

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΟΥ

Ι.Δ. Πλάτανος^{1,*} και Α.Σ. Δούναβης^{1,2,3,*}

¹Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου Σχεδιασμού, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάροδος Αριστοτέλους 18, Πάτρα, GR-26335

²Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας (ΖΕΠ), Κοζάνη, GR-50100

³Τμήμα Γεωπονίας, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, GR-53100

(* std167335@ac.eap.gr & adounavis@uowm.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η εξέλιξη των σχεδίων δράσης των Περιφερειών της Ελλάδας σε θέματα που αφορούν την διαχείριση των αποβλήτων και έχουν ως σκοπό την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων. Προκειμένου να εκτιμηθούν σωστά τα σχέδια δράσης πάνω σε αυτό το θέμα και να δοθούν προτάσεις για να επιτευχθεί το βέλτιστο δυνατό μοντέλο διαχείρισης αποβλήτων μέσα στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης και της κυκλικής οικονομίας, απαραίτητη είναι η μελέτη και η παρουσίαση των μεθόδων διαχείρισης για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων σε παγκόσμια κλίμακα. Μέσα από αυτή την διερεύνηση θα δοθεί η γενική εικόνα για το που βρίσκεται η Ελλάδα σε σχέση με τα υπόλοιπα κράτη και η κατεύθυνση, την οποία οι Περιφέρειες θα χρειαστεί να ακολουθήσουν μελλοντικά. Η σημασία της διαχείρισης των αποβλήτων είναι πολύ σπουδαία, καθώς από αυτήν εξαρτάται τόσο το περιβαλλοντικό κόστος, όσο και το κόστος για τη δημόσια υγεία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Απορρίμματα, Παραγωγή Ενέργειας, Βιομεθάνιο, Βιοκαύσιμα, Κυκλική Οικονομία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής γίνονται ολοένα και πιο έντονες, επηρεάζοντας δραματικά το περιβάλλον και την ανθρώπινη ζωή, καθώς παρατηρούνται συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως πλημμύρες, ξηρασίες, καύσωνες και τυφώνες, ενώ η άνοδος της στάθμης της θάλασσας απειλεί παράκτιες περιοχές. Η ξηρασία, επιπλέον, επηρεάζει δραστικά την παραγωγή τροφίμων και την ασφάλεια του νερού.

Σημαντική αιτία για την κλιματική αλλαγή αποτελεί η καύση ορυκτών καυσίμων, όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, τα οποία απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα αέρια του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄) και το οξείδιο του αζώτου (N₂O). Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το θέμα αυτό το 1992 υιοθετήθηκε η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC), η οποία αποτελεί μια διεθνή συνθήκη με στόχο τη σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε ένα επίπεδο που θα αποτρέψει την επικίνδυνη ανθρώπινη παρέμβαση στο κλιματικό σύστημα και θέτει νομικά δεσμευτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για τις ανεπτυγμένες χώρες. Αυτό οδήγησε στην σταδιακή μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμική, η υδροηλεκτρική και η

βιομάζα σε συνδυασμό με την μείωση παραγωγής και χρήσης του άνθρακα. Ειδικότερα, η βιομάζα αναφέρεται σε οργανικά υλικά που προέρχονται από φυτά και ζώα. Μπορεί να περιλαμβάνει καλλιέργειες, δασικά προϊόντα, υπολείμματα γεωργίας και κτηνοτροφίας, καθώς και οργανικά απόβλητα. Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας μέσω διάφορων διεργασιών, όπως η καύση, η πυρόλυση, η αεριοποίηση και η αναερόβια χώνευση^[1]. Επιπροσθέτως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοκαυσίμων, όπως η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία μεταφορικών μέσων ή για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Οι βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι η καύση και η αναερόβια χώνευση. Παρότι η καύση βιομάζας απελευθερώνει άμεσα ενέργεια και είναι αρκετά αποδοτικότερη από την αναερόβια χώνευση, οδηγεί στην απελευθέρωση επικίνδυνων ρύπων στον αέρα. Οσοδήποτε παγκοσμίως, η καύση βιομάζας χρησιμοποιείται σημαντικά περισσότερο σε σχέση με την αναερόβια χώνευση. Σύμφωνα με στοιχεία του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA), το 2021 η καύση βιομάζας για παραγωγή ενέργειας ανήλθε στα 17,6 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Mt), ενώ η παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο μέσω αναερόβιας χώνευσης έφτασε μόλις τα 1,8 Mt. Η αναερόβια χώνευση όμως κερδίζει έδαφος, καθώς προσφέρει βιώσιμες λύσεις για την παραγωγή ενέργειας, τη διαχείριση αποβλήτων και την προστασία του περιβάλλοντος. Στην Ελλάδα, σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, βασικός στόχος πλέον είναι η διαχείριση των αποβλήτων να μετατραπεί σε βιώσιμη διαχείριση των υλικών για τη διασφάλιση της προστασίας και αναβάθμισης του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας, τη συνετή χρήση των πόρων, τη μετάβαση σε ένα μοντέλο αυτοτροφοδοτούμενης ανάπτυξης και τη δημιουργία νέων βιώσιμων οικονομικών ευκαιριών και θέσεων εργασίας^[2,3]. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο γίνεται πρωταρχικός στόχος η επεξεργασία των υπολειπόμενων σύμμεικτων αποβλήτων σε σύγχρονες Μονάδες Ανάκτησης, Ανακύκλωσης (ΜΑΑ) και Μονάδες Επεξεργασίας Αποβλήτων (ΜΕΑ). Στις μονάδες αυτές τηρείται η ιεράρχηση των αποβλήτων και στόχος είναι η ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών, η ενδεχόμενη ανάκτηση ενέργειας μέσω της αναερόβιας χώνευσης, και εν τέλει η δραστική μείωση του υπολείμματος προς διάθεση σε ΧΥΤΑ με την παραγωγή εναλλακτικού καυσίμου ή/και την ενεργειακή αξιοποίηση των υπολειμμάτων σε άλλες μονάδες. Σήμερα στην Ελλάδα βρίσκονται σε λειτουργία 10 ΜΕΑ, ενώ στους στόχους για το 2030 είναι η κατασκευή ακόμα 26 μονάδων.

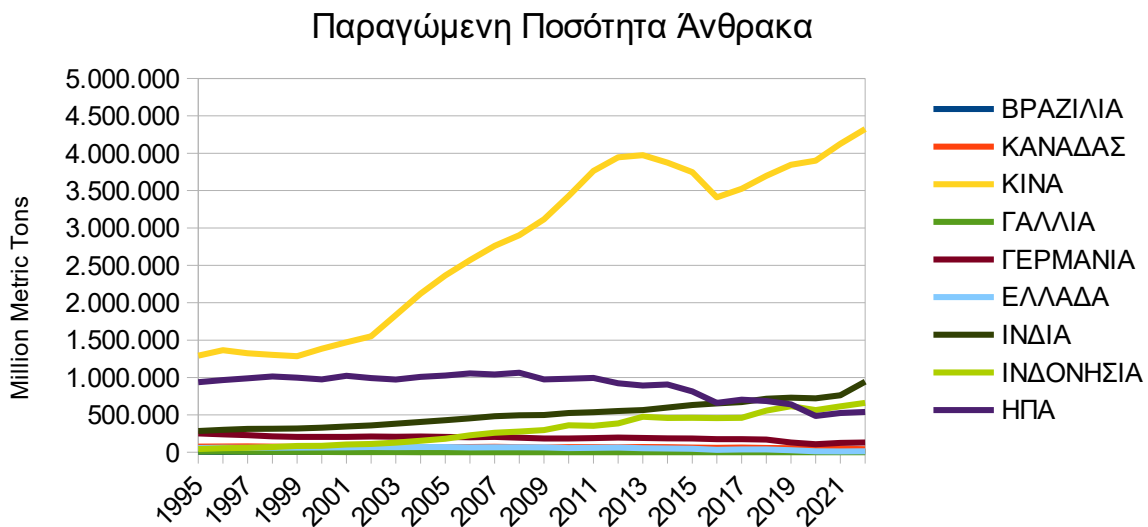
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Προκειμένου να γίνουν κατανοητά όσα αναφέρθηκαν στην εισαγωγή, θα υιοθετηθεί μια οπτική προσέγγιση με διαγράμματα στη μεθοδολογία. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στις ποσότητες παραγωγής άνθρακα, παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, παραγωγής βιομάζας, παραγωγής βιοκαυσίμων και στις συνολικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας που κατανάλωσαν 9 χώρες σε κάθε έτος του χρονικού διαστήματος 1995-2022^[4,5]. Οι χώρες αυτές είναι από την Ευρώπη (Γαλλία, Γερμανία και Ελλάδα), από την Ασία (Ινδία, Ινδονησία και Κίνα) και από την Αμερική (Βραζιλία, ΗΠΑ και Καναδάς). Η επιλογή των χωρών αυτών έγινε με βάση τις υψηλές θέσεις που κατέχουν στον παγκόσμιο χάρτη σε ότι αφορά την παραγωγή ενέργειας, την παραγωγή βιομάζας και βιοκαυσίμων και γενικά την χρήση και την εξέλιξη της τεχνολογίας που αφορούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

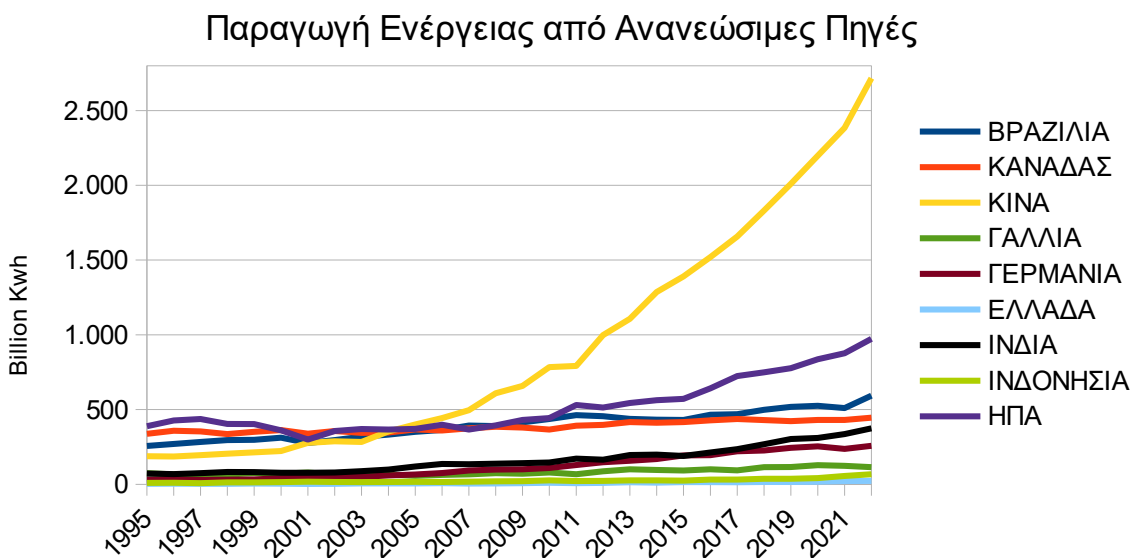
Στη συνέχεια από τα δεδομένα του έτους 2022, στον Πίνακα 1 παρουσιάστηκε για κάθε χώρα το ποσοστό της παραγωγής βιομάζας σε σχέση με την παραγωγή ενέργειας από το σύνολο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το ποσοστό παραγωγής βιομάζας σε σχέση με την συνολική

κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, το ποσοστό παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και το ποσοστό των βιοκαυσίμων σε σχέση με τη συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια.

Στο τελευταίο κομμάτι παρουσιάζεται ένα χρονοδιάγραμμα από το 2020 έως το 2030 με τους σημαντικότερους στόχους του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων.

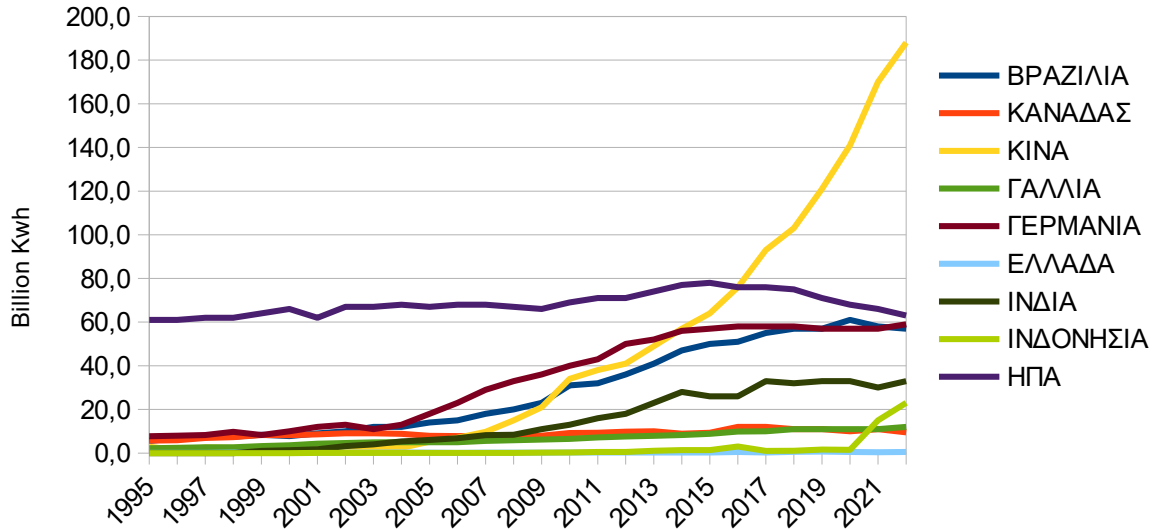


Σχήμα 1: Ποσότητα άνθρακα ανά έτος που παρήγαγε κάθε χώρα για την περίοδο 1995-2022.



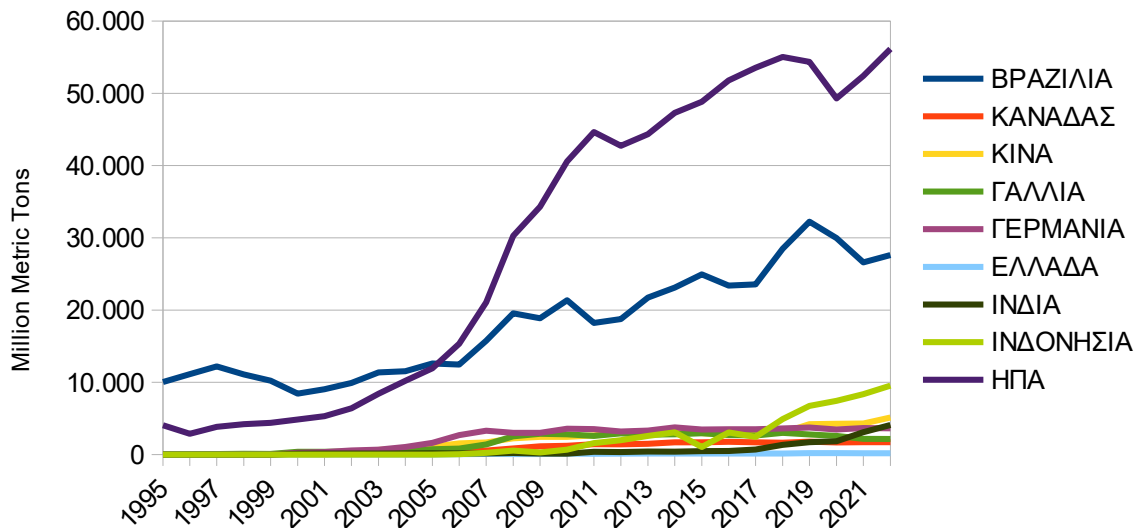
Σχήμα 2: Παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές κάθε χώρας ανά έτος για την περίοδο 1995-2022.

Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα



Σχήμα 3: Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα κάθε χώρας ανά έτος για την περίοδο 1995-2022.

Παραγωγή Βιοκαυσίμων

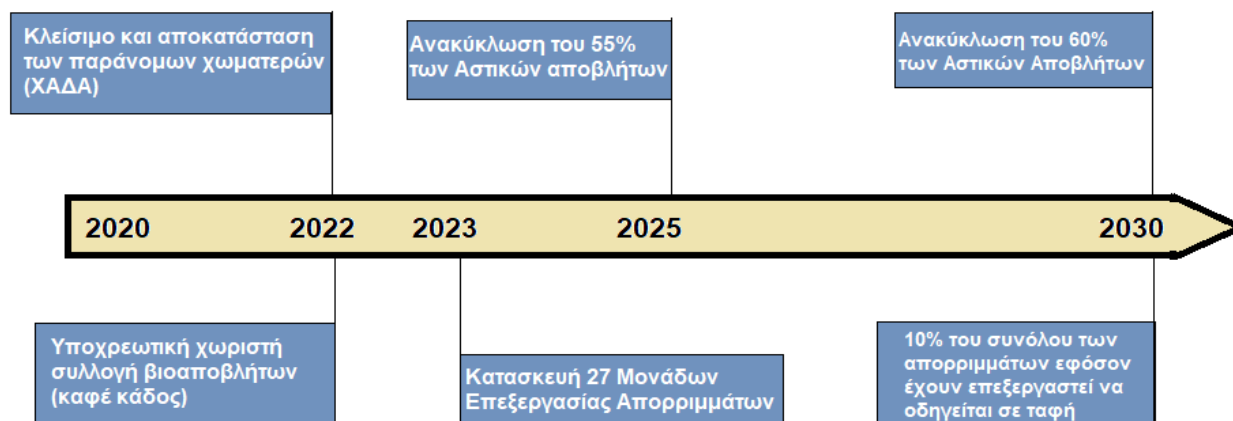


Σχήμα 4: Συνολική παραγωγή βιοκαυσίμων για κάθε χώρα.

Πίνακας 1: Ποσοστά παραγωγής βιομάζας και βιοκαυσίμων για κάθε χώρα που επιλέχθηκε στην έρευνα^[4,5] σε σχέση με την συνολικές καταναλώσεις ενέργειας και την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές για το έτος 2022.

ΠΟΣΟΣΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

ΧΩΡΑ	ΒΙΟΜΑΖΑ / ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ	ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ / ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΒΙΟΜΑΖΑ / ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ / ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ	8,6%	10,4%	2,8%	32,2%
ΒΡΑΖΙΛΙΑ	9,6%	28,1%	9,8%	101,7%
ΚΑΝΑΔΑΣ	2,1%	5,1%	1,7%	80,7%
ΚΙΝΑ	6,9%	3,6%	2,2%	31,8%
ΓΑΛΛΙΑ	10,4%	8,3%	2,8%	27%
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	22,9%	7,5%	11,6%	50,9%
ΕΛΛΑΔΑ	2,2%	7,1%	1,1%	48,9%
ΙΝΔΙΑ	8,8%	28,1%	2,3%	25,6%
ΙΝΔΟΝΗΣΙΑ	33,8%	16,2%	7,4%	21,8%
ΗΠΑ	6,5%	5,3%	1,5%	23,6%



Σχήμα 5: Χρονολογικός χάρτης επίτευξης στόχων σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων για την περίοδο 2020-2030.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Παρά την προσπάθεια των κρατών για μία παγκόσμια μείωση παραγωγής άνθρακα, η παραγωγή αυξάνεται κυρίως εξαιτίας των χωρών της Ασίας, οι οποίες χρειάζονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας (Σχήμα 1). Τα υπόλοιπα κράτη έχουν καταφέρει σημαντική μείωση στην παραγωγή άνθρακα με χαρακτηριστικό παράδειγμα την Γαλλία που έχει σταματήσει την παραγωγή άνθρακα από το 2005, ενώ στην Ελλάδα η μείωση παραγωγής ξεκίνησε να σημειώνει σημαντική πρόοδο από το 2015. Το ποσοστό παραγωγής άνθρακα στην Ελλάδα για το έτος 2022 σε σχέση με το έτος 1995 έχει μειωθεί περίπου κατά 75%. Η επίτευξη μείωσης της παραγωγής του άνθρακα οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (Σχήμα 2). Στην Ελλάδα, το ετήσιο ποσοστό κάλυψης της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται και προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές είναι αξιοσημείωτο και ανέρχεται σε ποσοστό 48,9% (Πίνακας 1). Εντούτοις, η ενέργεια που προέρχεται από τη βιομάζα, η οποία αποτελεί μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αντιστοιχεί σε ποσοστό μόλις 2,2%, δηλαδή είναι πολύ χαμηλό σε σχέση με τα άλλα κράτη (Πίνακας 1). Το πρόβλημα εντείνεται διότι δεν υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές (μονάδες ΜΕΑ), ενώ ο σχεδιασμός και η κατασκευή τους παρουσιάζουν σημαντικές καθυστερήσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι στόχοι που αναφέρονται στο Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων για την περίοδο 2020-2030 (Σχήμα 5). Για το έτος 2023 τέθηκε ως στόχος η κατασκευή 27 μονάδων επεξεργασίας απορριμμάτων (ΜΕΑ) και από το 2022 η υποχρεωτική χωριστή συλλογή βιοαποβλήτων προκειμένου να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα κατά την επεξεργασία των απορριμμάτων στις ΜΕΑ. Το 2024 οι συνολικές μονάδες που λειτουργούν στην Ελλάδα ανέρχονται μόλις σε 10, ενώ πολύ μικρός είναι ο αριθμός των Δήμων, ο οποίος έχει εφαρμόσει σε ικανοποιητικό βαθμό την υποχρεωτική χωριστή συλλογή των βιοαποβλήτων. Γι' αυτό το λόγο, το 2023 έγινε τροποποίηση του Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων κατά το οποίο υπήρχαν αλλαγές στο χρονοδιάγραμμα επίτευξης των στόχων. Στα βιοκαύσιμα όλες οι χώρες αυξάνουν σταδιακά την παραγωγή τους (Σχήμα 4) και κάνουν σημαντικά βήματα προόδου, με την Ελλάδα να φτάνει σε ένα ποσοστό παραγωγής του 7,5% της συνολικής καταναλωμένης ενέργειας ανά έτος (Πίνακας 1). Συνοψίζοντας, η αποτελεσματική οργάνωση και η υιοθέτηση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου δράσης με σαφείς στόχους και χρονοδιαγράμματα, είναι παγκοσμίως απαραίτητες για την υλοποίηση των περιβαλλοντικών στόχων και την επίτευξη ενεργειακής επάρκειας στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας. Η Ελλάδα αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις στην υλοποίηση αυτού του στόχου, καθώς η έλλειψη κατάλληλων υποδομών, όπως το ολοκληρωμένο δίκτυο μονάδων επεξεργασίας απορριμμάτων (ΜΕΑ), αποτελεί ένα μείζον εμπόδιο. Ακόμη όμως και όταν ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο, απαραίτητο κομμάτι της επιτυχίας του σχεδιασμού αποτελεί η ευαισθητοποίηση των πολιτών, ώστε η οργάνωση να ξεκινά από την χωριστή συλλογή των απορριμμάτων στην πηγή διευκολύνοντας στο βέλτιστο την μετέπειτα επεξεργασία και διαχείριση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Lisbona P, Pascual S, Pérez V. (2023). Waste to energy: Trends and perspectives. *Chemical Engineering Journal Advances*, 14.
- [2] Τροποποιημένο Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων 2020-2023 ΦΕΚ 94Α_2023
- [3] Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων 2020-2023 ΦΕΚ 185Α_2020
- [4] U.S. Energy Information Administration – EIA (<https://www.eia.gov>)
- [5] International Energy Agency (<https://www.iea.org>)