

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



**Σχολή Οικονομικών Επιχειρηματικών & Διεθνών Σπουδών
Τμήμα Οργάνωσης & Διοίκησης Επιχειρήσεων**

ΠΜΣ στη Διοίκηση Επιχειρήσεων για Στελέχη - Executive MBA

«Διπλωματική Εργασία»

«Βιώσιμη διαχείριση απορριμμάτων και κυκλική οικονομία: Ενέργεια από δευτερογενή καύσιμα».

Δημήτριος Παναγιώτη Σαμαράς (EMBA1951)

Πειραιάς, Δεκέμβριος 2021

Παράρτημα Β: Βεβαίωση Εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΣΤΕΛΕΧΗ

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

(περιλαμβάνεται ως ξεχωριστή (δεύτερη) σελίδα στο σώμα της διπλωματικής εργασίας)

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στη Διοίκηση Επιχειρήσεων για Στελέχη : E-MBA» με τίτλο:

«Βιώσιμη διαχείριση απορριμμάτων και κυκλική οικονομία: Ενέργεια από δευτερογενή καύσιμα»

έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή:

Όνοματεπώνυμο: Δημήτριος Σαμαράς

 DIMITRIOS SAMARAS
Nov 3 2021 3:14 PM

Ημερομηνία: 22/12/2021

ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

Στη μνήμη του πατέρα μου, Παναγιώτη Β. Σαμαρά.

«Βιώσιμη διαχείριση απορριμμάτων και κυκλική οικονομία: Ενέργεια από δευτερογενή καύσιμα».

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παραγωγή ενέργειας και η διαχείριση των απορριμμάτων, είναι δυο από τα μεγαλύτερα σύγχρονα ζητήματα που απασχολούν έντονα σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην παρούσα διπλωματική αναλύεται αρχικά η παγκόσμια παραγωγή ενέργειας ανά Ήπειρο, χώρα, και είδος καυσίμου και στη συνέχεια παρουσιάζονται ξεχωριστά οι παράμετροι που την επηρεάζουν, όπως η τιμή του κάρβουνου, των πετρελαιοειδών, του φυσικού αερίου και των εκπομπών CO₂. Παράλληλα με αυτά, παρουσιάζεται και αναλύεται το πρόβλημα των απορριμμάτων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η διασύνδεση των δυο ζητημάτων, πραγματοποιείται με την διερεύνηση της κατηγορίας των εναλλακτικών καυσίμων, τα οποία προέρχονται μεν από το ένα ζήτημα, μιας και η παραγωγή τους γίνεται από τα απορρίμματα, εντούτοις δε μπορούν να βοηθήσουν σημαντικά στην επίλυση του έτερου ζητήματος, δηλαδή στην παραγωγή ενέργειας. Ο προσφορότερος κλάδος για χρήση αυτών των καυσίμων, είναι ο κλάδος της τσιμεντοβιομηχανίας, συνεπώς με στόχο την καλύτερη κατανόηση του αναλύονται επιπλέον, τόσο η διαδικασία παραγωγής τσιμέντου, όσο και η ανάλυση του συγκεκριμένου κλάδου.

Στα συμπεράσματα, αξιολογούνται τα οφέλη που προκύπτουν από την αύξηση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων στην τσιμεντοβιομηχανία, εκπεφρασμένα με τέσσερις βασικούς δείκτες (KPI's), οι οποίοι είναι η αποφυγή εκπομπών CO₂, οι τόνοι χρησιμοποιημένων αποβλήτων, η εξοικονόμηση στερεών καυσίμων και η αποφυγή επενδύσεων σε εργοστάσια μετατροπής απορριμμάτων σε ενέργεια.

Επίσης αναλύονται οι κύριοι οδηγοί για την αύξηση των ποσοστών χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων, που είναι η Πολιτική διαχείρισης αποβλήτων, η Γραφειοκρατία των σχετικών αδειοδοτήσεων, το επίπεδο εκσυγχρονισμού κάθε εργοστασίου τσιμέντου και οι τιμές των συμβατικών καυσίμων και των δικαιωμάτων εκπομπών CO₂.

Τέλος αναπτύσσονται τα κύρια εμπόδια που αντιμετωπίζει η ανάπτυξη της χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων και είναι η μη διαθεσιμότητα υψηλής ποιότητας εναλλακτικών καυσίμων, η έλλειψη υποδομών και οργάνωσης της διαχείρισης απορριμμάτων και τέλος η δυσκολία δημόσιας αποδοχής της καύσης απορριμμάτων.

Λέξεις Κλειδιά: Διαχείριση απορριμμάτων, εναλλακτικά καύσιμα, τσιμεντοβιομηχανία, CO₂, φυσικό αέριο, πετρέλαιο, άνθρακα, RDF, SDF.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου, σε όλους όσους επέδρασαν και επηρέασαν σημαντικά την συγκεκριμένη διπλωματική, αλλά και γενικότερα. Συγκεκριμένα:

Σε ακαδημαϊκό επίπεδο την επιβλέπουσα Κα Διδασκάλου αλλά και το σύνολο του διδακτικού και λοιπού προσωπικού του μεταπτυχιακού προγράμματος ΕΜΒΑ του Πανεπιστημίου Πειραιώς, για την συνολική υποστήριξη και τις προσπάθειες τους, με αποτέλεσμα την άρτια υλοποίηση. Επίσης ιδιαίτερες ευχαριστίες στους συμφοιτητές μου, που μέσω της πολύπλευρης συνεργασίας αυτά τα δυο χρόνια, συνέδραμαν σημαντικά στην επιτυχή ολοκλήρωση του, Στέφανο Θεοδωρίδη, Παναγιώτη Σταματελόπουλο, Παναγιώτη Χατζηηλία και Πρόδρομο Χατζηκωνσταντίνου.

Σε επαγγελματικό επίπεδο, χωρίς την σημαντική υποστήριξη του Προϊσταμένου μου, Κου Πέτρου Γεωργίου, δεν θα ήταν δυνατή η συμμετοχή και η εκπλήρωση των υποχρεώσεων του παρόντος μεταπτυχιακού. Συνεπώς οι ευχαριστίες και η ευγνωμοσύνη μου είναι επιβεβλημένες.

Τέλος, σε προσωπικό επίπεδο, σημαντικό ρόλο έπαιξε η κατανόηση και υποστήριξη της συντρόφου μου Κατερίνας Πέππα καθώς οι διαχρονικές προσπάθειες της μητέρας μου Σοφίας.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	vii
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ	ix
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΕΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	3
2.1 ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΖΗΤΗΜΑ.....	3
2.2 ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ	4
2.3 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΤΗΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ	12
2.3.1 Διακύμανση τιμής πετρελαίου	12
2.3.2 Διακύμανση τιμής φυσικού αερίου.....	16
2.3.3 Διακύμανση Τιμών Στερεών καυσίμων (κυρίως κάρβουνο)	18
2.3.4 Διακύμανση τιμής CO2	21
2.3.5 Διακύμανση τιμής ηλεκτρικής ενέργειας	23
2.4 ΤΟ ΖΗΤΗΜΑ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.....	26
2.5 ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.....	29
2.5.1 Ευρωπαϊκή Ένωση και απόβλητα	31
2.6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	41
3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΚΑΥΣΙΜΑ.....	44
3.1 Ο Κλάδος της Τσιμεντοβιομηχανίας.....	44
3.2 Η Συμβολή της Τσιμεντοβιομηχανίας Στην Κυκλική Οικονομία.....	48
3.2.1 Εναλλακτικά καύσιμα στην τσιμεντοβιομηχανία	53
3.2.2 Ελαστικά στο τέλος του κύκλου ζωής τους.....	55
3.2.3 Αποξηραμένη Βιολογική Λάσπη	55
3.2.4 Βιομηχανικά, εμπορικά και αστικά στερεά απόβλητα – SRF/RDF	56
3.2.5 Κριτήρια ποιότητας για εναλλακτικά καύσιμα.....	58
3.2.6 Πρόληψη και περιορισμός των συνεπειών της συνεπεξεργασίας απορριμμάτων .	59
3.3 Συνεπεξεργασία Απορριμμάτων στις Τσιμεντοβιομηχανίες Της Ε.Ε: Παρούσα Κατάσταση Και Προοπτικές.....	60
3.3.1 Κύριες οδηγίες για αύξηση ποσοστών χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων	67
3.3.2 Κύρια εμπόδια στην ανάπτυξη χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων.....	69
3.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	70

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	71
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	82

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Α/Α	ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	ΣΕΛΙΔΑ
E1	Prometheus Bound, ελαιογραφία του Peter Paul Rubens, (1612 to 1618), Landesmuseum Oldenburg, Germany	1
2.1	Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανά τύπο καυσίμου (σε Exajoules)	5
2.2	Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανά τύπο καυσίμου και Γεωγραφική περιοχή (exajoules)	6
2.3	Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανά τύπο καυσίμου και Γεωγραφική περιοχή (%)	6
2.4	Ενεργειακή κατανάλωση Β. Αμερικής (%)	7
2.5	Ενεργειακή κατανάλωση Νότια και Κεντρικής Αμερικής (%)	8
2.6	Ενεργειακή κατανάλωση Μέσης Ανατολής (%)	8
2.7	Ενεργειακή κατανάλωση Κοινοπολιτείας Ανεξάρτητων Κρατών (%)	9
2.8	Ενεργειακή κατανάλωση Ανατολικής Ασία και Αυστραλίας (%)	9
2.9	Ενεργειακή κατανάλωση Αφρικής (%)	9
2.10	Δυνατότητα απορρόφησης SRF/RDF ανά εγκατάσταση, σήμερα και μετά από επενδύσεις	10
2.11	Ενεργειακή κατανάλωση Ευρώπης ανά χώρα και καύσιμο (exajoules)	11
2.12	Ενεργειακή κατανάλωση Ευρώπης ανά χώρα και καύσιμο (%)	11
2.13	Κόστος παραγωγής ανά βαρέλι αργού πετρελαίου	13
2.14	Διακύμανση Τιμής Brent 1991-11/12/2021	14
2.15	Πρόβλεψη τιμής Crude Oil (2022)	15
2.16	Διακύμανση τιμής Φυσικού αερίου (TTF) Δεκ 2020- Νοε 2021	17
2.17	Πρόβλεψη TTF 2022 – 2025	18
2.18	Διακύμανση τιμής κάρβουνου (2011 έως 11/12/2021)	19
2.19	Πρόβλεψη τιμής Κάρβουνου (2022)	20
2.20	Διακύμανση τιμής CO ₂ (2019- 10/12/2021)	22
2.21	Πρόβλεψη τιμής CO ₂ για 2022 (στις 22/9/2021)	23
2.22	Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (EUR/MWh) ανά χώρα – μέσος όρος 2020	23
2.23	Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (EUR/MWh) ανά χώρα Νοέμβριος 2021	24
2.24	Πρόβλεψη τιμής ενέργειας 2022 (11/12/2021)	25
2.25	Παραγωγή Αστικών αποβλήτων 1995-2000-2005-2012-2019	27
2.26	Επεξεργασία Αστικών αποβλήτων στην Ε.Ε από 1995 έως 2019	28
2.27	Ποιοτική σύσταση Αστικών Στερεών Απόβλητων (ΑΣΑ)	28
2.28	Ενεργειακό περιεχόμενο ενός τόνου οικιακών απορριμμάτων	29
2.29	Γραμμική και Κυκλική Οικονομία	31
2.30	Ιεράρχηση των αποβλήτων	32
2.31	Γραμμικό και Κυκλικό ενεργειακό σύστημα στην Ε.Ε	39
2.32	Αξιολόγηση δυνατότητας χρήσης τεχνικών μείωσης CO ₂ ανά ενεργοβόρο τομέα	40
3.1	Παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου ανά έτος (1995-2020)	45
3.2	Ταξινόμηση εταιρειών παραγωγής τσιμέντου κατά φθίνουσα παραγωγική δυναμικότητα	48
3.3	Διαδικασία παραγωγής τσιμέντου	52
3.4	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά στάδιο παραγωγής τσιμέντου	53
E2	Φωτογραφίες εναλλακτικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται στην τσιμεντοβιομηχανία	54

E3	RDF	56
3.5	Δυνατότητα απορρόφησης SRF/RDF ανά εγκατάσταση, σήμερα και μετά από επενδύσεις	57
3.6	Ανάλυση SWOT της συνεπεξεργασίας στον κλάδο της Τσιμεντοβιομηχανίας	58
3.7	Προέλευση θερμικής ενέργειας στην τσιμεντοβιομηχανία το 2019	62
3.8	Χρήση εναλλακτικών καυσίμων στην τσιμεντοβιομηχανία το 2019	62
3.9	Ποσοστά συμπαραγωγής ανά χώρα της Ε.Ε και προοπτικές	63
3.10	Συσχετισμός % απόρριψης απορριμμάτων σε χωματερές και % ενέργειας προερχόμενης από εναλλακτικά καύσιμα	65
3.11	Εκτίμηση πλεονεκτημάτων από επίτευξη 60% συμπαραγωγής στην Ε.Ε	66
3.12	Επίπεδο απαγορεύσεων ύπαρξης χωματερών και επίπεδο σχετικής φορολόγησης ανά χώρα	68

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

Al₂O₃: Οξειδίο αργιλίου

ΑΣΑ: Αστικά Στερεά απόβλητα

Bnt/έτος = Billion metric tons/έτος

°C: θερμοκρασία σε βαθμούς Celsius (Κελσίου)

CaO: Οξειδίο ασβεστίου

CO₂: διοξειδίο του άνθρακα (Carbon dioxide)

E.E: Ευρωπαϊκή Ένωση

EGD= European Green Deal

Fe₂O₃: Οξειδίο του Σιδήρου

GJ: Giga Joule (10⁹ joules)

GCCA: General Cement and Concrete Assosiation

KWh/tn = Kilowatthour/metric tone

κ.β.: κατά βάρος

MT: Mega Metric Tons (=1.000.000 metric tones)

MPa: Mega Pascal

NCV: Net calorific Value

NO_x: Οξειδία του αζώτου (nitrogen oxides)

PJ = One petajoule =10¹⁵ joules (1 million billion) or 278 gigawatt hours.

RDF: Refuse Derived Fuel

SiO₂: Διοξειδίο πυριτίου

SNCR: Selective non catalytic reduction

SO₂: διοξειδίο του θείου (Sulfur dioxide)

SRF: Solid Recovered Fuel

TPES: Total Primary Energy Supply

TTF =Title Transfer Facility

WtE: Waste to Energy

€/MWh = Euro/Megawatthour

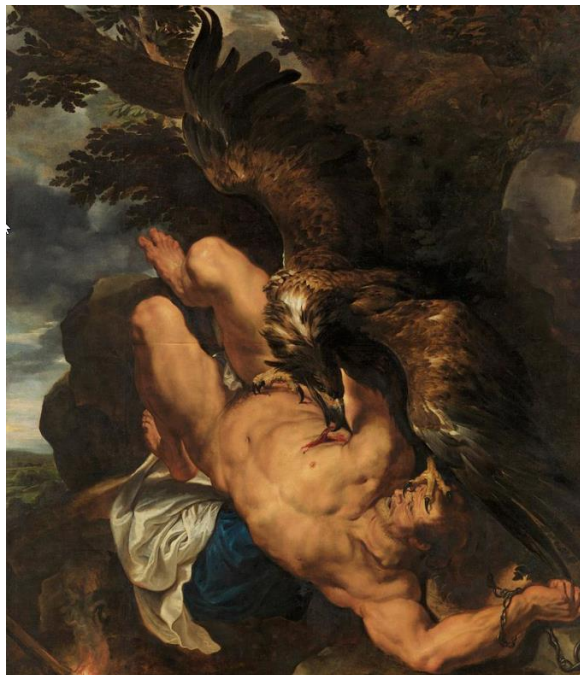
\$/tn = US dollar/ metric tone

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την αρχαιότητα έως και τις μέρες μας, η σημαντικότητα της **ενέργειας** και τα πλεονεκτήματα που δίνει η δυνατότητα η παραγωγή, η χρήση και γενικότερα ο έλεγχος αυτής, είναι τεράστιας σημασίας για τον ανθρώπινο πολιτισμό.

Ο μύθος του Προμηθέα, ο οποίος αποφάσισε να κλέψει την φωτιά από τους θεούς - οι οποίοι μέχρι τότε είχαν το προνόμιο της αποκλειστικής χρήσης της- και να την χαρίσει κρυφά στους ανθρώπους, μας χαρίζει μερικά εξαιρετικά χρήσιμα συμπεράσματα, σχετικά με την ενέργεια και τη σημαντικότητα αυτής, η οποία στο μύθο συμβολίζεται από την φωτιά:

- Η φωτιά αναγνωρίζεται σαν “θεία δύναμη”. Όσοι την έχουν στη διάθεση τους θεωρούνται θεοί.
- Η μετάδοση και χρήση της από το ανθρώπινο γένος, αποτελεί το βασικό συντελεστή για την επιβίωση, τη διαίωνηση και την πρόοδο του.
- Η σημαντικότητα της ενέργειας και η προσπάθεια για κατοχή και έλεγχο αυτής, μπορεί να οδηγήσει σε βίαιες πράξεις όπως διενέξεις, διαμάχες και ένοπλες συρράξεις.



Εικόνα 1: Prometheus Bound, ελαιογραφία του Peter Paul Rubens, (1612 to 1618), Landesmuseum Oldenburg, Germany.

(Πηγή: Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Prometheus_Bound_\(Rubens\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Prometheus_Bound_(Rubens)))

Η ικανότητα παραγωγής ενέργειας, σχετίζεται άμεσα με τη διαθεσιμότητα και την ικανότητα χρήσης καυσίμων. Ο πλανήτης σε παγκόσμιο επίπεδο, έχει συνηθίσει στην χρήση παραδοσιακών καυσίμων. Από την αρχή σχεδόν της ανθρωπότητας χρησιμοποιούνται το κάρβουνο και το ξύλο, ενώ στη συνέχεια, εφόσον αναπτύχθηκε η σχετική τεχνολογία και τεχνογνωσία, εισήχθη και διαδόθηκε η χρήση καυσίμων όπως τα πετρελαιοειδή και το φυσικό αέριο. Τα τελευταία χρόνια όμως, παράγοντες όπως η δραστικά φθίνουσα διαθεσιμότητα των αποθεμάτων των συγκεκριμένων καυσίμων, το αυξανόμενο κόστος τους, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης τους καθώς και η εντεινόμενη κλιματική αλλαγή, έχουν στρέψει το ενδιαφέρον προς την ανάπτυξη εναλλακτικών και βιώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική και η χρήση διάφορων υλικών σαν εναλλακτικά καύσιμα και ά υλες, τα οποία μέχρι πρόσφατα απλά απορρίπτονταν στο περιβάλλον.

Παράλληλα, ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα απασχολεί τις κοινωνίες, τις τελευταίες ειδικά δεκαετίες. Η διαχείριση και διάθεση των αποβλήτων και ειδικότερα των οικιακών απορριμμάτων, είναι ένα έντονο και ευρέως διαδομένο πρόβλημα που ενυπάρχει στο σύνολο των ανεπτυγμένων και μη χωρών. Μέχρι και στις μέρες μας η συντριπτική πλειοψηφία των απορριμμάτων, απλά απορρίπτονται στο περιβάλλον επιφέροντας σε αυτό σημαντικές αρνητικές συνέπειες.

Η παρούσα διπλωματική, προσπαθεί αρχικά να διερευνήσει και να αποτυπώσει τις βασικές πτυχές εκάστου ζητήματος και στη συνέχεια να συσχετίσει την επίλυση του ζητήματος της διαχείρισης απορριμμάτων με τα περιβαλλοντικά οφέλη που αυτή επιφέρει, αλλά και με την προσπάθεια ελέγχου του κόστους ενέργειας της βιομηχανίας. Περαιτέρω θα μελετηθεί ο κλάδος της βιομηχανίας παραγωγής τσιμέντου, ο οποίος παρουσιάζει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και ξεχωριστό ενδιαφέρον, ειδικά σε συσχέτισμό με τα συγκεκριμένα ζητήματα.

2. ΕΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1 ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΖΗΤΗΜΑ

Η ενέργεια στη φυσική ορίζεται ως η ικανότητα για παραγωγή έργου. Μπορεί να υπάρξει σε διάφορες μορφές όπως κινητική, θερμική, ηλεκτρική, χημική, πυρηνική. Η μετατροπή από τη μια μορφή στην άλλη, μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, ενώ η πιο διαδεδομένη στις μέρες μας είναι η χρήση της μηχανικής ή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στον σύγχρονο πολιτισμό η παραγωγή ενέργειας επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης καυσίμων. **Καύσιμο** θεωρείται κάθε ουσία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας ή ενέργειας, η οποία παραγωγή συνήθως πραγματοποιείται μέσω καύσης. Την πιο συνήθη πηγή καυσίμου αποτελούν οι υδρογονάνθρακες.

Η πρώτη ιστορική αναφορά σε χρήση καυσίμου είναι η καύση ξύλου από τον Homo erectus πριν δύο εκατομμύρια χρόνια. Στη συνέχεια, υπάρχουν αναφορές από το 6.000 π.Χ. για χρήση του ξυλοκάρβουνο. Το ξυλοκάρβουνο παράγεται κυρίως από ξύλο μέσω της απομάκρυνσης του νερού και άλλων πτητικών συστατικών. Παράγεται συνήθως με αργή θέρμανση του ξύλου απουσία οξυγόνου. Το υλικό που προκύπτει έχει μαύρο χρώμα, είναι πορώδες και μοιάζει οπτικά με το κάρβουνο, ενώ αποτελείται από 85 έως 98 τοις εκατό από άνθρακα.

Αναφορές στη χρήση κάρβουνο καταγράφονται σχεδόν από το 1000 π.Χ. στην Κίνα. Στη συνέχεια, με την ανάπτυξη της ατμομηχανής το 18^ο αιώνα η χρήση του άνθρακα ως πηγή ενέργειας διευρύνθηκε, ενώ κατά τη διάρκεια του εικοστού αιώνα ο άνθρακας χρησιμοποιήθηκε σαν βασική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα παράγωγα του αργού πετρελαίου, χρησιμοποιούνται από την αρχαιότητα. Ενδεικτικά ο Ηρόδοτος αναφέρει χρήση ασφάλτου στα τείχη της Βαβυλώνας το 2000 π.Χ. Από τότε έως τις μέρες μας και ειδικότερα από τον 20 αιώνα και μετά, η χρήση τους έχει διαδοθεί επηρεάζοντας σημαντικά κοινωνικούς τομείς όπως η οικονομία, η πολιτική και η τεχνολογία. Η αύξηση αυτή αποδίδεται στην εφεύρεση του κινητήρα εσωτερικής καύσης, στην ανάπτυξη της εμπορικής αεροπορίας και ναυτιλίας -και των μεταφορών αγαθών γενικότερα- καθώς και στη χρήση των πετρελαιοειδών σαν πρώτες ύλες στις χημικές βιομηχανίες, όπως είναι η παραγωγή πλαστικών, λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και πολλών άλλων προϊόντων (Wikipedia 2021).

Έως πρόσφατα τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα ή τα προϊόντα αυτών, χρησιμοποιούνταν στην παραγωγή ενέργειας. Μια κατηγοριοποίηση των καυσίμων αναλόγως της φυσικής τους κατάστασης είναι η εξής:

Στερεά καύσιμα: στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται καύσιμα που εξορύσσονται από τη γη όπως ο λιγνίτης, ο λιθάνθρακας αλλά και καύσιμα τα οποία αποτελούν βιομηχανικά προϊόντα όπως π.χ. το πετ κωκ.

Υγρά καύσιμα: αναφέρεται κυρίως στα διάφορα κλάσματα απόσταξης αργού πετρελαίου, όπως είναι το πετρέλαιο (ντίζελ), το μαζούτ και η βενζίνη.

Αέρια καύσιμα: όπως το φυσικό αέριο και το υγραέριο

Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, υιοθετείται όλο και περισσότερο η παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), δηλαδή ενέργειας που προέρχεται από διάφορες φυσικές διαδικασίες. Στην οδηγία 2009/28/EK αναφέρεται ο εξής ορισμός: «ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές: η ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές ήτοι αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από τα αέρια που παράγονται σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και από τα βιοαέρια».

Τέλος τις τελευταίες δεκαετίες υπό το πρίσμα των συζητήσεων περί βιωσιμότητας του πλανήτη, της κυκλικής οικονομίας και της βέλτιστης αξιοποίησης–επαναχρησιμοποίησης των διαθέσιμων πόρων, ιδιαίτερο ενδιαφέρον απέκτησε μια νέα κατηγορία αυτή των **εναλλακτικών καυσίμων**, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα αντικαθιστώντας τα προαναφερθέντα συμβατικά καύσιμα. Μερικά παραδείγματα εναλλακτικών καυσίμων είναι:

- **καύσιμα που προέρχονται από απορρίμματα και απόβλητα**
- Βιοντίζελ
- Βιοαλκοόλες

2.2 ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ

Η μελέτη του παγκόσμιου ενεργειακού μίγματος τόσο ως προς τον τύπο καυσίμου όσο και ως προς τη γεωγραφική περιοχή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και εξάγει πληθώρα χρήσιμων συμπερασμάτων. Για τη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που δημοσιεύτηκαν στο Statistical Review of World Energy 2021 της εταιρείας BP και μπορούν να εντοπιστούν στην ηλεκτρονική διεύθυνση:

(<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

Συγκεκριμένα σε ότι αφορά τη συμμετοχή εκάστου καυσίμου στον παγκόσμιο ενεργειακό εφοδιασμό το 2020 (Πίνακας 2.1):

- Το πετρέλαιο κατέλαβε το μεγαλύτερο μερίδιο με 31,2 % (σημειώνοντας μικρή πτώση από το 33,1% το 2019)
- Το κάρβουνο ήταν δεύτερο με 27,2% (ενώ ήταν 27% το 2019).
- Τρίτο στη σειρά το φυσικό αέριο με 24,7% (και 24,2% το 2019)
- Η υδροηλεκτρική ενέργεια συμμετέχει στο μίγμα με 6,9% (σημειώνοντας αύξηση κατά 0,4%, από το 6,5% του 2019)
- Οι Ανανεώσιμες αυξήθηκαν στο 5,7% (από 5% το 2019)
- Τέλος η Πυρηνική με 4,3%, έμεινε σταθερή σε σχέση με το 2019.

Πίνακας 2.1 : Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανά τύπο καυσίμου (σε Εξαjoules)

Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανα καύσιμο							
Εξαjoules	Προϊόντα Πετρέλαιου	Φυσικό αέριο	Κάρβουνο	Πυρηνική Ενέργεια	Υδρο ηλεκτρικά	Ανανεώσιμες	ΣΥΝΟΛΟ
2020	174	138	151	24	38	32	557
2019	192	141	158	25	38	29	582
Δ (2020 vs 2019)	-9,5%	-2,1%	-3,9%	-3,8%	1,2%	10,0%	-4,3%

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

Από ποσοτική άποψη, η συνολική κατανάλωση ενέργειας το 2020 , κατέγραψε πτώση κατά 4,3% κυρίως λόγω των επιπτώσεων της πανδημίας από τον Covid-19. Τη μεγαλύτερη πτώση κατέγραψαν τα πετρελαϊκά προϊόντα με -9,5%, το κάρβουνο με -3,9%, η πυρηνική με -3,8% και το φυσικό αέριο με -2,1%. Στον αντίποδα τα υδροηλεκτρικά σημείωσαν αύξηση κατά +1,2% και οι ανανεώσιμες κατά +10%.

Ο ενεργειακός εφοδιασμός ανά Γεωγραφική περιοχή παρουσίασε τα εξής χαρακτηριστικά (Πίνακας 1.2):

Πίνακας 2.2: Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανά τύπο καυσίμου και Γεωγραφική περιοχή (εξαjoules)

Εξαjoules	Προϊόντα Πετρέλαιου	Φυσικό αέριο	Κάρβουνο	Πυρηνική Ενέργεια	Υδρο ηλεκτρικά	Ανανεώσιμες	ΣΥΝΟΛΟ	%
Β. ΑΜΕΡΙΚΗ	39,27	37,11	9,91	8,35	6,22	7,04	107,9	19%
N. & Κεντρική ΑΜΕΡΙΚΗ	10,62	5,24	1,48	0,23	5,87	2,75	26,19	5%
ΕΥΡΩΠΗ	26,07	19,48	9,4	7,44	5,82	8,94	77,15	14%
ΚΑΚ (πρώην σοβιετ. Δημοκρ)	8,19	19,38	5,17	1,94	2,36	0,08	37,12	7%
χωρες ΜΕΣΗΣ ΑΝΑΤΟΛΗΣ	15,71	19,88	0,38	0,07	0,23	0,17	36,44	7%
ΑΦΡΙΚΗ	7,19	5,51	4,11	0,14	1,27	0,38	18,6	3%
ΑΣΙΑ & ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	66,68	31,02	120,97	5,82	16,41	12,36	253,26	45%
TOTAL	173,73	137,62	151,42	23,99	38,18	31,72	556,66	100%

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

- Οι χώρες της Ανατολικής Ασίας και Αυστραλίας, καταναλώνουν το 45% της συνολικής παγκόσμιας κατανάλωσης
- Ακολουθεί η Βόρειος Αμερική με 19%
- Τρίτη η Ευρώπη με 14%
- Η Κοινοπολιτεία Ανεξάρτητων Κρατών (CIS ή ΚΑΚ, αποτελούμενη από πρώην Σοβιετικές Δημοκρατίες) με 7%
- Οι χώρες της Μέσης Ανατολής επίσης με 7%
- Και τέλος Νότια Αμερική με 5% και Αφρική με 3%

Για τις συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, ενδιαφέρον έχει και η μελέτη εκάστης ως προς την κατανομή της κατανάλωσης ανά τύπο καυσίμου (Πίνακας 2.3).

Πίνακας 2.3: Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανά τύπο καυσίμου και Γεωγραφική περιοχή (%)

	Προϊόντα Πετρέλαιου	Φυσικό αέριο	Κάρβουνο	Πυρηνική Ενέργεια	Υδρο ηλεκτρικά	Ανανεώσιμες	ΣΥΝΟΛΟ
Β. ΑΜΕΡΙΚΗ	36%	34%	9%	8%	6%	7%	100%
N. & Κεντρική ΑΜΕΡΙΚΗ	41%	20%	6%	1%	22%	11%	100%
ΕΥΡΩΠΗ	34%	25%	12%	10%	8%	12%	100%
ΚΑΚ (πρώην σοβιετ. Δημοκρ)	22%	52%	14%	5%	6%	0%	100%
χωρες ΜΕΣΗΣ ΑΝΑΤΟΛΗΣ	43%	55%	1%	0%	1%	0%	100%
ΑΦΡΙΚΗ	39%	30%	22%	1%	7%	2%	100%
ΑΣΙΑ & ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	26%	12%	48%	2%	6%	5%	100%

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

Συγκεκριμένα στην Ανατολική Ασία και Αυστραλία κυριαρχεί το κάρβουνο με 48%, ακολουθούμενο από πετρέλαιο με 26% και φυσικό αέριο με 12%. Τα υδροηλεκτρικά με

7% βρίσκονται κοντά στον παγκόσμιο μέσο όρο, το ίδιο και οι ανανεώσιμες με 5%. Η Πυρηνική καταλαμβάνει μόλις 2%

Στη Βόρεια Αμερική, το μεγαλύτερο μερίδιο ανήκει στα πετρελαϊκά προϊόντα με 36%, ακολουθούμενο από το φυσικό αέριο με 34%, ενώ το κάρβουνο μόλις 9%. Τα υδροηλεκτρικά με 6%, οι ανανεώσιμες με 7% και η Πυρηνική με 8% συμπληρώνουν το ενεργειακό μίγμα.

Στην Ευρώπη, το μεγαλύτερο μερίδιο ανήκει στα πετρελαϊκά προϊόντα με 34%, ακολουθούμενο από το φυσικό αέριο με 25% και το κάρβουνο 12%. Οι ανανεώσιμες με 12% και η Πυρηνική με 10%, είναι για κάθε κατηγορία συγκριτικά τα μεγαλύτερα ποσοστά στον πλανήτη, ενώ τέλος τα υδροηλεκτρικά κατείχαν το 6%.

Στις χώρες της Κοινοπολιτείας Ανεξάρτητων Κρατών κυριαρχεί το φυσικό αέριο με 52%, 22% στα πετρελαϊκά προϊόντα και 15% κάρβουνο. Η πυρηνική με 5% και η υδροηλεκτρική με 6% συμπληρώνουν, ενώ πρέπει να τονιστούν τα μηδενικά ποσοστά των ανανεώσιμων.

Παραπλήσια συμπεριφορά παρουσιάζουν και οι χώρες της Μέσης Ανατολής, με φυσικό αέριο στο 55%, και πετρελαϊκά προϊόντα στο 43% ενώ ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα μηδαμινά ποσοστά των υπολοίπων καυσίμων.

Τέλος η Αφρική και η Νότια και Κεντρική Αμερική, επίσης βασίζουν την ενέργεια τους κυρίως στα πετρελαϊκά προϊόντα και φυσικό αέριο, με την Αφρική να βασίζεται σημαντικά και στο κάρβουνο με 22%, ενώ στην Νότια και Κεντρική Αμερική αξιοσημείωτα είναι τα 22% υδροηλεκτρικών (το μεγαλύτερο ποσοστό συγκριτικά) καθώς και το 11% ανανεώσιμων (πολύ κοντά στην πρωτοπόρο Ευρώπη)

Εμβαθύνοντας τη μελέτη της ενεργειακής κατανάλωσης ανά χώρα και ανα περιοχή το 2020, παρατηρούνται τα εξής:

Στη Βόρεια Αμερική (Πίνακας 2.4) η μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση ανήκει στις Η.Π.Α. οι οποίες με 87,79 Εξαjoules κατανάλωσαν το 81,4% της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής και το 15,8% της παγκόσμια ενέργειας. Καναδάς και Μεξικό συμπληρώνουν, με σημαντικά χαμηλότερα ποσοστά.

Πίνακας 2.4 : Ενεργειακή κατανάλωση Β. Αμερικής (%)

ΧΩΡΑ	Εξαjoules	% Β.Αμερικής	% Πλανήτη
Η.Π.Α	87,79	81,4%	15,8%
Καναδάς	13,63	12,6%	2,4%
Μεξικό	6,48	6,0%	1,2%
Σύνολο	107,9	100%	19,4%

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

Στη Νότια Αμερική (Πίνακας 2.5) η Βραζιλία 12,01 Εξαjoule κατανάλωσε το 45,9% της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής και το 2,2% της παγκόσμια ενέργειας. Η Αργεντινή ακολουθεί με σημαντικά χαμηλότερα ποσοστά.

Πίνακας 2.5: Ενεργειακή κατανάλωση Νότια και Κεντρικής Αμερικής (%)

ΧΩΡΑ	Εξαjoules	% Ν & Κ.Αμερικής	% Πλανήτη
Βραζιλία	12,01	45,9%	2,2%
Αργεντινή	3,15	12,0%	0,6%
Σύνολο	15,16	57,9%	2,7%

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

Στη Μέση Ανατολή (Πίνακας 2.6) η Σαουδική Αραβία και το Ιράν με 12,03 και 10,56 Εξαjoule κατανάλωσαν αθροιστικά το 62% της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής και το 4,1% της παγκόσμιας ενέργειας.

Πίνακας 2.6: Ενεργειακή κατανάλωση Μέσης Ανατολής (%)

ΧΩΡΑ	Εξαjoules	% Μ.Ανατολής	% Πλανήτη
Ιράν	12,03	33,0%	2,2%
Σαουδική Αραβία	10,56	29,0%	1,9%
Ην. Αραβ. Εμιράτα	4,19	11,5%	0,8%
Σύνολο	22,59	73,5%	4,8%

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

Από τις Χώρες της Κοινοπολιτείας Ανεξάρτητων Κρατών (πρώην Σοβιετικές Δημοκρατίες – Πίνακας 2.7) η Ρωσία με 28,31 Εξαjoule κατανάλωσε το 76,3% της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής και το 5,1% της παγκόσμιας ενέργειας.

Πίνακας 2.7: Ενεργειακή κατανάλωση Κοινοπολιτείας Ανεξάρτητων Κρατών (%)

ΧΩΡΑ	Exajoules	% Κ.Α.Κ	% Πλανήτη
Ρωσία	28,31	76,3%	5,1%

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

Στις χώρες της Ανατολικής Ασίας και Αυστραλίας(Πίνακας 2.8) κυριαρχεί η Κίνα με 145,46 exajoules , η οποία κατανάλωσε το 57,4% της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής και το 26,1% της παγκόσμιας ενέργειας, που είναι και το μεγαλύτερο ποσοστό σε επίπεδο χωρών. Ακολουθούν με σημαντικά ποσοστά η Ινδία και η Ιαπωνία, ενώ Νότια Κορέα και Αυστραλία συμπεριλαμβάνονται στους μεγάλους καταναλωτές της περιοχής.

Πίνακας 2.8: Ενεργειακή κατανάλωση Ανατολικής Ασία και Αυστραλίας (%)

ΧΩΡΑ	Exajoules	% Αν. Ασίας	% Πλανήτη
Κίνα	145,46	57,4%	26,1%
Ινδία	31,98	12,6%	5,7%
Ιαπωνία	17,03	6,7%	3,1%
Νότια Κορέα	11,79	4,7%	2,1%
Αυστραλία	5,57	2,2%	1,0%

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

Στην Αφρική (Πίνακας 2.9) το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η Νότια Αφρική με 4,9 exajoules και 26,3% στην περιοχή και 0,9% στον πλανήτη. Η υπόλοιπη κατανάλωση της Αφρικής μοιράζεται σε πολλές χώρες της περιοχής.

Πίνακας 2.9: Ενεργειακή κατανάλωση Αφρικής (%)

ΧΩΡΑ	Exajoules	% Αφρικής	% Πλανήτη
Νοτια Αφρική	4,9	26,3%	0,9%

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

Τέλος στην Ευρώπη (Πίνακας 2.10) μεγαλύτεροι καταναλωτές είναι κατά φθίνουσα σειρά η Γερμανία, Γαλλία και Ηνωμένο Βασίλειο.

Πίνακας 2.10: Ενεργειακή κατανάλωση Ευρώπης (%)

ΧΩΡΑ	Εξαjoules	% Ευρώπης	% Πλανήτη
Αυστρία	1,38	1,8%	0,2%
Βέλγιο	2,19	2,8%	0,4%
Τσεχία	1,54	2,0%	0,3%
Φινλανδία	1,1	1,4%	0,2%
Γαλλία	8,7	11,3%	1,6%
Γερμανία	12,11	15,7%	2,2%
Ελλάδα	1	1,3%	0,2%
Ουγγαρία	0,97	1,3%	0,2%
Ιταλία	5,86	7,6%	1,1%
Ολλανδία	3,37	4,4%	0,6%
Νορβηγία	1,93	2,5%	0,3%
Πολωνία	4,01	5,2%	0,7%
Πορτογαλία	0,93	1,2%	0,2%
Ρουμανία	1,33	1,7%	0,2%
Ισπανία	4,97	6,4%	0,9%
Σουηδία	2,2	2,9%	0,4%
Ελβετία	1,08	1,4%	0,2%
Τουρκία	6,29	8,2%	1,1%
Ουκρανία	3,31	4,3%	0,6%
Ηνωμένο Βασίλειο	6,89	8,9%	1,2%
Λοιπή Ευρώπη	5,97	7,7%	1,1%
ΣΥΝΟΛΟ	77,1	100%	14%

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

Η επιμέρους κατανάλωση σε exajoules ανά χώρα και καύσιμο, αποτυπώνεται στον Πίνακα 2.11

Πίνακας 2.11: Ενεργειακή κατανάλωση Ευρώπης ανά χώρα και καύσιμο (εξαjoules)

Εξαjoules	Προϊόντα Πετρέλαιου	Φυσικό αέριο	Κάρβουνο	Πυρηνική Ενέργεια	Υδρο ηλεκτρικά	Ανανεώσιμες
Αυστρία	0,48	0,310	0,090	0,000	0,360	0,140
Βέλγιο	0,93	0,610	0,110	0,310	0,000	0,230
Τσεχία	0,37	0,300	0,490	0,270	0,020	0,090
Φινλανδία	0,35	0,070	0,130	0,210	0,140	0,190
Γαλλία	2,68	1,460	0,190	3,140	0,540	0,680
Γερμανία	4,21	3,120	1,840	0,570	0,170	2,210
Ελλάδα	0,51	0,210	0,110	0,000	0,030	0,140
Ουγγαρία	0,33	0,370	0,070	0,140	0,000	0,060
Ιταλία	2,13	2,440	0,210	0,000	0,410	0,670
Ολλανδία	1,51	1,320	0,180	0,040	0,000	0,330
Νορβηγία	0,37	0,160	0,030	0,000	1,250	0,110
Πολωνία	1,28	0,780	1,670	0,000	0,020	0,270
Πορτογαλία	0,41	0,220	0,020	0,000	0,110	0,170
Ρουμανία	0,44	0,410	0,150	0,100	0,130	0,100
Ισπανία	2,21	1,170	0,070	0,520	0,240	0,770
Σουηδία	0,55	0,040	0,070	0,480	0,650	0,410
Ελβετία	0,37	0,120	0,000	0,200	0,330	0,050
Τουρκία	1,82	1,670	1,660	0,000	0,690	0,450
Ουκρανία	0,45	1,060	0,980	0,680	0,060	0,090
Ηνωμένο Βασίλειο	2,39	2,610	0,190	0,450	0,060	1,200
Λοιπή Ευρώπη	2,28	1,070	1,100	0,340	0,590	0,600
ΣΥΝΟΛΟ	26,1	19,5	9,4	7,45	5,8	8,96

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

Ενώ τα ποσοστά καυσίμου ανά χώρα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.12

Πίνακας 2.12: Ενεργειακή κατανάλωση Ευρώπης ανά χώρα και καύσιμο (%)

ΧΩΡΑ	Προϊόντα Πετρέλαιου	Φυσικό αέριο	Κάρβουνο	Πυρηνική Ενέργεια	Υδρο ηλεκτρικά	Ανανεώσιμες	ΣΥΝΟΛΟ
Αυστρία	35%	22%	7%	0%	26%	10%	100%
Βέλγιο	42%	28%	5%	14%	0%	11%	100%
Τσεχία	24%	19%	32%	18%	1%	6%	100%
Φινλανδία	32%	6%	12%	19%	13%	17%	100%
Γαλλία	31%	17%	2%	36%	6%	8%	100%
Γερμανία	35%	26%	15%	5%	1%	18%	100%
Ελλάδα	51%	21%	11%	0%	3%	14%	100%
Ουγγαρία	34%	38%	7%	14%	0%	6%	100%
Ιταλία	36%	42%	4%	0%	7%	11%	100%
Ολλανδία	45%	39%	5%	1%	0%	10%	100%
Νορβηγία	19%	8%	2%	0%	65%	6%	100%
Πολωνία	32%	19%	42%	0%	0%	7%	100%
Πορτογαλία	44%	24%	2%	0%	12%	18%	100%
Ρουμανία	33%	31%	11%	8%	10%	8%	100%
Ισπανία	44%	23%	1%	10%	5%	15%	100%
Σουηδία	25%	2%	3%	22%	30%	19%	100%
Ελβετία	35%	11%	0%	19%	31%	5%	100%
Τουρκία	29%	27%	26%	0%	11%	7%	100%
Ουκρανία	14%	32%	30%	20%	2%	3%	100%
Ηνωμένο Βασίλειο	35%	38%	3%	7%	1%	17%	100%
Λοιπή Ευρώπη	38%	18%	18%	6%	10%	10%	100%

(Πηγή: Statistical Review of World Energy 2021,

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>)

Ειδικά για την Ελλάδα αξίζει να επισημανθούν:

- Η μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση από τα πετρελαϊκά προϊόντα (51%)
- Το φυσικό αέριο είναι πλέον δεύτερο σε κατανάλωση καύσιμο με 21%
- Η προσπάθεια της χώρας για απολιγνιτοποίηση αποτυπώνεται στο ποσοστό του κάρβουνου, το οποίο από κυρίαρχο πριν λίγα χρόνια καταλαμβάνει πλέον μόλις το 11%
- Οι ανανεώσιμες, οι οποίες αναπτύσσονται σημαντικά τα τελευταία χρόνια, έχουν πλέον ποσοστό 14%, το οποίο είναι από τα μεγαλύτερα στην Ευρώπη.
- Το μίγμα συμπληρώνουν τα υδροηλεκτρικά με 3%, ενώ η Ελλάδα δεν διαθέτει παραγωγή πυρηνικής ενέργειας.

2.3 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΤΗΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ

Το κόστος παραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο, εξαρτάται κυρίως από την τιμή των καυσίμων τα οποία κυριαρχούν στο μίγμα παραγωγής της (πετρέλαιο, κάρβουνο και φυσικό αέριο), αλλά και έμμεσα κόστη όπως η τιμή του διοξειδίου του άνθρακα. Ακολουθεί μελέτη καθενός από αυτούς τους παράγοντες καθώς και η αποτύπωση της διακύμανσης της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας.

2.3.1 Διακύμανση τιμής πετρελαίου

Οι παγκόσμιες τιμές του πετρελαίου καθορίζονται από τις δυνάμεις της προσφοράς και της ζήτησης. Η ζήτηση πετρελαίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις παγκόσμιες μακροοικονομικές συνθήκες. Η τιμή του πετρελαίου είναι σε γενικές γραμμές αντιστρόφως ανάλογη με την παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη, ενώ αναφέρεται συνήθως ως η τιμή ενός βαρελιού αργού πετρελαίου.

Η τιμή του πετρελαίου που περιλαμβάνει τέσσερις κυρία στάδια όσον αφορά την παραγωγική του διαδικασία, από την εξόρυξη έως και τη διάθεση προς κατανάλωση:

- Άντληση και παραγωγή αργού πετρελαίου
- μεταφορά στο εργοστάσιο διύλισης
- διύλιση

- μεταφορά στο τελικό σημείο διάθεσης, προς κατανάλωση

Εξωγενείς μεταβλητές που μπορούν να επηρεάσουν την τιμή του πετρελαίου είναι:

- οι περιφερειακές εξισώσεις προσφοράς και ζήτησης,
- η τεχνολογία διύλισης που χρησιμοποιείται
- κυβερνητικές πολιτικές σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο

Το συνολικό κόστος παραγωγής του πετρελαίου, όπως όλων των βιομηχανικών προϊόντων, είναι καθοριστικής σημασίας για την τελική τιμή με την οποία διατίθεται στην αγορά. Το 2016, η Wall Street Journal αντλώντας στοιχεία από το Rystad Energy UCube, δημοσίευσε τον Πίνακα 2.13. Σε αυτόν υπογραμμίζεται ότι το Ηνωμένο Βασίλειο, η Βραζιλία, η Νιγηρία, η Βενεζουέλα και ο Καναδάς είχαν το ακριβότερο κόστος παραγωγής ενώ στον αντίποδα, η Σαουδική Αραβία, το Ιράν και το Ιράκ είχαν τα φθηνότερα κόστη παραγωγής.

Πίνακας 2.13: Κόστος παραγωγής ανά βαρέλι αργού πετρελαίου

Country	Gross taxes	Capital spending	Production costs	Admin transport	Total
UK	\$0	\$22.67	\$17.36	\$4.30	\$44.33
Brazil	\$6.66	\$16.09	\$9.45	\$2.80	\$34.99
Nigeria	\$4.11	\$13.10	\$8.81	\$2.97	\$28.99
Venezuela	\$10.48	\$6.66	\$7.94	\$2.54	\$27.62
Canada	\$2.48	\$9.69	\$11.56	\$2.92	\$26.64
U.S. Shale	\$6.42	\$7.56	\$5.85	\$3.52	\$23.35
Norway	\$0.19	\$13.76	\$4.24	\$3.12	\$21.31
U.S. non-shale	\$5.03	\$7.70	\$5.15	\$3.11	\$20.99
Indonesia	\$1.55	\$7.65	\$6.87	\$3.63	\$19.71
Russia	\$8.44	\$5.10	\$2.98	\$2.69	\$19.21
Iraq	\$0.91	\$5.03	\$2.16	\$2.47	\$10.57
Iran	\$0	\$4.48	\$1.94	\$2.67	\$9.08
Saudi Arabia	\$0	\$3.50	\$3.00	\$2.49	\$8.98

(Πηγή: Wall Street Journal, <http://graphics.wsj.com/oil-barrel-breakdown/>)

Ανατρέχοντας σε ιστορικά δεδομένα διακύμανσης της τιμής του πετρελαίου, αποτυπώνεται ότι η τιμή του πετρελαίου παρουσιάζει πολλές και σημαντικές μεταβολές.

Ενδεικτικά, στο Διάγραμμα 2.14 ο οποίος προέρχεται από τον ιστότοπο [investing.com](https://www.investing.com) αποτυπώνεται η παρούσα μεγάλη διακύμανση της τιμής του πετρελαίου. Συγκεκριμένα, από 21,85 \$/βαρέλι Brent τον Μάρτιο του 2020, τον Οκτώβριο του 2021 αυξήθηκε στο 86 \$/βαρέλι, καταγράφοντας αύξηση 394%. Η τελευταία φορά που οι τιμές ήταν σε τόσο υψηλό επίπεδο ήταν την περίοδο της πρόσφατης παγκόσμιας οικονομικής κρίσης 2008 και 2011 έως 2014). Το τελευταίο εξάμηνο οι τιμές του αργού πετρελαίου αυξάνονται σταθερά, κυρίως λόγω της μείωσης της προσφοράς από τον Οργανισμό Πετρελαϊκών Χωρών Εξαγωγών (ΟΠΕΚ) εδώ και σχεδόν ένα χρόνο.

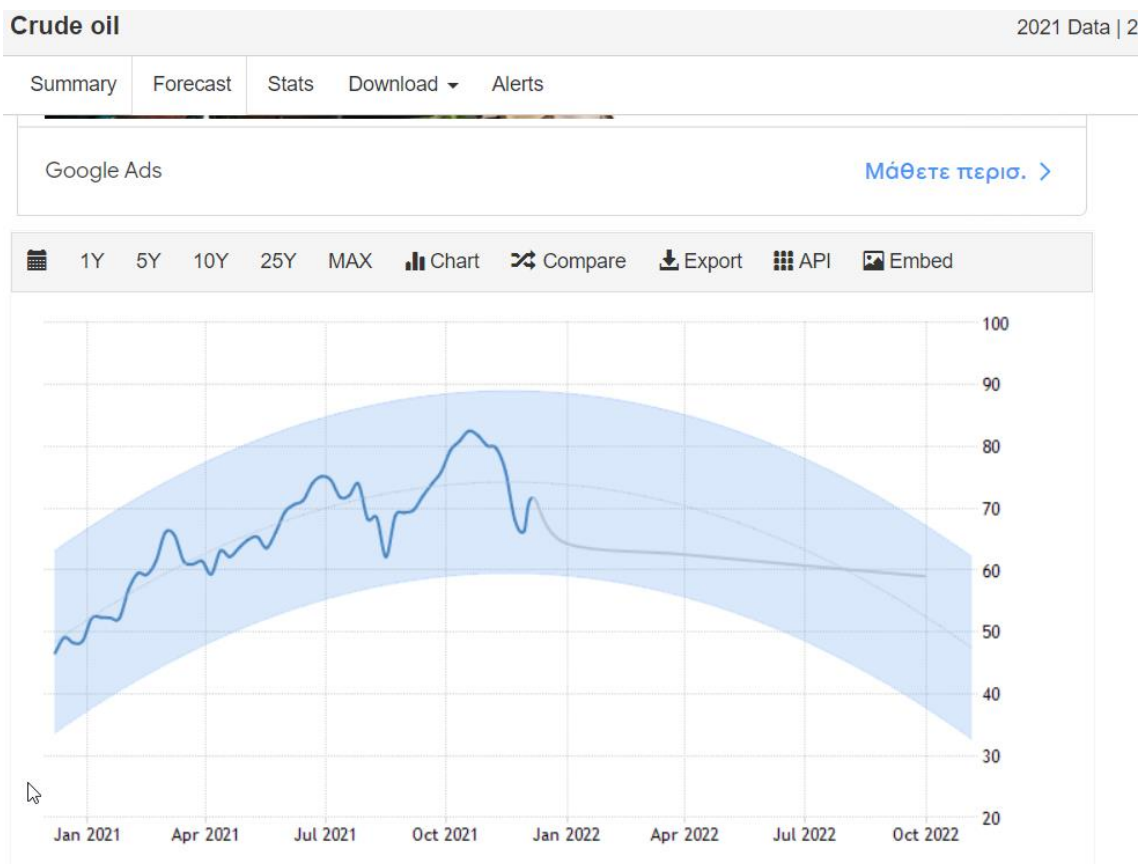
Brent Oil Futures Overview



Διάγραμμα 2.14: Διακύμανση Τιμής Brent 1991-11/12/2021,

(Πηγή: Investing, <https://www.investing.com/commodities/brent-oil>)

Όσον αφορά την μελλοντική πρόβλεψη, η εξόρυξη πετρελαίου διανύει μια περίοδο όπου η συνολική παραγωγή έχει μειωθεί σημαντικά. Αυτό με τη σειρά του συνεπάγεται μείωση της διαθέσιμης προσφοράς πετρελαίου. Λαμβάνοντας υπόψη συνάμα και την αυξανόμενη ζήτηση, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι αναμένεται διατήρηση αυτής της σημαντικής αύξησης των τιμών σε παγκόσμιο επίπεδο. Συγκεκριμένα έως και το τέλος του 2022, προβλέπεται η τιμή να κυμανθεί στο επίπεδο λίγο κάτω από 70 \$/βαρέλι (βλ. Διάγραμμα 2.15).



Διάγραμμα 2.15: Πρόβλεψη τιμής Crude Oil (2022)

(Πηγή: <https://tradingeconomics.com/commodity/crude-oil>)

Η άνοδος του πετρελαίου και συνεπώς και των παραγώγων του, επηρεάζει σημαντικά την οικονομία μιας και από αυτήν εξαρτώνται:

- το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- το κόστος παραγωγής θερμικής ενέργειας (όπου χρησιμοποιούνται παράγωγα του ως καύσιμο, π.χ. πετ κωκ, μαζούτ κ.λ.π.)
- τα μεταφορικά κόστη (οδικές, ακτοπλοϊκές και αεροπορικές μεταφορές)
- οι τιμές πρώτων υλών που προέρχονται από πετρελαϊκά προϊόντα (π.χ. τιμές πλαστικών).

Συνολικά επηρεάζονται σχεδόν όλες οι βιομηχανικές και βιοτεχνικές παραγωγές, πράγμα που θα επιφέρει ανοδικές τιμές σε μια πληθώρα προϊόντων.

2.3.2 Διακύμανση τιμής φυσικού αερίου

Το Title Transfer Facility (TTF) είναι μια εικονική πλατφόρμα στην οποία πραγματοποιούνται χρηματοοικονομικές συναλλαγές φυσικού αερίου και βρίσκεται στην Ολλανδία. Το TTF παρέχει τη δυνατότητα σε συμμετέχοντες της χονδρεμπορικής Ολλανδικής αγοράς φυσικού αερίου να εμπορεύονται συμβόλαια/ποσότητες φυσικού αερίου. Συγκεκριμένα εμπορεύονται βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα συμβόλαια φυσικής παράδοσης φυσικού αερίου και βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα προθεσμιακά προϊόντα μελλοντικής εκπλήρωσης φυσικού αερίου (παράγωγα). Το TTF αποτελεί το εικονικό σημείο συναλλαγών φυσικού αερίου με τη μεγαλύτερη χρήση στην Ευρώπη ενώ η τιμή του χρησιμοποιείται ευρέως στις ευρωπαϊκές χρηματιστηριακές συναλλαγές της αγοράς φυσικού αερίου. Το φυσικό αέριο στο TTF διαπραγματεύεται σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (€/MWh).

Το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο μοντέλο τιμολόγησης για τον καταναλωτή είναι το μοντέλο: Χρέωση Ενέργειας = Τιμή TTF + Markup, όπου Markup είναι η προσαύξηση τιμής η οποία στοχεύει στην κάλυψη του συνολικού κόστους καθώς και του περιθωρίου εμπορίας του προμηθευτή. Υπάρχουν βέβαια και οι περιπτώσεις συμφωνιών που περιλαμβάνουν σταθερή τιμή σε όλη τη διάρκεια του συμβολαίου (fixed price) οι οποίες συνήθως συνοδεύονται και από κάποιας μορφής ασφάλισης μέσω τεχνικών αντιστάθμισης (hedging).

Όσον αφορά την πρόσφατη διακύμανση του, ενώ η τιμή του TTF τον Σεπτέμβριο του 2020 βρισκόταν στην περιοχή των 12 €/MWh, ένα χρόνο αργότερα και συγκεκριμένα το Φθινόπωρο του 2021 διαπραγματεύεται στην περιοχή των 100€/MWh (Διάγραμμα 2.16) και σε κάποιες περιπτώσεις το υπερβαίνει, καταγράφοντας αύξηση μεγαλύτερη του 800%).



Διάγραμμα 2.16: Διακύμανση τιμής Φυσικού αερίου (TTF) Δεκ 2020- Νοε 2021

(Πηγή: Theice, <https://www.theice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas-Futures/data?marketId=5325990&span=2>)

Οι βασικές αιτίες αυτής της αύξησης αποδίδονται σε:

- χαμηλά αποθέματα φυσικού αερίου στην Ε.Ε
- υψηλότερη ζήτηση από την Ασία, καθώς ανακάμπτει η οικονομία της Κίνας και άλλων χωρών της περιοχής στην μετά-covid εποχή.
- χαμηλότερες ποσότητες αερίου από την Ρωσία προς την Ε.Ε (έχει ήδη συμφωνηθεί μεταφορά σημαντικών ποσοτήτων αερίου προς Κίνα, αλλά ταυτόχρονα η Ρωσία με αυτόν τον τρόπο ασκεί έμμεση πίεση για γρηγορότερη αδειοδότηση και εκκίνηση λειτουργίας του αγωγού Nord stream 2, υπό συνθήκες ευνοϊκότερες για εκείνη)
- υψηλή ενεργειακή εξάρτηση της Ε.Ε από το φυσικό αέριο, σαν αποτέλεσμα της υπό εξέλιξη ενεργειακής μετάβασης προς καθαρότερες μορφές ενέργειας (π.χ. παροπλισμός λιθανθρακικών μονάδων)

Ταυτόχρονα, οι προβλέψεις για το μέλλον (futures), όπως αυτές αποτυπώνονται στην ιστοσελίδα [theice.com](https://www.theice.com) την 10/12/21 (Εικόνα 2.17), προβλέπει στο άμεσο μέλλον οι τιμές φυσικού αερίου να διακυμανθούν ως εξής:

Q1 22	103.550	12/10/2021 4:55 PM
Q2 22	71.000	
Q3 22	68.825	
Q4 22	69.895	
CAL 22		77.900
CAL 23		41.800
CAL 24		27.525
CAL 25		23.250

Εικόνα 2.17: Πρόβλεψη TTF 2022 – 2025

(Πηγή: Theice, <https://www.theice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas-Futures/data?marketId=5325990&span=2>)

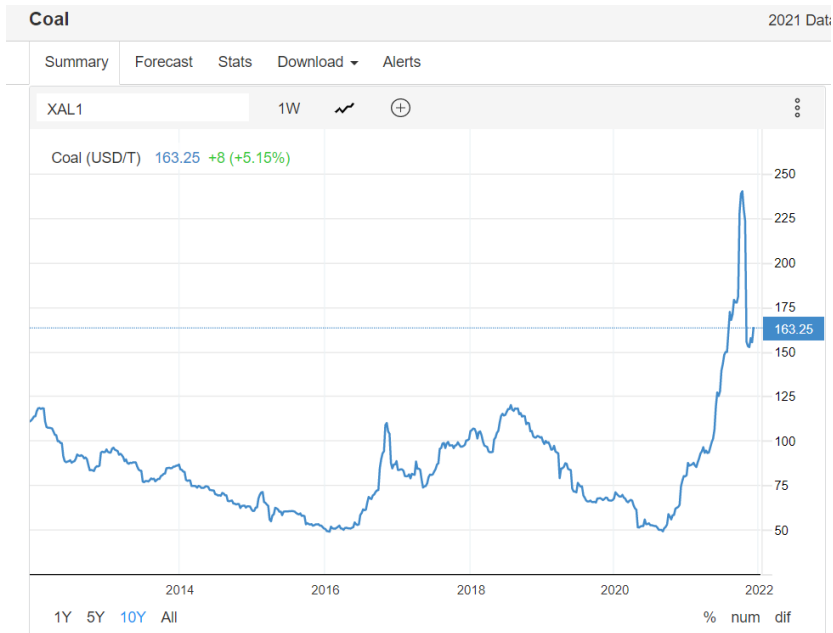
- Τιμή για το Q1 2022=103,55 €/MWh,
- Τιμή για το Q2 2022=71 €/MWh,
- Τιμή για το Q3 2022=68,825 €/MWh,
- Τιμή για το Q4 2022=69,895 €/MWh.
- Συνολική τιμή 2022 = 77,9 €/MWh.
- Συνολική τιμή 2023 = 41,8€/MWh.
- Αποκλιμάκωση τιμών το 2024 και 2025 με τιμές 27 και 23 €/MWh αντίστοιχα

Αυτό συνεπάγεται ότι προβλέπεται μια πτωτική πορεία της τιμής το 2022 . Παρόλα αυτά όμως, οι τιμές θα παραμείνουν στο επίπεδο των 78€/MWh, το οποίο συγκριτικά με το 2020 παραμένει σημαντικά υψηλότερο επιφέροντας σημαντική πληθωριστική επίδραση στην αγορά, ιδιαίτερα σε αυτή της Ε.Ε όπου η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από το φυσικό αέριο σε σημαντικό βαθμό. Αντίστοιχες μειώσεις αναμένονται και τα επόμενα χρόνια έως το 2025, σε καμία περίπτωση όμως η τιμές δεν θα επανέλθουν στο επίπεδο της προ covid 19 εποχής.

2.3.3 Διακύμανση Τιμών Στερεών καυσίμων (κυρίως κάρβουνο)

Ομοίως, η τιμή του κάρβουνου το δεύτερο εξάμηνο του 2021, καταγράφει τις υψηλότερες τιμές της τελευταίας δεκαετίας. Ενδεικτικά στις 4/10/21 έφτασε τα 265,6 δολάρια ανά

μετρικό τόνο συνεχίζοντας την ανοδική πορεία από το Σεπτέμβριο του 2020 που η τιμή του είχε φτάσει έως και 50 \$/tn. Τον Νοέμβριο του 2021, η τιμή επανήλθε στην περιοχή των 160 \$/tn, το οποίο συνεχίζει να είναι σημαντικά υψηλότερο σε σχέση με τα προηγούμενα έτη (Εικόνα 2.18)



Εικόνα 2.18: Διακύμανση τιμής κάρβουνου (2011 έως 11/12/2021)

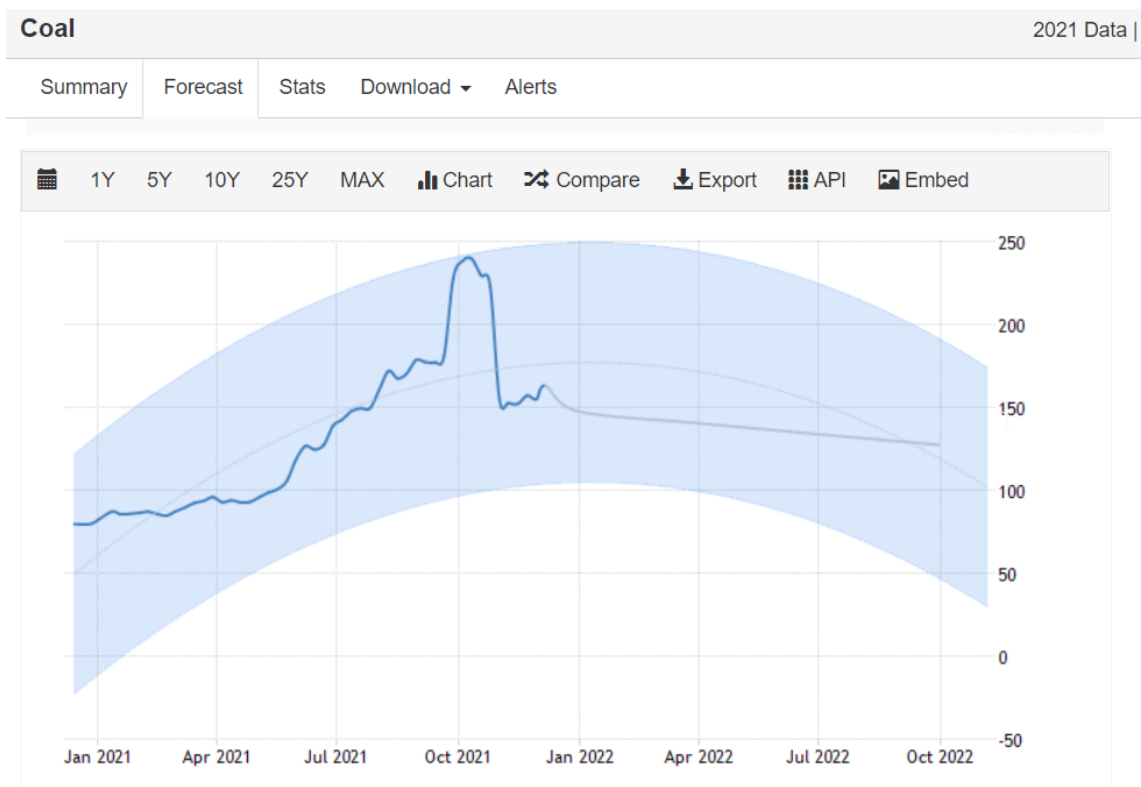
(Πηγή: Trading Economics, <https://tradingeconomics.com/commodity/coal>)

Ως βασικές αιτίες, εντοπίζονται οι:

- πρόβλεψη για 2.6% αύξηση στην παγκόσμια ζήτηση το 2021, κυρίως λόγω της αυξανόμενης ζήτησης στην Κίνα, την Ινδία και τις λοιπές χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας. Αυτό βέβαια είναι ενάντια στη στρατηγική άλλων περιοχών, όπως π.χ. η Ε.Ε, που στοχεύουν στην μείωση των συμβατικών καυσίμων με στόχο τον περιορισμό των εκπομπών CO₂.
- οι περιβαλλοντικές πολιτικές έχουν αποτρέψει την επένδυση και αξιοποίηση νέων ορυχείων (αυτό θα είχε αυξήσει την προσφορά)
- πρόβλεψη για μια ασυνήθιστα κρύα χειμερινή περίοδο στις αρχές του 2022 (άρα αυξημένη κατανάλωση)
- εξάντληση των αποθεμάτων φυσικού αερίου στην Ευρώπη.
- το κάρβουνο παραμένει η βασική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο.

- Η αισιοδοξία για είσοδο στην μετά-covid εποχή, συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση κατανάλωσης διάφορων προϊόντων, η οποία με τη σειρά της αυξάνει τις ανάγκες για βιομηχανική παραγωγή και μεταφορές, και τελικά συνεπάγεται σημαντική αύξηση των ενεργειακών αναγκών.
- Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναπτύσσονται διαρκώς στοχεύοντας να αντικαταστήσουν το κάρβουνο και τα πετρελαιοειδή ως μιας από τις βασικότερες πηγές παραγωγής ενέργειας. Η μετάβαση αυτή όμως θα χρειαστεί χρόνια ή και δεκαετίες. Μέχρι εκείνη τη στιγμή, το φυσικό αέριο πιθανότατα θα αντικαταστήσει το κάρβουνο ως τη δεύτερη μεγαλύτερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας μετά το πετρέλαιο. Όμως όσο η ζήτηση για κάρβουνο παραμένει σταθερή ή προβλέπεται ακόμη και να αυξηθεί (π.χ. ασιατικές οικονομίες), δημιουργείται σημαντικός φραγμός στην άμεση αντικατάσταση του.

Όσον αφορά την πρόβλεψη της μελλοντικής διακύμανσης της τιμής του κάρβουνου, για το προσεχές έτος, προβλέπει τιμές στην περιοχή των 130 \$/MT (Εικόνα 2.19).



Εικόνα 2.19 : Πρόβλεψη τιμής Κάρβουνου (2022)

(Πηγή: Trading Economics, <https://tradingeconomics.com/commodity/coal> , πρόσβαση στις 11/12/2021)

2.3.4 Διακύμανση τιμής CO₂

Το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ε.Ε (European Union Emissions Trading System –EU ETS) θεωρείται ο ακρογωνιαίος λίθος της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Ξεκίνησε το 2005 και καλύπτει περισσότερα από 11.000 εργοστάσια, στα 27 κράτη μέλη της ΕΕ συν την Ισλανδία, τη Νορβηγία, το Λιχτενστάιν (το Ηνωμένο Βασίλειο αποχώρησε την 31/12/2020 δημιουργώντας το UK Emissions Trading Scheme - UK ETS).

Το EU ETS λειτουργεί βάσει της αρχής «ανώτατο όριο εκπομπών και εμπόριο». Έτσι ορίζεται ένα μέγιστο -ανώτατο όριο- για τη συνολική ποσότητα αερίων θερμοκηπίου που μπορούν να εκπέμπονται από όλες τις συμμετέχουσες εγκαταστάσεις. Οι εγκαταστάσεις πρέπει να παρακολουθούν και να αναφέρουν τις εκπομπές CO₂, διασφαλίζοντας ότι παρέχουν αξιόπιστα στοιχεία στις αρχές σχετικά με την ποσότητα των εκπομπών τους.

- Εάν οι εκπομπές υπερβούν το μέγιστο (ανώτατο όριο) από τα δικαιώματά της, η εγκατάσταση θα πρέπει να αγοράσει τα επιπλέον δικαιώματα εκπομπών μέσω του μηχανισμού.
- Αντιστρόφως, εάν μια εγκατάσταση έχει αποδώσει καλά στη μείωση των εκπομπών της και διαθέτει πλεονάζουσα ποσότητα δικαιωμάτων εκπομπών, μπορεί να πουλήσει την επιπλέον ποσότητα από τα δικαιώματα που της έχουν απομείνει.

Τα δικαιώματα εκπομπών της ΕΕ δημοπρατούνται στη συνέχεια επιτρέποντας στο σύστημα να βρει τους πιο οικονομικούς τρόπους μείωσης των εκπομπών χωρίς σημαντική κυβερνητική παρέμβαση.

Η διαδικασία αυτή έχει περάσει από τέσσερις περιόδους, Phase I (2005–2007), Phase II (2008–2012), Phase III (2013–2020) και Phase IV (1/1/ 2021 – 31/12/2030), κατά τις οποίες έγιναν σημαντικές τροποποιήσεις στις διαδικασίες και τον τρόπο λειτουργίας του. Το 2020 υπολογίστηκε ότι το ETS της Ε.Ε είχε μειώσει τις εκπομπές CO₂ κατά περισσότερο από 1 δισεκατομμύριο τόνους μεταξύ 2008 και 2016 ή 3,8% των συνολικών εκπομπών σε όλη την Ε.Ε.

Όσον αφορά την τιμή, ενώ για πολλά χρόνια ακολούθησε μια σχετικά σταθερή διακύμανση, από το τέλος του 2020 και έπειτα οι τιμές βρίσκονται σε συνεχή ανοδική

πορεία. Ενδεικτικά η τιμή από 24€/tn CO₂ τον Οκτώβριο του 2020, μετά από μια συνεχόμενη και πρωτοφανή ανοδική πορεία, έχει φτάσει στις 11/12/2021 τα 83,24 €/tn CO₂, όταν όλο το 2020 η τιμή βρισκόταν σταθερά κάτω από 30€/tn CO₂. Η αύξηση αυτή ακολουθεί την γενική αστάθεια που παρατηρείται αυτή την περίοδο στην αγορά ενεργειακών προϊόντων (Διάγραμμα 2.20). Η εν λόγω αύξηση της τιμής του CO₂ είναι ένας από τους παράγοντες που συντελούν στην μεγάλη αύξηση στην τιμή της ενέργειας που παρατηρείται το τελευταίο διάστημα και ταυτόχρονα εγείρει ερωτήματα και αντιδράσεις σχετικά με την Περιβαλλοντική Πολιτική της Ε.Ε, ειδικά όταν αυτή συγκρίνεται με την πολιτική των υπολοίπων κρατών εκτός Ε.Ε. Ηδη υπάρχουν απόψεις περί σοβαρής ζημιάς στην ανταγωνιστικότητα των κρατών της Ε.Ε έναντι των υπολοίπων χωρών σε συνθήκες παγκόσμιου ανταγωνισμού, ενώ δεν λείπουν και οι κριτικές περί υπερασισιόδοξης και βίαιης μετάβασης σε «πράσινες» πρακτικές.

Carbon Emissions Futures Overview

i



Διάγραμμα 2.20 : Διακύμανση τιμής CO₂ (2019-10/12/2021)

(Πηγή: Investing, <https://www.investing.com/commodities/carbon-emissions>)

Όσον αφορά τις μελλοντικές προβλέψεις, αυτές προβλέπουν ότι η τιμή θα παραμείνει σε υψηλά επίπεδα, και συγκεκριμένα στην περιοχή των 90 €/tn CO₂ για όλο το 2022 (Διάγραμμα 2.21).

2021-12-08

Name	Last Price
Dec/21	89.00
Feb/22	-
Mar/22	-
Mar/22	90.19
Jun/22	-
Sep/22	-
Dec/22	89.20

Διάγραμμα 2.21 : Πρόβλεψη τιμής CO₂ στις 08/12/2021

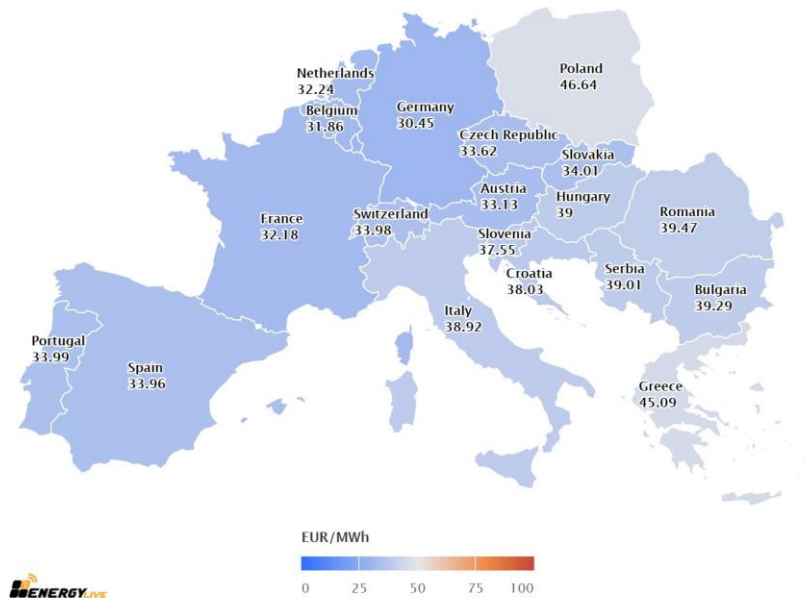
(Πηγή: European Energy Exchange AG,

<https://www.eex.com/en/market-data/environmental-markets/derivatives-market>)

2.3.5 Διακύμανση τιμής ηλεκτρικής ενέργειας

Έκρηξη τιμών παρατηρείται το τελευταίο διάστημα και στις αγορά ηλεκτρικής ενέργειας της Ε.Ε. Ειδικότερα, οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας (€/MWh), το 2020 βρίσκονταν στο επίπεδο των 45 €/MWh (Διάγραμμα 2.22).

Yearly day-ahead electricity prices for 2020

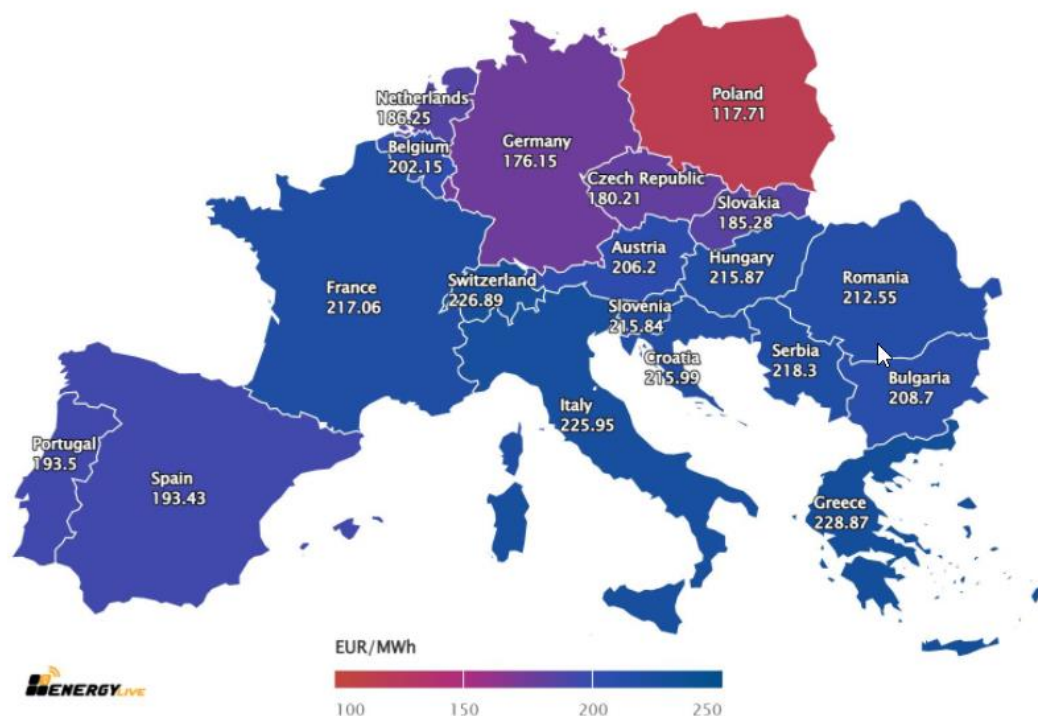


Διάγραμμα 2.22: Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (Eur/MWh) ανά χώρα – μέσος όρος 2020

(Πηγή: European Power Markets Overview, <https://www.energylive.cloud/>)

Τους τελευταίους μήνες οι τιμές έχουν εκτοξευτεί ξεπερνώντας σημαντικά τα 200€/MWh (πολύ συχνά ξεπερνούν ακόμη και τα 250 €/MWh). Ενδεικτικά και προς σύγκριση, ενώ ο σταθμικός μέσος όρος της τιμής ενέργειας στην Ελλάδα για όλο το 2020 ήταν 45,09 €/MWh, το μήνα Νοέμβριο του 2021 συνολικά, η τιμή της ενέργειας στην Ελλάδα ήταν 228,87 €/MWh, καταγράφοντας αύξηση κατά 508%. (Διάγραμμα 2.23)

Monthly day-ahead electricity prices for 2021-11



Διάγραμμα 2.23: Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (EUR/MWh) ανά χώρα Νοέμβριος 2021 (Πηγή: European Power Markets Overview, <https://www.energylive.cloud/>)

Η τεράστια αυτή άνοδος της τιμής, σύμφωνα με τους αναλυτές οφείλεται κυρίως:

- στη μεγάλη αύξηση της τιμής του CO₂
- στη μεγάλη αύξηση της τιμής του φυσικού αερίου
- στη μεγάλη αύξηση της τιμής των στερεών καυσίμων (κάρβουνο και πετ κωκ)
- υψηλή ζήτηση αερίου από την Ασία για καύσιμα (φυσικό αέριο και κάρβουνο)
- στα χαμηλά αποθέματα της Ευρώπης σε φυσικό αέριο (τη συγκεκριμένη περίοδο)
- στην καθυστέρηση της συμφωνίας ανάμεσα στη Ρωσία και τη Γερμανία για τον αγωγό Nord Stream 2, οποίος, αν είχε ολοκληρωθεί και τεθεί σε λειτουργία θα έφερνε ισορροπία προσφοράς και ζήτησης στο φυσικό αέριο

- στην περιορισμένη ένταση του ανέμου στην Ευρώπη το καλοκαίρι, η οποία οδήγησε στη χρήση φυσικού αερίου και τους θερινούς μήνες με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν τώρα επαρκή αποθέματα
- σοβαρές καθυστερήσεις στην ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, κυρίως λόγω της χρονοβόρας αδειοδοτικής διαδικασίας.
- υπό αμφισβήτηση βρίσκεται και η απόφαση για την κατάργηση των λιγνιτικών μονάδων παραγωγής ενέργειας, με αρκετούς αναλυτές να την θεωρούν πρόωρη, καθώς θα μπορούσαν να εξασφαλίσουν σταθερή προσφορά ενέργειας.
- τον ανοδικό πληθωρισμό της και την αισιοδοξία ότι ξεκινά η μετά-covid εποχή

Δυστυχώς οι μελλοντικές προβλέψεις αναφέρουν ότι οι τιμές θα παραμείνουν σε υψηλά επίπεδα για όλο το 2022. Ενδεικτικά, ο δείκτης HUDEX (HUN Baseload Power – εικόνα 2.24) στις 11/12/2021 προέβλεπε τα εξής σχετικά με τις τιμές ενέργειας για το 2022:

HUDEX HUN Baseload Power - Quarter Futures

Contract	Settlement price (EUR/MWh)	Daily best bid (EUR/MWh)	Daily best ask (EUR/MWh)	Best Bid at Market Closure (EUR/MWh)
BL Q1-22	265.07	-	-	-
BL Q2-22	162.11	-	-	-
BL Q3-22	171.29	-	-	-
BL Q4-22	184.72	-	-	-

Εικόνα 2.24: Πρόβλεψη τιμής ενέργειας 2022 (11/12/2021)

(Πηγή: HUDEX 11/12/2021, <https://hudex.hu/en/market-data/power/daily-data#quarter>)

Τιμή για το Q1 2022=265,07 €/MWh,

Τιμή για το Q2 2022=162,11 €/MWh,

Τιμή για το Q3 2022=171,29 €/MWh,

Τιμή για το Q4 2022=184,72 €/MWh,

Αυτό συνεπάγεται ότι οι προβλέψεις αναμένουν μια μικρή αποκλιμάκωση των υψηλών τιμών από το Q2 του 2022 και έπειτα, όμως θα παραμείνουν στη περιοχή των 150-200 €/MWh, το οποίο συγκριτικά με το 2020 είναι σημαντικά υψηλότερο.

2.4 ΤΟ ΖΗΤΗΜΑ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Η διάθεση των στερεών αποβλήτων είναι ένα έντονο και ραγδαία εντεινόμενο πρόβλημα τόσο στις αστικές όσο και στις αγροτικές περιοχές, τόσο στις ήδη ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η συλλογή και η διαχείριση των απορριμμάτων είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στις περισσότερες χώρες παγκοσμίως σήμερα. Παράγοντες όπως η αύξηση του πληθυσμού, η ταχεία αστικοποίηση, η άνθηση της οικονομίας, η άνοδος του βιοτικού επιπέδου στις αναπτυσσόμενες χώρες και η διάδοση της χρήσης υλικών συσκευασίας όπως το πλαστικό, αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες που έχουν επιταχύνει σημαντικά τον ρυθμό, την ποσότητα και την ποιότητα της παραγωγής αστικών στερεών αποβλήτων. Ως εκ τούτου οι λύσεις που αφορούν στη διαχείριση αυτών θα πρέπει να είναι οικονομικά βιώσιμες, τεχνικά εφικτές, κοινωνικά και νομικά αποδεκτές και τελικά φιλικές προς το περιβάλλον.

Μια αντιπροσωπευτική αποτύπωση του μεγέθους του προβλήματος μπορεί να προκύψει από τη μελέτη της κατάστασης σε τοπικό επίπεδο. Στην Ελλάδα κάθε κάτοικος παράγει 500 κιλά απορρίμματα ετησίως ενώ συνολικά 5,2 εκατομμύρια τόνοι πετιούνται κάθε χρόνο στους πλαστικούς κάδους. Συνάμα αυτές οι ποσότητες βρίσκονται σε συνεχόμενη ανοδική πορεία ετησίως. Ενδεικτικά, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2.25 η ποσότητα τους στην Ελλάδα, έχει αυξηθεί κατά 72,9%, μεταξύ των ετών 1995 και 2019, καταγράφοντας το μεγαλύτερο ποσοστό αύξησης στην Ε.Ε.

(kg per capita)						Change
	1995	2000	2005	2012	2019	2019/1995 (%)
EU-27	467	513	506	488	502	7.5
Belgium	455	471	482	445	416	-8.6
Bulgaria (*)	694	612	588	460	407	:
Czechia	302	335	289	308	500	65.6
Denmark	521	664	736	806	844	62.0
Germany	623	642	565	619	609	-2.2
Estonia	371	453	433	280	369	-0.5
Ireland (*)	512	599	731	585	598	:
Greece	303	412	442	495	524	72.9
Spain	505	653	588	468	476	-5.7
France	475	514	529	527	546	14.9
Croatia	:	262	336	391	445	:
Italy	454	509	548	504	503	10.8
Cyprus	595	628	688	664	642	7.9
Latvia	264	271	320	323	439	66.3
Lithuania	426	365	387	445	472	10.8
Luxembourg	587	654	672	652	791	34.6
Hungary	460	446	461	402	387	-15.9
Malta	387	533	623	590	694	79.2
Netherlands	539	598	599	549	508	-5.8
Austria	437	580	575	579	588	34.5
Poland	285	320	319	317	336	17.9
Portugal	352	457	452	453	513	45.9
Romania	342	355	383	251	280	-18.0
Slovenia	596	513	494	362	504	-15.5
Slovakia	295	254	273	306	421	42.9
Finland	413	502	478	506	566	36.9
Sweden	386	425	479	454	449	16.2
Iceland (*)	426	462	516	511	656	:
Norway	624	613	426	477	776	24.4
Switzerland	602	659	664	697	709	17.8
United Kingdom (*)	498	577	581	477	463	:

Σχήμα 2.25: Παραγωγή Αστικών αποβλήτων 1995-2000-2005-2012-2019

(Πηγή:EUROSTAT,[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Municipal_waste_generated_in_selected_years_1995-2019_\(kg_per_capita\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Municipal_waste_generated_in_selected_years_1995-2019_(kg_per_capita).png))

Στην Ελλάδα, η συνολική αποκομιδή κοστίζει πάνω από ένα δισεκατομμύριο ευρώ ετησίως καθώς μόνο το 25% οδηγείται στην ανακύκλωση, ενώ ταυτόχρονα στη χώρα υπάρχουν αναρίθμητες παράνομες χωματερές.

Σε ότι αφορά τη συνολική διαχείριση των απορριμμάτων, στοιχεία για την κατά κατηγορία διαχείριση (landfill, incineration, material recycling, composting) παρατίθενται στο σχήμα 2.26. Πρέπει να τονιστεί ότι αυτή η κατανομή διαφέρει σημαντικά, εάν η εξέταση γίνει από χώρα σε χώρα, και αυτό οφείλεται στις ιδιαίτερες συνθήκες καθεμίας.

Municipal waste landfilled, incinerated, recycled and composted, EU-27, 1995-2019

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Change 2019/1995 (%)	
million tonnes																											
Landfill	121	117	117	114	113	112	107	104	99	93	88	88	87	83	82	79	74	67	63	59	57	54	53	52	53	-56	
Incineration	30	30	33	33	34	36	37	39	39	41	45	48	49	51	52	53	55	54	56	57	57	58	59	59	60	102	
Material Recycling	23	26	30	32	37	38	40	43	43	43	46	47	52	53	54	55	56	58	56	59	63	65	66	67	68	195	
Composting	14	16	17	18	19	23	23	24	24	26	26	27	28	30	30	29	29	30	31	33	33	36	38	39	176		
Other	10	13	12	11	12	11	12	12	12	13	16	13	11	10	7	6	6	6	5	4	4	5	6	6	4	-59	
kg per capita																											
Landfill	286	276	276	266	263	262	250	241	229	215	202	202	199	190	186	178	167	153	142	134	127	121	118	116	119	-58	
Incineration	70	71	77	78	79	84	87	90	90	95	103	111	112	116	117	121	125	122	127	128	128	131	132	132	134	91	
Material Recycling	54	62	69	75	85	87	92	100	100	100	105	109	119	120	123	125	128	130	128	134	141	146	148	149	152	182	
Composting	33	38	41	42	45	53	54	57	57	59	59	61	64	69	67	66	66	69	71	73	75	82	85	84	87	162	
Other	24	31	28	26	28	27	26	27	26	31	37	30	23	23	17	13	13	14	10	9	9	10	13	13	10	-58	

Note: estimated by Eurostat.

Source: Eurostat (online data code: env_wasmun)

eurostat

Σχήμα 2.26: Επεξεργασία Αστικών αποβλήτων στην Ε.Ε από 1995 έως 2019

(Πηγή: Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Municipal_waste_landfilled,_incinerated,_recycled_and_composted,_EU-27,_1995-2019.png)

Όσον αφορά την ποιοτική σύσταση των Αστικών Στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ), υπάρχουν διάφορες σχετικές μελέτες, όπως ενδεικτικά αυτή των (Abdel-Shafy, et.al 2018) καθώς και αυτή του ΕΣΔΑ 2020-2030, τα δεδομένα της οποίας παρατίθενται στο Σχήμα 2.27

Ποιοτική Σύσταση ΑΣΑ	2020 - 2030
Οργανικό κλάσμα	42,6%
Απόβλητα κουζίνας	37,0%
Απόβλητα κήπων/πράσινα	4,3%
Βρώσιμα λίπη και έλαφα	1,3%
Χαρτί-Χαρτόνι	24,2%
Πλαστικά	13,9%
Μέταλλα	3,7%
Γυαλί	4,1%
Ξύλο	3,6%
Λοιπά	7,9%
Σύνολο	100,0%

Σχήμα 2.27: Ποιοτική σύσταση Αστικών Στερεών Απόβλητων (ΑΣΑ)

(Πηγή: ΕΣΔΑ 2020 – 2030, <https://www.nomotelia.gr/photos/File/185a-20.pdf>)

Το ενεργειακό ισοδύναμο που εμπεριέχεται στα απορρίμματα αποτυπώνεται στο Σχήμα 2.28. Εκεί απεικονίζεται η ισοδύναμη ενέργεια ενός τόνου απορριμμάτων, καταδεικνύοντας τη σημαντικότητα του ενεργειακού περιεχομένου των απορριμμάτων και την πρόσθετη αξία που μπορεί να επιφέρει η επαναχρησιμοποίησή τους, αξία η οποία έως σήμερα μένει αναξιοποίητη καθώς απορρίπτεται ενώ ταυτόχρονα η απόρριψη αυτή επιβαρύνει σημαντικά το περιβάλλον.

Το ενεργειακό περιεχόμενο 1 τόνου οικιακών απορριμμάτων ισοδυναμεί με	2,5 τόνους ατμού (400 °C, 40 bar)
	30 τόνους υπέρθερμου νερού (στους 130–180 °C)
	200 kg πετρελαίου
	500 kWh ηλεκτρικής ενέργειας

Σχήμα 2.28: Ενεργειακό περιεχόμενο ενός τόνου οικιακών απορριμμάτων όλες οι εικόνες να δίνονται ως σχήματα

(Πηγή: Τροποποίηση Περιφερειακού σχεδιασμού Διαχείρισης Απορριμμάτων, Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης, <https://www.diaamath.gr/content>)

2.5 ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που απασχολούν έντονα και σε παγκόσμιο επίπεδο είναι η ραγδαία εντεινόμενη κλιματική αλλαγή. Η ανθρώπινη δραστηριότητα, ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες, μέσω της αλόγιστης χρήσης των διαθέσιμων πόρων αυξήσει σημαντικά τον αρνητικό αντίκτυπό στην ατμόσφαιρά, το νερό, το έδαφος, τη φύση και το κλίμα και ταυτόχρονα οδηγεί σε μειούμενη πορεία τα αποθέματα τους. Υπό αυτές τις συνθήκες η βιωσιμότητα του πλανήτη τίθενται πλέον υπό σοβαρή αμφισβήτηση.

Επί αιώνες η προσέγγιση στην χρήση των πόρων ήταν αυτή της γραμμικής οικονομίας, δηλαδή λήψη των υλικών, χρήση αυτών και στην συνέχεια απόρριψη τους. Πλέον οι αρχές της βιωσιμότητας στοχεύουν στην αντικατάσταση αυτής και στη θέση της στην ανάπτυξη της κυκλικής οικονομίας. Αυτό απαιτεί υλοποίηση ενεργειών που αφορούν στη διαχείριση των πόρων, τις μεθόδους κατασκευής και χρήσης των προϊόντων καθώς και την αξιοποίηση των υλικών μετά τη χρήση. Με αυτή την κυκλική επαναχρησιμοποίηση των πόρων, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της χρήσης κάθε υλικού. Η κυκλική οικονομία λοιπόν παρέχει τις κατάλληλες πρακτικές που θα βοηθήσουν στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, θα σταματήσουν τις αρνητικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα ενώ ταυτόχρονα θα δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας, θα περιοριστούν οι εκπομπές αερίου του θερμοκηπίου, τα απόβλητα και η ρύπανση, τα οποία συνδυαστικά θα βελτιώσουν την ανθρώπινη ευημερία (Weetman 2021).

Η κυκλική οικονομία βασίζεται πάνω σε τρεις βασικές αρχές (Ellen MacArthur Foundation, 2021):

1.Εξάλειψη των αποβλήτων και της ρύπανσης

Τα απόβλητα και η ρύπανση θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ελαττώματα του σχεδιασμού ενός προϊόντος και όχι ως αναπόφευκτα παραπροϊόντα της διαδικασίας παραγωγής του. Προκειμένου να επιτευχθεί αλλαγή αυτής της νοοτροπίας και να εξασφαλιστεί εξαρχής ότι δεν θα δημιουργηθούν απαιτείται επανασχεδιασμός των προϊόντων σε συνδυασμό με αξιοποίηση νέων υλικών και τεχνολογιών.

2.Επαναχρησιμοποίηση προϊόντων και υλικών (κυκλικότητα)

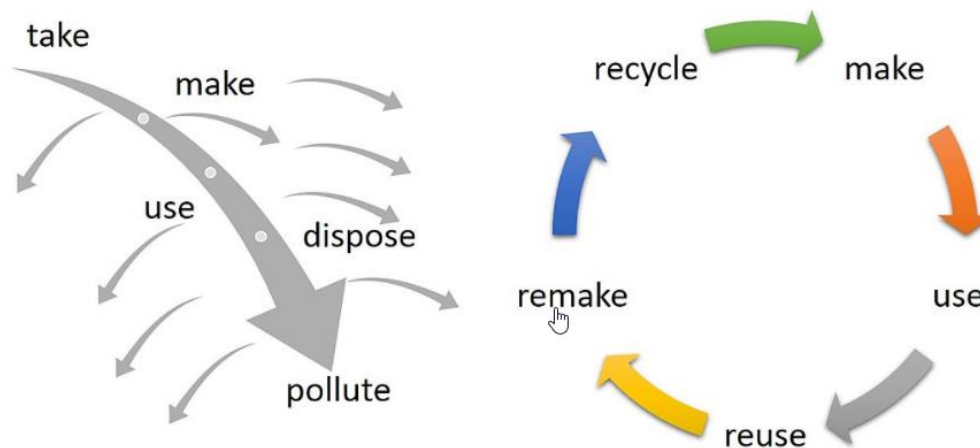
Μέσω του κατάλληλου αρχικού σχεδιασμού των προϊόντων θα πρέπει να δίδεται η δυνατότητα για επαναχρησιμοποίηση, επισκευή ή ανακατασκευή αυτών μετά τη χρήση, έτσι ώστε να μην καταλήξουν σε χωματερές.

3. Αναγέννηση της φύσης

Αντιγράφοντας το παράδειγμα της φύσης, στο οποίο δεν υφίσταται η έννοια απορριμμάτων μιας και όλες οι ουσίες γίνονται τροφή για κάτι άλλο, επιστρέφοντας στο έδαφος και σε άλλα συστήματα, θρεπτικά συστατικά προερχόμενα από προηγούμενες χρήσεις μπορούν να ενισχυθούν οι φυσικοί πόροι.

Ευθυγραμμιζόμενη με αυτές τις αρχές, η ανακύκλωση – επαναχρησιμοποίηση των απορριμμάτων, στοχεύει στη μεγιστοποίηση της χρήσης και της αξίας κάθε προϊόντος, συστατικού ή υλικού. Με αυτόν τον τρόπο τα απορριπτόμενα προϊόντα του προηγούμενου σταδίου, αντί να διατεθούν στο περιβάλλον επιβαρύνοντας το γίνονται εισερχόμενα σε μια επόμενη διεργασία, εξοικονομώντας με αυτόν τον τρόπο σημαντικούς πόρους, το οποίο με τη σειρά του συμβάλει στην παράταση της βιωσιμότητας του πλανήτη.

Η κυκλική οικονομία σε σύγκριση με την ανακύκλωση ή «τα μηδενικά απορρίμματα σε χώρους υγειονομικής ταφής» έχει αυξημένους στόχους. Επεκτείνει την αξία κάθε προϊόντος ώστε να παραταθεί η χρήση του και το τέλος ζωής του. Στην πράξη αυτό επιτυγχάνεται με πρακτικές όπως ο επανασχεδιασμός προϊόντων, η χρήση διαφορετικών πρώτων υλών, δημιουργία νέων προϊόντων και ανάκτηση η αξίας από τα έως πρόσφατα απορριπτόμενα υλικά.



Διάγραμμα 2.29: Γραμμική και Κυκλική Οικονομία

(Πηγή: Catherine Weetman 2016,

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_versus_circular.jpg)

Ειδικότερα το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων απασχολεί τη διεθνή κοινότητα όλο και περισσότερο τις τελευταίες δεκαετίες. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν ήδη διαθέσιμες διεθνείς πρακτικές και τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται εδώ και χρόνια. Οι χώρες που μπόρεσαν να αποφύγουν ή να μειώσουν την ταφή απορριμμάτων το πέτυχαν με συνδυασμό μεθόδων και τεχνολογιών ανακύκλωσης, κομποστοποίησης, μηχανικής βιολογικής επεξεργασίας, ανάκτησης και ενεργειακής αξιοποίησης. Τα ζητήματα αυτά έχουν απασχολήσει εκτενώς και την Ευρωπαϊκή Ένωση η οποία έχει συλλέξει τεχνογνωσία και έχει εκδώσει αναλυτικές οδηγίες για την διαχείριση αυτών.

2.5.1 Ευρωπαϊκή Ένωση και απόβλητα

Η Waste Framework Directive της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε), θέτει τις βασικές έννοιες και ορισμούς που σχετίζονται με τη διαχείριση των αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των ορισμών των αποβλήτων, της ανακύκλωσης και της ανάκτησης.

Η οδηγία αυτή, καθορίζει ορισμένες βασικές αρχές διαχείρισης αποβλήτων και εξηγεί πότε τα απόβλητα παύουν να είναι απόβλητα και καθίστανται δευτερεύουσες πρώτες ύλες αλλά και πώς να γίνει διάκριση μεταξύ αποβλήτων και υποπροϊόντων. Η οδηγία εισάγει επίσης την αρχή ο «ρυπαίνων πληρώνει» και την «εκτεταμένη ευθύνη του παραγωγού».

Το θεμέλιο της διαχείρισης αποβλήτων της Ε.Ε είναι η «ιεράρχηση των αποβλήτων» σε πέντε στάδια. Αυτή καθορίζει μια σειρά προτίμησης σχετικά με τις διαφορετικές μεθόδους για τη διαχείριση και τη διάθεση των αποβλήτων (Διάγραμμα 2.30).



Διάγραμμα 2.30: Ιεράρχηση των αποβλήτων,

(Πηγή: Ε.Ε, https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_el)

Συγκεκριμένα:

- Στην κορυφή αυτής της κατάταξης, και περισσότερο προτιμητέα, είναι η μέθοδος της **Πρόληψης (Prevention)**
- Ακολουθεί η **Προετοιμασία για Επαναχρησιμοποίηση (Preparing For Re-Use)**
- Έπεται η **Ανακύκλωση (Recycling)**
- Επόμενη στη σειρά η **Ανάκτηση (Recovery)**
- Και τέλος, στο χαμηλότερο σημείο της ιεραρχίας, η **Διάθεση (Disposal)**

Ως μέτρο συμμόρφωσης στους στόχους της συγκεκριμένης Ευρωπαϊκής οδηγίας, οι χώρες της ΕΕ οφείλουν να λάβουν τα απαραίτητα εκείνα μέτρα ώστε να επιτευχθούν συγκεκριμένοι και μετρήσιμοι στόχοι. Ενδεικτικά, ένας από αυτούς αναφέρει ότι η προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση αστικών αποβλήτων θα πρέπει να αυξηθεί έως κατ' ελάχιστο 55%, 60% και 65% κατά βάρος έως το 2025, 2030 και 2035 αντίστοιχα.

Για την καλύτερη κατανόηση του αντικειμένου χρήσιμοι είναι οι ορισμοί που αναφέρονται στην οδηγία 2008/98/ΕΚ και είναι οι εξής:

3.1.«απόβλητα»: κάθε ουσία ή αντικείμενο το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει.

3.9.«διαχείριση αποβλήτων»: η συλλογή, μεταφορά, ανάκτηση και διάθεση αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων της εποπτείας των εργασιών αυτών καθώς και της επίβλεψης των χώρων απόρριψης και των ενεργειών στις οποίες προβαίνουν οι έμποροι ή οι μεσίτες.

3.10.«συλλογή»: η συγκέντρωση αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της προκαταρκτικής διαλογής και της προκαταρκτικής αποθήκευσης αποβλήτων με σκοπό τη μεταφορά τους σε εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων.

3.12.«πρόληψη»: τα μέτρα τα οποία λαμβάνονται πριν μία ουσία, υλικό ή προϊόν καταστούν απόβλητα, και τα οποία μειώνουν:

- α) την ποσότητα των αποβλήτων, μέσω επαναχρησιμοποίησης ή παράτασης της διάρκειας ζωής των προϊόντων,
- β) τις αρνητικές επιπτώσεις των παραγόμενων αποβλήτων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, ή
- γ) την περιεκτικότητα των υλικών και προϊόντων σε επικίνδυνες ουσίες.

3.13.«επαναχρησιμοποίηση»: κάθε εργασία με την οποία προϊόντα ή συστατικά στοιχεία που δεν είναι απόβλητα χρησιμοποιούνται εκ νέου για τον ίδιο σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκαν.

3.14.«επεξεργασία»: οι εργασίες ανάκτησης ή διάθεσης, στις οποίες περιλαμβάνεται η προετοιμασία πριν από την ανάκτηση ή τη διάθεση.

3.15.«ανάκτηση»: οιαδήποτε εργασία της οποίας το κύριο αποτέλεσμα είναι ότι απόβλητα εξυπηρετούν ένα χρήσιμο σκοπό αντικαθιστώντας άλλα υλικά τα οποία, υπό άλλες συνθήκες, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν για την πραγματοποίηση συγκεκριμένης λειτουργίας, ή ότι απόβλητα υφίστανται προετοιμασία για την πραγματοποίηση αυτής της λειτουργίας, είτε στην εγκατάσταση είτε στο γενικότερο πλαίσιο της οικονομίας.

3.16.«προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση»: κάθε εργασία ανάκτησης που συνιστά έλεγχο, καθαρισμό ή επισκευή, με την οποία προϊόντα ή συστατικά στοιχεία

προϊόντων που αποτελούν πλέον απόβλητα προετοιμάζονται προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν χωρίς άλλη προεπεξεργασία.

3.17 «ανακύκλωση»: οιαδήποτε εργασία ανάκτησης με την οποία τα απόβλητα μετατρέπονται εκ νέου σε προϊόντα, υλικά ή ουσίες που προορίζονται είτε να εξυπηρετήσουν και πάλι τον αρχικό τους σκοπό είτε άλλους σκοπούς. Περιλαμβάνει την επανεπεξεργασία οργανικών υλικών αλλά όχι την ανάκτηση ενέργειας και την επανεπεξεργασία σε υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα ή σε εργασίες επίχωσης.

3.19.«διάθεση»: οιαδήποτε εργασία η οποία δεν συνιστά ανάκτηση, ακόμη και στην περίπτωση που η εργασία έχει ως δευτερογενή συνέπεια την ανάκτηση ουσιών ή ενέργειας.

2.5.2 Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (European Green Deal)

Όπως προαναφέρθηκε, η κλιματική αλλαγή και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος αποτελούν σημαντική απειλή για την βιωσιμότητα τόσο της Ευρώπης όσο και ολόκληρου του Πλανήτη. Με στόχο το να αντιμετωπιστεί αυτός ο κίνδυνος, το 2019 η Ευρωπαϊκή Ένωση προχώρησε στη σύναψη της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (European Green Deal – EGD), στοχεύοντας στο να μετατρέψει την Ε.Ε σε μια σύγχρονη, αποδοτική ως προς τη χρήση των διαθέσιμων πόρων και συνάμα ανταγωνιστική οικονομία, εξασφαλίζοντας:

- Μηδενικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου έως το 2050
- Αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από τη χρήση των πόρων
- Συμμετοχή όλων των ατόμων και των τοποθεσιών

Ο στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι να γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη Ήπειρος, έως το έτος 2050. Αυτό το πολύ φιλόδοξο πακέτο μέτρων αισιοδοξεί να επιτρέψει στους Ευρωπαίους πολίτες και επιχειρήσεις να επωφεληθούν από τη βιώσιμη πράσινη μετάβαση.

Σε αυτό τον εξαιρετικά φιλόδοξο στόχο σημαντική συνεισφορά θα έχει η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η χρήση τους επιφέρει πολλά οφέλη όπως μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού και μειωμένη εξάρτηση από τις αγορές ορυκτών καυσίμων (όπως κάρβουνο, πετρέλαιο και φυσικό αέριο). Η αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί επίσης να τονώσει

την απασχόληση στην ΕΕ μέσω της δημιουργίας θέσεων εργασίας σε νέες «πράσινες» τεχνολογίες.

Η EGD στοχεύει στη βελτίωση της ευημερίας και της υγείας των πολιτών της Ευρώπης και των μελλοντικών γενεών παρέχοντας τα εξής οφέλη:

- καθαρό αέρα, καθαρό νερό, υγιές έδαφος και βιοποικιλότητα
- ανακαινισμένα και ενεργειακά αποδοτικά κτίρια
- υγιεινό και οικονομικά προσιτό φαγητό
- περισσότερα μέσα μαζικής μεταφοράς
- **καθαρότερη ενέργεια και καινοτόμες καθαρές τεχνολογίες**
- προϊόντα μεγαλύτερης διάρκειας που θα μπορούν να επισκευαστούν, να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν
- επαγγέλματα με εγγυημένο μέλλον και εκπαίδευση δεξιοτήτων για αυτή τη μετάβαση
- παγκόσμια ανταγωνιστική και ανθεκτική βιομηχανία

Το σύνολο των ενεργειών, έχει κατηγοριοποιηθεί σε δράσεις που σχετίζονται με τους εξής τομείς:

1. Κλίμα
2. Ενέργεια
3. Γεωργία
4. Βιομηχανία
5. Περιβάλλον και ωκεανοί
6. Μεταφορά
7. Οικονομικά και περιφερειακή ανάπτυξη
8. Έρευνα και καινοτομία

Από αυτές τις κατηγορίες, ενδιαφέρον παρουσιάζει να εμβαθύνουμε στις εξής:

1. Κλίμα

Η EGD στοχεύει να καταστήσει την Ευρώπη κλιματικά ουδέτερη έως το 2050. Για να καταστεί δεσμευτικός αυτός ο στόχος η Επιτροπή πρότεινε τον Ευρωπαϊκό Νόμο για το Κλίμα (European Climate Law), ο οποίος θέτει τον σημαντικά φιλόδοξο στόχο της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.

Προϋπόθεση επίτευξης της στόχευσης αυτής για απανθρακοποίηση, αποτελεί η μείωση των εκπομπών σε όλους τους τομείς, από τη βιομηχανία και την παραγωγή ενέργειας, έως τις μεταφορές και τη γεωργία. Ταυτόχρονα η Ε.Ε υπογραμμίζει ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί παγκόσμια απειλή, οπότε λαμβάνοντας ανάλογες δράσεις εκτός από την αντιμετώπιση του προβλήματος ταυτόχρονα θέτει τις βάσεις και πρωτοστατεί, ώστε αυτή η προσπάθει να γίνει πιλότος και οδηγός και αυτές οι δράσεις να επεκταθούν σε παγκόσμιο πλέον επίπεδο.

Παράλληλα μια ακόμη δράση για την προστασία του κλίματος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αποτελεί η Συμφωνία του Παρισιού, η οποία στοχεύει στο να διατηρήσει την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας σε πολύ κάτω από τους 2°C. Η Ε.Ε ευθυγραμμίζεται με αυτή, στοχεύει τις προσπάθειές της ώστε αυτή η αύξηση να μετριαστεί στον 1,5 °C.

2. Ενέργεια

Η παραγωγή και η χρήση ενέργειας αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 75% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ε.Ε. Συνεπώς η απαλλαγή του ενεργειακού συστήματος της Ε.Ε από τα συμβατικά καύσιμα είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη των κλιματικών στόχων του 2030 και τη μακροπρόθεσμη στρατηγική για επίτευξη ουδετερότητας άνθρακα έως το 2050.

Η EGD επικεντρώνεται σε τρεις βασικές αρχές για τη μετάβαση στην καθαρή ενέργεια, οι οποίες θα βοηθήσουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και θα ενισχύσουν την ποιότητα ζωής των πολιτών:

- διασφάλιση ενός ασφαλούς και οικονομικά προσιτού ενεργειακού εφοδιασμού της Ε.Ε
- ανάπτυξη μιας πλήρως διασυνδεδεμένης και ψηφιοποιημένης αγοράς ενέργειας της Ε.Ε
- ιεράρχηση της ενεργειακής απόδοσης, βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και ανάπτυξη **ενός τομέα ενέργειας που βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε ανανεώσιμες πηγές**

Οι κύριοι στόχοι της Επιτροπής για την επίτευξη αυτού είναι (European Commission 2021^[6] & Publications Office of the European Union, 2019^[5]):

- η ανάπτυξη τέτοιων ενεργειακών δικτύων που θα υποστηρίζουν την ανάπτυξη των **ανανεώσιμων πηγών ενέργειας**
- η προώθηση καινοτόμων τεχνολογιών και σύγχρονων υποδομών
- η ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης και του οικολογικού σχεδιασμού των προϊόντων
- **η απανθρακοποίηση** και η προώθηση της μετάβασης σε αυτή
- η ενίσχυση των καταναλωτών μέσω της παροχής βοήθειας στις χώρες της Ε.Ε ώστε να αντιμετωπίσουν την ενεργειακή φτώχεια
- η προώθηση των ενεργειακών προτύπων και τεχνολογιών της Ε.Ε σε παγκόσμιο επίπεδο
- η αξιοποίηση του συνόλου της δυναμικότητας παραγωγής υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη

Η στρατηγική για να επιτευχθούν οι στόχοι αυτοί έχει ονομαστεί «EU Energy System Integration Strategy» και περιλαμβάνει τα εξής τρία κύρια χαρακτηριστικά:

i) Ένα πιο αποτελεσματικό και «κυκλικό» ενεργειακό σύστημα το οποίο θα αντιμετωπίσει την σημερινή σημαντική σπατάλη, τόσο ενέργειας όσο και πόρων και στο οποίο όπου υπάρχει περίσσεια ενέργειας θα συλλέγεται και θα επαναχρησιμοποιείται. Η μείωση των ενεργειακών απωλειών θα επιτευχθεί μέσω:

- της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης
- της ανάπτυξης μεθόδων και τεχνολογιών επαναχρησιμοποίησης της έως σήμερα απορριπτόμενης θερμότητας (waste heat), κυρίως από τις βιομηχανίες
- **Ενίσχυση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων** μέσω της επαναχρησιμοποίησης υπολειμμάτων από ανθρώπινες δραστηριότητες για παραγωγή βιώσιμων καυσίμων (αστικά απορρίμματα, γεωργικές δραστηριότητες, υπολείμματα βιομηχανικών και βιοτεχνικών δραστηριοτήτων).
- Ανάπτυξη συνεργειών και συνεργασιών μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών και των υποδομών τους.

ii) Ένα καθαρότερο σύστημα παραγωγής ενέργειας μέσω της επιτάχυνσης της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές, με στόχο την

ηλεκτροδότηση των τομέων που βασίζονται παραδοσιακά στα ορυκτά καύσιμα όπως η βιομηχανία, η θέρμανση κτιρίων και οι μεταφορές. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω της:

- **Αύξησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές**
- Αύξησης της χρήσης ανανεώσιμης ενέργειας σε κτίρια, μεταφορές και βιομηχανία, για παράδειγμα μέσω αντλιών θερμότητας, ηλεκτρικά οχήματα και ηλεκτρικούς φούρνους
- Επιτάχυνση της ανάπτυξης σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

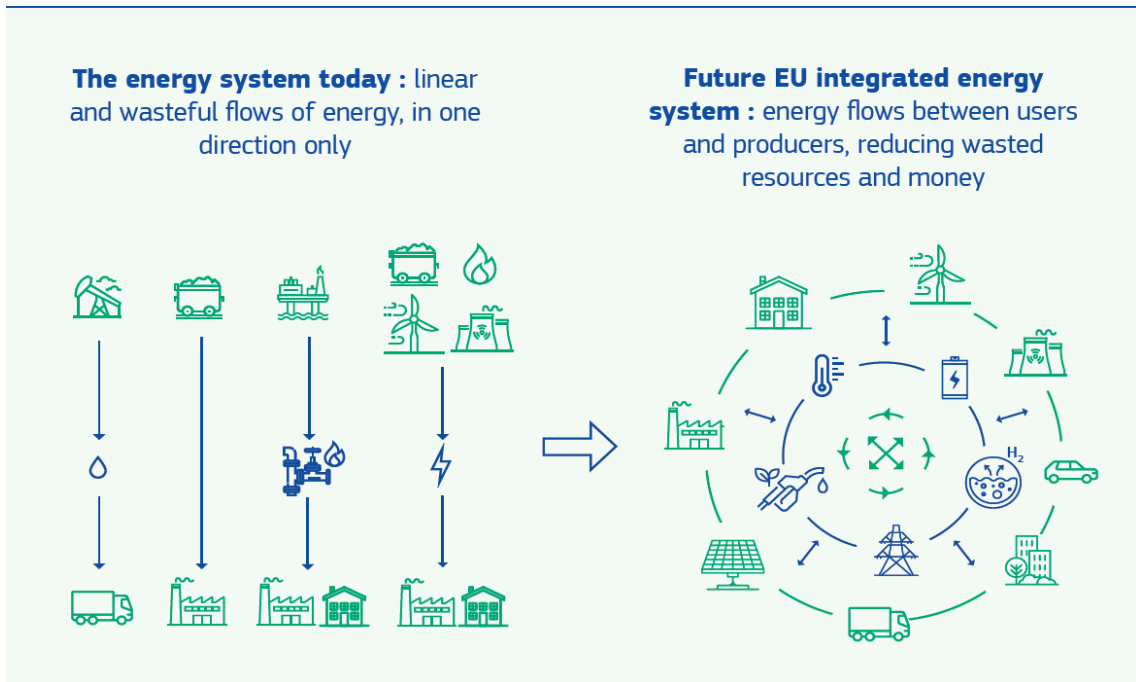
iii) Προώθηση της παραγωγής καυσίμων από ανανεώσιμες πηγές με κύριο χαρακτηριστικό τις χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Σε ορισμένους τομείς που είναι δύσκολο να ηλεκτροδοτηθούν, όπως η βαριά βιομηχανία ή οι θαλάσσιες μεταφορές, είναι επιτακτική η ανάγκη της επένδυσης σε καθαρότερα καύσιμα

- Ανάπτυξη της παραγωγής βιομάζας, βιοκαυσίμων, πράσινου υδρογόνου και συνθετικών καυσίμων
- Ανάπτυξη τεχνολογιών δέσμευσης, αποθήκευσης και επαναχρησιμοποίησης του διοξειδίου του άνθρακα, όπως για παράδειγμα στις **βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου**
- Προώθηση καινοτόμων έργων που βασίζονται σε καύσιμα χαμηλών εκπομπών άνθρακα όπως η χρήση υδρογόνου ως καύσιμο στα εργοστάσια χάλυβα.

iv) Προσαρμογή των αγορών ενέργειας και των υποδομών σε ένα πιο σύνθετο και περισσότερο ολοκληρωμένο ενεργειακό σύστημα, όπου οι καταναλωτές και οι επενδυτές θα μπορούν να επιλέξουν την τεχνολογία που ταιριάζει καλύτερα στις ανάγκες τους με βάση τις τιμές που αντανακλούν το πραγματικό κόστος και την αποτελεσματικότητα. Αυτό θα επιτευχθεί με:

- Εξασφάλιση ίσης μεταχείρισης για όλους τους φορείς ενέργειας καθιστώντας τις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου σύμφωνες με τον στόχο απαλλαγής από τις εκπομπές άνθρακα, για παράδειγμα όσον αφορά τη φορολογία
- Καλύτερη ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με τις επιλογές τους για αλληλεπίδραση με την αγορά ενέργειας και την βιωσιμότητα των προϊόντων που καταναλώνουν
- Υποστήριξη ψηφιακών υπηρεσιών σχετικά με την ενέργεια, συμπεριλαμβανομένων έξυπνων μετρητών για σπίτια και έξυπνων φορτιστών για ηλεκτρικά οχήματα

- Υποστήριξη της έρευνας και της καινοτομίας για τη δημιουργία νέων συνεργιών και συνεργασιών στο ενεργειακό σύστημα



Διάγραμμα 2.31 : Γραμμικό και Κυκλικό ενεργειακό σύστημα στην Ε.Ε

(Πηγή: Ε.Ε, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_1295)

Όπως προαναφέρθηκε η Ε.Ε στοχεύει στην κλιματική ουδετερότητα με ταυτόχρονη αύξηση της ανταγωνιστικότητας. Η μετάβαση αυτή θα απαιτήσει προσπάθεια μέσω ενεργειών μετασχηματισμού, σε όλους τους τομείς της οικονομίας. Η βιομηχανία η οποία είναι υπεύθυνη για το 15% των εκπομπών της Ε.Ε θα αποτελέσει ένα βασικό μέρος αυτής της προσπάθειας. Ταυτόχρονα οι ενεργοβόρες βιομηχανίες συγκεντρώνουν περισσότερο από το ήμισυ της ενεργειακής κατανάλωσης της βιομηχανίας της ΕΕ.

Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε το “πλάνο για έναν ανταγωνιστικό μετασχηματισμό των βιομηχανιών έντασης ενέργειας” της Ε.Ε, το οποίο στοχεύει να συμβάλει στην επίτευξη μιας κλιματικά ουδέτερης και κυκλικής οικονομίας έως το 2050 (“Masterplan for a competitive transformation of EU energy-intensive industries enabling a climate-neutral, circular economy by 2050”).

Το πλάνο αυτό αποτελεί ένα ολοκληρωμένο γενικό σχέδιο αποτελούμενο από συστάσεις, η υλοποίηση των οποίων διασφαλίζει ότι οι ενεργοβόρες βιομηχανίες θα συμβάλουν στους στόχους της Ευρώπης για κλιματική ουδετερότητα έως και το 2050.

Περιγράφει δράσεις ώστε να προσελκύσουν νέες επενδύσεις στην Ευρώπη, να βοηθήσουν τις εταιρείες να εφαρμόσουν οικονομικά αποδοτικές πρακτικές προς την κλιματική ουδετερότητα και να αδράξουν νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες στην Ευρώπη και στο εξωτερικό.

Τμήμα του πλάνου αυτού, αποτυπώνεται στο Σχήμα 2.32, όπου αξιολογείται η δυνατότητα χρήσης διάφορων τεχνολογιών μείωσης του διοξειδίου του άνθρακα, ανά τομέα βιομηχανίας.

	Electrification (heat and mechanical)	Electrification (processes: electrolysis/ Electrochemistry excl. H ₂)	Hydrogen (heat and/ or process)	CCU	Biomass (heat and feedstock)/biofuels	CCS	Other (including process integration)
Steel	xxx	xx	xxx	xxx	x	xxx	Avoidance of intermediate process steps and recycling of process gases: xxx Recycling high quality steel: xxx
Chemicals fertilizers	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx(*)	Use of waste streams (chemical recycling): xxx
Cement Lime	xx (cement) o (lime)	o (cement) x (lime)	x (cement) xx (lime)	xxx	xxx (cement) x (lime)	xxx	Alternative binders (cement): xxx Efficient use of cement in concrete by improving concrete mix design: xxx Use of waste streams (cement): xxx
Refining	xx	o	xxx	xxx	xxx	xxx	Efficiency: xxx
Ceramics	xxx	o	xx	x	x	o	Efficiency: xxx
Paper	xx	o	o	o	xxx	o	Efficiency: xxx
Glass	xxx	o	x	o	xxx	o	Higher glass recycling: xx
Non-ferrous metals/ alloys	xxx	xxx	x	x	xxx	x	Efficiency: xxx Recycling high quality non-ferrous: xxx Inert anodes: xxx

o: Limited or no significant application foreseen

xxx: high potential

x: Possible application but not main route or wide scale application

xxx: Sector already applies technology on large scale (can be expanded in some cases)

xx: medium potential

(*) in particular for ammonia and ethylene oxide

Σχήμα 2.32: Αξιολόγηση δυνατότητας χρήσης τεχνικών μείωσης CO₂ ανά ενεργοβόρο τομέα

(Πηγή: E.E,

<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/38403/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>)

Στο συγκεκριμένο Πίνακα αποτυπώνονται οι πιο σημαντικοί ενεργοβόροι βιομηχανικοί κλάδοι (χάλυβας, χημικά, τσιμέντο, διυλιστήρια πετρελαίου, γυαλί, χαρτί, κεραμικά) και αξιολογείται η δυνατότητα αυτών να αξιοποιήσουν τις σημαντικότερες τεχνικές μείωσης εκπομπών CO₂ (εξηλεκτρισμός, υδρογόνο, δέσμευση CO₂, αποθήκευση CO₂, βιομάζα, εναλλακτικά καύσιμα). Το σημείο που πρέπει να επισημάνουμε είναι η αξιολόγηση ως πολύ σημαντική (έχει βαθμολογηθεί με τρία χ - “χχχ”) της δυναμικότητας που έχει η χρήση των εναλλακτικών καυσίμων (waste streams) στον κλάδο της τσιμεντοβιομηχανίας.

Σε επίπεδο χώρας, το πλάνο διαχείρισης αποβλήτων της Ελλάδας, έχει αποτυπωθεί στο ΦΕΚ 185^Α/29.09.2020 «Εθνικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων 2020-2030», το οποίο εμπεριέχει και ενσωματώνει το σύνολο των κατευθύνσεων από την Ε.Ε και η λοιπή διαθέσιμη τεχνογνωσία, με στόχο την πλήρη εναρμόνιση της χώρας στις απαιτήσεις αυτές. Ενδεικτικό της στόχευσης αποτελεί το ισοζύγιο για το έτος 2030 το οποίο παρατίθεται στο Παράρτημα 1.

2.6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 1275–1290. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>
2. B.P (2021) Statistical Review of World Energy 2021, 70th Edition, [πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
3. Cembureau (2021) Waste-to-energy. [Πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021] <https://www.cembureau.eu/policy-focus/environment/waste-to-energy/>
4. Cembureau (2021) Carbon neutrality. [Πρόσβαση 1 Νοεμβρίου 2021] <https://www.cembureau.eu/policy-focus/climate-energy/carbon-neutrality/>
5. EEX (2021), Environmental markets, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.eex.com/en/market-data/environmental-markets/derivatives-market>
6. Ellen MacArthur Foundation, (2021) [Πρόσβαση 30 Νοεμβρίου 2021] <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>
7. Energylive (2021), European Power Markets Overview, [Πρόσβαση 10 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.energylive.cloud/>
8. European Commission (2021) A European Green Deal [Πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021], https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
9. European Commission (2021) Energy intensive industries. [πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021], <https://ec.europa.eu/growth/industry/strategy/energy-intensive->

- [industries_en](#)
10. European Commission (2019), Masterplan for a Competitive Transformation of EU Energy-intensive Industries Enabling a Climate-neutral, Circular Economy by 2050-Report, [Πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021], <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/38403/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>
 11. European Commission (2021) Waste framework directive. ([Πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021] https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en
 12. European Commission (2021) Waste Incineration Directive (2000/76/EC) [Πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021] <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/links/waste-incineration-directive-2000-76-ec>.
 13. EUROSTAT (2021), Municipal waste generated, in selected years, 1995-2019 (kg per capita) [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021], [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Municipal_waste_generated,_in_selected_years,_1995-2019_\(kg_per_capita\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Municipal_waste_generated,_in_selected_years,_1995-2019_(kg_per_capita).png)
 14. EUROSTAT (2021), Municipal waste landfilled, incinerated, recycled and composted, EU-27, 1995-2019 [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021], https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Municipal_waste_landfilled,_incinerated,_recycled_and_composted,_EU-27,_1995-2019.png
 15. HUDEX (2021), Hungarian Derivative energy Exchange [Πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2021], <https://hudex.hu/en/market-data/power/daily-data#quarter>
 16. Investing (2021), ΣΜΕ Πετρελαίου Μπρεντ Προθεσμιακά, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://gr.investing.com/commodities/brent-oil>
 17. Investing (2021), Carbon emissions, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.investing.com/commodities/carbon-emissions>
 18. Insider (2021) Άσχημα νέα για τον πληθωρισμό και το πετρέλαιο. [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021] <https://www.insider.gr/oikonomia/191239/ashima-nea-gia-ton-plithorismo-kai-petrelaio>
 19. Municipal waste statistics. (n.d.). Retrieved November 1, 2021, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics
 20. Newmoney. (2021). Ευρωπαϊκή «στροφή» στον άνθρακα: Σε υψηλό 13 ετών οι τιμές λόγω αερίου και ηλεκτροπαραγωγής.[Πρόσβαση 26 Σεπτεμβρίου 2021] <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/energeia/evropaiki-strofi-ston-anthraka-se-ipsilo-13-eton-i-times-logo-aeriu-ke-ilektroparagogis/>
 21. Publications Office of the European Union (2019). Masterplan for a competitive transformation of EU energy-intensive industries enabling a climate-neutral, circular economy by 2050. <https://data.europa.eu/doi/10.2873/854920>
 22. Samolada M.C., Zabaniotou A.A. (2014) Energetic valorization of SRF in dedicated plants and cement kilns and guidelines for application in Greece and Cyprus. Resources Conservation & Recycling, Volume 83, pp. 34-43.
 23. Theice (2021), Dutch TTF Gas Futures, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.theice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas-Futures/data?marketId=5325990&span=2>
 24. The Wall street journal (2016), Barrel Breakdown [πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <http://graphics.wsj.com/oil-barrel-breakdown/>
 25. Trading Economics (2021), Crude oil, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://tradingeconomics.com/commodity/crude-oil>
 26. Trading Economics (2021), Coal, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://tradingeconomics.com/commodity/coal>
 27. Verma, Y. K., Mazumdar, B., & Ghosh, P. (2021). Thermal energy consumption and

- its conservation for a cement production unit. Environmental Engineering Research, 26(3). <https://doi.org/10.4491/eer.2020.111>
28. Weetman, C. (2021). A circular economy handbook: How to build a more resilient, competitive and sustainable business (Second edition). Kogan Page.
29. Wikipedia (2021), Fuel, [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021], <https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel>
30. ΔΙ.Α.Α.ΜΑ.Θ.Α.Α.Ε (2021) Τροποποίηση Περιφερειακού σχεδιασμού Διαχείρισης Απορριμμάτων, Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021], <https://www.diaamath.gr/content>
31. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2009), ΟΔΗΓΙΑ 2009/28/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=FR>
32. ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ, Αρ. Φύλλου 185, 29 Σεπτεμβρίου 2020, Εθνικό σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΕΣΔΑ) 2020-2030 <https://www.nomotelia.gr/photos/File/185a-20.pdf>

3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΚΑΥΣΙΜΑ

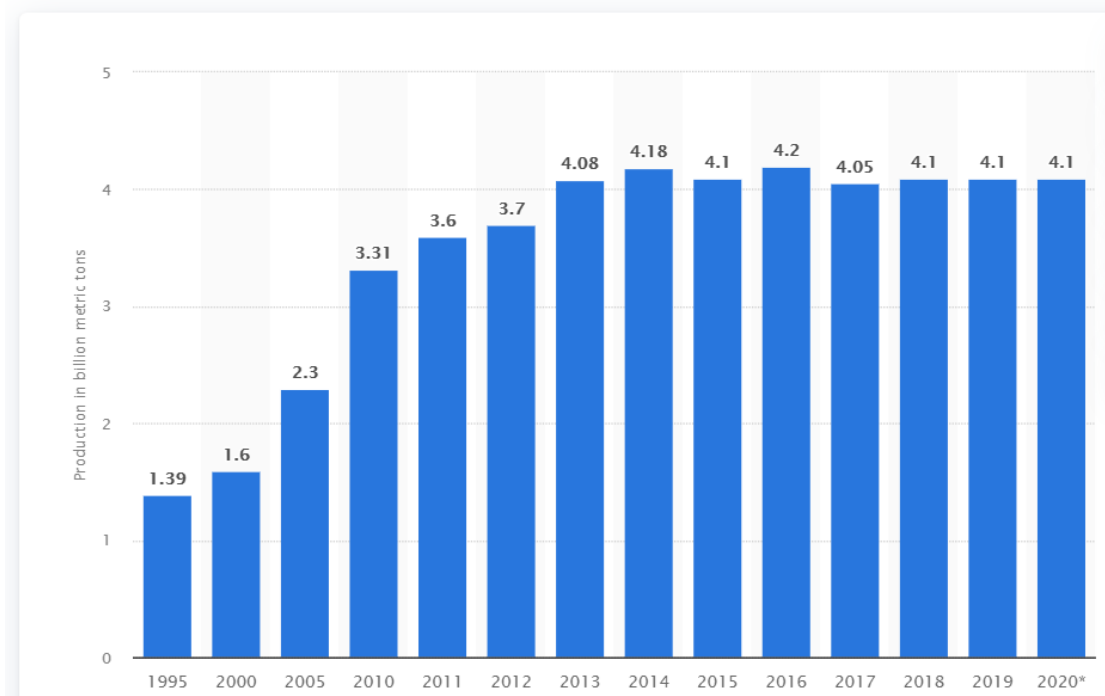
Στην παρούσα διπλωματική, αρχικά θα διερευνηθεί ο παγκόσμιος ενεργειακός εφοδιασμός, πως δηλαδή καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες ανά Ήπειρο και ανά χώρα και από ποια καύσιμα. Στη συνέχεια θα διερευνηθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τις παγκόσμιες τιμές ενέργειας, όπως είναι η τιμή του CO₂, η τιμή του αργού πετρελαίου, και η τιμή του κάρβουνου. Ακολούθως και ειδικά για την περίπτωση της Ε.Ε, θα μελετηθεί η διακύμανση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας, ένα ζήτημα που προσφάτως απασχολεί εντονότατα και έχει επιπτώσεις όχι μόνο στις χώρες της Ε.Ε αλλά σε παγκόσμιο επίπεδο. Τέλος θα μελετηθεί ο κλάδος της τσιμεντοβιομηχανίας, ώστε να αποτυπωθούν τα ειδικά χαρακτηριστικά του και στη συνέχεια να διερευνηθεί πως αυτός μπορεί να συνεισφέρει τόσο στο ενεργειακό ζήτημα, όσο και στο ζήτημα της διαχείρισης των απορριμμάτων. Τέλος θα παρατεθούν η παρούσα κατάσταση καθώς και οι προοπτικές της συν-επεξεργασίας των απορριμμάτων.

3.1 Ο Κλάδος της Τσιμεντοβιομηχανίας

Το τσιμέντο παράγεται σε 159 χώρες σε παγκόσμιο επίπεδο, είτε μέσω ολοκληρωμένων εργοστασίων παραγωγής κλίνκερ και τσιμέντου, είτε μέσω σταθμών άλεσης οι οποίοι παράγουν τσιμέντο κάνοντας χρήση εισαγόμενου κλίνκερ. Από αυτές, οι 158 χώρες έχουν μια συνολική δυναμικότητα παραγωγής τσιμέντου ίση με 2,5 Bnt/έτος, ενώ μόνο η Κίνα δηλώνει συνολικά 1,6 Bnt/έτος (39% του συνόλου), όμως τα δεδομένα που ανακοινώνει η χώρα δεν θεωρούνται αξιόπιστα. Συνεπώς τα συγκεκριμένα στοιχεία αθροίζουν σε μια συνολική παγκόσμια παραγωγή της τάξης των 4,1 Bnt/έτος. Η διακύμανση της παγκόσμιας ετήσιας παραγωγής, μεταξύ των ετών 1995 και 2020, αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 3.1

Cement production worldwide from 1995 to 2020

(in billion metric tons)



Διάγραμμα 3.1: Παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου ανά έτος (1995-2020)

(Πηγή: STATISTA, <https://www.statista.com/statistics/1087115/global-cement-production-volume/>)

Από τις 159 χώρες, οι 141 παράγουν κλίνκερ ενώ οι υπόλοιπες 18 χώρες αλέθουν μόνο εισαγόμενο κλίνκερ. Στη συνέχεια παρατίθενται οι μεγαλύτερες εταιρείες παραγωγής τσιμέντου, με στοιχεία που αντλήθηκαν από το Global Cement Directory 2018.

1. Κίνα

Η Κίνα προηγείται στην παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου για το έτος 2017. Απαριθμώντας 804 πλήρη εργοστάσια και 57 σταθμούς άλεσης, παρήγαγε συνολικά 1,6 Btms/έτος. Η κινεζική αγορά τσιμέντου κυριαρχείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από μεγάλους εγχώριους προμηθευτές, ενώ οι πολυεθνικές εταιρείες καταλαμβάνουν σημαντικά μικρότερο μερίδιο αγοράς.

2. Ινδία

Στη δεύτερη θέση παγκοσμίως ακολουθεί η Ινδία με 423 Mtns/έτος (μόλις 26% σε σύγκριση με τη συνολική παραγωγή της Κίνας). Από αυτούς, οι 322 Mtn παράχθηκαν

σε 163 πλήρη εργοστάσια και οι 101 Mtn στους 103 σταθμούς άλεσης που διαθέτει η χώρα. Ο κλάδος του τσιμέντου στην Ινδία, περιλαμβάνει κυρίως μεγάλους εγχώριους παίκτες όπως οι UltraTech Cement, Dalmia Bharat και Chettinad Cement. Οι πολυεθνικές είναι παρούσες μέσω θυγατρικών (οι οποίες χρησιμοποιούν τοπικές επωνυμίες) όπως η ACC και η Ambuja Cements, οι οποίες ανήκουν στην Holcim.

3. Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής

Οι Ηνωμένες Πολιτείες , καταλαμβάνουν την Τρίτη θέση παγκοσμίως, έχοντας μια σταθερά μεγάλη παραγωγική ικανότητα, της τάξης των 120,5Mt/έτος το 2017. Το μεγαλύτερο μέρος προέρχεται από τα 97 πλήρη εργοστάσια που δραστηριοποιούνται στη χώρα. Στην αμερικανική αγορά τσιμέντου κυριαρχούν πολυεθνικοί παραγωγοί όπως οι Holcim, Heidelberg Cement, Cemex, CRH και Buzzi Unicem, αν και ορισμένοι λειτουργούν μέσω αμερικανικών εμπορικών ονομάτων όπως Essroc (Heidelberg Cement).

4. Ρωσία

Η Ρωσία το 2017, παρήγαγε 114,4εκατομμύρια τόνους. Σύμφωνα με το Global Cement Directory 2018 ,ο μεγαλύτερος παραγωγός στη ρωσική αγορά τσιμέντου είναι η εγχώρια Eurocement. Στη χώρα δραστηριοποιούνται επίσης τόσο ένας μεγάλος αριθμός εγχώριων παραγωγών, όσο και γνωστές πολυεθνικές όπως η Heidelberg Cement και η Holcim.

5. Βιετνάμ

Πέμπτη μεγαλύτερη χώρα παραγωγής τσιμέντου το 2017 ήταν το Βιετνάμ, με συνολική ικανότητα παραγωγής τσιμέντου στους 113,8 εκατομμύρια Τόνους/έτος. Η χώρα διαθέτει 65 ολοκληρωμένα εργοστάσια και 14 σταθμούς άλεσης. Οι εγχώριοι παίκτες κυριαρχούν και εδώ στον κλάδο, ενώ αξιοσημείωτο είναι ότι σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις στο Βιετνάμ, τα εργοστάσια τσιμέντου ανήκουν ή ελέγχονται, άμεσα ή έμμεσα, από την κυβέρνηση. Η συγκεκριμένη παραγωγικότητα είναι σημαντικά πλεονάζουσα σε σύγκριση με τις εγχώριες ανάγκες κατανάλωσης της χώρας. Αυτό οδήγησε το Βιετνάμ στο να καθιερωθεί ως μία από τις πιο σημαντικές χώρες εξαγωγής τσιμέντου παγκοσμίως. Το 2017 παρήγαγε και κατανάλωσε συνολικά 64,6 Mtns. Από αυτούς οι 49,3 Mtn πωλήθηκαν στην εγχώρια αγορά, ενώ 15,3 Mtn έγιναν εξαγωγή.

6. Βραζιλία

Ο τομέας τσιμέντου της Βραζιλίας αναπτύχθηκε ραγδαία κατά τη δεκαετία του 2000, αλλά έκτοτε σταμάτησε να αναπτύσσεται λόγω της στασιμότητας της οικονομίας του. Ο τομέας του τσιμέντου παραμένει σημαντικός, με 92,9 Mt/έτος εγκατεστημένη παραγωγική δυναμικότητα, σε 75 εργοστάσια και επιπρόσθετα 11,6Mt/έτος από 19 σταθμούς άλεσης, τα οποία αθροιστικά καταλήγουν σε μια συνολική παραγωγική δυναμικότητα 104,5Mt/έτος. Η παραγωγή αυτή, κατανέμεται μεταξύ ενός μείγματος τοπικών παραγωγών τσιμέντου όπως η Votorantim και η InterCement, μικρότερων εγχώριων φορέων αλλά και πολυεθνικών εταιρειών. Το 2016, η χώρα παρήγαγε 60Mt τσιμέντου, ποσότητα η οποία συνεπάγεται ότι το ποσοστό χρήσης της συνολικής παραγωγικής ικανότητας ήταν 57%.

7. Τουρκία

Η Τουρκία ήταν η έβδομη μεγαλύτερη χώρα παραγωγής τσιμέντου, σε εγκατεστημένη δυναμικότητα το 2017. Η Τουρκία διαθέτει 52 ολοκληρωμένα εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου με 95,6 εκατομμύρια τόνους/έτος παραγωγική ικανότητα καθώς και 16 σταθμούς άλεσης με δυναμικότητα 8Mts/έτος. Οι περισσότεροι παραγωγοί είναι εγχώριοι, ενώ ταυτόχρονα μεταξύ των πολυεθνικών εταιρειών που δραστηριοποιούνται στην αγορά είναι η Heidelberg Cement, η Holcim και η Votorantim.

8. Ιράν

Το Ιράν έχει συνολική παραγωγική ικανότητα τσιμέντου 88,4 Mt/έτος σε 72 εργοστάσια. Το Ιράν παρήγαγε 53Mt τσιμέντου το 2016, ενώ η συντριπτική πλειοψηφία των εργοστασίων είναι εγχώρια, κάτι που αποτελεί συνηθισμένο χαρακτηριστικό της περιοχής. Ταυτόχρονα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ξένες επενδύσεις στη χώρα είναι περιορισμένες (ειδικά στο πρόσφατο παρελθόν) λόγω των τεταμένων διεθνών σχέσεων και των κυρώσεων από τις ΗΠΑ.

9. Ινδονησία

Η Ινδονησία διαθέτει συνολική δυναμικότητα 73,9Mt/έτος. Αυτή προέρχεται από 19 εργοστάσια που διαθέτουν 70,2 εκατομμύρια τόνους/έτος παραγωγική ικανότητα, καθώς και 6 σταθμούς άλεσης που συνεισφέρουν επιπλέον 3,7 εκατομμύρια τόνους/έτος. Η Ινδονησία παρήγαγε 63 εκατομμύρια τόνους τσιμέντου το 2016.

10. Σαουδική Αραβία

Με συνολική παραγωγική ικανότητα τσιμέντου 73,2 εκατομμύρια τόνους/έτος, η Σαουδική Αραβία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός τσιμέντου στη Μέση Ανατολή. Διαθέτει 21 εργοστάσια και ένας σταθμό άλεσης, τα οποία στη συντριπτική τους πλειοψηφία είναι τοπικής ιδιοκτησίας. Η Σαουδική Αραβία παρήγαγε 61Mt τσιμέντου το 2016.

Σε ότι αφορά, τις Εταιρείες παραγωγής τσιμέντου, στον Παγκόσμιο Κατάλογο Τσιμέντου (Global Cement Directory 2018) απαριθμούνται 671 εταιρείες που παρήγαγαν τσιμέντο το 2017, εξαιρουμένης της Κίνας (πλήρη και λειτουργικά εργοστάσια και σταθμοί άλεσης). Από αυτές οι 574 παρήγαγαν κλίνκερ και οι 97 τσιμέντο από κλίνκερ που ελήφθη από άλλη παραγωγική μονάδα.

Συγκεκριμένα η ανά εταιρεία κατανομή απεικονίζεται στο σχήμα 3.2

		Capacity (Mt/yr)	Number of plants
1	LafargeHolcim (Switzerland)	345.2	220
2	HeidelbergCement (Germany)	185.4	141
3	Cemex (Mexico)	91.6	61
4	UltraTech Cement (India)	91.4	39
5	Votorantim (Brazil)	70.8	59
6	InterCement (Brazil)	53.5	42
7	CRH (Ireland)	50.5	54
8	Buzzi Unicem (Italy)	49.2	37
9	Eurocement (Russia)	47.2	19
10	Dangote Cement (Nigeria)	43.8	12

Σχήμα 3.2: ταξινόμηση εταιρειών παραγωγής τσιμέντου κατά φθίνουσα παραγωγική δυναμικότητα

(Πηγή:Global cement directory 2018,

<https://www.globalcement.com/magazine/articles/1054-global-cement-top-100-report-2017-2018>)

3.2 Η Συμβολή της Τσιμεντοβιομηχανίας Στην Κυκλική Οικονομία

Σε προηγούμενη ενότητα, αναδείχθηκε η σημαντικότητα των ενεργοβόρων βιομηχανιών στην επίτευξη των στόχων της Ε.Ε σχετικά με την κλιματική αλλαγή. Από αυτές εξέχοντα ρόλο έχει ο κλάδος της βιομηχανίας τσιμέντου, καθιστώντας ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα την περαιτέρω μελέτη του κλάδου.

Η παραγωγή τσιμέντου είναι πολύ σημαντική για την παγκόσμια οικονομία και κατ' επέκταση και για την οικονομία της Ε.Ε. Τα προϊόντα τσιμέντου είναι απαραίτητα για τον τομέα των κατασκευών τα οποία με τη σειρά τους σχετίζονται άμεσα με την ανάπτυξη και βελτίωση των υποδομών. Ταυτόχρονα οι περιβαλλοντικές ανησυχίες είναι υψίστης σημασίας για αυτόν τον τομέα. Μια από τις πολλές διαθέσιμες τεχνολογίες και ταυτόχρονα βασικός παράγοντας μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτών, αποτελεί η χρήση καυσίμων προερχόμενα από απορρίμματα ως εναλλακτικά καύσιμα και εναλλακτικές πρώτες ύλες (Potgieter, et.al 2012).

3.1.1 Διαδικασία παραγωγής τσιμέντου

Για τη καλύτερη κατανόηση του αντικειμένου, η ανάλυση θα ξεκινήσει από την περιγραφή της παραγωγικής διαδικασίας. Το **τσιμέντο** είναι η λεπτόκοκκη συνδετική σκόνη, προϊόν βιομηχανικής παραγωγής, η οποία σε ανάμιξη με νερό ενυδατώνεται σταδιακά και σχηματίζει παχύρρευστο μείγμα, το οποίο σταδιακά στερεοποιείται αποκτώντας παράλληλα σημαντικές ιδιότητες, όπως οι υψηλές αντοχές, η ανθεκτικότητα στο χρόνο και στις καταπονήσεις και η ευπλασία - δυνατότητα χρήσης σε διάφορα σχήματα και μεγέθη. Ενώ ο όρος τσιμέντο αναφέρεται στη συνδετική σκόνη, συνήθως προ της ανάμιξης με νερό και χωρίς άλλα αδρανή πρόσθετα, ο όρος **σκυρόδεμα** αναφέρεται στο μείγμα ορυκτών αδρανών, νερού, τυχόν πρόσθετων και κυρίως τσιμέντου σαν συνδετικό υλικό (Coprocem 2011).

Από χημική άποψη, το τσιμέντο είναι μία σκόνη αποτελούμενη από:

- Οξείδιο ασβεστίου (CaO) σε ποσοστά 63 έως 68%
- Διοξείδιο πυριτίου (SiO_2) σε ποσοστά 20 έως 25%
- Οξείδιο αργιλίου (Al_2O_3) σε ποσοστά 3 έως 6%
- Οξείδιο του Σιδήρου (Fe_2O_3) σε ποσοστά 2 έως 5%

Οι Κύριες πηγές πρώτων υλών για τα συγκεκριμένα οξείδια, είναι οι εξής:

- **Οξείδιο ασβεστίου.** Εμπεριέχεται κυρίως σε πετρώματα όπως ο ασβεστόλιθος.

- **Διοξείδιο του πυριτίου.** Εμπεριέχεται σε πετρώματα όπως ο Σχιστόλιθος και η Άργιλος
- **Οξείδιο του αργιλίου.** Εμπεριέχεται σε σχιστόλιθους, στην άργιλο, σε τέφρες (οι οποίες είναι κατάλοιπα άλλων βιομηχανικών δραστηριοτήτων, όπως π.χ η καύση κάρβουνου για παραγωγή ενέργειας), και σε βωξίτες.
- **Σίδηρος.** Εμπεριέχεται κυρίως σε σιδηρομεταλλεύματα, στην καλαμίνα και σε σκουριές.

Από την πλευρά της βιομηχανικής διεργασίας, η παραγωγή τσιμέντου μπορεί να αναλυθεί στα εξής στάδια:

1. Εξόρυξη λατομείου και διακίνηση πρώτων υλών
2. Διεργασία άλεσης πρώτων υλών
3. Διεργασία έψησης
4. Διεργασία άλεσης τσιμέντου

Αναλυτικότερα:

1. Η Διεργασία Εξόρυξης Λατομείου:

Τα εργοστάσια τσιμέντου βρίσκονται συνήθως κοντά σε λατομεία ούτως ώστε να έχουν στη διάθεση τους τις απαραίτητες πρώτες ύλες, όπως το ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 που προέρχεται από τον ασβεστόλιθο. Η διαθεσιμότητα και επάρκεια των πρώτων υλών εξασφαλίζει αρχικά τη βιωσιμότητα του εργοστασίου και διατηρεί συνάμα στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο τα μεταφορικά τους κόστη, τα οποία είναι σημαντικός παράγοντας στη διαμόρφωση του συνολικού κόστους παραγωγής. Η εξόρυξη του ασβεστόλιθου γίνεται με διατρήσεις και ανατινάξεις από το μέτωπο του λατομείου. Ακολουθεί η μεταφορά του πετρώματος και η τροφοδοσία του στο θραυστήρα - σπαστήρα, με σκοπό τη θραύση και απομείωση μεγέθους, έως ότου το μέγεθος των πετρωμάτων να είναι μικρότερο από 10cm. Τέλος γίνεται μεταφορά του πετρώματος στο χώρο αποθήκευσης.

2. Η Διεργασία Άλεσης Πρώτων Υλών,

Το στάδιο αυτό στοχεύει στην προετοιμασία των υλικών, ώστε στη συνέχεια να τροφοδοτηθούν στην περιστροφική κάμινο προς έψηση. Αρχικά, καθορίζονται οι απαραίτητες αναλογίες των πρώτων υλών και στη συνέχεια πραγματοποιείται

απομείωση μεγέθους, σε μεγέθη μικρότερα από 90 μικρά μέσω άλεσης σε κάθετους κυρίως μύλους. Το προϊόν αυτού του σταδίου ονομάζεται φαρίνα, το οποίο στη συνέχεια μεταφέρεται σε σιλό, τα οποία είναι χρησιμοποιούνται για να επιτύχουν ομοιογένεια και αποθήκευση.

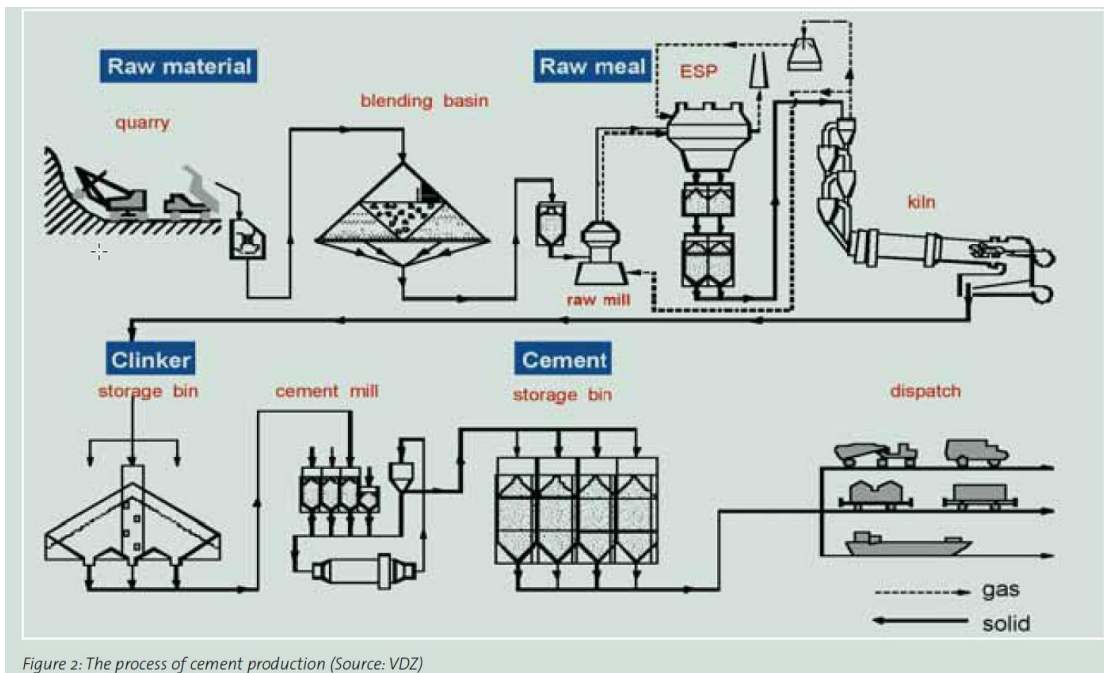
3. Η Διεργασία Έψησης

Ακολουθεί η Διεργασία Έψησης κατά την οποία το μίγμα πρώτων υλών -η φαρίνα- οδηγείται σε περιστροφικές καμίνους έτσι ώστε μέσω υψηλών θερμοκρασιών, να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες χημικές αντιδράσεις και τα συστατικά να μετασχηματιστούν ώστε τελικά να δημιουργηθεί ένα νέο συνθετικό ορυκτό, το “ κλίνκερ”.

Η διεργασία απαιτεί θερμοκρασίες υλικού εντός της καμίνου έως 1450 °C. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, γνωστή ως ασβεστοποίηση, το ανθρακικό ασβέστιο της φαρίνας μετατρέπεται σε οξειδίο του ασβεστίου το οποίο στη συνέχεια αντιδρά με τα υπόλοιπα συστατικά των πρώτων υλών για να σχηματίσουν το κλίνκερ. Στη συνέχεια αυτό το σχεδόν λιωμένο υλικό ψύχεται γρήγορα σε θερμοκρασία 100 - 200 °C.

4. Η Διεργασία Άλεσης Τσιμέντου

Τέλος κατά τη διάρκεια της Διεργασίας Άλεσης Τσιμέντου, το κλίνκερ που παράχθηκε στο προηγούμενο στάδιο της έψησης συναλέθεται με γύψο και ενδεχομένως άλλα πρόσθετα, εντός –συνηθέστερα- οριζόντιων μύλων άλεσης, σύμφωνα με συγκεκριμένους στόχους ως προς τη χημική σύσταση και τη λεπτότητα ανάλογα με τον παραγόμενο τύπο τσιμέντου. Το προϊόν αυτού του σταδίου είναι το τσιμέντο το οποίο στη συνέχεια οδηγείται σε χώρους αποθήκευσης. Στη συνέχεια ακολουθεί είτε η τελική συσκευασία σε χαρτόσακους (συνήθως 25 ή 50 κιλών) και διάθεση προς κατανάλωση, είτε η διάθεση του ως χύδην υλικό. Η διάθεση στο τελικό σημείο χρήσης συνοδεύεται από κάποιου είδους μεταφορά, είτε οδική με φορτηγά-σιλοφόρα, είτε ακτοπλοϊκή με ειδικά πλοία είτε ακόμη και με ειδικά διαμορφωμένα τρένα, εκεί όπου υπάρχουν διαθέσιμες οι απαιτούμενες υποδομές (P.A. Alsop 2007).



Διάγραμμα 3.3: Διαδικασία παραγωγής τσιμέντου

(Πηγή: EPA, <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/cement.pdf>)

Ανάλογα με τη σύνθεσή τους, το βαθμό άλεσης και τα πρόσθετα υλικά, τα τσιμέντα κατατάσσονται σε διάφορους τύπους και κατηγορίες αντοχών. Σύμφωνα με τον ελληνικό κανονισμό τσιμέντων (EN 196-1) τα τσιμέντα χωρίζονται στους εξής τύπους, με βάση τη σύνθεσή τους:

- **Τύπος I (Τσιμέντο Portland):** Χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από την άλεση του κλίνκερ με προσθήκη γύψου 2-3% και προσθέτων <3% κατά βάρος (κ.β.)
- **Τύπος II (Τσιμέντο Portland με ποζολάνες):** Χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που περιέχουν ποζολάνες. Το αδιάλυτο υπόλειμμα ανέρχεται σε ποσοστό 20% κ.β.
- **Τύπος III (Ποζολανικά τσιμέντα Portland):** Περιέχουν ποζολάνη σε ποσοστό μεγαλύτερο από εκείνα του τύπου II. Το αδιάλυτο υπόλειμμα ανέρχεται σε ποσοστό 20-40%. Παρουσιάζουν χαμηλότερη θερμότητα ενυδάτωσης, και ενδείκνυνται σε ογκώδη έργα (π.χ. φράγματα κ.λ.π.)
- **Τύπος IV (SR) (Τσιμέντο Portland ανθεκτικό στα θειικά):** Δεν περιέχουν ποζολάνες αλλά το αργιλικό τριασβέστιο (Ca_3A) πρέπει να είναι μικρότερο του 3,5% και η περιεκτικότητα σε τριοξείδιο του θείου (SO_3) να μην υπερβαίνει το 2,5%. Χρησιμοποιείται στην παρασκευή σκυροδέματος για κατασκευές που βρίσκονται σε πολύ διαβρωτικό περιβάλλον (π.χ. μονάδες βιολογικού καθαρισμού, σωλήνες αποχέτευσης).

Από άποψη αντοχής, τα τσιμέντα κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

- Κατηγορία 35 (με αντοχή σε θλίψη 28ημερών από 25-45 MPa)
- Κατηγορία 45 (με αντοχή σε θλίψη 28ημερών από 35-55 MPa)
- Κατηγορία 55 (με αντοχή σε θλίψη 28ημερών άνω των 55 MPa)

Οι περιστροφικές κάμινοι στα εργοστάσια τσιμέντου προκειμένου να αναπτύξουν την απαραίτητη θερμοκρασία που απαιτείται ώστε να υλοποιηθούν οι χημικές αντιδράσεις και να παραχθεί το κλίνκερ, χρησιμοποιούν σημαντικές ποσότητες πρώτων υλών, ενέργειας και καυσίμων. Ένα σύγχρονο εργοστάσιο τσιμέντου, απαιτεί περίπου **1,5-1,6 τόνους ά υλών** για κάθε τόνο παραγόμενου κλίνκερ , ενώ ταυτόχρονα οι ανάγκες σε **θερμική ενέργεια είναι 3 έως 3,5 GJ** καυσίμου ανά τόνο κλίνκερ και σε **ηλεκτρική ενέργεια περίπου 110 KWh/tn** (Σχήμα 3.4). Η πλειοψηφία των κλιβάνων χρησιμοποιούν κάρβουνο ή/και πετ κωκ ως κύρια καύσιμα, και σε μικρότερο βαθμό φυσικό αέριο και μαζούτ. Συνολικά το κόστος ενέργειας των βιομηχανιών τσιμέντου (θερμική και ηλεκτρική), αντιπροσωπεύει το 30-40% στου συνολικού κόστους παραγωγής, Ως συνολικό κόστος παραγωγής λαμβάνεται το σύνολο του σταθερού και του μεταβλητού κόστους, χωρίς το κόστος των επενδύσεων (Verma et.al 2021, Y Kumar, et.al 2020 και Atmaca, et.al 2012).

ΣΤΑΔΙΟ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (Kwh/t)	%
ΕΞΟΡΥΞΗ	5,5	5%
ΑΛΕΣΗ Α ΥΛΩΝ	33	30%
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	24,2	22,0%
ΑΛΕΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	41,8	38%
ΤΕΛ. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΦΟΡΤΩΣΗ	5,5	5%
TOTAL	110	100

Σχήμα 3.4: Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά στάδιο παραγωγής τσιμέντου (Πηγή:CEMBUREAU,<https://lowcarboneyconomy.cembureau.eu/5-parallel-routes/energy-efficiency/electrical-energy-efficiency/>)

3.2.1 Εναλλακτικά καύσιμα στην τσιμεντοβιομηχανία

Όπως προαναφέρθηκε, σημαντικό ρόλο στη μείωση των εκπομπών CO₂ αποτελεί η χρήση εναλλακτικών καυσίμων ενώ ταυτόχρονα αποτελεί και μια από τις ενδεδειγμένες πρακτικές για την διαχείριση κατάλληλων αποβλήτων και των απορριμμάτων. Συγκεκριμένα, επιλεγμένα απόβλητα καθώς και υποπροϊόντα αυτών, τα οποία εμπεριέχουν θερμιδική αξία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα σε βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου, αντικαθιστώντας συμβατικά καύσιμα, όπως το κάρβουνο, το πετρελαιο, το μαζούτ και το φυσικό αέριο. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται συν-επεξεργασία (coprocessing).

Η μεγάλη πλειοψηφία των εναλλακτικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία τσιμέντου είναι:

- Ελαστικά στο τέλος του κύκλου ζωής τους
- Βιομηχανικά, εμπορικά και αστικά στερεά απόβλητα, RDF και SRF,
- Απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων
- Βιομάζα (ζωικά άλευρα, κούτσουρα, ξύλα και υπολείμματα, ανακυκλωμένο ξύλο και χαρτί, γεωργικά κατάλοιπα όπως ο φλοιός ρυζιού, πριονίδι, λάσπη λυμάτων και καλλιέργειες βιομάζας)
- Πλαστικά, υφάσματα και υπολείμματα χαρτιού
- Απόβλητα έλαια και διαλύτες



Εικόνα 2: Φωτογραφίες εναλλακτικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται στην τσιμεντοβιομηχανία

(Πηγή: CEMBUREAU, <https://cembureau.eu/media/jclqub0n/2016-11-18-ecra-energy-perfomance-of-cement-kilns.pdf>)

3.2.2 Ελαστικά στο τέλος του κύκλου ζωής τους

Το 2013 περίπου 3,6 εκατομμύρια μεταχειρισμένα ελαστικά τα οποία είχαν φτάσει στο τέλος της ζωής τους συγκεντρώθηκαν στην Ε.Ε. Από αυτά περίπου το 96% χρησιμοποιήθηκαν είτε ως ανάκτηση υλικών είτε ως ανάκτηση ενέργειας. Οι κλίβανοι τσιμέντου είναι σε θέση να χρησιμοποιούν είτε ολόκληρα είτε τεμαχισμένα ελαστικά, και με αυτόν τον τρόπο να προσφέρουν ταυτόχρονη ανάκτηση της ενέργειας και των επιμέρους συστατικών των ελαστικών. Το 91% της προαναφερθείσας ποσότητας ελαστικών χρησιμοποιήθηκαν σε κλιβάνους τσιμέντου.

Η υψηλή θερμιδική αξία του καουτσούκ χρησιμοποιείται για να υποκαταστήσει τα πρωτογενή καύσιμα ενώ τα αδρανή συστατικά (κυρίως ο σίδηρος) υποκαθιστούν μέρος των πρώτων υλών. Το αδρανές υλικό που αποτελεί συνήθως το 25% κατά μάζα για τα ελαστικά αυτοκινήτων, ανακτάται καθώς ενσωματώνεται πλήρως στο κλίνκερ. Ανάλογα με το πού τροφοδοτούνται στον κλίβανο, τα ελαστικά μπορούν επίσης να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση των εκπομπών οξειδίου του αζώτου.

Τα ελαστικά στο τέλος του κύκλου ζωής τους αποθηκεύονται γενικά εντός των εγκαταστάσεων παραγωγής τσιμέντου προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα μεταφορικά κόστη. Τα ατεμάχιστα ελαστικά μπορούν να τροφοδοτηθούν στην είσοδο του κλιβάνου μέσω αυτόματων ταινιόδρομων μεταφοράς. Ωστόσο, ανάλογα με τον τύπο του κλιβάνου και τις συνθήκες καύσης, αυτό δεν είναι πάντα δυνατό. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να τεμαχιστούν, διαδικασία η οποία προσθέτει επιπλέον κόστος στη χρήση τους.

3.2.3 Αποξηραμένη Βιολογική Λάσπη

Η Αποξηραμένη Βιολογική λάσπη, προέρχεται κυρίως από οικιακά λύματα, ενώ περιέχει συνήθως περισσότερο από 80% βιομάζα, εξαρτώμενη σε μεγάλο βαθμό από τη διαδικασία παραγωγής της. Ενώ για πολλά χρόνια η μόνη λύση για τη διάθεση της ήταν η υγειονομική ταφή ή η χρήση ως λίπασμα στη γεωργία, πλέον χρησιμοποιείται ευρέως ως εναλλακτικό καύσιμο στη διαδικασία παραγωγής κλίνκερ. Το 2014, περισσότεροι από 720.000 τόνοι αποξηραμένης λάσπης συνεπεξεργάστηκαν στην ευρωπαϊκή βιομηχανία τσιμέντου (μέλη CEMBUREAU), το οποίο αποτελεί περίπου το 1,4% της συνολικής θερμικής ενέργειας.

Διάφοροι παράγοντες καθορίζουν την ποιότητα της. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν:

- προέλευση (οικιακές / εμπορικές και βιομηχανικές πηγές)
- ποσότητα και τύπος επιφανειακής διάβρωσης
- τύπος μονάδας λυμάτων

Τα τελευταία χρόνια, οι αυστηρότερες νομικές απαιτήσεις βελτίωσαν σημαντικά την ποιότητα της ιλύος λυμάτων σε όλη την Ευρώπη. Λόγω της καθαρής θερμιδικής του αξίας, της σύνθεσης και της περιεκτικότητας σε τέφρα, η αποξηραμένη λάσπη είναι κατάλληλη για ταυτόχρονη χρήση ως καύσιμο καθώς και ως πρώτη ύλη στη διαδικασία παραγωγής κλίνκερ, κυρίως κατόπιν ξήρανσης (ώστε να μειωθεί η περιεχόμενη υγρασία).

3.2.4 Βιομηχανικά, εμπορικά και αστικά στερεά απόβλητα – SRF/RDF

Η Κ.Υ.Α Αριθμ. οικ.56366/4351/2014, ΦΕΚ 3339/Β/12-12-2014 ορίζει ως «απορριμματογενές ανακτώμενο στερεό καύσιμο Solid Recovered Fuel (SRF) ή Refuse Derived Fuel (RDF)» το καύσιμο που ανακτάται κατά την μηχανική - βιολογική επεξεργασία των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων και πληροί τις προδιαγραφές κατηγοριοποίησης της ευρύτερης κατηγοριοποίησης των στερεών ανακτηθέντων καυσίμων SRF σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15359:2011. Το ομογενοποιημένο ξηρό κλάσμα, που αποτελείται κυρίως από χαρτί, πλαστικά και σε μικρότερο βαθμό άλλα καύσιμα (κάποια ή όλα εκ των υλικών: λάστιχο, ξύλο, ύφασμα, δέρμα) και μη καύσιμα υλικά, διαθέτει υψηλότερη θερμογόνο δύναμη από τα σύμμεικτα αστικά απόβλητα».

Η παραγωγή του περιλαμβάνει τα στάδια της διαλογής, του τεμαχισμού και της ξήρανσης. Το τελικά παραγόμενο RDF αποτελείται από τα εύφλεκτα συστατικά τέτοιων απορριμμάτων, όπως μη ανακυκλώσιμα πλαστικά, χαρτί και χαρτόνι, υφάσματα κ.λπ.



Εικόνα 3: RDF (Πηγή: CEMBUREAU, <https://cembureau.eu/media/jclqub0n/2016-11-18-ecra-energy-perfomance-of-cement-kilns.pdf>)

Επίσης το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 15359:2011 καθορίζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των απορριμματογενών ανακτώμενων στερεών καυσίμων (κωδικός EKA 19 12 10) από εγκαταστάσεις Μηχανικής-Βιολογικής Επεξεργασίας σύμμεικτων αστικών αποβλήτων, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για ανάκτηση ενέργειας, τα οποία είναι τα εξής:

- τη μέση κατώτερη θερμογόνο δύναμη (Lower Heating Value - LHV)
- τη μέση περιεκτικότητα σε χλώριο επί ξηρής βάσης
- την διάμεσο της περιεκτικότητας σε υδράργυρο
- το 80% των τιμών της περιεκτικότητας σε υδράργυρο.

Οι τσιμεντοβιομηχανίες είναι σε γενικές γραμμές ικανές να συνεπεξεργαστούν RDF, με την προϋπόθεση ότι ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αυτών, κάτι που είναι κρίσιμο για τη σταθερότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Τα επιμέρους ποιοτικά χαρακτηριστικά του καυσίμου, όπως η θερμογόνος δύναμη, η περιεκτικότητα σε υγρασία, το μέγεθος των επιμέρους τεμαχίων και η περιεκτικότητα σε χλώριο, θα πρέπει να διέπονται από σταθερότητα και ελάχιστη- και πάντα εντός των ανεκτών ορίων- διακύμανση. Ενδεικτικό της προέλευσης του RDF, αποτελεί το ισοζύγιο για το έτος 2030 (το οποίο εμπεριέχεται στο «Εθνικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων 2020-2030») και παρατίθεται στο Παράρτημα 1.

Σύμφωνα με στοιχεία της Ένωσης Τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδος τα οποία παρατίθενται στο Σχήμα 3.5, η αθροιστική δυναμικότητα της Ελλάδας για την κατανάλωση δευτερογενούς καυσίμου SRF/ RDF ανέρχεται στους 270.000 τόνους ανά έτος, ενώ υπάρχει η δυνατότητα μετά από επενδύσεις οι οποίες θα αναβαθμίσουν τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις, η δυναμικότητα μπορεί να ανέλθει σε 815.000 τόνους ανά έτος.

Εγκατάσταση	Δυνατότητα Απορρόφησης SRF/RDF σε πλήρη παραγωγή σήμερα	Δυνατότητα Απορρόφησης SRF/RDF σε πλήρη παραγωγή, μετά από επενδύσεις (2-5 χρόνια) και αδειοδότηση
	(t/έτος)	(t/έτος)
Βόλος	80.000	200.000
Μυλάκι (Εύβοια)	50.000	150.000
Καμάρι (Βοιωτία)	80.000	260.000
Δρέπανο (Πάτρα)	0	70.000
Θεσσαλονίκη	40.000	110.000
Ασπρόπυργος	20.000	25.000
ΣΥΝΟΛΟ	270.000	815.000

Σχήμα 3.5 : Δυνατότητα απορρόφησης SRF/RDF ανά εγκατάσταση, σήμερα και μετά από επενδύσεις

(Πηγή: ΕΣΔΑ 2020-2030, <https://www.nomotelia.gr/photos/File/185a-20.pdf>)

Στην ανάλυση SWOT που ακολουθεί (Samolada, et.al, 2014) αποτυπώνονται τα πλεονεκτήματα, οι αδυναμίες, οι ευκαιρίες και οι απειλές, όπως προκύπτουν από την εφαρμογή της συνεπεξεργασίας σε τσιμεντοβιομηχανίες, καταδεικνύοντας τα πλεονεκτήματα της χρήσης του SRF/RDF στη συγκεκριμένη βιομηχανία.

Εσωτερικοί Παράγοντες		Εξωτερικοί Παράγοντες	
Πλεονεκτήματα	Αδυναμίες	Ευκαιρίες	Απειλές
1. Ορθολογική διαχείριση ΑΣΑ	1. Ανασφάλεια στη συνεχή τροφοδοσία	1. Προώθηση των εναλλακτικών καυσίμων	1. Διαφορές στην αποτελεσματική ανακύκλωση
2. Ενεργειακή Ανάκτηση		2. Αντικατάσταση ορυκτών καυσίμων	2. Σκεπτικισμός των τοπικών κοινωνιών
3. Χρήση διαθέσιμων εγκαταστάσεων		3. Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας της τσιμεντοβιομηχανίας	3. Διαφορές στην κανονική και σταθερή τροφοδοσία αποβλήτων σε κλιβάνους με εγγυημένη χαμηλή τιμή αποβλήτων
4. Συστηματική – Ολοκληρωμένη Προσέγγιση		4. Συνεισφορά της βιομηχανικής οικολογίας και συν(επεξεργασίας)	
5. Αποτελεσματική (μερική) αντικατάσταση πρώτων υλών		5. Πρόληψη της καθυστέρησης στην αξιοποίηση αποβλήτων και κλείσιμο των ΧΥΤΑ	
6. Εξοικονόμηση πρώτων υλών και ορυκτών καυσίμων		6. Ενεργή συμμετοχή των τσιμεντοβιομηχανιών σε περιβαλλοντικές δραστηριότητες	
7. Υψηλό επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας (απατήσειςIPPC)		7. Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη	
8. Περιβαλλοντικά φιλικό καύσιμο, χωρίς αμφλεγόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις			
9. Μείωση αερίων του θερμοκηπίου			
10. Συνεισφορά στους στόχους της νομοθεσίας ακολουθώντας την ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων			
11. Βιώσιμη Ανάπτυξη			
12. Καλά αναπτυγμένο νομοθετικό πλαίσιο			
13. Μικρό κόστος επένδυσης			
14. Μείωση του εξωτερικού κόστους			
15. Οικονομικά βιώσιμη επένδυση			
16. Βιομηχανική συμβίωση			
17. Ενδιαφέρον από τη βιομηχανία τσιμέντου			
18. Γενικά αποδεκτή από τις τοπικές κοινωνίες			
19. Συμβατή με τις τοπικές δραστηριότητες			
20. Παγκόσμια και ευρεία πετυχημένη εμπειρία			

Σχήμα 3.6 : Ανάλυση SWOT της συνεπεξεργασίας στον κλάδο της Τσιμεντοβιομηχανίας

(Πηγή: http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2020/06/OE_RDF-SRF.pdf)

3.2.5 Κριτήρια ποιότητας για εναλλακτικά καύσιμα

Μιας και η χρήση εναλλακτικών καυσίμων μπορεί να επηρεάσει το προϊόν (κλίνκερ και τσιμέντο) καθώς και τη διεργασία, όσον αφορά τη λειτουργία του κλιβάνου αλλά και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, βασική προϋπόθεση της επιλογής πριν τη χρήση, εκάστου εναλλακτικού καυσίμου, αποτελεί η τήρηση αυστηρών ποιοτικών προδιαγραφών. Συνάμα η τελική επιλογή και έγκριση χρήσης τους, εκτός από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, περιλαμβάνει και κοστολογικά στοιχεία με κυριότερο το τελικό κόστος χρήσης του καυσίμου. Σε αυτό εμπεριέχονται όλα τα επιπλέον κόστη μεταφοράς, διαχείρισης, υποστήριξης και λειτουργίας, από την στιγμή της αγοράς του έως και το σημείο κατανάλωσης, και τα οποία εκφράζονται σε νομισματικές μονάδες ανά μονάδα ενέργειας (π.χ. €/KCal). Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να γίνει και η απευθείας σύγκριση

του κόστους διαφόρων καυσίμων, έτσι ώστε να βοηθηθούν επιχειρηματικές αποφάσεις που σχετίζονται με την επιλογή αυτών, με στόχο πάντα τη βέλτιστη για την επιχείρηση επιλογή. Τέλος στα πλεονεκτήματα των εναλλακτικών καυσίμων πρέπει να προστεθεί και το γεγονός ότι η χρήση τους μειώνει τη ζήτηση για πρωτογενή υλικά, καθώς η τέφρα του καυσίμου προστίθεται και αυτή με τη σειρά της στο μίγμα ά υλών και τελικά μετασχηματίζεται σε κλίνκερ (ενώ σε άλλες βιομηχανίες, όπως τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η τέφρα αποτελεί απόβλητο).

Οι σημαντικότερες εκ των παραμέτρων, που συνεκτιμώνται στην αξιολόγηση των εναλλακτικών καυσίμων είναι:

- **Καθαρή θερμιδική αξία (Net Calorific Value - NCV):** Είναι η παράμετρος που υποδηλώνει την ποσότητα ενέργειας που περιέχεται στο καύσιμο και στη συνέχεια θα προσφερθεί στη διαδικασία.
- **Περιεκτικότητα σε υγρασία:** Η συνολική περιεκτικότητα σε υγρασία μπορεί να επηρεάσει την παραγωγικότητα αλλά και την ενεργειακή απόδοση (π.χ. μεγαλύτερη υγρασία συνεπάγεται αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και μείωση παραγωγικότητας).
- **Περιεκτικότητα σε τέφρα:** Η χημική σύνθεση της τέφρας, μιας και αυτή ενσωματώνεται στο τελικό προϊόν της τσιμεντοβιομηχανίας (κλίνκερ ή/και τσιμέντο) πρέπει να παρακολουθείται αυστηρά, ώστε να διασφαλιστεί ότι η τελική σύνθεση του προϊόντος θα πληροί τις απαιτήσεις/προδιαγραφές.
- **Περιεκτικότητα σε αλκάλια, θείο και χλώριο:** Εισροές αυτών των ενώσεων σε μεγάλες ποσότητες, μπορεί να οδηγήσουν σε λειτουργικά προβλήματα στη διεργασία παραγωγής κλίνκερ (π.χ. δημιουργία κολλησιών και φρακαρίσματα). Όταν αυτά δεν μπορούν να ενσωματωθούν στο κλίνκερ μέσω της διεργασίας, ενδέχεται να απαιτείται η τροποποίηση του κλιβάνου και η κατασκευή ενός συστήματος παράκαμψης (by-pass) το οποίο θα απομακρύνει την περίσσεια αυτών των ενώσεων από το κύκλωμα της έψησης κλίνκερ

3.2.6 Πρόληψη και περιορισμός των συνεπειών της συνεπεξεργασίας απορριμμάτων

Η Ε.Ε μέσω της Οδηγίας 2000/76 για την αποτέφρωση αποβλήτων, έχει θέσει αυστηρά όρια και προϋποθέσεις, οι οποίες ουσιαστικά θέτουν το πλαίσιο μέσω του οποίου διασφαλίζεται η πρόληψη και ο περιορισμός των αρνητικών επιπτώσεων της

συνεπεξεργασίας των αποβλήτων στο περιβάλλον και ειδικότερα στις αέριες εκπομπές, στο έδαφος, στα ύδατα, καθώς και στην υγεία των ανθρώπων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της επιβολής συγκεκριμένων συνθηκών λειτουργίας και ειδικών τεχνικών απαιτήσεων καθώς και τη θέσπιση οριακών τιμών σε ότι αφορά τις εκπομπές των μονάδων που συνεπεξεργάζονται απόβλητα.

Συγκεκριμένα στην οδηγία γίνεται εκτενής αναφορά:

- στην διαδικασία αίτησης και αδειοδότησης μονάδων συνεπεξεργασίας,
- τις προϋποθέσεις παράδοσης και παραλαβής αποβλήτων
- τις συνθήκες λειτουργίας
- τις οριακές τιμές ατμοσφαιρικών εκπομπών
- τη διαδικασία ελέγχου και παρακολούθησης
- τις απαιτήσεις για μετρήσεις εκπομπών
- Την πρόσβαση, πληροφόρηση και συμμετοχή του κοινού
- Την διαχείριση ασυνήθων συνθηκών λειτουργίας

Βασική στόχευση της οδηγίας είναι να μην υπάρξει υπέρβαση των ορίων σε ρύπους, όπως είναι τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το διοξείδιο του θείου (SO₂), τα βαρέα μέταλλα και οι διοξίνες, θωρακίζοντας με αυτόν τον τρόπο τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων. Οι βιομηχανίες που συνεπεξεργάζονται εναλλακτικά καύσιμα εφαρμόζουν εδώ και δεκαετίες αυτή την οδηγία, συνεπώς έχουν ήδη αποκτήσει μακροχρόνια εμπειρία στην εφαρμογή τεχνικών πρόληψης και περιορισμού των εκπομπών τους.

3.3 Συνεπεξεργασία Απορριμμάτων στις Τσιμεντοβιομηχανίες Της Ε.Ε: Παρούσα Κατάσταση Και Προοπτικές

Η βιομηχανία τσιμέντου της Ε.Ε, εδώ και αρκετά χρόνια χρησιμοποιεί εναλλακτικά καύσιμα που προέρχονται από απορρίμματα καθώς και βιομάζα, για την παραγωγή θερμικής ενέργειας στους κλιβάνους της κατά τη διαδικασία παραγωγής κλίνκερ. Αυτό συμβάλλει στην αντιμετώπιση τριών μεγάλων ζητημάτων που αντιμετωπίζει σήμερα τόσο ο πλανήτης όσο και η Ε.Ε και η κάθε χώρα ειδικότερα. Συγκεκριμένα:

ι) Αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής

Τα προαναφερθέντα εναλλακτικά καύσιμα, είναι ο βασικότερος παράγοντας που θα

μειώσει την παραγωγή CO₂ στην παραγωγή τσιμέντου. Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (International Energy Agency -IEA), τα εναλλακτικά καύσιμα μπορούν να μειώσουν κατά 0,75 Gt τις παγκόσμιες εκπομπές CO₂ έως το 2050. Ταυτόχρονα αντικαθίστανται (στην πράξη δεν χρησιμοποιούνται άρα εξοικονομούνται) σημαντικές ποσότητες συμβατικών καυσίμων. Αυτό αποτυπώνεται σαν εξοικονόμηση ενέργειας και μπορεί να εκφραστεί σαν ενέργεια σε ισοδύναμους τόνους άνθρακα.

ii) Διαχείριση απορριμμάτων

Η συν-επεξεργασία επιδρά σημαντικά στη βελτίωση της διαχείρισης των απορριμμάτων. Αυτό το επιτυγχάνει συνεισφέροντας στο να μειωθεί ο όγκος των απορριμμάτων που απορρίπτονται στο περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα έχει τη δυνατότητα να αξιοποιήσει το ενεργειακό τους περιεχόμενο χρησιμοποιώντας το αποτελεσματικά. Με αυτό τον τρόπο είναι σε απόλυτη συμφωνία με την ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων της Ε.Ε. Ταυτόχρονα, η διαχείριση αυτή επιφέρει οφέλη μέσω της αποφυγής επενδύσεων μεγάλων κεφαλαίων, μιας και οι τσιμεντοβιομηχανίες μπορούν να επεξεργαστούν τα εναλλακτικά καύσιμα με ελάχιστες προσθήκες στον υπάρχοντα εξοπλισμό τους. Έτσι αποφεύγεται η κατασκευή/επένδυση σε ειδικές μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων (waste to energy).

iii) Πρόδος προς μια κυκλική οικονομία

Στη συν-επεξεργασία, τα απορρίμματα/απόβλητα που προέρχονται από άλλες ανθρώπινες και οικονομικές/βιομηχανικές δραστηριότητες, αντί να απορριφθούν αξιοποιούνται στη βιομηχανία τσιμέντου συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στην κυκλική οικονομία. Αντί της χρήσης πρωτογενών υλικών, στην πράξη πραγματοποιείται η μερική αντικατάσταση αυτών από εναλλακτικές πρώτες ύλες, προερχόμενες από απορρίμματα.

Στον Πίνακα 3.7 στον οποίο παρατίθενται στοιχεία που αντλήθηκαν από τον οργανισμό General Cement and Concrete Association (GCCA) για το έτος 2019, αποτυπώνεται η ανά γεωγραφική περιοχή προέλευση της θερμικής ενέργειας που καταναλώθηκε στην τσιμεντοβιομηχανία, καταναμεμένο στις κατηγορίες εναλλακτικά καύσιμα προερχόμενα από απορρίμματα, βιομάζα και ορυκτά καύσιμα.

Πίνακας 3.7: Προέλευση θερμικής ενέργειας στην τσιμεντοβιομηχανία το 2019

THERMAL ENERGY CONSUMPTION (G.C.C.A - 2019)					
Region	YEAR	Alternative fuels from wastes (% total energy)	Biomass (% total energy)	Fossil fuel (% total energy)	Total %
Africa	2019	5,98	7,36	86,66	100
Asia (n.e.c.) + Oceania	2019	5,47	5,04	89,49	100
Central America	2019	13,8	3,48	82,72	100
CIS	2019	2,63	1,22	96,15	100
Europe	2019	32	17,9	50,1	100
India	2019	3,19	0,86	95,95	100
Middle East	2019	9,56	3,39	87,05	100
North America	2019	12,4	2,56	85,04	100
Northeast Asia	2019	5,31	0,96	93,73	100
South America ex. Brazil	2019	3,59	3,03	93,38	100
Brazil	2019	14,3	16,7	69	100

(Πηγή: GCCA, https://gccassociation.org/gnr/geo/GNR-Indicator_25aAGFC-geo.html)

Μια ενδελεχής επισκόπηση των δεδομένων αυτών, αποτυπώνει την παγκόσμια εξάρτηση της τσιμεντοβιομηχανίας από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα (προϊόντα πετρελαίου, κάρβουνο και φυσικό αέριο), καταγράφοντας ποσοστά άνω του 80%, έως και 96,15% στην Ινδία. Εξάιρεση αποτελούν μόνο η Ευρώπη και η Βραζιλία.

Ειδικά στην περίπτωση της Ευρώπης, τα συμβατικά καύσιμα κατέλαβαν το 50,1%, ενώ τα καύσιμα από απορρίμματα/απόβλητα το 32% και η βιομάζα το 17,9%. Αυτό αποτελεί απτή απόδειξη της μεγάλης προσπάθειας που κάνει η ήπειρος μας και ειδικότερα στη συγκεκριμένη περίπτωση ο κλάδος της τσιμεντοβιομηχανίας, προς την κατεύθυνση της υλοποίησης των αρχών της κυκλικής οικονομίας.

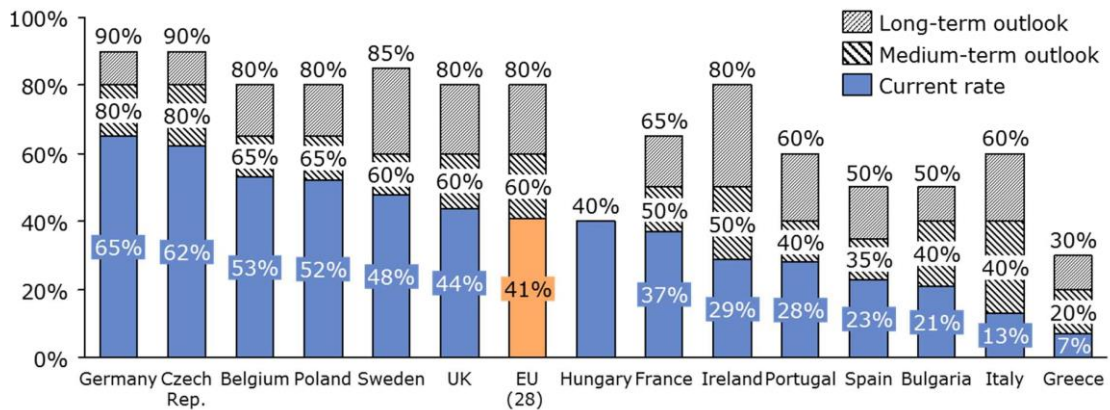
Ταυτόχρονα , όπως αποτυπώνεται στον Πίνακα 3.8 και ως προς τις ποσότητες η Ευρώπη χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό εναλλακτικών καυσίμων, με 11,7 Mtns ή 53% της παγκόσμιας χρήσης.

Πίνακας 3.8: Χρήση εναλλακτικών καυσίμων στην τσιμεντοβιομηχανία το 2019

2019	Europe	North America	CIS	Central America	Brazil	South America ex. Brazil	India	Asia (n.e.c.) + Oceania	Africa	Middle East	Northeast Asia	Total
alternative fuels (tns)	11.700.000	2.190.000	200.000	1.110.000	935.000	182.000	2.225.000	849.000	854.000	487.000	1.210.000	21.942.000
%	53%	10%	1%	5%	4%	1%	10%	4%	4%	2%	6%	100%

Πηγή: GCCA, https://gccassociation.org/gnr/geo/GNR-Indicator_108TGW-geo.html)

Επίσης μια μελέτη που δημοσιεύτηκε το 2017 για λογαριασμό του CEMBUREAU, αποτύπωσε την εξής κατάσταση στη Ευρωπαϊκή τσιμεντοβιομηχανία:



Εικόνα 3.9 Ποσοστά συμπαραγωγής ανά χώρα της Ε.Ε και προοπτικές

Πηγή: CEMBUREAU, https://cembureau.eu/media/rjgiyqca/2017-05-11_ecofys_publication_alternativefuels_report.pdf

Συγκεκριμένα, από τη μελέτη των στοιχείων που παρατίθενται στην Εικόνα 3.9, εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

i) Παρούσα κατάσταση

Ο μέσος όρος της Ε.Ε ήταν 41%. Πάνω από αυτό το μέσο όρο βρίσκονται χώρες όπως η Γερμανία με 61%, η Τσεχία με 62%, το Βέλγιο με 53%, η Πολωνία με 52%, η Σουηδία με 48% και το Ηνωμένο Βασίλειο με 44%. Κάτω του ευρωπαϊκού μέσου όρου, συναντάμε την Ουγγαρία με 40%, την Γαλλία με 37%, Την Ιρλανδία με 29%, την Πορτογαλία με 28%, την Ισπανία με 23%, την Βουλγαρία με 21%, την Ιταλία με 13% και **τελευταία η Ελλάδα με 7%**.

ii) Μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες προοπτικές

Στο ίδιο διάγραμμα αποτυπώνονται οι προοπτικές κάθε χώρας, τόσο μεσοπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Συγκεκριμένα:

- Γερμανία: από 65% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 80% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 90%
- Τσεχία: από 62% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 80% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 90%
- Βέλγιο: από 53% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 65% και

- μακροπρόθεσμη προοπτική για 80%
- Πολωνία: από 52% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 65% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 80%
 - Σουηδία: από 48% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 60% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 85%
 - Ηνωμένο Βασίλειο: από 44% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 60% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 80%
 - Ε.Ε: από 41% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 60% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 80%
 - Γαλλία: από 37% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 50% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 65%
 - Ιρλανδία: από 29% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 50% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 80%
 - Πορτογαλία: από 28% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 40% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 60%
 - Ισπανία: από 23% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 35% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 50%
 - Βουλγαρία: από 21% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 40% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 50%
 - Ιταλία: από 13% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 40% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 60%
 - **Ελλάδα:** από 7% παρούσα κατάσταση, έχει μεσοπρόθεσμη προοπτική για 20% και μακροπρόθεσμη προοπτική για 30%. Η Ελλάδα δυστυχώς, εκτός του ότι κατέχει το μικρότερο ποσοστό τρέχουσας κατάστασης, επιδεικνύει και τα μικρότερα ποσοστά μελλοντικών προοπτικών.

Από την ανάλυση αυτή, γίνεται ευκολά αντιληπτό ότι τα ποσοστά συμπαραγωγής και οι προοπτικές διαφέρουν αρκετά μεταξύ των χωρών. Αυτό εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

i) Διαθεσιμότητα απορριμμάτων για χρήση ως καύσιμα

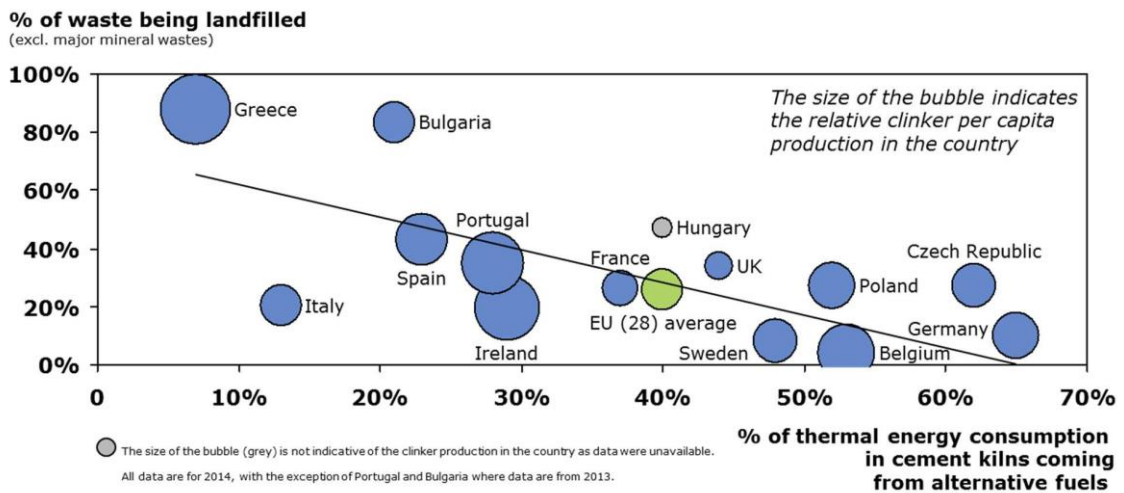
Στο Διάγραμμα 3.10 διερευνάται η συσχέτιση μεταξύ:

- της ωριμότητας του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων εκφρασμένο σε ποσοστό αποβλήτων που απορρίπτονται σε χωματερές (άξονας Ψ – όσο μεγαλύτερο το

ποσοστό τόσο χειρότερη και η διαχείριση)

- και του ποσοστού θερμικής ενέργειας σε κλιβάνους τσιμέντου, η οποία προέρχεται από εναλλακτικά καύσιμα (άξονας X - εκφρασμένη σε ποσοστό %).

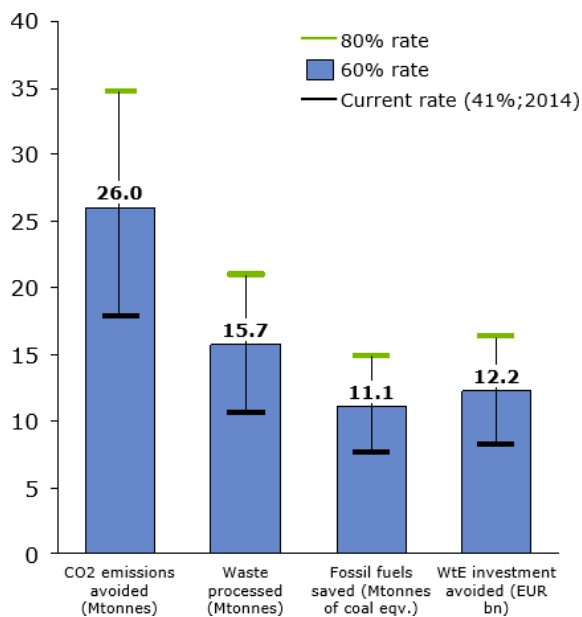
Όπως προκύπτει από το διάγραμμα, η συσχέτιση των δυο παραμέτρων είναι σημαντική, καταδεικνύοντας ότι οι χώρες που επεξεργάζονται τα απορρίμματα τους (και δεν τα απορρίπτουν) επιτυγχάνουν σημαντικά ποσοστά αξιοποίησης τους για παραγωγή θερμικής ενέργειας.



Διάγραμμα 3.10: Συσχετισμός % απόρριψης απορριμμάτων σε χωματερές και % ενέργειας προερχόμενης από εναλλακτικά καύσιμα

(Πηγή: CEMBUREAU, https://cembureau.eu/media/rjgqvca/2017-05-11_ecofys_publication_alternativefuels_report.pdf)

Τα πιθανά οφέλη, από την μέσο/μακροπρόθεσμη αύξηση των ποσοστών χρήσης εναλλακτικών καυσίμων, εμφανίζονται στο Διάγραμμα 3.11:



Διάγραμμα 3.11: Εκτίμηση πλεονεκτημάτων από επίτευξη 60% συμπαραγωγής στην Ε.Ε (Πηγή:CEMBUREAU,https://cembureau.eu/media/rjqiyqca/2017-05-11_ecofys_publication_alternativefuels_report.pdf)

Σε αυτό παρουσιάζονται, 4 βασικοί δείκτες (KPI'S), ώστε να καταγραφεί και να κατανοηθεί καλύτερα η επίδοση. Αυτοί είναι:

- i) Αποφυγή εκπομπών CO₂ (σε Mtonnes)
- ii) Τόνοι χρησιμοποιημένων αποβλήτων (σε Mtonnes)
- iii) Εξοικονόμηση στερεών καυσίμων (εκφρασμένο σε Mtonnes ισοδύναμου κάρβουνού)
- iii) Αποφυγή επενδύσεων σε εργοστάσια WtE (σε δισεκατομμύρια ευρώ)

Συγκεκριμένα και ανά δείκτη, σύμφωνα με τη σχετική μελέτη του Cembureau:

i) Αποφυγή εκπομπών CO₂: Ενώ με 41% χρήση εναλλακτικών καυσίμων, οι τόνοι CO₂ που αποφεύγονται είναι 18 Mtns, αν το ποσοστό των εναλλακτικών καυσίμων γίνει 60% θα αποφεύγονται οι εκπομπές 26 Mtonnes CO₂, ενώ αν γίνει 80% θα αποφεύγονται οι εκπομπές 35 Mtonnes CO₂. Εκτός της προφανούς πολύ σημαντικής βελτίωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος που αυτό θα επέφερε, ταυτόχρονα θα συνεπάγετο και σημαντική οικονομική ωφέλεια. Αν η συγκεκριμένη αποφευχθείσα ποσότητα, συνδυαστεί με την τρέχουσα αξία του CO₂ δηλαδή περίπου 80€/tn, μας δίνει σαν αποτέλεσμα 21,36 δις ευρώ επιπλέον εξοικονόμηση (για την ακρίβεια είναι

επιπλέον έξοδο που δεν θα χρειαστεί να ξοδευτεί), το οποίο τελικά απομειώνεται από το συνολικό κόστος παραγωγής. Είναι προφανές ότι αυτό το έξοδο από μόνο του μπορεί να επηρεάσει δραστικά την βιωσιμότητα του κλάδου.

ii) Τόνοι χρησιμοποιημένων αποβλήτων: Ενώ στη τρέχουσα κατάσταση (41% χρήση εναλλακτικών καυσίμων), οι τόνοι εναλλακτικών καυσίμων 11Mtns, αν το ποσοστό των εναλλακτικών καυσίμων γίνει 60% θα χρησιμοποιούνται 15,7 Mtonnes, ενώ αν γίνει 80% θα χρησιμοποιούνται 22 Mtonnes εναλλακτικών καυσίμων προερχόμενων από απόβλητα.

iii) Εξοικονόμηση στερεών καυσίμων: Ενώ στη τρέχουσα κατάσταση (41% χρήση εναλλακτικών καυσίμων), οι τόνοι στερεών καυσίμων που εξοικονομούνται είναι 7 Mtns coal eq, αν το ποσοστό των εναλλακτικών καυσίμων γίνει 60% θα εξοικονομηθούν 11,1 Mtonnes coal eq, ενώ αν γίνει 80% θα εξοικονομηθούν 15 Mtonnes coal eq.

iv) Αποφυγή επενδύσεων σε εργοστάσια WtE: Ενώ στη τρέχουσα κατάσταση (41% χρήση εναλλακτικών καυσίμων), εξοικονομούνται (δεν επενδύονται) 8 δις ευρώ, αν το ποσοστό των εναλλακτικών καυσίμων γίνει 60% θα εξοικονομηθούν 12,2 δις ευρώ, ενώ αν γίνει 80% θα εξοικονομηθούν 16 δις ευρώ.

3.3.1 Κύριες οδηγίες για αύξηση ποσοστών χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων

Σαν βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αύξηση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων, υποκαθιστώντας τα ορυκτά καύσιμα στη βιομηχανία τσιμέντου, αναγνωρίζονται οι εξής:

i) Πολιτική διαχείρισης αποβλήτων: σε επίπεδο χωρών η καλή εφαρμογή των οδηγιών της ΕΕ για τα απόβλητα, οι απαγορεύσεις υγειονομικής ταφής, οι σχετικοί φόροι - τέλη καθώς και η παροχή κινήτρων για χρήση προηγμένων μεθόδων επεξεργασίας αποβλήτων σε σύγκριση με την πρακτική της ταφής, επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση κάθε χώρας όσον αφορά την αξιοποίηση των απορριμμάτων. Στην Εικόνα 3.12 αποτυπώνεται το επίπεδο απαγορεύσεων και φόρων συγκριτικά με την υγειονομική ταφή ανά χώρα, και στο οποίο εμφανώς αποδεικνύεται η ευθέως ανάλογη σχέση του ύψους της σχετικής φορολογίας με το ποσοστό χρήσης εναλλακτικών καυσίμων.



Εικόνα 3.12 : Επίπεδο απαγορεύσεων ύπαρξης χωματερών και επίπεδο σχετικής φορολόγησης ανά χώρα

(Πηγή:CEMBUREAU, https://cembureau.eu/media/rjqiyqca/2017-05-11_ecofys_publication_alternativefuels_report.pdf)

ii) Γραφειοκρατία αδειοδοτήσεων: η διαδικασία έκδοσης αδειών τόσο για τη χρήση αποβλήτων σε κλιβάνους τσιμέντου όσο και για εισαγωγές επεξεργασμένων αποβλήτων, επηρεάζει σημαντικά τα τελικά πραγματοποιηθέντα ποσοστά χρήσης εναλλακτικών καυσίμων. Είναι προφανές ότι σε επίπεδο χώρας η ύπαρξη σύνθετων και χρονοβόρων διαδικασιών, αποτελούν σημαντική τροχοπέδη στην ανάπτυξη της χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων προερχομένων από απορρίμματα.

iii) Επίπεδο εκσυγχρονισμού βιομηχανίας τσιμέντου: εργοστάσια τα οποία είναι σύγχρονα (διαθέτουν τις κατάλληλες υποδομές και τεχνογνωσία) για απορρόφηση και χρήση εναλλακτικών καυσίμων, μπορούν να απορροφήσουν άμεσα και να συμβάλουν σημαντικά στην άμεση αύξηση των ποσοστών. Όταν αυτές οι υποδομές δεν υπάρχουν, η κατασκευή τους είναι επιβεβλημένη και από αυτή εξαρτάται πιθανά και η βιωσιμότητα του συγκεκριμένου σημείου παραγωγής.

iv) Τιμή συμβατικών καυσίμων και δικαιώματα εκπομπών CO₂: Η διακύμανση της τιμής των συμβατικών καυσίμων, καθώς και το κόστος εκπομπών CO₂, αυξάνει περαιτέρω το ενδιαφέρον για τα εναλλακτικά καύσιμα (ιδίως σε περιόδους που αυξάνονται σημαντικά (όπως συμβαίνει το δεύτερο εξάμηνο του 2021)).

3.3.2 Κύρια εμπόδια στην ανάπτυξη χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων

Σαν βασικά εμπόδια στην ανάπτυξη των εναλλακτικών καυσίμων, αναγνωρίζονται τα εξής:

i) μή διαθεσιμότητα υψηλής ποιότητας εναλλακτικών καυσίμων.

Η βιομηχανία τσιμέντου (αλλά και κάθε βιομηχανία) χρειάζεται σταθερές εισροές τόσο πρώτων υλών όσο και καυσίμων. Ειδικά για τα καύσιμα, είναι σημαντική απαίτηση η ποιοτική επάρκεια τους (π.χ. θερμογόνος δύναμη, περιεκτικότητα σε χλώριο κ.λ.π.) αλλά και η σταθερή και εξασφαλισμένη ποσοτική διαθεσιμότητα αυτών (τυχόν ελλείψεις διαταράσσουν όλη την παραγωγική διαδικασία και την αντίστοιχη εφοδιαστική αλυσίδα γενικότερα). Δυστυχώς σε πολλές χώρες, οι τοπικές βιομηχανίες τσιμέντου δεν έχουν πρόσβαση σε εναλλακτικά καύσιμα με τις προαναφερθείσες προϋποθέσεις, συνεπώς η ανάπτυξη τους αντιμετωπίζει σημαντικά εμπόδια.

ii) Επίπεδο υποδομών και οργάνωση διαχείρισης απορριμμάτων

Σε πολλές χώρες, ο κλάδος της επεξεργασίας αποβλήτων δεν έχει την απαιτούμενη ανάπτυξη. Αυτό εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την δυνατότητα και την δυναμικότητα των μονάδων διαχείρισης αποβλήτων, η οποία με τη σειρά της σχετίζεται με την ύπαρξη κατάλληλων υποδομών, διαδικασιών και γενικότερα οργάνωσης της διαχείρισης των απορριμμάτων σε τοπικό επίπεδο. Υπανάπτυξη και έλλειψη υποδομών, συνεπάγεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των απορριμμάτων οδηγείται σε ταφή και αναλογικά το μικρότερο μέρος σε περαιτέρω αξιοποίηση.

iii) Δυσκολία δημόσιας αποδοχής της καύσης αποβλήτων

Περιπτώσεις όπου υπάρχει εναντίωση της κοινής γνώμης σχετικά με την επεξεργασία αποβλήτων, έχει σημαντικές επιπτώσεις και στην στάση των δημοσίων αρχών στο να στηρίξουν και προωθήσουν αυτή την πρακτική, κάτι που έχει σημαντική αρνητική επίδραση στην προσπάθεια ανάπτυξης αυτής της πρακτικής. Παραδείγματα χωρών όπως η Ισπανία και η Ελλάδα, είναι ενδεικτικές των καθυστερήσεων που μπορεί

να επιφέρει η αντίδραση της κοινής γνώμης στην ανάπτυξη της χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων.

3.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. Atmaca, A., & Kanoglu, M. (2012). Reducing energy consumption of a raw mill in cement industry. *Energy*, 42(1), 261–269. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.03.060>
2. Cembureau (2017), Status and prospects of coprocessing of waste in EU cement plants, [Πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2021], https://cembureau.eu/media/2lte1jte/11603-ecofys-executive-summary_cembureau-2017-04-26.pdf
3. Coprocem (2011) Training kit on co-processing. [πρόσβαση 30 Νοεμβρίου 2021] https://web.archive.org/web/20110708191924/http://www.coprocem.com/trainin_gkit/pages/home.html
4. Global cement (2021), Global cement directory 2018, Πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.globalcement.com/magazine/articles/1054-global-cement-top-100-report-2017-2018>
5. Global Cement and Concrete Association (2021), GNR Project Reporting CO2 [Πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2021] https://gccassociation.org/gnr/geo/GNR-Indicator_25aAGFC-geo.html
6. Kumar Verma, Y., Mazumdar, B., & Ghosh, P. (2020). Thermal energy consumption and its conservation for a cement production unit. *Environmental Engineering Research*. <https://doi.org/10.4491/eer.2020.111>
7. Philip A Alsop (2007), *The cement plant operations handbook—5th edition*. Tradeship publications LTD
8. Potgieter, J. H. (2012). An Overview of Cement production: How “green” and sustainable is the industry? *Environmental Management and Sustainable Development*, 1(2). <https://doi.org/10.5296/emsd.v1i2.1872>
9. Statista (2021) Cement production worldwide from 1995 to 2020 [Πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.statista.com/statistics/1087115/global-cement-production-volume/>
10. US EPA (2016). Energy recovery from the combustion of municipal solid waste(Msw) [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021] <https://www.epa.gov/smm/energy-recovery-combustion-municipal-solid-waste-msw>
11. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας – Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας (2020), Διερεύνηση χρήσης RDF/SRF ως εναλλακτικού καυσίμου στην τσιμεντοβιομηχανία: πρακτικές, διαδικασίας διασφάλισης ποιότητας, προοπτικές και περιβαλλοντικές [πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2020/06/OE_RDF-SRF.pdf

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας τα όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, ο ενεργειακός εφοδιασμός κάθε χώρας είναι ένα ζήτημα που ανέκαθεν απασχολούσε και θα συνεχίσει να προβληματίζει, μιας και από αυτόν εξαρτώνται το σύνολο σχεδόν των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, τόσο σε προσωπικό όσο και σε επαγγελματικό επίπεδο ενώ ταυτόχρονα επηρεάζει το σύνολο της οικονομίας και των οικονομικών δραστηριοτήτων, όχι μόνο σε τοπική κλίμακα αλλά και παγκόσμια.

Η μελέτη του συνολικού ενεργειακού εφοδιασμού που προηγήθηκε, βοήθησε στην εξαγωγή μερικών πολύ χρήσιμων συμπερασμάτων. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι ενεργειακές ανάγκες το 2020 μειώθηκαν κατά 4,3% σαν αποτέλεσμα της επιβολής lockdown λόγω της πανδημίας covid 19 η οποία καταπόντισε την παγκόσμια ενεργειακή ζήτηση. Τη μεγαλύτερη μείωση σημείωσαν τα προϊόντα πετρελαίου (-9,5%) ενώ παρά τις αντίξοες συνθήκες, η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές αυξήθηκε κατά 10%, υποδεικνύοντας τις εντατικές προσπάθειες που καταβάλλονται προς την κατεύθυνση της κυκλικής οικονομίας.

Όσον αφορά την κατανάλωση ανά τύπο καύσιμου, το πετρέλαιο με 31,2%, το κάρβουνο με 27,2% και το φυσικό αέριο με 24,7% καταλαμβάνουν τη μερίδα του λέοντος. Η υδροηλεκτρική ενέργεια με 6,9%, η πυρηνική με 4,3% και η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές με 5,5% συμπληρώνουν το ενεργειακό μίγμα.

Η ανά Γεωγραφική περιοχή έρευνα κατέδειξε ότι η περιοχή της ανατολικής Ασίας και Αυστραλίας καταναλώνει το 45%, ενώ το αμέσως επόμενο ποσοστό έχει η Βόρεια Αμερική με 19%. Η Ευρώπη κατέχει το 14% και οι υπόλοιπες περιοχές μονοψήφια ποσοστά.

Επισκοπώντας την κατανάλωση ανά τύπο καυσίμου και Γεωγραφική περιοχή, αποτυπώνεται η κυριαρχία των πετρελαιοειδών στην Αμερική και τη Μέση Ανατολή, του κάρβουνου στην Ανατολική Ασία, του φυσικού αερίου στις πρώην σοβιετικές δημοκρατίες ενώ η Ευρώπη καταβάλλει τη σημαντικότερη προσπάθεια από όλες να μετασχηματίσει το ενεργειακό της μίγμα, μειώνοντας σημαντικά τα ποσοστά του κάρβουνου στο 12% και παράλληλα εμφανίζοντας το υψηλότερο ποσοστό πυρηνικής ενέργειας (10%) και ανανεώσιμων πηγών (12%)

Συνολικά, γίνεται αντιληπτό ότι η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τα υπάρχοντα αποθέματα κάθε σημείου και την ικανότητα παραγωγής πρωτογενών καυσίμων. Είναι εμφανές επίσης ότι οι χώρες/γεωγραφικές περιοχές που υστερούν σε συμβατικά καύσιμα, κάνουν προσπάθεια να στραφούν στα δευτερογενή και εναλλακτικά καύσιμα. Συνάμα η ανάπτυξη των μεγάλων χωρών, συνοδεύεται και από αναλογική αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων. Τουναντίον η Ευρώπη, παρουσιάζει μια σταδιακή μείωση της συνολικής ενεργειακής παραγωγής αλλά ταυτόχρονα παρουσιάζει έντονη προσπάθεια στροφής σε δευτερογενή και εναλλακτικά καύσιμα, προς αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων.

Όσον αφορά την Ελλάδα, η κατάσταση το 2015 αποτυπώνει τη σημαντική προσπάθεια που γίνεται για ανάπτυξη των εναλλακτικών καυσίμων, της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας. Οι εξαγγελίες της Ελληνικής κυβέρνησης για ολική απολιγνιτοποίηση της χώρας έχουν ήδη επιφέρει σημαντικές μεταβολές στο συγκεκριμένο μίγμα τα τελευταία χρόνια. Ήδη το ποσοστό του κάρβουνου έχει μειωθεί στο 11% , ωστόσο τα πετρελαϊκά προϊόντα με 51% και το φυσικό αέριο με 21%, συνεχίζουν να κατέχουν την μερίδα του λέοντος. Ταυτόχρονα το 14% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι από τα μεγαλύτερα στην Ε.Ε. Τα προσεχή χρόνια η αύξηση της παραγωγής ενέργειας από εναλλακτικά καύσιμα, αιολική και ηλιακή ενέργεια θεωρείται αναγκαία και επιβεβλημένη, ενώ ο βαθμός υλοποίησης αυτής της μετάβασης θα διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη και τους βασικούς δείκτες της ελληνικής οικονομίας.

Επίσης η σημαντική αύξηση της τιμής συμβατικών καυσίμων όπως το πετρέλαιο, τα στερεά καύσιμα (κυρίως κάρβουνο) και το φυσικό αέριο, επηρεάζουν δυσμενώς το κόστος παραγωγής ενέργειας και κατά συνέπεια και το κόστος προμήθειας του από τους καταναλωτές σε παγκόσμιο επίπεδο, επιφέροντας με αυτόν τον τρόπο κύμα ανατιμήσεων σε όλα σχεδόν τα βιομηχανικά, βιοτεχνικά και αγροτικά προϊόντα.

Όσον αφορά τις τιμές του αργού πετρελαίου, εδώ και σχεδόν ένα χρόνο αυξάνονται σταθερά, κυρίως λόγω της μείωσης της προσφοράς. Ήδη η τιμή έχει καταγράψει αύξηση σημαντική αύξηση σε μόλις ένα χρόνο ενώ οι μελλοντικές προβλέψεις, αναμένουν η τιμή να παραμείνει και όλο το 2022 στα υψηλά επίπεδα των 70 \$/βαρέλι.

Ομοίως, η τιμή του κάρβουνου ξεπέρασε τα 200 δολάρια ανά μετρικό τόνο τον Οκτώβριο του 2021, συνεχίζοντας την ανοδική πορεία από το Σεπτέμβριο του 2020,

καταγράφοντας αύξηση κατά περίπου 400%. Η πρόβλεψη τιμών για το 2022, προβλέπει τιμές κοντά στα 170 \$/MT.

Σχετικά με το φυσικό αέριο παρατηρείται και σε αυτό αντίστοιχη αύξηση. Συγκεκριμένα η τιμή του TTF τον Φθινόπωρο του 2021 κατέγραψε αύξηση κατά 800% σε σύγκριση με αυτό του 2020. Οι προβλέψεις για το 2022 προβλέπουν εξίσου υψηλή τιμή της τάξης των 78 €/MWh.

Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται εντός της Ε.Ε και υπόκεινται στο Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ε.Ε καλούνται να αντιμετωπίσουν ένα επιπλέον κόστος, αυτό του κόστους δικαιωμάτων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, προσθέτοντας έναν ακόμη αρνητικό παράγοντα στο συνολικό κόστος παραγωγής τους και κατά συνέπεια έχοντας να αντιμετωπίσουν ένα επιπρόσθετο εμπόδιο στην προσπάθειά τους να παραμείνουν ανταγωνιστικές σε παγκόσμιο επίπεδο. Ενδεικτικά η τιμή του CO₂ το φθινόπωρο που 2021, κατέγραψε σημαντική αύξηση ξεπερνώντας πλέον τα 80 €/tn CO₂ ακολουθώντας την γενική αστάθεια που παρατηρείται αυτή την περίοδο στην αγορά καυσίμων και ενεργειακών προϊόντων.

Όλα τα προηγούμενα αλλά και διάφορες κατά τόπους ιδιαιτερότητες, έχουν αναγάγει το δεύτερο εξάμηνο του 2021 το ενεργειακό κόστος σε μείζον ζήτημα, τόσο στην Ε.Ε όσο και ευρύτερα. Ενδεικτικά η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα τον Νοέμβριο του 2021 κατέγραψε αύξηση της τάξης του 500%. Η πρόβλεψη για όλο το 2022 προβλέπει οι τιμές να παραμείνουν στην περιοχή των 200 €/MWh. Παραπλήσια συμπεριφορά παρουσιάζει το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας σε όλες τις χώρες της Ε.Ε.

Στην περίπτωση του κλάδου της τσιμεντοβιομηχανίας οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν τόσο το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (την οποία οι συγκεκριμένες βιομηχανίες προμηθεύονται από τους αντίστοιχους κατά τόπους διαθέσιμους πάροχους ηλεκτρικής ενέργειας) όσο και με το κόστος θερμικής ενέργειας (το οποίο παράγουν οι ίδιες, μέσω καύσης συμβατικών ή εναλλακτικών καυσίμων στους περιστρεφόμενους κλιβάνους) κατά τη διαδικασία παραγωγής κλίνκερ.

Η διαδικασία παραγωγής τσιμέντου είναι εξαιρετικά ενεργοβόρα. Για την παραγωγή ενός τόνου τσιμέντου απαιτούνται κατά μέσο όρο 110 KWhrs ηλεκτρικής ενέργειας και 3,25 GJ θερμικής ενέργειας. Αυτά τα μεγέθη πολλαπλασιαζόμενα με την ετήσια παραγωγικότητα ενός μέσου εργοστασίου τσιμέντου (ένα έως δυο εκατομμύρια τόνοι ανά έτος) καταδεικνύουν το μέγεθος του κόστους ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας για

το συγκεκριμένο εργοστάσιο. Συνολικά το ενεργειακό κόστος αντιπροσωπεύει κατά μέσο όρο το 40% του συνολικού κόστους παραγωγής τσιμέντου. Συνδυάζοντας κανείς την ετήσια παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου, η οποία είναι περίπου τέσσερα δισεκατομμύρια τόνοι ετησίως, με τις προαναφερθείσες ενεργειακές ανάγκες, αντιλαμβάνεται το μέγεθος των ενεργειακών αναγκών του κλάδου γενικότερα.

Παράλληλα, ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα που απασχολεί έντονα όλες τις χώρες σε παγκόσμιο επίπεδο είναι αυτό της διάθεσης των στερεών αποβλήτων και απορριμμάτων. Αποτελεί ένα έντονο και διαδεδομένο πρόβλημα τόσο στις αστικές όσο και στις αγροτικές περιοχές, τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Παράγοντες όπως η αύξηση του πληθυσμού, η ταχεία αστικοποίηση, η άνθηση της οικονομίας, η άνοδος του βιοτικού επιπέδου στις αναπτυσσόμενες χώρες και η διάδοση της χρήσης υλικών συσκευασίας όπως το πλαστικό, συνετέλεσαν στην αύξηση της ποσότητας αλλά στη διαφοροποίηση της ποιότητας, σε ότι αφορά την παραγωγή αστικών στερεών αποβλήτων. Ενδεικτικά, στην Ελλάδα καθένας κάτοικος παράγει 500 κιλά απορρίμματα ετησίως ενώ συνολικά 5,2 εκατομμύρια τόνοι πετιούνται κάθε χρόνο στους κάδους, ποσότητες που έχουν αυξηθεί κατά 40% μόνο την τελευταία δεκαετία. Η συνολική αποκομιδή κοστίζει πάνω από ένα δισεκατομμύριο ευρώ ετησίως, ενώ από τη συνολική ποσότητα μόνο το 25% αυτής οδηγείται στην ανακύκλωση.

Για το ζήτημα των απορριμμάτων η Ε.Ε έχει ήδη εκδώσει αναλυτικές οδηγίες και πλάνο δράσεων που σχετίζονται με τη διαχείριση του ζητήματος. Το θεμέλιο της διαχείρισης είναι η «ιεράρχηση της διαχείρισης των αποβλήτων» σε πέντε στάδια, καθορίζοντας μια σειρά προτίμησης σχετικά με τις διαφορετικές μεθόδους για τη διαχείριση και τη διάθεση των αποβλήτων. Συγκεκριμένα στην κορυφή αυτής της κατάταξης και περισσότερο προτιμητέα, είναι η μέθοδος της Πρόληψης (Prevention), ακολουθεί η Προετοιμασία για Επαναχρησιμοποίηση (Preparing For Re-Use), έπεται η Ανακύκλωση (Recycling), επόμενη στη σειρά η Ανάκτηση (Recovery) και τελευταία, στο χαμηλότερο σημείο της ιεραρχίας, η Διάθεση (Disposal).

Η στόχευση της Ε.Ε στην κλιματική ουδετερότητα θα απαιτήσει προσπάθεια μέσω ενεργειών μετασχηματισμού, σε όλους τους τομείς της οικονομίας. Η βιομηχανία συνολικά, η οποία είναι υπεύθυνη για το 15% των εκπομπών της ΕΕ, θα αποτελέσει ένα σημαντικό μέρος της προσπάθειας. Οι ενεργοβόρες βιομηχανίες αποτελούν περισσότερο από το ήμισυ της ενεργειακής κατανάλωσης της βιομηχανίας της ΕΕ.

Ειδικότερα οι τσιμεντοβιομηχανίες της Ε.Ε αναμένεται να παίξουν καθοριστικό ρόλο σε αυτή τη μετάβαση.

Επιλεγμένα απόβλητα και υποπροϊόντα αυτών, τα οποία εμπεριέχουν ανακτήσιμη θερμιδική αξία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα στις τσιμεντοβιομηχανίες (διαδικασία που αναφέρεται ως συν-επεξεργασία) καθιστώντας ένα μέρος συμβατικών ορυκτών καυσίμων αλλά και πρώτων υλών.

Εναλλακτικά καύσιμα που ήδη χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία τσιμέντου και η χρήση τους αναμένεται να διευρυνθεί είναι: ελαστικά στο τέλος του κύκλου ζωής τους, RDF/SRF καθώς και αποξηραμένη βιολογική λάσπη. Ενδεικτικό του συσχετισμού, το ενεργειακό περιεχόμενο ενός τόνου οικιακών απορριμμάτων ισοδυναμεί με 200 kg πετρελαίου ή 500 KWhrs ηλεκτρικής ενέργειας.

Όσον αφορά τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων στις τσιμεντοβιομηχανίες, ο μέσος όρος της Ε.Ε το 2014 ήταν 41%, παρουσιάζοντας όμως σημαντικές μεταβολές από χώρα σε χώρα. Το μεγαλύτερο ποσοστό σημείωσε η Γερμανία με 61%, ενώ τελευταία ήταν η Ελλάδα με 7%. Αρκετές χώρες, σημειώνουν απόδοση πάνω από το Μ.Ο της Ε.Ε (Γερμανία, Τσεχία, Βέλγιο, Πολωνία, Σουηδία και Ηνωμένο Βασίλειο), ενώ χώρες όπως η Ουγγαρία, Γαλλία, Ιρλανδία, Πορτογαλία, Ισπανία, Βουλγαρία, Ιταλία και Ελλάδα χαμηλότερο του Μ.Ο. Σε πολλές χώρες οι προοπτικές φτάνουν το 80% μεσοπρόθεσμα και έως και 90% μακροπρόθεσμα, ενώ δυστυχώς η Ελλάδα μεσοπρόθεσμα μόλις και μετά βίας αγγίζει το 20% και μακροπρόθεσμα 30%, που είναι και η χαμηλότερη επίδοση μεταξύ των χωρών της Ε.Ε.

Ανασκοπώντας τα έως του παρόντος επιτεύγματα, γίνεται ευκολά αντιληπτό ότι τα ποσοστά συμπαραγωγής και οι προοπτικές διαφέρουν αρκετά μεταξύ των χωρών. Αυτό εξαρτάται κυρίως από παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα απορριμμάτων για χρήση ως καύσιμα αλλά και η Πολιτική διαχείρισης αποβλήτων που εφαρμόζεται σε κάθε χώρα. Επιπρόσθετα, η γραφειοκρατία των σχετικών αδειοδοτήσεων, η τιμή των συμβατικών καυσίμων και η διακύμανση της τιμής των δικαιωμάτων εκπομπών CO₂, επηρεάζουν σημαντικά τόσο την παρούσα απόδοση όσο και τις μελλοντικές προοπτικές.

Για την μελέτη και αποτύπωση των προαναφερθέντων ωφελειών από τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων, μελετήθηκαν οι εξής δείκτες (KPI'S):

- Αποφυγή εκπομπών CO₂

- Τόνοι χρησιμοποιημένων αποβλήτων
- Εξοικονόμηση στερεών καυσίμων
- Αποφυγή επενδύσεων σε εργοστάσια WtE

Συγκεκριμένα και ανά δείκτη:

i) Αποφυγή εκπομπών CO₂: Αύξηση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων θα σήμαινε αποφυγή εκπομπών αρκετών μεγατόνων CO₂, το οποίο εκτός από την βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος ταυτόχρονα θα συνεπάγετο και σημαντική οικονομική ωφέλεια (της τάξης του ενός δις ευρώ), επηρεάζοντας δραστικά την βιωσιμότητα ή μη του κλάδου.

ii) Τόνοι χρησιμοποιημένων αποβλήτων: Ομοίως με μια πιθανή αύξηση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων στην ευρωπαϊκή τσιμεντοβιομηχανία, οι συνολικοί τόνοι εναλλακτικών καυσίμων που θα χρησιμοποιούνται θα μπορούσαν να φτάσουν έως και τους 22 Mtonnes συνολικά. Οι τόνοι αυτοί ισοδυναμούν με 4.400.000 kg πετρελαίου ή 11.000.000MWh ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ισοδυναμία αυτή υποδηλώνει την τεράστια οικονομική επίδραση που θα έχει μια τέτοια επιλογή ενώ ταυτόχρονα δεν πρέπει να παραλειφθεί, η σημαντικά - και δύσκολο να αποτυπωθεί με οικονομικούς δείκτες - θετική επίδραση που θα έχει στο περιβάλλον ή μη απόρριψη σε αυτό της αντίστοιχης ποσότητας απορριμμάτων.

iii) Εξοικονόμηση στερεών καυσίμων: Ταυτόχρονα, η αξιοποίηση στο μέγιστο της δυναμικότητας χρήσης εναλλακτικών καυσίμων σήμαινε εξοικονόμηση 15 Mtonnes coal eq. Η βιωσιμότητα του πλανήτη εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την κατά το δυνατό βέλτιστη διαχείριση των διαθέσιμων και μη αναπληρώσιμων πρωτογενών καυσίμων. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω της αξιοποίησης των δευτερογενών καυσίμων αλλά και την αύξηση της κυκλικής οικονομίας, μέσω της βέλτιστης χρήσης των υλικών.

iv) Αποφυγή επενδύσεων σε εργοστάσια WtE: Επίσης η περαιτέρω χρήση εναλλακτικών καυσίμων, θα σήμανε σημαντική εξοικονόμηση λόγω της μη επένδυσης σημαντικών ποσών για εργοστάσια waste to energy (της τάξης των 16 δις ευρώ). Τα σημαντικά αυτά κεφάλαια θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για άλλες επιχειρηματικές δραστηριότητες, τονώνοντας και άλλους κλάδους της οικονομίας.

Κύρια εμπόδια στην προσπάθεια αύξησης της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων στην τσιμεντοβιομηχανία αποτελούν: η μη διαθεσιμότητα υψηλής ποιότητας εναλλακτικών καυσίμων, το επίπεδο υποδομών και οργάνωσης της διαχείρισης απορριμμάτων και η δυσκολία δημόσιας αποδοχής της καύσης αποβλήτων.

Σε ότι αφορά τη διαθεσιμότητα των εναλλακτικών καυσίμων για χρήση από την τσιμεντοβιομηχανία, οι ανάγκες αυτής προϋποθέτουν σταθερές ροές εισερχομένων τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Σε χώρες όπως η Ελλάδα που η επεξεργασία των απορριμμάτων δεν έχει αναπτυχθεί ακόμη σημαντικά, οι τοπικές βιομηχανίες εξαρτώνται μόνο από τα λίγα διαθέσιμα τοπικά αποθέματα ή εναλλακτικά μπορούν να προσανατολιστούν σε εισαγωγές (εφόσον βέβαια το κόστος είναι ανταγωνιστικό, μιας και σε αυτήν την περίπτωση προστίθεται και το σημαντικό κόστος μεταφοράς των υλικών, λόγω μεγάλων γεωγραφικών αποστάσεων). Το παρόν θα μπορούσε να αποτελέσει κίνητρο για την δημιουργία συνεργειών μεταξύ τσιμεντοβιομηχανιών, τοπικών Δήμων και περιφερειών και κατασκευαστικών εταιρειών, ώστε να κατασκευαστούν εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων και με αυτό τον τρόπο να αναβαθμιστεί τόσο η ποιότητα όσο και η ποσότητα των παραγόμενων εναλλακτικών καυσίμων.

Η ίδια η τσιμεντοβιομηχανία θα πρέπει να αναβαθμίσει τον υπάρχοντα εξοπλισμό της, ώστε να μπορεί να απορροφήσει όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ποσότητες εναλλακτικών καυσίμων χωρίς να έχει σημαντική επίπτωση στην παραγωγική της διαδικασία, επιτυγχάνοντας σημαντικά οφέλη από τη χρήση αυτή τόσο για την ίδια όσο και για το ευρύτερο κοινωνικό περίγυρο.

Σε ότι αφορά το επίπεδο υποδομών και οργάνωσης της διαχείρισης απορριμμάτων, παρόλες τις οδηγίες της Ε.Ε, υπάρχουν σημαντικές ελλείψεις στην ικανότητα διαχείρισης αποβλήτων. Αυτές σχετίζονται με ζητήματα έλλειψης υποδομών ή/και έλλειψης οργάνωσης στην διαχείριση των απορριμμάτων. Σύνηθες αποτέλεσμα αυτού είναι το μεγαλύτερο μέρος των απορριμμάτων να οδεύουν σε υγειονομική ταφή και σημαντικά μικρότερο προς περαιτέρω χρήσεις. Πρακτικές όπως βελτίωση και οργάνωση της διαδικασίας συλλογή απορριμμάτων, διαχωρισμός υλικών στην πηγή, καθώς και επεξεργασία κάθε ρεύματος αποβλήτων με ταυτόχρονη ευθυγράμμιση της σχετικής νομοθεσίας, αποτελούν τις ενδεδειγμένες λύσεις σε αυτό το ζήτημα.

Επίσης είναι αποδεδειγμένο στην πράξη ότι η διαφωνία της κοινής γνώμης έναντι της πρακτικής της συν-επεξεργασίας απορριμμάτων, επιδρά αρνητικά στην ανάπτυξη της χρήσης τους, επιφέροντας σε αυτή σημαντικές καθυστερήσεις έως και αποτροπή (ενδεικτικά είναι τα παραδείγματα/εμπειρία χωρών όπως η Ισπανία και η Ελλάδα). Η συνεχής προσπάθεια ενημέρωσης όλων των εμπλεκόμενων κοινωνικών μερών, μέσω ανοιχτών συζητήσεων και διαφάνειάς αποτελεί την ενδεδειγμένη λύση ώστε να μετριαστούν οι αντιδράσεις και να αναδειχθεί η χρησιμότητα και τα πλεονεκτήματα αυτής της πρακτικής.

Τέλος, σημαντικά εμπόδια στην ανάπτυξη της χρήσης των εναλλακτικών καυσίμων είναι η υπερβολική γραφειοκρατία και οι χαμηλοί φόροι σχετικά με την υγειονομική ταφή. Εφόσον η κάθε χώρα ευθυγραμμιστεί με τις οδηγίες της Ε.Ε, η αρνητική αυτή επίδραση αναμένεται να μειωθεί σημαντικά.

Ειδικότερα στην περίπτωση της Ελλάδας, αναμένεται μεσοπρόθεσμα η διεξαγωγή πλήθους διαγωνισμών που σχετίζονται όχι μόνο με τη συλλογή και επεξεργασία των απορριμμάτων, αλλά και με την μετέπειτα χρήση των παραγόμενων εναλλακτικών καυσίμων από απορρίμματα. Βασικός αντίπαλος των τσιμεντοβιομηχανιών, σαν καταναλωτής/χρήστης αναμένεται να είναι οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες και εκείνες με τη σειρά τους βλέπουν τα εναλλακτικά καύσιμα σαν ένα βασικό παράγοντα μείωσης του κόστους καυσίμου άρα και του κόστους παραγωγής τους, σαν μέρος της συνολικής προσπάθειας να αυξήσουν και εκείνες την ανταγωνιστικότητα και να παρατείνουν βιωσιμότητα τους.

Συμπερασματικά, η συν-επεξεργασία εναλλακτικών καυσίμων παρέχει σημαντικά οφέλη τόσο για την κοινωνία, όσο και για την βιομηχανία τσιμέντου αλλά και την οικονομία γενικότερα. Είναι ένας αποδοτικός και αποτελεσματικός τρόπος επεξεργασίας απορριμμάτων, μειώνει τις εκπομπές CO₂ και εξασφαλίζει την επαναχρησιμοποίηση υλικών με ταυτόχρονη εξοικονόμηση πρωτογενών πρώτων υλών. Οι αλλαγές στους προαναφερθέντες κλάδους, αναμένονται να είναι ραγδαίες στα επόμενα χρόνια και μιας και επηρεάζουν σημαντικά την Οικονομία κάθε χώρας και την καθημερινότητα καθενός πολίτη, αναμένονται με εξαιρετικό ενδιαφέρον.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

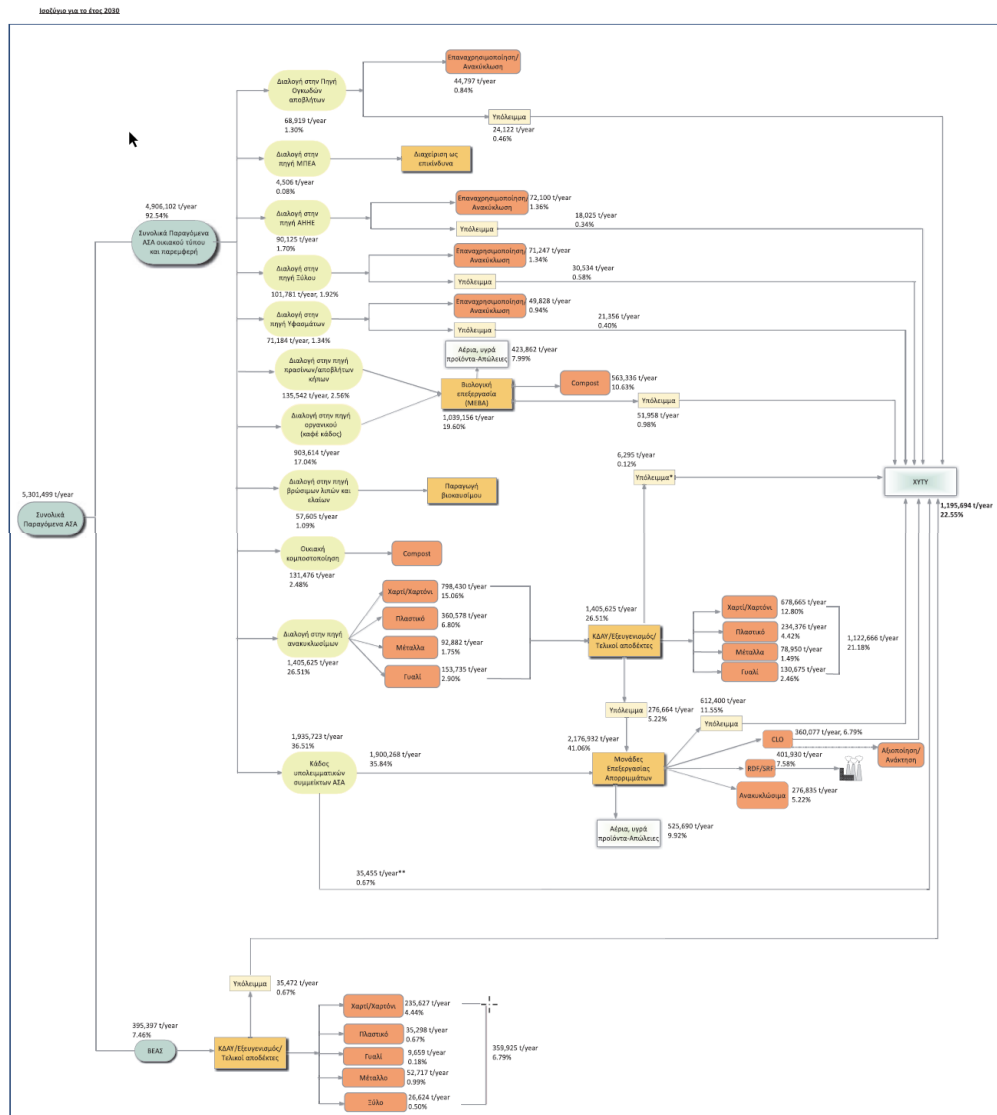
1. Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 1275–1290. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>
2. Atmaca, A., & Kanoglu, M. (2012). Reducing energy consumption of a raw mill in cement industry. *Energy*, 42(1), 261–269. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.03.060>
3. B.P (2021) Statistical Review of World Energy 2021, 70th Edition, [πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
4. Cembureau (2021) Carbon neutrality.[Πρόσβαση 1 Νοεμβρίου 2021] <https://www.cembureau.eu/policy-focus/climate-energy/carbon-neutrality/>
5. Cembureau (2017), Status and prospects of coprocessing of waste in EU cement plants, [Πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2021], https://cembureau.eu/media/2lte1jte/11603-ecofys-executive-summary_cembureau-2017-04-26.pdf
6. Cembureau (2021) Waste-to-energy. [Πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021] <https://www.cembureau.eu/policy-focus/environment/waste-to-energy/>
7. Cembureau (2021) Carbon neutrality.[Πρόσβαση 1 Νοεμβρίου 2021] <https://www.cembureau.eu/policy-focus/climate-energy/carbon-neutrality/>
8. Coprocem (2011) Training kit on co-processing. [πρόσβαση 30 Νοεμβρίου 2021] https://web.archive.org/web/20110708191924/http://www.coprocem.com/trainin_gkit/pages/home.html
9. EEX (2021), Environmental markets, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.eex.com/en/market-data/environmental-markets/derivatives-market>
10. Ellen MacArthur Foundation, (2021) [πρόσβαση 30 Νοεμβρίου 2021] <https://ellenmacarthurfoundation.org>
11. Energylive (2021), European Power Markets Overview, [Πρόσβαση 10 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.energylive.cloud/>
12. European Commission (2021) A european green deal [Πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021], https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
13. European Commission (2021) Energy intensive industries. [πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021], https://ec.europa.eu/growth/industry/strategy/energy-intensive-industries_en
14. European Commission (2019), Masterplan for a Competitive Transformation of EU Energy-intensive Industries Enabling a Climate-neutral, Circular Economy by 2050 - Report, [Πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021], <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/38403/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>
15. European Commission (2021) Waste framework directive. ([Πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021] https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en
16. European Commission (2021) Waste Incineration Directive (2000/76/EC) [Πρόσβαση 31 Οκτωβρίου 2021] <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/links/waste-incineration-directive-2000-76-ec>.
17. EUROSTAT (2021), Municipal waste generated, in selected years, 1995-2019 (kg per capita) [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021], https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Municipal_waste_generated,_in_selected_years.

- [1995-2019 \(kg per capita\).png](#)
18. EUROSTAT (2021), Municipal waste landfilled, incinerated, recycled and composted, EU-27, 1995-2019 [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021], https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Municipal_waste_landfilled,_incinerated,_recycled_and_composted,_EU-27,_1995-2019.png
 19. Global cement (2021), Global cement directory 2018, Πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.globalcement.com/magazine/articles/1054-global-cement-top-100-report-2017-2018>
 20. Global Cement and Concrete Association (2021), GNR Project Reporting CO2 [Πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2021] https://gccassociation.org/gnr/geo/GNR-Indicator_25aAGFC-geo.html
 21. HUDEX (2021), Hungarian Derivative energy Exchange [Πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2021], <https://hudex.hu/en/market-data/power/daily-data#quarter>
 22. Investing (2021), ΣΜΕ Πετρελαίου Μπρεντ Προθεσμιακά, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://gr.investing.com/commodities/brent-oil>
 23. Investing (2021), Carbon emissions, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.investing.com/commodities/carbon-emissions>
 24. Insider (2021) Άσχημα νέα για τον πληθωρισμό και το πετρέλαιο. [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021] <https://www.insider.gr/oikonomia/191239/ashima-nea-gia-ton-plithorismo-kai-petrelaio>
 25. Kumar Verma, Y., Mazumdar, B., & Ghosh, P. (2020). Thermal energy consumption and its conservation for a cement production unit. Environmental Engineering Research. <https://doi.org/10.4491/eer.2020.111>
 26. Municipal waste statistics. (n.d.). Retrieved November 1, 2021, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics
 27. Newmoney. (2021). Ευρωπαϊκή «στροφή» στον άνθρακα: Σε υψηλό 13 ετών οι τιμές λόγω αερίου και ηλεκτροπαραγωγής.[Πρόσβαση 26 Σεπτεμβρίου 2021] <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/energeia/evropaiki-strofi-ton-anthraka-se-ipsilo-13-eton-i-times-logo-aeriou-ke-ilektroparagogis/>
 28. Philip A Alsop (2007), The cement plant operations handbook—5th edition. Tradeship publications LTD
 29. Potgieter, J. H. (2012). An Overview of Cement production: How “green” and sustainable is the industry? Environmental Management and Sustainable Development, 1(2). <https://doi.org/10.5296/emsd.v1i2.1872>
 30. Publications Office of the European Union (2019). Masterplan for a competitive transformation of EU energy-intensive industries enabling a climate-neutral, circular economy by 2050. <https://data.europa.eu/doi/10.2873/854920>
 31. Samolada M.C., Zabaniotou A.A. (2014) Energetic valorization of SRF in dedicated plants and cement kilns and guidelines for application in Greece and Cyprus. Resources Conservation & Recycling, Volume 83, pp. 34-43.
 32. Statista (2021) Cement production worldwide from 1995 to 2020 [Πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.statista.com/statistics/1087115/global-cement-production-volume/>
 33. Theice (2021), Dutch TTF Gas Futures, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://www.theice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas-Futures/data?marketId=5325990&span=2>
 34. The Wall street journal (2016), Barrel Breakdown [πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <http://graphics.wsj.com/oil-barrel-breakdown/>
 35. Trading Economics (2021), Crude oil, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://tradingeconomics.com/commodity/crude-oil>
 36. Trading Economics (2021), Coal, [Πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], <https://tradingeconomics.com/commodity/coal>

37. US EPA (2016). Energy recovery from the combustion of municipal solid waste(Msw) [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021] <https://www.epa.gov/smm/energy-recovery-combustion-municipal-solid-waste-msw>
38. Verma, Y. K., Mazumdar, B., & Ghosh, P. (2021). Thermal energy consumption and its conservation for a cement production unit. Environmental Engineering Research, 26(3). <https://doi.org/10.4491/eer.2020.111>
39. Weetman, C. (2021). A circular economy handbook: How to build a more resilient, competitive and sustainable business (Second edition). Kogan Page.
40. Wikipedia (2021), Fuel, [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021], <https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel>
41. ΔΙ.Α.Α.ΜΑ.Θ.Α.Α.Ε (2021) Τροποποίηση Περιφερειακού σχεδιασμού Διαχείρισης Απορριμμάτων, Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης [πρόσβαση 15 Νοεμβρίου 2021], <https://www.diaamath.gr/content>
42. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2009), ΟΔΗΓΙΑ 2009/28/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=FR>
43. ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ, Αρ. Φύλλου 185, 29 Σεπτεμβρίου 2020, Εθνικό σχέδιο Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΕΣΔΑ) 2020-2030 <https://www.nomotelia.gr/photos/File/185a-20.pdf>
44. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας – Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας (2020), Διερεύνηση χρήσης RDF/SRF ως εναλλακτικού καυσίμου στην τσιμεντοβιομηχανία: πρακτικές, διαδικασίες διασφάλισης ποιότητας, προοπτικές και περιβαλλοντικές [πρόσβαση 15 Δεκεμβρίου 2021], http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2020/06/OE_RDF-SRF.pdf

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Εθνικό σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων 2020-2030: Ισοζύγιο έτους 2030



Πηγή: ΕΣΔΑ 2020 – 2030, <https://www.nomotelia.gr/photos/File/185a-20.pdf>