



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ (ΣΘΕΤ)

Διαχείριση Αποβλήτων (ΔΙΑ)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κυκλική οικονομία και διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων με έμφαση στην αξιοποίηση των βιοαποβλήτων. Μελέτη περίπτωσης Δήμος Ηρακλείου Κρήτης

ΚΑΛΛΙΟΠΗ ΦΡΟΝΙΜΑΚΗ

A.M. 144992

e-mail:std144992@ac.eap.gr

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΚΛΩΝΤΖΑ

Β' Αξιολογητής: Κορνάρος Μιχαήλ

ΠΑΤΡΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, ΕΤΟΣ 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Περίληψη

Η μετάβαση από το γραμμικό στο μοντέλο κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων στοχεύει στη μείωση της ταφής, τη μέγιστη αξιοποίηση πόρων και τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, σε συμφωνία με τους εθνικούς και ευρωπαϊκούς στόχους. Στο πλαίσιο αυτό, η χωριστή συλλογή και αξιοποίηση των βιοαποβλήτων αποτελεί κομβική προτεραιότητα, καθώς μειώνει σημαντικά το βιοαποδομήσιμο κλάσμα που οδηγείται σε ΧΥΤΑ, περιορίζει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και επιτρέπει την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων, όπως κομπόστ και βιοενέργεια. Οι Δήμοι καλούνται να αναπτύξουν ολοκληρωμένα συστήματα προδιαλογής βιοαποβλήτων, με κατάλληλες υποδομές, χρήση ψηφιακών τεχνολογιών και συστηματική παρακολούθηση δεικτών απόδοσης. Ο Δήμος Ηρακλείου Κρήτης έχει εφαρμόσει ένα τέτοιο σύστημα μέσω δικτύου καφέ κάδων για τα οργανικά, οχημάτων συλλογής με ζυγιστικά συστήματα, πλήση κάδων και γεωεντοπισμό, καθώς και καταγραφή δεδομένων για τις ποσότητες και τα δρομολόγια. Τα δεδομένα αυτά αξιοποιούνται για τη βελτιστοποίηση της συλλογής και την αξιολόγηση της συμβολής του συστήματος στους στόχους της κυκλικής οικονομίας. Η παρούσα μελέτη περίπτωσης εξετάζει το επίπεδο οργάνωσης της διαχείρισης βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου, αποτιμά τα οφέλη και αναδεικνύει προκλήσεις και δυνατότητες περαιτέρω βελτίωσης.

Λέξεις – Κλειδιά

Κυκλική οικονομία, αστικά στερεά απόβλητα, βιοαπόβλητα, ψηφιακή διαχείριση, RFID, GPS, ζύγιση στο όχημα, βελτιστοποίηση δρομολογίων

Circular economy and urban solid waste management with an emphasis on the utilization of bio-waste. Case study Municipality of Heraklion, Crete.

Kalliopi Fronimakis

Abstract

The transition from a linear to a circular economy model in municipal solid waste management aims to minimize landfilling, maximize resource recovery, and reduce environmental impacts in line with European and national policy targets. Within this context, the separate collection and valorisation of biowaste constitutes a central priority, as it can significantly reduce the biodegradable fraction sent to landfill, lower greenhouse gas emissions, and generate useful products such as compost and bioenergy. In Greece, municipalities are required to design and implement integrated systems for source-separated biowaste, supported by appropriate infrastructure, digital technologies, and performance monitoring. The Municipality of Heraklion, Crete, has developed such a system through a network of brown bins for source-separated organic waste, RFID-equipped bins, and collection vehicles fitted with onboard weighing, bin-washing systems, and GPS tracking. The resulting data enable the optimization of collection routes, documentation of quantities, and evaluation of system performance with respect to circular economy objectives. This case study examines the current status of biowaste management in Heraklion, assesses its contribution to the diversion of waste from landfill and the promotion of circular economy principles, and identifies key challenges and opportunities for further improvement of urban solid waste management at the local level.

Keywords:

Circular economy, urban solid waste, biowaste, digital management, RFID, GPS, onboard weighing, route optimization

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων/Διαγραμμάτων	7
Κατάλογος Πινάκων	9
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	11
Εισαγωγή.....	11
1.1 Αντικείμενο του κεφαλαίου.....	11
1.2 Σκοπός και στόχοι της διπλωματικής εργασίας.....	15
1.3 Ερευνητικό ενδιαφέρον και στοιχείο καινοτομίας	16
1.4 Μεθοδολογική προσέγγιση.....	17
1.5 Δομή της εργασίας.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	20
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΑΣΑ.....	20
2.1 Η έννοια της κυκλικής οικονομίας	20
2.2 Αστικά στερεά απόβλητα και οργανικό κλάσμα	22
2.3 Βιοαπόβλητα και σημασία της χωριστής συλλογής	24
2.4 Διαλογή στην πηγή και ποιότητα του ρεύματος.....	26
2.5 Ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ	27
2.6 Σύνδεση με την εργασία	28
2.7 Συμπερασματικές παρατηρήσεις του θεωρητικού πλαισίου	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	31
ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – ΕΕ, ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΚΡΗΤΗ.....	31
3.1 Θεσμικό πλαίσιο για τα βιοαπόβλητα και τα ΑΣΑ.....	31
3.1.1 Ευρωπαϊκό πλαίσιο.....	32
3.1.2 Εθνικό πλαίσιο στην Ελλάδα.....	33
3.1.3 Περιφερειακός σχεδιασμός και η περίπτωση της Κρήτης.....	34
3.2 Συμπερασματικές παρατηρήσεις του θεσμικού πλαισίου.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	39
Υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης και τεκμηρίωση επιλογής της περιοχής παρέμβασης.....	39
4.1 Βασικά χαρακτηριστικά του Δήμου Ηρακλείου.....	40
4.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης	41
4.3 Λειτουργικά και χωρικά χαρακτηριστικά της περιοχής	43

4.4 Δεδομένα παραγωγής αστικών στερεών αποβλήτων	44
4.5 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΑΣΑ) ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	47
4.6 Τεκμηρίωση της επιλογής της περιοχής μελέτης.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	50
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΧΩΡΙΣΤΗΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	50
5.1 Η μελέτη περίπτωσης του Δήμου Ηρακλείου.....	50
5.2 Γενική παρουσίαση της περίπτωσης μελέτης.....	50
5.3 Δομή και οργάνωση του συστήματος χωριστής συλλογής.....	51
5.4 Υλικοτεχνικός εξοπλισμός και τεχνολογική υποστήριξη	64
5.5 Επιχειρησιακά οφέλη και δυνατότητες βελτιστοποίησης του συστήματος.....	67
5.6 Αναλυτική περιγραφή παρεχόμενης υπηρεσίας ΕΝΤΟΣ και ΕΚΤΟΣ ΣΒΑΑ	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	83
Συζήτηση – Συμβολή στην κυκλική οικονομία – Προτάσεις.....	83
6.1 Συζήτηση των ευρημάτων	83
6.2 Συμβολή στην κυκλική οικονομία	84
6.3 Προτάσεις βελτίωσης και πολιτικής	85
6.4 Δείκτες κυκλικής διαχείρισης βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου.....	86
Βιβλιογραφία	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Ελληνόγλωσση / Ξενόγλωσση.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων/Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ στην Ελλάδα..(ΕΣΔΑ)

Εικόνα 1. Ιεραρχία αποβλήτων. Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή

Εικόνα 2: Γεωγραφική θέση Δήμου Ηρακλείου

Εικόνα 3: Δημοτικές Ενότητες του Δήμου Ηρακλείου

Εικόνα 4: Χάρτης αποτύπωση των περιοχών εντός και εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, όπου θα αναπτυχθεί το δίκτυο βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου.

Εικόνα 5.Χάρτης αποτύπωσης της ζώνης εντός ΣΒΑΑ του Δήμου Ηρακλείου με τα οκτώ δρομολόγια συλλογής βιοαποβλήτων.

Εικόνα 6.Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 1 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

Εικόνα 7.Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 2 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

Εικόνα 8.Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 3 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

Εικόνα 9.Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 4 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

Εικόνα 10.Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 5 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

Εικόνα 11.Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 6 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

Εικόνα 12.Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 7 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

Εικόνα 13.Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 8 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

Εικόνα 14.Χάρτης αποτύπωσης της ζώνης εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου με την αποτύπωση των δέκα (10) δρομολογίων

Εικόνα 15.Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 1 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

- Εικόνα 16.Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 2 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση
- Εικόνα 17.Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 3 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση
- Εικόνα 18. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 4 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση
- Εικόνα 19. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 5 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση
- Εικόνα 20. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 6 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση
- Εικόνα 21. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 7 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση
- Εικόνα 22. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 8 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση
- Εικόνα 23. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 9 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση
- Εικόνα 24. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 10 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση
- Σχήμα 1. Ιεράρχηση βασικών επιλογών διαχείρισης αποβλήτων ως προς τη σχετική συμβολή τους στην κυκλικότητα
- Σχήμα 2. Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα ενός συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων

Κατάλογος Πινάκων

- Πίνακας 1. Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση δημοτικού συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων.
- Πίνακας 2: Μεταβολή του μόνιμου πληθυσμού για τον Δήμο Ηρακλείου, ΕΛΣΤΑΤ 2011 & 2021.
- Πίνακας 3: Μόνιμος πληθυσμός ανά Δημοτική Ενότητα του Δήμου Ηρακλείου (ΕΛΣΤΑΤ 2021)
- Πίνακας 4: Στόχοι Βάσει ΤΣΔΑ Ηρακλείου
- Πίνακας 5: Εκτίμηση ποιοτικής & ποσοτική σύσταση παραγόμενων ΑΣΑ Δήμου Ηρακλείου για το έτος 2023 (Σύμφωνα με τον ΠΕΣΔΑ ΚΡΗΤΗΣ)
- Πίνακας 6: Εκτίμηση ποσοτικής εκτροπής Βιοποβλήτων (Σύμφωνα με τον ΠΕΣΔΑ ΚΡΗΤΗΣ)
- Πίνακας 7: Εξοπλισμός ΕΝΤΟΣ και ΕΚΤΟΣ ΣΒΑΑ που έχει προμηθευτεί ο Δήμος Ηρακλείου για την διαχείριση των Βιοποβλήτων.
- Πίνακας 8. Επικαιροποιημένοι στόχοι Προδιαλογής ΑΣΑ, για την Περιφέρεια Κρήτης(2025), Πηγή ΠΕΣΔΑ Κρήτης.
- Πίνακας 9: Μέσα Συλλογής Συστήματος ΕΚΤΟΣ ΣΒΑΑ περιοχή Βιοαποβλήτων Δ. Ηρακλείου
- Πίνακας 10 : Οχήματα Συλλογής για περιοχή εκτός ΒΑΑ
- Πίνακας 11: Δρομολόγια Απορριματοφόρων στην περιοχή εκτός ΣΒΑΑ
- Πίνακας 12: Στοιχεία δρομολογίων πλυντηρίου κάδων (για περιοχή εκτός ΣΒΑΑ)
- Πίνακας 13: Δρομολόγια οχημάτων (km και χρόνος) για συλλογή ΒΑ από την περιοχή εκτός ΣΒΑΑ
- Πίνακας 14: Δρομολογίων Α/Φ για συλλογή ΒΑ από την περιοχή εκτός ΣΒΑΑ και τη μεταφορά τους μέχρι το ΣΜΑ βιοαποβλήτων Ηρακλείου ή τον εναλλακτικό αποδέκτη στη ΒΠΠΕ Ηρακλείου
- Πίνακας 15: Δρομολογίων τρακτόρων από ΣΜΑ Ηρακλείου προς τη ΜΕΑ
- Πίνακας 16: Μέσα Συλλογής Συστήματος ΔΣΠ Βιοαποβλήτων Δ. Ηρακλείου (για περιοχή εντός ΣΒΑΑ)
- Πίνακας 17: Οχήματα Συλλογής /Πλυντήριο κάδων (για περιοχή εντός ΣΒΑΑ)

Πίνακας 18: Στοιχεία καθημερινών δρομολογίων Απορριμματοφόρων οχημάτων (για περιοχή εντός ΣΒΑΑ)

Πίνακας 19: Στοιχεία δρομολογίων πλυντηρίου κάδων (για περιοχή εντός ΣΒΑΑ)

Πίνακας 20: Στοιχεία καθημερινών δρομολογίων Α/Φ για συλλογή ΒΑ και μεταφορά τους μέχρι το ΣΜΑ βιοαποβλήτων Ηρακλείου ή τον εναλλακτικό αποδέκτη για περιοχή εντός ΣΒΑΑ

Πίνακας 21. Δείκτες κυκλικής διαχείρισης βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

<i>ΑΣΑ</i>	<i>Αστικά Στερεά Απόβλητα</i>
<i>ΒΑ</i>	<i>Βιοαπόβλητα</i>
<i>ΔσΠ</i>	<i>Διαλογή στην Πηγή</i>
<i>ΕΕ</i>	<i>Ευρωπαϊκή Επιτροπή</i>
<i>ΕΕ</i>	<i>Ευρωπαϊκή Επιτροπή</i>
<i>ΕΣΔΑ</i>	<i>Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Αποβλήτων</i>
<i>ΠΕΣΔΑΚ</i>	<i>Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Αποβλήτων Κρήτης</i>
<i>ΠοΠ</i>	<i>Πληρώνω Όσο Πετάω</i>
<i>ΤΟΣΔΑ</i>	<i>Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων</i>
<i>ΧΥΤΑ</i>	<i>Χώρος Υγειονομικής Ταφής</i>
<i>HF RFID</i>	<i>High Frequency Radio-Frequency Identification</i>
<i>IoT</i>	<i>Internet of Things</i>
<i>WINPOL</i>	<i>Waste Management Intelligent Systems and Policies</i>
<i>GPS</i>	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο του κεφαλαίου

Η διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων συνιστά έναν από τους πλέον κρίσιμους τομείς περιβαλλοντικής πολιτικής και δημόσιας διοίκησης, καθώς συνδέεται άμεσα με την προστασία του περιβάλλοντος, τη δημόσια υγεία, την αποδοτική χρήση των φυσικών πόρων και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Στο σύγχρονο ευρωπαϊκό πλαίσιο, η μετάβαση από το παραδοσιακό γραμμικό μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης προς το πρότυπο της κυκλικής οικονομίας επιβάλλει την επανεξέταση του τρόπου με τον οποίο παράγονται, συλλέγονται, επεξεργάζονται και αξιοποιούνται τα απόβλητα. Η λογική της κυκλικής οικονομίας εδράζεται στη μείωση της παραγωγής αποβλήτων, στη διατήρηση της αξίας των υλικών εντός της οικονομίας για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και στην ελαχιστοποίηση της τελικής διάθεσης, ιδίως μέσω ταφής.

Η αυξανόμενη πίεση στους φυσικούς πόρους, η εντεινόμενη αστικοποίηση, η κλιματική κρίση και η συνεχής αύξηση της παραγωγής αποβλήτων έχουν αναδείξει τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων σε κρίσιμο πεδίο περιβαλλοντικής πολιτικής και επιστημονικής έρευνας. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η ετήσια παραγωγή αστικών στερεών αποβλήτων υπερβαίνει ήδη τα 2 δισεκατομμύρια τόνους και εκτιμάται ότι θα αυξηθεί σημαντικά τις επόμενες δεκαετίες, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη μετάβαση από παραδοσιακά γραμμικά πρότυπα διαχείρισης σε περισσότερο αποδοτικά και κυκλικά συστήματα (Moeen Ali Rashad et al., 2025· Zhang X. et al., 2021).

Η συμβατική αντίληψη, σύμφωνα με την οποία τα απόβλητα αντιμετωπίζονται κυρίως ως υπόλειμμα προς συλλογή και διάθεση, δεν επαρκεί πλέον για τις απαιτήσεις της σύγχρονης περιβαλλοντικής διακυβέρνησης. Αντίθετα, ενισχύεται η θεώρηση ότι σημαντικό μέρος των αποβλήτων μπορεί να επανενταχθεί στον παραγωγικό κύκλο ως δευτερογενής πόρος, υπό την προϋπόθεση ότι αναπτύσσονται κατάλληλα συστήματα πρόληψης, διαλογής στην πηγή, ανάκτησης υλικών και ενεργειακής αξιοποίησης (ΥΠΕΝ, Κυκλική Οικονομία· European Commission, Circular Economy Action Plan).

Στο πλαίσιο αυτό, η κυκλική οικονομία αναδεικνύεται ως ένα ολοκληρωμένο υπόδειγμα που δεν περιορίζεται μόνο στη μείωση των αποβλήτων, αλλά επαναπροσδιορίζει συνολικά τον τρόπο παραγωγής, κατανάλωσης και αξιοποίησης των πόρων. Η προσέγγιση αυτή συνδέεται με τον οικολογικό σχεδιασμό, την επαναχρησιμοποίηση, την επισκευή, την ανακύκλωση και τη διατήρηση της αξίας των υλικών για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, συμβάλλοντας παράλληλα στον περιορισμό των εκπομπών και στην ενίσχυση της βιωσιμότητας των τοπικών οικονομιών (Arauzo-Carod et al., 2022· Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Κυκλική οικονομία, 2023).

Επιπρόσθετα, τα βιοαπόβλητα καταλαμβάνουν ιδιαίτερα σημαντική θέση, καθώς αποτελούν μεγάλο ποσοστό του ρεύματος των αστικών στερεών αποβλήτων και παρουσιάζουν αυξημένες δυνατότητες ανάκτησης και αξιοποίησης. Η χωριστή συλλογή τους στην πηγή αποτελεί βασική προϋπόθεση για την παραγωγή ποιοτικού κομπόστ, την ενδεχόμενη ενεργειακή αξιοποίησή τους και, ευρύτερα, για τη μείωση των ποσοτήτων βιοαποδομήσιμου κλάσματος που οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Επιπλέον, η αποτελεσματική διαχείριση των βιοαποβλήτων συμβάλλει στον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης από την ταφή και στη διαμόρφωση νέων προτύπων υπεύθυνης καταναλωτικής και κοινωνικής συμπεριφοράς.

Η σημασία της κυκλικής οικονομίας είναι ιδιαίτερα εμφανής στη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων, επειδή τα ΑΣΑ αποτελούν ένα σύνθετο και ετερογενές ρεύμα υλικών, στο οποίο συνυπάρχουν οργανικά υπολείμματα, χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί και ειδικότερες κατηγορίες αποβλήτων. Η σύσταση αυτή επηρεάζει καθοριστικά τόσο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων όσο και την επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών διαχείρισης, από τη χωριστή συλλογή και την κομποστοποίηση έως τη μηχανική-βιολογική επεξεργασία και την ανάκτηση ενέργειας (Alam S. et al., 2024· Hussein I. Abdel-Shafy, Mona S.M. Mansour, 2018). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ και ειδικότερα τα βιοαπόβλητα, καθώς πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα ποσοστιαία συστατικά του συνόλου των αστικών αποβλήτων. Όταν το οργανικό κλάσμα οδηγείται σε σύμμεικτη διάθεση ή υγειονομική ταφή, συνδέεται με παραγωγή στραγγισμάτων, οσμών και εκπομπών μεθανίου. Αντίθετα, όταν συλλέγεται χωριστά και υφίσταται κατάλληλη επεξεργασία, μπορεί να δώσει χρήσιμα προϊόντα, όπως κομπόστ ή βιοαέριο, και να στηρίζει πρακτικά την εφαρμογή της

κυκλικής οικονομίας (European Commission, Biodegradable waste· ΥΠΕΝ, Μειώνουμε τα απορρίμματα, δίνουμε χώρο στη ζωή).

Η ευρωπαϊκή και εθνική πολιτική έχει πλέον ενσωματώσει αυτή τη λογική. Η ιεράρχηση των αποβλήτων, οι στόχοι για τη μείωση της ταφής, η ενίσχυση της ανακύκλωσης και της πρόληψης και η ανάπτυξη χωριστών ρευμάτων συλλογής αποτελούν βασικά στοιχεία του θεσμικού πλαισίου. Ιδιαίτερα στην Ελλάδα, η εφαρμογή του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων, του Εθνικού Προγράμματος Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων και του Σχεδίου Δράσης για την Κυκλική Οικονομία δείχνει ότι η διαχείριση των αποβλήτων δεν αποτελεί πλέον μεμονωμένη τεχνική δραστηριότητα, αλλά στρατηγικό πεδίο δημόσιας πολιτικής (ΠΥΣ 39/2020· ΠΥΣ 11/2022· ΠΥΣ 12/2022· Ν. 4819/2021).

Η εφαρμογή συστημάτων χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων αποκτά ιδιαίτερη σημασία στην ελληνική πραγματικότητα, όπου για πολλά χρόνια η διαχείριση των αποβλήτων βασίστηκε κυρίως στη συλλογή σύμμεικτων ρευμάτων και στην τελική διάθεσή τους. Η σταδιακή εναρμόνιση με τις ευρωπαϊκές απαιτήσεις και τους εθνικούς στόχους έχει οδηγήσει τους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης στην ανάγκη ανάπτυξης ολοκληρωμένων συστημάτων προδιαλογής, τα οποία να συνδυάζουν κατάλληλες υποδομές, επιχειρησιακό σχεδιασμό, τεχνολογικά εργαλεία και συμμετοχή των πολιτών. Στο περιβάλλον αυτό, η αξιοποίηση καινοτόμων τεχνολογιών, και ιδίως εφαρμογών του Internet of Things (IoT), αναδεικνύεται ως κρίσιμος παράγοντας εκσυγχρονισμού των δημοτικών υπηρεσιών καθαριότητας και ενίσχυσης της αποδοτικότητας των συστημάτων συλλογής.

Η περίπτωση του Δήμου Ηρακλείου Κρήτης παρουσιάζει ιδιαίτερο ερευνητικό και πρακτικό ενδιαφέρον, καθώς αποτυπώνει μια συντονισμένη προσπάθεια σχεδιασμού και εφαρμογής συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων με αξιοποίηση τόσο συμβατικών όσο και «έξυπνων» τεχνολογικών εργαλείων. Οι σχετικές τελικές μελέτες για τις περιοχές εντός ΣΒΑΑ και εκτός ΣΒΑΑ συγκροτούν ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο παρέμβασης, με στόχο την εξυπηρέτηση διαφορετικών χωρικών και λειτουργικών αναγκών του Δήμου μέσω διακριτών αλλά συμπληρωματικών δράσεων. Οι παρεμβάσεις αυτές εντάσσονται στη γενικότερη στρατηγική εκτροπής των οργανικών αποβλήτων από τους ΧΥΤΑ, βελτίωσης της

αποδοτικότητας της αποκομιδής και ανάπτυξης υποδομών συμβατών με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας.

Ειδικότερα, στη μελέτη για τις περιοχές εντός ΣΒΑΑ προβλέπεται η ανάπτυξη δικτύου χωριστής συλλογής με 430 καφέ κάδους χωρητικότητας 240 λίτρων, 5.000 βιοδιασπώμενες σακούλες 10 λίτρων, 100.000 τεμάχια συναφούς υλικού, καθώς και η προμήθεια εξοπλισμού υποστήριξης με GPS, RFID και RFID tags για τους κάδους. Παράλληλα, περιλαμβάνεται η χρήση ειδικών οχημάτων συλλογής, καθώς και η ανάπτυξη λογισμικού και διασυνδέσεων για την online παρακολούθηση και διαχείριση του συστήματος. Αντίστοιχα, για τις περιοχές εκτός ΣΒΑΑ προβλέπεται εκτενέστερη ανάπτυξη εξοπλισμού με 750 καφέ κάδους 240 λίτρων, 10.000 βιοδιασπώμενες σακούλες 10 λίτρων, 100.000 τεμάχια υλικού, καθώς και απορριμματοφόρα διαφορετικών χωρητικοτήτων, πλυντήριο κάδων και πλήρη ψηφιακή υποδομή με GPS, RFID και δυνατότητες καταγραφής δεδομένων συλλογής.

Σημαντικό στοιχείο των μελετών αυτών αποτελεί η υιοθέτηση πρακτικών που αντλούν από ευρωπαϊκές καλές πρακτικές, όπως οι εφαρμογές E-TRACK και Waste Collection Weighting / EMULSA, οι οποίες αναφέρονται στο πλαίσιο του προγράμματος Interreg Europe WINPOL. Η προσέγγιση αυτή αναδεικνύει τη σημασία της τεκμηριωμένης λήψης αποφάσεων μέσω συστηματικής συλλογής, αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων, αλλά και τη δυνατότητα δημιουργίας ενιαίων πληροφοριακών συστημάτων που υποστηρίζουν τόσο την καθημερινή λειτουργία όσο και τον στρατηγικό σχεδιασμό. Μέσω της παρακολούθησης της θέσης των κάδων, των δρομολογίων των οχημάτων, των βαρών συλλογής και των λειτουργικών παραμέτρων, καθίσταται εφικτή η αξιολόγηση της απόδοσης του συστήματος και η αναπροσαρμογή του με βάση πραγματικές ανάγκες και μετρήσιμα αποτελέσματα.

Πέραν της τεχνικής τους διάστασης, τα συστήματα αυτά ενσωματώνουν και μια ουσιαστική θεσμική και κοινωνική διάσταση, καθώς προϋποθέτουν τη συνεργασία δημοτικών υπηρεσιών, αναδόχων, τεχνολογικών παροχών και πολιτών. Η αποτελεσματικότητα της χωριστής συλλογής δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τον εξοπλισμό ή το λογισμικό, αλλά και από τον βαθμό αποδοχής και συμμετοχής των πολιτών, την κατάλληλη ενημέρωση, τη σαφή οργάνωση του δικτύου συλλογής και τη συνέπεια στη λειτουργία του συστήματος. Υπό την έννοια αυτή, η

τεχνολογία δεν λειτουργεί αυτόνομα, αλλά ως μέσο υποστήριξης μιας συνολικότερης μετάβασης προς περισσότερο βιώσιμα και ευφυή πρότυπα αστικής διαχείρισης.

Παράλληλα, η σύγχρονη διαχείριση βιοαποβλήτων και ΑΣΑ συνδέεται ολοένα περισσότερο με την τεχνολογική και ψηφιακή καινοτομία. Όπως αναδεικνύεται και από την βιβλιογραφική διερεύνηση που αξιοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, τα συστήματα Internet of Things (IoT), οι αισθητήρες πληρότητας, το GPS, το RFID και τα λογισμικά βελτιστοποίησης διαδρομών μπορούν να υποστηρίξουν σημαντικά τη χωριστή συλλογή, να βελτιώσουν την αποδοτικότητα των δρομολογίων και να αυξήσουν τη συμμετοχή των πολιτών, ιδίως στο πεδίο των βιοαποβλήτων (Pardini et al., 2019· Lozano et al., 2018· Wen et al., 2017).

Η παρούσα διπλωματική εργασία εντάσσεται ακριβώς σε αυτό το πεδίο προβληματισμού και διερεύνησης. Αντικείμενό της είναι η εξέταση της κυκλικής οικονομίας και της διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων με έμφαση στην αξιοποίηση των βιοαποβλήτων, μέσα από τη μελέτη περίπτωσης του Δήμου Ηρακλείου Κρήτης και ειδικότερα μέσα από τον σχεδιασμό των συστημάτων χωριστής συλλογής στις περιοχές εντός και εκτός ΣΒΑΑ. Παράλληλα, διερευνάται ο ρόλος των καινοτομιών και των IoT συστημάτων συλλογής, όπως τα RFID tags, τα GPS, τα ζυγιστικά συστήματα και οι ψηφιακές πλατφόρμες, ως εργαλείων που μπορούν να ενισχύσουν την αποδοτικότητα, τη διαφάνεια, τη δυνατότητα ελέγχου και τη συνολική βιωσιμότητα των παρεμβάσεων (ΥΠΕΝ, Κυκλική Οικονομία, Το Νέο Σχέδιο Δράσης της Ελλάδας, 2021· Pardini et al., 2019). Μέσα από αυτή την προσέγγιση, επιδιώκεται η ανάδειξη τόσο των επιχειρησιακών όσο και των στρατηγικών προϋποθέσεων για την αποτελεσματική ενσωμάτωση της κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση των δημοτικών βιοαποβλήτων σε τοπικό επίπεδο.

1.2 Σκοπός και στόχοι της διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση του βαθμού στον οποίο η χωριστή συλλογή και αξιοποίηση των βιοαποβλήτων μπορεί να λειτουργήσει ως βασικός μηχανισμός μετάβασης προς ένα περισσότερο κυκλικό και βιώσιμο μοντέλο διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων σε επίπεδο τοπικής αυτοδιοίκησης. Ειδικότερα, η εργασία επιδιώκει να αναδείξει τη σημασία του οργανικού κλάσματος στο συνολικό σύστημα διαχείρισης αποβλήτων, να αποτυπώσει τις σύγχρονες τεχνολογικές και οργανωτικές

δυνατότητες που υπάρχουν για τη διαχείρισή του και να εξετάσει την εφαρμογή τους στην περίπτωση του Δήμου Ηρακλείου Κρήτης.

Με βάση τον παραπάνω σκοπό, οι επιμέρους στόχοι της εργασίας είναι οι εξής:

- α) να αποτυπωθεί το θεωρητικό και θεσμικό πλαίσιο που διέπει την κυκλική οικονομία και τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων, με ιδιαίτερη έμφαση στα βιοαπόβλητα,
- β) να παρουσιαστεί η σημασία της χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων για την εκτροπή αποβλήτων από την ταφή και την παραγωγή δευτερογενών πόρων,
- γ) να αναλυθούν οι δυνατότητες ενσωμάτωσης καινοτόμων τεχνολογιών και εφαρμογών Internet of Things (IoT) στα δημοτικά συστήματα συλλογής,
- δ) να εξεταστεί η περίπτωση του Δήμου Ηρακλείου, με βάση τον σχεδιασμό που περιλαμβάνεται στις τελικές μελέτες για τις περιοχές εντός και εκτός ΣΒΑΑ,
- ε) να αξιολογηθεί η συμβολή των παρεμβάσεων αυτών στην επίτευξη στόχων κυκλικής οικονομίας, λειτουργικής αποδοτικότητας και περιβαλλοντικής προστασίας.

Η εργασία δεν περιορίζεται σε μία γενική θεωρητική ανάλυση, αλλά επιχειρεί να συνδέσει το θεσμικό και επιστημονικό υπόβαθρο με μία συγκεκριμένη εφαρμογή σε επίπεδο δήμου. Με τον τρόπο αυτό, αναδεικνύεται τόσο η πρακτική αξία των αρχών της κυκλικής οικονομίας όσο και η ανάγκη προσαρμογής των γενικών κατευθύνσεων στις τοπικές συνθήκες, στις επιχειρησιακές δυνατότητες και στις ιδιαιτερότητες του υπό μελέτη αστικού χώρου.

1.3 Ερευνητικό ενδιαφέρον και στοιχείο καινοτομίας

Το ερευνητικό ενδιαφέρον της παρούσας εργασίας εδράζεται στη διασταύρωση τριών βασικών πεδίων: της κυκλικής οικονομίας, της διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων και της εφαρμογής καινοτόμων τεχνολογιών στη χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων. Η σύνδεση των πεδίων αυτών αποκτά ιδιαίτερη σημασία στην ελληνική πραγματικότητα, όπου η ανάπτυξη σύγχρονων συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων αποτελεί ταυτόχρονα περιβαλλοντική ανάγκη, θεσμική υποχρέωση και πεδίο επιχειρησιακού μετασχηματισμού για τους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης.

Η καινοτομία της εργασίας εντοπίζεται, πρώτον, στη σύνδεση της διαχείρισης βιοαποβλήτων με την κυκλική οικονομία σε επίπεδο συγκεκριμένου αστικού δήμου και όχι μόνο σε θεωρητικό ή κανονιστικό επίπεδο. Δεύτερον, στην αξιοποίηση εξειδικευμένων κατευθυντήριων και

τεχνικών δεδομένων για τα βιοαπόβλητα και στην προσαρμογή τους στις πραγματικές συνθήκες του Δήμου Ηρακλείου. Τρίτον, στην ανάδειξη της σημασίας των «έξυπνων» τεχνολογιών συλλογής, όπως RFID, GPS, ζυγιστικά συστήματα, λογισμικά παρακολούθησης και ψηφιακές πλατφόρμες, ως εργαλείων που υποστηρίζουν τη μετάβαση από ένα συμβατικό μοντέλο αποκομιδής σε ένα τεκμηριωμένο και δυναμικά βελτιούμενο σύστημα διαχείρισης.

Παράλληλα, η εργασία αντλεί από τη σχετική ελληνική εμπειρία και από τη βιβλιογραφία για τις καινοτομίες και τα IoT συστήματα συλλογής, προκειμένου να εντάξει την περίπτωση του Δήμου Ηρακλείου σε ένα ευρύτερο πλαίσιο τεχνολογικού και επιχειρησιακού μετασχηματισμού. Το στοιχείο αυτό προσδίδει στην εργασία προστιθέμενη αξία, καθώς επιτρέπει τη σύνδεση του τοπικού παραδείγματος με ευρύτερες εξελίξεις στον τομέα της «έξυπνης» διαχείρισης αποβλήτων.

1.4 Μεθοδολογική προσέγγιση

Η μεθοδολογική προσέγγιση της εργασίας βασίζεται στον συνδυασμό βιβλιογραφικής ανασκόπησης, θεσμικής και τεχνικής ανάλυσης, καθώς και μελέτης περίπτωσης.

Το πεδίο αναζήτησης της βιβλιογραφίας χωρίστηκε σε 4 τμήματα, α) την επιστημονική βιβλιογραφία, όπως αυτή αποτυπώνεται σε συγγράμματα (text-books), δημοσιευμένα άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά και αναρτημένες διπλωματικές εργασίες και διδακτορικές διατριβές στο εθνικό αποθετήριο, β) την ελληνική νομοθεσία και τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης, γ) ενημερωτικό υλικό (παρούσα κατάσταση, σχεδιασμός, κατευθυντήριες γραμμές, οδηγοί) από τον ΟΗΕ, την Ευρωπαϊκή Ένωση και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, δ) μελέτη περίπτωσης από τον Δήμο Ηρακλείου.

α) η επιστημονική βιβλιογραφία

i. συγγράμματα (text-books): προτιμήθηκαν τα συγγράμματα που είχαν χορηγηθεί στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών.

ii. δημοσιευμένα άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά: Η αρχική αναζήτηση έγινε στο Scopus με επιλεγμένες λέξεις που εμφανίζονται σε τίτλους, περιλήψεις ή σε λέξεις κλειδιά μεταξύ Ιανουαρίου 2019 και Δεκεμβρίου 2025. Για την εύρεση σχετικών δημοσιεύσεων έχει

χρησιμοποιηθεί ένα σύνολο λέξεων-κλειδιών, όπως Circular economy, Municipal solid waste, Biowaste, organic, digital, rfid, gps, Onboard weighing, route monitoring, Data driven optimization. Αυτές οι λέξεις-κλειδιά έχουν εφαρμοστεί με διαφορετικούς συνδυασμούς τελεστών AND / OR για να διασφαλιστεί η συλλογή επαρκούς αριθμού μελετών. Η βασική αναζήτηση αφορούσε την κυκλική οικονομία και τα αστικά απόβλητα (στερεά ή βιοαπόβλητα) και η συναρτόμενη μεταβλητή ήταν η τεχνολογική μέθοδος που εφαρμόστηκε. Αναγνωρίστηκαν 951 άρθρα, των οποίων η κατανομή σε επιμέρους τεχνολογίες απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα:

digital	592
rfid	22
gps	33
Onboard weighing	9
route monitoring	254
Data driven optimization	263
Συνδυασμός όλων των παραπάνω	0

Ακολούθησε επιλογή με βάση την θεματική συνάφεια και τη διαθεσιμότητα του άρθρου. Προστέθηκαν και παλιότερα άρθρα στα οποία γινόταν συχνά αναφορά, παρά την παλαιότερη ημερομηνία δημοσίευσης.

β) ελληνική νομοθεσία και κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης:

Η αναζήτηση στην ελληνική νομοθεσία έγινε μέσω της πλατφόρμας «Νομοτέλεια», της μηχανής αναζήτησης Google και του μοντέλου TN GPT 5.4. Οι λέξεις κλειδιά ήταν «κυκλική οικονομία, αστικά απόβλητα, βιοαπόβλητα, διαχείριση αποβλήτων». Η αναζήτηση των κανονισμών της ΕΕ έγινε με τον ίδιο τρόπο και λέξεις κλειδιά «Circular economy, Municipal solid waste, Biowaste». Αξιοποιήθηκαν, επιπροσθέτως, οι σχετικές παραπομπές και οι υπερσύνδεσμοι που υπήρχαν στα κείμενα που ανασύρθηκαν με την αρχική αναζήτηση.

γ) ενημερωτικό υλικό (παρούσα κατάσταση, σχεδιασμός, κατευθυντήριες γραμμές, οδηγοί) από τον ΟΗΕ, την Ευρωπαϊκή Ένωση και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας;

Η αναζήτηση έγινε με τη βοήθεια της μηχανής αναζήτησης Google και του μοντέλου TN GPT 5.4, τη μελέτη των ιστοσελίδων των αρμοδίων Τμημάτων και Διευθύνσεων των Οργανισμών και την τηλεφωνική επικοινωνία με τους υπαλλήλους του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

δ) μελέτη περίπτωσης από τον Δήμο Ηρακλείου:

Κεντρικό μεθοδολογικό εργαλείο αποτελεί η μελέτη περίπτωσης του Δήμου Ηρακλείου Κρήτης. Στο πλαίσιο αυτό αξιοποιούνται οι τελικές μελέτες για τις περιοχές εντός και εκτός ΣΒΑΑ, από τις οποίες αντλούνται στοιχεία σχετικά με τον σχεδιασμό του δικτύου συλλογής, τον απαιτούμενο εξοπλισμό, τη χωρική κατανομή των κάδων, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οχημάτων, καθώς και τις προβλέψεις για χρήση ψηφιακών τεχνολογιών, όπως RFID, GPS και λογισμικά διαχείρισης δεδομένων. Παράλληλα, αξιοποιείται το αρχείο που αφορά τη χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων, τη διερεύνηση καινοτομιών και IoT συστημάτων συλλογής στην Ελλάδα, προκειμένου να ενισχυθεί η ερμηνεία των τεχνολογικών επιλογών και να αναδειχθεί η συνάφειά τους με τις σύγχρονες τάσεις του κλάδου.

Η επιλογή της μελέτης περίπτωσης κρίνεται κατάλληλη, επειδή επιτρέπει τη σε βάθος διερεύνηση ενός συγκεκριμένου παραδείγματος εφαρμογής και τη σύνδεση της θεωρίας με την πράξη. Παράλληλα, προσφέρει τη δυνατότητα κατανόησης των ιδιαιτεροτήτων ενός μεγάλου αστικού δήμου, με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ως προς την πληθυσμιακή πυκνότητα, τη χωρική οργάνωση, την τουριστική δραστηριότητα και τη μεταβλητότητα στην παραγωγή αποβλήτων. Η μεθοδολογία της εργασίας έχει κυρίως ποιοτικό και αναλυτικό χαρακτήρα, χωρίς να αποκλείει τη χρήση ποσοτικών στοιχείων, όπου αυτά κρίνονται αναγκαία για την τεκμηρίωση του σχεδιασμού και την αποτίμηση της συμβολής του συστήματος σε δείκτες κυκλικότητας και λειτουργικής απόδοσης.

1.5 Δομή της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε διακριτά κεφάλαια, τα οποία ακολουθούν μία λογική πορεία από το γενικό θεωρητικό και θεσμικό πλαίσιο προς την ειδική εφαρμογή και την αξιολόγηση της μελέτης περίπτωσης. Μετά το εισαγωγικό κεφάλαιο, ακολουθεί η ανάπτυξη του θεωρητικού πλαισίου της κυκλικής οικονομίας και της διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων, με έμφαση στη θέση και στη σημασία των βιοαποβλήτων.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται το θεσμικό και στρατηγικό πλαίσιο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, Ελλάδας και Περιφέρειας Κρήτης, ώστε να αποτυπωθούν οι βασικές δεσμεύσεις, κατευθύνσεις και στόχοι που διαμορφώνουν το πεδίο εφαρμογής των πολιτικών διαχείρισης βιοαποβλήτων. Έπειτα εξετάζεται η υφιστάμενη κατάσταση στον Δήμο Ηρακλείου, με αναφορά στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης και στα δεδομένα που σχετίζονται με την παραγωγή και τη διαχείριση των αστικών αποβλήτων.

Ακολουθεί η ανάλυση του σχεδιασμού του συστήματος χωριστής συλλογής και αξιοποίησης βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου, τόσο για τις περιοχές εντός όσο και για τις περιοχές εκτός ΣΒΑΑ, με έμφαση στον εξοπλισμό, στη χωρική οργάνωση, στις ροές συλλογής και στις ψηφιακές τεχνολογίες υποστήριξης. Τέλος, η εργασία ολοκληρώνεται με συζήτηση των ευρημάτων, αποτίμηση της συμβολής του συστήματος στους στόχους της κυκλικής οικονομίας και διατύπωση προτάσεων για περαιτέρω βελτίωση και μελλοντική έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΑΣΑ

2.1 Η έννοια της κυκλικής οικονομίας

Στο ίδιο πλαίσιο, η βιβλιομετρική αποτύπωση της έρευνας για τη διαχείριση αποβλήτων στην κυκλική οικονομία αναδεικνύει ως κεντρικά πεδία τη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων, τα βιοαπόβλητα, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την ανάλυση κύκλου ζωής, γεγονός που επιβεβαιώνει τον πολυδιάστατο χαρακτήρα της έννοιας (Ranjbari et al., 2021).

Παράλληλα, η αποτελεσματική μετάβαση προς κυκλικά πρότυπα απαιτεί συστημική κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ ροών πόρων, υποδομών, θεσμικού πλαισίου, αγορών και

πρακτικών χρηστών, ώστε να αποφεύγεται η σύγχυση μεταξύ απλής κυκλικότητας και ουσιαστικής βιωσιμότητας (Iacovidou et al., 2021).

Η κυκλική οικονομία προσεγγίζεται στη σύγχρονη βιβλιογραφία ως συστημική στρατηγική που υπερβαίνει τη στενή λογική της διαχείρισης αποβλήτων και στοχεύει στη διατήρηση υλικών, προϊόντων και αξίας μέσα στην οικονομία για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, μέσω επαναχρησιμοποίησης, επισκευής, ανακατασκευής και ανακύκλωσης (Iacovidou et al., 2021; Ranjbari et al., 2021).

Η διεθνής βιβλιογραφία υπογραμμίζει ότι η μετάβαση προς την κυκλική οικονομία δεν μπορεί να αξιολογείται αποκλειστικά σε θεωρητικό επίπεδο, αλλά απαιτεί συστηματικά εργαλεία παρακολούθησης, δείκτες απόδοσης και μηχανισμούς αποτίμησης της προόδου, ώστε να τεκμηριώνεται η πραγματική μετατόπιση από το γραμμικό στο κυκλικό μοντέλο (Papamichael et al., 2023).

Παράλληλα, η επίτευξη της κυκλικότητας αντιμετωπίζει αλληλένδετα κοινωνικά, τεχνολογικά, κανονιστικά και οικονομικά εμπόδια, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας προϋποθέτει συστημική προσέγγιση και όχι αποσπασματικές παρεμβάσεις (Papamichael et al., 2023; Kumar et al., 2023).

Η κυκλική οικονομία αποτελεί ένα σύγχρονο υπόδειγμα οργάνωσης της παραγωγής και της κατανάλωσης, το οποίο επιδιώκει τη διατήρηση της αξίας των προϊόντων, των υλικών και των πόρων εντός της οικονομίας για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, περιορίζοντας ταυτόχρονα την παραγωγή αποβλήτων και την κατανάλωση πρωτογενών φυσικών πόρων (Νέο Σχέδιο Δράσης της Ελλάδας για την Κυκλική Οικονομία, 2021). Σε αντίθεση με το γραμμικό μοντέλο «παραγωγή – κατανάλωση – απόρριψη», η κυκλική οικονομία στηρίζεται στην πρόληψη, στην επαναχρησιμοποίηση, στην επισκευή, στην ανακύκλωση και στην ανάκτηση, με απώτερο στόχο τη μετάβαση σε ένα πιο αποδοτικό και περιβαλλοντικά βιώσιμο σύστημα ανάπτυξης (Νέο Σχέδιο Δράσης της Ελλάδας για την Κυκλική Οικονομία, 2021).

Η ανάγκη μετάβασης προς την κυκλική οικονομία συνδέεται με τις αυξανόμενες πιέσεις που ασκούνται στους φυσικούς πόρους, με την αύξηση της παραγωγής αποβλήτων και με την κλιματική και περιβαλλοντική κρίση. Σύμφωνα με το Νέο Σχέδιο Δράσης της Ελλάδας για την Κυκλική Οικονομία, η παγκόσμια κατανάλωση υλικών αναμένεται να διπλασιαστεί στα επόμενα έτη, ενώ η ετήσια παραγωγή αποβλήτων προβλέπεται να αυξηθεί σημαντικά έως το

2050. Υπό τα δεδομένα αυτά, η κυκλική οικονομία αντιμετωπίζεται όχι απλώς ως περιβαλλοντική στρατηγική, αλλά ως προϋπόθεση για βιώσιμη ανάπτυξη, για ενίσχυση της αποδοτικότητας των πόρων και για διατήρηση της ανταγωνιστικότητας των οικονομιών.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ενσωματώσει την κυκλική οικονομία στον πυρήνα της πολιτικής της για τη βιωσιμότητα και την πράσινη μετάβαση. Το νέο ευρωπαϊκό Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία, σε συνάφεια με την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, επιδιώκει να καταστήσει τα βιώσιμα προϊόντα, τις βιώσιμες υπηρεσίες και τα βιώσιμα επιχειρηματικά μοντέλα τη νέα κανονικότητα. Στο πλαίσιο αυτό, η πρόληψη παραγωγής αποβλήτων, η βελτίωση του σχεδιασμού των προϊόντων, η ενίσχυση της ανακύκλωσης και η δημιουργία αγορών για δευτερογενείς πρώτες ύλες αποκτούν κεντρική σημασία.

Τέλος στην στη σύγχρονη βιβλιογραφία, η κυκλική οικονομία δεν αντιμετωπίζεται απλώς ως περιβαλλοντική πολιτική, αλλά ως αναπτυξιακό υπόδειγμα που συνδέεται με την αποδοτικότητα των πόρων, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την καινοτομία και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των τοπικών οικονομιών. Η θεωρητική της σημασία είναι ιδιαίτερα μεγάλη για τα αστικά στερεά απόβλητα, επειδή μετατοπίζει το κέντρο βάρους από τη διάθεση των απορριμμάτων στην πρόληψη και στην ανάκτηση αξίας από αυτά (Νέο Σχέδιο Δράσης της Ελλάδας για την Κυκλική Οικονομία, 2021).

2.2 Αστικά στερεά απόβλητα και οργανικό κλάσμα

Τα αστικά στερεά απόβλητα αποτελούν σύνθετο ρεύμα αποβλήτων, το οποίο προκύπτει από τα νοικοκυριά, τις εμπορικές δραστηριότητες, τις υπηρεσίες και άλλες συναφείς αστικές λειτουργίες. Η διαχείρισή τους αποτελεί βασική αρμοδιότητα της τοπικής αυτοδιοίκησης και ταυτόχρονα κρίσιμο πεδίο εφαρμογής των αρχών της κυκλικής οικονομίας, δεδομένου ότι σε αυτά περιλαμβάνονται υλικά με σημαντικές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης ή ανάκτησης.

Σύμφωνα με τον ΠΕΣΔΑ Κρήτης, τα ΑΣΑ περιλαμβάνουν επιμέρους ρεύματα με διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά και διαφορετικές απαιτήσεις διαχείρισης, ενώ η σύνθεσή τους παρουσιάζει σημαντική συμμετοχή οργανικού και ανακυκλώσιμου κλάσματος. Η αναγνώριση της ποιοτικής σύνθεσης των ΑΣΑ είναι καθοριστικής σημασίας για τον σχεδιασμό κατάλληλων συστημάτων διαλογής στην πηγή, χωριστής συλλογής και επεξεργασίας. Η ίδια λογική

αποτυπώνεται και στις εθνικές κατευθύνσεις, σύμφωνα με τις οποίες η αποτελεσματική διαχείριση των αστικών αποβλήτων δεν μπορεί να στηρίζεται αποκλειστικά στη συλλογή σύμμεικτων ρευμάτων και στην τελική διάθεση (ΠΕΣΔΑ Κρήτης, 2016).

Ιδιαίτερη βαρύτητα έχει το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ, δεδομένου ότι αντιστοιχεί σε ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό της συνολικής παραγόμενης ποσότητας. Ο Οδηγός προς τους Δήμους για τη χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων αναφέρει ότι, στο επίπεδο του ΕΣΔΑ 2020–2030, το 44,3% των παραγόμενων αστικών στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα αποτελείται από βιοαπόβλητα, γεγονός που καταδεικνύει την καθοριστική σημασία του οργανικού κλάσματος για την επίτευξη στόχων εκτροπής από την ταφή και ανάκτησης πόρων (Guideline for municipalities, 2020).

Ως εκ τούτου, η διαχείριση των ΑΣΑ και η μετάβαση προς την κυκλική οικονομία είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τη διαχείριση των βιοαποβλήτων.

Η σημασία της χωριστής συλλογής των βιοαποβλήτων ενισχύεται ακόμη περισσότερο αν ληφθεί υπόψη ότι τα οργανικά υπολείμματα, όταν δεν ανακτώνται κατάλληλα, επιβαρύνουν δυσανάλογα τις περιβαλλοντικές επιδόσεις του συστήματος μέσω εκπομπών μεθανίου, απώλειας θρεπτικών συστατικών και σπατάλης πόρων που θα μπορούσαν να επανεισυχθούν στην οικονομία (Urugo et al., 2024).

Στο πλαίσιο των τροφικών αλυσίδων, η ανάκτηση τροφικών υπολειμμάτων και η μείωση της σπατάλης τροφίμων εντάσσονται σε ευρύτερες κυκλικές στρατηγικές που μειώνουν τις απώλειες, περιορίζουν τις εκπομπές και βελτιώνουν τη χρήση διαθέσιμων πόρων (Sousa Jabbour et al., 2020; Urugo et al., 2024).

Η διεθνής βιβλιογραφία επισημαίνει επίσης ότι η μη ορθή διαχείριση των οργανικών αποβλήτων συνεπάγεται σημαντικές απώλειες πόρων και αυξημένες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις, ενώ η αξιοποίησή τους μπορεί να υποστηρίξει νέες κυκλικές αλυσίδες αξίας και βιοβασισμένες εφαρμογές (Lizundia et al., 2022; Ranjbari et al., 2021).

Η χωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων αποτελεί κρίσιμο κρίκο για την επιτυχία της κυκλικής διαχείρισης, επειδή η καθαρότητα του ρεύματος καθορίζει την ποιότητα της ανάκτησης, τη δυνατότητα παραγωγής κόμποστ ή άλλων δευτερογενών προϊόντων και τη συνολική αποδοτικότητα του συστήματος (Urugo et al., 2024; Lizundia et al., 2022).

Αντίθετα, η αξιοποίηση των οργανικών αποβλήτων μέσω κομποστοποίησης, αναερόβιας χώνευσης ή άλλων διεργασιών ανάκτησης ενισχύει την κυκλικότητα, καθώς μετατρέπει ένα

ρεύμα αποβλήτων σε δευτερογενείς πρώτες ύλες, εδαφοβελτιωτικά ή ενεργειακά προϊόντα (Urugo et al., 2024).

Το ποσοστό αυτό καταδεικνύει ότι χωρίς οργανωμένη διαχείριση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος δεν είναι δυνατόν να επιτευχθούν ουσιαστικά αποτελέσματα ούτε ως προς τη μείωση της ταφής ούτε ως προς την ανάκτηση υλικών και πόρων.

2.3 Βιοαπόβλητα και σημασία της χωριστής συλλογής

Το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα ποσοστιαία συστατικά τους και περιλαμβάνει κυρίως υπολείμματα τροφίμων, απορρίμματα κουζίνας, πράσινα απόβλητα κήπων και πάρκων και άλλα βιοαποδομήσιμα υλικά (Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων, 2019).

Τα βιοαπόβλητα αποτελούν διακριτή κατηγορία αποβλήτων και περιλαμβάνουν, σύμφωνα με τον Ν.4042/2012, τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα κήπων και πάρκων, τα απορρίμματα τροφίμων και μαγειρείων από νοικοκυριά, εστιατόρια, χώρους μαζικής εστίασης και λιανικής, καθώς και συναφή απόβλητα από εγκαταστάσεις μεταποίησης τροφίμων, όπως ορίζεται στον Ν.4042/2012 (Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων, 2019). Η νομοθετική κατοχύρωση της κατηγορίας αυτής υπήρξε κομβική, διότι κατέστησε εφικτό τον εξειδικευμένο σχεδιασμό πολιτικών και υποδομών για τη χωριστή συλλογή και αξιοποίησή της. Η θεσμική αναγνώριση των βιοαποβλήτων ως διακριτού ρεύματος είναι ιδιαίτερα σημαντική, διότι επιτρέπει τον εξειδικευμένο σχεδιασμό πολιτικών και μέτρων για τη χωριστή συλλογή και αξιοποίησή τους.

Η χωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων στην πηγή αποτελεί βασική προϋπόθεση για την παραγωγή ποιοτικού κομπόστ και για τη συνολική αναβάθμιση της διαχείρισης των αστικών αποβλήτων.

Το Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων του 2019 επισημαίνει ότι η διαχείριση των βιοαποβλήτων αποτελεί βασική συνιστώσα του συνολικού συστήματος διαχείρισης των ΑΣΑ και ότι σε όλα τα εγκεκριμένα ΠΕΣΔΑ προβλέπεται η ανάπτυξη δικτύων για τη χωριστή συλλογή και επεξεργασία τους. Στο ίδιο πλαίσιο, το ΕΣΔΑ 2015 έθεσε στόχο χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων 40% έως το 2020, υπερβαίνοντας την ελάχιστη στοχοθεσία που είχε προηγουμένως θεσπιστεί με τον Ν.4042/2012 (Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων, 2019).

Η χωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων στην πηγή αποτελεί βασική προϋπόθεση για την παραγωγή ποιοτικού κομπόστ, για τη μείωση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος που οδηγείται σε ταφή και για τη συνολική αναβάθμιση της περιβαλλοντικής απόδοσης των δημοτικών συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων. Σύμφωνα με τον Οδηγό προς τους Δήμους, η οργανωμένη χωριστή συλλογή και επεξεργασία των βιοαποβλήτων συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στην εξοικονόμηση χώρου ταφής, στην παραγωγή οργανικών εδαφοβελτιωτικών και στη μείωση του κόστους μεταφοράς και διάθεσης (Guideline for municipalities, 2020).

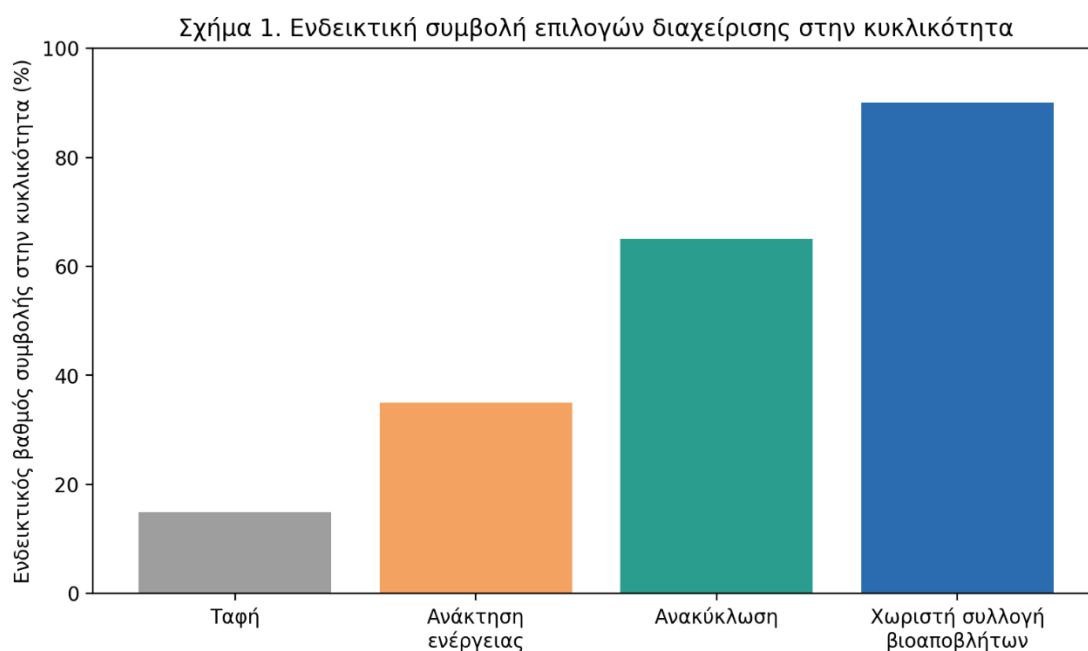
Πέραν της περιβαλλοντικής της σημασίας, η χωριστή συλλογή αποτελεί και κρίσιμο επιχειρησιακό εργαλείο. Η καθαρότητα του συλλεγόμενου ρεύματος επηρεάζει άμεσα την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος και τη δυνατότητα περαιτέρω αξιοποίησής του.

Για τον λόγο αυτό, τόσο το Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων όσο και ο Οδηγός προς τους Δήμους δίνουν έμφαση στον ορθό σχεδιασμό του δικτύου κάδων, στην επιλογή περιοχών εφαρμογής, στη σταδιακή ανάπτυξη πιλοτικών έργων, στην παρακολούθηση της απόδοσης και στην ενημέρωση των πολιτών ως παράγοντες επιτυχίας του συστήματος (Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων, 2019· Guideline for municipalities, 2020).

Η χωριστή συλλογή δεν είναι μόνο τεχνική διαδικασία αλλά και κοινωνική πρακτική. Προϋποθέτει την ενεργό συμμετοχή των πολιτών, τη σαφή πληροφόρηση για το τι απορρίπτεται στους καφέ κάδους, την αξιοπιστία της δημοτικής υπηρεσίας και την ύπαρξη σταθερού συστήματος παρακολούθησης. Κατά συνέπεια, η επιτυχία ενός συστήματος βιοαποβλήτων

κρίνεται όχι μόνο από τον εξοπλισμό του αλλά και από την ικανότητά του να δημιουργήσει σταθερές συμπεριφορές συμμετοχής.

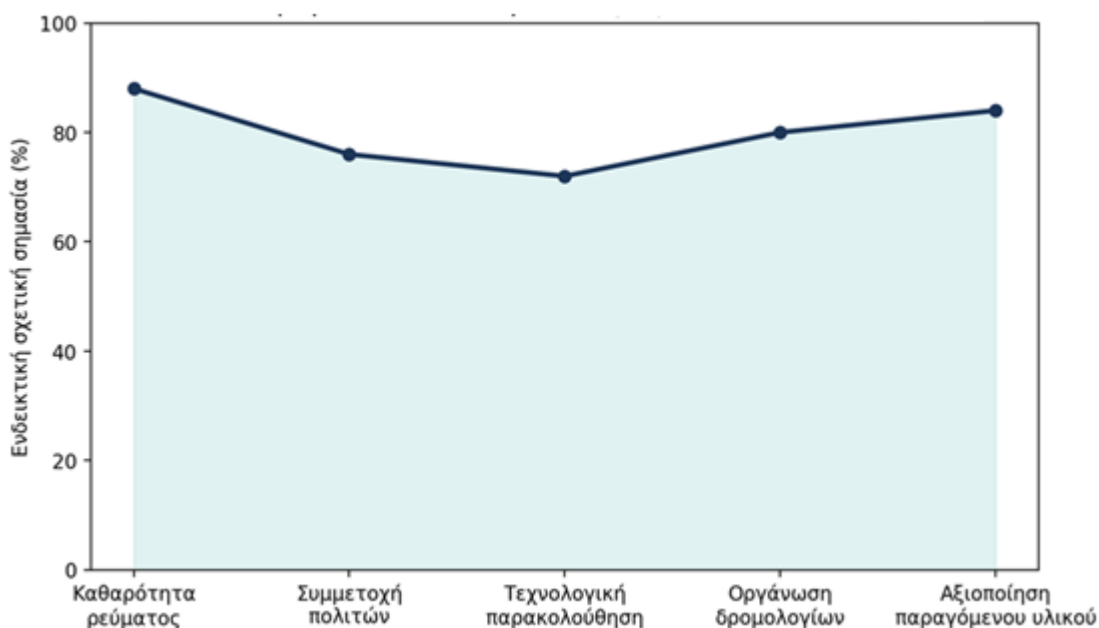
Σχήμα 1. Ιεράρχηση βασικών επιλογών διαχείρισης αποβλήτων ως προς τη σχετική συμβολή τους στην κυκλικότητα



2.4 Διαλογή στην πηγή και ποιότητα του ρεύματος

Η διαλογή στην πηγή αποτελεί βασική θεωρητική και λειτουργική προϋπόθεση για την αποτελεσματική διαχείριση των βιοαποβλήτων. Μέσω του διαχωρισμού των οργανικών αποβλήτων στο σημείο παραγωγής τους, πριν αναμειχθούν με άλλα ρεύματα, βελτιώνεται σημαντικά η ποιότητα του συλλεγόμενου υλικού, μειώνονται οι προσμίξεις και διευκολύνεται η κομποστοποίηση ή η αναερόβια χώνευση (Guideline for municipalities, 2020, Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων, 2019).

Η ποιότητα του ρεύματος βιοαποβλήτων είναι κρίσιμη, επειδή επηρεάζει άμεσα την απόδοση της επεξεργασίας, την ποιότητα του τελικού προϊόντος και τη δυνατότητα αξιοποίησής του. Η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η επιτυχία ενός συστήματος χωριστής συλλογής δεν εξαρτάται μόνο από τον εξοπλισμό, αλλά και από την ενημέρωση των πολιτών, την ευκολία πρόσβασης, τις συχνότητες συλλογής και τη συμμετοχή των μεγάλων παραγωγών (Guideline for municipalities, 2020).



Σχήμα 2. Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα ενός συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων

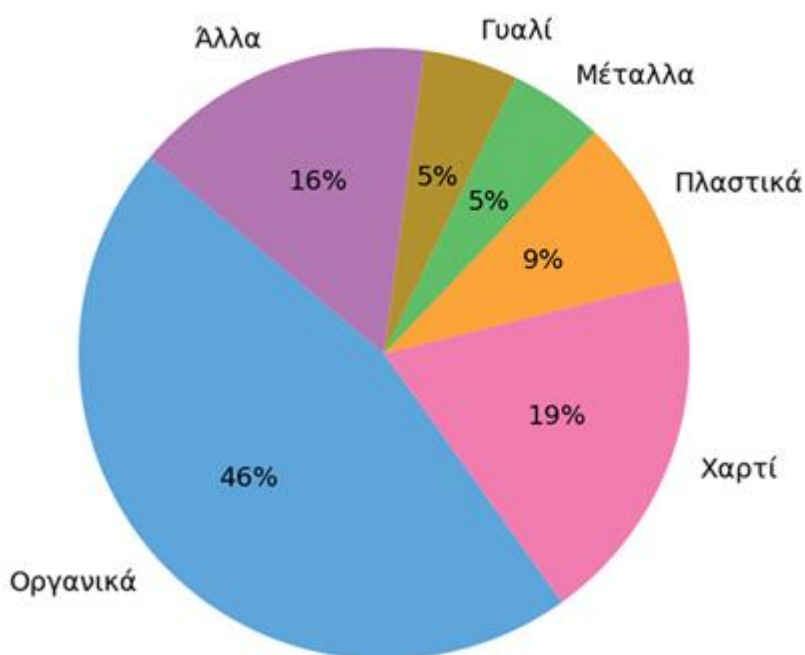
Ειδικά η διεθνής βιβλιογραφία για την κυκλική οικονομία στις εφοδιαστικές αλυσίδες τροφίμων υπογραμμίζει ότι η αξιοποίηση ψηφιακών τεχνολογιών και μοντέλων κυκλικής επιχειρηματικότητας μπορεί να περιορίσει τις απώλειες και να ενισχύσει τη λειτουργική αποτελεσματικότητα, στοιχείο ιδιαίτερα σχετικό με τη δημοτική διαχείριση οργανικών ρευμάτων (Sousa Jabbour et al., 2020; Kumar et al., 2023).

Η παρούσα εργασία συνδέεται άμεσα με τις παραπάνω θεωρητικές και τεχνολογικές εξελίξεις, καθώς εξετάζει ένα τοπικό σύστημα βιοαποβλήτων υπό το πρίσμα της κυκλικής οικονομίας, της επιχειρησιακής βελτιστοποίησης και της αξιοποίησης δεδομένων για τη βελτίωση των δημοτικών πρακτικών (Paramichael et al., 2023; Czekala et al., 2023).

2.5 Ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ

Η σύνδεση της παρούσας εργασίας με τη διεθνή βιβλιογραφία είναι ιδιαίτερα σημαντική, διότι οι σύγχρονες προσεγγίσεις στη διαχείριση αποβλήτων αναδεικνύουν ότι η κυκλική οικονομία ενισχύεται όταν συνδυάζεται με ψηφιακά εργαλεία, ιχνηλασιμότητα, συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και τεχνολογίες Industry 4.0, που βελτιώνουν την αποδοτικότητα και τη διαφάνεια των ροών υλικών (Kumar et al., 2023; Paramichael et al., 2023).

Η ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ αποτελεί θεμελιώδη παράμετρο για τον σχεδιασμό κατάλληλων συστημάτων συλλογής, μεταφοράς, ανάκτησης και επεξεργασίας. Παρατίθεται ενδεικτική σύνθεση των ΑΣΑ στην Ελλάδα, στην οποία το οργανικό κλάσμα αντιστοιχεί περίπου στο 46%, το χαρτί στο 19%, τα πλαστικά στο 9%, ενώ μέταλλα και γυαλί αντιστοιχούν περίπου στο 5% έκαστο, γεγονός που αναδεικνύει τον καθοριστικό ρόλο των βιοαποβλήτων μέσα στο συνολικό ρεύμα των αστικών αποβλήτων.



Διάγραμμα 1. Ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ στην Ελλάδα..(ΕΣΔΑ)

2.6 Σύνδεση με την εργασία

Οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης αποτελούν τον βασικό εφαρμοστικό μηχανισμό της πολιτικής για τα βιοαπόβλητα. Η ευθύνη τους δεν εξαντλείται στην αποκομιδή, αλλά εκτείνεται στον σχεδιασμό των συστημάτων χωριστής συλλογής, στην επιλογή εξοπλισμού, στην οργάνωση των δρομολογίων, στη διαχείριση του κόστους, στην περιβαλλοντική παρακολούθηση και στην ευαισθητοποίηση του κοινού (ΥΓΟΣ Δήμου Ηρακλείου, 2021· Guideline for municipalities, 2020).

Η σημασία του ρόλου αυτού αναδεικνύεται τόσο στο νομοθετικό όσο και στο κατευθυντήριο επίπεδο. Ο Οδηγός προς τους Δήμους παρουσιάζει αναλυτικά τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την καθιέρωση της χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων, όπως ο καθορισμός στόχων, η ανάλυση της σύστασης των αποβλήτων, η προσαρμογή του μοντέλου διαχείρισης και του συστήματος χρεώσεων, καθώς και η ανάπτυξη πιλοτικών έργων σε επιλεγμένες περιοχές εφαρμογής (Guideline for municipalities, 2020).

Αντίστοιχα, το Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων του 2019 λειτουργεί ως πρακτικό εργαλείο για τους Δήμους, παρέχοντας μεθοδολογία σχεδιασμού συνολικού δημοτικού συστήματος, με επιμέρους αναφορές στην οικιακή κομποστοποίηση, στη διαλογή στην πηγή, στις δημοτικές μονάδες επεξεργασίας βιοαποβλήτων και στα οικονομικά στοιχεία επένδυσης και λειτουργίας. Η ύπαρξη αυτών των εργαλείων αποτυπώνει την ανάγκη μετάβασης από έναν αποσπασματικό τρόπο διαχείρισης σε έναν τεκμηριωμένο, συστηματικό και αξιολογήσιμο σχεδιασμό σε επίπεδο ΟΤΑ (Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων, 2019).

Για την παρούσα εργασία, το θεωρητικό πλαίσιο του Κεφαλαίου 2 συγκροτείται από την έννοια της κυκλικής οικονομίας, τη φύση των ΑΣΑ ως σύνθετου ρεύματος και τη σημασία του οργανικού κλάσματος και των βιοαποβλήτων ως βασικού πεδίου εφαρμογής της κυκλικής λογικής. Το κεφάλαιο αυτό παραμένει σκόπιμα σε εννοιολογικό και θεωρητικό επίπεδο, ώστε το επόμενο κεφάλαιο να αναπτύξει διακριτά το θεσμικό και στρατηγικό πλαίσιο σε επίπεδο ΕΕ, Ελλάδας και Κρήτης (Νέο Σχέδιο Δράσης της Ελλάδας για την Κυκλική Οικονομία, 2021).

Η τεχνολογική υποστήριξη των συστημάτων συλλογής βιοαποβλήτων έχει αναδειχθεί ως σημαντικό στοιχείο βελτίωσης της λειτουργίας των υπηρεσιών καθαριότητας. Μέσα από τεχνολογίες όπως RFID, GPS, συστήματα ζύγισης, λογισμικά διαχείρισης δεδομένων και ψηφιακές πλατφόρμες παρακολούθησης, οι δήμοι μπορούν να αποκτούν καλύτερη εικόνα για τη θέση του εξοπλισμού, την πορεία των οχημάτων, τη συχνότητα εξυπηρέτησης και τις συλλεγόμενες ποσότητες.

Η σύγχρονη διαχείριση βιοαποβλήτων και ΑΣΑ συνδέεται ολοένα περισσότερο με την τεχνολογική και ψηφιακή καινοτομία. Όπως αναδεικνύεται και στη βιβλιογραφία που αξιοποιείται στην παρούσα εργασία, τα συστήματα Internet of Things (IoT), οι αισθητήρες πληρότητας, το GPS, το RFID και τα λογισμικά βελτιστοποίησης διαδρομών μπορούν να υποστηρίξουν σημαντικά τη χωριστή συλλογή, να βελτιώσουν την αποδοτικότητα των

δρομολογίων και να αυξήσουν τη συμμετοχή των πολιτών, ιδίως στο πεδίο των βιοαποβλήτων (Pardini et al., 2019· Lozano et al., 2018· Wen et al., 2017).

Οι τεχνολογίες IoT στη διαχείριση αποβλήτων περιλαμβάνουν τη χρήση αισθητήρων, μικροεπεξεργαστών, μέσων επικοινωνίας, πλατφορμών λογισμικού και εργαλείων γεωεντοπισμού που επιτρέπουν τη συνεχή ροή δεδομένων μεταξύ του πεδίου και ενός κεντρικού συστήματος διαχείρισης. Στη χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων, οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν για την αναγνώριση και ιχνηλάτηση κάδων, την καταγραφή των σημείων συλλογής, την παρακολούθηση των δρομολογίων των οχημάτων, τη μέτρηση των συλλεγόμενων ποσοτήτων και τη δυναμική βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συστήματος. Ειδικότερα, η χρήση RFID tags στους καφέ κάδους, σε συνδυασμό με GPS, ζυγιστικά συστήματα και διαδικτυακές εφαρμογές παρακολούθησης, επιτρέπει τη μετάβαση από ένα συμβατικό μοντέλο αποκομιδής σε ένα τεκμηριωμένο, μετρήσιμο και διαρκώς βελτιούμενο σύστημα διαχείρισης.

Η συμβολή των τεχνολογιών αυτών είναι διπλή. Από τη μία πλευρά, υποστηρίζουν τη βελτιστοποίηση των δρομολογίων, τη μείωση του λειτουργικού κόστους και τη συστηματική παρακολούθηση της απόδοσης. Από την άλλη πλευρά, ενισχύουν τη διαφάνεια, την ιχνηλασιμότητα και τη δυνατότητα τεκμηριωμένης λήψης αποφάσεων από τις δημοτικές υπηρεσίες. Υπό αυτή την έννοια, οι τεχνολογίες δεν αποτελούν απλώς πρόσθετο εξοπλισμό, αλλά τμήμα ενός νέου μοντέλου διοίκησης της διαχείρισης αποβλήτων.

2.7 Συμπερασματικές παρατηρήσεις του θεωρητικού πλαισίου

Από τη θεωρητική ανάλυση προκύπτει ότι η κυκλική οικονομία και η διαχείριση των ΑΣΑ αποτελούν αλληλένδετα πεδία πολιτικής και πρακτικής, στα οποία τα βιοαπόβλητα καταλαμβάνουν κεντρική θέση. Η υψηλή συμμετοχή του οργανικού κλάσματος στη σύσταση των ΑΣΑ, η αναγκαιότητα εκτροπής από την ταφή, η απαίτηση συμμόρφωσης προς τις ευρωπαϊκές και εθνικές δεσμεύσεις και η ανάγκη ανάπτυξης αποτελεσματικών δημοτικών συστημάτων καθιστούν τη χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων βασικό μηχανισμό μετάβασης προς ένα περισσότερο βιώσιμο μοντέλο διαχείρισης (Guideline for municipalities, 2020· Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων, 2019).

Στην περίπτωση της Κρήτης και ειδικότερα του Δήμου Ηρακλείου, το θεωρητικό αυτό πλαίσιο αποκτά συγκεκριμένο επιχειρησιακό περιεχόμενο μέσα από τον περιφερειακό σχεδιασμό με τις μελέτες βιοαποβλήτων που έχει εκπονήσει ο Δήμος Ηρακλείου. Κατά συνέπεια, η ανάλυση του θεωρητικού πλαισίου λειτουργεί ως αναγκαία βάση για την κατανόηση της υφιστάμενης κατάστασης και του ειδικότερου σχεδιασμού που εξετάζεται στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – ΕΕ, ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΚΡΗΤΗ

3.1 Θεσμικό πλαίσιο για τα βιοαπόβλητα και τα ΑΣΑ

Το θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση των βιοαποβλήτων και των αστικών στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα εδράζεται στις ευρωπαϊκές οδηγίες και στη σταδιακή ενσωμάτωσή τους στην εθνική νομοθεσία. Κομβικής σημασίας είναι η Οδηγία 2008/98/ΕΚ για τα απόβλητα, η οποία ενσωματώθηκε στην ελληνική έννομη τάξη με τον Ν.4042/2012. Με τον νόμο αυτό θεσμοθετείται η έννοια των βιοαποβλήτων ως ξεχωριστής κατηγορίας αποβλήτων και τίθεται η κατεύθυνση για τη χωριστή συλλογή τους.

Στη συνέχεια, η εθνική στρατηγική εξειδικεύθηκε με το ΕΣΔΑ, το οποίο προσδιόρισε σαφέστερα τους στόχους χωριστής συλλογής, την ανάγκη ανάπτυξης αποκεντρωμένων υποδομών ανάκτησης, την ενίσχυση της οικιακής κομποστοποίησης και την προώθηση ποιοτικής αξιοποίησης των χωριστά συλλεγέντων βιοαποβλήτων. Παράλληλα, με τον Ν.4555/2018 αποδόθηκαν στους Δήμους ειδικές αρμοδιότητες ως προς την οργάνωση και εφαρμογή της χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων, την ενημέρωση των πολιτών και τη δυνατότητα κατασκευής και λειτουργίας μονάδων επεξεργασίας υπό τις προβλέψεις του ισχύοντος πλαισίου και του οικείου ΠΕΣΔΑ (Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων, 2019).

Η αρμοδιότητα των ΟΤΑ στη διαχείριση αποβλήτων εδράζεται τόσο στο άρθρο 102 παρ. 1 του Συντάγματος όσο και στο άρθρο 75 του ν. 3463/2006, ενώ συνδέεται και με ειδικότερες διατάξεις, όπως η ΚΥΑ 50910/2727/2003 και ο Ν.1650/1986. Στο ίδιο κείμενο επισημαίνεται επίσης ότι ο Ν.4042/2012 και η ΠΥΣ 49/2015 για το ΕΣΔΑ καθιστούν τη χωριστή συλλογή των

δημοτικών βιοαποβλήτων βασικό πυλώνα για την επίτευξη των εθνικών στόχων διαχείρισης αποβλήτων.

Περαιτέρω, το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο δεν περιορίζεται σε γενικές κατευθύνσεις, αλλά επεκτείνεται και σε τεχνικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Το Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων αναφέρεται ρητώς στις προβλέψεις της ΥΑ ΔΠΑ/37674/2016 για τις μονάδες κομποστοποίησης και στην ΚΥΑ 171914/2013 για τις πρότυπες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις των σχετικών έργων, στοιχείο που αποδεικνύει ότι η ανάπτυξη δημοτικών συστημάτων βιοαποβλήτων προϋποθέτει θεσμική συμμόρφωση τόσο σε στρατηγικό όσο και σε τεχνικο-λειτουργικό επίπεδο (Εγχειρίδιο Βιοαποβλήτων, 2019).

3.1.1 Ευρωπαϊκό πλαίσιο

Το ευρωπαϊκό πλαίσιο για τα απόβλητα εδράζεται κατ' αρχάς στην Οδηγία 2008/98/ΕΚ, όπως ισχύει με την τελευταία αναθεώρηση της ενοποιημένης Οδηγίας Ε.Ε. 2018/851, η οποία καθιέρωσε την ιεράρχηση των αποβλήτων και έθεσε ως προτεραιότητες την πρόληψη, την προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση, την ανάκτηση και, ως έσχατη επιλογή, τη διάθεση. Στο άρθρο 4, η ιεράρχηση αυτή συνδέεται άμεσα με την κυκλική οικονομία, καθώς μετατρέπει τα απόβλητα από πρόβλημα τελικής διάθεσης σε δυνητικό πόρο (UPEN Εθνικό Πλαίσιο Διαχείρισης Αποβλήτων, 2023).

Η ευρωπαϊκή στρατηγική ενισχύθηκε περαιτέρω από το Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία και ιδίως από το νέο Σχέδιο Δράσης του 2020, το οποίο εντάχθηκε στην Ευρωπαϊκή



Εικόνα 1. Ιεραρχία αποβλήτων. Πηγή: environment.ec.europa.eu, Ευρωπαϊκή Επιτροπή

Πράσινη Συμφωνία. Το σχέδιο αυτό επιδιώκει να καταστήσει συνήθη πρακτική τα βιώσιμα προϊόντα, τις βιώσιμες υπηρεσίες και τα βιώσιμα επιχειρηματικά μοντέλα, προωθώντας μια πιο αποδοτική χρήση των πόρων και μείωση των αποβλήτων σε όλο τον κύκλο ζωής των προϊόντων (Νέο Σχέδιο Δράσης της Ελλάδας για την Κυκλική Οικονομία, 2020).

Αναδεικνύεται επιπλέον ότι η χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων αποτελεί ήδη ώριμη πρακτική σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες, οι οποίες έχουν πολυετή εμπειρία στη διαλογή στην πηγή και εμφανίζουν καλύτερες επιδόσεις ως προς την ανάκτηση του οργανικού κλάσματος. Η συγκριτική αυτή εμπειρία είναι σημαντική, διότι δείχνει ότι η ευρωπαϊκή πολιτική δεν έχει μόνο κανονιστικό αλλά και σαφώς εφαρμοσμένο χαρακτήρα.

3.1.2 Εθνικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, το ενιαίο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων έχει ενισχυθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Σύμφωνα με το υλικό του ΥΠΕΝ, η εθνική πολιτική στηρίζεται στην προώθηση της ιεράρχησης των αποβλήτων, στην αντιμετώπισή τους ως πόρου και στη μετάβαση στην κυκλική οικονομία, ενώ η εθνική στρατηγική εξειδικεύεται μέσα από το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, το Εθνικό Πρόγραμμα Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων και την Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία (ΥΠΕΝ Εθνικό Πλαίσιο Διαχείρισης Αποβλήτων, 2023).

Κομβικό σημείο αποτελεί ο ν. 4819/2021, ο οποίος λειτουργεί ως νόμος-πλαίσιο για τα απόβλητα, ενώ συμπληρωματικά έχουν τεθεί ρυθμίσεις για τα πλαστικά μιας χρήσης, την υγειονομική ταφή, τα συστήματα επιστροφής εγγύησης και τα επιμέρους ρεύματα εναλλακτικής διαχείρισης. Παράλληλα, το ΕΣΔΑ 2020–2030, το αναθεωρημένο ΕΠΠΑΔΑ και το αναθεωρημένο Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία συγκροτούν τον κύριο στρατηγικό κορμό της εθνικής πολιτικής αποβλήτων (UPEN Εθνικό Πλαίσιο Διαχείρισης Αποβλήτων, 2023· Νέο Σχέδιο Δράσης της Ελλάδας για την Κυκλική Οικονομία, 2021).

3.1.3 Περιφερειακός σχεδιασμός και η περίπτωση της Κρήτης

Ο Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης Αποβλήτων Κρήτης αποτελεί το βασικό εργαλείο εξειδίκευσης της εθνικής πολιτικής στο επίπεδο της Περιφέρειας. Στον ΠΕΣΔΑ Κρήτης ενσωματώνονται τα τοπικά σχέδια των Δήμων και προσδιορίζονται οι στόχοι εκτροπής, οι ανάγκες σε υποδομές και τα βασικά έργα που απαιτούνται για την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων. Στο πλαίσιο αυτό, η χωριστή συλλογή του οργανικού κλάσματος αναγνωρίζεται ως διακριτό και αναγκαίο ρεύμα διαχείρισης, τόσο στους χώρους εργασίας και εξυπηρέτησης κοινού όσο και στο επίπεδο της γενικότερης οργάνωσης των δημοτικών συστημάτων (ΠΕΣΔΑ Κρήτης, 2016).

Ο ΠΕΣΔΑ Κρήτης αναγνωρίζει ειδικά τη σημασία της χωριστής συλλογής του οργανικού κλάσματος και προβλέπει την καθιέρωση χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων ως διακριτού ρεύματος, ιδίως σε χώρους εργασίας και εξυπηρέτησης κοινού. Παράλληλα, αναδεικνύει ότι η επίτευξη των στόχων διαχείρισης δεν μπορεί να επέλθει χωρίς ενίσχυση της προδιαλογής, ανάπτυξη κατάλληλων υποδομών και προσαρμογή του σχεδιασμού στις ιδιαίτερες χωρικές και λειτουργικές συνθήκες της Περιφέρειας (ΠΕΣΔΑ Κρήτης, 2016).

Η σημασία του περιφερειακού σχεδιασμού καθίσταται ακόμη πιο εμφανής στην περίπτωση του Δήμου Ηρακλείου. Η μελέτες διαχείρισης βιοαποβλήτων του Δήμου Ηρακλείου εντάσσει τις τοπικές παρεμβάσεις σε ένα πλαίσιο συμβατότητας με τον περιφερειακό και εθνικό σχεδιασμό, τεκμηριώνοντας ότι η χωριστή συλλογή και μεταφορά προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων αποτελεί ουσιώδες τμήμα της δημοτικής αρμοδιότητας για τη διαχείριση αποβλήτων.

Για τον Δήμο Ηρακλείου, ο περιφερειακός σχεδιασμός λειτουργεί ως πλαίσιο αναφοράς και νομιμοποίησης των επιμέρους παρεμβάσεων. Οι τοπικές επιλογές δεν αναπτύσσονται αποκομμένα, αλλά σε συνάρτηση με τον περιφερειακό προγραμματισμό, γεγονός που ενισχύει τη συνοχή του συνολικού συστήματος.

Οι οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης αποτελούν τον κύριο φορέα εφαρμογής της πολιτικής για τα βιοαπόβλητα. Ο ρόλος τους περιλαμβάνει τον σχεδιασμό των συστημάτων χωριστής συλλογής, την επιλογή και χωροθέτηση εξοπλισμού, την οργάνωση των δρομολογίων, την παρακολούθηση της λειτουργίας, την ενημέρωση των πολιτών και τη διασύνδεση με τις απαιτούμενες υποδομές επεξεργασίας.

Η σημασία αυτού του ρόλου αναδεικνύεται από την ύπαρξη ειδικών εγχειριδίων και οδηγιών που απευθύνονται στους δήμους. Τα εργαλεία αυτά δεν είναι απλώς ενημερωτικά κείμενα αλλά ουσιαστικοί μηχανισμοί μεταφοράς τεχνογνωσίας, καθώς περιγράφουν αναλυτικά πώς μπορεί να δομηθεί ένα λειτουργικό δημοτικό σύστημα βιοαποβλήτων, ποιες τεχνικές και οργανωτικές επιλογές είναι διαθέσιμες και ποιες παράμετροι πρέπει να συνεκτιμηθούν.

Η ύπαρξη τέτοιων κατευθυντήριων οδηγιών αποτυπώνει ότι η επιτυχία των τοπικών συστημάτων δεν εξαρτάται μόνο από τη νομοθετική υποχρέωση, αλλά και από την ικανότητα των ΟΤΑ να μετατρέπουν τις κανονιστικές δεσμεύσεις σε εφαρμόσιμα και αξιολογήσιμα σχήματα λειτουργίας.

Οι μελέτες του Δήμου Ηρακλείου για τις περιοχές εντός και εκτός ΣΒΑΑ, καθώς και το ΤΟΣΔΑ Ηρακλείου, δείχνουν ότι το τοπικό σύστημα βιοαποβλήτων σχεδιάζεται σε πλήρη συνάφεια με το ΠΕΣΔΑ Κρήτης, με στόχο την επίτευξη χωριστής συλλογής, την ανάπτυξη δικτύου καφέ κάδων και τη σύνδεση της συλλογής με επεξεργασία και παρακολούθηση της απόδοσης. Επομένως, το περιφερειακό επίπεδο λειτουργεί ως απαραίτητη γέφυρα μεταξύ της εθνικής πολιτικής και της δημοτικής εφαρμογής (ΥΓΟΣ Δήμου Ηρακλείου, 2021,· μελέτη εντός ΣΒΑΑ, 2021, μελέτη εκτός ΣΒΑΑ, 2021).

3.2 Συμπερασματικές παρατηρήσεις του θεσμικού πλαισίου

Το θεσμικό και στρατηγικό πλαίσιο για τα βιοαπόβλητα συγκροτεί μια πολυεπίπεδη αλυσίδα κατευθύνσεων που ξεκινά από την Ευρωπαϊκή Ένωση, εξειδικεύεται σε εθνικά σχέδια και ολοκληρώνεται σε περιφερειακά και τοπικά εργαλεία εφαρμογής. Η πολυεπίπεδη αυτή δομή

είναι κρίσιμη, διότι εξασφαλίζει ότι η τοπική δράση δεν αποσυνδέεται από ευρύτερους στόχους κυκλικής οικονομίας και περιβαλλοντικής προστασίας.

Παράλληλα, γίνεται φανερό ότι η χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων δεν συνιστά απομονωμένη τεχνική επιλογή, αλλά υποχρέωση και στρατηγική κατεύθυνση που στηρίζεται σε σαφές κανονιστικό πλαίσιο και σε συγκεκριμένα εργαλεία υποστήριξης των ΟΤΑ.

Η κατανόηση αυτού του πλαισίου είναι απαραίτητη για την ερμηνεία και την αξιολόγηση της περίπτωσης του Δήμου Ηρακλείου στα επόμενα στάδια της εργασίας.

Η απόδοση ενός δημοτικού συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για την επίτευξη των στόχων της πρόληψης, της ανακύκλωσης και της κυκλικής οικονομίας, όπως αυτοί αποτυπώνονται στο ισχύον θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση αποβλήτων στην Ελλάδα (ΜΟΔ, 2019· Ν. 4819/2021). Η αποτελεσματικότητα του συστήματος δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη διαθεσιμότητα καφέ κάδων ή οχημάτων συλλογής, αλλά από ένα πλέγμα τεχνικών, χωρικών, κοινωνικών, οικονομικών και διοικητικών παραμέτρων, οι οποίες καθορίζουν τόσο την ποσότητα των συλλεγόμενων βιοαποβλήτων όσο και την ποιότητα του οργανικού ρεύματος που οδηγείται προς επεξεργασία (ΜΟΔ, 2019· ΕΔΣΝΑ, 2024).

Αρχικά, ιδιαίτερη σημασία έχουν τα χωρικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής εφαρμογής. Η πυκνότητα πληθυσμού, ο βαθμός αστικοποίησης, η διασπορά του οικιστικού ιστού, η παρουσία επιχειρήσεων εστίασης και η μορφή των κατοικιών επηρεάζουν την επιλογή του κατάλληλου συστήματος συλλογής, τη χωροθέτηση των κάδων και τη διαμόρφωση των δρομολογίων αποκομιδής (ΜΟΔ, 2019· ENACT, 2020). Σε πυκνοκατοικημένες περιοχές η χωριστή συλλογή μπορεί να είναι αποδοτικότερη λόγω υψηλότερης συγκέντρωσης παραγόμενων ποσοτήτων, ενώ σε αραιοκατοικημένες περιοχές απαιτείται διαφορετική επιχειρησιακή διάρθρωση ώστε το σύστημα να παραμένει λειτουργικά και οικονομικά βιώσιμο (ΜΟΔ, 2019).

Καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει επίσης η τεχνική και λειτουργική οργάνωση του δικτύου. Η επάρκεια των καφέ κάδων, η πυκνότητα των σημείων συλλογής, η καταλληλότητα των οχημάτων, η συχνότητα αποκομιδής και η δυνατότητα πρόσβασης στα σημεία συλλογής αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την ομαλή λειτουργία του συστήματος (ΜΟΔ, 2019· ΕΔΣΝΑ, 2024). Παράλληλα, η ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως RFID, GPS και συστήματα ζύγισης μπορεί να ενισχύσει την παρακολούθηση της λειτουργίας, την αξιολόγηση των επιδόσεων και τη βελτιστοποίηση των δρομολογίων (ΜΟΔ, 2019).

Ένας ακόμη κρίσιμος παράγοντας είναι η ποιότητα του συλλεγόμενου ρεύματος βιοαποβλήτων. Η παρουσία προσμίξεων, όπως πλαστικά, συσκευασίες ή άλλα ακατάλληλα υλικά, υποβαθμίζει τη δυνατότητα αξιοποίησης των συλλεγόμενων βιοαποβλήτων και μειώνει την ποιότητα του παραγόμενου κόμποστ (ΕΔΣΝΑ, 2024). Για τον λόγο αυτό, η απόδοση του συστήματος δεν αποτιμάται μόνο βάσει των ποσοτήτων που συλλέγονται, αλλά και βάσει του βαθμού καθαρότητας του οργανικού κλάσματος, ο οποίος εξαρτάται άμεσα από την ορθή συμμετοχή των χρηστών και την αποτελεσματικότητα της ενημέρωσής τους (ΕΔΣΝΑ, 2024).

Η ενεργός συμμετοχή των πολιτών, των επιχειρήσεων υγειονομικού ενδιαφέροντος και γενικότερα των παραγωγών βιοαποβλήτων αποτελεί βασική προϋπόθεση επιτυχίας. Η χωριστή συλλογή προϋποθέτει αλλαγή συμπεριφοράς στην πηγή παραγωγής, συνεχή ευαισθητοποίηση και σαφείς οδηγίες σχετικά με τα αποδεκτά υλικά του καφέ κάδου (ΕΔΣΝΑ, 2024). Κατά συνέπεια, οι δράσεις ενημέρωσης και επικοινωνίας μπορούν να αυξήσουν τόσο τη συμμετοχή όσο και την ποιότητα του συλλεγόμενου υλικού (ΜΟΔ, 2019· ΕΔΣΝΑ, 2024).

Εξίσου σημαντική είναι η ύπαρξη κατάλληλου αποδέκτη επεξεργασίας. Η χωριστή συλλογή αποκτά ουσιαστικό περιβαλλοντικό περιεχόμενο μόνο όταν τα βιοαπόβλητα οδηγούνται πράγματι σε μονάδες κομποστοποίησης ή άλλης κατάλληλης βιολογικής επεξεργασίας, όπου μπορούν να αξιοποιηθούν παραγωγικά (ΕΔΣΝΑ, 2024· ENACT, 2020). Η απουσία επαρκούς υποδομής επεξεργασίας περιορίζει τη συνολική αποτελεσματικότητα του συστήματος και αποδυναμώνει τη συμβολή του στην κυκλική οικονομία (ΕΔΣΝΑ, 2024).

Τέλος, η απόδοση επηρεάζεται από το θεσμικό, διοικητικό και οικονομικό πλαίσιο λειτουργίας του δήμου. Η συμμόρφωση με τις υποχρεώσεις της χωριστής συλλογής, η δυνατότητα εξασφάλισης χρηματοδότησης, η επάρκεια προσωπικού, η διοικητική ικανότητα παρακολούθησης και η συνεχής αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αποτελούν προϋποθέσεις για τη μακροχρόνια βιωσιμότητα του συστήματος (ΜΟΔ, 2019· Ν. 4819/2021). Συνεπώς, η υψηλή απόδοση ενός δημοτικού συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων δεν προκύπτει από έναν μόνο παράγοντα, αλλά από τον συνδυασμό ολοκληρωμένου σχεδιασμού, κατάλληλης υποδομής, κοινωνικής συμμετοχής και σταθερής θεσμικής υποστήριξης (ΜΟΔ, 2019· Ν. 4819/2021).

Πίνακας 1. Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση δημοτικού συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων

Παράγοντας	Περιγραφή	Επίδραση στην απόδοση
Χωρικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά	Περιλαμβάνουν την πυκνότητα πληθυσμού, τον βαθμό αστικοποίησης, τη μορφή κατοικιών και τη διασπορά των οικισμών (ΜΟΔ, 2019· ENACT, 2020).	Επηρεάζουν τη χωροθέτηση κάδων, την επιλογή του μοντέλου συλλογής και τη βιωσιμότητα των δρομολογίων (ΜΟΔ, 2019).
Οργάνωση δικτύου συλλογής	Αφορά την πυκνότητα κάδων, τη συχνότητα αποκομιδής, την προσβασιμότητα και τη συνολική λειτουργική διάρθρωση του συστήματος (ΜΟΔ, 2019· ΕΔΣΝΑ, 2024).	Καθορίζει την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα και τη συμμετοχή των χρηστών (ΜΟΔ, 2019· ENACT, 2020).
Τεχνικός εξοπλισμός και τεχνολογία	Περιλαμβάνει οχήματα, καφέ κάδους, συστήματα GPS, RFID και ζύγισης (ΜΟΔ, 2019).	Βελτιώνει την παρακολούθηση, τη διαχείριση δεδομένων και τη βελτιστοποίηση των δρομολογίων (ΜΟΔ, 2019).
Ποιότητα συλλεγόμενου ρεύματος	Συνδέεται με την καθαρότητα του οργανικού κλάσματος και το ποσοστό προσμίξεων (ΕΔΣΝΑ, 2024).	Επηρεάζει άμεσα τη δυνατότητα επεξεργασίας και την ποιότητα του παραγόμενου κόμποστ (ΕΔΣΝΑ, 2024).
Συμμετοχή και ενημέρωση χρηστών	Αφορά τη συμμόρφωση πολιτών και επιχειρήσεων με τις οδηγίες διαλογής	Επηρεάζει τόσο τις ποσότητες όσο και την ποιότητα των συλλεγόμενων βιοαποβλήτων (ΜΟΔ, 2019· ΕΔΣΝΑ, 2024).

Παράγοντας	Περιγραφή	Επίδραση στην απόδοση
	στην πηγή (ΕΔΣΝΑ, 2024).	
Υποδομή επεξεργασίας	Αναφέρεται στη διαθεσιμότητα μονάδων κομποστοποίησης ή άλλης βιολογικής επεξεργασίας (ΕΔΣΝΑ, 2024· ENACT, 2020).	Καθορίζει αν η χωριστή συλλογή οδηγεί σε πραγματική αξιοποίηση των βιοαποβλήτων (ΕΔΣΝΑ, 2024).
Θεσμικό και διοικητικό πλαίσιο	Περιλαμβάνει τις νομικές υποχρεώσεις, τη χρηματοδότηση, τη στελέχωση και την παρακολούθηση (Ν. 4819/2021· ΜΟΔ, 2019).	Επηρεάζει τη σταθερότητα εφαρμογής και τη μακροχρόνια βιωσιμότητα του συστήματος (ΜΟΔ, 2019· Ν. 4819/2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης και τεκμηρίωση επιλογής της περιοχής παρέμβασης

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται η υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής μελέτης στον Δήμο Ηρακλείου, με έμφαση στα χωρικά, δημογραφικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την παραγωγή και τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων. Η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για την τεκμηριωμένη ανάλυση της διαχείρισης των βιοαποβλήτων, διότι επιτρέπει τη σύνδεση των χαρακτηριστικών του χώρου με τις ανάγκες σχεδιασμού και εφαρμογής των παρεμβάσεων.

Ο Δήμος Ηρακλείου είναι δήμος της Περιφέρειας Κρήτης που συστάθηκε με το Πρόγραμμα Καλλικράτης. Προέκυψε από τη συνένωση των προϋπάρχοντων δήμων Ηρακλείου, Παλιανής, Τεμένους, Νέας Αλικαρνασσού και Γοργολαϊνης.

Έδρα του νέου δήμου ορίστηκε το Ηράκλειο και ιστορική έδρα του η Νέα Αλικαρνασσός.

Το κεφάλαιο αναπτύσσεται σε πέντε διακριτές ενότητες. Αρχικά παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του Δήμου Ηρακλείου και ακολουθούν τα δημογραφικά δεδομένα, τα λειτουργικά και χωρικά γνωρίσματα της περιοχής, τα βασικά στοιχεία παραγωγής αποβλήτων, καθώς και η τεκμηρίωση της επιλογής της περιοχής παρέμβασης. Με τη διάρθρωση αυτή επιδιώκεται η συγκρότηση ενός ενιαίου και σαφούς πλαισίου αναφοράς για την κατανόηση του χώρου μελέτης.

4.1 Βασικά χαρακτηριστικά του Δήμου Ηρακλείου

Ο Δήμος Ηρακλείου, υπαγόμενος διοικητικά στην Περιφέρεια Κρήτης, αποτελεί ένα σύνθετο και πολυδιάστατο διοικητικό σχήμα που διαμορφώθηκε με τη μεταρρύθμιση του Προγράμματος «Καλλικράτης». Η σημερινή του δομή είναι αποτέλεσμα της συνένωσης πέντε προϋπαρχόντων δήμων: Ηρακλείου, Νέας Αλικαρνασσοῦ, Παλιανής, Τεμένους και Γοργολαΐνης. Με έδρα την πόλη του Ηρακλείου και ιστορική έδρα τη Νέα Αλικαρνασσό, ο Δήμος καλείται να διαχειριστεί ένα ενοποιημένο διοικητικό πλαίσιο εντός του οποίου συνυπάρχουν περιοχές με ριζικά διαφορετικά οικιστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά.

Γεωγραφική Θέση και Δημογραφικά Στοιχεία Από γεωγραφική άποψη, ο Δήμος καταλαμβάνει στρατηγική θέση στο κέντρο της βόρειας ακτογραμμής της Κρήτης. Συνορεύει με τους Δήμους Μαλεβιζίου, Χερσονήσου, Αρχανών-Αστερουσίων και Γόρτυνας, ενώ το βόρειο μέτωπό του βρέχεται από το Κρητικό Πέλαγος. Η συνολική του έκταση ανέρχεται σε 245,12 km² και, σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής του 2021, ο μόνιμος πληθυσμός του φτάνει τους 179.302 κατοίκους. Το μέγεθος αυτό τον κατατάσσει μεταξύ των πλέον σημαντικών αστικών κέντρων της Ελλάδας, γεγονός που αυξάνει την πολυπλοκότητα των παρεχόμενων δημοτικών υπηρεσιών.

Λειτουργική Διάκριση Περιοχών Ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό της περιοχής μελέτης είναι η διάκριση μεταξύ αστικών και αγροτικών ζωνών, η οποία επηρεάζει άμεσα τον επιχειρησιακό σχεδιασμό:

- **Αγροτικές Περιοχές:** Οι Δημοτικές Ενότητες Γοργολαΐνης, Παλιανής και Τεμένους διατηρούν έναν κατά βάση αγροτικό χαρακτήρα.
- **Μικτές Ζώνες:** Στις Δημοτικές Ενότητες Ηρακλείου και Νέας Αλικαρνασσοῦ παρατηρείται η συνύπαρξη αστικών και αγροτικών δραστηριοτήτων.

Αυτή η χωρική και λειτουργική διαφοροποίηση είναι καθοριστική για τη διαχείριση των αποβλήτων, καθώς διαμορφώνει διαφορετικά πρότυπα παραγωγής απορριμμάτων, εξειδικευμένες ανάγκες εξυπηρέτησης και απαιτεί μια προσαρμοσμένη οργάνωση των συστημάτων συλλογής ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε ενότητας.



Εικόνα 2: Γεωγραφική θέση του Δήμου Ηρακλείου.

4.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης

Η δημογραφική διάσταση αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για την κατανόηση της παραγωγής αστικών στερεών αποβλήτων, καθώς το μέγεθος, η πυκνότητα και η χωρική κατανομή του πληθυσμού επηρεάζουν άμεσα τόσο τις ποσότητες των παραγόμενων αποβλήτων όσο και τις ανάγκες συλλογής και μεταφοράς. Στην περίπτωση του Δήμου Ηρακλείου, η πληθυσμιακή κατανομή είναι ιδιαίτερα άνιση μεταξύ των πέντε Δημοτικών Ενοτήτων, με σαφή υπεροχή της Δημοτικής Ενότητας Ηρακλείου.

Σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ του 2021, ο συνολικός μόνιμος πληθυσμός του Δήμου ανέρχεται σε 179.302 κατοίκους, έναντι 173.993 κατοίκων το 2011, παρουσιάζοντας αύξηση 3,1 % μέσα στη δεκαετία 2011–2021.

Πίνακας 2: Μεταβολή του μόνιμου πληθυσμού για τον Δήμο Ηρακλείου, ΕΛΣΤΑΤ 2011 & 2021.

	Μόνιμος Πληθυσμός 2011	Μόνιμος Πληθυσμός 2021	Ρυθμός Μεταβολής 2011-2021
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	10.816.286	10.482.487	-3,1%
Περιφέρεια Κρήτης	623.065	624.408	0,2%
ΠΕ Ηρακλείου	305.490	305.017	-0,2%
Δήμος Ηρακλείου	173.993	179.302	3,1%

Η εξέλιξη αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς διαφοροποιεί τον Δήμο Ηρακλείου τόσο από τη γενικότερη εθνική τάση μείωσης του πληθυσμού όσο και από τη μικρή μείωση που καταγράφεται στην Περιφερειακή Ενότητα Ηρακλείου.

Η Δημοτική Ενότητα Ηρακλείου συγκεντρώνει το 87 % του συνολικού πληθυσμού του Δήμου, ενώ η Δημοτική Ενότητα Νέας Αλικαρνασσού συγκεντρώνει το 8 %. Συνεπώς, οι δύο αυτές ενότητες συγκεντρώνουν μαζί το 95,7 % του συνολικού πληθυσμού, γεγονός που τεκμηριώνει ότι ο κύριος όγκος των αστικών πιέσεων και της απορριμματογένεσης εντοπίζεται στον κεντρικό αστικό και περιαστικό πυρήνα του Δήμου.

Εξίσου σημαντική είναι η πληθυσμιακή πυκνότητα, η οποία ανέρχεται σε 734,49 κατοίκους ανά km². Παράλληλα, σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής του 2011, στον Δήμο Ηρακλείου καταγράφονται 66.118 νοικοκυριά με συνολικά 170.548 μέλη, ενώ το μέσο νοικοκυριό αποτελείται από περίπου 2,5 μέλη. Τα μεγέθη αυτά είναι καθοριστικά για την εκτίμηση της οικιακής παραγωγής αποβλήτων και της κατανομής του οργανικού κλάσματος στον χώρο.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απογραφής πληθυσμού 2021 της ΕΛΣΤΑΤ αναφορικά με τον μόνιμο πληθυσμό του Δήμου ανά Δημοτική Ενότητα.

Πίνακας 3: Μόνιμος πληθυσμός ανά Δημοτική Ενότητα του Δήμου Ηρακλείου (ΕΛΣΤΑΤ 2021)

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΜΟΝΙΜΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ (%)
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	156.842	87%
ΓΟΡΓΟΛΑΪΝΗ	2.525	1%
ΝΕΑΣ ΑΛΙΚΑΡΝΑΣΣΟΥ	14.624	8%
ΠΑΛΙΑΝΗΣ	1.890	1%
ΤΕΜΕΝΟΥΣ	3.421	2%
ΣΥΝΟΛΟ	179.302	100%



Εικόνα 3: Δημοτικές Ενότητες του Δήμου Ηρακλείου

4.3 Λειτουργικά και χωρικά χαρακτηριστικά της περιοχής

Η υφιστάμενη κατάσταση στον Δήμο Ηρακλείου, πέρα από τα δημογραφικά δεδομένα, προσδιορίζεται σε καθοριστικό βαθμό από τη χωροταξική οργάνωση, τις χρήσεις γης και τη γεωγραφική κατανομή των οικονομικών δραστηριοτήτων. Η ανάλυση της περιοχής μελέτης

εστιάζει στη λειτουργική της φυσιογνωμία, η οποία υπερβαίνει τα τυπικά διοικητικά όρια και επηρεάζει άμεσα την παραγωγή αποβλήτων.

Η χωρική δομή του Δήμου χαρακτηρίζεται από υψηλή πολυμορφία. Στον ιστό της πόλης συνυπάρχουν ο ιστορικός πυρήνας, πυκνοδομημένες οικιστικές ζώνες, περιοχές μικτών χρήσεων, καθώς και ζώνες με έντονη εμπορική, τουριστική και αγροτική δραστηριότητα. Αυτή η ετερογένεια συνεπάγεται σημαντικές διαφοροποιήσεις τόσο στον όγκο όσο και στην ποιοτική σύσταση των παραγόμενων αποβλήτων ανά περιοχή.

Ιδιαίτερη βαρύτητα στον σχεδιασμό της διαχείρισης βιοαποβλήτων έχουν οι περιοχές όπου συγκεντρώνονται οι «μεγάλοι παραγωγοί», όπως:

- Μονάδες εστίασης και ξενοδοχειακά συγκροτήματα.
- Υπεραγορές τροφίμων (supermarkets) και οπωροπωλεία.
- Λαϊκές αγορές και λιμενικές δραστηριότητες.

Οι δραστηριότητες αυτές παράγουν αυξημένο οργανικό κλάσμα, καθιστώντας τις κομβικές για την επιτυχία της χωριστής συλλογής. Παράλληλα, η λειτουργική πολυπλοκότητα του συστήματος εντείνεται στο πολεοδομικό κέντρο του Ηρακλείου, λόγω της υψηλής πυκνότητας δόμησης, της αυξημένης κινητικότητας, του ιστορικού χαρακτήρα της πόλης και της έντονης οικονομικής δραστηριότητας.

4.4 Δεδομένα παραγωγής αστικών στερεών αποβλήτων

Η παρουσίαση των διαθέσιμων στοιχείων για την παραγωγή αστικών στερεών αποβλήτων αποτελεί αναγκαίο βήμα για την κατανόηση της υφιστάμενης κατάστασης. Τα σχετικά παραδοτέα του Δήμου Ηρακλείου περιλαμβάνουν στοιχεία για τις συλλεγόμενες ποσότητες αποβλήτων, την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των ΑΣΑ, καθώς και δεδομένα που επιτρέπουν την εκτίμηση του οργανικού κλάσματος.

Σύμφωνα με τις διαθέσιμες μελέτες για τα βιοαπόβλητα, για το έτος 2020 η συνολική παραγωγή αστικών στερεών αποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου εκτιμάται σε 95.743 τόνους, ενώ τα βιοαπόβλητα εκτιμώνται σε 37.483 τόνους. Για το έτος 2025, οι αντίστοιχες ποσότητες ανέρχονται σε 100.627 τόνους ΑΣΑ και 39.395 τόνους βιοαποβλήτων. Η διαχρονική αυτή αύξηση δείχνει ότι οι πιέσεις προς το σύστημα διαχείρισης δεν παραμένουν στατικές, αλλά ενισχύονται.

Τα δεδομένα αυτά αναδεικνύουν τον ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο του οργανικού κλάσματος στο συνολικό απορριμματικό ρεύμα του Δήμου. Ενδεικτικά, για το 2020 τα βιοαπόβλητα αντιστοιχούν περίπου στο 39,15 % της συνολικής παραγωγής ΑΣΑ. Η παρατήρηση αυτή καταδεικνύει τη σημασία της χωριστής συλλογής και της στοχευμένης διαχείρισης του συγκεκριμένου ρεύματος, τόσο για περιβαλλοντικούς όσο και για λειτουργικούς λόγους.

Σύμφωνα με ΤΟΣΔΑ του Δήμου Ηρακλείου ο στόχος για την εκτροπή από την ταφή παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 4: Στόχοι Βάσει ΤΣΔΑ Ηρακλείου

Χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων (t)		
Παραγωγή βιοαποβλήτων 2020 (t)		37.192,50
Συλλογή χωριστή βιοαποβλήτων	40%	14.877,00
> Οικιακή κομποστοποίηση	3%	1.115,80
> Διαλογή στην πηγή (καφέ κάδοι, κλαδέματα)	37%	13.761,20

Αναφορικά με την ποιοτική σύσταση των ΑΣΑ, δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις για τον Δήμο οπότε χρησιμοποιείται η προτεινόμενη από την αναθεώρηση του ΠΕΣΔΑ Κρήτης, όπως φαίνεται και στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 5: Εκτίμηση ποιοτικής & ποσοτικής σύστασης παραγόμενων ΑΣΑ Δήμου Ηρακλείου για το έτος 2023 (Σύμφωνα με τον ΠΕΣΔΑ ΚΡΗΤΗΣ)

Σύσταση ΑΣΑ	Ποιοτική σύσταση (%)	Ποσότητες 2023 (tn)
Οργανικά	39,12%	40.112,63
Απόβλητα Κουζίνας	34,04%	34.903,73
Απόβλητα κήπων/πράσινα	3,91%	4.009,21
Βρώσιμα λίπη & έλαια	1,17%	1.199,69
Χαρτί / Χαρτόνι	22,75%	23.327,26
Πλαστικό	16,26%	16.672,58
Μέταλλα Fe	3,34%	3.424,75
Μέταλλα Al	1,43%	1.466,28
Γυαλί	5,14%	5.270,42
Υφάσματα	2,20%	2.255,82
Ξύλο	3,21%	3.291,45
ΑΗΗΕ	2,20%	2.255,82
ΜΠΕΑ	0,10%	102,54
Ογκώδη	4,00%	4.101,50
Λοιπά	0,25%	256,34

Σύσταση ΑΣΑ	Ποιοτική σύσταση (%)	Ποσότητες 2023 (tn)
Σύνολο	100,00%	102.537,39

Ειδικά για τα βιοαπόβλητα η ανάκτησή τους σύμφωνα με την μεθοδολογία του ΠΕΣΔΑ Κρήτης παρουσιάζεται στον Παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 6: Εκτίμηση ποσοτικής εκτροπής Βιοποβλήτων (Σύμφωνα με τον ΠΕΣΔΑ ΚΡΗΤΗΣ)

ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΣΑ, tn (ΠΟΛΛΑΠΑ 1,01)	Παραγόμενα βιοαπόβλητα, tn 39,15% των ΑΣΑ	Βιοαπόβλητα προς εκτροπή	
			Ποσότητες	% επί των παραγομένων
2020	95.743	37.483	14.993	40%
2021	96.700	37.858	15.143	40%
2022	97.667	38.237	15.295	40%
2023	98.644	38.619	15.448	40%
2024	99.631	39.005	15.602	40%
2025	100.627	39.395	15.758	40%
Τελικές Ποσότητες			92.239	

Ο σχεδιασμός που θα αναλυθεί παρακάτω αφορά την εκτροπή περίπου 16.000 tn βιοαποβλήτων.

4.5 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΑΣΑ) ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Στον Δήμο Ηρακλείου, η συλλογή των παραγόμενων ΑΣΑ γίνεται σε τρία βασικά ρεύματα: στα ανακυκλώσιμα υλικά (συσκευασία) μέσω του δικτύου του μπλε κάδου, στα σύμμεικτα ΑΣΑ μέσω του δικτύου των κεντρικών κάδων και στα ογκώδη και στα πράσινα απόβλητα.

Πέραν των ανωτέρω προγραμμάτων, στον Δήμο εφαρμόζεται ΔσΠ των γυάλινων συσκευασιών μέσω των κώδωνων της ΕΕΑΑ και των κλωστοϋφαντουργικών αποβλήτων μέσω ειδικών κάδων που έχουν παραχωρηθεί κατόπιν συνεργασίας με την εταιρία RECYCOM.

Στον Δήμο Ηρακλείου η αποκομιδή των σύμμεικτων ΑΣΑ καθώς και των ογκωδών και πράσινων αποβλήτων γίνεται από την υπηρεσία καθαριότητας του δήμου, και οδηγούνται είτε

στον ΣΜΑ Ηρακλείου και μετέπειτα στον ΧΥΤΑ Πέρα Γαληνών, είτε απευθείας (αφορά μέρος των απορριμμάτων των Δ.Ε. Γοργολαΐνης και Παλιάνης) στον ΧΥΤΑ Πέρα Γαληνών και στον ΧΥΤΑ Ν. Καζαντζάκη (τμήμα των αποβλήτων της Δ.Ε. Τεμένους). Η Μονάδα Προεπεξεργασίας Αποβλήτων του Δήμου Ηρακλείου έπαυσε τη λειτουργία της από το δεύτερο εξάμηνο του 2024, διότι ξεκίνησαν τα έργα μετατροπής της σε Μονάδα Επεξεργασίας Αποβλήτων (ΜΕΑ) και μετέπειτα θα υλοποιηθεί η αναβάθμισή της σε Μονάδα Ανάκτησης Ανακύκλωσης (ΜΑΑ).

Επίσης, ο δήμος είναι υπεύθυνος και για τη συλλογή των ανακυκλώσιμων υλικών συσκευασίας που συλλέγονται στο δίκτυο μπλε κάδου και οδηγούνται για επεξεργασία στο ΚΔΑΥ Ηρακλείου.

Όσον αφορά στο ρεύμα των βιοαποβλήτων (καφέ κάδος), παρά το γεγονός ότι ο Δήμος έχει προμηθευτεί μέσω χρηματοδοτήσεων τον απαραίτητο εξοπλισμό ΔσΠ (οχήματα, κάδοι) για το σύνολο του αστικού κέντρου του Ηρακλείου (εντός και εκτός ΣΒΑΑ περιοχή), το δίκτυο ΔσΠ δεν έχει αναπτυχθεί ακόμη.

Ο Δήμος Ηρακλείου με χρηματοδότηση από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Κρήτη 2014-2020» έχει ήδη προμηθευτεί εξοπλισμό προσωρινής αποθήκευσης και συλλογής και μεταφοράς ΒΑ μέσω των εξής δύο προτάσεων:

- 1.«Ανάπτυξη Συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου» με Κωδικό ΟΠΣ 5070562.
2. «Προμήθεια εξοπλισμού για την διαχείριση βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου (ΣΒΑΑ περιοχή)», με Κωδικό ΟΠΣ 5107718.

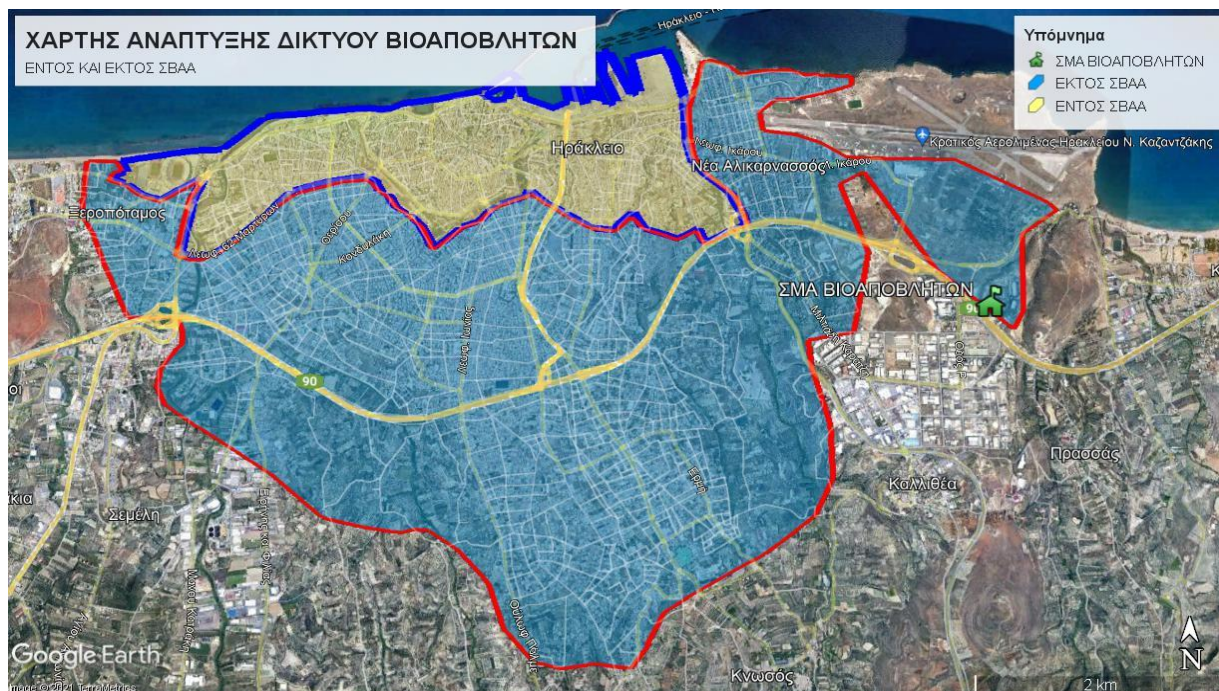
Σχετικά με τη χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων, έχουν υλοποιηθεί προγράμματα (A2UFOOD, INTERREG EUROPE (Urban Innovative Actions) οικιακής κομποστοποίησης σε 800 νοικοκυριά του Δήμου Ηρακλείου. Επίσης ο Δήμος συμμετείχε στο ευρωπαϊκό έργο «Συστήματα Αυτόνομης Οικιακής Κομποστοποίησης σε Αστικό Περιβάλλον» και ακρωνύμιο ACUA του Ε.Π. INTERREG V-A «Ελλάδα – Κύπρος 2014 -2020» στο πλαίσιο του οποίου. Μέσω αυτού του προγράμματος, βρίσκονται σε λειτουργία τρεις (3) Αυτόνομοι Μηχανικοί Κομποστοποιητές (ΑΜΚ) των 8m³ έκαστος, επτά (7) ΑΜΚ των 4 m³ έκαστος και ένας (1) ΑΜΚ των 2m³.

4.6 Τεκμηρίωση της επιλογής της περιοχής μελέτης

Η επιλογή της περιοχής μελέτης δεν είναι τυχαία, αλλά βασίζεται σε συγκεκριμένα πληθυσμιακά, χωρικά και λειτουργικά κριτήρια. Η περιοχή παρέμβασης για την ανάπτυξη του συστήματος βιοαποβλήτων περιλαμβάνει δύο διακριτά αλλά συμπληρωματικά τμήματα, ένα εντός ΣΒΑΑ και ένα εκτός ΣΒΑΑ, ώστε να καλύπτεται το μεγαλύτερο μέρος του αστικού και περιαστικού ιστού του Δήμου.

Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ, ο μόνιμος πληθυσμός της περιοχής παρέμβασης ανέρχεται στο 95 % του συνολικού πληθυσμού του Δήμου. Η διαπίστωση αυτή είναι συνεπής και με τα νεότερα στοιχεία, σύμφωνα με τα οποία οι δύο κυρίαρχες Δημοτικές Ενότητες, Ηρακλείου και Νέας Αλικαρνασσού, συγκεντρώνουν το 95,7 % του πληθυσμού. Η περιοχή παρέμβασης επομένως αντιστοιχεί στον χώρο όπου εντοπίζεται ο κύριος όγκος των δημογραφικών και λειτουργικών πιέσεων.

Επιπλέον, στις σχετικές μελέτες αναφέρεται ότι για την επιλογή της περιοχής λήφθηκαν υπόψη γεωχωρικά, πληθυσμιακά, κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά. Η περιοχή μελέτης τεκμηριώνεται συνεπώς ως η πλέον κατάλληλη για την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης, διότι συγκεντρώνει τον κύριο όγκο πληθυσμού, δραστηριοτήτων και παραγωγής οργανικού κλάσματος. Με βάση τα παραπάνω, η συγκεκριμένη περιοχή συνιστά τον χώρο όπου η ανάγκη σχεδιασμού και εφαρμογής αποτελεσματικών παρεμβάσεων καθίσταται περισσότερο έντονη και επιστημονικά τεκμηριωμένη.



Εικόνα 4: Χάρτης αποτύπωση των περιοχών εντός και εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, όπου θα αναπτυχθεί το δίκτυο βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΧΩΡΙΣΤΗΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΠΑΟΒΛΗΤΩΝ

5.1 Η μελέτη περίπτωσης του Δήμου Ηρακλείου

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται η μελέτη περίπτωσης του Δήμου Ηρακλείου ως εφαρμογή συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων σε τοπικό επίπεδο. Η ανάλυση βασίζεται στα στοιχεία της διπλωματικής εργασίας και της έκθεσης ΥΓΟΣ και εστιάζει στη δομή του συστήματος, στον εξοπλισμό, στην τεχνολογική υποστήριξη, στα επιχειρησιακά οφέλη και στα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή του.

5.2 Γενική παρουσίαση της περίπτωσης μελέτης

Ο Δήμος Ηρακλείου αποτελεί μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα περίπτωση μελέτης για τη διερεύνηση της χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων, καθώς έχει προχωρήσει στον σχεδιασμό ενός οργανωμένου συστήματος που καλύπτει τόσο περιοχές εντός ΣΒΑΑ όσο και περιοχές

εκτός ΣΒΑΑ. Η περίπτωση αυτή παρουσιάζει ερευνητικό και πρακτικό ενδιαφέρον, επειδή αποτυπώνει τη σύνδεση της τοπικής αυτοδιοίκησης με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας, με έμφαση στην εκτροπή του οργανικού κλάσματος από την ταφή και στην ανάπτυξη πιο αποδοτικών και τεκμηριωμένων πρακτικών διαχείρισης.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της εργασίας, το σύστημα του Δήμου Ηρακλείου αφορά τη χωριστή συλλογή οργανικών απορριμμάτων, κυρίως υπολειμμάτων τροφών, μέσω δικτύου καφέ κάδων, καθώς και τη μεταφορά τους προς κατάλληλη διαχείριση. Ο σχεδιασμός αυτός συνδέεται με τους εθνικούς και ευρωπαϊκούς στόχους για την κυκλική οικονομία, την προστασία του περιβάλλοντος και τη μείωση της διάθεσης βιοαποδομήσιμων αποβλήτων σε ΧΥΤΑ.

Η σημασία της περίπτωσης του Ηρακλείου ενισχύεται και από το γεγονός ότι το σύστημα δεν αντιμετωπίζεται μόνο ως συμβατική υπηρεσία καθαριότητας, αλλά ως οργανωμένη δημόσια υπηρεσία που ενσωματώνει τεχνολογίες παρακολούθησης, επιχειρησιακό σχεδιασμό και διαδικασίες αξιολόγησης της απόδοσης. Έτσι, η μελέτη περίπτωσης προσφέρει ένα συγκεκριμένο παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο οι γενικές αρχές της κυκλικής οικονομίας μεταφράζονται σε εφαρμοσμένες δημοτικές πρακτικές (βλ. Εικόνα 4).

5.3 Δομή και οργάνωση του συστήματος χωριστής συλλογής

Ο επιχειρησιακός σχεδιασμός για τη χωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου εδράζεται σε μια συστηματική διάρθρωση που λαμβάνει υπόψη τις γεωγραφικές και λειτουργικές ιδιαιτερότητες της περιοχής. Το σύστημα οργανώνεται με βάση τη διάκριση μεταξύ των περιοχών που εντάσσονται στη Στρατηγική Βιώσιμης Αστικής Ανάπτυξης (ΣΒΑΑ) και των περιοχών εκτός αυτής, επιτρέποντας την προσαρμογή των υποδομών και των δρομολογίων στις τοπικές ανάγκες.

Τεχνικός Εξοπλισμός και Κατανομή Πόρων:

Η κατανομή του εξοπλισμού ακολουθεί τη λογική της κλιμάκωσης των αναγκών ανά ζώνη παρέμβασης:

- **Περιοχές εντός ΣΒΑΑ:** Προβλέπεται η εγκατάσταση δικτύου 430 καφέ κάδων (χωρητικότητα 240 lt), η διανομή 5.000 βιοδιασπώμενων σάκων και 100.000 τεμαχίων συναφούς υλικού.
- **Περιοχές εκτός ΣΒΑΑ:** Λόγω του ευρύτερου πεδίου εφαρμογής, προβλέπεται ενισχυμένο δίκτυο 750 καφέ κάδων, 10.000 βιοδιασπώμενων σάκων και 100.000 τεμαχίων υποστηρικτικού υλικού.

Χωρική Οριοθέτηση Ζώνης Παρέμβασης (ΣΒΑΑ):

Η περιοχή εντός ΣΒΑΑ οριοθετείται από συγκεκριμένους οδικούς άξονες και τοπόσημα, καλύπτοντας το κεντρικό τμήμα του Δήμου:

- **Βόρεια:** Παραλιακή οδός (Σοφοκλή Βενιζέλου) και Λεωφόρος Νεάρχου.
- **Νότια:** Λεωφόρος 62 Μαρτύρων, οδός Πλαστήρα (όριο ενετικών τειχών), οδοί Χαριλάου Τρικούπη και Γερωνυμάκη.
- **Ανατολικά:** Λεωφόρος Στέλιου Καζαντζίδη.
- **Δυτικά:** Περιοχή Παγκρήτιου Σταδίου και Ξεροπόταμος.

Επιχειρησιακή Διαχείριση και Έλεγχος:

Η δομή του συστήματος υπερβαίνει την απλή χωροθέτηση κάδων, ενσωματώνοντας μια πολυπαραγοντική προσέγγιση. Αυτή περιλαμβάνει τον λεπτομερή σχεδιασμό των δρομολογίων, τη χρήση εξειδικευμένων οχημάτων συλλογής, την τακτική συντήρηση και πλύση του εξοπλισμού, καθώς και τη διασύνδεση της διαδικασίας με ψηφιακούς μηχανισμούς παρακολούθησης και ελέγχου. Η επιχειρησιακή αυτή τεκμηρίωση κρίνεται απαραίτητη για τη διασφάλιση της αποτελεσματικότητας και της βιωσιμότητας της χωριστής συλλογής στην πηγή.

Τα δρομολόγια εντός της περιοχής ΣΒΑΑ αποτυπώνονται στην παρακάτω εικόνα 5.



Εικόνα 5. Χάρτης αποτύπωσης της ζώνης εντός ΣΒΑΑ του Δήμου Ηρακλείου με τα οκτώ δρομολόγια συλλογής βιοαποβλήτων.

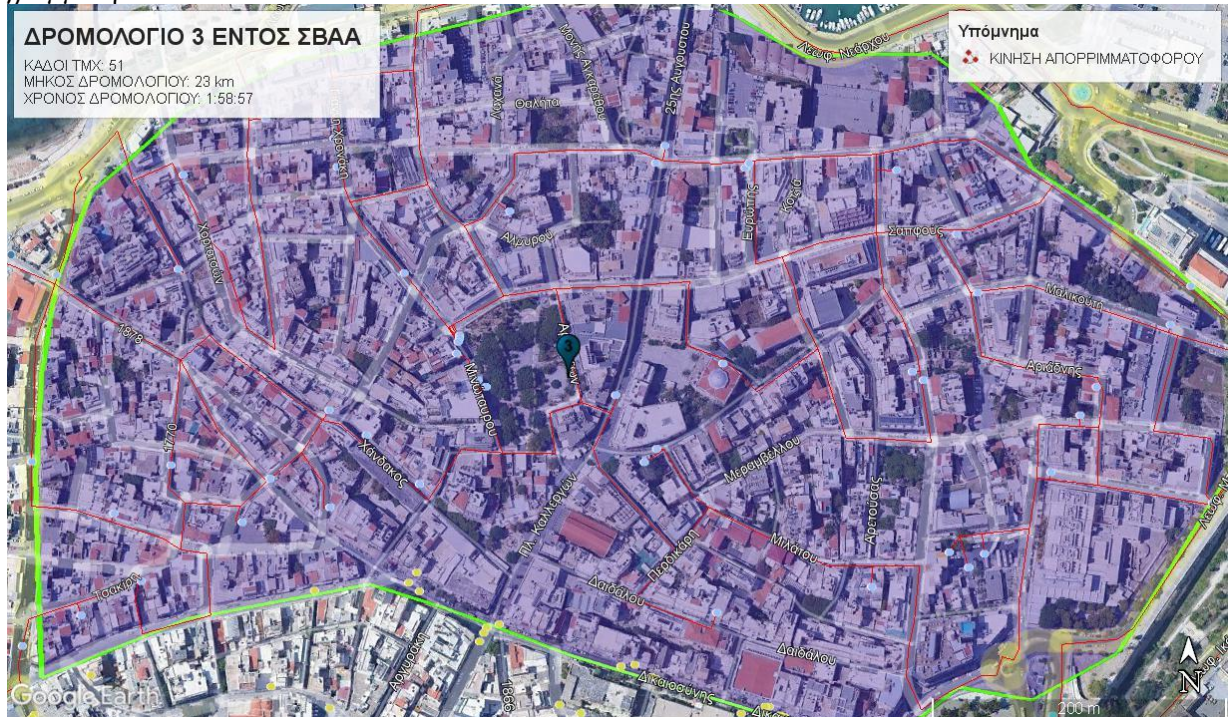
Αναλυτικότερα στις παρακάτω εικόνες από 6 έως 13 αποτυπώνονται αναλυτικά με κόκκινη διαγράμμιση το κάθε δρομολόγιο την οποία θα ακολουθεί το κάθε απορριμματοφόρο στην περιοχή ΣΒΑΑ.



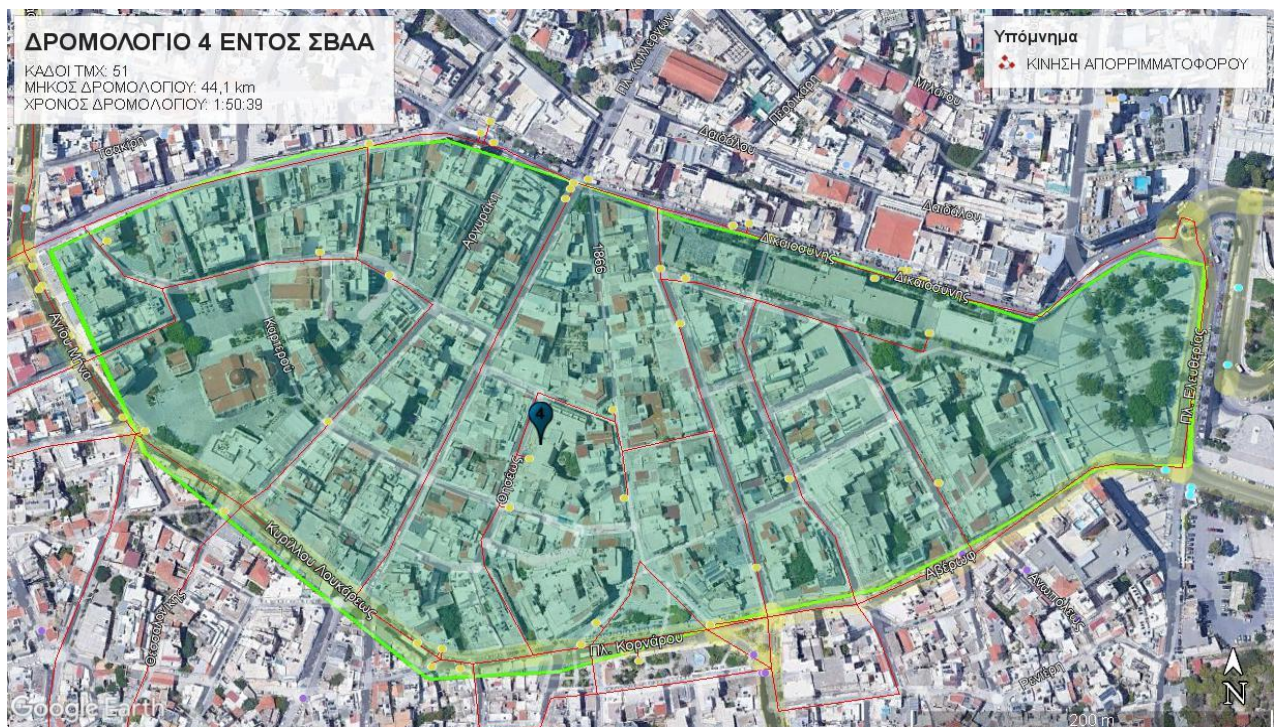
Εικόνα 6. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 1 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση.



Εικόνα 7. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 2 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



Εικόνα 8. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 3 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



Εικόνα 9. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 4 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



Εικόνα 10. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 5 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



Εικόνα 11. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 6 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

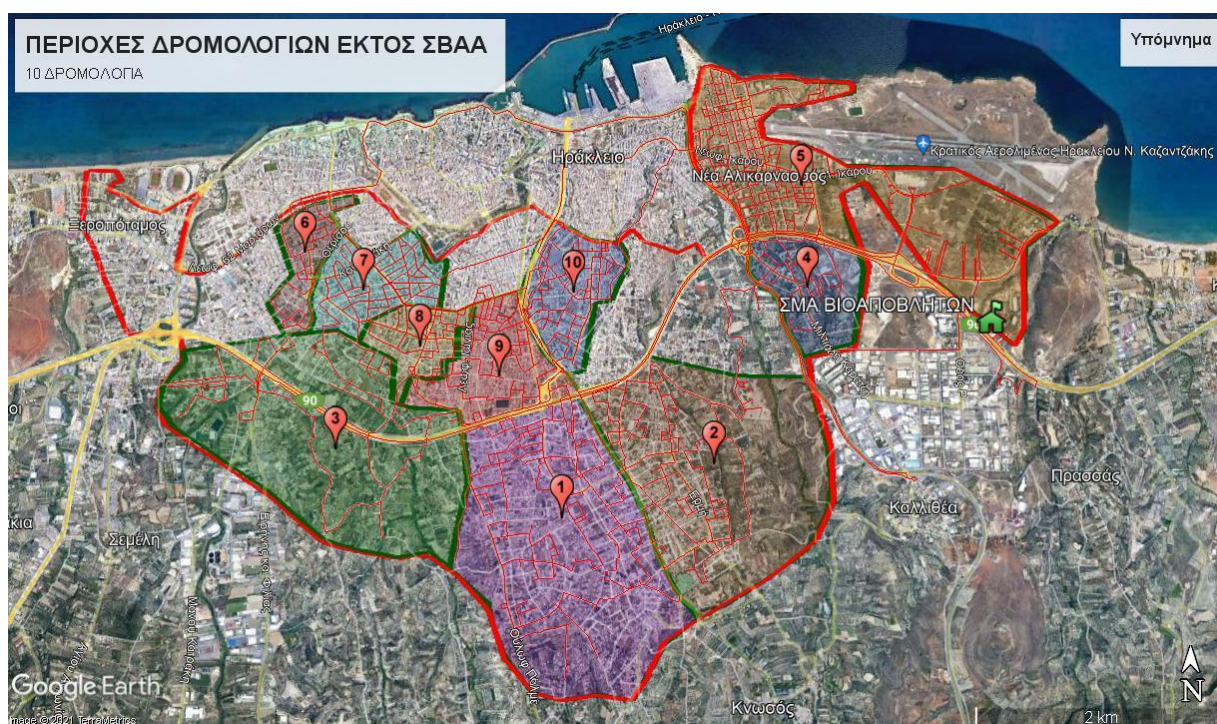


Εικόνα 12. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 7 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

Εικόνα 13. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 8 στη ζώνη εντός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

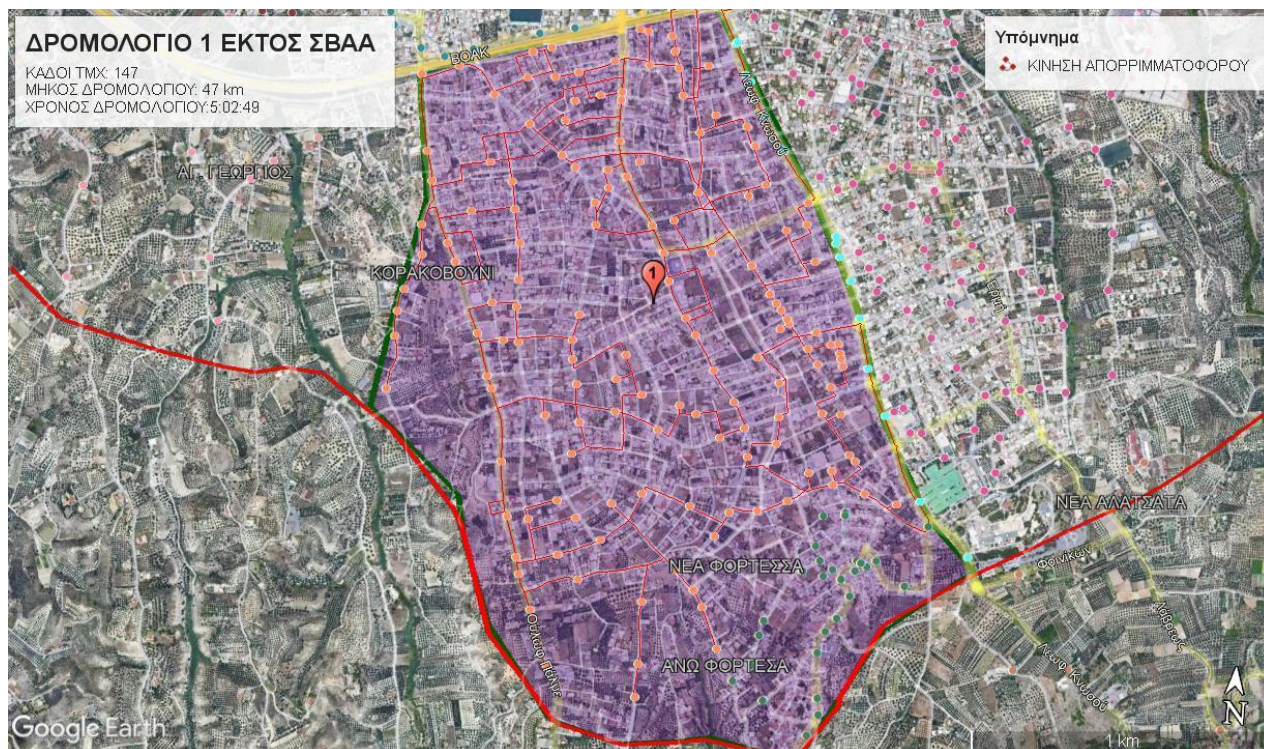
Ομοίως η περιοχή εκτός ΣΒΑΑ έχει όρια από τη Λεωφόρο 62 Μαρτύρων, την οδό Πλαστήρα (όριο ενετικών τειχών), την οδό Χαριλάου Τρικούπη, την οδό Γερωνυμάκη, από Νότια εκτείνεται μέχρι την περιοχή της Κνωσού και της Φορτέτσας, Ανατολικά μέχρι την περιοχή του Αεροδρομίου, τη ΒΙΠΕ Ηρακλείου και την Καλλιθέα και Δυτικά μέχρι το Παγκρήτιο Στάδιο, τον Ξεροπόταμο και το ΒΙΟΠΑ Φοινικιάς.

Έχουν σχεδιαστεί (10) δέκα δρομολόγια στην περιοχή ΕΚΤΟΣ ΣΒΑΑ όλα μαζί αποτυπώνονται στην παρακάτω εικόνα 14. Με κόκκινη διαγράμμιση αποτυπώνονται οι διαδρομές που θα ακολουθούν τα απορριματοφόρα.



Εικόνα 14. Χάρτης αποτύπωσης της ζώνης εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου με την αποτύπωση των δέκα (10) δρομολογίων

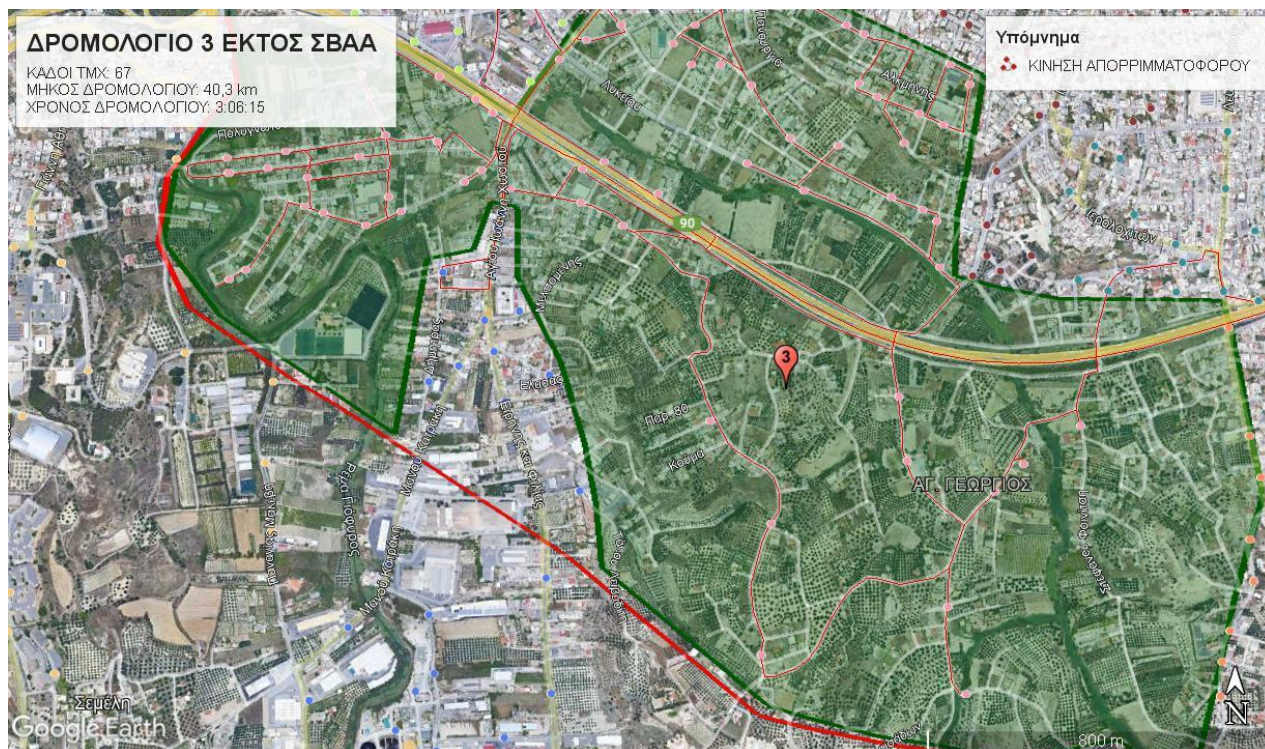
Αναλυτικότερα στις παρακάτω εικόνες από 15 έως 24 αποτυπώνονται αναλυτικά με κόκκινη διαγράμμιση το κάθε δρομολόγιο την οποία θα ακολουθεί το κάθε απορριματοφόρο στην περιοχή ΕΚΤΟΣ ΣΒΑΑ.



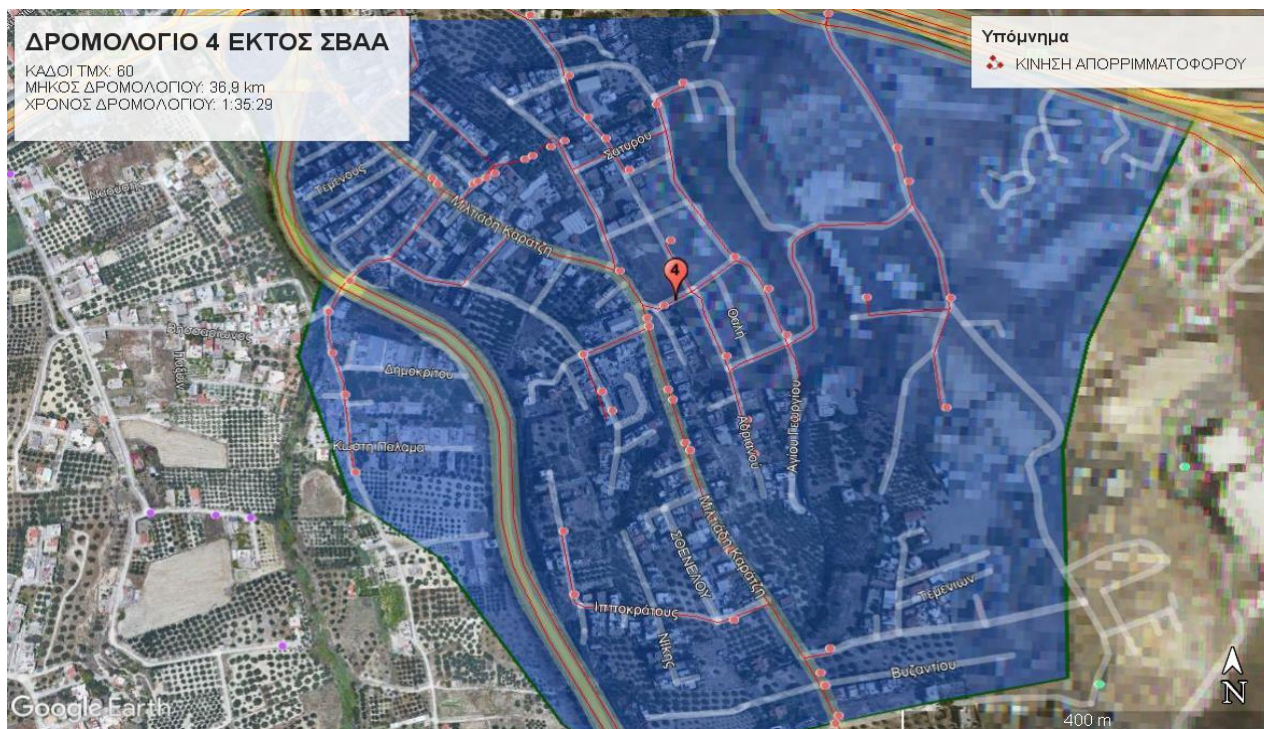
Εικόνα 15. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 1 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



Εικόνα 16. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 2 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



Εικόνα 17. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 3 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



Εικόνα 18. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 4 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



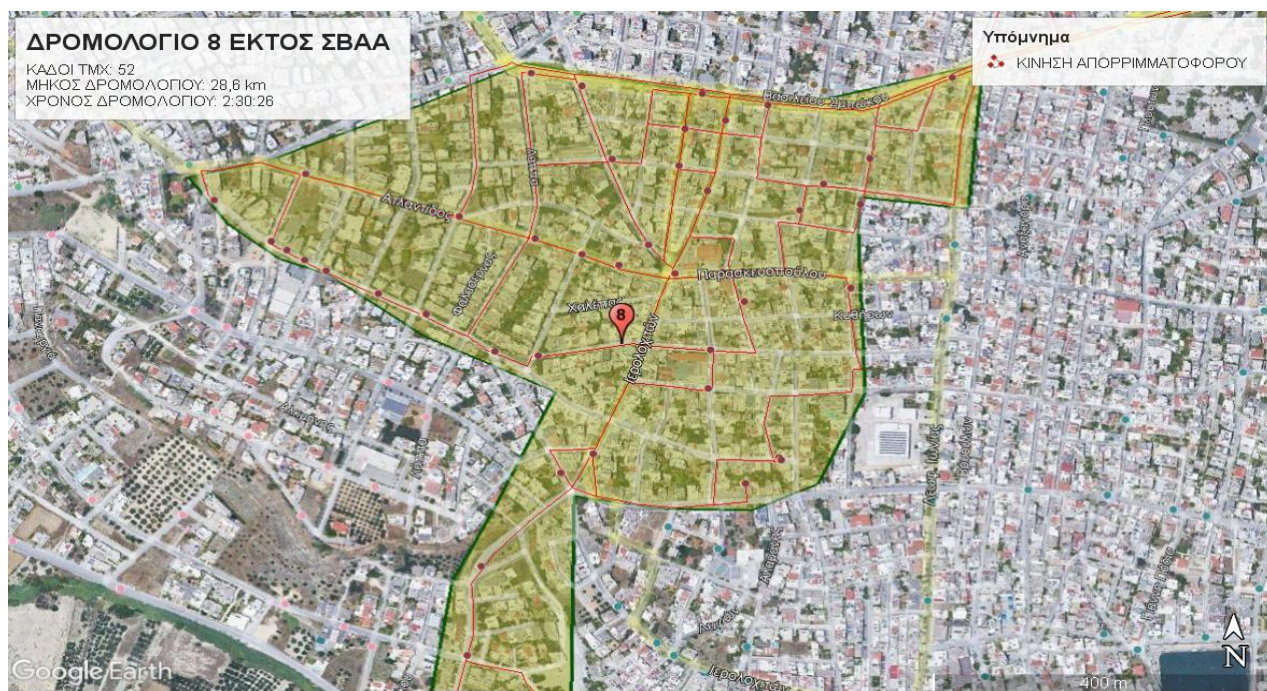
Εικόνα 19. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 5 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



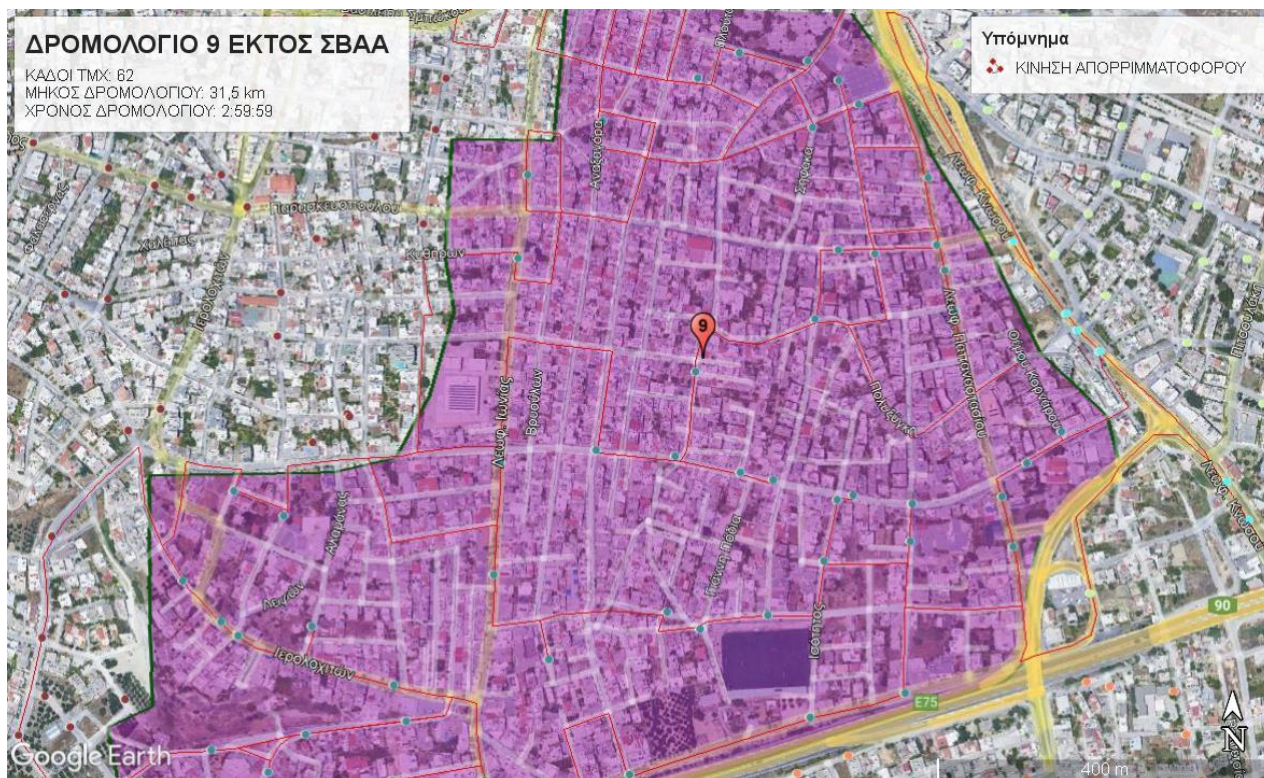
Εικόνα 20. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 6 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



Εικόνα 21. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 7 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



Εικόνα 22. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 8 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



Εικόνα 23. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 9 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση



Εικόνα 24. Χάρτης αποτύπωσης δρομολογίου 10 στη ζώνη εκτός ΣΒΑΑ Δ. Ηρακλείου, με την κόκκινη διαγράμμιση

5.4 Υλικοτεχνικός εξοπλισμός και τεχνολογική υποστήριξη

Η αποτελεσματικότητα του συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου διασφαλίζεται μέσω ενός ολοκληρωμένου πλέγματος **υλικοτεχνικών υποδομών** και **ψηφιακών τεχνολογιών**. Ο σχεδιασμός εστιάζει στην επάρκεια των μέσων προσωρινής αποθήκευσης, την επιχειρησιακή ικανότητα του στόλου και τη δυνατότητα ιχνηλασιμότητας της λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο.

Υποδομές Προσωρινής Αποθήκευσης και Αναλώσιμα Η κατανομή του εξοπλισμού διαφοροποιείται ανάλογα με τη ζώνη παρέμβασης, εξασφαλίζοντας τη μέγιστη δυνατή κάλυψη:

- **Περιοχή εντός ΣΒΑΑ:** Προβλέπεται η ανάπτυξη δικτύου **430 καφέ κάδων** (240 lt), η διάθεση 5.000 βιοδιασπώμενων σάκων (10 lt) και 100.000 τεμαχίων συναφούς υλικού. Όλοι οι κάδοι εξοπλίζονται με **RFID tags** για την ψηφιακή τους αναγνώριση.
- **Περιοχή εκτός ΣΒΑΑ:** Το δίκτυο ενισχύεται με **750 καφέ κάδους** (240 lt), 10.000 βιοδιασπώμενους σάκους και 100.000 τεμάχια υποστηρικτικού υλικού, υποστηριζόμενο από πλήρη ψηφιακή υποδομή καταγραφής δεδομένων.

Εξειδικευμένος Στόλος Οχημάτων Για την αποκομιδή των βιοαποβλήτων χρησιμοποιούνται ειδικά οχήματα που ενσωματώνουν τεχνολογίες αιχμής, όπως **ζυγιστικά συστήματα**, μηχανισμούς πλύσης κάδων και συστήματα γεωεντοπισμού (**GPS**). Η σύνθεση του στόλου έχει διαμορφωθεί ως εξής:

- **Ζώνη ΣΒΑΑ:** Περιλαμβάνει ένα όχημα χωρητικότητας 10 m³, δύο οχήματα 4 m³ (κατάλληλα για στενούς αστικούς δρόμους) και ένα πλυντήριο κάδων.
- **Ζώνη εκτός ΣΒΑΑ:** Περιλαμβάνει δύο οχήματα 10 m³, ένα όχημα 4 m³ και ένα πλυντήριο κάδων.

Ψηφιακή Παρακολούθηση και Βελτιστοποίηση Η καινοτομία του εξοπλισμού έγκειται στην ενσωμάτωση εξειδικευμένου **λογισμικού online παρακολούθησης**. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει τη συγκέντρωση δεδομένων για τις συλλεγόμενες ποσότητες, την τήρηση των δρομολογίων και τη συνολική απόδοση του συστήματος. Με αυτόν τον τρόπο, ο Δήμος αποκτά τη δυνατότητα διαρκούς ελέγχου, βελτίωσης των λειτουργικών διαδικασιών και ενίσχυσης της διαφάνειας απέναντι στους πολίτες

Αντίστοιχα, οι αναλύσεις για τις προκλήσεις υιοθέτησης της κυκλικής οικονομίας στις εφοδιαστικές αλυσίδες τροφίμων δείχνουν ότι η βελτιστοποίηση δεν είναι μόνο τεχνικό ζήτημα,

αλλά συνδέεται με επενδυτική ικανότητα, συνεργασίες, ρυθμιστικό περιβάλλον και πρόσβαση σε αξιόπιστα δεδομένα (Kumar et al., 2023).

Σε επιχειρησιακό επίπεδο, η χρήση εργαλείων παρακολούθησης, δεικτών και ψηφιακών πλατφορμών μπορεί να βελτιώσει τη δρομολόγηση, την πρόβλεψη αναγκών συλλογής, την ιχνηλασιμότητα υλικών και τη λήψη αποφάσεων, οδηγώντας σε αποτελεσματικότερη οργάνωση του συστήματος (Papamichael et al., 2023; Cheah et al., 2022).

Η αξιοποίηση συστημάτων παρακολούθησης, ιχνηλασιμότητας και δεικτών απόδοσης δεν ενισχύει μόνο τη λειτουργική αποδοτικότητα, αλλά επιτρέπει και τη συστηματική μέτρηση της κυκλικότητας, μέσω εργαλείων όπως οι KPIs, η ψηφιοποίηση και τα πρότυπα παρακολούθησης που προτείνονται στη σχετική βιβλιογραφία (Papamichael et al., 2023).

Ειδικά σε συστήματα συλλογής βιοαποβλήτων, η βελτιστοποίηση δρομολογίων, η ορατότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας και η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ εμπλεκόμενων φορέων μπορούν να περιορίσουν απώλειες, να μειώσουν το λειτουργικό κόστος και να στηρίξουν πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις σχεδιασμού (Urugo et al., 2024).

Στον παρακάτω πίνακα 7 αποτυπώνεται ο εξοπλισμός που έχει προμηθευτεί ο Δήμος Ηρακλείου.

Πίνακας 7: Εξοπλισμός ΕΝΤΟΣ και ΕΚΤΟΣ ΣΒΑΑ που έχει προμηθευτεί ο Δήμος Ηρακλείου για την διαχείριση των Βιοποβλήτων.

ΕΙΔΟΣ	Εντός ΣΒΑΑ	Εκτός ΣΒΑΑ	Λειτουργικός ρόλος
Καφέ κάδοι συλλογής βιοαποβλήτων	430 κάδοι χωρητικότητας 240 λίτρων	750 κάδοι χωρητικότητας 240 λίτρων	Προσωρινή αποθήκευση των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων και εξυπηρέτηση του δικτύου χωριστής συλλογής.
Βιοδιασπώμενες σακούλες	5.000 τεμ. χωρητικότητας 10 λίτρων	10.000 τεμ. χωρητικότητας 10 λίτρων	Υποστήριξη της διαλογής στην πηγή και διευκόλυνση της συμμετοχής των χρηστών.
Συναφές υποστηρικτικό υλικό	100.000 τεμάχια	100.000 τεμάχια	Συμπληρωματικά υλικά για την οργάνωση και ανάπτυξη του συστήματος.
RFID / RFID tags	Προβλέπονται RFID και RFID tags για τους κάδους	Προβλέπεται ψηφιακή υποδομή με RFID	Αναγνώριση, ιχνηλάτηση και διαχείριση του εξοπλισμού πεδίου.
GPS / γεωεντοπισμός	Προβλέπεται εξοπλισμός υποστήριξης με GPS	Προβλέπεται πλήρης ψηφιακή υποδομή με GPS	Παρακολούθηση θέσης οχημάτων, έλεγχος διαδρομών και επιχειρησιακή βελτιστοποίηση.
Οχήματα συλλογής	1 όχημα 10 m ³ και 2 οχήματα 4 m ³	2 οχήματα 10 m ³ και 1 όχημα 4 m ³	Συλλογή και μεταφορά των βιοαποβλήτων με προσαρμογή σε διαφορετικές ανάγκες δρομολόγησης και χωρικής εξυπηρέτησης.

ΕΙΔΟΣ	Εντός ΣΒΑΑ	Εκτός ΣΒΑΑ	Λειτουργικός ρόλος
Πλυντήριο κάδων	Η πλύση κάδων περιλαμβάνεται στη λειτουργία του συστήματος	1 πλυντήριο κάδων	Διασφάλιση υγιεινής λειτουργίας, καθαριότητας και ποιότητας της παρεχόμενης υπηρεσίας.
Ζυγιστικά συστήματα	Τα οχήματα διαθέτουν ζυγιστικά συστήματα	Προβλέπονται δυνατότητες καταγραφής δεδομένων συλλογής μέσω του εξοπλισμού	Καταγραφή ποσοτήτων και υποστήριξη αξιολόγησης της απόδοσης του συστήματος.
Λογισμικό / online παρακολούθηση	Προβλέπεται ανάπτυξη λογισμικού και διασυνδέσεων για online παρακολούθηση	Προβλέπονται δυνατότητες καταγραφής και διαχείρισης δεδομένων συλλογής	Συγκέντρωση, ανάλυση και αξιοποίηση επιχειρησιακών δεδομένων για έλεγχο και βελτίωση της λειτουργίας.

5.5 Επιχειρησιακά οφέλη και δυνατότητες βελτιστοποίησης του συστήματος

Η εφαρμογή του συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου παράγει πολλαπλά επιχειρησιακά οφέλη, τα οποία εκτείνονται πέρα από τη βασική λειτουργία της αποκομιδής. Το σύστημα συμβάλλει στην εκτροπή των βιοαποβλήτων από τους ΧΥΤΑ, στη μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στην ενίσχυση της κυκλικής οικονομίας, ενώ ταυτόχρονα δημιουργεί ένα πιο οργανωμένο και μετρήσιμο πλαίσιο λειτουργίας για τις δημοτικές υπηρεσίες καθαριότητας.

Ένα από τα σημαντικότερα επιχειρησιακά πλεονεκτήματα του συστήματος είναι η δυνατότητα τεκμηριωμένης παρακολούθησης της λειτουργίας του. Η χρήση RFID, GPS, ζυγιστικών συστημάτων και online παρακολούθησης επιτρέπει τη συστηματική συλλογή δεδομένων για τις θέσεις των κάδων, τα δρομολόγια, τις συλλεγόμενες ποσότητες και τις βασικές λειτουργικές παραμέτρους του δικτύου.

Η συστηματική καταγραφή και ανάλυση δεδομένων ενισχύει τη βελτιστοποίηση των δρομολογίων και τη συνολική αποδοτικότητα της συλλογής. Παράλληλα, η δημιουργία ενιαίας βάσης δεδομένων και η online παρακολούθηση του συστήματος ενισχύουν τη διαφάνεια, τη λογοδοσία και τη δυνατότητα τεκμηριωμένης λήψης αποφάσεων, ενώ δημιουργούν προϋποθέσεις για περαιτέρω επιχειρησιακή αναβάθμιση.

Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα του συστήματος δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τον εξοπλισμό ή την τεχνολογία, αλλά και από τη συμμετοχή των πολιτών, την κατάλληλη ενημέρωση, τη σαφή οργάνωση του δικτύου και τη συνέπεια στη λειτουργία. Για τον λόγο αυτό, οι δυνατότητες βελτιστοποίησης αφορούν τόσο την καλύτερη αξιοποίηση των δεδομένων και τη δυναμική διαχείριση του στόλου όσο και την ενίσχυση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και της ποιότητας της διαλογής στην πηγή.

Ειδικότερα η υπηρεσία που θα παρέχει ο Δήμος Ηρακλείου αφορά την ανάπτυξη του δικτύου καφέ κάδου με σκοπό τη χωριστή συλλογή και τη μεταφορά των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων. Επίσης περιλαμβάνεται και η πλύση των κάδων βιοαποβλήτων καθώς επίσης έχει γίνει και σχετική ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των Δημοτών.

Θα παρέχεται η υπηρεσία συλλογής των βιοαποβλήτων έξι (6) μέρες την εβδομάδα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σε όλη την περιοχή παρέμβασης (στα όρια της ζώνης της Εικόνα 4). Η υπηρεσία αυτή θα παρέχεται σε βάρδιες προκειμένου να εξυπηρετείται το σύνολο του δικτύου των καφέ κάδων καθώς τα βιοαπόβλητα δεν μπορεί να παραμένουν εκτεθειμένα λόγω των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν. Η πλύση των κάδων θα πραγματοποιείται πέντε (5) φορές την εβδομάδα.

Η υπηρεσία μεταφόρτωσης θα γίνεται με την πραγματοποίηση δέκα (10) δρομολογίων την εβδομάδα για την περιοχή εκτός ΣΒΑΑ και επτά (7) δρομολογίων την εβδομάδα για την περιοχή εντός ΣΒΑΑ.

Προκειμένου να διασφαλιστεί η δημόσια υγεία ο Δήμος Ηρακλείου απαιτείται η εφαρμογή ενός συχνού προγράμματος πλύσης των κάδων ιδιαιτέρως στην εντός ΣΒΑΑ. Για το σκοπό αυτό και επειδή η περιοχή εντός ΣΒΑΑ είναι εντός των ενετικών τειχών με ιδιαίτερη ρυμοτομία (στενοί δρόμοι) έχει προμηθευτεί ένα πλυντήριο κάδων ειδικών προδιαγραφών, καθώς τα

απορριμματοφόρα που προμηθευτήκαμε για την περιοχή αυτή είναι πολύ μικρά και δεν περιλαμβάνουν σύστημα πλύσης.

Ο τελικός αποδέκτης είναι η ΜΕΑ Χερσονήσου, όπου δεν έχει ξεκινήσει ακόμα την λειτουργία της.

Υπάρχει πρόβλεψη στον ΠΕΣΔΑ Κρήτης ότι για το μεσοδιάστημα θα μπορεί να υπάρξει νόμιμος εναλλακτικός αποδέκτης. Ως εναλλακτικός αποδέκτης είναι ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο ισχύος 500 kWe, ιδιοκτησίας της εταιρείας ΤΕΧΝΙΚΗ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΡΗΤΗΣ ΕΕ, που λειτουργεί εντός της ΒΙ.ΠΕ Ηρακλείου στη Δ.Ε. Νέας Αλικαρνασσού του Δ. Ηρακλείου, στην ΑΕΠΟ της εν λόγω εγκατάστασης προβλέπεται (της Δ/σης ΠΕ.ΧΩ.Σ της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης, ΑΔΑ: 60ΡΚΟΡ1Θ-ΤΔΔ).

Επιπρόσθετα επιβεβαιώνεται η πρόθεση της εταιρείας να συνεργαστεί με το Δήμο Ηρακλείου για την παραλαβή στις εγκαταστάσεις της των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων.

Επισημαίνεται ότι η ΥΓΟΣ αφορά σε οικιακά αστικά απόβλητα και τα προσομοιάζονται σε αυτά. Οι κωδικοί ΕΚΑ των αποβλήτων για τα οποία θα παρέχεται η ανωτέρω προγραφείσα υπηρεσία περιλαμβάνουν τα Δημοτικά απόβλητα (Οικιακά απόβλητα και παρόμοια με αυτά) της κατηγορίας 20.

Για τη χωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων του Δήμου Ηρακλείου στο πλαίσιο παροχής της παρούσας ΥΓΟΣ θα εφαρμοσθεί η μέθοδος συλλογής σε κεντρικούς κάδους που βρίσκονται τοποθετημένοι σε πυκνό δίκτυο κοντά στα κτίρια/οικίες, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Δήμου Ηρακλείου (πυκνότητα δόμησης, κλπ.).

Το δίκτυο χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων της παρούσας ΥΓΟΣ, στοχεύει στη συλλογή του 40% των παραγόμενων βιοαποβλήτων.

Στον παρακάτω πίνακα 8 (Πίνακας 7 από ΠΕΣΔΑ Κρήτης) αποτυπώνονται οι στόχοι συλλογής ΒΑ για το έτος 2025.

Για το Δήμο Ηρακλείου η τιμή του στόχου είναι 15.758,00 τόνους ΒΑ.

Για την περιοχή εντός ΣΒΑΑ : **5.743,00 tn.**

Για την περιοχή εκτός ΣΒΑΑ : **10.015,00 tn.**

Πίνακας 8. Επικαιροποιημένοι στόχοι Προδιαλογής ΑΣΑ, για την Περιφέρεια Κρήτης(2025), Πηγή ΠΕΣΔΑ Κρήτης.

Πίνακας 7: Επικαιροποιημένοι στόχοι προδιαλογής ΑΣΑ, για την Περιφέρεια Κρήτης (2025)

Π.Ε. / Δήμος	Παραγόμενα ΑΣΑ 2025 (τν)	Προδιαλεγμένα Βιοαπόβλητα (τν)	Προδιαλεγμένα Ανακυκλώσιμα Απόβλητα (τν)	Λοιπά Προδιαλεγμένα Απόβλητα (τν)	Σύμμεκτα ΑΣΑ προς επεξεργασία (τν)
ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ	9.740	1.525	2.807	538	4.870
ΓΑΥΔΟΥ	116	18	33	6	58
ΚΑΝΤΑΝΟΥ-ΞΕΛΙΝΟΥ	2.706	424	780	150	1.353
ΚΙΣΣΑΜΟΥ	6.314	989	1.819	349	3.157
ΠΛΑΤΑΝΙΑ	12.486	1.955	3.598	690	6.243
ΣΦΑΚΙΩΝ	1.263	198	364	70	632
ΧΑΝΙΩΝ	66.369	10.393	19.124	3.667	33.185
ΧΑΝΙΩΝ	98.995	15.503	28.525	5.470	49.497
ΡΕΘΥΜΝΗΣ	36.361	5.694	10.477	2.009	18.180
ΜΥΛΟΠΟΤΑΜΟΥ	8.046	1.260	2.319	445	4.023
ΑΓΙΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ	5.126	803	1.477	283	2.563
ΑΜΑΡΙΟΥ	3.659	573	1.054	202	1.830
ΑΝΩΓΕΙΩΝ	1.125	176	324	62	562
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	54.317	8.506	15.651	3.001	27.159
ΒΙΑΝΝΟΥ	3.340	523	962	185	1.670
ΓΟΡΤΥΝΑΣ	8.285	1.297	2.387	458	4.142
ΜΑΛΕΒΙΖΙΟΥ	17.775	2.784	5.122	982	8.887
ΦΑΙΣΤΟΥ	14.051	2.200	4.049	776	7.025
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	100.627	15.758	28.995	5.560	50.313
ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	34.599	5.418	9.970	1.912	17.299
ΑΡΧΑΝΩΝ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	10.494	1.643	3.024	580	5.247
ΜΙΝΩΑ ΠΕΔΙΑΔΟΣ	8.727	1.367	2.515	482	4.363
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	197.896	30.991	57.023	10.935	98.948
ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	1.611	252	464	89	806
ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	22.689	3.553	6.538	1.254	11.344
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	17.453	2.733	5.029	964	8.727
ΣΗΤΕΙΑΣ	12.500	1.958	3.602	691	6.250
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	54.253	8.496	15.633	2.998	27.126
ΣΥΝΟΛΟ	405.461	63.495	116.832	22.404	202.731

5.6 Αναλυτική περιγραφή παρεχόμενης υπηρεσίας ΕΝΤΟΣ και ΕΚΤΟΣ ΣΒΑΑ

Στην ΕΚΤΟΣ ΒΑΑ περιοχή ο Δήμος Ηρακλείου θα τοποθετήσει 750 κάδους χωρητικότητας 240l επίσης μοιράσε 10.000 οικιακούς κάδους 10l και 100.000 χάρτινες σακούλες 10l, στον παρακάτω πίνακα 9, παρουσιάζονται αναλυτικά τα μέσα συλλογής

Πίνακας 9: Μέσα Συλλογής Συστήματος ΕΚΤΟΣ ΣΒΑΑ περιοχή Βιοαποβλήτων Δ. Ηρακλείου

ΜΕΣΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	Αριθμός
ΚΑΔΟΙ ΓΙΑ ΟΙΚΙΕΣ 10 l	10.000
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΚΑΔΟΙ 240 l	750
ΧΑΡΤΙΝΕΣ ΣΑΚΟΥΛΕΣ 10l	100.000

Ενώ στον παρακάτω Πίνακα 10 περιγράφεται ο εξοπλισμός που διαθέτει ο Δήμος Ηρακλείου για την περιοχή ΕΚΤΟΣ ΣΒΑΑ

Πίνακας 10 :Οχήματα Συλλογής για περιοχή εκτός ΒΑΑ

ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ	Αριθμός
Α/Φ 10κ.μ.	2
Α/Φ 4κ.μ	1
Πλυντήριο κάδων	1

Τα απορριμματοφόρα οχήματα των 10 κ.μ. θα πραγματοποιούν τα δρομολόγια όπως περιγράφονται παρακάτω:

- Το δρομολόγιο (1) θα πραγματοποιείται μία (1) φορά την ημέρα στην πρώτη βάρδια για έξι (6) μέρες την εβδομάδα.
- Το δρομολόγιο (2) θα πραγματοποιείται μαζί με το δρομολόγιο (5) στην πρώτη βάρδια μία (1) φορά την ημέρα για έξι (6) μέρες την εβδομάδα
- Το δρομολόγιο (3) θα πραγματοποιείται μαζί με το δρομολόγιο (9) στη δεύτερη βάρδια μία (1) φορά την ημέρα για έξι (6) μέρες την εβδομάδα.

- Το δρομολόγιο (10) θα πραγματοποιείται μαζί με το δρομολόγιο (7) στη δεύτερη βάρδια μία (1) φορά την ημέρα για έξι (6) μέρες την εβδομάδα.
- Το δρομολόγιο (4) θα πραγματοποιείται μαζί με το δρομολόγιο (6) και το δρομολόγιο (8) μία (1) φορά την ημέρα για έξι (6) μέρες την εβδομάδα σε μία βάρδια με το μικρό απορριμματοφόρο των 4 κ.μ.

Συγκεντρωτικά τα στοιχεία των δρομολογίων αποτυπώνονται στον πίνακα 11, παρακάτω:

Πίνακας 11: Δρομολόγια Απορριμματοφόρων στην περιοχή εκτός ΣΒΑΑ

	ΒΑΡΔΙΑ 1	ΒΑΡΔΙΑ 2
ΑΠΟΡ/ΡΟ 10 m ³	ΔΡΟΜ 1	ΔΡΟΜ 3
		ΔΡΟΜ 9
ΑΠΟΡ/ΡΟ 10 m ³	ΔΡΟΜ 2	ΔΡΟΜ 10
	ΔΡΟΜ 5	ΔΡΟΜ 7
ΑΠΟΡ/ΡΟ 4 m ³	ΔΡΟΜ 6	
	ΔΡΟΜ 8	
	ΔΡΟΜ 4	

Ο συνολικός αριθμός δρομολογίων ανά έτος θα είναι $(10 \cdot 6 \cdot 52) = 3.120$ δρομολόγια το έτος προς Όσο αφορά πλυντήριο θα πραγματοποιεί δύο δρομολόγια ανά ημέρα για πέντε (5) μέρες την εβδομάδα. Στον παρακάτω πίνακα 12 παρουσιάζονται ανά ημέρα τα στοιχεία των δρομολογίων του πλυντηρίου κάδων:

Πίνακας 12: Στοιχεία δρομολογίων πλυντηρίου κάδων (για περιοχή εκτός ΣΒΑΑ)

ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΠΛΥΝΤΗΡΙΟΥ		ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (km/δρομολόγιο)/ημέρα	ΧΡΟΝΟΙ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΠΛΥΝΤΗΡΙΟΥ (h/d)
Δευτέρα	ΔΡΟΜ 3	40,3	6:06:14
	ΔΡΟΜ 9	31,5	

ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΠΛΥΝΤΗΡΙΟΥ		ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (km/δρομολόγιο)/ημέρα	ΧΡΟΝΟΙ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΠΛΥΝΤΗΡΙΟΥ (h/d)
Τρίτη	ΔΡΟΜ 10	29	5:52:53
	ΔΡΟΜ 7	40,5	
Τετάρτη	ΔΡΟΜ 2	37,8	5:53:23
	ΔΡΟΜ 5	35	
Πέμπτη	ΔΡΟΜ 1	47	5:02:49
Παρασκευή	ΔΡΟΜ 6	26,8	6:22:37
	ΔΡΟΜ 8	28,6	
	ΔΡΟΜ 4	36,9	
ΣΥΝΟΛΑ		353,4 km/εβδομάδα (Μέση απόσταση : 70,68 km/ημέρα)	29:17:56 = 29,3 ώρες/εβδομάδα

Το πλυντήριο, όπως και τα Α/Φ θα ξεκινούν από το αμαξοστάσιο και στο τέλος κάθε ημέρας θα επιστρέφουν στο αμαξοστάσιο. Στη βάση αυτή έχουν προσδιοριστεί οι παραπάνω αναγραφόμενες αποστάσεις.

Το πλυντήριο θα ακολουθεί τα δρομολόγια συλλογής βιοαποβλήτων.

Για την παροχή της εν λόγω υπηρεσίας ο Δήμος Ηρακλείου θα απασχολεί προσωπικό της υπηρεσίας καθαριότητας. Το προσωπικό αυτό θα απασχολείται αποκλειστικά στη συλλογή και μεταφορά των προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων για τις ανάγκες παροχής της ΥΓΟΣ και όχι άλλων υπηρεσιών παρόμοιας φύσης. Σε κάθε δρομολόγιο θα απασχολούνται αποκλειστικά ένας (1) οδηγός και δύο (2) εργάτες ως πλήρωμα κάθε απορριματοφόρου (εργαζόμενοι αποκομιδής), ενώ στο πλυντήριο κάδων θα απασχολείται ένας (1) οδηγός και ένας (1) εργαζόμενος.

Η αποκομιδή βιοαποβλήτων θα γίνεται τουλάχιστον μία (1) φορά ημερησίως (ανά θέση/περιοχή αποκομιδής) με την υλοποίηση 10 δρομολογίων/ ημέρα για έξι (6) ημέρες την εβδομάδα σε όλη τη διάρκεια του έτους και έχει ως στόχο τη συλλογή συνολικά 10.015,00 tn προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων ανά έτος.

Θα χρησιμοποιεί συνολικά δύο (2) απορριμματοφόρα χωρητικότητας 10 m^3 και ένα (1) απορριμματοφόρο 4m^3 .

- Τα απορριμματοφόρα των 10 m^3 θα εκτελούν συνολικά επτά (7) δρομολόγια καθημερινά για 6 ημέρες ανά εβδομάδα.
- Το απορριμματοφόρο των 4 m^3 θα εκτελεί 6 φορές ανά εβδομάδα τρία (3) δρομολόγια την ημέρα, ενώ η απόσταση που θα διανύεται προσδιορίζεται σε $92,3\text{km}$ ανά ημέρα και συνολικά σε: $92,3 \text{ km/ημέρα} * 6 \text{ ημέρες/εβδομάδα} = 553,80 \text{ km /εβδομάδα}$.

Στον πίνακα 13 τα Α/Φ των 10 m^3 πραγματοποιούν τα εξής επτά (7) δρομολόγια: όπου οι διανυόμενες αποστάσεις αποτυπώνονται στον πίνακα 12.

Η απόσταση των δρομολογίων των απορριμματοφόρων των 4 m^3 έχει ως εξής :

Από τον πίνακα 12 το Α/Φ των 4 m^3 πραγματοποιεί τα δρομολόγια 6, 8 και 4 στο πλαίσιο των οποίων οι διανυόμενες αποστάσεις είναι 26,8, 28,6 και $36,9 \text{ km}$ αντίστοιχα, συνεπώς η διανυόμενη απόσταση στο πλαίσιο αυτών των δρομολογίων είναι $92,3 \text{ km}$ ανά ημέρα

Αυτές οι τιμές αφορούν τη μεταφορά των ΒΑ μέχρι το ΣΜΑ βιοαποβλήτων Ηρακλείου αλλά και τον εναλλακτικό αποδέκτη που βρίσκεται εγγύς του ΣΜΑ.

Τα συλλεγόμενα βιοαπόβλητα από όλη την περιοχή παρέμβασης θα οδηγούνται στο ΣΜΑ βιοαποβλήτων Ηρακλείου, όπου θα μεταφορτώνονται σε μεγάλα ημιρυμουλκούμενα containers και θα μεταφέρονται στη ΜΕΑ Χερσονήσου.

Σε εβδομαδιαία βάση θα πραγματοποιούνται εννέα (9) δρομολόγια των συρμών από το ΣΜΑ προς τη ΜΕΑ Χερσονήσου, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια. Αυτό σημαίνει ότι θα απαιτηθούν 2 τράκτορες.

Η απόσταση από το ΣΜΑ Ηρακλείου στη ΜΕΑ Χερσονήσου με επιστροφή στο ΣΜΑ προσδιορίζεται σε $50,60 \text{ km}$ ανά δρομολόγιο και συνολικά σε : $50,60 \text{ km} * 9 \text{ δρομολόγια/εβδομάδα} = 455,40 \text{ km/εβδομάδα}$.

Οι κάδοι θα πλένονται 1 φορά την εβδομάδα. Για την πλύση των κάδων θα χρησιμοποιείται ένα (1) πλυντήριο κάδων για πέντε (5) ημέρες την εβδομάδα. Υπολογίστηκε ότι το πλυντήριο θα διανύει σε εβδομαδιαία βάση $353,40\text{km}$ (σχετικός ο πίνακας 6 της παρούσας) και σε ετήσια βάση $18.376,80 \text{ km}$.

Οι αποστάσεις που θα διανύει το πλυντήριο κάδων δεν διαφοροποιούνται με την αλλαγή του αποδέκτη.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά τα χιλιόμετρα που θα διανύει το κάθε απορριμματοφόρο όχημα και ο χρόνος που απαιτείται για τη συλλογή και πλύση των κάδων.

Πίνακας 13: Δρομολόγια οχημάτων (km και χρόνος) για συλλογή ΒΑ από την περιοχή εκτός ΣΒΑΑ

ΟΧΗΜΑΤΑ	Αριθμός Οχημάτων	km/ ημέρα	km/ εβδομάδα	km/ έτος	ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (ώρες/εβδομάδα)	ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (ώρες/έτος)
ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ 10 m ³	2	261,10	1.566,60	81.463,20	22:20:42=22,34	=22,34 *52=1.161,68
ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ 4 m ³	1	92,30	553,80	28.797,60	6:22:37=6,34	6,34*52=329,68
ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ ΚΑΔΩΝ	1	70,68	353,40	18.376,80	29:17:56=29,3	29,3*52=1.523,60
ΣΥΝΟΛΑ	4	424,08	2.473,80	128.637,60		

Η συνολικά διανυόμενη απόσταση από όλα τα οχήματα είναι 128.637,60 km/ έτος. Εξ αυτών τα 110.260,8 km/ έτος αφορούν στα απορριμματοφόρα και τα 18.376,80 km/ έτος στο πλυντήριο κάδων.

Στους παραπάνω χρόνους έχει ληφθεί υπόψη ο χρόνος αυτόματου αδειάσματος κάθε κάδου με το σύστημα ανύψωσης των Α/Φ, που είναι 1,10 min.

Ο συνολικός αριθμός κάδων των δρομολογίων (1-10) ισούται με 750.

Σε σχέση με το πλυντήριο κάδων σημειώνουμε τα εξής :

- Το πλυντήριο θα απασχολείται για (5) ημέρες την εβδομάδα. Κάθε ένας εκ των 750 κάδων θα πλένεται 1 φορά την εβδομάδα.
- Ο χρόνος που απαιτείται για την πλύση κάθε κάδου ανέρχεται σε 1 min.

Συνεπώς ο χρόνος για την πλύση του συνόλου των κάδων ανέρχεται σε 750 min/εβδομάδα (12,5 ώρες/εβδομάδα) και 650 ώρες/έτος. Αν προσθέσουμε και τους χρόνους που απαιτούνται για τις

μετακινήσεις του πλυντηρίου προκύπτει ότι **το πλυντήριο θα απασχολείται συνολικά : $1.523,60+650=2.173,60$ ώρες/έτος.**

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα δρομολόγια των Α/Φ ανά ημέρα με το χρόνο που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί.

Πίνακας 14: Δρομολογίων Α/Φ για συλλογή ΒΑ από την περιοχή εκτός ΣΒΑΑ και τη μεταφορά τους μέχρι το ΣΜΑ βιοαποβλήτων Ηρακλείου ή τον εναλλακτικό αποδέκτη στη ΒΠΠΕ Ηρακλείου

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ/ημέρα	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΔΙΑΝΥΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΣΜΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ Ή ΤΟΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΑΠΟΔΕΚΤΗ (km/δρομολόγιο)/ημέρα	ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΓΙΑ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΣΜΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ Ή ΤΟΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΑΠΟΔΕΚΤΗ (ώρες/δρομολόγιο)/ημέρα
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 1	47	5:02:49
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 2	37,8	3:36:41
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 3	40,3	3:06:15
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 4	36,9	1:35:29
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 5	35	1:42:05
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 6	26,8	2:16:42
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 7	40,5	3:14:23
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 8	28,6	2:30:26
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 9	31,5	2:59:59
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 10	29	2:38:30
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ/ ημέρα	353,40 km	28,67 ώρες
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ/εβδομάδα	2.120,40 km	172,33 ώρες
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ/χρόνο	110.260,80 km	8.961,16 ώρες

Οι ποσότητες των βιοαποβλήτων που θα συλλέγονται ανέρχονται σε 10.015,00 τόνους /έτος.

Το μέγιστο ωφέλιμο βάρος του συρμού μεταφόρτωσης είναι ίσο με 20.600,00 kg κι έτσι προκύπτει ότι σε ετήσια βάση θα απαιτηθούν 486 δρομολόγια/έτος προς τη ΜΕΑ Χερσονήσου δηλ. αντίστοιχα εννέα (9) δρομολόγια/εβδομάδα.

Οι αποστάσεις που θα διανύουν με τα δρομολόγια και οι χρόνοι απασχόλησης των τρακτόρων που θα μεταφέρουν τα βιοαπόβλητα από το ΣΜΑ Ηρακλείου στη ΜΕΑ παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 15:

Πίνακας 15: Δρομολογίων τρακτόρων από ΣΜΑ Ηρακλείου προς τη ΜΕΑ

ΠΛΗΘΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΤΡΑΚΤΟΡΩΝ		9/εβδομάδα	468/έτος
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΣΜΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΜΕΧΡΙ ΤΗ με επιστροφή	50,6 km/δρομολόγιο	455,4 km/εβδομάδα	23.680,80 km/έτος
ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΑΠΟ ΣΜΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΜΕΧΡΙ ΤΗ ΜΕΑ με επιστροφή	60 min/δρομολόγιο	9 ώρες/εβδομάδα	468 ώρες/έτος

Στους χρόνους αυτούς περιλαμβάνεται και ο χρόνος που απαιτείται τόσο για την εκφόρτωση των απορριμματοφόρων στους συρμούς μεταφόρτωσης όσο και εκφόρτωσης των containers στην ΜΕΑ Χερσονήσου.

Το αμαξοστάσιο του Δήμου όπου θα σταθμεύουν τα απορριμματοφόρα στο τέλος κάθε ημέρας εργασίας είναι σε χώρο όμορο του ΣΜΑ Ηρακλείου.

Για την περίοδο μέχρι την κατασκευή της ΜΕΑ Χερσονήσου, δε θα γίνεται μεταφόρτωση και τα απορριμματοφόρα θα εκφορτώνουν στον εναλλακτικό αποδέκτη, που βρίσκεται στη ΒΠΠΕ Ηρακλείου. Η θέση του εναλλακτικού αποδέκτη βρίσκεται πλησίον του ΣΜΑ και δεν διαφοροποιούνται οι αποστάσεις που θα διανύουν τα απορριμματοφόρα σε σχέση με αυτές που προσδιορίστηκαν για τα δρομολόγια μέχρι το ΣΜΑ.

Το δίκτυο χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων, στοχεύει στη συλλογή του 40% των παραγόμενων βιοαποβλήτων στις **ΕΝΤΟΣ ΣΒΑΑ** περιοχές του Δήμου Ηρακλείου, ήτοι συνολικά και με βάση την προηγούμενη ανάλυση **5.743,00 tn/έτος**.

Για τις ανάγκες της υπηρεσίας ο Δήμος Ηρακλείου θα αναπτύξει συνολικά **430** κάδους με χωρητικότητα 240l, **5.000** οικιακούς κάδους 10l που θα μοιραστούν στους Δημότες ενώ θα προμηθευτεί και **100.000** χάρτινες σακούλες που θα τις διανείμει τους πολίτες, όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 16: Μέσα Συλλογής Συστήματος ΔΣΠ Βιοαποβλήτων Δ. Ηρακλείου (για περιοχή εντός ΣΒΑΑ)

ΜΕΣΑ ΒΙΟΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΣΥΛΛΟΓΗΣ	Αριθμός
ΚΑΔΟΙ ΓΙΑ ΟΙΚΙΕΣ 10 l		5.000
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΚΑΔΟΙ 240 l		430
ΧΑΡΤΙΝΕΣ ΣΑΚΟΥΛΕΣ 10l		100.000

Για τη συγκεκριμένη Υπηρεσία ο Δήμος θα προμηθευτεί τον ακόλουθο εξοπλισμό :

Πίνακας 17: Οχήματα Συλλογής /Πλυντήριο κάδων (για περιοχή εντός ΣΒΑΑ)

ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ	Αριθμός
Α/Φ 10 m ³	1
Α/Φ 4 m ³	2
Πλυντήριο κάδων	1

- Το δρομολόγιο (1) θα πραγματοποιείται μαζί με τα δρομολόγια (3) και (4) μία (1) φορά την ημέρα σε μια βάρδια για έξι (6) μέρες την εβδομάδα.
- Το δρομολόγιο (2) θα πραγματοποιείται μαζί με το δρομολόγιο (5) και (7) σε μια βάρδια μία (1) φορά την ημέρα για έξι (6) μέρες την εβδομάδα

Τα παραπάνω δρομολόγια πραγματοποιούνται από δύο απορριματοφόρα των 4 κ.μ.

- Το δρομολόγιο (6) θα πραγματοποιείται μαζί με το δρομολόγιο (8) σε μια βάρδια μία (1) φορά την ημέρα για έξι (6) μέρες την εβδομάδα.

Τα παραπάνω δρομολόγια πραγματοποιούνται από ένα απορριματοφόρο των 10 κ.μ.

Τα παραπάνω δρομολόγια αποτυπώνονται στον ακόλουθο πίνακα :

Πίνακας 18: Στοιχεία καθημερινών δρομολογίων Απορριματοφόρων οχημάτων (για περιοχή εντός ΣΒΑΑ)

ΑΠΟΡ/ΡΟ 4m3	ΔΡΟΜ 1
	ΔΡΟΜ 3
	ΔΡΟΜ 4
ΑΠΟΡ/ΡΟ 4m3	ΔΡΟΜ 2
	ΔΡΟΜ 5
	ΔΡΟΜ 7
ΑΠΟΡ/ΡΟ 10m3	ΔΡΟΜ 6
	ΔΡΟΜ 8

Συνολικά προβλέπονται 1 βάρδια συλλογής ανά ημέρα για έξι (6) ημέρες την εβδομάδα για όλα τα απορριματοφόρα συλλογής.

Τα παραπάνω απορριματοφόρα οχήματα συλλογής θα εκτελούν συνολικά $(8 \times 6 \times 52) = 2.496$ δρομολόγια το έτος προς τον εναλλακτικό αποδέκτη ή προς το ΣΜΑ βιοαποβλήτων Ηρακλείου, όπου θα γίνεται μεταφόρτωση των βιοαποβλήτων σε μεγάλα ημιρυμουλκούμενα containers, με τα οποία θα γίνεται η μεταφορά στη ΜΕΑ Χερσονήσου, όταν αυτή τεθεί σε λειτουργία.

Δεν θα απαιτηθεί μεταφόρτωση κατά τα έτη παροχής της υπηρεσίας κατά τα οποία τα ΒΑ θα οδηγούνται στον εναλλακτικό αποδέκτη στη ΒΙΠΕ Ηρακλείου, ο οποίος γειτνιάζει με το ΣΜΑ βιοαποβλήτων και ως εκ τούτου δεν διαφοροποιούνται οι αποστάσεις συλλογής.

Το πλυντήριο θα πραγματοποιεί τα παρακάτω δρομολόγια για πέντε (5) μέρες την εβδομάδα, κατά τα οποία θα γίνεται η πλύση των κάδων.

Πίνακας 19: Στοιχεία δρομολογίων πλυντηρίου κάδων (για περιοχή εντός ΣΒΑΑ)

ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΠΛΥΝΤΗΡΙΟΥ		ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΔΙΑΝΥΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΠΛΥΝΤΗΡΙΟ ΚΑΔΩΝ (km/δρομολόγιο)/ημέρα	ΧΡΟΝΟΙ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΠΛΥΝΤΗΡΙΟΥ (ώρες/ημέρα)
Δευτέρα	ΔΡΟΜ 1	25,3	5:25:18
	ΔΡΟΜ 3	23	
	ΔΡΟΜ 4	44,1	
Τρίτη	ΔΡΟΜ 2	23,5	5:38:31
	ΔΡΟΜ 5	23,8	
	ΔΡΟΜ 7	24,8	
Τετάρτη	ΔΡΟΜ 6	43,6	6:08:41
	ΔΡΟΜ 8	27,2	
Πέμπτη	ΔΡΟΜ 1	25,3	5:25:18
	ΔΡΟΜ 3	23	
	ΔΡΟΜ 4	44,1	
Παρασκευή	ΔΡΟΜ2	23,5	5:38:31
	ΔΡΟΜ 5	23,8	
	ΔΡΟΜ 7	24,8	
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ /ΕΒΔΟΜΑΔΑ		399,8 (μέση ημερήσια τιμή 79,96 km/ημέρα)	28:16:19

Το πλυντήριο, όπως και τα Α/Φ ξεκινούν από το αμαξοστάσιο και στο τέλος κάθε ημέρας επιστρέφουν στο αμαξοστάσιο. Στη βάση αυτή έχουν προσδιοριστεί οι παραπάνω αναγραφόμενες αποστάσεις. Το αμαξοστάσιο του Δήμου είναι όμορο με το ΣΜΑ βιοαποβλήτων Ηρακλείου.

Το πλυντήριο πάντα θα ακολουθεί ένα απορριμματοφόρο συλλογής βιοαποβλήτων.

Για την παροχή της εν λόγω υπηρεσίας ο Δήμος Ηρακλείου θα απασχολεί προσωπικό της υπηρεσίας καθαριότητας. Το προσωπικό αυτό θα απασχολείται αποκλειστικά για τις ανάγκες παροχής της ΥΓΟΣ και όχι άλλων υπηρεσιών παρόμοιας φύσης. Σε κάθε βάρδια/δρομολόγιο θα

απασχολούνται αποκλειστικά ένας (1) οδηγός και δύο (2) εργάτες ως πλήρωμα κάθε απορριματοφόρου (εργαζόμενοι αποκομιδής), ενώ στο πλυντήριο κάδων θα απασχολείται ένας (1) οδηγός και ένας (1) εργαζόμενος.

Για τη συλλογή των κάδων ο Δήμος Ηρακλείου θα χρησιμοποιεί συνολικά ένα (1) απορριματοφόρο χωρητικότητας 10 m^3 και δύο (2) απορριματοφόρα 4 m^3 .

- Το απορριματοφόρο των 10 m^3 θα εκτελεί συνολικά δύο (2) δρομολόγια καθημερινά για 6 ημέρες ανά εβδομάδα, ενώ η μέση απόσταση που θα διανύεται προσδιορίζεται σε $35,40 \text{ km}$ ανά δρομολόγιο και συνολικά σε : $35,40 \text{ km} * 2 \text{ δρομολόγια/ημέρα} * 6 \text{ ημέρες/εβδομάδα} = 424,80 \text{ km/εβδομάδα}$.
- Τα απορριματοφόρα των 4 m^3 θα εκτελούν έξι (6) δρομολόγια την ημέρα για έξι (6) ημέρες την εβδομάδα, ενώ η μέση απόσταση που θα διανύεται προσδιορίζεται σε $164,5 \text{ km}$ ανά ημέρα και συνολικά σε: $164,5 \text{ km/ημέρα} * 6 \text{ ημέρες/εβδομάδα} = 987,00 \text{ km/εβδομάδα}$.
- Τα συλλεγόμενα ΒΑ θα οδηγούνται με τα απορριματοφόρα συλλογής απευθείας στον εναλλακτικό αποδέκτη στη ΒΙΠΕ Ηρακλείου από την έναρξη παροχής της υπηρεσίας μέχρι την 01-01-2024, οπότε θα τεθεί σε λειτουργία ο τελικός αποδέκτης, η ΜΕΑ Χερσονήσου.

Οι παραπάνω τιμές αφορούν τη συλλογή και μεταφορά των ΒΑ τόσο μέχρι το ΣΜΑ βιοαποβλήτων Ηρακλείου όσο και μέχρι τον εναλλακτικό αποδέκτη, στη ΒΙΠΕ Ηρακλείου.

Μετά την έναρξη λειτουργίας της ΜΕΑ Χερσονήσου, τα συλλεγόμενα βιοαπόβλητα θα μεταφορτώνονται στο ΣΜΑ σε μεγάλα ημιρυμουλκούμενα containers και θα μεταφέρονται στη ΜΕΑ Χερσονήσου.

Σε εβδομαδιαία βάση θα πραγματοποιούνται έξι (6) δρομολόγια των συρμών από το ΣΜΑ προς τη ΜΕΑ Χερσονήσου, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια. Αυτό σημαίνει ότι θα απαιτηθεί ένας (1) τράκτορας.

Οι κάδοι που θα συλλέγονται από τα απορριματοφόρα των 4 m^3 θα πλένονται με πλυντήριο δύο (2) φορές την εβδομάδα, διότι το απορριματοφόρο των 4 m^3 δεν διαθέτει σύστημα πλύσης. Οι κάδοι οι οποίοι θα συλλέγονται από το απορριματοφόρο των 10 m^3 θα πλένονται με το πλυντήριο μια (1) φορά την εβδομάδα. Η δεύτερη πλύση θα γίνεται με το σύστημα πλύσης που διαθέτει το μεγάλο απορριματοφόρο.

Για την πλύση των κάδων θα χρησιμοποιείται ένα (1) πλυντήριο κάδων για πέντε (5) ημέρες την εβδομάδα. Υπολογίστηκε ότι το πλυντήριο θα διανύει κατά μέσο όρο $79,96 \text{ km}$ ανά ημέρα, άρα σε εβδομαδιαία βάση $5 * 79,96 \text{ km} = 399,80 \text{ km}$ (σχετικός ο πίνακας 15 της παρούσας) και σε ετήσια βάση $20.789,60 \text{ km}$.

Οι αποστάσεις που θα διανύει το πλυντήριο κάδων δεν διαφοροποιούνται με την αλλαγή του αποδέκτη.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά τα χιλιόμετρα που θα διανύει κάθε απορριμματοφόρο όχημα και το πλυντήριο κάδων καθώς και οι χρόνοι που απαιτούνται για τη συλλογή και πλύση των κάδων.

Πίνακας 20: Στοιχεία καθημερινών δρομολογίων Α/Φ για συλλογή ΒΑ και μεταφορά τους μέχρι το ΣΜΑ βιοαποβλήτων Ηρακλείου ή τον εναλλακτικό αποδέκτη για περιοχή εντός ΣΒΑΑ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ/ημέρα	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΝΥΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΣΜΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ Ή ΤΟΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΑΠΟΔΕΚΤΗ (km/δρομολόγιο)/ημέρα	ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΓΙΑ ΑΠΟΚΟΜΙΔΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΣΜΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ Ή ΤΟΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΑΠΟΔΕΚΤΗ (ώρες/δρομολόγιο)/ημέρα
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 1	25,3	1:35:42
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 2	23,5	1:28:19
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 3	23	1:58:57
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 4	44,1	1:50:39
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 5	23,8	2:08:36
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 6	43,6	3:59:20
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 7	24,8	2:01:36
ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ 8	27,2	2:09:21
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ/ημέρα	235,3	17,22 h
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ/εβδομάδα	1.411,80	103,25 h
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ/έτος	73.413,60	5.369,00 h

Οι ποσότητες των βιοαποβλήτων που θα συλλέγονται ανέρχονται σε 5.743,00 τόνους /έτος.

Το μέγιστο ωφέλιμο βάρος του συρμού μεταφόρτωσης είναι ίσο με 20.600,00 kg κι έτσι προκύπτει ότι σε ετήσια βάση θα απαιτηθούν 279 δρομολόγια/έτος προς τη ΜΕΑ Χερσονήσου δηλ. αντίστοιχα έξι (6) δρομολόγια/εβδομάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συζήτηση – Συμβολή στην κυκλική οικονομία – Προτάσεις

6.1 Συζήτηση των ευρημάτων

Ταυτόχρονα, οι οικο-καινοτόμες πρακτικές και τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων δείχνουν ότι η βελτίωση των αποτελεσμάτων προϋποθέτει συνδυασμό τεχνολογίας, θεσμικής υποστήριξης, συνεργειών και τοπικής επιχειρησιακής ικανότητας (Rena et al., 2022; Czeaka et al., 2023; Cheah et al., 2022).

Σε επίπεδο βελτίωσης πολιτικής, προκύπτει η ανάγκη για ενίσχυση των χωριστών ρευμάτων συλλογής, ανάπτυξη αξιόπιστων δεικτών μέτρησης, επένδυση σε ψηφιακές υποδομές και συστηματική διασύνδεση της διαχείρισης αποβλήτων με ευρύτερες στρατηγικές κυκλικής οικονομίας και βιώσιμης αστικής διακυβέρνησης (Paramichael et al., 2023; Iacovidou et al., 2021).

Σε επίπεδο πολιτικής, η διεθνής βιβλιογραφία δείχνει ότι η αποτελεσματική υιοθέτηση αρχών κυκλικής οικονομίας δεν εξαρτάται μόνο από την τεχνική επάρκεια των συστημάτων, αλλά και από την ύπαρξη σαφούς θεσμικού πλαισίου, κατάλληλων κινήτρων, περιβαλλοντικών κανονισμών και εργαλείων εφαρμογής που να κατευθύνουν τους εμπλεκόμενους φορείς προς περισσότερο κυκλικά πρότυπα λειτουργίας (Kumar et al., 2023).

Ιδιαίτερα κρίσιμα αναδεικνύονται η ενίσχυση των ιχνηλάσιμων συστημάτων, η ανάπτυξη δεικτών μέτρησης κυκλικότητας, η βελτίωση των υποδομών logistics και η ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών, στοιχεία που μπορούν να μεταφραστούν σε πρακτικές παρεμβάσεις και για την τοπική αυτοδιοίκηση (Kumar et al., 2023; Paramichael et al., 2023).

Μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να προσφέρει πρακτικό υπόβαθρο για συγκριτική αξιολόγηση, καλύτερο σχεδιασμό παρεμβάσεων και συστηματική σύνδεση της τοπικής διαχείρισης βιοαποβλήτων με τους στόχους της κυκλικής οικονομίας και της βιώσιμης αστικής πολιτικής (Iacovidou et al., 2021; Czeaka et al., 2023).

Η ανάπτυξη δεικτών κυκλικής διαχείρισης για τον Δήμο Ηρακλείου είναι συμβατή με τη διεθνή τάση για τεκμηριωμένη παρακολούθηση της μετάβασης, όπου η κυκλικότητα αποτιμάται μέσα από ποσοτικούς και ποιοτικούς δείκτες που συνδέονται με τη συλλογή, την ανάκτηση, την καθαρότητα ρευμάτων, τις περιβαλλοντικές επιδόσεις και τη διοικητική αποτελεσματικότητα (Paramichael et al., 2023; Ranjbari et al., 2021).

Η παρούσα μελέτη ανέδειξε ότι το σύστημα χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων του Δήμου Ηρακλείου συνιστά μια ουσιαστική παρέμβαση προς την κατεύθυνση της βιώσιμης διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων και της ενσωμάτωσης των αρχών της κυκλικής οικονομίας σε τοπικό επίπεδο. Η ανάπτυξη του δικτύου καφέ κάδων, η οργάνωση διακριτών δρομολογίων στις περιοχές εντός και εκτός ΣΒΑΑ, καθώς και η αξιοποίηση τεχνολογιών όπως RFID, GPS και συστήματα ζύγισης, υποδεικνύουν μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διαχείριση του οργανικού κλάσματος των αποβλήτων.

Η εφαρμογή του συστήματος στον Δήμο Ηρακλείου δεν περιορίζεται μόνο στη συλλογή των βιοαποβλήτων, αλλά συνδέεται και με μια ευρύτερη διαδικασία λειτουργικού εκσυγχρονισμού της δημοτικής διαχείρισης απορριμμάτων. Η χρήση ψηφιακών τεχνολογιών για την καταγραφή θέσης, βάρους και διαδρομών επιτρέπει την παραγωγή δεδομένων που μπορούν να αξιοποιηθούν για τον καλύτερο σχεδιασμό πολιτικών, για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των δρομολογίων και για την παρακολούθηση της επίδοσης του συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Η διεθνής συζήτηση για τη μέτρηση της κυκλικότητας τονίζει ότι οι δείκτες πρέπει να συνδυάζουν ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα, να είναι επαναλήψιμοι και να συνδέονται με πραγματικές αποφάσεις πολιτικής και διαχείρισης, ώστε να μην περιορίζονται σε τυπική καταγραφή αλλά να υποστηρίζουν ενεργά τη μετάβαση προς κυκλικά συστήματα (Paramichael et al., 2023).

Ωστόσο, τα ευρήματα της μελέτης αναδεικνύουν ότι η επιτυχία ενός τέτοιου εγχειρήματος δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τον αρχικό τεχνικό σχεδιασμό ή από την προμήθεια του αναγκαίου εξοπλισμού. Η πραγματική απόδοση του συστήματος συναρτάται με παράγοντες όπως η ορθή χωροθέτηση των κάδων, η επάρκεια και καταλληλότητα των οχημάτων, η συχνότητα αποκομιδής, η καθαρότητα του συλλεγόμενου ρεύματος και η ενεργός συμμετοχή των πολιτών και των επαγγελματιών χρηστών.

6.2 Συμβολή στην κυκλική οικονομία

Η συμβολή του συστήματος στην κυκλική οικονομία είναι πολυδιάστατη. Καταρχάς, η χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων περιορίζει την ανάμειξη του οργανικού κλάσματος με τα σύμμεικτα αστικά απόβλητα και συνεπώς μειώνει τις ποσότητες που καταλήγουν σε ταφή, ενώ παράλληλα δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την αξιοποίηση των συλλεγόμενων υλικών μέσω κομποστοποίησης ή άλλης κατάλληλης βιολογικής επεξεργασίας. Με τον τρόπο αυτό, το

σύστημα ευθυγραμμίζεται με τη βασική αρχή της κυκλικής οικονομίας, σύμφωνα με την οποία τα υλικά παραμένουν όσο το δυνατόν περισσότερο στον παραγωγικό κύκλο και ελαχιστοποιείται η απώλειά τους ως άχρηστο υπόλειμμα.

Παράλληλα, η διαχείριση των βιοαποβλήτων μπορεί να συμβάλει στη συνολικότερη αναβάθμιση της ποιότητας ζωής στην πόλη. Η μείωση των ποσοτήτων οργανικού φορτίου που οδηγούνται στα σύμμεικτα απόβλητα δύναται να περιορίσει τις οσμές, να βελτιώσει τις συνθήκες καθαριότητας και να μειώσει τις πιέσεις που ασκούνται στις υποδομές τελικής διάθεσης, ενώ η δυνατότητα παραγωγής χρήσιμων δευτερογενών προϊόντων από τα βιοαπόβλητα ενισχύει τη μετάβαση προς ένα πιο αποδοτικό και περιβαλλοντικά φιλικό αστικό μοντέλο .

6.3 Προτάσεις βελτίωσης και πολιτικής

Με βάση τα παραπάνω, προκύπτει ότι η περαιτέρω ενίσχυση του συστήματος στον Δήμο Ηρακλείου θα μπορούσε να υποστηριχθεί από συγκεκριμένες βελτιωτικές παρεμβάσεις. Πρώτον, κρίνεται σκόπιμη η συστηματική αξιολόγηση της απόδοσης ανά περιοχή και κατηγορία χρηστών, ώστε να εντοπίζονται χωρικές διαφοροποιήσεις, αδυναμίες συμμετοχής και πιθανά προβλήματα στον σχεδιασμό των δρομολογίων. Δεύτερον, απαιτείται η ενίσχυση των δράσεων ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης, με έμφαση όχι μόνο στα νοικοκυριά αλλά και στις επιχειρήσεις μαζικής εστίασης, οι οποίες αποτελούν σημαντικούς παραγωγούς βιοαποβλήτων. Τρίτον, η αξιοποίηση των ψηφιακών δεδομένων που ήδη συλλέγονται από το σύστημα θα μπορούσε να υποστηρίξει πιο δυναμικά μοντέλα διοίκησης, βασισμένα σε δείκτες απόδοσης και τακτική επανεκτίμηση του σχεδιασμού. Περαιτέρω, θα ήταν χρήσιμη η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πλαισίου δεικτών παρακολούθησης, το οποίο να περιλαμβάνει όχι μόνο τις συνολικές ποσότητες συλλογής, αλλά και δείκτες καθαρότητας ρεύματος, συμμετοχής χρηστών, λειτουργικού κόστους και περιβαλλοντικού οφέλους.

Συνολικά, η περίπτωση του Δήμου Ηρακλείου καταδεικνύει ότι η χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων μπορεί να λειτουργήσει ως καίριο πεδίο εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας στην τοπική αυτοδιοίκηση. Η αξία του συστήματος δεν περιορίζεται μόνο στην τεχνική διαχείριση ενός ειδικού ρεύματος αποβλήτων, αλλά επεκτείνεται στη δημιουργία ενός νέου μοντέλου διοίκησης, όπου η τεχνολογία, η περιβαλλοντική ευθύνη, η ενεργός συμμετοχή των

πολιτών και η αξιοποίηση των πόρων συνδυάζονται σε ένα κοινό πλαίσιο βιώσιμης αστικής διαχείρισης.

6.4 Δείκτες κυκλικής διαχείρισης βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου

Η εισαγωγή και εφαρμογή δεικτών κυκλικής οικονομίας στο ρεύμα των βιοαποβλήτων αποτελεί βασικό στοιχείο καινοτομίας στην περίπτωση του Δήμου Ηρακλείου, καθώς επιτρέπει την ποσοτική και ποιοτική αποτίμηση της μετάβασης από ένα γραμμικό σε ένα κυκλικό μοντέλο διαχείρισης αποβλήτων. Οι δείκτες αυτοί δεν περιορίζονται στην απλή καταγραφή ποσοτήτων, αλλά λειτουργούν ως εργαλεία αξιολόγησης της αποδοτικότητας του συστήματος, της ποιότητας του συλλεγόμενου ρεύματος και της συνολικής συμβολής του στην ανάκτηση πόρων και στη μείωση της ταφής.

Ένας από τους βασικούς δείκτες είναι η ποσότητα βιοαποβλήτων ανά κάτοικο, η οποία προκύπτει από τη σχέση της συνολικής ετήσιας παραγωγής βιοαποβλήτων προς τον μόνιμο πληθυσμό του Δήμου. Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, η παραγωγή βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου εκτιμάται σε 38.619 τόνους, ενώ ο μόνιμος πληθυσμός ανέρχεται σε 179.302 κατοίκους, με αποτέλεσμα η παραγόμενη ποσότητα να αντιστοιχεί σε περίπου 215 kg βιοαποβλήτων ανά κάτοικο ετησίως. Ο δείκτης αυτός είναι ιδιαίτερα χρήσιμος, επειδή επιτρέπει συγκρίσεις τόσο διαχρονικά όσο και μεταξύ διαφορετικών δήμων, ενώ παράλληλα αποτυπώνει το μέγεθος του οργανικού κλάσματος που καλείται να διαχειριστεί το τοπικό σύστημα.

Ένας δεύτερος κρίσιμος δείκτης είναι το ποσοστό χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων, το οποίο εκφράζει το μέρος των παραγόμενων βιοαποβλήτων που συλλέγεται χωριστά μέσω του δικτύου καφέ κάδων και της οικιακής κομποστοποίησης, αντί να καταλήγει στο ρεύμα των σύμμεικτων αποβλήτων. Ο στρατηγικός στόχος του Δήμου, σύμφωνα με τα σχετικά σχέδια διαχείρισης και τις προβλέψεις του συστήματος, ανέρχεται στο 40% των παραγόμενων βιοαποβλήτων, ποσοστό που για το έτος 2025 αντιστοιχεί σε 15.758 τόνους προδιαλεγμένου οργανικού υλικού. Ο δείκτης αυτός επιτρέπει την αξιολόγηση του βαθμού εκτροπής του οργανικού κλάσματος από τα σύμμεικτα απορρίμματα και, κατ' επέκταση, της αποτελεσματικότητας του συστήματος χωριστής συλλογής.

Τρίτος σημαντικός δείκτης είναι το ποσοστό ανάκτησης και αξιοποίησης, το οποίο αφορά την ποσότητα των χωριστά συλλεγόμενων βιοαποβλήτων που οδηγείται σε κατάλληλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας για την παραγωγή δευτερογενών προϊόντων. Στην περίπτωση του

Δήμου Ηρακλείου, ο σχεδιασμός του συστήματος στοχεύει στην πλήρη εκτροπή του χωριστά συλλεγόμενου ρεύματος από την ταφή, ώστε αυτό να αξιοποιείται είτε για παραγωγή κομπόστ είτε για παραγωγή βιοενέργειας μέσω αναερόβιας χώνευσης. Ως εκ τούτου, ο συγκεκριμένος δείκτης δεν αποτυπώνει μόνο τη διαχειριστική επιτυχία του συστήματος, αλλά και τη συμβολή του στη διατήρηση της αξίας των πόρων εντός της οικονομίας, στοιχείο απολύτως συμβατό με τις αρχές της κυκλικής οικονομίας.

Σε πιο σύνθετο επίπεδο, η εκτίμηση της υποκατάστασης πρωτογενών πόρων λειτουργεί ως δείκτης του ευρύτερου περιβαλλοντικού και οικονομικού οφέλους του συστήματος. Μέσω αυτού εξετάζεται κατά πόσο το παραγόμενο κομπόστ μπορεί να υποκαταστήσει χημικά λιπάσματα και κατά πόσο η παραγόμενη ενέργεια από βιοαέριο μπορεί να περιορίσει τη χρήση συμβατικών ενεργειακών πόρων. Ο δείκτης αυτός αναδεικνύει ότι η διαχείριση των βιοαποβλήτων δεν αφορά μόνο τη μείωση των ποσοτήτων προς διάθεση, αλλά και την παραγωγή νέας αξίας μέσω της υποκατάστασης πόρων που διαφορετικά θα απαιτούσαν πρωτογενή εξόρυξη ή παραγωγή.

Τέλος, η αξιοποίηση τεχνολογιών IoT, όπως RFID, GPS και ζυγιστικά συστήματα, επιτρέπει την ανάπτυξη λειτουργικών δεικτών που συνδέονται άμεσα με την αποδοτικότητα και τη βελτιστοποίηση του συστήματος. Ενδεικτικά, η καθαρότητα του ρεύματος αποτελεί δείκτη ποιότητας, καθώς αξιολογεί τον βαθμό απουσίας προσμίξεων στα συλλεγόμενα οργανικά απόβλητα, στοιχείο κρίσιμο για την ποιότητα του τελικού προϊόντος και για την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας. Παράλληλα, η αποδοτικότητα της συλλογής αποτυπώνει τη δυνατότητα βελτιστοποίησης των δρομολογίων, της κατανάλωσης καυσίμων και του συνολικού ενεργειακού αποτυπώματος της αποκομιδής, ενισχύοντας τη λογική της κυκλικότητας όχι μόνο στο υλικό ρεύμα αλλά και στη λειτουργία του ίδιου του δημοτικού συστήματος.

Συνολικά, οι δείκτες κυκλικής διαχείρισης βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου συγκροτούν ένα πολυδιάστατο πλαίσιο αξιολόγησης, μέσω του οποίου μπορεί να μετρηθεί η πρόοδος της τοπικής αυτοδιοίκησης προς ένα περισσότερο βιώσιμο και κυκλικό σύστημα διαχείρισης αποβλήτων. Η χρήση τους επιτρέπει την τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων, τη διαρκή βελτίωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος και την ενίσχυση της συμβολής του στην κυκλική οικονομία σε τοπικό επίπεδο .

Πίνακας 21. Δείκτες κυκλικής διαχείρισης βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου

Δείκτης	Περιγραφή	Τιμή / Στόχος
Ποσότητα βιοαποβλήτων ανά κάτοικο	Ετήσια παραγωγή βιοαποβλήτων σε σχέση με τον μόνιμο πληθυσμό του Δήμου.	38.619 τόνοι / 179.302 κάτοικοι = περίπου 215 kg/κάτοικο/έτος
Ποσοστό χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων	Ποσοστό των παραγόμενων βιοαποβλήτων που συλλέγεται χωριστά μέσω καφέ κάδων και οικιακής κομποστοποίησης.	Στόχος 40% των παραγόμενων βιοαποβλήτων
Ποσότητα προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων	Απόλυτη ποσότητα βιοαποβλήτων που προβλέπεται να συλλέγεται χωριστά.	15.758 τόνοι για το 2025
Ποσοστό ανάκτησης και αξιοποίησης	Ποσοστό του χωριστά συλλεγόμενου ρεύματος που οδηγείται σε επεξεργασία και όχι σε ταφή.	Στόχος πλήρους εκτροπής του χωριστά συλλεγόμενου ρεύματος από την ταφή
Υποκατάσταση πρωτογενών πόρων	Εκτίμηση της δυνατότητας του κομπόστ και της βιοενέργειας να υποκαθιστούν πρωτογενείς πόρους.	Ποιοτικός δείκτης χωρίς αποδιδόμενη αριθμητική τιμή στο παρόν στάδιο

Δείκτης	Περιγραφή	Τιμή / Στόχος
Καθαρότητα ρεύματος	Βαθμός απουσίας προσμίξεων στα συλλεγόμενα βιοαπόβλητα.	Ποιοτικός λειτουργικός δείκτης
Αποδοτικότητα συλλογής	Βελτιστοποίηση δρομολογίων, κατανάλωσης καυσίμων και λειτουργικού αποτυπώματος αποκομιδής.	Ποιοτικός/λειτουργικός δείκτης με βάση RFID, GPS και ζυγιστικά δεδομένα

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

1. Παρούκα, Σ. (2025). Κυκλική οικονομία και διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων με έμφαση στην αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος.
2. Ρέντζου, Π. (2021). Χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων, διερεύνηση καινοτομιών και IoT συστημάτων συλλογής, εμπειρία στην Ελλάδα.
3. Μάνη, Σ. (2023). Εθνική νομοθεσία για τα απόβλητα: Εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας στην Ελλάδα. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας / LIFE-IP CEI Greece.
4. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2019). Εγχειρίδιο βιοαποβλήτων: Μεθοδολογία ανάπτυξης δημοτικού συστήματος διαχείρισης βιοαποβλήτων – Χωριστή συλλογή και αξιοποίηση. Αθήνα.
5. Guideline for municipalities. (2020). Οδηγός προς τους Δήμους της Ελλάδας με μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την καθιέρωση της χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων.
6. ΥΠΕΝ. (2021). Το Νέο Σχέδιο Δράσης της Ελλάδας για την Κυκλική Οικονομία.
7. ΠΕΣΔΑ Κρήτης. (2016). Ενσωμάτωση των Τοπικών Σχεδίων Απορριμμάτων των Δήμων της Περιφέρειας Κρήτης στον Περιφερειακό Σχεδιασμό Διαχείρισης Αποβλήτων.
8. ΥΓΟΣ Δήμου Ηρακλείου. (2021, 13 Δεκεμβρίου). Τελική ενοποιημένη έκθεση τεκμηρίωσης συμβατότητας ΥΓΟΣ για πράξεις διαχείρισης βιοαποβλήτων στο Δήμο Ηρακλείου.
9. Δήμος Ηρακλείου. (2022). Τελική μελέτη βιοαποβλήτων εντός ΣΒΑΑ: Προμήθεια εξοπλισμού για τη διαχείριση βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου.
10. Δήμος Ηρακλείου. (2022). Τελική μελέτη βιοαποβλήτων εκτός ΣΒΑΑ: Ανάπτυξη συστήματος χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων στον Δήμο Ηρακλείου.
11. ΜΟΔ. (2019). Εγχειρίδιο εφαρμογής προγραμμάτων χωριστής συλλογής βιοαποβλήτων.
12. Ν. 4819/2021 (ΦΕΚ Α'129). Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων, ενσωμάτωση των Οδηγιών (ΕΕ) 2018/851 και 2018/852 και λοιπές διατάξεις.
13. Περιφερειακή Ενότητα Ηρακλείου. (2020). Δημογραφικά και τουριστικά στοιχεία Δήμου Ηρακλείου Κρήτης.
14. ΤΟΣΔΑ Δήμου Ηρακλείου (ΑΔΑ: 6ΖΨΨΩ0Ο-87Λ).
15. Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2020). Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων 2020–2030 (ΕΣΔΑ). ΠΥΣ 39/31-08-2020 (ΦΕΚ Α'185). Αθήνα.
16. Ν. 4736/2020 (ΦΕΚ Α'200). Ενσωμάτωση της Οδηγίας (ΕΕ) 2019/904 για τα πλαστικά μιας χρήσης.

17. ΠΥΣ 11/24-04-2022 (ΦΕΚ Α'83). Εθνικό Πρόγραμμα Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων.
18. ΠΥΣ 12/29-04-2022 (ΦΕΚ Α'84). Αναθεωρημένο Σχέδιο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία.
19. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. Βιώσιμη διαχείριση αποβλήτων: Τι κάνει η ΕΕ.
20. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. Κυκλική οικονομία: Χρησιμοποίησέ το ξανά!
21. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. Πλαστικά απόβλητα και ανακύκλωση στην ΕΕ: Γεγονότα και αριθμητικά στοιχεία.
22. Hellenic Centre for Marine Research. (2019). Οδηγός χωριστής συλλογής αστικών αποβλήτων για τους Δήμους. Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιας Έρευνας, Αθήνα.
23. ΥΠΕΝ. Μειώνουμε τα απορρίμματα, δίνουμε χώρο στη ζωή.
24. ΥΠΕΝ. Οδηγός εφαρμογής προγραμμάτων Διαλογή στη Πηγή & συστημάτων διαχείρισης των βιοαποβλήτων.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2020). A new circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe. Βρυξέλλες.
2. Ellen MacArthur Foundation. (2019). Towards the circular economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. Ellen MacArthur Foundation.
3. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
4. UN Environment Programme. (2015). Global waste management outlook 2020. UNEP, Nairobi.
5. Zhang, X., Liu, C., Chen, Y., Zheng, G., & Chen, Y. (2022). Source separation, transportation, pretreatment, and valorization of municipal solid waste: A critical review. *Environment, Development and Sustainability*, 24(10), 11471–11513.
6. Alam, S., Rokonuzzaman, M., Rahman, K. S., Haque, A., Chowdhury, M. S., & Eka Prasetya, T. A. (2024). Techno-economic and environmental analysis of organic municipal solid waste for energy production. *Heliyon*, 10(11), e31670.
7. Vinti, G., Bauza, V., Clasen, T., Medlicott, K., Tudor, T., Zurbügg, C., & Vaccari, M. (2021). Municipal solid waste management and adverse health outcomes: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4331.
8. Landrigan, P. J., et al. (2023). The Minderoo-Monaco Commission on plastics and human health. *Annals of Global Health*, 89(1), 23.
9. Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization.
10. Slack, R. J., Gronow, J. R., & Voulvoulis, N. (2004). Household hazardous waste in municipal landfills: Contaminants in leachate.

11. European Commission. Biodegradable waste.
12. Waste Atlas – Interactive map with visualized waste management data.
13. Pardini, K., et al. (2019). IoT-based systems for smart waste management / value chain applications.

Ηλεκτρονικές πηγές

1. <https://ypen.gov.gr/perivallon/kykliki-oikonomia/>
2. <https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20151201STO05603/kukliki-oikonomia-chrisimopoiise-to-xana>
3. <https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20210128STO96607/to-schedio-drasis-tis-ee-gia-ti-metavasi-se-mia-kukliki-oikonomia-eos-to-2050>
4. <https://ypen.gov.gr/life-ip-cei-greece-efarmogi-tis-kyklikis-oikonomias-stin-ellada/>
5. <https://ecopress.gr/schedio-kyklikis-oikonomias-oi-66-driseis-pou-xekleidonoun-to-evropaiko-chrima/>
6. https://enainstitute.org/wp-content/uploads/2019/12/Kykliki_Oikonomia_ENA.pdf
7. https://www.contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/PresDiaxeirisiStereonApovliton_Terzis.pdf
8. <https://www.uni-ecoaula.eu/index.php/el/2-uncategorised/1100-4-1-point-10>
9. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/biodegradable-waste_en
10. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en?prefLang=el
11. <https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20180328STO00751/viosimi-diacheirisi-apovliton-ti-kanei-i-ee>
12. <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-ip-5091027272003-fek-1909b-22122003>
13. <https://www.rae.gr/apovlita/diaxeirisi-apovlitwn/>
14. <https://ypen.gov.gr/perivallon/kykliki-oikonomia/16052-2>
15. <https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/10/%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%A3%CF%84%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%93%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%9A%CF%85%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%9F%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B1.pdf>

Υπεύθυνη Δήλωση

Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.