



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανασχεδιασμός Διαδικασιών Με Προσομοίωση:
Εφαρμογή Στη Διαχείριση Απορριμμάτων



Φοιτήτρια: Παζάρα Ευαγγελία Α.Μ. 28

Επιβλέπων Καθηγητής: Μητρόπουλος Παναγιώτης

ΠΑΤΡΑ 2005

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	6797
----------------------	------

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τον ανασχεδιασμό διαδικασιών στη διαχείριση απορριμμάτων με τη χρήση της Προσομοίωσης. Στο πλαίσιο αυτό δημιουργούμε και αναλύουμε δυο μοντέλα προσομοίωσης για να εξετάσουμε ποιο από τα δύο αυτά μοντέλα θα επιφέρει βελτιώσεις στο υπάρχον σύστημα διαχείρισης των απορριμμάτων.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η ανάπτυξη πρότυπου προσομοίωσης το οποίο θα βοηθήσει στη βελτίωση του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων και θα οδηγήσει στην εξοικονόμηση προσωπικού και απορριμματοφόρων, εξετάζοντας το ενδεχόμενο χρησιμοποίησης Σταθμών Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω για τη βοήθεια και τη συνεργασία τους τις τοπικές υπηρεσίες, την Τοπική Αυτοδιοίκηση Λάρισας, το Δήμο Ελασσόνας και την Υπηρεσία Καθαριότητας και Περιβάλλοντος Λάρισας.

Περισσότερο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα αυτής της εργασίας καθηγητή, τον κύριο Μητρόπουλο Παναγιώτη για τη συνεχή βοήθεια του και τις επισημάνσεις του σε κάθε στάδιο περάτωσης αυτής της εργασίας. Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους γονείς μου για όλη τους την προσπάθεια όλα αυτά τα χρόνια που μου στάθηκαν σε οποιοδήποτε πρόβλημα παρουσιάστηκε. Χάρη στη δική τους προσπάθεια βρίσκομαι στην ευχάριστη αυτή στιγμή περάτωσης των σπουδών μου και θέλω να τους ευχαριστήσω για αυτό πάρα πολύ.

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2005
Ευαγγελία Παζάρα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η ανάπτυξη πρότυπου προσομοίωσης το οποίο θα βοηθήσει στη βελτίωση του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων και θα οδηγήσει στην εξοικονόμηση προσωπικού και απορριμματοφόρων, εξετάζοντας το ενδεχόμενο χρησιμοποίησης Σταθμών Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν θα αναλυθούν διάφοροι τρόποι καλύτερης διάθεσης των απορριμμάτων για τη σωστή διαχείριση τους. Συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο 1 γίνεται μια εισαγωγή για την παραγωγή απορριμμάτων και το πρόβλημα που δημιουργείται. Το Κεφάλαιο 2 αναφέρεται στη διαχείριση των απορριμμάτων, στο σωστό σχεδιασμό της, καθώς και στις μεθόδους διαχείρισης των απορριμμάτων.

Στο Κεφάλαιο 3 αναλύεται η μέθοδος που θεωρείται αποτελεσματικότερη, η δημιουργία Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ). Περιγράφεται ο σχεδιασμός ενός Σταθμού Μεταφόρτωσης, ο τρόπος λειτουργίας του και τα σημαντικότερα οφέλη από τη λειτουργία, καθώς και οι περιβαλλοντικές επιδράσεις τους την περιοχή όπου λειτουργεί.

Η διαδικασία συλλογής των απορριμμάτων παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 4, στο οποίο παρουσιάζονται επίσης και οι δαπάνες της απευθείας μεταφοράς των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ και οι δαπάνες της διάθεσης των απορριμμάτων με τη λειτουργία ΣΜΑ.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται η μελέτη μιας συγκεκριμένης περιοχής για την κατασκευή Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων στην περιοχή αυτή. Γίνεται σύγκριση των δαπανών λειτουργίας και κατασκευής ανάμεσα στην απευθείας διάθεση των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ και της μεταφόρτωσης τους στο ΣΜΑ.

Στο Κεφάλαιο 6 γίνεται, με τη βοήθεια της προσομοίωσης, μια λεπτομερέστερη μελέτη όσον αφορά την κατασκευή και λειτουργία ΣΜΑ στην περιοχή. Παρουσιάζονται εναλλακτικά σενάρια λειτουργίας και αναλύονται ώστε να βρεθεί το κατάλληλο σενάριο που θα δώσει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Τέλος στο κεφάλαιο 7 παραθέτουμε τα τελικά συμπεράσματα συγκρίνοντας τα σενάρια και βελτιώνοντας το σύστημα μας προκειμένου να επιτύχουμε το στόχο μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	6
1.1 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	6
1.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	6
1.3 ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	11
2.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	11
2.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΈΝΩΣΗ	12
2.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	13
2.4 ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	14
2.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	15
2.5.1 <i>Υγειονομική Ταφή Απορριμμάτων</i>	15
Πλεονεκτήματα της Υγειονομικής Ταφής	16
Μειονεκτήματα.....	16
2.5.2 <i>Καύση</i>	17
Πλεονεκτήματα Καύσης Απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας	17
Μειονεκτήματα.....	18
2.5.3 <i>Διαλογή στην πηγή- Ανακύκλωση υλικών</i>	18
Ωφέλειες	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	21
3.1 ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ- ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ..	21
3.2 ΚΙΝΗΤΟΣ ΚΑΙ ΜΟΝΙΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	22
3.3 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	23
3.4 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΝΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ.....	23
3.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΜΑ.....	24
3.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ.....	27
3.7 ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ..	28

3.8 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΜΑ	29
3.8.1 Κυκλοφοριακό	30
3.8.2 Θόρυβος	31
3.8.3 Μυρωδιές	31
3.8.4 Εκπομπές αερίων.....	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΚΟΣΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

4.1 ΚΟΣΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	33
4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ.....	34
4.3 ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ.....	36
4.4 ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΚΑΘΑΡΙΟΤΗΤΑΣ – Η ΑΡΧΗ «Ο ΡΥΠΑΙΝΩΝ ΠΛΗΡΩΝΕΙ»	39
4.5 ΔΑΠΑΝΕΣ ΕΝΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	39
4.5.1 Κύριες δαπάνες Σταθμού Μεταφόρτωσης	40
4.5.2 Ετήσιες Δαπάνες Σταθμού Μεταφόρτωσης	41
4.6 ΔΑΠΑΝΕΣ ΆΜΕΣΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΝΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ

ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	44
5.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	44
5.2.1 Επικρατούσα κατάσταση στην περιοχή	45
5.2.2 Εξυπηρετούμενος πληθυσμός.....	46
5.2.3 Ποσότητες απορριμμάτων	47
5.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΣΜΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ.....	49
5.3.1 Δυναμικότητα ΣΜΑ.....	49
5.3.2 Κόστος λειτουργίας του Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων	51
5.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΜΑ ΚΑΙ ΆΜΕΣΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	56
-------------------	----

6.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	58
6.2.1 Σύγκριση βάση των χρόνων αποκομιδής-μεταφοράς-εκφόρτωσης ...	58
6.2.2 Απαιτούμενος αριθμός δρομολογίων.....	61
6.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ.....	62
6.3.1 Δημιουργία μοντέλων στον υπολογιστή.....	63
6.3.2 Βελτιστοποίηση.....	67
Απευθείας μεταφορά των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ.....	67
Μεταφορά των απορριμμάτων με την λειτουργία ΣΜΑ.....	69
6.3.3 Ουρές Αναμονής.....	70
Απευθείας μεταφορά των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ.....	71
Μεταφορά των απορριμμάτων με την λειτουργία ΣΜΑ.....	73
6.3.4 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων.....	77
6.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	81
7.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ.....	81
7.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΜΑ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	82
7.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	84
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ : ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ EXTEND.....	87
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

1.1 Το πρόβλημα των απορριμμάτων

Τα απορρίμματα αποτελούν σήμερα, ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα της σύγχρονης ελληνικής κοινωνίας. Η αστικοποίηση, η αύξηση του τουριστικού ρεύματος, η αλλαγή των καταναλωτικών προτύπων, η επιταχυνόμενη άνοδος του βιοτικού επιπέδου καθώς και η ραγδαία παραγωγή και άμεση κατανάλωση νέων και μιας χρήσης προϊόντων, οδήγησαν στη μεγάλη αύξηση της ποσότητας των απορριμμάτων.

Πρόκειται για ένα πρόβλημα πολυδιάστατο, με πλήθος αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που γίνεται αντιληπτό στο τελευταίο του στάδιο, αυτό της διάθεσης των απορριμμάτων. Τα απορρίμματα δημιουργούν σημαντικά υγειονομικά προβλήματα, τόσο από άποψη της υγιεινής του περιβάλλοντος, όσο και της δημόσιας υγείας. Ξεχωριστή σημασία έχει η σωστή διάθεσή τους καθώς και η έγκαιρη και σωστή αποκομιδή τους.

Στη χώρα μας έχει πάρει μεγάλη διάσταση, εξαιτίας της έλλειψης, μέχρι τώρα, περιβαλλοντικής ευαισθησίας και της απουσίας σύγχρονης ολοκληρωμένης πολιτικής για τα απορρίμματα. Σήμερα λειτουργούν περίπου 5.000 σκουπιδότοποι, από τους οποίους τα 2/3 χωρίς άδεια και χωρίς να τηρούν στοιχειώδεις κανόνες υγειονομικής ταφής [4].

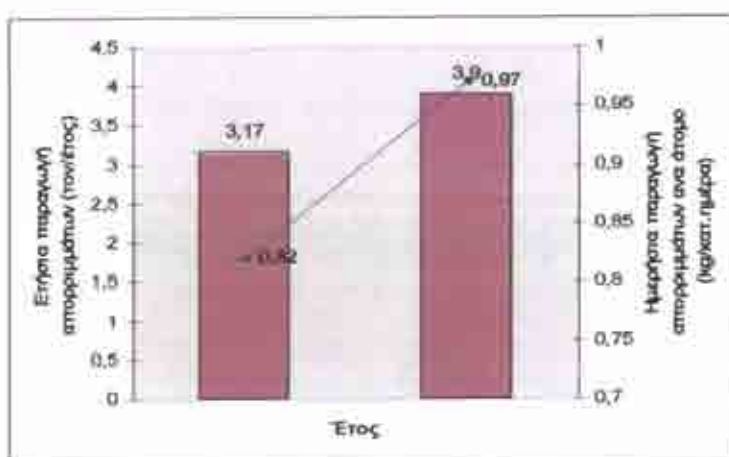
1.2 Παραγωγή οικιακών απορριμμάτων

Το 1997, σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου ΠΕΧΩΔΕ , η ποσότητα των παραγόμενων οικιακών απορριμμάτων σε επίπεδο χώρας ανήλθε σε 3,9 εκατομμύρια τόνους. Τα οικιακά απορρίμματα περιλαμβάνουν τα απορρίμματα

που προέρχονται από κατοικίες καθώς και ένα μέρος των απορριμμάτων που παράγονται από τα εμπορικά καταστήματα.

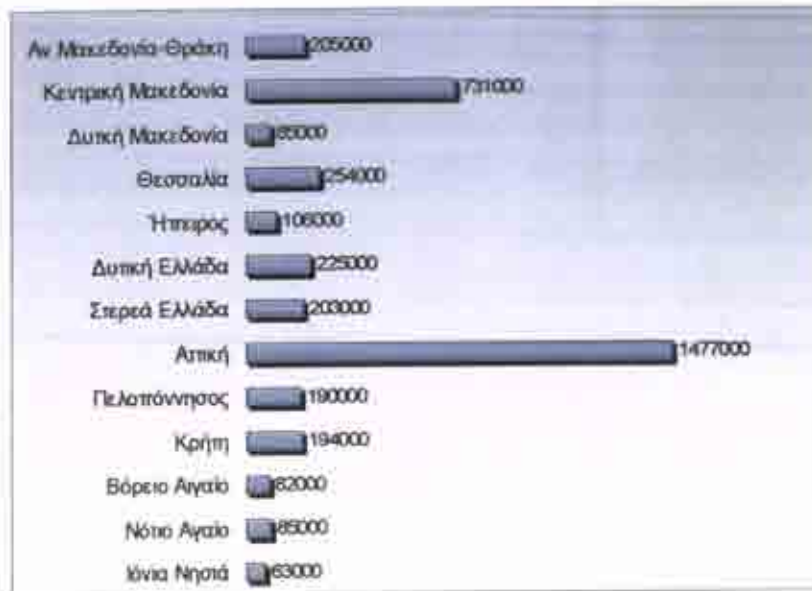
Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ότι η μέση ημερήσια παραγωγή αστικών απορριμμάτων ανά κάτοικο στην Ελλάδα, για το 1997, ανέρχόταν σε 0,97 Kg/κάτοικο, ενώ για το 2001 εκτιμάται σε 1,10 Kg /κάτοικο, που παραμένει όμως κατώτερη από τον αντίστοιχο μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που είναι 1,48 Kg /κάτοικο και ημέρα.

Στο παρακάτω διάγραμμα δίνονται οι ποσότητες των παραγόμενων οικιακών απορριμμάτων για τα έτη 1991 και 1997 καθώς και η μέση ημερήσια παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο για τα έτη αυτά [16].



Ποσότητες των παραγόμενων απορριμμάτων για τα έτη 1991 και 1997 και η μέση ημερήσια παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο για τα έτη αυτά (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1998)

Για το 1997 οι ποσότητες απορριμμάτων που παράγονται στις 13 περιφέρειες της χώρας, δίνονται στο διάγραμμά παρακάτω. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα η ποσότητα των παραγόμενων οικιακών απορριμμάτων στην περιφέρεια της Αττικής κατέχει το 38% της ετήσιας παραγωγής σε επίπεδο χώρας [16].



Παραγωγή απορριμμάτων ανά περιφέρεια (1997)
(ΥΠΕΧΩΔΕ, 1998)

Η μέση ποιοτική σύσταση των παραγόμενων αστικών απορριμμάτων σε κατά βάρος ποσοστά, σύμφωνα σε στοιχεία του 1997 [16], έχει ως εξής:

- Ζυμώσιμα: 47%
- Χαρτί: 20%
- Μέταλλα: 4.5%
- Πλαστικά: 8.5%
- Γυαλί: 4.5%
- Υπόλοιπα: 15.5%



Μέση ποιοτική σύσταση απορριμμάτων (1997)
(ΥΠΕΧΩΔΕ, 1998)

Σε σχέση με τη μέση σύσταση των αστικών απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, στην Ελλάδα παρατηρείται μεγαλύτερη συμμετοχή των οργανικών αποβλήτων (τροφές, φυτικά απόβλητα κλπ.), αλλά μικρότερες ποσότητες αποβλήτων συσκευασιών (χαρτί, πλαστικά, γυαλί, μέταλλα).

Σήμερα στην Ελλάδα παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι αστικών απορριμμάτων [1], που περιλαμβάνουν κυρίως τα απορρίμματα που προέρχονται από κατοικίες, καθώς και ένα μέρος των στερεών αποβλήτων που παράγονται από εμπορικές δραστηριότητες. Διαχρονικά παρατηρείται τάση σημαντικής αύξησης της παραγωγής των αστικών απορριμμάτων, λόγω της ανάπτυξης μεγάλων αστικών κέντρων, της συνεχούς αύξησης του τουριστικού ρεύματος και κυρίως της ανόδου του βιοτικού επιπέδου με αποτέλεσμα την αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών.

1.3 Ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων

Ο έλεγχος και οι κυρώσεις για τους όρους λειτουργίας των χωματερών είναι πράγματα ανύπαρκτα. Μόνο στην Αττική υπάρχουν 29 ανεξέλεγκτοι σκουπιδότοποι. Στην επαρχία είναι συνηθισμένη η εικόνα της βουνοπλαγιάς, όπου οι γύρω κοινότητες «απαλλάσσονται» από τα σκουπίδια τους, χωρίς να ενδιαφέρονται για το τι θα απογίνουν. Όμως με την ανεξέλεγκτη απόρριψη των σκουπιδιών προκαλούνται πολλές και σοβαρές επιπτώσεις τόσο στον άνθρωπο, όσο και στο περιβάλλον. Τα ίδια τα απορρίμματα αποτελούν σοβαρό κίνδυνο για τα ζώα παγιδεύοντας, τραυματίζοντας ή και σκοτώνοντας διάφορα είδη.

Σημαντικά βήματα όμως υλοποιεί το ΥΠΕΧΩΔΕ σήμερα για την μείωση των ανεξέλεγκτων χωματερών στην χώρα. Σύμφωνα με τα στοιχεία του υπουργείου από το σύνολο των οικιακών απορριμμάτων που παράγονται στην χώρα, ποσοστό 53% της ποσότητας διατίθεται σε 33 οργανωμένους Χώρους Υγειονομικής Ταφής, ενώ το υπόλοιπο απορρίπτεται σε ανεξέλεγκτες χωματερές. Το 1997 ο αριθμός των ανεξέλεγκτων χωματερών σε όλη την χώρα ξεπερνούσε τις 6.500. Στο τέλος του 2001 ο αριθμός μειώθηκε σε 2.182.

Παράλληλα το υπουργείο σε συνεργασία με τις περιφέρειες και τους δήμους, από την αρχή του 2002 υλοποιεί πρόγραμμα μείωσης των ανεξέλεγκτων χωματερών, με στόχο την λειτουργία ενός και μόνο χώρου διάθεσης απορριμμάτων σε κάθε Καποδιστριακό Δήμο. Σε αυτό το πλαίσιο προβλέπεται ότι μέχρι το τέλος του 2006 δεν θα υπάρχουν χώροι ανεξέλεγκτης ταφής [28].

Η σωστή διαχείριση των απορριμμάτων θα συντελέσει για να επιτευχθεί ο παραπάνω σκοπός. Για να υλοποιηθεί ο σκοπός αυτός, προβλέπεται η δημιουργία διάφορων οργανωμένων χώρων διάθεσης απορριμμάτων, όπως Χώροι Υγειονομικής Ταφής, Σταθμοί Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων, εργοστάσια ανακύκλωσης και άλλοι παρόμοιοι χώροι που θα συμβάλουν καταλυτικά στην εξαφάνιση των χώρων ανεξέλεγκτης ταφής απορριμμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

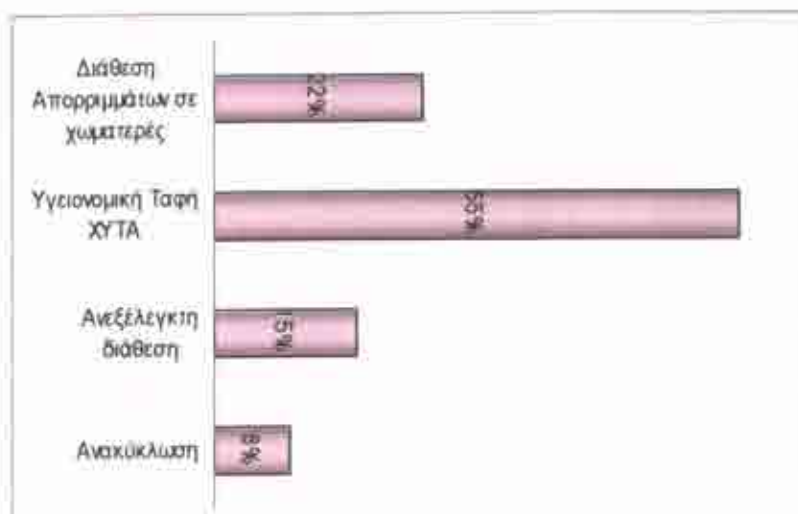
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

2.1 Διαχείριση Απορριμμάτων

Παρά τις σημαντικές προσπάθειες που έγιναν κατά τα τελευταία χρόνια, τόσο σε νομοθετικό επίπεδο όσο και στη κατασκευή σχετικών έργων, η διαχείριση απορριμμάτων παραμένει για την Πολιτεία προτεραιότητα αιχμής. Οι κύριες προκλήσεις στη διαχείριση απορριμμάτων σχετίζονται τόσο με θέματα πρόληψης –μείωσης, αξιοποίησης - επεξεργασίας των αποβλήτων, όσο και με την τελική διάθεση των απορριμμάτων. Επιπλέον, σημαντική διάσταση έχει λάβει το θέμα της αποκατάστασης των Χώρων Διάθεσης Απορριμμάτων, οι οποίοι δεν πληρούν τις προβλεπόμενες από τη νομοθεσία απαιτήσεις.

Σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Απορριμμάτων, η υφιστάμενη κατάσταση, σε ότι αφορά στη διαχείριση των αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα [3], έχει, σε γενικές γραμμές:

- Περίπου το 85 % των στερεών αποβλήτων συλλέγεται και μεταφέρεται με οργανωμένο σύστημα (κάδοι, απορριμματοφόρα κλπ), ενώ το υπόλοιπο 15% αντιστοιχεί σε απομονωμένες αγροτικές, ορεινές, νησιωτικές περιοχές, όπου η συλλογή και μεταφορά δεν γίνεται ακόμη με σύγχρονες μεθόδους.
- Περίπου το 8% των παραγόμενων αστικών αποβλήτων ανακυκλώνεται (κυρίως γυαλί, χαρτί, αλουμίνιο).
- Περίπου το 55% των παραγόμενων αστικών αποβλήτων διατίθενται σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων (ΧΥΤΑ) ή χωματερές, ενώ το υπόλοιπο καταλήγει σε ανεξέλεγκτες χωματερές.



Κατανομή των παραγόμενων αστικών απορριμμάτων ανά μέθοδο διαχείρισης απορριμμάτων (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1998).

Στα σημαντικότερα έργα διαχείρισης απορριμμάτων τα οποία λειτουργούν σε όλη την Ελλάδα σήμερα [28] περιλαμβάνονται :

- 33 ΧΥΤΑ,
- 2 Εγκαταστάσεις Μηχανικής Διαλογής – Κομποστοποίησης (ΕΜΔΚ),
- 6 Σταθμοί Μεταφόρτωσης Αποβλήτων (ΣΜΑ)
- 5 Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ).

2.2 Διαχείριση των απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Εδώ και είκοσι χρόνια η Ευρωπαϊκή Ένωση προσπαθεί να μειώσει την παραγωγή των απορριμμάτων και να βελτιώσει τις μεθόδους διαχείρισης. Ωστόσο το πρόβλημα είναι πολύπλοκο και η αντιμετώπιση του δύσκολη. Έτσι παρά τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα στον τομέα της ανακύκλωσης κάποιων υλικών, όπως το χαρτί και το γυαλί, η παραγωγή των απορριμμάτων εξακολουθεί να αυξάνει. Μέχρι το 2000 η ποσότητα των απορριμμάτων που παρήχθησαν στην Ευρώπη είχε αυξηθεί κατά 30% σε σχέση με το 1985, παρά το στόχο του 5ου Προγράμματος για το Περιβάλλον να σταθεροποιηθεί η

παραγωγή των απορριμμάτων στα επίπεδα του 1985 [3]. Δυστυχώς έχουμε να διανύσουμε πολύ δρόμο ακόμη μέχρι να πετύχουμε αυτό το στόχο.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση υποστηρίζει και προωθεί την αειφόρο και φιλική προς το περιβάλλον διαχείριση απορριμμάτων, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος.

Η ευρωπαϊκή στρατηγική καθορίζεται από τέσσερις βασικές αρχές:

1. Πρόληψη: πρέπει να μειωθεί η παραγωγή των απορριμμάτων λαμβάνοντας τα κατάλληλα μέτρα στην πηγή τους.
2. «Ο ρυπαίνων πληρώνει»: το κόστος για την ορθή διαχείριση απορριμμάτων πρέπει να το αναλαμβάνει αυτός που τα παράγει.
3. Προφύλαξης: όπου υπάρχει αμφιβολία πρέπει να θεωρούμε ότι είναι πιθανό να προκύψουν προβλήματα.
4. Εγγύτητας: η αντιμετώπιση των αποβλήτων πρέπει να πραγματοποιείται όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς την πηγή τους.

2.3 Σχεδιασμό διαχείρισης απορριμμάτων

Λέγοντας διαχείριση απορριμμάτων εννοούμε την προσωρινή αποθήκευση τη συλλογή, τη μεταφορά καθώς και την εναπόθεσή των απορριμμάτων σε ειδικούς χώρους διάθεσης. Επίσης στον όρο διαχείριση περιλαμβάνεται η μεταφόρτωση και κάθε εργασία επεξεργασίας για την επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση ή ανακύκλωσή τους.

Σχεδιασμό διαχείρισης απορριμμάτων λέμε μια πλήρη μελέτη που παίρνει υπόψη της όλες τις χωροταξικές παραμέτρους και δίνει τις ορθολογικότερες λύσεις στα τεχνικά και οικονομικά θέματα. Ο σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις γενικότερες κατευθύνσεις και στόχους ανάπτυξης για τη συγκεκριμένη περιοχή καθώς και τις γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής και του νομοθετικού πλαισίου¹ διαχείρισης των στερεών αποβλήτων.

¹ ΚΥΑ , Αριθμ. Οικ. 69728/824/96, «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων»
ΚΥΑ , Αριθμ. Οικ. 114218/1016/97, «Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων»
ΚΥΑ, Αριθμ. Οικ. 113944/1016/97, «Εθνικός σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων»

Η ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων εντάσσεται στην επιταγή του άρθρου 24 του Συντάγματος για προστασία του περιβάλλοντος, με σύγχρονη εξυπηρέτηση του δημόσιου συμφέροντος, που στην περίπτωση αυτή είναι κύρια η υγεία των πολιτών.

Η δυσκολία που αντιμετωπίζεται συνήθως είναι να βρεθεί η χρυσή τομή μεταξύ κόστους και περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

2.4 Δραστηριότητες διαχείρισης απορριμμάτων

Η διαχείριση απορριμμάτων περιλαμβάνει τις επιμέρους δραστηριότητες:

- Παραγωγή απορριμμάτων.
- προσωρινή αποθήκευση.
- Συλλογή.
- Μεταφορά και μεταφόρτωση.
- Επεξεργασία και ανάκτηση.
- Τελική διάθεση.

Το στάδιο της προσωρινής αποθήκευσης αναφέρεται στο χρονικό διάστημα μεταξύ παραγωγής και αποκομιδής των απορριμμάτων. Αυτό προϋποθέτει την ύπαρξη μονίμου χώρου προσωρινής αποθήκευσης π.χ. σε κάθε πολυκατοικία, κάτι που θα διευκόλυνε σε μεγάλο βαθμό πολλά θέματα διαχείρισης (π.χ. τοποθέτηση κάδων ανακύκλωσης, διευκόλυνση της διαλογής στην πηγή, κ.λπ.).

Το στάδιο της συλλογής-μεταφοράς ξεκινά από τη στιγμή που τα απορρίμματα συλλέγονται από το σημείο προσωρινής τους αποθήκευσης και περατώνεται τη στιγμή που τα απορρίμματα εισέρχονται στο χώρο επεξεργασίας και διάθεσής τους.

Όσον αφορά στην επεξεργασία των απορριμμάτων, αυτή μπορεί να είναι μηχανική ή θερμική. Η πρώτη συνεπάγεται διαχωρισμό που στην πράξη γίνεται είτε στο χώρο παραγωγής των απορριμμάτων («διαλογή στην πηγή»), ή σε ειδικές εγκαταστάσεις. Η θερμική επεξεργασία οδηγεί σε αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου των απορριμμάτων.

Η διάθεση των απορριμμάτων μπορεί να συνίσταται είτε στην ταφή τους, ή στην εκμετάλλευση κάποιου από τα παράγωγα της επεξεργασίας τους.

2.5 Μέθοδοι διαχείρισης απορριμμάτων

2.5.1 Υγειονομική Ταφή Απορριμμάτων

Το μεγαλύτερο μέρος των σκουπιδιών καταλήγει σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) ή σε πολλές περιοχές της χώρας μας, σε χωματερές και μάλιστα παράνομες. Σήμερα πολλοί από αυτούς τους χώρους έχουν γεμίσει και η εύρεση νέων δεν είναι εύκολη, καθώς υπάρχει έντονη αντίδραση από τους κατοίκους των γειτονικών περιοχών. Η δυσκολία χωροθέτησης νέων ΧΥΤΑ καθώς και το αυξημένο κόστος κατασκευής τους, προκειμένου να διασφαλιστεί η προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, αυξάνουν δραματικά το κόστος διαχείρισης των απορριμμάτων.

Υγειονομική Ταφή είναι η μέθοδος της ελεγχόμενης και οργανωμένης διάθεσης των αποβλήτων στο έδαφος, στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Οι ΧΥΤΑ δεν θα πρέπει να συγχέονται με τις υπάρχουσες χωματερές όπου δεν υπάρχει κατάλληλη υποδομή και η απόρριψη των αποβλήτων είναι ανεξέλεγκτη.

Τα εργοστάσια υγειονομικής ταφής, κάνουν τέτοια επεξεργασία ώστε τίποτα από τα απορρίμματα που συγκεντρώνονται εκεί δεν πετάγεται. Πρώτα απ' όλα γίνεται διαλογή και ένα μεγάλο ποσοστό από αυτά όπως γυαλί, χαρτί, μέταλλα, πάνε για ανακύκλωση.

Άλλα υλικά συμπιέζονται και χάνουν το μεγαλύτερο μέρος από τον όγκο τους και αφού ολοκληρώσουν την επεξεργασία τους γίνονται λιπάσματα. Το ίδιο γίνεται και με τα υγρά που στραγγίζουν από την συμπίεση των απορριμμάτων. Τίποτα από τα υγρά απόβλητα δεν πηγαίνει στην γη, γιατί στους ΧΥΤΑ προβλέπεται ένα απόλυτα στεγανό σύστημα συγκέντρωσης του 100% των υγρών. Παρ' όλα αυτά για να αποκλειστεί η παραμικρή πιθανότητα να

καταλήξουν στην θάλασσα υγρά απόβλητα, από μια πιθανή βλάβη του συστήματος αποστράγγισης, απαγορεύεται να εγκατασταθεί εργοστάσιο επεξεργασίας απορριμμάτων σε απόσταση μικρότερη των 5 χιλιομέτρων από την θάλασσα.

Ο σχεδιασμός, η τεχνολογία και οι τεχνικές διαχείρισης των ΧΥΤΑ έχουν βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια και η εξέλιξη συνεχίζεται.

Οι σύγχρονοι ΧΥΤΑ πρέπει να έχουν επικάλυψη στον πυθμένα τους από φυσικά ή τεχνητά υλικά για στεγανοποίηση, κατάλληλα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας των στραγγισμάτων και σύστημα συλλογής του βιοαερίου. Κατά την υγειονομική ταφή τα απορρίμματα διαστρώνονται, συμπιέζονται, και στο τέλος της ημέρας σκεπάζονται με αδρανές υλικό (χώμα, μπάζα, κλπ). Έτσι μειώνεται στο ελάχιστο ο κίνδυνος από τη διασπορά των απορριμμάτων και οι δυσάρεστες οσμές.

Πλεονεκτήματα της Υγειονομικής Ταφής

- Κατάλληλη για ένα ευρύ φάσμα απορριμμάτων.
- Σχετικά χαμηλό κόστος.
- Υπάρχουν κατάλληλοι χώροι σε πολλές περιοχές.
- Παραγωγή βιοαερίου, το οποίο είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.
- Η ανάπλαση μετά το κλείσιμο του ΧΥΤΑ προσφέρει κατάλληλους χώρους για πάρκα, αθλητικές εγκαταστάσεις και άλλες χρήσεις.
- Ένας καλοσχεδιασμένος ΧΥΤΑ δεν αλλοιώνει την ευρύτερη περιοχή.

Μειονεκτήματα

- Μετά το κλείσιμο του ΧΥΤΑ, η γη μπορεί να είναι ακατάλληλη για κάποιες χρήσεις, λόγω ρύπανσης.
- Η ευκολία και η ευελιξία της Υγειονομικής Ταφής δεν δίνει κίνητρα στους παραγωγούς απορριμμάτων να εφαρμόσουν καινοτομικές λύσεις.

- Ανεξαρτήτως σχεδιασμού, υπάρχει πάντα ένας μικρός κίνδυνος ρύπανσης από τη λειτουργία των ΧΥΤΑ.
- Το βιοαέριο, αν δεν τεθεί υπό έλεγχο, μπορεί να είναι επικίνδυνο (πυρκαγιά, έκρηξη, συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου).
- Η ανάκτηση ενέργειας από ΧΥΤΑ δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική.
- Μπορεί να υπάρξει όχληση λόγω θορύβου, οσμών, διέλευσης οχημάτων και αισθητικής υποβάθμισης, όπως με όλες τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας απορριμμάτων.

2.5.2 Καύση

Μια άλλη μέθοδος επεξεργασίας διάθεσης απορριμμάτων είναι η καύση, σε ειδικές κλειστές εγκαταστάσεις. Στερεά κατάλοιπα της καύσης είναι τέφρα και σκουριά που έχουν μικρό όγκο σε σχέση με τα αρχικά απορρίμματα και είναι αποστειρωμένα. Η καύση επιτυγχάνει μείωση του όγκου των απορριμμάτων περίπου κατά 90% και του βάρους τους κατά 70%. Κατά την καύση παράγεται ενέργεια με τη μορφή θερμότητας η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί.

Η κοινοτική νομοθεσία απαγορεύει πλέον την καύση των απορριμμάτων χωρίς ανάκτηση ενέργειας και έχει εισάγει μια σειρά αυστηρών περιβαλλοντικών απαιτήσεων για τις εγκαταστάσεις καύσης. Ως αποτέλεσμα το κόστος κατασκευής και λειτουργίας αυξήθηκε και τα τελευταία χρόνια έχει εμφανιστεί μια κάμψη στις εγκαταστάσεις καύσης στην Ευρώπη.

Οι εγκαταστάσεις καύσης παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα από τις συνεχείς αυξομειώσεις της ποσότητας και τις αλλαγές της σύνθεσης των απορριμμάτων, μπορούν να επιβαρύνουν το περιβάλλον με εκπομπές αερίων ρύπων και σωματιδίων, με υγρά απόβλητα και με στερεά υπολείμματα.

Πλεονεκτήματα Καύσης Απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας

- Δεν παράγεται μεθάνιο.
- Είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας.

- Μπορεί να παράγει 5 φορές περισσότερη ενέργεια ανά τόνο απορριμμάτων σε σχέση με την εκμετάλλευση βιοαερίου από ΧΥΤΑ.
- Ελαττώνεται ο όγκος των απορριμμάτων προς τελική απόθεση έως μέχρι και 90%.
- Είναι ο ενδεικνυόμενος τρόπος επεξεργασίας για πολλά τοξικά, εύφλεκτα, πτητικά και μολυσματικά απόβλητα.
- Είναι εφικτή η ανάκτηση κάποιων υλικών (π.χ. μετάλλων) από το στερεό υπόλειμμα της καύσης.

Μειονεκτήματα

- Το κόστος είναι πολύ υψηλότερο από την υγειονομική ταφή (3 - 4 φορές υψηλότερο).
- Εκπομπή αέριων ρύπων, κάποιοι από τους οποίους είναι πολύ τοξικοί
- Το υψηλό κόστος κατασκευής απαιτεί μακροπρόθεσμα συμβόλαια. Έτσι η καύση γίνεται δεσμευτική για τις περιοχές και τους φορείς που θα την υιοθετήσουν και περιορίζει τις μελλοντικές επιλογές.
- Για κάποια υλικά, όπως το χαρτί, η καύση μπορεί να λειτουργήσει ανταγωνιστικά για την ανακύκλωση.
- Μετατρέπει τα οργανικά σε βιολογικά αδρανείς μορφές.
- Σε κάποιες εγκαταστάσεις παράγονται υγρά απόβλητα, τα οποία χρειάζονται επί τόπου επεξεργασία πριν περάσουν στο σύστημα αποχέτευσης.
- Η καύση, αν και μειώνει σημαντικά τον όγκο των απορριμμάτων δεν τα εξαφανίζει. Έτσι χρειάζεται ειδικός χώρος ταφής για τα στερεά υπολείμματα της καύσης.

2.5.3 Διαλογή στην πηγή- Ανακύκλωση υλικών

Η διαλογή υλικών στην πηγή παραγωγής των απορριμμάτων είναι από τους πλέον αποτελεσματικούς τρόπους μείωσης και αξιοποίησης τους. Πιο

συγκεκριμένα με τον όρο διαλογή στην πηγή περιγράφεται η διαδικασία της ανακύκλωσης με την οποία επιτυγχάνεται ανάκτηση χρήσιμων υλικών όπως χαρτί, γυαλί, μέταλλο, πριν αυτά αναμειχθούν με την υπόλοιπη μάζα των απορριμμάτων και η επαναφορά υλικών από τα απορρίμματα στον κοινωνικό και οικονομικό κύκλο.

Λόγω αυτής της ιδιαιτερότητας, η διαλογή στην πηγή (ανακύκλωση) δεν αποτελεί άλλη μια μέθοδο επεξεργασίας των απορριμμάτων, αλλά αντίθετα εμπεριέχει τη μοναδικότητα της συμμετοχής των κατοίκων, την οποία προϋποθέτει και απαιτεί.

Η ανακύκλωση αποτελεί τη διέξοδο για τη διαχείριση των απορριμμάτων και πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν αποτελεσματική μέθοδος και όχι σαν πρόσκαιρη μόδα. Σήμερα μπορούμε να πούμε ότι η ανακύκλωση αποτελεί σύγχρονη απαίτηση και αναπόσπαστο συστατικό της διαχείρισης των απορριμμάτων.

Στη χώρα μας όμως γίνεται σε χαμηλά ποσοστά και διεξάγεται περιοριστικά (χαρτί 20%, γυαλί 20%, αλουμίνιο 30%), σε αντίθεση με άλλες χώρες που έχουν πετύχει μεγάλη μείωση των απορριμμάτων τους.

Σε ορισμένες χώρες 8 στους 10 πολίτες συμμετέχουν σήμερα όχι μόνο στη διαλογή και ανακύκλωση υλικών όπως χαρτί, γυαλί και μέταλλα, αλλά και οργανικών υλικών. Στην Ελλάδα παρατηρείται καθυστέρηση και αργή επέκταση τέτοιων προγραμμάτων και μικρή αύξηση των ποσοστών της ανακύκλωσης.

Οι παράμετροι από τους οποίους εξαρτάται η ανακύκλωση, είναι :

1. η διαθεσιμότητα ανακυκλώσιμων υλικών.
2. το κόστος των άλλων μεθόδων διαχείρισης απορριμμάτων και
3. οι τελικές χρήσεις των ανακυκλωμένων υλικών.

Οι γενικές προϋποθέσεις επιτυχίας της ανακύκλωσης είναι η ενημέρωση, η συμμετοχή του κοινού και το ξεπέρασμα των οργανωτικών δυσκολιών, ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία της.

Για την εφαρμογή ενός προγράμματος ανακύκλωσης απαιτείται η σύμπραξη και συνεργασία νοικοκυριών και ενός φορέα για τη διαλογή, αποκομιδή και μεταφορά των ανακαταωμένων υλικών στους εμπόρους ή στον τελικό χρήστη για την τελική επεξεργασία τους.

ΩΦΕΛΕΙΕΣ

- Κάνοντας ανακύκλωση έχουμε μικρότερη ποσότητα απορριμμάτων για ταφή και συνεπώς μικρότερη ρύπανση των νερών και του αέρα στην χωματερή στην οποία αυτά διατίθενται.
- Παρατείνεται ο χρόνος λειτουργίας των χωματερών, αντιμετωπίζοντας έτσι τη δυσκολία εξεύρεσης νέων χωματερών και μειώνεται το κόστος συλλογής και διάθεσης των απορριμμάτων.
- Με την επαναφορά χρήσιμων υλικών στον οικονομικό κύκλο, μειώνονται οι εισαγωγές σκραπ από εξωτερικό και αυτά τα υλικά επανεισέρχονται στη βιομηχανία χωρίς την ανάγκη κατασπατάλησης πρώτων υλών.
- Η χρησιμοποίηση ανακυκλωμένων υλικών, έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση της ρύπανσης κατά τη διαδικασία επεξεργασίας και κατασκευής νέων προϊόντων.
- Με την ανακύκλωση επιτυγχάνεται εξοικονόμηση υλικών από πρωτογενείς πηγές. Αυτό αν συνδυαστεί με την αυξανόμενη έλλειψη πρώτων υλών στη φύση και το συνεπαγόμενο αυξημένο κόστος τους, κάνει την ανακύκλωση περισσότερο χρήσιμη και αναγκαία.
- Εξοικονομούνται μεγάλα ποσά από τα έξοδα μεταφοράς των απορριμμάτων προς τις χωματερές που είναι αρκετά μακριά από τις κατοικημένες περιοχές.
- Η εφαρμογή της ανακύκλωσης με τη μορφή της Διαλογής στην Πηγή μειώνει το κόστος συλλογής των απορριμμάτων, επειδή παρεμβαίνει και επηρεάζει τη διαδικασία συλλογής και μεταφοράς τους.
- Τέλος για την λειτουργία ανακύκλωσης απαιτείται η απασχόληση προσωπικού στα διάφορα στάδια υλοποίησής τους. Από στατιστικά στοιχεία προκύπτει ότι με τη Διαλογή στην Πηγή δημιουργούνται περισσότερες θέσεις απασχόλησης σε σχέση με την Υγειονομική Ταφή σε αναλογία 5:1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

3.1 Μεταφόρτωση απορριμμάτων- Σταθμοί Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων

Το κόστος συλλογής αποτελεί συνήθως το 80% του συνολικού κόστους συλλογής και διάθεσης, όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος της υγειονομικής ταφής για τη διάθεση των απορριμμάτων. Όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος της καύσης, το κόστος της συλλογής είναι περίπου το 60% του συνόλου, γιατί η καύση κοστίζει περισσότερο από την υγειονομική ταφή και γιατί συνήθως γίνεται σε μονάδα πιο κοντινή στην πόλη όπου παράγονται τα απορρίμματα.

Η μεταφόρτωση απορριμμάτων είναι επιβεβλημένη για την ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς των απορριμμάτων από τους χώρους παραγωγής στους χώρους τελικής τους διάθεσης. Χωρίς μεταφόρτωση, το έργο της μεταφοράς επιτελείται από τα ίδια τα απορριμματοφόρα, των οποίων ο ρόλος θα έπρεπε να περιορίζεται στην αποκομιδή και συλλογή.

Σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία (εδάφιο ι, άρθρου 2, της Κ.Υ.Α. 69728/824) ως «μεταφόρτωση απορριμμάτων» νοούνται «οι εργασίες μετακίνησης των απορριμμάτων από τα μέσα συλλογής σε άλλα μέσα μεταφοράς».

Κεντρική ιδέα της μεταφόρτωσης είναι η ύπαρξη ενός Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ), στον οποίο καταλήγουν τα απορριμματοφόρα και, αφού εκκενωθούν, επιστρέφουν στο χώρο παραγωγής των απορριμμάτων για τη συνέχιση του έργου της αποκομιδής.

Στο Σταθμό Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων τα απορρίμματα συμπίεζονται με κατάλληλες πρέσες και φορτώνονται σε απορριμματοκιβώτια (container) που στη συνέχεια μεταφέρονται είτε σιδηροδρομικά ή με ειδικούς οχηματοσυρμούς (νταλίκες) στο χώρο τελικής διάθεσης (π.χ. τη χωματερή ή ΧΥΤΑ). Αξίζει να σημειωθεί ότι παρέχεται η δυνατότητα της μελλοντικής μεταφοράς των απορριμματοκιβωτίων και με τραίνο ή πλοίο.



Σύστημα εκφόρτωσης

Οι σταθμοί μεταφόρτωσης απορριμμάτων διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο στη συνολική διαχείριση των απορριμμάτων μιας κοινότητας, χρησιμεύουν ως σύνδεση μεταξύ του προγράμματος αποκομιδής απορριμμάτων μιας κοινότητας και της τελικής διάθεσης των απορριμμάτων.

3.2 Κινητός και μόνιμος σταθμός μεταφόρτωσης απορριμμάτων

Υπάρχουν δύο είδη σταθμών μεταφόρτωσης απορριμμάτων, ο κινητός ή και ο μόνιμος σταθμός μεταφόρτωσης.

Ως «μόνιμος» θεωρείται ο σταθμός μεταφόρτωσης όπου όλες οι απαραίτητες διαδικασίες για την κατάλληλη «συσκευασία» (συμπύεση) των στερεών αποβλήτων συντελούνται στο χώρο των κτιριοδομικών εγκαταστάσεων του προκειμένου τα στερεά απόβλητα να μεταφερθούν σε χώρο τελικής διάθεσης, από ειδικά για τον σκοπό αυτό οχήματα.

Στα μέσα μεταφοράς ενός «μόνιμου» σταθμού μεταφόρτωσης, είναι δυνατόν να περιλαμβάνονται και «κινητοί» σταθμοί μεταφόρτωσης.

Ως «κινητός» σταθμός μεταφόρτωσης θεωρείται, συνήθως οποιοσδήποτε τύπος φορτηγού οχήματος ή συνδυασμού οχημάτων, που φέρει τον κατάλληλο εξοπλισμό για την συμπύεση των απορριμμάτων, χωρίς τη μεσολάβηση των

πάγιων εγκαταστάσεων συμπίεσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται τα παρακάτω:

1. Πολύ καλύτερη αξιοποίηση των απορριμματοφόρων επειδή συντομεύεται δραστικά ο χρόνος μεταφοράς των απορριμμάτων.
2. Μείωση της κυκλοφορίας
3. Οι χωματερές μπορούν να δεχθούν πολύ περισσότερα απορρίμματα αφού ο όγκος τους με την συμπίεση έχει μειωθεί ουσιαστικά.

3.3 Προϋποθέσεις λειτουργίας Σταθμών Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων

Προϋποθέσεις για να αποτελέσει η μεταφόρτωση παράγοντα ελαχιστοποίησης του κόστους διαχείρισης απορριμμάτων είναι οι παρακάτω:

- 1) Η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων απορριμμάτων σε μεγάλες αποστάσεις.
- 2) Η χρήση μικρών οχημάτων (ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές με στενούς δρόμους).
- 3) Η εκμετάλλευση του Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων από πολλά απορριμματοφόρα.

3.4 Χωροθέτηση ενός σταθμού μεταφόρτωσης

Για τη βέλτιστη χωροθέτηση ενός σταθμού μεταφόρτωσης πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορα κριτήρια, που από τη φύση τους εν μέρει αντικρούουν το ένα το άλλο. Έτσι είναι σκόπιμο ο σταθμός να καλύπτει τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να είναι κοντά στους χώρους παραγωγής απορριμμάτων, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι διαδρομές των απορριμματοφόρων (αυτό επιβάλλει, αν είναι δυνατόν, να βρίσκεται μέσα στον αστικό ιστό).

- Να έχει εύκολη πρόσβαση που, ιδιαίτερα, να επιτρέπει τη γρήγορη μεταφορά των απορριμματοκιβωτίων στο χώρο τελικής διάθεσης (λόγος: ελαχιστοποίηση απαιτούμενου αριθμού container και οχηματοσυρμών).
- Να είναι σε απόσταση ασφαλείας από κατοικίες και προστατευόμενες περιοχές, ώστε να μπορούν να αποκλεισθούν ενοχλήσεις λόγω οσμών, θορύβου κ.λπ.

Επίσης, το οικόπεδο που θα επιλεγεί για ένα σταθμό μεταφόρτωσης πρέπει να πληρεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις, όπως:

- Να έχει το απαιτούμενο μέγεθος, ώστε να έχει χώρο η όλη εγκατάσταση (επί του προκειμένου μεγάλο ρόλο παίζει η απαιτούμενη οδοποιία, αν ληφθούν υπόψη οι απαιτούμενοι ελιγμοί απορριμματοφόρων και οχηματοσυρμών).
- Να ικανοποιεί τις θεμελιώδεις εδαφολογικές προδιαγραφές για μια βαριά κατασκευή.
- Να επιτρέπει την εύκολη σύνδεση με τα δίκτυα ηλεκτροδότησης, ύδρευσης και αποχέτευσης.

Μετά την επιλογή του βέλτιστου χώρου για την κατασκευή του σταθμού μεταφόρτωσης, ακολουθεί ο σχεδιασμός της ίδιας της εγκατάστασης. Το βασικό μέγεθος που προσδιορίζει το μέγεθος του σταθμού και επιδρά στον όλο σχεδιασμό είναι η ποσότητα απορριμμάτων που πρέπει να είναι σε θέση να δέχεται ο σταθμός, η λεγόμενη ικανότητα μεταφόρτωσης.

Επίσης ενδιαφέρει και ο μέγιστος προβλεπόμενος ρυθμός προσαγωγής των απορριμμάτων, δηλαδή η διακίνηση απορριμμάτων σε ώρα αιχμής.

3.5 Σχεδιασμός ΣΜΑ

Μεταξύ των άλλων, κατά το σχεδιασμό ενός ΣΜΑ πρέπει να καθορισθούν τα εξής μεγέθη [3]:

- Μήκος λωρίδας αναμονής των απορριμματοφόρων: Αυτή προκύπτει από τον προγραμματισμό της κίνησης των απορριμματοφόρων κατά την περίοδο αιχμής. Σχετικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες στην αρμόδια Υπηρεσία Καθαριότητας. Προφανώς, το μήκος λωρίδας αναμονής

εξαρτάται και από τον αριθμό θέσεων εκφόρτωσης, όπως επίσης και από τη διάρκεια εκφόρτωσης.

- Αριθμός θέσεων εκφόρτωσης. Θεωρητικά, και με βάση τα χαρακτηριστικά των συγχρόνων απορριματοφόρων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση σχεδιασμού ένας ρυθμός εκφόρτωσης 25 t/h. Έτσι, με τέσσερις θέσεις εκφόρτωσης και για οκτώ ώρες λειτουργίας προκύπτουν 800 τόνοι ημερησίως. Όμως, η προσαγωγή δε μπορεί να υποτεθεί ότι θα είναι συνεχής, ενώ πρέπει να προβλέπονται και περιθώρια ασφάλειας, π.χ. για την εκτέλεση έργων συντήρησης ή απαιτούμενες επισκευές.
- Αριθμός πρεσών. Οι πρέσες είναι η ακριβότερη συνιστώσα (εξοπλισμός) ενός σταθμού μεταφόρτωσης και έτσι ο αριθμός τους προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό το κόστος της όλης εγκατάστασης. Για να μπορούν να συμπιεστούν απορρίμματα κάθε είδους, είναι σκόπιμο να επιλέγονται πρέσες υψηλής ισχύος. Μια συχνά επιλεγόμενη τιμή για την ικανότητα συμπίεσης των πρεσών είναι 150 t/h, κάτι που, εάν ληφθούν υπόψη τα απαιτούμενα διαλείμματα για τη μετατόπιση των container (απομάκρυνση πληρωθέντος, προσέγγιση κενού), οδηγεί, για οκτάωρη λειτουργία, σε θεωρητική ικανότητα μεταφόρτωσης περίπου 400 τόνων ημερησίως. Σε σχέση με το ρυθμό εκφόρτωσης, αυτή η ικανότητα μεταφόρτωσης επιτυγχάνεται στην πράξη αν ο αριθμός θέσεων εκφόρτωσης είναι διπλάσιος σε σύγκριση με τον αριθμό πρεσών, κάτι που μπορεί να υλοποιηθεί εφόσον οι πρέσες απορριμμάτων τροφοδοτούνται από χοάνες απόρριψης των απορριμμάτων που να επιτρέπουν την ταυτόχρονη εκφόρτωση δύο container. Μια εναλλακτική λύση για την καλύτερη αξιοποίηση των πρεσών, που όμως μάλλον σπάνια εφαρμόζεται, είναι η εκφόρτωση των απορριματοφόρων σε σκάμμα μεγάλων διαστάσεων και η μηχανική μεταφορά των απορριμμάτων προς τις πρέσες. Με βάση τα παραπάνω, για την ικανοποίηση ανάγκης μεταφόρτωσης 800 τόνων θα αρκούσαν προφανώς δύο πρέσες. Όμως στην πράξη επιβάλλεται και η ύπαρξη εφεδρείας, που μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη σε ώρες αιχμής.

- Αριθμός απορριμματοκιβωτίων. Τα συνήθως επιλεγόμενα container είναι πανομοιότυπα αυτών που χρησιμοποιούνται για μεταφορές. Ο απαιτούμενος αριθμός τους προκύπτει από την ικανότητα μεταφόρτωσης του σταθμού, τον αριθμό των οχηματοσυρμών και τον προγραμματισμό κίνησης των τελευταίων. Ο ελάχιστος αριθμός οχηματοσυρμών μπορεί να υπολογισθεί εύκολα με βάση την ικανότητα μεταφόρτωσης, τον αριθμό container που μπορεί να μεταφέρει κάθε συρμός και το χρόνο μεταφοράς από το σταθμό μεταφόρτωσης στο χώρο τελικής διάθεσης (περιλαμβανομένου του χρόνου φορτοεκφόρτωσης). Επισημαίνεται ότι μια περίσσεια container μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα ευνοϊκή για την κάλυψη περιόδων αιχμής, καθώς οι οχηματοσυρμοί προβλέπεται συνήθως να κινούνται ολόκληρο το εικοσιτετράωρο, ενώ η συμπίεση στο σταθμό περιορίζεται μόνο σε μέρος της ημέρας. Προφανώς, στην περίπτωση αυτή επιβάλλεται η πρόβλεψη χώρων προσωρινής αποθήκευσης των γεμάτων container, έως ότου φθάσει η ώρα της μεταφοράς τους προς το χώρο τελικής διάθεσης.

Συνήθως, σ' ένα σταθμό μεταφόρτωσης προβλέπονται επίσης:

- Γεφυροπλάστιγγα, για τον προσδιορισμό της ποσότητας των διακινούμενων απορριμμάτων.
- Πλυντήριο οχημάτων.
- Σταθμός καυσίμων.
- Κτίριο διοικητικών υπηρεσιών.

Κατά περίπτωση επιβάλλεται η προσθήκη εγκαταστάσεων για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιδράσεων ενός σταθμού μεταφόρτωσης στο περιβάλλον, όπως:

- Βιολογικός καθαρισμός υγρών αποβλήτων.
- Καταιονισμός χοσών απόρριψης απορριμμάτων.
- Βιολογικά φίλτρα καθαρισμού ατμοσφαιρικού αέρα.
- Πετάσματα για τον περιορισμό της ηχορύπανσης.



Τράκτορας containers

3.6 Διαδικασία λειτουργίας ενός σταθμού μεταφόρτωσης

Η αναλυτική περιγραφή της λειτουργίας της εγκατάστασης του Σ.Μ.Α. έχει ως εξής:

- Η πρόσβαση στον χώρο του ΣΜΑ γίνεται από την ειδικά διαμορφωμένη γι' αυτό το σκοπό είσοδο. Τα εισερχόμενα απορριμματοφόρα κινούνται προς το χώρο της γεφυροπλάστιγγας, όπου ζυγίζονται από τον τεχνικό της μονάδας και, εάν είναι ελεύθερη η θέση εκφόρτωσης του συστήματος, κατευθύνεται το ένα από αυτά στην χοάνη απόρριψης των απορριμμάτων πάνω στη σχετικά ράμπα. Αλλιώς οδηγείται σε μια από τις θέσεις αναμονής απορριμματοφόρων που βρίσκονται παράπλευρα της εγκατάστασης.
- Το απορριμματοφόρο οδηγείται στη ράμπα και εκεί απορρίπτει τα απορρίμματα εντός χοάνης προστατευμένης από τις πλευρές με μεταλλικό μανδύα για διασφάλιση της λειτουργίας του. Τα απορριπτόμενα στη χοάνη απορρίμματα οδηγούνται μέσω αυτής και αδειάζουν στα container. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται έως ότου όλα τα απορρίμματα αδειάσουν μέσα στο container, εντός του οποίου συμπιέζονται αυτόματα από την ενσωματωμένη σε αυτό πρέσα. Τα container που χρησιμοποιούνται έχουν δυνατότητα μεταφόρτωσης 20-22 τόνους απορριμμάτων.



Διαδικασία μεταφόρτωσης

Ειδικοί οχηματοσυρμοί (νταλίκες) -αποτελούμενοι από ρυμουλκό και το container- μεταφέρουν προς διάθεση τα απορρίμματα στον ΧΥΤΑ και επιστρέφουν με τα άδεια containers πίσω στο ΣΜΑ όπου επαναφορτώνονται.

3.7 Οφέλη από τη λειτουργία του Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων

Οι σταθμοί μεταφόρτωσης των απορριμμάτων είναι εγκαταστάσεις στις οποίες τα απορριμματοφόρα αυτοκίνητα μεταφέρουν και αδειάζουν το περιεχόμενό τους, το οποίο στη συνέχεια αφού συμπιεστεί ή όχι μεταφέρεται με ειδικές νταλίκες και container στο Χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Συνήθως ένα container περιέχει το φορτίο 3-4 απορριμματοφόρων. Έτσι, αντί να πηγαίνουν 3 ή 4 αυτοκίνητα στο ΧΥΤΑ και να μένει το πλήρωμα τους επί δύο ώρες περίπου χωρίς να κάνει τίποτα, θα πηγαίνει τώρα, μόνο ένα και βέβαια με ένα μόνο οδηγό. Δηλαδή ένας οδηγός στη διάρκεια της μετάβασης και της επιστροφής τους από την εγκατάσταση διαχείρισης απορριμμάτων (που μπορεί να κυμαίνεται από μιάμιση έως τέσσερις ώρες) θα αποδεσμεύσει 12-16 άτομα, και η μια νταλικά 3-4 απορριμματοφόρα.

Η ίδρυση και λειτουργία ενός ΣΜΑ μελετημένου σωστά έχει σημαντικά οικονομικά, περιβαλλοντικά και συγκοινωνιακά πλεονεκτήματα για το σύνολο της περιοχής. Αυτά είναι συνέπεια του γεγονότος, ότι συντομεύεται κάθε δρομολόγιο απορριμματοφόρου, σε χρόνο και σε απόσταση. Αυτό σημαίνει οικονομία σε καύσιμα, ανταλλακτικά, συντήρηση και επισκευές, μεγαλύτερη ζωή των αυτοκινήτων (άρα μικρότερες αποσβέσεις) και τεράστια μελλοντική

οικονομία, από το γεγονός ότι για πολλά χρόνια ο κάθε εξυπηρετούμενος Δήμος δεν θα χρειαστεί πρόσθετο προσωπικό και μηχανολογικό μηχανισμό, για τις αυξημένες ανάγκες που θα υπάρξουν στο μέλλον.

Συνοψίζοντας, τα έξοδα που θα εξοικονομούν οι Δήμοι από τη λειτουργία ενός ΣΜΑ θα είναι πολλά περισσότερα από τις αποσβέσεις και τα έξοδα λειτουργίας του σταθμού. Εάν δε, ληφθεί υπόψη ότι το κόστος κατασκευής ενός ΣΜΑ αναλαμβάνεται από την πολιτεία, αντιλαμβάνεται κανείς αμέσως το μέγεθος της ωφέλειας.

Για τους εξυπηρετούμενους Δήμους ο πλεονάζων, μετά τη λειτουργία του Σταθμού, μηχανολογικός εξοπλισμός και προσωπικό καθαριότητας, θα μπορεί να αξιοποιηθεί για μια καλύτερη και σε καθημερινή βάση καθαριότητα. Θα βοηθηθεί σημαντικά η λειτουργία των εγκαταστάσεων διαχείρισης, απορριμμάτων επειδή θα εξαλειφθούν τα φαινόμενα συμφόρησης λόγω αιχμής, δεδομένου ότι θα υπάρχει σταθερός ρυθμός προσέλευσης των οχημάτων του ΣΜΑ.

Συνέπεια της δραστηκής μείωσης του αριθμού των κυκλοφορόντων απορριματοφόρων είναι και άλλα κοινωνικά οφέλη, κυρίως, όμως η σημαντική ανακούφιση του κυκλοφοριακού φόρτου, καθώς και τις ώρες αιχμής δεν θα κυκλοφορούν τα απορριματοφόρα των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης παρά μόνο τα containers. Συνοπτικά τα κυριότερα οφέλη ενός Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων είναι:

- Ταχύτερη αποκομιδή των απορριμμάτων από την πόλη
- Μεγάλη ενεργειακή οικονομία και μείωση του κόστους αποκομιδής
- Αποσυμφόρηση των οικιστικών περιοχών από τον κυκλοφοριακό φόρτο των απορριματοφόρων

3.8 Περιβαλλοντικές επιδράσεις των ΣΜΑ

Ο προσεκτικός προγραμματισμός των ΣΜΑ, ο σχεδιασμός και η σωστή λειτουργία ελαχιστοποιούν τις επιδράσεις των ΣΜΑ στο περιβάλλον. Η

κατάλληλη τοποθέτηση, το σχέδιο και η λειτουργία μπορούν να μετριάσουν τις πιθανές επιδράσεις στο φυσικό περιβάλλον και την κοινότητα.

3.8.1 Κυκλοφοριακό

Το κυκλοφοριακό αποτελεί μια από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιδράσεις που συνδέονται με τους μεγάλους σταθμούς μεταφόρτωσης απορριμμάτων. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τους σταθμούς στις αστικές και προαστιακές περιοχές όπου η κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι συχνά ήδη ένα σημαντικό πρόβλημα για την τοπική κοινότητα. Με την παγίωση των αποστολών στην περιοχή διάθεσης, ένα σύστημα μεταφοράς απορριμμάτων θα ασκήσει καθαρά θετικές επιδράσεις από την άποψη της μείωσης της κυκλοφορίας φορτηγών, των εκπομπών αερίων και του θορύβου.

Μερικά συγκεκριμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα σχεδίου και λειτουργίας που να είναι απαραίτητα για να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιδράσεις της κυκλοφορίας περιγράφονται κατωτέρω:

- Υποδεικνύοντας τις διαδρομές σε και από το σταθμό μεταφόρτωσης που αποφεύγουν τις κορεσμένες περιοχές, τις κατοικημένες περιοχές, και άλλες ευαίσθητες περιοχές.
- Παρέχοντας τις παρόδους επιτάχυνσης και επιβράδυνσης που επιτρέπουν στα οχήματα να αφήσουν τη ροή της κυκλοφορίας ομαλή και μειώνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση και την πιθανότητα των ατυχημάτων.
- Παρέχοντας το επαρκές διάστημα αναμονής έτσι ώστε τα οχήματα μεταφοράς που περιμένουν να μπουν στο χώρο του σταθμού να μην παρεμποδίζουν την κυκλοφορία.
- Εγκαθιστώντας και χρησιμοποιώντας τον εξοπλισμό συμπίεσης μεγιστοποιείτε το ποσό αποβλήτων που μεταφέρονται σε κάθε ρυμουλκό μεταφοράς, μειώνοντας κατά συνέπεια τον αριθμό φορτίων που αφήνουν την περιοχή.

3.8.2 Θόρυβος

Οι σταθμοί μεταφόρτωσης μπορούν να είναι μια σημαντική πηγή θορύβου, η οποία να είναι μια ενόχληση στους κατοίκους της περιοχής. Η κυκλοφορία βαριών φορτηγών και η λειτουργία του βαρέου εξοπλισμού είναι οι αρχικές πηγές θορύβου από έναν σταθμό μεταφόρτωσης.

Ο θόρυβος εξοπλισμού περιλαμβάνει τις μηχανές, τις μονάδες υδραυλικής ισχύος, τους κάδους και τις λεπίδες εξοπλισμού που ξύνουν στις επιφάνειες σκυροδέματος και χάλυβα. Η εκφόρτωση των απορριμμάτων σε ένα ρυμουλκό μπορεί επίσης να δημιουργήσει τον ουσιαστικό θόρυβο, ανάλογα με τον τύπο αποβλήτων, απόστασης πτώσης και επιφάνειας.

Ο σωστός σχεδιασμός του σταθμού μπορεί να μειώσει τους θορύβους αυτούς που προέρχονται από το σταθμό.

- Η αύξηση της απόστασης μεταξύ της πηγής θορύβου και του δέκτη, ή η παροχή των φυσικών ή προκαλούμενων από τον άνθρωπο εμποδίων είναι οι αποτελεσματικότεροι τρόποι μείωσης του θορύβου.
- Η παροχή απορροφητικών υλικών στην οικοδόμηση των τοίχων και της οροφής.
- Καθώς και η αποφυγή κυκλοφοριακών ροών σε περιοχές ευαίσθητες σε θορύβους είναι μερικές από τις ενέργειες που βοηθούν στη μείωση του θορύβου.

3.8.3 Μυρωδιές

Τα απορρίμματα τροφίμων καθώς και ορισμένα άλλα απορρίμματα έχουν την δυνατότητα να παράγουν μυρωδιές. Οι μυρωδιές αυξάνονται κατά τη διάρκεια του θερμού ή υγρού καιρού. Κατά συνέπεια, οι σταθμοί μεταφόρτωσης που χειρίζονται αυτά τα απορρίμματα θα πρέπει να εξετάσουν τη διαχείριση μυρωδιών βασισμένη στις καιρικές συνθήκες. Οι μυρωδιές μπορούν να ρυθμιστούν με τον κατάλληλο σχεδιασμό και τις λειτουργικές διαδικασίες, που περιλαμβάνουν:

- Όπως και με το μετριασμό θορύβου, αυξάνοντας την απόσταση μεταξύ της πηγή και του δέκτη μειώνονται αποτελεσματικά οι μυρωδιές.
- Αξιολογώντας την κατεύθυνση του επικρατούντος αέρα, καθορίζουμε τον προσανατολισμό της οικοδόμησης του σταθμού μεταφόρτωσης.
- Γρήγορη μεταφορά των συλλεχθέντων απορριμμάτων στους χώρους διάθεσης ή τους χώρους υγειονομικής ταφής.
- Συχνή απολύμανση του χώρου, του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται και των φορητών.

3.8.4 Εκπομπές αερίων

Εκπομπές αερίων έχουμε σαν αποτέλεσμα των σταθμών μεταφόρτωσης από τα σκονισμένα απόβλητα που παραδίδονται στο σταθμό, από τις εξατμίσεις από τον κινητό εξοπλισμό, όπως τα φορητά και οι φορτωτές, που οδηγούν στις μη ασφαλτοστρωμένες ή σκονισμένες επιφάνειες, και τις διαδικασίες καθαρισμού όπως το σκούπισμα οδών. Όπως και με τον έλεγχο οσμών, ο κατάλληλος σχεδιασμός και οι λειτουργικές διαδικασίες βοηθούν ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές αερίων, που περιλαμβάνουν:

- Επίστρωση όλων των επιφανειών που γίνεται η κυκλοφορία των φορητών.
- Περιορισμένη κίνηση των οχημάτων εντός κατοικημένων περιοχών.
- Επιλογή του εναλλακτικού εξοπλισμού καυσίμων ή χαμηλής-εκπομπής αερίων.
- Χρησιμοποίηση συστήματος ψεκασμού ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία σκόνης.
- Συχνός καθαρισμός των οχημάτων ώστε να αποφεύγεται η μεταφορά απορριμμάτων με τις ρόδες των φορητών επάνω στις οδούς.
- Χρησιμοποίηση φίλτρων αέρα στην οικοδόμηση του σταθμού για αποτελεσματική αποφυγή εκπομπής αερίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΚΟΣΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

4.1 Κόστη συλλογής οικιακών απορριμμάτων

Τα κόστη συλλογής και διάθεσης των απορριμμάτων αποτελούν το 75-80% (Bhat, 1996) [9] από τον προϋπολογισμό μιας πόλης για την διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Επομένως η αποδοτικότητα της επιχείρησης της συλλογής και της μεταφοράς αποτελεί ανησυχία για τους υπευθύνους μιας πόλης. Οι διαδικασίες συλλογής και διάθεσης αρχίζουν όταν τα απορρίμματα τοποθετούνται για μάζεμα και τελειώνει όταν τα απορρίμματα συγκεντρώνονται σε ένα χώρο διάθεσης ή επεξεργασίας. Οι αυξανόμενες δαπάνες διάθεσης των στερεών αποβλήτων αναγκάζουν τους πολίτες να απαιτήσουν αποτελεσματική συλλογή και διάθεση των απορριμμάτων.

Οι υπεύθυνοι των πόλεων έρχονται συνέχεια αντιμέτωποι με μακροπρόθεσμα προβλήματα απόφασης που αφορούν τον αριθμό, τη χωρητικότητα και τις τοποθεσίες διάθεσης απορριμμάτων, τα δρομολόγια των φορτηγών, τον αριθμό των υπαλλήλων κτλ. Το μέγεθος των απορριμμάτων που συγκεντρώνεται εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες καθώς και τη μέρα του μήνα και την εβδομάδα. Παρατηρείται ότι περισσότερα απορρίμματα συγκεντρώνονται τη Δευτέρα, την Τρίτη και τις μέρες μετά από γιορτές.

Κάθε ημέρα ένας μεγάλος αριθμός οχημάτων φέρνει απορρίμματα στους ΧΥΤΑ, στους αποτεφρωτήρες και τους σταθμούς μεταφόρτωσης για τελική διάθεση. Το κόστος αυτής της λειτουργίας αποτελεί ένα ουσιαστικό μέρος του ετήσιου προϋπολογισμού των πόλεων. Επομένως, ακόμη και μια μικρή βελτίωση στη συλλογή απορριμμάτων μπορεί να οδηγήσει σε μια σημαντική μείωση των δαπανών.

Η πληθώρα των λειτουργικών προβλημάτων απαιτεί από τους υπευθύνους να παίρνουν αποφάσεις σχετικά με την κατανομή των φορτηγών στις περιοχές διάθεσης των απορριμμάτων. Είναι εμφανές ότι ο χρόνος

διάθεσης που αποτελείται από το ταξίδι και ο χρόνος αναμονής έχουν σημαντικό αντίκτυπο στις δαπάνες της συλλογής. Αν οι αποστάσεις ήταν το μόνο κριτήριο για να αποφασίσουμε την κατανομή των φορτηγών στους χώρους διάθεσης τότε το μόνο που μπορεί να γίνει είναι να διατεθεί κάθε φορτηγό στην κοντινότερη εφικτή περιοχή διάθεσης. Μια τέτοια κατανομή όμως θα έτεινε να δημιουργήσει μεγάλες ουρές αναμονής στους ευνοϊκότερους τόπους διάθεσης.

4.2 Διαδικασία συλλογής και διάθεσης

Τα απορρίμματα συλλέγονται προσωρινά σε υποδοχείς απορριμμάτων (κάδους) των οποίων ο τύπος και η χωρητικότητα εξαρτώνται από διάφορους παραμέτρους και επιλέγονται από τον παραγωγό ή τις δημοτικές υπηρεσίες. Στην Ελλάδα, οι υποδοχείς των αστικών απορριμμάτων επιλέγονται, τοποθετούνται και συντηρούνται συνήθως από τη δημοτική υπηρεσία καθαριότητας του κάθε δήμου. Η διαφοροποίηση των υποδοχέων κάνει αναγκαία τη χρήση διαφόρων τύπων αυτοκινήτων, προσαρμοσμένων στους τύπους των υποδοχέων. Γενικά πρέπει να επιδιώκεται μια ομοιόμορφη κατανομή ειδών και μεγέθους υποδοχέων, για να μην επιβραδύνεται ο ρυθμός συλλογής.

Όσον αφορά τη συχνότητα συλλογής των απορριμμάτων κάθε δήμος την καθορίζει ανάλογα με τις ανάγκες και τις δυνατότητες του και τα απορρίμματα που παράγονται εντός των ορίων του. Στις αστικές περιοχές η συχνότητα συλλογής κυμαίνεται από 3 έως 7 φορές την εβδομάδα, ανάλογα την περιοχή όπου γίνεται η συλλογή και την πολιτική που κάθε δήμος υιοθετεί. Συνήθως στις πόλεις συλλέγονται από τη Δευτέρα μέχρι το Σάββατο. Όταν είναι αργία μια εργάσιμη μέρα, η συλλογή γίνεται την επόμενη ημέρα. Οι πόλεις είναι συνήθως διαιρεμένες σε ζώνες συλλογής.

Η εκλογή των ωραρίων συλλογής πρέπει να βασίζεται στα ακόλουθα κριτήρια.

- ο Η διάρκεια παραμονής των δοχείων απορριμμάτων στο πεζοδρόμιο, πρέπει να είναι η πιο σύντομη δυνατή.

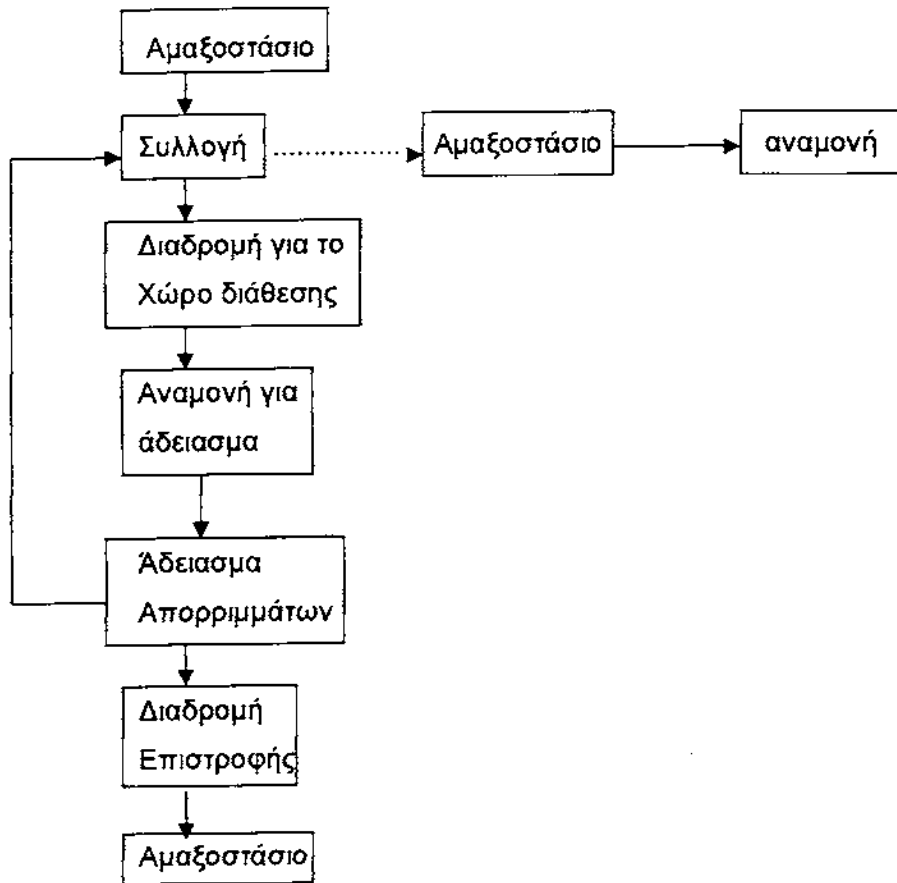
- Πρέπει να μειωθεί στο ελάχιστο η ενόχληση για την κυκλοφορία, καθώς και ο θόρυβος για τους κατοίκους.

Μια χαρακτηριστική ημέρα συλλογής αρχίζει στις 6:30 π.μ. με τους εργαζομένους που συγκεντρώνονται στις αποθήκες. Ένα πλήρωμα αποτελείται από 1 –4 άτομα και το ίδιο πλήρωμα παίρνει γενικά το ίδιο φορτηγό κάθε ημέρα. Ο χρόνος ταξιδιού από τις αποθήκες στις διαδρομές ποικίλλει ανάλογα την περιοχή. Στην έναρξη της διαδρομής, αρχίζει και η συλλογή.

Κάποιες φορές ένα φορτηγό μπορεί να κάνει περισσότερα φορτία από ένα στη βάρδια του. Ένα φορτηγό που κάνει δύο φορτία ανά βάρδια κάνει την εξής διαδρομή:

- Εκκίνηση από το αμαξοστάσιο
- Διαδρομή συλλογής
- Συλλογή
- Διαδρομή για την περιοχή διάθεσης
- Περιμένει και ξεφορτώνει
- Επιστρέφει στη διαδρομή συλλογής
- Συλλογή
- Διαδρομή για την περιοχή διάθεσης
- Περιμένει και ξεφορτώνει
- Επιστρέφει στο αμαξοστάσιο

Εάν δεν υπάρχει χρόνος να πάει σε μια περιοχή διάθεσης από τη διαδρομή, να περιμένει και να ξεφορτώσει και να επιστρέψει έπειτα στο αμαξοστάσιο, τότε το φορτηγό πηγαίνει άμεσα στο αμαξοστάσιο από τη διαδρομή και τα απορρίμματα μεταφέρονται την επόμενη μέρα. Είναι εμφανές από αυτό ότι ο χρόνος διάθεσης που αποτελείται από το ταξίδι και ο χρόνος αναμονής έχουν σημαντικό αντίκτυπο στις δαπάνες της συλλογής.



Σχεδιάγραμμα διαδρομών ενός απορριμματοφόρου οχήματος κατά τη διάρκεια μιας ημέρας (Bhat, 1996)

4.3 Δρομολόγια συλλογής

Για να οργανώσουμε τα δρομολόγια συλλογής είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τις παρακάτω παραμέτρους [3]:

- Παραγωγή απορριμμάτων. Για να ορισθούν τα δρομολόγια, είναι απαραίτητο να γίνει μια εκτίμηση της ποσότητας των απορριμμάτων που θα συλλεχθούν. Η εκτίμηση αυτή πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβής. Ένας πολύ απλός τρόπος στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται δοχεία είναι, να βρίσκεται ο αριθμός τους ανά τμήμα δρόμου. Η μέτρηση αυτή παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς η ταχύτητα συλλογής εξαρτάται από τον αριθμό και τον όγκο των συλλεγμένων δοχείων, ενώ ο χρόνος εκκένωσης ενός γεμάτου και ενός

λιγότερο γεμάτου δοχείου είναι πρακτικά ο ίδιος. Οι μετρήσεις μπορούν να πραγματοποιούνται κατά την ίδια μέρα της εβδομαδιαίας αιχμής για το σύνολο της μελετούμενης περιοχής. Η όλη έρευνα συμπληρώνεται με μία ζύγιση του βάρους του απορριμματοφόρου, όπως επίσης και με μέτρηση των διαδρομών που διανήθηκαν για κάθε δρομολόγιο.

- Απόδοση των μέσων συλλογής. Μετά την εύρεση της ποσότητας των παραγομένων απορριμμάτων, είναι απαραίτητο να καθοριστεί το πώς θα γίνει η μεταφορά τους με τα υφιστάμενα μέσα συλλογής (ή τα προς απόκτηση). Η απόδοση των μέσων συλλογής εξαρτάται από:

1. Την ταχύτητα συλλογής που επηρεάζεται από την πυκνότητα και τον τύπο των χρησιμοποιούμενων δοχείων.
2. Την ικανότητα υποδοχής του απορριμματοφόρου, που σχετίζεται με το γεωμετρικό του όγκο και την απόδοση του συστήματος συμπίεσης.

Η μέτρηση της χωρητικότητας γίνεται μέσω φόρτισης του απορριμματοφόρου με απορρίμματα και μέτρησης του αριθμού των εκκενωθέντων δοχείων γνωστού όγκου. Άλλος τρόπος είναι μέσω του υπολογισμού του γεωμετρικού όγκου του απορριμματοφόρου ή ακόμη και με χρησιμοποίηση του ποσοστού συμπίεσης που δίνεται από τον κατασκευαστή. Επίσης, η χωρητικότητα μπορεί να μετρηθεί μέσω στατιστικής μελέτης αναφερομένης και στο βάρος των απορριμματοφόρων.

- Περιορισμοί στη συλλογή. Στην αστική περιοχή η οργάνωση των δρομολογίων συλλογής πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τους ακόλουθους περιορισμούς:

1. Τα ωράρια, τη διάρκεια και τη συχνότητα της συλλογής.
2. Τους δρόμους ή τις περιοχές προτεραιότητας όπως, το κέντρο της πόλης, τους κύριους άξονες κυκλοφορίας, τις εμπορικές περιοχές κ.λπ.
3. Τους δρόμους μονής κατεύθυνσης.
4. Τους στενούς δρόμους, που δεν είναι βατοί από τα συνήθη απορριμματοφόρα.

5. Τους φαρδείς δρόμους, που θα γίνεται συλλογή με δύο διαδρομές (με τη μία θα περνούν τους ζυγούς και με την άλλη τους μονούς).

(Στις αγροτικές περιοχές οι περιορισμοί είναι διαφορετικοί και αφορούν:)

6. Τις συχνότητες συλλογής που μπορεί να είναι εβδομαδιαίες
7. Τις διακυμάνσεις στην παραγωγή των απορριμμάτων σε συνάρτηση με την ημέρα της αιχμής.
8. Τις δυσκολίες στην κυκλοφορία σε ορισμένους επαρχιακούς ή κοινοτικούς δρόμους.
9. Τις κυκλοφοριακές δυσχέρειες κατά τη χειμερινή περίοδο, ιδιαίτερα στις ορεινές περιοχές.

Τέλος και στις δύο περιπτώσεις (αστικές, αγροτικές περιοχές) πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η θέση του γκαράζ εκκίνησης των απορριμματοφόρων (αμαξοστάσιο) και η θέση του χώρου διάθεσης απορριμμάτων (χώρος υγειονομικής ταφής ή μονάδα επεξεργασίας). Επίσης θα πρέπει να συνεκτιμάται η θέση του σταθμού μεταφόρτωσης, στην περίπτωση που τέτοιος κατασκευάζεται λόγω μεγάλης απόστασης του χώρου διάθεσης (πάνω από 20 km) από την περιοχή συλλογής.

Η ανάλυση των διαφόρων παραμέτρων που εξετάστηκαν προηγουμένως (ΠΑ, απόδοση του μέσου συλλογής, περιορισμοί συλλογής, συχνότητα) οδηγεί στον προσδιορισμό ενός επιθυμητού προγράμματος για τη χρησιμοποίηση των απορριμματοφόρων. Δύο είναι οι κυριότεροι στόχοι ενός προγράμματος δρομολογίων:

- Η επιδίωξη ελαχιστοποίησης της διανυόμενης συνολικής χιλιομετρικής απόστασης.
- Η επιδίωξη ελαχιστοποίησης του αριθμού των απορριμματοφόρων.

Στην πράξη οι δύο αυτοί συντελεστές είναι στενά συνδεδεμένοι. Η πείρα δείχνει ότι το κόστος της συλλογής εξαρτάται απ' ευθείας από τον αριθμό των απορριμματοφόρων που είναι σε κυκλοφορία. Θα πρέπει επομένως να αναζητηθεί τρόπος ελάττωσης του αριθμού τους.

4.4 Κοστολόγηση υπηρεσιών καθαριότητας – Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»

Η κοστολόγηση των υπηρεσιών καθαριότητας γίνεται με τη χρέωση ανταποδοτικών, δημοτικών ή κρατικών φόρων στους πολίτες που εξυπηρετούνται. Σήμερα, το μεγαλύτερο ποσοστό των φορέων διαχείρισης δημοτικών απορριμμάτων χρησιμοποιούν το σύστημα «flat rate» για τη χρέωση των υπηρεσιών τους (σύστημα που ακολουθεί και η Ελλάδα). Το σύστημα αυτό χρεώνει το δημότη ανάλογα τα τετραγωνικά μέτρα του ακινήτου. Μερικοί φορείς χρεώνουν ένα συγκεκριμένο τέλος για τις υπηρεσίες που προσφέρουν, κοινό για όλους τους πολίτες.

Τα τελευταία χρόνια - ιδιαίτερα στις ΗΠΑ, Αυστραλία και Καναδά - η χρέωση των τελών καθαριότητας ακολουθεί τη μεταβλητή κοστολόγηση βάσει της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» [3]. Το τελευταίο σύστημα χρέωσης καλείται μοναδιαίο (unit pricing) ή μεταβλητό (variable rate pricing) και το ολικό πρόγραμμα διαχείρισης απορριμμάτων και κοστολόγησης αυτής καλείται «πληρώνεις όσο απορρίπτεις» (Pay As You Throw = PAYT). Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» πρεσβεύει την ελαχιστοποίηση-αποφυγή παραγωγής απορριμμάτων μέσω άμεσης αντιστοίχισης της πραγματικής παραγόμενης ποσότητας απορριμμάτων κάθε νοικοκυριού με τα ανταποδοτικά τέλη. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το PAYT, τα ανταποδοτικά τέλη οφείλουν να είναι ανάλογα της ποσότητας που παράγει το κάθε νοικοκυριό (μεταβλητή κοστολόγηση) και όχι πάγιας ετήσιας χρέωσης ανάλογα με τα τετραγωνικά μέτρα του ακινήτου που ισχύει σήμερα. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαν να θεσπισθούν αυτομάτως οικονομικά κίνητρα για μείωση της ατομικής παραγωγής απορριμμάτων και προώθηση της ανακύκλωσης.

4.5 Δαπάνες ενός Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων.

Ένας σταθμός μεταφόρτωσης απορριμμάτων μειώνει όπως έχουμε ήδη αναφέρει τις λειτουργικές δαπάνες των πόλεων που παράγουν μεγάλο όγκο απορριμμάτων.

Γενικότερα οι δαπάνες για την κατασκευή και λειτουργία ενός Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων διαιρούνται σε:

- ✓ Κύριες δαπάνες οι οποίες είναι οι δαπάνες κατασκευής του Σταθμού Μεταφόρτωσης.
- ✓ Ετήσιες δαπάνες που είναι οι δαπάνες που εμφανίζονται κάθε έτος και είναι απαραίτητες για τη συνεχή λειτουργία του Σταθμού.

4.5.1 Κύριες δαπάνες Σταθμού Μεταφόρτωσης

Οι κύριες δαπάνες ενός Σταθμού Μεταφόρτωσης απορριμμάτων είναι οι δαπάνες κατασκευής του Σταθμού και εξαρτώνται κυρίως από τους εξής παράγοντες:

- ✓ Τη θέση της περιοχής
- ✓ Τα αναγκαία έργα υποδομής
- ✓ Τον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί
- ✓ Την απόσταση από τον τελικό χώρο διάθεσης
- ✓ Τον όγκο των απορριμμάτων που πρέπει να αντιμετωπίσει

Η θέση της περιοχής στην οποία θα κατασκευαστεί ο Σταθμός πρέπει να είναι, όπως έχουμε αναφέρει, κοντά στην περιοχή συλλογής και να είναι αρκετά μεγάλη ούτως ώστε να χωρά η μονάδα του συστήματος μεταφόρτωσης, καθώς και να υπάρχει αρκετός χώρος για να ελίσσονται τα φορτηγά που πάνε για άδειασμα. Ένα λογικό μέγεθος είναι μια περιοχή 5 στρεμμάτων.

Το κόστος του εδάφους ποικίλει ανάλογα με την περιοχή στην οποία κατασκευάζεται ο Σταθμός. Το έδαφος μπορεί να βρίσκεται στην ιδιοκτησία της τοπικής Διοίκησης ή μπορεί να αγοραστεί από ιδιώτη. Τις περισσότερες περιπτώσεις κοστίζει τουλάχιστον \$1000 το στρέμμα, και κάποιες φορές πολύ περισσότερο.

Όσον αφορά την κτιριακή υποδομή και αυτή εξαρτάται από την περιοχή στην οποία χτίζεται και τις ανάγκες που πρέπει να εξυπηρετεί. Τα κύρια κτίρια που πρέπει να κτιστούν είναι τα γραφεία της διοίκησης και οι χώροι αποθήκευσης των οχημάτων. Αυτά υπολογίζεται περίπου ότι θα κοστίσουν \$35 ανά τετραγωνικό μέτρο.

Η ράμπα πάνω στην οποία ανεβαίνουν τα απορριμματοφόρα για να ξεφορτώσουν και ο τοίχος που θα προστατεύει ώστε να μην πετάγονται απόβλητα έξω από το σύστημα μεταφόρτωσης κατά την εκκένωση, υπολογίζεται ότι κοστίζει περίπου από \$20.000 έως \$30.000, ανάλογα με το μέγεθος.

Ο εξοπλισμός που είναι απαραίτητος είναι:

- Το ρυμουλκό μεταφοράς που υπολογίζεται ότι κοστίζει \$40.000- \$50.000
- Ο τράκτορας που κοστίζει περίπου \$52.000- \$75.000 και
- Η χοάνη και ο συμπιεστής που κυμαίνονται περίπου \$28.000- \$40.000

Επίσης άλλες κύριες δαπάνες είναι και οι αμοιβές για τους τεχνικούς και τους μελετητές που στην περίπτωση αυτή κυμαίνονται περίπου από \$10.000 έως \$20.000.

4.5.2 Ετήσιες Δαπάνες Σταθμού Μεταφόρτωσης

Οι ετήσιες δαπάνες είναι οι δαπάνες που εμφανίζονται κάθε έτος για τη συνεχή λειτουργία του Σταθμού. Οι ετήσιες δαπάνες μπορούν να διαιρεθούν περαιτέρω σε ετήσιες κύριες δαπάνες και λειτουργικές δαπάνες. Οι ετήσιες κύριες δαπάνες είναι η ετήσια υποτίμηση των κύριων στοιχείων, και οι λειτουργικές δαπάνες είναι οι καθημερινές δαπάνες για πράγματα όπως η εργασία, τα καύσιμα, κτλ.

Για τα κύρια στοιχεία δεσμεύεται κάθε χρόνο ένα μέρος χρημάτων ώστε να υπάρχουν όταν θα είναι απαραίτητο να αντικατασταθεί κάτι, να επιδιορθωθεί ή να συντηρηθεί. Υπολογίζεται ότι το κτίριο, η χοάνη και η ράμπα θα υποτιμηθούν κατά τη διάρκεια 25 ετών. Τα ρυμουλκά φορτηγά, τα containers δηλαδή, και ο συμπιεστής θα υποτιμηθούν σε μια περίοδο 10 ετών. Τα φορτηγά αποκομιδής εξαρτάται από τη χρήση τους, οπότε μπορούμε να πούμε ότι καλό θα ήταν να συντηρούνται κάθε 200.000 μίλια.

Οι λειτουργικές δαπάνες είναι ετήσιες δαπάνες για στοιχεία όπως τα καύσιμα, η εργασία, η συντήρηση, και τα απρόοπτα έξοδα που απαιτούνται σε καθημερινή βάση για τη λειτουργία του συστήματος. Τα καύσιμα υπολογίζονται ότι κοστίζουν \$1,00 ανά γαλόνι για το diesel. Το φορτηγό τρακτέρ υπολογίζεται

ότι πάει περίπου 6 μίλια ανά γαλόνι για ένα κόστος καυσίμων \$.167 ανά μίλι. Οι δαπάνες συντήρησης περιλαμβάνουν τις δαπάνες για τις επισκευές, τις ρόδες, και γενικότερα τη συντήρηση των οχημάτων. Αυτές οι δαπάνες υπολογίζονται να είναι \$.35 ανά μίλι. Η συντήρηση για τα ρυμουλκά μεταφοράς υπολογίζεται ότι είναι \$.10 ανά μίλι.

Ένας σταθμός μεταφόρτωσης θα πρέπει να απασχολήσει τουλάχιστον έναν πλήρους απασχόλησης υπάλληλο με \$5 ανά ώρα, ή \$10.400 ετησίως και έναν μερικής απασχόλησης ή πλήρους απασχόλησης οδηγό για τα οχήματα μεταφοράς με \$7 ανά ώρα. Εάν είναι απαραίτητο πλήρες ωράριο, το ετήσιο κόστος είναι \$14,560. Ένα κόστος \$10.000 συμπεριλαμβάνεται για να καλύψει το κόστος των γραφείων καθώς επίσης και άλλων απρόβλεπτων δαπανών.

Κύριες Δαπάνες

Έδαφος	\$5.000
Κτίριο	\$35 ανά τετραγωνικό μέτρο
Ράμπα	\$20.000- \$30.000
Τράκτορας	\$52.000- \$75.000
Κοντεηνερ	\$40.000- \$50.000
Χοάνη	\$28.000- \$40.000
Άλλες Δαπάνες	\$10.000- \$20.000

Ετήσιες Δαπάνες

Καύσιμα	\$1,00 ανά γαλόνι
Συντήρηση οχημάτων αποκομιδής	\$.35 ανά μίλι
Συντήρηση ρυμουλκών	\$.10 ανά μίλι
Υπάλληλος	\$5 ανά ώρα ή \$10.400 ετησίως
Οδηγός ρυμουλκών μεταφοράς	\$7 ανά ώρα ή \$14.560 ετησίως
Άλλες Δαπάνες	\$10.000

*Κύριες και ετήσιες δαπάνες ενός Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων
(Sloggett, Doeksen and Fitzgibbon, July 1992) [11].*

4.6 Δαπάνες Άμεσης Διάθεσης Απορριμμάτων

Μια άλλη επιλογή διάθεσης των απορριμμάτων είναι να χρησιμοποιηθούν τα φορητά αποκομιδής ώστε να παραδώσουν τα στερεά απόβλητα άμεσα στους χώρους τελικής διάθεσης. Το κόστος για την άμεση αυτή διάθεση των απορριμμάτων σε απόμακρους χώρους τελικής διάθεσης εξαρτάται από τον αριθμό και το μέγεθος των οχημάτων αποκομιδής, τον αριθμό εργαζομένων σε κάθε φορητό, την απόσταση από τους χώρους αυτούς, και τον όγκο των απορριμμάτων που μεταφέρονται.

Υποτίθεται ότι τα φορητά συλλογής υπάρχουν ήδη και χρησιμοποιούνται, έτσι κανένας κύριος προϋπολογισμός δαπανών δεν γίνεται.

Το ετήσιο κόστος για την άμεση διάθεση των απορριμμάτων περιλαμβάνει: υποτίμηση, καύσιμα, συντήρηση, εργασία, και μέρος χρημάτων για να επιτρέψει τις απρόβλεπτες δαπάνες.

Το ετήσιο κύριο κόστος (υποτίμηση) για τα οχήματα συλλογής συμπεριλαμβάνεται στους προϋπολογισμούς δαπανών άμεσης διάθεσης για να επιτρέψει την αντικατάσταση των οχημάτων όταν φθείρονται. Για να καθορίσουμε το ετήσιο κύριο κόστος κάθε οχήματος, πολλαπλασιάζουμε τους χρόνους απόσβεσης και τον ετήσιο αριθμός μιλίων που κάνει το όχημα για να πάει στο χώρο τελικής διάθεσης και πίσω.

Το όχημα συλλογής υπολογίζεται ότι πάει περίπου 8 μίλια ανά γαλόνι. Με κόστος \$1,00 ανά γαλόνι, τα καύσιμα υπολογίζονται να κοστίζουν \$.125 ανά μίλι. Το κόστος συντήρησης για τις ρόδες, τα λιπαντικά και τις δευτερεύουσες επισκευές υπολογίζεται σε \$.375 ανά μίλι για μια συνολική λειτουργική δαπάνη \$.50 ανά μίλι. Η εργασία υπολογίζεται για να είναι \$6,00 ανά ώρα ανά οδηγό. Μια αμοιβή ίση με 10 τοις εκατό των λειτουργικών δαπανών πρέπει να προστεθεί για να πληρώσει για την ασφάλεια, την επίβλεψη, και άλλες απρόβλεπτες δαπάνες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΝΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

5.1 Εισαγωγή

Ο τομέας που ασχολείται με τη μεταφορά των στερεών αποβλήτων από με το στάδιο της συλλογής μέχρι την τελική διακομιδή τους στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων ΧΥΤΑ, είναι αυτός που απορροφά το 75-80% των κονδυλίων του προϋπολογισμού της διαχείρισης απορριμμάτων μιας πόλης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια έστω και μικρή βελτίωση στο τομέα των μεταφορών να οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων. Τα οχήματα συλλογής απορριμμάτων ξεκινώντας από διαφορετικά σημεία της πόλης κατευθύνονται στους ΧΥΤΑ καταναλώνοντας ένα σημαντικό χρονικό διάστημα καθώς ταξιδεύουν και περιμένουν να ξεφορτώσουν ενώ θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν το χρόνο αυτό στο καθαρισμό της πόλης.

Σ' αυτό το σημείο της εργασίας θα εξετάσουμε το γεγονός της δημιουργίας ενός σταθμού μεταφόρτωσης σε μια περιοχή, που θα θέσουμε ως περιοχή μελέτης, για τη βελτίωση του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων της περιοχή και την ελαχιστοποίηση των δαπανών του συστήματος.

5.2 Περιοχή μελέτης

Ως περιοχή μελέτης θα πάρουμε το νομό Λάρισας και πιο συγκεκριμένα την επαρχία Ελασσόνας. Στο νομό Λάρισας λειτουργεί ένας χώρος Υγειονομικής Ταφής στο Δήμο Μακρυχωρίου ο οποίος εξυπηρετεί την τελική διάθεση των στερεών αστικών αποβλήτων όλου του Νομού.



Χάρτης του Νομού Λάρισσας

Θα μελετήσουμε την περίπτωση δημιουργίας ενός Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων στη διοικητική περιοχή της Ελασσόνας. Ο οποίος σταθμός θα εξυπηρετεί τις ανάγκες των Δήμων Αντιχασίων, Ελασσόνας, Λιβαδίου, Ολύμπου, Ποταμιάς, Σαρανταπόρου και των κοινοτήτων Βερδικούσιας και Καρυάς.

5.2.1 Επικρατούσα κατάσταση στην περιοχή

Ο ΧΥΤΑ που λειτουργεί αυτή τη στιγμή εξυπηρετεί, όπως ήδη έχουμε πει, όλο το Νομό. Σε αυτόν όμως μεταφέρονται σήμερα τα απορρίμματα μόνο των περιοχών που βρίσκονται γύρω από το Δήμο Λάρισσας, οι πιο απομακρυσμένες στο ΧΥΤΑ περιοχές του Νομού εναποθέτουν τα απορρίμματα τους σε χώρους που δεν πληρούν τους στοιχειώδεις κανόνες υγιεινής καθώς δεν πληρούν ούτε και ορισμένες νομοθετικές προϋποθέσεις. Έχουμε δηλαδή μια διάθεση των απορριμμάτων που πολλές φορές τείνει να γίνεται ανεξέλεγκτη.

Για να διορθωθεί η όλη κατάσταση και να αποκατασταθούν οι υπάρχον χώροι διάθεσης απορριμμάτων, προτείνεται η κατασκευή και λειτουργία ενός Σταθμού Μεταφόρτωσης στην αγροτική περιοχή τη επαρχίας Ελασσόνας, ο οποίος θα εξυπηρετεί τους περισσότερους Δήμους και Κοινότητες της περιοχής.

Στο σταθμό αυτό θα μεταφορτώνονται σε ειδικά κοντέινερς τα απορρίμματα από τους Δήμους Αντιχασίων, Ελασσόνας, Λιβαδίου, Ολύμπου, Ποταμιάς, Σαρανταπόρου και των κοινοτήτων Βερδικούσιας και Καρυάς. Τα ειδικά αυτά ρυμουλκόμενα κοντεηνερς αργότερα θα οδηγούνται για εκκένωση στο ΧΥΤΑ που βρίσκεται στο Δήμο Μακρυχωρίου.

Σε σχέση με το ΧΥΤΑ ένας Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων συγκεντρώνει πολλά περιβαλλοντικά και χωροταξικά πλεονεκτήματα και άρα εξασφαλίζει με μεγαλύτερη ευκολία την κοινωνική αποδοχή της γειτονικής οικιστικής περιοχής. Ο επίσης βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τους Δήμους και τις κοινότητες και μια επιλογή άμεσης διάθεσης των απορριμμάτων στον ΧΥΤΑ θα θεωρούνταν μάλλον οικονομικά ασύμφορη.

5.2.2 Εξυπηρετούμενος πληθυσμός

Σύμφωνα με την απογραφή της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος για το έτος 2001 οι Δήμοι Αντιχασίων, Ελασσόνας, Λιβαδίου, Ολύμπου, Ποταμιάς, Σαρανταπόρου και οι κοινότητες Βερδικούσιας και Καρυάς αριθμούν 37.321 κατοίκους. Για τις απαιτήσεις της μελέτης εκτιμήθηκε η πληθυσμιακή εξέλιξη του νομού ανά δήμο για τους χρόνους 2011 και 2021, λαμβάνοντας υπόψη τους ρυθμούς μεταβολής των προηγούμενων ετών και τα στοιχεία της ΕΣΥΕ από τις απογραφές των ετών 1971, 1981, 1991 [6].

Η εξέλιξη λοιπόν του πληθυσμού που εξυπηρετείτε από το σταθμό μεταφόρτωσης θα είναι:-

ΟΙΚΙΣΜΟΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ			
	1991	2001	2011	2021
ΔΗΜΟΣ ΑΝΤΙΧΑΣΙΩΝ	4.335	3.948	4.362	4.820
ΔΗΜΟΣ ΕΛΑΣΣΟΝΟΣ	15.637	14585	15.331	16.939
ΔΗΜΟΣ ΛΙΒΑΔΙΟΥ	3.378	3.180	3.343	3.693
ΔΗΜΟΣ ΟΛΥΜΠΟΥ	4.410	3.589	3.773	4.168
ΔΗΜΟΣ ΠΟΤΑΜΙΑΣ	5.451	5.064	5.323	5.881
ΔΗΜΟΣ ΣΑΡΑΝΤΑΠΟΡΟΥ	3.946	3628	3.814	4.214
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΒΕΡΔΙΚΟΥΣΗΣ	2.974	2.246	2.361	2.609
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΚΑΡΥΑΣ	1.351	1.081	1.136	1.255
ΣΥΝΟΛΟ	41.482	37.321	39.230	43.579

Πίνακας εξέλιξης πληθυσμού για τα έτη 2011,2021

5.2.3 Ποσότητες απορριμμάτων

Απαραίτητη παράμετρος για το σωστό σχεδιασμό διαχείρισης απορριμμάτων, σε ότι αφορά την αποδοτικότητα και βιωσιμότητα του, αποτελεί η όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική προσέγγιση των παραγόμενων ποσοτήτων των απορριμμάτων.

Η μέχρι σήμερα προσέγγιση των μέσων συντελεστών παραγωγής απορριμμάτων έχει στηριχτεί σε γενικές παραδοχές, όπου γίνεται αποδεκτή μια ανώτερη τιμή για μεγάλες πόλεις και ανάλογα με το μέγεθος του πληθυσμού και το έτος στόχο (όσο πιο μακρινό είναι το έτος στόχος, τόσο πιο υψηλός είναι ο συντελεστής) ο συντελεστής αυτός μεταβάλλεται.

Τα χαρακτηριστικότερα μεγέθη που περιγράφουν την παραγωγή απορριμμάτων είναι η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) και ο αντίστοιχος Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων (ΡΠΑ).

Η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων εκφράζεται από το βάρος των απορριμμάτων που παράγει ένα άτομο σε μια ημέρα (kg/cap.day). Η ποσότητα των απορριμμάτων που παράγονται ανά κάτοικο ποικίλλει πολύ ανάλογα με τη χώρα και την περιοχή. Η ποσότητα, όπως είναι ευνόητο είναι μεγαλύτερη στις πλούσιες χώρες και στις πλούσιες περιοχές της ίδιας χώρας. Ακόμα στις

αγροτικές περιοχές η ποσότητα των σκουπιδιών είναι μικρότερη από ότι στις αστικές περιοχές.

Η τιμή της Μοναδιαίας Παραγωγής Απορριμμάτων για την Ελλάδα κυμαίνεται από 0,6 kg/cap.day για τις αγροτικές περιοχές ως 1,4 kg/cap.day για τις οικονομικά ακμαίες αστικές περιοχές. Ο Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων εκτιμάται για μια περιοχή πολλαπλασιάζοντας την Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό της:

$$ΡΠΑ = \text{Πληθυσμός} \times \text{ΜΠΑ (kg/cap day)}$$

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η εκτίμηση της παραγωγής απορριμμάτων από τον πληθυσμό των εξυπηρετούμενων δήμων [6]:

ΟΙΚΙΣΜΟΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ					
	ποσότητες απορριμμάτων (τον/έτος)			Ποσότητες αιχμής (τον/ημέρα)		
	2001	2011	2021	2001	2011	2021
ΔΗΜΟΣ ΑΝΤΙΧΑΣΙΩΝ	1.153	1.592	2.111	3	4	6
ΔΗΜΟΣ ΕΛΑΣΣΟΝΟΣ	4.259	5.596	7.419	12	15	20
ΔΗΜΟΣ ΛΙΒΑΔΙΟΥ	929	1.220	1.618	3	3	4
ΔΗΜΟΣ ΟΛΥΜΠΟΥ	1.048	1.377	1.826	3	4	5
ΔΗΜΟΣ ΠΟΤΑΜΙΑΣ	1.479	1.943	2.576	4	5	7
ΔΗΜΟΣ ΣΑΡΑΝΤΑΠΟΡΟΥ	1.059	1.392	1.846	3	4	5
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΒΕΡΔΙΚΟΥΣΗΣ	656	862	1.143	2	2	3
ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΚΑΡΥΑΣ	316	415	550	1	2	
ΣΥΝΟΛΟ	10.898	14.319	19.088	30	39	52

Πίνακας ποσοτήτων απορριμμάτων με βάση τον πληθυσμό

Επειδή οι εξυπηρετούμενοι Δήμοι είναι μικρού πληθυσμιακού μεγέθους, οι ποσότητες απορριμμάτων που θα δέχεται ο ΣΜΑ είναι περιορισμένες.

Έστω ότι ο ημερήσιος χρόνος λειτουργίας του Σταθμού θα είναι 7 ώρες για 6 ημέρες την εβδομάδα, τα απορρίμματα της Κυριακής μαζεύονται τη Δευτέρα. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συνολική προσκόμιση απορριμμάτων από τους οικισμούς της περιοχής στο ΣΜΑ σε τον/ημέρα [6]:

	2001	2011	2021
ΔΕΥΤΕΡΑ	74	97	129
ΤΡΙΤΗ	27	36	47
ΤΕΤΑΡΤΗ	33	42	57
ΠΕΜΠΤΗ	27	36	47
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	33	42	57
ΣΑΒΒΑΤΟ	16	20	27
ΚΥΡΙΑΚΗ	0	0	0

Πίνακας εβδομαδιαίας παραγωγής απορριμμάτων

5.3 Λειτουργία ενός ΣΜΑ στην περιοχή

5.3.1 Δυναμικότητα ΣΜΑ

Παρακάτω δίνονται και κάποια δεδομένα που θα μας βοηθήσουν στον υπολογισμό δυναμικότητας του Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων:

- Ημερήσιος χρόνος λειτουργίας του ΣΜΑ 7 ώρες
- Μέσο φορτίο ανά απορριμματοφόρο 5 τόνοι
- Ειδικό βάρος απορριμμάτων πριν την συμπίεση 150 kg/m³
- Πυκνότητα απορριμμάτων στο σύστημα τροφοδοσίας 250 kg/m³
- Μέγιστος αριθμός απορριμματοφόρων σε ώρες αιχμής 3 απορριμματοφόρα
- Απόσταση ΣΜΑ από ΧΥΤΑ 42 χιλιόμετρα
- Διαδρομή οχήματος προς και από τον ΧΥΤΑ 1,5 ώρα
- Εκκένωση container στον ΧΥΤΑ 20 λεπτά
- Χρόνος μεταφόρτωσης 20 τόνων απορριμμάτων 30 λεπτά
- Χρόνος εκκένωσης απορριμμάτων στο σύστημα φόρτωσης 10 λεπτά
- Χωρητικότητα φόρτωσης ενός container 20 τόνοι

Οι απαιτήσεις εξυπηρέτησης από το σύστημα μεταφόρτωσης προδιαγράφονται ως εξής:

- Μέγιστος αριθμός απορριμμάτων στην ώρα αιχμής: 3 απορριμματοφόρα.

- Μέγιστη ποσότητα τόνοι ανά ώρα αιχμής στο σύστημα μεταφόρτωσης (3X5,0)=15 τόνοι.

Οποιοδήποτε σύγχρονο σύστημα μεταφόρτωσης καλύπτει την ποσότητα των 15 τόνων ανά ώρα, οπότε αυτή η δυναμικότητα δεν είναι κρίσιμος παράγοντας επιλογής μηχανικού συστήματος μεταφόρτωσης. Αντίθετα, σημαντικοί παράγοντες είναι η αξιοπιστία, η απλότητα, η απλή και εύκολη συντήρηση και το χαμηλό κόστος του συστήματος.

Ο απαιτούμενος αριθμός Containers προκύπτει κάνοντας τις παρακάτω παραδοχές και υπολογισμούς:

✓ Χρόνος μετάβασης ενός container στον ΧΥΤΑ	90 λεπτά
✓ Χρόνος εκκένωσης του container στον ΧΥΤΑ	20 λεπτά
✓ Χρόνος πλήρωσης και ζύγισης ενός container στον ΣΜΑ	30 λεπτά

Επομένως ο χρόνος που χρειάζεται ένα container να γεμίσει, να πάει στον ΧΥΤΑ για εκκένωση και να γυρίσει πίσω στο Σταθμό είναι: $2 \times 90' + 30' + 20' = 230'$. Σε ένα 8ωρο υπολογίζοντας το χρόνο $[8 \times 60' - (2 \times 90' + 30' + 20')] = 480' - 230' = 250'$ ένα container μπορεί να κάνει δύο φορές αυτή τη διαδικασία.

Εκτιμάται ότι η χωρητικότητα κάθε container ανέρχεται σε 20 τόνους και ότι γεμίζει σε 30 λεπτά. Η μέγιστη (θεωρητικά) δυνατότητα αποδοχής απορριμμάτων είναι:

$$\Delta = 20 \text{ τόνοι} \times 2 \text{ (τα δυο container ενεργά)} = 40 \text{ τόνοι/ώρα}$$

Τα 2 containers αποθηκεύουν 40 τόνους, δηλαδή φορτίο 2,5 συνεχόμενων ωρών αιχμής, που θεωρούνται οι ώρες από 9:00π.μ. έως 11:30 το μεσημέρι. Σαν δυσμενέστερο σενάριο μπορούμε να θεωρήσουμε την περίπτωση που τη Δευτέρα έχει ήδη φύγει το 1^ο container πριν τις 9:00π.μ. για να αδειάσει στον ΧΥΤΑ με τον τράκτορα, ο οποίος όμως προηγουμένως έχει εγκαταστήσει 2^ο στο σύστημα για φόρτωση. Έως τις 10:30π.μ. γεμίζει και το 2^ο και φεύγει με τον τράκτορα, ο οποίος έχει πρώτα εγκαταστήσει το 3^ο για φόρτωση. Αυτό γεμίζει την επόμενη ώρα, η οποία όμως δεν είναι ώρα αιχμής

και αναμένονται λιγότερα από τρία απορριματοφόρα. Έτσι έως ότου να γεμίσει και το 3^ο container αναμένεται να έχει γυρίσει το άδειο 1^ο container.

Βλέποντας τον πίνακα που δείχνει τις ποσότητες αιχμής απορριμμάτων που παράγονται στην περιοχή σε τον/ημέρα μπορούμε να πούμε ότι δύο container θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν το όλο σύστημα. Για λόγους ασφαλείας όμως προτείνεται η προμήθεια 3 ημιρυμουλκούμενων containers, από τα οποία τα δύο θα είναι σε λειτουργία και το ένα θα είναι εφεδρικό, όταν κάποιο πάθει κάποια βλάβη ή βρίσκεται σε συντήρηση ή να καλύψει ώρες έκτακτης ανάγκης απρόβλεπτης αιχμής.

5.3.2 Κόστος λειτουργίας του Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων

Σε αυτή την ενότητα θα υπολογίσουμε το κόστος κατασκευής και λειτουργίας του Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων σε €². Το έδαφος στο οποίο θα γίνει ο σταθμός ανήκει στην τοπική διοίκηση και έχει παραχωρηθεί για το συγκεκριμένο σκοπό και τα απορριματοφόρα υπάρχουν ήδη και λειτουργούν στους Δήμους, οπότε δεν υπολογίζονται στις δαπάνες λειτουργίας του Σταθμού.

Κύριες Δαπάνες

Έδαφος	---
Κτίριο	4.000
Ράμπα	20.000
1 Τράκτορας	52.000
3 Κοντεηνερ (3Χ30.000)	90.000
Χοάνη	28.000
Άλλες	6.000
ΣΥΝΟΛΟ	200.000

Κύριες δαπάνες ΣΜΑ

² Οι τιμές προκύπτανε με βάση τις τιμές που έχουμε δώσει στο προηγούμενο κεφάλαιο στην ενότητα 4.6 μετά από μελέτη του συστήματος και προσωπικές συνεντεύξεις με εμπειρογνώμονες.

Τα Containers που χρησιμοποιούνται έχουν χωρητικότητα 20 τόνοι το κάθε ένα, όπως έχουμε ήδη αναφέρει. Ετησίως, μέχρι το έτος 2011, θα παράγονται 19.000 τόνοι απορριμμάτων, αυτό συνεπάγεται ότι:

$$19.000 \text{ τόνοι} / 20 \text{ τόνοι ανά container} = 950 \text{ container}$$

Τα Containers θα γεμίσουν 950 φορές ετησίως. Αν χρησιμοποιούνται και τα τρία containers το κάθε ένα θα γεμίζει:

$$950 \text{ container} / 3 \text{ container} = 316 \text{ φορές ετησίως}$$

θα εκτελεί, δηλαδή, 316 ταξίδια στο ΧΥΤΑ. Η διαδρομή να πάει ένα container στο ΧΥΤΑ και να επιστρέψει είναι 84 χιλιόμετρα. Σύμφωνα με τις τιμές για τις δαπάνες συντήρησης και καυσίμων που αναφέραμε στην ενότητα 4.6, το κόστος ενός ταξιδιού για ένα container θα είναι 15 €. Άρα:

$$15 \text{ €} \times 316 \text{ ταξίδια ανά container} = 4.740 \text{ € ανά container ετησίως}$$

$$4.740 \text{ € ανά container} \times 3 \text{ container} = 14.220 \text{ €}$$

Το κόστος καυσίμων και συντήρησης τους ετησίως θα είναι περίπου **4.740 € / container**.

Θα υπάρχουν στο Σταθμό 2 υπάλληλοι ο μισθός των οποίων θα ανέρχεται στα 5 €/ώρα και θα εργάζονται με πλήρη απασχόληση. Το κόστος του κάθε ενός ετησίως θα είναι **8.640 €/έτος**. Επίσης θα υπάρχει και ένας οδηγός για το ρυμουλκό. Ο μισθός του είναι €/ώρα, ετησίως η αμοιβή του θα είναι **12.096 €/έτος**.

Στο σύνολο αυτών των δαπανών προσθέτουμε και ένα ποσό 5.000 € για διάφορες απρόσμενες δαπάνες λόγω π.χ. κάποιας βλάβης.

Ετήσιες Δαπάνες

Συντήρηση container κ καύσιμα	14.220
Υπάλληλοι	17.280
Οδηγός ρυμουλκών μεταφοράς	12.096
Άλλες Δαπάνες	5.000
ΣΥΝΟΛΟ	48.596

Ετήσιες δαπάνες ΣΜΑ

5.4 Σύγκριση κόστους ΣΜΑ και Άμεσης Διάθεσης

Ο Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων θεωρείτε μια πολύ καλή εναλλακτική λύση διάθεσης των απορριμμάτων σε σχέση με την διάθεση τους απευθείας στους ΧΥΤΑ. Και αυτό είναι δικαιολογημένο διότι το κόστος για να μεταφερθούν τα απορρίμματα από το σημείο παραγωγής στην περιοχή διάθεσης είναι μεγαλύτερο από το κόστος μεταφοράς από το σημείο παραγωγής στο σταθμό μεταφόρτωσης συν την διαδρομή στην περιοχή διάθεσης. Παρακάτω εξετάζοντας τα κόστη ταξιδιών και για τις δύο περιπτώσεις μπορούμε να το διαπιστώσουμε.

Εάν υποθέσουμε ότι έχουμε 20 φορτηγά συλλογής (απορριμματοφόρα)³, το κάθε φορτηγό έχει χωρητικότητα 5 τόνους, για 19.000 τόνους ετησίως το κάθε φορτηγό θα έπρεπε να μεταφέρει 950 τόνους το χρόνο στον ΧΥΤΑ. Θα πηγαίνει, δηλαδή, 190 ταξίδια το κάθε φορτηγό. Τα χιλιόμετρα που πρέπει να κάνει κάθε απορριμματοφόρο για να πάει και να γυρίσει στον ΧΥΤΑ είναι περίπου 84 χλμ. και το κόστος καυσίμων και συντήρησης για αυτά τα χιλιόμετρα είναι 25 € το ταξίδι.

Επομένως ετησίως οι δαπάνες για τα φορτηγά συλλογής είναι:

$$25 \text{ €} \times 190 = 4.750 \text{ €/φορτηγό}$$

$$20 \text{ φορτηγά} \times 4.750 \text{ €/φορτηγό} = 95.000 \text{ €}$$

³ Κάθε Δήμος και Κοινότητα έχει δυο απορριμματοφόρα εκτός από το Δήμο Ελασσόνας που έχει έξι

Για 20 απορριμματοφόρα χρειαζόμαστε **95.000 €** περίπου ετησίως μόνο για τα καύσιμα και τη συντήρηση τους. Εκτός αυτού το κάθε ταξίδι ενός απορριμματοφόρου θα είναι αρκετά χρονοβόρο.

Ενώ τα απορριμματοφόρα για να πάνε στο ΣΜΑ και να γυρίσουν στη διαδρομή συλλογής, θα εκτελούν μια διαδρομή 20 χιλιόμετρα. Το κόστος συντήρησης τους σε αυτή την περίπτωση θα είναι 5,6 € για κάθε φορτηγό:

$$5.6 \text{ €} \times 190 \text{ ταξίδια} = 1.064 \text{ € για κάθε φορτηγό/έτος}$$

$$20 \text{ φορτηγά} \times 1.064 \text{ € για κάθε φορτηγό} = 21.280 \text{ €}$$

Για τα 20 απορριμματοφόρα επομένως οι δαπάνες μας θα είναι **21.280 €/έτος**. Σε αυτές τις δαπάνες προσθέτουμε και το ετήσιο κόστος συντήρησης των container

$$21.280 \text{ €} + 6.426 \text{ €} = 27.706 \text{ €}$$

Το παρακάτω διάγραμμα μας βοηθάει να δούμε καλύτερα πόσο σημαντική είναι η διαφορά στο κόστος ανάμεσα στις δύο αυτές περιπτώσεις διάθεσης απορριμμάτων, κάνοντας τους εξής υπολογισμούς :

$$\text{Κόστος ΣΜΑ/τόνο} = (200.000\text{€} \times 0.08 + 48.596\text{€}) / 19.000 \text{ τόνους/έτος} = 3,3\text{€/τόνο}$$

Όπου: 200.000 € = κύριες δαπάνες ΣΜΑ

$$48.596 \text{ €} = \text{ετήσιες δαπάνες ΣΜΑ}$$

$$0,08 = \text{CRF}$$

Η διαδρομή ενός οχήματος προς και από τον ΧΥΤΑ διαρκεί 1,5 ώρα και κοστίζει σε ένα container 15 €. Η μία ώρα θα κοστίζει 10 €:

$$\text{Κόστος Container ΣΜΑ} = 10\text{€/ώρα} / 20 \text{ τόνους} = 0,5\text{€/τόνο-ώρα}$$

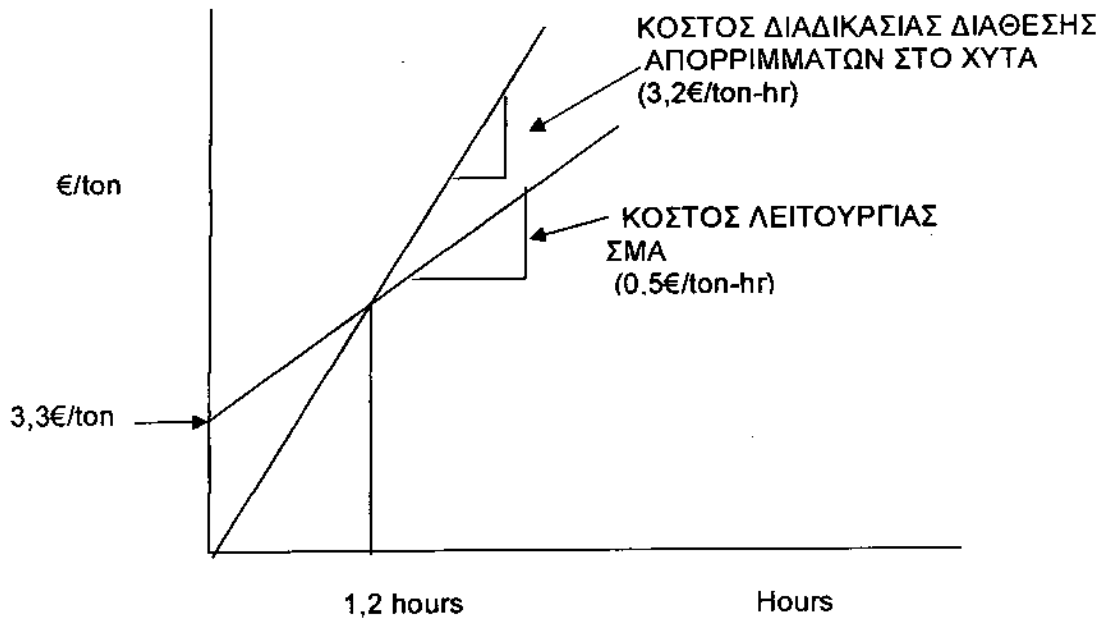
Για τα απορριμματοφόρα η διαδρομή αυτή θα κοστίζει 16 € την ώρα:

$$\text{Κόστος άμεσης διάθεσης} = 16\text{€/ώρα} / 5 \text{ τόνους} = 3,2 \text{ €/τόνο-ώρα}$$

Οι δαπάνες των δύο περιπτώσεων βρίσκονται σε ισορροπία τη χρονική στιγμή:

$$3,2\text{€}/\text{ώρα-τόνο } X = 3,3\text{€}/\text{τόνο} + 0,5\text{€}/\text{ώρα-τόνο } X$$

$$X = 1,2\text{ώρες}$$



Διάγραμμα ισορροπίας κόστους ΣΜΑ και άμεσης διάθεσης

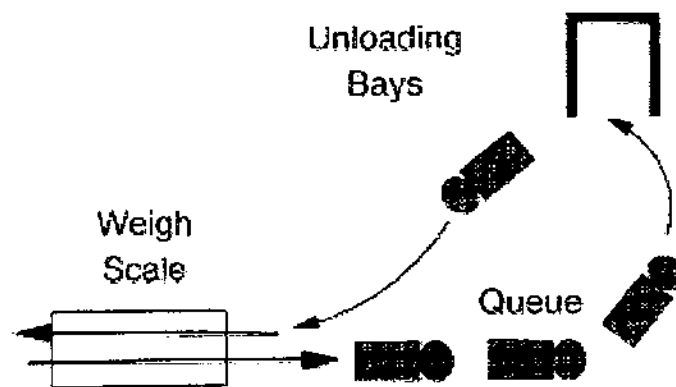
Η διαφορά, από ότι βλέπουμε, ανάμεσα στο κόστος άμεσης διάθεσης των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ, που είναι 3,2 €/τόνο την ώρα, και το κόστος διάθεσης των απορριμμάτων στο ΣΜΑ, που είναι 0,5 €/τόνο την ώρα, είναι αρκετά μεγάλη. Θα λέγαμε λοιπόν με βάση το κόστος ανάμεσα στις δύο αυτές περιπτώσεις ότι είναι προτιμότερο για την τοπική Διοίκηση μιας περιοχής να πάρει την απόφαση να φτιάξει ένα Σταθμό Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων στην περιοχή. Με αυτό τον τρόπο θα μπορέσει να βελτιωθεί και ο τρόπος συλλογής των απορριμμάτων, άλλα επιπλέον θα έχουμε και μια σημαντική μείωση των δαπανών όσον αφορά τη διαχείριση των απορριμμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

6.1 Εισαγωγή

Κάθε Δήμος της περιοχής έχει στην κατοχή του έναν στόλο οχημάτων αποκομιδής απορριμμάτων, όπου κάθε ένας ορίζεται να συλλέξει τα απορρίμματα που παράγονται. Ο χρόνος που απαιτείται από κάθε πλήρωμα ενός απορριμματοφόρου για την αποκομιδή – μεταφορά - εκφόρτωση των απορριμμάτων εξαρτάται από την απόσταση ανάμεσα στην περιοχή διάθεσης και την περιοχή αποκομιδής. Επιπλέον εξαρτάται και από το χρόνο αναμονής τους στο χώρο εκφόρτωσης, καθώς τα απορριμματοφόρα που φθάνουν στο χώρο διαμορφώνουν μια ουρά αναμονής. Κάθε απορριμματοφόρο πρέπει να περιμένει στην ουρά καθ' όλη τη διάρκεια που απαιτείται να αδειάσουν όλα τα οχήματα μπροστά από αυτό.



*Διαδικασία αναμονής και εκφόρτωσης
στο χώρο διάθεσης απορριμμάτων*

Ο χρόνος αυτός καθώς και οι ποσότητες απορριμμάτων τις οποίες πρέπει καθημερινά να συλλέξουν, καθορίζουν τον αριθμό των απορριμματοφόρων που είναι απαραίτητα ώστε να εξυπηρετούν τις ανάγκες της περιοχής. Στόχος μας είναι να βρούμε λύσεις οι οποίες θα μας οδηγήσουν στην

εξοικονόμηση προσωπικού και απορριμματοφόρων που είναι απαραίτητα για την εξυπηρέτηση της περιοχής.

Για να μπορέσουμε να οδηγηθούμε στις κατάλληλες λύσεις και αποφάσεις θα αναπτύξουμε και θα αναλύσουμε δύο σενάρια τα οποία θα μπορούσε να ακολουθήσει η τοπική διοίκηση για την βελτίωση της διαχείρισης των απορριμμάτων. Τα δύο πιθανά σενάρια που θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε είναι:

1^ο Σενάριο

Τα απορριμματοφόρα με τα πληρώματα τους πάνε στο ΧΥΤΑ ξεφορτώνουν και ξαναγυρνάνε στην περιοχή για να συνεχίσουν την αποκομιδή.

2^ο Σενάριο

Υπάρχει ένας Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων στην περιοχή και τα απορριμματοφόρα του κάθε Δήμου με τα πληρώματα τους ξεφορτώνουν στο ΣΜΑ και ξαναγυρνάνε για να συνεχίσουν την αποκομιδή. Τα απορρίμματα μεταφέρονται στο ΧΥΤΑ με containers.

Τα σενάρια αυτά θα τα αναλύσουμε καλύτερα και αποτελεσματικότερα με τη βοήθεια τα προσομοίωσης. Η προσομοίωση θα μας δώσει τη δυνατότητα να κάνουμε ένα πιο λεπτομερή σχεδιασμό του συστήματος μας, ώστε να δούμε πιο από τα σενάρια μας θα μας οδηγήσει στην εξοικονόμηση προσωπικού και απορριμματοφόρων, καθώς και στη βελτίωση του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων.

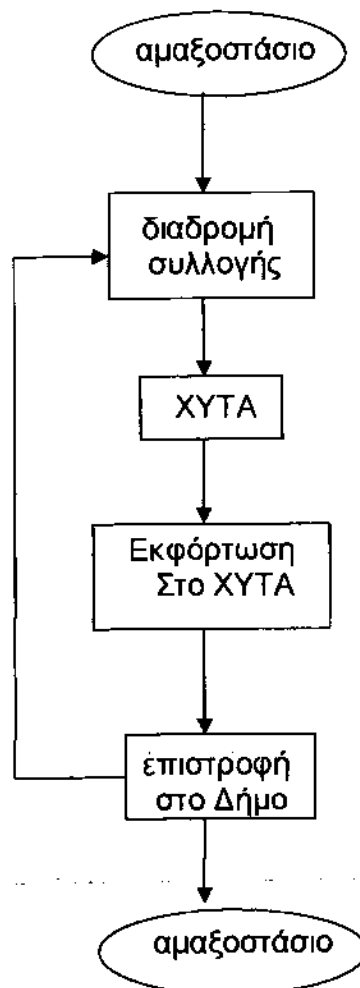


6.2 Ανάλυση σεναρίων

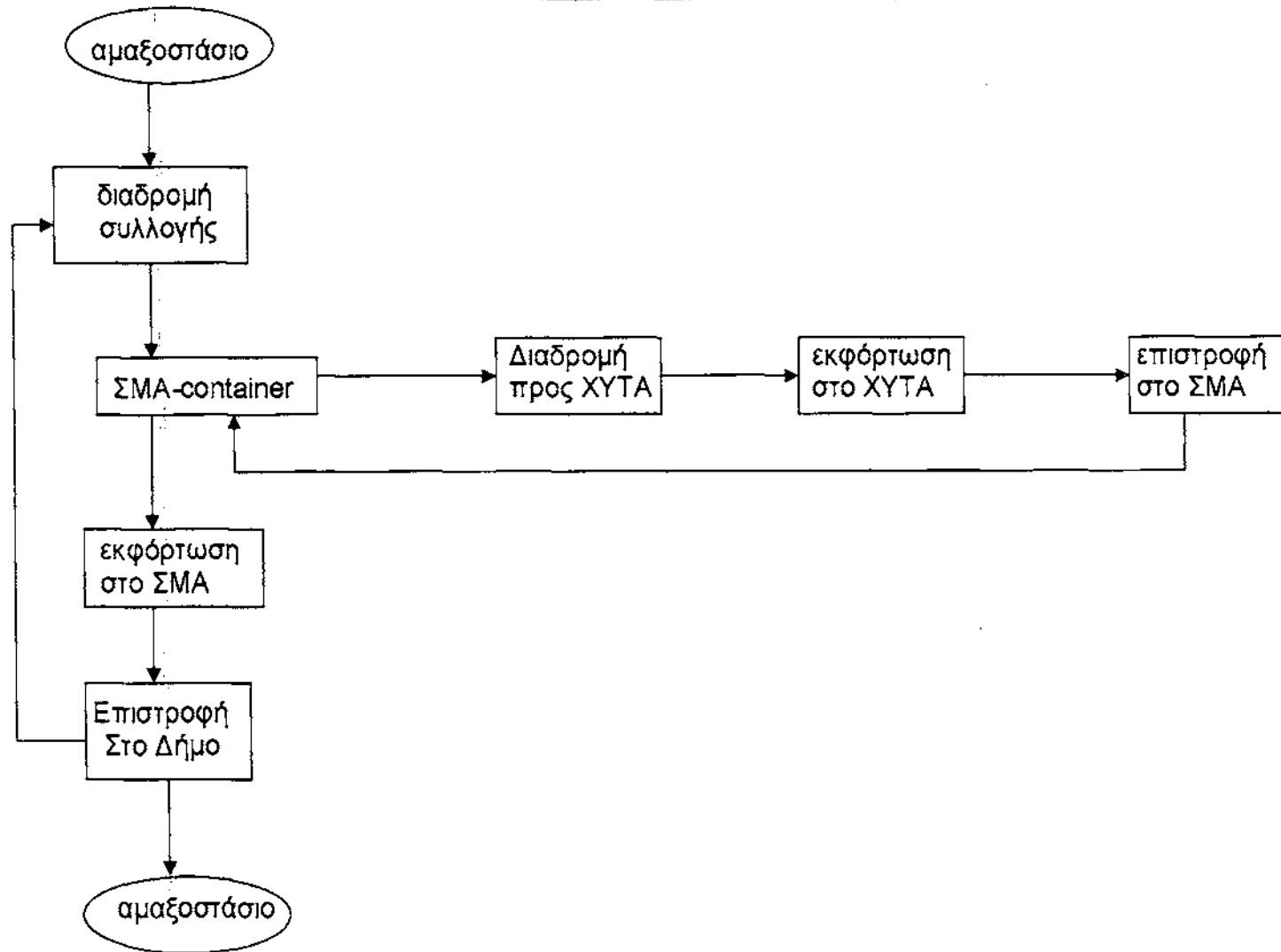
6.2.1 Σύγκριση βάση των χρόνων αποκομιδής-μεταφοράς-εκφόρτωσης

Για την πρώτη περίπτωση (εκφόρτωση στο ΧΥΤΑ) η διαδικασία που εκτελεί το απορριμματοφόρο κατά τη βάρδια του και χρόνοι που χρειάζεται για να πραγματοποιήσει κάθε ενέργεια φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:

Διαδικασία Εκφόρτωσης στο ΧΥΤΑ



Διαδικασία Εκφόρτωσης στο ΣΜΑ και μεταφορά
των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ



Η διαδικασία για την εκφόρτωση των απορριμμάτων στο ΣΜΑ είναι η ίδια, υπάρχει όμως μεγάλη διαφορά στο χρόνο που κάνει ένα απορριμματοφόρο να φθάσει στο ΣΜΑ σε σχέση με το χρόνο που κάνει για να πάει στο ΧΥΤΑ για την εκφόρτωση των απορριμμάτων.

Στον πίνακα που ακολουθεί βλέπουμε το σύνολο των ωρών που κάνει ένα απορριμματοφόρο και στις δύο περιπτώσεις, από τη στιγμή που θα ξεκινήσει από το αμαξοστάσιο, θα συνεχίσει αποκομιδή - εκφόρτωση σε ΣΜΑ ή ΧΥΤΑ και θα επιστρέψει στη θέση του για να συνεχίσει την αποκομιδή ή να πάει στο αμαξοστάσιο αν έχει τελειώσει η βάρδια του.

ΧΡΟΝΟΙ	ΧΥΤΑ	ΣΜΑ	Container ΧΥΤΑ
αμαξοστάσιο-διαδρομή συλλογής	15 λεπτά	15 λεπτά	
Συμπλήρωση απορριμματοφόρου-container	2 ώρες	2 ώρες	30 λεπτά
Σημείο συλλογής-χώρος εκκένωσης	1,5 ώρες	20 λεπτά	1,5 ώρες
Εκφόρτωση	5 λεπτά	5 λεπτά	20 λεπτά
Επιστροφή στη διαδρομή συλλογής	1,5 ώρες	20 λεπτά	1,5 ώρες
ΣΥΝΟΛΟ	5,3 ώρες	3 ώρες	3,8 ώρες

Πίνακας παρουσίασης χρόνων διαδικασίας συλλογής –εκφόρτωσης –επιστροφής

Οι χρόνοι συλλογής και μεταφοράς που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα ακολουθούν κανονική κατανομή και οι χρόνοι φόρτωσης και εκφόρτωσης την εκθετική κατανομή με μέσο χρόνο και στις δύο περιπτώσεις το σταθερό χρόνο.

Συγκρίνοντας τους χρόνους αυτούς μπορούμε με ευκολία να συμπεράνουμε ότι στην περίπτωση που η διάθεση των απορριμμάτων γίνεται απευθείας στον ΧΥΤΑ και εφόσον η βάρδια του πληρώματος ενός απορριμματοφόρου είναι 8 ώρες, τότε το κάθε απορριμματοφόρο θα πάει για

άδειασμα μόνο μία φορά. Επίσης θα λέγαμε ότι τις ώρες αυτές που το απορριμματοφόρο πηγαίνει στο ΧΥΤΑ και περιμένει μέχρι να αδειάσει το φορτίο του, το πλήρωμα του μένει αδρανές.

Στην περίπτωση του Σταθμού Μεταφόρτωσης το κάθε φορτηγό και το πλήρωμα του κερδίζει δύο ώρες τις οποίες θα μπορέσει να εκμεταλλευτεί για την καλύτερη αποκομιδή των απορριμμάτων.

6.2.2 Απαιτούμενος αριθμός δρομολογίων

Με βάση την ημερησία παραγωγή απορριμμάτων από κάθε Δήμο, μπορούμε να υπολογίσουμε πόσα δρομολόγια είναι απαραίτητα να κάνει κάθε απορριμματοφόρο και πόσα πληρώματα είναι απαραίτητα για να καλύψουν τις ανάγκες της περιοχής.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, στην ενότητα 5.2.3, είδαμε τις ποσότητες απορριμμάτων που συγκεντρώνονται καθημερινά από τους Δήμους. Παίρνοντας τις τιμές του έτους 2021 και διαιρώντας τες με τους 5 τόνους που είναι το μέσο φορτίο ανά απορριμματοφόρο έχουμε:

ΔΕΥΤΕΡΑ	$129 / 5 = 25,8$ φορτία - 26 απορριμματοφόρα
ΤΡΙΤΗ	$47 / 5 = 9,4$ φορτία - 10 απορριμματοφόρα
ΤΕΤΑΡΤΗ	$57 / 5 = 11,4$ φορτία - 12 απορριμματοφόρα
ΠΕΜΠΤΗ	$47 / 5 = 9,4$ φορτία - 10 απορριμματοφόρα
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	$57 / 5 = 11,4$ φορτία - 12 απορριμματοφόρα
ΣΑΒΒΑΤΟ	$27 / 5 = 5,4$ φορτία - 6 απορριμματοφόρα
ΚΥΡΙΑΚΗ	0

Εβδομαδιαία φορτία και απαιτούμενα απορριμματοφόρα

Σύμφωνα με το πρώτο μας σενάριο (τα απορριμματοφόρα μεταφέρουν και ξεφορτώνουν τα φορτία σκουπιδιών στο ΧΥΤΑ) θα χρειαστούν για την καθημερινή αποκομιδή των απορριμμάτων όσα φορτία έχουμε υπολογίσει τόσα αντίστοιχα απορριμματοφόρα. Και αυτό γιατί, όπως υπολογίσαμε στην προηγούμενη παράγραφο, μέσα σε ένα οχτάωρο που εργάζεται το πλήρωμα

του κάθε απορριματοφόρου προλαβαίνει να κάνει μόνο ένα δρομολόγιο στο ΧΥΤΑ και να γυρίσει. Στην περιοχή, δηλαδή, είναι απαραίτητο να υπάρχουνε για τη συλλογή των απορριμμάτων **26 απορριματοφόρα**.

Ενώ για τη δεύτερη περίπτωση μας, τη λειτουργία ενός Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων, θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα μισός αριθμός απορριματοφόρων θα ήταν αρκετός για την εξυπηρέτηση της περιοχής. Κι αυτό συμβαίνει γιατί το κάθε όχημα με το πλήρωμα του έχει τη δυνατότητα να εκτελεί δύο δρομολόγια συλλογής στη βάρδια του. Επομένως **10 με 13 απορριματοφόρα** θα μπορούσαν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες της περιοχής μας.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι για την τοπική Διοίκηση θα ήταν προτιμότερο να σκεφτεί τη λειτουργία ενός ΣΜΑ στην περιοχή. Αυτή η επιλογή οδηγεί στην εξοικονόμηση προσωπικού και οχημάτων συλλογής, που αυτό αυτόματα συνεπάγεται την εξοικονόμηση χρημάτων εφόσον αποφεύγονται οι αμοιβές για το επιπλέον προσωπικό και οι δαπάνες για τη συντήρηση των επιπλέον οχημάτων.

6.3 Προσομοίωση

Η προσομοίωση πολλές φορές συνδέεται με κάποιο υψηλής τεχνολογίας και φαντασίας ηλεκτρονικό παιχνίδι το οποίο κυρίως αποσκοπεί στην ψυχαγωγία ή στην εκπαίδευση. Η προσομοίωση όμως στην πραγματικότητα έχει έναν άλλο πολύ πιο σημαντικό ρόλο και σκοπό: συνιστά ένα οικονομικό εργαλείο μοναδικό τόσο για τους αναλυτές που την χρησιμοποιούν όσο για τις επιχειρήσεις που "απολαμβάνουν" τα αποτελέσματά της

Η προσομοίωση είναι μια μεθοδολογία για την ανάλυση γρήγορα μεταβαλλόμενων καταστάσεων κάτω από συνθήκες αβεβαιότητας. Στο χώρο των επιχειρήσεων και των οργανισμών η προσομοίωση είναι μια τεχνική η οποία ελέγχει και εκτιμάει την αποτελεσματικότητα της χρησιμοποίησης των διάφορων μέσων, τις εργατικές ισχύος, των μηχανημάτων και των ποικίλων

διαδικασιών πριν γίνουν σημαντικές αλλαγές στο πεδίο που θα εφαρμοστεί. Είναι φανερό ότι μια ελάχιστη επένδυση για τη δημιουργία ενός προσομοιωτικού μοντέλου μπορεί να αποτρέψει από αποφάσεις που διαφορετικά θα κόστιζαν ιδιαίτερα σε χρήμα και χρόνο.[2]

Ένα μοντέλο προσομοίωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δύο λόγους:

- για το σχεδιασμό ενός καινούργιου συστήματος όπου μπορούμε να κάνουμε πειράματα (σενάρια) σ' ένα μοντέλο όπου θα ήταν αδύνατο να εκτελεστεί στην πραγματικότητα καθώς δεν έχει ακόμα πρακτική εφαρμογή,
- για να επιφέρουμε βελτιώσεις σ' ένα υπάρχον μοντέλο χωρίς όμως να ενοχληθεί το σύστημα στην πράξη, αποφεύγοντας έτσι το κόστος ή ρίσκο που θα είχε μια τέτοια εφαρμογή.

Στο σημείο αυτό χρησιμοποιώντας την προσομοίωση στη δική μας περίπτωση μας δίνει τη δυνατότητα να κάνουμε ένα λεπτομερή σχεδιασμό του όλου συστήματος μας και επίσης θα μας βοηθήσει στη βελτίωση του. Θα φτιάξουμε τα αντίστοιχα μοντέλα προσομοίωσης για κάθε σενάριο τα οποία θα μας βοηθήσουν να δούμε πιο από τα δύο σενάρια θα μας οδηγήσει στην εξοικονόμηση προσωπικού και απορριμματοφόρων.

6.3.1 Δημιουργία μοντέλων στον υπολογιστή

Χρησιμοποιώντας τα διαγράμματα ροής της παραγράφου 6.2.1, θα χτίσουμε τα μοντέλα μας, ένα για κάθε σενάριο, στον υπολογιστή με τη βοήθεια του προγράμματος προσομοίωσης Extend.

Έχουμε ένα ανοιχτό σύστημα (τα φορτία σκουπιδιών που πρέπει να πάνε στο ΧΥΤΑ) και ένα κλειστό σύστημα, τα απορριμματοφόρα με τα πληρώματα τους τα οποία επαναλαμβάνουν κυκλικά την ίδια διαδικασία αυτή του διαγράμματος (φορτώνουν, μεταφέρουν, ξεφορτώνουν, ξαναπάνε να φορτώσουν). Τα φορτία απορριμμάτων για την κάθε ημέρα φαίνονται στην

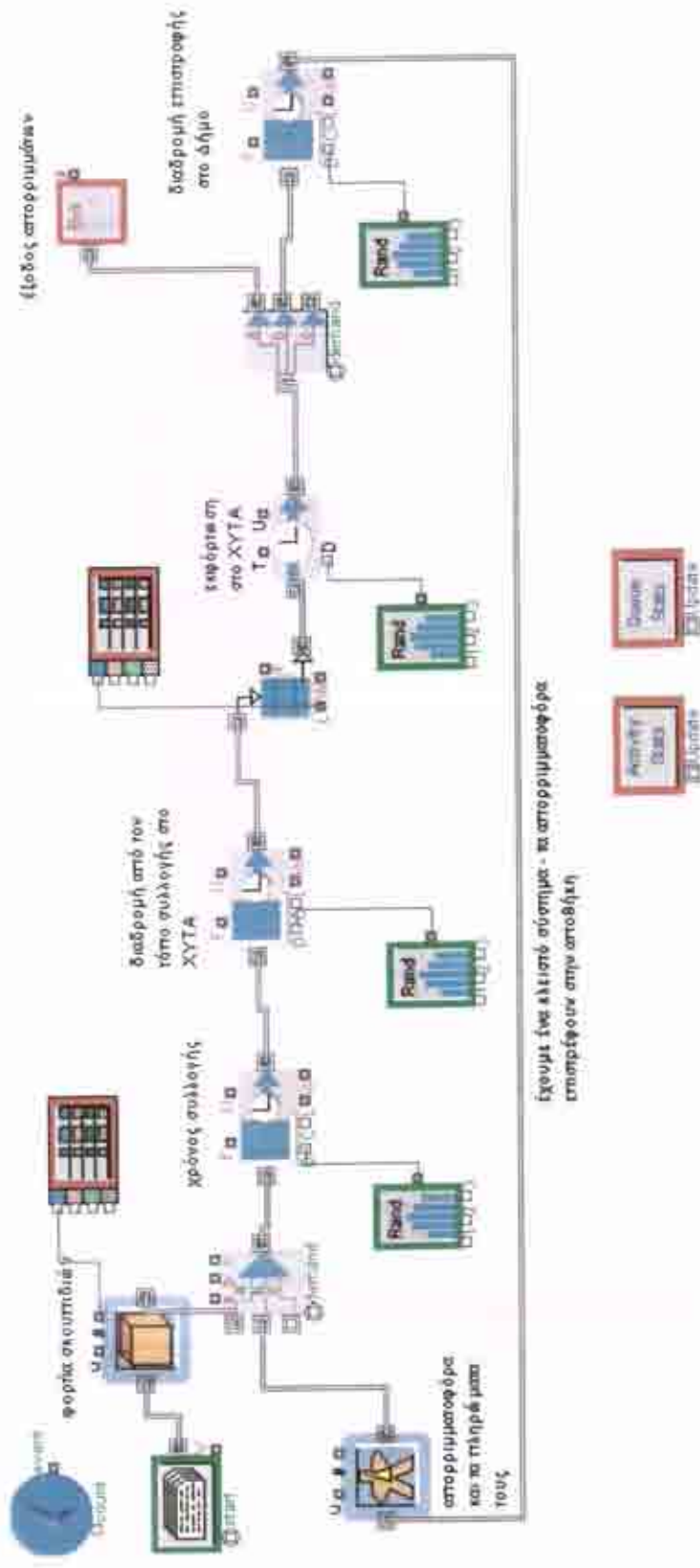
ενότητα 6.2.2. Αυτό που θέλουμε να δούμε είναι πόσα πληρώματα θα χρειαστούμε για κάθε σενάριο, να βρούμε δηλαδή τη βέλτιστη λύση.

Για τη διαμόρφωση των μοντέλων μας χρησιμοποιούμε τα παρακάτω δεδομένα:

- Για την εξυπηρέτηση τους οι Δήμοι της περιοχής έχουν στη διάθεση τους 20 απορριμματοφόρα με τα πληρώματα τους, όπως έχουμε ήδη αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο.
- Η αποκομιδή γίνεται για 7 ώρες την ημέρα για 6 ημέρες την εβδομάδα.
- Οι χρόνοι συλλογής, συμπλήρωσης και εκφόρτωσης ενός απορριμματοφόρου και ενός container που θα χρησιμοποιήσουμε είναι αυτοί του παραπάνω πίνακα.
- Για τους χρόνους συλλογής και μεταφοράς χρησιμοποιούμε κανονική κατανομή, με 20% να είναι η τυπική απόκλιση από το μέσο όρο (όπου ο μέσος όρος είναι ίσος με το σταθερό χρόνο).
- Για τους χρόνους φόρτωσης και εκφόρτωσης χρησιμοποιούμε εκθετική κατανομή με μέσο χρόνο το σταθερό χρόνο που έχουμε αναφέρει.

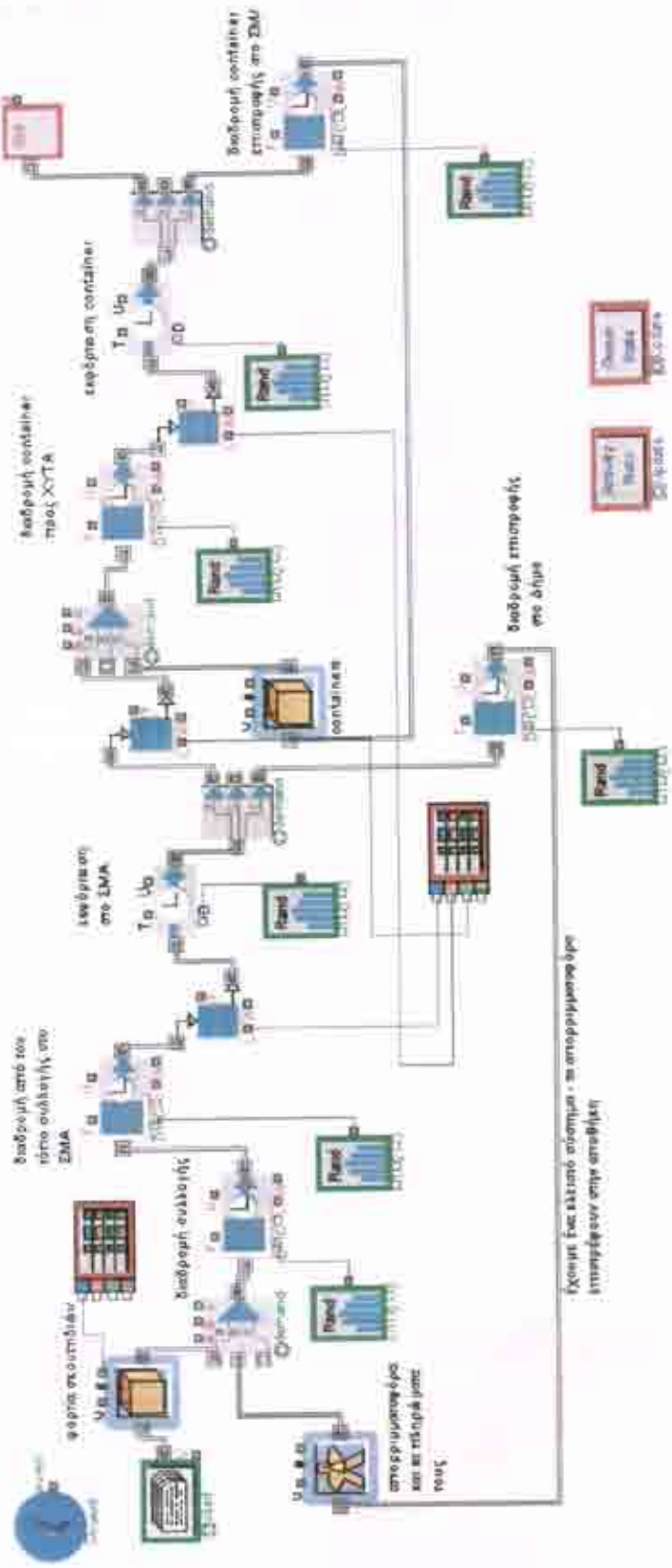
Τα μοντέλα που δείχνουν τις διαδικασίες συλλογής – μεταφοράς και εκφόρτωσης των απορριμμάτων σε κάθε περίπτωση διαμορφώνονται στο πρόγραμμα μας [Extend6] όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα, αναπαριστώντας κατάλληλα την κάθε διαδικασία και τα παραπάνω δεδομένα. [Παράρτημα, 2].

Τα ρυθμίζουμε να τρέξουν για έξι ημέρες την εβδομάδα, επτά ώρες κάθε ημέρα και σε βάθος χρόνου 20 εβδομάδων συνεχόμενα. [Παράρτημα, 1]



Έχουμε ένα κλειστό σύστημα - τα απορριμματοφόρα επιστρέφουν στην αποθήκη

Μοντέλο προσομοίωσης
 Διαδικασία συλλογής απορριμμάτων και μεταφορά τους στο XYTA



Μοντέλο προσομοίωσης Διαδικασία συλλογής απορριμμάτων και μεταφορά τους στο ΣΜΑ

6.3.2 Βελτιστοποίηση

Για να βρούμε τις βέλτιστες λύσεις σε κάθε σενάριο, χρησιμοποιούμε στο πρόγραμμα μας το block *Evolutionary optimizer*, που μας επιτρέπει να κάνουμε βελτιστοποίηση σε κάποιες παραμέτρους, όπως στα απαιτούμενα από το σύστημα φορτηγά (πληρώματα), που αυτός είναι και ο κύριος στόχος μας. Μας δίνει δηλαδή τη δυνατότητα να βρούμε ποιος είναι ο ιδανικός αριθμός πληρωμάτων και απορριμματοφόρων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση για να εξυπηρετείτε το σύστημα.

Απευθείας μεταφορά των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ

Στην περίπτωση του ΧΥΤΑ κάθε απορριμματοφόρο κάνει την διαδικασία συλλογής- μεταφοράς- εκφόρτωσης στο ΧΥΤΑ και επιστρέφει πίσω για να ξανακάνει την ίδια διαδικασία, αν χρειαστεί. Για να βρούμε τον αριθμό των απορριμματοφόρων που εξυπηρετούν την περιοχή θα χρησιμοποιήσουμε μια εξίσωση που μας δίνει το μέγιστο όφελος της όλης διαδικασίας. Για να το δούμε αυτό αφαιρούμε από το κόστος φορτίων που αδειάσανε στο ΧΥΤΑ το κόστος των φορτηγών που εκτελούν αυτή την κυκλική διαδικασία.

Επιλέγουμε λοιπόν να πάρουμε στοιχεία, για να δημιουργήσουμε την εξίσωση μεγιστοποίησης κέρδους, το block που μας δίνει τα φορτηγά (Labor pool block) και το block που δίνει τα φορτία που βγαίνουν από το σύστημα (Exit block). [Παράρτημα, 3]

Έτσι λοιπόν για να βρούμε το μέγιστο κέρδος της διαδικασίας συλλογής χρησιμοποιούμε την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{MaxProfit} = \text{exitcharge} * 16 - \text{trucks} * 25 ;$$

Όπου 25 € είναι το κόστος της διαδρομής για κάθε απορριμματοφόρο και 16 € κοστίζει κάθε φορτίο που αδειάζει ένα απορριμματοφόρο στο ΧΥΤΑ.

Τρέχοντας το μοντέλο για τη βελτιστοποίηση μας δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα όπως βλέπουμε στις εικόνες :

The screenshot shows the 'Evolutionary Optimizer' window with the 'Results' tab selected. The 'Population' section indicates 'Best at row 0'. Below this is a table with columns: trucks, substitute, Max Profit, variance, and error. The table shows 11 rows of data, with the first row (row 0) having a Max Profit of 829. Below the table, there are fields for 'Current convergence metric: mean', 'Value: 0.00', 'Convergence: 100.00%', 'Elapsed time: 00:02:00', 'Total Cases: 11', 'Mean: 222.0', 'Sample: 0', and 'Total Samples: 100'. There are also buttons for 'New Run', 'Continue Run', 'OK', and 'Cancel'.

trucks	substitute	Max Profit	variance	error
0	11	829	0	0
1	11	829.0	0	6.724
2	11	829.0	0	5.724
3	11	829.0	0	5.724
4	11	829.0	0	5.724
5	11	829.0	0	5.724
6	11	829.0	0	5.724
7	11	829.0	0	5.724
8	11	829.0	0	5.724
9	11	829.0	0	5.724
10	11	829.0	0	5.724
11	11	829.0	0	5.724
12	11	829.0	0	5.724
13	11	829.0	0	5.724
14	11	829.0	0	5.724
15	11	829.0	0	5.724
16	11	829.0	0	5.724
17	11	829.0	0	5.724
18	11	829.0	0	5.724
19	11	829.0	0	5.724
20	11	829.0	0	5.724
21	11	829.0	0	5.724
22	11	829.0	0	5.724
23	11	829.0	0	5.724
24	11	829.0	0	5.724
25	11	829.0	0	5.724
26	11	829.0	0	5.724
27	11	829.0	0	5.724
28	11	829.0	0	5.724
29	11	829.0	0	5.724
30	11	829.0	0	5.724

Πίνακας αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης XYTA

Εάν τρέξουμε το μοντέλο μας για μια εβδομάδα 11 φορτηγά με τα πληρώματα τους δίνουν το μέγιστο όφελος που είναι Max profit = 829 €.

Αν τρέξουμε το μοντέλο μας χρησιμοποιώντας 11 απορριμματοφόρα θα διαπιστώσουμε ότι όντως η χρησιμότητα τους αυξάνεται σε σχέση με τη χρησιμότητα των 20 απορριμματοφόρων.

Initial number:
 Workers currently available: 10
 Utilization rate: 0.54794797910

Αποτελέσματα από τη χρήση 20 απορριμματοφόρων

Initial number:
 Workers currently available: 2
 Utilization rate: 0.25488000110

Αποτελέσματα από τη χρήση 11 απορριμματοφόρων

Μεταφορά των απορριμμάτων με την λειτουργία ΣΜΑ

Για την περίπτωση του ΣΜΑ χρησιμοποιούμε την ίδια λογική. [Παράρτημα, 4] Προσθέτουμε εδώ όμως το κόστος των φορτηγών και των container που εκτελούν αυτή την κυκλική διαδικασία και το αφαιρούμε από το κόστος των φορτίων που αδειάσανε στο ΧΥΤΑ.

Το κόστος της διαδρομής για κάθε απορριμματοφόρο μέχρι το ΣΜΑ είναι 5,6 €. Ένα container για να φτάσει στο ΧΥΤΑ και να επιστρέψει στο ΣΜΑ κοστίζει 15 €. Το κάθε φορτίο που βγαίνει από το σύστημα κοστίζει 10 €. Η εξίσωση που δημιουργείται είναι:

$$\text{MaxProfit} = \text{exitcharge} * 10 - (\text{trucks} * 5.6 + \text{container} * 15);$$

Αν τρέξουμε το μοντέλο μας για μία εβδομάδα θα έχουμε τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα:

The screenshot shows the 'Evolutionary Optimizer' window with the 'Results' tab selected. The 'Population' is 'Best at row 0'. The table below displays the results for 25 iterations.

Iteration	trucks	exitcharge	container	MaxProfit	sample	time
0	0	0	0	0.0	0	0.000
1	0	0	0	0.0	1	1.079
2	0	0	0	0.0	1	2.676
3	0	0	0	0.0	1	0
4	0	0	0	0.0	1	0
5	0	0	0	0.0	1	0
6	0	0	0	0.0	1	0
7	0	0	0	0.0	1	0
8	0	0	0	0.0	1	0
9	0	0	0	0.0	1	0
10	0	0	0	0.0	1	0
11	0	0	0	0.0	1	0
12	0	0	0	0.0	1	0
13	0	0	0	0.0	1	0
14	0	0	0	0.0	1	0
15	0	0	0	0.0	1	0
16	0	0	0	0.0	1	0
17	0	0	0	0.0	1	0
18	0	0	0	0.0	1	0
19	0	0	0	0.0	1	0
20	0	0	0	0.0	1	0
21	0	0	0	0.0	1	0
22	0	0	0	0.0	1	0
23	0	0	0	0.0	1	0
24	0	0	0	0.0	1	0
25	0	0	0	0.0	1	0

Current convergence metrics: mean

Value	0.0	Convergence	0	Elapsed time	0.000
Mean	0.0	Sample	1	Total Cases	1
				Total Samples	1

Πίνακας αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης ΣΜΑ

Το μέγιστο όφελος που έχουμε είναι $\text{Maxprofit} = 98,4\text{€}$ αν χρησιμοποιήσουμε 6 απορριμματοφόρα και 2 container. Η χρησιμότητα τους σε σχέση με την αρχική πρόθεση να χρησιμοποιηθούν 13 απορριμματοφόρα και 3 container, φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.

Initial number:	<input type="text" value="13"/>	Initial number:	<input type="text" value="3"/>
Workers currently available:	6	Items currently available:	1
Utilization rate:	0,505518134002	Utilization rate:	0,745889243712

Αποτελέσματα πριν τη βελτιστοποίηση

Initial number:	<input type="text" value="6"/>	Initial number:	<input type="text" value="2"/>
Workers currently available:	0	Items currently available:	0
Utilization rate:	0,804025525728	Utilization rate:	0,957037502041

Αποτελέσματα βελτιστοποίησης

6.3.3 Ουρές Αναμονής

Καθώς τα απορριμματοφόρα φθάνουν στο χώρο διάθεσης των απορριμμάτων διαμορφώνουν μια ουρά αναμονής. Οι αφίξεις των φορτηγών στο χώρο εκφόρτωσης οδηγούν σε μια πιθανή καθυστέρηση αναμονής, δεδομένου ότι κάθε απορριμματοφόρο πρέπει να περιμένει στη σειρά καθ' όλη τη διάρκεια που απαιτείται να αδειάσουν όλα τα οχήματα μπροστά από αυτό. Το φαινόμενο αυτό είναι το άμεσο αποτέλεσμα της τυχαιότητας σε μια διαδικασία εξυπηρέτησης.

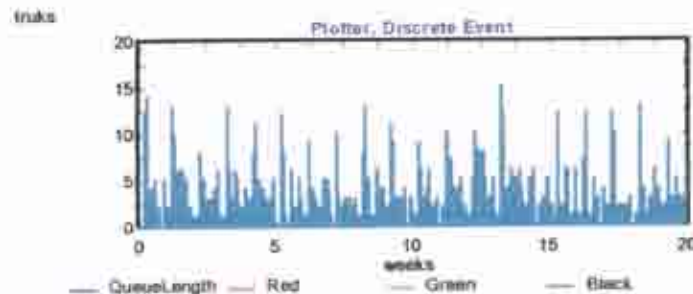
Στόχος της θεωρίας ουρών στο σύστημα είναι η κατανόηση του τρόπου με το οποίο λειτουργεί το σύστημα ουρών αναμονής, έτσι ώστε να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα για την βελτίωση του συστήματος ουρών. Στην περίπτωση μας ο κύριος στόχος μας είναι να χρησιμοποιήσουμε λιγότερα οχήματα συλλογής απορριμμάτων, ώστε να έχουμε και μικρότερο πρόβλημα ουρών στο σύστημα μας. Χωρίς βέβαια να επηρεάζεται και ο αριθμός των φορτίων που αδειάζουν στο ΧΥΤΑ.

Απευθείας μεταφορά των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ

Με 20 απορριμματοφόρα στην περίπτωση άμεσης διάθεσης των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ, αν τρέξουμε το μοντέλο έχουμε τα εξής αποτελέσματα :

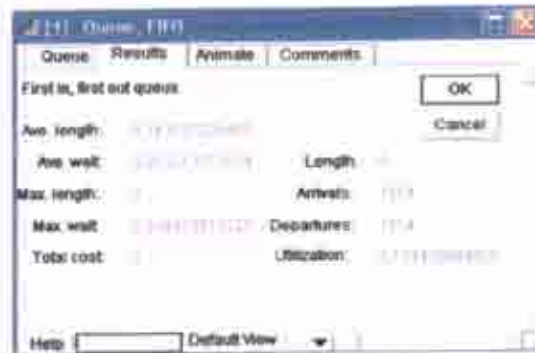


Αποτελέσματα ουράς αναμονής απορριμματοφόρων στο ΧΥΤΑ για εκφόρτωση χρησιμοποιώντας 20 απορριμματοφόρα

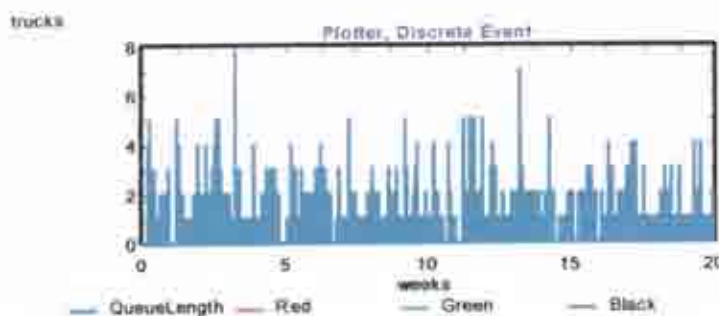


Διάγραμμα αναμονής απορριμματοφόρων στο ΧΥΤΑ για εκφόρτωση χρησιμοποιώντας 20 απορριμματοφόρα

Το μέγιστο μήκος ουράς που δημιουργείται είναι 15 απορριμματοφόρα και ο μέγιστος χρόνος αναμονής είναι 0,072 εβδομάδα = 72 λεπτά και μέσο χρόνο αναμονής 0,010 εβδομάδα = 10 λεπτά. Αν τρέξουμε τώρα το μοντέλο χρησιμοποιώντας 11 απορριμματοφόρα θα έχουμε τα εξής αποτελέσματα όσον αφορά τις ουρές στο σύστημα:



Αποτελέσματα ουράς αναμονής απορριμματοφόρων στο ΧΥΤΑ για εκφόρτωση χρησιμοποιώντας 11 απορριμματοφόρα



Διάγραμμα αναμονής απορριμματοφόρων στο ΧΥΤΑ για εκφόρτωση χρησιμοποιώντας 11 απορριμματοφόρα

Το μεγαλύτερο μήκος ουράς που δημιουργείται εδώ είναι 8 απορριμματοφόρα με μέγιστο χρόνο αναμονής 0,034 εβδ. = 34 λεπτά και μέσο χρόνο αναμονής 0,0032 εβδ. = 3,22 λεπτά, ενώ ο αριθμός των φορτίων που φεύγουν από το σύστημα παραμένει ο ίδιος. Δηλαδή με την μείωση των απορριμματοφόρων δεν μειώνεται και ο ρυθμός συλλογής των απορριμμάτων, απλά τώρα χρησιμοποιούνται τα φορτηγά οχήματα κατά 89% του συνόλου σε σχέση με την αρχική εκτίμηση, που εκεί η χρησιμότητα των οχημάτων ήτανε 54%.

Μεταφορά των απορριμμάτων με την λειτουργία ΣΜΑ

Στο μοντέλο μας που αφορά την μεταφόρτωση των απορριμμάτων στο ΣΜΑ αν τρέξουμε το μοντέλο με την αρχική απόφαση, δηλαδή να χρησιμοποιούνται 13 οχήματα με τα πληρώματα τους, θα έχουμε τους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα:



Αποτελέσματα ουράς αναμονής απορριμματοφόρων στο ΣΜΑ για εκφόρτωση στα containers χρησιμοποιώντας 13 απορριμματοφόρα

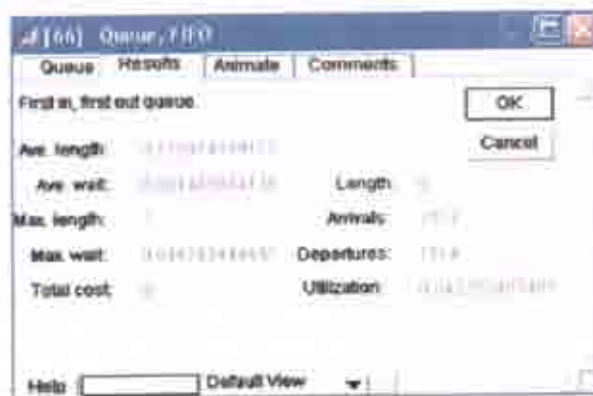
Τα αποτελέσματα αυτά είναι από την ουρά αναμονής των απορριμματοφόρων στο ΣΜΑ. Στο διάγραμμα παρακάτω φαίνονται με την γαλάζια γραμμή. Το μέγιστο μήκος ουράς που δημιουργείται εδώ είναι 10 φορτηγά και ο μέγιστος χρόνος αναμονής 0,052 εβδ = 52 λεπτά και μέσο χρόνο 0,0078 εβδ = 7,8 λεπτά.



Αποτελέσματα ουράς αναμονής containers στο ΧΥΤΑ για εκφόρτωση χρησιμοποιώντας 2 containers

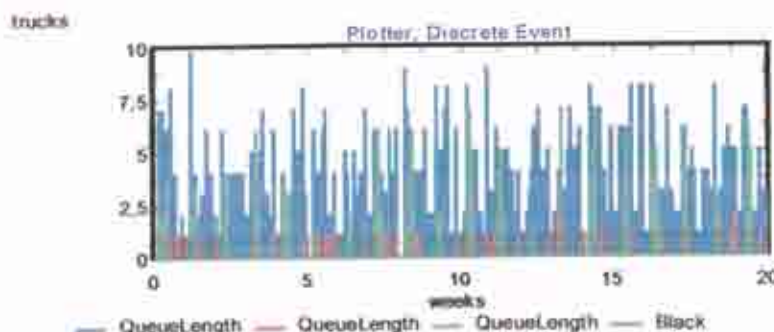
Αυτός ο πίνακας παρουσιάζει τα αποτελέσματα των container που περιμένουν να ξεφορτώσουν στο ΧΥΤΑ. Στο διάγραμμα φαίνονται με την κόκκινη γραμμή. Ο μέγιστος χρόνος αναμονής των container είναι $0,026\epsilon\beta\delta=26$ λεπτά περίπου, μέσο χρόνο αναμονής $0,0011 \epsilon\beta\delta=1,1$ λεπτά και το μέγιστο μήκος της ουράς 2 container.

Σε περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμο container και τα απορριμματοφόρα δεν μπορούν να ξεφορτώσουν, δημιουργείται ουρά. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.



Αποτελέσματα ουράς αναμονής απορριμματοφόρων στο ΣΜΑ για εκφόρτωση στα containers όταν δεν υπάρχει διαθέσιμο Container

Στην περίπτωση αυτή έχουμε 7 απορριμματοφόρα σε αναμονή για μέγιστο χρόνο $0,046\epsilon\beta\delta.=46$ λεπτά και μέσο χρόνο $0,0014 \epsilon\beta\delta= 1,4$ λεπτά. Στο διάγραμμα τα αποτελέσματα φαίνονται με την πράσινη γραμμή.

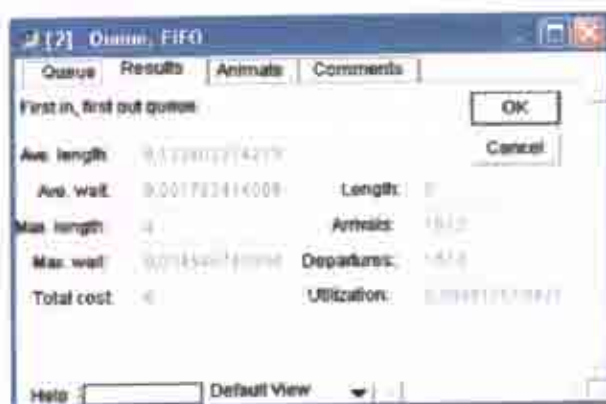


Διάγραμμα αναμονής απορριμματοφόρων και containers όταν χρησιμοποιούμε 13 απορριμματοφόρα και 2 container

Όπως παρατηρούμε και από το διάγραμμα το πρόβλημα αναμονής των απορριμματοφόρων στο σύστημα δημιουργείται όταν λείπουν και τα δύο containers στο ΧΥΤΑ για εκφόρτωση. Τη στιγμή εκείνη συσσωρεύονται στο ΣΜΑ τα απορριμματοφόρα και δημιουργείται έτσι μια μεγάλη ουρά αναμονής, με αποτέλεσμα να υπάρχει καθυστέρηση στη διαδικασία μεταφόρτωσης των απορριμμάτων από τα απορριμματοφόρα στα containers.

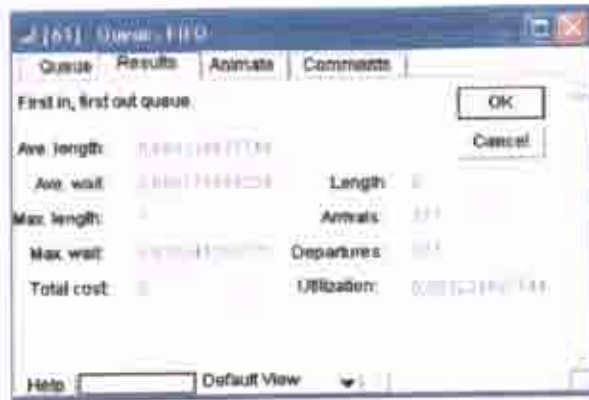
Επίσης πολύ συχνά παρατηρούμε και καθυστέρηση στο σύστημα μεταφόρτωσης των απορριμμάτων από την καθυστέρηση των απορριμματοφόρων στην εκφόρτωση και από τη πυκνή συσσώρευση των φορτηγών στο σύστημα.

Αν τώρα ξανατρέξουμε το μοντέλο μας χρησιμοποιώντας τις βέλτιστες λύσεις που βρήκαμε από την βελτιστοποίηση, δηλαδή 6 απορριμματοφόρα και 2 container, θα έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα:



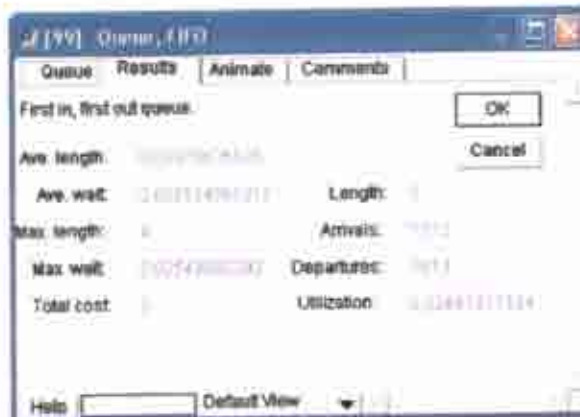
Αποτελέσματα ουράς αναμονής απορριμματοφόρων στο ΣΜΑ για εκφόρτωση στα containers χρησιμοποιώντας 6 απορριμματοφόρα

Στην περίπτωση αυτή όσο αφορά τα απορριμματοφόρα ο μέγιστος χρόνος αναμονής είναι 0,034 εβδ=34 λεπτά, μέσος χρόνος 0,0017 εβδ =1,7 λεπτά και το μέγιστο μήκος ουράς 4 φορτηγά, ενώ παρατηρούμε ότι ο αριθμός των αφίξεων παραμένει σχεδόν ίδιος όπως και αν χρησιμοποιούμε 13 απορριμματοφόρα.



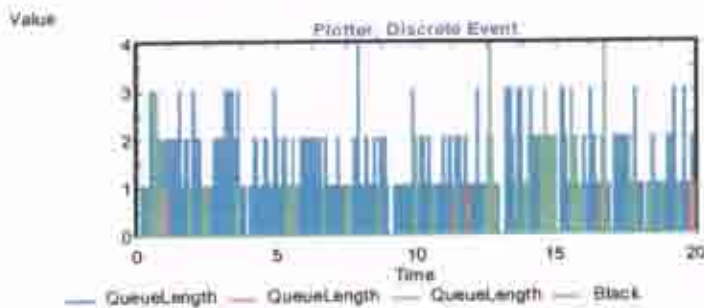
Αποτελέσματα ουράς αναμονής containers στο ΧΥΤΑ για εκφόρτωση χρησιμοποιώντας 2 containers

Όσο αφορά τα containers ο μέγιστος χρόνος αναμονής είναι 0,020 εβδ = 20 λεπτά και το μέγιστο μήκος ουράς 1 container, ενώ παρατηρούμε ότι ο αριθμός των αφίξεων παραμένει σχεδόν ίδιος όπως και αν χρησιμοποιούμε 3 containers.



Αποτελέσματα ουράς αναμονής απορριμματοφόρων στο ΣΜΑ για εκφόρτωση στα containers όταν δεν υπάρχει διαθέσιμο Container

Στην περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμο container μένουν σε αναμονή 4 απορριμματοφόρα για μέγιστο χρόνο 0,035 εβδ = 35 λεπτά.



Διάγραμμα αναμονής απορριμματοφόρων και containers όταν χρησιμοποιούμε 6 απορριμματοφόρα και 2 container

Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται καθυστέρηση στο σύστημα από την αναμονή των απορριμματοφόρων στο ΣΜΑ για εκφόρτωση τη στιγμή που δεν υπάρχει διαθέσιμο container για να γίνει η εκφόρτωση. Μειώνεται όμως απ' ότι βλέπουμε η ουρά αναμονής των απορριμματοφόρων στο ΣΜΑ.

6.3.4 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα διαφέρουν σε κάθε επανάληψη της προσομοίωσης, για μια πιο συγκροτημένη και καλύτερη άποψη ρυθμίζουμε τα μοντέλα να τρέξουν έτσι ώστε να εκμηδίσουμε τα αποτελέσματα με μέσους όρους τουλάχιστον 50 επαναλήψεων. Τα αποτελέσματα αυτά (το ποσοστό χρησιμοποίησης) τα βλέπουμε συγκεντρωτικά για κάθε block στα Queue stats και Activity stats block. [Παράρτημα,5] Το block queue stats μας δίνει συγκεκριμένα τα στατιστικά ουρών αναμονής και το block activity stats μας δίνει τα στατιστικά δραστηριοτήτων- διαδικασιών του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων.

Στο πρώτο μας μοντέλο, της άμεσης διάθεσης των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ χρησιμοποιώντας 11 απορριμματοφόρα, τα αποτελέσματα που μας δίνουν τα block για την κάθε δραστηριότητα είναι:

	Block	Block Name	Arrivals	Departures	Utilization	Time (secs)
0	ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ	Activity, Multi	1513±0,1838	1511±0,3571	0,1036±0,000131	
1	ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ	Activity, Delay	1513±0,1893	1513±0,1838	0,3006±0,001824	
2	ΣΥΛΛΟΓΗ	Activity, Multi	1520±0,09913	1514±0,09918	0,1357±0,000196	
3	ΠΡΟΣ ΧΥΤΑ	Activity, Multi	1514±0,09818	1513±0,168	0,1039±0,000167	
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

στατιστικά αποτελέσματα δραστηριοτήτων- διαδικασιών του μοντέλου ΧΥΤΑ σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%

	Block	Block Name	Ave Length	Max Length	Ave Wait	Max Wait
0	ΧΥΤΑ ΕΚΦΟΡΤΩ	Queue, FIFO	0,246±0,00465	7,30±0,231	0,00325±6,82e-0	0,0433±0,0023
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

στατιστικά αποτελέσματα ουρών αναμονής του μοντέλου ΧΥΤΑ σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%

Ο μέσος χρόνος αναμονής για την εκφόρτωση των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ είναι $0,00325 \text{ εβδ} = 3,25 \text{ λεπτά}$ και ο μέσος όρος της ουράς που δημιουργείται από την αναμονή των φορτηγών είναι 0,246 φορτηγά.

Στο μοντέλο της μεταφόρτωσης των απορριμμάτων στο ΣΜΑ και της μεταφοράς τους στο ΧΥΤΑ με container, χρησιμοποιώντας 6 απορριμματοφόρα και 2 container, τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των διαδικασιών μετά από 50 επαναλήψεις είναι:

	Block	Block Name	Arrivals	Departures	Utilization	Time (secs)
0	ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ	Activity, Multi	1513±0,3075	1513±0,3811	0,0005999±0,214	
1	ΕΚΦΟΡΤ ΣΜΑ	Activity, Delay	1513±0,2948	1513±0,3075	0,302±0,002178	
2	ΠΡΟΣ ΣΜΑ	Activity, Multi	1514±0,1955	1513±0,2941	0,000001±0,171	
3	ΣΥΛΛΟΓΗ	Activity, Multi	1519±0,3611	1514±0,1955	0,003803±5,406e	
4	ΠΡΟΣ ΧΥΤΑ	Activity, Multi	377,8±0,1052	377,8±0,09945	0,0008749±1,950	
5	ΕΚΦΟΡΤ ΧΥΤΑ	Activity, Delay	377,0±0,09945	376,9±0,1035	0,1582±0,002602	
6	ΕΠΙΣΤΡ ΣΜΑ	Activity, Multi	376,9±0,1035	376,2±0,1693	0,000072±1,987e	
7						
8						
9						
10						

στατιστικά αποτελέσματα δραστηριοτήτων- διαδικασιών του μοντέλου ΣΜΑ σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%

	Block	Block Name	Ave Length	Max Length	Ave Wait	Max Wait
0	ΕΚΦΟΡΤ ΣΜΑ	Queue, FIFO	0,135±0,00313	4,52±0,143	0,00179±4,12e-0	0,0313±0,00147
1	ΕΚΦΟΡΤ ΧΥΤΑ	Queue, FIFO	0,00411±0,00055	1,00±0,00	0,000218±2,93e-	0,0237±0,00318
2	ΑΝΑΜΟΝΗ ΣΜΑ	Queue, FIFO	0,0278±0,00275	3,74±0,286	0,000368±3,84e-	0,0354±0,00201
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

στατιστικά αποτελέσματα ουρών αναμονής του μοντέλου ΣΜΑ
σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%

Ο μέσος χρόνος αναμονής για την εκφόρτωση των απορριμμάτων στο ΣΜΑ είναι $0,00179 \text{ εβδ} = 1,8 \text{ λεπτά}$ περίπου και ο μέσος όρος της ουράς που δημιουργείται από τα απορριμματοφόρα που περιμένουν να αδειάσουν είναι $0,135 \text{ φορτηγά}$. Στο ΧΥΤΑ για τα container ο μέσος χρόνος αναμονής είναι $0,000218 \text{ εβδ} = 0,21 \text{ λεπτά}$ και ο μέσος όρος της ουράς που δημιουργείται από την αναμονή είναι $0,00411 \text{ φορτηγά}$.

6.4 Σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων

Ως τώρα βρήκαμε τις βέλτιστες λύσεις των δύο σεναρίων σε σταθερές συνθήκες. Δηλαδή σε κάθε ένα από τα σεναρία ποιος θα ήταν ο ιδανικός αριθμός απορριμματοφόρων και των πληρωμάτων που θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση του συστήματος.

Στην περίπτωση που τα απορριμματοφόρα με τα πληρώματα τους, πάνε στο ΧΥΤΑ ξεφορτώνουν και ξαναγυρνάνε για να συνεχίσουν την αποκομιδή, 11 φορτηγά συλλογής με τα πληρώματα τους θα μπορούσαν χωρίς δυσκολία να συλλέξουν τα παραγόμενα απορρίμματα.

Στην περίπτωση που υπάρχει ένας Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων και τα απορριμματοφόρα του κάθε Δήμου με τα πληρώματα τους ξεφορτώνουν στο ΣΜΑ και ξαναγυρνάνε για να

συνεχίσουν την αποκομιδή, θα ήτανε αρκετά 6 απορριματοφόρα να συλλέξουν τα παραγόμενα απορρίμματα. Σε καμία από τις δύο περιπτώσεις, όπως είδαμε με τη βοήθεια της προσομοίωσης, η μείωση των φορτηγών οχημάτων δεν δημιουργεί κάποιο πρόβλημα συσσώρευσης απορριμμάτων σε βάθος χρόνου.

Στο σημείο αυτό έχοντας τα αποτελέσματα από τα μοντέλα με τις βέλτιστες λύσεις συγκρίνουμε τα δύο σενάρια μεταξύ τους. Σκοπός μας είναι να δούμε ποιες είναι οι επιδράσεις της λειτουργίας του ΣΜΑ στην εξοικονόμηση προσωπικού και οχημάτων.

Σε σχέση με την άμεση διάθεση των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ, ένας Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων, όπως έχουμε ήδη δει, χρειάζεται το μισό αριθμό απορριματοφόρων για την διαδικασία συλλογής του ίδιου ποσού απορριμμάτων. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι τώρα τα απορριματοφόρα δεν κάνουν την ίδια απόσταση για την διάθεση των απορριμμάτων, όπως στην περίπτωση της άμεσης διάθεσης στο ΧΥΤΑ. Τώρα τα φορτηγά κάνουν μικρότερη διαδρομή για να εκφορτώσουν το περιεχόμενο τους κι έτσι επιστρέφουν πολύ πιο σύντομα στην περιοχή συλλογής για να συνεχίσουν την εργασία τους. Εκμεταλλευόμενοι έτσι το χρόνο αυτό, που καταβάλωναν προηγουμένως ταξιδεύοντας να φθάσουν στο ΧΥΤΑ και να περιμένουν να ξεφορτώσουνε, στον καθαρισμό της πόλης.

Τα φορτηγά τώρα μεταφορτώνουν το περιεχόμενο τους σε containers και αυτά μεταφέρουν τα απορρίμματα στο ΧΥΤΑ. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης απορριματοφόρων και containers μαζί είναι μικρότερο σε σχέση με το κόστος άμεσης διάθεσης των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ. Το κόστος των containers δεν επιβαρύνει τόσο όσο το κόστος συντήρησης και λειτουργίας του στόλου των απορριματοφόρων που είναι απαραίτητα για τη συλλογή και τη μεταφορά των απορριμμάτων στον ΧΥΤΑ.

Ειδικότερα, με τη βοήθεια της προσομοίωσης στην περίπτωση του Σταθμού Μεταφόρτωσης, βλέπουμε ότι τον ίδιο όγκο παραγόμενων απορριμμάτων είναι ικανά να διαχειριστούν ένας σημαντικά μικρότερος αριθμός πληρωμάτων και απορριματοφόρων σε σύγκριση με την αρχική εκτίμηση λειτουργίας του ΣΜΑ που ήτανε 13 απορριματοφόρα. Χωρίς αυτό βέβαια πάντα να δημιουργεί πρόβλημα συσσώρευσης απορριμμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Επιλογή Κατάλληλου Σεναρίου

Τα μοντέλα προσομοίωσης που δημιουργήσαμε βοήθησαν να δούμε πιο από τα δύο σενάρια συμφέρει την Τοπική Διοίκηση να ακολουθήσει για το δικό της συμφέρον. Λαμβάνοντας υπόψη, λοιπόν, όλα τα αποτελέσματα που πήραμε από την ανάπτυξη των μοντέλων προσομοίωσης η κατασκευή ενός Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων στην περιοχή θα επιφέρει μια σημαντική βελτίωση στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων.

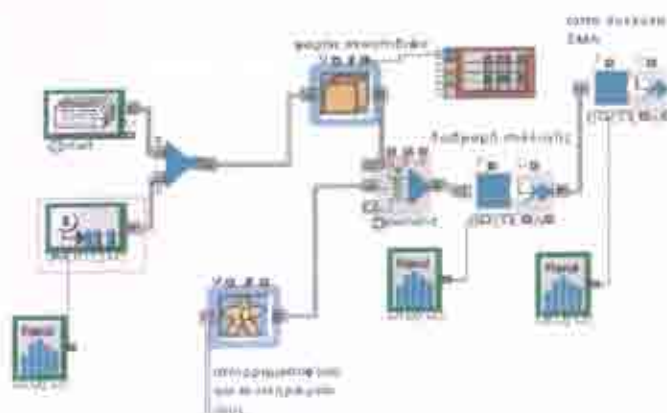
Λειτουργώντας ο Σταθμός Μεταφόρτωσης από την πρώτη στιγμή είδαμε ότι τα οφέλη ήτανε πολλά. Εκτός από τις περιβαλλοντικές επιδράσεις του ΣΜΑ στην περιοχή, υπάρχουν και πολλά οικονομικά οφέλη για την τοπική διοίκηση. Από πλευράς κόστους λειτουργίας, όπως είδαμε στο κεφάλαιο 5 στην ενότητα 5.4, είναι προτιμότερη η κατασκευή του ΣΜΑ, γιατί εκτός του ότι θα βελτιωθεί ο τρόπος συλλογής των απορριμμάτων, επιπλέον θα έχουμε και μια σημαντική μείωση των δαπανών όσον αφορά τη διαχείριση των απορριμμάτων της περιοχής. Στην μείωση αυτή των δαπανών σημαντικό ρόλο παίζει και μείωση των απορριμματοφόρων και των πληρωμάτων τους, που είναι απαραίτητα για την συλλογή των παραγόμενων απορριμμάτων στην περίπτωση του ΣΜΑ.

Η αρχική εκτίμηση για την λειτουργία του ΣΜΑ ήτανε ότι 13 απορριμματοφόρα με τα πληρώματα τους και 3 containers, με βάση τον όγκο των απορριμμάτων που παράγονται καθημερινά, θα είναι σε θέση να εξυπηρετήσουν τη διαδικασία συλλογής. Με τη βοήθεια της προσομοίωσης, διαπιστώσαμε ότι δεν εργάζονται όλα τα φορτηγά 100% και το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών για πολύ χρόνο μένουν αδρανές. Ως εναλλακτική λύση θεωρήσαμε την μείωση των απορριμματοφόρων και των πληρωμάτων τους. Ελέγχοντας βρήκαμε ότι 6 απορριμματοφόρα μπορούν να συλλέξουν τον ίδιο όγκο απορριμμάτων και εργάζονται όλα χωρίς να μένει κανένα διαθέσιμο κατά τη διαδικασία συλλογής.

7.2 Λειτουργία ΣΜΑ σε Συνθήκες αβεβαιότητας

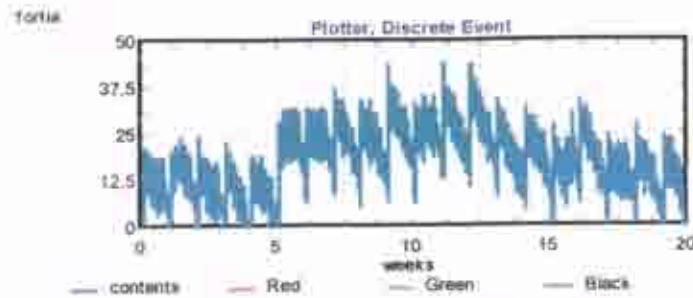
Όλα τα παραπάνω όμως ισχύουν όταν έχουμε σταθερά φορτία απορριμμάτων τα οποία πρέπει να συλλέξουν τα απορριμματοφόρα. Καλό θα ήτανε πριν προχωρήσουμε και βγάλουμε τα τελικά συμπεράσματα μας για την λειτουργία του ΣΜΑ να εξετάσουμε και την περίπτωση που τα παραγόμενα σκουπίδια που καλούνται να μαζέψουν τα απορριμματοφόρα δεν είναι σταθερά. Αν σε συνθήκες αβεβαιότητας, δηλαδή, αντέχει το σύστημα μας ή πρέπει να χρησιμοποιηθούν και άλλα απορριμματοφόρα.

Για να το ελέγξουμε αυτό προσθέτουμε στο μοντέλο μας ένα generator block με σταθερή κατανομή (constant=1, days) και συνδέουμε σε αυτό ένα input random number με εκθετική κατανομή (exponential με mean=2). Έτσι θα έχουμε τυχαία φορτία σκουπιδιών κάθε μέρα με μέσο όρο 2 φορτία.



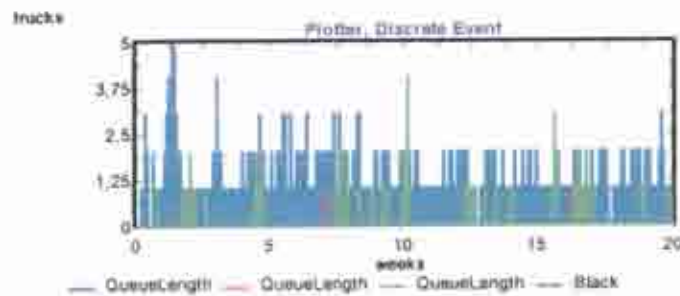
Διαμόρφωση μοντέλου για δημιουργία συνθηκών αβεβαιότητας

Τρέχοντας το μοντέλο μας με τις καινούργιες συνθήκες και έχοντας σε λειτουργία 6 απορριμματοφόρα για τη συλλογή των απορριμμάτων, το διάγραμμα σχετικά με τα παραγόμενα φορτία των σκουπιδιών της πόλης, που πρέπει να συλλέξουν καθημερινά τα απορριμματοφόρα, διαμορφώνεται όπως φαίνεται παρακάτω:



Διάγραμμα διαμόρφωσης παραγόμενων φορτίων σε συνθήκες αβεβαιότητας

Βλέπουμε ότι έχουμε πρόβλημα στη συλλογή των απορριμμάτων, υπάρχουν σκουπίδια που δεν μαζεύονται. Με 6 απορριμματοφόρα φαίνεται ότι το σύστημα δεν λειτουργεί και τόσο καλά, γιατί παρατηρούμε ότι τα αμάζευτα φορτία έχουν την τάση να αυξάνονται. Άρα τα 6 απορριμματοφόρα δεν μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες του συστήματος. Μέχρι το τέλος της κάθε εβδομάδας τα απορριμματοφόρα δεν είναι σε θέση να μαζεύουν όλα τα παραγόμενα φορτία της περιοχής. Το διάγραμμα που δημιουργείται από τις ουρές που υπάρχουν στο σύστημα φαίνεται παρακάτω:



Διαμόρφωση διαγράμματος ουρών σε συνθήκες αβεβαιότητας

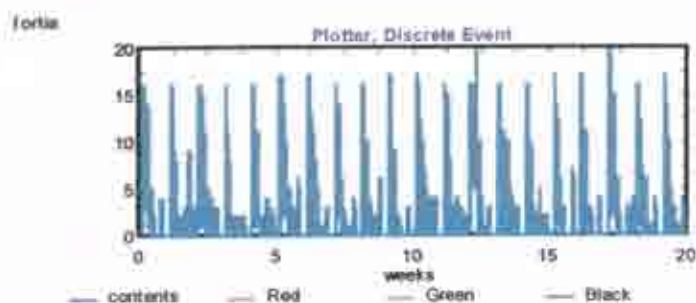
Με τη γαλάζια γραμμή είναι τα απορριμματοφόρα που περιμένουν να ξεφορτώσουν στο ΣΜΑ. Ο μέγιστος αριθμός φορτηγών που περιμένουν είναι 5 απορριμματοφόρα με μέγιστο χρόνο αναμονής 0,034 εβδ = 34 λεπτά. Με την πράσινη γραμμή φαίνονται τα απορριμματοφόρα που περιμένουν στο ΣΜΑ να ξεφορτώσουν όταν δεν υπάρχει διαθέσιμο container. Μέγιστος χρόνος

απορριματοφόρο μπορεί να μεταφέρει 5 τόνους, μπορούμε να υπολογίσουμε ότι 9 απορριματοφόρα θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν το σύστημα τις μέρες αυτές. Τρία επιπλέον φορητά απορριματοφόρα θα διευκόλυναν το ΣΜΑ σε κάθε περίπτωση από πλευράς λειτουργίας.

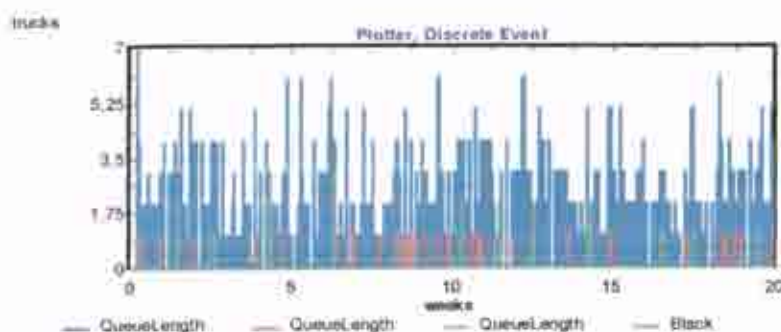
Αναθεωρούμε λοιπόν το σενάριο που έχουμε δώσει για τη λειτουργία του συστήματος. Το λειτουργικότερο σενάριο που θα βελτίωνε τη λειτουργία του συστήματος μας θα είναι:

Να λειτουργήσει ο Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων έχοντας στην διάθεση του, για την εξυπηρέτηση του συστήματος σε πραγματικές συνθήκες, 9 απορριματοφόρα και 3 containers.

Τρέχοντας το μοντέλο με αυτά τα δεδομένα έχουμε τα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα συλλογής παραγόμενων φορτίων σε νέες συνθήκες



Διαμόρφωση διαγράμματος ουρών σε νέες συνθήκες

αναμονής είναι $0,027 \text{ εβδ} = 27 \text{ λεπτά περίπου}$ και με μέγιστο αριθμό απορριμματοφόρων 4. Τα container παρουσιάζονται με την κόκκινη γραμμή. Ο μέγιστος αριθμός ουράς που χρησιμοποιείται είναι 1 container με μέγιστο χρόνο αναμονής $0,017 \text{ εβδ} = 17 \text{ λεπτά περίπου}$.

Υπό αυτές τις συνθήκες παρουσιάζεται πρόβλημα συσσώρευσης απορριμμάτων στο σύστημα. Δεν έχουμε πρόβλημα καθυστερήσεων στο σύστημα, παρατηρούμε όμως πρόβλημα στη διαδικασία συλλογής. Συμπερασματικά λοιπόν θα λέγαμε ότι τα υπάρχοντα απορριμματοφόρα δεν είναι σε θέση να εξυπηρετήσουν την περιοχή, με βάση τον όγκο των παραγόμενων απορριμμάτων.

7.3 Βελτίωση συστήματος

Το παραπάνω σενάριο δεν θα λέγαμε ότι σε πραγματικές συνθήκες θα μπορούσε να λειτουργήσει άψογα, γιατί σε κανονικές συνθήκες υπάρχουν και απρόβλεπτοι παράγοντες που δημιουργούν προβλήματα στη διαδικασία συλλογής. Μια βλάβη σε κάποιο από τα οχήματα ή τα containers θα δημιουργήσει συσσώρευση απορριμμάτων, διότι τα υπάρχοντα οχήματα δεν θα είναι σε θέση να καλύψουν την περιοχή και τον όγκο των απορριμμάτων.

Γι' αυτό μέσα στο στόλο των απορριμματοφόρων θα πρέπει να προσθέσουμε και κάποια επιπλέον φορτηγά οχήματα και container. Θα πρέπει να υπάρχουν κάποια εφεδρικά που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περίπτωση που κάποιο έχει πάθει κάποια βλάβη ή βρίσκεται για συντήρηση ή να καλύψουν κάποιες ώρες έκτακτης ανάγκης απρόβλεπτης αιχμής.

Οπότε θα προτείνουμε όσον αφορά τα containers να υπάρχει ένα τρίτο για να εξυπηρετεί το Σταθμό Μεταφόρτωσης σε ώρες έκτακτης ανάγκης. Έτσι καταλήγουμε ότι είναι καλύτερη η χρησιμοποίηση 3 containers για λόγους ασφαλείας, παρ' όλο που και 2 containers θα εξυπηρετούσαν το σύστημα.

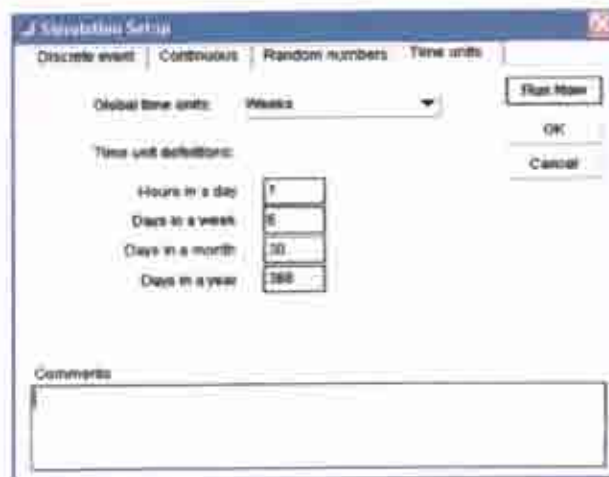
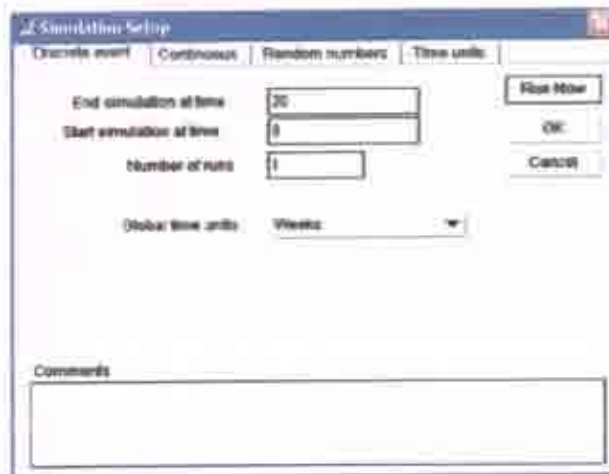
Λαμβάνοντας υπόψη μας την παραγωγή απορριμμάτων τις μέρες αιχμής, όπως φαίνονται στην παράγραφο 5.2.3, και γνωρίζοντας ότι κάθε

Με βάση τις νέες συνθήκες παρατηρούμε ότι τα παραγόμενα φορτία μαζεύονται καθημερινά όλα σχεδόν, χωρίς να μένουνε πολλά που δεν έχουνε μαζευτεί για την επόμενη ημέρα. Όσον αφορά τις ουρές που δημιουργούνται έχουμε μέγιστο αριθμό απορριμματοφόρων στο ΣΜΑ για εκφόρτωση 7 οχήματα για μέγιστο χρόνο αναμονής $0,050 \text{ εβδ} = 50 \text{ λεπτά}$. Αν δεν υπάρχει διαθέσιμο container μέγιστος αριθμός απορριμματοφόρων που περιμένουν είναι 3 για $0,017 \text{ εβδ} = 17 \text{ λεπτά}$ και στο ΧΥΤΑ το μέγιστο μήκος ουράς είναι 1 container για μέγιστο χρόνο $0,028 \text{ εβδ} = 28 \text{ λεπτά}$.

Με βάση τα δεδομένα αυτά η λειτουργία του συστήματος είναι καλύτερη. Στο ΣΜΑ ελαττώνεται ο αριθμός των απορριμματοφόρων που περιμένουν να ξεφορτώσουν και έτσι δεν δημιουργείται πρόβλημα ουράς. Και επιπλέον και πιο σημαντικό τα φορτία μαζεύονται εγκαίρως και δεν έχουμε πρόβλημα συσσώρευσης αμάξευτων φορτίων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ EXTEND

1. Ρυθμίζουμε τα μοντέλα μας στο Extend να τρέξουν για έξι ημέρες την εβδομάδα, για επτά ώρες κάθε ημέρα και σε βάθος χρόνου 20 εβδομάδων συνεχόμενα.

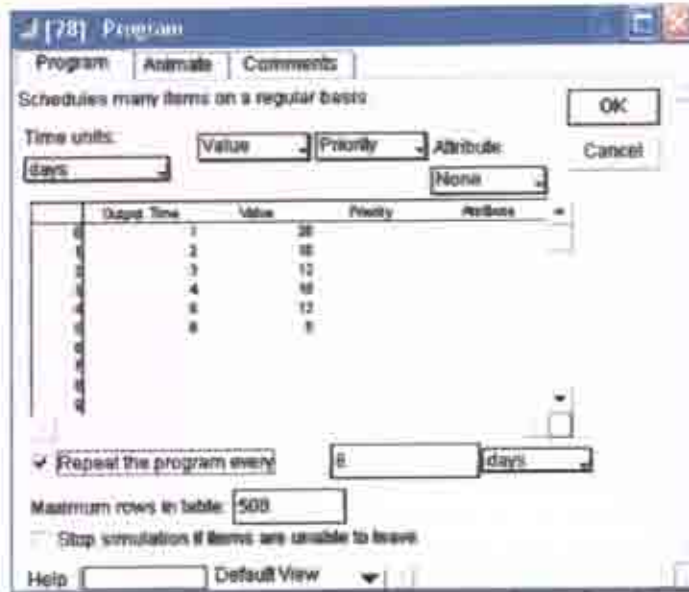


Εικ.1 Simulation Setup: Ρύθμιση προσομοίωσης

2. Για το κτίσιμο των μοντέλων χρησιμοποιούμε τα παρακάτω blocks:



Program block: μας δίνει τα φορτία των απορριμμάτων που πρέπει να συλεχθούν κάθε ημέρα. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται κάθε 6 ημέρες. Είναι μια διαδικασία για σταθερή κατάσταση.



Εικ.2 Program block: παραγόμενα φορτία ανά ημέρα



Repository block: αποθηκεύει και προωθεί τα φορτία ένα-ένα, στο μοντέλο του ΣΜΑ χρησιμοποιείται και για την αποθήκευση και προώθηση των containers.



Labor pool block: προωθεί τα φορηγά με τα πληρώματα τους για την εκτέλεση της διαδικασίας



Batch block: ενώνει το κάθε φορτίο με ένα φορηγό από το Labor pool block και τα προωθεί να συνεχίσουν στην υπόλοιπη διαδικασία ως ένα στοιχείο



Activity multiply block: το κάθε ένα από τα block αντιπροσωπεύει τις διαδικασίες συλλογής, μεταφοράς των απορριμμάτων στον

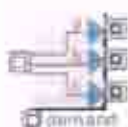
τόπο εκφόρτωσης (ΣΜΑ ή ΧΥΤΑ) και την διαδρομή επιστροφής



Queue FIFO block: είναι ένα block ουρών και χρησιμοποιείται για να προωθεί ένα- ένα τα φορτηγά ή τα Container ανάλογα με το ρυθμό άφιξης τους.



Activity delay block: δείχνει τη διαδικασία εκφόρτωσης των απορριμμάτων είτε στο σταθμό μεταφόρτωσης είτε στο ΧΥΤΑ.



Unbatch block: διαχωρίζει τα φορτία των απορριμμάτων, τα οποία βγαίνουν από το σύστημα, από τα φορτηγά με τα πληρώματά τους που επιστρέφουν για να συνεχίσουν τη συλλογή.



Exit block: δείχνει τα φορτία των απορριμμάτων που βγαίνουν από το σύστημα.



Το block Input Random Number δίνει στην κάθε διαδικασία το είδος της κατανομής που πρέπει να ακολουθήσει.



Τα plotter, discrete event blocks παρουσιάζουν τα διαγράμματα των ουρών που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης από τα φορτηγά που φθάνουν στις εγκαταστάσεις για την εκφόρτωση των απορριμμάτων.

3. Στο block Evolution Optimizer

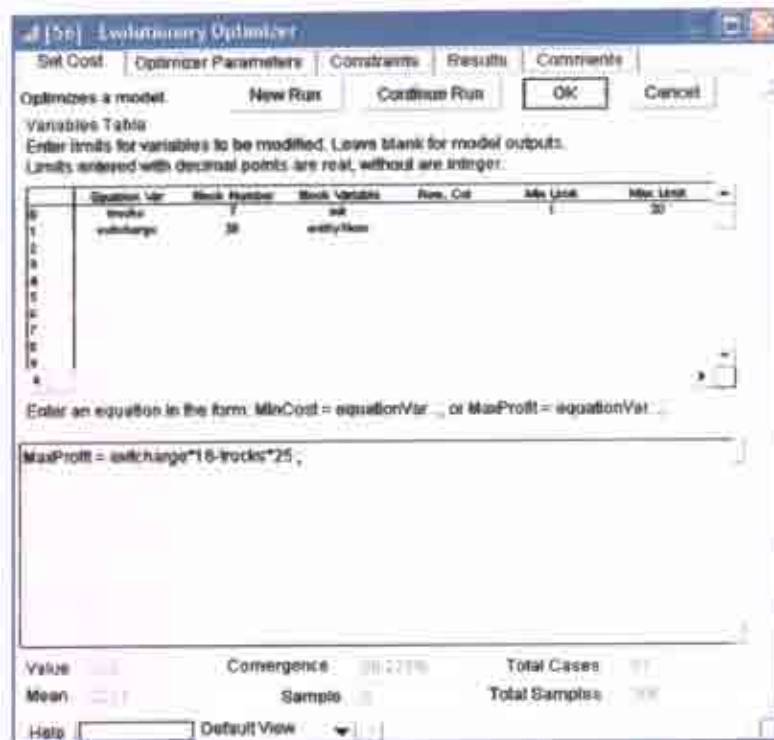


στην

περίπτωση του ΧΥΤΑ για να δημιουργήσουμε την εξίσωση μας χρησιμοποιούμε τα blocks:

- Labor Pool, για να πάρουμε το βέλτιστο αριθμό των φορτηγών που θα είναι από 1 έως 20

- exit, που μας δίνει τα φορτία των απορριμμάτων που βγαίνουν από το σύστημα



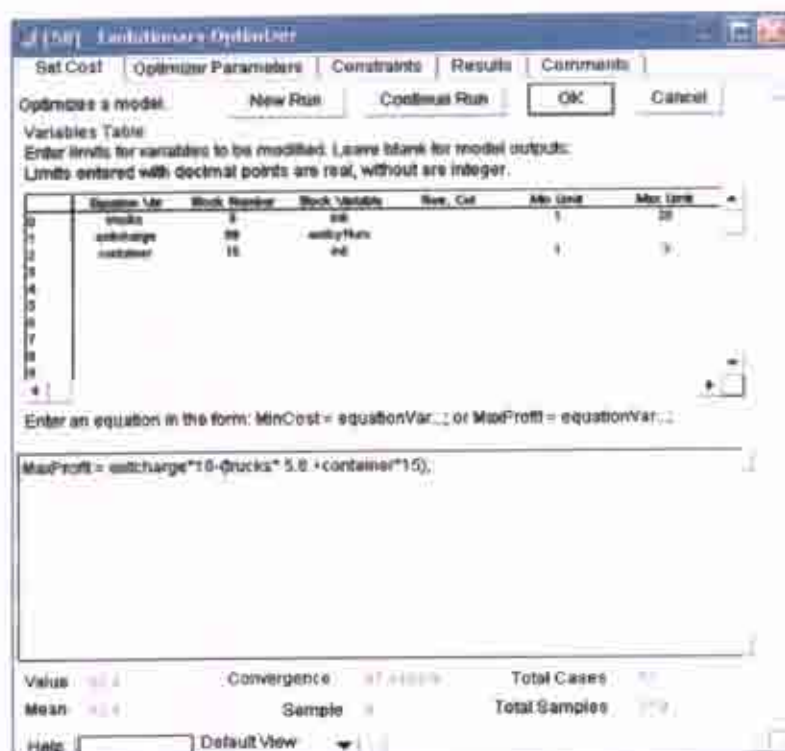
Εικ. 3 Evolutionary optimizer block για την περίπτωση XYTA

4. Στο block Evolution Optimizer



στην περίπτωση του ΣΜΑ για να δημιουργήσουμε την εξίσωση μας χρησιμοποιούμε τα blocks:

- Labor Pool, για να πάρουμε το βέλτιστο αριθμό των φορτηγών που θα είναι από 1 έως 20
- exit, που μας δίνει τα φορτία των απορριμμάτων που βγαίνουν από το σύστημα
- repository, για να βρούμε το βέλτιστο αριθμό των containers, που θα είναι από 1 έως 3



Εικ.4 Evolutionary optimizer blockγια την περίπτωση ΣΜΑ

5. Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων

Για μια τέτοια ανάλυση τα blocks που μας βοηθούν είναι τα παρακάτω



Activity stats block: δίνει τα στατιστικά δραστηριοτήτων- διαδικασιών του συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων.



Queue stats block: δίνει τα στατιστικά ουρών αναμονής

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΑ

1. Λυμπεράτος Γεράσιμος (καθηγητής Χημικών Μηχανικών), Τσιλιγιάννης Χρήστος (Διδάκτωρ Χημικός Μηχανικός), «Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων», Πάτρα 2001, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών
2. Σφακιανάκης Μάνος (2001), «Προσομοίωση και Εφαρμογές», Εκδόσεις Πατάκη
3. Μουσιόπουλος Νικόλαος, Καραγιαννίδης Αβραάμ, «Σημειώσεις στο μάθημα ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ», Θεσσαλονίκη : Αριστοτέλεια Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής (2002),
www.aix.meu.gr/~lhtee/education/swm_intro.pdf
4. Βουδρισλής Ν., «Το Πρόβλημα των Απορριμμάτων και οι λύσεις του», Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Σουφλίου, Έκδοση 1998,
www.users.otenel.gr/~kpe-soufli/garbage.htm
5. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Επεξεργασία αποβλήτων, Θεματολογικά δελτία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, Νομική βάση και στόχοι,
http://www.europarl.eu.int/factsheets/4_9_4_el.htm,
http://www.europarl.eu.int/factsheets/4_9_1_el.htm
6. Περιφέρεια Θεσσαλίας Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λάρισας, Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών, Μελετητής Στυλιανάκης Θεοχάρης και Σια ΕΕ, Expert Consulting, «Προμελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του έργου κατασκευή Σταθμού Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων στο Δήμο Ελασσόνας στο Νομό Λάρισας», Λάρισα, Ιούλιος 2003

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΑ

7. Frank Kreith (Editor in Chief), «Handbook of Solid Management», Mc Craw Hill, Inc 1994

8. EPA United States Environmental Protection Agency, «Waste Transfer Station: A manual for Decision-Making», www.epa.gov/epaoswer/non-hw/muncpl/puds/r02002.pdf
9. Vasanthakumar N. Bhat. "A model for the optimal allocation of trucks for solid waste management. Waste Management & Research" (1996) **14**, 87-9
10. Bruce G. Wilson, Brian W. Baetz and Fred L. Hall. "Reduction of Queuing Delays at Waste Management Facilities". Civil Eng. And Env. Syst., 2002, Vol.19(4), pp. 311-331
11. *Gerald A. Doeksen* (Extension Economist and Regents Professor, Oklahoma State University), *Joseph F. Schmidt* (Extension Community Development Specialist Economist, Mississippi State University), *Kyle Goodwin* (Extension Associate, Oklahoma State University), *Gordon Sloggett* (Senior Research Specialist, Oklahoma State University), *Dave Cummins* (Extension Associate, Mississippi State University), "A GUIDEBOOK FOR RURAL SOLID WASTE MANAGEMENT SERVICES", Document prepared for Grant from Southern Rural Development Center, June 1993 www.srdc.msstate.edu/publications/174.pdf
12. Ministry of Environment, Lands & Parks , UMA Engineering Inc. of Victoria, "Guidelines for Establishing Transfer Stations for Municipal Solid Waste". <http://wfao.wa.gov.bc.ca/epd/epdopa/mpp/qfetsfms2.html#appa>

ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ

13. Κυβερνητική Υπουργική Απόφαση 69728/824/96, «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων», ΦΕΚ 358, Β/17-5-96
14. ΚΥΑ 114218/97, «Κατάρτιση πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων», ΦΕΚ 1016, Β/17-11-97

- 15.ΚΥΑ 113944/97, «Εθνικός σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων (Γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων)», ΦΕΚ 1016, Β/17-11-97
- 16.ΚΥΑ 14312/1002/2000, Συμπλήρωση και εξειδίκευση της υπ' αριθ. 113944/1944/1977 κοινής υπουργικής απόφασης με θέμα: «Εθνικός σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων (Γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων)» (Β' 1016/1997), ΦΕΚ 723, Β/9-6-00

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

17. www.minenv.gr
18. www.statistics.gr
19. www.kaousis.gr
20. www.go-recycle.gr
21. www.syntagma.gr
22. www.ee.gr
23. www.arvis.gr
24. www.thessalonikicity.gr/ypiresies/kathariotita
25. www.elinikietaina.gr
26. www.perivallontiki.gr
27. www.epper.gr
28. http://www.ypodomi.gr/ec_newsitem.asp?id=1145&lg=el
29. http://www.ypodomi.gr/ec_newsitem.asp?id=1144

