

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ – ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**



**ΧΩΡΟΘΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ
ΖΩΓΡΑΦΟΥ.**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Γ. Ν. ΦΩΤΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Γ.Ν. ΦΩΤΗΣ

Κ. ΚΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ

Μ. ΠΗΓΑΚΗ

ΛΙΟΛΙΟΣ ΜΙΧΑΗΛ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	11
1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	11
1.2 ΜΕΙΩΣΗ ΣΤΗ ΠΗΓΗ	14
1.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	17
1.4 ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΣΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	32
2.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΑΣΑ	32
2.2 ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	37
2.3 ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ ΑΣΑ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	41
3.1 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	43
3.2 ΜΟΝΤΕΛΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ – ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (LOCATION – ALLOCATION)..	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	58
5.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	58
5.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΑ.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	69
6.1 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ.....	69
6.2 ΚΕΝΤΡΑ ΖΗΤΗΣΗΣ (DEMAND POINTS).....	72
6.3 ΔΙΚΤΥΟ (NETWORK DATASET)	74
6.4 ΥΠΟΨΗΦΙΕΣ ΘΕΣΕΙΣ (FACILITIES).....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΕΠΑΝΑΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΠΡΟΣΩΡΙΝΩΝ ΜΕΣΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	79
7.1 ΣΕΝΑΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ.....	79
7.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ	90
7.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΚΑΔΩΝ	94
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	98
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	101
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	105
ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	107

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Ιεράρχηση μεθόδων διαχείρισης αποβλήτων.	14
Σχήμα 2: Παραγωγή Αστικών Αποβλήτων για την Ελλάδα στο χρονικό διάστημα 2008 – 2016 σε κιλά ανά κάτοικο.	26
Σχήμα 3: Μέση ποιοτική σύσταση ΑΣΑ στην Ελλάδα για το 2011.....	27
Σχήμα 4: Παραγωγή Αστικών Αποβλήτων για διάφορα κράτη της ΕΕ το 2016 σε κιλά ανά κάτοικο.	27
Σχήμα 5: Ποσότητες Αστικών Αποβλήτων που οδηγήθηκαν σε ΧΥΤΑ για διάφορα κράτη της ΕΕ το 2016 σε κιλά ανά κάτοικο.	28
Σχήμα 6: Ανακύκλωση μη επικίνδυνων αποβλήτων για διάφορες χώρες της Ευρώπης για το έτος 2016 σε τόνους.....	29
Σχήμα 7: Αποτέφρωση Αστικών Αποβλήτων για διάφορες χώρες της ΕΕ για το έτος 2016 σε κιλά/κάτοικο.....	30
Σχήμα 8: Ποσοστά ανά τεχνική διαχείρισης των Αστικών Αποβλήτων στην Ελλάδα για το έτος 2016.....	31
Σχήμα 9: Κατηγοριοποίηση κτηρίων ανά οικοδομικό τετράγωνο.....	53
Σχήμα 10: Παράδειγμα υπολογισμού του πληθυσμού λαμβάνοντας υπ’ όψιν την εμπορική δραστηριότητα.	53
Σχήμα 11: Πληθυσμιακή εξέλιξη Δήμου Ζωγράφου το χρονικό διάστημα μεταξύ 1940 και 2011.....	60
Σχήμα 12: Στόχοι που θέτει ο Δήμος Ζωγράφου για τα ΑΣΑ.	62
Σχήμα 13: Παραγόμενες ποσότητες ΑΣΑ Δήμου Ζωγράφου μεταξύ 2011 και 2017 σε τόνους.	63
Σχήμα 14: Ποσότητες σύμμεικτων αποβλήτων που συλλέχθηκαν από πράσινους κάδους μεταξύ 2011 και 2017 σε τόνους.	64
Σχήμα 15: Ποσότητες ανακυκλώσιμων υλικών σε τόνους που συλλέχθηκαν από τους μπλε κάδους μεταξύ 2011 και 2017.	64

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Υπολογισμός καταμερισμού πληθυσμού/Ο.Τ. στα επιμέρους τμήματα με βάση το μήκος.	54
Εικόνα 2: Παραδείγματα διαβάσεων που συνδέουν τα Ο.Τ.	55
Εικόνα 3: Υπολογισμός χωρητικότητας κάδων σε γραμμάρια.	56
Εικόνα 4: Διοικητικά όρια και γεωγραφική θέση Δήμου Ζωγράφου.	59
Εικόνα 5: Βασικές χρήσεις γης Δήμου Ζωγράφου.	61
Εικόνα 6: Παραδείγματα εντοπισμού με τη χρήση των εφαρμογών Google Earth και Google Maps.	69
Εικόνα 7: Βασικά στάδια δημιουργίας smp με κλίσεις εδάφους >10% από το DEM.	70
Εικόνα 8: Βασικά στάδια δημιουργίας δικτύου (network dataset).	74
Εικόνα 9: 1 ^ο σενάριο χωροθέτησης.	80
Εικόνα 10: Κατηγοριοποίηση κάδων 1 ^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του πληθυσμού.	81
Εικόνα 11: : Κατηγοριοποίηση κάδων 1 ^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του προσωπικού αποκομιδής.	82
Εικόνα 12: 2 ^ο σενάριο χωροθέτησης.	83
Εικόνα 13: Κατηγοριοποίηση κάδων 2 ^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του πληθυσμού.	84
Εικόνα 14: Κατηγοριοποίηση κάδων 2 ^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του προσωπικού αποκομιδής.	85
Εικόνα 15: 3 ^ο σενάριο χωροθέτησης.	86
Εικόνα 16: Κατηγοριοποίηση κάδων 3 ^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του πληθυσμού.	87
Εικόνα 17: Κατηγοριοποίηση κάδων 3 ^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του προσωπικού αποκομιδής.	88
Εικόνα 18: 4 ^ο σενάριο χωροθέτησης.	89

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κριτήρια αποκλεισμού Α ομάδας.	50
Πίνακας 2: Κριτήρια αποκλεισμού Β ομάδας.	50
Πίνακας 3: Κατηγοριοποίηση κτηρίων με αποκλειστική χρήση της ΕΛ.ΣΤΑΤ.....	52
Πίνακας 4: Πληθυσμιακή εξέλιξη Ελλάδας, Αττικής και Δήμου Ζωγράφου μεταξύ 1991-2011.	59
Πίνακας 5: Ποσότητες σε τόνους και ποσοστά ΑΣΑ ανά τεχνική διαχείρισης.	65
Πίνακας 6: Ποσοστιαία και ποσοτική σύνθεση των ΑΣΑ για το Δήμο Ζωγράφου το 2017....	66
Πίνακας 7: Αποτελέσματα ανάλυσης κόστους προέλευσης - προορισμού.	79
Πίνακας 8: Αποτελέσματα ανάλυσης εγγύτερης εγκατάστασης.....	90
Πίνακας 9: Βασικότερα αποτελέσματα για όλα τα σενάρια.....	91
Πίνακας 10: Τιμές για κάθε κριτήριο που εξετάζεται και για τα 4 σενάρια.	92
Πίνακας 11: Τελικές τιμές από το γινόμενο των αρχικών τιμών με τους συντελεστές βαρύτητας για όλα τα σενάρια.	93
Πίνακας 12: Αποτελέσματα σεναρίων χωροθέτησης διαφορετικού αριθμού κάδων.	94
Πίνακας 13: Αποτελέσματα σεναρίων ως ποσοστά μεταβολής από το σενάριο αναφοράς.	95
Πίνακας 14: Δείκτες οφέλους – κόστους.	96

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Υφιστάμενες θέσεις κάδων.	67
Χάρτης 2: Περιοχές αποκλεισμού Α ομάδας κριτηρίων.	71
Χάρτης 3: Περιοχές αποκλεισμού Β ομάδας κριτηρίων.	72
Χάρτης 4: Δημιουργία κέντρων ζήτησης (demand points).	73
Χάρτης 5: Υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης 1 ^{ου} σεναρίου.....	75
Χάρτης 6: Υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης 2 ^{ου} σεναρίου.....	76
Χάρτης 7: Υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης 3 ^{ου} σεναρίου.....	77
Χάρτης 8: Υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης 4 ^{ου} σεναρίου.....	78
Χάρτης 9: Επιλεγμένες θέσεις κάδων.	97

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαχείριση των αποβλήτων αποτελούσε ανέκαθεν σύνθετο πρόβλημα και στη σύγχρονη εποχή παρατηρείται αύξηση της παραγωγής των αποβλήτων και συνεπώς αυξάνεται η ανάγκη για ορθολογική διαχείριση και αξιοποίησή τους. Βασικό τμήμα της διαχείρισης αποτελεί η προσωρινή αποθήκευση και η συλλογή των αποβλήτων ενώ παρατηρούνται και σχέσεις αλληλεπίδρασης, καθώς η επιλογή των θέσεων των κάδων επηρεάζει και τη διαδικασία συλλογής τους. Η χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών αποτελεί χρήσιμο εργαλείο στην επίλυση προβλημάτων χωροθέτησης – κατανομής. Στη συγκεκριμένη εργασία αναπτύσσονται διαφορετικά σενάρια χωροθέτησης των κάδων για τα σύμμεικτα απόβλητα του Δήμου Ζωγράφου και αξιολογούνται με πολυκριτηριακή ανάλυση για την επιλογή του βέλτιστου ενώ εξετάζονται και διάφορες περιπτώσεις μεταβολής του αριθμού των κάδων έτσι ώστε να βρεθεί ο καταλληλότερος αριθμός.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ: Αστικά Στερεά Απόβλητα, προσωρινή αποθήκευση, ΓΣΠ, χωροθέτηση – κατανομή.

ABSTRACT

The management of waste was always a complicated problem and in modern times the production of waste has increased and therefore the need for rational management and exploitation has also increased. Basic part of the management process is the temporary storage and the collection of waste while there are also interaction relations between them, as the positions of the bins affects the process of collection. Geographical Information Systems are a useful tool in solving location – allocation problems. In this dissertation different scenarios for sitting of bins for storage of mixed waste in the Municipality of Zografou are described and evaluated using multicriteria analysis and also are evaluated different cases of number of bins in order to find the most suitable solution.

KEY – WORDS: Municipal Solid Waste, temporary storage, GIS, location – allocation.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΑΣΑ: Αστικά Στερεά Απόβλητα

ΧΥΤΑ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

ΧΥΤΥ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων

ΟΜ: Οικιστική Μονάδα

ΓΣΠ: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

GIS: Geographical Information Systems

ΟΤ: Οικοδομικό Τετράγωνο

SHP: Shapefile

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό του Δήμου Ζωγράφου για τα στοιχεία που μου παραχώρησαν σχετικά με τη διαχείριση αποβλήτων και τον υλικοτεχνικό εξοπλισμό. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό της ΕΛ.ΣΤΑΤ. για τα χαρτογραφικά υπόβαθρα και τα στοιχεία για το μόνιμο πληθυσμό του Δήμου και την οικονομική δραστηριότητα που μου παραχώρησαν. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Γ. Ν. Φώτη, και τη κυρία Μ. Πηγάκη για το χρόνο που μου αφιέρωσαν και τη πολύτιμη καθοδήγησή τους καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της εργασίας.

ΑΦΙΕΡΩΜΕΝΗ ΣΤΗ ΜΝΗΜΗ ΤΟΥ ΠΑΤΕΡΑ ΜΟΥ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής οδηγεί στη δημιουργία όλο και περισσότερων αποβλήτων και για το λόγο αυτό η ορθολογική διαχείρισή τους αποκτά όλο και περισσότερο νόημα. Πλέον, σε πολλές χώρες ανά το κόσμο, η αξιοποίηση των απορριμμάτων αποτελεί τόσο υποχρέωση βάση της νομοθεσίας όσο και στόχος κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος διαχείρισης αποβλήτων. Βασικό και αναπόσπαστο τμήμα του συστήματος αποτελεί η προσωρινή αποθήκευση και η αποκομιδή των απορριμμάτων, δηλαδή η συλλογή και μεταφορά τους.

Συνεπώς η χωροθέτηση των μέσων προσωρινής αποθήκευσης θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με σοβαρότητα και να λαμβάνονται υπ' όψιν τόσο η ασφάλεια όσο και η καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση του πληθυσμού. Για τον εντοπισμό των βέλτιστων θέσεων χωροθέτησης υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις, μεταξύ των οποίων η προσέγγιση των κυρίων Καραδήμα και Λούμου, οι οποίοι πρότειναν επαναχωροθέτηση των μέσων προσωρινής αποθήκευσης στο Δήμο Αθηναίων λαμβάνοντας υπ' όψιν την οικονομική δραστηριότητα, τη πληθυσμιακή πυκνότητα αλλά και ιδιαιτερότητες του οδικού δικτύου (π.χ. αδιέξοδα τμήματα).

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι ο προσδιορισμός ενός μεθοδολογικού πλαισίου για τη βέλτιστη χωροθέτηση των μέσων προσωρινής αποθήκευσης για τα σύμμεικτα απόβλητα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη χωροθέτηση των μπλε κάδων για τα ανακυκλώσιμα υλικά συσκευασιών, λαμβάνοντας υπ' όψιν τη καλύτερη εξυπηρέτηση του πληθυσμού και την ασφάλεια τόσο του πληθυσμού όσο και του προσωπικού αποκομιδής. Στο μόνιμο πληθυσμό έχει συμπεριληφθεί και η οικονομική δραστηριότητα ενώ εξετάζεται και το ενδεχόμενο μεταβολής του αριθμού των κάδων. Ως περιοχή μελέτης ορίζεται το αμιγώς οικιστικό τμήμα του Δήμου Ζωγράφου.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται οι ορισμοί, οι κατηγορίες και τα βασικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων, αναλύεται η έννοια της πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων και οι σημαντικότερες τεχνικές διαχείρισης και παρουσιάζονται στοιχεία για τη παραγωγή και τη διαχείριση αποβλήτων στην Ελλάδα συγκριτικά με άλλες χώρες της Ευρώπης. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται οι μέθοδοι και τα μέσα

προσωρινής αποθήκευσης και συλλογής Αστικών Στερεών Αποβλήτων και παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες ανά το κόσμο.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών στη χωροθέτηση εγκαταστάσεων και τα οφέλη που μπορούν να προκύψουν από τη χρήση τους. Επίσης περιγράφονται τα προβλήματα χωροθέτησης – κατανομής και αναλύονται τα μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση αυτών των προβλημάτων. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογική προσέγγιση που εφαρμόστηκε στη συγκεκριμένη εργασία για κάθε στάδιο ξεχωριστά, από τη συλλογή των δεδομένων έως τη τελική επιλογή των βέλτιστων θέσεων και του καταλληλότερου αριθμού των μέσων προσωρινής αποθήκευσης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές χρήσεις γης για τη περιοχή μελέτης και κάποια μορφολογικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, αναλύεται το σύστημα διαχείρισης του Δήμου Ζωγράφου και παρουσιάζονται στοιχεία για τη παραγωγή και διαχείριση των αποβλήτων καθώς και στοιχεία για τον υλικοτεχνικό εξοπλισμό που διαθέτει ο Δήμος, όπως ο αριθμός και οι θέσεις των κάδων και ο αριθμός των απορριμματοφόρων. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα που απαιτούνται για την επίλυση του προβλήματος χωροθέτησης - κατανομής και ο τρόπος με τον οποίο συλλέχθηκαν και αφορούν τις περιοχές αποκλεισμού, τα κέντρα ζήτησης, τα υποψήφια σημεία χωροθέτησης και το δίκτυο που δημιουργήθηκε.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα πιθανά σενάρια χωροθέτησης που διαφέρουν ως προς το εάν εφαρμόζονται κριτήρια αποκλεισμού ή όχι και σε ποιο βαθμό. Η αξιολόγησή τους πραγματοποιείται με πολυκριτηριακή ανάλυση και βέλτιστο αναδεικνύεται το σενάριο με τη μεγαλύτερη τιμή. Τέλος ελέγχονται τα αποτελέσματα από τη μεταβολή του αριθμού των κάδων και επιλέγεται ο καταλληλότερος αριθμός βάση της καλύτερης συσχέτισης οφέλους και κόστους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Υπάρχουν πολλές κατηγορίες αποβλήτων που διαφέρουν ως προς την πηγή προέλευσής τους και τα χαρακτηριστικά τους. Μία πρώτη προσπάθεια κατηγοριοποίησής τους θα μπορούσε να αποτελεί ο διαχωρισμός τους μεταξύ υγρών και στερεών. Ο όρος «Στερεά Απόβλητα» αναφέρεται σε αντικείμενα ή ουσίες σε στερεή φυσική κατάσταση από τα οποία ο κάτοχος τους θέλει ή υποχρεούται να απαλλαγεί. (Λοϊζίδου, 2006, Πανουτσόπουλος, 2015).

Η ταξινόμηση των Στερεών Αποβλήτων γίνεται με βάση τη πηγή προέλευσης ή τη φύση τους. Εάν ληφθεί ως κριτήριο η φύση τους διακρίνονται σε εύφλεκτα, χημικά, ραδιενεργά, εκρηκτικά και βιολογικά. Επίσης, διακρίνονται σε συμβατικά στερεά απόβλητα και σε επικίνδυνα στερεά απόβλητα. Με κριτήριο τη πηγή προέλευσης διακρίνονται σε οικιακά και βιομηχανικά. Μία από τις βασικότερες υποκατηγορίες των οικιακών αποβλήτων αποτελούν τα Αστικά ή Δημοτικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ ή ΔΣΑ), τα οποία αποτελούν και το αντικείμενο της εργασίας αυτής (Πανουτσόπουλος, 2015).

Σύμφωνα με τους Kreith και Tchobanoglou (2010: σελίδες 195,196):

«Ο ορισμός των ΔΣΑ δηλώνει ότι περιλαμβάνουν απόβλητα από οικιακές, εμπορικές, ιδρυματικές και από ορισμένες βιομηχανικές πηγές, ενώ δεν περιλαμβάνουν ένα μεγάλο εύρος από άλλα μη επικίνδυνα απόβλητα, όπως οι βιολογικές ιλείς από μονάδες επεξεργασίας δημοτικών λυμάτων, η τέφρα καύσης, μη επικίνδυνα απόβλητα βιομηχανικών διεργασιών, απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΚΚ) και σκάφη οχημάτων».

Ένας άλλος ίσως πιο απλουστευμένος ορισμός περιγράφει τα ΑΣΑ ως μία κατηγορία στερεών αποβλήτων που περιλαμβάνει όλα τα απόβλητα που παράγονται από νοικοκυριά, δημοτικές υπηρεσίες, ιδρύματα, εμπορικές ή επιχειρηματικές δραστηριότητες και δραστηριότητες κατασκευών και

κατεδαφίσεων, με την οικιακή δραστηριότητα να αποτελεί κύρια πηγή καθώς από αυτήν προκύπτει το 55% - 65% του συνόλου των ΑΣΑ (Ουρσουζίδης, 2017).

Η κυριότερη υποκατηγορία των ΑΣΑ είναι τα μικτά οικιακά απόβλητα, δηλαδή από οικίες και επιχειρήσεις, τα οποία περιλαμβάνουν μέταλλα, βιοαποδομήσιμα οργανικά απόβλητα, υλικά συσκευασίας, χαρτί και χαρτόνι, απόβλητα από τον καθαρισμό συστημάτων κεντρικής θέρμανσης, πλαστικά, γυαλί, ξύλο, υφάσματα κ.α.. Επίσης ένα σημαντικό ποσοστό προκύπτει από τα απόβλητα κήπων και πάρκων, δηλαδή βιοαποδομήσιμα απόβλητα όπως φύλλα, αλλά και μη βιοαποδομήσιμα απόβλητα όπως πέτρες καθώς και από άλλα αστικά απόβλητα που δεν εμπεριέχονται σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες, όπως απόβλητα από δημοτικές αγορές και από το καθαρισμό δρόμων. Τέλος, περιλαμβάνουν απόβλητα που ενώ προέρχονται από δραστηριότητες διαφορετικού χαρακτήρα μοιάζουν με τα οικιακά, όπως ορισμένα νοσοκομειακά ή βιομηχανικά απόβλητα (Λοϊζίδου, 2006, Πανουτσόπουλος, 2015).

Τα Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα (ΒΑΑ) περιλαμβάνουν απόβλητα πάρκων, τροφών μαγειρειών και νοικοκυριών, εστιατορίων, μονάδων εστίασης, καταστημάτων λιανικών πωλήσεων και παρεμφερή απόβλητα εγκαταστάσεων επεξεργασίας τροφίμων. Δεν περιλαμβάνονται σε αυτά απόβλητα όπως δασικά και γεωργικά κατάλοιπα, η κοπριά, η ιλύς επεξεργασίας λυμάτων και άλλα βιοαποδομήσιμα απόβλητα όπως οι φυσικές ίνες, το χαρτί ή το κατεργασμένο ξύλο (Γλυνός κ.α., 2016).

Χρησιμοποιούνται διάφοροι παράμετροι για τον προσδιορισμό της σύστασης των στερεών αποβλήτων και του ρυπαντικού τους φορτίου (π.χ. υγρασία), ανάλογα με το είδος των αποβλήτων (π.χ. οικιακά απόβλητα) που εξετάζονται. Κύριο χαρακτηριστικό των ΑΣΑ είναι η διαφοροποίηση στη ποσότητα και στη σύσταση των υλικών που συμπεριλαμβάνονται σε αυτά (Λυμπεράτος και Τσιλιγιάννης, 2005).

Για την περαιτέρω ανάλυση των απορριμμάτων, πρέπει να πραγματοποιηθεί ποσοτική και ποιοτική ανάλυση. Στην ποσοτική ανάλυση, ιδιαίτερα σημαντική είναι η έννοια της «παραγωγής αποβλήτων», η οποία περιγράφεται κυρίως από τη Μοναδιαία Παραγωγή Αποβλήτων (ΜΠΑ), δηλαδή το βάρος των σκουπιδιών που παράγει ένα άτομο μέσα σε μία ημέρα, και από τον αντίστοιχο Ρυθμό Παραγωγής

Αποβλήτων (ΡΠΑ), δηλαδή το γινόμενο της ΜΠΑ με τον πληθυσμό της εκάστοτε περιοχής (Καραγιαννίδης και Μουσιόπουλος, 2002).

Παρατηρούνται μεγάλες διαφοροποιήσεις ποσοτικών χαρακτηριστικών των ΑΣΑ από περιοχή σε περιοχή, από χρόνο σε χρόνο, κ.τ.λ. Οι ποσότητες των ΑΣΑ εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους, όπως το νοικοκυριό (π.χ. ο αριθμός των μελών που το απαρτίζουν), το γεωγραφικό διαμέρισμα (π.χ. το μέγεθός του) και το είδος των προϊόντων (π.χ. η διάρκεια ζωής τους). Είναι αναμενόμενο να υπάρχει μεγαλύτερη ποσότητα ΑΣΑ τόσο στις πλούσιες χώρες όσο και σε πλούσιες περιοχές εντός της ίδιας χώρας (Ουρσουζίδης, 2017).

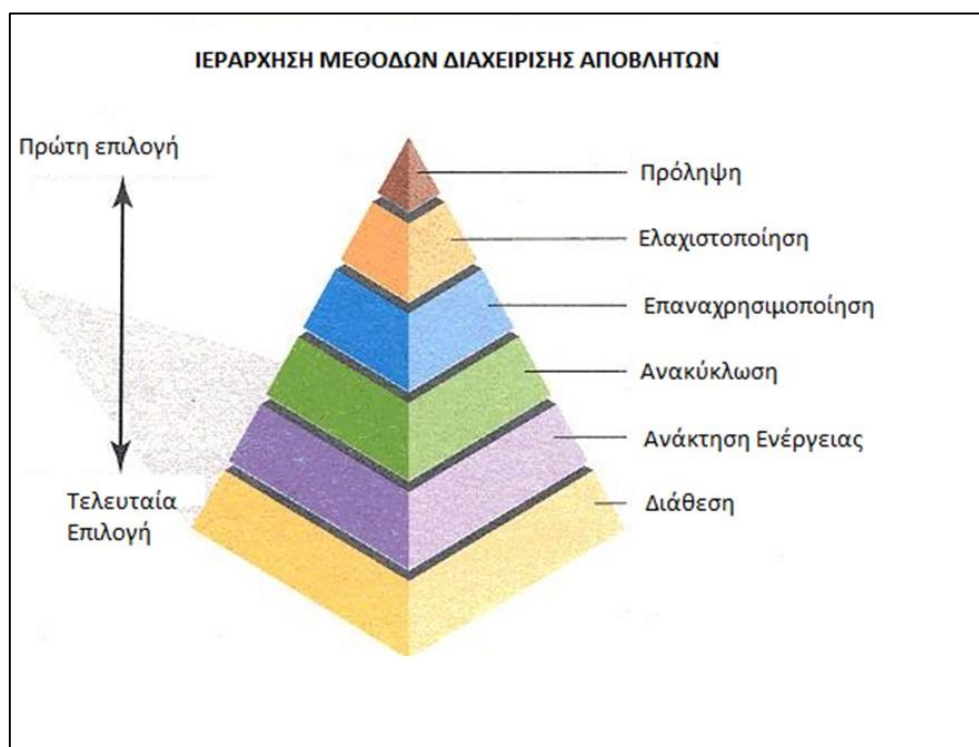
Ως προς τη ποιοτική ανάλυση, τα απόβλητα χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Η πρώτη κατηγορία αποτελείται από τα φυσικά χαρακτηριστικά, όπου εξετάζεται η φυσική σύσταση και το ειδικό βάρος των αποβλήτων. Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται τα χημικά χαρακτηριστικά τα οποία καθορίζονται από τη χημική σύσταση των αποβλήτων και τη θερμογόνο αξία τους ενώ τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά, που αποτελούν τη τρίτη κατηγορία, προσδιορίζονται από το ποσοστό μολυσματικών αποβλήτων στην παραγόμενη ποσότητα. Τέλος, η τέταρτη κατηγορία περιλαμβάνει τα βιολογικά χαρακτηριστικά, αφορά το οργανικό μέρος των ΑΣΑ, και εξετάζεται η δυνατότητα μετασχηματισμού των απορριμμάτων σε αέρια συστατικά και σχετικά αδρανή οργανικά μέσω βιολογικών διεργασιών (Καραγιαννίδης και Μουσιόπουλος, 2002, Ουρσουζίδης, 2017).

Για το προσδιορισμό της φυσικής σύστασης απαιτούνται τα στάδια της δειγματοληψίας, της προεπεξεργασίας δείγματος και της ανάλυσης. Το πιο σημαντικό χημικό χαρακτηριστικό είναι το ποσοστό υγρασίας και προκύπτει μέσω της ξήρανσης των επιμέρους συστατικών του δείγματος και του αθροίσματος των επιμέρους ποσοστών (Καραγιαννίδης και Μουσιόπουλος, 2002).

Επίσης, μεγάλη σημασία έχουν τόσο οι εποχιακές διακυμάνσεις όσο και η τοπική μεταβλητότητα των ΑΣΑ και πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψιν από τους εκάστοτε αρμόδιους φορείς για τη διαχείρισή τους. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα εποχιακών διακυμάνσεων αποτελούν τα απόβλητα κήπων, τα οποία παρουσιάζουν τεράστια αύξηση στο τέλος της άνοιξης και του φθινοπώρου ενώ το χειμώνα κυμαίνονται σε χαμηλά ποσοστά. Η τοπική μεταβλητότητα αποτελεί συχνό

φαινόμενο και οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως το μέγεθος του πληθυσμού και οι εμπορικές δραστηριότητες της περιοχής (Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μία ιεράρχηση των στόχων για τη διαχείριση των αποβλήτων η οποία πρέπει να εφαρμόζεται σε όλα τα κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Νταρακάς, 2014).



Σχήμα 1: Ιεράρχηση μεθόδων διαχείρισης αποβλήτων.

Πηγή: Νταρακάς, 2014, σελ. 14.

Στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 2008/98/ΕΚ και στο Νόμο – πλαίσιο για τη διαχείριση αποβλήτων στην Ελλάδα, υπ' αριθμόν 4042 περιλαμβάνεται η ιεράρχηση των στόχων ως τάξη προτεραιότητας, όπως φαίνεται και στο σχήμα, με πρώτη επιλογή την πρόληψη και τελευταία την διάθεση (Νταρακάς, 2014).

1.2 ΜΕΙΩΣΗ ΣΤΗ ΠΗΓΗ

Η έννοια της «μείωσης στη πηγή» (waste prevention) αποτελεί μέτρο πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων καθώς στοχεύει στην ελάττωση της παραγόμενης ποσότητας και της τοξικότητας των αποβλήτων. Έτσι, λοιπόν, η μέθοδος αυτή διαχωρίζεται από διάφορες άλλες μορφές επεξεργασίας ΑΣΑ όπως η

κομποστοποίηση, επειδή κάνει πιο εύκολη τη διαδικασία διαχείρισης αποβλήτων (Kreith και Tchobanoglous, 2010, Lebersorger et al., 2008).

Γενικά, υπάρχουν συγκεκριμένες κατευθύνσεις για την επίτευξη της μείωσης στην πηγή, όπως ο επανασχεδιασμός προϊόντων έτσι ώστε να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Ο Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (EOAN) περιγράφει 11 απλά βήματα – συνήθειες για τη μείωση των αποβλήτων (Kreith και Tchobanoglous, 2010, EOAN, 2017):

- 1. Επιλέξτε επαναχρησιμοποιούμενες τσάντες για να μεταφέρετε τα ψώνια σας*
- 2. Αποφύγετε την σπατάλη τροφίμων που δημιουργεί οργανικά απόβλητα*
- 3. Αγοράστε χύμα προϊόντα, όταν σας δίνεται η ευκαιρία, ή επιλέξτε συσκευασίες μεγάλου μεγέθους*
- 4. Προτιμήστε οικολογικά, επαναφορτιζόμενα ή αναγομωμένα προϊόντα*
- 5. Πίνετε νερό της βρύσης όταν αυτό είναι πόσιμο*
- 6. Χρησιμοποιήστε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες*
- 7. Περιορίστε όσο γίνεται τη χρήση του εκτυπωτή σας*
- 8. Ξεκινήστε την κομποστοποίηση*
- 9. Προσφέρετε τα παλιά σας ρούχα*
- 10. Δανειστείτε ή ενοικιάστε εργαλεία*
- 11. Επισκευάστε προϊόντα ή συσκευές που έχουν χαλάσει» (EOAN, 2017, σελ. 3).*

Η μέθοδος αυτή έχει ως στόχο το περιορισμό στο ελάχιστο δυνατό του όγκου αλλά και της τοξικότητας των αποβλήτων μέσω της χρήσης επαναχρησιμοποιούμενων προϊόντων και υλικών συσκευασίας, όπως η περίπτωση των επαναχρησιμοποιημένων μπουκαλιών. Συνεπώς, γίνεται σαφές ότι πρόκειται για πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων και όχι για μέθοδο διαχείρισής τους και συνδέεται άμεσα με το στάδιο σχεδιασμού των προϊόντων. Ένα άλλο πολύ ενδιαφέρον στοιχείο

για τη μέθοδο αυτή αποτελεί το γεγονός ότι απευθύνεται στο κάθε πολίτη - καταναλωτή ξεχωριστά, δηλαδή δεν αφορά μόνο εγκαταστάσεις παραγωγής αγαθών ή κρατικούς και άλλους αρμόδιους φορείς, καθώς αρκεί να περιοριστεί ο υπερκαταναλωτισμός, να προτιμώνται ανακυκλώσιμα και επαναχρησιμοποιούμενα προϊόντα ή απλά να χρησιμοποιούνται με πιο εποικοδομητικό τρόπο τα αγαθά (Kreith και Tchobanoglous, 2010, Lebersorger et al., 2008).

Η μείωση στη πηγή, σε τοπικό επίπεδο, μπορεί να προωθηθεί σε μεγάλο βαθμό από τους δήμους καθώς αποτελούν το κρατικό φορέα που έρχεται σε άμεση «επαφή» με τους πολίτες και τις επιχειρήσεις. Με άλλα λόγια, οι δήμοι θα πρέπει να ευαισθητοποιήσουν, να πείσουν αλλά και να δώσουν κίνητρα σε πολίτες και επιχειρηματίες για τη μείωση των αποβλήτων. Ένας πολύ απλός τρόπος προώθησης αυτής της μεθόδου θα μπορούσε να είναι η χρηματοδότηση προγραμμάτων που αυξάνουν τη μείωση στην πηγή ή η οργάνωση και κατάθεση σχεδίων με στόχο τη μείωση του αριθμού των απορριμμάτων. Κατά την ανάπτυξη ενός προγράμματος μείωσης στη πηγή πρέπει να δοθεί μεγάλη σημασία στο στάδιο του σχεδιασμού, καθώς η επιτυχία του προγράμματος θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από τη σύσταση των αποβλήτων και το είδος του οποίου η ποσότητα πρέπει να μειωθεί, τους ποσοτικούς στόχους που έχουν τεθεί και τέλος τον τρόπο με τον οποίο θα ελεγχθούν τα αποτελέσματα (Γεωργακέλλος και Καρβούνης, 2003, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Όσον αφορά τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της μείωσης στη πηγή, υπάρχουν ποικίλα περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά. Σημαντικότερα περιβαλλοντικά οφέλη αποτελούν η μείωση του αριθμού των ΑΣΑ που θα οδηγηθούν σε ΧΥΤΑ ή θα επεξεργαστούν με θερμική διεργασία (κοινώς καύση) καθώς και ο περιορισμός της ρύπανσης και της χρήσης των πόρων. Το οικονομικό όφελος που παρατηρείται από την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου προκύπτει από την εξοικονόμηση ενέργειας και πόρων, καθώς ο αριθμός των απορριμμάτων που θα πρέπει να συλλεχθεί, να μεταφερθεί και είτε να επεξεργαστεί είτε να τοποθετηθεί απευθείας σε ΧΥΤΑ θα είναι αισθητά μικρότερος. Δεν είναι υπερβολή να σημειωθεί ότι η μείωση στη πηγή, εάν εφαρμοστεί σε ικανοποιητικό βαθμό, μπορεί να λύσει σε μεγάλο βαθμό το «πρόβλημα» που ονομάζεται διαχείριση αποβλήτων (Kreith και Tchobanoglous, 2010, Lebersorger et al., 2008).

1.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Για την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αποβλήτων είναι απαραίτητη η συνύπαρξη κατάλληλων τεχνολογιών, τεχνικών και διαχειριστικών προγραμμάτων προκειμένου να επιτευχθούν οι εκάστοτε ποσοτικοί στόχοι που σχετίζονται με τη διαχείριση απορριμμάτων. Η μείωση στη πηγή έχει ιδιαίτερη σημασία κατά την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αποβλήτων και εντάσσεται στο κομμάτι της πρόληψης. Όσον αφορά τη διαχείριση των απορριμμάτων, υπάρχουν τέσσερις βασικές τεχνικές διαχείρισης αποβλήτων: Η ανακύκλωση, η κομποστοποίηση, η υγειονομική ταφή και τέλος η αποτέφρωση (Kreith και Tchobanoglous, 2010).

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Μέσω της ανακύκλωσης ξεχωρίζουν τα απόβλητα που οδηγούνται προς την τελική διάθεση (π.χ. σε χώρους υγειονομικής ταφής) από αυτά που μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν επιστρέφοντας τις πρώτες ύλες στην αγορά. Η μέθοδος αυτή έγινε ευρέως γνωστή και χρησιμοποιείται ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια στο μεγαλύτερο ποσοστό των ΑΣΑ (Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Σύμφωνα με τους Kreith και Tchobanoglous (2010: σελίδες 348, 349):

«Υπάρχουν τρεις κύριες μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ανακτηθούν ανακυκλώσιμα υλικά από τα ΔΣΑ:

- A) Συλλογή των ανακυκλώσιμων υλικών που προέρχονται από διαλογή στην πηγή, από τον παραγωγό ή από τον συλλογέα, με ή χωρίς περαιτέρω επεξεργασία*
- B) Συλλογή των σύμμεικτων ανακυκλώσιμων με επεξεργασία σε κεντρικά Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ)*
- Γ) Συλλογή ανάμικτων ΔΣΑ με επεξεργασία για την ανάκτηση των ανακυκλώσιμων υλικών από το ρεύμα των αποβλήτων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας ανάμικτων αποβλήτων ή σε εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας».*

Ως διαλογή στην πηγή (Α) ορίζεται ο διαχωρισμός των ανακυκλώσιμων υλικών σε επιμέρους συστατικά, από τον παραγωγό ή από τον συλλογέα στο

πεζοδρόμιο. Τα επιμέρους υλικά αυτά μπορούν να συλλεχθούν ξεχωριστά (από οχήματα με ένα θάλαμο) ή ταυτόχρονα από ειδικά σχεδιασμένα οχήματα με πολλούς θαλάμους (Γεωργακέλλος και Καρβούνης, 2003, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Σε ότι αφορά τη συλλογή σύμμεικτων ανακυκλώσιμων υλικών (B), το μόνο πράγμα που χρειάζεται να κάνει ο παραγωγός είναι ο διαχωρισμός των ανακυκλώσιμων υλικών από τα μη ανακυκλώσιμα. Στη συνέχεια, τα υλικά που έχουν κριθεί ως ανακυκλώσιμα (γυαλί, μεταλλικά κουτιά, πλαστικά μπουκάλια) μεταφέρονται σε ένα ΚΔΑΥ, όπου θα πραγματοποιηθεί διαχωρισμός στα επιμέρους συστατικά τους. Οι μορφές επεξεργασίας στα ΚΔΑΥ μπορεί να έχουν διαφορές σε εγκαταστάσεις με χαμηλή μηχανοποίηση και σε εγκαταστάσεις με υψηλή μηχανοποίηση (Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Κατά τη διαδικασία συλλογής των ανάμεικτων ΑΣΑ (Γ), δεν διαχωρίζονται τα ανακυκλώσιμα από τα υπόλοιπα υλικά, απλά τοποθετούνται στο πεζοδρόμιο όπως ακριβώς γίνεται και με τη διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής ή την αποτέφρωση. Στη συνέχεια, τα απορρίμματα αυτά συλλέγονται από κάποιο απορριμματοφόρο και μεταφέρονται σε μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας με υψηλό βαθμό μηχανοποίησης. Σκοπός της όλης διαδικασίας είναι η ανάκτηση των ανακυκλώσιμων υλικών. Η συγκεκριμένη διαδικασία της επεξεργασίας των ανάμεικτων ανακυκλώσιμων αποβλήτων ονομάζεται και επεξεργασία ή προεπεξεργασία των ΑΣΑ για παραγωγή απορριμματογενούς καυσίμου (refuse derived fuel, RDF) (Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Ένα πρόγραμμα ανακύκλωσης μπορεί να υλοποιηθεί με διάφορους τρόπους και να είναι εθελοντικό ή υποχρεωτικό. Τα υλικά που θα ανακυκλωθούν μπορεί να είναι μεταξύ άλλων εφημερίδες, χαρτόνια, γυάλινα μπουκάλια και μεταλλικά κουτιά. Η συλλογή και ο διαχωρισμός των ανακυκλώσιμων υλικών μπορεί να πραγματοποιηθεί με ποικίλους τρόπους, όπως να συλλεχθούν από το πεζοδρόμιο σε ένα φορτηγό ανακύκλωσης με πολλούς θαλάμους και να διαχωριστούν από τον ιδιοκτήτη του σπιτιού. (Γεωργακέλλος και Καρβούνης, 2003, Kreith και Tchobanoglous, 2010, Nitivattananon and Suttibak, 2008).

Γενικά, όσο πιο εύκολο είναι ένα πρόγραμμα ανακύκλωσης, τόσο μεγαλύτερη είναι η συμμετοχή των πολιτών. Συγκεκριμένα, ένα σύστημα επεξεργασίας μεικτών αποβλήτων είναι ευκολότερο να έχει 100% αποτελεσματικότητα, ως προς τη

συμμετοχή των πολιτών, σε σχέση με κάποιο άλλο, διότι οι κάτοικοι δεν χρειάζεται να διαχωρίσουν τα ανακυκλώσιμα υλικά. Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν τη συμμετοχή των κατοίκων στα διάφορα προγράμματα ανακύκλωσης, όπως η εκπαίδευση του κοινού ή διάφορα δημογραφικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής, όπως το εισόδημα και η μόρφωση. Το ζητούμενο είναι να αποτελέσει μέρος της καθημερινότητας των κατοίκων, έτσι ώστε να αλλάξουν οι συνήθειές τους (Kreith και Tchobanoglous, 2010, Nitivattananon and Suttibak, 2008).

Ένας άλλος τρόπος προώθησης της ανακύκλωσης είναι η αρχή της μοναδιαίας κοστολόγησης (pay as you throw), σύμφωνα με την οποία οι κάτοικοι πληρώνουν ανάλογα με τα σκουπίδια που παράγουν. Έτσι, είναι σχεδόν σίγουρο το γεγονός ότι θα αυξηθούν κατά πολύ τα ποσοστά ανακύκλωσης προκειμένου οι πολίτες να πληρώσουν όσο το δυνατόν λιγότερα χρήματα (Kreith και Tchobanoglous, 2010, Nitivattananon and Suttibak, 2008).

Η ανακύκλωση έχει πολλά οφέλη, οικονομικά και περιβαλλοντικά, καθώς δεν απαιτούνται νέες ύλες για την κατασκευή αγαθών, μειώνοντας έτσι τις δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη διαδικασία εξόρυξης πρώτων υλών. Σημαντικό όφελος της ανακύκλωσης είναι επίσης η μείωση στον όγκο των αποβλήτων που οδηγούνται σε εδαφική διάθεση, καθώς επίσης και η αλλαγή προς το καλύτερο της αποτελεσματικότητας και της ποιότητας στη στάχτη των κλιβάνων αποτέφρωσης και στα κτίσματα κομποστοποίησης, ξεχωρίζοντας τα μη εύφλεκτα υλικά (π.χ. μέταλλα και γυαλί) (Kreith και Tchobanoglous, 2010).

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Ο ορισμός για την κομποστοποίηση που δίνουν οι Kreith και Tchobanoglous (2010: σελίδα 632) είναι ο εξής:

«Κομποστοποίηση είναι η βιολογική αποσύνθεση, του βιοαποικοδομήσιμου οργανικού μέρους των ΔΣΑ, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, σε κατάσταση επαρκώς σταθερή, για την χωρίς οχλήσεις αποθήκευση και μεταχείριση και για την ασφαλή χρήση στις εφαρμογές εδάφους. Οι καθοριστικοί (δηλαδή ιδιαίτεροι) όροι στον ορισμό είναι «βιολογική αποσύνθεση», «κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες» και «επαρκώς σταθερός». Ο όρος «βιολογική αποσύνθεση» περιορίζει την

κομποστοποίηση στην επεξεργασία και τη διάθεση του βιολογικά προερχόμενου οργανικού μέρους των ΔΣΑ. Ο όρος «κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες» διακρίνει την κομποστοποίηση από την απλή αποσύνθεση που πραγματοποιείται σε ανοιχτούς χώρους απόρριψης, χωματερές. Ο όρος «επαρκώς σταθερός» αποτελεί προϋπόθεση για την χωρίς οχλήσεις, αποθήκευση και μεταχείριση και για την ασφαλή χρήση στις εφαρμογές εδάφους».

Με πιο απλά λόγια, η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την αερόβια βιολογική αποσύνθεση του οργανικού μέρους των ΑΣΑ με στόχο την παραγωγή ενός προϊόντος σταθερού και παρόμοιου με το χώμα (compost). Η διαδικασία της κομποστοποίησης αποτελεί στοιχείο μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής διαχείρισης αστικών αποβλήτων και μπορεί να εφαρμοστεί στα χωριστά συλλεχθέντα φύλλα, στα υπολείμματα τροφών, στα μεικτά ΑΣΑ και τέλος στα απορρίμματα κήπων και πάρκων. Η κομποστοποίηση διαχωρίζει τους εύκολα διασπώμενους ζωικούς και φυτικούς ιστούς ενώ οι οργανισμοί που «δημιουργούν» τη διαδικασία αυτή μπορούν να ταξινομηθούν σε έξι ομάδες: Βακτήρια, μύκητες, μερικές προνύμφες, σκουλήκια, πρωτόζωα και ακτινομύκητες (Γεωργακέλλος και Καρβούνης, 2003, Belguith et. al., 2001, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Μία πρώτη κατηγοριοποίηση της μεθόδου αποτελούσαν οι διαδικασίες της αερόβιας και της αναερόβιας κομποστοποίησης. Ως «αερόβιες» χαρακτηρίζονται οι διαδικασίες που πραγματοποιούνται με την παρουσία οξυγόνου ενώ ως «αναερόβιες» χαρακτηρίζονται οι διαδικασίες που διενεργούνται ελλείψει οξυγόνου. Η αερόβια μέθοδος χρησιμοποιείται συνηθέστερα και έχει δημιουργηθεί μια τάση να θεωρείται η κομποστοποίηση «αερόβια αποσύνθεση», με αποτέλεσμα να ακυρώνεται σαν προσέγγιση η αναερόβια μέθοδος. Κατά συνέπεια, μόνο η αερόβια μέθοδος μπορεί να οριστεί ως «κομποστοποίηση», ενώ η αναερόβια μέθοδος ορίζεται ως «βιολογική επεξεργασία» με στόχο την ανάκτηση ενέργειας μέσω παραγωγής βιοαερίου (Delgenes et al., 2014, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Η μέθοδος της κομποστοποίησης μπορεί να ταξινομηθεί από την άποψη της τεχνολογίας (απόθεση σε σειράδια έναντι απόθεσης σε δεξαμενές) και από την άποψη των συνθηκών καλλιέργειας (μεσόφιλη έναντι θερμόφιλης). Η κομποστοποίηση αποτελεί οικολογική διαδοχή για τους μικροβιακούς πληθυσμούς που είναι, σχεδόν

αμετάβλητοι, μέσα στα απόβλητα. Αρχή αυτής της διαδοχής είναι η κατανόηση των συνθηκών κομποστοποίησης. Έτσι, αρχίζουν να πολλαπλασιάζονται αμέσως τα «εσωτερικά» μικρόβια, τα οποία είναι ικανά για την αξιοποίηση των θρεπτικών ουσιών και βρίσκονται στα ακατέργαστα απόβλητα (Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Μέσω της κομποστοποίησης, επιτυγχάνεται η αποφυγή δημιουργίας μεθανίου από την αποσύνθεση του οργανικού κλάσματος στους χώρους υγειονομικής ταφής καθώς και η δέσμευση του άνθρακα μέσω της αποθήκευσης οργανικού υλικού στο έδαφος. Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί επίσης το γεγονός ότι το παραγόμενο προϊόν (κομπόστ) μπορεί να αντικαταστήσει τα λιπάσματα, καθώς αποτελεί βελτιωτικό, για το έδαφος, υλικό. Σαν αποτέλεσμα, μπορεί να ελαττωθεί η διάβρωση, να βελτιωθεί η γονιμότητα του εδάφους και τέλος να μειωθεί η ανάγκη για λίπανση και άρδευση. Η ποσότητα των εκπεμπόμενων ρύπων είναι επίσης αμελητέα. Τέλος, για τη χρήση της αναερόβιας χώνευσης ισχύει ότι και για την κομποστοποίηση, με μόνη διαφορά την ενέργεια που παράγεται, μέσω της αξιοποίησης του βιοαερίου, η οποία μπορεί να αντικαταστήσει τη χρήση ορυκτών καυσίμων (Νικολάου, 2011, Νταρακάς, 2014).

ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ

Μία μέθοδο τελικής διαχείρισης – εδαφικής διάθεσης απορριμμάτων αποτελούν οι χώροι απόθεσης στερεών αποβλήτων, η χωροθέτηση των οποίων προκαλεί αντιδράσεις καθώς δεν αποτελούν επιθυμητή μέθοδο, κυρίως για το πληθυσμό της περιοχής στην οποία επρόκειτο να χωροθετηθούν, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητοι. Σε κάθε συνδυασμό τεχνικών διαχείρισης ΑΣΑ απαιτείται η χρήση χώρων απόθεσης αποβλήτων για τη σωστή λειτουργία του εκάστοτε συστήματος διαχείρισης. Κύριος στόχος στις σύγχρονες εγκαταστάσεις των χώρων αυτών είναι η προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας μέσω σωστού σχεδιασμού και συχνών ελέγχων. Η διαχείριση τέτοιων χώρων περιλαμβάνει τον προγραμματισμό, τον σχεδιασμό, τη λειτουργία, τον περιβαλλοντικό έλεγχο, το κλείσιμο και τέλος τη μεταφροντίδα τους (Γεωργακέλλος και Καρβούνης, 2003, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Σε αυτό το σημείο βέβαια, πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι οι σύγχρονοι χώροι απόθεσης διαφέρουν πολύ από τις παλαιότερες χωματερές, καθώς δεν δέχονται

επικίνδυνα απόβλητα ούτε μεγάλες ποσότητες υγρών, ενώ ταυτόχρονα διαθέτουν πολλά συστήματα ελέγχου, όπως συλλογής διασταλαζόντων, ελέγχου των αερίων και ελέγχου των υπόγειων υδάτων. Επιπλέον, είναι καλύτερα χωροθετημένοι έτσι ώστε να αξιοποιούν τις φυσικές γεωλογικές συνθήκες κι έχουν τη δυνατότητα να εξελιχθούν σε πηγή, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με την ανάκτηση του μεθανίου. Εφόσον ολοκληρωθεί η λειτουργία τους, οι χώροι αυτοί δύναται να λειτουργούν ως χώροι αναψυχής, πάρκα, γήπεδα γκολφ, κ.α.. Υπάρχουν χώροι ταφής οι οποίοι κατασκευάζονται για να εκπληρώσουν εξειδικευμένους στόχους. Με άλλα λόγια, οι χώροι αυτοί χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την απόθεση ειδικών αποβλήτων, όπως η τέφρας καύσης, και ονομάζονται «χώροι υγειονομικής ταφής συγκεκριμένων υλικών» (Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Οι Kreith και Tchobanoglous (2010: σελίδα 1000) δίνουν τους παρακάτω ορισμούς:

«Ο όρος «απόθεση σε χώρο ταφής» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διαδικασία με την οποία τα στερεά απόβλητα και τα υπολείμματα αποτίθενται σε ένα χώρο απόθεσης αποβλήτων. Ο όρος «χώρος υγειονομικής ταφής αποβλήτων» (ΧΥΤΑ) αναφέρεται στις μηχανοποιημένες εγκαταστάσεις για τη διάθεση των ΔΣΑ, που έχουν σχεδιαστεί και λειτουργούν για να ελαχιστοποιήσουν τις συνέπειες στη δημόσια υγεία και στο περιβάλλον».

Κύριες μέθοδοι ΧΥΤΑ αποτελούν οι μέθοδοι εκσκαπτόμενων κυττάρων / τάφρων, οι μέθοδοι επιφάνειας και τέλος οι μέθοδοι μισγάγγειας. Ο όρος «κύτταρο» ή «τάφος» περιγράφει τον όγκο του υλικού, το οποίο τοποθετείται σε κάποιον χώρο απόθεσης κατά τη διάρκεια μιας περιόδου λειτουργίας. Τα απόβλητα που εναποτίθενται σε χώρους ταφείς υφίστανται διάφορες χημικές, φυσικές και βιολογικές μετατροπές. Το βιοαέριο που ανακτάται από ένα χώρο απόθεσης αποβλήτων μπορεί να αξιοποιηθεί με δύο τρόπους: Πρώτον, να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και δεύτερον, να αναφλεχθεί υπό ελεγχόμενες συνθήκες με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος από την έκλυση βλαβερών ουσιών. Όσον αφορά τη διαχείριση των διασταλαζόντων, που είναι πολύ σημαντική για την προστασία των υπόγειων υδάτων, υπάρχουν διάφορες μέθοδοι επεξεργασίας που εφαρμόζονται, όπως η ανακύκλωση, η επεξεργασία σε υδροβιότοπους και η εξάτμιση

(Christensen and Manfredi, 2009, Kreith και Tchobanoglous, 2010, Tchobanoglous et al., 1993).

Για την ορθολογική λειτουργία ενός ΧΥΤΑ απαιτείται ο περιορισμός, στο μέγιστο δυνατό βαθμό, των εκπομπών κατά τη διάρκεια λειτουργίας αλλά και μετά το τέλος αυτής, η βέλτιστη εκμετάλλευση του χώρου και τέλος η καταγραφή περιστατικών και η τήρηση πρακτικών. Η διάθεση των αποβλήτων πρέπει να είναι ελεγχόμενη, δηλαδή να πραγματοποιείται βάση σχεδίου, στο οποίο θα καθορίζεται ο τρόπος κατασκευής, το πάχος των στρωμάτων καθώς και η επικάλυψη. Επίσης, ο επόπτης της εγκατάστασης πρέπει να ελέγχει καθημερινά εάν τηρούνται οι κανόνες εργασίας (Κομνίτσας και Σκορδίλης, 2004).

Τα χαρακτηριστικά κατασκευής και η καθίζηση των χώρων ταφής θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπ' όψιν κατά το στάδιο του σχεδιασμού τους. Η καθίζηση οφείλεται στην αποσύνθεση του οργανικού μέρους των αστικών αποβλήτων, στην εισροή των υδάτων και στην αύξηση του βάρους καθώς προστίθενται οι διάφορες στρώσεις. Επιπλέον, όταν ένας ΧΥΤΑ δέχεται μεγαλύτερο αριθμό αποβλήτων από αυτόν που θα έπρεπε, ενδέχεται να υπάρξουν προβλήματα θεμελίωσης και ευστάθειας των πρανών. Οι σεισμικές δονήσεις αποτελούν, επίσης, παράγοντα που μπορεί να επηρεάσει την ευστάθεια των πρανών. Για το λόγο αυτό, η σεισμική προστασία αποτελεί σημαντικό στόχο κατά τη σχεδίαση των χώρων απόθεσης ΑΣΑ (Bray and Rathje, 1998, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Η επιλογή ενός κατάλληλου χώρου για την εγκατάσταση ΧΥΤΑ αποτελεί ένα πολύ σοβαρό ζήτημα με αρκετές δυσκολίες. Οι αρμόδιοι φορείς καλούνται να αντιμετωπίσουν προβλήματα που οφείλονται στην έλλειψη χώρου, στην ανεξέλεγκτη απόρριψη των αποβλήτων και στην έλλειψη σωστού σχεδιασμού. Η εξέλιξη των ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων οδηγεί σε αύξηση των απορριμμάτων που ανακτώνται ή επεξεργάζονται και συνεπώς στην αντικατάσταση των ΧΥΤΑ από Χώρους Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ), στους οποίους καταλήγουν τα υπολείμματα των απορριμμάτων που έχουν επεξεργαστεί. Η αντικατάσταση αυτή έχει διάφορα περιβαλλοντικά οφέλη, όπως η μείωση της ποσότητας του βιοαερίου, η μείωση του αριθμού των καθιζήσεων και η μείωση των εκπομπών των αερίων. Ένας ΧΥΤΥ είναι πιο «φιλικός» στο περιβάλλον και έχει

αρκετά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με έναν ΧΥΤΑ (Natesan et al., 2008, Powrie et al., 2012, Μιχαηλίδου, 2009, Σκορδίλης, 1993).

ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η αποτέφρωση (ή καύση), τεχνική διαχείρισης που ανακτά ενέργεια από απορρίμματα, συμβάλλει ιδιαίτερα στη μείωση του όγκου των αποβλήτων και στην ανάκτηση της χρήσιμης ενέργειας με τη μορφή του ατμού ή του ηλεκτρισμού. Ως εκ τούτου, αποτελεί αδιαμφισβήτητα σημαντική παράμετρο στη στρατηγική για την ολοκληρωμένη διαχείριση των ΑΣΑ παρότι υπάρχουν πολλές διαφωνίες σχετικά με το αν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ή όχι. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί στο οργανικό μέρος των ΑΣΑ ενώ το αν θα είναι κερδοφόρα ή όχι καθορίζεται από την οικονομική κατάσταση της ενέργειας στην εκάστοτε περιοχή. Μέσω της τεχνικής αυτής, ο όγκος των αποβλήτων που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ μπορεί να μειωθεί σε τεράστιο βαθμό ενώ η τέφρα καύσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό κατασκευής, όπως στην περίπτωση προϊόντων από τσιμέντο (Γεωργακέλλος και Καρβούνης, 2003, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Η ικανότητα αποτέφρωσης αποβλήτων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως τη θερμογόνο δύναμη, τη περιεκτικότητα σε θείο και ανόργανα άλατα και τα ποσοστά υγρασίας. Οι Kreith και Tchobanoglous (2010: σελίδα 742) υποστηρίζουν ότι: *«Η αποτέφρωση είναι μια διεργασία θερμικής καταστροφής στην οποία το απόβλητο υποβιβάζεται σε μία μη σηπτική μορφή με την εφαρμογή και τη διατήρηση μιας πηγής θέρμανσης»*. Κατά τη διαδικασία της καύσης πραγματοποιούνται οι διεργασίες της ξήρανσης, της απαερίωσης και της εξαέρωσης (Kreith και Tchobanoglous, 2010, Σκορδίλης, 1997).

Τα σημαντικότερα προβλήματα που προκύπτουν σχετικά με τις εγκαταστάσεις καύσης αφορούν τον υψηλό βαθμό τεχνικής που απαιτείται, το υψηλό κόστος και τέλος την ανησυχία των πολιτών. Η ανησυχία αυτή εστιάζεται στην τοξικότητα της τέφρας και στις εκπομπές από τους καπνοδόχους των αποτεφρωτήρων. Ωστόσο, οι ειδικοί διαβεβαιώνουν ότι μια σύγχρονη μονάδα καύσης με τους απαιτούμενους ελέγχους και τη χρήση της κατάλληλης τεχνολογία δεν απειλεί το περιβάλλον αλλά ούτε και την ανθρώπινη υγεία (Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Για τον έλεγχο των παραγόμενων ρύπων έχουν αναπτυχθεί συστήματα ελέγχου εκπομπών ενώ αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι υπάρχει διαφορετικός μηχανισμός και τεχνικές ελέγχου για κάθε είδος ρύπου. Μεταξύ των σημαντικότερων ρύπων βρίσκεται η σωματιδιακή ύλη, τα όξινα αέρια, το μονοξειδίο του άνθρακα και τα οξείδια του αζώτου. Οι εγκαταστάσεις αποτέφρωσης οφείλουν να συμμορφώνονται πλήρως με τις προδιαγραφές που αφορούν τις εκπομπές από καμινάδες, το σχεδιασμό αλλά και τη λειτουργία των συστημάτων καύσης. Επίσης, απαιτείται συνεχή παρακολούθηση των εκπομπών της καμινάδας και έλεγχοι της τέφρας, με στόχο τη μέτρηση της τοξικότητάς της και τη διαχείρισή της με τον πιο κατάλληλο τρόπο (Γεωργακέλλος και Καρβούνης, 2003, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Η πιο απλή μέθοδος διάθεσης των υπολειμμάτων είναι η εναπόθεσή τους σε ΧΥΤΑ μαζί με τα αστικά απόβλητα (χρησιμοποιούνται ως ημερήσιο ή τελικό στρώμα καλύπτοντας τα ΑΣΑ). Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα εναπόθεσης σε ειδικά σχεδιασμένο χώρο για απόβλητα αυτής της μορφής. Συνήθως προτιμάται η εναπόθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής τέφρας, διότι δεν χρησιμοποιείται επιπλέον χώρος (Kreith και Tchobanoglous, 2010, Ruth, 1998).

Από τη χρήση της τεχνικής αυτής προκύπτει ανάκτηση ενέργειας μέσω της οποίας μπορεί να μειωθεί η χρήση ορυκτών καυσίμων καθώς και η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα. Οι αρνητικές συνέπειες για το περιβάλλον σχετίζονται με τις εκπομπές διαφόρων αέριων ρύπων οι οποίοι συμβάλουν στην παγκόσμια θέρμανση και τις εκπομπές διαφόρων τοξικών ουσιών (όπως διοξίνες) καθώς και καρκινογόνων ουσιών (όπως πολυαρωματικές ενώσεις). Όσον αφορά τον οικονομικό τομέα, το κόστος κατασκευής και λειτουργίας μιας μονάδας καύσης είναι ιδιαίτερα υψηλό ενώ απαιτείται άρτια εκπαιδευμένο προσωπικό για τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας της. Παρόλα αυτά, παρατηρούνται κάποια οικονομικά οφέλη όπως η εξοικονόμηση ενέργειας και η χρήση της τέφρας σαν υλικό κατασκευής, μειώνοντας έτσι τις δαπάνες για κατασκευαστικά υλικά (Giusti, 2009, Νικολάου, 2011, Νταρακάς, 2014).

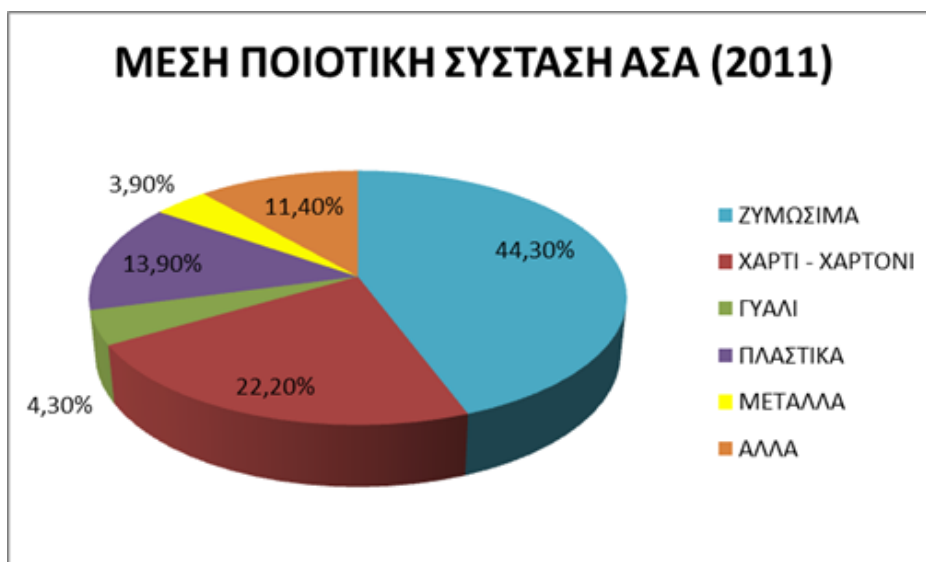
1.4 ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΣΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Όσον αφορά τη παραγωγή αποβλήτων στη χώρα μας, οι παραγόμενες ποσότητες Αστικών Αποβλήτων την τελευταία δεκαετία παρουσιάζουν αρκετά μεγάλη διακύμανση και συγκεκριμένα παρουσιάζεται μία μικρή μείωση μεταξύ 2008 (458 κιλά/κάτοικο) και 2009 (464 κιλά/κάτοικο) με απότομη αύξηση το 2010, όπου και παρατηρείται η υψηλότερη τιμή της δεκαετίας, η οποία ανήλθε σε 532 κιλά/κάτοικο. Έπειτα, οι ποσότητες μειώνονται ελαφρώς μέχρι το 2014, όπου σημειώνεται μικρή αύξηση (488 κιλά/κάτοικο), όπως και το 2016 (498 κιλά/κάτοικο). Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται οι παραγόμενες ποσότητες Αστικών Αποβλήτων για την Ελλάδα στο χρονικό διάστημα 2008 – 2016 σε κιλά ανά κάτοικο και η μέση ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ στην Ελλάδα για το 2011.



Σχήμα 2: Παραγωγή Αστικών Αποβλήτων για την Ελλάδα στο χρονικό διάστημα 2008 – 2016 σε κιλά ανά κάτοικο.

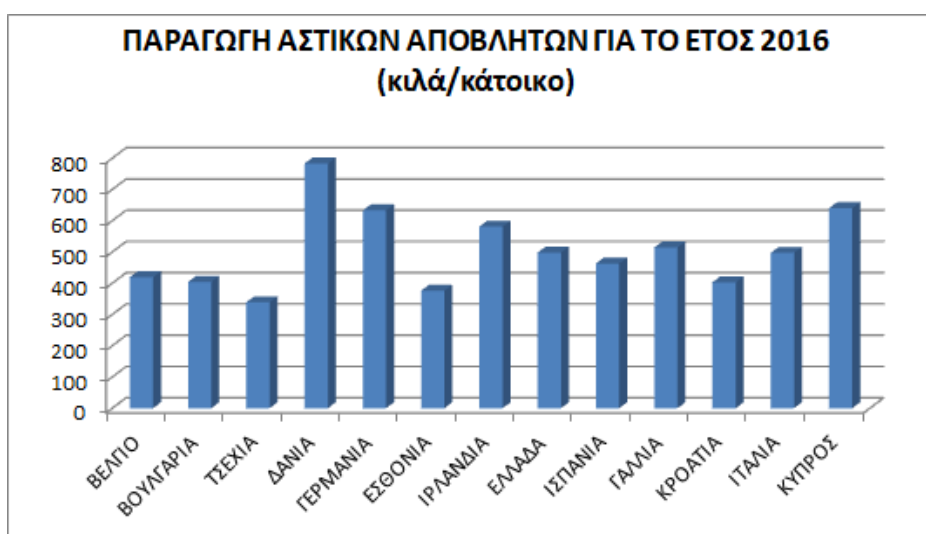
Πηγή: Eurostat.



Σχήμα 3: Μέση ποιοτική σύσταση ΑΣΑ στην Ελλάδα για το 2011.

Πηγή: Μπέσης, 2016.

Η διαμόρφωση των παραχθέντων ποσοτήτων που απεικονίζονται στο παραπάνω σχήμα, με εξαίρεση την απότομη αύξηση το 2010, μπορεί να θεωρηθεί εν μέρη αποτέλεσμα της οικονομικής κρίσης που πλήττει τη χώρα. Όσον αφορά τη ποιοτική σύσταση, τα οργανικά απόβλητα «κυριαρχούν» καθώς αποτελούν το 44,3% της συνολικής παραγωγής ΑΣΑ ενώ τα μέταλλα και το γυαλί εμφανίζουν τα χαμηλότερα ποσοστά (3,9% και 4,3% αντίστοιχα). Το σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζει τις παραγόμενες ποσότητες Αστικών Αποβλήτων για διάφορα κράτη της ΕΕ το 2016 σε κιλά ανά κάτοικο.



Σχήμα 4: Παραγωγή Αστικών Αποβλήτων για διάφορα κράτη της ΕΕ το 2016 σε κιλά ανά κάτοικο.

Πηγή: Eurostat.

Τη μικρότερη παραγωγή αποβλήτων παρουσιάζουν η Τσεχία (339 κιλά/κάτοικο) και η Εσθονία (336 κιλά/κάτοικο) ενώ τη μεγαλύτερη η Δανία (783 κιλά/κάτοικο), η Γερμανία (633 κιλά/κάτοικο) και η Κύπρος (640 κιλά/κάτοικο). Στην Ελλάδα η παραγόμενη ποσότητα Αστικών Αποβλήτων «άγγιξε» τα 498 κιλά ανά κάτοικο, μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αρκετών χωρών, μεταξύ των οποίων η Βουλγαρία, η Κροατία και η Ιταλία. Επιπλέον, ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι οι παραγόμενες ποσότητες της χώρας μας βρίσκονται σε «απόσταση αναπνοής» από τη γειτονική Γαλλία, χώρα με αρκετά μεγαλύτερο πληθυσμό. Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται οι ποσότητες των Αστικών Αποβλήτων που οδηγήθηκαν σε ΧΥΤΑ στην Ελλάδα στο χρονικό διάστημα 2008 – 2016 σε κιλά ανά κάτοικο.

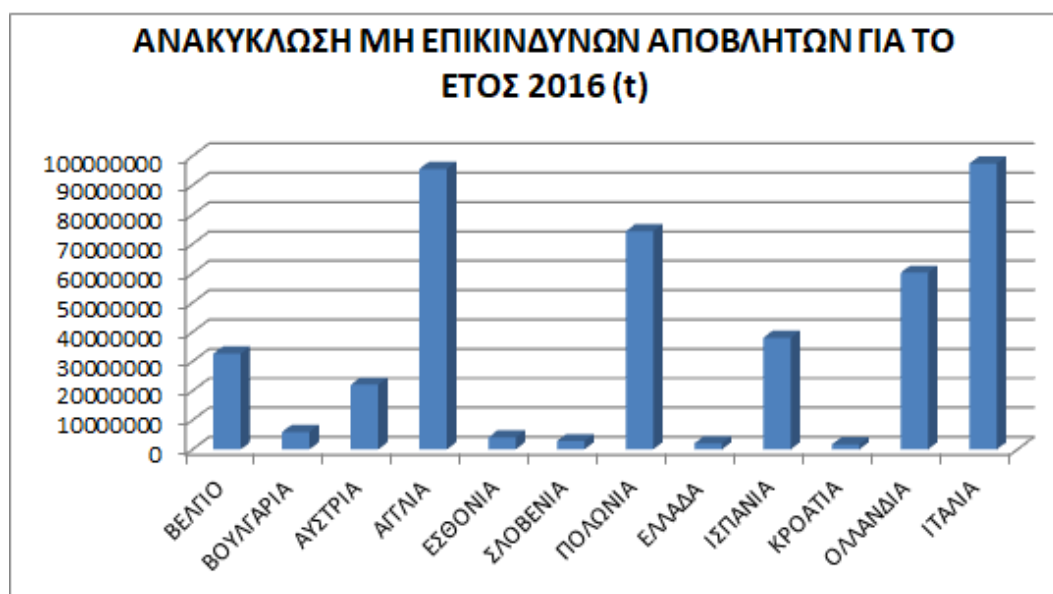


Σχήμα 5: Ποσότητες Αστικών Αποβλήτων που οδηγήθηκαν σε ΧΥΤΑ για διάφορα κράτη της ΕΕ το 2016 σε κιλά ανά κάτοικο.

Πηγή: Eurostat.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του παραπάνω διαγράμματος, η Κύπρος και η Ελλάδα είναι οι πρωταθλήτριες χώρες στην εδαφική διάθεση αποβλήτων, 481 και 410 κιλά ανά κάτοικο αντίστοιχα, ενώ αντίθετα το Βέλγιο, η Γερμανία και η Δανία διαχειρίζονται με διαφορετική μέθοδο το μεγαλύτερο αριθμό των αποβλήτων τους, καθώς οι τιμές εδαφικής διάθεσης είναι πολύ μικρές. Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινιστεί ότι οι τιμές των τριών αυτών κρατών μοιάζουν μηδενικές στο σχήμα αλλά στη πραγματικότητα είναι ιδιαίτερα χαμηλές (3 για το Βέλγιο, 6 για τη Γερμανία και 8 για τη Δανία κιλά ανά κάτοικο).

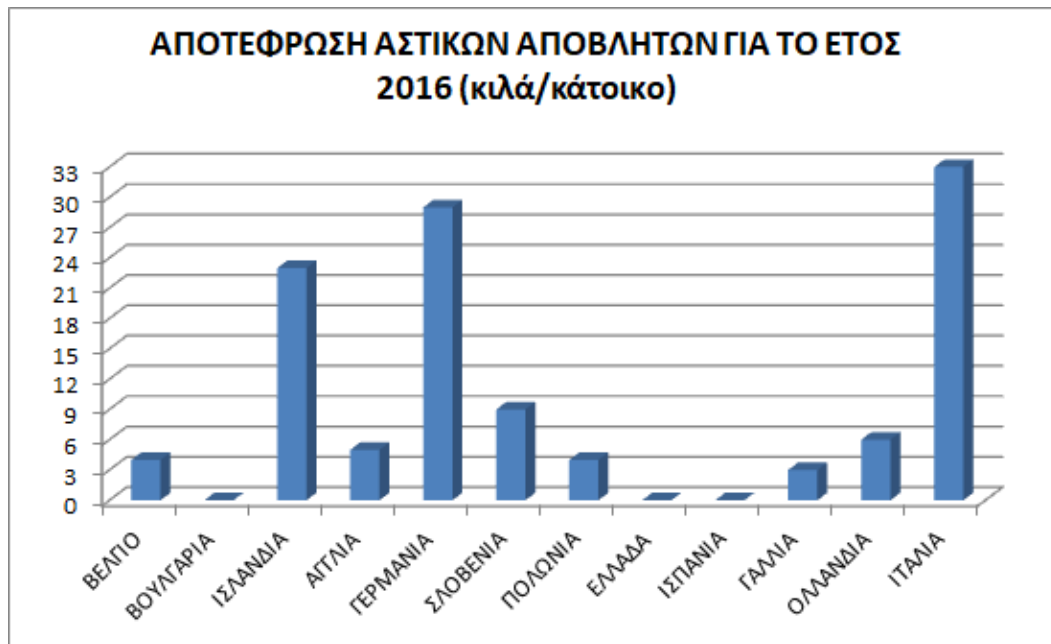
Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται οι ποσότητες των μη επικίνδυνων αποβλήτων που ανακυκλώθηκαν για διάφορες χώρες της Ευρώπης για το έτος 2016 σε τόνους. Εύκολα διαπιστώνει κανείς ότι η Αγγλία, η Ιταλία και η Πολωνία σημειώνουν τα μεγαλύτερα ποσοστά ανακύκλωσης ενώ αντίθετα η Ελλάδα για ακόμη μία φορά, βρίσκεται στις τελευταίες θέσεις μαζί με την Κροατία και τη Σλοβενία. Παρότι οι τιμές για την Ελλάδα και την Κροατία μοιάζουν μηδενικές διευκρινίζεται ότι δεν είναι.



Σχήμα 6: Ανακύκλωση μη επικίνδυνων αποβλήτων για διάφορες χώρες της Ευρώπης για το έτος 2016 σε τόνους.

Πηγή: Eurostat.

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τις ποσότητες των Αστικών Αποβλήτων που αποτεφρώθηκαν για διάφορες χώρες της ΕΕ για το έτος 2016 σε κιλά/κάτοικο. Οι χώρες που χρησιμοποιούν περισσότερο τη μέθοδο αυτή είναι η Ιταλία, η Γερμανία και η Ισλανδία. Η Ελλάδα, η Βουλγαρία και η Ισπανία δεν εφαρμόζουν την αποτέφρωση ως τεχνική διαχείρισης αποβλήτων, με εξαίρεση για τη χώρα μας τη μονάδα διαχείρισης των Επικίνδυνων Ιατρικών Αποβλήτων που, όπως δηλώνει και η ονομασία της, αφορά αποκλειστικά και μόνο τα επικίνδυνα απόβλητα.



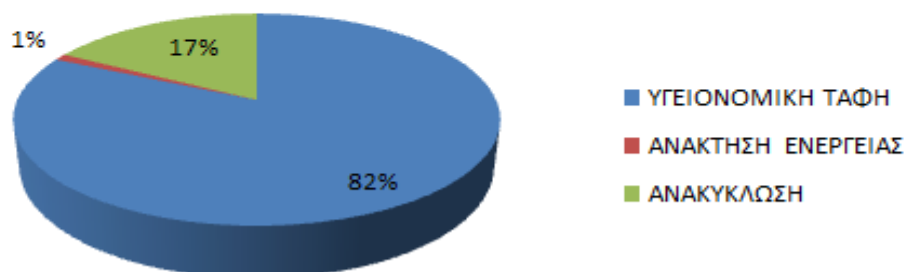
Σχήμα 7: Αποτέφρωση Αστικών Αποβλήτων για διάφορες χώρες της ΕΕ για το έτος 2016 σε κιλά/κάτοικο.

Πηγή: Eurostat.

Το μεγάλο ζήτημα της διαχείρισης αποβλήτων δεν αντιμετωπίστηκε ποτέ με τη σοβαρότητα που του αρμόζει στη χώρα μας, καθώς επί χρόνια χρησιμοποιούνταν Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων (ΧΑΔΑ) ή αλλιώς χωματερές για την εδαφική διάθεση αποβλήτων. Ως ΧΑΔΑ ορίζονται οι χώροι που δεν πληρούν τους κανόνες προστασίας του περιβάλλοντος, με κίνδυνο την εκπομπή αέριων ρύπων ή τη μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα. Τη τελευταία δεκαετία, λόγω πίεσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω επιβολής προστίμων έχει σταματήσει πλέον η χρήση τους χωρίς όμως να έχουν αποκατασταθεί όλοι μέχρι σήμερα. Ενδεικτικά αναφέρεται ο ΧΑΔΑ Καλάμου στη Βορειοανατολική Αττική και ο ΧΑΔΑ Αγκιστρίου στο ομώνυμο νησί (Lasaridi, 2009, ΕΔΣΝΑ, 2019, Σουφλήρης, 2010).

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά ανά τεχνική διαχείρισης των Αστικών Αποβλήτων στην Ελλάδα για το έτος 2016. Η κατηγορία που αναφέρεται ως «ανάκτηση ενέργειας» και αντιστοιχεί στο 1% επί της συνολικής ποσότητας περιλαμβάνει οποιαδήποτε μέθοδο έχει ως αποτέλεσμα την ανάκτηση ενέργειας, όπως τη παραγωγή βιοαιθανόλης από το οργανικό μέρος των ΑΣΑ ή την αξιοποίηση του βιοαερίου που παράγεται στους ΧΥΤΑ.

ΠΟΣΟΣΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2016



Σχήμα 8: Ποσοστά ανά τεχνική διαχείρισης των Αστικών Αποβλήτων στην Ελλάδα για το έτος 2016.

Πηγή: Eurostat.

Με βάση τα παραπάνω σχήματα γίνεται σαφές το γεγονός ότι στην Ελλάδα θα πρέπει να γίνουν «άλματα» έτσι ώστε να προσεγγίσουμε τον ορθολογικό τρόπο διαχείρισης πιο ανεπτυγμένων ευρωπαϊκών κρατών, όπως η Γερμανία ή το Βέλγιο. Η κύρια μέθοδος που εφαρμόζεται είναι η υγειονομική ταφή σε συνδυασμό με μικρά ποσοστά ανακύκλωσης, ενώ η αποτέφρωση δεν εφαρμόζεται παρά μόνο σε επικίνδυνα απόβλητα. Ως προς τη παραγωγή αποβλήτων, ο όρος «υπερκαταναλωτισμός» περιγράφει πλήρως τις αγοραστικές μας συνήθειες καθώς παρά την οικονομική κρίση οι συνολικές ποσότητες Αστικών Αποβλήτων δεν έχουν μειωθεί τη τελευταία δεκαετία ενώ ταυτόχρονα «πλησιάζουν επικίνδυνα» τις αντίστοιχες της γειτονικής Γαλλίας με αρκετά μεγαλύτερο πληθυσμό. Στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά στα μέσα προσωρινής αποθήκευσης και στις μεθόδους συλλογής των ΑΣΑ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

2.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΑΣΑ

Η έννοια της «διαχείρισης αποβλήτων» περιλαμβάνει την προσωρινή αποθήκευση, τη συλλογή, τη μεταφορά και την τελική τους διάθεση. Συνεπώς, η διαδικασία της συλλογής και μεταφοράς των απορριμμάτων αποτελεί βασικό και αναπόσπαστο τμήμα ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αποβλήτων. Ο όρος «προσωρινή αποθήκευση» αναφέρεται στο χώρο εναπόθεσης των αποβλήτων εωσότου πραγματοποιηθεί το στάδιο της συλλογής τους. Ως «συλλογή» ορίζεται η συγκέντρωση - διαχωρισμός των απορριμμάτων σύμφωνα με τις ιδιότητές τους (φυσικές και χημικές) ενώ μεταφορά είναι το σύνολο των εργασιών μετακίνησής τους από το χώρο συλλογής στο χώρο της τελικής τους διάθεσης ή αξιοποίησης (Κομνίτσας και Σκορδίλης, 2004, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Η αποκομιδή απορριμμάτων επηρεάζεται ποιοτικά και ποσοτικά από τη παραγωγή απορριμμάτων, τη προσωρινή αποθήκευση, τη συλλογή, τη μεταφορά και τέλος τη μεταφόρτωσή τους προς επεξεργασία ή τελική διάθεση. Ο όρος «αποκομιδή» περιλαμβάνει τόσο τη συλλογή των ΑΣΑ και τη μεταφορά τους στο χώρο τελικής διάθεσης ή επεξεργασίας όσο και τη διαδικασία εκκένωσης των οχημάτων συλλογής (Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Αναμφίβολα, ο σχεδιασμός ενός συστήματος αποκομιδής αποβλήτων είναι δύσκολη και σύνθετη διεργασία. Εάν αναλογιστεί κανείς το γεγονός ότι από τις συνολικές δαπάνες διαχείρισης αποβλήτων το 50% - 70% αφορά τη συλλογή και μεταφορά των αποβλήτων γίνεται σαφές ότι θα πρέπει να σχεδιάζεται με γνώμονα την εξυπηρέτηση των πολιτών οι οποίοι και πληρώνουν τα χρηματικά ποσά για την υλοποίηση του σχεδιασμού (Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Οι αρμόδιοι φορείς για το σχεδιασμό ενός συστήματος συλλογής και μεταφοράς απορριμμάτων θα πρέπει να λάβουν υπ όψιν τους τις επιπτώσεις της διαχείρισης, τους οικονομικούς πόρους, το νομοθετικό πλαίσιο, την υλικοτεχνική

υποδομή, καθώς και τη γνώμη των δημοτών. Επιπλέον, θα πρέπει να συνεκτιμηθούν οι ανάγκες σε ανθρώπινο δυναμικό, η υπάρχουσα κατάσταση συλλογής και μεταφοράς, οι εμπλεκόμενοι φορείς και τέλος ο μελλοντικός σχεδιασμός (Αδηλενίδου κ.α., 2006).

Τυχόν προβλήματα τα οποία ενδέχεται να προκύψουν εντάσσονται σε τρεις κατηγορίες και αφορούν τόσο τις αρμόδιες αρχές όσο και τον εκάστοτε πληθυσμό. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει προβλήματα από ελλιπή σχεδιασμό του συστήματος, αφορά τη δημοτική αρχή, όπως ο ανελλιπής αριθμός ή η λανθασμένη τοποθέτηση των κάδων και οι καθυστερήσεις στο πρόγραμμα συγκομιδής. Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται προβλήματα που σχετίζονται με πολιτιστικούς παράγοντες που επηρεάζουν ή διαμορφώνουν τη στάση των πολιτών, όπως η συμμετοχή στην ανακύκλωση και ο σεβασμός στο προσωπικό καθαριότητας (Αδηλενίδου κ.α., 2006, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Στη τρίτη και τελευταία κατηγορία περιλαμβάνονται προβλήματα που σχετίζονται με την έλλειψη κινήτρων και αφορούν τόσο τους πολίτες όσο και τους αρμόδιους φορείς, όπως ο τρόπος που υπολογίζονται τα τέλη καθαριότητας και η απουσία διαφάνειας ως προς τη χρέωση Υπηρεσιών Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΥΔΑ). Για την αποτελεσματική εφαρμογή ενός συστήματος αποκομιδής αποβλήτων πρέπει να υπάρχει οργάνωση και συντονισμός, οικονομικοί πόροι, διαφάνεια, επιστημονική προσέγγιση, κοινωνική αποδοχή και συνεχής έλεγχος του συστήματος και αναπροσαρμογή του εφόσον χρειαστεί (Αδηλενίδου κ.α., 2006).

Η προσωρινή αποθήκευση των ΑΣΑ μπορεί να πραγματοποιηθεί σε σταθερούς ή κυλιόμενους κάδους, πλαστικούς ή μεταλλικούς. Οι κυλιόμενοι κάδοι έχουν χωρητικότητα από 120 έως 1100 λίτρα και προτιμώνται λόγω της μεγάλης χωρητικότητας και της ευκολίας μεταφοράς τους. Οι σταθεροί κάδοι έχουν χωρητικότητα από 120 έως 500 λίτρα και χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που δεν επαρκεί ο χώρος για τοποθέτηση μεγαλύτερης χωρητικότητας κυλιόμενου κάδου (π.χ. πεζόδρομος). Ο καθαρισμός τους πρέπει να πραγματοποιείται μια φορά την εβδομάδα για λόγους υγιεινής (Σιακανδάρη, 2015).

Ο σχεδιασμός τους έχει πραγματοποιηθεί με σκοπό να αποφεύγεται η έκλυση διασταλλαγμάτων λόγω των ζυμώσεων που πραγματοποιούνται στα οργανικά απορρίμματα και λόγω της εισχώρησης βροχής. Επιπλέον πρέπει να έχουν καπάκι

έτσι ώστε να μην υπάρχουν οσμές. Η διατομή τους είναι ορθογωνική, με σμιλεμένες γωνίες και πυθμένα χωρίς ραφές ή άλλες συγκολλήσεις για να αποφεύγεται η συσσώρευση απορριμμάτων. Η επιλογή του είδους και του μεγέθους των κάδων πρέπει να πραγματοποιείται με βάση τις ανάγκες της εκάστοτε περιοχής (Σιακανδάρη, 2015).

Τα τελευταία χρόνια λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας έχουν δημιουργηθεί νέοι τύποι κάδων και νέες μέθοδοι με στόχο τη βελτίωση του συστήματος συλλογής και μεταφοράς των απορριμμάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι υπόγειοι κάδοι μεγάλης χωρητικότητας που διαθέτουν πλατφόρμα ανύψωσης. Τα βασικότερα πλεονεκτήματα από τη χρήση αυτών των κάδων είναι ο μικρός όγκος του επιφανειακού κάδου με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χώρου, η αποφυγή εκπομπής δυσάρεστων οσμών και η προσέλκυση τρωκτικών και αδέσποτων ζώων (Σιακανδάρη, 2015).

Επιπλέον συμπιέζουν τα απορρίμματα με αποτέλεσμα να καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο και διαθέτουν καπάκι που ανοίγει αυτόματα με αισθητήρα κίνησης και συνεπώς αποφεύγεται η σωματική επαφή. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης των διατιθέμενων κάδων στις πλατφόρμες έτσι ώστε να εξοικονομηθούν χρήματα καθώς δεν απαιτείται η αγορά νέων κάδων (Σιακανδάρη, 2015).

Υπάρχουν ακόμη κάδοι νέας γενιάς με αισθητήρες πλήρωσης οι οποίοι μεταδίδουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και συνεπώς δίνεται η δυνατότητα καταγραφής και παρακολούθησης της στάθμης για κάθε κάδο, η μελέτη της τάσης και των εποχιακών διακυμάνσεων των απορριμμάτων και τέλος ο αποτελεσματικότερος σχεδιασμός των δρομολογίων. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης των «έξυπνων» αισθητήρων μέτρησης της πλήρωσης στους διατιθέμενους κάδους έτσι ώστε να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα των δρομολογίων των απορριμματοφόρων με ταυτόχρονη μείωση του κόστους (Σιακανδάρη, 2015).

Παρότι οι μέθοδοι για τη μεταφορά και την εκκένωση των αποβλήτων είναι παρόμοιες, η συλλογή τους διαφέρει ανάλογα με τις εγκαταστάσεις, τις δραστηριότητες και το σημείο παραγωγής τους και ανάλογα με τον τρόπο που πραγματοποιείται η προσωρινή τους αποθήκευση στο σημείο συλλογής (π.χ. κάδος, πεζοδρόμιο κ.α.), ανεξάρτητα με το εάν πρόκειται για σύμμεικτα ή διαχωρισμένα

απορρίμματα. Μία μέθοδος συλλογής που «κερδίζει» έδαφος τα τελευταία χρόνια είναι η συλλογή «πόρτα - πόρτα» ανά νοικοκυριό όπου τοποθετείται ένας κάδος για σύμμεικτα ή τόσοι όσα και τα ρεύματα χωριστής συλλογής αποβλήτων (σύμμεικτα, οργανικά, χαρτί, κ.α.). Η αποκομιδή πραγματοποιείται από απορριμματοφόρα οχήματα των Δήμων ή από ιδιωτικές επιχειρήσεις, που αγοράζουν τα υλικά (Γιαννούλη, 2016).

Μία άλλη μέθοδο αποτελεί η δημιουργία ενός κεντρικού δικτύου συλλογής κάδων μεγάλης χωρητικότητας, σε επιλεγμένες θέσεις έτσι ώστε να καλύπτονται οι πολίτες στο σύνολό τους και με το καλύτερο δυνατό τρόπο. Επίσης, σε ορισμένες περιοχές του πλανήτη εφαρμόζεται η μέθοδος της συλλογή από το πεζοδρόμιο, κατά την οποία οι παραγωγοί των απορριμμάτων εναποθέτουν τα απορρίμματά τους στο πεζοδρόμιο την προκαθορισμένη ώρα της αποκομιδής. Η αποκομιδή πραγματοποιείται είτε από τους τοπικούς φορείς είτε από ιδιωτική εταιρεία μέσω του συστήματος «πόρτα-πόρτα» (Γιαννούλη, 2016).

Επιπλέον υπάρχει και η δυνατότητα οι ίδιοι οι παραγωγοί των αποβλήτων να αναλαμβάνουν τη μεταφορά τους στους χώρους τελικής απόθεσης – επεξεργασίας ή σε Σταθμούς Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ). Τέλος υπάρχει και η μέθοδος της αναθετούμενης υπηρεσίας, κατά την οποία η αποκομιδή πραγματοποιείται από ιδιωτική επιχείρηση, με την άδεια των τοπικών αρχών, και πληρώνεται από τους παραγωγούς ή αλλιώς από τα νοικοκυριά (Γιαννούλη, 2016).

Κατά τη χωροθέτηση των κάδων τεράστια σημασία έχει φυσικά η καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση των κατοίκων και η διευκόλυνση του έργου των εργαζομένων στην υπηρεσία καθαριότητας. Σε γενικές γραμμές, η πλειοψηφία των δημοτών επιθυμεί την ύπαρξη κάδων κοντά στις κατοικίες τους αλλά αντιδρούν εάν τοποθετηθούν ακριβώς μπροστά από αυτές. Οι συνηθέστεροι λόγοι αντίδρασης του εκάστοτε τοπικού πληθυσμού σχετίζονται με δυσάρεστες οσμές, με την ανάπτυξη μικροβίων και την εμφάνιση τρωκτικών, την κακή αισθητική και τέλος με το ξεχείλισμα των κάδων. Επίσης θα πρέπει να διερευνηθεί η εποχιακή διακύμανση της παραγωγής αποβλήτων έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί επιλογή των κάδων με τη κατάλληλη χωρητικότητα. Σε αυτό το σημείο επισημαίνεται το γεγονός ότι ο αριθμός των κάδων εξαρτάται από τη χωρητικότητα που απαιτείται αλλά ταυτόχρονα η

χωρητικότητα του κάθε κάδου μεμονωμένα εξαρτάται από το συνολικό αριθμό των κάδων (Αδηλενίδου κ.α., 2006).

Η τοποθέτηση ενός κάδου προς ικανοποίηση των αναγκών συγκεκριμένης Οικιστικής Μονάδας (ΟΜ) ενδέχεται να οδηγήσει σε αντιδράσεις κατοίκων από άλλες γειτονικές ΟΜ. Ο όρος «Οικιστική Μονάδα» αναφέρεται σε οποιοδήποτε τύπο κατοικίας με μία κοινή είσοδο. Για τη χωροθέτηση κάδων σε μία περιοχή πρέπει να λαμβάνονται υπ όψιν διάφοροι παράγοντες, μεταξύ των οποίων η βέλτιστη εξυπηρέτηση των κατοίκων, η ύπαρξη αντιδράσεων, η προσβασιμότητα (τόσο από τη πλευρά των δημοτών όσο και των απορριμματοφόρων), η χωρητικότητα των κάδων και τέλος η δίκαιη και ισότιμη κατανομή για την καλύτερη εξυπηρέτηση όλων των κατοίκων αδιακρίτως (Αδηλενίδου κ.α., 2006, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι οι θέσεις των κάδων καθώς και ο τύπος που έχει επιλεγεί (π.χ. κινούμενος, μεταλλικός, χωρητικότητας 1100 λίτρων κ.α.) επηρεάζουν τόσο τη διαδικασία συλλογής τους όσο και το σχεδιασμό των δρομολογίων των απορριμματοφόρων. Ένα παράδειγμα για το τρόπο με τον οποίο επηρεάζεται ο σχεδιασμός των δρομολογίων από τη χωροθέτηση των κάδων αποτελούν τα αδιέξοδα τμήματα του οδικού δικτύου, όπου ένα τόσο ογκώδες όχημα θα πρέπει να επιστρέψει από το αδιέξοδο τμήμα με την όπισθεν. Η συλλογή των απορριμμάτων διακρίνεται ανάλογα με το τρόπο εκκένωσης σε χειρονακτική, μηχανική, ημιαυτόματη και αυτόματη. Η ημιαυτόματη και η αυτόματη εξαρτώνται άμεσα από το είδος και τη θέση των κάδων, όπως αναλύεται στη συνέχεια, σε αντίθεση με τη χειρονακτική και τη μηχανική (Αδηλενίδου κ.α., 2006).

Η χειρονακτική συλλογή πραγματοποιείται από τους εργάτες, χωρίς τη συμμετοχή του οδηγού, και η φόρτωση πραγματοποιείται στο πίσω μέρος. Με τη μέθοδο της μηχανικής συλλογής οι κάδοι εκκενώνονται στο μπροστινό ή πλάγιο τμήμα του οχήματος μέσω υδραυλικού μηχανισμού. Η ημιαυτόματη συλλογή πραγματοποιείται από τον οδηγό, ο οποίος συλλέγει τους κάδους από συγκεκριμένες θέσεις χρησιμοποιώντας μηχανισμό πλάγιας φόρτωσης. Για να πραγματοποιηθεί επιτυχώς η εκκένωση θα πρέπει οι κάδοι να είναι ειδικά τοποθετημένοι δίπλα στο πεζοδρόμιο και συνεπώς εξαρτάται από τη συνεργασία των κατοίκων. Για την αυτόματη συλλογή χρησιμοποιούνται απορριμματοφόρα εμπρόσθιας φόρτωσης και πραγματοποιείται αποκλειστικά από τον οδηγό. Η αυτόματη και η ημιαυτόματη

συλλογή προϋποθέτουν τη σωστή τοποθέτηση των κάδων από τους δημότες (Αδηλενίδου κ.α., 2006).

2.2 ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα η τοποθέτηση των κάδων γίνεται τυχαία κατά κύριο λόγο, με απλά – λογικά κριτήρια να εφαρμόζονται σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. εμπορική δραστηριότητα). Έχει δημιουργηθεί κεντρικό δίκτυο συλλογής κάδων με χωρητικότητα από 120 έως 1100 λίτρα και χρησιμοποιούνται δυο κάδοι, ένας για τα σύμμεικτα και ένας για τα ανακυκλώσιμα απόβλητα. Η έλλειψη πολυκριτήριας ανάλυσης για την τοποθέτηση των κάδων έχει δημιουργήσει ποικίλα προβλήματα, όπως την υπερσυσσώρευση κάδων σε ορισμένες περιοχές και την απουσία ικανοποιητικού αριθμού σε άλλες. Το γεγονός αυτό, πέραν από τη δυσαρέσκεια ορισμένων κατοίκων, δημιουργεί κινδύνους για τη δημόσια υγεία λόγω της ανεπαρκούς χωρητικότητας, καθώς συσσωρεύονται απορρίμματα έξω από τους κάδους, σε πεζοδρόμια ή στην άκρη των δρόμων (Γιαννούλη, 2016).

Στη περίπτωση των κάδων συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών, οι Δήμοι εφαρμόζαν την απλή μέθοδο της διαίρεσης του συνολικού πληθυσμού με τον αριθμό 72 για να υπολογίσουν τη συνολική ποσότητα των κάδων που χρειάζονταν. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στις εταιρείες εναλλακτικής διαχείρισης αποβλήτων, οι οποίες προτείνουν την τοποθέτηση ενός κάδου χωρητικότητας 1100lt ανά 72 κατοίκους. Η συλλογή των απορριμμάτων πραγματοποιείται με τη χειρονακτική μέθοδο (Γιαννούλη, 2016).

Επιπλέον, δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου παρατηρείται διαμάχη μεταξύ των κατοίκων για τη σωστή θέση των κάδων, καθώς όλοι θέλουν κάδους σε κοντινή απόσταση αλλά κανείς δεν τους θέλει ακριβώς μπροστά από την οικία του. Στη διαμάχη αυτή έχουν συμμετάσχει και καταστηματάρχες οι οποίοι δεν επιθυμούν την ύπαρξη κάδων ακριβώς μπροστά από τα καταστήματά τους. Επί χρόνια οι κάδοι άλλαζαν θέσεις έως ότου να βρεθεί το σημείο όπου δεν θα υπάρξουν αντιδράσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα κακής χωροθέτησης αποτελεί η περίπτωση του Δήμου Αρχαίας Ολυμπίας, όπου σύμφωνα με στοιχεία του Ιουνίου 2018, παρατηρείται έλλειψη κάδων, με τους αρμόδιους φορείς να κάνουν λόγο για απουσία

ανταποδοτικών τελών. Η έλλειψη αυτή οδήγησε σε διαμάχη μεταξύ των κατοίκων ενώ κλήθηκε και η αστυνομία (Γιαννούλη, 2016, Pii.news, 2018).

Ωστόσο, ενθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι υπάρχουν Δήμοι που καινοτομούν και συγκεκριμένα η Διαδημοτική Επιχείρηση Στερεών Αποβλήτων Χανίων (ΔΕΣΑΕ), στα πλαίσια του κοινοτικού προγράμματος LIFE-EWAS με τίτλο: «Αποδοτικές και Βιώσιμες μέθοδοι διαχείρισης απορριμμάτων με την χρήση εργαλείων Τεχνολογίας Πληροφοριών και Επικοινωνίας», τοποθέτησε πιλοτικά αισθητήρες πλήρωσης στους μπλε κάδους δύο περιοχών, στο δρομολόγιο του Ακρωτηρίου Χανίων και στο δρομολόγιο Πλατανιάς – Κίσσαμος, καθώς και σε όλους τους κίτρινους κάδων ανακύκλωσης για γυαλί. Το πρόγραμμα αυτό θέτει ως στόχο τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και τη δημιουργία ενός βιώσιμου μοντέλου διαχείρισης απορριμμάτων (parallaxi, 2017, Παππά, 2018, Συμεωνίδου, 2018).

Η εγκατάσταση των αισθητήρων αυτών δύναται να πραγματοποιηθεί σε διάφορους τύπους κάδων και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε απομακρυσμένες περιοχές χωρίς σταθερό ρυθμό πλήρωσης. Η λειτουργία των αισθητήρων αποσκοπεί στην ενημέρωση της υπηρεσίας καθαριότητας του Δήμου για τη στάθμη πλήρωσης των κάδων έτσι ώστε να οργανώνονται αποδοτικότερα τα δρομολόγια των απορριματοφόρων. Το πρόγραμμα βρίσκεται υπό αξιολόγηση, με στόχο να επεκταθεί και σε άλλα σημεία της Περιφερειακής Ενότητας των Χανίων, καθώς όπως έδειξαν τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν η εφαρμογή του συστήματος είχε ως αποτέλεσμα να μειωθούν τα δρομολόγια των απορριματοφόρων σε συγκεκριμένες διαδρομές κατά 20%, το κόστος των δραστηριοτήτων διαχείρισης των αποβλήτων κατά 15-30% και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 10% (parallaxi, 2017, Παππά, 2018, Συμεωνίδου, 2018).

Επιπλέον, στη Λάρισα πραγματοποιήθηκε τοποθέτηση ημιυπόγειου «έξυπνου» κάδου σε πολυσύχναστα κεντρικά σημεία με πρόθεση τη δημιουργία ενός δικτύου με 11 σημεία αυτοματοποιημένων ρομποτικών κάδων στο κέντρο της πόλης. Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του συγκεκριμένου τύπου κάδων είναι πολλά, με βασικότερα το αυτόματο άνοιγμα της θύρας για την αποφυγή επαφής, την αποτροπή επαφής των ζώων με τα απορρίμματα, τη συμπίεση των απορριμμάτων και την αύξηση της χωρητικότητας, την αυτόματη πλύση του θαλάμου μέσω σύνδεσης σε δίκτυο νερού ή εσωτερικής δεξαμενής και την ενημέρωση των αρμόδιων αρχών -

φορέων μέσω μηνυμάτων για τη κατάσταση και τη λειτουργία των κάδων. Οι ίδιοι κάδοι αναμένεται να τοποθετηθούν και σε άλλες περιοχές της χώρας, όπως τη Κομοτηνή και τη Κέρκυρα, με τις Δημοτικές Αρχές να σχεδιάζουν τη δημιουργία ενός δικτύου 38 και 40 «έξυπνων» κάδων αντίστοιχα (parallaxi, 2017, Παππά, 2018, Συμεωνίδου, 2018).

Επίσης, ο Δήμος Αθηναίων από τον Ιούλιο του 2016 έχει εγκαταστήσει 17 βυθιζόμενους κάδους για τα σύμμεικτα απόβλητα και τα απορρίμματα χαρτιού. Τα οφέλη από τη χρήση τους σχετίζονται με τη μεγαλύτερη χωρητικότητα έναντι των συμβατικών κάδων και με ζητήματα που έχουν αναλυθεί προηγουμένως. Οι κάδοι αυτοί συμπιέζουν τα απορρίμματα μειώνοντας τον όγκο τους και το χώρο που καταλαμβάνουν ενώ διαθέτουν και μετρητή πλήρωσης που στέλνει σήμα στις αρμόδιες αρχές έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η εκκένωσή του (ιστοσελίδα Δήμου Αθηναίων, 2016).

Τέλος, στο Δήμο Κηφισιάς πραγματοποιείται από το 2012 χωριστή διαλογή των οργανικών αποβλήτων με στόχο τη κομποστοποίησή τους. Διανεμήθηκαν μικροί κάδοι κουζίνας, μεγάλοι κάδοι για πολυκατοικίες, βιοδιασπώμενες σακούλες και ενημερωτικό υλικό. Η αποκομιδή πραγματοποιείται δυο φορές την εβδομάδα (Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης¹, 2019).

2.3 ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ ΑΣΑ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΧΩΡΕΣ

Σε διάφορες περιοχές της Ρώμης στην Ιταλία η συλλογή των αποβλήτων πραγματοποιείται με τη μέθοδο πόρτα – πόρτα και πραγματοποιείται χωριστή συλλογή των οργανικών αποβλήτων, των απορριμμάτων χαρτιού και χαρτονιού, των γυάλινων, των πλαστικών και των μεταλλικών συσκευασιών. Με την έναρξη του προγράμματος μοιράστηκαν κάδοι, βιοδιασπώμενες τσάντες και οδηγός με όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τη συμμετοχή στο πρόγραμμα. Στις τουριστικές περιοχές δημιουργήθηκαν σημεία συλλογής με τους απαιτούμενους κάδους ενώ οι τουρίστες ενημερώνονται μέσω φυλλαδίων (Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης², 2019).

Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε αποτελεσματικά, καθώς παρουσιάστηκε μείωση της συνολικής ποσότητας αποβλήτων που οδηγείται σε ΧΥΤΑ ενώ ταυτόχρονα αυξήθηκαν τα ποσοστά ανακύκλωσης λόγω του καλύτερου διαχωρισμού που πραγματοποιείται. Στις περιοχές που εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος το ποσοστό διαχωρισμού «αγγίζει» το 65% έναντι 23% με τη συλλογή από κεντρικό δίκτυο. Η επιτυχία αυτή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη καμπάνια ενημέρωσης που πραγματοποιήθηκε πριν την έναρξη του προγράμματος αλλά και στη συνεχή ενημέρωση και παρότρυνση για τη σπουδαιότητα και τα οφέλη αυτής της μεθόδου. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε, το 88,6% των ερωτηθέντων απάντησαν πως δεν επιθυμούν να επιστρέψουν στο προηγούμενο σύστημα συλλογής (Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης, 2019).

Υπάρχουν και περιοχές στις οποίες εφαρμόζεται συνδυαστικά και η χρέωση με βάση τη ποσότητα των αποβλήτων (pay as you throw ή ο ρυπαίνων πληρώνει) όπου πραγματοποιείται ζύγιση του κάδου κατά την αποκομιδή και η πληρωμή γίνεται με προπληρωμένες κάρτες (Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης, 2019).

Στην επαρχία της Πάφου στη Κύπρο εφαρμόζεται επίσης πρόγραμμα χωριστής συλλογής των υλικών συσκευασιών με τη μέθοδο πόρτα – πόρτα και περιλαμβάνει το χαρτί – χαρτόνι, το πλαστικό, το γυαλί και το αλουμίνιο με στόχο την ανακύκλωσή τους. Το πρόγραμμα αυτό ξεκίνησε το 2009 και παρατηρήθηκε μείωση των ποσοτήτων που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ συγκριτικά με τα προηγούμενα χρόνια, γεγονός που οφείλεται εν μέρει στον αποτελεσματικότερο διαχωρισμό των ανακυκλώσιμων υλικών (ΣΔΔΑ, 2015).

Η χωριστή συλλογή των απορριμμάτων με τη μέθοδο πόρτα – πόρτα εφαρμόζεται σε διάφορες χώρες της Ευρώπης, μεταξύ άλλων στη Γαλλία, το Βέλγιο και τη Βρετανία. Επίσης η χρέωση με βάση τις ποσότητες των αποβλήτων και όχι με τα τετραγωνικά των κατοικιών κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος και εφαρμόζεται σε διάφορες χώρες, όπως η Δανία και το Βέλγιο (Νικηφόρου, 2017).

Εφόσον αναλύθηκαν τα μέσα προσωρινής αποθήκευσης και οι μέθοδοι συλλογής των αποβλήτων, θα πρέπει να

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Ο αναπληρωτής καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών κ. Βασίλης Παππάς στο βιβλίο με τίτλο *«Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Σχεδιασμός του Χώρου»* δίνει τους εξής ορισμούς (2011, σελ. 23 – 24):

*«Οι διαδικασίες εκείνες οι οποίες αφορούν τη διαχείριση – με τη γενικότερη έννοια του όρου – της πληροφορίας σε ένα οργανωμένο και σαφώς καθορισμένο σύστημα ονομάζονται Πληροφοριακό Σύστημα (ΠΣ). Ιδιαίτερα τα συστήματα εκείνα τα οποία έχουν σαν στόχο την υποστήριξη της διαδικασίας διαχείρισης και ανάλυσης χωρικών φαινομένων ονομάζονται Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ). Ο όρος αυτός αποτελεί μετάφραση του αγγλικού όρου *Geographic Information Systems (GIS)* και πολλές φορές συναντάται και με τον όρο *Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών*».*

Ένας πιο αναλυτικός ορισμός των ΓΣΠ δίνεται από τον κ. Χρήστο Χαλκιά, καθηγητή του Τμήματος Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου (2011, σελ. 5):

«Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι ένα ΓΣΠ αποτελεί σύνολο υλικού, λογισμικού και διαδικασιών το οποίο με τη κατάλληλη χρήση υποστηρίζει τη συλλογή, διαχείριση, ανάλυση, μοντελοποίηση και παρουσίαση δεδομένων με χωρική αναφορά. Αποτελεί επίσης σημαντικό εργαλείο υποστήριξης λήψεων αποφάσεων στην επίλυση ποικίλων προβλημάτων διαχείρισης και σχεδιασμού».

Η χωρική ανάλυση αποτελεί επεξεργασία της πληροφορίας που έχει προκύψει από τα χωρικά στοιχεία και στοχεύει στον εντοπισμό, στη ταξινόμηση, στην αξιολόγηση της σημασίας και τέλος στην ανάδειξη διασυνδέσεων μεταξύ των προβλημάτων μιας συγκεκριμένης περιοχής. Τα ΓΣΠ μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στη χωρική ανάλυση καθώς εστιάζουν στη χωρική διάσταση των στοιχείων ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνουν την οργάνωση, τη διαχείριση και το

μετασχηματισμού μεγάλου όγκου δεδομένων, με στόχο την επίλυση χωρικών προβλημάτων (Φώτης Ν. Γ., 2009).

Τα πλέον διαδεδομένα μοντέλα χωρικών δεδομένων είναι το διανυσματικό και το ψηφιδωτό. Λόγω των περιορισμών της τεχνολογίας της πληροφορικής, η αναπαράσταση του χώρου στα μοντέλα αυτά αποτελείται από επιλεγμένα χωρικά σημεία καθώς δεν μπορούν να αναπαραστήσουν το χώρο ως ένα σύνολο άπειρων σημείων. Το διανυσματικό μοντέλο (vector) στηρίζεται σε γεωμετρικά όργανα δηλαδή σε διανύσματα (σημεία, πολύγωνα, γραμμές) και θεωρεί ότι ο χώρος είναι κενός και περιλαμβάνει διακριτές οντότητες με δομικές, στατικές και ιδιότητες συμπεριφοράς (Παππάς, 2011).

Το ψηφιδωτό μοντέλο (raster) στηρίζεται στα φωτογραφικά όργανα και συγκεκριμένα στη ψηφίδα (pixel) και αποτελεί δυσδιάστατη αναπαράσταση του χώρου. Το μοντέλο αυτό θεωρεί ότι ο χώρος είναι συνεχείς και συνεπώς για κάθε ψηφίδα αντιστοιχεί μία τιμή από το πεδίο ορισμού κάθε μεταβλητής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα με ιδιαίτερα διαδεδομένη χρήση αποτελεί το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM ή ΨΜΕ), όπου σε κάθε ψηφίδα αντιστοιχεί μία τιμή υψομέτρου. Τα ΨΜΕ αποτελούν χρήσιμη «πηγή» πληροφοριών για το ανάγλυφο μιας περιοχής καθώς μπορούν να αντληθούν πληροφορίες για τις ισοϋψείς ή τη κλίση του εδάφους (Παππάς, 2011, Χαλκιάς, 2011).

Σήμερα σε πολλές πόλεις ανά το κόσμο χρησιμοποιείται πλέον κάποιο λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών τόσο για την χωροθέτηση εγκαταστάσεων όσο και για τον εντοπισμό των βέλτιστων σημείων χωροθέτησης κάδων αλλά και των διαδρομών αποκομιδής. Τα ΓΣΠ παρουσιάζουν ευρύ πεδίο εφαρμογής (π.χ. γεωμορφολογία και σεισμολογία) και χρησιμοποιούνται ως εργαλεία διαχείρισης οποιασδήποτε χωρικής πληροφορίας με στόχο τη λήψη αποφάσεων. Αποτελούν ηλεκτρονικό σύστημα για την ενσωμάτωση, την αποθήκευση, την ανάλυση και την παρουσίαση πληροφοριών που σχετίζονται με το χώρο (Αδηλενίδου κ.α., 2006).

Στο τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων, τα ΓΣΠ μπορούν να συμβάλλουν ουσιαστικά μέσω της καταγραφής χωρικά μεταβαλλόμενων πληροφοριών που επηρεάζουν τη παραγωγή αποβλήτων (π.χ. πληθυσμιακή πυκνότητα). Μέσω της εισαγωγής και χωρικής παρουσίασης αυτών των πληροφοριών, οι αρμόδιοι φορείς

έχουν τη δυνατότητα να αναλύσουν τα δεδομένα και να σχεδιάσουν στοχευόμενες λύσεις σε πιθανά προβλήματα που παρατηρούνται. Τα οφέλη από τη χρήση των GIS στη διαχείριση των ΑΣΑ είναι ποικίλα και σχετίζονται κυρίως με το περιορισμό των επιπτώσεων στο φυσικό περιβάλλον (π.χ. σχεδιασμός ελάχιστης δυνατής διαδρομής των απορριμματοφόρων θα επιφέρει μείωση των εκπομπών καυσαερίων), στο ανθρωπογενές περιβάλλον (π.χ. ελαχιστοποίηση αντιδράσεων για λανθασμένη τοποθέτηση κάδων), στη μείωση των δαπανών (π.χ. μικρότερη χρονικά διαδρομή συνεπάγεται οικονομία καυσίμου) και τέλος την αποτελεσματικότερη λειτουργία του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων (Αδηλενίδου κ.α., 2006, Kreith και Tchobanoglous, 2010).

Αναλυτικότερα, η χρήση ενός ΓΣΠ για τη διαχείριση απορριμμάτων συμβάλλει στη βελτίωση των δρομολογίων των απορριμματοφόρων, στη διερεύνηση σεναρίων χωροθέτησης εγκαταστάσεων και στην επιλογή του βέλτιστου με τη χρήση κριτηρίων, στη διευκόλυνση των κατοίκων, στο περιορισμό των αντιδράσεων και τέλος στην επιλογή των κατάλληλων σημείων χωροθέτησης των κάδων, που αποτελεί και το αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας (Αδηλενίδου κ.α., 2006).

3.1 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Τα προβλήματα χωροθέτησης εγκαταστάσεων (facility location) αποτελούν ιδιαίτερα και σύνθετα προβλήματα καθώς η λήψη αποφάσεων δεν είναι εύκολη διαδικασία. Θα πρέπει να εντοπιστεί η βέλτιστη τοποθεσία για χωροθέτηση ενός αριθμού εγκαταστάσεων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και σε συγκεκριμένης γεωγραφικής έκτασης περιοχή έτσι ώστε να επιτυγχάνονται συγκεκριμένοι στόχοι. Πρωταρχικό βήμα πρέπει να είναι η επιλογή του χώρου, στον οποίο θα δημιουργηθούν οι εγκαταστάσεις που θα εξυπηρετούν τα σημεία ζήτησης με το καλύτερο δυνατό τρόπο. Συνεπώς απαιτείται μια ορθολογική διαδικασία λήψης αποφάσεων «εστιασμένη» στους σημαντικούς παράγοντες και τα χαρακτηριστικά των σημείων ζήτησης (Σκούτα, 2013).

«Για τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος λήψεως αποφάσεων, βασική παράμετρος κρίνεται η δημιουργία ενός σωστού υποβάθρου της περιοχής μελέτης με όλα τα απαραίτητα επίπεδα

πληροφορίας που θα συμμετάσχουν στο στρατηγικό σχεδιασμό» (Πραβιώτη και Σταθάκης, 2013, σελ. 2).

Ως χωρικά προβλήματα κατανομής πόρων ορίζονται τα προβλήματα που αφορούν ένα ή περισσότερα σημεία προσφοράς (facilities) που καλούνται να εξυπηρετήσουν χωρικά κατανεμημένα κέντρα ή σημεία ζήτησης (demand centers or points), τα οποία αποτελούν και τους πελάτες (customers). Τα προβλήματα χωροθέτησης χαρακτηρίζονται από τα εξής στοιχεία (Σκούτα, 2013):

- Το «χώρο» (space) στον οποίο βρίσκονται η ζήτηση και η προσφορά,
- μία «μετρική» (metric) για το προσδιορισμό του χρόνου ή της απόστασης μεταξύ ζήτησης και προσφοράς,
- τα σημεία προσφοράς ή εγκαταστάσεις - λειτουργίες (facilities) που πρόκειται να χωροθετηθούν,
- τους πελάτες (customers), με συγκεκριμένη θέση, κατανομή και χαρακτηριστικά και
- τα σημεία ζήτησης (demand points) που αποτελούν το σύνολο των πελατών και έχουν συγκεκριμένη θέση στο χώρο (Γιαννούλη, 2016, Σκούτα, 2013).

3.2 ΜΟΝΤΕΛΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ – ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ (LOCATION – ALLOCATION)

Τα προβλήματα χωροθέτησης – κατανομής (location – allocation problems) αποτελούν διαδικασία αναζήτησης θέσεων για εγκαταστάσεις εντός ενός δικτύου εξυπηρέτησης και στοχεύουν στην εύρεση των καταλληλότερων θέσεων των κέντρων εξυπηρέτησης - προσφοράς σε συγκεκριμένο χώρο έτσι ώστε να εξυπηρετούνται τα κέντρα ζήτησης με το καλύτερο δυνατό τρόπο. Λόγω της πολυπλοκότητας αυτών των προβλημάτων, η μεθοδολογική προσέγγιση για την επίλυσή τους διαφέρει ανάλογα με τη φύση του προβλήματος, τη περιοχή μελέτης και τους στόχους που καλούνται να επιτευχθούν. Βασικά στοιχεία ενός μεθοδολογικού πλαισίου πρέπει να είναι ο σαφής καθορισμός του προβλήματος, η επιλογή και η ανάλυση του κατάλληλου μοντέλου και τέλος η αξιολόγηση και η εφαρμογή των αποτελεσμάτων (Σκούτα, 2013).

Τα δίκτυα (network datasets) χρησιμοποιούνται για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων ή για την εύρεση των βέλτιστων διαδρομών. Δημιουργούνται από γραμμικά επίπεδα και περιλαμβάνουν απλά γεωμετρικά σχήματα και συγκεκριμένα σημεία (κόμβοι) και γραμμές (συνδέσεις δικτύου). Όταν πραγματοποιείται μια ανάλυση οι λύσεις βρίσκονται πάντα εντός του δικτύου, είτε πρόκειται για γραμμές που αντιπροσωπεύουν διαδρομές είτε για σημεία που αντιστοιχούν στις βέλτιστες θέσεις εγκαταστάσεων (ιστοσελίδα ArcGIS esri, 2019).

Τα βασικά μοντέλα χωροθέτησης είναι το μοντέλο κάλυψης συνόλου, το μοντέλο μέγιστης κάλυψης, το μοντέλο p-κέντρο, το μοντέλο p-διάμεσος και το μοντέλο σταθερού κόστους. Σε όλα τα μοντέλα η χωροθέτηση πραγματοποιείται εντός συγκεκριμένου δικτύου και είναι δεδομένη η θέση των κέντρων ζήτησης. Μεγάλη σημασία έχει η απόσταση, τα τρία πρώτα μοντέλα βασίζονται στη μέγιστη απόσταση ενώ τα υπόλοιπα βασίζονται στη συνολική ή μέση απόσταση. Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιείται το μοντέλο p-διάμεσος (p-median) (Σκούτα, 2013, Φώτης Ν. Γ., 2009).

ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΥΝΟΛΟΥ (SET COVERING)

Το μοντέλο κάλυψης συνόλου (set covering) είναι ένα από τα απλούστερα μοντέλα και στοχεύει στην κάλυψη όλων των κέντρων ζήτησης ελαχιστοποιώντας τον αριθμό των εγκαταστάσεων – μονάδων που χωροθετούνται έτσι ώστε να καλύπτεται το σύνολο της ζήτησης. Για να εξυπηρετηθεί ένα κέντρο ζήτησης θα πρέπει η απόστασή του από το κοντινότερο σημείο προσφοράς να μην είναι μεγαλύτερη από μια δεδομένη απόσταση κάλυψης. Το μοντέλο αυτό παρουσιάζει ευρύ πεδίο εφαρμογής και χρησιμοποιείται και σε άλλα προβλήματα, πέραν των προβλημάτων χωροθέτησης, όπως στο προγραμματισμό διαθεσιμότητας των πληρωμάτων αερογραμμών (Φώτης Ν. Γ., 2009).

Το πρόβλημα με αυτό το μοντέλο είναι ότι δεν υπάρχει κανένας περιορισμός προϋπολογισμού. Εάν για παράδειγμα εξετάζεται η χωροθέτηση σχολείων για τη καλύτερη εξυπηρέτηση των μαθητών, ο αριθμός σχολείων που θα προκύψει ενδέχεται να υπερβαίνει τον αριθμό σχολείων που δύναται να χτίσουν οι αρμόδιοι φορείς. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ίση αντιμετώπιση όλων των κέντρων ζήτησης, ανεξάρτητα με τον αριθμό μαθητών που περιλαμβάνουν (π.χ. 5000 μαθητές ή 10) (Σκούτα, 2013, Φώτης Ν. Γ., 2009).

ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΚΑΛΥΨΗΣ (MAXIMAL COVERING)

Το μοντέλο μέγιστης κάλυψης (maximal covering) στοχεύει στη μέγιστη κάλυψη των σημείων ζήτησης με συγκεκριμένο αριθμό εγκαταστάσεων – μονάδων προς χωροθέτηση και προκαθορισμένη απόσταση κάλυψης. Συνεπώς υποθέτει ότι ο αριθμός των σημείων προσφοράς ενδέχεται να μην επαρκεί για τη κάλυψη όλων των κέντρων ζήτησης. Βασικό χαρακτηριστικό αυτού του μοντέλου είναι το γεγονός ότι όσο αυξάνονται οι εγκαταστάσεις (αριθμός ζήτησης) αυξάνεται με όλο και με μικρότερο ρυθμό το ποσοστό κάλυψης της ζήτησης. Βασικό πρόβλημα του συγκεκριμένου μοντέλου είναι το γεγονός ότι η απόσταση των κέντρων ζήτησης που δεν εξυπηρετούνται από το κοντινότερο σημείο προσφοράς ενδέχεται να είναι πολύ μεγαλύτερη από την απόσταση κάλυψης που ορίστηκε (Σκούτα, 2013, Φώτης Ν. Γ., 2009).

Επιπλέον, σε πολλές περιπτώσεις τα κέντρα εξυπηρέτησης έχουν περιορισμούς χωρητικότητας και συνεπώς εκτός από τη μέγιστη κάλυψη της ζήτησης μεγάλη σημασία έχει και η διαθεσιμότητα κάθε σημείου προσφοράς λόγω κορεσμού βάσει της χωρητικότητας. Για την επίλυση προβλημάτων με περιορισμένη χωρητικότητα των σημείων εξυπηρέτησης, έχει δημιουργηθεί μια παραλλαγή του μοντέλου, το μοντέλο μέγιστης προσδοκώμενης κάλυψης (maximum expected covering), στο οποίο κάθε σημείο ζήτησης έχει μια μεταβλητή πιθανότητα κάλυψης και κάθε υποψήφιο σημείο προσφοράς έχει μια δεδομένη πιθανότητα να είναι κορεσμένο λόγω χωρητικότητας (Φώτης Ν. Γ., 2009).

ΜΟΝΤΕΛΟ P-KENTPO (P-CENTER)

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα μοντέλα, το μοντέλο p-κέντρο (p-center) ελαχιστοποιεί τη μέγιστη απόσταση μεταξύ ζήτησης και προσφοράς, με δεδομένο αριθμό εγκαταστάσεων – μονάδων (προσφορά). Ουσιαστικά δεν δίνεται προκαθορισμένη απόσταση κάλυψης αλλά αυτή καθορίζεται ενδογενώς και το μοντέλο είναι γνωστό και ως μοντέλο ελάχιστης – μέγιστης απόστασης (MinMax). Το πρόβλημα που παρατηρείται είναι η μέτρια εξυπηρέτηση της ζήτησης καθώς το μοντέλο εστιάζει στη χειρότερη περίπτωση, δηλαδή στην απόσταση του πιο απομακρυσμένου κέντρου ζήτησης από το κοντινότερο σημείο εξυπηρέτησης (Σκούτα, 2013, Φώτης Ν. Γ., 2009).

Υπάρχουν αρκετές παραλλαγές του μοντέλου αυτού και μπορεί να είναι σταθμικές ή μη σταθμικές. Στη περίπτωση των μη σταθμισμένων προβλημάτων όλα τα κέντρα ζήτησης αντιμετωπίζονται ως εξίσου σημαντικά ενώ στη περίπτωση των σταθμισμένων προβλημάτων, η χωροθέτηση πραγματοποιείται με βάση τη σημαντικότητα (βάρος) των κέντρων ζήτησης (π.χ. κέντρο ζήτησης με 5000 πληθυσμό είναι πιο σημαντικό από κέντρο ζήτησης με 10 άτομα) (Σκούτα, 2013, Φώτης Ν. Γ., 2009).

ΜΟΝΤΕΛΟ P-ΔΙΑΜΕΣΟΣ (P-MEDIAN)

Το μοντέλο p-διάμεσος (p-median) ελαχιστοποιεί τη συνολική απόσταση μεταξύ του συνόλου των κέντρων ζήτησης και των αντίστοιχων σημείων εξυπηρέτησης. Η μαθηματική διατύπωση του μοντέλου είναι η εξής (Σκούτα, 2013, σελ. 26):

$$\text{Minimize } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} y_{ij} \quad (2.21)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j \in J} x_j = p \quad (2.22)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2.23)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (2.24)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (2.25)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (2.26)$$

«Η αντικειμενική συνάρτηση (2.21) ελαχιστοποιεί τη συνολική απόσταση ταξιδιού σταθμισμένη ως προς τη ζήτηση... Ο περιορισμός (2.22) ορίζει ότι p – εγκαταστάσεις πρόκειται να χωροθετηθούν. Ο περιορισμός (2.23) απαιτεί ότι κάθε κόμβος ζήτησης θα πρέπει να ανατεθεί σε ακριβώς μία εγκατάσταση. Ο περιορισμός (2.24) περιορίζει τις αναθέσεις των ζητήσεων των κόμβων μόνο σε ανοιχτές εγκαταστάσεις. Ο περιορισμός (2.25) θέτει τη μεταβλητή απόφασης τοποθεσίας ως δυαδική. Ο περιορισμός (2.26) απαιτεί τη ζήτηση ενός κόμβου να ανατεθεί σε μια εγκατάσταση μόνο. Ο περιορισμός (2.26) μπορεί να αντικατασταθεί με το $y_{ij} \geq 0 \quad i \in I, j \in J$ επειδή ο περιορισμός (2.24) εγγυάται ότι $y_{ij} \leq 1$. Αν

ορισμένα $γij$ είναι κλασματικά, μπορούμε απλά τον κόμβο i να τον αναθέσουμε στη πιο κοντινή του ανοιχτή εγκατάσταση... Οι Toregas & ReVelle (1972) δείχνουν ότι αυτή η διατύπωση ελαχιστοποιεί επίσης τη μέση απόσταση ταξιδιού μεταξύ των εγκαταστάσεων και της ζήτησης» (Σκούτα, 2013, σελ. 23, 26).

Η διατύπωση αυτή προϋποθέτει ότι η χωροθέτηση θα πραγματοποιηθεί σε προεπιλεγμένες υποψήφιες θέσεις, όπως οι κόμβοι ενός δικτύου. Σύμφωνα με τον Hakimi (1964) εάν επιτραπεί η χωροθέτηση, πέραν των κόμβων, στα τόξα ενός δικτύου δεν μειώνεται το συνολικό κόστος ταξιδιού ενώ ταυτόχρονα το γεγονός αυτό θα αποφέρει μια βέλτιστη λύση (Σκούτα, 2013, Φώτης Ν. Γ., 2009).

ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ (FIXED CHARGE)

Στο μοντέλο σταθερού κόστους (fixed charge), το οποίο είναι μια παραλλαγή του μοντέλου p -διάμεσος, κάθε υποψήφιο σημείο προς χωροθέτηση έχει μια σταθερά που αντιστοιχεί στο κόστος από τη χωροθέτηση μιας εγκατάστασης – μονάδας στο συγκεκριμένο σημείο. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους εγκατάστασης ή/και μεταφοράς ενώ ταυτόχρονα καθορίζει τον αριθμό και τις βέλτιστες θέσεις των εγκαταστάσεων που θα χωροθετηθούν καθώς και τις αναθέσεις της ζήτησης για κάθε προσφορά (Σκούτα, 2013, Φώτης Ν. Γ., 2009).

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα μοντέλα (εκτός του μοντέλου κάλυψης συνόλου) δεν υπάρχει περιορισμός στις εγκαταστάσεις προς χωροθέτηση ενώ δεν είναι βέβαιο το γεγονός ότι θα επιλεγεί το κοντινότερο σημείο προσφοράς για τη κάλυψη ενός κέντρου ζήτησης, εκτός εάν δεν υπάρξει περιορισμός σχετικά με τη παραγωγική ικανότητα των εγκαταστάσεων (Σκούτα, 2013, Φώτης Ν. Γ., 2009).

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές το γεγονός ότι η χρήση των ΓΣΠ στη χωροθέτηση των μέσων προσωρινής αποθήκευσης ΑΣΑ εξασφαλίζει τον εντοπισμό των βέλτιστων θέσεων, με τη προϋπόθεση ότι έχουν ληφθεί υπ' όψιν όλες οι παράμετροι που επηρεάζουν τη χωροθέτηση και έχει επιλεγεί το καταλληλότερο μοντέλο χωροθέτησης – κατανομής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Για τη συγγραφή της εργασίας αυτής μελετήθηκαν τα επιστημονικά άρθρα των Νικόλαου Καραδήμα και Βασίλη Λούμου με τίτλο: «*GIS-based modelling for the estimation of municipal solid waste generation and collection*» και των Χρήστου Χαλκιά και Κάτιας Λαζαρίδη με τίτλο: «*A GIS based model for the optimisation of municipal solid waste collection: the case study of Nikea, Athens, Greece*». Επιπλέον μελετήθηκε η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία της Ευφροσύνης Γιαννούλη με τίτλο: «*Βελτιστοποίηση αποκομιδής στερεών αποβλήτων στο Δήμο Αλμυρού*» και η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία του Παγιούλα Γεώργιου με τίτλο: «*Βελτιστοποίηση συστήματος αποκομιδής αστικών στερεών αποβλήτων. Εφαρμογή στο πολεοδομικό συγκρότημα Κατερίνης*». Τέλος χρησιμοποιήθηκε η μελέτη του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.) με τίτλο: «*Διαχείριση απορριμμάτων και αστικό περιβάλλον*» για το προσδιορισμό των κριτηρίων αποκλεισμού».

Για τη χωροθέτηση επιλέγεται το μοντέλο p-διάμεσος (p-median). Για την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου απαιτείται ένα συνεχές γραμμικό επίπεδο (polyline shapefile) για τη δημιουργία δικτύου πάνω στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η χωροθέτηση (Network dataset), ένα σημειακό επίπεδο (point shapefile) με τις υποψήφιες θέσεις προς χωροθέτηση (Facilities) και ένα σημειακό επίπεδο με τα σημεία ζήτησης που καλούνται να εξυπηρετηθούν (Demand Points).

Όσον αφορά το επίπεδο πάνω στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η χωροθέτηση, εφαρμόζεται μια πρωτότυπη μέθοδος, καθώς αυτό δεν είναι το οδικό δίκτυο. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας θεωρήθηκε ότι οι δημότες (κάτοικοι και επαγγελματίες) κινούνται πεζοί προκειμένου να αποθέσουν τα απόβλητα στους κάδους και συνεπώς καταλληλότερο κρίθηκε το επίπεδο των οικοδομικών τετραγώνων, τα όρια των οποίων θεωρείται ότι αποτελούν τα πεζοδρόμια.

Δημιουργούνται τέσσερα σενάρια που διαφέρουν ως προς τις υποψήφιες θέσεις των κάδων και αξιολογούνται με πολυκριτηριακή ανάλυση βάση κριτηρίων απόστασης, ασφαλείας και του εξυπηρετούμενου πληθυσμού. Εν τέλει, αναλύεται η σχέση κόστους – οφέλους διαφόρων σεναρίων χωροθέτησης που διαφέρουν ως προς τον αριθμό των κάδων και για την ανάδειξη του βέλτιστου σεναρίου δημιουργείται ένας δείκτης οφέλους - κόστους.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ

Αρχικά πρέπει να εντοπιστούν οι περιοχές όπου δεν είναι επιθυμητή η χωροθέτηση. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, εθνική νομοθεσία που να ορίζει κάποια κριτήρια με βάση τα οποία θα πραγματοποιείται η χωροθέτηση ή θα προσδιορίζονται περιοχές που πρέπει να αποκλειστούν δεν υπάρχει και συνεπώς τα κριτήρια που εφαρμόζονται σε αυτή τη περίπτωση έχουν επιλεγεί βάση βιβλιογραφικής ανασκόπησης σε παρόμοιες μελέτες και με βάση τις υποδείξεις του ΤΕΕ. Για τις ανάγκες της εργασίας δημιουργούνται δυο ομάδες κριτηρίων αποκλεισμού (Α και Β) και παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ Α ΟΜΑΔΑΣ			
1)	Σχολεία	6)	Παιδικές χαρές
2)	Μουσεία	7)	Αδιέξοδα τμήματα οδικού δικτύου
3)	Εκκλησίες		
4)	Πλατείες	8)	Περιοχές με κλίση εδάφους μεγαλύτερη από 20%
5)	Πάρκα - Περιοχές πρασίνου		

Πίνακας 1: Κριτήρια αποκλεισμού Α ομάδας.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ Β ΟΜΑΔΑΣ			
1)	Ζώνη επιρροής 25m περιμετρικά από σχολεία	5)	Ζώνη επιρροής 25m περιμετρικά από Πάρκα - Περιοχές πρασίνου
2)	Ζώνη επιρροής 25m περιμετρικά από μουσεία	6)	Ζώνη επιρροής 25m περιμετρικά από Παιδικές χαρές
3)	Ζώνη επιρροής 25m περιμετρικά από Εκκλησίες	7)	Αδιέξοδα τμήματα οδικού δικτύου
4)	Ζώνη επιρροής 25m περιμετρικά από Πλατείες	8)	Περιοχές με κλίση εδάφους μεγαλύτερη από 10%

Πίνακας 2: Κριτήρια αποκλεισμού Β ομάδας.

Η επιλογή των παραπάνω κριτηρίων μόνο τυχαία δεν μπορεί να χαρακτηριστεί, καθώς υπάρχει αιτιολογία για κάθε ένα από αυτά. Αρχικά, η τοποθέτηση αποβλήτων έξω από σχολεία δημιουργεί κίνδυνο για τα παιδιά, καθώς αποτελούν πιθανές εστίες μόλυνσης ενώ σε περίπτωση υπερχειλίσης του κάδου ενδέχεται να αποτελέσουν πόλος έλξης αδέσποτων ζώων και τροκτικών, θέτοντας σε κίνδυνο τους μαθητές. Για τους ίδιους λόγους ασφάλειας εξαιρούνται ακόμη οι

παιδικές χαρές, οι πλατείες και τέλος τα πάρκα και οι χώροι πρασίνου. Τα μουσεία εξαιρούνται για λόγους αισθητικής, καθώς δεν αποτελεί την ωραιότερη εικόνα η τοποθέτηση κάδων έξω από κτήρια ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής και ειδικού ενδιαφέροντος.

Ο χώρος έξω από εκκλησίες δεν συμπεριλαμβάνεται στις υποψήφιες περιοχές προς χωροθέτηση για λόγους τόσο αισθητικής όσο και ασφάλειας, δεδομένου ότι προσελκύουν πλήθος κόσμου (όπως τα σχολεία και ισχύουν οι ίδιοι κίνδυνοι) και ταυτόχρονα αποτελούν κτήρια ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής και ενδιαφέροντος (όπως τα μουσεία). Ο λόγος που δεν επιθυμείται η χωροθέτηση σε αδιέξοδα αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αλληλεπίδρασης της θέσης των κάδων με το σχεδιασμό των δρομολογίων και αφορά τη δυσκολία των απορριμματοφόρων να εξέλθουν με την όπισθεν. Τέλος, δεν θα ήταν δυνατόν να μη συμπεριληφθεί ως κριτήριο αποκλεισμού η κλίση του εδάφους σε μία περιοχή με ιδιαίτερα έντονες κλίσεις για λόγους ασφαλείας του προσωπικού αποκομιδής.

Όλα τα επίπεδα (εκτός των κλίσεων) προέκυψαν από ψηφιοποίηση μέσω των Google Maps και της εφαρμογής Google Earth ενώ το επίπεδο με τις κλίσεις του εδάφους δημιουργήθηκε από Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ ή DEM). Ο αριθμός και οι διευθύνσεις των σχολείων, των μουσείων και των Εκκλησιών εντοπίστηκαν στην ιστοσελίδα του Δήμου Ζωγράφου και στο Τεχνικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων του Δήμου.

ΚΕΝΤΡΑ ΖΗΤΗΣΗΣ (DEMAND POINTS)

Αρχικά θα πρέπει να δημιουργηθεί το επίπεδο με τα σημεία που πρέπει να εξυπηρετηθούν από τη χωροθέτηση (Demand Points) καθώς θα περιλαμβάνουν το πληθυσμό (weight). Πρώτο βήμα αποτελεί η εισαγωγή στο επίπεδο των ΟΤ του πληθυσμού (join), όπως αυτός δίνεται από την ΕΛ.ΣΤΑΤ. ανά οικοδομικό τετράγωνο. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, συμπεριλαμβάνεται και η οικονομική-εμπορική δραστηριότητα η οποία αθροίζεται στη στήλη με το πληθυσμό ανά οικοδομικό τετράγωνο.

Ο τρόπος με τον οποίο συσχετίζεται η οικονομική – εμπορική δραστηριότητα με το πληθυσμό έχει ως εξής: Τα δεδομένα από την ΕΛ. ΣΤΑΤ. χωρίζονται αρχικά σε κατηγορίες που περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, αριθμό κτηρίων ανά οικοδομικό

τετράγωνο ανάλογα με το εάν η χρήση τους είναι αποκλειστική, κύρια ή δευτερεύουσα και χρησιμοποιούνται μόνο τα στοιχεία που αφορούν την αποκλειστική χρήση. Έπειτα τα στοιχεία κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το είδος της χρήσης τους σε κατηγορίες που περιλαμβάνουν αριθμό κτηρίων ανά οικοδομικό τετράγωνο με αποκλειστική χρήση ως νοικοκυριά, ως γραφεία – καταστήματα, ως σχολικά κτήρια κ.τ.λ.. Οι παραπάνω κατηγοριοποιήσεις έχουν πραγματοποιηθεί από την ΕΛ.ΣΤΑΤ..

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΑΝΑ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΜΕ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ							
Εργοστάσια - εργοστάσια	Σταθμοί αυτοκινήτων (parking)	Καταστήματα - γραφεία	Ξενοδοχεία	Κατοικίες	Σχολεία	Νοσοκομεία - κλινικές (Δημόσια)	Εκκλησίες - μοναστήρια
Άλλες χρήσεις							

Πίνακας 3: Κατηγοριοποίηση κτηρίων με αποκλειστική χρήση της ΕΛ.ΣΤΑΤ.

Για τις ανάγκες της εργασίας δημιουργούνται τρεις κατηγορίες όπου περιλαμβάνουν τον αριθμό κτηρίων ανά οικοδομικό τετράγωνο που αφορά το πληθυσμό, την οικονομική – εμπορική δραστηριότητα και τέλος τις χρήσεις που δεν συμπεριλαμβάνονται στις δυο προηγούμενες κατηγορίες, όπως απεικονίζονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 9: Κατηγοριοποίηση κτηρίων ανά οικοδομικό τετράγωνο.

Έπειτα, δημιουργείται ποσοστό (%) των κτηρίων που σχετίζονται με εμπορική δραστηριότητα ως προς το σύνολο των κτηρίων ανά οικοδομικό τετράγωνο. Το ποσοστό αυτό αποτελεί τη μεταβολή (πρόσθεση) που πρέπει να υποστεί η στήλη του μόνιμου πληθυσμού ανά οικοδομικό τετράγωνο προκειμένου να συνυπολογιστεί και η εμπορική δραστηριότητα στη χωροθέτηση. Ακολουθεί παράδειγμα μεταβολής του πληθυσμού για να γίνει πιο κατανοητή η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε.

Έστω Ο.Τ. x με μόνιμο πληθυσμό 100 κατοίκους και συνολικά 10 κτήρια, εκ των οποίων τα 2 χρησιμοποιούνται για εμπορική χρήση.

ΜΟΝΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ		ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ
	ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΟΛΟ	
100	2 (20%)	10 (100%)	$100 + 100 * 20\%$

Με βάση το παραπάνω υπολογισμό, ο πληθυσμός θεωρείται πλέον 120 κάτοικοι.

Σχήμα 10: Παράδειγμα υπολογισμού του πληθυσμού λαμβάνοντας υπ' όψιν την εμπορική δραστηριότητα.

Εφόσον το γραμμικό, πλέον, επίπεδο των Ο.Τ. έχει τις πληροφορίες που απαιτούνται για τη χωροθέτηση (πληθυσμός/ΟΤ), μπορεί να δημιουργηθεί το σημειακό επίπεδο με τα κέντρα ζήτησης που καλούνται να εξυπηρετηθούν (Demand

points). Η συνηθέστερη μέθοδος είναι η δημιουργία σημείων στο κέντρο των οικοδομικών τετραγώνων αλλά στα πλαίσια της εργασίας αυτής θεωρήθηκε ότι δεν είναι αρκετό ένα σημείο για κάθε Ο.Τ. και συνεπώς πρέπει να ακολουθηθεί άλλη μέθοδος. Για το λόγο αυτό πρέπει να διασπαστούν τα Ο.Τ. σε μικρότερα τμήματα και να πραγματοποιηθεί καταμερισμός του πληθυσμού με βάση τα νέα μήκη των τμημάτων, θεωρώντας ότι τμήματα με μεγαλύτερο μήκος έχουν μεγαλύτερο αριθμό κτηρίων και συνεπώς περισσότερες κατοικίες και επιχειρήσεις. Στα κέντρα των επιμέρους τμημάτων θα δημιουργηθούν τα σημεία με το πληθυσμό που αντιστοιχεί σε κάθε τμήμα και θα χρησιμοποιηθούν για τη χωροθέτηση.

Πριν τη διάσπαση των ΟΤ σε μικρότερα τμήματα πρέπει να μετατραπεί το πολυγωνικό αρχείο των οικοδομικών τετραγώνων σε γραμμικό. Παρατηρούνται δέκα επιπλέον καταχωρίσεις στο πίνακα περιεχομένων (attribute table) του γραμμικού shp, που σημαίνει ότι κάποια πολύγωνα διασπάστηκαν σε περισσότερες από μια γραμμές. Το πρόβλημα εντοπίζεται ως προς το πληθυσμό καθώς δεν έχει «μοιραστεί» αλλά αντιθέτως εμφανίζεται δυο ή και περισσότερες φορές δημιουργώντας ένα πλασματικό άθροισμα. Για να λυθεί το πρόβλημα αυτό εντοπίζονται οι επιπλέον καταχωρήσεις και υπολογίζεται ο αριθμός των τμημάτων ανά οικοδομικών τετραγώνων, το συνολικό μήκος των ΟΤ και το μήκος των επιμέρους τμημάτων. Στη συνέχεια πραγματοποιείται καταμερισμός του πληθυσμού με βάση το μήκος με τον εξής υπολογισμό:

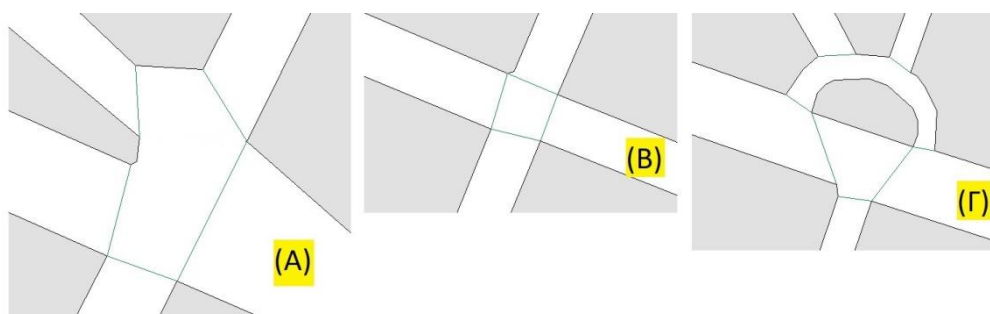
$$\text{ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ} = \frac{\text{ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ Ο.Τ.} \times \text{ΜΗΚΟΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ}}{\text{ΜΗΚΟΣ Ο.Τ.}}$$

Εικόνα 1: Υπολογισμός καταμερισμού πληθυσμού/Ο.Τ. στα επιμέρους τμήματα με βάση το μήκος.

Εφόσον διασπαστούν τα Ο.Τ. σε μικρότερα τμήματα, παρατηρείται διαφοροποίηση τόσο στον αριθμό των τμημάτων για κάθε οικοδομικό τετράγωνο όσο και στα μήκη τους και συνεπώς πρέπει να γίνει ο παραπάνω υπολογισμός έτσι ώστε να επιτευχθεί καταμερισμός του πληθυσμού αναλογικά με το μήκος για όλα τα τμήματα ανεξάρτητα με το πλήθος τους. Τα κέντρα ζήτησης αντιστοιχούν σε ένα για κάθε τμήμα πλευράς και δημιουργούνται στο κέντρο των γραμμικών τμημάτων των ΟΤ.

ΔΙΚΤΥΟ (NETWORK DATASET)

Για τη δημιουργία δικτύου (Network Dataset) θα χρησιμοποιηθεί το επίπεδο των Ο.Τ.. Επειδή όμως το επίπεδο αυτό αποτελεί πολυγωνικό επίπεδο (polygon shapefile) θα πρέπει να μετατραπεί σε γραμμικό και να ενωθούν οι γραμμές μεταξύ τους δημιουργώντας ένα συνεχές γραμμικό επίπεδο, πάνω στο οποίο θα κινούνται οι πεζοί. Για τη σύνδεση των οικοδομικών τετραγώνων θεωρήθηκε ότι οι δημότες περνούν από το ένα πεζοδρόμιο στο άλλο μέσω διαβάσεων που βρίσκονται στις άκρες – γωνίες κάθε οικοδομικού τετραγώνου. Οι συνδέσεις αυτές σχηματίζουν γραμμές ή πολύγωνα και εξαρτώνται από τον αριθμό των οικοδομικών τετραγώνων. Συνεπώς δημιουργείται ένα γραμμικό shapefile, το οποίο «ενώνεται» με το γραμμικό, πλέον, επίπεδο των Ο.Τ..



Εικόνα 2: Παραδείγματα διαβάσεων που συνδέουν τα Ο.Τ.

ΠΙΘΑΝΑ ΣΗΜΕΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ (FACILITIES)

Η δημιουργία του αρχείου με τα κατάλληλα σημεία τοποθέτησης των κάδων πραγματοποιήθηκε «πάνω» στο γραμμικό επίπεδο των ΟΤ και ορίστηκε απόσταση μεταξύ των σημείων ίση με 10 μέτρα. Στο πρώτο σενάριο εξετάζεται η υφιστάμενη κατάσταση και συνεπώς οι υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης ταυτίζονται με τις τωρινές θέσεις των κάδων. Στο δεύτερο σενάριο οι υποψήφιες θέσεις δημιουργούνται σε όλη την έκταση του επιπέδου με τα όρια των ΟΤ καθώς δεν λαμβάνεται υπ' όψιν κανένα κριτήριο αποκλεισμού.

Στο τρίτο σενάριο εντοπίζονται οι περιοχές αποκλεισμού βάση της Α ομάδας κριτηρίων και εξαιρούνται από τη διαδικασία δημιουργίας υποψήφια θέσεων χωροθέτησης. Τέλος στο τέταρτο σενάριο δημιουργούνται υποψήφια σημεία

χωροθέτησης των κάδων σε όλη την έκταση του γραμμικού δhr με τα όρια των ΟΤ εκτός των περιοχών αποκλεισμού όπως αυτές ορίζονται από τη Β ομάδα κριτηρίων αποκλεισμού.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ ΚΑΘΕ ΚΑΔΟΥ

Για το προσδιορισμό της δυνατότητας εξυπηρέτησης κάθε κάδου πρέπει να υπολογιστεί η ημερήσια παραγόμενη ποσότητα σύμμεικτων αποβλήτων ανά κάτοικο. Οι ποσότητες σύμμεικτων αποβλήτων που συλλέχθηκαν από τους γκρι κάδους για το έτος 2017 ανέρχονται σε 22.396,41 τόνους δηλαδή 22.396.410 κιλά. Διαιρώντας τη ποσότητα αυτή με τη τιμή 365 προκύπτει η ημερήσια ποσότητα σύμμεικτων αποβλήτων του Δήμου Ζωγράφου, η οποία ανέρχεται σε 61.360 κιλά.

Έπειτα διαιρείται η ημερήσια ποσότητα σύμμεικτων αποβλήτων του Δήμου, η οποία ανέρχεται σε 61.360 κιλά, με το συνολικό πληθυσμό όπως υπολογίστηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας, ο οποίος ανέρχεται σε 75.993 κατοίκους. Προκύπτει ότι κάθε κάτοικος παράγει 0,8 κιλά σύμμεικτων αποβλήτων ανά ημέρα αλλά επειδή δεν καλύπτεται όλος ο πληθυσμός το ΣΚ από την αποκομιδή, η τιμή αυτή διπλασιάζεται (1,6 κιλά). Τέλος, διαιρείται η χωρητικότητα του ενός κάδου με τη παραγωγή σύμμεικτων αποβλήτων ανά κάτοικο για 2 ημέρες και υπολογίζεται ο πληθυσμός που μπορεί να εξυπηρετηθεί από κάθε κάδο.

Για να υπολογιστεί η χωρητικότητα των κάδων σε κιλά, γνωρίζοντας ότι η χωρητικότητα των κάδων είναι 1100 λίτρα και το μέσο Ειδικό Βάρος (Ε.Β.) για τα σύμμεικτα απόβλητα είναι 350 kg/m^3 (Γιαννούλη, 2016, σελ. 35), πραγματοποιείται ο εξής υπολογισμός:

$$\text{Γραμμάρια} = \text{Ε.Β.} * \text{χωρητικότητα σε λίτρα}$$

Εικόνα 3: Υπολογισμός χωρητικότητας κάδων σε γραμμάρια.

Από το παραπάνω υπολογισμό προκύπτει ότι η χωρητικότητα κάθε κάδου είναι 385.000 γραμμάρια, δηλαδή 385 κιλά. Διαιρώντας τη χωρητικότητα σε κιλά με τη παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο για 2 ημέρες προκύπτει ότι κάθε κάδος μπορεί να εξυπηρετεί έως 240 κατοίκους.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ

Στη συνέχεια θα πρέπει να ελεγχθεί η επάρκεια των κάδων. Αρχικά θα πρέπει να βρεθεί η χωρητικότητα των κάδων σε κιλά και έπειτα να διαιρεθεί το νούμερο αυτό με την ημερήσια ποσότητα σύμμεικτων αποβλήτων του Δήμου Ζωγράφου. Γνωρίζοντας ότι η χωρητικότητα των κάδων είναι 1100 λίτρα ή 385 κιλά, επιλέγεται να μην συμπεριληφθεί το 15% της χωρητικότητας έτσι ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος υπερχείλισης και ως εκ τούτου η χωρητικότητα θεωρείται 935 λίτρα ή 327,25 κιλά.

Οι ποσότητες σύμμεικτων αποβλήτων που συλλέχθηκαν από τους γκρι κάδους για το έτος 2017 ανέρχονται σε 22.396,41 τόνους δηλαδή 22.396.410 κιλά. Διαιρώντας τη ποσότητα αυτή με τη τιμή 365 προκύπτει η ημερήσια ποσότητα σύμμεικτων αποβλήτων του Δήμου Ζωγράφου, η οποία ανέρχεται σε 61.360 κιλά. Τέλος, διαιρώντας την ημερήσια ποσότητα με τη χωρητικότητα των κάδων σε κιλά προκύπτει ο απαιτούμενος αριθμός, ο οποίος είναι 188 κάδοι.

Επειδή δεν πραγματοποιούνται δρομολόγια Σάββατα και Κυριακές σε όλη την έκταση του Δήμου, ο αριθμός αυτός θα πρέπει να διπλασιαστεί και συνεπώς ο απαιτούμενος αριθμός κάδων για τα σύμμεικτα απορρίμματα είναι 376. Εάν προστεθούν 24 κάδοι για λόγους ασφαλείας προκύπτει ανάγκη για 400 κάδους.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ – ΚΟΣΤΟΥΣ

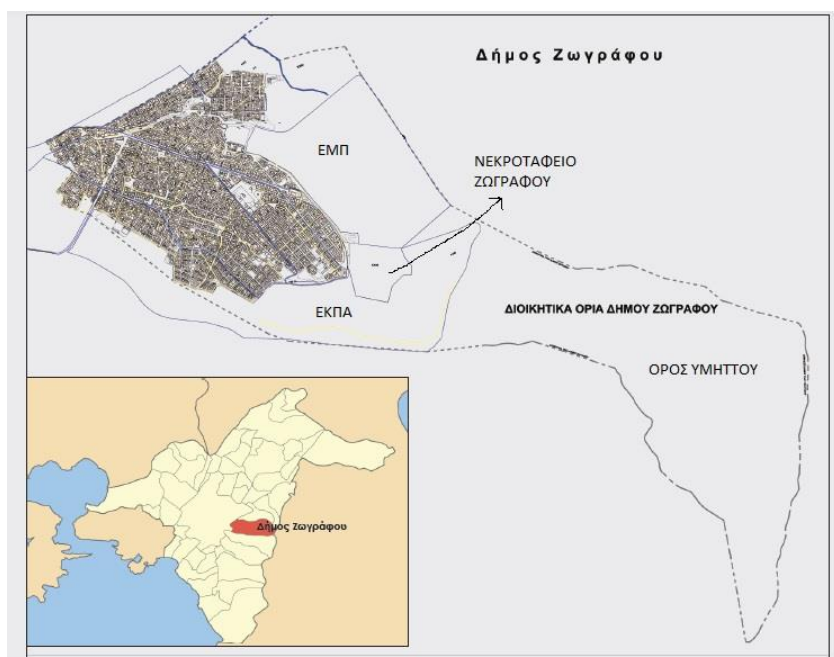
Για τη δημιουργία του δείκτη οφέλους – κόστους θα πρέπει να υπολογιστεί το συνολικό όφελος και να διαιρεθεί με το συνολικό κόστος, έτσι ώστε να προκύψει μια τελική τιμή. Η περίπτωση με τη μεγαλύτερη τιμή του δείκτη οφέλους – κόστους αποτελεί τη βέλτιστη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναφέρονται στοιχεία για το μόνιμο πληθυσμό ανά οικοδομικό τετράγωνο από την ΕΛ.ΣΤΑΤ για το έτος 2011. Τα χαρτογραφικά υπόβαθρα των οικοδομικών τετραγώνων και του οδικού δικτύου για το Δήμο Ζωγράφου παραχωρήθηκαν επίσης από την ΕΛ.ΣΤΑΤ. Όσον αφορά τις πληροφορίες για την υπάρχουσα κατάσταση στο Δήμο Ζωγράφου, το σημειακό αρχείο με τις θέσεις των κάδων παραχωρήθηκε από το Δήμο Ζωγράφου ενώ οι πληροφορίες για τις ποσότητες των απόβλητων και τα μέσα της υπηρεσίας καθαριότητας προήλθαν από τον αντιδήμαρχο καθαριότητας Δήμου Ζωγράφου και από το Τεχνικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΑΔΑ) του Δήμου Ζωγράφου. Επισημαίνεται το γεγονός ότι ως περιοχή μελέτης ορίζεται το αμιγώς οικιστικό τμήμα του Δήμου Ζωγράφου και συνεπώς δεν περιλαμβάνονται άλλες εκτάσεις, όπως το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και ο Ύμηττός.

5.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο Δήμος Ζωγράφου βρίσκεται στους πρόποδες του Ύμηττού και συνεπώς παρουσιάζει απότομες κλίσεις του εδάφους και φυσικά ρέματα που πλέον έχουν μετατραπεί σε τμήματα του οδικού δικτύου. Έχει μόνιμο πληθυσμό 71.026 κατοίκους σύμφωνα με την τελευταία απογραφή της ΕΛ. ΣΤΑΤ. για το έτος 2011 ενώ η έκτασή του ανέρχεται σε 8.517 τετραγωνικά χιλιόμετρα (τ.χλμ.). Διοικητικά εντάσσεται στο πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας και συνορεύει από βορρά με το Δήμο Παπάγου – Χολαργού, δυτικά με το Δήμο Αθηναίων και νότια με το Δήμο Καισαριανής (εικόνα 1). Στο ανατολικό τμήμα του Δήμου συναντάται το όρος Ύμηττός, ανατολικά της δυτικής περιφερειακής λεωφόρου Ύμηττού, το οποίο καταλαμβάνει το 40% της συνολικής έκτασης του Δήμου (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Ζωγράφου, 2012 – 2014, ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, 2015).



Εικόνα 4: Διοικητικά όρια και γεωγραφική θέση Δήμου Ζωγράφου.

Πηγή: Μπισαράκη, 2009, σελ. 27.

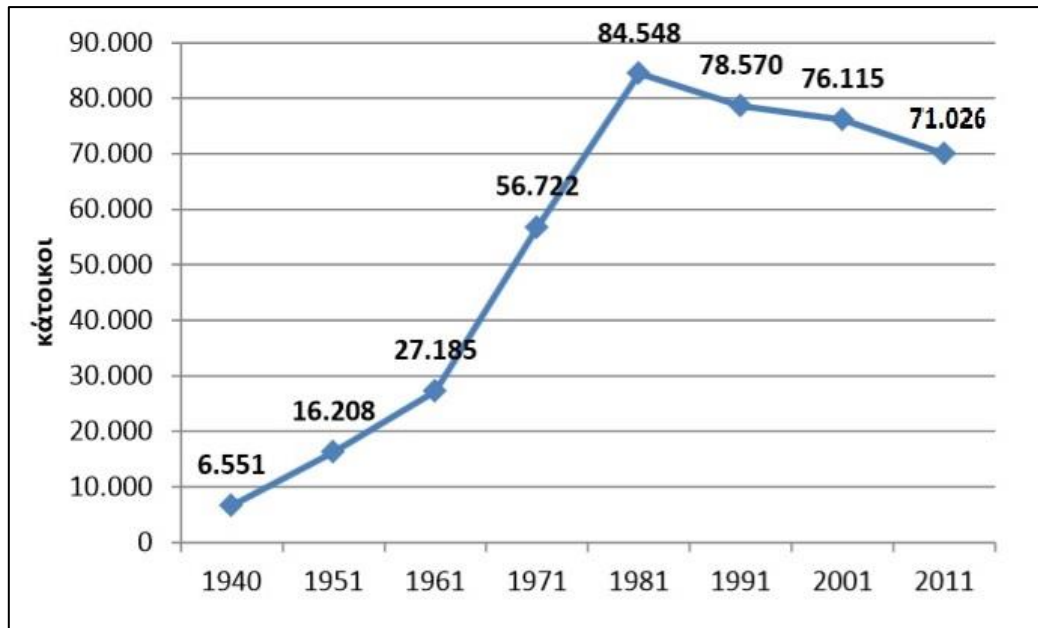
Όπως φαίνεται και στο παρακάτω πίνακα, ο μόνιμος πληθυσμός του Δήμου, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή της ΕΛ. ΣΤΑΤ., έχει μειωθεί σε ποσοστό 9,6% από την απογραφή της ΕΛ. ΣΤΑΤ. το έτος 1991 και συνεπώς δεν ακολουθεί την ανοδική πορεία τόσο στη Περιφέρεια (6,1%) όσο και στη χώρα (5,5%).

ΠΕΡΙΟΧΗ	1991	2001	2011	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 1991-2011 (%)
ΕΛΛΑΔΑ	10.223.392	10.934.097	10.816.286	5,50%
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	3.594.817	3.894.573	3.828.434	6,10%
ΔΗΜΟΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ	78.570	76.115	71.026	-9,60%

Πίνακας 4: Πληθυσμιακή εξέλιξη Ελλάδας, Αττικής και Δήμου Ζωγράφου μεταξύ 1991-2011.

Πηγή: ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, 2015, σελ. 21.

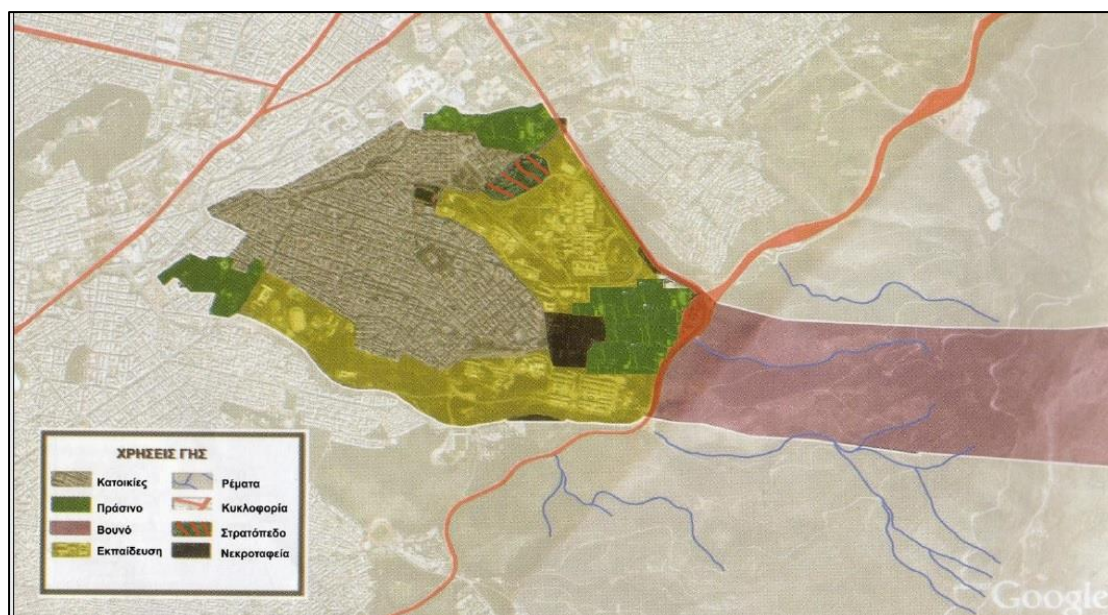
Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η πληθυσμιακή εξέλιξη για το Δήμο Ζωγράφου από το έτος 1940 έως το 2011 και παρατηρείται αύξηση του πληθυσμού μέχρι και το έτος 1981, οπότε και ακολούθησε πτωτική πορεία.



Σχήμα 11: Πληθυσμιακή εξέλιξη Δήμου Ζωγράφου το χρονικό διάστημα μεταξύ 1940 και 2011.

Πηγή: ΤΣΑΔΑ Δήμου ζωγράφου, 2015, σελ. 22.

Ο Δήμος μπορεί να χαρακτηριστεί ως αστικός και αρκετά πυκνοκατοικημένος, τουλάχιστον στο οικιστικό τμήμα του, παρότι ο δείκτης πυκνότητας πληθυσμού ανέρχεται σε 8.226 κάτ./τ.χλμ και είναι χαμηλότερος του μέσου όρου (13.787,98 κάτ./τ.χλμ). Η αντίθεση αυτή οφείλεται στις ιδιαιτερότητες του Δήμου Ζωγράφου, καθώς το 40% της έκτασής του καταλαμβάνεται από δασικές εκτάσεις, το 17,7% αποτελεί έκταση με ειδικό πολεοδομικό καθεστώς (π.χ. Πολυτεχνειούπολη και Πανεπιστημιούπολη), το 2,9% αποτελεί χώρους ειδικού προορισμού (νεκροταφείο) και περίπου το 30% της συνολικής έκτασης του Δήμου θεωρείται οικιστική περιοχή και εντάσσεται εντός σχεδίου πόλεως. Η εικόνα που ακολουθεί απεικονίζει τις βασικές χρήσεις γης του Δήμου Ζωγράφου. (ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, 2015).



Εικόνα 5: Βασικές χρήσεις γης Δήμου Ζωγράφου.

Πηγή: Μπισαράκη, 2009, σελ. 32.

Παρότι υπάρχουν αρκετές εκτάσεις πρασίνου εντός του Δήμου, στο οικιστικό τμήμα του παρατηρείται έλλειψη πρασίνου καθώς σημειώνεται μικρός αριθμός πάρκων. Το γεγονός αυτό οφείλεται στους υψηλούς συντελεστές δόμησης και υψών κτηρίων για τη κάλυψη των αναγκών στέγασης του πληθυσμού λόγω ανυπαρξίας χώρου για επέκταση του σχεδίου πόλεως. Συνεπώς πρόκειται για Δήμο πυκνοδομημένο, με ψηλά κτήρια και έλλειψη χώρων στάθμευσης και πρασίνου, στο οικιστικό τμήμα του (Αλεξίου, 2017).

5.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΑ

Εξετάζοντας τους στόχους του Δήμου σχετικά με τη διαχείριση των ΑΣΑ, διαπιστώνεται το γεγονός ότι πρωταρχικό ρόλο έχει η υιοθέτηση στρατηγικής για τη πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων ενώ θέτει ποσοτικούς στόχους για την ανακύκλωση των ξηρών ανακυκλώσιμων υλικών και τη χωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι στόχοι του Δήμου και οι προτεινόμενες δράσεις (ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, 2015).

Πίνακας 1: Οι Στόχοι που θέτει ο Δήμος Ζωγράφου ανά παραγόμενο ρεύμα αποβλήτων			
ΡΕΥΜΑ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΣΤΟΧΟΣ	ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΣΤΟΧΟΣ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ
ΠΡΟΛΗΨΗ -Όλα τα ρεύματα	Ο Δήμος στοχεύει στην εκπόνηση και εφαρμογή ενός συνεκτικού στρατηγικού σχεδίου πρόληψης των αποβλήτων.		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Εφαρμογή μιας σειράς από προγράμματα που δύνανται να επιφέρουν μετρήσιμες βελτιώσεις στην πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων ➤ Ανάδειξη βέλτιστων πρακτικών που θα αποδεικνύουν τις ευκαιρίες και την εξοικονόμηση κόστους που είναι δυνατό να προκύψουν από την εφαρμογή δράσεων πρόληψης των αποβλήτων ➤ Ενθάρρυνση της ευρείας εφαρμογής των βέλτιστων πρακτικών σε όλους τους τομείς του δημόσιου (δημοτικές υπηρεσίες) και ιδιωτικού τομέα στα όρια του Δήμου.
Ξηρά ανακυκλώσιμα	<p>Ο Δήμος Ζωγράφου πιστεύει ότι πρέπει να συμβάλλει πλήρως, στο μερίδιο που του αναλογεί, στην επίτευξη των εθνικών στόχων ανακύκλωσης.</p> <p>Ο Δήμος υιοθετεί το στόχο που θέτει ο Ν.4042/2012 για ανακύκλωση 50% έως το έτος 2020.</p>	<p>3.538 τόνοι ξηρών ανακυκλώσιμων για το έτος 2020.</p> <p><i>Ο στόχος ποσοτικοποιείται, λαμβάνοντας υπόψη τη συνεισφορά της εμπορικής ανακύκλωσης (BEAS) στην επίτευξη των εθνικών στόχων</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Η ενίσχυση του υφιστάμενου δικτύου των μπλε κάδων, ➤ Η ειδική ενίσχυση του συστήματος χωριστής συλλογής γυαλιού, ➤ Η ανάπτυξη ενός κεντρικού Πράσινου Σημείου, ➤ Η ενίσχυση του δικτύου κάδων χωριστής συλλογής για το έντυπο χαρτί στους μεγάλους παραγωγούς, ➤ Η ανάπτυξη πολλαπλών πράσινων σημείων συλλογής με υπογειοποιημένους κάδους χωριστής συλλογής ανακυκλώσιμων (10 μπλοκ κάδων)
Βιοαπόβλητα	Ο Δήμος Ζωγράφου θέτει στόχο χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων 40% κ.β., με σταδιακή επίτευξη του στόχου έως το 2020 και σταθεροποίησή του έως το 2025	4.501 τόνοι βιοαποβλήτων για το έτος 2020.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Εκτροπή μέσω της οικιακής κομποστοποίησης. ➤ Εκτροπή μέσω χωριστής συλλογής και κομποστοποίησης των πράσινων αποβλήτων. ➤ Εκτροπή μέσω χωριστής συλλογής των βιοαποβλήτων κουζίνας, <ul style="list-style-type: none"> ○ Υιοθέτηση και υλοποίηση του «Σεναρίου Επίτευξης Στόχων - Σ1»: χωριστή συλλογή και κομποστοποίηση το 2020, 2.802 τόνοι/έτος βιοαπόβλητα κουζίνας.

Σχήμα 12: Στόχοι που θέτει ο Δήμος Ζωγράφου για τα ΑΣΑ.

Πηγή: ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, σελ. 5.

Όλα τα στοιχεία που αναφέρονται σε αυτό το κεφάλαιο προήλθαν από το ΤΣΑΔΑ του Δήμου Ζωγράφου και τον Αντιδήμαρχο καθαριότητας. Τα στοιχεία που αναφέρονται συγκεκριμένα στις ποσότητες των ΑΣΑ προέρχονται από το ΤΣΑΔΑ του Δήμου και από ζυγολόγια που διέθετε η υπηρεσία καθαριότητας του Δήμου και αφορούν το χρονικό διάστημα μεταξύ 2011 και 2017. Όσον αφορά τις παραγόμενες ποσότητες, παρατηρείται αρκετά μεγάλη μείωση μεταξύ 2011 (29.901,88 τόνοι) και 2017 (25.127,81), της τάξεως του 16%, ενώ η μεγαλύτερη ετήσια μεταβολή παρατηρείται μεταξύ 2011 και 2012 (περίπου 11%), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 13: Παραγόμενες ποσότητες ΑΣΑ Δήμου Ζωγράφου μεταξύ 2011 και 2017 σε τόνους.

Πηγή: ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, ζυγολόγια Δήμου.

Μελετώντας τη διαχρονική εξέλιξη των ποσοτήτων των σύμμεικτων αποβλήτων που συλλέχθηκαν από τους πράσινους κάδους, εύκολα διαπιστώνει κανείς τη μεγάλη μεταβολή μεταξύ 2011 (26.596,08 τόνοι) και 2013 (22.479,84) η οποία ανέρχεται σε 15%. Από το 2014 και μετά παρατηρούνται μικρές αυξομειώσεις στις ποσότητες ενώ η συνολική μεταβολή της ποσότητας των σύμμεικτων για το υπό εξέταση χρονικό διάστημα είναι της τάξεως του 16%. Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται οι ποσότητες σύμμεικτων αποβλήτων που συλλέχτηκαν το χρονικό διάστημα μεταξύ 2011 και 2017.



Σχήμα 14: Ποσότητες σύμμεικτων αποβλήτων που συλλέχθηκαν από πράσινους κάδους μεταξύ 2011 και 2017 σε τόνους.

Πηγή: ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, ζυγολόγια Δήμου.

Όσον αφορά τα ανακυκλώσιμα υλικά που συλλέχθηκαν από τους μπλε κάδους, αύξηση των ποσοτήτων τους παρατηρούνται μόνο τα έτη 2014 και 2015, με τη μεγαλύτερη μεταβολή μεταξύ 2013 (2.148 τόνοι) και 2014 (3.114 τόνοι). Μεταξύ 2011 και 2017 καταγράφεται μείωση κατά 20% των ποσοτήτων που συλλέχθηκαν.



Σχήμα 15: Ποσότητες ανακυκλώσιμων υλικών σε τόνους που συλλέχθηκαν από τους μπλε κάδους μεταξύ 2011 και 2017.

Πηγή: ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, ζυγολόγια Δήμου.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις παρατηρείται μείωση των ποσοτήτων μεταξύ 2011 και 2017, γεγονός που οφείλεται σε κάποιο βαθμό στις δύσκολες οικονομικές συνθήκες που βιώνουν οι πολίτες. Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ποσότητες και τα ποσοστά (%) των ΑΣΑ ανά τεχνική διαχείρισης το χρονικό διάστημα μεταξύ 2011 και 2017.

ΕΤΟΣ	ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ			ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΣΑ
	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ	ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣ ΧΥΤΑ		
2011	26596,08 (89%)	1254 (4%)	27850,08 (93%)	2051,8 (7%)	29901,88
2012	24108,01 (90%)	1083 (4%)	25191,01 (94%)	1452,51 (6%)	26643,52
2013	22479,84 (91%)	1319,78 (6%)	23799,62 (97%)	828,35 (3%)	24627,97
2014	22695,84 (88%)	1453 (6%)	24148,84 (94%)	1661 (6%)	25809,84
2015	22485,81 (88%)	1616,59 (7%)	24102,4 (95%)	1583,41 (5%)	25685,81
2016	22736,05 (88%)	1730,5 (7%)	24466,55 (95%)	1346,5 (5%)	25813,05
2017	22396,41 (89%)	1512,27 (6%)	23908,68 (95%)	1129,73 (5%)	25038,41

Πίνακας 5: Ποσότητες σε τόνους και ποσοστά ΑΣΑ ανά τεχνική διαχείρισης.

Πηγή: ΤΣΑΔΑ Δήμου Ζωγράφου, ζυγολόγια Δήμου.

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το ποσοστό των αποβλήτων που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ για κάθε έτος, το οποίο ξεπερνά το 90%. Αντίθετα, τα ποσοστά ανακύκλωσης είναι ιδιαίτερα χαμηλά καθώς κυμαίνονται μεταξύ 3% και 7%. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που προκαλεί εντύπωση είναι ο μεγάλος αριθμός προσμίξεων που παρατηρείται στους μπλε κάδους, ο οποίος μάλιστα για το έτος 2013 ήταν αρκετά μεγαλύτερος από τον αριθμό των αποβλήτων που ανακυκλώθηκαν. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στην αδιαφορία ή/και στην απροσεξία των δημοτών καθώς και στους ανθρώπους που συλλέγουν τα ανακυκλώσιμα υλικά από τους μπλε κάδους με στόχο το οικονομικό όφελος από τη πώληση των υλικών, οι οποίοι επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το συσχετισμό μεταξύ προσμίξεων και ανακυκλώσιμων υλικών διότι μειώνεται η ποσότητα των ανακυκλώσιμων και μειώνεται το ποσοστό τους επί του συνόλου αλλά ενώ μένει σταθερή η ποσότητα των προσμίξεων, αυξάνεται το ποσοστό τους επί του συνόλου.

Για το προσδιορισμό της σύνθεσης των ΑΣΑ απαιτείται συστηματική έρευνα και δειγματοληψίες αλλά ο Δήμος Ζωγράφου, όπως και οι περισσότεροι Δήμοι της

χώρας, δεν διαθέτουν αυτά τα στοιχεία καθώς δεν πραγματοποιηθεί οι απαιτούμενες ενέργειες. Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τη σύνθεση των ΑΣΑ με βάση τα στοιχεία που δημοσίευσε ο Ειδικός Διαβαθμιδικός Σύνδεσμος Νομού Αττικής (ΕΔΣΝΑ) στο έγγραφο με τίτλο: «*Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων της Αττικής (Νέο ΠΕΣΔΑ)*».

ΥΛΙΚΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ (ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ)
ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΑ	43,60%	10916,74
ΧΑΡΤΙ/ΧΑΡΤΟΝΙ	28,10%	7035,79
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	13%	3254,99
ΜΕΤΑΛΛΑ	3,30%	826,26
ΓΥΑΛΙ	3,40%	851,3
ΛΟΙΠΑ	8,60%	2153,3
ΣΥΝΟΛΟ	100%	25038,41

Πίνακας 6: Ποσοστιαία και ποσοτική σύνθεση των ΑΣΑ για το Δήμο Ζωγράφου το 2017.

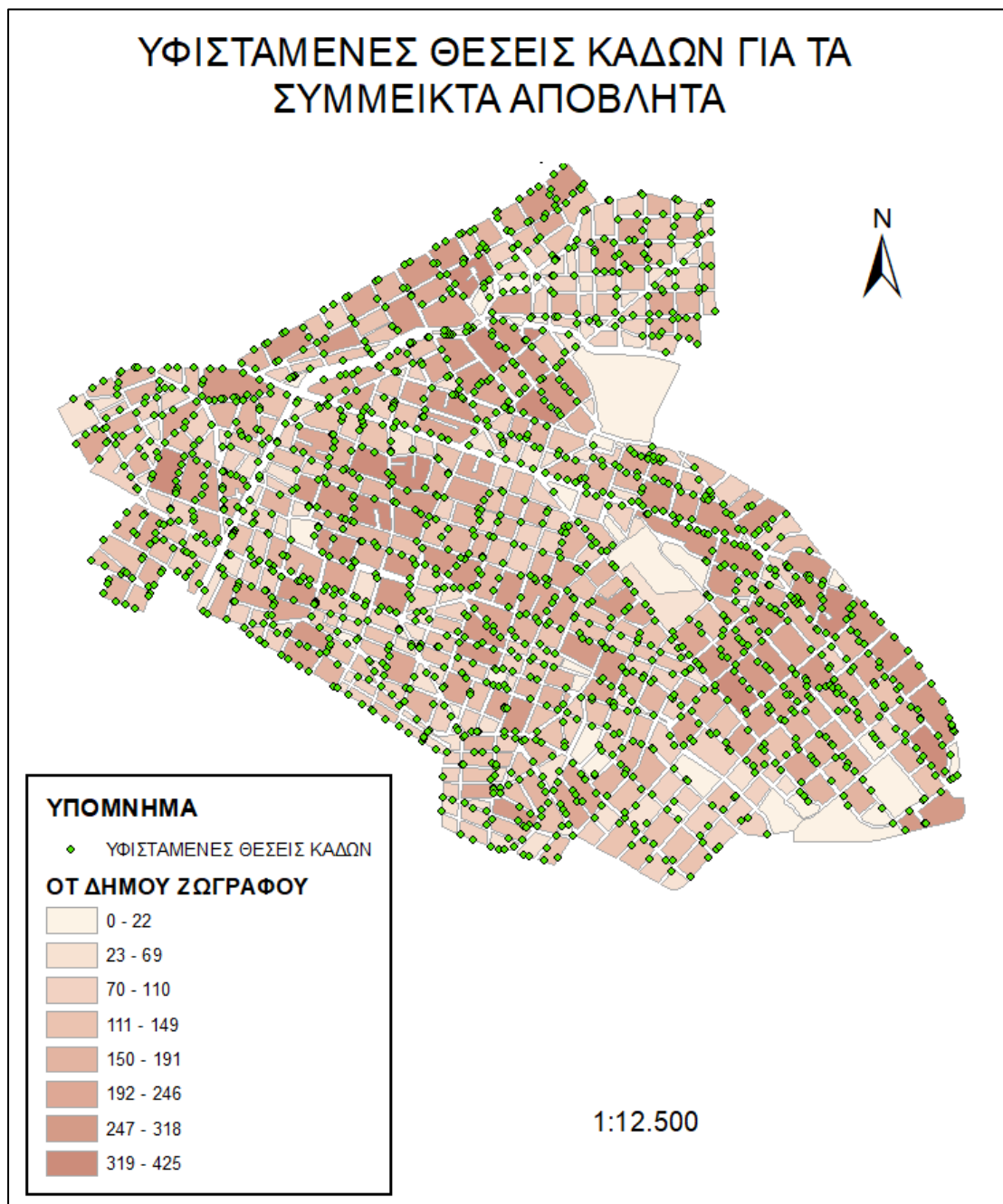
Πηγή: ΕΔΣΝΑ, 2019.

Εξετάζοντας τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα βιοαπόβλητα «κυριαρχούν» καθώς αποτελούν σχεδόν το μισό της συνολικής παραγόμενης ποσότητας των ΑΣΑ. Όσον αφορά τα ανακυκλώσιμα υλικά, το χαρτί – χαρτόνι και τα πλαστικά καταλαμβάνουν τις δυο πρώτες θέσεις ενώ τη μικρότερη ποσοστίαση παρουσιάζουν τα μέταλλα.

Το κτήριο όπου στεγάζεται η Διεύθυνση Καθαριότητας, Πρασίνου και Μηχανολογικού Εξοπλισμού βρίσκεται στην οδό Κουσίδα ενώ το αμαξοστάσιο των απορριμματοφόρων και των υπόλοιπων οχημάτων που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των αποβλήτων βρίσκεται μεταξύ του νεκροταφείου και της Πολυτεχνειούπολης. Τα απορρίμματα συλλέγονται με τη μέθοδο της αυτεπιστασίας ενώ δεν έχουν γίνει μετρήσεις για το προσδιορισμό της ποιοτικής σύστασης των ΑΣΑ.

Όσον αφορά τη προσωρινή αποθήκευση των απορριμμάτων, ο Δήμος διαθέτει 1496 κάδους χωρητικότητας 1100 λίτρων για τα σύμμεικτα απόβλητα (γκρι κάδοι) και 759 κάδους χωρητικότητας 1100 λίτρων για το σύνολο των αποβλήτων συσκευασιών (μπλε κάδοι) εντός της περιοχής μελέτης, δηλαδή του αμιγώς οικιστικού τμήματος του Δήμου. Επιπλέον, διαθέτει 14 κώδωνες, σε επιλεγμένες

θέσεις, για την ανακύκλωση γυαλιού. Στο χάρτη που ακολουθεί παρουσιάζονται τα οικοδομικά τετράγωνα ανά πληθυσμό και οι κάδοι για τα σύμμεικτα και ανακυκλώσιμα απόβλητα του Δήμου Ζωγράφου.



Χάρτης 1: Υφιστάμενες θέσεις κάδων.

Για τα απόβλητα συσκευασίας, έχει συνάψει σύμβαση συνεργασίας με την Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) ενώ εφαρμόζει ακόμη πρόγραμμα ανακύκλωσης για ρούχα, ελαστικά και ηλεκτρικές συσκευές σε

συνεργασία με το Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΣΕΔ), εκτός των ρούχων καθώς την ανακύκλωσή τους έχει αναλάβει ιδιωτική εταιρεία.

Η Διεύθυνση Καθαριότητας, Πρασίνου και Μηχανολογικού Εξοπλισμού διαθέτει προσωπικό 191 ατόμων, εκ των οποίων οι 138 απασχολούνται στο τμήμα καθαριότητας. Για την αποκομιδή των απορριμμάτων, ο Δήμος διαθέτει 16 απορριμματοφόρα, εκ των οποίων τα 8 χρησιμοποιούνται για σύμμεικτα απόβλητα και τα 4 για ανακυκλώσιμα (τα υπόλοιπα 4 είναι εφεδρικά). Επιπλέον διαθέτει 1 τράκτορα, 4 αντιαξονικά, 1 πλυντήριο κάδων, 1 υδροφόρο, 1 σάρωθρο, 4 ημιφορτηγά και 2 φορτωτές.

Δρομολόγια πραγματοποιούνται τις καθημερινές (πενθήμερο) σε όλη την έκταση του Δήμου, ωστόσο τα ΣΚ δρομολόγια πραγματοποιούνται μόνο στους κεντρικούς δρόμους. Χρησιμοποιείται σταθμός μεταφόρτωσης για το σύνολο των απορριμμάτων, ο οποίος βρίσκεται κοντά στο νεκροταφείο. Στη συνέχεια τα σύμμεικτα απόβλητα μεταφέρονται στο ΧΥΤΑ Φυλής ενώ τα ανακυκλώσιμα μεταφέρονται στο Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης Άνω Λιοσίων. Τέλος, το ποσό που πληρώνει ο Δήμος Ζωγράφου στον Ειδικό Διαβαθμιδικό Σύνδεσμο Νομού Αττικής ανέρχεται στα 49 ευρώ για κάθε τόνο απορριμμάτων.

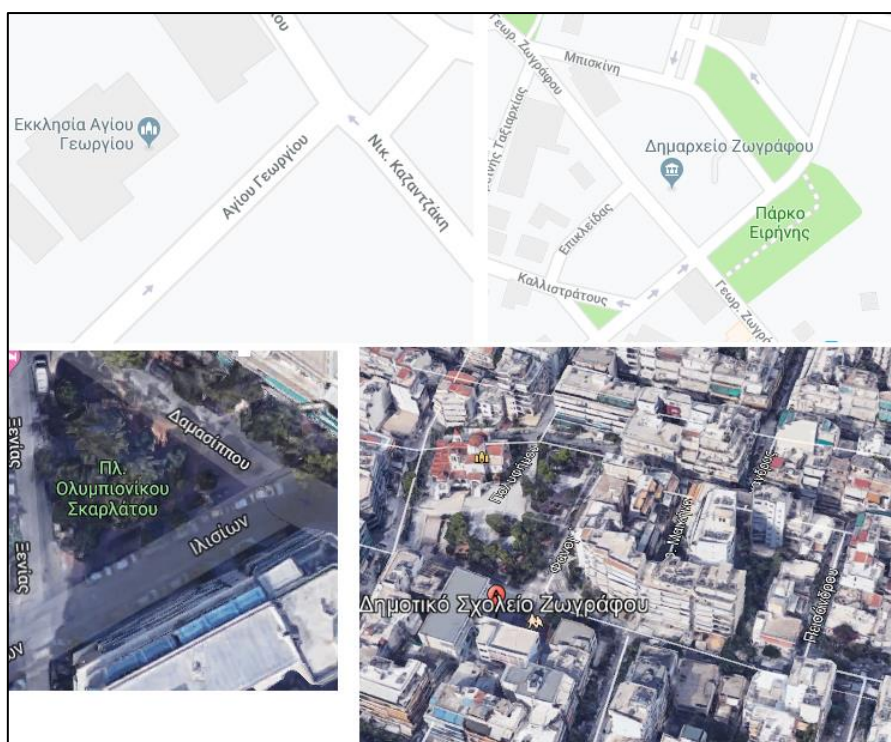
Εφόσον αναλύθηκε η υφιστάμενη κατάσταση στη περιοχή μελέτης, επόμενο βήμα είναι η δημιουργία όλων των απαραίτητων επιπέδων έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η χωροθέτηση και συγκεκριμένα των κέντρων ζήτησης, των πιθανών θέσεων χωροθέτησης και του δικτύου πάνω στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η χωροθέτηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο, εκτός από το πληθυσμό και τα χαρτογραφικά υπόβαθρα, χρησιμοποιούνται και στοιχεία για την οικονομική δραστηριότητα και συγκεκριμένα αριθμός κτηρίων ανά οικοδομικό τετράγωνο από τη τελευταία απογραφή της ΕΛ.ΣΤΑΤ. το 2011. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε το οικιστικό τμήμα του Δήμου Ζωγράφου λόγω της ιδιαιτερότητας ως προς τις κλίσεις του εδάφους και της ύπαρξης αρχείου με τις τωρινές θέσεις των κάδων.

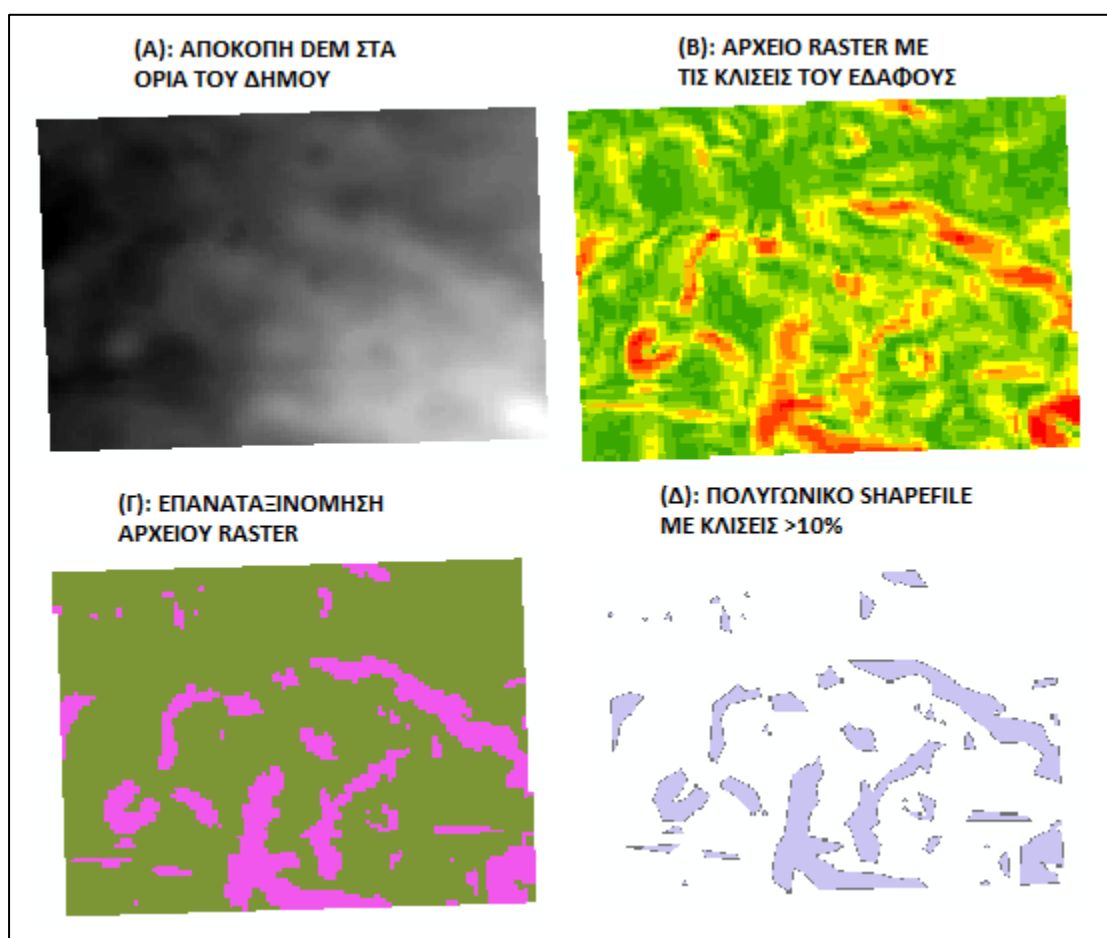
6.1 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, δημιουργούνται δυο ομάδες περιοχών αποκλεισμού (Α και Β). Αρχικά δημιουργείται ένα σημειακό shapefile με τα σχολεία, τις εκκλησίες, τα μουσεία και τις παιδικές χαρές, ένα πολυγωνικό shp με τα πάρκα, τις πλατείες και τις περιοχές πρασίνου και τέλος ένα πολυγωνικό shp με τα αδιέξοδα τμήματα. Για τον εντοπισμό των παραπάνω κτηρίων και εκτάσεων χρησιμοποιήθηκαν οι εφαρμογές Google Maps και Google Earth.



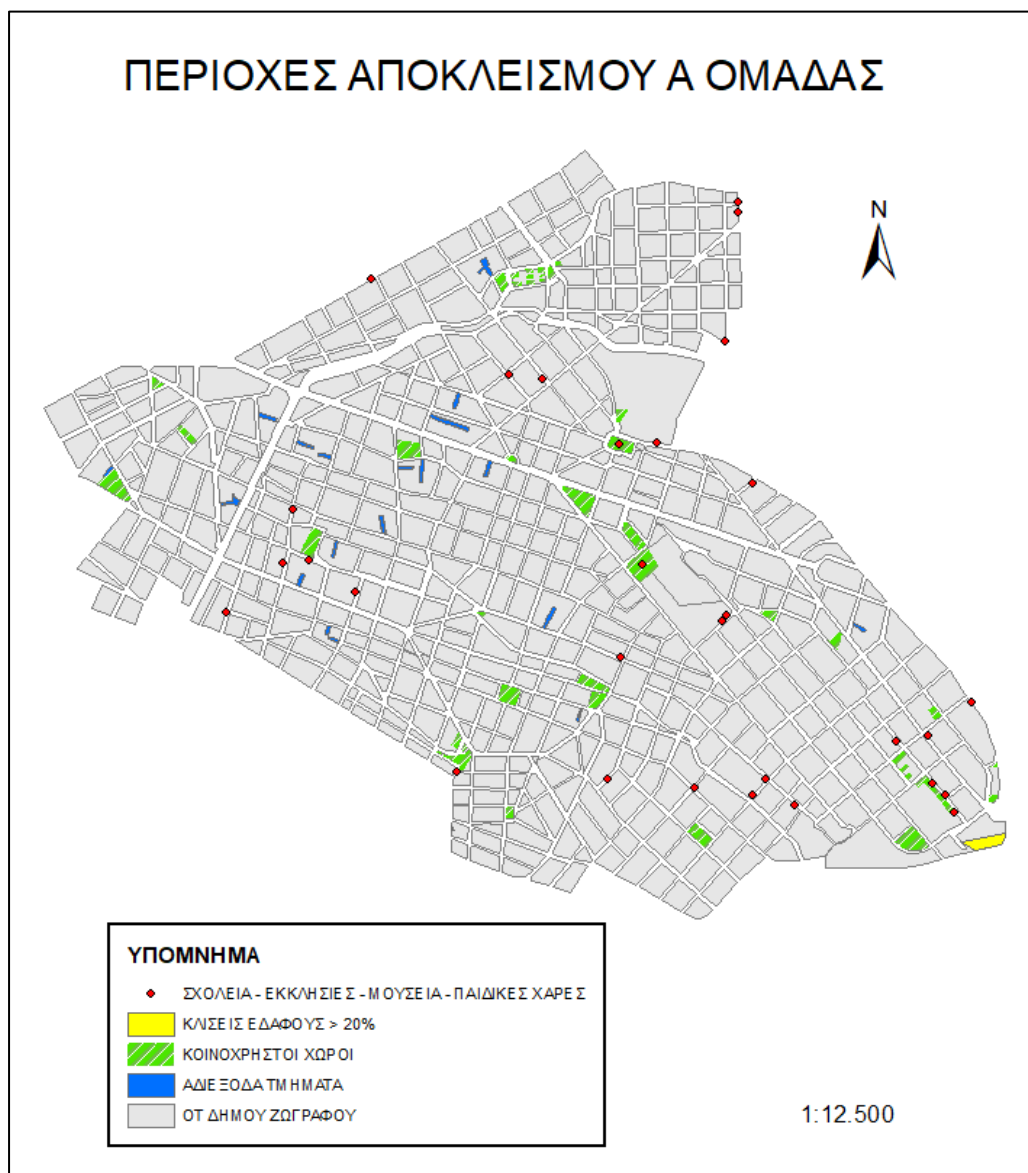
Εικόνα 6: Παραδείγματα εντοπισμού με τη χρήση των εφαρμογών Google Earth και Google Maps.

Στη συνέχεια δημιουργούνται τα πολυγωνικά αρχεία με τις κλίσεις του εδάφους πάνω από 10% και πάνω από 20% από το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους. Πρώτο βήμα είναι η αποκοπή του ΨΜΕ στα όρια του Δήμου (clip data management) και η αλλαγή του συστήματος αναφοράς του σε ΕΓΣΑ 87 (project raster, data management). Έπειτα δημιουργείται ψηφιδωτό αρχείο (raster) με τις κλίσεις του εδάφους (slope, spatial analyst) και πραγματοποιείται επαναταξινόμηση έτσι ώστε να δημιουργηθούν δύο κλάσεις που περιλαμβάνουν τις περιοχές με κλίση εδάφους μέχρι και 10% και τις περιοχές με κλίση μεγαλύτερη από 10% (reclassify spatial analyst). Τέλος το ψηφιδωτό αρχείο μετατρέπεται σε πολυγωνικό shp (raster to polygon) και από το πίνακα περιεχομένων (attribute table) επιλέγονται μόνο οι περιοχές με κλίση πάνω από 10% και εξάγονται ως νέο πολυγωνικό αρχείο. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιείται και για τις περιοχές με κλίση πάνω από 20%. Στη εικόνα που ακολουθεί απεικονίζονται τα βασικά στάδια δημιουργίας του επιπέδου με τις κλίσεις του εδάφους πάνω από 10%.



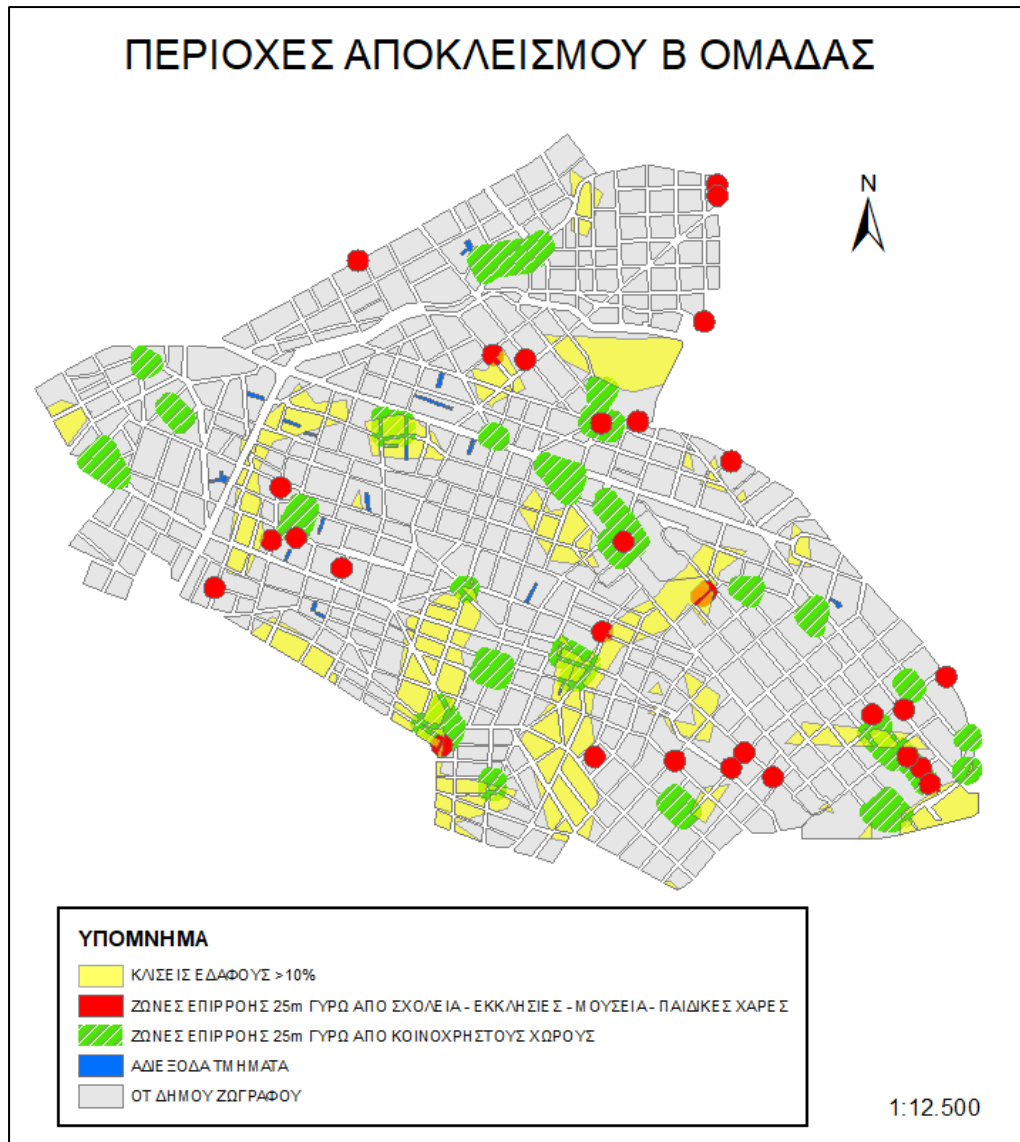
Εικόνα 7: Βασικά στάδια δημιουργίας shp με κλίσεις εδάφους >10% από το DEM.

Η Α ομάδα περιοχών αποκλεισμού αποτελείται από τις περιοχές με κλίση εδάφους πάνω από 20%, τα σχολεία, τις εκκλησίες, τα μουσεία, τις παιδικές χαρές, τους κοινόχρηστους χώρους και τα αδιέξοδα τμήματα του οδικού δικτύου. Ο χάρτης που ακολουθεί απεικονίζει τις περιοχές αποκλεισμού Α ομάδας.



Χάρτης 2: Περιοχές αποκλεισμού Α ομάδας κριτηρίων.

Για τη δημιουργία του αρχείου με τις περιοχές αποκλεισμού Β ομάδας απαιτείται η δημιουργία ζωνών επιρροής (buffer zone) 25 μέτρων περιμετρικά από το σχολεία, τις εκκλησίες, τα μουσεία, τις παιδικές χαρές, τα πάρκα, τις περιοχές πρασίνου και τέλος τις πλατείες. Στο χάρτη που ακολουθεί απεικονίζονται οι περιοχές αποκλεισμού Β ομάδας.



Χάρτης 3: Περιοχές αποκλεισμού Β ομάδας κριτηρίων.

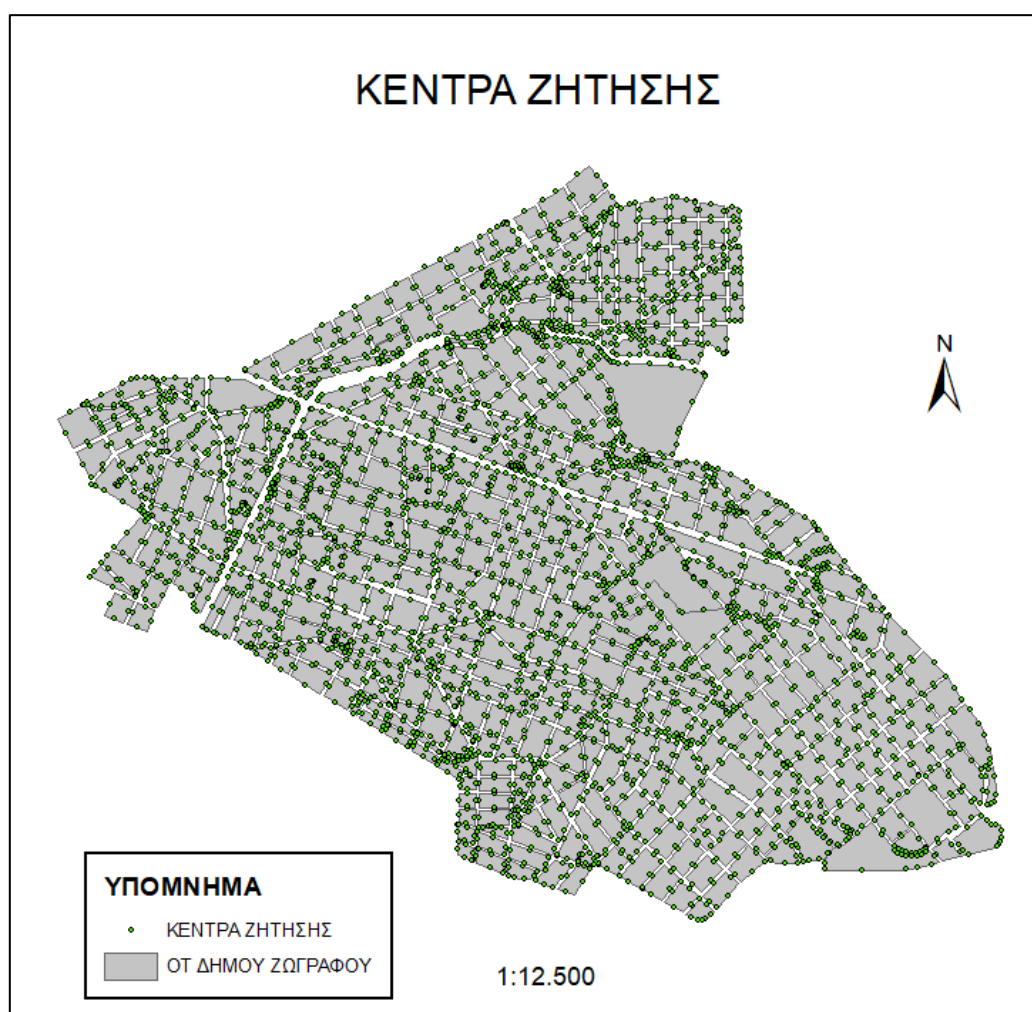
Από τους παραπάνω χάρτες είναι σαφές το γεγονός ότι η Β ομάδα κριτηρίων περιλαμβάνει πιο «αυστηρά» κριτήρια και συνεπώς εξαιρούνται από τη χωροθέτηση περιοχές μεγαλύτερης έκτασης.

6.2 ΚΕΝΤΡΑ ΖΗΤΗΣΗΣ (DEMAND POINTS)

Για τη δημιουργία των κέντρων ζήτησης αρχικά απαιτείται η εισαγωγή του μόνιμου πληθυσμού στο επίπεδο των οικοδομικών τετραγώνων (join) και η εισαγωγή του συντελεστή με βάση τον οποίο θα επαναυπολογιστεί ο πληθυσμός έτσι ώστε να συμπεριληφθεί και η οικονομική δραστηριότητα του Δήμου. Έπειτα δημιουργείται

νέα στήλη και επαναυπολογίζεται ο πληθυσμός, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο του μεθοδολογικού πλαισίου.

Στη συνέχεια το πολυγωνικό επίπεδο των ΟΤ μετατρέπεται σε γραμμικό (feature to line) και διασπάται σε επιμέρους τμήματα (split line at vertices), καθώς στο πλαίσιο της εργασίας αυτής δεν θεωρήθηκε αρκετό να δημιουργηθεί ένα σημείο ζήτησης για κάθε οικοδομικό τετράγωνο. Τέλος πραγματοποιείται καταμερισμός του πληθυσμού με βάση το μήκος των επιμέρους τμημάτων των ΟΤ (βλέπε κεφάλαιο μεθοδολογικού πλαισίου) και δημιουργούνται τα κέντρα ζήτησης.

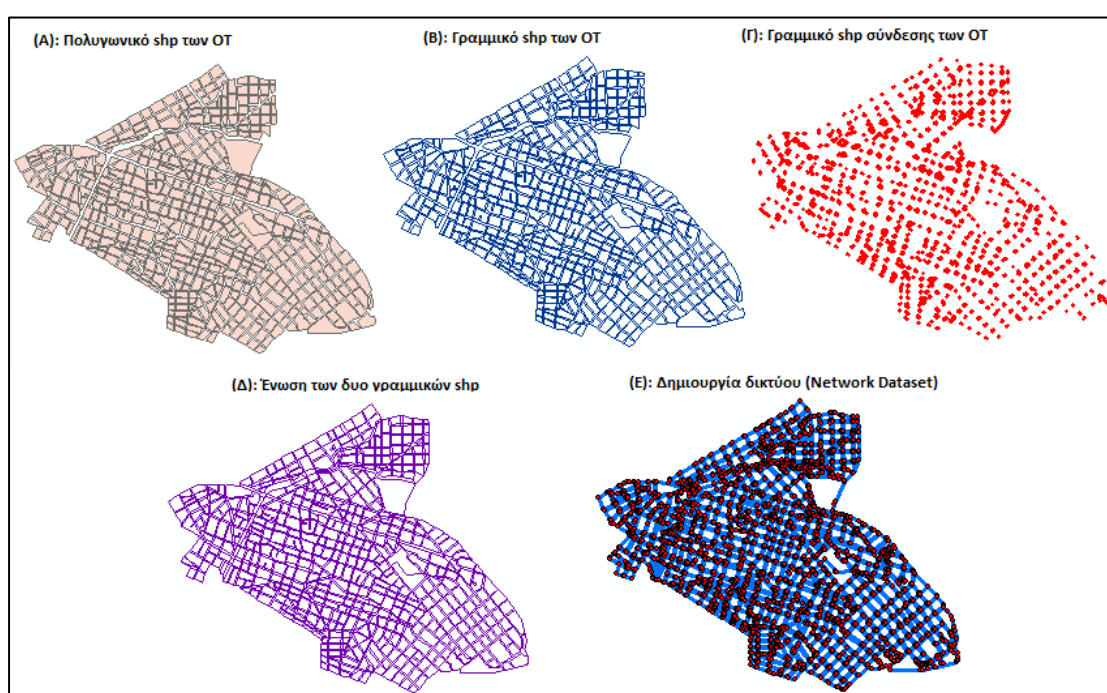


Χάρτης 4: Δημιουργία κέντρων ζήτησης (demand points).

Στο παραπάνω χάρτη απεικονίζονται οι θέσεις των 3.591 κέντρων ζήτησης (feature to point) ενώ ο πληθυσμός, όπως θεωρήθηκε για τις ανάγκες της εργασίας, ανέρχεται σε 75.993 κατοίκους.

6.3 ΔΙΚΤΥΟ (NETWORK DATASET)

Για τη δημιουργία δικτύου θα χρησιμοποιηθεί το επίπεδο των οικοδομικών τετραγώνων του Δήμου Ζωγράφου, το οποίο μετατρέπεται από πολυγωνικό σε γραμμικό. Στη συνέχεια θα πρέπει να διασπαστούν οι γραμμές σε μικρότερα τμήματα και να δημιουργηθεί το γραμμικό shp που θα συνδέει τα οικοδομικά τετράγωνα μεταξύ τους. Έπειτα ενώνονται (union) τα δυο γραμμικά επίπεδα και τέλος, με τη χρήση του Arc Catalog δημιουργείται το δίκτυο πάνω στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η χωροθέτηση (New Network Dataset).



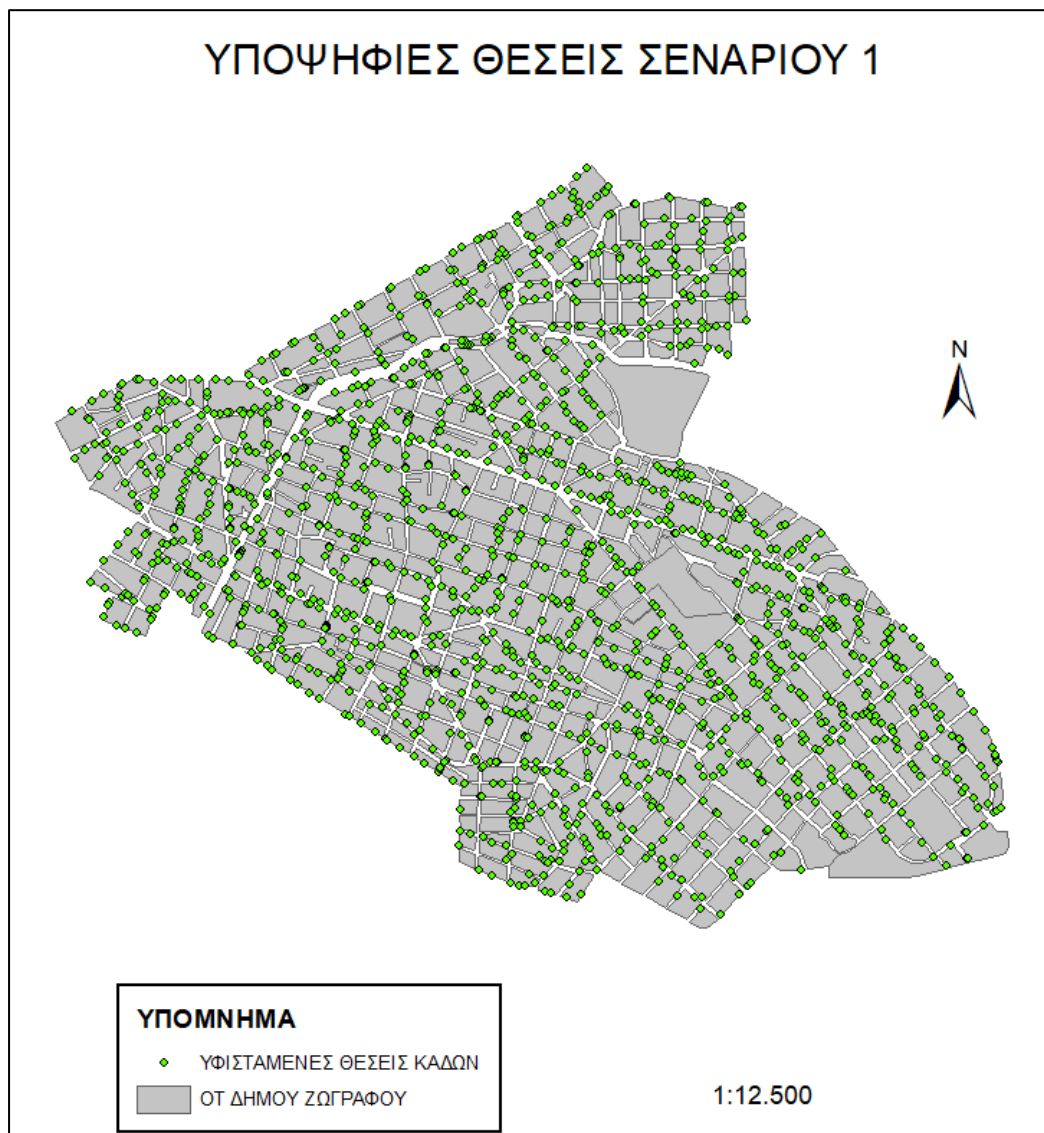
Εικόνα 8: Βασικά στάδια δημιουργίας δικτύου (network dataset).

Στη παραπάνω εικόνα περιγράφονται και απεικονίζονται τα βασικά στάδια δημιουργίας δικτύου (network dataset) όπως ακολούθηθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας.

6.4 ΥΠΟΨΗΦΙΕΣ ΘΕΣΕΙΣ (FACILITIES)

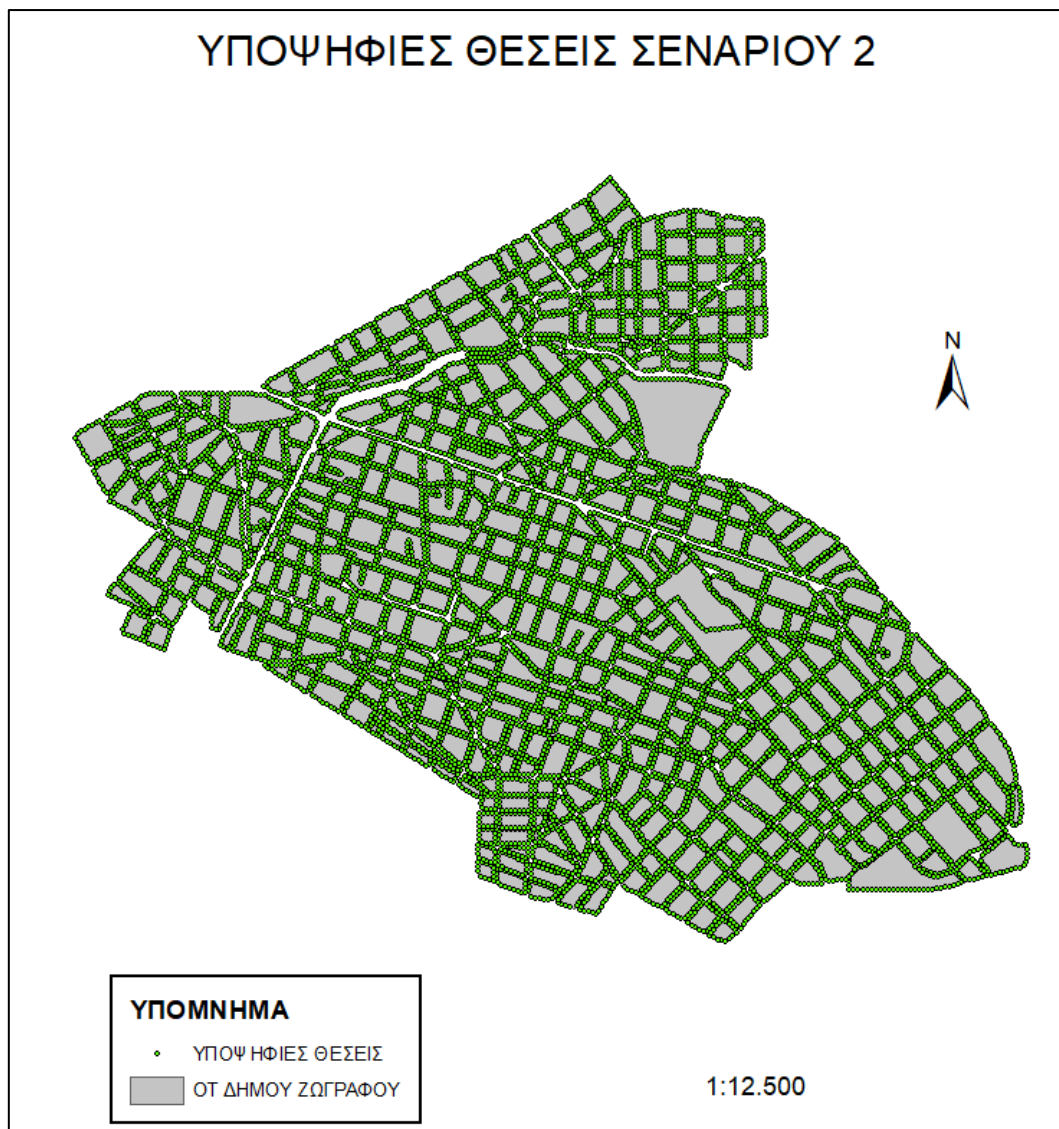
Οι υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης δημιουργούνται πάνω στο γραμμικό επίπεδο των οικοδομικών τετραγώνων (generate points along lines) και η απόσταση μεταξύ των σημείων είναι 10 μέτρα. Σε αυτό το σημείο υπενθυμίζεται το γεγονός ότι δημιουργούνται τέσσερα σενάρια, εκ των οποίων το πρώτο αφορά την υφιστάμενη

κατάσταση και συνεπώς ως υποψήφιες θέσεις ορίζονται οι 1496 τωρινές θέσεις των κάδων, οι οποίες απεικονίζονται στο χάρτη που ακολουθεί.



Χάρτης 5: Υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης 1^{ου} σεναρίου.

Το δεύτερο σενάριο περιλαμβάνει ελεύθερη χωροθέτηση σε όλη την έκταση του γραμμικού επιπέδου των οικοδομικών τετραγώνων, καθώς δεν λαμβάνεται υπ' όψιν κανένα κριτήριο αποκλεισμού. Δημιουργείται σημειακό shp με συνολικά 11.331 υποψήφιες θέσεις, οι οποίες απεικονίζονται στο χάρτη που ακολουθεί.



Χάρτης 6: Υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης 2^{ου} σεναρίου.

Στο τρίτο σενάριο πραγματοποιείται χωροθέτηση λαμβάνοντας υπ' όψιν τις περιοχές αποκλεισμού σύμφωνα με την Α ομάδα κριτηρίων. Αρχικά ενώνονται τα πολυγωνικά επίπεδα με τα αδιέξοδα τμήματα, τις περιοχές με κλίση εδάφους πάνω από 20% και τις πλατείες, τα πάρκα και τις περιοχές πρασίνου. Έπειτα δημιουργείται γραμμικό shp με τις κοινές περιοχές μεταξύ του ενοποιημένου πολυγωνικού επιπέδου και του γραμμικού επιπέδου των ΟΤ (intersect), το οποίο αφαιρείται από το γραμμικό shapfile των οικοδομικών τετραγώνων (symmetrical difference).

Στη συνέχεια δημιουργείται το σημειακό αρχείο με τις υποψήφιες θέσεις και εντοπίζονται τα κοινά σημεία του επιπέδου των υποψήφιων θέσεων και του σημειακού επιπέδου με τα σχολεία, τις εκκλησίες, τα μουσεία και τις παιδικές χαρές,

τα οποία αφαιρούνται από το επίπεδο με τις υποψήφιες θέσεις. Εν τέλει, προκύπτει σημειακό αρχείο με συνολικά 10.812 υποψήφιες θέσεις, οι οποίες παρουσιάζονται στο παρακάτω χάρτη.



Χάρτης 7: Υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης 3^{ου} σεναρίου.

Το τέταρτο σενάριο περιλαμβάνει χωροθέτηση λαμβάνοντας υπ' όψιν τις περιοχές αποκλεισμού όπως αυτές καθορίζονται από τη Β ομάδα κριτηρίων αποκλεισμού. Αρχικά ενώνονται τα πολυγωνικά επίπεδα με τις ζώνες επιρροής 25 μέτρων, τα αδιέξοδα τμήματα και τις περιοχές με κλίση εδάφους μεγαλύτερη από 10%. Έπειτα δημιουργείται γραμμικό shp με τις κοινές περιοχές μεταξύ του ενοποιημένου πολυγωνικού επιπέδου, που περιλαμβάνει τις περιοχές αποκλεισμού, και του γραμμικού επιπέδου των ΟΤ. Αποτέλεσμα είναι η δημιουργία σημειακού

αρχείου με συνολικά 8.142 υποψήφιες θέσεις, οι οποίες απεικονίζονται στο χάρτη που ακολουθεί.



Χάρτης 8: Υποψήφιες θέσεις χωροθέτησης 4^{ου} σεναρίου.

Από τους παραπάνω χάρτες γίνεται σαφές το γεγονός ότι στη περίπτωση του δεύτερου σεναρίου όπου δεν εφαρμόζονται κριτήρια αποκλεισμού παρατηρείται ο μεγαλύτερος αριθμός υποψήφιων θέσεων χωροθέτησης. Στη συνέχεια θα πραγματοποιηθεί ανάλυση των αποτελεσμάτων χωροθέτησης σε όλα τα σενάρια και θα επιλεγεί το βέλτιστο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΕΠΑΝΑΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΠΡΟΣΩΡΙΝΩΝ ΜΕΣΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

7.1 ΣΕΝΑΡΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ - ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ (OD COST MATRIX)

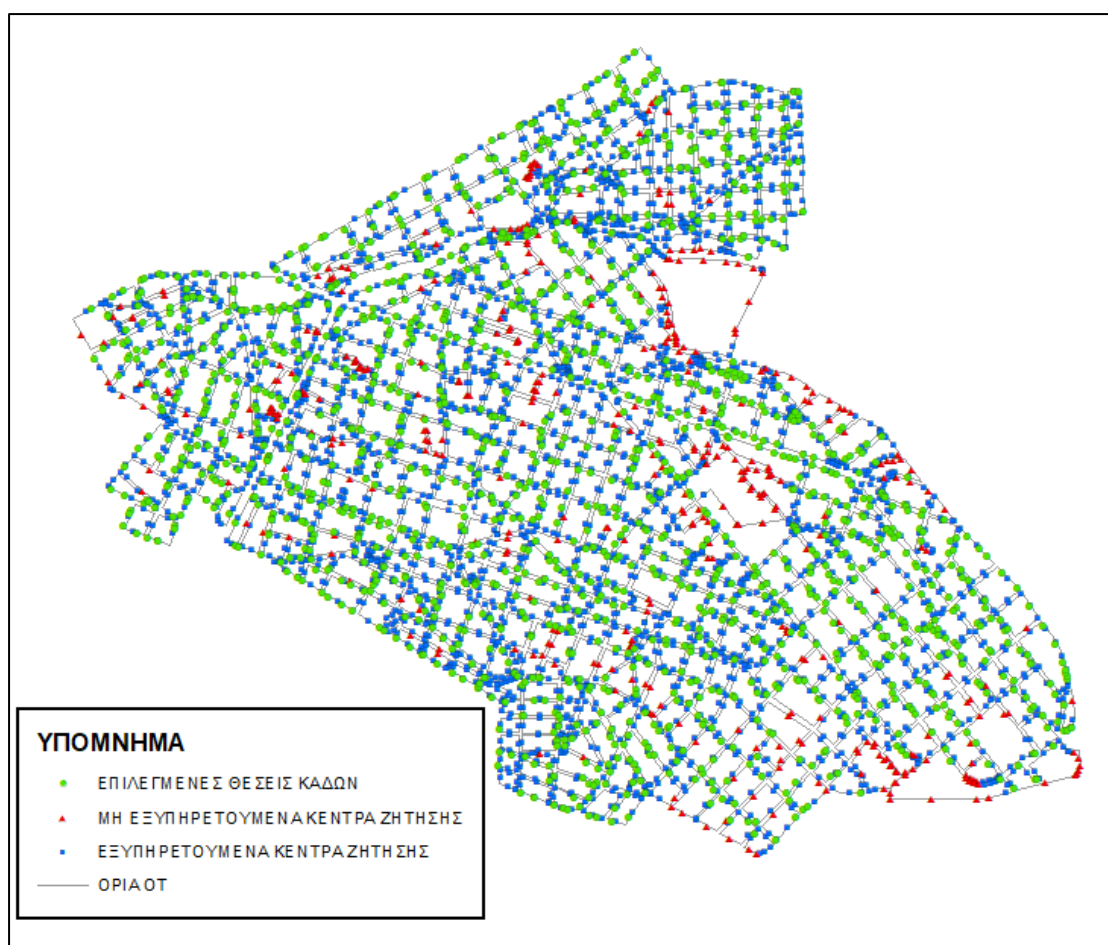
Για τη χωροθέτηση χρησιμοποιήθηκε η πρόσθετη εργαλειοθήκη ανάλυσης δικτύων (network analysis) του λογισμικού ArcGIS. Αρχικά δημιουργείται πίνακας ανάλυσης κόστους προέλευσης - προορισμού (Origin – Destination (OD) cost matrix) σε όλα τα σενάρια έτσι ώστε να εντοπιστούν οι ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ ζήτησης και προσφοράς. Ως απόσταση κάλυψης ορίζονται τα 200 μέτρα υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει κέντρο ζήτησης που να απέχει από το κοντινότερο υποψήφιο σημείο προσφοράς απόσταση μεγαλύτερη από 200 μέτρα. Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης θα καθορίσουν και την απόσταση κάλυψης της χωροθέτησης, καθώς εάν δηλωθεί απόσταση μικρότερη από την ελάχιστη απόσταση μεταξύ προσφοράς και ζήτησης δεν θα εξυπηρετηθεί κανένα κέντρο ζήτησης και συνεπώς η χωροθέτηση δεν θα έχει απολύτως κανένα νόημα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ OD COST MATRIX				
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4
	0,000101	0,000111	0,00036	0,000318

Πίνακας 7: Αποτελέσματα ανάλυσης κόστους προέλευσης - προορισμού.

Η υπόθεση που έγινε για την απόσταση κάλυψης ήταν σωστή, καθώς εξυπηρετούνται όλα τα σημεία ζήτησης σε όλα τα σενάρια. Οι ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ ζήτησης και προσφοράς είναι κατά πολύ μικρότερες του ενός μέτρου και συνεπώς μπορεί πλέον να πραγματοποιηθεί η χωροθέτηση. Σε όλα τα σενάρια πραγματοποιείται χωροθέτηση ίδιου αριθμού κάδων (1496) με ίδια απόσταση κάλυψης (50 μέτρα). Για τη δίκαιη – αντικειμενική σύγκριση των σεναρίων επιλέχθηκε ο τωρινός αριθμός κάδων ενώ η απόσταση των 50 μέτρων επιλέχθηκε διότι αποτελεί τη μέγιστη επιθυμητή απόσταση που θα πρέπει να διανύσουν οι δημότες στα πλαίσια της εργασίας αυτής.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1^ο: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



Εικόνα 9: 1^ο σενάριο χωροθέτησης.

Στο πρώτο σενάριο, από τη χωροθέτηση 1496 κάδων με απόσταση κάλυψης 50 μέτρα, εξυπηρετείτε το 88% του πληθυσμού ενώ δεν εξυπηρετούνται 421 κέντρα ζήτησης που αντιστοιχούν σε 8.895 άτομα. Επιπλέον, η μέση απόσταση ανέρχεται σε 21,38 μέτρα και η μέγιστη απόσταση σε 49,96 μέτρα. Όσον αφορά τη δυνατότητα εξυπηρέτησης κάθε κάδου (έως 240 κάτοικοι), μόνο σε μια περίπτωση υπερβαίνεται το όριο χωρητικότητας, καθώς εξυπηρετούνται 265 κάτοικοι ενώ υπάρχουν 194 κάδοι που δεν εξυπηρετούν κανένα κέντρο ζήτησης. Στη συνέχεια εντοπίζεται ο αριθμός και οι θέσεις των κάδων που εγκυμονούν κινδύνους για το τοπικό πληθυσμό και συγκεκριμένα όσοι βρίσκονται εντός ζωνών επιρροής 25 μέτρων περιμετρικά από σχολεία, εκκλησίες, παιδικές χαρές, πλατείες, πάρκα και περιοχές πρασίνου.

Εφόσον εξετάζεται το ζήτημα της ασφάλειας θεωρήθηκε ότι υφίστανται οι ίδιοι κίνδυνοι εάν δεν τοποθετηθεί κάδος ακριβώς μπροστά από ένα σχολείο ή ένα πάρκο αλλά σε απόσταση μικρή από αυτό (π.χ. 5 μέτρα) και για το λόγο αυτό

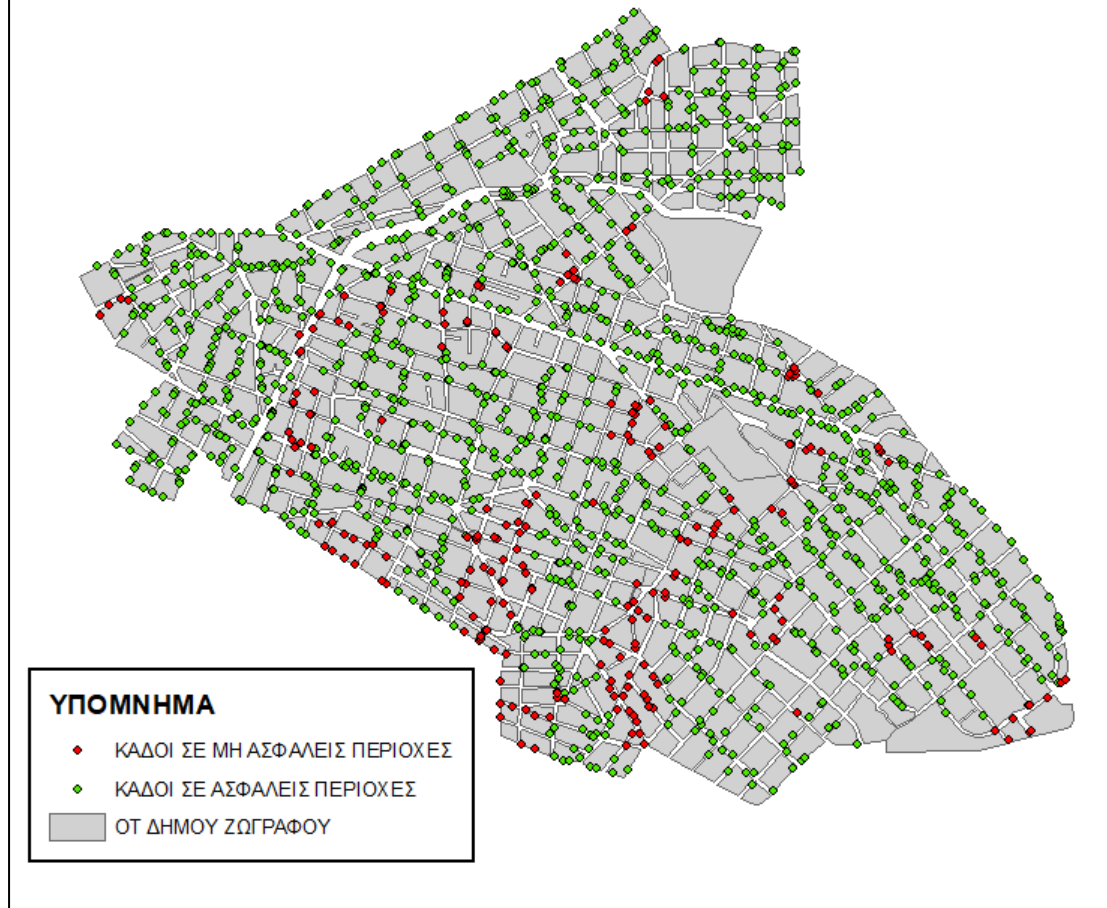
χρησιμοποιείται η ζώνη επιρροής των 25 μέτρων ως απόσταση ασφαλείας. Στη παρακάτω εικόνα απεικονίζονται οι κάδοι που χωροθετήθηκαν σε σημεία όπου δεν εξασφαλίζεται η ασφάλεια του πληθυσμού.



Εικόνα 10: Κατηγοριοποίηση κάδων 1^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του πληθυσμού.

Προκύπτει ότι 158 κάδοι που αντιστοιχούν στο 10,5% του συνολικού αριθμού κάδων βρίσκονται εντός των ζωνών επιρροής 25 μέτρων όπου δεν εξασφαλίζεται η ασφάλεια του πληθυσμού. Στη συνέχεια πραγματοποιείται παρόμοια διαδικασία με στόχο τον εντοπισμό των κάδων που βρίσκονται σε περιοχές επικίνδυνες για το προσωπικό αποκομιδής του απορριμματοφόρου. Ως μη ασφαλείς περιοχές ορίζονται τα αδιέξοδα τμήματα και οι περιοχές με κλίση εδάφους μεγαλύτερη από 10%.

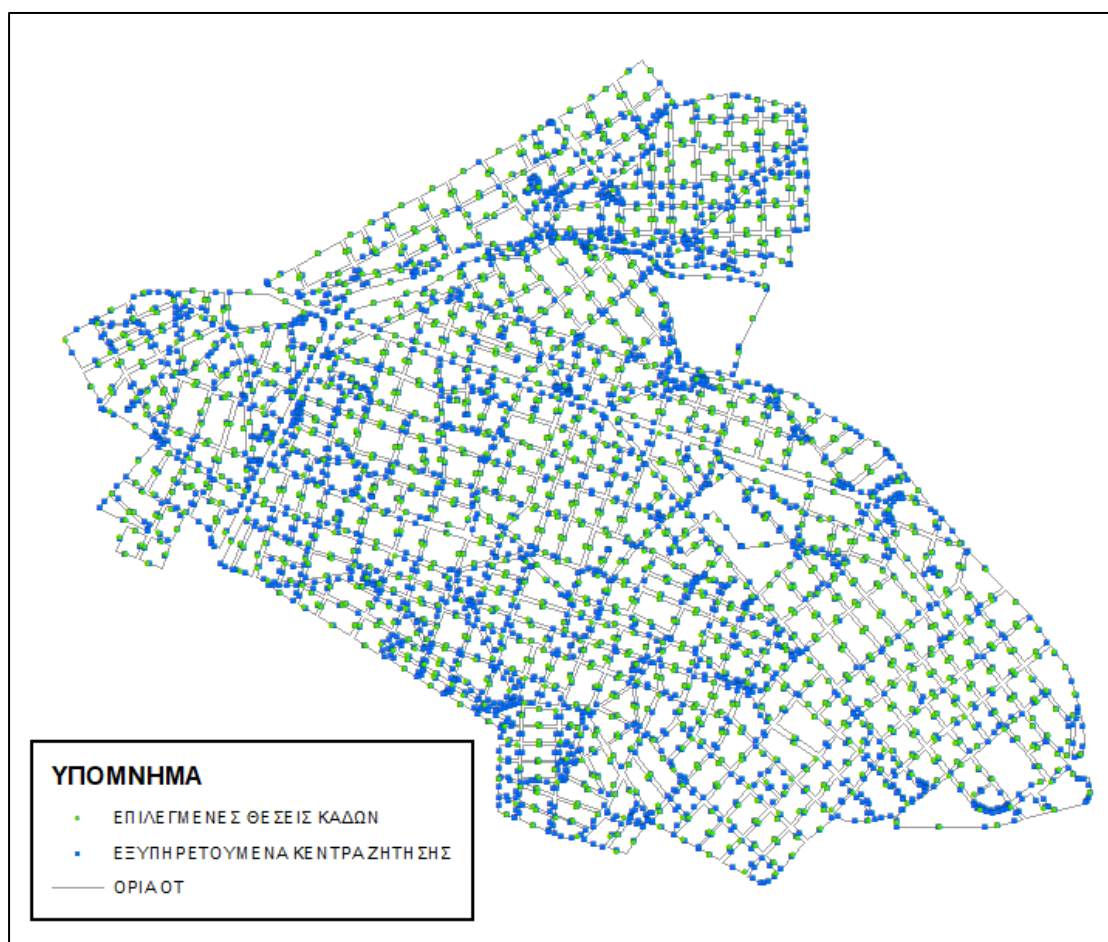
ΚΑΔΟΙ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 1 ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ



Εικόνα 11: : Κατηγοριοποίηση κάδων 1^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του προσωπικού αποκομιδής.

Στη παραπάνω εικόνα απεικονίζονται οι θέσεις των 231 κάδων που βρίσκονται σε επικίνδυνες περιοχές για το προσωπικό αποκομιδής και αντιστοιχούν στο 15,4% του συνολικού αριθμού.

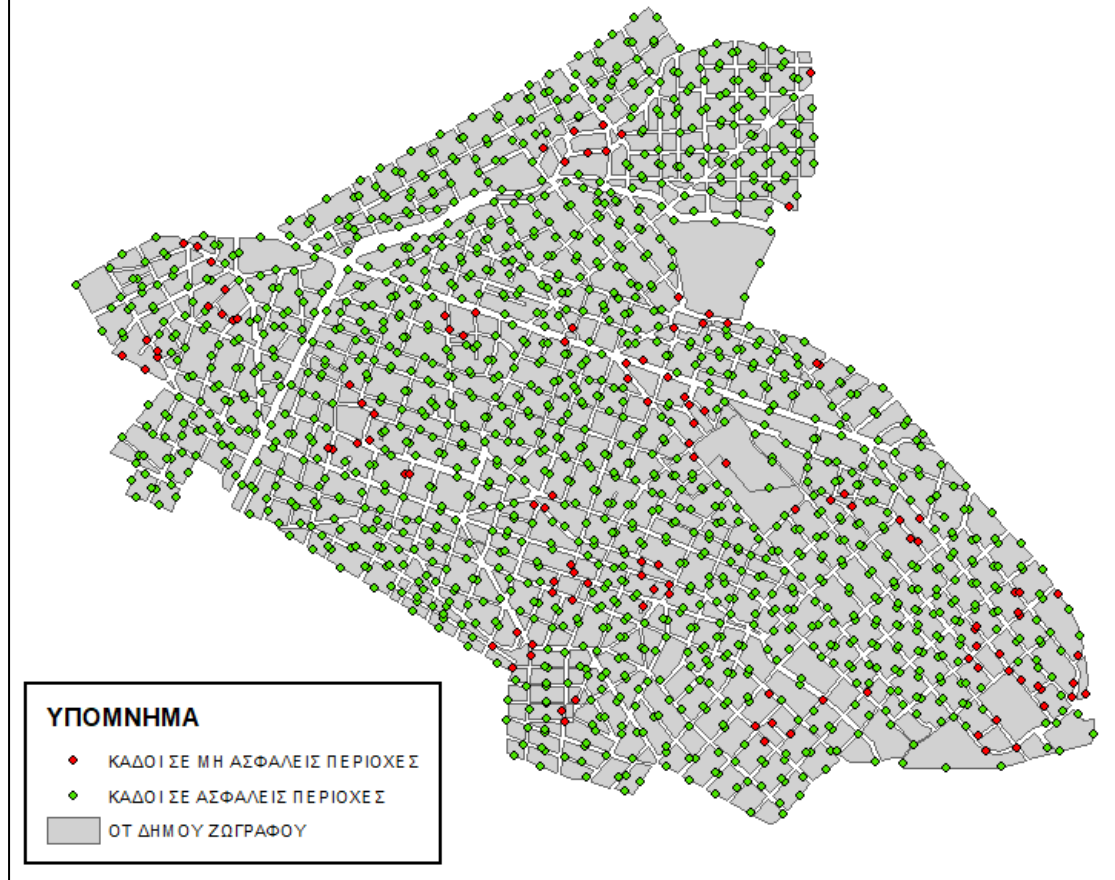
ΣΕΝΑΡΙΟ 2^ο: ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ



Εικόνα 12: 2^ο σενάριο χωροθέτησης.

Στο δεύτερο σενάριο, από τη χωροθέτηση 1496 κάδων με απόσταση κάλυψης 50 μέτρα, εξυπηρετούνται όλα τα κέντρα ζήτησης και συνεπώς το σύνολο του πληθυσμού. Όσον αφορά τις αποστάσεις, η μέση απόσταση είναι 16,96 μέτρα και η μέγιστη απόσταση ανέρχεται σε 49,93 μέτρα. Σε αυτή τη περίπτωση δεν υπάρχει κάδος που να εξυπηρετεί πάνω από 240 κατοίκους. Ακολουθεί εικόνα με τις θέσεις των κάδων που βρίσκονται σε μη ασφαλείς περιοχές όσον αφορά το πληθυσμό.

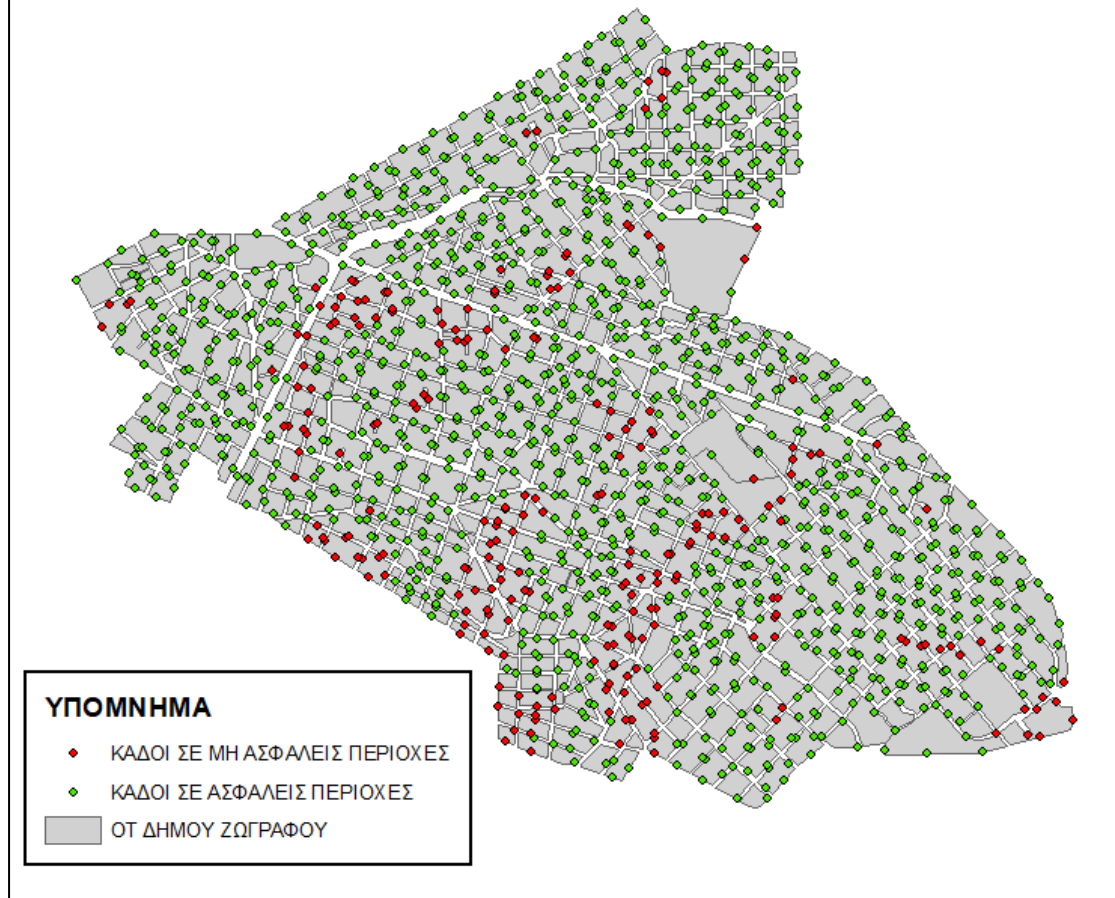
ΚΑΔΟΙ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2 ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ



Εικόνα 13: Κατηγοριοποίηση κάδων 2^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του πληθυσμού.

Από τη παραπάνω εικόνα προκύπτει ότι 135 κάδοι βρίσκονται σε περιοχές που δεν εξασφαλίζεται η ασφάλεια του πληθυσμού, αριθμός που αντιστοιχεί στο 9% του συνολικού αριθμού προσωρινών μέσω αποθήκευσης. Στη συνέχεια εντοπίζονται οι κάδοι που βρίσκονται σε μη ασφαλείς περιοχές όσον αφορά το προσωπικό αποκομιδής.

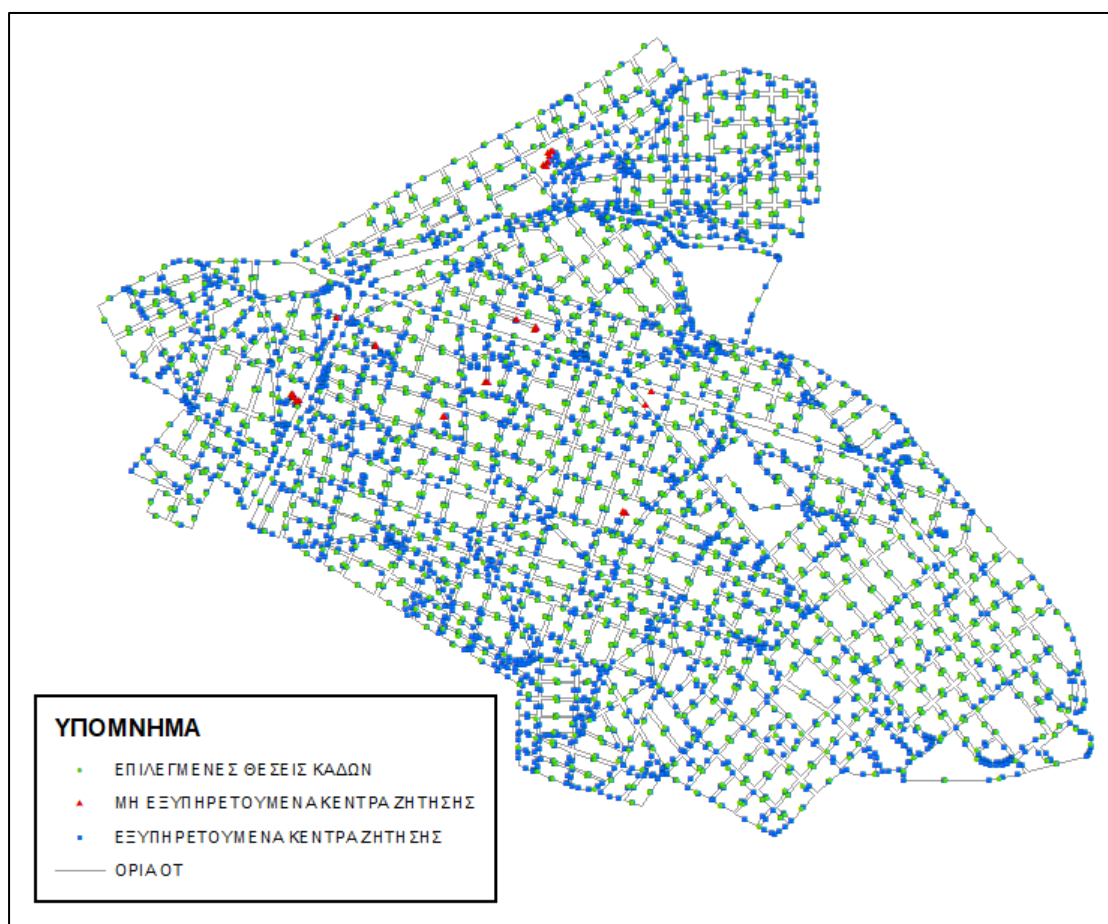
ΚΑΔΟΙ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 2 ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ



Εικόνα 14: Κατηγοριοποίηση κάδων 2^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του προσωπικού αποκομιδής.

Προκύπτει ότι 243 κάδοι, που αντιστοιχούν στο 16,2% του συνολικού αριθμού, βρίσκονται σε περιοχές όπου δεν εξασφαλίζεται η ασφάλεια του προσωπικού αποκομιδής.

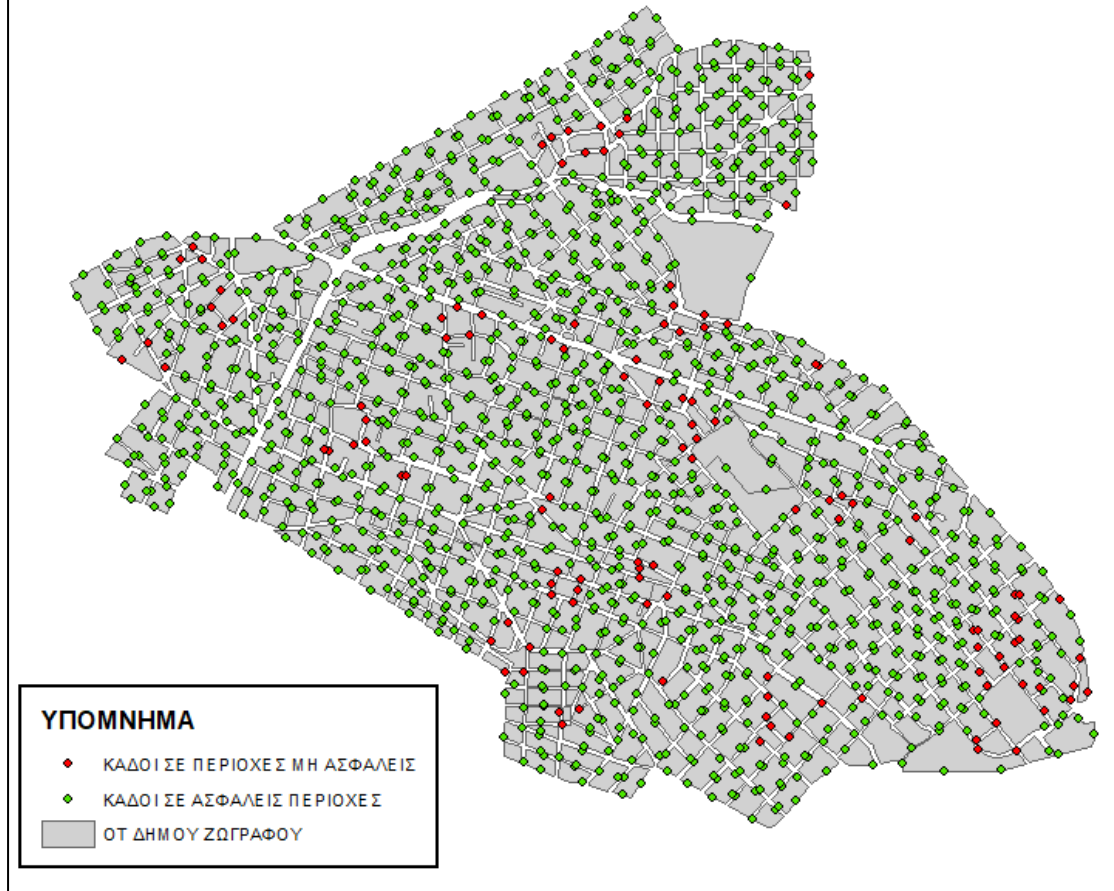
ΣΕΝΑΡΙΟ 3^ο: ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ Α ΟΜΑΔΑΣ



Εικόνα 15: 3^ο σενάριο χωροθέτησης.

Στο τρίτο σενάριο, από τη χωροθέτηση 1496 κάδων με απόσταση κάλυψης 50 μέτρα, εξυπηρετείται το 99,7% του πληθυσμού, ενώ δεν εξυπηρετούνται 32 κέντρα ζήτησης που αντιστοιχούν σε 164 άτομα. Η μέση απόσταση είναι 17,33 μέτρα ενώ η μέγιστη απόσταση είναι 49,99 μέτρα. Όσον αφορά τη δυνατότητα εξυπηρέτησης κάθε κάδου, δεν υπάρχει περίπτωση που να υπερβαίνεται το όριο χωρητικότητας. Στη συνέχεια εντοπίζεται ο αριθμός και οι θέσεις των κάδων που βρίσκονται σε μη ασφαλείς περιοχές, με γνώμονα την ασφάλεια του πληθυσμού.

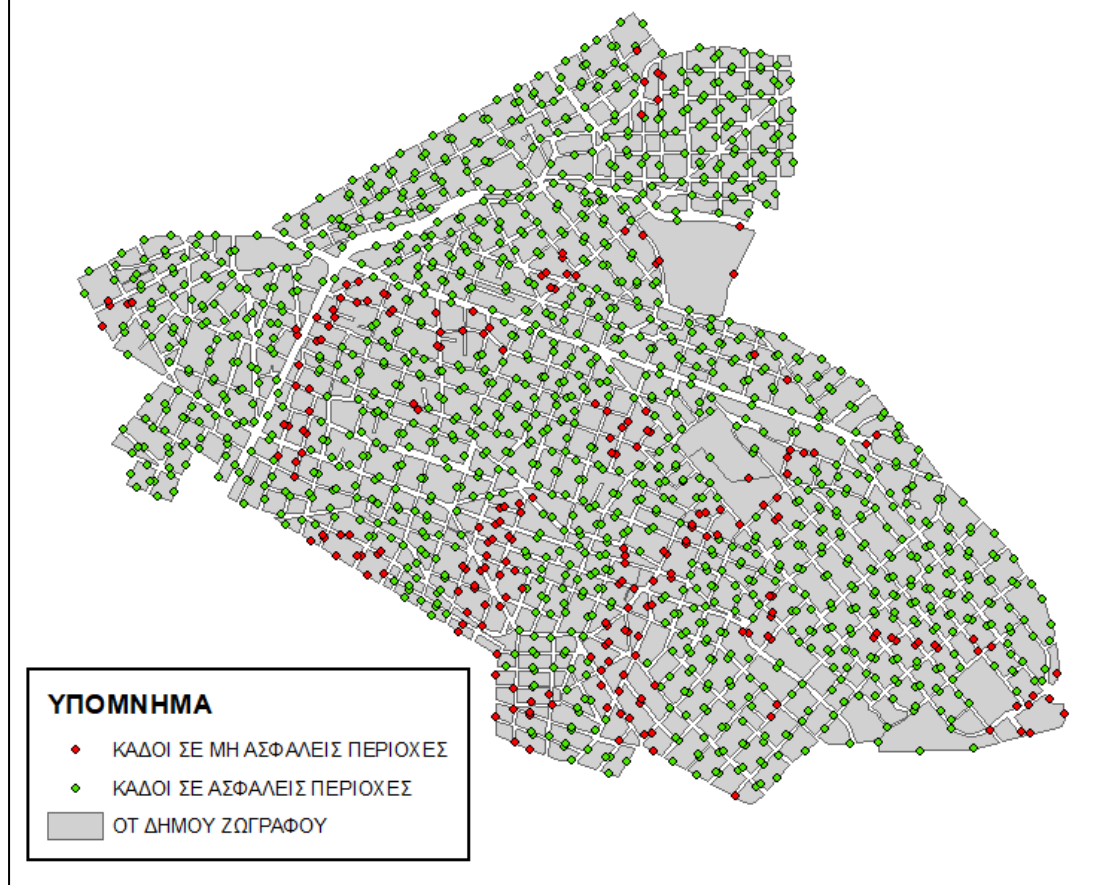
ΚΑΔΟΙ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3 ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ



Εικόνα 16: Κατηγοριοποίηση κάδων 3^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του πληθυσμού.

Σύμφωνα με τη παραπάνω εικόνα 137 κάδοι βρίσκονται σε περιοχές όπου δεν εξασφαλίζεται η ασφάλεια του πληθυσμού, αριθμός που αντιστοιχεί στο 9,1% του συνολικού αριθμού μέσων προσωρινής αποθήκευσης. Έπειτα εντοπίζονται οι κάδοι που βρίσκονται σε μη ασφαλείς περιοχές για το προσωπικό αποκομιδής.

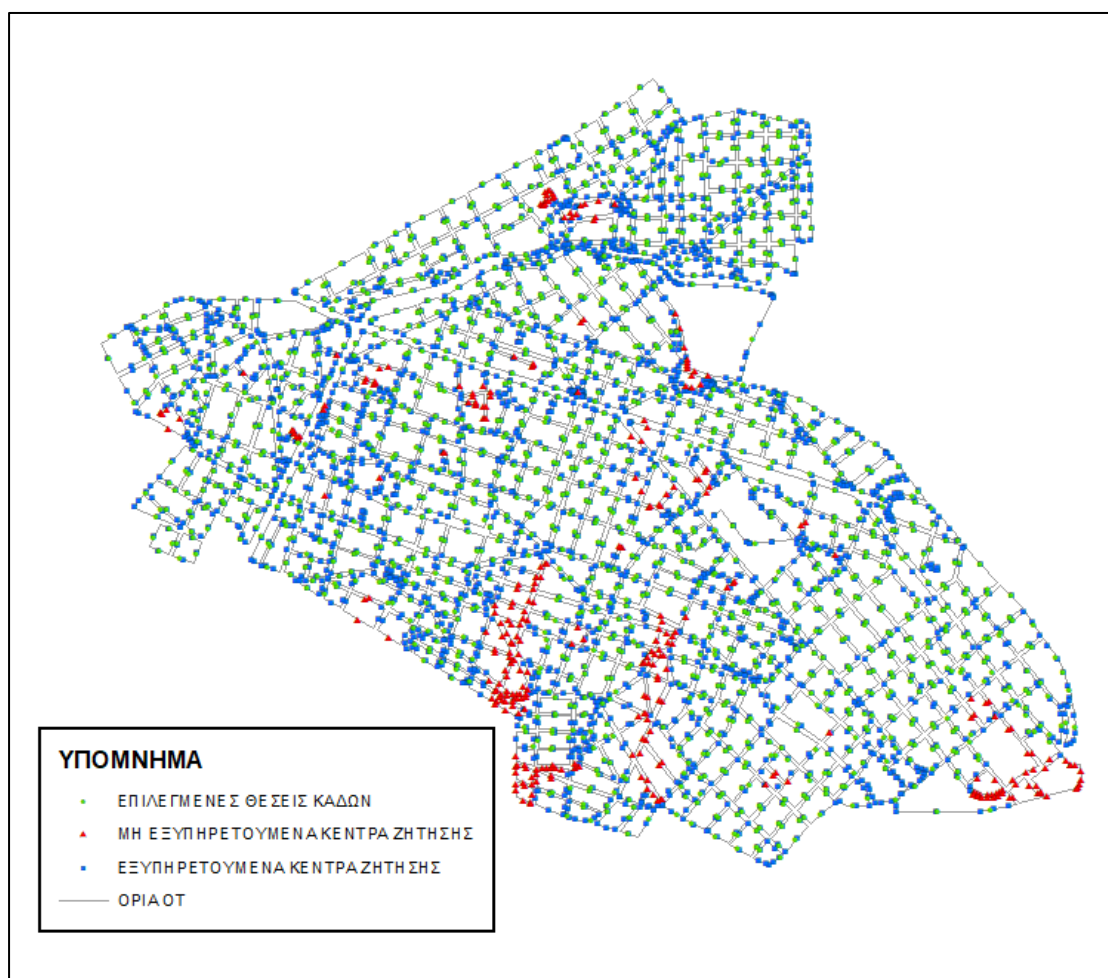
ΚΑΔΟΙ ΣΕΝΑΡΙΟΥ 3 ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ



Εικόνα 17: Κατηγοριοποίηση κάδων 3^{ου} σεναρίου ως προς την ασφάλεια του προσωπικού αποκομιδής.

Όπως προκύπτει και από τη παραπάνω εικόνα, 224 κάδοι βρίσκονται σε περιοχές όπου δεν εξασφαλίζεται η ασφάλεια του προσωπικού αποκομιδής, αριθμός που αντιστοιχεί στο 14,9% του συνολικού αριθμού κάδων που χωροθετήθηκαν.

ΣΕΝΑΡΙΟ 4^ο: ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ Β ΟΜΑΔΑΣ



Εικόνα 18: 4^ο σενάριο χωροθέτησης.

Στο τέταρτο σενάριο, από τη χωροθέτηση 1496 κάδων με απόσταση κάλυψης 50 μέτρα, εξυπηρετείται το 94,2% του συνολικού πληθυσμού, ενώ δεν εξυπηρετούνται 326 κέντρα ζήτησης που αντιστοιχούν σε 4.379 άτομα. Η μέση απόσταση είναι 17,04 μέτρα και η μέγιστη απόσταση είναι 49,97 μέτρα. Επιπλέον, δεν υπάρχει κάδος που να εξυπηρετεί πάνω από 240 κατοίκους.

Όσον αφορά την ασφάλεια του πληθυσμού και του προσωπικού αποκομιδής, δεν υπάρχει κάδος που να βρίσκεται σε μη ασφαλή περιοχή καθώς τόσο οι περιοχές εντός ζωνών επιρροής 25 μέτρων όσο και οι περιοχές με κλίση μεγαλύτερη από 10% και τα αδιέξοδα τμήματα εντάσσονται στις περιοχές αποκλεισμού Β ομάδας και συνεπώς είχαν εξαιρεθεί κατά τη δημιουργία των υποψήφιων θέσεων χωροθέτησης των κάδων.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΓΓΥΤΕΡΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (CLOSEST FACILITY)

Στη συνέχεια θα πρέπει να εντοπιστούν οι ελάχιστες αποστάσεις κάλυψης που απαιτούνται έτσι ώστε να εξυπηρετείται ο πληθυσμός στο σύνολό του, δηλαδή όλα τα κέντρα ζήτησης. Για να βρεθούν αυτές οι αποστάσεις, απαιτείται ανάλυση εγγύτερης εγκατάστασης (closest facility) έτσι ώστε να βρεθεί η απαιτούμενη απόσταση για τη κάλυψη του συνόλου του πληθυσμού. Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ CLOSEST FACILITY	
	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΣΥΝΟΛΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ (m)
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	178,68
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	101,37
ΣΕΝΑΡΙΟ 4	170,09

Πίνακας 8: Αποτελέσματα ανάλυσης εγγύτερης εγκατάστασης.

Για το δεύτερο σενάριο η απόσταση αυτή αποτελεί τη μέγιστη απόσταση κατά τη χωροθέτηση με απόσταση κάλυψης 50 μέτρων (49,93 μέτρα), εφόσον εξυπηρετούνται όλα τα κέντρα ζήτησης.

7.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η αξιολόγηση των σεναρίων πραγματοποιείται με την εφαρμογή πολύκριτηριακής ανάλυσης. Τα κριτήρια αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται είναι η μέση απόσταση, η ελάχιστη απόσταση που απαιτείται για την εξυπηρέτηση του συνόλου του πληθυσμού, η ασφάλεια του πληθυσμού, η ασφάλεια του προσωπικού αποκομιδής και τέλος η εξυπηρέτηση του πληθυσμού. Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα βασικότερα αποτελέσματα για όλα τα σενάρια.

	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4
ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	21,38	16,96	17,33	17,04
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ (m)	178,68	49,93	101,37	170,09
ΚΑΔΟΙ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΝΤΟΣ ΖΩΝΩΝ ΕΠΙΡΡΟΗΣ 25m	158 (10,5%)	135 (9%)	137 (9,1%)	0
ΚΑΔΟΙ ΕΝΤΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕ ΚΛΙΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ >10% ΚΑΙ ΑΔΙΕΞΟΔΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ	231 (15,4%)	243 (16,2%)	224 (14,9%)	0
ΠΟΣΟΣΤΟ (%) ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΠΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΕΙΤΑΙ (ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΚΑΛΥΨΗΣ 50m)	88%	100%	99,70%	94,20%

Πίνακας 9: Βασικότερα αποτελέσματα για όλα τα σενάρια.

Τη μικρότερη μέση απόσταση έχει το δεύτερο σενάριο, καθώς δεν εφαρμόστηκε κανένα κριτήριο αποκλεισμού ενώ η χειρότερη μέση απόσταση παρατηρείται στο πρώτο σενάριο. Όσον αφορά την ελάχιστη απόσταση εξυπηρέτησης του συνόλου του πληθυσμού, η καλύτερη επίδοση παρατηρείται και πάλι στο δεύτερο σενάριο ενώ τη χειρότερη επίδοση έχει το πρώτο σενάριο. Εξετάζοντας την ασφάλεια του πληθυσμού και του προσωπικού αποκομιδής, καλύτερο σενάριο και στις δύο περιπτώσεις είναι το τέταρτο σενάριο, καθώς οι μη ασφαλείς περιοχές είχαν αποκλειστεί από τη χωροθέτηση, ενώ τα χειρότερα σενάρια αποδεικνύονται το πρώτο και το δεύτερο, ως προς την ασφάλεια του πληθυσμού και του προσωπικού αποκομιδής αντίστοιχα.

Τέλος, όσον αφορά την εξυπηρέτηση του πληθυσμού, ως καλύτερο αναδεικνύεται το δεύτερο σενάριο, καθώς εξυπηρετείται το σύνολο της ζήτησης, ενώ χειρότερο είναι το πρώτο σενάριο. Συνεπώς, το σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης παρουσιάζει τις χειρότερες επιδόσεις σε τέσσερις από τους πέντε τομείς που εξετάστηκαν ενώ αντιθέτως πουθενά δεν αναδεικνύεται ως το βέλτιστο. Ως εκ τούτου, αποδεικνύεται η ανάγκη για επαναχωροθέτηση των μέσων προσωρινής αποθήκευσης για τα σύμμεικτα απορρίμματα.

Για την εφαρμογή της πολυκριτήριας ανάλυσης χρησιμοποιούνται τιμές από το 1 έως το 5, με τη μεγαλύτερη τιμή να αποτελεί τη βέλτιστη. Τα κριτήρια αξιολόγησης προκύπτουν από το παραπάνω πίνακα και οι τιμές από τις επιδόσεις των σεναρίων στους τομείς που εξετάστηκαν.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4
ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	2	5	3	4
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ	2	5	4	3
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ	2	4	3	5
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ	3	2	4	5
ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕΝΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	2	5	4	3
ΣΥΝΟΛΟ	11	21	18	20

Πίνακας 10: Τιμές για κάθε κριτήριο που εξετάζεται και για τα 4 σενάρια.

Με βάση τις τιμές του παραπάνω πίνακα, εάν δεν ληφθούν υπ' όψιν συντελεστές βαρύτητας, καλύτερο αναδεικνύεται το δεύτερο σενάριο που περιλαμβάνει ελεύθερη χωροθέτηση. Ωστόσο, επειδή δεν είναι όλα τα κριτήρια εξίσου σημαντικά, κρίνεται αναγκαία η χρήση συντελεστών βαρύτητας, ανάλογα με τη σημαντικότητα κάθε κριτηρίου.

Το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας ισούται με 100. Η ασφάλεια τόσο του πληθυσμού όσο και του προσωπικού αποκομιδής αποτελεί προτεραιότητα και για το λόγο αυτό ο συντελεστής ισούται με 25 για κάθε κριτήριο. Επίσης η μέση απόσταση και ο πληθυσμός που εξυπηρετείται από τη χωροθέτηση με απόσταση κάλυψης 50 μέτρων αφορούν το μεγαλύτερο τμήμα του πληθυσμού (από το 88% στο σενάριο 1 έως το 100% στο σενάριο 2) και συνεπώς ο συντελεστής ισούται με 20 για κάθε κριτήριο. Τέλος, όσον αφορά την ελάχιστη απόσταση κάλυψης, δίνεται ως συντελεστής βαρύτητας η τιμή 10, ο χαμηλότερος συντελεστής, διότι αφορά μικρό τμήμα του πληθυσμού που δεν εξυπηρετείται από τη χωροθέτηση με απόσταση κάλυψης τα 50 μέτρα (από το 12% στο σενάριο 1 έως 0% στο σενάριο 2). Οι τελικές

τιμές προκύπτουν από το πολλαπλασιασμό των τιμών που παρουσιάζονται στο παραπάνω πίνακα με τους αντίστοιχους συντελεστές βαρύτητας για κάθε σενάριο. Έπειτα αθροίζονται οι τελικές τιμές και ως βέλτιστο αναδεικνύεται το σενάριο με το μεγαλύτερο άθροισμα.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4
ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ	20 (15-25)	40	100	60	80
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ	10 (5-14)	20	50	40	30
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ	25 (20-30)	50	100	75	125
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗΣ	25 (21-30)	75	50	100	125
ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕΝΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	20 (15-24)	40	100	80	60
ΣΥΝΟΛΟ	100	225	400	355	420

Πίνακας 11: Τελικές τιμές από το γινόμενο των αρχικών τιμών με τους συντελεστές βαρύτητας για όλα τα σενάρια.

Όπως προκύπτει από τη εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης, βέλτιστο σενάριο αναδεικνύεται το 4^ο σενάριο που περιλαμβάνει χωροθέτηση λαμβάνοντας υπ' όψιν τα κριτήρια αποκλεισμού Β ομάδας. Δεύτερο καλύτερο σενάριο, με μικρή διαφορά, είναι το 2^ο σενάριο στο οποίο δεν λαμβάνεται υπ' όψιν κανένα κριτήριο αποκλεισμού ενώ χειρότερο είναι το 1^ο σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης.

Οι τιμές στις παρενθέσεις στη στήλη με τους συντελεστές βαρύτητας αντιπροσωπεύουν τη μεταβολή των συντελεστών προκειμένου να διαπιστωθεί εάν εξακολουθεί το 4^ο σενάριο να αναδεικνύεται ως το βέλτιστο. Ελέγχθησαν μεταβολές μεταξύ +5 και -5 για κάθε συντελεστή σε όλα τα κριτήρια και το εύρος τιμών που παρουσιάζεται στις παρενθέσεις δεν επιφέρει αλλαγή του αποτελέσματος.

Στις περιπτώσεις όπου ο συντελεστής βαρύτητας της μέσης απόστασης, της ελάχιστης απόστασης για την εξυπηρέτηση όλων των κέντρων ζήτησης και της ασφάλειας του προσωπικού αποκομιδής μεταβληθεί σε 25, 14 και 21 αντίστοιχα, παρατηρείται ισοβαθμία μεταξύ του 2^{ου} και του 4^{ου} σεναρίου. Σε αυτή τη περίπτωση, την επιλογή κάνει ο ερευνητής και εγώ, υπό το ρόλο του ερευνητή, θα επέλεγα το 4^ο

σενάριο διότι εξασφαλίζεται στο μέγιστο δυνατό βαθμό η ασφάλεια τόσο του πληθυσμού όσο και του προσωπικού αποκομιδής. Συνεπώς, και στις περιπτώσεις ισοβαθμίας, δεν διαφοροποιείται το αποτέλεσμα.

7.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΚΑΔΩΝ

Εφόσον αναδείχτηκε το βέλτιστο σενάριο χωροθέτησης όσον αφορά τις περιοχές στις οποίες θα δημιουργηθούν οι πιθανές θέσεις των κάδων, θα πρέπει να εξεταστεί ο αριθμός των κάδων. Όπως αποδείχτηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, απαιτούνται τουλάχιστον 400 κάδοι για τη κάλυψη των αναγκών του Δήμου. Φυσικά, η τιμή αυτή αποτελεί «ξερό» υπολογιστικό νούμερο και δεν λαμβάνεται υπ' όψιν η απόσταση που καλείται να διανύσει ο τοπικός πληθυσμός ούτε και οι αναθέσεις κέντρων ζήτησης σε συγκεκριμένα κέντρα προσφοράς και για το λόγο αυτό απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση.

Στη συνέχεια, εξετάζονται διάφορες περιπτώσεις χωροθέτησης, που διαφέρουν ως προς τον αριθμό των κάδων, έως ότου βρεθεί η βέλτιστη, ξεκινώντας από τη χωροθέτηση 400 κάδων εφόσον αποδείχτηκε ότι επαρκούν. Σε όλες τις περιπτώσεις ως απόσταση κάλυψης χρησιμοποιούνται τα 171 μέτρα, καθώς αυτή η απόσταση απαιτείται για τη συνολική κάλυψη της ζήτησης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο πίνακα που ακολουθεί.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΚΑΔΩΝ													
ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕΝΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΒΑΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ (%)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΔΩΝ												
	400	600	800	1000	1200	1400	1496	1500	1600	1700	1800	1900	2000
ΜΕΧΡΙ ΚΑΙ 25 m	25,73%	41,93%	55,11%	65,55%	73,74%	79,24%	81,09%	81,19%	82,74%	83,66%	84,27%	84,75%	84,98%
ΑΠΟ 25 ΕΩΣ ΚΑΙ 50 m	56,01%	46,10%	35,70%	26,87%	19,43%	14,45%	12,82%	12,75%	11,22%	10,37%	9,88%	9,42%	9,25%
ΑΠΟ 50 ΕΩΣ ΚΑΙ 75 m	14,65%	9,47%	7,07%	5,62%	4,88%	4,36%	4,22%	4,20%	4,19%	4,14%	4,04%	4,01%	3,97%
ΑΠΟ 75 ΕΩΣ ΚΑΙ 100 m	2,84%	1,95%	1,65%	1,54%	1,52%	1,53%	1,45%	1,44%	1,44%	1,43%	1,42%	1,41%	1,41%
ΑΠΟ 100 ΕΩΣ ΚΑΙ 125 m	0,61%	0,40%	0,35%	0,32%	0,32%	0,32%	0,32%	0,32%	0,32%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%
ΑΠΟ 125 ΕΩΣ ΚΑΙ 150 m	0,09%	0,07%	0,07%	0,06%	0,06%	0,06%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,04%
ΑΠΟ 150 ΕΩΣ ΚΑΙ 175 m	0,07%	0,07%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%
ΣΥΝΟΛΟ	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ (m)													
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	0,0141	0,0141	0,008	0,0056	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
ΜΕΠΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	170,51	170,51	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09	170,09
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	41,27	36,83	32,72	29,51	26,64	24,38	22,86	22,7	21,59	20,36	19,24	18,25	17,34
ΚΑΔΟΙ ΠΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΝ ΠΑΝΩ ΑΠΟ 240 ΚΑΤΟΙΚΟΥΣ	114	50	13	6	5	3	2	2	2	0	0	0	0
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΚΑΔΩΝ	-1096	-896	-696	-496	-296	-96	0	4	104	204	304	404	504

Πίνακας 12: Αποτελέσματα σεναρίων χωροθέτησης διαφορετικού αριθμού κάδων.

Στο παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται τα ποσοστά του πληθυσμού που εξυπηρετούνται ως προς την απόσταση που πρέπει να διανύσουν, η μέση, ελάχιστη

και μέγιστη απόσταση για κάθε σενάριο, ο αριθμός των κάδων που υπερβαίνει το όριο χωρητικότητας και τέλος ο αριθμός των κάδων που αφαιρείται ή προστίθεται. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των κάδων τόσο αυξάνεται ο πληθυσμός που πρέπει να διανύσει μικρές αποστάσεις ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η μέση απόσταση και ο αριθμός των κάδων που εξυπηρετούν πάνω από 240 κατοίκους. Τα στοιχεία του πίνακα δεν διευκολύνουν τη διαδικασία επιλογής και για το λόγο αυτό θα πρέπει να μετατραπούν οι παραπάνω τιμές σε ποσοστά μεταβολής συγκριτικά με το σενάριο αναφοράς, δηλαδή το σενάριο με τους 1496 κάδους. Οι μεταβολές παρουσιάζονται στο πίνακα που ακολουθεί ως ποσοστά.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ												
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕΝΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΒΑΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ (%)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΔΩΝ											
	400	600	800	1000	1200	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
ΜΕΧΡΙ ΚΑΙ 25 m	-55,36%	-39,16%	-25,98%	-15,54%	-7,35%	-1,85%	0,10%	1,65%	2,57%	3,18%	3,67%	3,89%
ΑΠΟ 25 ΕΩΣ ΚΑΙ 50 m	43,19%	33,27%	22,87%	14,05%	6,60%	1,63%	-0,07%	-1,60%	-2,45%	-2,95%	-3,40%	-3,58%
ΑΠΟ 50 ΕΩΣ ΚΑΙ 75 m	10,44%	5,26%	2,85%	1,40%	0,66%	0,14%	-0,02%	-0,02%	-0,07%	-0,17%	-0,20%	-0,25%
ΑΠΟ 75 ΕΩΣ ΚΑΙ 100 m	1,39%	0,50%	0,20%	0,09%	0,07%	0,08%	-0,01%	-0,02%	-0,02%	-0,03%	-0,04%	-0,04%
ΑΠΟ 100 ΕΩΣ ΚΑΙ 125 m	0,28%	0,08%	0,03%	-0,01%	0,00%	-0,01%	0,00%	-0,01%	-0,02%	-0,02%	-0,02%	-0,02%
ΑΠΟ 125 ΕΩΣ ΚΑΙ 150 m	0,04%	0,02%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%
ΑΠΟ 150 ΕΩΣ ΚΑΙ 175 m	0,03%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ΣΥΝΟΛΟ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ (%)												
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	97,87%	97,87%	96,25%	94,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	0,24%	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	44,60%	37,93%	30,13%	22,53%	14,18%	6,23%	-0,69%	-5,55%	-10,93%	-15,83%	-20,16%	-24,14%
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΚΑΔΩΝ ΠΟΥ ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΝ ΠΑΝΩ ΑΠΟ 240 ΚΑΤΟΙΚΟΥΣ (%)	98,26%	96,00%	84,61%	66,66%	60,00%	33,33%	0,00%	0,00%	-100,00%	-100,00%	-100,00%	-100,00%
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΚΑΔΩΝ (%)	-73,26%	-59,89%	-46,52%	-33,15%	-19,78%	-6,41%	0,26%	6,50%	12%	16,88%	21,26%	25,20%

Πίνακας 13: Αποτελέσματα σεναρίων ως ποσοστά μεταβολής από το σενάριο αναφοράς.

Στις περιπτώσεις μείωσης του αριθμού των κάδων παρατηρείται μείωση του πληθυσμού που εξυπηρετείται σε μικρές αποστάσεις και αύξηση του πληθυσμού που πρέπει να διανύσει μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον, αυξάνεται η ελάχιστη, μέγιστη και μέση απόσταση καθώς και ο αριθμός των κάδων που υπερβαίνουν το όριο χωρητικότητας. Αντίθετα, όσο αυξάνεται ο αριθμός των κάδων μειώνεται η ελάχιστη, μέγιστη και μέση απόσταση, ο αριθμός των κάδων που εξυπηρετούν πάνω από 240 κατοίκους και το ποσοστό του πληθυσμού που πρέπει να διανύσει μεγάλες αποστάσεις. Επίσης, παρατηρείται αύξηση του πληθυσμού που εξυπηρετείται σε μικρές αποστάσεις.

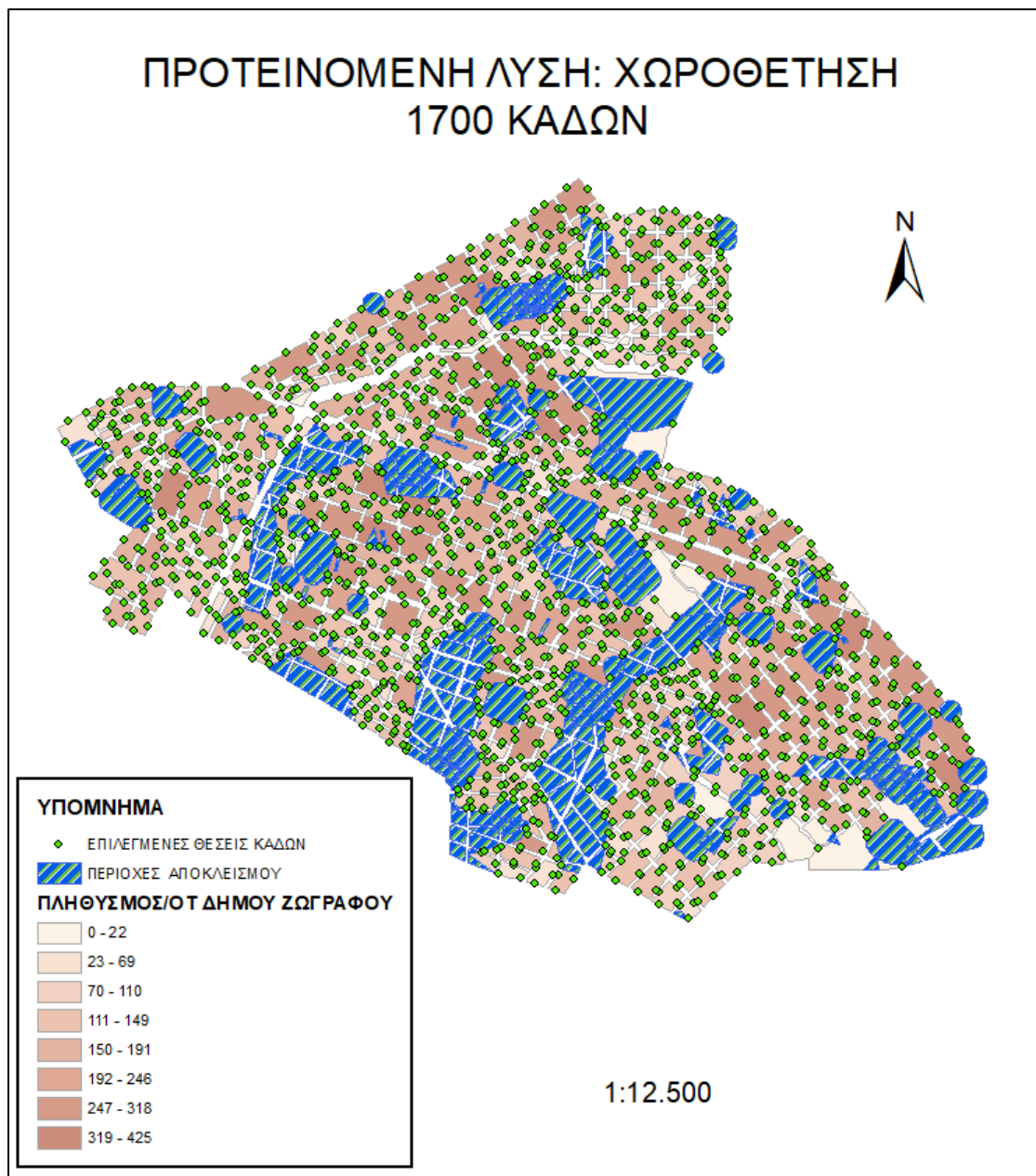
Συνεπώς, θα πρέπει να συσχετιστεί το κόστος με το όφελος που προκύπτει για κάθε σενάριο και να δημιουργηθεί ένας δείκτης οφέλους – κόστους για την επιλογή του καλύτερου σεναρίου χωροθέτησης ως προς τον αριθμό των κάδων. Στις περιπτώσεις όπου μειώνεται ο αριθμός των κάδων, κόστος είναι η αύξηση της ελάχιστης, μέγιστης και μέσης απόστασης, η μείωση του πληθυσμού που εξυπηρετείται σε μικρές αποστάσεις και η αύξηση των κάδων που υπερβαίνουν τα όρια χωρητικότητας. Το όφελος είναι η μείωση του αριθμού των κάδων καθώς απελευθερώνεται χώρος. Στις περιπτώσεις όπου αυξάνεται ο αριθμός των κάδων, κόστος είναι η ανάγκη για περισσότερους κάδους ενώ όφελος είναι η μείωση της ελάχιστης, μέγιστης και μέσης απόστασης, η αύξηση του πληθυσμού που εξυπηρετείται σε μικρές αποστάσεις και η μείωση των κάδων που υπερβαίνουν τα όρια χωρητικότητας.

Ο δείκτης οφέλους – κόστους προκύπτει από τη διαίρεση του οφέλους με το κόστος και το σενάριο με τη μεγαλύτερη τιμή έχει τη καλύτερη σχέση μεταξύ οφέλους και κόστους και αναδεικνύεται ως βέλτιστο. Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι δείκτες για κάθε σενάριο.

ΔΕΙΚΤΗΣ ΟΦΕΛΟΥΣ - ΚΟΣΤΟΥΣ											
400	600	800	1000	1200	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
0,24	0,22	0,2	0,16	0,24	0,15	3,03	1,1	9,45	7,05	5,8	5,08

Πίνακας 14: Δείκτες οφέλους – κόστους.

Από τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι το καλύτερο σενάριο χωροθέτησης κάδων είναι αυτό που περιλαμβάνει 1700 κάδους καθώς παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή όσον αφορά το δείκτη οφέλους - κόστους.



Χάρτης 9: Επιλεγμένες θέσεις κάδων.

Ο παραπάνω χάρτης αποτελεί τη προτεινόμενη λύση και σε αυτόν απεικονίζονται οι θέσεις των 1700 κάδων, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις περιοχές αποκλεισμού όπως αυτές ορίζονται από τη Β ομάδα κριτηρίων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όσον αφορά τη διαχείριση των ΑΣΑ στο Δήμο Ζωγράφου, τα ποσοστά ανακύκλωσης είναι ιδιαίτερα χαμηλά, μόλις 5% για το 2017, ενώ σχεδόν το σύνολο των ΑΣΑ οδηγείται σε ΧΥΤΑ, όπως και οι παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων της χώρας. Εξετάζοντας την υφιστάμενη κατάσταση προσωρινής αποθήκευσης και συλλογής των ΑΣΑ, κρίθηκε αναγκαία η επαναχωροθέτηση των κάδων καθώς δεν εξασφαλίζεται η καλύτερη εξυπηρέτηση του τοπικού πληθυσμού ούτε και η ασφάλεια του πληθυσμού και του προσωπικού αποκομιδής.

Η χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών για την επίλυση προβλημάτων χωροθέτησης – κατανομής αποδείχτηκε ουσιαστική καθώς δημιουργήθηκαν διαφορετικά σενάρια και ήταν διαθέσιμες όλες οι πληροφορίες που απαιτούνται για την αξιολόγησή τους και επιλογή του βέλτιστου. Το μοντέλο p-διάμεσος (p-median) στοχεύει στη κάλυψη του συνόλου της ζήτησης μειώνοντας στο μέγιστο δυνατό βαθμό το κόστος, το οποίο στην εργασία αυτή είναι η απόσταση. Με πιο απλά λόγια, επιλέχθηκαν οι καταλληλότερες θέσεις έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η καλύτερη εξυπηρέτηση του πληθυσμού ενώ η μέγιστη και μέση απόσταση περιορίστηκαν στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Η επιλογή του αρχείου με τα όρια των οικοδομικών τετραγώνων, θεωρώντας τα ως πεζοδρόμια, αποτελεί πιο ρεαλιστική προσέγγιση από την επιλογή του οδικού δικτύου καθώς ο πληθυσμός κινείται πεζός για να αποθέσει τα απορρίμματα στους κάδους. Επίσης η δημιουργία πολλών κέντρων ζήτησης για κάθε οικοδομικό τετράγωνο και μάλιστα στις πλευρές τους και όχι στο κέντρο τους αντικατοπτρίζει τη πραγματικότητα διότι υπάρχουν πολλά κτήρια ανά οικοδομικό τετράγωνο. Η οικονομική δραστηριότητα δεν συνυπολογίστηκε στο σύνολό της καθώς χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα στοιχεία που αφορούν την αποκλειστική χρήση των κτηρίων.

Κατά την επαναχωροθέτηση των προσωρινών μέσων αποθήκευσης η καλύτερη εξυπηρέτηση του πληθυσμού, όσον αφορά τις αποστάσεις, παρατηρήθηκε στο σενάριο της ελεύθερης χωροθέτησης, ωστόσο υπήρχαν κίνδυνοι τόσο για το πληθυσμό όσο και για το προσωπικό αποκομιδής. Πραγματοποιώντας μια ορθολογική προσέγγιση στην επίλυση του προβλήματος επαναχωροθέτησης η

ασφάλεια πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα και για το λόγο αυτό τελικά επιλέχθηκε η χρήση της Β ομάδας κριτηρίων αποκλεισμού. Συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση, η μέση απόσταση μειώθηκε κατά 20%, η απόσταση κάλυψης που απαιτείται για την εξυπηρέτηση του πληθυσμού στο σύνολό του παρουσιάζει μείωση κατά 4,8%, δεν υπάρχει κάδος που να υπερβαίνει το όριο εξυπηρέτησης (240 άτομα) και τέλος εξασφαλίζεται η ασφάλεια τόσο του πληθυσμού όσο και του προσωπικού αποκομιδής.

Όσον αφορά τον αριθμό των μέσων προσωρινής αποθήκευσης, εξετάστηκε το ενδεχόμενο μείωσης, ξεκινώντας από τους 400 κάδους και το ενδεχόμενο αύξησης, έως 2000 κάδους. Από τα αποτελέσματα έγινε αντιληπτό το γεγονός ότι εάν μειωθεί ο αριθμός οι αποστάσεις αυξάνονται και εν τέλει δεν εξασφαλίζεται η καλύτερη εξυπηρέτηση του πληθυσμού, σε αντίθεση με την αύξηση του αριθμού των κάδων όπου τα αποτελέσματα βελτιώθηκαν. Συσχετίζοντας το όφελος με το κόστος αναδείχτηκε ως καλύτερη λύση η προσθήκη 204 κάδων, δηλαδή η επιλογή 1700 κάδων (αύξηση του αριθμού κατά 12%).

Με ίδια απόσταση κάλυψης (171 μέτρα) και ίδιες περιοχές αποκλεισμού (Β ομάδας κριτηρίων) η προσθήκη 204 κάδων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του πληθυσμού που πρέπει να διανύσει έως 25 μέτρα κατά 2,57%, τη μείωση της μέσης απόστασης κατά 10,93% ενώ ταυτόχρονα δεν υπάρχει κάδος που να υπερβαίνει το όριο εξυπηρέτησης του πληθυσμού.

Στη συγκεκριμένη εργασία συνυπολογίστηκε η οικονομική δραστηριότητα στο μόνιμο πληθυσμό με τη χρήση του αριθμού κτιρίων ανά οικοδομικό τετράγωνο και χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα στοιχεία που αφορούν αποκλειστική χρήση. Μια άλλη προσέγγιση, πιο λεπτομερής, θα μπορούσε να είναι η καταγραφή και ψηφιοποίηση της οικονομικής δραστηριότητας σε μια περιοχή μελέτης και η κατηγοριοποίηση των δραστηριοτήτων ανάλογα με τη παραγωγή αποβλήτων. Έπειτα, με τη χρήση συντελεστών βαρύτητας, ανάλογα με τη παραγωγή αποβλήτων, θα μπορούσε να δημιουργηθεί νέα στήλη που θα περιελάμβανε το πληθυσμό και τις διάφορες κατηγορίες οικονομικής δραστηριότητας.

Σε συνέχεια της προσέγγισης που εφαρμόζεται στη συγκεκριμένη εργασία, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν τομείς καθαριότητας, βάση του αριθμού απορριμματοφόρων που διαθέτει ο Δήμος Ζωγράφου, και να σχεδιαστούν οι

διαδρομές των απορριματοφόρων. Επίσης, θα μπορούσε να εξεταστεί η περίπτωση χρήσης μετρητών πλήρωσης των κάδων έτσι ώστε να μην πραγματοποιούνται άσκοπα δρομολόγια.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αδηλενίδου Π., Καραγιαννίδης Α. και Ξηρογιαννοπούλου Α. (2006): «*Διαχείριση απορριμμάτων και αστικό περιβάλλον*», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Θεσσαλονίκη, (<http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2018/02/TEEUrbanWaste2007.pdf>), (πρόσβαση: 19/12/2018).

Αλεξίου Ε. (2017): «*Αστικό πράσινο και σύνδεση με το δομημένο περιβάλλον της πόλης: Η περίπτωση της Βίλας Ζωγράφου*», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, ΠΜΣ Πολεοδομίας και Χωροταξίας, Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία, (http://www.arch.ntua.gr/sites/default/files/project/11103/_alexioy_eleni_perivallontikes.pdf), (πρόσβαση: 16/01/2019).

Γεωργακέλλος Δ. και Καρβούνης Σ. (2003): «*Διαχείριση του περιβάλλοντος*», Αθήνα: Σταμούλη Α.Ε..

Γιαννούλη Ε. (2016): «*Βελτιστοποίηση αποκομιδής στερεών αποβλήτων στο Δήμο Αλμυρού*», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, ΠΜΣ «Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος», Διπλωματική Εργασία, Βόλος, (<http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/46447/14967.pdf?sequence=1&isAllowed=y>), (πρόσβαση: 23/11/2018).

Γλυνός Λ., Λαμπροπούλου Α., Λιόλιος Μ., Μερκουρέας Α., Μπαδογιάννης Ν. και Τάτσης Α. (2016): «*ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΗΜΩΝ ΠΑΠΑΓΟΥ – ΧΟΛΑΡΓΟΥ ΚΑΙ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ*», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Αγρονόμων – Τοπογράφων Μηχανικών, ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», μάθημα «Διαχείριση και έλεγχος Περιβάλλοντος», Αθήνα.

Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δήμου Ζωγράφου 2012 - 2014, Α Φάση: Στρατηγικός σχεδιασμός, (http://www.zografou.gov.gr/wpcontent/uploads/2012/09/ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑ_ΔΗΜΟΥ_-ΖΩΓΡΑΦΟΥ-.pdf), (πρόσβαση 08/02/2019).

- Καραγιαννίδης Α. και Μουσιόπουλος Ν. (2002): «*Διαχείριση απορριμμάτων*», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σημειώσεις τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.
- Κομνίτσας Κ. και Σκορδίλης Α. (2004), «*Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων*», Τόμος Α', σημειώσεις, Πάτρα: ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΧΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ.
- Λοϊζίδου Μ. (2006): «*Στερεά απόβλητα*», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σημειώσεις τμήματος Χημικών Μηχανικών, Αθήνα.
- Λυμπεράτος Γ. και Τσιλιγιάννης Χ. (2005), «*Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων*», σημειώσεις, Πάτρα, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Μιχαηλίδου Γ. (2009): «*Παρουσίαση και αξιολόγηση τεχνολογιών επεξεργασίας και αξιοποίησης αστικών στερεών αποβλήτων*», ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, τμήμα τεχνολογιών αντιρρύπανσης, Διπλωματική εργασία, Κοζάνη, (<http://eprints.teikoz.gr/106/>), (πρόσβαση: 20/11/2018).
- Μπέσης Α. (2016): «*Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΣΑΦΩΝ ΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΧΑΡΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ*», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, Διπλωματική εργασία, Αθήνα, (http://dspace.lib.ntua.gr/dspace2/bitstream/handle/123456789/43956/Diplo_Final2.pdf?sequence=1), (πρόσβαση: 10/01/2019).
- Μπισαράκη Α. (2009): «*Ανάπλαση περιβάλλοντα χώρου της Βίλλας Ζωγράφου*», ΤΕΙ Καβάλας, Τμήμα Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Πτυχιακή εργασία, Δράμα.
- Νικολάου Κ. (2011): «*Διαχείριση των απορριμμάτων και επιπτώσεις*», σημειώσεις Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, (<http://www.filoitgis.gr/wp-content/uploads/2011/12/epiptoseis.pdf>), (πρόσβαση: 12/11/2018).
- Νταράκας Ε. (2014), «*Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων*», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σημειώσεις τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, τομέας υδραυλικής και τεχνικής περιβάλλοντος, (http://users.auth.gr/darakas/Solid_Waste.pdf), (πρόσβαση 03/12/2018).
- Πανουτσόπουλος Θ. (2015): «*ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ*», Πανεπιστήμιο

Θεσσαλίας, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανικών Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, ΜΠΣ «Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Βόλος, (<http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/45596/13933.pdf?sequence=1>), (πρόσβαση: 10/07/2018).

Παππάς Β. (2011): «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και σχεδιασμός του χώρου», Πάτρα: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών.

Πραβιώτη Σ. και Σταθάκης Δ. (2013): «Χωροθέτηση πράσινων σημείων ανακύκλωσης με τον αλγόριθμο *p*-median», 1^ο Συνέδριο Χωρικής Ανάλυσης, Πρακτικά, Αθήνα, (http://gisc.gr/sac/docs/proceedings_sac1/6_Pravioti_Stathakis_SAC1.pdf), (πρόσβαση: 09/05/2019).

Σιακανδάρη Ι. (2015): «Πρότυπος οδηγός βέλτιστης χωροδιάταξης κάδων και βέλτιστης δρομολόγησης απορριμματοφόρων – καταγραφή και ανάλυση στοιχείων σε επίπεδο Δημοτικής Ενότητας», Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Διπλωματική εργασία, Χανιά, (<https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewi87aqh-bXiAhWexMQBHRtNDS4QFjACegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fdias.library.tuc.gr%2Fview%2Fmanf%2F66418&usq=AOvVaw05b9x52VJL0egM4JapqnTM>), (πρόσβαση: 14/04/2019).

Σκορδίλης Α. (1993), «Τεχνολογίες διάθεσης απορριμμάτων – Η ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΤΑΦΗ», Περιστέρι, εκδόσεις ΙΩΝ.

Σκορδίλης Α. (1997), «Η θερμική επεξεργασία απορριμμάτων και RDF», Αθήνα: ΚΟΣΜΟΣ ΕΠΕ.

Σκούτα Μ. (2013): «Δυναμικά Μοντέλα Χωροθέτησης Εγκαταστάσεων», Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, ΠΜΣ «Νέες αρχές διοίκησης επιχειρήσεων», Διπλωματική εργασία, Πάτρα, (<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/6256/1/Δυναμικά%20Μοντέλα%20Χωροθέτησης%20Εγκαταστάσεων.pdf>), (πρόσβαση: 04/05/2019).

Σουφλέρης Δ. (2010), «Η Περίπτωση των ανεξέλεγκτων χωματερών στην Ελλάδα: Μια περιβαλλοντική και νομοθετική θεώρηση», Εθνικό και Καποδιστριακό

Πανεπιστήμιο Αθηνών, σημειώσεις μαθήματος περιβαλλοντικού δικαίου και νομοθεσίας e-learning, Χαλκίδα.

Σχέδιο Διαχείρισης Δημοτικών Αποβλήτων (ΣΔΔΑ), 2015, Κυπριακή Δημοκρατία, Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Τμήμα Περιβάλλοντος, ([http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/page20_gr/C2CAECE079E9931DC2257EF200356E7A/\\$file/Σχέδιο%20Διαχείρισης%20Δημοτικών%20Αποβλήτων%202015.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/page20_gr/C2CAECE079E9931DC2257EF200356E7A/$file/Σχέδιο%20Διαχείρισης%20Δημοτικών%20Αποβλήτων%202015.pdf)), (πρόσβαση: 19/04/2019).

Τοπικό Σχέδιο Αποκεντρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων (2015), Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, (<https://www.edсна.gr/images/pdf/473/ΔΗΜΟΥ%20ΖΩΓΡΑΦΟΥ.pdf>), (πρόσβαση 08/12/2018).

Φώτης Ν. Γ. (2009): «Ποσοτική χωρική ανάλυση», Εκδόσεις Γκοβόστη.

Χαλκιάς Χ. (2011): «Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών – συμπληρωματικές σημειώσεις», Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Σχολή Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας και Εφαρμοσμένων Οικονομικών, Τμήμα Γεωγραφίας, σημειώσεις μαθήματος Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (I).

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Belguith k., Boudabous A., Cherif A., Cherif M., Hassen A. and Jedidi N. (2001), «Microbial characterization during composting of municipal solid waste», *Bioresource Technology*, **80** (3), pp. 217 – 225.
- Bray J. and Rathje E. (1998), «Earthquake-Induced Displacements of Solid-Waste Landfills», *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, **124** (3), pp. 242 – 253.
- Christensen T. and Manfredi S. (2009), «Environmental assessment of solid waste landfilling technologies by means of LCA-modeling», *Waste Management*, **29** (1), pp. 32 – 43.
- Delgenes J., Ganesh R., Lugardon A., Sousbie P., Steyer J. and Torrijos M. (2014), «Single-phase and two-phase anaerobic digestion of fruit and vegetable waste: Comparison of start-up, reactor stability and process performance», *Waste Management*, **34** (5), pp. 875 – 885.
- Giusti L. (2009), «A review of waste management practices and their impact on human health», *Waste Management*, **29** (8) pp. 2227 – 2239.
- Kreith F. και Tchobanoglous G. (2010): «*Εγχειρίδιο Διαχείρισης ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ*», δεύτερη έκδοση, Θεσσαλονίκη: ΤΖΙΟΛΑ.
- Lasaridi K. (2009), «Implementing the Landfill Directive in Greece: problems, perspectives and lessons to be learned», *The Geographical Journal*, **175** (4), pp. 261 – 273.
- Lebersorger S., Obersteiner G., Salhofer S. and Schneider F (2008), «Potentials for the prevention of municipal solid waste», *Waste Management*, **28** (2), pp. 245 – 259.
- Natesan U., Sarkar C. and Sumathi V. (2008), «GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill», *Waste Management*, **28** (11), pp. 2146 – 2160.

Nitivattananon V. and Suttibak S. (2008), «Assessment of factors influencing the performance of solid waste recycling programs», *Resources, Conservation and Recycling*, **53** (1 – 2), pp. 45 – 56.

Powrie W., Richards D. and Siddiqui A. (2012), «Investigations into the landfill behaviour of pretreated wastes», *Waste Management*, **32** (7).

Ruth A. (1998), «Energy from municipal solid waste: A comparison with coal combustion technology», *Progress in Energy and Combustion Science*, **24** (6), pp. 545 – 564.

Tchobanoglous G., Theisen H. and Vigil S. (1993), «*Intergrated solid waste management*», Singapore: McGraw hill international editions.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Eurostat, (https://ec.europa.eu/eurostat/data/database?p_p_id=NavTreeporletprod_WAR_NavTreeporletprod_INSTANCE_nPqeVbPXRmWQ&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2), (πρόσβαση: 21/12/2018).

Pia.news (2018): «*Δήμος Αρχ. Ολυμπίας: Διαμάχες σε τοπικές κοινότητες λόγω έλλειψης κάδων απορριμμάτων*», (<https://ilia.news/δήμος-αρχ-ολυμπίας-διαμάχες-σε-τοπικέ/>), (πρόσβαση: 16/01/2019).

Parallaxi (2017): «*Οι έξυπνοι κάδοι στα Χανιά και τη Λάρισα*», (<https://parallaximag.gr/life/oi-eksypnoi-kadoi-sta-chania-kai-sti-larisa>), (πρόσβαση: 16/01/2019).

Ειδικός Διαβαθμιδικός Σύνδεσμος Νομού Αττικής (ΕΔΣΝΑ), (<https://www.edсна.gr/>), (πρόσβαση: 05/01/2019).

Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (2017): «*Reuse and repair – Give it a new life*», (<https://www.eoan.gr/uploads/files/561/f12dda823c8585331c0b60be9abda69c330238f3.pdf>), (πρόσβαση: 23/12/2018).

Ιστοσελίδα ArcGIS esri: «*What is a network dataset?*», (<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/what-is-a-network-dataset.htm>), (πρόσβαση: 15/05/2019).

Ιστοσελίδα Δήμου Αθηναίων (2016), «*17 βυθιζόμενοι κάδοι*», (<http://athinakathari.cityofathens.gr/18-vythizomeni-kadi/>), (πρόσβαση: 17/03/2019).

Νικηφόρου Ρ. (2017): «*Τι κάνουν στην υπόλοιπη Ευρώπη με τα σκουπίδια τους*», enikos.gr, (<https://www.enikos.gr/international/523189/ti-kanoun-stin-ypoloipi-evropi-me-ta-skoupidia-tous>), (πρόσβαση: 01/05/2019).

Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης¹, «*Athens Biowaste update*», (http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=197:athens-biowaste-update&catid=11&Itemid=485&lang=en), (πρόσβαση: 11/02/2019).

Οικολογική Εταιρεία Ανακύκλωσης², «Συλλογή Πόρτα – Πόρτα στην Ιταλία και εφαρμογή ΠΟΠ», (http://www.ecorec.gr/ecorec/index.php?option=com_content&view=article&id=59&catid=11&Itemid=485&lang=en), (πρόσβαση: 17/04/2019).

Ουρσουζίδης Γ. (2017): «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές στην Ελλάδα», ΕΜΒΟΛΟΣ, (<https://emvolos.gr/diachirisi-stereon-apovliton-yfistameni-katastasi-ke-prooptikes-stin-ellada-isigitis-oursouzidis-n-giorgos/>), (πρόσβαση: 06/07/2018).

Παππά Χ.: «Έτσι θα λειτουργούν οι υπόγειοι κάδοι απορριμμάτων», Corfuland.gr, (<http://www.corfuland.gr/el/diafora/kerkyra/ypogeioi-kadoi-aporrimmaton-stin-politis-kerkyras.html>), (πρόσβαση: 16/01/2019).

Συμεωνίδου Δ. (2018): «Τοποθετούνται οι 5 πρώτοι υπόγειοι κάδοι, επέκταση του συστήματος με άλλους 33», ΧΡΟΝΟΣ.GR, (<https://www.xronos.gr/reportaz/topothetoyntai-oi-5-protoi-ypogeioi-kadoi-epektasi-toy-systimatos-me-alloys-33>), (πρόσβαση: 16/01/2019).