όσον αφορά την ιστορία της ανακύκλωσης είναι φανερά συνοπτικότερη καθώς είναι ένα φαινόμενο πολύ μεταγενέστερο. Αν και όπως προαναφέραμε η ανάγκη για την επαναχρησιμοποίηση του χαρτιού είχε κάνει την εμφάνιση της, χρειάστηκαν αρκετά χρόνια για να εξελιχθούν οι κατάλληλες τεχνικές. Αρχικά, το 1071 μ.Χ. στην Ιαπωνική ιστορία καταγράφεται για πρώτη φορά στον παγκόσμιο χάρτη η παραγωγή νέου χαρτιού μέσω ανάκτησης. Τότε δεν είχαν εφευρεθεί τεχνολογίες λεύκανσης με αποτέλεσμα το ανακυκλωμένο χαρτί να έχει σκούρο χρώμα προς το γκρι. Άλλοι επιστήμονες, τοποθετούν τις ρίζες της ανακύκλωσης κατά των μεσαιώνων όπου οι ρακοσυλλέκτες συλλέγαν τα χρησιμοποιημένα πανιά (ράκη) και τα επέστρεφαν στους κατασκευαστές με κάποιο αντίτιμο. Κατά την διάρκεια του Α' και Β' Παγκοσμίου Πολέμου, ξαναεμφανίζεται σε μεγάλη κλίμακα πλέον η ανακύκλωση χαρτιού καθώς ταυτόχρονα χρησιμοποιούνται περισσότερο και τεχνικές απομελάνωσης. Το πρόβλημα παροχής πρώτων υλών καθώς και ο αυξανόμενος όγκος των απορριμμάτων χαρτιού, εκτόξευσε την χρήση ανακυκλωμένου χαρτιού φτάνοντας σε ποσοστό ανάκτησης περίπου 20% κατά την δεκαετία του 1950. Σήμερα πολύ μεγαλύτερες ποσότητες παλαιόχαρτου συνιστούν τις πρώτες ύλες για την παραγωγή εφημερίδων, κυματοειδών χαρτοκιβωτίων και χαρτιών συσκευασίας (H. F. Lund, 2001).

2.2 Οι πρώτες ύλες της βιομηχανίας ανακύκλωσης προϊόντων χαρτιού

Για την πλήρη κατανόηση της διαδικασίας ανακύκλωσης του χαρτιού, είναι σημαντικό να χαρακτηριστεί η προέλευσή του, η δομή του, καθώς και ο ρόλος που παίζει η ανακύκλωση στην οικονομία και στο περιβάλλον σήμερα. Το χαρτί είναι ένα προϊόν που συντίθεται από ίνες κυτταρίνης που έχουν διαχωριστεί με ανάδευση σε νερό και μετατραπεί σε χαρτοπολτό. Οι ίνες κυτταρίνης μπορεί να είναι φυτικής προέλευσης, όπως ξύλο, βαμβάκι, λινάρι, βιομηχανική κάνναβη κ.α. ή ανόργανες ζωικές ή συνθετικές. Το χαρτί αποτελείται από δια-πλεγμένες

ή συμπυκνωμένες ίνες κυτταρίνης οι οποίες αποτελούν ένα συνεκτικό ενιαίο σύνολο που με τις κατάλληλες διεργασίες, απλώνεται σε επιφάνεια διαστρώσεως, περνάει από σύστημα πρεσαρίσματος και στεγνό πλέον τυλίγεται σε ρολά. Οι πρώτες ύλες για να την παραγωγή του χαρτιού είναι τα ινώδη εναιωρήματα τα οποία αποτελούν την βάση για την δημιουργία του χαρτοπολτού. Τα εναιωρήματα δημιουργούνται όταν αναμειγνύονται οι παραπάνω φυτικές ίνες με νερό. Η ποσότητα του νερού εξαρτάται από τον τύπο και την ποιότητα του τελικού προϊόντος που θέλει η παραγωγή. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και τις μεθόδους παρασκευής, διακρίνουμε πολλά είδη χαρτιού και συνεπώς πολλές και διάφορες χρήσεις. Έτσι έχουμε το απλό χαρτί, το βαμβακερό χαρτί (με 25%, 50%, ή και 100% βαμβάκι), το ανακυκλωμένο χαρτί, το ρυζόχαρτο, το χαρτόνι, το καρμπόν (χαρτί για αντιγραφές), το τσιγαρόχαρτο, το απορροφητικό χαρτί (χαρτί υγείας, κουζίνας, χαρτοπετσέτες, χαρτομάντιλα), το μονωτικό χαρτί (για ηλεκτρικές μονώσεις) κ.α. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή του χαρτιού λοιπόν βασίζεται σε 3 αρχικά στάδια, του καθαρισμού, του εξευγενισμού και της διύλισης:

- Στο πρώτο στάδιο λαμβάνει χώρα ο καθαρισμός του χαρτοπολτού από τυχών ακαθαρσίες που μπορεί να υπάρχουν στον μείγμα με σκοπό την μέγιστη ποιότητα.
- Στο δεύτερο στάδιο, στάδιο του εξευγενισμού, γίνεται η βελτίωση των ιδιοτήτων του χαρτοπολτού με διάφορες χημικές διεργασίες.
- Στο τρίτο και τελικό στάδιο αυτής της διαδικασίας προστίθενται βοηθητικά προϊόντα όπως ρητίνη, ζωικές κόλλες, άμυλο, καολίνη, τάλκης και διυλίζονται λίγο πριν εισαχθούν στην χαρτοποιητική μηχανή. Το ινώδες εναιώρημα έπειτα αποστραγγίζεται αποξηραίνεται και παίρνουμε τελικό προϊόν.

Κατά την ανακύκλωση του χαρτιού, τα μεταχειρισμένα προϊόντα χαρτιού μετατρέπονται σε χρήσιμα. Τα προϊόντα χαρτιού που ανακυκλώνονται μπορούν να διακριθούν σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες: τα χαρτικά βιομηχανικά παράγωγα, όπως απορρίμματα κοπής, τα μετακαταναλωτικά προϊόντα και αυτά που δεν έφτασαν ποτέ στον καταναλωτή και επιστράφηκαν για ανακύκλωση. Τα μετακαταναλωτικά προϊόντα, που θα μελετηθούν και εκτενέστερα στην

παρούσα εργασία, αφορούν προϊόντα που απορρίφθηκαν από τους καταναλωτές μετά την χρήση, ενώ η τελευταία κατηγορία αφορά τα προϊόντα που βγήκαν από την παραγωγή για χρήση αλλά απορρίφθηκαν πριν την χρήση τους. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι πολλά είδη παλαιόχαρτων μπορούν να συλλεχθούν και εύκολα να επεξεργαστούν για την δημιουργία νέων προϊόντων συνήθως χαμηλότερης ποιότητας και αξίας από την αντίστοιχη των αρχικών προϊόντων. Τα τελευταία χρόνια, μεγάλη σημασία έχει δοθεί στα χαρτιά γραφής και εκτυπώσεων, που παρά την μεγάλη τους αξία εμφανίζουν προβλήματα κατά την ανακύκλωση και ιδιαίτερα κατά την απομελάνωση τους.

Για τον λόγο αυτό, έγιναν προσπάθειες για την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου σχεδίου κατηγοριοποίησης των διαφορετικών προϊόντων χαρτιού σύμφωνα με τις ιδιότητες και την ποιότητά τους. Η ποιότητα του χαρτιού εξαρτάται από τα είδη ινών κυτταρίνης που είναι κατασκευασμένο, από την συνεκτική δομή των ινών αλλά και από το μέγεθος των ινών. Με αυτόν τον τρόπο αποκαλύπτεται πόσο χρόνο ζωής ή κύκλου, έχει το χαρτί στην διαδικασία της ανακύκλωσης. Το 2001 ανανεώθηκε το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 643 από την Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Χαρτοβιομηχανιών «Confederation of European Paper Industries (CEPI)» με σκοπό την ομαδοποίηση προϊόντων χαρτιού με κοινές ιδιότητες, αλλά και για την αποφυγή εισαγωγής ακατάλληλων προϊόντων στην βιομηχανία της ανακύκλωσης. Σύμφωνα με την EN643 οι ποιότητες χαρτιού χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες και κάθε μία από τις τάξεις αυτές περιέχει αρκετές υποκατηγορίες ([CEPI, ERPA 2002](#)):

1. Συνηθισμένη ποιότητα χαρτιού (Ordinary grades).

Σε αυτή την κατηγορία εμπεριέχονται όλα τα καταναλωτικά είδη χαρτιού που η ποιότητά τους είναι χαμηλή λόγω κακού διαχωρισμού. Μείγμα διαφόρων ποιοτήτων χαρτιού, χαρτονιού, εφημερίδων και περιοδικών έως 40%. Γκρι χαρτόνια και κυματοειδή χαρτόνια έως 70%. Απούλητα περιοδικά, τηλεφωνικοί κατάλογοι, χαρτιά γραφής κατάλληλα για απομελάνωση είναι μερικά ακόμα από τα είδη αυτής της κατηγορίας.

2. Μεσαία ποιότητα χαρτιού (Medium grades).

Σε αυτή την κατηγορία εμπεριέχονται διαχωρισμένοι τύποι χαρτιού και εφημερίδες, απούλητες εφημερίδες, περιοδικά, βιομηχανικά παράγωγα και απορρίμματα κοπής. Ελαφρά και έντονα τυπωμένα λευκά ξακρίδια χαρτιού με ή χωρίς κόλλα, χαρτιά γραφείου, χρωματισμένα έγγραφα και πολύ άλλοι τύποι χαρτιού ανήκουν σε αυτή την κατηγορία και για αυτό το λόγο η ποιότητά της είναι χαμηλή λόγω των μεγάλων ποσοτήτων σε μελάνι.

3. Υψηλή ποιότητα χαρτιού (High grades).

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν υψηλής ποιότητας χαρτί, δηλαδή το λευκό χαρτί που έχει περάσει από το στάδιο της λεύκανσης και δεν περιέχει την λιγνίνη του ξύλου (woodfree paper). Μικτά ελαφρώς χρωματισμένα ξακρίδια χαρτιών, λευκά χαρτόνια και λευκές εφημερίδες.

4. Ποιότητα για Χαρτόνι (Kraft grades).

Σε αυτή την κατηγορία βρίσκονται όλα τα είδη από χαρτόνι όπως συσκευασίες, χαρτόκουτα, χαρτοσακούλες, περιτυλίγματα κ.α.

5. Ειδικές ποιότητες (Special grades)

Στην τελευταία κατηγορία εμπεριέχονται μη διαχωρισμένα μικτά ανακτημένα χαρτιά και χαρτόνια, χαρτιά συσκευασίας, χαρτόνια συσκευασίας υγρών προϊόντων με περιεκτικότητα ινών 50%. Σύνθετα προϊόντα που αποτελούνται από διαφορετικούς τύπους χαρτιού και χαρτιά με προσμίξεις σε γυαλί ή πλαστικό.

Γενικότερα, κατά την ανακύκλωση του χαρτιού οι ίνες κυτταρίνης που το απαρτίζουν γίνονται μικρότερες λόγω της διαδικασίας παραγωγής ανακυκλωμένου χαρτιού από χαρτοπολτό σε χαρτί (η ανάμιξη και επεξεργασία με νερό τις σπάει και τις κονταίνει). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το ανακυκλωμένο προϊόν να έχει υποδεέστερες μηχανικές ιδιότητες προς χρήση όπως είναι η

αντοχή στην κοπή, στην υγρασία και η εκτυπωτική ικανότητα του χαρτιού. Για τον λόγο αυτό το προϊόν που αποτελείται από 100% ανακυκλωμένο χαρτί χρησιμοποιείται περισσότερο σαν χαρτόνι (corrugated cardboard) για την δημιουργία χαρτοκιβωτίων, συσκευασιών, επίπλων και άλλα. Συνεπώς προκείμενου να δημιουργηθούν προϊόντα λευκού χαρτιού για χρήση από ανακυκλωμένο χαρτί που να παρουσιάζουν αυξημένες μηχανικές ιδιότητες, τροφοδοτούνται νέες ίνες κυτταρίνης ξύλου από φρέσκο πολτό μέσα στην διαδικασία της διάλυσης του χαρτιού σε χαρτοπολτό. Έτσι το αποτέλεσμα είναι ένα ανταγωνιστικό σε μηχανικές ιδιότητες χαρτί που παράγεται εν μέρη από ανακυκλωμένα είδη χαρτιού σε σχέση με το πρωτογενές χαρτί. Κατά τη συλλογή χαρτιού, θα πρέπει να μην υπεισέρχονται ασηπτικές συσκευασίες (π.χ. Tetrapack). Εάν το χαρτί είναι τσαλακωμένο δε συμφέρει να ανακυκλωθεί καθώς καταλαμβάνει πολύ όγκο, ενώ δεν πρέπει να ανακυκλώνεται ρυπασμένο, πλαστικοποιημένο ή κυρωμένο χαρτί, όπως επίσης ούτε χαρτοπετσέτες ή χαρτιά υγείας (ρυπασμένα και με ευαίσθητες ίνες).

2.3 Στάδια ανακύκλωσης

Στα στάδια ανακύκλωσης του παλαιόχαρτου περιλαμβάνουν ένα σύνολο από μηχανικές και χημικές διεργασίες. Σκοπός όλων αυτών είναι η παραγωγή ενός μείγματος χαρτοπολτού (αιωρήματος ινών) απαλλαγμένο από ακαθαρσίες και προσμείξεις το οποίο θα είναι ικανό να επαναχρησιμοποιηθεί για την παραγωγή χαρτιού. Η ποιότητά του εξαρτάται τόσο από την αρχική μάζα παλιόχαρτου όσο και από το βαθμό απομάκρυνσης των ακαθαρσιών και τις διεργασίες βελτίωσης των ιδιοτήτων τους. Η βιομηχανική διαδικασία ανακύκλωσης λαμβάνει χώρα σε πέντε στάδια όπως αναγράφονται και στην Εικόνα 2.4 παρακάτω.



Εικόνα 2.4: Τα στάδια της ανακύκλωσης χαρτιού.

- Συλλογή παλαιοχάρτου

Στο αρχικό στάδιο χρειάζεται να γίνει η ανάκτηση του χαρτιού, δηλαδή η συλλογή των απορριμμάτων χαρτιού και η πρώτη διαλογή ώστε να υπάρχει προϊόν για να δοθεί για ανακύκλωση. Στατιστικά, η βιομηχανία είναι υπεύθυνη για το μεγαλύτερο ποσοστό ανακύκλωσης που αγγίζει το 52% (χαρτοκιβώτια από σουπερμάρκετ, χαρτιά συσκευασίας, χάρτινα υπολείμματα από τυπογραφεία και λανθασμένες εκτυπώσεις, και απούλητα περιοδικά κ.α.). Ένα 10% προέρχεται από γραφεία και το υπόλοιπο 38% προέρχεται από τα νοικοκυριά. Η βιομηχανία κατέχει δικό της εξοπλισμό για την συλλογή ενώ στις άλλες 2 περιπτώσεις εξαρτάται από την χώρα. Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχουν ξεχωριστοί κάδοι για την διαλογή του χαρτιού ώστε να αποφεύγονται οι προσμίξεις και οι ακαθαρσίες μέσα στα στάδια ανακύκλωσης. Στην περίπτωση της Ελλάδος μπορούν να βρεθούν και κάδοι αποκλειστικά για το χαρτί αλλά και μεικτοί κάδοι όπως παρουσιάζονται και στην Εικόνα 2.5. Μεγαλύτεροι κάδοι ή κοντέινερ υπάρχουν έξω από σουπερμάρκετ και βιοτεχνίες και η συλλογή του περιεχομένου των κάδων γίνεται από φορτηγά.



Εικόνα 2.5: Μπλε κάδοι πολλαπλής ανακύκλωσης στην Ελλάδα

- Παραλαβή, Διαλογή και Έλεγχος ποιότητας

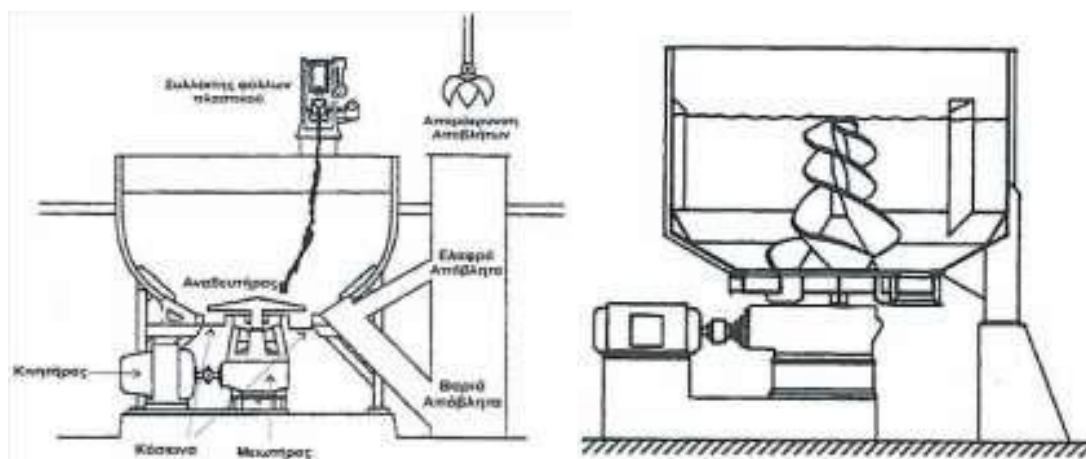
Αφού γίνει η παραλαβή στο χώρο του εργοστασίου γίνεται μια δεύτερη διαλογή, μακροσκοπικός έλεγχος της χαρτομάζας, ώστε να απορριφθούν υλικά και ορισμένα είδη παλαιόχαρτου, τα οποία εκτιμάται ότι θα προκαλέσουν αστοχίες στη λειτουργία της μονάδας. Η απόρριψη γίνεται ανάλογα με το είδος του χαρτιού που παράγει η εκάστοτε μονάδα. Παραδείγματος χάρη δεν θα λαμβάναμε χαρτόκουτες και εφημερίδες για την δημιουργία λευκού φωτοαντιγραφικού χαρτιού μιας που οι ίνες που προέρχονται από εφημερίδες και χαρτοκιβώτια είναι καταλληλότερες για παραγωγή π.χ. χαρτονιού συσκευασίας.

- Πολτοποίηση

Το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας που υφίσταται το χαρτί στην μονάδα ανακύκλωσης είναι η πολτοποίηση. Πολτοποίηση ονομάζεται η διαδικασία μετατροπής του παλιόχαρτου σε ένα υδατικό αιώρημα ελευθέρων ινών, που μπορεί να υποστεί περαιτέρω διαδικασίες ή να μετατραπεί απευθείας σε χαρτί. Ο χαρτοπολτός, όπως αλλιώς ονομάζεται, επιτυγχάνεται με τη ανάδευση του ανακυκλώσιμου προϊόντος με νερό και διάφορες χημικές ουσίες προκειμένου να ενυδατωθεί και να διαλυθεί. Στην διαδικασία αυτή σπάνε οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των ινών και δημιουργούνται νέοι μεταξύ κάθε ίνας και των μορίων νερού με αποτέλεσμα την αύξηση της ευκαμψίας τους και του όγκου τους κατά περίπου 56%. Όσο πιο ετερογενές είναι το μείγμα και περιέχει ρητίνες ή κόλλες, τόσο δυσκολότερη είναι αυτή η διαδικασία γιατί οι ουσίες αυτές παρεμποδίζουν τη διαβροχή των ινών και αυξάνουν την συνοχή τους (Οικονομίδης, 2015).

Οι μηχανές στις οποίες γίνεται η διαδικασία λέγονται πολτοποιητές και διαφοροποιούνται ανάλογα την περιεκτικότητά τους, την συνεχή ή όχι λειτουργία τους και συνήθως είναι ανοιχτοί. Έτσι διακρίνουμε τους πολτοποιητές χαμηλής περιεκτικότητας (3-6% στερεών), μέσης περιεκτικότητας (6-12% στερεών) και υψηλής περιεκτικότητας (12-18% στερεών). Οι πρώτοι χρησιμοποιούνται, συνήθως, στην παραγωγή ανακυκλωμένου

δημοσιογραφικού χαρτιού και χαρτιού υγιεινής και καθαριότητας και οι υπόλοιποι σε μονάδες απομελάνωσης χαρτιών γραφής και εκτύπωσης (J. K. Borchardt, 2006). Από τις αρχές της δεκαετίας του '90 έχουν αναπτυχθεί και τα εκρηκτικά συστήματα πολτοποίησης, τα οποία είναι υψηλής απόδοσης με υψηλές θερμοκρασίες (180-210°C) και πιέσεις. Στις αναδεύσεις χαμηλής περιεκτικότητας ο αναδευτήρας έχει σχήμα δίσκου και βρίσκεται στον πυθμένα της δεξαμενής ενώ στις υψηλές έχει την μορφή κοχλίας με μεγάλα πτερύγια που περιστρέφεται γύρω από σταθερό κατακόρυφο άξονα όπως παρουσιάζονται και στην Εικόνα 2.6 (Οικονομίδης, 2015).



Εικόνα 2.6: (α)Σκαρίφημα πολτοποιητή χαμηλής περιεκτικότητας (β) Σκαρίφημα πολτοποιητή υψηλής περιεκτικότητας

Οι πολτοποιητές ασυνεχούς λειτουργίας είναι μεγαλύτεροι από τους συνεχούς, ο χρόνος παραμονής του χαρτοπολτού στο εσωτερικό τους ποικίλει ώστε να αποδοθεί ολοκληρωτικός διαχωρισμός των ινών και το τελικό μείγμα είναι πολύ καλά ομογενοποιημένο. Αντιθέτως, οι μη συνεχούς λειτουργίας είναι πολύ μικρότεροι με μικρότερους χρόνους παραμονής του μείγματος στο εσωτερικό όπως αναφέρετε και στον Οικονομίδης (Hamilton, 1987; K.Cathie et.al., 1991).

Αυτοί που λειτουργούν ασυνεχώς, είναι εφοδιασμένοι με συστήματα απομάκρυνσης των ογκωδών και ξένων σωμάτων καθώς και χαρτιών που δεν μπορούν να ινοποιηθούν. Ήταν σύνηθες, αφού το παλαιόχαρτο εισαχθεί στην πολτοποιητή, να αφεθεί με το ζεστό νερό για κάποιο χρονικό διάστημα ώστε να

διαβραχεί εξολοκλήρου και να είναι ευκολότερη η διαδικασία ανάδευσης και κατ' επέκταση η θραύση των φυτικών ινών με ταυτόχρονη μείωση της μηχανική καταπόνηση του εξοπλισμού. Σήμερα, η διαδικασία αυτή είναι σπάνια και έχει αντικατασταθεί με την αύξηση του pH, δηλαδή η πολτοποίηση πραγματοποιείται σε αλκαλικό περιβάλλον. Η πολτοποίηση των εφημερίδων και των περιοδικών συντελείται σε τιμές pH από 8 έως 10, και η πολτοποίηση των χαρτιών γραφής και εκτύπωσης συντελείται είτε σε υψηλότερες τιμές pH (10-11) είτε σε χαμηλότερες (7-8). Οι υψηλές τιμές pH επιφέρουν κιτρίνισμα στο μείγμα με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται λευκαντικές ενώσεις όπως το υπεροξείδιο του αζώτου.

Η θερμοκρασία, είναι ένας εξίσου πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τον χρόνο στον οποίο πραγματοποιείται η διαδικασία. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από τους 40-55 °C για χρόνους από 4-60 min, αν και συνήθως χρησιμοποιούν χαμηλότερες θερμοκρασίες 30-40 °C όσον αφορά το λευκό χαρτί γιατί αλλιώς αποκτά γρήγορα ένα καστανό χρώμα. Στις ήπιες αυτές συνθήκες διατηρεί τα κολλώδη ξένα σώματα σε σχετικά μεγάλο μέγεθος και επιτρέπει την απομάκρυνσή τους με κόσκινα ή υδροκυκλώνες.

- Δευτερογενής καθαρισμός χαρτομάζας

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, μέσα στο χαρτοπολτό περιέχονται εκτός από χαρτιά και διάφορα άλλα συστατικά τα οποία εμποδίζουν τη διαδικασία της ανακύκλωσης. Τα ξένα αυτά σώματα υπολογίζεται ότι είναι κατά μέσο όρο 1.5-2.5% w/w και παρουσιάζονται αναλυτικά στο Πίνακα 2.1. Παρατηρώντας τον πίνακα γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι τέτοιου είδους υλικά μπορεί να επηρεάσουν το τελικό προϊόν και είναι απαραίτητο να απομακρυνθούν από το αιώρημα ινών. Πέρα από τα ξένα αντικείμενα, ανάλογα με τις συνθήκες πολτοποίησης αλλά και τη φύση του χαρτιού, το τελικό προϊόν μπορεί να περιέχει απολτοποίητα κομμάτια χαρτιού. Η ανομοιογένεια στο μίγμα της χαρτομάζας μπορεί να οδηγήσει προβλήματα στο μηχανολογικό εξοπλισμό, μειώνει το ρυθμό παραγωγής της χαρτοποιητικής μηχανής, αυξάνει τη ανομοιογένεια της χαρτομάζας, δημιουργεί αποφράξεις και εναποθέσεις σε διάφορα σημεία της

εγκατάστασης και τέλος υποβαθμίζει τις ιδιότητες του παραγόμενου χαρτιού [Θ. Φιλίππακοπούλου, 2007].

Είδος ακαθαρσίας	Πυκνότητα (gr/cm ³)	Μέγεθος σωματιδίων (μm)
Άμμος	1.8-2.2	1-1000
Μέταλλα	2.-9	>1000
Αργιλοπυριτικά ορυκτά	1.8-2.6	<1-1000
Κηροί	0.9-1.0	<1-10
Πολυμερή	0.9-1.1	>100
Αφρώδες πολυστυρένιο	0.3-0.5	>100
Κόλλες	0.9-1.1	1-1000
Μελάνια	1.2-1.6	1-1000

Πίνακας 2.1: Οι κυριότερες ακαθαρσίες που περιέχονται στο παλαιόχαρτο

Η απομάκρυνση αυτών γίνεται κυρίως με υδροκυκλώνες υψηλής πυκνότητας και κόσκινα. Η λειτουργία των υδροκυκλώνων είναι πολύ απλή και στηρίζεται στη φυγόκεντρο δύναμη. Η περιστροφική κίνηση του αιωρήματος διαχωρίζει τα ανεπιθύμητα σώματα λόγω του μεγάλου μεγέθους τους και της πυκνότητάς τους. Στο κοσκίνισμα, ο διαχωρισμός των στερεών σωμάτων γίνεται ως προς το μέγεθος και το σχήμα των ινών. Τα στερεά σώματα είναι είτε ξένα αντικείμενα είτε συσσωματώματα ινών που δεν έχουν διαχωριστεί. Τα κόσκινα αποτελούνται από μικρές οπές ή από επιμήκη ανοίγματα/σχισμές, και πολλές φορές φέρουν κάποιο περιστρεφόμενο στροφέιο, σε μικρή απόσταση από το κόσκινο, ώστε να διευκολύνει την ροή του αιωρήματος διαμέσου των - οπών. Η διάμετρος των οπών κυμαίνεται από 2-20 mm, ενώ οι μικρότερες διαστάσεις για τα επιμήκη ανοίγματα είναι 0.15-0.3 mm. Τα τρισδιάστατα σωματίδια συγκρατούνται αποτελεσματικότερα από τις οπές ενώ τα μονοδιάστατα και τα δισδιάστατα από τα επιμήκη ανοίγματα. Όπως είναι

λογικό, ένα μέρος των ινών μπορεί να συγκρατηθεί από τα κόσκινα και για τον λόγο αυτό, το συγκεκριμένο μείγμα υφίσταται δευτερεύον κοσκίνισμα, ώστε μέρος των ινών να ανακτηθεί [H. Holik, 2006].

- Απομελάνωση

Για την παραγωγή προϊόντων χαρτιού υψηλής ποιότητας μέσω της ανακύκλωσης, είναι αναγκαίο οι διεργασίες που θα γίνουν στο σύμπλεγμα ινών να αναβαθμίζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Για να επιτευχθεί υψηλής αξίας χαρτί, είναι αναγκαίο να απομακρυνθούν οι επικίνδυνοι ρύποι, όπως τα μελάνια, που περιέχονται ενώ ταυτόχρονα να ληφθούν υπόψιν όλες οι επιθυμητές τελικές ιδιότητες. Ο απομελανωμένος πολτός χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή δημοσιογραφικού χαρτιού κατά 55-65%, για τα χαρτιά υγιεινής 15-20% και τέλος για τα χαρτιά γραφής και εκτύπωσης που το ομόλογο ποσοστό κυμαίνεται περίπου στο 12%. Στην Ευρώπη ένα ακόμα είδος χαρτιού, «γραφικά χαρτιά κατάλληλα για απομελάνωση» περιέχουν μηχανική χαρτομάζα και συνήθως αποτελούν οικιακά απορρίμματα. Το μελάνι, συνήθως, αποτελεί το 0,5 με 2% της μάζας του παλαιοχάρτου που οδηγείται για απομελάνωση [C. J. Biermann, 1996].

Η απομελάνωση είναι μία διεργασία δύο βασικών σταδίων: στο πρώτο στάδιο λαμβάνει χώρα η αποκόλληση των μελανιών από τις ίνες και τα πληρωτικά υλικά του χαρτιού και στο δεύτερο στάδιο ο διαχωρισμός των μελανιών από τις ίνες και τα πληρωτικά [S. T. Moe et.al., 2001]. Κατά τους Borchardt et al. (1995) η απομελάνωση συνίσταται στα ακόλουθα κρίσιμα στάδια:

1. Στην αποκόλληση μελανιού από τις ίνες,
2. Στην κατάλληλη ρύθμιση του μεγέθους και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των σωματιδίων μελανιών έτσι ώστε αυτά να καταστούν ευκόλως διαχώρισιμα από το αιώρημα ινών βάσει των υφιστάμενων, διαθέσιμων διεργασιών απομελάνωσης,
3. Στο διαχωρισμό των διασκορπισμένων σωματιδίων μελανιού από τις ίνες, και

4. Στον καθαρισμό και στην ανακύκλωση του νερού των διεργασιών απομελάνωσης.

Οι βασικότερες μέθοδοι απομελάνωσης είναι η έκπλυση, η επίπλευση, η φυγοκέντριση, το κοσκίνισμα και διαφοροποιούνται ως προς τις αρχές λειτουργίας τους και ως προς την αποτελεσματικότητά τους να απομακρύνουν μελάνια συγκεκριμένων χαρακτηριστικών.

2.4 Οφέλη ανακύκλωσης λευκού χαρτιού

Το χαρτί αποτελεί ένα πολύ σημαντικό πόρο σε παγκόσμια κλίμακα, αφού χρησιμοποιείται ευρύτατα. Συγκεκριμένα τη σημερινή εποχή κάθε χρόνο καταναλώνονται πάνω από 800.000 τόνοι χαρτιού, ενώ πριν 30 χρόνια ο αριθμός αυτός ήταν ο μισός. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως το χαρτί που χρησιμοποιούν τέσσερις άνθρωποι μέσα σε ένα χρόνο ζυγίζει όσο ένα μεγάλο αυτοκίνητο. Επειδή ο κύριος όγκος του χαρτιού προέρχεται από επεξεργασία ξυλείας, το χαρτί επιβάλλεται να υφίσταται ακόμα και ολοκληρωτική ανακύκλωση προκειμένου να μην απειλούνται με αφανισμό δέντρα και δασικές εκτάσεις. Επιπλέον τα πρωτογενή υλικά παραγωγής χαρτιού εγείρουν ιδιαίτερα υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις.

Η ανακύκλωση χαρτιού συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση της χρησιμοποιούμενης πρώτης ύλης και της κατανάλωσης ενέργειας, αν και στα δημοτικά απόβλητα παρατηρείται πως το υλικό που συλλέγεται είναι χαμηλής ποιότητας. Το χαρτί στη φύση, διασπάται με σχετική δυσκολία δεδομένου πως ένα απλό εισιτήριο λεωφορείου διασπάται από τη φύση σε 2 έως 4 εβδομάδες. Παράλληλα αυξάνεται η διάρκεια ζωής των χωματερών, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό τα τελευταία χρόνια δεδομένης της δυσκολίας ανεύρεσης χώρων για τέτοια χρήση. Στον ακόλουθο Πίνακα 2.2 αναφέρονται ενδεικτικά μεγέθη που σχετίζονται με την ανακύκλωση χαρτιού:

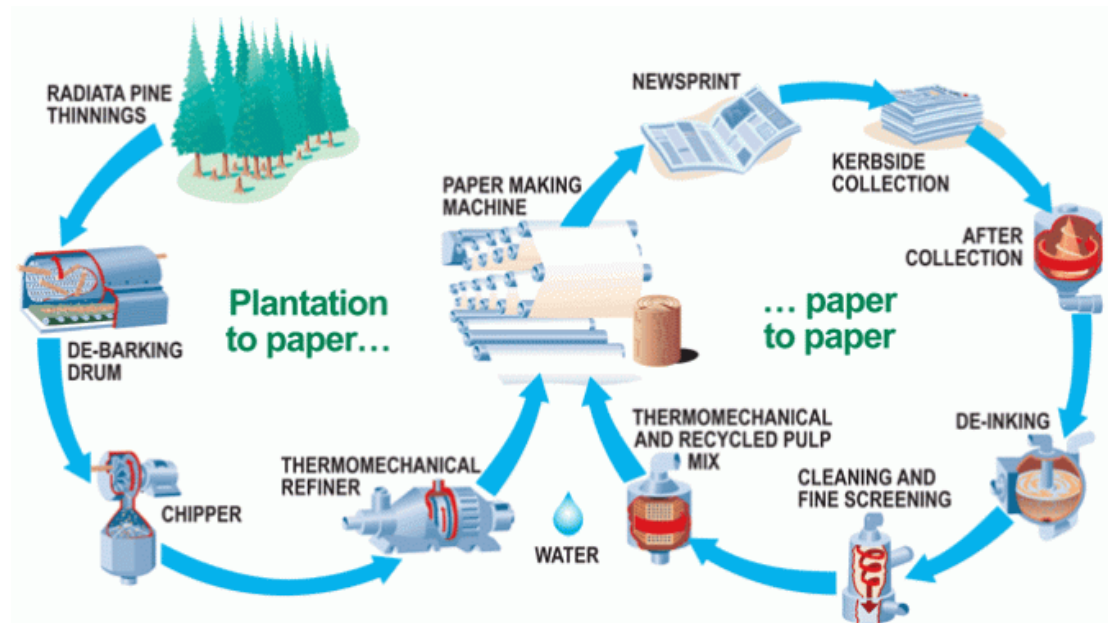
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗ	ΜΕΓΕΘΗ
Ενέργεια	<p>Συνολικά 522.553GJ (145153,6MWh) ανά έτος ή από 1 τόνο χαρτιού που παράγεται από παλιό, χρησιμοποιημένο χαρτί εξοικονομείται:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 400-410kWh ηλεκτρικής ενέργειας. • Εξοικονόμηση ενέργειας και νερού κατά 40-50%.
Πρώτες ύλες	<p>Από 1 τόνο ανακυκλωμένου χαρτιού:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Αποφεύγεται η υλοτόμηση 15-22 δέντρα. • Εξοικονομούνται 26-30 m³ νερού.
Ρύποι	<p>Από 1 τόνο ανακυκλωμένου χαρτιού:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μείωση ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά 72%. • Εξοικονομούνται 2,3 tn ισοδύναμου CO₂, που θα κάλυπτε μια απόσταση 13.501 km.
Ορυκτές πρώτες ύλες	Εξοικονομείται 130-170 κιλά πετρέλαιο ανά έτος
Χώροι υγειονομικής ταφής	<p>Από 1 τόνο ανακυκλωμένου χαρτιού:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Εξοικονόμηση 3.5 m²

Πίνακας 2.2: Σχετιζόμενα μεγέθη ανακύκλωσης χαρτιού [<https://www.free-recycle.gr>; <https://stopbasura.com>]

Το λευκό χαρτί όπως αναφερθήκαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο αποτελεί υψηλής ποιότητας χαρτί. Τα χαρτιά που χρησιμοποιούνται σε αυτή την κατηγορία, συνήθως δεν είναι επιχρισμένα, ενώ πολλοί παράγοντες και χαρακτηριστικά καθορίζουν την καταλληλότητά τους γι' αυτές τις εφαρμογές.

Κάποια από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που κατέχουν αυτά το είδους τα χαρτιά είναι η υγρασία τους, η ηλεκτρική αγωγιμότητά τους, η καταλληλότητά τους για εκτυπώσεις υψηλής ταχύτητας, η τραχύτητα της επιφάνειάς τους και το πορώδες αυτής, η επιφανειακή ενέργειά τους και οι διαστάσεις τους (εννοώντας τη σταθερότητα των διαστάσεών τους ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα τσακίσματος κατά το πέρασμά τους από το εκάστοτε μηχάνημα). Τα χαρτιά αυτά περιέχουν πληρωτικά υλικά σε υψηλό ποσοστό ώστε να παρουσιάζουν αυξημένη αδιαφάνεια και μικρή τραχύτητα. Επίσης έχουν υψηλές τιμές λευκότητας. Η επιφανειακή τους πυκνότητα κυμαίνεται από 40 έως 400 g/m², με ιδιαίτερα συνήθη τιμή τα 80 g/m².

Το βασικότερο πλεονέκτημα για το περιβάλλον είναι το γεγονός ότι ο άνθρακας ο οποίος εμπεριέχεται μέσα στην δομή του χαρτιού στις ίνες κυτταρίνης παραμένει κλειδωμένος μέσα στο χαρτί όπως αυτό επαναπροωθείται και δεν διασπείρεται στην ατμόσφαιρα. Η τιμή του λευκού χαρτιού είναι ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας που καθιστά σημαντική την ανακύκλωση του. Η τιμή του δεν είναι σταθερή και ανεβοκατεβαίνει όπως το χρηματιστήριο. Ένας τόνος καθαρά λευκού χαρτιού κοστολογείται από 50 μέχρι και 270 ευρώ ανάλογα την χώρα [www.fotavgeia.blogspot.com].



Εικόνα 2.7: Κύκλος ζωής ανακυκλωμένου χαρτιού.

2.5 Γιατί να γίνει η διαδικασία διαχωρισμένη;

Πολλές είναι οι χώρες που έχουν υιοθετήσει διαχωρισμένα συστήματα ανακύκλωσης. Στην Ελλάδα για παράδειγμα οι κάδοι ανακύκλωσης είναι μεικτοί με εξαίρεση ορισμένες περιοχές, κυρίως εκτός Αττικής, δήμους, νησιά και χωριά που έχουν υιοθετήσει διαχωρισμένα συστήματα ανακύκλωσης υλικών. Ο όρος «Διαλογή στην Πηγή» περιγράφει τη διαδικασία της ανακύκλωσης με την οποία επιτυγχάνεται ανάκτηση χρήσιμων υλικών πριν αυτά αναμειχθούν με την υπόλοιπη μάζα των απορριμμάτων. Με τη διαλογή υλικών στην πηγή παραγωγής των απορριμμάτων επιτυγχάνεται μείωση της ποσότητας που οδηγείται προς τελική διάθεση, με παράλληλη αξιοποίηση υλικών. Η διαλογή στην πηγή αποτελεί εναλλακτικό και συμπληρωματικό στάδιο της συνολικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Αντιλαμβανόμαστε ότι ένα τέτοιο σύστημα αυξάνει κατά πολύ την μάζα του προς ανακύκλωση υλικού και πιθανά να αποφέρει και μεγαλύτερη αύξηση στην διαλογή αποβλήτων χαρτιού. Ταυτόχρονα, με την διαχωρισμένη αυτή διαδικασία, τα λευκά χαρτιά γραφής θα καταφέρουν να διατηρήσουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις μηχανικές τους ιδιότητες και να δημιουργήσουν μια πολύ καλή σύσταση πολτού και κατά συνέπεια και ανακυκλωμένου χαρτιού.

Το χαρτί όμως δεν μπορεί να ανακυκλώνεται επ' αόριστον. Οι ίνες του χαρτιού με αυτή την επεξεργασία, ξανά και ξανά, χάνουν σιγά-σιγά τη μορφή τους και τη σταθερότητα των δεσμών που τις συγκρατούν, οπότε διαλύονται και καταρρέουν. Μία ποσότητα χαρτιού μπορεί να ανακυκλωθεί περίπου 5-6 φορές. Μόνο με την ανακύκλωση το διαθέσιμο χαρτί θα ελαττωνόταν κατά 20% κάθε φορά που θα ανακυκλωνόταν, ώσπου μετά από 5 φορές ανακύκλωσης θα διαλυόταν εξ' ολοκλήρου. Γι' αυτό χρειάζονται τροφοδοσία από φρέσκιες ίνες που θα αντικαθιστούν κάθε φορά αυτές που έχουν καταρρεύσει. Επιπλέον δεν μπορούν να ανακυκλωθούν όλα τα είδη χαρτιού.

Στην επεξεργασία του παλαιοχάρτου, υπάρχουν τρία πολύ σημαντικά σημεία που ευνοούνται από την διαχωρισμένη διαδικασία. Το πρώτο βρίσκεται όπως

αναφέραμε, στην ποιότητα. Οι προσμίξεις με καφέ χαρτί ή με χαρτιά τα οποία περιέχουν και άλλες ουσίες όπως πλαστικό, κόλλες κ.α. μειώνουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Αν όμως γινόταν διαχωρισμένη η διαδικασία θα είχε μεγαλύτερες αποδόσεις. Το δεύτερο, σε συνάρτηση με το πρώτο, είναι ότι θα χρειαζόντουσαν λιγότερα χημικά απομελάνωσης και λεύκανσης. Με άλλα λόγια, δεν θα χρειαζούν οι ίδιες ποσότητες χημικών για την λεύκανση μια μάζας χαρτιού που αποτελείται μόνο από ανακυκλωμένο λευκό χαρτί, από μία η οποία έχει λευκό και καφέ. Τελευταίο αλλά αρκετά σημαντικό, είναι πως μια ποσότητα χαρτιού η οποία αποτελείται μόνο από λευκό χαρτί μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερο αριθμό νέων προϊόντων. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω κάθε φορά που ανακυκλώνεται το χαρτί υποβαθμίζεται περίπου κατά 20%. Ως ακολούθως μια χαρτομάζα με λευκό χαρτί έχει τις περισσότερες δυνατές φορές ανακύκλωσης. Συμπερασματικά λοιπόν, είναι φανερό πως μια διαχωρισμένη διαδικασία θα αποφέρει:

- Γρηγορότερη επεξεργασία της χαρτομάζας αφού θα χρειαστεί μονάχα η μεταφορά της στο εργοστάσιο ανακύκλωσης χαρτιού.
- Καλύτερες ιδιότητες στο τελικό χαρτοπολτό.
- Μείωση των οικονομικών και χημικών πόρων που χρησιμοποιούνται κατά την ανακύκλωση χαρτιού.
- Μεγαλύτερο αριθμό νέων προϊόντων.

Κεφάλαιο 3^ο: Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο αρχικό αντικείμενο συζήτησης είναι η μελέτη της κοινωνικής συμπεριφοράς των πολιτών όσων αφορά την ανακύκλωση. Για την ολοκληρωτική κατανόηση του εγχειρήματος είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψιν οι προθέσεις, οι παράγοντες που ενθαρρύνουν ή που αποθαρρύνουν το κοινωνικό σύνολο να λαμβάνει μέρος σε αυτές τις διαδικασίες καθώς και τα χαρακτηριστικά των «ομάδων» που θα μπορούσαν να επιφέρουν αλλαγές στο υπάρχων ζήτημα (ηλικία, φύλλο, κοινωνική τάξη).

Στην συνέχεια, παρατίθενται δεδομένα ως προς τις ποσότητες αποβλήτων διαφόρων Πανεπιστημίων και πιο λεπτομερώς πίνακες που αφορούν τα απόβλητα χαρτιού, καθώς και διάφορους τρόπους διαχείρισης. Είναι πολύ σημαντικό να κατανοηθεί πως μια Πανεπιστημιούπολη είναι μια μικροκοινωνία που καθημερινά αλληλοεπιδρούν χιλιάδες φοιτητές (στο ΠΚ συγκεκριμένα 6.433 με την απογραφή του 2019) καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας παράγοντας τόνους αποβλήτων ετησίως, και λόγω της ακαδημαϊκής τους φύσης μεγάλες ποσότητες σε χαρτί και χαρτί εκτύπωσης.

Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθούν σε αυτό το κεφάλαιο τρόποι αντιμετώπισης και διαχείρισης των Πανεπιστημιακών αποβλήτων καθώς όπως αναφέρθηκε η φύση του ιδρύματος είναι τέτοια που χρήζει διαφορετική αντιμετώπιση. Ως ακολούθως, έγινε μια καταγραφή στους τρόπους διαχείρισης αποβλήτων σε Πανεπιστημιακά ιδρύματα με σκοπό την βαθιά κατανόηση αλλά και την καταγραφή επιπλέον ενναλακτικών λύσεων που θα μπορούσαν να βοηθήσουν την παρούσα έρευνα.

3.2 Ανάλυση συμπεριφοράς πολιτών για την ανακύκλωση.

Το 2004 πραγματοποιήθηκε μια μελέτη [Pinto et al., to 2004] για την ύπαρξη κανόνων, ως προσδιοριστικοί παράγοντες της συμπεριφοράς προς την ανακύκλωση. Ο σκοπός της έρευνας ήταν να αναγνωριστούν τα κίνητρα που μπορούν να αυξήσουν την συμμετοχή των ατόμων στα προγράμματα ανακύκλωσης. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω συνεντεύξεων που βασίζονταν σε δομημένο ερωτηματολόγιο σε 2093 άτομα από 50 Δήμους της Πορτογαλίας και πραγματοποιήθηκε για 4 μήνες. Οι Δήμοι που εξετάστηκαν στην έρευνα εφαρμόζαν υπηρεσίες ανακύκλωσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στα άτομα που ανακυκλώνουν και σε αυτούς που δεν ανακυκλώνουν. Επιπλέον, παρατηρείται η ανάγκη βελτίωσης των υπάρχων συνθηκών ανακύκλωσης. Οι ερευνητές, επιδίωξαν να εξετάσουν την ορθότητα επτά υποθέσεων σε σχέση με την συμπεριφορά ως προς την ανακύκλωση των ατόμων. Οι υποθέσεις των ερευνητών ήταν:

1. Το φύλο δεν προβλέπει στατιστικά σημαντικά την συμπεριφορά ως προς την ανακύκλωση.
2. Η ηλικία, το εισόδημά και το επίπεδο εκπαίδευσης προβλέπουν στατιστικά σημαντικά τη συμπεριφορά ως προς την ανακύκλωση.
3. Η γενική ιδεολογική τοποθέτηση απέναντι στα περιβαλλοντικά προβλήματα δεν προβλέπει στατιστικά σημαντικά τη συμπεριφορά ως προς την ανακύκλωση.
4. Οι στάσεις απέναντι στην ανακύκλωση προβλέπουν στατιστικά σημαντικά τη συμπεριφορά ως προς την ανακύκλωση.
5. Η ύπαρξη κάποιου διαθέσιμου χώρου στο νοικοκυριό προβλέπει στατιστικά σημαντικά τη συμπεριφορά ως προς την ανακύκλωση.
6. Η αντιληπτική ικανότητα συνεισφοράς στην επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων ερμηνεύει στατιστικά σημαντικά τη συμπεριφορά ως προς την ανακύκλωση.
7. Το επίπεδο ικανοποίησης σε σχέση με τις υπηρεσίες ανακύκλωσης προβλέπει στατιστικά σημαντικά τη συμπεριφορά ως προς την ανακύκλωση.

Μετά από την οικονομετρική ανάλυση των δεδομένων με τη χρήση της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών και πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα σε σχέση με τις επτά υποθέσεις που έγιναν.

1. Η πρώτη υπόθεση δεν απορρίπτεται κάτι που σημαίνει ότι το φύλο και η συμπεριφορά ως προς την ανακύκλωση δεν σχετίζονται στατιστικά.
2. Επίσης, και η δεύτερη υπόθεση δεν απορρίπτεται, άρα η μεταβλητές ηλικία, εισόδημα και εκπαιδευτικό επίπεδο αποτελούν σημαντικούς προσδιοριστικούς παράγοντες της συμπεριφοράς ως προς την ανακύκλωση.
3. Και η τρίτη υπόθεση δεν απορρίπτεται, έτσι η γενική ανησυχία για τα περιβαλλοντικά ζητήματα αποτελεί σημαντικό προσδιοριστικό παράγοντα της συμπεριφοράς ως προς την ανακύκλωση.
4. Η τέταρτη υπόθεση δεν απορρίπτεται, οπότε οι στάσεις και η συμπεριφορά απέναντι στην ανακύκλωση συσχετίζονται.
5. Η πέμπτη υπόθεση δεν απορρίπτεται οπότε η ύπαρξη αποθηκευτικού χώρου στο νοικοκυριού αποτελεί σημαντικό παράγοντα υιοθέτησης πρακτικών ανακύκλωσης.
6. Η έκτη υπόθεση απορρίπτεται, άρα η αντιληπτική ικανότητα συνεισφοράς στην επίλυση περιβαλλοντικών ζητημάτων δεν αποτελεί σημαντικό προσδιοριστικό παράγοντα της συμπεριφοράς ως προς την ανακύκλωση.
7. Τέλος, η έβδομη υπόθεση δεν απορρίπτεται, άρα το επίπεδο ικανοποίησης σε σχέση με τις υπηρεσίες ανακύκλωσης συσχετίζονται με την συμπεριφορά ως προς την ανακύκλωση.

Επιπλέον, τα ευρήματα της έρευνας δείχνουν ότι η ύπαρξη ενός κοινωνικού κανόνα και η ύπαρξη ενός προσωπικού κανόνα αποτελούν στατιστικά σημαντικούς προσδιοριστικούς παράγοντες της συμπεριφοράς ως προς την ανακύκλωση. Όπως επίσης η πληροφόρηση, η τοποθεσία των κάδων

ανακύκλωσης αλλά και η επάρκεια του συστήματος επηρεάζουν θετικά τις πρακτικές ανακύκλωσης [Pinto et al., 2004].

Παρόμοια έρευνα που μελέτησε τους παράγοντες που επιδρούν στην ανακύκλωση στην Ευρώπη συμπεραίνει ότι η περιβαλλοντική γνώση των ατόμων φαίνεται να ενισχύει τη συμπεριφορά απέναντι στην ανακύκλωση. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 28 Ευρωπαϊκές χώρες και οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν, τα κοινωνικά-δημογραφικά στοιχεία (ηλικία, φύλο, εκπαίδευση, επάγγελμα), ο τόπος διαμονής-καταγωγής (αγροτική ή αστική περιοχή, χώρα καταγωγής) και η περιβαλλοντική γνώση σε αριθμό 23976 ατόμων [Triguero et al., 2016]. Έρευνα που αφορά την Ευρώπη και την Ελλάδα, αναφέρει τους παράγοντες που επιδρούν στην πρόθεση για ανακύκλωση των νοικοκυριών. Ειδικότερα, βασίστηκαν στο πλαίσιο του μοντέλου προσχεδιασμένης συμπεριφοράς το οποίο κι ενίσχυσαν με τον παράγοντα των ηθικών προτύπων και το ρόλο που διαδραματίζουν τα δημογραφικά στοιχεία στην πρόθεση για ανακύκλωση. Συμμετείχαν 293 άτομα στην διαδικτυακή έρευνα και προέκυψε ότι τα ηθικά πρότυπα έχουν πιο ισχυρή επίδραση από τις στάσεις απέναντι στην πρόθεση για ανακύκλωση [Botetzagias et al. 2015]. Παράλληλα, σε άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε περισσότερες από 30 αστικές περιοχές, σε 22 χώρες και 4 ηπείρους, συμπεριλαμβάνοντας και οικονομικούς παράγοντες, μελετήθηκαν οι παράγοντες που επιδρούν στην ανακύκλωση αναλύοντας δεδομένα από προηγούμενες έρευνες και βάσεις δεδομένων. Ως προς τη συλλογή υλικών για ανακύκλωση, οι ερευνητές βρήκαν ότι το νομικό πλαίσιο, οι καμπάνιες ενημέρωσης, η κατάλληλη υποδομή, η αποτελεσματική συλλογή, η διαθεσιμότητα χαμηλού κόστους τεχνολογίας, η συμμετοχή των πολιτών στη λήψη αποφάσεων και το ενδιαφέρον για τη διαχείριση αστικών αποβλήτων επιδρούν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό στην ανακύκλωση [Guerrero et al. 2012].

Στην Ιταλία το 2018, διεξήχθησαν δύο πειράματα, τόσο σε επίπεδο νοικοκυριών, όσο και σε φοιτητών. Οι ερευνητές εστίασαν αποκλειστικά στον παράγοντα της ευκολίας της ανακύκλωσης τοποθετώντας στις πολυκατοικίες τριών ειδών κάδων ανακύκλωσης οι οποίοι κατηγοριοποιούνται με βάση την ευκολία που προσφέρουν. Μέσω ανάλυσης διακύμανσης Anova, προέκυψε ότι

υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο μέσο ποσοστό ανακύκλωσης μεταξύ των νοικοκυριών που διαθέτουν διαφορετικών ειδών κάδους ανακύκλωσης. Συγκεκριμένα, όσο πιο εύκολη γίνεται η διαδικασία ανακύκλωσης, τόσο πιο πολύ φαίνεται να ανακυκλώνουν τα νοικοκυριά [DiGiacomo et al.,2018].

Μια ακόμα έρευνα για την Ιταλία μελέτησε τους παράγοντες που επιδρούν στην ανακύκλωση νοικοκυριών στην Ιταλία. Ο ερευνητής χρησιμοποίησε δεδομένα από δύο εθνικές έρευνες που προέρχονται από την Ιταλική στατιστική υπηρεσία σχετικά με την ανακύκλωση το 1998 και το 2000. Οι έρευνες περιλαμβάνουν 8000 νοικοκυριά. Εξετάστηκε ειδικότερα η ανακύκλωση χαρτιού, γυαλιού, πλαστικού και αλουμινίου. Όπως φάνηκε μέσω της ανάλυσης παλινδρόμησης probit, οι πολιτιστικές μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν μπορούν να προβλέψουν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό την πιθανότητα ανακύκλωσης. Ειδικότερα, οι μεταβλητές αυτές είναι η συμμετοχή σε οργανισμούς, η συμμετοχή στα κοινά και η ανάγνωση εφημερίδων. Ως προς την ανακύκλωση χαρτιού συγκεκριμένα, πολιτιστικές μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν επιδρούν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό στην ανακύκλωση χαρτιού. Αυτές είναι τόσο η παθητική όσο και η ενεργή συμμετοχή σε οργανισμούς, η συζήτηση αναφορικά με την πολιτική, η ανάγνωση εφημερίδων και η παρακολούθηση τηλεόρασης και ραδιοφώνου [Fiorillo 2013]. Ομοίως για τα νοικοκυριά της Ιταλίας οι Crociata et al, το 2015 μελέτησαν την κουλτούρα ως ένα πιθανό παράγοντα που επιδρά στην ανακύκλωση των νοικοκυριών. Οι παράγοντες που χρησιμοποίησαν ήταν γνωστικοί και κοινωνικοί. Τα δεδομένα της έρευνας προήλθαν από τα δεδομένα της Ιταλικής στατιστικής υπηρεσίας το 2007. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει ισχυρή θετική σχέση μεταξύ της πρόθεσης για συμμετοχή σε πολιτιστικές δραστηριότητες και της πρόθεσης για συμμόρφωση σε κανόνες και αρχές που αφορούν την ανακύκλωση. Το μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης που χρησιμοποιήθηκε για να εκτιμήσει την πιθανότητα ανακύκλωσης των νοικοκυριών περιελάμβανε ως ερμηνευτικές μεταβλητές τα κοινωνικά δημοσιογραφικά στοιχεία(φύλλο, ηλικία, περιοχή διαμονής, εκπαίδευση) τις πολιτιστικές δραστηριότητες στις οποίες συμμετέχουν τα άτομα (εφημερίδες, θέατρο, κινηματογράφος, μουσεία κι

εκθέσεις, όπερα και κλασική μουσική, άλλες μουσικές δραστηριότητες, αρχαιολογικά μνημεία και χώροι, βιβλία) καθώς και μεταβλητές που αφορούν τη διάσταση του "κοινωνικού κεφαλαίου" (συμμετοχή σε πολιτικά κόμματα και σε οικολογικές ενώσεις). Οι μεταβλητές της πολιτιστικής κατανάλωσης που είναι στατιστικά σημαντικές , είναι η ανάγνωση εφημερίδων, ο κινηματογράφος, η ανάγνωση βιβλίων, καθώς και τα μουσεία και οι εκθέσεις. Ειδικότερα τα άτομα που εμπλέκονται στις ανωτέρω δραστηριότητες τείνουν να ανακυκλώνουν περισσότερο. Τέλος η συμμετοχή σε πολιτικά κόμματα και σε οικολογικές ενώσεις έχουν στατιστικά σημαντική και θετική επίδραση στην ανακύκλωση. Για την Ιταλία λοιπόν, τόσο οι πολιτιστικοί παράγοντες όσο και το κοινωνικό κεφάλαιο εν γένει μοιάζουν να προσδιορίζουν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό τη συμπεριφορά απέναντι στην ανακύκλωση.

Οι [Thomas](#) και [Sharp](#) το 2013 μελέτησαν τους παράγοντες που προσδιορίζουν την ανακύκλωση στερεών υλικών όπως το χαρτί, το γυαλί ,το πλαστικό και το αλουμίνιο στο Ηνωμένο Βασίλειο, μελετώντας το ρόλο της κινητοποίησης των ατόμων ως προβλεπτικό παράγοντα της ανακύκλωσης. Οι ερευνητές μελέτησαν προηγούμενες έρευνες και στατιστικά στοιχεία για την ανακύκλωση και κατέληξαν στο προφίλ των ατόμων που ανακυκλώνουν και τους παράγοντες που τους καθοδηγούν. Κατέληξαν πως όσοι ανακυκλώνουν καθοδηγούνται δυο διαφορετικές κατηγορίες εσωτερικών κινήτρων. Στην πρώτη κατηγορία "positive Greens" ανήκουν όσοι ενδιαφέρονται συγκεκριμένα να συμμετέχουν σε περιβαλλοντικές συμπεριφορές, μια εκ των οποίων είναι και η ανακύκλωση. Η άλλη κατηγορία "Waste watchers", ενδιαφέρονται κυρίως να μειώσουν τα απορρίμματα. Επιπλέον όσοι ανακυκλώνουν και ανήκουν και στις δύο παραπάνω κατηγορίες, φαίνεται ότι καθοδηγούνται από τα κοινωνικά πρότυπα και η ανακύκλωση αποτελεί για αυτούς καθημερινή δραστηριότητα, που έχει γίνει συνήθεια και αποτελεί πλέον κομμάτι της προσωπικής τους ταυτότητας. Αντίθετα, τα άτομα που δεν ανακυκλώνουν θεωρούν την ανακύκλωση ως απειλή για την προσωπική τους ταυτότητα και τη θεωρούν δύσκολη, καθώς δεν θεωρούν ότι έχουν το συμπεριφορικό έλεγχο και την αποτελεσματικότητα που απαιτείται για να εμπλακούν σε αυτού του είδους τη συμπεριφορά. Σύμφωνα με τα παραπάνω , οι ερευνητές προτείνουν ως αποτελεσματικές παρεμβάσεις

έναν συνδυασμό ενημερωτικών και διαρθρωτικών στρατηγικών. Ειδικότερα, ο αντιληπτός συμπεριφορικός έλεγχος των ατόμων σχετικά με το πως γίνεται η ανακύκλωση, τα υλικά που ανακυκλώνονται και που, αλλά και μέσω τοποθέτησης κατάλληλων υποδομών έτσι ώστε η ανακύκλωση να γίνεται εύκολη ως προς την πρόσβαση και να μπορεί να ενταχθεί ομαλά στην καθημερινότητα των ατόμων [C. Thomas, V. Sharp, 2013].

Το 2003 οι McDonald and Oates διεξήγαγαν μια έρευνα για την ανακύκλωση χαρτιού, με σκοπό να μελετήσουν τους λόγους για τους οποίους οι πολίτες δεν συμμετέχουν στα προγράμματα ανακύκλωσης. Για την έρευνα χρησιμοποίησαν 714 άτομα από το Sheffield της Αγγλίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι πολίτες που δεν συμμετείχαν στα προγράμματα ανακύκλωσης, πίστευαν πως το χαρτί που καταναλώναν δεν ήταν τόσο μεγάλο σε ποσότητα με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται να το ανακυκλώσουν. Επιπλέον, κάποιοι πολίτες δήλωσαν ότι σημαντικός ή και ανασταλτικός παράγοντας για την συμμετοχή τους στην ανακύκλωση, ήταν η ότι δεν υπήρχε χώρος για τους κάδους ανακύκλωσης, και έτσι είτε δεν ανακύκλωναν καθόλου είτε μοιράζονταν το κάδο με τον γείτονά τους [S. McDonald, C. Oates, 2003]. Μια ακόμα έρευνα στην ανάλυση συμπεριφοράς ανακύκλωσης των πολιτών σε διάφορες περιοχές της Μεγάλης Βρετανίας το 2011, βασίστηκε στη μελέτη 434 τοπικών κοινοτικών προγραμμάτων ανακύκλωσης κατά την περίοδο 2006-2008. Η μεθοδολογία της έρευνας τους βασίστηκε στην μελέτη της επίδρασης των μεταβλητών πολιτικής στο δείκτη ανακύκλωσης. Επίσης η μελέτη εστίασε στην εξεύρεση στοιχείων για να εξηγήσει την ανισότητα στην αποτελεσματικότητα της ανακύκλωσης μεταξύ των τοπικών αρχών παρόλο την ανάπτυξη των προγραμμάτων ανακύκλωσης. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι υπάρχει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ της συχνότητας συλλογής απορριμμάτων και του ρυθμού ανακύκλωσης. Έτσι οι συγγραφείς καταλήγουν ότι η συχνότητα συλλογής απορριμμάτων είναι ένας παράγοντας που βοηθάει στην διαχείριση του ρυθμού ανακύκλωσης. Τα ευρήματα της έρευνας έδειξαν ότι η μέθοδος ανακύκλωσης ή το δοχείο που χρησιμοποιείται είναι περισσότερο σημαντικά στην ανακύκλωση ξηρών απορριμμάτων παρά στη διαδικασία κομποστοποίησης. Η συχνότητα συλλογής απορριμμάτων είναι σημαντική μόνο στην διαδικασία κομποστοποίησης και η

μέθοδος συλλογής εναπομενόντων αποβλήτων δεν σχετίζεται με το ρυθμό ανακύκλωσης. Οι συγγραφείς καταλήγουν ότι η μείωση της συχνότητας συλλογής εναπομενόντων αποβλήτων φαίνεται να είναι σημαντική στην κινητοποίηση των νοικοκυριών να διαχωρίσουν τα απορρίμματα τους σε ανακυκλώσιμα και μη. Έτσι, αυτό φαίνεται να είναι σημαντικός παράγοντας στην αύξηση του ρυθμού ανακύκλωσης και βοηθάει τις τοπικές αρχές να πετύχουν τους στόχους τους. Αυτοί οι στόχοι αναφέρονται στην αύξηση του ρυθμού ανακύκλωσης αλλά και στη μείωση των απορριμμάτων που καταλήγουν στις χωματερές [Abbott et al., 2011].

Από τις αναφερόμενες έρευνες, γίνεται αντιληπτό πως η συμπεριφορά των πολιτών όσο αφορά την ανακύκλωση διαφοροποιείται αρκετά και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Αρχικά, σημαντικό ρόλο παίζουν η ηλικία, το φύλο καθώς και η κοινωνική τάξη και η εκπαίδευση του εκάστοτε πολίτη. Είναι λογικό πως οι νεότερες γενιές έχοντας ευκολότερη πρόσβαση στη γνώση έχουν αναπτύξει μεγαλύτερο αίσθημα προστασίας για το περιβάλλον. Η περιβαλλοντική ευαισθησία, καλλιεργείται πλέον σε μικρότερη ηλικία στο παιδί με αποτέλεσμα να αποκτά και μεγαλύτερη περιβαλλοντική γνώση. Βέβαια, όπως υποστηρίζεται και παραπάνω, η συμμετοχή στα κοινά και σε περιβαλλοντικούς οργανισμούς, το θέατρο, ο κινηματογράφος, οι εφημερίδες, τα βιβλία και γενικότερα η ενημέρωση πάνω στο θέμα είναι υψίστης σημασίας ώστε να δημιουργηθεί σε όλους το αίσθημα της περιβαλλοντικής ευαισθησίας. Η έλλειψη γνώσεων όμως δεν είναι ο μονός ανασταλτικός παράγοντας. Σημαντικό βαθμό σε όλη αυτή την προσπάθεια αφύπνισης των πολιτών παίζει και η εσωτερική διαχείριση των κρατών. Είναι εξίσου σημαντικό, να υπάρχουν αρκετοί κάδοι ανακύκλωσης, διαφοροποιημένοι ή μη, ώστε οι πολίτες να είναι ικανοποιημένοι με το σύστημα της ανακύκλωσης και να το ενισχύουν. Σε έρευνα που έγινε στις ΗΠΑ, βρέθηκε πως η πιο επιτυχημένη παρέμβαση με όρους ανακύκλωσης ήταν η single stream δηλαδή χωρίς διαχωρισμό υλικών [Bell et. al., 2017]. Ταυτόχρονα, οι έρευνες έδειξαν, ότι καλύτερη διαχείριση των απορριμμάτων αλλά και οι κανόνες και το νομικό πλαίσιο είναι εξίσου σημαντικά για τους πολίτες.

Προηγούμενες μελέτες Συγγραφείς (έτος)	Ερευνητικό ερώτημα	Χώρα	Μέθοδος
Pinto et al., 2004	Κίνητρα αύξησης συμμετοχής στα προγράμματα ανακύκλωσης	Πορτογαλία	Συνεντεύξεις με ερωτηματολόγια
Triguero et al., 2016	Παράγοντες που επιδρούν στην ανακύκλωση	Ευρώπη	Ερωτηματολόγιο
Botetzagias et al., 2015	Παράγοντες που επιδρούν στην πρόθεση για ανακύκλωση	Ευρώπη & Ελλάδα	Μοντέλο προσχεδιασμένης συμπεριφοράς
Guerrero et al.2012	Παράγοντες που επιδρούν στην ανακύκλωση	Παγκόσμια	Μελέτη παρατήρησης προηγούμενων δεδομένων
DiGiacomo et al., 2018	Παράγοντες ευκολίας ανακύκλωσης	Ιταλία	Πείραμα μέσω ανάλυσης διακύμανσης Anova
Fiorillo 2013	Παράγοντες που επιδρούν στην ανακύκλωση	Ιταλία	Μελέτη παρατήρησης στατιστικών δεδομένων (Στατιστική Υπηρεσία)
Crociata et al., 2015	Η κουλτούρα ως πιθανός παράγοντα επιρροής της ανακύκλωσης	Ιταλία	Μελέτη παρατήρησης στατιστικών δεδομένων (Στατιστική Υπηρεσία)
C. Thomas, V. Sharp, 2013	Παράγοντες προσδιορισμού ανακύκλωσης στερεών υλικών & το προφίλ των ατόμων που ανακυκλώνουν	Ηνωμένο Βασίλειο	Μελέτη παρατήρησης στατιστικών δεδομένων (Στατιστική Υπηρεσία)
S. McDonald, C.Oates, 2003	Λόγους έλλειψης συμμετοχής στα προγράμματα ανακύκλωσης	Αγγλία Sheffield	Μελέτη της επίδρασης των μεταβλητών πολιτικής στο δείκτη ανακύκλωσης
Abbott et al., 2011	Ανάλυση συμπεριφοράς πολιτών για ανακύκλωση	Μεγάλη Βρετανία	Μελέτη της επίδρασης των μεταβλητών πολιτικής

			στο δείκτη ανακύκλωσης
--	--	--	------------------------

Πίνακας 3.1: Συνολικά οι μελέτες που αναλύθηκαν και τα ερευνητικά ερωτήματα

3.3 Απόβλητα χαρτιού στα Πανεπιστήμια

Οι Πανεπιστημιούπολεις καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις, απαρτίζονται από χιλιάδες φοιτητές και εκπαιδευτικό προσωπικό και ταυτόχρονα λειτουργούν για πολλές ώρες καθημερινά με αποτέλεσμα η κινητικότητα αυτή να οδηγεί σε παραγωγή μεγάλου όγκου απορριμμάτων και ανακυκλώσιμων. Έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες για τον υπολογισμό ή την καταμέτρηση αυτού του όγκου ανά τα χρόνια σε πολλά πανεπιστήμια και χώρες. Στην παρούσα έρευνα θα αναλυθούν τα απόβλητα χαρτιού και λύσεις που δόθηκαν για την μείωση ή εκμετάλλευση αυτών των ανακυκλώσιμων αποβλήτων προς όφελος της εκάστοτε κοινωνίας αλλά και του πανεπιστημίου.

Ο όγκος προϊόντων χαρτιού που καταναλώνεται στις πανεπιστημιούπολεις είναι λογικό να εμφανίζεται αυξημένος παρόλο που η τεχνολογία την σήμερον ημέρα ακμάζει και πολλές «διαδικασίες» έχουν μετατραπεί σε ηλεκτρονικές. Οι εξαμηνίες εξετάσεις, οι σημειώσεις, οι εργασίες, τα τετράδια, οι χάρτινες κούτες συσκευασίας αλλά και ο μεγάλος όγκων εκτυπώσεων που χρειάζεται ένας φοιτητής στην διάρκεια ακαδημαϊκού έτους, είναι μερικοί από τους παράγοντες της αυξημένης παραγωγής αποβλήτων χαρτιού. Στην έρευνα που διεξήχθη το 2019 από το Πανεπιστήμιο Putra της Μαλαισίας παρατηρήθηκε πως ο μεγαλύτερος όγκος στερεών αποβλήτων είναι το χαρτί και αντιστοιχεί σε 8453.26 kg από τα οποία βρέθηκε ότι: 11% Εφημερίδες, 24% μεικτό χαρτί, 22% χαρτί εκτύπωσης και 13% κούτες [Alias et al., 2019]. Μια ακόμα έρευνα από το Πανεπιστήμιο της Μαλαισίας, κατά την οποία έγινε παρατήρηση και καταμέτρηση των αποβλήτων στους κάδους του Πανεπιστημίου, παρουσιάζει πως σε διάστημα μόλις 10 ημερών παράγονται 208.37 kg λευκό χαρτί στους κάδους της καφετέριας, 5.29 kg στην λέσχη [Rodzidah Mohd Rodzi et al., 2019]. Από την έρευνα του 2020 για το πανεπιστήμιο Longzi Lake Agriculture

στην Κίνα παρατηρήθηκε ότι ο μέσος όρος καθημερινής παραγωγής μεικτών αποβλήτων χαρτιού αγγίζει τους 0.84 tn/day [Zhang et al., 2020].

Στον παρακάτω Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά ποσοστά που βρέθηκαν κατά την καταμέτρηση των αποβλήτων χαρτιού σε πολλά πανεπιστήμια της υφελίου. Σε πολλές από αυτές τις περιπτώσεις τα απόβλητα χαρτιού κατηγοριοποιούνται ως το μεγαλύτερο απόβλητο των πανεπιστημίων μαζί με τα οργανικά. Υπολογίστηκε πως η μέση παραγωγή αποβλήτων χαρτιού αντιστοιχεί περίπου στο 20%, ένα αρκετά σημαντικό ποσοστό, ειδικά στις περιπτώσεις που παραμένει ανεκμετάλλευτο.

Προηγούμενες μελέτες	Χώρα-Πανεπιστήμιο	Απόβλητα χαρτιού
de Vega et al., 2008	Mexico – Autonomous University of Baja California	26,60% χαρτιού και χαρτονιού
Smyth et al., 2010	Canada - University of Northern British Columbia	29,10% χαρτιού και χαρτονιού
Zen et al., 2016	Malaysia - Universiti Teknologi Malaysia (UTM),	16,12% χαρτιού και χαρτονιού
Adeniran et al., 2017	Nigeria - Akoka Campus of the University of Lagos (ACUL)	15% χαρτιού και χαρτονιού
Gebreeyessus, 2019	Ethiopia - Kotebe Metropolitan University (KMU)	3,65% χαρτιού και χαρτονιού
Zhang et al., 2020	China - Longzi Lake Campus of Henan Agricultural University	11,48% χαρτιού και χαρτονιού
Mohammed Saleh et al., 2020	Turkey - Mersin University	37% χαρτιού και χαρτονιού
Mohammed Saleh et al., 2018	Kingdom of Saudi Arabia - Imam Abdulrahman Bin Faisal University (IAU)	25,5% χαρτιού
Oladejo et al., 2018	California - Autonomus University of Baja	24,80% χαρτιού και χαρτονιού

Vijayendra Singh Dangi et al., 2017	India - Madhav Institute of Technology and Science in Gwalior in the state of Madhya Pradesh	20,83% χαρτιού και χαρτονιού
Zahra Al-Shatnawi et al., 2020	Al-Ahliyya Amman University, Jordan	26% χαρτιού και χαρτονιού

Πίνακας 3.2: Συνολικά οι μελέτες που αναλύθηκαν και τα ακαδημαϊκά απόβλητα

3.4 Διαχείριση Πανεπιστημιακών αποβλήτων.

Το πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν στην Αμερική, από το 1982 κατείχε ένα εσωτερικό σύστημα ανακύκλωσης χαρτιού όπως παρουσιάζεται στην μελέτη του [Eric Tans](#) (2017). Μια εθελοντική ομάδα εργαζομένων της βιβλιοθήκης ξεκίνησαν με το να ανακυκλώνουν τα απόβλητα χαρτιού μεταφέροντας τα σε ένα κέντρο ανακύκλωσης. Το 1988, η βιβλιοθήκη εγκατέστησε κάδους ανακύκλωσης για εφημερίδες, χαρτί γραφείου, έγχρωμο χαρτί και χαρτόνι και πίεσε στην χρήση μόνο ανακυκλωμένου χαρτιού για τις ποσότητες που καταναλώνονται στις εκτυπώσεις και στα εργαστήρια. Το 1990 δημιουργήθηκε Επιτροπή Ανακύκλωσης Βιβλιοθήκης με αρχικό σκοπό να εκπαιδεύσει το προσωπικό και να ενθαρρύνει την ανακύκλωση στην βιβλιοθήκη, και μετέπειτα στην διατήρηση των φυσικών πόρων, στην μείωση αποβλήτων χαρτιού και κατανάλωση ενέργειας (1998). Με το πέρασμα των χρόνων, η επιτροπή έγινε αυστηρότερη στην εκπαίδευση του προσωπικού και την επιμόρφωση των φοιτητών για τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Η Επιτροπή του Πανεπιστημίου για μια Βιώσιμη Πανεπιστημιούπολη, εγκρίθηκε από την επιτροπή ακαδημαϊκής διακυβέρνησης το 1998, δημιουργήθηκε από μία μεγάλη χρηματοδότηση 250.000\$ (U.S.Environmental Protection Agency Sustainable Development Challenge Grant). Η επιτροπή διαχειρίζεται τα απόβλητα και την ανακύκλωση από όλη την πανεπιστημιούπολη και διατηρεί επίσης δημόσια πρόσβαση κάδων ανακύκλωσης εκτός campus. Τα ανακυκλώσιμα ταξινομούνται στην εγκατάσταση ανάκτησης υλικών και αποστέλλονται σε πωλητές υλικών. Το κέντρο ανακύκλωσης διαχειρίζεται τα χαρτόνια, τις εφημερίδες, βιβλία,

περιοδικά και το χαρτί γραφείου, το γυαλί και τα πλαστικά αλλά ταυτόχρονα ηλεκτρικές συσκευές έπιπλα κ.α.

Λόγω του μεγέθους της πανεπιστημιούπολης, περίπου 45000 φοιτητές ανά έτος, η διαχείριση των αποβλήτων ήταν μείζονος σημασίας, έτσι τοποθετήθηκαν κάδοι ανακύκλωσης διπλής ροής και υπήρχαν ξεχωριστοί κάδοι για ανακύκλωση χαρτιού γραφείου, χαμηλότερης ποιότητας μικτής ποιότητας χαρτί / χαρτόνι και συνδυασμένα πλαστικά, μέταλλα, αλλά και για υγειονομική ταφή. Οι κάδοι αυτοί συλλέγονται και αποστέλλονται για επεξεργασία ή διαλογή στην εγκατάσταση αποκατάστασης υλικών. Σύμφωνα με τις απογραφές, το 2015 δόθηκαν συνολικά 59825,2 kg προς υγειονομική ταφή σε αντίθεση με 132539,2 kg που δόθηκαν προς ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση κάτι που έκανε το πανεπιστήμιο να βάζει ολοένα και μεγαλύτερους στόχους για την μείωση των αποβλήτων που καταλήγουν για υγειονομική ταφή. Η επιτροπή αργότερα έβαλε στόχους για την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος σε διοξείδιο του άνθρακα και δημιούργησε δικιά της μονάδα κομποστοποίησης οργανικών μειώνοντας έτσι και άλλο τα απόβλητα προς τις χωματερές. Με την ανακύκλωση άνω των 89 τόνων χαρτιού και χαρτονιού από τα υλικά αποσύνθεσης, το 2014 το Κέντρο Ανακύκλωσης κατάφερε μείωση τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 305 tn CO₂. Η επιτυχία του Πανεπιστημίου, βασίστηκε σε όλες αυτές τις σταδιακές αλλαγές στο σύστημα ανακύκλωσης, στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας καθώς και την εκπαίδευση κάθε γενιάς φοιτητών για την βιωσιμότητα και την περιβαλλοντική ευαισθησία.

Ένα ακόμα από τα πιο επιτυχημένα προγράμματα ανακύκλωσης παγκόσμιος κατέχει το Πανεπιστήμιο Boulder στο Colorado (University of Colorado-Boulder) καθώς το 60% του προσωπικού και των φοιτητών λαμβάνει μέρος ενεργά στο πρόγραμμά ανακύκλωσης. Στην πάροδο 20 χρόνων (1980-2000) το πανεπιστήμιο κατάφερε να ανακυκλώσει 10000 τόνους υλικών (δηλ. 500 τόνους το χρόνο) με απολαβές περίπου 500.000\$ ενώ ταυτόχρονα το άθροισμα των εσόδων και της μείωσης του κόστους φθάνει τα 107.000\$ το χρόνο. Ακόμα, το πανεπιστήμιο υποχρεώνει τους φοιτητές στην στήριξη του προγράμματος με 1,5\$ το χρόνο, και τους παροτρύνει στην χρήση του

ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, και την χρήση ανακυκλώσιμων υλικών. Τέλος, ενθαρρύνει την εκτύπωση και των δύο πλευρών κάθε σελίδας χαρτιού.

Προφανώς, δεν είναι το μόνο πανεπιστήμιο που προωθεί στους φοιτητές του οικολογικότερες εναλλακτικές λύσεις. Από μια παρεμφερή μελέτη που έγινε για τα εκπαιδευτικά ιδρύματα στην Σαουδική Αραβία ερευνήθηκε η συμπεριφορά δημιουργίας και διάθεσης αποβλήτων. Αναλύει τις υπάρχουσες πρακτικές και εξετάζει τις προοπτικές βελτιστοποίησης καταλήγοντας στο συμπέρασμα της υιοθέτηση του συστήματος ηλεκτρονικής διδασκαλίας. Με το όρο “e-learning”, οι ακαδημαϊκές σημειώσεις θα δίνονται ηλεκτρονικά στους φοιτητές, οι εξαμηνιαίες γραπτές εξετάσεις θα αντικατασταθούν από ηλεκτρονικές γραπτές εξετάσεις σε υπολογιστές με αποτέλεσμα την αναθεώρηση της πολιτικής της εκτύπωσης. Με τις παραπάνω τακτικές η έρευνα απέδειξε μεγάλες μειώσεις στην κατανάλωση του χαρτιού [[Saleem et al., 2018](#)].

Στην περίπτωση του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου του Σίδνεϋ, από έρευνα που πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2000, παρατήρησαν πως μόνο το 4% των αποβλήτων πηγαίνει προς ανακύκλωσης. Το πανεπιστήμιο παράγει ετησίως 1,456 τόνους σκουπίδιων και η ίδια έρευνα αποκάλυψε πως στην πραγματικότητα μπορεί να ανακυκλωθεί το 60% των αποβλήτων. Η μεγάλη διαφορά αντιμετωπίστηκε με τα παρακάτω μέτρα που πήρε το πανεπιστήμιο.

- Υιοθέτηση περιβαλλοντικής πολιτικής για τα απόβλητα.
- Πραγματοποίηση επιτυχημένης δοκιμής ανακύκλωσης οργανικών αποβλήτων.
- Ανακύκλωση μαγειρικών λαδιών, πολυστυρενίων, χαρτιού, πλαστικών μπουκαλιών, κηρόχαρτου, γυάλινων μπουκαλιών και αλουμινίου.
- Εκπαίδευση του προσωπικού για το διαχωρισμό των ανακυκλωμένων και μη υλικών.
- Απαίτηση από τους προμηθευτές να παίρνουν πίσω τα μη ανακυκλώσιμα υλικά συσκευασίας των προϊόντων που παραδίδουν.

- Σύναψη νέων συμβολαίων με τις εταιρίες συλλογής των αποβλήτων.

Η διαφορά μετά την χρήση των αποφάσεων αυτών ήταν σημαντική καθώς ο όγκος των αποβλήτων υποδιπλασιάστηκε ενώ ταυτόχρονα οι νέες εταιρίες παραλαβής ανακυκλώσιμων υλικών συμμετείχαν χωρίς αμοιβή. Τα μέτρα αυτά οδήγησαν στην εξοικονόμηση \$4.500 ετησίως μόνο από τις εγκαταστάσεις του πανεπιστημίου στην τοποθεσία του Haberfield.

Παρόλα αυτά, δεν έχουν όλα τα Πανεπιστημιακά Ιδρύματα τους οικονομικούς πόρους για να δημιουργήσουν ένα τέτοιου είδους σύστημα. Για τον λόγο αυτό, έχουν δοθεί πολλές διαφορετικές λύσεις, όπως η μεταπώληση των αποβλήτων. Σε πολλές περιπτώσεις, τα πανεπιστήμια πωλούν το χαρτί που βρίσκεται προς ανακύκλωση σε ιδιωτικές εταιρίες με οικονομικό αντάλλαγμα. Έτσι και το πανεπιστήμιο αξιοποιεί οικονομικά τους παραγόμενους τόνους χαρτιού ενώ ταυτόχρονα μειώνει και το περιβαλλοντικό αποτύπωμά του [A.E. Adeniran et al., 2017; Zhang et al., 2020]. Σε άλλη έρευνα, το πανεπιστήμιο έχει συνάψει σύμβαση με μια περιβαλλοντική ΜΚΟ για να παραδώσει αυτά τα απόβλητα σε αυτόν τον οργανισμό για ανακύκλωση [Najafian et al., 2017]. Παρατηρείται λοιπόν, ότι ακόμα και στην περίπτωση που τα πανεπιστήμια δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν οικονομικά και μια εσωτερική διαχείριση ή και αξιοποίηση των παραγόμενων αποβλήτων, υπάρχουν εταιρίες οι οποίες θα μπορούσαν να κάνουν την συλλογή αυτών με οικονομικό αντάλλαγμα ή και χωρίς. Συνεπώς, η εκπαίδευση για την περιβαλλοντική ευαισθησία στο πανεπιστημιακό επίπεδο μπορεί να αποφέρει μεγάλα κέρδη στα ίδια τα Πανεπιστήμια.

3.5 Διαχείριση αποβλήτων, εναλλακτικές λύσεις.

Πολλοί είναι οι μελετητές που προτείνουν τη χρήση των οικονομικών κινήτρων για την αύξηση συμμετοχής στην ανακύκλωση. Η μελέτη του Yung Yau (2010) εστίασε στα προβλήματα που προκύπτουν από την εκμετάλλευση των ωφελειών της αφέρουν στις συλλογικές δράσεις αλλά απολαμβάνουν τα ευνοϊκά αποτελέσματά τους. Οι άνθρωποι, σύμφωνα με την μελέτη, έχουν ένα

ισχυρό κίνητρο για την εκμετάλλευση των δράσεων των άλλων, και έτσι η συλλογική περιβαλλοντική δράση δεν είναι δυνατόν να ξεκινήσει ούτε να διατηρηθεί. Έτσι, ο συγγραφέας συμφωνεί με την πρόταση του Olson (1971 παρατίθεται από Yau, 2010) για την παροχή οικονομικών κινήτρων ως μέτρου που μπορεί να ενισχύσει την ατομική συμμετοχή και συνεπώς την συλλογική δράση. Η έρευνα που υλοποίησε ο Yau μελετάει τις επιπτώσεις των συστημάτων ανταμοιβής για την συμπεριφορά ανακύκλωση των αποβλήτων των 131 κατοίκων σε 122 ιδιωτικά συγκροτήματα κατοικιών στο Χονγκ Κονγκ. Η μελέτη αυτή διαφοροποιείται από τις υπάρχουσες έρευνες οι οποίες επικεντρώνονται κυρίως στην ανακύκλωση οικιακών αποβλήτων σε oligόροφες κατοικίες και αραιοκατοικημένες περιοχές, ενώ αυτή κάνει το ίδιο σε μια κατοικημένη περιοχή με πολυώροφες κατοικίες και υψηλή πυκνότητα. Η μελέτη συγκέντρωσε πληροφορίες από τις εταιρείες διαχείρισης. Από την 1η Ιανουαρίου 2008 έως 31 Δεκεμβρίου 2008 συλλέχθηκαν στοιχεία για την ανακύκλωση ανά νοικοκυριό ανά συγκρότημα κατοικίας και συγκεκριμένα προσδιορίστηκε η ένταση της ανακύκλωσης ως προς το συνολικό βάρος του χαρτιού, των πλαστικών και των μεταλλικών αποβλήτων που συλλέχθηκαν προς ανακύκλωση. Επίσης, συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή των συστημάτων ανταμοιβής και των θέσεων διαχωρισμού των απορριμμάτων. Όσον αφορά τα κοινωνικά - δημογραφικά στοιχεία και τα χαρακτηριστικά των κατοικιών συλλέχθηκαν από το αρχείο της Εθνικής Υπηρεσίας Στατιστικής Απογραφής. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης της μελέτης του Yau (2010), τα συστήματα ανταμοιβής βρέθηκαν να έχουν σημαντικά θετική σχέση με βάρος των ανακυκλώσιμων υλικών που συλλέγονται ανά νοικοκυριό, με όλους τους άλλους παράγοντες να θεωρούνται σταθεροί (*ceteris paribus*). Ο συγγραφέας προτείνει στις κυβερνήσεις να δημιουργήσουν διαφορετικά προγράμματα οικονομικών κινήτρων για την προώθηση της ανακύκλωσης των οικιακών αποβλήτων. Επιπλέον, όπως προκύπτει από τα ευρήματα της έρευνας, η συμπεριφορά ανακύκλωσης αποβλήτων διαφέρει μεταξύ oligόροφων και πολυώροφων κατοικιών έτσι δέουσα προσοχή πρέπει να ληφθεί κατά τη μεταφορά των πολιτικών σχετικά με την ανακύκλωση των αποβλήτων σε διαφορετικές περιοχές ή χώρες [Yung Yau, 2010].

Μια ακόμα εναλλακτική προσέγγιση αναφέρει το πανεπιστήμιο της Σινσινάτι, αξιοποιώντας τα απόβλητα του πανεπιστημίου για την παραγωγή ενέργειας (waste to energy). Η μελέτη παρουσιάζει 3 διαφορετικές λύσεις: την παραγωγή βιο-πετρελαίου από το χρησιμοποιημένο λάδι μαγειρέματος, την παραγωγή pellet από τα απόβλητα χαρτιού και πλαστικού, και τέλος την παραγωγή βιο-αερίου από τα οργανικά απόβλητα. Η υλοποίηση αυτών των τεχνικών οδήγησε στην βελτίωση της βιωσιμότητας της πανεπιστημιούπολης, διαχειρίζοντας την παραγωγή αποβλήτων και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) μέσω του εκτοπισμού της χρήσης ορυκτών καυσίμων. Στη μελέτη αξιολογήθηκαν τεχνικές και οικονομικές πτυχές της εφαρμογής τους και εκτιμήθηκε η αντίστοιχη μείωση των GHG. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή αυτών των μέτρων οδήγησε σε: (1) αξιοποίηση 3682 L χρησιμοποιημένου μαγειρικού λαδιού σε 3712 L βιοντίζελ, (2) παραγωγή 138 τόνους pellets από 133 τόνους απορριμμάτων χαρτιού με την προσθήκη 20,75 τόνων πλαστικών για την αντικατάσταση 121 τόνων άνθρακα, και (3) παραγωγή βιοαέριο που θα ήταν αρκετό για αντικατάσταση 12.767 m³ φυσικού αερίου κάθε χρόνο από 146 τόνους απορριμμάτων τροφίμων. Η οικονομική ανάλυση έδειξε ότι οι περίοδοι απόδοσης για τα τρία έργα θα είναι, 16 μήνες για το βιοντίζελ, 155 μήνες για το καύσιμο pellet και 74 μήνες για τα έργα βιοαερίου. Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την εφαρμογή των τριών έργων παραγωγής ενέργειας από τα απόβλητα, καθορίστηκαν ως 9,37 (βιοντίζελ), 260,49 (σφαιρίδια καυσίμου) και 11,36 (βιοαέριο) τόνοι CO₂-eq ετησίως, αντίστοιχα [Q. Tu et al., 2015].

Εν κατακλείδι, η ανακύκλωση δεν είναι η μόνη λύση στο πρόβλημα των πανεπιστημιακών αποβλήτων. Ως ερευνητικά κέντρα, τα πανεπιστήμια θα μπορούσαν να προωθήσουν τους φοιτητές στην δημιουργία διπλωματικών εργασιών για την ενεργειακή αναβάθμιση του ίδιου του ιδρύματος. Ταυτόχρονα, παροτρύνοντας την φοιτητική κοινότητα στην αειφορία αυξάνει την περιβαλλοντική ευαισθησία. Αποτέλεσμα αυτών των κινήσεων θα ήταν πρώτον μια ολοκληρωμένη εικόνα των παραγόμενων ποσοτήτων σε στερεά απόβλητα, μια μελέτη-πρόταση για τα πιθανά σενάρια αξιοποίησης και ιδανικά την βέλτιστη λύση που θα αποφέρει στο ίδρυμα οικονομικούς πόρους ή μείωση των ενεργειακών του αναγκών.

Κεφάλαιο 4^ο: Η μελέτη περίπτωσης (case study)

4.1 Το Πολυτεχνείο Κρήτης και η υφιστάμενη κατάσταση

Το Πολυτεχνείο Κρήτης ιδρύθηκε το 1977 και δέχτηκε τους πρώτους φοιτητές το 1984. Η πρώτη σχολή που λειτούργησε ήταν αυτή των Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης και σήμερα στεγάζει 5 διαφορετικές σχολές. Η Πολυτεχνειούπολη καταλαμβάνει έκταση 2900 στρεμμάτων και πάνω από 3300 μαθητές φοιτούν σήμερα εκεί. Το Πολυτεχνείο Κρήτης έχει ξεκινήσει τη δημιουργία Στρατηγικού Σχεδίου Βιώσιμης Ανάπτυξης (<https://www.tuc.gr>), που έχει ως στόχο την ευαισθητοποίηση όχι μόνο της πανεπιστημιακής κοινότητας, αλλά και της ευρύτερης κοινωνίας στο σύνολο της.

Ως προς το πρόγραμμα αυτό το Πολυτεχνείο Κρήτης αναγνωρίζει ότι οι ενεργειακές πηγές δεν είναι ανεξάντλητες και για αυτό το λόγο πρέπει να χρησιμοποιούνται υπεύθυνα. Συνεπώς, η συμβολή του στην προστασία του περιβάλλοντος έχει δύο διαστάσεις, εσωτερική και εξωτερική. Η εσωτερική διάσταση αναφέρεται τόσο στην προσπάθειά του για μείωση του κόστους λειτουργίας του με την υιοθέτηση πρακτικών εξοικονόμησης πόρων και ορθότερης διαχείρισης όσο και στην προσπάθεια ανάπτυξης της περιβαλλοντικής αντίληψης των φοιτητών και του προσωπικού του. Η εξωτερική διάσταση αναφέρεται στη δέσμευσή του για συνεχή μείωση των επιπτώσεων από τη λειτουργία του, παρακολουθώντας και μετρώντας τις περιβαλλοντικές του επιδόσεις, θέτοντας στόχους βελτίωσης, εφαρμόζοντας και αξιολογώντας δράσεις περιβαλλοντικής διαχείρισης σε τομείς όπως η εξοικονόμηση ενέργειας και νερού, η διαχείριση απορριμμάτων-ανακύκλωσης, η μείωση μετακινήσεων και η προώθηση πράσινων ενεργειών.

Ειδικότερα, για το Πολυτεχνείο Κρήτης υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που θα το έκαναν ίσως από τα καταλληλότερα σημεία στα Χανιά, για τη διαχωρισμένη ανακύκλωση λευκού χαρτιού. Βασικότερος παράγοντας αυτής της επιλογής είναι ο χαρακτήρας του. Ως εκπαιδευτικό ίδρυμα καταναλώνει κάθε χρόνο μεγάλες ποσότητες λευκού χαρτιού για την ικανοποίηση των αναγκών του εκπαιδευτικού προσωπικού αλλά και των φοιτητών. Ταυτόχρονα, μπορεί να υποστηριχτεί ότι ένα μεγάλο ποσοστό του «πληθυσμού» της

Πολυτεχνειούπολης κατέχει γνώση πάνω στην περιβαλλοντική ευαισθησία καθώς διαθέτει και τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος. Επίσης ένα μεγάλο μέρος της εκπαιδευτικής και ερευνητικής διαδικασίας, έχει αυτοσκοπό την περιβαλλοντική ευαισθησία, την ανακύκλωση, την αειφορία, τη διαχείριση των απορριμμάτων και τη βελτιστοποίηση των υφιστάμενων καταστάσεων. Ακόμα, η ύπαρξη ενημερωτικής πολιτικής μέσα στο πολυτεχνείο, αλλά και στην τοπική κοινωνία θα μπορούσε να είναι σημαντικός παράγοντας στη μεγιστοποίηση της ανακυκλώσιμης ύλης. Με τη βοήθεια των μέσων κοινωνικής δικτύωσης και άλλων ηλεκτρονικών μέσων (χωρίς τη χρήση έντυπων διαφημιστικών φυλλαδίων) που θα προωθούσαν τα προτερήματα της διαχωρισμένης ανακύκλωσης, η τοπική κοινωνία θα μπορούσε να ευαισθητοποιηθεί και να συνδράμει στο εγχείρημα αισθητά. Συμπερασματικά, σκοπός αυτής της μελέτης είναι η εύρεση της βέλτιστης στρατηγικής λύσης στην διαχείριση του λευκού χαρτιού με περιβαλλοντικούς και οικονομικούς όρους .

Έπειτα από επικοινωνία με το Τμήμα Εκπαιδευτικής Υπολογιστικής Υποδομής (ΤΕΥΥ) του Πολυτεχνείου Κρήτης, δόθηκαν τα στοιχεία για τις ανάγκες σε λευκό χαρτί Α4 από όλες τις υπηρεσίες του Πολυτεχνείου τα οποία παρατίθενται στον Πίνακα 4.1. Οι αριθμοί εκφράζονται σε "κούτες χαρτιού" και για τα έτη 2018 και 2019.

ΥΠΗΡΕΣΙΑ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣ Η Α4 2019	ΠΡΟΤΑΣΗ Α4 ΓΙΑ 2019	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΥΠΟΛΟΙΠΟ 2019	ΠΡΟ- ΥΠΟΛΟΓΙΣ ΜΟΣ ΓΙΑ 2020 σε Α4
Γραμματεία ΜΗΠΕΡ	6	5	-1	7
Γραμματεία ΜΗΧΟΠ	5	5	0	7
Γραμματεία ΜΠΔ	5	5	0	7
Γραμματεία ΑΡΧΜΗΧ	5	5	0	7
Γραμματεία ΗΜΜΥ	5	5	0	7
Βιβλιοθήκη	15	15	0	17
Διεύθυνση Ακαδ. Θεμάτων	20	20	0	25
ΚΕΓΕΠ	30	30	0	36
ΠΡΥΤΑΝΕΙΑ	9	9	0	10
Οικονομική-Υπηρεσία	42	45	3	45
Διοικητική Υπηρεσία	15	15	0	25
Τεχνική Υπηρεσία	9	8	-1	10
Γρ. Διασύνδεσης	3	3	0	3
Μέλη ΔΕΠ	113	120	7	118
ΣΥΝΟΛΟ	282	290	8	324

Πίνακας 4.1: Κατανάλωση λευκού χαρτιού στο ΠΚ

Ταυτόχρονα μας δόθηκε και η συνολική κατανάλωση λευκού χαρτιού Α4 από το Μηχανογραφικό Κέντρο. Συγκεκριμένα:

- Το 2018 καταναλώθηκαν 466 κούτες χαρτιού
- Το 2019 καταναλώθηκαν 469 κούτες χαρτιού
- Έως τον Οκτώβριο του 2020 είχαν καταναλωθεί 144 κούτες

Ως ενδεικτική θα πάρουμε την χρονιά του 2019 διότι για αυτή έχουμε ολοκληρωμένη εικόνα. Από την απογραφή ο συνολικός αριθμός σε κούτες το 2019 ήταν:

282 κούτες από τις Υπηρεσίες του πολυτεχνείου

+ 469 κούτες από το Μηχανογραφικό κέντρο = 751 κούτες

Η κάθε κούτα περιέχει 5 δεσμίδες και αυτές με τη σειρά τους περιέχουν 500 φύλλα λευκό χαρτί A4.

$$1 \text{ κούτα} = 5 \text{ δεσμίδες} = 5 * 500 \text{ φύλλα A4} = 2.500 \text{ φύλλα η κούτα}$$

$$751 \text{ κούτες} * 2500 \text{ φύλλα} = 1.877.500 \text{ φύλλα χαρτί}$$

Αν θεωρήσουμε ότι ένα φύλλο χαρτιού έχει 5 g βάρος τότε η κατανάλωση σε τόνους θα ήταν:

$$1877500 * 0.005 \text{ kg} = 9387.5 \text{ kg} = 9.4 \text{ tn λευκού χαρτιού το χρόνο}$$

Εν κατακλείδι, διαπιστώνεται πως οι ανάγκες για χαρτί A4 στο ΠΚ αγγίζουν τους 10 tn το χρόνο.

4.2 Παράγοντες σχεδιασμού

4.2.1 Ανακύκλωση στο νομό Χανίων

Ένα από τα βασικά προβλήματα για τη διαχωρισμένη ανακύκλωση λευκού χαρτιού A4 στην περιφέρεια των Χανίων, είναι ότι η δημόσια εταιρία ανακύκλωσης, η Δ.Ε.Δ.Ι.Σ.Α., δεν συλλέγει διαχωρισμένο το χαρτί, παρά μόνο ό,τι βρίσκεται στους μπλε κάδους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να κάνει τη διαχωρισμένη ανακύκλωση λευκού χαρτιού του Πολυτεχνείου μη αποτελεσματική με το υπάρχον σύστημα.

Φυσικά, υπάρχουν διαφορετικές εναλλακτικές στην αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος όπως η ύπαρξη ιδιωτικών εταιριών οι οποίες θα αγόραζαν το διαχωρισμένο χαρτί υψηλής ποιότητας. Ακριβώς επειδή υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της τιμής του λευκού χαρτιού και του χαρτονιού, αυτά τα δυο είδη πρέπει να ανακτώνται και να μεταφέρονται στην χαρτοβιομηχανία

ξεχωριστά, ειδικά η τιμή πώλησης θα είναι πολύ μικρότερη. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται ορισμένες τιμές για το χαρτί και το χαρτόνι. Σε χώρες της Ευρώπης αλλά και για την Ελλάδα σύμφωνα με την καταμέτρηση που έγινε το 2014 από τον Χατζηαναγνώστου [www.fotavgeia.blogspot.com]. Αυτό που παρατηρείται για την Ελλάδα και την Γαλλία είναι πως η τιμή για το χαρτί συμπίπτει με αυτή για το χαρτόνι, παρά τις μεγάλες διαφορές που έχουν αναφερθεί όσον αφορά τις ιδιότητες τους στην ανακύκλωση. Μια υπόθεση που μπορεί να γίνει είναι πως αυτό προκύπτει λόγω του ότι το Ελληνικό κράτος δεν έχει διαχωρισμένη ανακύκλωση χαρτιού. Αποτέλεσμα αυτού είναι η υποτίμηση της τιμής του χαρτιού που παραδίδεται για ανακύκλωση, από τις ιδιωτικές εταιρίες ανακύκλωσης, με σκοπό ίσως την αύξηση του κέρδους τους.

	Χαρτί (€/tn)	Χαρτόνι (€/tn)
Βέλγιο	263	10
Αυστρία	105	42
Πορτογαλία	64	26
Γαλλία	122	122
Ελλάδα	52,50	52,50

Πίνακας 4.2: Τιμές λευκού χαρτιού και χαρτονιού στη Ευρώπη

[https://fotavgeia.blogspot.com/2014/02/blog-post_14.html]

4.2.2 Περιβαλλοντική ενημέρωση

Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα του Πολυτεχνείου στην υφιστάμενη κατάσταση είναι η ελλιπής ενημέρωση των φοιτητών και του προσωπικού πάνω στα περιβαλλοντικά ζητήματα. Για πρακτικούς κυρίως λόγους, όλοι οι εργαζόμενοι στο χώρο του πανεπιστημίου θα πρέπει τόσο να συμβάλλουν ενεργά στο πρόγραμμα και να ενισχύουν την διαδικασία, όσο και να διαδώσουν και να αφυπνίσουν τους φοιτητές, ώστε να συμβάλουν και αυτοί στην διαδικασία της ανακύκλωσης. Χρειάζεται να λάβουν γνώσεις για τις βέλτιστες καταστάσεις

ανακύκλωσης, όπως π.χ. ότι στην ανακύκλωση του χαρτιού εκτύπωσης δεν ενδείκνυται το τσαλάκωμα του απορριπτόμενου χαρτιού, διότι το τσαλακωμένο χαρτί καταλαμβάνει μεγαλύτερο φαινομενικό όγκο στον κάδο, μειώνοντας την τελική ποσότητα που θα δοθεί προς ανακύκλωση. Τέλος, πολύ σημαντική θα ήταν και η ενημέρωση όλης της πολυτεχνειακής κοινότητας για τα πλεονεκτήματα της διαχωρισμένης ανακύκλωσης και τους λόγους που το πολυτεχνείο επιλέγει να κάνει αυτή την κίνηση ώστε όλοι να αντιληφθούν την σοβαρότητα και την αναγκαιότητα του εγχειρήματος.

Στην τρέχουσα χρονική περίοδο, η ενημέρωση της φοιτητικής κοινότητας μπορεί να γίνει πολύ εύκολα και πολύ οικονομικά. Τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης αποφέρουν γρήγορα αποτελέσματα όσον αφορά την ενημέρωση και την δημιουργία ενός ομαδικού κλίματος. Με αυτόν τον τρόπο το Πολυτεχνείο θα συμβάλει τόσο στην ευαισθητοποίηση όλων των πολιτών, αλλά θα καταφέρει να αυξήσει και τον όγκο χαρτιού που παραδίδει στην ανακύκλωση, και επομένως και τα έσοδα του. Ορισμένες ενέργειες που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν ώστε να ενημερωθεί η πολυτεχνειακή κοινότητα θα ήταν:

- I. Στην ιστοσελίδα του Πολυτεχνείου αλλά και τις σελίδες των επιμέρους τμημάτων να υπάρχει σχετικό κείμενο ενημέρωσης γενικότερα για την ανακύκλωση αλλά και συγκεκριμένα στο εγχείρημα.
- II. Ενημερωτικά email στους φοιτητές και στο προσωπικό, τόσο για την σωστή διαδικασία και τους κανόνες ανακύκλωσης, όσο και για την έναρξη του εγχειρήματος και την σοβαρότά του.
- III. Παρουσιάσεις στους φοιτητές για την ευαισθητοποίησή τους πάνω στο περιβάλλον, την κυκλική οικονομία και συγκεκριμένα στην ανακύκλωση λευκού χαρτιού.
- IV. Ημερίδες προς τους φοιτητές και την κοινότητα των Χανίων για την αύξηση της αποδοτικότητας και την ενημέρωση.

4.2.3 Ανάκτηση χαρτιού

Ο συνολικά απαιτούμενος αριθμός κάδων, για τα δεδομένα μεγέθη κάδων, εξαρτάται από την αναμενόμενη ημερήσια ανάκτηση χαρτιού, την αναμενόμενη

φαινομενική πυκνότητα του χαρτιού εντός των κάδων και την συχνότητα αποικοδόμησης. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι θα υπάρχουν απροσδιόριστες ποσότητες χαρτιών προς απόρριψη, χρειάζεται να υλοποιηθεί ένα πρόγραμμα ανάκτησης χαρτιού πλήρους κλίμακας (εσωτερική και εξωτερική), με αντίστοιχες μετρήσεις όγκου ή βάρους χαρτιού. Επειδή όμως για τον σχεδιασμό του δικτύου κάδων ανάκτησης χαρτιού καθώς και για την οικονομική αξιολόγηση εναλλακτικών συστημάτων ανάκτησης απαιτούνται κάποια έστω προσεγγιστικά μεγέθη της αναμενόμενης ετήσιας ανάκτησης ποσότητας χαρτιού, στην παρούσα εργασία έγιναν οι εξής παραδοχές:

A. Θεωρούμε πως ο προς ανακύκλωση όγκος χαρτιού αποτελείται από 100% χαρτί εκτύπωσης, αφού τηρείται το σύστημα προ-διαλογής στην πηγή.

B. Αν χρησιμοποιήσουμε την ενδεικτική χρονιά 2019, το πολυτεχνείο μεταχειρίζεται περίπου 10 tn λευκό χαρτί κάθε χρόνο. Αν υποθέσουμε ότι γίνεται 75% ανάκτηση αυτού του χαρτιού προς ανακύκλωση τότε υπολογίζεται ότι προς ανακύκλωση θα πηγαίνουν 7,5 tn χαρτιού.

C. Ως βασική ελάχιστη ποσότητα εξωτερικής ανάκτησης χαρτιού-χαρτονιού, θεωρείται το 0.7 tn/d ή 146.3 tn/y. Ενδιάμεση ανάκτηση χαρτιού θεωρήθηκε 1.46 tn/d ή 298,87 tn/y. Μέγιστη ανάκτηση χαρτιού θεωρήθηκε 2,56 tn/d ή 532,04 tn/y. Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται αναλυτικά στο **Παράρτημα 8.1**.

4.2.4 Οικονομικά στοιχεία

Μετά από την τηλεφωνική επικοινωνία με διάφορες εταιρίες ανακύκλωσης λευκού χαρτιού παρουσιάζονται παρακάτω μερικές «προσφορές» που έγιναν στο πλαίσιο αυτό.

Περιφέρεια και δήμος

Έγινε τηλεφωνική επικοινωνία με τον Δήμο Χανίων και την περιφέρεια Χανίων για δωρεά όλων των αριθμών κάδων. Κατά την τηλεφωνική επικοινωνία έγινε γνωστό ότι την συγκεκριμένη χρονική περίοδο δεν υπάρχει δυνατότητα για

δωρεά όλων των αριθμών κάδων αλλά δεν αποκλείεται το φαινόμενο σε κάποια άλλη χρονική στιγμή να δοθούν δωρεάν όλοι οι κάδοι που ζητήσαμε.

Ecoplan:

Για την παραλαβή 1 τόνου λευκού χαρτιού δεν θα δώσουν χρήματα αλλά ούτε θα τους δώσει το Πολυτεχνείο για την παραλαβή και μεταφορά των αποβλήτων. Για την παραλαβή 5 τόνων λευκού χαρτιού η χρηματική αποζημίωση θα είναι 200 € συνολικά και η συλλογή και μεταφορά θα γίνει δωρεάν. Υπολογίζεται λοιπόν ότι πληρώνουν 40 €/tn.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο Πίνακας 4.3 με τις ενδεικτικές τιμές αγοράς διαφόρων ειδών παλαιοχάρτου από Ελληνικές Χαρτοβιομηχανίες, από παρόμοια μελέτη του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για το έτος 2005 [Γιώργος Ράλλης, 2005].

Τύπος Χαρτιού	Τιμή Χαρτοβιομηχανία (€/tn)		
	ΠΑΚΟ Α.Β. Καλίοπουλο	ΒΟΥΤΣΕ- ΛΗΣ Ο.Ε.	ECOMEL Α.Ε.
Λευκό γραμμένο χαρτί	180	117.39	75
%Καφέ / %Λευκό			
5/95	173.79	113.88	73.75
10/90	167.58	110.4	72.5
20/80	155.16	103.31	70

Πίνακας 4.3: Τιμές λευκού χαρτιού και χαρτονιού [Γιώργος Ράλλης, 2005]

4.2.5 Κάδοι

Η ευκολία της ανακύκλωσης είναι ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας ο οποίος συνδράμει θετικά στην υλοποίηση της ανακύκλωσης. Με τον όρο ευκολία εννοείται τόσο η ύπαρξη όσο και η εύρεση και στρατηγική τοποθέτηση των κάδων σε σημεία που είναι εύκολη η πρόσβαση. Οι διεσπαρμένοι αραιά τοποθετημένοι κάδοι ή η τοποθέτηση τους σε μεγάλες αποστάσεις από τους χώρους κατανάλωσης είναι αναποτελεσματικό και αντιοικονομικό σχέδιο. Έτσι, για την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην συγκέντρωση χαρτιού απαιτείται ένα εσωτερικό δίκτυο συλλογής. Επίσης η θέση του πολυτεχνείου το καθιστά κόμβο στις μετακινήσεις των πολιτών γιατί αποτελεί πέρασμα από το Ακρωτήρι στα Χανιά και αντίστροφα, παράγοντας ο οποίος θα μπορούσε να ωφελήσει τη διαδικασία της διαχωρισμένης ανακύκλωσης λευκού χαρτιού με την κατάλληλη υποστήριξη και προώθηση του εγχειρήματος.

Για την καλύτερη και πιο ρεαλιστική προσέγγιση αυτού του μεγέθους θα εκτιμηθεί για κάθε σενάριο ξεχωριστά η ποσότητα. Οι κάδοι έχουν χωρητικότητα 120 ή 240 ή 360 L και θα επιλεγθούν οι πλαστικοί έναντι των μεταλλικών. Ανάλογα με τον βαθμό συμπίεσης/τακτοποίησης του χαρτιού μέσα στους κάδους υπολογίστηκε το βάρος των κάδων, 30-75 kg για 120 L κάδους, 54-141 kg για 240 L κάδους και 86-225 kg για 390 L κάδους. Ακόμα υποθέτουμε πως όλες οι εγκαταστάσεις του πολυτεχνείου έχουν ασανσέρ ή ράμπες για την εύκολη μεταφορά των κάδων. Αν σε κάποια περίπτωση αυτό δεν ισχύει, η λύση που δίνεται είναι να τοποθετηθούν μόνο στον όροφο που θα είναι εφικτή η μεταφορά. Παρακάτω θα παρουσιαστεί αναλυτικά πίνακας με τις διαφορές στη χωρητικότητα και τις τιμές των πλαστικών κάδων. Ακόμα, να αναφέρουμε πως η επιλογή των πλαστικών κάδων έγινε λόγω χαμηλότερης τιμής και μικρότερου βάρους.

Χωρητικότητα (L)	Ανώτατο βάρος για $\gamma = 0.5 \text{ tn/m}^3$ (kg)	Εξωτερικό πλάτος x Μήκος	Τιμές (€) Supercleaner	Τιμές (€) Apothiki365
120	75	50 x 50	46,50	35,90
240	141	58.5 x 72.5	63,98	53,90
390	225	74.5 x 80	122,88	102,90

Πίνακας 4.4: Έρευνα τιμών για τη αγορά κάδων

4.2.6 Εσωτερική αποθήκευση και μεταφορά κάδων (Λειτουργικά κόστη)

Εξωτερική Αποθήκη - Αποθήκευση

Για την αποθήκευση των άδειων και γεμάτων κάδων χρειάζεται να δοθεί από το πολυτεχνείο ένας χώρος, με δυνατότητα πρόσβασης και μεταφοράς των κάδων. Έτσι μειώνονται τα κόστη και δεν θα χρειαστεί η δημιουργία μιας εξωτερικής μονάδας αποθήκευσης των κάδων του προς ανακύκλωση χαρτιού. Στην περίπτωση που χρειαστεί να κατασκευαστεί η εξωτερική αποθήκη για τους κάδους, η διαστασιολόγηση, οι ανάγκες σε υλικά καθώς και τα κόστη παρουσιάζονται αναλυτικά στο **Παράρτημα 8.2**.

Αν δεν παραχωρηθεί υπάρχων χώρος θα χρειαστεί να κατασκευαστεί και τα κόστη για τις 3 κατηγορίες κάδων 120L, 240L και 390L υπολογίζονται 489.5 €, 522.7 € και 623.1 € αντίστοιχα.

Ενασχόληση Προσωπικού

Για την σωστή λειτουργία του συστήματος ανακύκλωσης χαρτιού γίνεται αντιληπτό ότι θα χρειαστεί ένα άτομο για την παρατήρηση και την μεταφορά των γεμάτων κάδων και αντικατάσταση των νέων. Υστέρα από επικοινωνία με το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών που χρησιμοποιεί ένα παρόμοιο πρόγραμμα ανακύκλωσης λευκού χαρτιού, αποφασίστηκε πως η βέλτιστη

προσέγγιση για την παρατήρηση των κάδων θα γίνεται από τον αρμόδιο ο οποίος θα έχει τα εξής καθήκοντα:

- i. Παρατήρηση και αντικατάσταση των γεμάτων κάδων και μεταφορά τους στο σημείο αποθήκευσης.
- ii. Ενημέρωση για την πληρότητα των κάδων ώστε να γίνει η μεταφορά τους στην εταιρία ανακύκλωσης.

Αν χρησιμοποιηθεί το Ακαδημαϊκό Ημερολόγιο, τότε τους μήνες Σεπτέμβρη με Ιούνιο θα γίνεται η συλλογή του μεγαλύτερου όγκου χαρτιού στο εσωτερικό της Πολυτεχνειούπολης. Ακόμα θεωρούμε ότι σημαντικές περιόδους θεωρούνται οι εξεταστικές που γίνεται ο μεγαλύτερος όγκος εκτύπωσης. Για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο το Πανεπιστήμιο έχει μικρότερη κινητικότητα, θα χρειαστεί να ελέγχονται συχνότερα οι εξωτερικοί κάδοι.

Με αφορμή τα παραπάνω, υπολογίστηκε και παρουσιάζεται ο παρακάτω Πίνακας 4.5 για τις ενδεχόμενες χρηματικές δαπάνες απασχόλησης αυτού του ατόμου.

Υποθέσεις	Άτομα	Ημέρες εργασίας ανά μηνά Σεπτέμβριος - Ιούνιος (d)	Ημέρες εργασίας ανά μηνά Ιούλιο- Αύγουστο (d)	Ώρες εργασίας (h/d)	Τιμή (€/h)	Σύνολο το χρόνο (€/year)
Υπόθεση 1	1	1	1	3	3.5	126
Υπόθεση 2	1	2	1	3	3.5	231
Υπόθεση 3	1	3	2	3	3.5	357
Υπόθεση 4	1	4	2	3	3.5	462

Πίνακας 4.5: Ετήσιο ωρολόγιο πρόγραμμα και κόστος για δαπάνες προσωπικού

Μεταφορά

Πολύ σημαντική είναι η μεταφορά των κάδων από όλα τα πιθανά σημεία τοποθέτησης, στο χώρο αποθήκευσης. Έτσι, είναι σημαντική η αγορά ενός τρίκυκλου ή φορτηγού που θα γίνεται η φόρτωση και η εκφόρτωση των κάδων μέσα στην Πολυτεχνειούπολη. Η βέλτιστη λύση είναι να παραχωρηθεί το ήδη υπάρχον φορτηγάκι του Πολυτεχνείου. Έτσι χρειάζεται να υπολογιστούν μόνο τα κόστη μετακίνησης του φορτηγού, δηλαδή η κατανάλωση της βενζίνης που παρουσιάζονται στον παρακάτω **Παράρτημα 8.3**.

Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε μια εσωτερική διαδρομή περίπου 5 km, μια μέση τιμή της βενζίνης και η κατανάλωση του οχήματος. Το κόστος για τη μία διαδρομή βρέθηκε περίπου 0,60 €, όπως παρουσιάζεται και στο Παράρτημα 8.3. Θα υπολογιστούν οι διαδρομές για όλο το χρόνο σύμφωνα και με τις ημέρες εργασίας του εργαζόμενου καθαρισμού. Έτσι προκύπτει:

Υποθέσεις	Διαδρομές/ χρόνο	Συνολικά κόστη (€/year)
Υπόθεση 1	12	7.2
Υπόθεση 2	22	13.2
Υπόθεση 3	34	20.4
Υπόθεση 4	44	26.4

Πίνακας 4.6 Ετήσια κόστη βενζίνης για τη εσωτερική μεταφορά των κάδων

4.3 Σενάρια σχεδιασμού

Ο σκοπός των σεναρίων είναι να γίνει μια πρώτη προσέγγιση στην καλύτερη διαχείριση των αποβλήτων χαρτιού στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Στόχος είναι η ανακύκλωση αυτών των αποβλήτων τόσο για την στρατηγική διαχείρισης, όσο και για την οικονομική αξιοποίηση προς όφελος του Πολυτεχνείου. Το «άχρηστο» χαρτί το οποίο μελετάται είναι συγκεκριμένα το A4 χαρτί το οποίο προορίζεται κυρίως για εκτύπωση.

4.3.1 Σενάριο 1º:



Το πρώτο σενάριο περιλαμβάνει σαν πρώτο βήμα την συλλογή των απορριμμάτων από διαχωρισμένους κάδους ανακύκλωσης χαρτιού A4 που θα τοποθετηθούν στρατηγικά σε όλα τα κτήρια της Πολυτεχνειούπολης. Σαν δεύτερο βήμα τίθεται η αποθήκευση των κάδων, στο σημείο συγκέντρωσης του προς ανακύκλωση λευκού χαρτιού, ώστε να συγκεντρωθεί η απαραίτητη ποσότητα χαρτιού. Στην συνέχεια θα πραγματοποιείται η μεταφορά του συνολικού όγκου χαρτιού από την εταιρία μεταφορών προς το τελευταίο βήμα που είναι η εταιρία ανακύκλωσης λευκού χαρτιού. Αναλυτικότερα τα στάδια της διαδικασίας:

Στάδιο 1^ο:

Στο στάδιο αυτό θα πραγματοποιηθεί η στρατηγική τοποθέτηση και ο υπολογισμός του αριθμού των κάδων που θα χρειαστεί το Πολυτεχνείο. Για να ολοκληρωθεί η ανάλυση αυτή και να βρεθεί ο απαιτούμενος αριθμός κάδων, ορίζουμε πως οι ποσότητες χαρτιού που θα λάβει το πολυτεχνείο και θα οδηγηθούν προς ανακύκλωση προέρχονται:

- A. Από τις ποσότητες χαρτιού εκτύπωσης που καταναλώνει το ΠΚ (εσωτερική ανακύκλωση)
- B. Από τις ποσότητες χαρτιού που θα φτάσουν στο ΠΚ είτε από το προσωπικό και τους φοιτητές, είτε από την κοινωνία των Χανίων (εξωτερική ανακύκλωση)

Αρχικά, θα υπολογίσουμε την εσωτερική ποσότητα χαρτιού, την ποσότητα δηλαδή, που καταναλώνει το πολυτεχνείο και θεωρούμε πως θα καταλήξει προς ανακύκλωση. Από τον Πίνακα 4.1 στους παράγοντες σχεδιασμού, υπολογίστηκαν οι ποσότητες για το ακαδημαϊκό έτος 2019, σε 751 κούτες το χρόνο. Η ποσότητα αυτή θα χωριστεί στα βασικά συγκροτήματα της Πολυτεχνειούπολης και έπειτα θα απεικονιστούν σε χάρτη τα ακριβή σημεία που θα τοποθετηθούν οι κάδοι. Στο πρώτο σενάριο θα εκτιμηθεί ότι το 64% της κατανάλωσης, θα επιστέψει στους κάδους ανακύκλωσης. Όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.7 παρακάτω, εκτιμήθηκαν τα ποσοστά ανακύκλωσης για κάθε εγκατάσταση και βρέθηκε ο τελικός όγκος που θα καταλήξει προς ανακύκλωση καθώς και ο απαιτούμενος αριθμός κάδων που χρειάζεται ώστε να διαχειριστεί αυτή την ποσότητα. Με τον τρόπο αυτό αναγνωρίζεται που υπάρχει μεγαλύτερη κατανάλωση λευκού χαρτιού και πού θα τοποθετηθούν περισσότεροι κάδοι.

Εγκαταστάσεις	Κατανάλωσης (κού- τες/έτος)	Κατανάλωσης (kg/έτος)	Εκτίμηση ποσοστού ανακύ- κλωσης	Όγκος (m ³ /έ- τος)	Απαιτούμε- νος αριθμός Κάδων	Κάδοι (έτος)
ΜΗΠΕΡ	498	6225.0	70%	25.9375	108.0729167	109
ΜΗΧΟΠ	28	350.0	60%	1.2500	5.208333333	6
ΗΜΜΥ	37	462.5	60%	1.6518	6.882440476	7
ΜΠΔ-ΑΡΧ.ΜΗΧ	173	2162.5	70%	9.0104	37.54340278	38
Εστίες	0	0.0	0%	0.0000	0	0
Εξωτερική Πύλη	0	0.0	0%	0.0000	0	0
Βιβλιοθήκη	15	187.5	60%	0.6696	2.790178571	3
Αθλητικές εγκα- ταστάσεις	0	0.0	0%	0.0000	0	0
Σύνολο	751	9387.5	64%	38.5193		163

Πίνακας 4.7: Εκτίμηση εσωτερικής ανακύκλωση 1^{ου} Σεναρίου.

Ως βασική ελάχιστη ποσότητα εξωτερικής ανάκτησης χαρτιού χαρτονιού θεωρείται το 0.7 tn/d ή 146.3 tn/yr. Ενδιάμεση ανάκτηση χαρτιού θεωρήθηκε 1.46 tn/d ή 298,87 tn/y. Μέγιστη ανάκτηση χαρτιού θεωρήθηκε 2,56 tn/d ή 532,04 tn/y. Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται αναλυτικά στο **Παράρτημα 8.1**. Αν επιλέξουμε την ελάχιστη εξωτερική ανάκτηση 0,7 tn/d, και θεωρήσουμε ότι μόνο το λευκό χαρτί εκτύπωσης που θα φτάνει στον Πολυτεχνείο τόσο από τα μέλη της Πολυτεχνειούπολης (προσωπικό και φοιτητές), όσο και από τα μέλη την κοινωνίας των Χανίων (εξωτερικούς κάδους) είναι ένα 7%, τότε η εξωτερική ανάκτηση του ΠΚ υπολογίζεται ως **0.049 tn/d ή 10.241 tn/y**.

Στον παρακάτω Πίνακα 4.8 θα παρουσιαστεί η εκτίμηση για τον καταμερισμό αυτής της ποσότητας στις εγκαταστάσεις του πολυτεχνείου για ένα έτος. Θεωρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό, κοντά στα 60% της εξωτερικής ανακύκλωσης θα εισέρχονται στο πολυτεχνείο από την κοινωνία των Χανίων. Κυρίως στους κάδους στις πύλες του ΠΚ, στις αθλητικές εγκαταστάσεις και στη βιβλιοθήκη. Το υπόλοιπο 40% θεωρούμε ότι θα φτάνει από τα μέλη της Πολυτεχνειούπολης αφού θα προηγηθεί η Περιβαλλοντική ενημέρωση.

Εγκαταστάσεις	Εκτίμηση κατανάλωσης (κούτες/έτος)	Εκτίμηση κατανάλωσης (kg/έτος)	Ποσοστό ανακύκλωσης	Όγκος (m ³ /έτος)	Απαιτούμενος αριθμός Κάδων	Κάδοι
ΜΗΠΕΡ	80	1000.0	100%	5.9524	24.8015873	25
ΜΗΧΟΠ	30	375.0	100%	2.2321	9.300595238	10
ΗΜΜΥ	40	500.0	100%	2.9762	12.40079365	13
ΜΠΑ-ΑΡΧ.ΜΗΧ	70	875.0	100%	5.2083	21.70138889	22
Εστίες	60	750.0	100%	4.4643	18.60119048	19
Εξωτερική Πύλη	495	6187.5	100%	36.8304	153.4598214	154
Βιβλιοθήκη	40	500.0	100%	2.9762	12.40079365	13
Αθλητικές εγκαταστάσεις	5	62.5	100%	0.3720	1.550099206	2
Σύνολο	820	10250	100%	61.0119		258

Πίνακας 4.8: Εκτίμηση εξωτερικής ανακύκλωση 1^{ου} Σεναρίου.

Ο αριθμός των κάδων προσδιορίζει τα σημεία που θα γίνεται η μεγαλύτερη αποικοδόμηση χαρτιού. Αν θεωρήσουμε πως η κατανάλωση και η αποικοδόμηση είναι ανάλογη σε όλους τους μήνες του χρόνου υπολογίζουμε και της μηνιαίες απαιτήσεις σε κάδους. Αυτές υπολογίζονται στον Πίνακα 4.9.

Εγκαταστάσεις	Απαιτούμενοι κάδοι (μήνα)
ΜΗΠΕΡ	12
ΜΗΧΟΠ	2
ΗΜΜΥ	2
ΜΠΑ-ΑΡΧ.ΜΗΧ	6
Εστίες	2
Εξωτερική Πύλη	13
Βιβλιοθήκη	2
Αθλητικές εγκαταστάσεις	1
Σύνολο	40

Πίνακας 4.9: Εκτίμηση μηνιαίων κάδων 1^{ου} Σεναρίου.

Έτσι υπολογίζουμε ότι το Πολυτεχνείο θα χρειαστεί περίπου 40 κάδους κάθε μήνα ώστε να διαχειριστεί τις ποσότητες χαρτιού που θα οδηγηθούν προς ανακύκλωση. Το σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι η αντικατάσταση

κάθε κάδου που γεμίζει με έναν νέο άδειο κάδο. Ο γεμάτος κάδος θα πηγαίνει προς αποθήκευση μέχρι την ημέρα που θα παραδίνεται στην εταιρία ανακύκλωσης. Από τους 40 κάδους το χρόνο υπολογίζεται περίπου ότι χρειάζονται οι διπλάσιοι ώστε να λειτουργεί το σύστημα που μόλις αναφέρθηκε. Άρα, τελικά απαιτούνται **80 κάδοι** οι οποίοι θα παραδίνονται προς ανακύκλωση στη μέγιστη δυνατή χωρητικότητα. **Σε αυτό το σενάριο θα υποθέσουμε πως το 50% των κάδων θα δοθεί δωρεάν από την Περιφέρεια Χανίων.**

Τα σημεία που θα τοποθετηθούν οι κάδοι στην Πολυτεχνειούπολη, παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.1. Τοποθετήθηκαν τόσοι κάδοι ώστε σε συνδυασμό με τις αντικαταστάσεις που προβλέπεται από το προσωπικό να μπορούν να διαχειριστούν τους εκτιμώμενους όγκους χαρτιού εκτύπωσης.



Εικόνα 4.1: Στρατηγική τοποθέτηση κάδων στο ΠΚ 1^ο Σεναρίου .

Στάδιο 2^ο:

Για το στάδιο της αποθήκευσης χρειάζεται να ληφθούν οι ακόλουθες αποφάσεις.

- Θα χρειαστεί ένας υπεύθυνος, ο οποίος θα ελέγχει την πληρότητα των κάδων. Η επιλογή που θα κάνουμε αφορά 1 εργαζόμενο άτομο που θα ελέγχει 3 φορές το μήνα και θα αντικαθιστά τους γεμάτους κάδους με άδειους. Αυτή είναι η **Υπόθεση 3** από τον Πίνακα 4.5.

- Για την μετακίνηση των κάδων, όπως αναφέραμε, θα χρειαστεί ένα φορτηγάκι ώστε να γίνεται αυτή η μεταφορά το οποίο **σε αυτό το σενάριο θα παραχωρηθεί από το Πολυτεχνείο**. Σε αυτήν την περίπτωση χρειάζεται μόνο να υπολογίσουμε τα κόστη της βενζίνης για την κίνηση του φορτηγού 3 φορές τον μήνα δηλαδή την **Υπόθεση 3** στον Πίνακα 4.6.
- Θα χρειαστεί το Πολυτεχνείο να βρει μια αποθήκη (εσωτερική ή εξωτερική) ώστε εκεί να γίνεται η φύλαξη των άδειων κάδων αλλά και η μεταφορά των γεμάτων. **Στο σενάριο αυτό, θεωρούμε ότι θα γίνει παραχώρηση από το Πολυτεχνείο.**

Στάδιο 3°:

Για να μειώσουμε τα έξοδα του έργου, η μεταφορά του χαρτιού από το Πολυτεχνείο στην μονάδα ανακύκλωσης **θα γίνεται δωρεάν** από την εταιρία **ECOPLAN** εφόσον ο όγκος των απορριμμάτων χαρτιού ξεπερνάει τους 5 tn.

Στάδιο 4°:

Όπως αναφέραμε σε αυτό το σενάριο η επιλογή της ιδιωτικής εταιρίας ανακύκλωσης είναι η **ECOPLAN**.

Για 16.7 tn/year λευκού χαρτιού οι απολαβές θα είναι:

$$16.7 \text{ tn} * 40 \text{ €/tn} = 669 \text{ €/year}$$

4.3.2 Σενάριο 2^ο:

Στο δεύτερο σενάριο της εργασίας θα υποθέσουμε ότι η ενημέρωση των φοιτητών θα είναι αυξημένη και αποδοτικότερη από το πρώτο σενάριο. Ως ακολούθως θα αυξήσουμε τόσο το εσωτερικό, όσο και το εξωτερικό ποσοστό ανακύκλωσης. Ακόμα, σε αυτό το σενάριο θα χρειαστεί να κατασκευαστεί μια εξωτερική αποθήκη στο χώρο του Πολυτεχνείου ώστε να γίνεται η αποθήκευση των γεμάτων κάδων. Αναλυτικότερα τα στάδια της διαδικασίας:

Στάδιο 1^ο

Από τον Πίνακα 4.1 στους παράγοντες σχεδιασμού, υπολογίστηκαν οι ποσότητες για το ακαδημαϊκό έτος 2019

Υπολογίζεται η εσωτερική ποσότητα χαρτιού που βρέθηκε από τον Πίνακα 4.1 στους παράγοντες σχεδιασμού όπως έγινε και για το 1^ο Σενάριο. Σε αυτή την περίπτωση αυξήσαμε το ποσοστό λειτουργίας του συστήματος σε 85%, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.10 παρακάτω.

Εγκαταστάσεις	Κατανάλωσης (κού-τες/έτος)	Κατανάλωσης (kg/έτος)	Εκτίμηση ποσοστό ανακύκλωσης	Όγκος (m ³)	Απαιτούμενος αριθμός Κάδων	Κάδοι
ΜΗΠΕΡ	498	6225.0	90%	33.3482	138.9508929	139
ΜΗΧΟΠ	28	350.0	75%	1.5625	6.510416667	7
ΗΜΜΥ	37	462.5	80%	2.2024	9.176587302	10
ΜΠΑ-ΑΡΧ.ΜΗΧ	173	2162.5	90%	11.5848	48.27008929	49
Εστίες	0	0.0	0%	0.0000	0	0
Εξωτερική Πύλη	0	0.0	0%	0.0000	0	0
Βιβλιοθήκη	15	187.5	90%	1.0045	4.185267857	5
Αθλητικές εγκαταστάσεις	0	0.0	0%	0.0000	0	0
Σύνολο	751	9387.5	85%	49.7024		210

Πίνακας 4.10: Εκτίμηση εσωτερικής ανακύκλωση 2^{ου} Σεναρίου.

Ως βασική ελάχιστη ποσότητα εξωτερικής ανάκτησης χαρτιού χαρτονιού θεωρείται το 0.7 tn/d ή 146.3 tn/yr. Ενδιάμεση ανάκτηση χαρτιού θεωρήθηκε

1.46 tn/d ή 298,87 tn/y. Μέγιστη ανάκτηση χαρτιού θεωρήθηκε 2,56 tn/d ή 532,04 tn/y. Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται αναλυτικά στο **Παράρτημα 8.1**.

Αν επιλέξουμε την ελάχιστη εξωτερική ανάκτηση 0,7 tn/d, και θεωρήσουμε ότι το λευκό χαρτί εκτύπωσης που θα φτάνει στον Πολυτεχνείο τόσο από τα μέλη της Πολυτεχνειούπολης (προσωπικό και φοιτητές), όσο και από τα μέλη την κοινωνίας των Χανίων (εξωτερικούς κάδους) είναι ένα 14%, τότε η εξωτερική ανάκτηση του ΠΚ υπολογίζεται ως **0.098 tn/d ή 20.482 tn/y**.

Στον παρακάτω Πίνακα 4.11 θα παρουσιαστεί η εκτίμηση για τον καταμερισμό αυτής της ποσότητας στις εγκαταστάσεις του πολυτεχνείου για ένα έτος.

Εγκαταστάσεις	Εκτί- μηση κατανά- λωσης (κού- τες/έτος)	Εκτί- μηση κατανά- λωσης (kg/έτος)	Ποσο- στό ανακύ- κλω- σης	Όγκος (m ³ /έ- τος)	Απαιτούμε- νος αριθμός Κάδων	Κάδοι
ΜΗΠΕΡ	120	1500.0	100%	8.9286	37.20238095	38
ΜΗΧΟΠ	60	750.0	100%	4.4643	18.60119048	19
ΗΜΜΥ	80	1000.0	100%	5.9524	24.8015873	25
ΜΠΔ-ΑΡΧ.ΜΗΧ	100	1250.0	100%	7.4405	31.00198413	32
Εστίες	130	1625.0	100%	9.6726	40.30257937	41
Εξωτερική Πύλη	1000	12500.0	100%	74.4048	310.0198413	311
Βιβλιοθήκη	120	1500.0	100%	8.9286	37.20238095	38
Αθλητικές εγκα- ταστάσεις	20	250.0	100%	1.4881	6.200396825	7
Σύνολο	1630	20375	100%	121.2798		511

Πίνακας 4.11: Εκτίμηση εξωτερικής ανακύκλωση 2^{ου} Σεναρίου.

Αν θεωρήσουμε πως η κατανάλωση και η αποικοδόμηση είναι ανάλογη σε όλους τους μήνες του χρόνου υπολογίζουμε και της μηνιαίες απαιτήσεις σε κάδους. Αυτές υπολογίζονται στον Πίνακα 4.12.

Εγκαταστάσεις	Απαιτούμενοι κάδοι (μήνα)
ΜΗΠΕΡ	15
ΜΗΧΟΠ	3
ΗΜΜΥ	3
ΜΠΔ-ΑΡΧ.ΜΗΧ	7
Εστίες	4
Εξωτερική Πύλη	26
Βιβλιοθήκη	4
Αθλητικές εγκαταστάσεις	1
Σύνολο	63

Πίνακας 4.12: Εκτίμηση μηνιαίων κάδων 2^{ου} Σεναρίου.

Έτσι υπολογίζουμε ότι το Πολυτεχνείο θα χρειαστεί περίπου 63 κάδους κάθε μήνα ώστε να διαχειριστεί τις ποσότητες χαρτιού που θα οδηγηθούν προς ανακύκλωση. Θα χρησιμοποιηθεί το ίδιο σύστημα με το Σενάριο 1 οπότε τελικά απαιτούνται **126 κάδοι** οι οποίοι θα παραδίνονται προς ανακύκλωση στη μέγιστη δυνατή χωρητικότητα. Σε αυτό το σενάριο θα υποθέσουμε ότι η περιφέρεια μπορεί να μας δώσει **το 50% σε απαιτήσεις από κάδους**. Άρα τελικά θα αγορασθούν 63 κάδοι.

Τα σημεία που θα τοποθετηθούν οι κάδοι στην Πολυτεχνειούπολη, παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.2. Τοποθετήθηκαν τόσοι κάδοι ώστε σε συνδυασμό με τις αντικαταστάσεις που προβλέπεται από το προσωπικό να μπορούν να διαχειριστούν τους εκτιμώμενους όγκους χαρτιού εκτύπωσης.



Εικόνα 4.2: Στρατηγική τοποθέτηση κάδων στο ΠΚ 2^{ου} Σεναρίου .

Στάδιο 2:

Για το στάδιο της αποθήκευσης χρειάζεται να ληφθούν οι ακόλουθες αποφάσεις:

- Θα χρειαστεί ένας υπεύθυνος, ο οποίος θα ελέγχει την πληρότητα των κάδων. Η επιλογή που θα κάνουμε αφορά 1 εργαζόμενο άτομο που θα ελέγχει 4 φορές το μήνα και θα αντικαθιστά τους γεμάτους κάδους με άδειους. Αυτή είναι η **Υπόθεση 4** από τον Πίνακα 4.5.

- Για την μετακίνηση των κάδων, όπως αναφέραμε, θα χρειαστεί ένα φορτηγάκι ώστε να γίνεται αυτή η μεταφορά το οποίο **σε αυτό το σενάριο θα παραχωρηθεί από το Πολυτεχνείο**. Σε αυτήν την περίπτωση χρειάζεται μόνο να υπολογίσουμε τα κόστη της βενζίνης για την κίνηση του φορτηγού 4 φορές τον μήνα δηλαδή την **Υπόθεση 4** στον Πίνακα 4.6.
- Θα χρειαστεί το Πολυτεχνείο να βρει μια αποθήκη (εσωτερική ή εξωτερική) ώστε εκεί να γίνεται η φύλαξη των άδειων κάδων αλλά και η μεταφορά των γεμάτων. Στο σενάριο αυτό θεωρούμε ότι θα γίνει κατασκευή της αποθήκης σύμφωνα με το **Παρατήρημα 8.3**. Για τους συγκεκριμένους κάδους, το κόστος κατασκευής της αποθήκης είναι **489.5 €**.

Στάδιο 3:

Για να μειώσουμε τα έξοδα του έργου, η μεταφορά του χαρτιού από το Πολυτεχνείο στην μονάδα ανακύκλωσης **θα γίνεται δωρεάν** από την εταιρία **ECOPLAN** εφόσον ο όγκος των απορριμμάτων χαρτιού ξεπερνάει τους 5 tn.

Στάδιο 4:

Όπως αναφέραμε σε αυτό το σενάριο η επιλογή της ιδιωτικής εταιρίας ανακύκλωσης είναι η **ECOPLAN**. Υποθέσαμε ότι η παράδοση του προς ανακύκλωση χαρτιού θα γίνεται 3 φορές όλο το χρόνο.

Για 28.5 tn/year λευκού χαρτιού οι απολαβές θα είναι:

$$28.7 \text{ tn} * 40 \text{ €/tn} = 1149 \text{ €/year}$$

4.3.3 Σενάριο 3^ο:

Στο τρίτο σενάριο της εργασίας θα είναι παρόμοιο με τα 2 προηγούμενα, η βασική διαφορά τους θα βρίσκεται στην αλλαγή εταιρίας ανακύκλωσης. Θα επιλέξουμε μια διαφορετική εταιρία από την βιβλιογραφία που βρίσκεται στην Αθήνα. Όπως έχει προαναφερθεί, η αξία του λευκού χαρτιού εκτύπωσης προς ανακύκλωση είναι πολύ μεγαλύτερη. Είναι λογικό, η πρωτεύουσα να έχει περισσότερες εταιρίες ανακύκλωσης άρα και πιο ανταγωνιστικές τιμές. Αυτό το σενάριο δημιουργήθηκε ώστε να γίνει αντιληπτή η αξία των ποσοτήτων που παραδίδονται προς ανακύκλωση και οι απολαβές. Αναλυτικότερα τα στάδια της διαδικασίας:

Στάδιο 1^ο

Στους παρακάτω Πίνακες 4.13 και 4.14, παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις για την εσωτερική και εξωτερική ανακύκλωση. Επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε τις ίδιες ποσότητες με το 2^ο Σενάριο.

Εγκαταστάσεις	Κατανάλωσης (κού- τες/έτος)	Κατανάλωσης (kg/έτος)	Εκτίμηση ποσοστό ανακύκλωσης	Όγκος (m ³ /έ- τος)	Απαιτούμε- νος αριθμός Κάδων	Κάδοι
ΜΗΠΕΡ	498	6225.0	90%	33.3482	138.9508929	139
ΜΗΧΟΠ	28	350.0	75%	1.5625	6.510416667	7
ΗΜΜΥ	37	462.5	80%	2.2024	9.176587302	10
ΜΠΔ-ΑΡΧ.ΜΗΧ	173	2162.5	90%	11.5848	48.27008929	49
Εστίες	0	0.0	0%	0.0000	0	0
Εξωτερική Πύλη	0	0.0	0%	0.0000	0	0
Βιβλιοθήκη	15	187.5	90%	1.0045	4.185267857	5
Αθλητικές εγκα- ταστάσεις	0	0.0	0%	0.0000	0	0
Σύνολο	751	9387.5	85%	49.7024		210

Πίνακας 4.13: Εκτίμηση εσωτερικής ανακύκλωση 3^{ου} Σεναρίου.

Εγκαταστάσεις	Εκτί- μηση κατανά- λωσης (κού- τες/έτος)	Εκτί- μηση κατανά- λωσης (kg/έτος)	Ποσο- στό ανακύ- κλω- σης	Όγκος (m ³ /έ- τος)	Απαιτούμε- νος αριθμός Κάδων	Κάδοι
ΜΗΠΕΡ	120	1500.0	100%	8.9286	37.20238095	38
ΜΗΧΟΠ	60	750.0	100%	4.4643	18.60119048	19
ΗΜΜΥ	80	1000.0	100%	5.9524	24.8015873	25
ΜΠΔ-ΑΡΧ.ΜΗΧ	100	1250.0	100%	7.4405	31.00198413	32
Εστίες	130	1625.0	100%	9.6726	40.30257937	41
Εξωτερική Πύλη	1000	12500.0	100%	74.4048	310.0198413	311
Βιβλιοθήκη	120	1500.0	100%	8.9286	37.20238095	38
Αθλητικές εγκα- ταστάσεις	20	250.0	100%	1.4881	6.200396825	7
Σύνολο	1630	20375	100%	121.2798		511

Πίνακας 4.14: Εκτίμηση εξωτερικής ανακύκλωση και σημεία αποικοδόμησης 3^{ου} Σεναρίου

Αν θεωρήσουμε πως η κατανάλωση και η αποικοδόμηση είναι ανάλογη σε όλους τους μήνες του χρόνου υπολογίζουμε και της μηνιαίες απαιτήσεις σε κάδους. Αυτές υπολογίζονται στον Πίνακα 4.15.

Εγκαταστάσεις	Κάδοι ανά Μήνα
ΜΗΠΕΡ	15
ΜΗΧΟΠ	3
ΗΜΜΥ	3
ΜΠΔ-ΑΡΧ.ΜΗΧ	7
Εστίες	4
Εξωτερική Πύλη	26
Βιβλιοθήκη	4
Αθλητικές εγκαταστάσεις	1
Σύνολο	63

Πίνακας 4.15: Εκτίμηση μηνιαίων κάδων 3^{ου} Σεναρίου.

Έτσι υπολογίζουμε ότι το Πολυτεχνείο θα χρειαστεί περίπου 63 κάδους κάθε μήνα ώστε να διαχειριστεί τις ποσότητες χαρτιού που θα οδηγηθούν προς ανακύκλωση. Θα χρησιμοποιηθεί το ίδιο σύστημα με τα προηγούμενα σενάρια

οπότε τελικά απαιτούνται **126 κάδοι** οι οποίοι θα παραδίνονται προς ανακύκλωση στη μέγιστη δυνατή χωρητικότητα. Σε αυτό το σενάριο θα υποθέσουμε ότι η περιφέρεια **δεν μπορεί να δώσει ένα μέρος των απαιτούμενων κάδων**. Άρα τελικά θα αγοραστούν 126 κάδοι.

Τα σημεία που θα τοποθετηθούν οι κάδοι στην Πολυτεχνειούπολη, παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.3. Τοποθετήθηκαν τόσοι κάδοι ώστε σε συνδυασμό με τις αντικαταστάσεις που προβλέπεται από το προσωπικό να μπορούν να διαχειριστούν τους εκτιμώμενους όγκους χαρτιού εκτύπωσης.



Εικόνα 4.3: Στρατηγική τοποθέτηση κάδων στο ΠΚ 3^{ου} Σεναρίου .

Στάδιο 2:

Για το στάδιο της αποθήκευσης χρειάζεται να ληφθούν οι ακόλουθες αποφάσεις:

- Θα χρειαστεί ένας υπεύθυνος, ο οποίος θα ελέγχει την πληρότητα των κάδων. Η επιλογή που θα κάνουμε αφορά 1 εργαζόμενο άτομο που θα ελέγχει 3 φορές το μήνα και θα αντικαθιστά τους γεμάτους κάδους με άδειους. Αυτή είναι η **Υπόθεση 3** από τον Πίνακα 4.5.
- Για την μετακίνηση των κάδων, όπως αναφέραμε, θα χρειαστεί ένα φορτηγάκι ώστε να γίνεται αυτή η μεταφορά το οποίο **σε αυτό το σενάριο θα παραχωρηθεί από το Πολυτεχνείο**. Σε αυτήν την περίπτωση χρειάζεται μόνο να υπολογίσουμε τα κόστη της βενζίνης για την κίνηση του φορτηγού 3 φορές τον μήνα δηλαδή την **Υπόθεση 3** στον Πίνακα 4.6.
- Θα χρειαστεί το Πολυτεχνείο να βρει μια αποθήκη (εσωτερική ή εξωτερική) ώστε εκεί να γίνεται η φύλαξη των άδειων κάδων αλλά και η μεταφορά των γεμάτων. Στο σενάριο αυτό θεωρούμε ότι θα γίνει κατασκευή της αποθήκης σύμφωνα με το **Παρατήρημα 8.3**. Για τους συγκεκριμένους κάδους, το κόστος κατασκευής της αποθήκης είναι **489.5 €**.

Στάδιο 3:

Η μεταφορά του χαρτιού από το Πολυτεχνείο στην μονάδα ανακύκλωσης υποθέτουμε ότι **θα γίνεται δωρεάν** από την εταιρία **ECOMEL A.E.** για την παράδοση μεγάλου όγκου του αποβλήτου.

Στάδιο 4:

Όπως αναφέραμε σε αυτό το σενάριο η επιλογή της ιδιωτικής εταιρίας ανακύκλωσης είναι η **ECOMEL A.E.**

Για 28.7 tn/year λευκού χαρτιού οι απολαβές θα είναι:

$$28.7 \text{ tn} * 75 \text{ €/tn} = 2154 \text{ €/year}$$

Κεφάλαιο 5^ο: Αποτελέσματα

5.1 Έσοδα και έξοδα του 1^{ου} Σεναρίου.

Τα αποτελέσματα του 1^{ου} Σεναρίου παρουσιάζονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες. Ο Πίνακας 5.1, παρουσιάζει τους τόνους χαρτιού που θα πηγαίνουν προς ανακύκλωση καθώς και τα έσοδα για τους εκάστοτε τόνους, ενώ ο Πίνακας 5.2, παρουσιάζει τα έξοδα του έργου. Η ανάλυση των εξόδων θα γίνει σε επενδυτικά και λειτουργικά κόστη.

Προϊόντα		
Λευκό χαρτί	16721	kg/έτος
Τιμή	0.04	€/kg
Σύνολο	669	€/έτος

Πίνακας 5.1: Πίνακας με έσοδα 1^{ου} Σεναρίου.

Κόστη Επένδυσης	Αριθμός	Έξοδα (€)	Κόστη Λειτουργικά	Αριθμός	Έξοδα (€/έτος)
Κάδοι	80	1436	Κάδοι	0	0
Αρμόδιος καθαρισμού	1	0	Αρμόδιος καθαρισμού	1	357
Φορτηγάκι	1	0	Καύσιμα	1	13.2
Αποθήκη	1	0	Αποθήκη	1	0
Σύνολο		1436	Σύνολο		370.2

Πίνακας 5.2: Πίνακας με έξοδα 1^{ου} Σεναρίου.

5.2 Έσοδα και έξοδα του 2^{ου} Σεναρίου.

Τα αποτελέσματα του 2^{ου} Σεναρίου παρουσιάζονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες. Ο Πίνακας 5.3, παρουσιάζει τους τόνους χαρτιού που θα πηγαίνουν προς ανακύκλωση καθώς και τα έσοδα για τους εκάστοτε τόνους, ενώ ο Πίνακας 5.4, παρουσιάζει τα έξοδα του έργου. Η ανάλυση των εξόδων θα γίνει σε επενδυτικά και λειτουργικά κόστη.

Προϊόντα		
Λευκό χαρτί	28725	kg/έτος
Τιμή	0.04	€/kg
Σύνολο	1149	€/έτος

Πίνακας 5.3: Πίνακας με έσοδα 2^{ου} Σεναρίου.

Κόστη Επένδυσης	Αριθμός	Έξοδα (€)	Κόστη Λειτουργικά	Αριθμός	Έξοδα (€/έτος)
Κάδοι	126	2261.7	Κάδοι	0	0
Αρμόδιος καθαρισμού	1	0	Αρμόδιος καθαρισμού	1	462
Φορηγάκι	1	0	Καύσιμα	1	26.4
Αποθήκη	1	489.5	Αποθήκη	1	0
Σύνολο		2751.2	Σύνολο		488.4

Πίνακας 5.4: Πίνακας με έξοδα 2^{ου} Σεναρίου.

5.3 Έσοδα και έξοδα του 3^{ου} Σεναρίου.

Τα αποτελέσματα του 3^{ου} Σεναρίου παρουσιάζονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες. Ο Πίνακας 5.5, παρουσιάζει τους τόνους χαρτιού που θα πηγαίνουν προς ανακύκλωση καθώς και τα έσοδα για τους εκάστοτε τόνους, ενώ ο Πίνακας 5.6, παρουσιάζει τα έξοδα του έργου. Η ανάλυση των εξόδων θα γίνει σε επενδυτικά και λειτουργικά κόστη.

Προϊόντα		
Λευκό χαρτί	28725	kg/έτος
Τιμή	0.075	€/kg
Σύνολο	2154	€/έτος

Πίνακας 5.5: Πίνακας με έσοδα 3^{ου} Σεναρίου.

Κόστη Επένδυσης	Αριθμός	Έξοδα (€)	Κόστη Λειτουργικά	Αριθμός	Έξοδα (€/έτος)
Κάδοι	126	4523.4	Κάδοι	0	0
Αρμόδιος καθαρισμού	0	0	Αρμόδιος καθαρισμού	1	462
Φορτηγάκι	0	0	Καύσιμα	1	26.4
Αποθήκη	1	489.5	Αποθήκη	0	0
Σύνολο		5012.9	Σύνολο		488.4

Πίνακας 5.6: Πίνακας με έξοδα 3^{ου} Σεναρίου.

5.3 Αποτελέσματα Οικονομικής Ανάλυσης .

Για την ολοκληρωμένη εικόνα των επενδύσεων, στους Πίνακες 5.7, 5.8 και 5.9, παρουσιάζονται οι Ταμειακές χρηματικές ροές και για το 1^ο, 2^ο και 3^ο Σενάριο αντίστοιχα και οι πίνακες των δανείων για κάθε ένα από τα 3 Σενάρια. Τα σενάρια που σχεδιάστηκαν αναλύθηκαν σε χρονική περίοδο 10 ετών. Και για τα 3 σενάρια χρησιμοποιήθηκαν οι εξής παράμετροι:

- Προεξοφλητικό επιτόκιο: 2%
- Επιτόκιο Δανείου: 5%
- Ποσό δανείου υπολογίστηκε 50% των εκάστοτε χρημάτων επένδυσης.
- Χρόνος περιόδου: 10 έτη

Ταμειακές (χρηματικές) ροές σε χιλιάδες ευρώ	Σενάριο 1 ^ο										
Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Εισροές/έσοδα	0	669	669	669	669	669	669	669	669	669	669
Λειτουργικά κόστη	0	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370
Τοκοχρεωλύσια	0	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
Τόκοι δανείου	0	36	33	30	27	24	20	16	13	9	4
Κόστος επένδυσης	1,436	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Δάνειο	718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Εκροές/συνολικά έξοδα	718	463	463	463	463	463	463	463	463	463	463
Καθαρές ταμειακές ροές ΚΤΡ	-718	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206
Σωρευτικές ΚΤΡ	-718	-512	-307	-101	105	310	516	722	927	1,133	1,339
Προεξοφλημένες ΚΤΡ	-718	202	198	194	190	186	183	179	176	172	169
Σωρευτικές προεξ ΚΤΡ	-718	-516	-319	-125	65	251	434	613	789	961	1,129

Loans Amortisation

ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ

$C = 718$

$i = 5.00\%$

$n = 10$

(t)	(I)	(X)	(D)	(E)	(Y)
Περίοδος	Τόκος	Χρεολύσιο	Δόση	Εξοφληθέν	Υπόλοιπο
Period	Pmt on Interest	Pmt on Principal	Periodic Pmt	Paid out	Balance
0	0	0	0	0	718
1	35.9	57.1	93.0	57.1	660.9
2	33.0	59.9	93.0	117.0	601.0
3	30.0	62.9	93.0	180.0	538.0

4	26.9	66.1	93.0	246.0	472.0
5	23.6	69.4	93.0	315.4	402.6
6	20.1	72.9	93.0	388.3	329.7
7	16.5	76.5	93.0	464.8	253.2
8	12.7	80.3	93.0	545.1	172.9
9	8.6	84.3	93.0	629.4	88.6
10	4.4	88.6	93.0	718.0	0.0
SUM	265.5	900.0	1,165.5		
<i>Loans</i>					<i>14-Mar-22</i>

Πίνακας 5.7: Πίνακας με ταμειακές ροές και πίνακας δανείου 1^{ου} Σεναρίου.

Ταμειακές (χρηματικές) ροές σε χιλιάδες ευρώ	Σενάριο 2 ^ο										
Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Εισροές/έσοδα	0	1,149	1,149	1,149	1,149	1,149	1,149	1,149	1,149	1,149	1,149
Λειτουργικά κόστη	0	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488
Τοκοχρεωλύσια	0	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178
Τόκοι δανείου	0	69	63	58	52	45	39	32	24	17	8
Κόστος επένδυσης	2,751	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Δάνειο	1,376	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Εκροές/συνολικά έξοδα	1,376	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667
Καθαρές ταμειακές ροές ΚΤΡ	-1,376	482	482	482	482	482	482	482	482	482	482
Σωρευτικές ΚΤΡ	-1,376	-893	-411	72	554	1,037	1,519	2,002	2,484	2,966	3,449
Προεξοφλημένες ΚΤΡ	-1,376	473	464	455	446	437	428	420	412	404	396
Σωρευτικές προεξ ΚΤΡ	-1,376	-903	-439	16	461	898	1,327	1,747	2,159	2,562	2,958

<div> Loans Amortisation <div> $C = 1,376$ $i = 5.00\%$ $n = 10$ </div> </div>					
ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ					
(t) Περίοδος Period	(I) Τόκος Pmt on Interest	(X) Χρεολύσιο Pmt on Principal	(D) Δόση Periodic Pmt	(E) Εξοφληθέν Paid out	(Y) Υπόλοιπο Balance
0	0	0	0	0	1375.6
1	68.8	109.4	178.1	109.4	1,266.2
2	63.3	114.8	178.1	224.2	1,151.4
3	57.6	120.6	178.1	344.8	1,030.8
4	51.5	126.6	178.1	471.4	904.2
5	45.2	132.9	178.1	604.3	771.3
6	38.6	139.6	178.1	743.9	631.7
7	31.6	146.6	178.1	890.5	485.1
8	24.3	153.9	178.1	1,044.4	331.2
9	16.6	161.6	178.1	1,205.9	169.7
10	8.5	169.7	178.1	1,375.6	0.0
SUM	265.5	900.0	1,165.5		
<div>Loans</div> <div>14-Mar-22</div>					

Πίνακας 5.8: Πίνακας με ταμειακές ροές και πίνακας δανείου 2^{ου} Σεναρίου.

Ταμειακές (χρηματικές) ροές σε χιλιάδες ευρώ	Σενάριο 3 ^ο										
Έτος	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Εισροές/έσοδα	0	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154	2,154
Λειτουργικά κόσστη	0	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488
Τοκοχρεωλύσια	0	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
Τόκοι δανείου	0	125	115	105	94	82	70	58	44	30	15

Κόστος επένδυσης	5,013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Δάνειο	2,506	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Εκροές/συνολικά έξοδα	2,506	581	581	581	581	581	581	581	581	581	581
Καθαρές ταμειακές ροές KTP	-2,506	1,573	1,573	1,573	1,573	1,573	1,573	1,573	1,573	1,573	1,573
Σωρευτικές KTP	-2,506	-933	640	2,213	3,786	5,359	6,931	8,504	10,077	11,650	13,223
Προεξοφλημένες KTP	-2,506	1,542	1,512	1,482	1,453	1,425	1,397	1,369	1,343	1,316	1,290
Σωρευτικές προεξ KTP	-2,506	-964	548	2,030	3,483	4,908	6,305	7,674	9,016	10,333	11,623

Loans Amortisation ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ					
$C = 2,506$ $i = 5.00\%$ $n = 10$					
(t) Περίοδος Period	(I) Τόκος Pmt on Interest	(X) Χρεολύσιο Pmt on Principal	(D) Δόση Periodic Pmt	(E) Εξοφληθέν Paid out	(Y) Υπόλοιπο Balance
0	0	0	0	0	2506.45
1	125.3	199.3	324.6	199.3	2,307.2
2	115.4	209.2	324.6	408.5	2,097.9
3	104.9	219.7	324.6	628.2	1,878.2
4	93.9	230.7	324.6	858.9	1,647.6
5	82.4	242.2	324.6	1,101.1	1,405.3
6	70.3	254.3	324.6	1,355.4	1,151.0
7	57.6	267.0	324.6	1,622.5	884.0
8	44.2	280.4	324.6	1,902.9	603.6
9	30.2	294.4	324.6	2,197.3	309.1
10	15.5	309.1	324.6	2,506.5	0.0
SUM	265.5	900.0	1,165.5		
<i>Loans</i> 14-Mar-22					

Πίνακας 5.9: Πίνακας με ταμειακές ροές και πίνακας δανείου 3^{ου} Σεναρίου.

Επιπρόσθετα, παρουσιάζεται ο Πίνακας 5.10 όπου γίνεται η αξιολόγηση των τριών Σεναρίων. Όπως φαίνεται και στον πίνακα, η αξιολόγηση πραγματοποιείται για το χρονικό περιθώριο αποκλήρωσης της επένδυσης, για την καθαρή παρούσα αξία και τέλος τον εσωτερικό συντελεστή αποδοτικότητας.

Κριτήρια αξιολόγησης	Σενάριο 1 ^ο	Σενάριο 2 ^ο	Σενάριο 3 ^ο
Ετήσιο Ισοδύναμο κόστος (€/έτος)	159.9	306.3	558.1
Κόστος ανά κιλό λευκού χαρτιού που πάει για ανακύκλωση (€/kg)	0.032	0.024	0.032
Χρόνος Αποπληρωμής Επένδυσης (έτη)	3.49	2.85	1.41
Προεξοφλιμένος Χρόνος Αποπληρωμής Επένδυσης (έτη)	3.66	2.97	1.37
Καθαρή Παρούσα Αξία (€)	1,129.32	2,958.08	11,623.07
Εσωτερικός Συντελεστής Αποδοτικότητας (%)	25.74%	33.06%	62.26%

Πίνακας 5.10: Πίνακας με κριτήρια αξιολόγησης των Σεναρίων.

5.4 Αποτελέσματα εξοικονόμησης πόρων

Στον παρακάτω Πίνακα 5.11 παρουσιάζονται οι πόροι που εξοικονομούνται κάθε φορά που ανακυκλώνουμε αυτές τις ποσότητες χαρτιού. Τα δεδομένα αυτά προήλθαν από τον υπολογισμό της βιωσιμότητας που έγινε με το πρόγραμμα Steinbeis Paper.

Εξοικονόμηση πόρων	Σενάριο 1 ^ο	Σενάριο 2 ^ο	Σενάριο 3 ^ο
Ξυλιά (kg)	47,936	83,888	83,888
Νερό (L)	692,800	1,212,400	1,212,400
Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	123,566	216,241	216,241
Εκπομπές CO ₂ (kg)	10,224	17,892	17,892

Πίνακας 5.11: Πίνακας με τις εξοικονομήσεις των πόρων των Σεναρίων [www.stp.de].

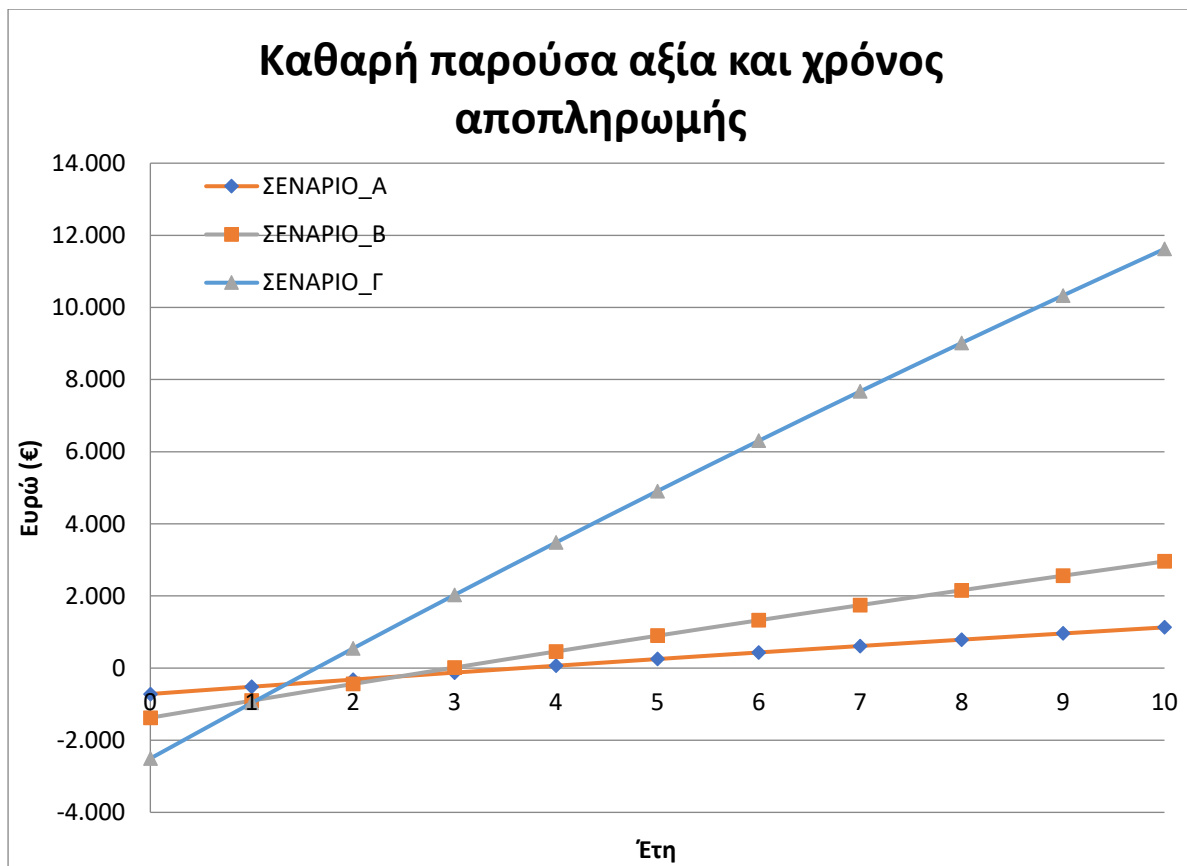
5.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Τα παραπάνω σενάρια έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργήσουν στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Έτσι χρειάζεται να συγκρίνουμε τις παραμέτρους που έχουμε χρησιμοποιήσει ώστε να συγκρίνουμε τόσο την βιωσιμότητα του έργου, όσο και τα συνολικά κόστη και έξοδα. Στο παρακάτω Πίνακα 5.12 παρουσιάζονται συνολικά οι ομοιότητες και οι διαφορές που έχουν τα τρία σενάρια μεταξύ τους όσον αφορά τις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν.

Παράμετροι	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Ποσότητα χαρτιού προς ανακύκλωσης (kg/year)	16721	28725	28725
Ποσότητα εξωτερικής ανακύκλωσης (%)	7%	14%	14%
Ποσοστό εσωτερικής ανακύκλωσης (%)	65%	85%	85%
Ετήσιες απολαβές (€/year)	669	1149	2154
Κόστη επένδυσης (€)	1436	2751.2	5012.9
Λειτουργικά κόστη (€/month)	370.2	488.4	488.4
Τιμή αγοράς ανακυκλώσιμου χαρτιού από τις εταιρίες (€/kg)	0,04	0,04	0,075
Κόστος ανά κιλό λευκού χαρτιού που πάει για ανακύκλωση (€/kg)	0.032	0.024	0.032
Αριθμός κάδων που θα χρειαστούμε (τεμάχια)	80	126	126
Ποσότητα κάδων που μας χαρίζονται (%)	50%	50%	0
Παραχώρηση ή μη αποθήκης από το Π.Κ.	παραχωρείται	κατασκευάζεται	κατασκευάζεται
Ενασχόληση προσωπικού	3 d/month	4 d/month	4 d/month
Βενζίνες (€/moth)	13.2	26.4	26.4
Προεξοφλητικό επιτόκιο (%)	2%	2%	2%
Επιτόκιο δανείου (%)	5%	5%	5%
Δάνειο (% του κόστους)	50%	50%	50%

Πίνακας 5.12: Πίνακας παραμέτρων και διαφοροποιήσεων σεναρίων.

Είναι λογικό πως όποιο σενάριο παραδίδει μεγαλύτερη ποσότητα χαρτιού στην βιομηχανία ανακύκλωσης να είναι και το πιο οικονομικά κερδοφόρο. Στον Διάγραμμα 5.1 παρουσιάζονται οι απαιτούμενοι χρόνοι αποπληρωμής και για τα 3 Σενάρια.



Διάγραμμα 5.1: Υπολογισμός χρόνου αποπληρωμής Σεναρίων.

Το 1^ο Σενάριο είναι και αυτό που σύμφωνα με παρόμοιες μελέτες προσεγγίζει την πραγματικότητα. Παρατηρείτε ότι έχει τα μικρότερα κόστη επένδυσης από τα άλλα 2 αλλά και τις μικρότερες απολαβές. Ο χρόνος αποπληρωμής του υπολογίστηκε περίπου στα 3.5 έτη, με τα τελικά κέρδη στο διάστημα των 10 ετών να αγγίζουν τα 1,200€.

Για το 2^ο Σενάριο παρατηρείται ότι, παρόλο που έχει μεγαλύτερα κόστη επένδυσης και ο χρόνος αποπληρωμής του υπολογίζεται περίπου στα 3 έτη, στο βάθος των 10 ετών οι απολαβές του είναι περίπου 3,000€. Το 2^ο Σενάριο έχει μεγαλύτερη καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) από το 1^ο Σενάριο.

Το 3^ο Σενάριο, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, χρησιμοποιήθηκε με βιβλιογραφικές τιμές ώστε να αντιληφθούμε πόσο επικερδές θα ήταν ένα τέτοιο εγχείρημα από το Πολυτεχνείο. Αυτό που παρατηρείτε είναι ότι με τις ίδιες ποσότητες χαρτιού προς ανακύκλωση στα 10 έτη οι απολαβές αγγίζουν τα 12,000€.

Επιπρόσθετα, στον πίνακα 5.10 παρουσιάζονται και οι εσωτερικοί συντελεστές αποδοτικότητας που βρέθηκαν 25.74%, 33.06% και 62.26% για το Σενάριο 1, 2 και 3 αντίστοιχα. Όλοι οι συντελεστές βρίσκονται σε ένα πολύ υψηλό ποσοστό, καθιστώντας και τα τρία Σενάρια αρκετά λειτουργικά. Αξίζει ακόμα να αναφερθεί ότι το συνολικό κόστος που προκύπτει ανά κιλό λευκού χαρτιού που πάει για ανακύκλωση για τα τρία σενάρια είναι 0.032, 0.024 και 0.032 €/kg αντίστοιχα. Με αυτόν τον τρόπο κατανοούμε ότι το 2^ο σενάριο είναι πιο οικονομικά ωφέλιμο.

Είναι λογικό, τα κέρδη να αυξάνονται όσο αυξάνεται και ο όγκος που παραδίδεται για ανακύκλωση. Το ίδιο συμβαίνει και με τους πόρους που εξοικονομούνται κατά την ανακύκλωση αυτών των ποσοτήτων χαρτιού που παρουσιάζονται στον πίνακα 5.11.

Εν κατακλείδι, παρόλο που και τα τρία Σενάρια φαίνονται λειτουργικά, θα επιλέξουμε ως βέλτιστη λύση το σενάριο 2 για τους παρακάτω λόγους:

1. Το Σενάριο 2 έχει τα μικρότερα κόστη ανά μονάδα λευκού χαρτιού που ανακυκλώνεται που υπολογίστηκαν 0.024 €/kg.
2. Θεωρείτε πως η περιβαλλοντική ευαισθησία θα αυξηθεί με τις προαναφερθέντες δράσεις οπότε επιλέγουμε την μεγαλύτερη ποσότητα χαρτιού απορρίπτοντας το 1^ο Σενάριο.
3. Μετά από προσπάθειες επικοινωνίας δεν καταφέραμε να πάρουμε μια νέα προσφορά από αυτή την εταιρία ανακύκλωσης οπότε και το Σενάριο 3^ο θα απορριφθεί.

Κεφάλαιο 6^ο: Συμπεράσματα

Στην μελέτη αυτή ερευνήθηκε η εφικτότητα να σχεδιαστεί ένα σύστημα ανακύκλωσης λευκού χαρτιού εκτύπωσης στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Σχεδιάστηκαν 3 διαφορετικά Σενάρια με σκοπό την προσέγγιση του όγκου χαρτιού που θα μπορούσε το Πολυτεχνείο να αξιοποιεί, τόσο για τους περιβαλλοντικούς συντελεστές, όσο και για τους οικονομικούς. Ακόμα αυτό που παρατηρείται είναι ότι σε άλλες χώρες της Ευρώπης το χαρτί εκτύπωσης που παραδίδεται για ανακύκλωση έχει πολύ μεγαλύτερη χρηματική αξία. Σε ένα νησί, όπως η Κρήτη, που τέτοιου είδους εγκαταστάσεις ανακυκλώσεις δεν είναι πολλές, οι απολαβές είναι μικρότερες. Μια μελλοντική πρόταση είναι γνωρίζονται την πραγματική δυναμική του εγχειρήματος να γίνει αλλαγή στην εταιρία ανακύκλωσης ώστε να αυξηθούν τα κέρδη όπως είδαμε και στο 3^ο Σενάριο.

Όσον αφορά τους οικονομικούς παράγοντες, αρχικά αξίζει να σημειωθεί πως σε κάθε περίπτωση το ΠΚ θα μπορούσε να αυξήσει τις ετήσιες οικονομικές του απολαβές. Αυτές οι απολαβές είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την περιβαλλοντική αφύπνιση της πολυτεχνειακής κοινότητας. Η προσπάθεια για την μέγιστη συμμετοχή είναι όπως φαίνεται το κυριότερο ζήτημα που έχει το πολυτεχνείο να αντιμετωπίσει ώστε να αυξήσει και τον όγκο χαρτιού που θα παραδίδει προς ανακύκλωση και κατά συνέπεια τα ετήσια κέρδη. Οι οικονομικές απολαβές ξεκινούν όταν θα παραδοθούν οι πρώτοι τόνοι προς ανακύκλωση και όπως είδαμε και παραπάνω και τα 3 σενάρια θα αποπληρώσουν σε λιγότερο από 5 χρόνια τα επενδυτικά κόστη.

Αξίζει ακόμα να σημειωθεί πως το σύστημα που έχει σχεδιαστεί μπορεί να διαχειριστεί μεγαλύτερο όγκο ανακυκλώσιμου χαρτιού. Η αντικατάσταση και η αποθήκευση των γεμάτων κάδων, μπορεί να μην δίνει στο έργο την δυνατότητα να αποθηκεύει μεγαλύτερες ποσότητες, αλλά, μπορεί να αυξήσει την συχνότητα παράδοσης αν οι όγκοι ξεπεράσουν τους σχεδιαστικούς όγκους.

Επιπλέον, σχετικά με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, είναι λογικό, όσο αυξάνεται ο όγκος που παραδίδεται προς ανακύκλωση να αυξάνονται και οι πόροι που εξοικονομούνται. Συνεπώς, παρατηρείται ξανά πόσο σημαντική ή

θέση κλειδί, είναι η συνεισφορά των μελών της πολυτεχνειακής κοινότητας στο έργο και η προσπάθεια για περιβαλλοντική αφύπνιση. Η διαδικασία αυτή, βασίζεται πάνω στα άτομα που αλληλοεπιδρούν με το ΠΚ και στόχος είναι να μπει στην καθημερινότητα όλων.

Εν κατακλείδι, συνοπτικά θα μπορούσαμε να βγάλουμε τα εξής συμπεράσματα:

1. Ολόκληρη η κοινωνία την τελευταία δεκαετία, κατανοεί όλο και περισσότερο την έννοια της ανακύκλωσης. Ο τρόπος ζωής περιστρέφεται γύρω από έναν ευαισθητοποιημένο προς το περιβάλλον πύρινα. Οι κοινωνικές τάσεις που προβάλλουν την «πράσινη σκέψη» και την ανακύκλωση αυξάνονται συνεχώς, για αυτό το ΠΚ χρειάζεται να ενισχύσει αυτή την ενημέρωση και ταυτόχρονα να δημιουργήσει ένα χώρο ώστε να λειτουργεί σωστά.
2. Παρατηρείτε ότι όλο και περισσότεροι νόμοι εμπλέκονται με την πράσινη ανάπτυξη καθώς και με τα απόβλητα. Έτσι, γίνεται αντιληπτό ό,τι ίσως στο μέλλον να αυξηθούν ακόμα περισσότερο οι τιμές του λευκού χαρτιού που πηγαίνει προς ανακύκλωση, αλλά και ίσως είναι ευκολότερη η απόκτηση κάποιας επιδότησης από το Ελληνικό Κράτος ή από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την δημιουργία μιας τέτοιας μονάδας.

Κεφάλαιο 7^ο: Βιβλιογραφία

Διεθνή Βιβλιογραφία

Abarca-Guerrero Lilliana, Maas Ger, Hogland William (2012), Solid waste management challenges for cities in developing countries, *Waste Management* 33(1)

Abbott Andrew, Nandeibam Shasikanta, Lucy O'Shea (2011), Explaining the variation in household recycling rates across the UK, *Ecological Economics* 70 (2011) 2214–2223

Adeniran A.E., Nubi A.T., Adelopo A.O. (2017), Solid waste generation and characterization in the University of Lagos for a sustainable waste management, *Waste Management* 67 (2017) 3–10

Al-Shatnawi Zahra, Alnusairat Saba, Kakani Anan (2020), Towards Zero Solid Waste in Jordanian Universities: The Case of Al-Ahliyya Amman University, *Environmental Research, Engineering and Management* 2020/76/4

Bell Jason, Huber Joel, and W. Kip Viscusi (2017), Fostering Recycling Participation in Wisconsin Households through Single-Stream Programs, 10.3368/le.93.3.481 *Land Economics*

Biermann C. J. (1996): “Handbook of Pulping and Papermaking”, 2nd Edition, Academic Press, California.

Borchardt J. K. (2006): “Recycling, Paper”. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* (online version), John Wiley & Sons, Inc.

Borchardt J. K., Rask J. H., G. A. York, K. Cathie (1995): “Microscopic Analysis of Toner-Printed Paper After Pulping”. *Progress in Paper Recycling*, p. 16-25.

Botetzagias Iosif, Dima Andora-Fani, Malesios Chrisovaladis (2015), Extending the Theory of Planned Behavior in the context of recycling: the role of moral norms and of demographic predictors

Cathie K., Guest D. (1991): “Wastepaper”. Pira International, England.

CEPI, ERPA (2002): “European List of Standard Grades of Recovered Paper and Board”.

Crociata Alessandro, Agovino Massimiliano, Pier Luigi Sacco (2015), Recycling waste: Does culture matter?, *Journal of Behavioral and Experimental Economics*

55(2015)40–47

DiGiacomo A, Wu D.W.L., Lenkic P., B. Fraser, J. Zhao, A Kingstone (2018) Convenience improves composting and recycling rates in high-density residential buildings J. Environ. Plann. Manag., 61 (2) (2018), pp. 309-331, 10.1080/09640568.2017.1305332

Fiorillo Damiano (2013,)Household waste recycling: national survey evidence from Italy, Journal of Environmental Planning and Management

Hamilton F. R. (1987): "Pulping Systems". In "Pulp and Paper Manufacture", 3rd Edition, Vol. 3, "Secondary Fibers and Non-Wood Pulping" (Edited by F. Hamilton, B. Leopold, M. J. Kocurek), Joint Textbook Committee of the Paper Industry, TAPPI, CPPA, Atlanta

Holik H. (Ed.) (2006): "Handbook of Paper and Board". WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

Lund H. F. (Ed.) (2001): "The McGraw-Hill Recycling Handbook". 2nd Edition, The McGraw-Hill Companies, Inc., USA. 3

McDonald Seonaidh, Oates Caroline (2003), Reasons for non-participation in a kerbside recycling scheme, Resources/Conservation and Recycling 39 (2003) 369/385

Moe S. T., Roring A.: "Theory and Practice of Flotation Deinking".

Najafian Seyed Mohsen, Karamidehkordi Esmail (2018), Challenges of sustainability efforts of universities regarding the sustainable development goals: a case study in the University of Zanjan, Iran, E3S Web of Conferences 48, 04001 (2018)

Reis Patricia Pinto,Elizabeth, Menezes João, Rebelo Efigénio (2004)Behavioral Determinants of Household Recycling ParticipationThe Portuguese Case, Environment and Behavior 36(4):505-540

Rodzi Rodzidah Mohd, Zulkifli Mohd Nopiah, Noor Ezlin Ahmad Basri (2019), Analysis of Solid Waste Generation and Composition in Malaysia TVET Campus, INTERNATIONAL JOURNAL OF INTEGRATED ENGINEERING VOL. 11 NO. 2 (2019) 158–170

Sabariah Alias Fatma, Latifah Abdul Manaf, Mariani Ariffin & Sabrina Ho Abdullah (2019), Enhancing the potential of recyclables waste collection through waste bank programme Experience from hei in Malaysia Journal of the Malaysian Institute of Planners VOLUME 17 ISSUE 2 (2019), Page 158 –167

Saleem Muhammad, I Nawaf. Blaisi, Othman Subhi D. Alshamrani and Abdulaziz Al-Barjis (2018), Fundamental investigation of solid waste generation and disposal behaviour in higher education institute in the Kingdom of Saudi Arabia, Indoor and Built Environment 0(0) 1–11

Tans Eric D. (2017). Sustainable Academic Libraries: A Campus Partnership at Michigan State University Handbook of Theory and Practice of Sustainable Development in Higher Education, World Sustainability Series, DOI 10.1007/978-3-319-47895-1_6

Thomas Christine, Sharp Veronica (2013), Understanding the normalisation of recycling behaviour and its implications for other pro-environmental behaviours: A review of social norms and recycling, Resources, Conservation and Recycling 79 (2013) 11–20

Triguero A., Alvarez-Aledo C., M.C. Cuerva (2016), Factors influencing willingness to accept different waste management policies: empirical evidence from the European Union, Journal of Cleaner Production 138 (2016) 38e46

Tu Qingshi, Zhu Chao, McAvoy Drew C. (2015), Converting campus waste into renewable energy – A case study for the University of Cincinnati, Waste Management 39 (2015) 258–265

Yau Yung (2010), Domestic waste recycling, collective action and economic incentive: The case in Hong Kong, Waste Management 30 (2010) 2440–2447

Zhang Dongyong, Mengge Hao, Sida Chen and Stephen Morse (2020), Solid Waste Characterization and Recycling Potential for a University Campus in China, Sustainability 2020, 12, 3086

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ζερβός Σπύρος (2015): «Συντήρηση και Διατήρηση Χαρτιού, Βιβλίων και Αρχειακού Υλικού»

Οικονομίδης (2005): Ανακύκλωση Παλιόχαρτου. Παραδόσεις ύλης του μαθήματος «Σχεδιασμός Εγκαταστάσεων Καθαρών Βιομηχανιών», Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.

Ράλλης Γιώργος (2006): «Οικολογική Διαχείριση Χαρτιού Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών», Τεχνικο-Οικονομική Μελέτη ΓΠΑ

Σολδάτος Πέτρος Γ., Ροζάκης Στέλιος Π. (2013): “ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ”, ΠΚ

Φιλιππακοπούλου Θ. (2007): Μελέτη Λεύκανσης Απομελανωμένου Παλαιόχαρτου Εφημερίδων και Περιοδικών. Ιδακτορική Ιατριβή, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Διαδικτυακή Βιβλιογραφία

<http://estia.hua.gr/file/lib/default/data/7632/theFile>

<http://www.dedisa.gr>

<http://www.dedisa.gr/wp-content/uploads/2017/05/ebook1.pdf>

https://fotavgeia.blogspot.com/2014/02/blog-post_14.html

<https://greenblue.org/reloop-what-is-source-separated-recycling>

<https://www.free-recycle.gr>

<https://www.free-recycle.gr/anakyklosh/xarti.html>

<https://www.paperrecyclingcoalition.com/faqs/paper-recycling-terminology/>

<https://stopbasura.com/en/2019/04/08/7-benefits-of-paper-recycling/>

<https://www.stp.de>

Κεφάλαιο 8^ο: Παραρτήματα

Παράρτημα 8.1: Εκτίμηση ανάκτησης χαρτιού από το ΠΚ

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης επιλέγεται ως μέθοδος εκτίμησης της ανάκτησης ποσότητας χαρτιού ο θεωρητικός υπολογισμός της μέσης περιεκτικότητας χαρτιού των ημερήσια μεικτών απορριμμάτων του ΠΚ βάσει του γενικού τύπου:

$$A_x = \Pi_x * A_\mu$$

όπου,

A_x = ημερήσια ποσότητα απορριμμάτων χαρτιού & χαρτονιού (tn/day)

A_μ = ημερήσια ποσότητα μεικτών απορριμμάτων (tn/day)

Π_x = περιεκτικότητα χαρτιού μ , κατά βάρος, μεικτών απορριμμάτων (%)

Η ημερήσια ποσότητα απορριμμάτων στο ΠΚ μπορεί να υπολογιστεί κατά προσέγγιση από τον τύπο:

$$A_\mu = A_k * O_k * \Phi_{\mu\pi}$$

όπου,

A_k = αριθμός κάδων μεικτών απορριμμάτων = 20 τεμ

O_k = μέσος όγκος κάθε υπάρχοντος κάδου = 1 m³ ανά κάδο

$\Phi_{\mu\pi}$ = φαινομενική πυκνότητα (tn/m³)

Η μέση φαινομενική πυκνότητα των απορριμμάτων του Δ. Αθηνών ήταν περίπου 0,168 tn/m³, και η μέση σύνθετη κατά βάρος τιμή για το χαρτί και χαρτόνι ήταν 22%, ζυμώσιμα 48,5% και λοιπά απορρίμματα 29,5%. Λαμβάνοντας ως παραδοχή ότι η μέση σύνθεση των μεικτών απορριμμάτων του ΠΚ είναι ίση με αυτή των Αθηνών, προκύπτει ότι:

$$A_{\mu} = 20 * 1 * 0.168 = 3.36 \text{ tn/day}$$

$$A_x = 0.22 * 3.36 = 0.7 \text{ tn/day}$$

Ως βασική ελάχιστη ποσότητα ανάκτησης χαρτιού χαρτονιού θεωρείται αυτή που περιέχεται σε 20 κάδους απορριμμάτων του ΠΚ, βάση μια μέσης περιεκτικότητας χαρτιού 22%. Με την συμπληρωματική παραδοχή ότι οι κάδοι αυτοί γεμίζουν καθημερινά εκτός Σαββάτου, Κυριακής και αργιών. Έτσι για την ετήσια ποσότητα θα πολλαπλασιάσουμε με 209 ημέρες/έτος.

$$A_x = 0.7 \text{ tn/day} * 209 \text{ day/year} = 146.3 \text{ tn/year}$$

Στη δεύτερο υπόθεση, μιας και στο ΠΚ τα ζυμώσιμα που απορρίπτονται από τα γραφεία, τα εργαστήρια και τις αίθουσες διδασκαλίας μπορούν να θεωρηθούν αμελητέα, το ποσοστό χαρτιού των μεικτών απορριμμάτων του ΠΚ μάλλον πλησιάζει περισσότερο το μέγεθος $22/(22+29,5) = 42,7\%$. Σε αυτή την περίπτωση προκύπτει μια ημερήσια ποσότητα απορριμμάτων χαρτιού:

$$A_x = 0.427 * 3.36 = 1.43 \text{ tn/day}$$

Σαν τρίτη υπόθεση θα θεωρήσουμε ότι η φαινομενική πυκνότητα των μεικτών απορριμμάτων στους κάδους του ΠΚ δεν είναι ίση με την προαναφερθείσα μέση πυκνότητα του Δ. Αθηνών αλλά ίση με $0,300 \text{ tn/m}^3$ (από την μελέτη της ΕΣΔΚΑ 1992) τότε προκύπτει ότι:

$$A_x = 0.427 * 0.3 * 20 = 2.56 \text{ tn/day}$$

Λόγω της αβεβαιότητας που υπάρχει για την ακριβή σημερινή περιεκτικότητα χαρτιού στα απορρίμματα, στα πλαίσια αυτής της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν

αυτά τα τρία διαφορετικά επίπεδα ημερήσιας ανάκτησης χαρτιού.

Ακόμα λόγω της αβεβαιότητας της φαινομενικής πυκνότητας του χαρτιού εντός των κάδων, στα πλαίσια αυτής της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά επίπεδα της φαινομενικής πυκνότητας εντός των κάδων ανάκτησης χαρτιού για **0,168**, για **0,300** και για **0,500 tn/m³**.

Παράρτημα 8.2: Κατασκευή αποθήκης

Για την κατασκευή του εξωτερικού αποθηκευτικού χώρου των άδειων και γεμάτων κάδων θα υπολογιστούν αρχικά τα απαραίτητα τετραγωνικά της κατασκευής για κάθε κατηγορία κάδου. Ο αριθμός των κάδων που βρίσκονται στην αποθήκη είναι ο αριθμός των κάδων που θα αγορασθούν για την αντικατάσταση δηλαδή οι 48 επιπλέον κάδοι. Ο υπολογισμός αυτός θα γίνει με ως εξής:

$$E_{\alpha} = E_{\kappa} * A_{\kappa} \quad \text{όπου,}$$

E_{α} = εμβαδόν αποθήκης

E_{κ} = εμβαδόν κάδου και

A_{κ} = αριθμός κάδων

Για την ολοκληρωμένη κατασκευή θα προσθέσουμε σε όλες τις περιπτώσεις 10 m² ώστε να αντιμετωπίσουμε προβλήματα χωρητικότητας σε περίπτωση που χρειαστούν να αγορασθούν παραπάνω κάδοι ή να οδηγηθούν εκεί μεγαλύτερος αριθμός από τους 48 κάδους.

Χωρητικότητα (L)	Εξωτερικό πλάτος x Μήκος (cm)	Ελάχιστη χωρητικότητα αποθήκης (m ²)	Τελική χωρητικότητα αποθήκης (m ²)
120	50 x 50	12	22
240	58.5 x 72.5	20.4	30.4
390	74.5 x 80	28.7	38.7

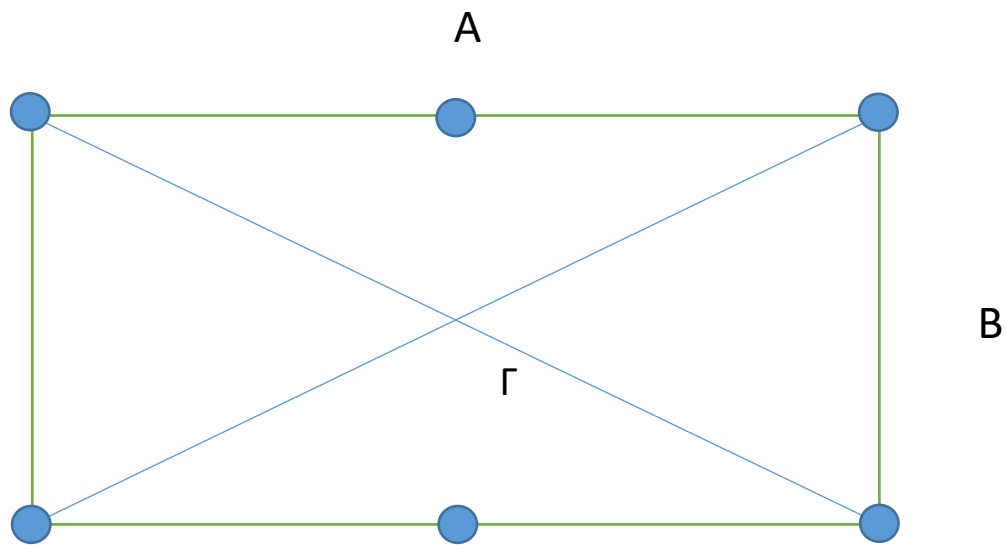
Πίνακας Π.2.1: Έκταση αποθήκης σε m²

Η αποθήκη θα κατασκευαστεί σύμφωνα με μία παρόμοια κατασκευή που έχει δημιουργήσει το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών όπως φαίνεται και στην Εικόνα Π.2.1 παρακάτω. Θα χρησιμοποιηθούν:

- 3 πάσσαλοι Γλαβανιζέ με Φ76 και ύψος 6 m για το στήριγμα της σκεπής όπου θα κοπούν στη μέση για τις 4 γωνίες και τα 2 ενδιάμεσα (3m ύψος ο καθένας) [www.e-metalshop.gr/swlhnes]
- 4 πάσσαλοι Γλαβανιζέ τοξωτοί με Φ33 και ύψος 6 m [www.e-metalshop.gr/swlhnes]
- Αδιάβροχο σκέπαστρο για οροφή (2 €/ m²)
- Σκίαστρο για περίφραξη (2 €/ m²)
- Συρμάτινος φράχτης (2.5 €/ m²)
- Αναλώσιμα: βίδες, σχοινιά, τσιμέντο άμμος



Εικόνα Π.2.1: απεικόνιση αποθήκης Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών



Εικόνα Π.2.2: Σχηματική απεικόνιση της αποθήκης/ Κάτοψη

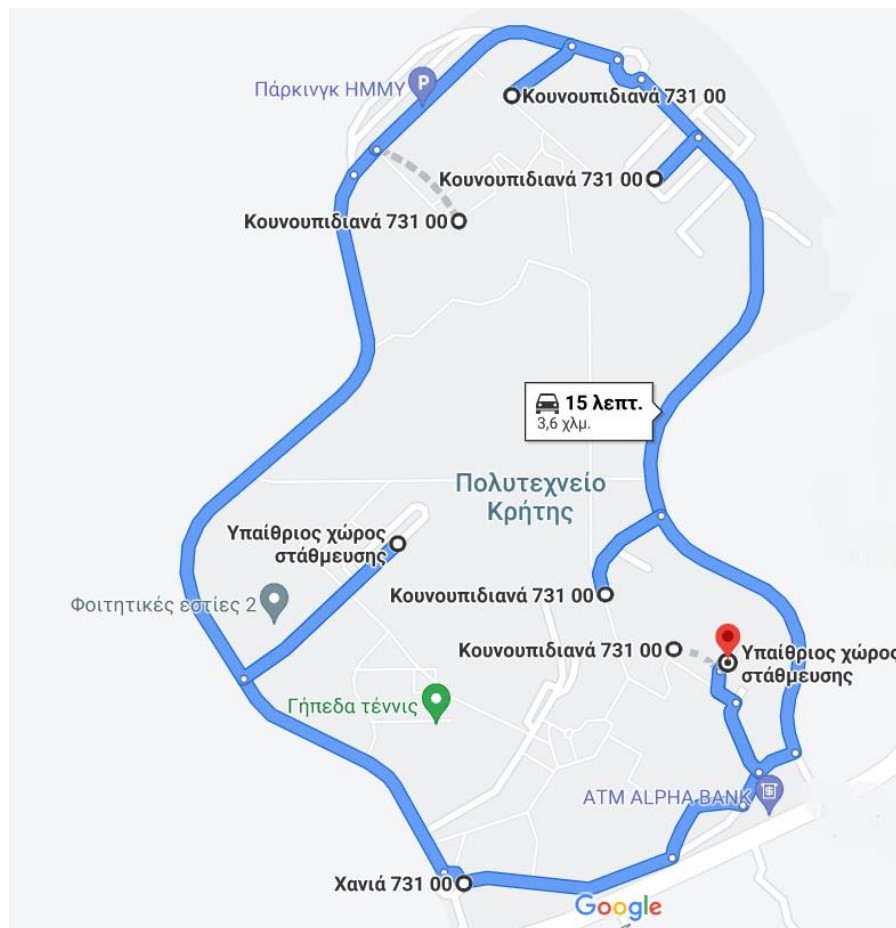
Κάδοι	120 L	240 L	390 L
Εμβαδόν (m ²)	22	31	39
A (m)	5.5	6	7.1
B (m)	4	5.2	5.5
Γ (m)	6.8	8	9
Πάσσαλοι (τεμ)	3	3	3
Τόξα (τεμ)	4	4	4
Σκέπαστρο (m ²)	25	34	42
Πλαϊνή Περίφραξη (m ²)	34	41	45.3
Μπροστινή περίφραξη (m)	5.5	6	7.1

Πίνακας Π.2.2: Κατασκευαστικός πίνακας/ Διαστασιολόγηση αποθήκης

Κάδοι	120 L	240 L	390 L
Πάσσαλοι (€)	179.4	179.4	179.4
Τόξα (€)	8.28	8.28	87.28
Σκέπαστρο (€)	50	68	84
Πλαϊνή Περίφραξη (€)	68	82	90.6
Μπροστινή περίφραξη (€)	13.75	15	17.75
Αναλώσιμα (€)	100	100	100
Εργασία (€)	70	70	70
Σύνολο (€)	489.43	522.68	629.03

Πίνακας Π.2.3: Οικονομικός πίνακας κατασκευής αποθήκης

Παράρτημα 8.3: Εσωτερική διαδρομή



Εικόνα Π.3.1: Εσωτερική διαδρομή φορτηγού μεταφοράς κάδων

Η εσωτερική περιμετρική διαδρομή που έχει να διανύσει το φορτηγάκι συλλογής και μεταφοράς των κάδων στο εσωτερικό της Πολυτεχνειούπολης, όπως φαίνεται και στον παραπάνω χάρτη είναι περίπου 3,6 km. Μαζί με τις στάσεις στα ξεχωριστά κτήρια του πολυτεχνείου θα υπολογιστεί περίπου 5 km.

Παραδοχές υπολογισμών: κόστος βενζίνη 1.7 € / L

Ωφέλιμο βάρος/ όγκο: 0.79/2.7

Κατανάλωση 7 L/ 100 km

Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Απόσταση (km)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.76/2.7 (L)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Κατανάλωση (7L/100 km)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Κόστος (€/διαδ.)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

Πίνακας Π.3.1: Κατανάλωση και κόστος βενζίνης

Άρα υπολογίστηκε ότι για τον κάθε ολοκληρωμένο κύκλο που θα κάνει το φορτηγάκι για την μεταφορά των κάδων το κόστος της βενζίνης θα είναι 0,60 € η κάθε διαδρομή.

Παράρτημα 8.4: Ετήσιο ισοδύναμο κόστος

Η λογική του ετήσιου ισοδύναμου σταθερού κόστους, θεωρεί ότι το κόστος αγοράς ενός μηχανήματος μπορεί να αντικατασταθεί με μια ισοδύναμη σειρά ομοιόμορφων ληξιπρόθεσμων πληρωμών, που έχει παρούσα (αρχική) αξία ίση με το κόστος αγοράς του μηχανήματος. Δηλαδή, το ετήσιο ισοδύναμο σταθερό κόστος είναι ίσο με τη δόση αποπληρωμής του μηχανήματος, αν η πληρωμή του γινόταν με δόσεις. Αν δοθεί το επιτόκιο προεξόφλησης i , τότε, όπως έχουμε βρει νωρίτερα στις ράντες, θα ισχύει ότι [Σολδάτος, Ροζάκης 2013]:

$$C = P \times a(n, i) = P \times \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

ή

$$P = \frac{C}{a(n, i)} = C \times \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

Όπου:

C = συνολικά κόστη επένδυσης

n = διάρκεια ζωής

i = προεξοφλητικό επιτόκιο