



«ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ»

«ΠΜΣ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Msc»

Διπλωματική Εργασία

«Αξιολόγηση των συστημάτων διαχείρισης των απορριμματικών
μπαταριών και λευκών συσκευών στην Ευρώπη: Σύγκριση των
συστημάτων σε Ελλάδα, Βέλγιο, Ιρλανδία και Γερμανία.»

Κωνσταντίνος Κτιστάκης

Bsc Γεωλόγος, Πανεπιστημίου Πατρών

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτριος Κομίλης

Πάτρα, Οκτώβριος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του/της φοιτητή/φοιτήτριας («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.

«Αξιολόγηση των συστημάτων διαχείρισης των απορριμματικών
μπαταριών και λευκών συσκευών στην Ευρώπη: Σύγκριση των
συστημάτων σε Ελλάδα, Βέλγιο, Ιρλανδία και Γερμανία»

Κωνσταντίνος Κτιστάκης

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

«Δημήτριος Κομίλης»

*Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών
Περιβάλλοντος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο
Θράκης*

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

«Γεώργιος Μπάρτζας»

*ΕΔΙΠ, Σχολή Μεταλλειολόγων-
Μεταλλουργών Μηχανικών-, Εθνικό
Μετσόβιο Πολυτεχνείο*

Πάτρα, Οκτώβριος 2026

«Ευχαριστίες»

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Δημήτριο Κομίλη, για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες παρατηρήσεις και την υποστήριξή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συν-επιβλέποντα καθηγητή, κ. Γεώργιο Μπάρτζα, για τη συμβολή και τις χρήσιμες επισημάνσεις του.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένεια και τους ανθρώπους που βρίσκονται δίπλα μου για την υπομονή, την κατανόηση και τη στήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Η ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας σηματοδοτεί παράλληλα την ολοκλήρωση μιας ιδιαίτερα σημαντικής ακαδημαϊκής διαδρομής, στην οποία η υποστήριξή τους υπήρξε πολύτιμη.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τη διαχείριση των απορριμμάτων μπαταριών και των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ), με έμφαση στις λευκές συσκευές, σε τέσσερις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης: την Ελλάδα, το Βέλγιο, την Ιρλανδία και τη Γερμανία. Στόχος είναι να συγκριθούν οι επιδόσεις των χωρών, αλλά και να εξεταστεί κατά πόσο οι διαφορές που παρατηρούνται μπορούν να συνδεθούν με τον τρόπο οργάνωσης των εθνικών συστημάτων διαχείρισης και με επιλεγμένα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά.

Η ανάλυση βασίζεται σε δεδομένα της περιόδου 2015–2023 και περιλαμβάνει τη σύγκριση των ποσοστών συλλογής απορριμμάτων μπαταριών και των ποσοτήτων συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο. Παράλληλα, εξετάζεται η σχέση των περιβαλλοντικών επιδόσεων με το κατά κεφαλήν ΑΕΠ και τον Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης (HDI). Για τη σύγκριση χρησιμοποιήθηκαν περιγραφικοί στατιστικοί δείκτες, διαγράμματα διασποράς και γραμμικές συσχετίσεις. Επειδή η Eurostat δεν παρέχει για όλη την εξεταζόμενη περίοδο πλήρως συγκρίσιμα στοιχεία αποκλειστικά για τις λευκές συσκευές, η συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο χρησιμοποιήθηκε ως προσεγγιστικός δείκτης για τη συγκεκριμένη κατηγορία.

Τα αποτελέσματα δείχνουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των τεσσάρων χωρών. Στις απορριμματικές μπαταρίες, το Βέλγιο παρουσιάζει την υψηλότερη μέση επίδοση συλλογής για την εξεταζόμενη περίοδο, ενώ η Ελλάδα βρίσκεται χαμηλότερα από τις υπόλοιπες χώρες. Αντίστοιχα, στη συλλογή ΑΗΗΕ, το Βέλγιο και η Ιρλανδία εμφανίζουν τις υψηλότερες μέσες ποσότητες ανά κάτοικο, ενώ η Ελλάδα παρουσιάζει χαμηλότερη και περισσότερο μεταβαλλόμενη επίδοση. Η σύγκριση των εθνικών συστημάτων δείχνει ότι οι διαφορές αυτές δεν μπορούν να ερμηνευθούν μόνο με βάση την οικονομική δυνατότητα κάθε χώρας, αλλά χρειάζεται να συνεξεταστούν η οργάνωση των δικτύων συλλογής, η εφαρμογή της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού (EPR), η εποπτεία και η συμμετοχή των πολιτών.

Από τις κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές που εξετάστηκαν, ο HDI παρουσίασε τις ισχυρότερες θετικές γραμμικές σχέσεις με τις επιδόσεις συλλογής στο συγκεκριμένο δείγμα. Ωστόσο, λόγω του περιορισμένου αριθμού χωρών, οι συσχετίσεις χρησιμοποιούνται διερευνητικά και δεν μπορούν να τεκμηριώσουν σχέσεις αιτίου και αποτελέσματος. Συνολικά, τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τη σημασία της οργανωτικής και θεσμικής

λειτουργίας των συστημάτων διαχείρισης και επιτρέπουν τον εντοπισμό πρακτικών από τις υπόλοιπες εξεταζόμενες χώρες που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση του ελληνικού συστήματος και την περαιτέρω ενίσχυση της κυκλικής οικονομίας.

Λέξεις – Κλειδιά

Διαχείριση Αποβλήτων, ΑΗΗΕ, Απορριμματικές Μπαταρίες, Λευκές Συσκευές, Εκτεταμένη Ευθύνη Παραγωγού (EPR), Κυκλική Οικονομία

«Comparative Evaluation of European Waste Management Systems for Spent Batteries and White Appliances: The Cases of Greece, Belgium, Ireland and Germany»

«Konstantinos Ktistakis»

Abstract

This master's thesis examines the management of waste batteries and waste electrical and electronic equipment (WEEE), with particular emphasis on large household appliances, in four European Union countries: Greece, Belgium, Ireland, and Germany. The aim is to compare the performance of these countries and to examine whether the observed differences can be associated with the way national waste management systems are organised and with selected socioeconomic characteristics.

The analysis is based on data covering the period 2015–2023 and includes a comparison of waste battery collection rates and WEEE collection quantities per capita. At the same time, the relationship between environmental performance, GDP per capita, and the Human Development Index (HDI) is examined. Descriptive statistical indicators, scatter plots, and linear correlations were used for the comparison. Since Eurostat does not provide fully comparable data exclusively for large household appliances throughout the entire period examined, WEEE collection per capita was used as a proxy indicator for this specific category.

The results show considerable differences among the four countries. Regarding waste batteries, Belgium records the highest average collection performance over the period examined, while Greece ranks below the other countries. Similarly, for WEEE collection, Belgium and Ireland report the highest average quantities per capita, whereas Greece shows a lower and more variable performance. The comparison of the national systems suggests that these differences cannot be interpreted solely on the basis of each country's economic capacity. Other factors also need to be considered, including the organisation of collection networks, the implementation of Extended Producer Responsibility (EPR), regulatory oversight, and public participation.

Among the socioeconomic variables examined, HDI showed the strongest positive linear relationships with collection performance within the specific sample. However, due to the limited number of countries included in the analysis, these correlations are used for exploratory purposes and cannot establish cause-and-effect relationships. Overall, the findings highlight the importance of the organisational and institutional functioning of waste management systems and allow for the identification of practices from the other countries examined that could be utilised to improve the Greek system and further support the transition towards a circular economy.

Keywords

Waste Management, WEEE, Spent Batteries, White Goods, Extended Producer Responsibility (EPR), Circular Economy.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	v
Abstract	vii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	xi
Κατάλογος Πινάκων	xii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xiii
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
1.1 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας	15
1.2 Ερευνητικά ερωτήματα και στόχοι	15
1.3 Σημαντικότητα της Διαχείρισης ΑΗΗΕ.....	16
2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΙΚΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΛΕΥΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ	16
2.1 Κυκλική οικονομία και διαχείριση αποβλήτων	17
2.2 Η αρχή της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (EPR).....	18
2.3 Ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο	18
2.4 Εθνικό θεσμικό πλαίσιο – Η περίπτωση της Ελλάδας.....	19
2.5 Εθνικά συστήματα διαχείρισης απορριμματικών μπαταριών και λευκών συσκευών σε Βέλγιο, Ιρλανδία και Γερμανία.....	19
2.5.1 Βέλγιο	20
2.5.2 Ιρλανδία.....	20
2.5.3 Γερμανία.....	20
2.5.4 Συγκριτικές παρατηρήσεις.....	21
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	22
3.1 Ερευνητική προσέγγιση	23
3.2 Επιλογή χωρών σύγκρισης.....	23
3.3 Κριτήρια και δείκτες αξιολόγησης.....	24
3.3.1 Ποσοτικοί δείκτες	24
3.3.2 Ποιοτικά κριτήρια.....	25
3.4 Πηγές δεδομένων	25
3.5 Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων	26
3.6 Περιορισμοί της μεθοδολογίας	27
4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	27
4.1 Ανάλυση συλλογής απορριμματικών μπαταριών	29
4.1.1 Διαχρονική εξέλιξη ποσοστών συλλογής απορριμματικών μπαταριών	30
4.1.2 Σύγκριση μέσων επιδόσεων απορριμματικών μπαταριών.....	32
4.2 Ανάλυση συλλογής ΑΗΗΕ και λευκών συσκευών.....	34
4.2.1 Διαχρονική εξέλιξη συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο	35
4.2.2 Σύγκριση μέσων επιδόσεων συλλογής ΑΗΗΕ	38
4.3 Περιορισμοί των διαθέσιμων δεδομένων.....	41
4.4 Συσχέτιση επιδόσεων με κοινωνικοοικονομικούς δείκτες.....	41
4.4.1 Συσχέτιση ποσοστού συλλογής απορριμματικών μπαταριών με το ΑΕΠ ανά κάτοικο	42
4.4.2 Συσχέτιση ποσοστού συλλογής απορριμματικών μπαταριών με τον Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης	46

4.4.3	Συσχέτιση συλλογής ΑΗΗΕ με το ΑΕΠ ανά κάτοικο	50
4.4.4	Συσχέτιση συλλογής ΑΗΗΕ με τον Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης (HDI) ..	54
4.5	Συνολική σύγκριση επιδόσεων μεταξύ χωρών	59
4.5.1	Συγκριτική αξιολόγηση επιδόσεων των συστημάτων διαχείρισης	62
4.6	Σύνοψη βασικών ευρημάτων	64
5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	66
5.1	Σύνθεση βασικών ευρημάτων της έρευνας	66
6	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	68
6.1	Προτάσεις πολιτικής για τη βελτίωση του ελληνικού συστήματος διαχείρισης	68
6.2	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	69
	Βιβλιογραφία.....	71

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Σχήμα 4.1: Διαχρονική εξέλιξη ποσοστών συλλογής απορριμματικών μπαταριών στις εξεταζόμενες χώρες (2015–2023)	32
Σχήμα 4.2: Μέσο ποσοστό συλλογής απορριμματικών μπαταριών ανά χώρα (2015–2023)	34
Σχήμα 4.3: Διαχρονική εξέλιξη συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο στις εξεταζόμενες χώρες (2015–2023)	38
Σχήμα 4.4: Μέση συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο ανά χώρα (2015–2023)	40
Σχήμα 4.5: Συσχέτιση ΑΕΠ ανά κάτοικο και ποσοστού συλλογής απορριμματικών μπαταριών	45
Σχήμα 4.6: Συσχέτιση HDI και ποσοστού συλλογής απορριμματικών μπαταριών	49
Σχήμα 4.7: Συσχέτιση μέσης συλλογής ΑΗΗΕ (kg/κάτοικο) και κατά κεφαλήν ΑΕΠ (PPS)	53
Σχήμα 4.8: Συσχέτιση HDI και ποσοστού συλλογής ΑΗΗΕ	58
Σχήμα 4.9: Σύγκριση μέσων ποσοστών συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών	62
Σχήμα 4.10: Συσχέτιση ποσοστών συλλογής απορριμματικών μπαταριών και λευκών συσκευών (2015–2023)	65

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Συγκριτικά στοιχεία συστημάτων διαχείρισης ΑΗΗΕ και μπαταριών (2023)	21
Πίνακας 3.1: Πηγές δεδομένων και δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στην εμπειρική ανάλυση	26
Πίνακας 4.1: Συγκριτική αξιολόγηση επιδόσεων των συστημάτων διαχείρισης	63

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΑΕΠ: Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν

ΑΗΗΕ: Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού

ΕΟΑΝ: Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης

ΣΣΕΔ: Συστήματα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης

EPR: Extended Producer Responsibility (Εκτεταμένη Ευθύνη του Παραγωγού)

HDI: Human Development Index (Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης)

WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment (Απόβλητα Ηλεκτρικού και Ηλεκτρονικού Εξοπλισμού)

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) αποτελούν ένα συνεχώς αυξανόμενο ρεύμα αποβλήτων. Η συχνότερη αντικατάσταση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών και η μείωση του χρόνου χρήσης ορισμένων προϊόντων αυξάνουν τις ποσότητες που καταλήγουν στα συστήματα διαχείρισης, δημιουργώντας πρόσθετες απαιτήσεις για τη συλλογή, την επεξεργασία και την ανάκτηση υλικών (Baldé et al., 2017).

Ιδιαίτερη βαρύτητα παρουσιάζουν οι απορριμματικές μπαταρίες και οι λευκές συσκευές. Οι μπαταρίες περιέχουν επικίνδυνα βαρέα μέταλλα (μόλυβδο, κάδμιο, υδράργυρο), τα οποία προκαλούν σοβαρή ρύπανση αν απορριφθούν ανεξέλεγκτα. Αντίστοιχα, οι λευκές συσκευές (ψυγεία, πλυντήρια) ενσωματώνουν μεγάλες ποσότητες αξιοποιήσιμων μετάλλων και πλαστικών (Reuter et al., 2019). Η ορθολογική διαχείριση αυτών των ρευμάτων προστατεύει το περιβάλλον και ενισχύει την κυκλική οικονομία μέσω της ανάκτησης δευτερογενών πόρων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει διαμορφώσει κοινό θεσμικό πλαίσιο για τα δύο ρεύματα αποβλήτων, με βασικούς πυλώνες την Οδηγία 2012/19/ΕΕ για τα ΑΗΗΕ και, για το μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιόδου, την Οδηγία 2006/66/ΕΚ για τις μπαταρίες. Η ύπαρξη κοινών κανόνων, ωστόσο, δεν συνεπάγεται και ομοιόμορφα αποτελέσματα. Η εμπειρία από τα ευρωπαϊκά συστήματα EPR δείχνει ότι η οργανωτική δομή, ο βαθμός ρύθμισης και ανταγωνισμού, η χρηματοδότηση και η πρακτική εφαρμογή των υποχρεώσεων διαφέρουν αισθητά μεταξύ χωρών (Favot et al., 2022). Η διαπίστωση αυτή αποτελεί βασικό σημείο εκκίνησης της παρούσας σύγκρισης Ελλάδας, Βελγίου, Ιρλανδίας και Γερμανίας.

1.1 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι η συγκριτική αξιολόγηση των συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων μπαταριών και λευκών συσκευών στις τέσσερις επιλεγμένες χώρες. Εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζονται σε εθνικό επίπεδο οι ευρωπαϊκές απαιτήσεις, όπως η EPR και οι στόχοι συλλογής, καθώς και οι διαφορές που καταγράφονται στις επιδόσεις των χωρών. Η ποσοτική ανάλυση βασίζεται κυρίως στα ποσοστά συλλογής μπαταριών και στη συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο. Μέσα από τη σύγκριση επιχειρείται να διερευνηθούν πιθανές αιτίες των διαφορών και να εντοπιστούν πρακτικές που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στην ελληνική περίπτωση.

1.2 Ερευνητικά ερωτήματα και στόχοι

Η μεθοδολογική προσέγγιση καθοδηγείται από τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποιες είναι οι βασικές διαφορές στην απόδοση των συστημάτων διαχείρισης μπαταριών και λευκών συσκευών μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών;
- Σε ποιο βαθμό επιτυγχάνονται οι υποχρεωτικοί ευρωπαϊκοί στόχοι συλλογής και ανακύκλωσης;
- Πώς εξελίσσονται διαχρονικά οι επιδόσεις των συστημάτων κατά την περίοδο 2015–2023;
- Ποιες σχέσεις παρατηρούνται μεταξύ των επιδόσεων των συστημάτων και επιλεγμένων θεσμικών και κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών;
- Ποιες βέλτιστες πρακτικές χωρών με υψηλή απόδοση μπορούν να μεταφερθούν στην Ελλάδα;

Αντίστοιχα, οι βασικοί στόχοι της εργασίας είναι η συγκριτική ποσοτική αξιολόγηση των εθνικών δεικτών, η διερεύνηση της διαχρονικής τους εξέλιξης, η διερεύνηση πιθανών παραγόντων που συνδέονται με τις παρατηρούμενες αποκλίσεις και η διατύπωση συγκεκριμένων προτάσεων πολιτικής για το ελληνικό σύστημα.

1.3 Σημαντικότητα της Διαχείρισης ΑΗΗΕ

Η ορθή εναλλακτική διαχείριση των ΑΗΗΕ αποτελεί επιτακτική περιβαλλοντική και αναπτυξιακή αναγκαιότητα. Από τη μία πλευρά, αποτρέπει τη διοχέτευση τοξικών ουσιών και ψυκτικών υγρών στα οικοσυστήματα. Από την άλλη, διασφαλίζει την ανάκτηση πολύτιμων και σπάνιων πόρων (όπως σίδηρος, αλουμίνιο, χαλκός, λίθιο), μειώνοντας την ανάγκη για εξόρυξη πρωτογενών υλικών. Η μετάβαση από το γραμμικό μοντέλο της απόρριψης στις αρχές της κυκλικής οικονομίας ελαχιστοποιεί το ενεργειακό αποτύπωμα και προωθεί τη βιώσιμη ανάπτυξη.

2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΙΚΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΚΑΙ ΛΕΥΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ

Η διαχείριση των απορριμματικών μπαταριών και των λευκών συσκευών συνιστά κρίσιμο πεδίο άσκησης περιβαλλοντικής πολιτικής, καθώς τα συγκεκριμένα ρεύματα αποβλήτων συνδυάζουν υψηλό περιβαλλοντικό κίνδυνο με σημαντικές δυνατότητες ανάκτησης πολύτιμων πρώτων υλών. Η συνεχής αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών προϊόντων, σε συνδυασμό με τη μείωση του χρόνου ζωής τους, έχει οδηγήσει σε σημαντική διόγκωση των σχετικών αποβλήτων, καθιστώντας αναγκαία την ανάπτυξη ολοκληρωμένων και αποτελεσματικών συστημάτων διαχείρισης.

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, η αντιμετώπιση των απορριμματικών μπαταριών και των λευκών συσκευών εντάσσεται στο ευρύτερο στρατηγικό πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας και της βιώσιμης ανάπτυξης, με στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, την εξοικονόμηση φυσικών πόρων και την ενίσχυση της αποδοτικής χρήσης δευτερογενών υλικών (European Commission, 2020). Το θεσμικό αυτό πλαίσιο διαμορφώνεται μέσω οδηγιών και κανονισμών που καθορίζουν ποσοτικούς στόχους, οργανωτικούς μηχανισμούς και υποχρεώσεις για τους εμπλεκόμενους φορείς.

Στην πράξη, η ευθύνη του παραγωγού δεν σημαίνει ότι δημιουργείται ένα εντελώς ξεχωριστό δίκτυο συλλογής. Σε αρκετές ευρωπαϊκές περιπτώσεις η συλλογή των ΑΗΗΕ

αξιοποιεί ήδη οργανωμένες τοπικές ή δημοτικές υποδομές, ενώ το κόστος και η οργάνωση της μετέπειτα διαχείρισης συνδέονται με τις υποχρεώσεις των παραγωγών. Η λειτουργία αυτή περιγράφεται και από τους Salhofer et al. (2016) στη συγκριτική τους εξέταση της ευρωπαϊκής διαχείρισης ΑΗΗΕ.

Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα των ευρωπαϊκών πολιτικών δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη θεσμική τους διαμόρφωση, αλλά σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζονται σε εθνικό επίπεδο. Οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των κρατών-μελών ως προς την οργάνωση, τη χρηματοδότηση και την εποπτεία των συστημάτων διαχείρισης οδηγούν σε σημαντικές αποκλίσεις στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων.

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται αρχικά το ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση απορριμματικών μπαταριών και λευκών συσκευών, με έμφαση στις βασικές αρχές και μηχανισμούς εφαρμογής. Στη συνέχεια εξετάζεται διεξοδικά η ελληνική περίπτωση, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην πρακτική εφαρμογή του πλαισίου και στις υφιστάμενες προκλήσεις. Τέλος, παρουσιάζονται τα συστήματα διαχείρισης στο Βέλγιο, την Ιρλανδία και τη Γερμανία, προκειμένου να αναδειχθούν συγκρίσιμα στοιχεία και βέλτιστες πρακτικές που αξιοποιούνται στη συγκριτική ανάλυση της παρούσας εργασίας.

2.1 Κυκλική οικονομία και διαχείριση αποβλήτων

Η κυκλική οικονομία επιδιώκει τη διατήρηση των υλικών και των πόρων στο οικονομικό σύστημα για το μέγιστο δυνατό χρονικό διάστημα, ανατρέποντας το παραδοσιακό γραμμικό μοντέλο «παραγωγή – κατανάλωση – απόρριψη» (Geissdoerfer et al., 2017). Τα απόβλητα αντιμετωπίζονται ως δευτερογενείς πρώτες ύλες, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ενισχύοντας την αποδοτικότητα των πόρων (European Commission, 2020). Στα ΑΗΗΕ, πάντως, η κυκλική διαχείριση δεν εξαντλείται στην ανακύκλωση. Η επισκευή, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακατασκευή μπορούν να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού, ενώ η ανάκτηση υλικών αποκτά σημασία όταν το προϊόν έχει πλέον φτάσει στο τέλος της χρήσης του. Η διάκριση αυτή εμφανίζεται και στη συστηματική ανασκόπηση των Pan et al. (2022), όπου οι πρακτικές διαχείρισης

ΑΗΗΕ εξετάζονται μέσα από ένα ευρύτερο πλαίσιο κυκλικής οικονομίας. Η ορθολογική διαχείριση των μπαταριών και των λευκών συσκευών αποτελεί, συνεπώς, πυρήνα της ευρωπαϊκής στρατηγικής για την κυκλική οικονομία.

2.2 Η αρχή της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (EPR)

Η αρχή της EPR αποτελεί βασικό εργαλείο περιβαλλοντικής πολιτικής, μεταφέροντας το κόστος και την οργανωτική ευθύνη διαχείρισης των αποβλήτων από τις δημόσιες αρχές στους παραγωγούς και εισαγωγείς των προϊόντων (OECD, 2016). Το κόστος διαχείρισης ενσωματώνεται στην τιμή του προϊόντος, δημιουργώντας οικονομικά κίνητρα για οικολογικό σχεδιασμό και βελτίωση της ανακυκλωσιμότητας. Στην περίπτωση των ΑΗΗΕ, η διεθνής βιβλιογραφία δείχνει ότι η EPR έχει συμβάλει ουσιαστικά στην αύξηση των ποσοστών συλλογής και στη δημιουργία σταθερότερων συστημάτων διαχείρισης, χωρίς όμως να έχει επιτύχει στον ίδιο βαθμό την ενσωμάτωση του οικολογικού σχεδιασμού στις αποφάσεις των παραγωγών (Compagnoni, 2022). Παράλληλα, η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται από τον σχεδιασμό του συστήματος, το επίπεδο ανταγωνισμού μεταξύ των οργανισμών ευθύνης παραγωγού, την εποπτεία και την πραγματική δυνατότητα επιβολής των υποχρεώσεων (Favot et al., 2022; Leclerc & Badami, 2020).

Το κοινό ευρωπαϊκό πλαίσιο δεν συνεπάγεται ομοιόμορφη εφαρμογή της EPR. Μεταξύ των χωρών διαφοροποιούνται η κατανομή των αρμοδιοτήτων, η χρηματοδότηση και η οργάνωση της συλλογής. Οι Corsini et al. (2017) έδειξαν ότι τέτοιοι οργανωτικοί παράγοντες και η κατανομή των ευθυνών μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων επηρεάζουν τη λειτουργία των συστημάτων συλλογής ΑΗΗΕ.

2.3 Ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο

Το ευρωπαϊκό πλαίσιο ρυθμίζεται κυρίως από την Οδηγία 2012/19/ΕΕ (WEEE) για τα ΑΗΗΕ και την Οδηγία 2006/66/ΕΚ για τις μπαταρίες, οι οποίες θέτουν υποχρεωτικούς στόχους χωριστής συλλογής και ανάκτησης. Λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της ηλεκτροκίνησης και της ανάγκης για στρατηγική αυτονομία, η ΕΕ υιοθέτησε πρόσφατα

τον Κανονισμό (ΕΕ) 2023/1542, ο οποίος αντικαθιστά την παλιά οδηγία για τις μπαταρίες και εισάγει απαιτήσεις για όλο τον κύκλο ζωής τους (European Commission, 2023). Η αποτελεσματικότητα αυτών των κοινών κανόνων εξαρτάται από την εξειδικευμένη εφαρμογή τους σε κάθε κράτος-μέλος, γεγονός που δικαιολογεί τη συγκριτική προσέγγιση της παρούσας μελέτης.

2.4 Εθνικό θεσμικό πλαίσιο – Η περίπτωση της Ελλάδας

Αν και η ελληνική νομοθεσία έχει εναρμονιστεί πλήρως με τις ευρωπαϊκές οδηγίες, η εφαρμογή στην πράξη προσκρούει σε σημαντικά εμπόδια. Ο ΕΟΑΝ κατέχει τον εποπτικό ρόλο για την έγκριση και τον έλεγχο των ΣΣΕΔ (όπως η Ανακύκλωση Συσκευών Α.Ε. και η ΑΦΗΣ). Ωστόσο, η συλλογή των μπαταριών στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά στους κάδους των σούπερ μάρκετ και των σχολείων, ενώ οι λευκές συσκευές συλλέγονται είτε κατά την αντικατάστασή τους από καταστήματα λιανικής είτε μέσω άτυπων δικτύων γυρολόγων (scrap). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες ποσότητες να μην καταγράφονται επισήμως, κρατώντας τα ποσοστά συλλογής χαμηλότερα από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο (Eurostat, 2022). Η εφαρμογή της EPR περιορίζεται συχνά σε τυπική συμμόρφωση χωρίς επαρκείς κυρώσεις ή κίνητρα (Walls, 2006). Οι υποδομές συλλογής αναπτύσσονται ανομοιογενώς μεταξύ αστικών και περιφερειακών κέντρων, ενώ η συνεργασία με την Τοπική Αυτοδιοίκηση παρουσιάζει προσκόμματα. Τέλος, η χαμηλή περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και η έλλειψη κουλτούρας χωριστής συλλογής επηρεάζουν αρνητικά την απόδοση του συστήματος (Saphores et al., 2012)..

2.5 Εθνικά συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων μπαταριών και λευκών συσκευών σε Βέλγιο, Ιρλανδία και Γερμανία

Η εξέταση εθνικών συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων μπαταριών και λευκών συσκευών σε κράτη-μέλη με υψηλές επιδόσεις επιτρέπει την ουσιαστικότερη κατανόηση των παραγόντων που συμβάλλουν στην αποτελεσματική εφαρμογή του ευρωπαϊκού θεσμικού πλαισίου. Το Βέλγιο, η Ιρλανδία και η Γερμανία αποτελούν ενδεικτικά παραδείγματα χωρών που, παρά τις διαφοροποιήσεις στη διοικητική τους δομή,

παρουσιάζουν συγκλίνοντα αποτελέσματα ως προς την επίτευξη υψηλών ποσοστών συλλογής και ανακύκλωσης.

2.5.1 Βέλγιο

Το βελγικό σύστημα (μέσω των φορέων Recupel και Bebat) χαρακτηρίζεται από υψηλό επίπεδο θεσμικής ωριμότητας και αυστηρή εφαρμογή της αρχής της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού. Ποσοτικά, το Βέλγιο υπερβαίνει σταθερά το 60% στη συλλογή απορριμματικών μπαταριών, ενώ το ποσοστό συλλογής ΑΗΗΕ προσεγγίζει το 50% (Eurostat, 2022). Η επιτυχία του συστήματος συνδέεται στενά με την εκτεταμένη διαθεσιμότητα σημείων συλλογής (proximity recycling), τη συστηματική παρακολούθηση της απόδοσης και τη διαρκή περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των πολιτών.

2.5.2 Ιρλανδία

Η Ιρλανδία (μέσω της WEEE Ireland) έχει αναπτύξει ένα συγκεντρωτικό και αυστηρά ρυθμιζόμενο σύστημα, στο οποίο ο ρόλος των ελεγκτικών αρχών είναι ιδιαίτερα ενισχυμένος. Διακρίνεται για τα πολύ υψηλά ποσοστά συλλογής ΑΗΗΕ (63,8%), προσεγγίζοντας τον ευρωπαϊκό στόχο, ενώ η συλλογή μπαταριών κυμαίνεται στο 47% (European Environment Agency, 2021). Η θετική αυτή επίδοση αποδίδεται στη συνδυασμένη εφαρμογή ρυθμιστικών και οικονομικών εργαλείων συμμόρφωσης, που ενισχύουν τη διαφάνεια των παρεχόμενων στοιχείων.

2.5.3 Γερμανία

Η Γερμανία (μέσω των stiftung ear και GRS) διαθέτει αποκεντρωμένη διοικητική δομή και συνδέει άμεσα τη διαχείριση αποβλήτων με τη βιομηχανική πολιτική της. Τα ποσοστά συλλογής απορριμματικών μπαταριών διατηρούνται σταθερά άνω του 46%, ενώ η συλλογή ΑΗΗΕ (~31,7%) επηρεάζεται από τον τεράστιο όγκο νέων ηλεκτρονικών που διατίθενται στην αγορά (Eurostat, 2022). Ωστόσο, το γερμανικό μοντέλο υπερτερεί στα ποσοστά ανάκτησης υλικών (συχνά >85%), καθώς η ανακύκλωση αντιμετωπίζεται ως

στρατηγική προτεραιότητα για τη μείωση της εξάρτησης από πρωτογενείς πρώτες ύλες (Reuter et al., 2019).

2.5.4 Συγκριτικές παρατηρήσεις

Η συγκριτική ανάλυση των συστημάτων διαχείρισης αναδεικνύει κοινά χαρακτηριστικά επιτυχίας: την ουσιαστική εφαρμογή της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού, την επαρκή χρηματοδότηση, τη συστηματική αξιοποίηση αξιόπιστων δεδομένων και τη λειτουργία αποτελεσματικών μηχανισμών εποπτείας. Η ευρωπαϊκή εμπειρία δείχνει επίσης ότι ο τρόπος οργάνωσης και ρύθμισης των οργανισμών ευθύνης παραγωγού μπορεί να επηρεάσει την οικονομική και λειτουργική απόδοση των συστημάτων ΑΗΗΕ (Favot et al., 2022). Προκειμένου να αποφευχθεί η περιττή περιγραφική ανάλυση και να γίνει μια άμεση αποτίμηση των επιδόσεων των τεσσάρων χωρών (συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας), στον Πίνακα 2.1 παρατίθενται οι βασικοί ποσοτικοί δείκτες αποτελεσματικότητας.

Πίνακας 2.1: Συγκριτικά στοιχεία συστημάτων διαχείρισης ΑΗΗΕ και μπαταριών (2023)

Χώρα	Κύριο ΣΣΕΔ	Έτος Ίδρυσης	Συλλογή ΑΗΗΕ (kg/κάτοικο)	Συλλογή Μπαταριών (%)
Ανακύκλωση Συσκευών				
Ελλάδα	A.E. / ΑΦΗΣ	2004	5,85	34,0%
Βέλγιο	Recupel / Bebat	2001	12,40	61,0%
Ιρλανδία	WEEE Ireland	2005	10,80	47,0%
Γερμανία	stiftung ear / GRS	2005	10,20	46,0%

Σε σύγκριση με την ελληνική περίπτωση, οι χώρες αυτές παρουσιάζουν υψηλότερο επίπεδο θεσμικής ωριμότητας και αποτελεσματικότερη οργάνωση των υποδομών συλλογής και ανακύκλωσης. Οι διαφορές αυτές δεν απορρέουν αποκλειστικά από το θεσμικό πλαίσιο, το οποίο είναι κοινό σε ευρωπαϊκό επίπεδο, αλλά κυρίως από τον βαθμό

εφαρμογής, ελέγχου και κοινωνικής αποδοχής των συστημάτων διαχείρισης (Walls, 2006· Khetriwal et al., 2009).

Η ανάλυση του ευρωπαϊκού και εθνικού θεσμικού πλαισίου, καθώς και η συγκριτική εξέταση των συστημάτων διαχείρισης απορριμματικών μπαταριών και ευκών συσκευών στην Ελλάδα, το Βέλγιο, την Ιρλανδία και τη Γερμανία, αναδεικνύει ότι η ύπαρξη ενός κοινού ρυθμιστικού πλαισίου σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν συνεπάγεται αυτομάτως και ομοιόμορφη περιβαλλοντική απόδοση. Αντιθέτως, οι σημαντικές διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται μεταξύ των κρατών-μελών καταδεικνύουν τον καθοριστικό ρόλο της εθνικής εφαρμογής, της θεσμικής ωριμότητας, της αποτελεσματικότητας των μηχανισμών εποπτείας και της κοινωνικής αποδοχής των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης.

Ιδιαίτερα στην ελληνική περίπτωση, το χάσμα μεταξύ θεσμικού σχεδιασμού και πρακτικής εφαρμογής αναδεικνύεται ως κρίσιμο ζήτημα, το οποίο επηρεάζει άμεσα την επίτευξη των ευρωπαϊκών στόχων συλλογής και ανακύκλωσης. Η συγκριτική προσέγγιση με χώρες που παρουσιάζουν υψηλότερες επιδόσεις επιτρέπει την ανάδειξη βέλτιστων πρακτικών και παραγόντων επιτυχίας, οι οποίοι μπορούν να λειτουργήσουν ως σημεία αναφοράς για τη βελτίωση του ελληνικού συστήματος.

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά η ερευνητική προσέγγιση, τα κριτήρια επιλογής των χωρών έρευνας, οι δείκτες αξιολόγησης και οι πηγές των δεδομένων, καθώς και η μέθοδος ανάλυσης που εφαρμόζεται. Παράλληλα, επισημαίνονται οι βασικοί περιορισμοί της έρευνας, προκειμένου να διασφαλιστεί η διαφάνεια και η επιστημονική εγκυρότητα των συμπερασμάτων που θα προκύψουν από τη συγκριτική ανάλυση των συστημάτων διαχείρισης.

3.1 Ερευνητική προσέγγιση

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής επιλέξαμε τη συγκριτική ερευνητική μεθοδολογία, προκειμένου να αποτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα των εθνικών συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων μπαταριών και λευκών συσκευών σε επιλεγμένες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η συγκριτική προσέγγιση είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για τα συστήματα ΑΗΗΕ, καθώς η εφαρμογή της EPR στην Ευρώπη έχει οδηγήσει σε διαφορετικά οργανωτικά και ρυθμιστικά μοντέλα, παρότι οι χώρες λειτουργούν υπό κοινές ευρωπαϊκές απαιτήσεις (Favot et al., 2022). Η μελέτη των διαφορών αυτών επιτρέπει την αξιολόγηση όχι μόνο των τελικών επιδόσεων, αλλά και των θεσμικών χαρακτηριστικών που ενδέχεται να τις ερμηνεύουν. Η συγκριτική ανάλυση αποτελεί ευρέως αποδεκτή μέθοδο στην αξιολόγηση δημόσιων πολιτικών, καθώς επιτρέπει την εξέταση διαφορών και ομοιοτήτων μεταξύ χωρών που λειτουργούν υπό κοινό θεσμικό πλαίσιο αλλά παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις ως προς την εφαρμογή του (OECD, 2016).

Η μεθοδολογική προσέγγιση βασίζεται στον συνδυασμό ποσοτικής και ποιοτικής ανάλυσης. Η ποσοτική ανάλυση αποσκοπεί στην αποτύπωση μετρήσιμων επιδόσεων μέσω δεικτών συλλογής και ανακύκλωσης, ενώ η ποιοτική ανάλυση εστιάζει σε θεσμικούς, οργανωτικούς και κοινωνικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία των συστημάτων. Για τον λόγο αυτό, η σύγκριση δεν βασίστηκε σε ένα μόνο μέγεθος. Εξετάστηκαν χωριστά οι επιδόσεις συλλογής και η εξέλιξή τους στον χρόνο και στη συνέχεια συνδυάστηκαν με στοιχεία για το οικονομικό και κοινωνικοοικονομικό προφίλ των χωρών. Αντίστοιχη πολυπαραμετρική λογική έχει χρησιμοποιηθεί και σε συγκριτικές αξιολογήσεις ευρωπαϊκών συστημάτων ΑΗΗΕ, όπου η αποτίμηση δεν περιορίζεται σε έναν δείκτη αλλά λαμβάνει υπόψη διαφορετικά στάδια της διαχείρισης (Ibanescu et al., 2018).

3.2 Επιλογή χωρών σύγκρισης

Για τις ανάγκες της έρευνας επιλέγονται τέσσερις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης: η Ελλάδα, το Βέλγιο, η Ιρλανδία και η Γερμανία. Η επιλογή βασίζεται σε κριτήρια που

σχετίζονται με τον βαθμό θεσμικής ωριμότητας, τις περιβαλλοντικές επιδόσεις και τη διαθεσιμότητα αξιόπιστων και συγκρίσιμων δεδομένων (European Environment Agency, 2021).

Η Ελλάδα επιλέγεται ως βασική χώρα αναφοράς, καθώς παρουσιάζει διαχρονικές δυσκολίες στην επίτευξη των ευρωπαϊκών στόχων συλλογής και ανακύκλωσης. Αντίθετα, το Βέλγιο, η Ιρλανδία και η Γερμανία παρουσιάζουν υψηλότερες επιδόσεις και διαφορετικά διοικητικά και οργανωτικά μοντέλα διαχείρισης, γεγονός που επιτρέπει την αξιολόγηση εναλλακτικών προσεγγίσεων εφαρμογής της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (Khetriwal et al., 2009).

3.3 Κριτήρια και δείκτες αξιολόγησης

Η αξιολόγηση των συστημάτων διαχείρισης βασίζεται σε συνδυασμό ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων, ώστε να αποτυπωθεί ολοκληρωμένα η απόδοσή τους.

3.3.1 Ποσοτικοί δείκτες

Οι βασικοί ποσοτικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν:

- τα ποσοστά συλλογής απορριμμάτων μπαταριών,
- τις ποσότητες συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως προσεγγιστικός δείκτης για την αξιολόγηση του ρεύματος στο οποίο εντάσσονται οι λευκές συσκευές,
- τη σύγκριση των εθνικών επιδόσεων με τους στόχους που προβλέπονται από την ευρωπαϊκή νομοθεσία.

Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται ευρέως σε ευρωπαϊκό επίπεδο και επιτρέπουν τη συγκρισιμότητα μεταξύ των κρατών-μελών (Eurostat, 2022· European Commission, 2023).

3.3.2 Ποιοτικά κριτήρια

Παράλληλα, εξετάζονται ποιοτικά κριτήρια που αφορούν:

- τη δομή και οργάνωση των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης,
- τους μηχανισμούς χρηματοδότησης και εποπτείας,
- τον ρόλο των δημόσιων αρχών και των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης,
- τον βαθμό συμμετοχής και περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης των πολιτών.

Η χρήση κοινωνικοοικονομικών μεταβλητών έγινε ώστε η σύγκριση να μην περιοριστεί στις ποσότητες που συλλέγονται. Η περιβαλλοντική επίδοση των κρατών-μελών εξετάζεται στη βιβλιογραφία και σε σχέση με οικονομικά, κοινωνικά και θεσμικά χαρακτηριστικά, καθώς χώρες που λειτουργούν κάτω από το ίδιο ευρωπαϊκό πλαίσιο εξακολουθούν να παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Σε αυτή τη λογική κινείται και η ανάλυση των Hondroyiannis et al. (2024) για τις διαφοροποιήσεις των επιδόσεων ανακύκλωσης στην ΕΕ.

Η ανάλυση των ποιοτικών αυτών στοιχείων επιτρέπει την ερμηνεία των ποσοτικών αποτελεσμάτων και τη σύνδεσή τους με θεσμικές και κοινωνικές παραμέτρους, όπως έχει επισημανθεί και στη σχετική διεθνή βιβλιογραφία (Saphores et al., 2012).

3.4 Πηγές δεδομένων

Η έρευνα βασίζεται στη χρήση δευτερογενών δεδομένων από επίσημες και αξιόπιστες πηγές. Συγκεκριμένα, αξιοποιούνται:

- στατιστικά στοιχεία της Eurostat,
- εκθέσεις και δείκτες του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος,
- θεσμικά κείμενα και εκθέσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής,
- εθνικές εκθέσεις αρμόδιων φορέων διαχείρισης αποβλήτων,
- επιστημονικές δημοσιεύσεις από διεθνή περιοδικά.

Η χρήση δευτερογενών δεδομένων αποτελεί συνήθη πρακτική σε συγκριτικές μελέτες περιβαλλοντικής πολιτικής και διασφαλίζει τη συγκρισιμότητα και την εγκυρότητα της ανάλυσης (OECD, 2016).

Πίνακας 3.1 Πηγές δεδομένων και δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στην εμπειρική ανάλυση

Αντικείμενο Ανάλυσης	Πηγή / Φορέας	Κωδικός Dataset	Μονάδα Μέτρησης
Απορριμματικές Μπαταρίες	Eurostat	env_waspb	Ποσοστό (%) συλλογής
Λευκές Συσκευές (ΑΗΗΕ)	Eurostat	env_waseleos	Kg / Κάτοικο
Οικονομική Ανάπτυξη	Eurostat	nama_10_pc	Κατά κεφαλήν ΑΕΠ (PPS)

3.5 Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων

Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε υπολογιστικά φύλλα MS Excel. Αρχικά υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές και εξετάστηκε η διαχρονική εξέλιξη των δεικτών για την περίοδο 2015–2023. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα διασποράς και γραμμές τάσης για τη διερεύνηση πιθανών γραμμικών σχέσεων μεταξύ των περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών μεταβλητών. Για τις σχέσεις αυτές εξετάζονται ο συντελεστής Pearson (r) και ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2). Λόγω του περιορισμένου αριθμού χωρών, τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται διερευνητικά και όχι για την τεκμηρίωση αιτιώδους σχέσης. Η ποιοτική ανάλυση πραγματοποιείται μέσω συστηματικής εξέτασης του θεσμικού και οργανωτικού πλαισίου κάθε χώρας, επιτρέποντας τη σύνδεση των ποσοτικών επιδόσεων με τις εφαρμοζόμενες πολιτικές και διοικητικές πρακτικές (Walls, 2006· Reuter et al., 2019).

3.6 Περιορισμοί της μεθοδολογίας

Η παρούσα διατριβή υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι σχετίζονται κυρίως με τη διαθεσιμότητα, την επικαιρότητα και τη συγκρισιμότητα των δεδομένων. Διαφορές στον τρόπο συλλογής και αναφοράς στατιστικών στοιχείων μεταξύ των χωρών ενδέχεται να επηρεάσουν την ακρίβεια των συγκρίσεων (Eurostat, 2022).

Επιπλέον, η χρήση δευτερογενών δεδομένων δεν επιτρέπει την άμεση αποτύπωση πρωτογενών απόψεων των εμπλεκόμενων φορέων. Η χρήση αποκλειστικά δευτερογενών δεδομένων δεν επιτρέπει να αποτυπωθούν άμεσα οι απόψεις των φορέων που συμμετέχουν στη λειτουργία των συστημάτων. Ο περιορισμός αυτός λαμβάνεται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων και ιδιαίτερα κατά τη σύνδεση των ποσοτικών επιδόσεων με οργανωτικούς ή κοινωνικούς παράγοντες..

4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει τη συγκριτική ποσοτική ανάλυση και αξιολόγηση των συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων μπαταριών και αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) στην Ελλάδα, το Βέλγιο, τη Γερμανία και την Ιρλανδία για την περίοδο 2015–2023. Η ανάλυση εστιάζει ειδικότερα στη συλλογή απορριμμάτων μπαταριών και στη συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο, χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα δεδομένα της Eurostat ως προσεγγιστικό δείκτη αξιολόγησης της λειτουργίας των συστημάτων που περιλαμβάνουν και τη διαχείριση λευκών συσκευών, δεδομένου ότι οι λευκές συσκευές αποτελούν σημαντικό υποσύνολο του συγκεκριμένου ρεύματος αποβλήτων.

Η αξιολόγηση των επιδόσεων των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων αποκτά ιδιαίτερη σημασία στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής στρατηγικής για τη μετάβαση προς την κυκλική οικονομία. Η σύγχρονη βιβλιογραφία για τα ΑΗΗΕ αντιμετωπίζει την κυκλική οικονομία ως ένα ευρύτερο πλαίσιο που δεν περιορίζεται στην ανακύκλωση, αλλά περιλαμβάνει στρατηγικές πρόληψης, επαναχρησιμοποίησης, επισκευής, ανακατασκευής και ανάκτησης

υλικών (Pan et al., 2022). Όπως αναφέρει η European Commission (2020), η αποτελεσματική συλλογή και ανακύκλωση αποβλήτων συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση της κατανάλωσης πρώτων υλών, στον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στη βελτίωση της αποδοτικότητας χρήσης των φυσικών πόρων. Ιδιαίτερα στην περίπτωση των απορριμματικών μπαταριών και των ΑΗΗΕ, η ορθή διαχείριση αποκτά αυξημένη σημασία λόγω της παρουσίας επικίνδυνων υλικών, αλλά και της δυνατότητας ανάκτησης πολύτιμων μετάλλων και δευτερογενών πρώτων υλών.

Τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων που εξετάζονται στην παρούσα εργασία βασίζονται στην αρχή της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (Extended Producer Responsibility – EPR). Σύμφωνα με τον OECD (2016), η αρχή αυτή μεταφέρει σημαντικό μέρος της ευθύνης διαχείρισης των προϊόντων στους παραγωγούς ακόμη και μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους. Ωστόσο, η βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η επιτυχία της EPR δεν πρέπει να αξιολογείται αποκλειστικά από τη συλλογή και ανακύκλωση: απαιτείται να εξετάζεται και κατά πόσο το σύστημα δημιουργεί κίνητρα για πρόληψη αποβλήτων, επαναχρησιμοποίηση και οικολογικό σχεδιασμό (Compagnoni, 2022). Επομένως, η αξιολόγηση των εθνικών συστημάτων στην παρούσα εργασία συνδέει τις ποσοτικές επιδόσεις με τον τρόπο οργάνωσης και εφαρμογής της πολιτικής.

Παρότι τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης λειτουργούν υπό κοινό θεσμικό πλαίσιο και ακολουθούν εναρμονισμένες οδηγίες σχετικά με τη διαχείριση αποβλήτων, οι πραγματικές επιδόσεις των εθνικών συστημάτων εμφανίζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις. Οι Khatriwal et al. (2009) επισημαίνουν ότι η επιτυχία ενός συστήματος διαχείρισης δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη νομοθετική συμμόρφωση, αλλά επηρεάζεται από ένα σύνολο παραγόντων που περιλαμβάνει την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής, την ύπαρξη κατάλληλων υποδομών συλλογής, τον βαθμό συμμετοχής των πολιτών και τη λειτουργία των μηχανισμών εποπτείας. Αντίστοιχα, οι Saphores et al. (2012) υπογραμμίζουν ότι η ανάπτυξη οργανωμένων δικτύων συλλογής και η προσβασιμότητα των πολιτών σε σημεία ανακύκλωσης αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για τη βελτίωση των ποσοστών συλλογής.

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα ανάλυση δεν περιορίζεται στην απλή περιγραφή των ποσοτικών επιδόσεων των εξεταζόμενων χωρών, αλλά επιχειρεί να διερευνήσει τους παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης. Για τον λόγο αυτό εξετάζεται η σχέση των περιβαλλοντικών επιδόσεων με ευρύτερους κοινωνικοοικονομικούς δείκτες, και συγκεκριμένα με το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) ανά κάτοικο και τον Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης (Human Development Index – HDI). Όπως αναφέρει το United Nations Development Programme [UNDP] (2024), ο HDI αποτυπώνει όχι μόνο την οικονομική ευημερία, αλλά και κρίσιμες διαστάσεις της ανθρώπινης ανάπτυξης, όπως το επίπεδο εκπαίδευσης, η ποιότητα ζωής και η πρόσβαση σε κοινωνικούς πόρους, παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάζουν και την περιβαλλοντική συμπεριφορά των πολιτών. Παράλληλα, τα στοιχεία του World Bank (2024) για το ΑΕΠ ανά κάτοικο χρησιμοποιούνται ώστε να διερευνηθεί κατά πόσο το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης σχετίζεται με την ικανότητα χρηματοδότησης και λειτουργίας αποδοτικών συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων.

Η δομή του κεφαλαίου οργανώνεται σε διακριτές ενότητες. Αρχικά παρουσιάζονται τα δεδομένα και οι δείκτες που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση και ακολουθεί η συγκριτική εξέταση των επιδόσεων των χωρών ως προς τη συλλογή απορριμμάτων μπαταριών και ΑΗΗΕ. Στη συνέχεια αναλύεται η διαχρονική εξέλιξη των επιδόσεων και διερευνώνται οι συσχετίσεις με κοινωνικοοικονομικούς δείκτες. Τέλος, παρουσιάζεται η συνολική συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και συζητούνται οι βασικοί παράγοντες που φαίνεται να επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης.

4.1 Ανάλυση συλλογής απορριμμάτων μπαταριών

Η συλλογή απορριμμάτων μπαταριών αποτελεί βασικό δείκτη αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης, καθώς συνδέεται άμεσα με την εφαρμογή της αρχής της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού. Τα ποσοστά συλλογής αποτυπώνουν τον βαθμό στον οποίο οι μπαταρίες που διατίθενται στην αγορά

επιστρέφουν σε οργανωμένα συστήματα συλλογής και ανακύκλωσης στο τέλος του κύκλου ζωής τους.

Στην παρούσα εργασία, ο δείκτης συλλογής απορριμματικών μπαταριών εκφράζεται ως ποσοστό (%) και προέρχεται από τη βάση δεδομένων της Eurostat, dataset env_waspb. Ο δείκτης αυτός επιτρέπει τη σύγκριση των χωρών σε ετήσια βάση και τη διαχρονική παρακολούθηση των επιδόσεων κατά την περίοδο 2015–2023.

4.1.1 Διαχρονική εξέλιξη ποσοστών συλλογής απορριμματικών μπαταριών

Η διαχρονική εξέλιξη των ποσοστών συλλογής απορριμματικών μπαταριών παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών, γεγονός που υποδηλώνει ότι η εφαρμογή της ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής πολιτικής δεν οδηγεί απαραίτητα σε ομοιόμορφα αποτελέσματα σε επίπεδο κρατών-μελών. Παρά το κοινό θεσμικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η απόδοση των συστημάτων διαχείρισης επηρεάζεται από την ποιότητα εφαρμογής της αρχής της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (Extended Producer Responsibility – EPR), την επάρκεια των υποδομών συλλογής, τον βαθμό θεσμικής εποπτείας, καθώς και τη συμμετοχή των πολιτών στη διαδικασία ανακύκλωσης (OECD, 2016; European Commission, 2023).

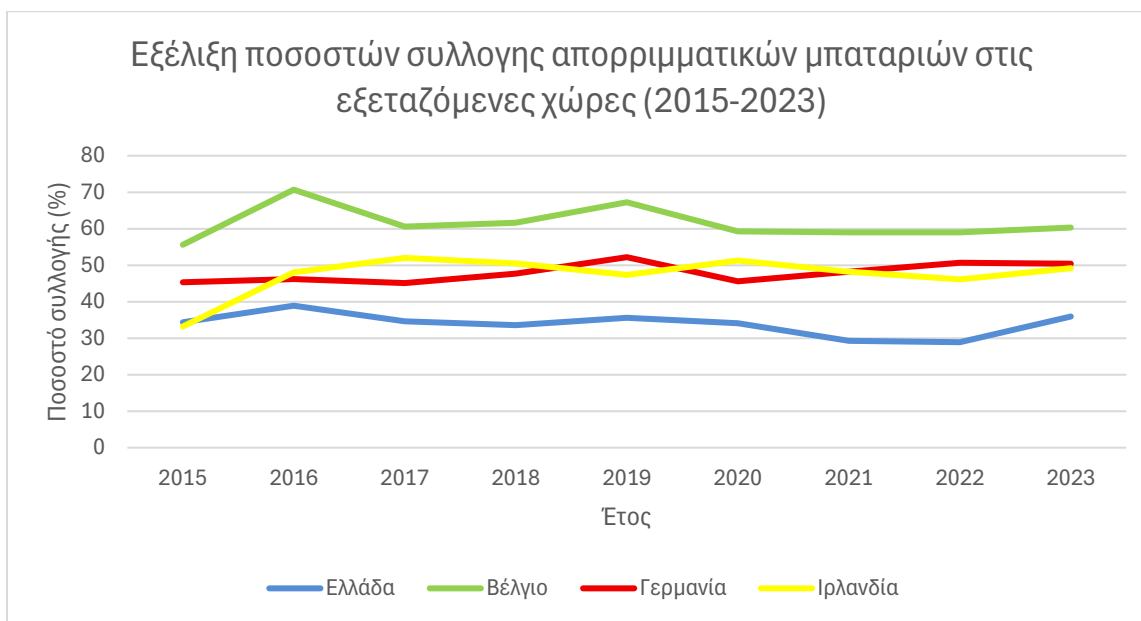
Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1, το Βέλγιο διατηρεί τις υψηλότερες επιδόσεις στη συλλογή απορριμματικών μπαταριών κατά την περίοδο 2015–2023, χωρίς μεγάλες ετήσιες διακυμάνσεις. Η σταθερότητα αυτή είναι συμβατή με τη μακροχρόνια λειτουργία οργανωμένων συστημάτων EPR και δικτύων συλλογής που περιγράφονται στη σχετική βιβλιογραφία (Khetriwal et al., 2009; OECD, 2016).

Η Γερμανία κινείται επίσης σε σχετικά υψηλά επίπεδα, χαμηλότερα όμως από το Βέλγιο. Οι ετήσιες τιμές παρουσιάζουν μικρότερες μεταβολές σε σχέση με άλλες χώρες του δείγματος. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει κυρίως σταθερότητα της καταγεγραμμένης επίδοσης· η σύνδεσή του με συγκεκριμένα οργανωτικά χαρακτηριστικά του γερμανικού συστήματος εξετάζεται συμπληρωματικά με βάση το θεσμικό πλαίσιο και τη βιβλιογραφία (European Commission, 2023).

Η Ιρλανδία παρουσιάζει ενδιάμεση εικόνα ως προς τις επιδόσεις συλλογής απορριμμάτων μπαταριών. Τα ποσοστά συλλογής εμφανίζονται υψηλότερα σε σχέση με την Ελλάδα και σε αρκετές περιπτώσεις προσεγγίζουν ή υπερβαίνουν τα αντίστοιχα επίπεδα της Γερμανίας. Ωστόσο, η μεγαλύτερη διακύμανση που παρατηρείται διαχρονικά υποδηλώνει ότι το σύστημα βρίσκεται σε διαδικασία ενίσχυσης και προσαρμογής, χωρίς να έχει επιτύχει ακόμη τον ίδιο βαθμό σταθερότητας με τα πιο ώριμα ευρωπαϊκά συστήματα διαχείρισης. Η εικόνα αυτή είναι συμβατή με τη βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία χώρες που επενδύουν σταδιακά στην ανάπτυξη υποδομών και στην ενημέρωση των πολιτών εμφανίζουν βελτίωση των επιδόσεων, αλλά συχνά παρουσιάζουν μεγαλύτερη μεταβλητότητα κατά τα πρώτα στάδια ωρίμανσης των συστημάτων τους (Saphores et al., 2012).

Η Ελλάδα βρίσκεται στα χαμηλότερα επίπεδα συλλογής μεταξύ των τεσσάρων χωρών για το μεγαλύτερο μέρος της περιόδου 2015–2023. Παρότι καταγράφονται επιμέρους βελτιώσεις, η απόσταση από τις υψηλότερες επιδόσεις παραμένει εμφανής. Τα δεδομένα αυτά τεκμηριώνουν τη διαφορά στην επίδοση, αλλά δεν αρκούν για να αποδώσουν την απόκλιση σε έναν συγκεκριμένο παράγοντα. Πιθανές ερμηνείες, όπως η λειτουργία των δικτύων συλλογής, η εφαρμογή της EPR και η συμμετοχή των πολιτών, εξετάζονται σε συνδυασμό με τη σχετική βιβλιογραφία (OECD, 2016; European Commission, 2023).

Τα παραπάνω ευρήματα ενισχύουν την άποψη ότι η ύπαρξη κοινού ευρωπαϊκού νομοθετικού πλαισίου δεν αρκεί από μόνη της για την επίτευξη υψηλών επιδόσεων στη συλλογή απορριμμάτων μπαταριών. Αντίθετα, η αποτελεσματικότητα των συστημάτων φαίνεται να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο εφαρμογής των πολιτικών σε εθνικό επίπεδο, την επάρκεια των υποδομών συλλογής, την αποτελεσματικότητα των μηχανισμών εποπτείας και τον βαθμό περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης των πολιτών (Khetriwal et al., 2009; OECD, 2016).



Σχήμα 4.1: Διαχρονική εξέλιξη ποσοστών συλλογής απορριμμάτων μπαταριών στις εξεταζόμενες χώρες (2015–2023). Πηγή: Eurostat, dataset env_waspb, ίδια επεξεργασία.

4.1.2 Σύγκριση μέσων επιδόσεων απορριμμάτων μπαταριών

Για την πληρέστερη αξιολόγηση των επιδόσεων των εξεταζόμενων χωρών υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ποσοστών συλλογής απορριμμάτων μπαταριών για την περίοδο 2015–2023. Η χρήση μέσων τιμών κρίνεται ιδιαίτερα χρήσιμη, καθώς επιτρέπει την εξομάλυνση πιθανών ετήσιων διακυμάνσεων και παρέχει μια πιο σταθερή και συγκρίσιμη εικόνα της συνολικής λειτουργίας των συστημάτων διαχείρισης σε βάθος χρόνου. Με τον τρόπο αυτό, η αξιολόγηση δεν επηρεάζεται υπερβολικά από μεμονωμένες αυξομειώσεις που ενδέχεται να οφείλονται σε προσωρινούς διοικητικούς, οικονομικούς ή οργανωτικούς παράγοντες (OECD, 2016).

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.2 και αναδεικνύουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των χωρών. Το Βέλγιο καταγράφει τη υψηλότερη μέση επίδοση, με μέσο ποσοστό συλλογής απορριμμάτων μπαταριών 61,1%, γεγονός που το διαφοροποιεί σαφώς από τις υπόλοιπες χώρες. Η υψηλή αυτή επίδοση επιβεβαιώνει τη διαχρονική αποτελεσματικότητα του βελγικού συστήματος διαχείρισης και υποδηλώνει

υψηλό βαθμό λειτουργικής και θεσμικής ωριμότητας. Η σταθερότητα και η διαχρονικά αυξημένη απόδοση ενός συστήματος συλλογής θεωρούνται στη σχετική βιβλιογραφία βασικοί δείκτες αποτελεσματικής εφαρμογής της αρχής της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού και ισχυρής ενσωμάτωσης της ανακύκλωσης στις καθημερινές πρακτικές των πολιτών (Khetriwal et al., 2009; European Commission, 2023).

Η Γερμανία και η Ιρλανδία εμφανίζουν παρόμοιες μέσες επιδόσεις, με ποσοστά 48,8% και 47,3% αντίστοιχα. Παρότι οι επιδόσεις τους παραμένουν σημαντικά χαμηλότερες από εκείνες του Βελγίου, εξακολουθούν να καταγράφονται σε σχετικά υψηλά επίπεδα, γεγονός που υποδηλώνει ικανοποιητική αποτελεσματικότητα των εθνικών συστημάτων συλλογής. Στην περίπτωση της Γερμανίας, η σχετικά υψηλή μέση τιμή σε συνδυασμό με τη μικρότερη μεταβλητότητα των ετήσιων επιδόσεων υποδηλώνει θεσμική συνέπεια και σταθερότητα του συστήματος διαχείρισης. Αντίθετα, στην Ιρλανδία η παρόμοια μέση τιμή συνοδεύεται από μεγαλύτερες ετήσιες διακυμάνσεις, γεγονός που ενδέχεται να αντανακλά ένα σύστημα το οποίο εξακολουθεί να ενισχύεται και να βελτιώνεται σε επίπεδο λειτουργικής οργάνωσης (Saphores et al., 2012).

Η Ελλάδα εμφανίζει τη χαμηλότερη μέση επίδοση, με ποσοστό συλλογής 34,9%, παρουσιάζοντας αισθητή απόκλιση από τις υπόλοιπες εξεταζόμενες χώρες. Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς καταδεικνύει ότι η χαμηλή απόδοση του ελληνικού συστήματος δεν περιορίζεται σε μεμονωμένα έτη ή συγκυριακές συνθήκες, αλλά εμφανίζει διαχρονικό χαρακτήρα. Με άλλα λόγια, η χαμηλότερη επίδοση της Ελλάδας δεν φαίνεται να αποτελεί παροδικό φαινόμενο αλλά ενδέχεται να αντανακλά βαθύτερες οργανωτικές και θεσμικές προκλήσεις στη λειτουργία του συστήματος συλλογής απορριμματικών μπαταριών.

Η διεθνής βιβλιογραφία επισημαίνει ότι οι αποκλίσεις στις επιδόσεις των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων συνδέονται συχνά με παράγοντες όπως η πυκνότητα των διαθέσιμων σημείων συλλογής, η επάρκεια των μηχανισμών εποπτείας, η περιβαλλοντική ενημέρωση των πολιτών και η αποτελεσματικότητα εφαρμογής των μηχανισμών εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (Walls, 2006; OECD, 2016). Υπό το πρίσμα αυτό, η χαμηλότερη μέση επίδοση της Ελλάδας ενδέχεται να συνδέεται όχι μόνο με λειτουργικές

αδυναμίες του συστήματος, αλλά και με ευρύτερες θεσμικές και κοινωνικές παραμέτρους που επηρεάζουν τη συνολική αποτελεσματικότητα της περιβαλλοντικής πολιτικής.

Συνολικά, η σύγκριση των μέσων επιδόσεων αναδεικνύει ότι η ύπαρξη κοινού ευρωπαϊκού θεσμικού πλαισίου δεν συνεπάγεται αυτόματα και σύγκλιση των αποτελεσμάτων μεταξύ των κρατών-μελών. Αντίθετα, τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η ποιότητα εφαρμογής των πολιτικών, η οργανωτική επάρκεια των συστημάτων συλλογής και ο βαθμός συμμετοχής των πολιτών αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την επίτευξη υψηλών ποσοστών συλλογής απορριμμάτων μπαταριών (European Commission, 2023).



Σχήμα 4.2: Μέσο ποσοστό συλλογής απορριμμάτων μπαταριών ανά χώρα (2015–2023).

Πηγή: Eurostat, dataset env_waspb, ίδια επεξεργασία.

4.2 Ανάλυση συλλογής ΑΗΗΕ και λευκών συσκευών

Η συλλογή αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού αποτελεί βασικό δείκτη αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των συστημάτων διαχείρισης ΑΗΗΕ. Στην παρούσα εργασία, η ανάλυση επικεντρώνεται στις λευκές συσκευές ως επιμέρους κατηγορία των ΑΗΗΕ. Η Eurostat δεν παρέχει για ολόκληρη την περίοδο 2015–2023 πλήρως συγκρίσιμα στοιχεία που να αφορούν αποκλειστικά τις λευκές συσκευές στις

τέσσερις χώρες. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται η συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο ως προσεγγιστικός δείκτης. Η επιλογή αυτή επιτρέπει τη διακρατική σύγκριση, αλλά αποτελεί ταυτόχρονα περιορισμό της ανάλυσης, καθώς τα ΑΗΗΕ περιλαμβάνουν και άλλες κατηγορίες ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Ο δείκτης εκφράζεται σε kg ανά κάτοικο και αποτυπώνει την ποσότητα ΑΗΗΕ που συλλέγεται ετησίως σε κάθε χώρα σε σχέση με τον πληθυσμό της. Η χρήση του δείκτη ανά κάτοικο επιτρέπει τη σύγκριση χωρών διαφορετικού μεγέθους και πληθυσμού, καθώς περιορίζει την επίδραση του απόλυτου μεγέθους της αγοράς.

4.2.1 Διαχρονική εξέλιξη συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο

Η διαχρονική εξέλιξη της συλλογής αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) ανά κάτοικο παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών κατά την περίοδο 2015–2023. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία ως προσεγγιστικός δείκτης αξιολόγησης της λειτουργίας των συστημάτων διαχείρισης που περιλαμβάνουν και τις λευκές συσκευές, δεδομένου ότι τα διαθέσιμα συγκρίσιμα δεδομένα της Eurostat δημοσιεύονται σε επίπεδο συνολικής συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο. Η διαχρονική εξέταση του δείκτη επιτρέπει όχι μόνο τη σύγκριση μεταξύ χωρών, αλλά και την αξιολόγηση της σταθερότητας, της συνέπειας και της δυναμικής εξέλιξης των εθνικών συστημάτων διαχείρισης (Eurostat, 2023).

Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.3, το Βέλγιο εμφανίζει διαχρονικά τις υψηλότερες επιδόσεις συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο κατά το μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιόδου. Η πορεία του δείκτη χαρακτηρίζεται από σχετικά σταθερή αυξητική τάση, με τις τιμές να ξεπερνούν τα 14 kg ανά κάτοικο στα τελευταία έτη της ανάλυσης. Η εικόνα αυτή υποδηλώνει υψηλό επίπεδο οργανωτικής αποτελεσματικότητας και σημαντική ανάπτυξη των υποδομών συλλογής και επεξεργασίας ΑΗΗΕ. Η διεθνής βιβλιογραφία αναγνωρίζει ότι τα συστήματα που επιτυγχάνουν υψηλές επιδόσεις στη συλλογή ΑΗΗΕ συνήθως χαρακτηρίζονται από εκτεταμένα δίκτυα συλλογής, αποτελεσματική εφαρμογή της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού, οικονομικά βιώσιμες δομές διαχείρισης και

υψηλό βαθμό συμμετοχής των πολιτών στις διαδικασίες ανακύκλωσης (Baldé et al., 2017; OECD, 2016).

Η Ιρλανδία παρουσιάζει επίσης υψηλές επιδόσεις συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο, με έντονη ανοδική τάση έως περίπου το 2021 και μικρότερες διακυμάνσεις στα επόμενα έτη. Σε αρκετές περιπτώσεις οι επιδόσεις της προσεγγίζουν εκείνες του Βελγίου, γεγονός που υποδηλώνει αποτελεσματική λειτουργία των μηχανισμών συλλογής και βελτίωση της οργανωτικής επάρκειας του συστήματος διαχείρισης. Η εξέλιξη αυτή ενδέχεται να συνδέεται με τη σταδιακή ανάπτυξη υποδομών συλλογής, την ενίσχυση της περιβαλλοντικής ενημέρωσης των πολιτών και τη βελτίωση της συμμόρφωσης με τους ευρωπαϊκούς στόχους συλλογής και ανακύκλωσης (European Commission, 2023).

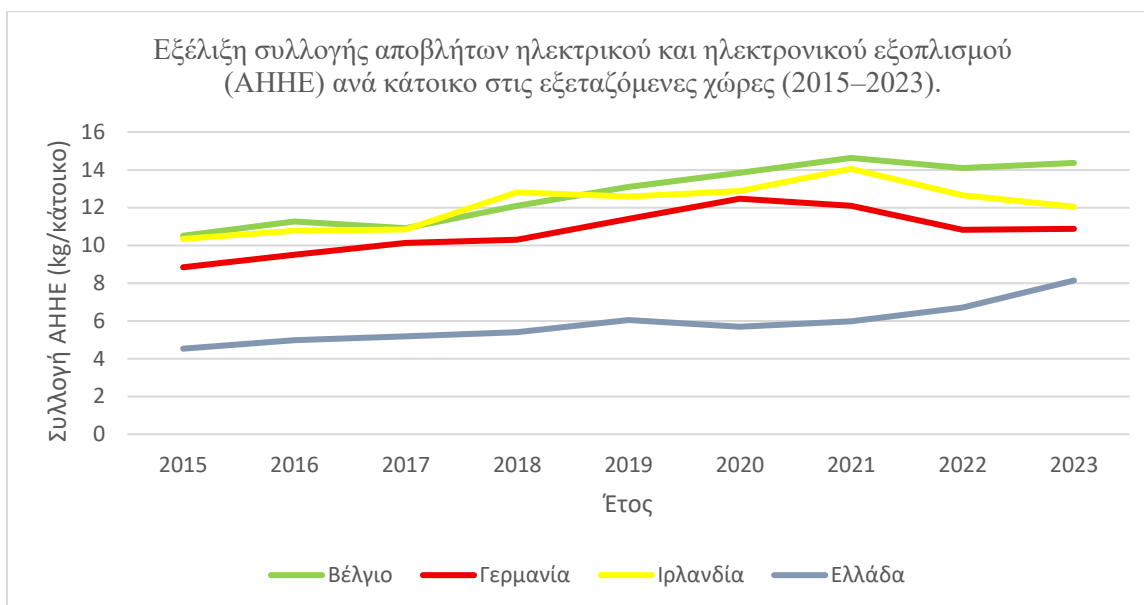
Η Γερμανία εμφανίζει σχετικά υψηλές αλλά περισσότερο σταθεροποιημένες επιδόσεις σε σύγκριση με το Βέλγιο και την Ιρλανδία. Οι τιμές συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο παραμένουν διαχρονικά σε υψηλά επίπεδα, χωρίς ωστόσο να καταγράφεται η ίδια έντονη ανοδική δυναμική. Η εικόνα αυτή μπορεί να ερμηνευθεί από παράγοντες όπως η σταθεροποίηση του συστήματος σε ώριμο επίπεδο λειτουργίας, διαφοροποιήσεις στις καταναλωτικές συνήθειες, καθώς και πιθανές διαφορές στον τρόπο συλλογής και καταγραφής των ροών ΑΗΗΕ (Baldé et al., 2017). Παρά το γεγονός ότι οι γερμανικές επιδόσεις δεν εμφανίζονται οι υψηλότερες μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών, παραμένουν ιδιαίτερα σημαντικές και υποδηλώνουν υψηλό βαθμό θεσμικής και οργανωτικής αποτελεσματικότητας.

Αντίθετα, η Ελλάδα παρουσιάζει διαχρονικά τις χαμηλότερες τιμές συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών. Αν και παρατηρείται σταδιακή βελτίωση προς το τέλος της εξεταζόμενης περιόδου, οι επιδόσεις παραμένουν αισθητά χαμηλότερες σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες. Το εύρημα αυτό ενδέχεται να αντανακλά περιορισμούς στην ανάπτυξη και γεωγραφική κατανομή των υποδομών συλλογής, χαμηλότερο επίπεδο συμμετοχής των πολιτών, ελλείψεις στην ενημέρωση σχετικά με τις δυνατότητες επιστροφής ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, καθώς και δυσκολίες στην

αποτελεσματική εφαρμογή των μηχανισμών εναλλακτικής διαχείρισης (European Commission, 2023; OECD, 2016).

Ιδιαίτερα στην περίπτωση των ΑΗΗΕ, οι απαιτήσεις συλλογής και διαχείρισης είναι αυξημένες σε σύγκριση με άλλα ρεύματα αποβλήτων, καθώς περιλαμβάνουν προϊόντα μεγάλου όγκου και βάρους, όπως οι λευκές συσκευές, τα οποία απαιτούν οργανωμένες διαδικασίες μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης και επεξεργασίας. Για τον λόγο αυτό, η αποτελεσματικότητα των συστημάτων συλλογής ΑΗΗΕ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό όχι μόνο από την περιβαλλοντική συμπεριφορά των πολιτών αλλά και από την τεχνική, οργανωτική και οικονομική επάρκεια του συνολικού συστήματος διαχείρισης (Baldé et al., 2017).

Συνολικά, η διαχρονική εξέταση της συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο καταδεικνύει ότι, παρά την ύπαρξη κοινού ευρωπαϊκού κανονιστικού πλαισίου, οι εξεταζόμενες χώρες εμφανίζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς την αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η επίτευξη υψηλών περιβαλλοντικών επιδόσεων δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη θεσμική συμμόρφωση, αλλά και από την ποιότητα εφαρμογής των πολιτικών, την επάρκεια των υποδομών και τον βαθμό κοινωνικής συμμετοχής (European Commission, 2023; OECD, 2016).



Σχήμα 4.3: Διαχρονική εξέλιξη συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο στις εξεταζόμενες χώρες (2015–2023). Πηγή: Eurostat, dataset env_waseleeeos, ίδια επεξεργασία.

4.2.2 Σύγκριση μέσων επιδόσεων συλλογής ΑΗΗΕ

Για τη συνολική αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων διαχείρισης ΑΗΗΕ στις εξεταζόμενες χώρες υπολογίστηκε ο μέσος όρος της συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο για την περίοδο 2015–2023. Η χρήση μέσων τιμών επιτρέπει την εξομάλυνση των διακυμάνσεων που παρατηρούνται σε επιμέρους έτη και συμβάλλει στη διαμόρφωση μιας πιο αντιπροσωπευτικής εικόνας της συνολικής απόδοσης των συστημάτων διαχείρισης σε βάθος χρόνου. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται η επίδραση βραχυχρόνιων μεταβολών που ενδέχεται να σχετίζονται με οικονομικές συγκυρίες, προσωρινές αλλαγές στη λειτουργία των συστημάτων συλλογής ή διαφοροποιήσεις στις καταναλωτικές πρακτικές (OECD, 2016).

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.4 και αναδεικνύουν σαφείς διαφοροποιήσεις μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών. Το Βέλγιο εμφανίζει την υψηλότερη μέση συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο, με τιμή 12,76 kg ανά κάτοικο, γεγονός που επιβεβαιώνει τη διαχρονικά υψηλή απόδοση του εθνικού συστήματος διαχείρισης. Η υψηλή αυτή επίδοση υποδηλώνει αποτελεσματική οργάνωση των δικτύων συλλογής,

σημαντική συμμετοχή των πολιτών και ύπαρξη ανεπτυγμένων υποδομών μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης και επεξεργασίας αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, οι υψηλές επιδόσεις στα ΑΗΗΕ συνδέονται συχνά με ολοκληρωμένες δομές εφαρμογής της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (EPR), σαφείς μηχανισμούς εποπτείας και υψηλό βαθμό περιβαλλοντικής ενσωμάτωσης στην καθημερινή πρακτική των πολιτών (Baldé et al., 2017; European Commission, 2023).

Η Ιρλανδία ακολουθεί με μέση συλλογή 12,01 kg ανά κάτοικο, τιμή που βρίσκεται κοντά στην αντίστοιχη επίδοση του Βελγίου. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι το μέγεθος μιας χώρας ή της αγοράς της δεν αρκεί από μόνο του για να ερμηνεύσει τις διαφορές που παρατηρούνται στη συλλογή ΑΗΗΕ. Στην περίπτωση της Ιρλανδίας, η υψηλή επίδοση μπορεί να συνδέεται περισσότερο με τον τρόπο οργάνωσης του συστήματος συλλογής και την εφαρμογή της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού. Επομένως, η σύγκριση με τις υπόλοιπες χώρες δείχνει ότι, πέρα από τα οικονομικά χαρακτηριστικά, σημαντικό ρόλο φαίνεται να έχουν και ο τρόπος λειτουργίας και η οργάνωση του εθνικού συστήματος. (OECD, 2016).

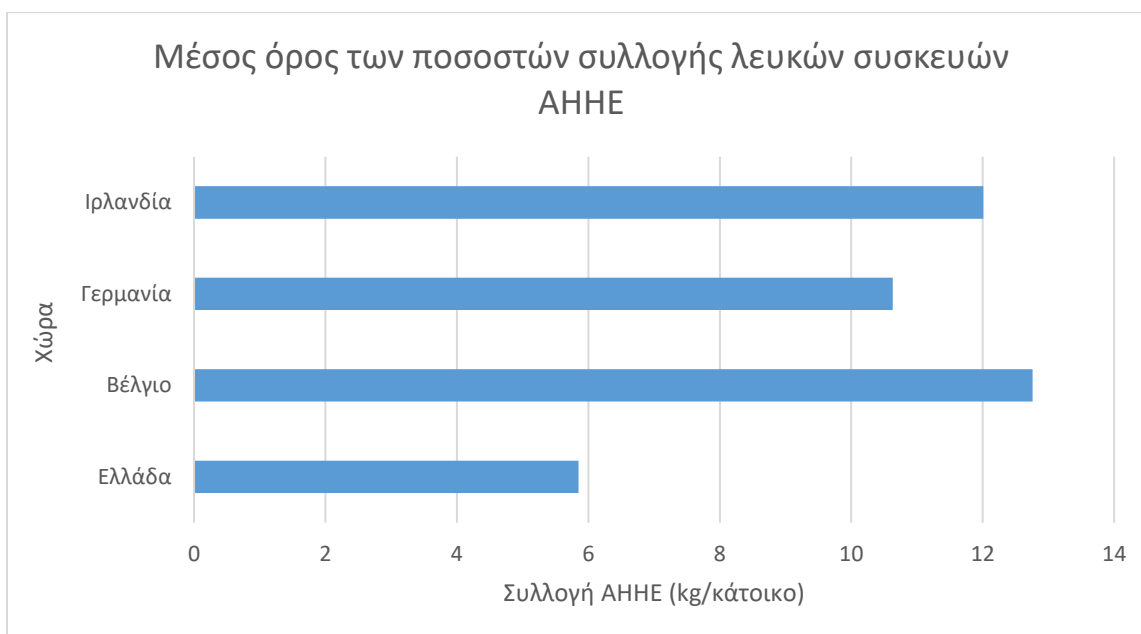
Η Γερμανία παρουσιάζει μέση συλλογή 10,63 kg ανά κάτοικο, τιμή η οποία παραμένει υψηλή αλλά χαμηλότερη σε σύγκριση με το Βέλγιο και την Ιρλανδία. Το αποτέλεσμα αυτό έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς η Γερμανία συγκαταλέγεται στις χώρες με ιδιαίτερα ανεπτυγμένο θεσμικό και τεχνολογικό πλαίσιο διαχείρισης αποβλήτων. Η σχετικά χαμηλότερη τιμή ενδέχεται να συνδέεται με παράγοντες όπως διαφοροποιήσεις στη δομή της αγοράς ηλεκτρικών συσκευών, διαφορετικά καταναλωτικά πρότυπα, ιδιαιτερότητες στον τρόπο καταγραφής των δεδομένων ή ακόμη και μεγαλύτερη σταθεροποίηση του συστήματος σε ώριμο επίπεδο λειτουργίας (Baldé et al., 2017).

Αντίθετα, η Ελλάδα εμφανίζει τη χαμηλότερη μέση συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο, με 5,85 kg ανά κάτοικο, δηλαδή λιγότερο από το ήμισυ της αντίστοιχης επίδοσης του Βελγίου. Η σημαντική αυτή απόκλιση υποδηλώνει διαχρονικές αδυναμίες στη λειτουργία του ελληνικού συστήματος διαχείρισης ΑΗΗΕ και ενδεχομένως αντανακλά περιορισμούς που σχετίζονται με την πυκνότητα και γεωγραφική προσβασιμότητα των σημείων συλλογής, την ανεπαρκή περιβαλλοντική ενημέρωση, τη χαμηλότερη συμμετοχή των πολιτών και τη

μειωμένη αποτελεσματικότητα εφαρμογής των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης (European Commission, 2023; OECD, 2016).

Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι η συλλογή ΑΗΗΕ —και ειδικότερα ρευμάτων που περιλαμβάνουν λευκές συσκευές— απαιτεί περισσότερο σύνθετες υποδομές σε σχέση με άλλα ρεύματα αποβλήτων, όπως οι φορητές μπαταρίες. Οι λευκές συσκευές χαρακτηρίζονται από μεγάλο όγκο και βάρος, γεγονός που δημιουργεί αυξημένες απαιτήσεις σε μέσα μεταφοράς, χώρους προσωρινής αποθήκευσης, τεχνικό εξοπλισμό και εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Κατά συνέπεια, η αποτελεσματικότητα της συλλογής ΑΗΗΕ φαίνεται να εξαρτάται σε μεγαλύτερο βαθμό από την οικονομική, τεχνική και οργανωτική ικανότητα ενός συστήματος διαχείρισης (Baldé et al., 2017).

Οι μέσες τιμές δείχνουν ότι οι διαφορές μεταξύ των τεσσάρων χωρών παραμένουν σημαντικές ακόμη και όταν εξομαλύνονται οι ετήσιες διακυμάνσεις. Επομένως, το κοινό ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο δεν οδηγεί από μόνο του σε παρόμοιες επιδόσεις. Για την ερμηνεία των διαφορών χρειάζεται να ληφθούν υπόψη και τα χαρακτηριστικά εφαρμογής των εθνικών συστημάτων. (European Commission, 2023; OECD, 2016).



Σχήμα 4.4: Μέση συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο ανά χώρα (2015–2023). Πηγή: Eurostat, dataset `env_waselecos`, ιδία επεξεργασία.

4.3 Περιορισμοί των διαθέσιμων δεδομένων

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η Eurostat δεν παρέχει πλήρως συγκρίσιμα διαχρονικά δεδομένα αποκλειστικά για τις λευκές συσκευές (white goods) για όλες τις εξεταζόμενες χώρες και για ολόκληρη την περίοδο 2015–2023. Για τον λόγο αυτό, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται ο δείκτης συλλογής αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) ανά κάτοικο ως προσεγγιστικός δείκτης αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των συστημάτων που περιλαμβάνουν και τις λευκές συσκευές.

Η επιλογή αυτή θεωρείται μεθοδολογικά αποδεκτή, δεδομένου ότι οι λευκές συσκευές αποτελούν σημαντικό υποσύνολο των ΑΗΗΕ και η λειτουργία των συστημάτων συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας ακολουθεί κοινές θεσμικές και οργανωτικές αρχές. Συνεπώς, τα αποτελέσματα της παρούσας ανάλυσης δεν θα πρέπει να ερμηνεύονται ως αποκλειστική αποτίμηση της διαχείρισης λευκών συσκευών, αλλά ως αξιολόγηση της συνολικής αποτελεσματικότητας των συστημάτων ΑΗΗΕ που περιλαμβάνουν και το συγκεκριμένο ρεύμα αποβλήτων.

4.4 Συσχέτιση επιδόσεων με κοινωνικοοικονομικούς δείκτες

Η απλή σύγκριση των ποσοστών συλλογής και των μέσων τιμών ανά χώρα δείχνει ποιες χώρες έχουν υψηλότερες ή χαμηλότερες επιδόσεις. Ωστόσο, για την ουσιαστικότερη ερμηνεία των διαφορών απαιτείται η σύνδεση των περιβαλλοντικών επιδόσεων με ευρύτερους κοινωνικοοικονομικούς δείκτες. Για τον λόγο αυτό, εξετάζεται η συσχέτιση των επιδόσεων συλλογής με δύο δείκτες χώρας: το ΑΕΠ ανά κάτοικο και τον Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης (HDI). Το ΑΕΠ ανά κάτοικο αποτυπώνει το επίπεδο οικονομικής ευημερίας, ενώ ο HDI αποτελεί σύνθετο δείκτη που ενσωματώνει παραμέτρους όπως το εισόδημα, η εκπαίδευση και το προσδόκιμο ζωής. Με αυτόν τον τρόπο, η ανάλυση επιτρέπει τη διερεύνηση του κατά πόσο η οικονομική και ανθρώπινη ανάπτυξη συνδέονται με την αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων.

4.4.1 Συσχέτιση ποσοστού συλλογής απορριμματικών μπαταριών με το ΑΕΠ ανά κάτοικο

Η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του ποσοστού συλλογής απορριμματικών μπαταριών και του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) ανά κάτοικο αποσκοπεί στην κατανόηση του κατά πόσο η οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας συνδέεται με την αποτελεσματικότητα των συστημάτων συλλογής και διαχείρισης απορριμματικών μπαταριών. Το ΑΕΠ ανά κάτοικο αποτελεί έναν ευρέως χρησιμοποιούμενο δείκτη οικονομικής ευημερίας και συχνά χρησιμοποιείται στη διεθνή βιβλιογραφία ως μεταβλητή που επηρεάζει την περιβαλλοντική επίδοση, καθώς υψηλότερα επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης συνδέονται συνήθως με μεγαλύτερη διαθεσιμότητα οικονομικών πόρων, καλύτερες υποδομές και αυξημένη δυνατότητα εφαρμογής περιβαλλοντικών πολιτικών (OECD, 2016).

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η σχέση μεταξύ του μέσου ποσοστού συλλογής απορριμματικών μπαταριών και του μέσου ΑΕΠ ανά κάτοικο των εξεταζόμενων χωρών για την περίοδο 2015–2023. Η συσχέτιση αποτυπώνεται μέσω διαγράμματος διασποράς (scatter plot), στο οποίο απεικονίζεται η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών, καθώς και μέσω της εκτίμησης γραμμικής τάσης και του συντελεστή προσδιορισμού (R^2).

Εξετάζοντας το Διάγραμμα Διασποράς του Σχήματος 4.5, διαπιστώνουμε ότι η οικονομική ευημερία δεν συνεπάγεται αυτόματα και υψηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης μπαταριών.

Ο συντελεστής προσδιορισμού της σχέσης υπολογίζεται σε $R^2 = 0,1581$, γεγονός που σημαίνει ότι μόλις περίπου **15,8% της μεταβλητότητας** του ποσοστού συλλογής απορριμματικών μπαταριών μπορεί να εξηγηθεί από τις μεταβολές του ΑΕΠ ανά κάτοικο. Η τιμή αυτή θεωρείται σχετικά χαμηλή και υποδηλώνει περιορισμένη ερμηνευτική ισχύ του οικονομικού δείκτη ως προς την αποτελεσματικότητα συλλογής μπαταριών. Με άλλα λόγια, το υψηλότερο εισόδημα μιας χώρας δεν συνεπάγεται αυτομάτως και υψηλότερες περιβαλλοντικές επιδόσεις στον συγκεκριμένο τομέα.

Το εύρημα αυτό γίνεται ιδιαίτερα εμφανές στην περίπτωση της Ιρλανδίας. Παρά το γεγονός ότι η χώρα παρουσιάζει το υψηλότερο επίπεδο ΑΕΠ ανά κάτοικο μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών, δεν εμφανίζει την υψηλότερη επίδοση στη συλλογή

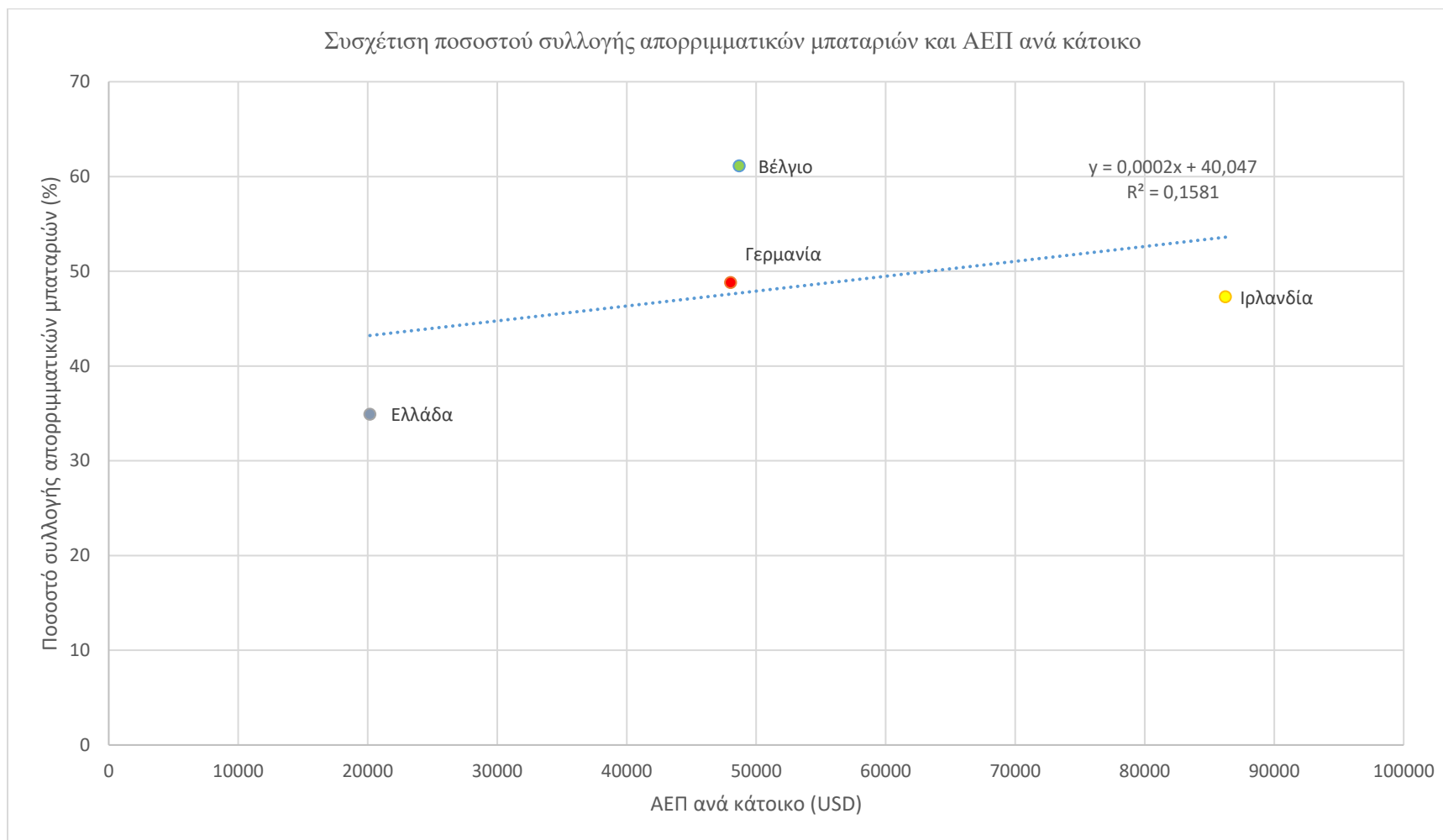
απορριμμάτων μπαταριών. Αντίθετα, το Βέλγιο, με χαμηλότερο επίπεδο ΑΕΠ ανά κάτοικο, παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερο μέσο ποσοστό συλλογής. Η διαφοροποίηση αυτή υποδηλώνει ότι η οικονομική ανάπτυξη, αν και πιθανώς διευκολύνει την ανάπτυξη υποδομών και συστημάτων διαχείρισης, δεν αποτελεί από μόνη της καθοριστικό παράγοντα επιτυχίας.

Η διεθνής βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η αποτελεσματικότητα των συστημάτων συλλογής απορριμμάτων μπαταριών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από θεσμικούς και οργανωτικούς παράγοντες, όπως η ποιότητα εφαρμογής της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (EPR), η πυκνότητα και προσβασιμότητα των σημείων συλλογής, η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των πολιτών και η αποτελεσματικότητα των μηχανισμών εποπτείας (Walls, 2006; Khetriwal et al., 2009). Επομένως, χώρες με αποτελεσματική θεσμική οργάνωση είναι δυνατόν να επιτυγχάνουν υψηλές επιδόσεις ακόμη και χωρίς να διαθέτουν το υψηλότερο επίπεδο οικονομικής ευημερίας.

Στην περίπτωση της Ελλάδας, η σχετικά χαμηλή τιμή ΑΕΠ ανά κάτοικο συνοδεύεται και από χαμηλές επιδόσεις στη συλλογή απορριμμάτων μπαταριών. Ωστόσο, δεδομένου του χαμηλού συντελεστή προσδιορισμού, το αποτέλεσμα αυτό δεν θα πρέπει να αποδοθεί αποκλειστικά σε οικονομικούς περιορισμούς. Αντίθετα, ενδέχεται να αντανακλά συνδυασμό παραγόντων, όπως η περιορισμένη ανάπτυξη υποδομών συλλογής, η ελλιπής ενημέρωση των πολιτών και δυσκολίες στην πρακτική εφαρμογή των μηχανισμών εναλλακτικής διαχείρισης (European Commission, 2023).

Η σχετικά ασθενής σχέση που καταγράφεται μεταξύ του κατά κεφαλήν ΑΕΠ και του ποσοστού συλλογής απορριμμάτων μπαταριών δείχνει ότι η οικονομική δυνατότητα μιας χώρας δεν επαρκεί από μόνη της για να ερμηνεύσει την αποτελεσματικότητα του συστήματος συλλογής. Η βιβλιογραφία επιβεβαιώνει ότι η σχέση οικονομικής ανάπτυξης και επιμέρους ρευμάτων αποβλήτων δεν είναι ομοιόμορφη. Οι Namlis και Komilis (2019), εξετάζοντας δεκατρία διαφορετικά ρεύματα αποβλήτων σε ευρωπαϊκές χώρες, διαπίστωσαν ότι το ΑΕΠ αποτελεί σημαντικό παράγοντα για αρκετά από αυτά, χωρίς όμως η ένταση της σχέσης να είναι ίδια σε όλες τις κατηγορίες. Επομένως, το αποτέλεσμα της παρούσας ανάλυσης υποδηλώνει ότι στην περίπτωση των απορριμμάτων μπαταριών θα

πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και παράγοντες όπως η οργάνωση του δικτύου συλλογής, η εφαρμογή της EPR και η συμμετοχή των πολιτών.



Σχήμα 4.5: Συσχέτιση ΑΕΠ ανά κάτοικο και ποσοστού συλλογής απορριμμάτων. Πηγή: Eurostat, World Bank, ίδια επεξεργασία.

4.4.2 Συσχέτιση ποσοστού συλλογής απορριμμάτων μπαταριών με τον Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης

Πέρα από το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του ποσοστού συλλογής απορριμμάτων μπαταριών και του Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης (Human Development Index – HDI). Σε αντίθεση με το ΑΕΠ ανά κάτοικο, το οποίο αποτυπώνει κυρίως την οικονομική ευημερία, ο HDI αποτελεί έναν σύνθετο δείκτη που ενσωματώνει κοινωνικές και θεσμικές διαστάσεις της ανάπτυξης, όπως το προσδόκιμο ζωής, το επίπεδο εκπαίδευσης και το εισόδημα (United Nations Development Programme [UNDP], 2024). Για τον λόγο αυτό, θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλος για τη διερεύνηση της πιθανής σύνδεσης μεταξύ κοινωνικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής απόδοσης.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η σχέση μεταξύ του μέσου ποσοστού συλλογής απορριμμάτων μπαταριών και του μέσου δείκτη HDI για τις εξεταζόμενες χώρες κατά την περίοδο 2015–2023. Η ανάλυση πραγματοποιείται μέσω διαγράμματος διασποράς (scatter plot), γραμμής τάσης και συντελεστή προσδιορισμού (R^2), ώστε να εκτιμηθεί η ένταση και η κατεύθυνση της σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.6, παρατηρείται σαφώς ισχυρότερη θετική σχέση σε σύγκριση με εκείνη που καταγράφηκε μεταξύ ΑΕΠ ανά κάτοικο και συλλογής απορριμμάτων μπαταριών. Η θετική κλίση της γραμμής τάσης υποδηλώνει ότι οι χώρες με υψηλότερο επίπεδο ανθρώπινης ανάπτυξης τείνουν να εμφανίζουν και υψηλότερες επιδόσεις στη συλλογή απορριμμάτων μπαταριών. Η σχέση αυτή παρουσιάζεται πιο συνεκτική και σταθερή, γεγονός που υποδηλώνει ότι κοινωνικοί και θεσμικοί παράγοντες ενδέχεται να επηρεάζουν ουσιαστικότερα την αποτελεσματικότητα των συστημάτων συλλογής σε σχέση με το καθαρά οικονομικό επίπεδο ανάπτυξης.

Ο συντελεστής προσδιορισμού υπολογίζεται σε $R^2 = 0,5527$, γεγονός που σημαίνει ότι περίπου **55,3% της μεταβλητότητας** του ποσοστού συλλογής απορριμμάτων

μπαταριών μπορεί να εξηγηθεί από τη μεταβολή του Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης. Η τιμή αυτή υποδηλώνει μέτρια προς ισχυρή θετική σχέση και καταδεικνύει ότι ο HDI αποτελεί σημαντικό ερμηνευτικό παράγοντα της περιβαλλοντικής επίδοσης στον συγκεκριμένο τομέα.

Το εύρημα αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς υποδηλώνει ότι η αποτελεσματικότητα των συστημάτων συλλογής απορριμματικών μπαταριών δεν εξαρτάται αποκλειστικά από οικονομικούς πόρους, αλλά και από ευρύτερα χαρακτηριστικά κοινωνικής και θεσμικής ανάπτυξης. Υψηλότερο επίπεδο εκπαίδευσης, μεγαλύτερη περιβαλλοντική ενημέρωση, καλύτερη λειτουργία δημόσιων θεσμών και υψηλότερος βαθμός κοινωνικής συμμετοχής ενδέχεται να δημιουργούν ευνοϊκότερες συνθήκες για την ανάπτυξη και λειτουργία αποτελεσματικών συστημάτων συλλογής και ανακύκλωσης (OECD, 2016).

Η περίπτωση του Βελγίου είναι χαρακτηριστική, καθώς η χώρα παρουσιάζει πολύ υψηλό επίπεδο HDI και ταυτόχρονα την υψηλότερη επίδοση στη συλλογή απορριμματικών μπαταριών μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών. Η επίδοση αυτή ενδέχεται να αντανακλά όχι μόνο την ύπαρξη οργανωμένων συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης, αλλά και αυξημένο επίπεδο περιβαλλοντικής κουλτούρας και συμμετοχής των πολιτών στη διαδικασία ανακύκλωσης. Παρόμοια εικόνα εμφανίζει και η Γερμανία, η οποία παρουσιάζει υψηλό HDI και σταθερές επιδόσεις στη συλλογή απορριμματικών μπαταριών.

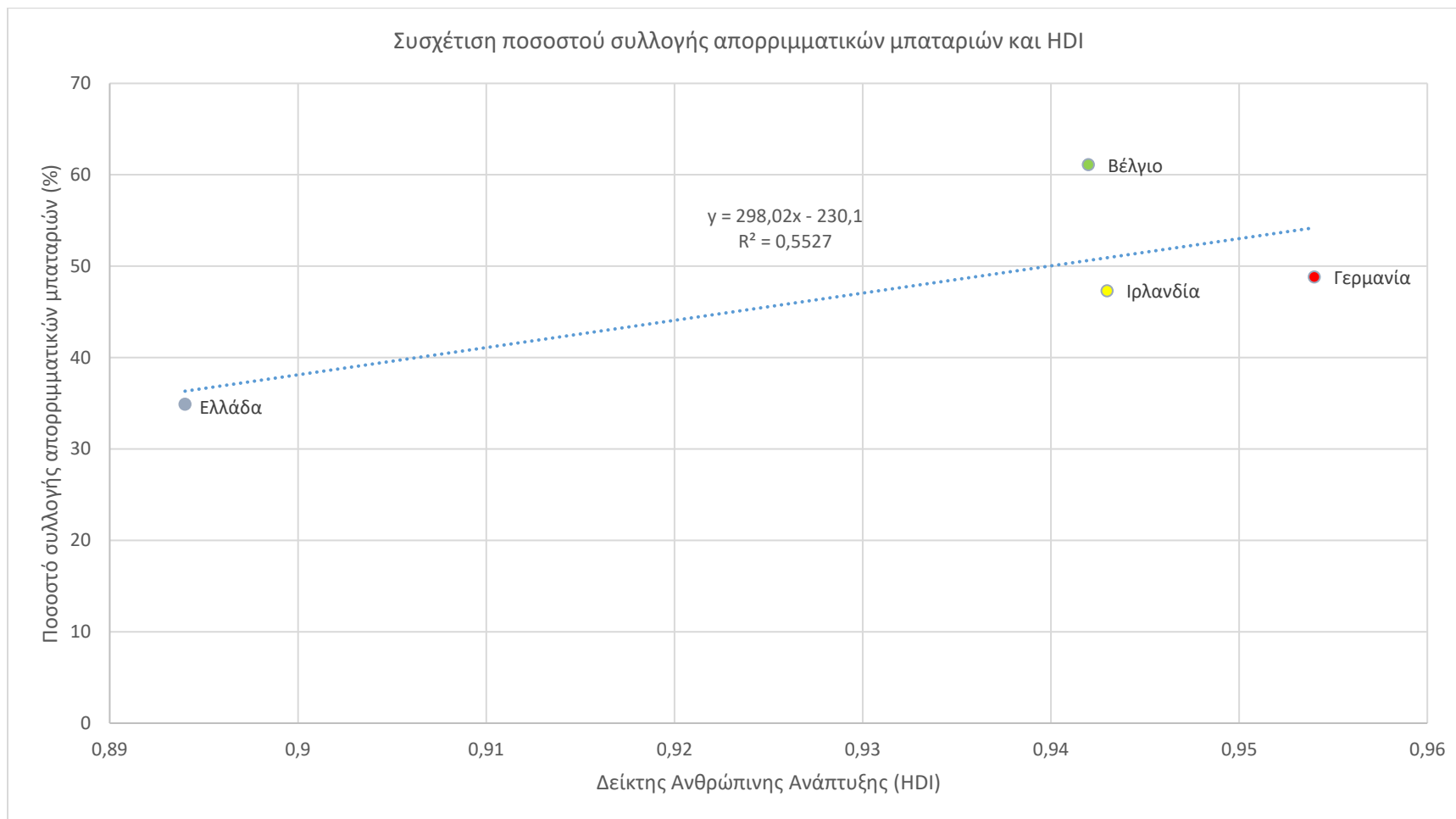
Αντίθετα, η Ελλάδα εμφανίζει τον χαμηλότερο δείκτη ανθρώπινης ανάπτυξης μεταξύ των τεσσάρων χωρών και ταυτόχρονα τις χαμηλότερες επιδόσεις στη συλλογή απορριμματικών μπαταριών. Το εύρημα αυτό ενδέχεται να υποδηλώνει ότι οι δυσκολίες του ελληνικού συστήματος σχετίζονται όχι μόνο με οικονομικούς περιορισμούς αλλά και με ευρύτερα ζητήματα θεσμικής οργάνωσης, περιβαλλοντικής ενημέρωσης και κοινωνικής συμμετοχής.

Η διεθνής βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι η επιτυχία των συστημάτων εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (Extended Producer Responsibility – EPR) εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό

από κοινωνικούς και θεσμικούς παράγοντες, όπως η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των πολιτών, η σαφήνεια των κανονιστικών μηχανισμών και η αποτελεσματικότητα των διαδικασιών εποπτείας και ελέγχου (Walls, 2006; Khetriwal et al., 2009). Επομένως, η ισχυρότερη σχέση μεταξύ HDI και συλλογής μπαταριών φαίνεται να επιβεβαιώνει ότι η αποτελεσματικότητα των περιβαλλοντικών πολιτικών συνδέεται στενά με το ευρύτερο επίπεδο κοινωνικής ανάπτυξης.

Σε σύγκριση με το κατά κεφαλήν ΑΕΠ, ο HDI παρουσιάζει ισχυρότερη γραμμική σχέση με την επίδοση συλλογής των απορριμματικών μπαταριών. Το αποτέλεσμα αυτό έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς ο HDI δεν αποτυπώνει αποκλειστικά την οικονομική κατάσταση μιας χώρας, αλλά ένα ευρύτερο επίπεδο ανθρώπινης ανάπτυξης. Η επιλογή του συγκεκριμένου δείκτη υποστηρίζεται και από προηγούμενη ευρωπαϊκή έρευνα, στην οποία ο HDI χρησιμοποιήθηκε μαζί με το ΑΕΠ για τη διερεύνηση της σχέσης κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών και διαφορετικών ρευμάτων αποβλήτων (Namlis & Komilis, 2019). Στην παρούσα εργασία, ωστόσο, το αποτέλεσμα πρέπει να αντιμετωπιστεί ως διερευνητικό και όχι ως απόδειξη αιτιώδους σχέσης, λόγω του περιορισμένου αριθμού χωρών που περιλαμβάνονται στην ανάλυση.

.



Σχήμα 4.6: Συσχέτιση HDI και ποσοστού συλλογής απορριμμάτων. Πηγή: Eurostat, UNDP, ίδια επεξεργασία.

4.4.3 Συσχέτιση συλλογής ΑΗΗΕ με το ΑΕΠ ανά κάτοικο

Η διαχείριση αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ), και ειδικότερα των λευκών συσκευών, διαφοροποιείται ουσιαστικά από τη διαχείριση απορριμματικών μπαταριών, καθώς απαιτεί σημαντικά πιο σύνθετες υποδομές συλλογής, μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης και επεξεργασίας. Οι λευκές συσκευές χαρακτηρίζονται από μεγάλο όγκο και βάρος, ενώ συχνά απαιτούν ειδικό εξοπλισμό για τη συλλογή και απορρύπανσή τους πριν την ανακύκλωση. Για τον λόγο αυτό, θεωρείται εύλογο να εξεταστεί εάν το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας επηρεάζει την αποτελεσματικότητα των συστημάτων συλλογής ΑΗΗΕ.

Στην παρούσα ενότητα διερευνάται η σχέση μεταξύ της συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο (kg/κάτοικο) και του ΑΕΠ ανά κάτοικο για τις εξεταζόμενες χώρες κατά την περίοδο 2015–2023. Η χρήση του ΑΕΠ ανά κάτοικο επιτρέπει την αποτύπωση της γενικότερης οικονομικής δυνατότητας κάθε χώρας να επενδύει σε τεχνικές υποδομές, μηχανισμούς συλλογής και συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης (World Bank, 2024).

Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.7, παρατηρείται σαφής θετική γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Η θετική κλίση της γραμμής τάσης υποδηλώνει ότι οι χώρες με υψηλότερο ΑΕΠ ανά κάτοικο τείνουν να παρουσιάζουν και υψηλότερα επίπεδα συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο. Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν στη συλλογή απορριμματικών μπαταριών, η σχέση αυτή εμφανίζεται αισθητά ισχυρότερη.

Ο συντελεστής προσδιορισμού της σχέσης ανέρχεται σε $R^2 = 0,5713$, γεγονός που σημαίνει ότι περίπου **57,1% της μεταβλητότητας** της συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο μπορεί να εξηγηθεί από τη μεταβολή του ΑΕΠ ανά κάτοικο. Η τιμή αυτή υποδηλώνει μέτρια προς ισχυρή θετική σχέση μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και επιδόσεων συλλογής ΑΗΗΕ και δείχνει ότι το οικονομικό επίπεδο μιας χώρας αποτελεί σημαντικό παράγοντα ερμηνείας της αποτελεσματικότητας των συστημάτων διαχείρισης.

Το εύρημα αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από τις αυξημένες τεχνικές και οικονομικές απαιτήσεις της διαχείρισης ΑΗΗΕ. Η συλλογή λευκών συσκευών απαιτεί επενδύσεις σε ειδικά σημεία συγκέντρωσης, δίκτυα μεταφοράς, εξειδικευμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας και τεχνικό προσωπικό. Επιπλέον, η ανάπτυξη και λειτουργία αποτελεσματικών συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης προϋποθέτει διοικητική ικανότητα και επαρκή χρηματοδότηση, στοιχεία που συχνά συνδέονται με υψηλότερο επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης (European Environment Agency, 2021).

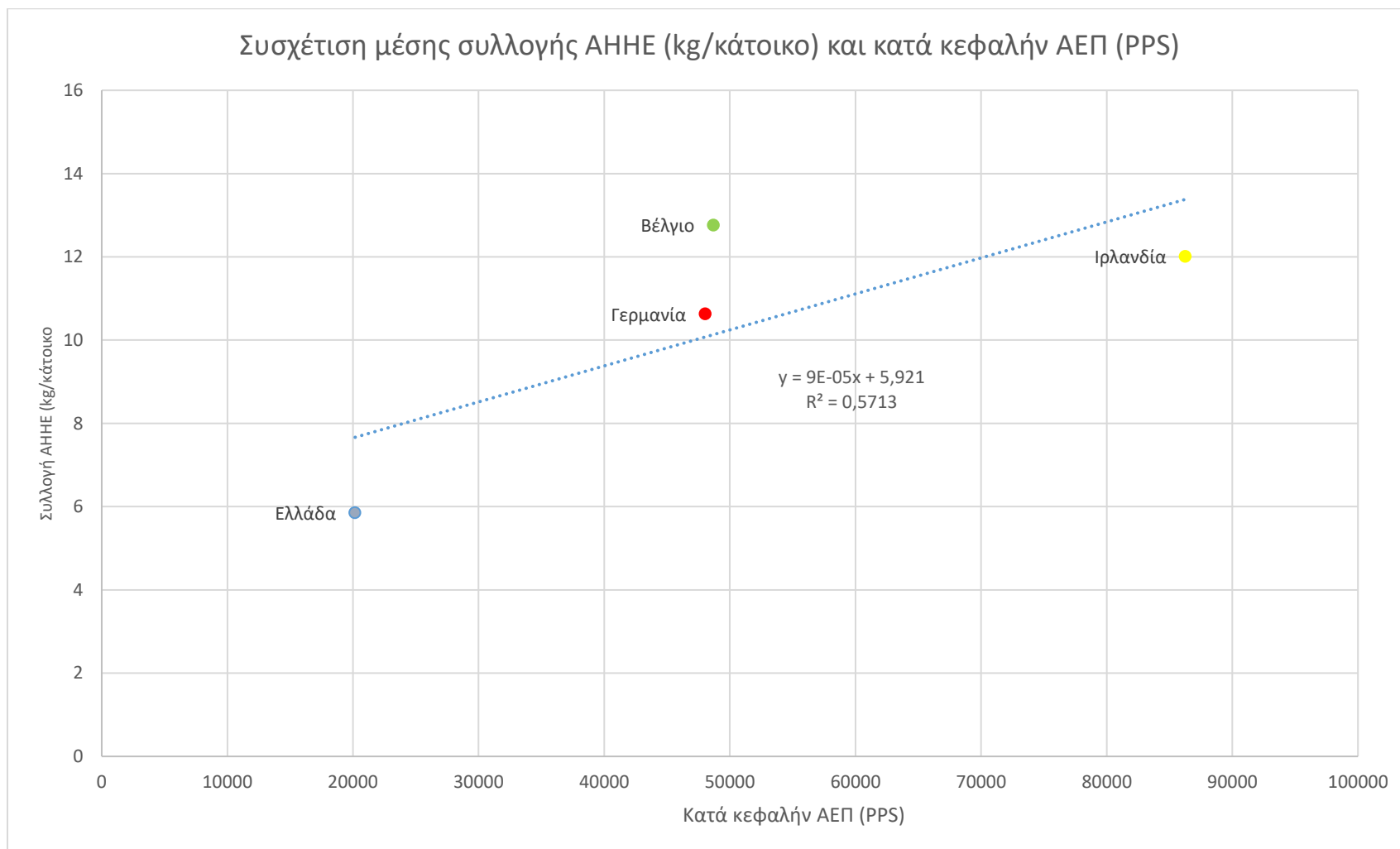
Η περίπτωση της Ιρλανδίας είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστική, καθώς η χώρα παρουσιάζει εξαιρετικά υψηλό ΑΕΠ ανά κάτοικο και ταυτόχρονα υψηλές επιδόσεις στη συλλογή ΑΗΗΕ. Αντίστοιχα, το Βέλγιο εμφανίζει υψηλές τιμές τόσο στον οικονομικό δείκτη όσο και στη συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο, γεγονός που επιβεβαιώνει τη θετική σχέση μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής επίδοσης.

Η Γερμανία, αν και διαθέτει υψηλό επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης, εμφανίζει ελαφρώς χαμηλότερες επιδόσεις στη συλλογή ΑΗΗΕ συγκριτικά με το Βέλγιο και την Ιρλανδία. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι, παρότι το ΑΕΠ αποτελεί σημαντικό παράγοντα, δεν εξηγεί πλήρως τις διαφοροποιήσεις μεταξύ των χωρών. Παράγοντες όπως οι καταναλωτικές συνήθειες, η οργάνωση των συστημάτων συλλογής, οι εθνικές πολιτικές εφαρμογής και οι μέθοδοι καταγραφής των δεδομένων ενδέχεται επίσης να επηρεάζουν τις τελικές επιδόσεις (Eurostat, 2023).

Αντίθετα, η Ελλάδα εμφανίζει το χαμηλότερο ΑΕΠ ανά κάτοικο μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών και ταυτόχρονα τη χαμηλότερη μέση συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο. Το εύρημα αυτό ενδέχεται να αντανakλά περιορισμένη διαθεσιμότητα υποδομών, χαμηλότερο βαθμό επενδύσεων σε συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης και δυσκολίες στην αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος συλλογής. Παράλληλα, η χαμηλότερη επίδοση μπορεί να συνδέεται και με θεσμικές ή κοινωνικές παραμέτρους, γεγονός που δείχνει ότι η οικονομική ανάπτυξη από μόνη της δεν αρκεί για την πλήρη ερμηνεία της περιβαλλοντικής απόδοσης.

Η διεθνής βιβλιογραφία επισημαίνει ότι η αποτελεσματική διαχείριση ΑΗΗΕ εξαρτάται τόσο από τη διαθεσιμότητα οικονομικών πόρων όσο και από τη θεσμική οργάνωση, την εφαρμογή της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (Extended Producer Responsibility – EPR), την επάρκεια των μηχανισμών εποπτείας και τη συμμετοχή των πολιτών στη διαδικασία ανακύκλωσης (Khetriwal et al., 2009; OECD, 2016).

Σε αντίθεση με τις απορριμματικές μπαταρίες, στην περίπτωση των ΑΗΗΕ παρατηρείται σαφώς ισχυρότερη σχέση με το κατά κεφαλήν ΑΕΠ. Το εύρημα αυτό παρουσιάζει ενδιαφέρον σε σύγκριση με τη διεθνή βιβλιογραφία. Οι Namlis και Komilis (2019) διαπίστωσαν ότι, μεταξύ των εξεταζόμενων ειδικών ρευμάτων αποβλήτων, τα ΑΗΗΕ εμφάνιζαν ιδιαίτερα ισχυρή θετική συσχέτιση με το ΑΕΠ. Ωστόσο, η σχέση οικονομικού επιπέδου και αποτελεσματικότητας των συστημάτων ΑΗΗΕ παραμένει σύνθετη. Οι Sousa et al. (2018), εξετάζοντας ευρωπαϊκά συστήματα ΑΗΗΕ, κατέγραψαν ετερογενείς και γενικά ασθενέστερες από τις αναμενόμενες σχέσεις μεταξύ του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, των τελών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού και των επιδόσεων συλλογής. Κατά συνέπεια, η οικονομική δυνατότητα φαίνεται να δημιουργεί ευνοϊκές προϋποθέσεις, χωρίς να εξασφαλίζει από μόνη της υψηλή περιβαλλοντική επίδοση.



Σχήμα 4.7. Συσχέτιση μέσης συλλογής ΑΗΗΕ (kg/κάτοικο) και κατά κεφαλήν ΑΕΠ (PPS) στις εξεταζόμενες χώρες για την περίοδο 2015–2023. **Πηγή:** Eurostat (env_waseleees), Eurostat GDP per capita (PPS), ίδια επεξεργασία.

4.4.4 Συσχέτιση συλλογής ΑΗΗΕ με τον Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης (HDI)

Η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της συλλογής αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) και του Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης (Human Development Index – HDI) παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς επιτρέπει την κατανόηση του κατά πόσο η αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης συνδέεται με ευρύτερες κοινωνικές και θεσμικές παραμέτρους. Σε αντίθεση με το ΑΕΠ ανά κάτοικο, το οποίο αποτυπώνει κυρίως το επίπεδο οικονομικής ευημερίας, ο HDI αποτελεί έναν σύνθετο δείκτη που συνδυάζει μεταβλητές σχετικές με την εκπαίδευση, την υγεία και το εισόδημα, αποδίδοντας μια πληρέστερη εικόνα της συνολικής ανάπτυξης μιας χώρας (United Nations Development Programme [UNDP], 2024).

Η επιλογή του δείκτη HDI στην παρούσα εργασία βασίζεται στην υπόθεση ότι η αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων συλλογής ΑΗΗΕ δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την ύπαρξη οικονομικών πόρων, αλλά και από το επίπεδο κοινωνικής οργάνωσης, περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, θεσμικής λειτουργίας και συμμετοχής των πολιτών. Τα συστήματα συλλογής ΑΗΗΕ, και ειδικότερα εκείνα που αφορούν λευκές συσκευές, απαιτούν ενεργή συμμετοχή των καταναλωτών, ενημέρωση σχετικά με τις διαδικασίες απόρριψης και εμπιστοσύνη στη λειτουργία των μηχανισμών ανακύκλωσης.

Στο πλαίσιο αυτό, εξετάζεται η σχέση μεταξύ της μέσης συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο (kg/κάτοικο) και του μέσου Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης για τις εξεταζόμενες χώρες κατά την περίοδο 2015–2023. Η ανάλυση πραγματοποιείται μέσω διαγράμματος διασποράς (scatter plot), γραμμής τάσης και συντελεστή προσδιορισμού (R^2), ώστε να αποτυπωθεί η ένταση της σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.8, η σχέση μεταξύ συλλογής ΑΗΗΕ και HDI εμφανίζεται ιδιαίτερα ισχυρή και σαφώς εντονότερη σε σύγκριση με όλες τις προηγούμενες συσχετίσεις που εξετάστηκαν. Η θετική κλίση της γραμμής τάσης

υποδηλώνει ότι οι χώρες με υψηλότερο επίπεδο ανθρώπινης ανάπτυξης τείνουν να παρουσιάζουν και υψηλότερα επίπεδα συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο.

Ο συντελεστής προσδιορισμού υπολογίζεται σε $R^2 = 0,7799$, γεγονός που σημαίνει ότι περίπου **78% της μεταβλητότητας** της συλλογής ΑΗΗΕ ανά κάτοικο μπορεί να εξηγηθεί από τη μεταβολή του Δείκτη Ανθρώπινης Ανάπτυξης. Η συγκεκριμένη τιμή αποτελεί την ισχυρότερη γραμμική σχέση που προέκυψε από τις αναλύσεις των κοινωνικοοικονομικών δεικτών της παρούσας εργασίας. Η εικόνα αυτή υποδηλώνει ότι η επίδοση στη συλλογή ΑΗΗΕ ενδέχεται να σχετίζεται περισσότερο με το συνολικό επίπεδο ανάπτυξης μιας χώρας παρά αποκλειστικά με την οικονομική της δυνατότητα. Η ερμηνεία αυτή είναι συμβατή με τη βιβλιογραφία που εξετάζει τα ΑΗΗΕ μέσα σε ένα ευρύτερο κοινωνικοοικονομικό πλαίσιο. Οι Namlis και Komilis (2019) κατέγραψαν ισχυρές σχέσεις των ΑΗΗΕ τόσο με το ΑΕΠ όσο και με τον HDI. Παρ' όλα αυτά, λόγω του μικρού αριθμού χωρών της παρούσας μελέτης, η υψηλή τιμή του R^2 δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τεκμηρίωση αιτιώδους σχέσης. Αποτελεί κυρίως ένδειξη ότι το ευρύτερο επίπεδο ανθρώπινης ανάπτυξης αξίζει να εξεταστεί περαιτέρω σε μεγαλύτερο δείγμα χωρών

Το αποτέλεσμα αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερη σημασία για την κατανόηση των διαφορών μεταξύ των χωρών. Η ισχυρή σχέση υποδηλώνει ότι η αποτελεσματική συλλογή ΑΗΗΕ συνδέεται στενά όχι μόνο με την οικονομική δυνατότητα μιας χώρας, αλλά και με την ποιότητα των θεσμών, το επίπεδο εκπαίδευσης, την περιβαλλοντική ενημέρωση και τη γενικότερη κοινωνική οργάνωση. Οι χώρες με υψηλότερο επίπεδο ανθρώπινης ανάπτυξης φαίνεται να διαθέτουν καλύτερα οργανωμένες διοικητικές δομές, αποτελεσματικότερους μηχανισμούς περιβαλλοντικής διακυβέρνησης και υψηλότερο βαθμό συμμετοχής των πολιτών σε δράσεις ανακύκλωσης και περιβαλλοντικής προστασίας (OECD, 2016).

Η περίπτωση του Βελγίου είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστική, καθώς συνδυάζει πολύ υψηλό επίπεδο HDI με την υψηλότερη μέση συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών. Η επίδοση αυτή πιθανώς αντανακλά όχι μόνο την ύπαρξη ανεπτυγμένων τεχνικών υποδομών, αλλά και υψηλό βαθμό περιβαλλοντικής

ευαισθητοποίησης των πολιτών, αποτελεσματική εφαρμογή της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (Extended Producer Responsibility – EPR) και λειτουργία ώριμων συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης.

Αντίστοιχα, η Ιρλανδία παρουσιάζει υψηλές επιδόσεις τόσο στον HDI όσο και στη συλλογή ΑΗΗΕ, γεγονός που επιβεβαιώνει τη γενικότερη τάση της συσχέτισης. Παρότι η χώρα διαθέτει μικρότερο πληθυσμό και διαφορετική διοικητική δομή σε σχέση με τη Γερμανία ή το Βέλγιο, η ισχυρή περιβαλλοντική οργάνωση και η αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων συλλογής φαίνεται να συμβάλλουν ουσιαστικά στις επιδόσεις της.

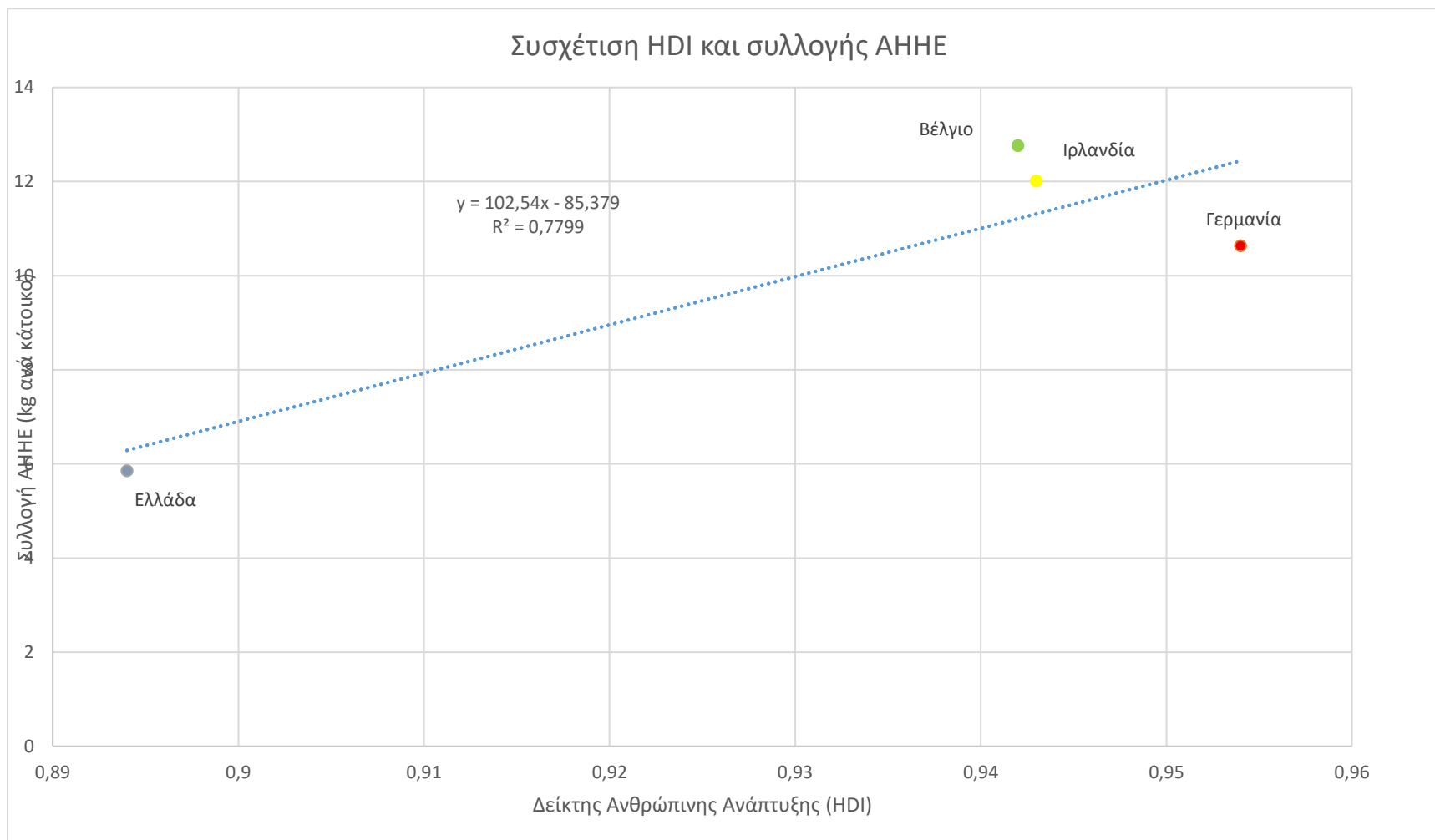
Η Γερμανία εμφανίζει επίσης ιδιαίτερα υψηλό HDI και υψηλές επιδόσεις στη συλλογή ΑΗΗΕ, χωρίς ωστόσο να καταγράφει τις υψηλότερες τιμές στον δείκτη συλλογής. Το εύρημα αυτό δείχνει ότι, παρότι η σχέση είναι ισχυρή, εξακολουθούν να υπάρχουν ειδικοί εθνικοί παράγοντες που επηρεάζουν την τελική επίδοση, όπως η δομή της αγοράς, οι καταναλωτικές πρακτικές, οι μέθοδοι καταγραφής ή ο τρόπος λειτουργίας των επιμέρους συστημάτων διαχείρισης (European Environment Agency, 2021).

Αντίθετα, η Ελλάδα εμφανίζει τον χαμηλότερο HDI μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών και ταυτόχρονα τη χαμηλότερη συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο. Η εικόνα αυτή φαίνεται να επιβεβαιώνει ότι οι χαμηλότερες επιδόσεις δεν συνδέονται αποκλειστικά με οικονομικούς περιορισμούς, αλλά και με ζητήματα θεσμικής λειτουργίας, περιορισμένης περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και αδυναμιών στη συνολική οργάνωση του συστήματος συλλογής.

Η διεθνής βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι η επιτυχία των συστημάτων διαχείρισης ΑΗΗΕ συνδέεται στενά με την περιβαλλοντική εκπαίδευση, την κοινωνική συμμετοχή, τη σαφήνεια του θεσμικού πλαισίου και την αποτελεσματική εφαρμογή της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (Khetriwal et al., 2009; Saphores et al., 2012). Το εύρημα της παρούσας εργασίας φαίνεται να επιβεβαιώνει αυτή τη θεωρητική προσέγγιση,

υποδεικνύοντας ότι οι χώρες με υψηλότερο επίπεδο ανθρώπινης ανάπτυξης διαθέτουν και πιο αποτελεσματικά συστήματα συλλογής και διαχείρισης ΑΗΗΕ.

Συνολικά, η ανάλυση δείχνει ότι ο Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης αποτελεί τον ισχυρότερο ερμηνευτικό παράγοντα των διαφοροποιήσεων που παρατηρούνται στη συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών. Το εύρημα αυτό ενισχύει την άποψη ότι η αποτελεσματική διαχείριση αποβλήτων απαιτεί όχι μόνο οικονομικούς πόρους και τεχνικές υποδομές, αλλά και υψηλό επίπεδο κοινωνικής και θεσμικής ανάπτυξης, περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και ενεργού συμμετοχής των πολιτών (European Commission, 2023; OECD, 2016).



Σχήμα 4.8: Συσχέτιση HDI και ποσοστού συλλογής ΑΗΗΕ. Πηγή: Eurostat, UNDP, ιδία επεξεργασία.

4.5 Συνολική σύγκριση επιδόσεων μεταξύ χωρών

Η συνολική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της παρούσας ανάλυσης αναδεικνύει σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών ως προς την αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων μπαταριών και αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Παρότι όλες οι χώρες λειτουργούν υπό το ίδιο ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο, το οποίο βασίζεται στην αρχή της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού (Extended Producer Responsibility – EPR), τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η εφαρμογή της πολιτικής αυτής διαφέρει σημαντικά σε εθνικό επίπεδο, οδηγώντας σε διαφορετικές επιδόσεις (European Commission, 2023).

Η συγκριτική ανάλυση καταδεικνύει ότι το **Βέλγιο** εμφανίζει την υψηλότερη συνολική επίδοση μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών. Η χώρα παρουσιάζει το μεγαλύτερο μέσο ποσοστό συλλογής απορριμμάτων μπαταριών (61,1%) και τη μεγαλύτερη μέση συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο (12,76 kg/κάτοικο). Επιπλέον, οι επιδόσεις αυτές διατηρούνται σταθερές καθ' όλη την εξεταζόμενη περίοδο, γεγονός που υποδηλώνει υψηλό βαθμό θεσμικής ωριμότητας, επαρκή οργάνωση των συστημάτων συλλογής και αποτελεσματική εφαρμογή της αρχής της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού. Η εικόνα αυτή ενδέχεται να σχετίζεται με την ύπαρξη εκτεταμένου δικτύου συλλογής, την υψηλή περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των πολιτών και την αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ κρατικών φορέων και ιδιωτικών συστημάτων διαχείρισης (OECD, 2016).

Η **Γερμανία** παρουσιάζει επίσης ιδιαίτερα υψηλές και σταθερές επιδόσεις, τόσο στη συλλογή απορριμμάτων μπαταριών όσο και στη συλλογή ΑΗΗΕ. Παρότι δεν εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές στους εξεταζόμενους δείκτες, η διαχρονική σταθερότητα των αποτελεσμάτων της αποτελεί ένδειξη ισχυρής θεσμικής συνέπειας και αποτελεσματικής λειτουργίας των μηχανισμών συλλογής και διαχείρισης. Το γεγονός ότι οι επιδόσεις της Γερμανίας δεν υπερβαίνουν πάντοτε εκείνες του Βελγίου ή της Ιρλανδίας δείχνει ότι η ύπαρξη υψηλού επιπέδου οικονομικής και ανθρώπινης ανάπτυξης δεν εγγυάται αυτόματα την καλύτερη επίδοση, αλλά αλληλεπιδρά με ειδικούς εθνικούς παράγοντες, όπως η δομή

της αγοράς, οι καταναλωτικές πρακτικές και ο τρόπος οργάνωσης των συλλογικών συστημάτων διαχείρισης (European Environment Agency, 2021).

Η **Ιρλανδία** παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς εμφανίζει πολύ υψηλές επιδόσεις στη συλλογή ΑΗΗΕ και σχετικά υψηλές επιδόσεις στη συλλογή απορριμμάτων μπαταριών, παρά το μικρότερο μέγεθος αγοράς και πληθυσμού. Η χώρα εμφανίζει σημαντική βελτίωση κατά την εξεταζόμενη περίοδο, στοιχείο που υποδηλώνει ότι το σύστημα διαχείρισης βρίσκεται σε φάση ενίσχυσης και σταδιακής ωρίμανσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η υψηλή οικονομική και ανθρώπινη ανάπτυξη της χώρας συνοδεύεται από αποτελεσματική περιβαλλοντική διακυβέρνηση και οργανωμένη εφαρμογή πολιτικών συλλογής και ανακύκλωσης. Ωστόσο, η διαφοροποίηση που παρατηρείται μεταξύ συλλογής ΑΗΗΕ και μπαταριών υποδεικνύει ότι η αποτελεσματικότητα μπορεί να διαφοροποιείται ακόμη και μεταξύ διαφορετικών ρευμάτων αποβλήτων εντός της ίδιας χώρας.

Αντίθετα, η **Ελλάδα** παρουσιάζει διαχρονικά τις χαμηλότερες επιδόσεις και στους δύο δείκτες, γεγονός που υποδηλώνει την ύπαρξη συστημικών αδυναμιών στη λειτουργία των μηχανισμών εναλλακτικής διαχείρισης. Η χώρα εμφανίζει το χαμηλότερο μέσο ποσοστό συλλογής απορριμμάτων μπαταριών (34,9%) και τη χαμηλότερη μέση συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο (5,85 kg/κάτοικο), ενώ παράλληλα παρουσιάζει μεγαλύτερη μεταβλητότητα στις επιδόσεις της κατά την εξεταζόμενη περίοδο. Η εικόνα αυτή φαίνεται να συνδέεται με περιορισμούς στη διαθεσιμότητα και προσβασιμότητα των σημείων συλλογής, μικρότερη συμμετοχή των πολιτών, αδυναμίες εφαρμογής της EPR και ανεπαρκή εποπτεία των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης (Khetriwal et al., 2009).

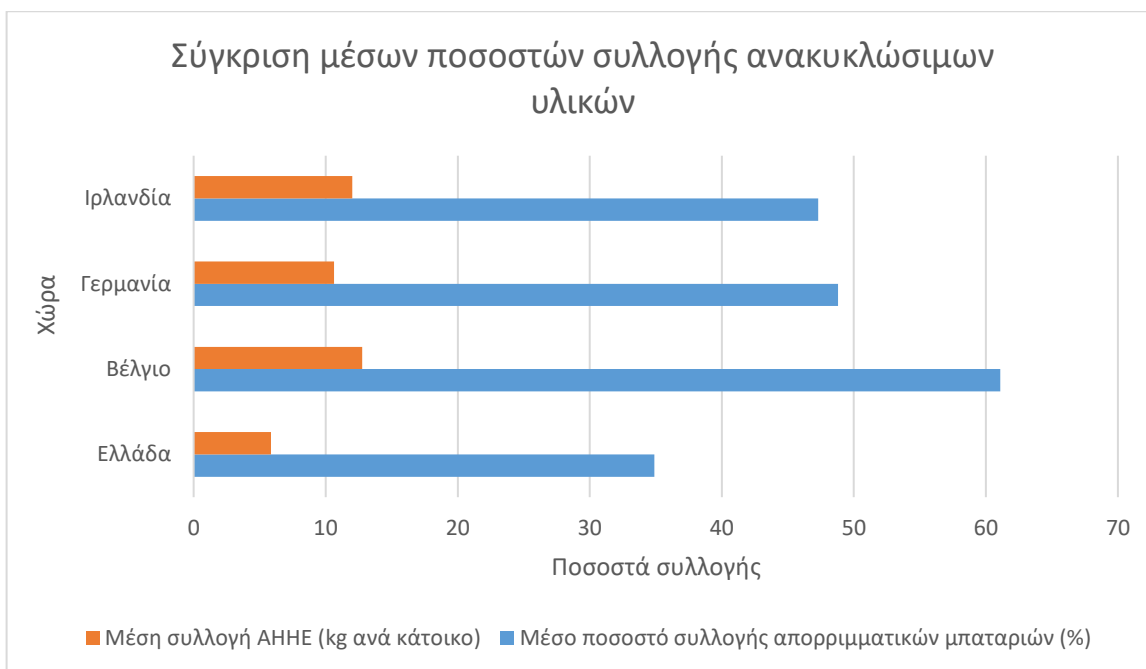
Η ανάλυση των συσχετίσεων με τους κοινωνικοοικονομικούς δείκτες παρέχει ένα επιπλέον επίπεδο ερμηνείας των διαφορών μεταξύ των χωρών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η σχέση μεταξύ **ΑΕΠ ανά κάτοικο και συλλογής απορριμμάτων μπαταριών** είναι σχετικά ασθενής ($R^2 = 0,1581$), γεγονός που υποδηλώνει ότι η οικονομική ανάπτυξη δεν αρκεί από μόνη της για την επίτευξη υψηλών επιδόσεων στη συλλογή μπαταριών. Αντίθετα, ο **Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης (HDI)** παρουσίασε αισθητά ισχυρότερη σχέση ($R^2 = 0,5527$), γεγονός που δείχνει ότι παράγοντες όπως το επίπεδο εκπαίδευσης, η

κοινωνική οργάνωση, η θεσμική αποτελεσματικότητα και η περιβαλλοντική ενημέρωση επηρεάζουν ουσιαστικά τη λειτουργία των συστημάτων συλλογής.

Στην περίπτωση των **ΑΗΗΕ**, η οικονομική ανάπτυξη φαίνεται να έχει σημαντικότερη επίδραση. Η σχέση μεταξύ **ΑΕΠ ανά κάτοικο και συλλογής ΑΗΗΕ** παρουσιάζεται μέτρια προς ισχυρή ($R^2 = 0,5713$), γεγονός που είναι αναμενόμενο λόγω των αυξημένων τεχνικών και οικονομικών απαιτήσεων των συστημάτων διαχείρισης λευκών συσκευών. Παράλληλα, η σχέση μεταξύ **HDI και συλλογής ΑΗΗΕ** είναι η ισχυρότερη που παρατηρήθηκε στην παρούσα εργασία ($R^2 = 0,7799$), υποδηλώνοντας ότι η αποτελεσματικότητα των συστημάτων ΑΗΗΕ συνδέεται στενά με το επίπεδο ανθρώπινης ανάπτυξης και την ποιότητα της θεσμικής λειτουργίας.

Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τη διεθνή βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία η επιτυχία των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων δεν εξαρτάται αποκλειστικά από οικονομικούς πόρους ή νομοθετικές προβλέψεις, αλλά και από την αποτελεσματική εφαρμογή πολιτικών, την κοινωνική αποδοχή, την ενημέρωση των πολιτών και τη θεσμική ικανότητα διαχείρισης (Saphores et al., 2012; OECD, 2016). Επομένως, η βελτίωση των επιδόσεων δεν μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσω τεχνικών ή οικονομικών παρεμβάσεων, αλλά απαιτεί συνολική ενίσχυση του θεσμικού πλαισίου, της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και της κοινωνικής συμμετοχής.

Η συνολική εικόνα δείχνει ότι οι διαφορές μεταξύ των χωρών δεν περιορίζονται σε ένα μόνο ρεύμα αποβλήτων. Η σχετικά σταθερή θέση των χωρών και στα δύο εξεταζόμενα ρεύματα υποδηλώνει ότι μέρος της διαφοροποίησης μπορεί να συνδέεται με ευρύτερα χαρακτηριστικά των εθνικών συστημάτων. Η παρατήρηση αυτή συμφωνεί με τα ευρήματα των Favot et al. (2022), οι οποίοι, εξετάζοντας 28 ευρωπαϊκά συστήματα EPR για ΑΗΗΕ, διαπίστωσαν σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς την οργανωτική δομή, τον βαθμό ρύθμισης και το επίπεδο ανταγωνισμού, παρά την ύπαρξη κοινών ευρωπαϊκών στόχων.



Σχήμα 4.9 : Σύγκριση μέσων ποσοστών συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών

4.5.1 Συγκριτική αξιολόγηση επιδόσεων των συστημάτων διαχείρισης

Η συγκριτική αξιολόγηση των εθνικών συστημάτων πραγματοποιήθηκε βάσει αντικειμενικών ποσοτικών κριτηρίων που ορίστηκαν με γνώμονα τους ευρωπαϊκούς στόχους. Ειδικότερα, για τη συλλογή απορριμμάτων μπαταριών, ως «**Υψηλή**» ορίζεται η μέση διαχρονική επίδοση που υπερβαίνει το 45% (εγγύτητα ή υπέρβαση του ευρωπαϊκού στόχου), ως «**Μέτρια**» η επίδοση μεταξύ 40%–45% και ως «**Χαμηλή**» η επίδοση κάτω από 40%. Αναφορικά με τη συλλογή ΑΗΗΕ, ως «**Υψηλή**» ορίζεται η συλλογή άνω των 10 kg ανά κάτοικο, ως «**Μέτρια**» η συλλογή μεταξύ 7–10 kg ανά κάτοικο και ως «**Χαμηλή**» η συλλογή κάτω από 7 kg ανά κάτοικο.

Βάσει των ανωτέρω σταθερών κατώφλιων, προκύπτει η συνδυαστική ποιοτική αποτίμηση των συστημάτων, η οποία αποτυπώνεται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Συγκριτική αξιολόγηση επιδόσεων των συστημάτων διαχείρισης. Πηγή: επεξεργασία δεδομένων Eurostat (2023)

Χώρα	Συλλογή απορριμματικών μπαταριών	Συλλογή ΑΗΗΕ	Διαχρονική εξέλιξη επιδόσεων	Συνολική αξιολόγηση
Ελλάδα	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Βέλγιο	Υψηλή	Υψηλή	Σταθερή	Πολύ υψηλή
Γερμανία	Υψηλή	Υψηλή	Σταθερή	Υψηλή
Ιρλανδία	Μέτρια	Υψηλή	Βελτιούμενη	Μέτρια προς υψηλή

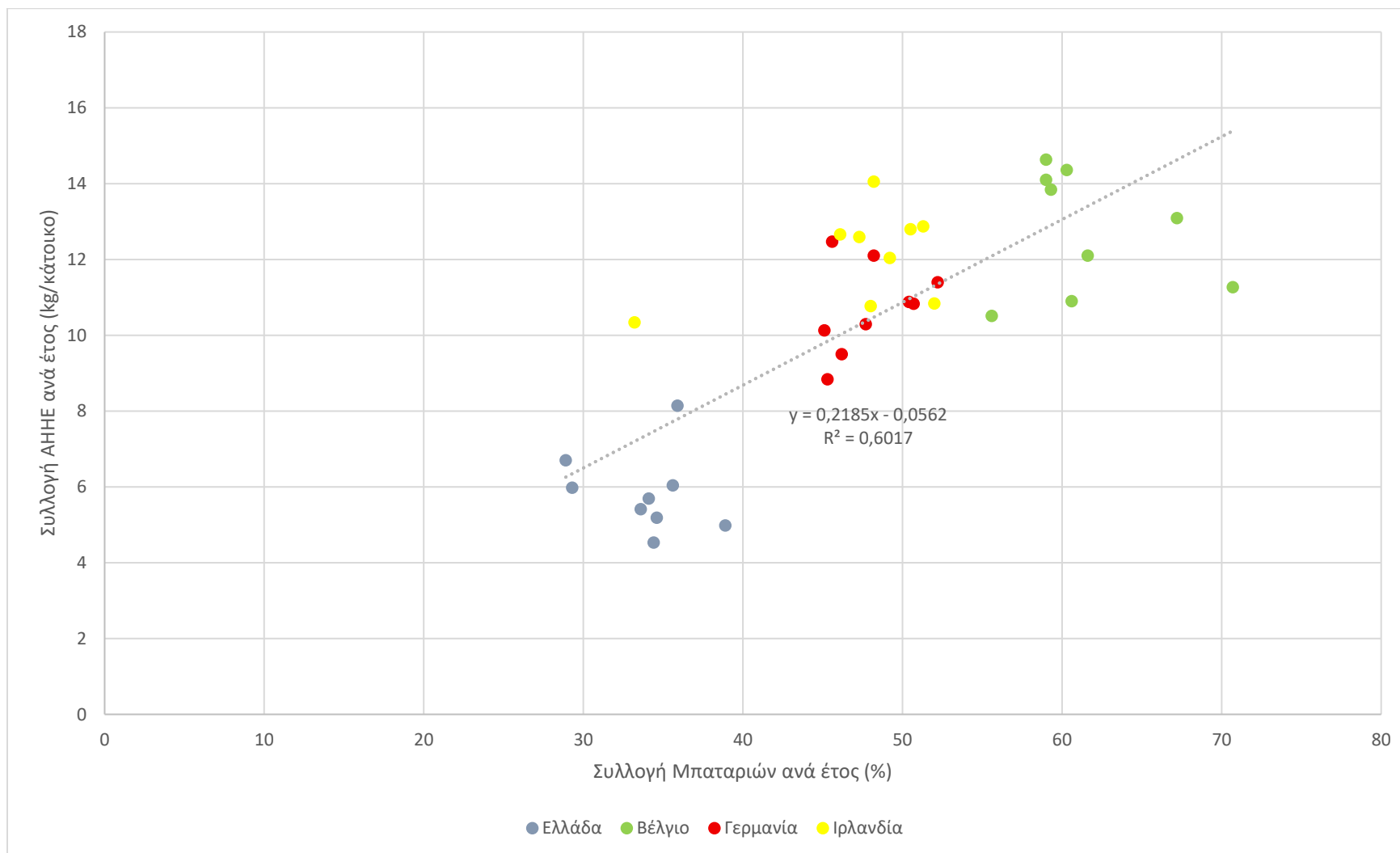
Η αξιολόγηση αυτή αναδεικνύει ότι χώρες όπως το Βέλγιο και η Γερμανία εμφανίζουν σταθερά υψηλές επιδόσεις τόσο στη συλλογή απορριμματικών μπαταριών όσο και στη διαχείριση αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Η σταθερότητα των επιδόσεων αυτών υποδηλώνει την ύπαρξη ώριμων και αποτελεσματικά οργανωμένων συστημάτων διαχείρισης, τα οποία υποστηρίζονται από ανεπτυγμένες υποδομές συλλογής, αποτελεσματικούς μηχανισμούς εποπτείας και υψηλό επίπεδο συμμετοχής των πολιτών. Αντίθετα, η Ελλάδα παρουσιάζει χαμηλότερες επιδόσεις στους περισσότερους από τους εξεταζόμενους δείκτες. Παρά την ύπαρξη θεσμικού πλαισίου που ευθυγραμμίζεται με τις ευρωπαϊκές οδηγίες, τα δεδομένα υποδεικνύουν ότι η πρακτική εφαρμογή των πολιτικών διαχείρισης αποβλήτων αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Οι προκλήσεις αυτές σχετίζονται μεταξύ άλλων με την περιορισμένη ανάπτυξη υποδομών συλλογής, την ανομοιόμορφη γεωγραφική κατανομή των σημείων ανακύκλωσης και τη χαμηλότερη συμμετοχή των πολιτών στις διαδικασίες χωριστής συλλογής.

Η Ιρλανδία εμφανίζει ενδιαμέση θέση μεταξύ των εξεταζόμενων χωρών, παρουσιάζοντας σχετικά ικανοποιητικές επιδόσεις στους περισσότερους δείκτες και τάσεις βελτίωσης κατά τα τελευταία έτη της εξεταζόμενης περιόδου. Η εξέλιξη αυτή υποδηλώνει ότι το εθνικό

σύστημα διαχείρισης έχει ενισχυθεί τα τελευταία χρόνια μέσω της βελτίωσης των μηχανισμών εποπτείας και της ανάπτυξης υποδομών συλλογής.

Η σύγκριση καταδεικνύει ότι η ύπαρξη της EPR ως θεσμικής αρχής δεν αρκεί από μόνη της για να εξασφαλίσει υψηλές επιδόσεις. Καθοριστική σημασία έχει ο τρόπος με τον οποίο η αρχή μετατρέπεται σε λειτουργικό σύστημα: η κατανομή των ευθυνών, η εποπτεία, η χρηματοδότηση, η οργάνωση των φορέων συμμόρφωσης και η λειτουργία των δικτύων συλλογής. Οι Favot et al. (2022) επιβεβαιώνουν ότι τα ευρωπαϊκά συστήματα EPR για ΑΗΗΕ παρουσιάζουν ουσιαστικές οργανωτικές διαφοροποιήσεις και ότι η δομή του συστήματος μπορεί να επηρεάσει την οικονομική του αποτελεσματικότητα. Αντίστοιχα, η αξιολόγηση συστημάτων EPR από τους Niza et al. (2014) έδειξε ότι η βελτίωση των ποσοτικών και ποιοτικών αποτελεσμάτων συνδέεται και με συμπληρωματικά εργαλεία πολιτικής, πληροφόρησης και εποπτείας

Τα ευρήματα αυτά είναι συμβατά με τη διεθνή βιβλιογραφία, η οποία επισημαίνει ότι η αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την οργάνωση των συστημάτων εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού και το επίπεδο συμμετοχής των πολιτών (OECD, 2016; Khatriwal et al., 2009).



Σχήμα 4.10 : Συσχέτιση ποσοστών συλλογής απορριμμάτων μπαταριών και λευκών συσκευών (2015–2023) Πηγή: Eurostat (env_waspb, env_waseleees)

Η οπτική αποτύπωση των δεδομένων μέσω διαγράμματος διασποράς (scatter plot) επιτρέπει την άμεση κατανόηση της σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών. Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των επιδόσεων των δύο συστημάτων, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι χώρες με υψηλά ποσοστά συλλογής απορριμματικών μπαταριών τείνουν να παρουσιάζουν και υψηλότερες επιδόσεις στη συλλογή λευκών συσκευών.

Η θετική αυτή συσχέτιση μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι οι επιδόσεις των συστημάτων διαχείρισης επηρεάζονται από κοινούς θεσμικούς και οργανωτικούς παράγοντες. Συγκεκριμένα, η ύπαρξη αποτελεσματικών υποδομών συλλογής, η σωστή εφαρμογή της αρχής της εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού, η επαρκής χρηματοδότηση των συστημάτων και η ενεργή συμμετοχή των πολιτών αποτελούν κοινούς παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση και των δύο ρευμάτων αποβλήτων (OECD, 2016).

Επιπλέον, η θετική συσχέτιση υποδηλώνει ότι τα συστήματα διαχείρισης λειτουργούν συχνά ως ενιαίο πλαίσιο πολιτικής και όχι ως απομονωμένες δομές. Οι χώρες που έχουν αναπτύξει ολοκληρωμένες στρατηγικές διαχείρισης αποβλήτων τείνουν να επιτυγχάνουν υψηλές επιδόσεις σε πολλαπλά ρεύματα αποβλήτων, γεγονός που ενισχύει τη συνολική αποτελεσματικότητα των περιβαλλοντικών πολιτικών.

Στην περίπτωση της Γερμανίας και του Βελγίου, η υψηλή απόδοση και στους δύο δείκτες επιβεβαιώνει την ύπαρξη ώριμων και καλά οργανωμένων συστημάτων διαχείρισης. Αντίθετα, η Ελλάδα παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές και στις δύο μεταβλητές, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα προβλήματα του συστήματος διαχείρισης είναι συνολικά και όχι περιορισμένα σε ένα μόνο ρεύμα αποβλήτων.

Η Ιρλανδία παρουσιάζει ενδιαμέση εικόνα, γεγονός που επιβεβαιώνει τη γενικότερη τάση που παρατηρείται και στις προηγούμενες ενότητες της ανάλυσης.

Παρά τα χρήσιμα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση συσχέτισης, θα πρέπει να επισημανθεί ότι η ύπαρξη συσχέτισης δεν συνεπάγεται απαραίτητα αιτιώδη σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων θα πρέπει να γίνεται με προσοχή, λαμβάνοντας υπόψη το ευρύτερο θεσμικό και κοινωνικοοικονομικό πλαίσιο. Το διάγραμμα διασποράς καταδεικνύει την ύπαρξη θετικής γραμμικής σχέσης μεταξύ των ποσοστών συλλογής απορριμματικών μπαταριών και της συλλογής λευκών συσκευών για την περίοδο 2015–2023. Η εκτιμώμενη γραμμική εξίσωση ($y = 0,2185x - 0,0562$)

υποδηλώνει ότι η αύξηση των ποσοστών συλλογής μπαταριών συνδέεται με αντίστοιχη αύξηση στη συλλογή λευκών συσκευών.

Η τιμή $R^2 = 0,6017$ δείχνει ότι, στο συγκεκριμένο δείγμα των τεσσάρων χωρών, υπάρχει σχετικά ισχυρή γραμμική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Το αποτέλεσμα, ωστόσο, δεν σημαίνει ότι η υψηλότερη συλλογή μπαταριών οδηγεί σε υψηλότερη συλλογή ΑΗΗΕ ή το αντίστροφο. Είναι πιθανότερο οι δύο επιδόσεις να συνδέονται με κοινά χαρακτηριστικά των εθνικών συστημάτων διαχείρισης, όπως η οργάνωση των δικτύων συλλογής, η εφαρμογή της διευρυμένης ευθύνης του παραγωγού και η συμμετοχή των πολιτών. Παράλληλα, επειδή η ανάλυση βασίζεται σε τέσσερις μόνο χώρες, το συγκεκριμένο αποτέλεσμα θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένδειξη μιας πιθανής σχέσης και όχι ως απόδειξη αιτιώδους σύνδεσης.

Το εύρημα αυτό ενισχύει την άποψη ότι τα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων λειτουργούν σε ένα ενιαίο θεσμικό πλαίσιο, όπου η αποτελεσματικότητα σε ένα ρεύμα αποβλήτων επηρεάζει συνολικά την απόδοση του συστήματος.

Συνολικά, η ανάλυση συσχέτισης ενισχύει τα ευρήματα της παρούσας εργασίας, αναδεικνύοντας ότι η αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων εξαρτάται από ένα σύνολο κοινών παραγόντων και ότι η βελτίωση των επιδόσεων απαιτεί ολιστική προσέγγιση πολιτικής.

4.6 Σύνοψη βασικών ευρημάτων

Η παρούσα συγκριτική ποσοτική ανάλυση ανέδειξε σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ της Ελλάδας, του Βελγίου, της Γερμανίας και της Ιρλανδίας ως προς την αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης απορριμματικών μπαταριών και αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ). Παρότι όλες οι εξεταζόμενες χώρες λειτουργούν υπό το κοινό ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η πρακτική εφαρμογή των πολιτικών διαχείρισης αποβλήτων παρουσιάζει ουσιαστικές διαφοροποιήσεις, οι οποίες αποτυπώνονται τόσο στα επίπεδα συλλογής όσο και στη διαχρονική σταθερότητα των επιδόσεων (European Commission, 2023).

Αναφορικά με τη **συλλογή απορριμματικών μπαταριών**, το Βέλγιο παρουσίασε την υψηλότερη συνολική επίδοση, με μέσο ποσοστό συλλογής **61,1%** κατά την περίοδο 2015–

2023. Η υψηλή αυτή επίδοση συνοδεύτηκε από σταθερότητα στον χρόνο, γεγονός που υποδηλώνει την ύπαρξη ώριμου και αποτελεσματικά οργανωμένου συστήματος διαχείρισης. Η Γερμανία και η Ιρλανδία παρουσίασαν επίσης σχετικά υψηλές επιδόσεις (**48,8%** και **47,3%** αντίστοιχα), εμφανίζοντας ικανοποιητικά επίπεδα συλλογής, αν και με διαφοροποιήσεις ως προς τη σταθερότητα και τη διαχρονική εξέλιξη. Αντίθετα, η Ελλάδα κατέγραψε τη χαμηλότερη μέση επίδοση (**34,9%**), γεγονός που υποδηλώνει περιορισμένη αποτελεσματικότητα των μηχανισμών συλλογής και ανακύκλωσης απορριμμάτων μπαταριών.

Ως προς τη **συλλογή ΑΗΗΕ ανά κάτοικο**, το Βέλγιο εμφάνισε και πάλι την υψηλότερη επίδοση (**12,76 kg/κάτοικο**), ακολουθούμενο από την Ιρλανδία (**12,01 kg/κάτοικο**) και τη Γερμανία (**10,63 kg/κάτοικο**). Η Ελλάδα παρουσίασε σημαντικά χαμηλότερη επίδοση (**5,85 kg/κάτοικο**), η οποία αντιστοιχεί σε λιγότερο από το μισό της επίδοσης του Βελγίου. Η διαφορά αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς η διαχείριση ΑΗΗΕ απαιτεί πιο σύνθετες τεχνικές και οργανωτικές υποδομές, γεγονός που καθιστά εμφανέστερες τις ανισότητες μεταξύ των χωρών.

Η ανάλυση της **διαχρονικής εξέλιξης των δεικτών** έδειξε ότι το Βέλγιο και η Γερμανία παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο σταθερότητας, γεγονός που αποτελεί ένδειξη θεσμικής συνέπειας και αποτελεσματικής λειτουργίας των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης. Η Ιρλανδία εμφάνισε ανοδική δυναμική, ιδιαίτερα στον τομέα των ΑΗΗΕ, γεγονός που υποδηλώνει σταδιακή βελτίωση της λειτουργίας του συστήματος. Αντίθετα, η Ελλάδα παρουσίασε μεγαλύτερες διακυμάνσεις και χαμηλότερες συνολικές επιδόσεις, στοιχείο που υποδηλώνει την ύπαρξη δομικών αδυναμιών και αστάθειας στη λειτουργία του συστήματος συλλογής.

Ιδιαίτερα σημαντικά υπήρξαν τα ευρήματα που αφορούν τη **συσχέτιση των περιβαλλοντικών επιδόσεων με κοινωνικοοικονομικούς δείκτες**. Η σχέση μεταξύ **ΑΕΠ ανά κάτοικο και συλλογής απορριμμάτων μπαταριών** αποδείχθηκε σχετικά ασθενής ($R^2 = 0,1581$), γεγονός που υποδηλώνει ότι η οικονομική ανάπτυξη από μόνη της δεν επαρκεί για την επίτευξη υψηλών επιδόσεων στη συλλογή μπαταριών. Αντίθετα, η σχέση μεταξύ **HDI και συλλογής απορριμμάτων μπαταριών** ήταν σημαντικά ισχυρότερη ($R^2 = 0,5527$), δείχνοντας ότι παράγοντες όπως το επίπεδο εκπαίδευσης, η κοινωνική

συμμετοχή και η θεσμική αποτελεσματικότητα επηρεάζουν ουσιαστικά την περιβαλλοντική απόδοση.

Στην περίπτωση των ΑΗΗΕ, τόσο το ΑΕΠ ανά κάτοικο όσο και ο Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης (HDI) εμφάνισαν ισχυρές θετικές συσχετίσεις με τη συλλογή ανά κάτοικο. Η σχέση μεταξύ ΑΕΠ και συλλογής ΑΗΗΕ παρουσίασε συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0,5713$, γεγονός που δείχνει ότι οι οικονομικοί πόροι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των απαραίτητων υποδομών συλλογής και επεξεργασίας. Ωστόσο, η ισχυρότερη σχέση παρατηρήθηκε μεταξύ HDI και συλλογής ΑΗΗΕ ($R^2 = 0,7799$), γεγονός που υποδηλώνει ότι η ανθρώπινη ανάπτυξη, η θεσμική λειτουργία και η περιβαλλοντική κουλτούρα αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικούς παράγοντες για την αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας επιβεβαιώνουν τη θέση της διεθνούς βιβλιογραφίας ότι η αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την ύπαρξη κοινού θεσμικού πλαισίου ή οικονομικών πόρων, αλλά από την ποιότητα εφαρμογής των πολιτικών, τη λειτουργία των θεσμών, την περιβαλλοντική εκπαίδευση και τον βαθμό συμμετοχής των πολιτών (OECD, 2016; Saphores et al., 2012). Με άλλα λόγια, η επιτυχία των συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης φαίνεται να αποτελεί προϊόν σύνθετης αλληλεπίδρασης τεχνικών, κοινωνικών, Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των τεσσάρων χωρών δεν μπορούν να ερμηνευθούν από έναν μόνο παράγοντα. Το οικονομικό επίπεδο παρουσιάζει διαφορετική σχέση ανάλογα με το εξεταζόμενο ρεύμα, ενώ ο HDI εμφανίζει ισχυρότερη σχέση με τις περιβαλλοντικές επιδόσεις. Παράλληλα, η σχετική θέση των χωρών και στα δύο ρεύματα υποδηλώνει ότι χαρακτηριστικά που αφορούν συνολικά την οργάνωση και λειτουργία των εθνικών συστημάτων πιθανόν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο.

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Σύνθεση βασικών ευρημάτων της έρευνας

Η συγκριτική αξιολόγηση της περιόδου 2015–2023 οδηγεί σε ένα σαφές συμπέρασμα: η υιοθέτηση ενός κοινού ευρωπαϊκού κανόνα (EPR) δεν αρκεί για να διασφαλίσει παρόμοιες

περιβαλλοντικές επιδόσεις στα κράτη-μέλη. Τα ποσοτικά δεδομένα της έρευνας ανέδειξαν τα εξής:

- Απόδοση στη Συλλογή Μπαταριών: Το Βέλγιο ηγείται με διαχρονική σταθερότητα και μέσο ποσοστό συλλογής 61,1%. Ακολουθούν η Γερμανία (48,8%) και η Ιρλανδία (47,3%). Η Ελλάδα υστερεί συστηματικά έναντι των ευρωπαϊκών προτύπων, καταγράφοντας τη χαμηλότερη μέση επίδοση με μόλις 34,9%.
- Απόδοση στα ΑΗΗΕ (Λευκές Συσκευές): Το Βέλγιο παρουσιάζει τη μέγιστη μέση επίδοση με 12,76 kg/κάτοικο, με την Ιρλανδία (12,01 kg/κάτοικο) και τη Γερμανία (10,63 kg/κάτοικο) να ακολουθούν. Η Ελλάδα καταγράφει ένα εξαιρετικά χαμηλό επίπεδο της τάξης των 5,85 kg/κάτοικο, ποσότητα που αντιστοιχεί σε λιγότερο από το ήμισυ της αντίστοιχης βελγικής.
- Περιορισμένη Επίδραση της Οικονομικής Ανάπτυξης: Η συσχέτιση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ με τη συλλογή μπαταριών βρέθηκε στατιστικά ασθενής ($R^2 = 0,1581$). Αντίθετα, στα ΑΗΗΕ —τα οποία απαιτούν ακριβότερες τεχνικές υποδομές (logistics, εξειδικευμένες μονάδες ανακύκλωσης)— η οικονομική ανάπτυξη ερμηνεύει ικανοποιητικότερα την απόδοση ($R^2 = 0,5713$). Συμπεραίνεται πως ο οικονομικός πλούτος λειτουργεί επικουρικά αλλά δεν εξασφαλίζει από μόνος του την περιβαλλοντική συμμόρφωση.
- Κυριαρχία της Ανθρώπινης Ανάπτυξης (HDI): Ο HDI παρουσίασε θετική γραμμική σχέση και με τα δύο εξεταζόμενα ρεύματα, με $R^2 = 0,5527$ για τις μπαταρίες και $R^2 = 0,7799$ για τα ΑΗΗΕ. Η δεύτερη αποτελεί την ισχυρότερη συσχέτιση που καταγράφηκε στην παρούσα ανάλυση. Το αποτέλεσμα δείχνει ότι η ανθρώπινη ανάπτυξη αποτελεί χρήσιμη μεταβλητή για περαιτέρω διερεύνηση, χωρίς όμως να μπορεί να θεωρηθεί προγνωστικός ή αιτιώδης παράγοντας με βάση τις τέσσερις χώρες του δείγματος.
- Ολιστική Λειτουργία Συστημάτων: Η σύγκριση της συλλογής μπαταριών και ΑΗΗΕ έδωσε θετική γραμμική σχέση ($R^2 = 0,6017$). Η σχέση αυτή μπορεί να αποτελεί ένδειξη ότι οι επιδόσεις των δύο ρευμάτων συνδέονται με ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά των εθνικών συστημάτων. Δεν αποδεικνύει, ωστόσο, ότι η επίδοση του ενός ρεύματος προκαλεί ή καθορίζει την επίδοση του άλλου. Περιορισμοί της έρευνας

Παρά τη συστηματική προσέγγιση που ακολουθήθηκε στην παρούσα έρευνα, ορισμένοι περιορισμοί πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Πρώτον, η ανάλυση βασίζεται σε δευτερογενή δεδομένα που προέρχονται από ευρωπαϊκές στατιστικές βάσεις δεδομένων. Αν και τα δεδομένα αυτά θεωρούνται αξιόπιστα, ενδέχεται να παρουσιάζουν μικρές διαφοροποιήσεις στον τρόπο συλλογής και καταγραφής τους μεταξύ των χωρών.

Δεύτερον, η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται κυρίως σε ποσοτικούς δείκτες συλλογής αποβλήτων και δεν εξετάζει σε βάθος άλλες ποιοτικές παραμέτρους των συστημάτων διαχείρισης, όπως η αποτελεσματικότητα των διαδικασιών ανακύκλωσης ή η οικονομική βιωσιμότητα των συστημάτων.

Τρίτον, η επιλογή των χωρών περιορίζεται σε τέσσερις περιπτώσεις έρευνας, γεγονός που επιτρέπει τη συγκριτική ανάλυση αλλά δεν επιτρέπει την εξαγωγή γενικευμένων συμπερασμάτων για το σύνολο των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην ερμηνεία των συσχετίσεων με ΑΕΠ και HDI, καθώς βασίζονται σε τέσσερις εθνικές παρατηρήσεις. Οι τιμές του R^2 χρησιμοποιούνται συνεπώς διερευνητικά και δεν τεκμηριώνουν αιτιώδεις σχέσεις. Επιπλέον, η περιορισμένη διαθεσιμότητα πλήρως συγκρίσιμων δεδομένων αποτελεί γενικότερο ζήτημα στη μελέτη των ευρωπαϊκών συστημάτων ΑΗΗΕ. Αντίστοιχα προβλήματα διαφάνειας και διαθεσιμότητας στοιχείων έχουν καταγραφεί και στη διεθνή βιβλιογραφία (Sousa et al., 2018).

6 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

6.1 Προτάσεις πολιτικής για τη βελτίωση του ελληνικού συστήματος διαχείρισης

Με βάση τα αποτελέσματα της συγκριτικής ανάλυσης, προκύπτουν ορισμένες προτάσεις πολιτικής που θα μπορούσαν να συμβάλουν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του ελληνικού συστήματος διαχείρισης απορριμματικών μπαταριών και λευκών συσκευών.

Πρώτον, κρίνεται αναγκαία η ενίσχυση και επέκταση των υποδομών συλλογής αποβλήτων σε τοπικό επίπεδο. Η ανάπτυξη ενός πυκνότερου δικτύου σημείων συλλογής μπορεί να διευκολύνει τη συμμετοχή των πολιτών και να αυξήσει τα ποσοστά συλλογής αποβλήτων.

Δεύτερον, σημαντικό ρόλο μπορεί να διαδραματίσει η ενίσχυση των μηχανισμών ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των πολιτών. Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι η περιβαλλοντική εκπαίδευση και οι στοχευμένες ενημερωτικές εκστρατείες μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην αύξηση της συμμετοχής των πολιτών στα συστήματα ανακύκλωσης (Saphores et al., 2012).

Τρίτον, η ενίσχυση της λειτουργίας των συστημάτων εκτεταμένης ευθύνης του παραγωγού μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων διαχείρισης. Η αποτελεσματική εφαρμογή της αρχής αυτής μπορεί να ενισχύσει τη χρηματοδότηση των συστημάτων συλλογής και να δημιουργήσει κίνητρα για την ανάπτυξη πιο βιώσιμων προϊόντων (Khetriwal et al., 2009).

Μια κρίσιμη στρατηγική προτεραιότητα για την εναρμόνιση της Ελλάδας με τον νέο Κανονισμό (ΕΕ) 2023/1542 είναι η έγκαιρη προετοιμασία για την εφαρμογή του **Ψηφιακού Διαβατηρίου Μπαταρίας (Battery Passport)**. Το εργαλείο αυτό, που θα καταστεί υποχρεωτικό από το 2027, αποτελεί μια ψηφιακή ταυτότητα που καταγράφει όλο τον κύκλο ζωής της μπαταρίας — από την εξόρυξη των πρώτων υλών έως την ανακύκλωση.

Η βελτίωση του ελληνικού συστήματος δεν προϋποθέτει την ауτοуσία μεταφορά ενός συγκεκριμένου ξένου μοντέλου. Τα ευρωπαϊκά συστήματα EPR παρουσιάζουν σημαντικές οργανωτικές διαφοροποιήσεις, γεγονός που υποδεικνύει ότι μεγαλύτερη σημασία έχει η προσαρμογή επιτυχημένων πρακτικών στις εθνικές συνθήκες (Favot et al., 2022). Για την Ελλάδα, προτεραιότητα θα πρέπει να δοθεί στην ενίσχυση και καλύτερη γεωγραφική κάλυψη των δικτύων συλλογής, στην αποτελεσματικότερη εποπτεία των συστημάτων EPR, στην αξιοπιστία και διαφάνεια των δεδομένων, στην ιχνηλασιμότητα των ροών και στη συστηματικότερη ενημέρωση των πολιτών.

6.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να επεκτείνουν την ανάλυση σε μεγαλύτερο αριθμό χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προκειμένου να διερευνηθούν σε μεγαλύτερο βάθος οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των εθνικών συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων.

Επιπλέον, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η ενσωμάτωση ποιοτικών μεθόδων έρευνας, όπως συνεντεύξεις με φορείς διαχείρισης αποβλήτων, εκπροσώπους συστημάτων εναλλακτικής

διαχείρισης και αρμόδιες δημόσιες αρχές. Η προσέγγιση αυτή θα μπορούσε να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των θεσμικών και οργανωτικών παραγόντων που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης.

Ως επόμενο ερευνητικό βήμα προτείνεται η επέκταση της ανάλυσης σε μεγαλύτερο αριθμό κρατών-μελών και η αξιοποίηση δεδομένων panel, ώστε να μπορούν να εξεταστούν με μεγαλύτερη στατιστική ισχύ οι σχέσεις μεταξύ περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών δεικτών. Παράλληλα, η ενσωμάτωση πρωτογενούς ποιοτικής έρευνας, μέσω ημιδομημένων συνεντεύξεων με οργανισμούς ευθύνης παραγωγού, αρμόδιες δημόσιες αρχές και φορείς συλλογής, θα μπορούσε να συμπληρώσει την ποσοτική ανάλυση. Με τον τρόπο αυτό θα ήταν δυνατό να διερευνηθούν όχι μόνο οι διαφορές στις επιδόσεις, αλλά και οι συγκεκριμένοι οργανωτικοί και θεσμικοί μηχανισμοί που τις προκαλούν.

Βιβλιογραφία

Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU), and International Solid Waste Association (ISWA). <https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2026/09/Global-E-waste-Monitor-2017-electronic-spreads-.pdf>

Compagnoni, M. (2022). Is Extended Producer Responsibility living up to expectations? A systematic literature review focusing on electronic waste. Journal of Cleaner Production, 367, 133101. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133101>

Corsini, F., Rizzi, F., & Frey, M. (2017). Extended producer responsibility: The impact of organizational dimensions on WEEE collection from households. Waste Management, 59, 23–29 <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.046>

European Commission. (2020). A new circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe. European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>

European Commission. (2023). Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council concerning batteries and waste batteries. Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj/eng>

European Environment Agency. (2021). Waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Europe: Monitoring and outlook. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/waste-and-recycling>

European Parliament and Council. (2006). Directive 2006/66/EC on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators and repealing Directive 91/157/EEC. Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/66/oj/eng>

European Parliament and Council. (2012). Directive 2012/19/EU on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32012L0019>

Eurostat. (2024a). Collection rate of portable batteries and accumulators (dataset env_waspb). European Commission. https://doi.org/10.2908/ENV_WASPB

Eurostat. (2024b). Waste electrical and electronic equipment collected (dataset env_waseleeeos). European Commission. https://doi.org/10.2908/ENV_WASELEEOS

Eurostat. (2024c). GDP per capita in purchasing power standards (dataset nama_10_pc). European Commission. https://doi.org/10.2908/NAMA_10_PC

Favot, M., Grasseti, L., Massarutto, A., & Veit, R. (2022). Regulation and competition in the extended producer responsibility models: Results in the WEEE sector in Europe. Waste Management, 145, 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.04.027>

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. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Hondroyannis, G., Sardianou, E., Nikou, V., Evangelinos, K., & Nikolaou, I. (2024). Recycling rate performance and socioeconomic determinants: Evidence from aggregate and regional data across European Union countries. Journal of Cleaner Production, 434, 139877. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139877>

Ibanescu, D., Cailean (Gavrilescu), D., Teodosiu, C., & Fiore, S. (2018). Assessment of the waste electrical and electronic equipment management systems profile and sustainability in developed and developing European Union countries. Waste Management, 73, 39–53. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.12.022>

Khatriwal, D. S., Kraeuchi, P., & Widmer, R. (2009). Producer responsibility for e-waste management: Key issues for consideration – Learning from the Swiss experience. Journal of Environmental Management, 90(1), 153–165. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.08.019>

Leclerc, S. H., & Badami, M. G. (2020). Extended producer responsibility for E-waste management: Policy drivers and challenges. Journal of Cleaner Production, 251, 119657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119657>

Namlis, K.-G., & Komilis, D. (2019). Influence of four socioeconomic indices and the impact of economic crisis on solid waste generation in Europe. Waste Management, 89, 190–200. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.012>

Niza, S., Santos, E., Costa, I., Ribeiro, P., & Ferrão, P. (2014). Extended producer responsibility policy in Portugal: A strategy towards improving waste management performance. *Journal of Cleaner Production*, 64, 277–287.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.037>

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2016). Extended producer responsibility: Updated guidance for efficient waste management. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264256385-en>

Pan, X., Wong, C. W. Y., & Li, C. (2022). Circular economy practices in the waste electrical and electronic equipment (WEEE) industry: A systematic review and future research agendas. *Journal of Cleaner Production*, 365, 132671. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132671>

Reuter, M. A., van Schaik, A., Gutzmer, J., Bartie, N., & Abadías-Llamas, A. (2019). Challenges of the circular economy: A material, metallurgical, and product design perspective. *Annual Review of Materials Research*, 49, 253-274 <https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-070218-010057>

Salhofer, S., Steuer, B., Ramusch, R., & Beigl, P. (2016). WEEE management in Europe and China – A comparison. *Waste Management*, 57, 27–35.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.014>

Saphores, J.-D. M., Ogunseitan, O. A., & Shapiro, A. A. (2012). Willingness to engage in a pro-environmental behavior: An analysis of e-waste recycling based on a national survey of U.S. households. *Resources, Conservation and Recycling*, 60, 49–63. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.12.003>

Sousa, R., Agante, E., Cerejeira, J., & Portela, M. (2018). EEE fees and the WEEE system – A model of efficiency and income in European countries. *Waste Management*, 79, 770–780. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.008>

United Nations Development Programme (UNDP). (2024). Human development report 2024. United Nations Development Programme.

<https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2023-24reporten.pdf>

Walls, M. (2006). Extended producer responsibility and product design: Economic theory and selected case studies (Discussion Paper 06–08). Resources for the Future.

<https://www.rff.org/publications/working-papers/extended-producer-responsibility-and-product-design-economic-theory-and-selected-case-studies>

World Bank. (2024). World development indicators. World Bank.

<https://data360.worldbank.org/en/search>

Ελληνικός Οργανισμός Ανακύκλωσης (ΕΟΑΝ). Ετήσια έκθεση διαχείρισης αποβλήτων. ΕΟΑΝ.

<https://eoan.gr/%CE%B5%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%AD%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B7/%CE%B5%CE%BA%CE%B8%CE%AD%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CE%B5%CE%BF%CE%B1%CE%BD/>

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.