

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ IV: ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ



Διπλωματική Εργασία

“Τεχνολογίες δέσμευσης και Αξιοποίησης εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα στην Βιομηχανία Τσιμέντου”

Κοντογιάννης Ορέστης

Αθήνα

Φεβρουάριος 2020

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα επιθυμούσα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου, στον κ. Ανδρέα Ανδρεόπουλο, ο οποίος είναι ο Επιβλέπων Καθηγητής της εν λόγω Διπλωματικής εργασίας. Τα σχόλια, οι παρατηρήσεις καθώς και οι συμβουλές του οδήγησαν στην δημιουργία ενός μελετημένου εκτενώς, ολοκληρωμένου, τεκμηριωμένου και επιστημονικώς ορθού αντικειμένου εργασίας/συμβουλευτικού οδηγού απευθυνόμενου προς κάθε ενδιαφερόμενο. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την ομότιμη καθηγήτρια κα. Μαργαρίτα Μπεάζη-Κατσιώτη, καθώς και τον Δρ. Νικόλαο Κατσιώτη, οι οποίοι με βοήθησαν καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, η αρωγή των οποίων είχε καθοριστικό ρόλο στην επιτυχή της περάτωση. Τέλος, ευχαριστώ πολύ όλους τους κοντινούς μου ανθρώπους για την στήριξη που μου προσέφεραν αδιαλείπτως από το ξεκίνημα μέχρι το πέρας των προπτυχιακών σπουδών μου.

Κοντογιάννης Ορέστης

Φεβρουάριος 2020

I. Περίληψη

Η εν λόγω Διπλωματική εργασία έχει ως βασικό της στόχο να μελετήσει εκτενώς τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα στην βιομηχανία του τσιμέντου, τις τεχνολογίες δέσμευσης αυτών για περαιτέρω χρήση και αξιοποίηση, καθώς και το εικονικό χρηματιστήριο ρύπων, το οποίο έχει δημιουργηθεί με βάση τις ανάγκες της βιομηχανίας και της Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας.

Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα της συγκεκριμένης βιομηχανίας και στις περιβαλλοντικές πολιτικές που δημιουργήθηκαν για τον περιορισμό και έλεγχο του προβλήματος. Η συγκεκριμένη εργασία, μπορεί να λειτουργήσει σαν χρήσιμος οδηγός για όσους ενδιαφέρονται να ασχοληθούν και να γνωρίσουν καλύτερα τον αναφερόμενο τομέα. Επιπροσθέτως, θα γίνει μία σύντομη αναδρομή στην ιστορία του τσιμέντου και στα στάδια παραγωγής του, καθώς και εκτενής ανάλυση αναφορικά με την γέννηση και εξέλιξη των πλέον ισχυρών νομοθεσιών.

Τέλος, θα παραταθούν συγκεκριμένα παραδείγματα σύγχρονων βιομηχανικών-εταιρικών δομών, προκειμένου να αναλυθεί στην πράξη η συμπεριφορά τους όσον αφορά την εκμετάλλευση, πώληση και παραγωγή ρύπων διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και πιθανές διαφορετικές διαδρομές που μπορούν να ακολουθήσουν προκειμένου να προωθηθεί περαιτέρω η οικονομική και λειτουργική τους ευημερία.

Σκοπός του συγκεκριμένου αντικείμενου εργασίας είναι το θέμα της παρακολούθησης, καταγραφής και τεχνολογικής-οικονομικής αξιοποίησης των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα στην βιομηχανία του τσιμέντου, στοχεύοντας στην βέλτιστη απόδοση, μίας νομοθετικά εναρμονισμένης πράσινης βιομηχανίας.

I. Abstract

The following paper has as primary goal to study thoroughly the carbon dioxide emissions in the cement industry, the carbon capture and storage technologies (CCS, carbon sink...) that can make the further utilization of the emissions feasible, as well as the virtual EU emissions trading system, created based on the current and foreseen needs of the industry by the European Regulation in place.

Particular emphasis will be given to the environmental footprint of the industry and the environmental policies created to limit and control the problem at hand. This paper can be used as a helpful guidebook to all the parties interested to further their knowledge of the particular field. Furthermore, a short reference will be made on the chronology of cement production while the berth and evolution of the current European regulations will be discussed in depth.

Apart from all the above, certain, well based, examples of modern industrial – corporative structures will be studied, in order to analyze their decision making process regarding the exploitation, vendition and generation of carbon dioxide emissions making us able to predict a pattern and judge whether they followed the correct path to further amplify their economic and structural integrity.

The purpose of this specific task is to review the monitoring, recording, the technological and economic the exploitation of carbon dioxide pollutants at the cement industry, aiming at the optimal performance of a legally harmonized green industry.

Λέξεις - Κλειδιά

<i>i.</i>	Φαινόμενο του Θερμοκηπίου	1
<i>ii.</i>	Αέριοι ρύποι- Αέρια του Θερμοκηπίου	3
<i>iii.</i>	UNFCCC (Πλαίσιο Ηνωμένων Εθνών)	6
<i>iv.</i>	European Climate Change Committee (Ευρωπαϊκή Επιτροπή κλιματικής αλλαγής)	1
<i>v.</i>	CoP (Συνέδριο των Μελών)	14
<i>vi.</i>	CCS (Τεχνολογίες Δέσμωσης)	14
<i>vii.</i>	IEA (Διεθνής Συμφωνία Ενέργειας)	18
<i>viii.</i>	OPEX (Πάγια Κεφάλαια/Κόστος)	19
<i>ix.</i>	CAPEX (Κεφαλαιουχικές Δαπάνες)	19
<i>x.</i>	Carbon Sink (Συλλέκτης Άνθρακα)	23
<i>xi.</i>	Κύκλος του άνθρακα	24
<i>xii.</i>	CCU (Τεχνολογίες Αξιοποίησης)	24
<i>xiii.</i>	EREP (Φορέας της ΕΕ για την διασφάλιση μίας πράσινης οικονομίας)	28
<i>xiv.</i>	EU ETS (Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα Εμπορίας Ρύπων)	28
<i>xv.</i>	Allocation (Δωρεάν Παρεχόμενα Δικαιώματα)	28
<i>xvi.</i>	Κλίνκερ	38
<i>xvii.</i>	MRV (Καταγραφή, Έλεγχος, Επαλήθευση)	32
<i>xviii.</i>	Portland Cement (Τσιμέντο τύπου Portland)	40
<i>xix.</i>	Carbon Capture & Valorization (Δέσμωση και Αξιοποίηση)	42
<i>xx.</i>	CSI (Πρωτοβουλία για την αειφορία του τσιμέντου)	45
<i>xxi.</i>	GlobalABS (Διεθνής Κατασκευαστική Συμμαχία)	46
<i>xxii.</i>	Concrete Initiative (Πρωτοβουλία για την αειφορία του τσιμέντου)	46
<i>xxiii.</i>	GCCA	48
<i>xxiv.</i>	WBCSD (Παγκόσμιος Οργανισμός Βιώσιμης Ανάπτυξης)	48
<i>xxv.</i>	Monitoring Plan (Καταγραφικό πλάνο)	57

Ευρετήριο Πινάκων

- [Πίνακας 1.](#) Ποσοστό δέσμευσης διοξειδίου και εκτιμώμενο κόστος ανά βιομηχανικό κλάδο επεξεργασίας (σελ. 16)
- [Πίνακας 2.](#) Κόστος μεταφοράς αέριου διοξειδίου ανά περίπτωση (σελ. 17)
- [Πίνακας 3.](#) Διαγραμματική παρουσίαση του κόστους μεταφοράς σε ευρώ ανά τόνο και ανά χιλιόμετρα (οι σωλήνες βρίσκονται σε 50% της μέγιστου χωρητικότητας τους) (σελ. 19)
- [Πίνακας 4.](#) Λίστα των μεγαλύτερων τιμεντοπαραγωγών, αριθμού εργοστασίων και ύψος μεταποιητικής ικανότητας (σελ. 41)
- [Πίνακας 5.](#) Συντελεστές εκπομπής αέριου Διοξειδίου (σελ.49)
- [Πίνακας 6.](#) Ποσοστό εκπομπών CO₂ στην βιομηχανία τιμέντου ανά δραστηριότητα (σελ. 50)
- [Πίνακας 7.](#) Λίστα τρέχουσας αξιολόγησης Ελλαδικών παραγωγικών μονάδων κλίνκερ βάση Ευρωπαϊκής νομοθεσίας (σελ. 56)
- [Πίνακας 8.](#) Δικαιώματα εκπομπής ανά εγκατάσταση και ανά έτος στις παραγωγικές μονάδες του TITAN E.A. (σελ. 57)
- [Πίνακας 9.](#) Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της ΧΑΛΥΨ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΑΕ. (σελ. 59)
- [Πίνακας 10.](#) Μέθοδος υπολογισμού Δείκτη Ιστορικής Δραστηριότητας για την Τέταρτη Φάση του EU ETS (σελ. 61)
- [Πίνακας 11.](#) Επίσημα δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους εκπομπής αέριου διοξειδίου ανά ύψος παραγωγής (ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΥΨ) (σελ. 61)
- [Πίνακας 12.](#) Τιμή αέριου διοξειδίου του άνθρακα ανά τόνο σε δολάρια (σελ. 63)
- [Πίνακας 13.](#) Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της παραγωγικής μονάδας ΤΙΤΑΝΑΣ Α.Ε. Δρεπανιού Αχαΐας.(Μ.Τ.) (σελ. 64)
- [Πίνακας 14.](#) Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της παραγωγικής μονάδας ΤΙΤΑΝΑΣ Α.Ε. Καμαρίου Βοιωτίας (σελ. 65)
- [Πίνακας 15.](#) Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της παραγωγικής μονάδας ΤΙΤΑΝΑΣ Α.Ε. Θεσσαλονίκη (σελ. 65)
- [Πίνακας 16.](#) Μέθοδος υπολογισμού Δείκτη Ιστορικής Δραστηριότητας για την Τέταρτη Φάση του EU ETS (σελ. 66)
- [Πίνακας 17.](#) Επίσημα δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους εκπομπής αέριου διοξειδίου ανά ύψος παραγωγής (ΤΙΤΑΝ Α.Ε.) (σελ. 66)
- [Πίνακας 18.](#) Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της παραγωγικής μονάδας ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ Θεσσαλονίκης (σελ. 68)
- [Πίνακας 19.](#) Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της παραγωγικής μονάδας ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ Μυλακίου (σελ. 68)
- [Πίνακας 20.](#) Μέθοδος υπολογισμού Δείκτη Ιστορικής Δραστηριότητας για την Τέταρτη Φάση του EU ETS (σελ. 69)
- [Πίνακας 21.](#) Επίσημα δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους εκπομπής αέριου διοξειδίου ανά ύψος παραγωγής (ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ) (σελ. 70)

Ευρετήριο Σχημάτων

- [Σχήμα 1.](#) Παγκόσμια παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα (σελ. 4)
- [Σχήμα 2.](#) Μετρήσεις συγκεντρώσεων CO₂ από το Παρατηρητήριο του Μάουνα Λόα στη Χαβάη (σελ. 5)
- [Σχήμα 3.](#) Στόχοι για την πρώτη περίοδο δέσμευσης (2008-2012) (σελ. 8)
- [Σχήμα 4.](#) Διαβάθμιση της δέσμευσης των χωρών (σελ. 8)
- [Σχήμα 5.](#) Μακροπρόθεσμοι στόχοι της Συμφωνίας του Παρισιού (σελ. 12)
- [Σχήματα 6.7.8.](#) Οι στόχοι και η διάρθρωση της Πράσινης Νέας Συμφωνίας (σελ. 13)
- [Σχήμα 9.](#) Υψος και εύρος κόστους αποθήκευσης ανά εγκατάσταση (σελ. 18)
- [Σχήμα 10.](#) Διάγραμμα Ροής συστοιχίας σωληνώσεων για την μεταφορά αερίου διοξειδίου του άνθρακα (σελ. 20)
- [Σχήμα 11.](#) Κόστος σε δολάρια ανά καθαρό βάρος και ανά τόνο πρώτων υλών για την κατασκευή ατσάλινου σωλήνα (σελ. 21)
- [Σχήμα 12.](#) Κόστος Χερσαίας Κατασκευής Σωλήνωσης σε ευρώ/μ σε σχέση με την διάμετρο (σελ. 22)
- [Σχήμα 13.](#) Κόστος υπεράκτιας Κατασκευής Σωλήνωσης σε ευρώ/μ σε σχέση με την διάμετρο (σελ. 22)
- [Σχήμα 14.](#) Φυσικές και τεχνικές αποθήκες άνθρακα (σελ. 23)
- [Σχήμα 15.](#) Συνδυασμός και συνεργία μεθόδων αποθήκευσης (σελ. 23)
- [Σχήμα 16.](#) Πρόγνωση δυναμικότητας απομόνωσης αερίου διοξειδίου του άνθρακα μέσω της χρήσης τεχνολογιών CCU (σελ. 23)
- [Σχήμα 17.](#) Μεταβολή της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας ανά πιθανό σενάριο (σελ. 25)
- [Σχήμα 18.](#) Γραμμική έναντι Κυκλικής Οικονομίας από την παραγωγή έως την απόρριψη ή επαναχρησιμοποίηση (σελ. 27)
- [Σχήμα 19.](#) Λειτουργία αγοροπωλησίας δικαιωμάτων αερίων εκπομπών (σελ. 30)
- [Σχήμα 20.](#) EU ETS cap ανά φάση (σελ. 32)
- [Σχήμα 21.](#) Συσχέτιση παγκόσμιο πληθυσμού και ενεργειακής κατανάλωσης (σελ. 34)
- [Σχήμα 22.](#) Ο κύκλος του άνθρακα (σελ. 35)
- [Σχήμα 23.](#) Παραδοσιακή μέθοδος παρασκευής τσιμέντου (παρουσίαση εκπομπών ανά διαδικασία) (σελ. 38)
- [Σχήματα 24. 25. 26.](#) Διαγραμματική απεικόνιση δεδομένων Ελληνικής παραγωγής και εμπορίας (σελ. 43)
- [Σχήμα 27.](#) Απεικόνιση Ετήσιας παραγωγικής ικανότητας των εν ενεργεία Ελληνικών Βιομηχανιών (σελ. 44)
- [Σχήμα 28.](#) Απεικόνιση Ετήσιας παραγωγικής ικανότητας των εν ενεργεία Ελληνικών Βιομηχανιών (σελ. 45)
- [Σχήμα 29.](#) Κατανομή τιμής πώλησης/αγοράς διοξειδίου του άνθρακα ανά κράτος – 2010 (σελ. 54)
- [Σχήμα 30.](#) Τσιμέντα ΧΑΛΥΨ , προβολή της σχέσης των παραδιδόμενων μονάδων και των πιστοποιημένων αερίων εκπομπών ανά έτος για την Τρίτη Φάση του EUETS (σελ. 59)
- [Σχήμα 31.](#) Τσιμέντα ΧΑΛΥΨ , επίδραση της τιμής CO₂€/tn στην κερδοφορία (σελ. 61)
- [Σχήμα 32.](#) Τσιμέντα ΧΑΛΥΨ , ελάττωση του δείκτη εκπομπής από την παραγωγή κλίνκερ – επίδραση στην κερδοφορία (σελ. 62).
- [Σχήμα 33.](#) Τσιμέντα ΧΑΛΥΨ , επίδραση του ύψους παραγωγής στην κερδοφορία (σελ. 62)
- [Σχήμα 34.](#) Τσιμέντα ΧΑΛΥΨ , επίδραση του ύψους παραγωγής στα παρεχόμενα δωρεάν δικαιώματα εκπομπής. (σελ. 63)
- [Σχήμα 35.](#) Πρόγνωση τιμής του διοξειδίου του άνθρακα στην παγκόσμια αγορά (σελ. 64)
- [Σχήμα 36.](#) TITAN A.E. , επίδραση της τιμής CO₂€/tn στην κερδοφορία (σελ. 66)
- [Σχήμα 37.](#) TITAN A.E ελάττωση του δείκτη εκπομπής από την παραγωγή κλίνκερ – επίδραση στην κερδοφορία (σελ. 67)
- [Σχήμα 38.](#) TITAN A.E επίδραση του ύψους παραγωγής στην κερδοφορία (σελ. 67)
- [Σχήμα 39.](#) ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ. , επίδραση της τιμής CO₂€/tn στην κερδοφορία (σελ. 69)
- [Σχήμα 40.](#) ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ, ελάττωση του δείκτη εκπομπής από την παραγωγή κλίνκερ – επίδραση στην κερδοφορία (σελ. 70)
- [Σχήμα 41.](#) ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ, επίδραση του ύψους παραγωγής στην κερδοφορία (σελ. 70)
- [Σχήμα 42.](#) TITAN A.E. πτωτική τάση δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (σελ. 71)
- [Σχήμα 43.](#) Πτωτική τάση δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα. TITAN A.E. – ΧΑΛΥΨ (σελ. 72)
- [Σχήμα 44.](#) Εργοστάσιο Δρεπάνου – Ύψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS (σελ. 73)
- [Σχήμα 45.](#) Εργοστάσιο Καμαρίου – Ύψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS. (σελ. 73)
- [Σχήμα 46.](#) Εργοστάσιο Θεσσαλονίκης – Ύψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS (σελ. 74)
- [Σχήμα 47.](#) Εργοστάσιο Μυλακίου – Ύψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS (σελ. 74)
- [Σχήμα 48.](#) Εργοστάσιο Βόλου – Ύψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS (σελ. 75)
- [Σχήμα 49.](#) HALYPS BUILDING MATERIALS S.A. – Ύψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS (σελ. 75)
- [Σχήμα 50.](#) Επιλογή κατάλληλου ύψους παραγωγής και τιμής διοξειδίου του άνθρακα για την εύρεση του βέλτιστου σεναρίου κερδοφορίας (σελ. 76)
- [Σχήμα 51.](#) Επένδυση σε ένα ή τρία διαδοχικά στάδια – επίδραση στην κερδοφορία (σελ. 77)
- [Σχήμα 52.](#) Εξάρτηση Δικαιωμάτων Εκπομπής από το συνολικό ύψος παραγωγής (σελ. 79)
- [Σχήμα 53.](#) Ισχύς κανονισμού MRV (σελ. 82)
- [Σχήμα 54.](#) Χρονοδιάγραμμα των νομοθεσιών MRV, IMO (σελ. 82)

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	iii.
Abstract	iv.
Λέξεις-κλειδιά.....	v.
Ευρετήριο Πινάκων	vi.
Ευρετήριο Σχημάτων	vii.
Κεφάλαιο I. Εισαγωγή	1-2.
Κεφάλαιο II. Μέρος Α - Θεωρητικό	2-39.
<u>II.a. Γενικό Θεωρητικό</u>	2-33.
II.a.i. Βιομηχανικές εκπομπές CO ₂ (Εισαγωγή στο Διοξείδιο)	2-5.
II.a.ii. Περιβαλλοντικές Πολιτικές & Διεθνής Συμφωνίες (<i>Kyoto Protocol, Paris agreement, Green New Deal</i>).....	5-14.
II.a.iii. Τεχνολογίες Δέσμωσης των Βιομηχανικών εκπομπών CO ₂ CCS (κόστος δέσμωσης, Κόστος μεταφοράς & αποθήκευσης, <i>carbon sink</i>)	14-23.
II.a.iv. Τεχνολογίες Αξιοποίησης των Βιομηχανικών εκπομπών CO ₂ CCU ..	24-26.
II.a.v. Κυκλική Οικονομία (<i>Circular Economy</i>).....	26-28.
II.a.vi. Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας ρύπων (<i>Cap & Trade, Phase III</i>)	28-33.
<u>II.b. Ειδικό Θεωρητικό</u>	33-51.
II.b.i. Βιομηχανία Κατασκευής/Σκυροδέματος (Περιβαλλοντικό αποτύπωμα).....	33-35.
II.b.ii. Ενεργειακή Θεώρηση	35-36.
II.b.iii. Τσιμέντο – Ιστορική αναδρομή.....	36-40.
II.b.iv. Η εξέλιξη του τομέα	40-43.
II.b.v. Εισαγωγή στον Ελλαδικό χώρο	43-45.
II.b.vi. Cement Sustainability Initiative CSI.....	45-47.
II.b.vii. World Business Council for Sustainable Development WBCSD.....	47-51.
Τοποθέτηση προβλήματος	51-52.
Κεφάλαιο III. Μέρος Β' - Σχεδιασμός	52-83.
<u>III.a. Υπολογιστικός Μέρος</u>	52-79.
<u>III.b. Σύγκριση Τομέα με λοιπούς τομείς</u>	79-83.
Κεφάλαιο IV. Συμπεράσματα	84-86.
Κεφάλαιο V. Βιβλιογραφία	87-89.

Κεφάλαιο Ι. Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή, οφειλόμενη στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επηρεάζει όλες τις περιοχές του κόσμου μεταβάλλοντας τόσο τα γεωπολιτικά και κλιματικά χαρακτηριστικά τους όσο και τους οργανισμούς που διαβιώνουν εντός τους φέροντας δραματικές συνέπειες στην επιβίωση των διαφόρων οικοσυστημάτων. Το λιώσιμο των πάγων, η αύξηση της θαλάσσιας στάθμης καθώς και η αύξηση της συχνότητας εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως τα θερμικά κύματα και οι ξηρασίες, αποτελούν μερικά παραδείγματα των επιπτώσεων που έχουν ήδη παρατηρηθεί και αναμένεται να ενταθούν κατά τις προσεχείς δεκαετίες.

Το φαινόμενο, έχει ακόμα έντονες συνέπειες στον ανθρώπινο οργανισμό, με επιπτώσεις στην υγεία του, τόσο μόνιμες όσο και παροδικές, ενώ ταυτόχρονα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την κοινωνικοοικονομική ευημερία των κοινωνιών. Ακόμα, λόγω της συσσώρευσης των ήδη παραχθέντων αερίων στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, εικάζεται με αρκετή βεβαιότητα πλέον ότι οι επιπτώσεις δεν θα μειωθούν τουλάχιστον για τις προσεχείς δεκαετίες με αποτέλεσμα την αναγκαστική μας προσαρμογή στις κλιματικές αλλαγές που έπονται.

Εύλογα προκύπτει από τα παραπάνω, λοιπόν, ότι στο πλαίσιο της προσπάθειας της μείωσης των αερίων εκπομπών καθώς και της αναπροσαρμογής στα νέα δεδομένα υπάρχει η επιτακτική ανάγκη για την δημιουργία μίας ολιστικής νομοθετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης που θα υπερβαίνει την έως τώρα ατομιστική προσέγγιση της κάθε χώρας στην αντιμετώπιση του προβλήματος και που θα στοχεύει στην αντιμετώπιση του παρακείμενου προβλήματος με τον πλέον οικονομικό και αποδοτικό τρόπο.

Ταυτόχρονα, γίνεται αμέσως αντιληπτό πως για την επιτυχή λειτουργία μίας υπερκείμενης διακρατικής νομοθεσίας απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η συνεχής και ευεργετική επικοινωνία μεταξύ των περιβαλλοντικών φορέων των διαφόρων κρατών, τόσο για την απαραίτητη μεταφορά πληροφοριών και τεχνογνωσίας, όσο για την διευκόλυνση της παρακολούθησης, καταγραφής και επαλήθευσης των στοιχείων εκπομπής αερίων ρύπων και χρήσης καυσίμων για την εύρεση της βέλτιστης προσέγγισης για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, θα πραγματοποιηθεί εκτενής αναφορά στην προσπάθεια για έλεγχο και μείωση των αερίων εκπομπών στην βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου από της απαρχές της έως και σήμερα, με γενικότερη εστίαση στο διοξείδιο του άνθρακα. Το αέριο αυτό, αποτελεί τον βασικό υπαίτιο της δημιουργίας και έξαρσης του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής τόσο επιστημονικά, όσο και νομοθετικά.

Εν τέλει, μέσω αυτής της νομοθετικής και τεχνολογικής αναζήτησης, καταλήγουμε στο ζητούμενο που αποτελεί η κοστολόγηση τόσο της αγοράς όσο και της πώλησης του διοξειδίου του άνθρακα, τα περιθώρια εκπομπών που επιτρέπει η νομοθεσία στους διαφόρους κλάδους της βιομηχανίας καθώς και οι αλλαγές που προβλέπονται να κριθούν απαραίτητες τα προσεχή χρόνια.

Κεφάλαιο II. Μέρος Α' – Θεωρητικό

II.α.Γενικό θεωρητικό

II.α.i. Βιομηχανικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Ο κλάδος της Βιομηχανίας είναι υπεύθυνος για την παραγωγή των αγαθών και των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται καθημερινά. Τα αέρια θερμοκηπίου που εκπέμπονται κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής παραγωγής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τις άμεσες εκπομπές που παράγονται στην εγκατάσταση και τις έμμεσες εκπομπές που εκπέμπονται εκτός του χώρου, αλλά σχετίζονται με τη χρήση της ενέργειας από την εγκατάσταση. Κάθε διαφορετικός κλάδος, εμφανίζει διαφορετικά επίπεδα εκπομπών, ανάλογα με τις πρώτες ύλες που επεξεργάζεται, τα παραγωγικά στάδια και τις χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα, την τεχνολογία που χρησιμοποιεί καθώς και τα καύσιμα που καίει. Ακόμα, σημαντικός παράγοντας αποτελεί ο τρόπος διαχείρισης των διαφόρων αποβλήτων, είτε αυτά αποτελούν αέριους ρύπους (τεχνολογίες δέσμευσης και αξιοποίησης), είτε επιβλαβή, ρυπογόνα, ή μη βιοδιασπώμενα παραπροϊόντα, η απόθεση των οποίων στο περιβάλλον πιθανό να χρειαστεί επιπλέον επεξεργασία που οδηγεί στην εκπομπή επιπλέον αερίων ρύπων.

Αναλυτικότερα ο βιομηχανικός κλάδος και οι εκπομπές του, μπορούν να χωριστούν στις επιμέρους αναγραφόμενες κατηγορίες (βλ. Σχήμα1) , κάθε μία από τις οποίες δεσμεύεται από διαφορετικό κοινοτικό (συνήθως Ευρωπαϊκό) νομοθετικό πλαίσιο αναφορικά με τα επιτρεπόμενα επίπεδα εκπομπών, τα χρησιμοποιούμενα καύσιμα και τις μεθόδους παρακολούθησης των εκπεμπόμενων ρύπων. Συγκεκριμένα:

- Ενεργειακές Βιομηχανίες (καύση καυσίμων σε εγκαταστάσεις με συνολική ονομαστική θερμική ισχύ 50 MW ή μεγαλύτερη, διύλιση πετρελαίου και αερίου, παραγωγή οπτάνθρακα -κοκ, αεριοποίηση ή υγροποίηση).
- Παραγωγή και επεξεργασία Μετάλλων (φρύξη ή πυροσυσσωμάτωση μεταλλευμάτων, παραγωγή χυτοσιδήρου ή χάλυβα).
- Βιομηχανία Ορυκτών Προϊόντων (παραγωγή τσιμέντου, ασβέστου και οξειδίου του μαγνησίου: παραγωγή κλίνκερ τσιμέντου σε περιστροφικές

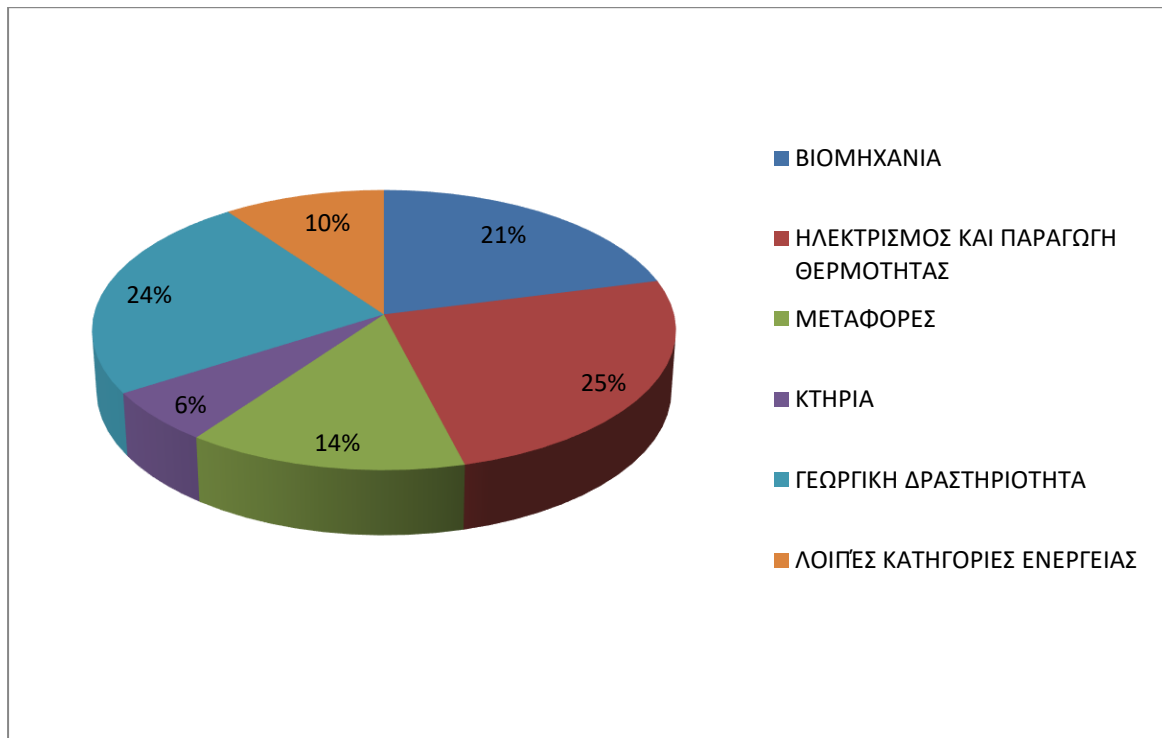
καμίνους παραγωγικής δυναμικότητας άνω των 500 τόνων ημερησίως ή σε άλλες καμίνους παραγωγικής δυναμικότητας άνω των 50 τόνων ημερησίως, παραγωγή ασβέστου σε καμίνους παραγωγικής δυναμικότητας άνω των 50 τόνων ημερησίως, παραγωγή υάλου, παραγωγή αμιάντου, παραγωγή κεραμικών προϊόντων με πύρωση).

- Χημική Βιομηχανία (παραγωγή οργανικών χημικών προϊόντων, παραγωγή ανόργανων χημικών προϊόντων, παραγωγή φωσφορούχων, αζωτούχων ή καλιούχων λιπασμάτων, παραγωγή φυτοπροστατευτικών προϊόντων ή βιοκτόνων, παραγωγή εκρηκτικών υλών, παραγωγή φαρμακευτικών προϊόντων).

Η ένταση της δραστηριότητας των παραπάνω κλάδων οδήγησε στην εκπομπή στην ατμόσφαιρα ενός μεγάλου ποσοστού αέριων ρύπων οι οποίοι ανάλογα με την προέλευσή τους διακρίνονται στις παρακάτω ευρείες κατηγορίες:

- Πρωτογενείς Ρύποι, οι οποίοι εκπέμπονται απευθείας στον αέρα από τις πηγές ρύπανσης, όπως τα οξείδια του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, το μονοξείδιο του αζώτου και οι υδρογονάνθρακες.
- Δευτερογενείς Ρύποι, οι οποίοι παράγονται μέσω χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα μεταξύ των πρωτογενών ρυπαντών με φυσικά συστατικά της ατμόσφαιρας με την καταλυτική επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας, της υγρασίας κ.λπ.

Στο σημείο αυτό, για να γίνει αντιληπτή η κλίμακα του προβλήματος αρκεί να αναφερθεί πως κάθε ημερολογιακό έτος πάνω από ένα δισεκατομμύριο τόνοι των όλων προαναφερθέντων ρύπων εκλύονται στην ατμόσφαιρα λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας (βιομηχανικής, μεταφορικής, αστικής), με τα μεγαλύτερα ποσά σαφώς να παρατηρούνται στα αέρια στρώματα πάνω από περιοχές με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα όπου η παρουσία κατάλληλων κλιματικών και γεωγραφικών συνθηκών ευνοεί την τοπική συσσώρευσή τους.



Σχήμα 1. Παγκόσμια παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα

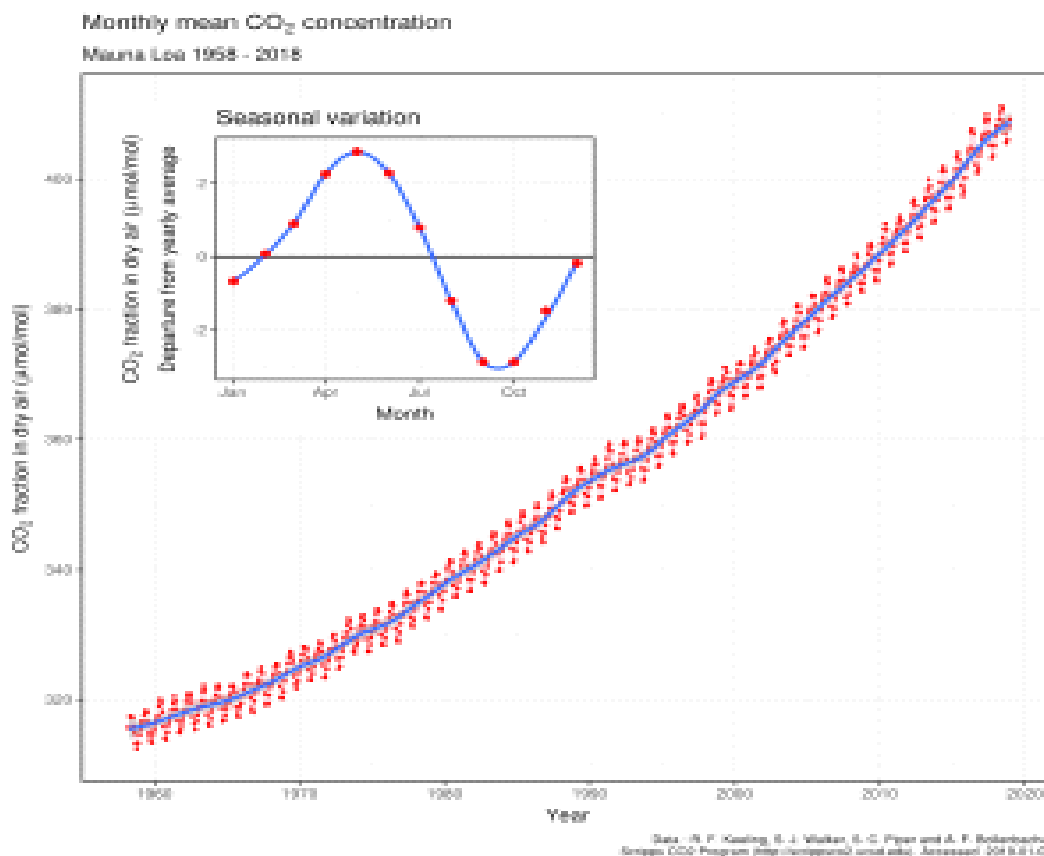
Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα (χημικός τύπος: CO₂) είναι χημική ένωση που αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου ενωμένα με ομοιοπολικό δεσμό με ένα άτομο άνθρακα, ενώ περιέχει 27,3 % w/w άνθρακα και 72,7 % w/w οξυγόνο. Είναι αέριο άχρωμο και σε μικρές συγκεντρώσεις είναι και άοσμο. Σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας η πυκνότητα του είναι 1,98 kg/m³, είναι δηλαδή 1,5 φορά πυκνότερο του αέρα με αποτέλεσμα η συσσώρευσή του να πραγματοποιείται στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας κατά κύριο λόγο.

Είναι αέριο φθινό και άφλεκτο ενώ η μετάβασή του από την αέρια στην υγρή φάση γίνεται σε ήπιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης και συνεπώς προτιμάται σχεδόν σε όλα τα προϊόντα – μηχανήματα που χρησιμοποιούν πεπιεσμένο αέρα. Από το ανθρωπογενές CO₂ που εκπέμπεται από τα ορυκτά καύσιμα, το 50% διαλύεται στους ωκεανούς και απορροφάτε από τα επίγεια οικοσυστήματα με το υπόλοιπο ποσοστό να διοχετεύεται απευθείας στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας.

Σύμφωνα με το World Resources Institute, οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν προσθέσει στην ατμόσφαιρα 2.3 τρισεκατομμύρια τόνους CO₂ τα τελευταία διακόσια χρόνια, με την μεγαλύτερη απόλυτη αύξηση στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα να παρατηρείται το 2004, όταν μόνο από την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων προστέθηκαν στην ατμόσφαιρα πάνω από 28 εκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα.

Η συνολική αύξηση του ποσοστού του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από τις απαρχές της εκβιομηχάνισης εκτιμάται ότι φτάνει το 35% της πρωταρχικής συγκέντρωσης του ιχνοστοιχείου στον αέριο ορίζοντα. Το CO₂ εντάσσεται στα αέρια του θερμοκηπίου, καθώς διαπερνάτε από το ορατό φως αλλά απορροφά έντονα στην υπέρυθρη και εγγύς υπέρυθρη περιοχή του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.



Σχήμα 2. Μετρήσεις συγκεντρώσεων CO₂ από το Παρατηρητήριο του Μάουνα Λόα στη Χαβάη [Wikipedia : Keeling Curve]

II.a.ii. Περιβαλλοντικές Πολιτικές & Διεθνείς Συμφωνίες (Kyoto Protocol, Paris agreement, Green New Deal)

Η πρώτη προσπάθεια περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα πραγματοποιήθηκε από τις κυβερνήσεις του κόσμου, καθιερώνοντας τα μέγιστα επιτρεπτά όρια εκπομπών για ένα πλήθος ρύπων συσχετιζόμενων με την κλιματική αλλαγή. Σχεδόν όλοι οι τύποι βιομηχανιών φαίνεται πως άρχισαν να στρέφουν την προσοχή τους κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα στις επιπτώσεις των αερίων ρύπων που εξέπεμπαν, τόσο στο περιβάλλον, όσο και στις τοπικές κοινωνίες. Το ενδιαφέρον παρακολούθησης των εκπομπών και ευαισθητοποίησης γύρω από τα προβλήματα που δημιουργούν δεν θα γινόταν τόσο σύντομα χωρίς την επιρροή

εξωτερικών παραγόντων όπως:

- Τοπικές κοινωνίες
- Εσωτερικές Πολιτικές αειφορίας
- Αύξηση του κόστους των καυσίμων ή / και των πρώτων υλών
- Εφαρμογή συγκεκριμένων νομοθετικών πλαισίων από τις κυβερνήσεις

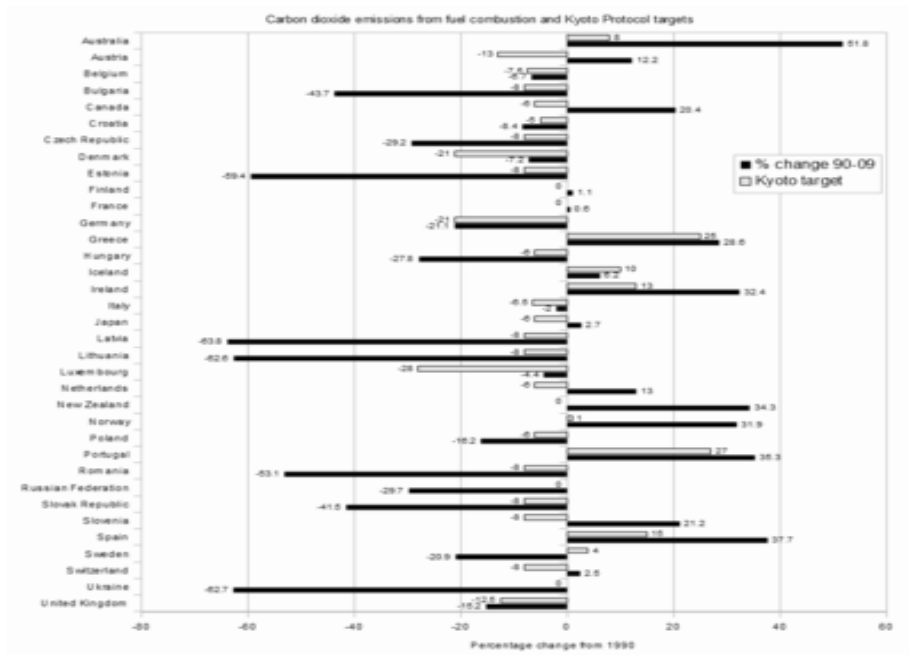
Την περίοδο αυτή την ανάγκη ύπαρξης ενός κοινοτικού και δεσμευτικού νομοθετικού πλαισίου, η ισχύς του οποίου θα υπερέβαινε τις τοπικές προϋπάρχουσες νομοθεσίες, προσπάθησε να καλύψει η Ευρωπαϊκή Ένωση, αρχικά μέσω της Σύμβασης-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change), συνθήκη που έλαβε χώρα το 1992 και η οποία αναγνώριζε τις ιδιαιτερότητες της κάθε χώρας τόσο γεωπολιτικά όσο και οικονομικό-βιομηχανικά και συνεπώς τις ξεχωριστές προσαρμογές που όφειλε να πραγματοποιήσει για να επιτύχει τους επιθυμητούς περιβαλλοντικούς στόχους. Η εν λόγω Σύμβαση-Πλαίσιο, υπενθύμισε και ανανέωσε αποφάσεις και ιδέες που είχαν ήδη ψηφιστεί σε προγενέστερες συνεδριάσεις των Ηνωμένων Εθνών, όπως την Διακήρυξη της Στοκχόλμης-1972, το Συνέδριο της Βιέννης για την προστασία του Όζοντος-1985, το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για τις ουσίες που εξαντλούν την στοιβάδα του Όζοντος -1987, την Διακήρυξη του δεύτερου παγκοσμίου συνεδρίου για την κλιματική αλλαγή-1990.

Επίσημος στόχος του συνεδρίου τέθηκε η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε τέτοια επίπεδα ώστε να αποφευχθεί η περαιτέρω ανθρώπινη παρέμβαση στις κλιματικές και ατμοσφαιρικές συνθήκες. Η μείωση και σταθεροποίηση των αέριων ρύπων, θα πρέπει να επιτευχθεί εντός επαρκούς χρονικού πλαισίου που θα επιτρέψει στα οικοσυστήματα να προσαρμοστούν φυσικά στην αλλαγή του κλίματος, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η παραγωγή τροφίμων δεν απειλείται και να εξασφαλίσει ότι η οικονομική ανάπτυξη θα προχωρά με βιώσιμο τρόπο. Ανάμεσα στις πρώτες 24 χώρες-μέλη που μετείχαν στην σύμβαση ήταν και η Ελλάδα, ενώ από την αρχική λίστα στην συνέχεια αφαιρέθηκε η Τουρκία σύμφωνα με την τροπολογία που εισήχθη στις 28 Ιουνίου του 2002 (26CP./7, C.O.P.7) όπου αυτοβούλως αποφάσισε να εξαιρεθεί. Η λίστα μεγάλωσε ακόμα παραπάνω το 1998 με την είσοδο έξι νέων χωρών-μελών συμπεριλαμβανόμενης της Κροατίας, της Τσεχίας, του Λιχτενστάιν, του Μονακό, της Σλοβακίας και της Σλοβενίας, όπου δεσμεύτηκαν να ακολουθήσουν τις παρούσες καθώς και τις επόμενες κλιματικές νομοθετικές δεσμεύσεις που τέθηκαν λίγα χρόνια αργότερα το 1997 στο Κγγοτο της Ιαπωνίας.

ΣΥΝΘΗΚΗ ΤΟΥ ΚΥΟΤΟ (ΚΥΟΤΟ PROTOCOL)

Το πρωτόκολλο του Κιότο, αποτελεί Διεθνή Συνθήκη που υπογράφηκε τον Δεκέμβριο του 1997 από 192 κράτη (με τον Καναδά να αποχωρεί τον Δεκέμβριο του 2012) με σκοπό να τεθεί σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου του 2005 και με στόχο να κάνει το επόμενο βήμα στην μείωση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα επεκτείνοντας την δράση του UNFCCC. Οι αέριοι ρύποι που αποφασίστηκε ότι συμβάλλουν στην διαμόρφωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην ένταση της κλιματικής αλλαγής και που συνεπώς η παραγωγή τους χρειάζεται συνεχή παρακολούθηση προκειμένου να μειωθούν αποτελεσματικά τα επίπεδά τους είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), τα οξείδια του αζώτου, οι υδραφθοράνθρακες (HFC), οι υπερφθοράνθρακες (PFC) και το εξαφθοριούχο θείο (SF₆). Το πρωτόκολλο βασίζεται στην αρχή των κοινών αλλά διαφορετικοποιημένων ευθυνών, αναγνωρίζοντας ότι οι επιμέρους χώρες-μέλη έχουν διαφορετικές δυνατότητες για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής (με βασικό κριτήριο την οικονομική ανάπτυξη της κάθε χώρας) και ως εκ τούτου θέτει το μεγαλύτερο βάρος για την μείωση των επιπέδων των καυσαερίων στις ανεπτυγμένες χώρες, σύμφωνα με το επιχείρημα ότι αυτές κατέχουν και το μεγαλύτερο μερίδιο ευθύνης για την ανέγερση των επιπέδων των αερίων ρύπων στο σημερινό επίπεδο.

Η πρώτη δεσμευτική περίοδος για τα κράτη-μέλη ξεκίνησε το 2008 και έληξε το 2012 (βλ. Σχήμα 3) προκειμένου να αξιολογηθεί η επίτευξη των πρώτων στόχων αναφορικά με την προσπάθεια σταθεροποίησης των εκπομπών, και να αρχίσει με την σειρά της η δεύτερη περίοδος δεσμεύσεων όπου και νέοι στόχοι είχαν τεθεί. Οι στόχοι της πρώτης τετραετίας αφορούσαν την παρακολούθηση και μείωση αποκλειστικά των βιομηχανικών εκπομπών, εξαιρώντας τις αέριες εκπομπές λόγω μεταφοράς (αεροπλάνα-πλοία).[10],[11]



Σχήμα 3. Στόχοι για την πρώτη περίοδο δέσμευσης (2008-2012) [13],[14]



Σχήμα 4. Διαβάθμιση της δέσμευσης των χωρών (άσπρο χρώμα: καμία δέσμευση για μείωση των εκπομπών, οι υπόλοιπες είναι υποχρεωμένες βάσει νομοθεσίας να μειώσουν τις αέριες εκπομπές τους) [15],[16]

Προκειμένου η πρόοδος προς την επίτευξη των στόχων των μελών να συνεχίζεται διαρκώς με ταχύ ρυθμό, οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν δεσμευτεί μέσω διαρκούς και επωφελούς επικοινωνίας τους με τις αναπτυσσόμενες να προμηθεύουν σε αυτές την απαραίτητη τεχνολογία που θα τις βοηθήσει να μειώσουν τις εκπομπές

τους στα επιθυμητά επίπεδα. Γενικότερος στόχος αποτελούσε η μείωση των εκπομπών κατά ποσοστό ίσο με 5,7% στα ανεπτυγμένα κράτη μέχρι το πέρας του 2012, με το κάθε μέλος να μην παύσει να έχει τον ξεχωριστό του στόχο, εναρμονισμένο με τις ιδιαίτερες δυνατότητες για παραγωγικές και οικονομικές ανάγκες (π.χ. Καναδάς, με μείωση του στόχου κατά 2% αντίστοιχα).

Ακόμα, μείωση προτάθηκε για τον τετραετή στόχο των Η.Π.Α., οι οποίες όμως αρνήθηκαν να υπογράψουν την σύμβαση, δηλώνοντας την συμμετοχή τους στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, υποστηρίζοντας πως οι απαιτήσεις προς τα ανεπτυγμένα-βιομηχανικά κράτη είναι αρκετά υψηλότερες σε σχέση με τα υπόλοιπα και κατά συνέπεια ένα τέτοιο εγχείρημα θα δημιουργούσε μεγαλύτερο πλήγμα στις οικονομίες τους.

Το αποτέλεσμα, θα ήταν σύμφωνα με υπολογισμούς η συνολική μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων κατά 8% (παγκοσμίως).

Σημαντικό κίνητρο για την εναρμόνιση με τις νομοθετικές δεσμεύσεις προσφέρει η διάταξη περί του τρόπου επιβολής των προστίμων σε όσα μέλη δεν έφτασαν τους επιθυμητούς στόχους τους. Αρχικά, προβλέπεται ότι όποια χώρα δεν συμμορφώνεται με τον κανονισμό για τον περιορισμό των εκπομπών της, τότε η χώρα αυτή, υποχρεούται να καλύψει τη διαφορά κατά τη δεύτερη περίοδο δέσμευσης με μία προσαύξηση 30%. Επιπροσθέτως, η χώρα αυτή θα ανασταλεί από την πραγματοποίηση μεταφορών στο πλαίσιο προγράμματος εμπορίας εκπομπών μέχρις ότου να επανακριθεί η αποδοτικότητα της.

Το πρωτόκολλο του Κyoto δεν ανανεώθηκε ποτέ μετά το πέρας του 2012 και την ολοκλήρωση των πρώτων στόχων των μελών του. Σύμφωνα με τις τρέχουσες εξελίξεις στον Διεθνή χώρο της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και συνεργασίας, αναμένεται κατά το έτος 2020 να ξεκινήσει μία καινούρια παγκόσμια συμφωνία με στόχο την μείωση των ρύπων σε τέτοιο βαθμό ώστε το κενό μεταξύ του πέρατος της πρώτης καταγραφικής περιόδου και της έναρξης της δεύτερης να γεφυρωθεί. Η συνολική μείωση των εκπομπών θα φτάσει το 20%, ενώ η επιτυχία του εγχειρήματος θα εξαρτηθεί από την διορατικότητα, την συνεργασία και την αποφασιστικότητα 29 συνολικά χωρών με νέους κανόνες να έχουν σχεδιαστεί με στόχο την δημιουργία ενός πιο ολοκληρωμένου σχεδίου για την δράση των αναπτυσσόμενων χωρών.

Επιπροσθέτως, στην λίστα των παρακολουθούμενων αερίων εισήχθη και το τριφθοριούχο άζωτο ή τριφθοραμίνη (NF_3), αέριο με παγκόσμιο δυναμικό θέρμανσης (Global Warming Potential GWP), 17.200 φορές μεγαλύτερο από το διοξείδιο του άνθρακα που αντιστοιχεί σε ατμοσφαιρική διάρκεια ζωής ίση με 740 χρόνια. Το εν λόγω αέριο είναι ερεθιστικό για τους πνεύμονες, με τοξικότητα ανάλογη με αυτήν των οξειδίων του αζώτου ενώ η υπερέκθεση μέσω εισπνοής προκαλεί μετατροπή της αιμογλοβίνης του αίματος σε μετααιμογλοβίνη οδηγώντας στην κατάσταση της μετααιμογλοβαιμίας.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να ονομαστούν τα πλέον καίρια λειτουργικά και εκτελεστικά όργανα η δράση των οποίων έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή και στην επιτυχή εκτέλεση της προετοιμασίας του Πρωτοκόλλου. Αυτά είναι τα εξής ακόλουθα:

- Διάσκεψη των Συμβαλλόμενων μερών (Conference of Parties - CoP) – αποτελείται από αντιπροσώπους από κάθε χώρα που έχει ήδη επικυρώσει την Συνθήκη των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή.
- Επικουρικά Σώματα – προετοιμάζουν τα θέματα που θα απασχολήσουν την CoP.
- Επιτροπή Συμμόρφωσης (Compliance Committee) – με βασική αρμοδιότητα τον έλεγχο εκπλήρωσης των στόχων κάθε χώρας-μέλους.
- Εκτελεστική Επιτροπή του μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης (Executive Board of the Clean Development Mechanism, CDM EB) – Αποτελεί διοικητικό συμβούλιο που εποπτεύει το Πρωτόκολλο του Κιότο υπό την εποπτεία και καθοδήγηση της CPM.
- Επιτροπή Εποπτείας Κοινής Εφαρμογής, JISC – Εποπτεύει την διαδικασία επαλήθευσης των σχεδίων που υποβλήθηκαν προκειμένου να επιβεβαιώσει ότι οι επακόλουθες μειώσεις των εκπομπών, πληρούν τις απαιτήσεις του άρθρου 6 του Πρωτοκόλλου του Κιότο και τις από κοινού κατευθυντήριες γραμμές εφαρμογής.
- Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC): Η IPCC αποτελεί επιστημονικό όργανο. Το CoP λαμβάνει τις πληροφορίες και τα δεδομένα της IPCC ως γνώμονα για τις ληφθείς αποφάσεις του.[13],[14],[15],[16]

PARIS AGREEMENT (ΣΥΜΦΩΝΙΑ ΤΟΥ ΠΑΡΙΣΙΟΥ)

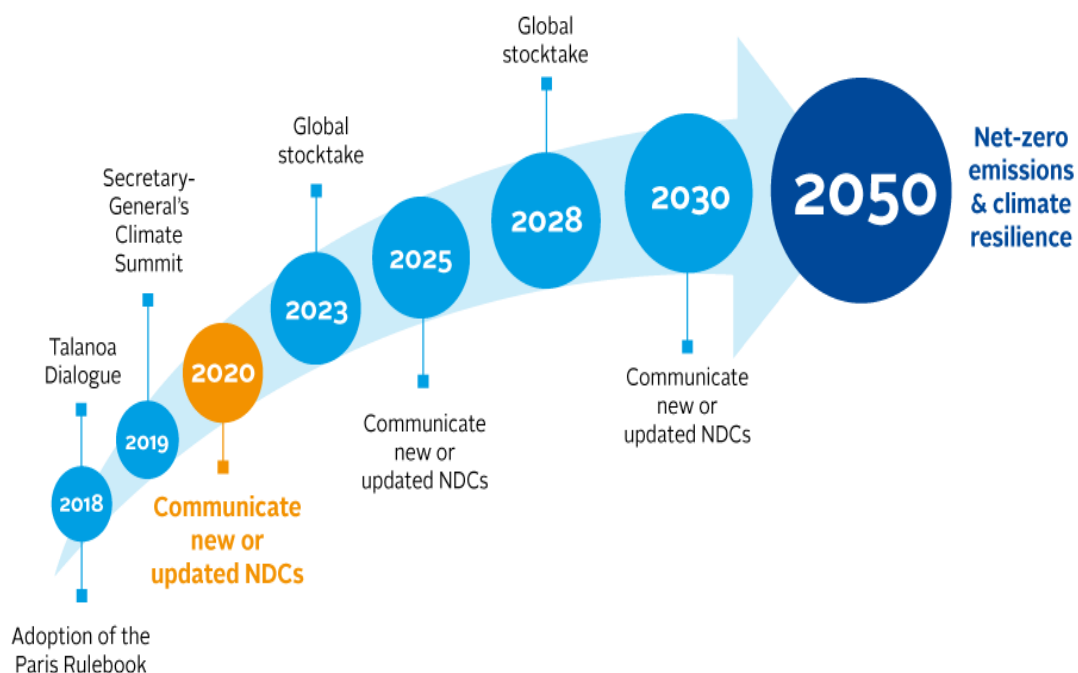
Στις 12 Δεκεμβρίου του 2015 στο Παρίσι, σε συνάντησή τους τα μέλη του UNFCCC κατέληξαν σε συμφωνία ορόσημο αναφορικά με την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την επιτάχυνση και εντατικοποίηση των δράσεων και των επενδύσεων που απαιτούνται για ένα βιώσιμο μέλλον με χαμηλές εκπομπές αέριων ρύπων.

Η Σύμβαση του Παρισιού, βασίζεται στην προγενέστερη της και καλεί όλα τα έθνη ενώνοντας τα με κοινό σκοπό να αναλάβουν φιλόδοξες προσπάθειες για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και να προσαρμοστούν στις μη αναστρέψιμες προσεχείς επιπτώσεις της. Αποτελεί μία νέα Παγκόσμια προσπάθεια στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, με βασικό στόχο να διατηρήσει μια παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας για τον 21^ο αιώνα κάτω των δύο (2) βαθμών Κελσίου αρχικά, και στην συνέχεια κάτω από ενάμιση (1,5) βαθμούς.

Οι δράσεις που προβλέπονται να προηγηθούν της ολοκλήρωσης του εγχειρήματος και επίτευξης του στόχου διαβεβαιώνεται πως θα είναι καθόλα συντονισμένες με την ταυτόχρονη συμβίωση μίας ισχυρής και ανταγωνιστικής οικονομίας με μία βιομηχανία με χαμηλές εκπομπές αέριων ρύπων. Η έναρξη της περιόδου συμμετοχής για τις διάφορες χώρες που επιθυμούσαν να εισέλθουν στην συμφωνία έγινε στις 22 Απριλίου του 2016 την ημέρα της Γής, αριθμώντας αρχικά 55 μέλη, αριθμός ο οποίος αυξήθηκε σε συνολικά 125 κράτη μέχρι το 2017. Σήμερα, την Σύμβαση του Παρισιού έχουν υπογράψει 179 χώρες αντιπροσωπεύοντας συνολικά το 88,75% των παγκόσμιων εκπομπών άνθρακα.

Για την υλοποίηση των παραπάνω στόχων (βλ. Σχήμα 5), απαραίτητη έχει κριθεί η ύπαρξη ενός ενισχυμένου πλαισίου διαφάνειας τόσο μεταξύ των φορέων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, των Ηνωμένων Εθνών και των κρατών-μελών , όσο και των κρατών-μελών μεταξύ τους.[14],[17],[18],[19]

AMBITION MECHANISM IN THE PARIS AGREEMENT



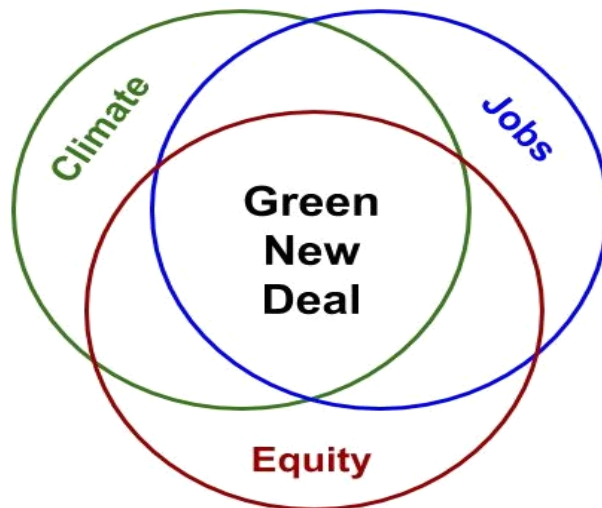
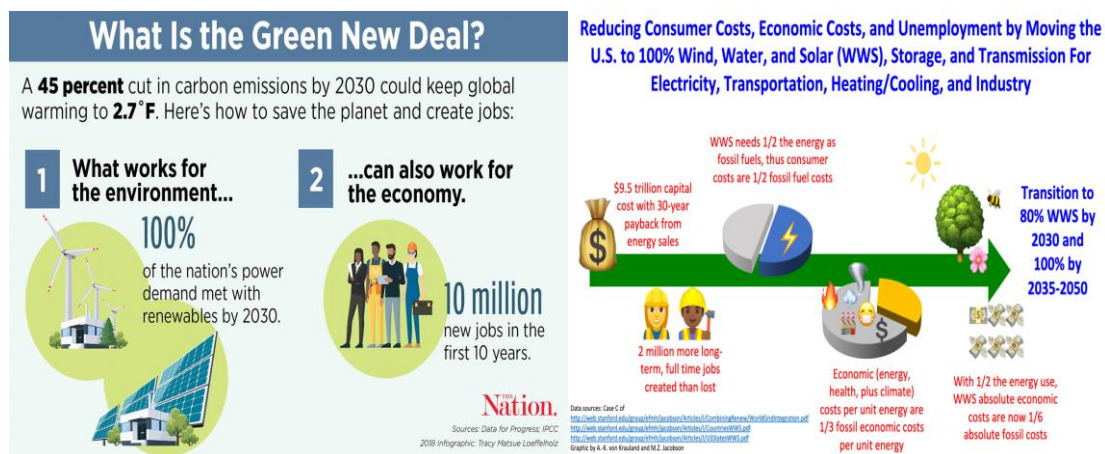
Source: wri.org/publication/NDC-enhancement-by-2020

Σχήμα 5. Μακροπρόθεσμοι στόχοι της Συμφωνίας του Παρισιού [www.org/publicationonly/NDC]

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΣΙΝΗ ΣΥΜΦΩΝΙΑ - GREEN NEW DEAL (GND)

Κατά το έτος 2006, και για πρώτη φορά στην ιστορία της καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής χρησιμοποιήθηκε από το Ευρωπαϊκό Πράσινο κόμμα, εκπροσωπώντας την συνομοσπονδία των πράσινων κομμάτων στην Ευρώπη, ο παραπάνω όρος ως πρόταση υπέρ της μείωσης των παγκόσμιων εκπομπών, αξιοποίησης καθαρών πηγών ενέργειας και της δημιουργίας του όρου “Economic Bill of Rights” – θεσπίζοντας σε παγκόσμιο επίπεδο έννοιες όπως το δωρεάν δικαίωμα στην υγειονομική περίθαλψη, εγγυημένη εργασία με βιώσιμο μισθό, οικονομικά προσιτή στέγαση καθώς και δωρεάν τριτοβάθμια εκπαίδευση-.Με την χρήση του παραπάνω όρου, αναφορά γίνεται στην εξασφάλιση των όποιων δικαιωμάτων περιλαμβάνονται στην λίστα-ατζέντα της εν λόγω Διακήρυξης δικαιωμάτων. Αναφορικά η εν λόγω συνομοσπονδία ιδρύθηκε το 2004 στο τέταρτο συνέδριο

Ευρωπαϊκής Ομοσπονδίας πράσινων κομμάτων και αριθμεί έως σήμερα 9 κράτη μέλη, συμπεριλαμβάνοντας την Γαλλία, την Γερμανία, την Κύπρο, την Ελλάδα, την Τσεχία, την Αγγλία, την Ουαλία, την Σκωτία και τέλος την Φιλανδία. [41],[42],[43],[44].



Σχήματα 6.7.8. Οι στόχοι και η διάρθρωση της Πράσινης Νέας Συμφωνίας [41],[42],[43]

Η Πράσινη Νέα Συμφωνία, καλεί για μία παγκόσμια συνεργία και κινητοποίηση σε κλίμακα όμοια με αυτή του Δευτέρου Παγκοσμίου πολέμου που θα απευθυνθεί στην αντιμετώπιση του προβλήματος από πολλές πλευρές οδηγώντας σε μία οικονομία που θα στηρίζεται εξολοκλήρου στην χρήση καθαρών πηγών ενέργειας μέχρι το έτος 2030. Το όνομα της παραπάνω πρότασης ενεπνεύσθει από την “Νέα Σύμφωνία” , εγχείρημα του Franklin D. Roosevelt σαν λύση στην αντιμετώπιση του Μεγάλου Κράχ (1933-1935) με στόχο να καταπολεμήσει την ανεργία και τις κοινωνικοπολιτικές αναταραχές που δημιούργησε η μη-βιώσιμη κοινωνική πραγματικότητα. Στις προαναφερθείσες καθαρές πηγές ενέργειας, εξαιρούνται το φυσικό αέριο, τα καύσιμα βιομάζας, η πυρηνική ενέργεια και το οξύμωρο<<καθαρό κάρβουνο>> με σκοπό να εξαλειφθεί η χρήση τους από πάσα βιομηχανική, μεταφορική και αστική-οικιακή δραστηριότητα ενσωματώνοντας ταυτόχρονα στα παραπάνω τον σχηματισμό μίας βιώσιμης γεωργίας και κτηνοτροφίας.[41],[32],[43]

Σύμφωνα με τελευταίες αποφάσεις και αλλαγές στις πολιτικές του European Climate Change Committee (Ευρωπαϊκή Επιτροπή Κλιματικής αλλαγής) έχει καταστεί σαφές ότι προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος για μία Ευρώπη μηδενικών εκπομπών έως το έτος 2050 είναι απαραίτητη η ύπαρξη της παραπάνω συμφωνίας. Βασικός κορμός της δράσης και φιλοσοφίας της συμφωνίας αποτελούν τα ονομαζόμενα “Τρία R”:

- Ανακούφιση (Relief) : αναφορικά με τους ανέργους
- Ανάρρωση (Recovery) : για τις επιχειρήσεις και την οικονομία
- Αναδιαμόρφωση (Reform) : για τους Οικονομικούς θεσμούς και ιδρύματα

II.a.iii. Τεχνολογίες Δέσμευσης των Βιομηχανικών εκπομπών CO₂ CCS (κόστος δέσμευσης, Κόστος μεταφοράς & αποθήκευσης, carbon sink)

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ (CARBON CAPTURE STORAGE - CCS)

Η διαδικασία δέσμευσης και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα, είναι η συλλογή διοξειδίου από μεγάλες σημειακές πηγές- όπως σταθμοί παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα- η μεταφορά τους σε χώρο αποθήκευσης και η εναπόθεσή τους με τέτοιο τρόπο ώστε να μην εισέρχονται στην ατμόσφαιρα ή στο υπέδαφος σε υπόγειες γεωλογικές διαμορφώσεις. Η εν λόγω τεχνολογία, επιτρέπει την δέσμευση έως και 90% του συνολικά εκπεμπόμενου διοξειδίου από την καύση ορυκτών καυσίμων-κυρίως κάρβουνου και φυσικού αερίου- με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση του κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή κατά την παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων (π.χ. τσιμέντο). Ακόμα, η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή στην δέσμευση διοξειδίου σε συγκεκριμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αιθανόλης όπως εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης από βιομάζα. Στο σημείο αυτό, αξίζει να υπογραμμιστεί ότι αναφορικά με τις μονάδες παραγωγής βιομηχανικών προϊόντων, σε αντίθεση με τις μονάδες παραγωγής ενέργειας η μείωση των παραγόμενων εκπομπών, είτε με την χρήση τεχνολογιών δέσμευσης, είτε μέσω συνδυασμού άλλων μεθόδων δεν μπορεί ποτέ να φτάσει το μηδέν. Αυτό εξηγείται καθώς μεγάλο μέρος του παραγόμενου διοξειδίου οφείλεται στην πραγματοποίηση απαραίτητων χημικών αντιδράσεων για την διαμόρφωση του τελικού επιθυμητού προϊόντος.

Προτέρημα της διαδικασίας Δέσμευσης και Αποθήκευσης (CCS) είναι το γεγονός ότι η βιομηχανία διαθέτει ήδη τα μέσα (τεχνογνωσία και εμπειρία) για να δεσμεύσει με ασφάλεια τους εκπεμπόμενους ρύπους, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να

συνδυαστεί με άλλες μεθοδολογικές προσεγγίσεις που αποσκοπούν στην μείωση των αέριων ρύπων - όπως την χρήση βιομάζας κατά την παραγωγή τσιμέντου – επιτυγχάνοντας ακόμα θετικότερα αποτελέσματα στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής.

Γενικότερα, η χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία δεν είναι πανάκεια, αλλά εξαρτάται από το παραγωγικό στάδιο στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η δέσμευση και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Τεχνολογίες Δέσμευσης πριν την καύση
- Τεχνολογίες Δέσμευσης μετά την καύση
- Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται κατά την καύση με υψηλή συγκέντρωση O_2/CO_2
- Καινοτόμες τεχνολογίες (για καινοτόμες εφαρμογές)

Κατά κύριο λόγο, το συλλεγόμενο αέριο διοξείδιο μετά την διαδικασία της δέσμευσης συμπιέζεται προκειμένου να μεταφερθεί σε υγροποιημένη πλέον μορφή μέσω συστήματος υπόγειων σωληνώσεων και σπανιότερα μέσω της χρήσης τρένου, λεωφορείου ή πλοίου.

Προκειμένου να κατανοηθούν σε βάθος και να αναλυθούν πλήρως οι οικονομικές δυνατότητες της μεθόδου CCS, πρέπει να αναλογιστεί κανείς τους τρεις μεγάλους παράγοντες που επηρεάζουν και διαμορφώνουν το τελικό κόστος δέσμευσης του αερίου διοξειδίου. Αυτοί είναι οι εξής:

I. Δέσμευση (απαιτείται αρχικός διαχωρισμός)

II. Μεταφορά (απαιτείται συνήθως πρότερη συμπίεση)

III. Αποθήκευση (απαιτείται εύρεση κατάλληλου φυσικού γεωλογικού σχηματισμού ή τεχνητής, ασφαλούς τοποθεσίας εναπόθεσης)

Τέλος, αναφορικά με την διαδικασία αποθήκευσης της δεσμευμένης ποσότητας αερίου, συνήθως επιλέγονται φυσικές τοποθεσίες όπως υπόγειοι σχηματισμοί κοιτασμάτων άνθρακα μεγάλου βάθους, αλατούχοι, πορώδεις σχηματισμοί και εξαντλημένες αποθήκες κοιτασμάτων φυσικού αερίου και πετρελαίου. Η χρήση των παραπάνω μεθόδων αξίζει να τονιστεί ότι προσφέρει μία οικονομικότερη διαδικασία, τόσο σε χρηματικούς όσο και σε τεχνολογικούς πόρους, σε σύγκριση με την εφαρμογή τεχνητών διαδικασιών αποθήκευσης οι οποίες έως σήμερα, χρησιμοποιούνται χωρίς να έχουν περάσει κατάλληλα δοκιμαστικά στάδια και που συχνά οδηγούν σε σταδιακή απώλεια της αρχικής ποσότητας αερίου, όπως

στην περίπτωση έγχυσης της δεσμευμένης ποσότητας σε υπόγειους ωκεάνιους ορίζοντες (το διοξείδιο σταδιακά διαλύεται στο νερό).[6],[7],[8]

ΚΟΣΤΟΣ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ

Προκειμένου να δεσμευτεί επιτυχώς το παραγόμενο αέριο διοξείδιο του άνθρακα, πρέπει αρχικά να είμαστε σε θέση να το διαχωρίσουμε από τα υπόλοιπα εκπεμπόμενα αέρια. Βιβλιογραφικά, παρατίθεται μια βιβλιοθήκη χημικών αντιδράσεων δέσμευσης για κάθε βιομηχανικό κλάδο.

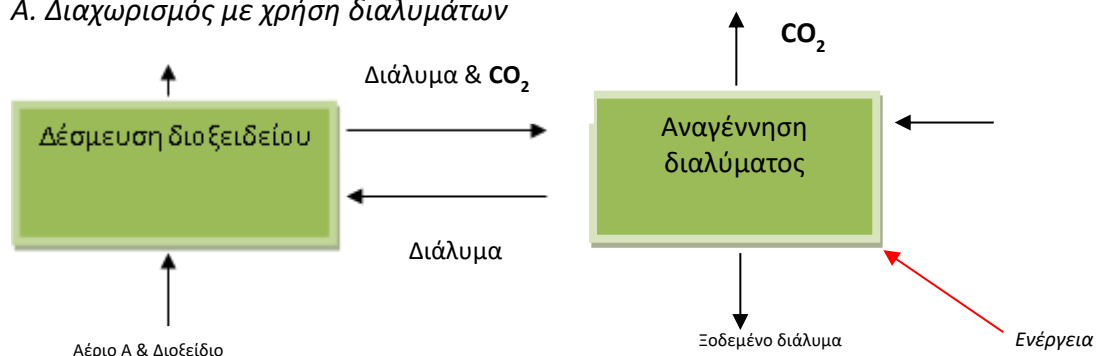
Πίνακας 1. Ποσοστό δέσμευσης διοξειδίου και εκτιμώμενο κόστος ανά βιομηχανικό κλάδο επεξεργασίας

Source	CO ₂ Content (mol %)	Min. work (kJ/mol CO ₂)	Estimated Cost	Literature estimates
Aluminum	4-10	8.2-10.8	45.8–65.6	68.2-76.3
Ammonia	30-99.9+	0.0-5.0	0.0–29.0	21.2
Ethanol	99.9+	0.0	0.0	12.7
Glass	7-12	7.7-9.3	44.4–54.9	-
Iron and steel	20-27	5.5-6.2	31.4–34.2	21.7-24.4
Lead	15	7.1	40.5	-
Lime	20	6.2	34.4	-
Magnesium	15	7.1	40.7	-
Petrochemicals	30-99.9+	0.0-5.0	0.0-28.6	-
Pulp and paper	8	8.9	48.0	31,1-35,0
Zinc	15	7.1	40.2	-
Natural gas	3-5	10.3-11.7	57.2–69.9	76.3
Petroleum	3-8	8.9-11.7	47.0–69.0	-
Coal	10-15	7.1-8.3	36.5–42.7	37,1-54,6

Γενικότερα, έχει διαπιστωθεί ότι η αύξηση του κόστους διαχωρισμού του αέριου διοξειδίου είναι αντιστρόφως ανάλογη της καθαρότητας του επεξεργαζόμενου ρεύματος. Ακόμα, ο λόγος της ελάχιστης εργασίας προς την πραγματικά απαιτούμενη εργασία αυξάνεται μη γραμμικά σε σχέση με την αραιώση του προς διαχωρισμό ρεύματος αέριου διοξειδίου του άνθρακα. Οι σχέσεις αυτές, όπως και η παρατήρηση ότι η τιμή πώλησης διάφορων μεταλλικών ιχνοστοιχείων αυξάνεται αντιστρόφως ανάλογα με την περιεκτικότητα των ιχνοστοιχείων αυτών στο ορυκτό καύσιμο, παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά στις εργασίες του πρωτοπόρου φυσικού και μηχανικού Thomas Sherwood (“Absorption and Extraction-1952”).[26],[27],[28],[29],[30]

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες/ βασικές μέθοδοι για τον διαχωρισμό του αέριου διοξειδίου του άνθρακα από υπόλοιπα ρεύματα αέριων ρύπων είναι οι εξής τρεις[59]:

A. Διαχωρισμός με χρήση διαλυμάτων



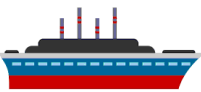



Δεύτερη, αποτελεί η μέθοδος διαχωρισμού με χρήση μεμβρανών, ενώ τέλος η λιγότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος αποτελεί αυτή της κρυογονικής απόσταξης.

ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Όσον αφορά το κόστος μεταφοράς και αποθήκευσης, αυτό εξαρτάται σε κάθε περίπτωση από την εν λόγω εγκατάσταση αποθήκευσης και την τεχνολογία που επιλέγει να χρησιμοποιεί (λαμβάνοντας υπόψη το χρονικό διάστημα αποθήκευσης μέχρι την απελευθέρωση για μετέπειτα χρήση και τις γεωλογικές παραμέτρους της περιοχής), καθώς και πόσο μακριά βρίσκεται τοποθετημένη από το σημείο δέσμευσης του αέριου διοξειδίου. Στον παρακάτω πίνακα, αναγράφονται οι κυριότερες μέθοδοι μεταφοράς, καθώς και το αντίστοιχο κόστος ανά χρησιμοποιούμενη μέθοδο σε συνάρτηση με την απόσταση του σημείου δέσμευσης από την τοποθεσία αποθήκευσης.

Πίνακας 2. Κόστος μεταφοράς αέριου διοξειδίου ανά περίπτωση

ΑΠΟΣΤΑΣΗ (km)	180	500	750	1500
	5,4	n.a (μη ανιχνεύσιμο)	n.a (μη ανιχνεύσιμο)	n.a (μη ανιχνεύσιμο)
	9,3	20,4	28,7	51,7
	8,2	9,5	10,6	14,5
 ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ (ΓΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΜΕ ΠΛΟΙΟ)	5,3	5,3	5,3	5,3

Επίσημα δεδομένα για την ανάλυση του κόστους αποθήκευσης δεν υπάρχουν. Κατά το έτος 2005, το ZEP (Zero Emissions Platform) ιδρυόμενο από πρωτοβουλία της Commission και αναλαμβάνοντας τον ρόλο του συμβούλου της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε θέματα έρευνας, δοκιμής και εφαρμογής των τεχνολογιών CCS, δημιούργησε τους ρεαλιστικότερους θεωρητικούς υπολογισμούς για το κόστος της συνολικής διαδικασίας συμπεριλαμβανομένου και του κόστους αποθήκευσης. Η ίδια προσπάθεια έγινε ταυτόχρονα και από το πρόγραμμα Greenhouse Gas R&D Program της IEA και συνεπώς η ακόλουθη εκτίμηση του κόστους που θα παρουσιαστεί θα αποτελεί απόρρα της συνεργασίας των παραπάνω φορέων.

Όπως είναι λογικό, κάθε διαφορετική περίπτωση περιλαμβάνει διαφορετικές μεταβλητές κόστους (βλ. Σχήμα 9) και συνεπώς ο υπολογισμός του συνολικού προϋπολογισμού της παρακολούθησης, χρήσης και της λειτουργίας της εν λόγω εγκατάστασης αποτελεί ξεχωριστό αντικείμενο εργασίας. Γενικότερα ωστόσο, βρέθηκε πως οι ακόλουθοι κανόνες ισχύουν πάγια σε κάθε μορφή εγκατάστασης:

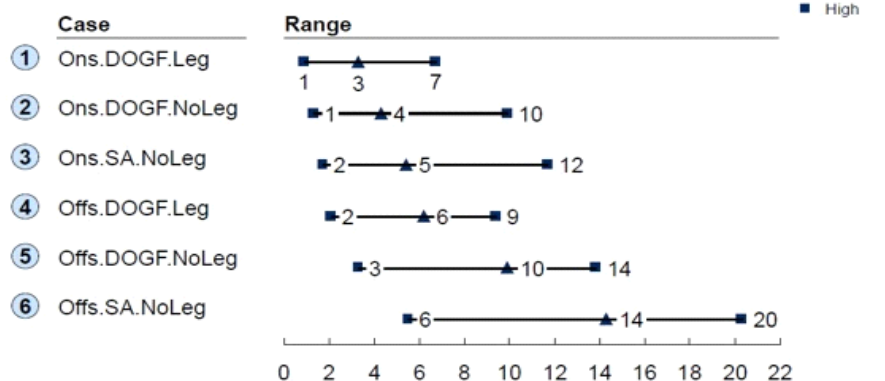
- Χερσαίες εγκαταστάσεις είναι φθηνότερες από αντίστοιχες υπεράκτιες
- Βαθιά αλατούχα υδροφόρα στρώματα (SA) αποτελούν ακριβότερες τοποθεσίες αποθήκευσης σε σχέση με εξαντλημένα κοιτάσματα πετρελαίου

και φυσικού αερίου (DOGF) – τα δεύτερα αποτελούν ακόμα φθηνότερες επιλογές όταν περιέχουν και επαναχρησιμοποιήσιμα πηγάδια

- Το υψηλότερο και ευρύτερο φασματικά κόστος εμφανίζεται σε υπεράκτιες αλατούχες υδροφόρες εγκαταστάσεις
- Οι εγκαταστάσεις με την μεγαλύτερη αποθηκευτική χωρητικότητα αποτελούν οι χερσαίες εγκαταστάσεις SA.

Storage costs differ per case, with the widest range and highest costs with offshore aquifers

€/ton CO₂ stored



Ranges driven by setting Field capacity, Well injection rate and Liability transfer costs to low, medium and high scenarios¹

¹ In terms of cost

SOURCE: Team analysis

| 1

Σχήμα 9: Ύψος και εύρος κόστους αποθήκευσης ανά εγκατάσταση [55],[38]

Η βάση του κόστους αποθήκευσης είναι Ευρωπαϊκή και συνεπώς το προκύπτον αποτέλεσμα είναι σε ευρώ (στο σημείο αυτό να πούμε ότι η κύρια ανταλλαγή νομισμάτων γίνεται με το δολάριο όπου $1,387\$ = 1\text{€}$) και σε αυτό περιλαμβάνεται το κεφαλαιακό κόστος (CAPEX) και το λειτουργικό κόστος (OPEX).[3],[54]

Εν τέλη, στο οικονομικότερο σενάριο, δηλαδή χρήση χερσαίων εγκαταστάσεων DOGF με επαναχρησιμοποιούμενα πηγάδια το κόστος αποθήκευσης ενός τόνου CO₂ κυμαίνεται από 1-7€ , ενώ στην περίπτωση χρήσης υπεράκτιων εγκαταστάσεων SA το εκτιμώμενο κόστος έχει εύρος από 6€ έως 20€ ανά τόνο διοξειδίου. [38]

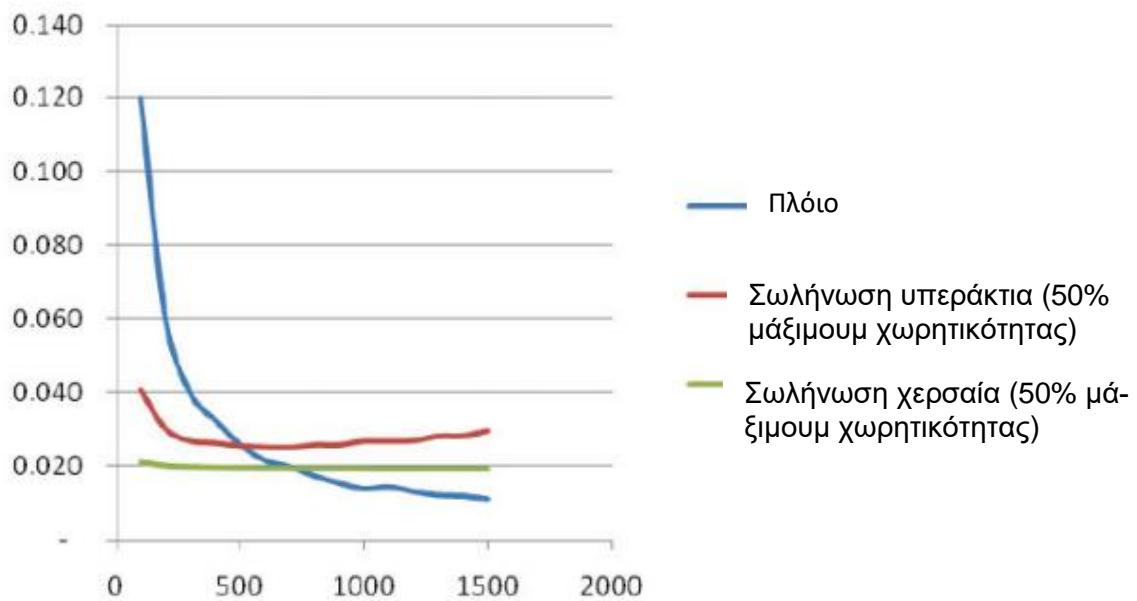
Γενικότερα, η επιλογή της μεταφοράς με πλοίο, είναι η βιωσιμότερη λύση όταν ισχύουν οι παρακάτω παράμετροι:

- Όταν ο όγκος του μεταφερόμενου διοξειδίου είναι μικρός – 200.000 τόνοι τον

χρόνο ή και λιγότερο - είτε συμπιεσμένου, είτε υγροποιημένου.

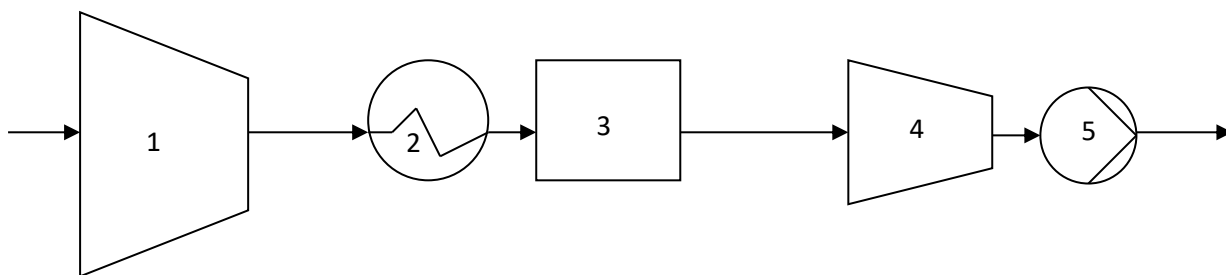
- Η διανυόμενη απόσταση είναι μεγάλη (συναρτήσει ταυτόχρονα του μικρού όγκου που αναφέραμε παραπάνω).
- Το απαιτεί η κατάσταση, λόγω πολλών σημείων αποθήκευσης που συνδέονται εύκολα μεταξύ τους μέσω του υδροφόρου ορίζοντα.

Πίνακας 3. Διαγραμματική παρουσίαση του κόστους μεταφοράς σε ευρώ ανά τόνο και ανά χιλιόμετρο (οι σωλήνες βρίσκονται σε 50% της μέγιστου χωρητικότητας τους) [38]



Στο παραπάνω διάγραμμα γίνεται εμφανής και η τοποθεσία του “νεκρού σημείου” ή αλλιώς Break Even Point, δηλαδή στα χιλιόμετρα στα οποία το κόστος της μεταφοράς εξισώνεται με τα έσοδα της διαδικασίας, μετά το οποίο όπως παρατηρείται ξεκινάει η κερδοφορία.

Αξίζει στο σημείο αυτό να τονιστεί πως το σύνολο των μελετών που αφορούν την μεταφορά προς χρήση ή αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα δείχνουν σημαντικές αποκλίσεις από τα αντίστοιχα συστήματα μεταφοράς φυσικού αερίου. Η αρχική εντύπωση που επικράτησε στον βιομηχανικό κλάδο ήταν πως η διαδικασία της μεταφοράς θα παρουσίαζε σημαντικά μικρότερο κόστος από τις διάφορες μεθόδους αποθήκευσης.[55]

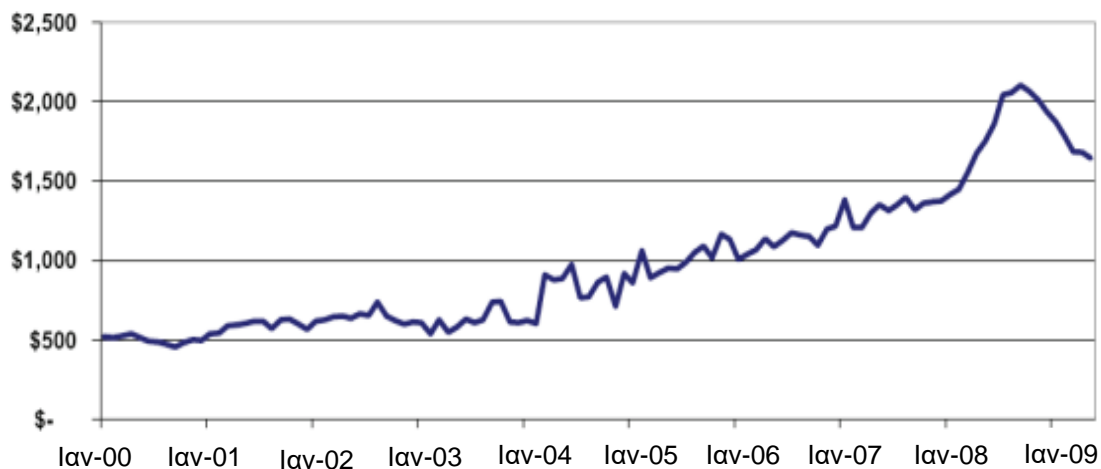


Σχήμα 10. Διάγραμμα Ροής συστοιχίας σωληνώσεων για την μεταφορά αέριου διοξειδίου του άνθρακα

Στο παραπάνω διάγραμμα ροής, παρουσιάζεται μία τυπική διαδικασία μεταφοράς διοξειδίου του άνθρακα μέσω της χρήσης συστοιχίας σωληνώσεων για προκαθορισμένη απόσταση, ποσότητα ανά μονάδα χρόνου και πίεσης.

Οργανολογία Διαγράμματος Ροής:

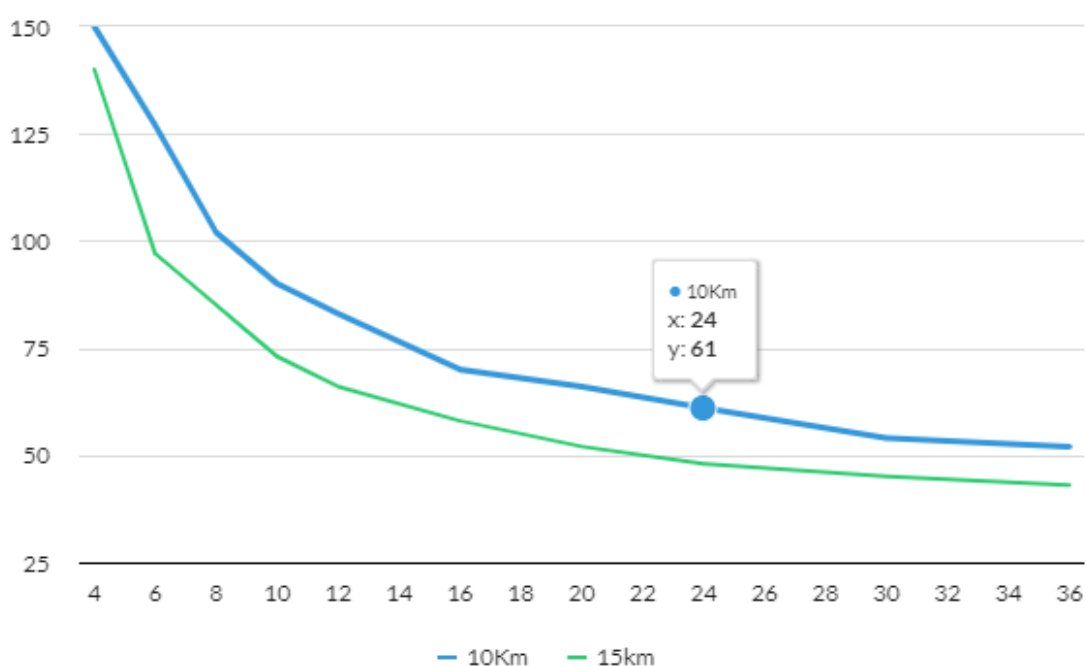
1. Συμπεστές χαμηλής πίεσης (αέρια φάση)
2. Εναλλάκτης Θερμότητας
3. Ξήρανση
4. Συμπεστές Υψηλής πίεσης (υγρή φάση)
5. Αντλία υψηλής πίεσης



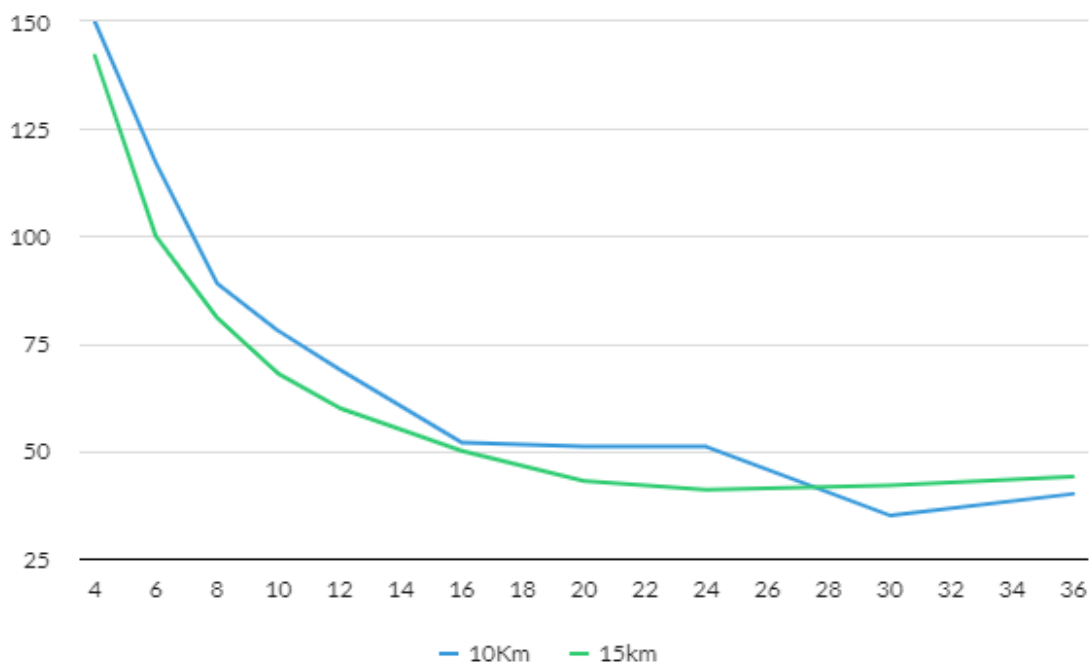
Σχήμα 11: Κόστος σε δολάρια ανά καθαρό βάρος και ανά τόνο πρώτων υλών για την κατασκευή ατσάλινου σωλήνα

Τέλος, πρέπει σαφώς να γίνει αναφορά στο κόστος των υλικών κατασκευής (βλ. Σχήμα 11) των σωλήνων μεταφοράς, που αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιλογή της εν τέλη χρησιμοποιούμενης μεθόδου.

Στην συνέχεια, παρατίθενται δύο διαγράμματα που παρουσιάζουν το κόστος αρχικά χερσαίας και στην συνέχεια υπεράκτιας κατασκευής σωλήνων σε ευρώ/μ σε σχέση με την διάμετρο (μετρημένη σε ίντσες) του αγωγού.



Σχήμα 12: Κόστος Χερσαίας Κατασκευής Σωλήνωσης σε ευρώ/μ σε σχέση με την διάμετρο



Σχήμα 13: Κόστος υπεράκτιας Κατασκευής Σωλήνωσης σε ευρώ/μσε σχέση με την διάμετρο

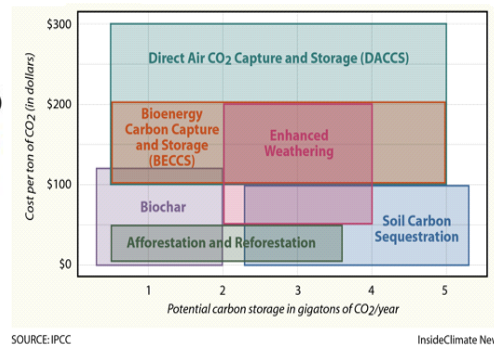
“ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΑΝΘΡΑΚΑ” (CARBON SINK)

Με την χρήση του όρου carbon sink, ονομάζουμε διαμορφώσεις που λειτουργούν ως φυσικές αποθήκες διαφόρων πηγών άνθρακα- και συνεπώς και διοξειδίου του άνθρακα- έχοντας την ικανότητα να δεσμεύουν και να συγκροτούν στο πέρασμα του χρόνου μεγαλύτερες ποσότητες άνθρακα από αυτές που εκλύουν στο περιβάλλον.

Οι παραπάνω διαμορφώσεις δρουν αυτόνομα χωρίς την απαίτηση εξωτερικής, ανθρώπινης παρέμβασης και συγκροτούν τις δεσμευόμενες ποσότητες για μεγάλες χρονικές περιόδους με συνήθη διάρκεια μεγαλύτερη από ότι οι τεχνητές αποθήκες άνθρακα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα δάση (δέσμευση αέριου διοξειδίου μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης), οι ωκεανοί, άδενδρες πεδιάδες μεγάλης έκτασης (σαβάνα) και τέλος εύφορες καλλιεργήσιμες εκτάσεις φωτοσυνθετικών φυτικών οργανισμών.



Σχήμα 14. Φυσικές και τεχνίτες αποθήκες άνθρακα



SOURCE: IPCC

InsideClimate News

Σχήμα 15. Συνδυασμός και συνεργία μεθόδων αποθήκευσης

Δυστυχώς, η ύπαρξη των παραπάνω φυσικών διαμορφώσεων αποθήκευσης διαφόρων πηγών άνθρακα χρησιμοποιείται συχνά τόσο στις διεθνείς όσο και στις ευρωπαϊκές διαπραγματεύσεις ως αντίποδας στην προσπάθεια μείωσης της ανθρώπινης βιομηχανικής ρύπανσης υποστηρίζοντας ότι προσπάθειες αναδάσωσης και διατήρησης σημαντικών δασικών εκτάσεων είναι από μόνη της αρκετή για την εξισορρόπηση των ποσοστών διοξειδίου στην ατμόσφαιρα. Το προηγούμενο επιχείρημα έχει αναιρεθεί από την επιστημονική κοινότητα εξαιτίας της δυναμικής ισορροπίας που διατηρείται μεταξύ της δέσμευσης και της εκ νέου έκλυσης του αερίου στην ατμόσφαιρα. Ο κύκλος του άνθρακα στις δασικές εκτάσεις είναι διαρκής με αποτέλεσμα ο άνθρακας να απορροφάτε με την μορφή αερίου διοξειδίου και να κυκλοφορεί μετά την αποθήκευσή του ως βιολογικός άνθρακας μέχρι την επανέκλυση του.[32]

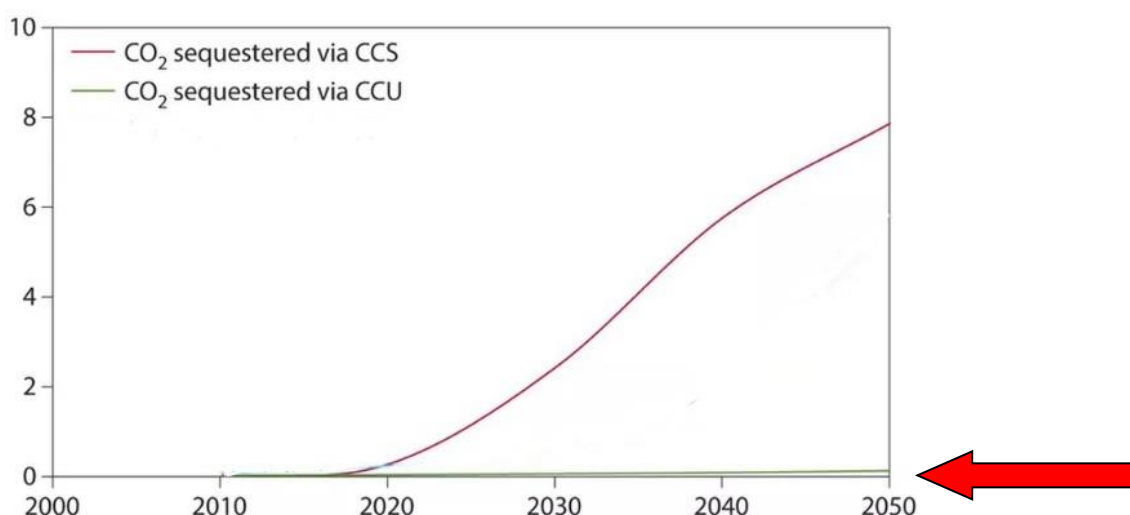
II.a.iii. Τεχνολογίες Αξιοποίησης των Βιομηχανικών εκπομπών CO₂-CARBON CAPTURE UTILIZATION (CCU)

Με τον όρο τεχνολογίες αξιοποίησης βιομηχανικών εκπομπών, αναφορά γίνεται στις τεχνολογίες αυτές που εντασσόμενες σε ένα σύστημα βιομηχανικών εκπομπών, μπορούν να μετατρέψουν το παραγόμενο ή ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα σε καύσιμα, χημικά ή λοιπά χρήσιμα προϊόντα με μεγαλύτερη εμπορική αξία. Η κύρια διαφορά τους με τις προαναφερθείσες τεχνολογίες είναι πως η χρήση τους δεν απαιτεί την χρήση γεωλογικών ή άλλων χώρων αποθήκευσης του επεξεργαζόμενου διοξειδίου αλλά αποσκοπεί στην ολοκλήρωση του κύκλου του άνθρακα πάνω από το επίπεδο του εδάφους.

Μερικές χαρακτηριστικές εφαρμογές τέτοιων τεχνολογιών αποτελούν η παραγωγή βιοκαυσίμων και καυσίμων που η χρήση τους δεν οδηγεί στην απελευθέρωση επιπλέον ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, η σύνθεση καυσίμου μεθανόλης και η χημική σύνθεση, όπου το δεσμευμένο διοξείδιο

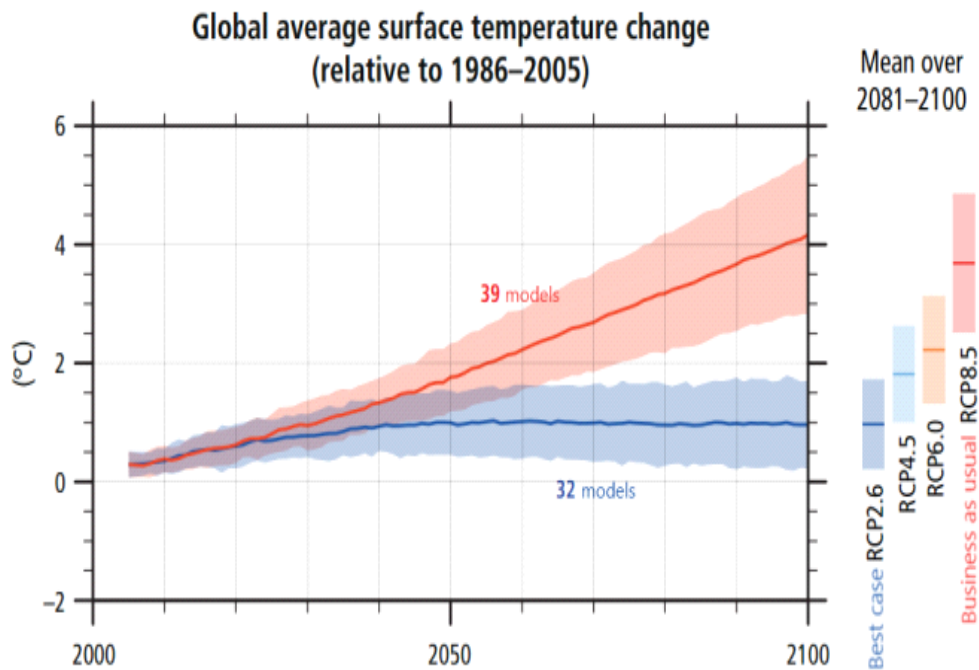
του άνθρακα μετατρέπεται χημικά σε μια ευρεία γκάμα χρήσιμων προϊόντων. Πρόβλημα της εν λόγω διαδικασίας αποτελεί η χρήση του διοξειδίου του άνθρακα για την παραγωγή προϊόντων όπου η χημική τους σύσταση αποτελείται από άτομα άνθρακα συνδεδεμένα σε σειρά σε ευθεία αλυσίδα, τα οποία λόγω της απλής δομής τους παρουσιάζουν μικρό χρόνο ζωής και το ενδεχόμενο να διασπαστούν απελευθερώνοντας πάλι διοξείδιο στην ατμόσφαιρα σε διάστημα μικρότερο των έξι μηνών είναι μεγάλη.

Τα τελευταία χρόνια, τόσο οι προ υπάρχουσες όσο και καινούριες τεχνολογίες CCU, αξιολογούνται από τα μέλη της Commission και από εξειδικευμένους φορείς της ευρωπαϊκής ένωσης αναφορικά με την αποτελεσματικότητά τους να δεσμεύουν το αέριο διοξείδιο του άνθρακα και να το χρησιμοποιούν σαν καύσιμο κατά την παραγωγή νέων χρήσιμων προϊόντων. Η αξιολόγηση αυτή γίνεται σύμφωνα με την ικανότητα των εν λόγω τεχνολογιών να μας φέρουν ένα βήμα πιο κοντά στον στόχο της διατήρησης μίας παγκόσμιας ανόδου της θερμοκρασίας μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα κάτω από 2^o Κελσίου, μέσω της μείωσης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.[9]



Σχήμα 16. Πρόγνωση δυναμικότητας απομόνωσης αέριου διοξειδίου του άνθρακα μέσω της χρήσης τεχνολογιών CCU [9]

Σε μία πρόβλεψη μέχρι το έτος 2050, η χρήση τεχνολογιών CCU μπορούν να απομονώσουν περαιτέρω 3.86 gtn (γιγατόνους) διοξειδίου του άνθρακα, μέγεθος διόλου μεγάλο σε σχέση με τον τελικό μας στόχο, ωστόσο η τεχνολογία αυτή θα οδηγήσει στον περιορισμό της χρήσης υδρογονανθράκων και συνεπώς σε ακόμα σημαντικότερη μείωση των εκπομπών (βλ. Σχήμα 16).



Σχήμα 17. Μεταβολή της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας ανά πιθανό σενάριο

Δυστυχώς πολλές από αυτές τις τεχνολογίες ,παρά την μεγάλη χρησιμότητα που μπορούν να επιφέρουν στην επίτευξη των κλιματικών και περιβαλλοντικών μας στόχων, δεν είναι ακόμα έτοιμες να χρησιμοποιηθούν, τουλάχιστον όχι στα επίπεδα βιομηχανικής κλίμακας, ενώ άλλες βρίσκονται ακόμα σε πρώιμα στάδια εργαστηριακής μελέτης. Σήμερα δεν υπάρχουν αξιόπιστες εκτιμήσεις για τη συνολική πραγματική μείωση των επιπέδων του αέριου διοξειδίου στην ατμόσφαιρα που θα μπορούσε να προκύψει από την χρήση των παραπάνω τεχνολογιών. Η ποσότητα του CO₂ που θα δεσμεύεται και θα χρησιμοποιείται κάθε φορά ποικίλει, ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και ανάλογα με την ενέργεια που θα δαπανηθεί για την παραγωγή του τελικού προϊόντος (οικονομικός παράγοντας).

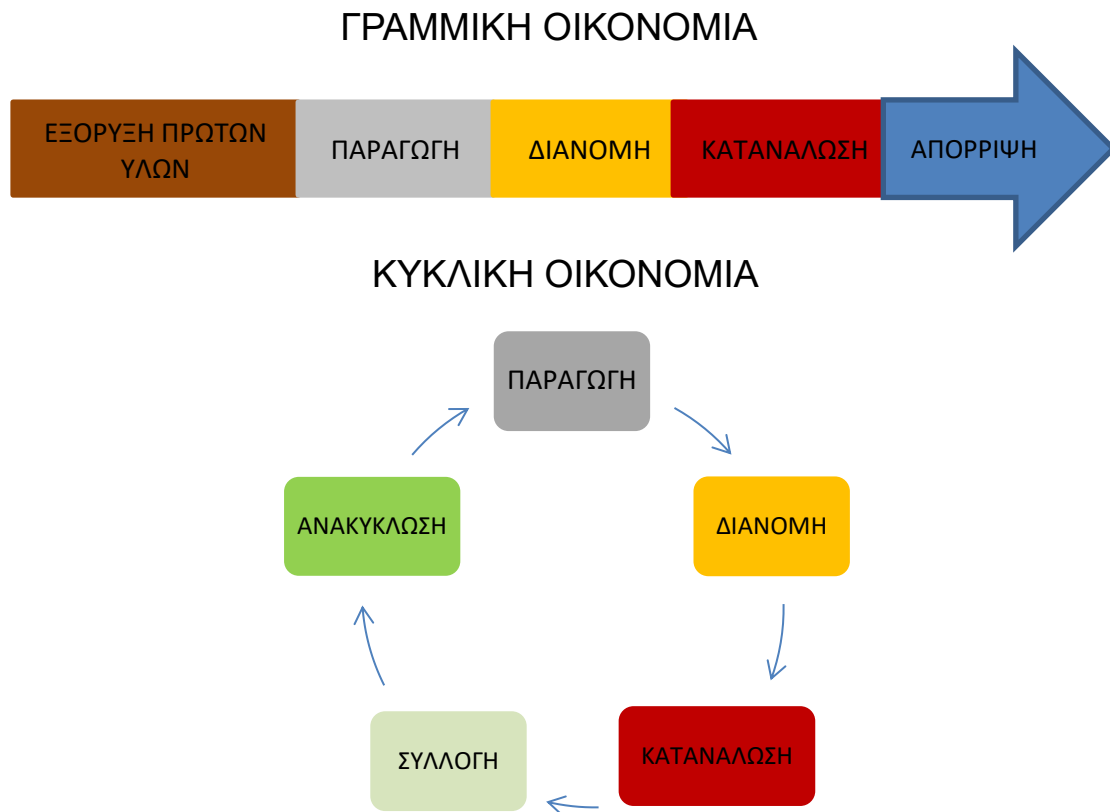
Τέλος, αξίζει να τονιστεί πως λόγω της λειτουργίας τους να μετατρέπουν το αποβαλλόμενο στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα σε χρήσιμα προϊόντα οι CCU τεχνολογίες υποστηρίζουν την ύπαρξη μίας κυκλικής οικονομίας κατά την οποία η τεχνολογική και οικονομική ανάπτυξη θα εξελίσσεται με έναν περισσότερο βιώσιμο τρόπο για το μέλλον.

II.a.iv. Κυκλική Οικονομία (Circular Economy)

Η έννοια της κυκλικής οικονομίας, εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1976 σε μία ερευνητική εργασία με τίτλο "Το Δυναμικό Αντικατάστασης Εργατικού Δυναμικού για Ενέργεια" (The Potential for Substituting Manpower for Energy) από τους Walter Stahel και Genevieve Reday οι οποίοι οραματίζονταν την ύπαρξη μίας οικονομίας που λειτουργεί σε κύκλους ("loops") και το αντίκτυπό της στην δημιουργία θέσεων εργασίας, στην οικονομική ανταγωνιστικότητα, στην εξοικονόμηση πόρων και τέλος στην πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων. Στόχος της, αποτελεί η διασφάλιση ότι τα τεχνικά και βιολογικά υλικά θα ρέουν συνεχώς μέσα στην οικονομία, διαφυλάσσοντας συνεπώς τα πολύτιμα και πεπερασμένα αποθέματα και αποσυνδέοντας την ανάπτυξη από την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων. Αιτία, για την γέννηση της ανάγκης για εστίαση στους τρόπους επαναχρησιμοποίησης, επισκευής, ανανέωσης και ανακύκλωσης των υφιστάμενων υλικών αποτελεί η συνειδητοποίηση ότι η τωρινή οικονομία που στηρίζεται αποκλειστικά στην εξόρυξη πόρων δεν αποτελεί πλέον βιώσιμη επιλογή.[1],[2],[4]

Οι υποστηρικτές της κυκλικής οικονομίας υποδεικνύουν ότι ένας βιώσιμος κόσμος δεν συνεπάγεται πτώση της ποιότητας ζωής των ατόμων και μπορεί να επιτευχθεί χωρίς απώλειες εσόδων ή επιπλέον κόστος για τους κατασκευαστές, βεβαιώνοντας ότι τα κυκλικά επιχειρηματικά μοντέλα μπορούν να είναι εν γέννη εξίσου κερδοφόρα με τα γραμμικά μοντέλα στα οποία βασιζόμαστε σήμερα ("παίρνω-φτιάχνω-απορρίπτω"). Η κυκλική οικονομία γίνεται κατανοητή ακόμα, εάν εξετάσουμε τα φυσικά, βιοσυστήματα που καθένα από τα στοιχεία τους εντάσσεται στο σύνολο και εναρμονίζεται με τα υπόλοιπα με βέλτιστο τρόπο επιτυγχάνοντας την μέγιστη αποδοτικότητα.

Για να γίνει αντιληπτό το μέγεθος του προβλήματος, αρκεί να αναλογιστεί κανείς, πως κάθε χρόνο κάθε πολίτης της ευρωπαϊκής ένωσης χρησιμοποιεί 15 τόνους υλικών, παράγοντας πάνω από 4,5 τόνους απόβλητα, η πλειονότητα των οποίων καταλήγει στα ΧΥΤΑ.



Σχήμα 18. Γραμμική έναντι Κυκλικής Οικονομίας από την παραγωγή έως την απόρριψη ή επαναχρησιμοποίηση

Παρά την πληθώρα των θετικών επιδράσεων που θα έχει ο σωστός σχεδιασμός και εφαρμογή ενός κυκλικού συστήματος οικονομίας, η μετάβαση προς το βήμα αυτό αντιμετωπίζει ακόμα αρκετές προκλήσεις τόσο σε εγχώριο, όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Οι σημαντικότερες από αυτές τις προκλήσεις παρατίθενται ακολούθως:

1. Οι εταιρίες συχνά στερούνται της ευαισθητοποίησης, γνώσης ή ικανότητας που απαιτείται για την αναζήτηση κυκλικών οικονομικών λύσεων.
2. Τα υφιστάμενα συστήματα, οι υποδομές, τα επιχειρηματικά μοντέλα και η τεχνολογία συχνά εμποδίζουν την οικονομία να κινηθεί σε ένα πιο κυκλικό μοντέλο.
3. Οι επενδύσεις σε μέτρα για τη βελτίωση της αποδοτικότητας, ή σε καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα, παραμένουν ανεπαρκείς καθώς θεωρούνται επισφαλείς, πολύπλοκες και χρονοβόρες.
4. Οι τιμές πώλησης, συχνά δεν αντανακλούν το πραγματικό κόστος της χρήσης πόρων και ενέργειας για την κοινωνία.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να τονιστεί, πως η Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα για την Αποδοτική χρήση πόρων (EREP-φορέας της ΕΕ για την διασφάλιση μίας αιεφόρας οικονομίας), σε σενάριο κοινωνικής πρακτικής (Modelling the economic and

environmental impacts of change in raw material consumption' (2014), Cambridge Econometrics) κατέληξε πως η υλοποίηση έως 30%των πρόσθετων μέτρων για την δημιουργία μίας κυκλικής και αειφόρας οικονομίας, μέχρι το έτος 2030 μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του ΑΕΠ της τάξεως του 1% οδηγώντας στην δημιουργία περισσότερων από 2 εκατομμυρίων καινούριων θέσεων εργασίας.[5],[22],[23]

II.a.iv. ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΡΥΠΩΝ- EU Emissions Trading System (ETS)

Το Σύστημα Ανταλλαγής Δικαιωμάτων παραγωγής ρύπων, μπήκε σε ισχύ την 1^η Ιανουαρίου του 2005 με συνολική συμμετοχή δεκαπέντε κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχοντας ως κύριο στόχο την δημιουργία ενός μηχανισμού εντός της βιομηχανικής αγοράς ο οποίος θα καθορίζει την αξία και άρα και το κόστος του εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα με απώτερο σκοπό την ώθηση της βιομηχανίας να μειώσει τις αέριες εκπομπές της (βλ. Σχήμα 20).

Το εν λόγω σύστημα δρα, υποχρεώνοντας τις εταιρίες να έχουν αυστηρά καθορισμένα δικαιώματα εκπομπής αέριων ρύπων, ανάλογα με την ένταση καθώς και τις απαιτήσεις της ξεχωριστής βιομηχανικής τους δραστηριότητας, μετατρέποντας έτσι την χρήση ορυκτών καυσίμων πιο δαπανηρή και την χρήση "καθαρότερων" πηγών ενέργειας περισσότερο συμφέρουσα. Ταυτόχρονα, παρέχεται η δυνατότητα πώλησης –μέσω δημοπρασίας- των δικαιωμάτων που περίσσεψαν στο τέλος της παραγωγικής περιόδου, σε εταιρίες που υπερέβησαν τα όρια εκπομπών τους με αποτέλεσμα το οικονομικό όφελος που θα προκύψει από την πώληση τους να δρα ως επιπλέον κίνητρο για την δημιουργία μίας βιομηχανίας με μειωμένες εκπομπές. Από το 2013 και έπειτα, στο ETS μετέχουν περισσότερα από 11,000 εργοστάσια, σταθμοί παραγωγής ενέργειας και λοιπές βιομηχανικές εγκαταστάσεις με καθαρή περίσσεια θερμότητας 20MW. Στο σύνολο, μετέχουν 31 χώρες, 28 εκ των οποίων ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τρεις (Ισλανδία, Νορβηγία, Λιχτενσταϊν) όχι. Μακροπρόθεσμος στόχος του ETS αποτελεί η μείωση των αερίων εκπομπών κατά 20% έως το έτος 2020 σε σύγκριση με τις παραγόμενες ποσότητες του έτους 1990 και η ταυτόχρονη αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά το ίδιο ποσοστό. Το ETS αποτέλεσε παράδειγμα προς μίμηση για την δημιουργία άλλων παρόμοιων συστημάτων ανταλλαγής δικαιωμάτων εκπομπών είτε σε εθνικό, υπό-εθνικό και περιφερειακό επίπεδο.

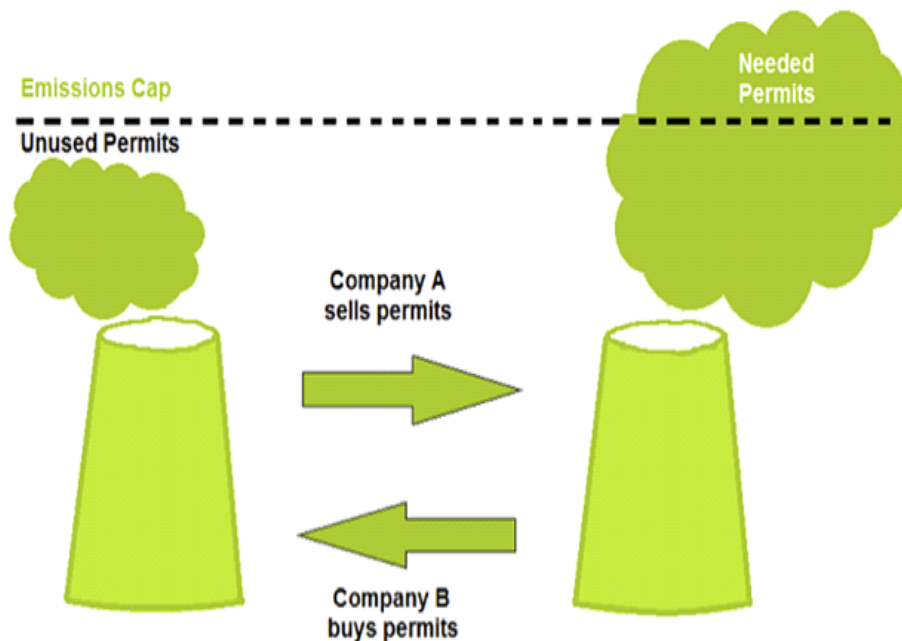
Προκειμένου να κατανοηθεί βαθύτερα η λειτουργία του παραπάνω συστήματος ανταλλαγής δικαιωμάτων και ο τρόπος με τον οποίο θέτονται τα μέγιστα επιτρεπτά όρια εκπομπών ανά βιομηχανία, πρέπει στο σημείο αυτό να εισαχθεί και να αναλυθεί ο όρος <<cap and trade>> .

ΕΠΙΒΟΛΗ ΑΝΩΤΑΤΟΥ ΟΡΙΟΥ ΕΜΠΟΡΙΑΣ - CAP AND TRADE

Όπως προαναφέρθηκε, κάθε βιομηχανία έχει καθορισμένα επιτρεπτά επίπεδα παραγωγής αερίων εκπομπών τα οποία καθορίζονται από τον μέγιστο αριθμό <<cap>> των δικαιωμάτων που κατέχει. Η κατοχή (π.χ. μέσω αγοράς) ενός δικαιώματος εκπομπής δίνει στην κάτοχο-εταιρία τα εξής δικαιώματα:

- Εκπομπή ενός τόνου διοξειδίου του άνθρακα ή,
- Ισόποση εκπομπή δύο περισσότερο ρυπογόνων αερίων του θερμοκηπίου, οξειδίου του νιτρίου (N₂O) και υπερφθορανθράκων (PFFCs)

Στο πλαίσιο του στόχου για μείωση των αέριων εκπομπών σε ευρωπαϊκό επίπεδο, αξίζει να σημειωθεί πως τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα αγοράς δικαιωμάτων μειώνονται σταδιακά χρόνο με τον χρόνο ενώ το ETS βρίσκει εφαρμογή εκτός από τον τομέα των βιομηχανικών εκπομπών και στον τομέα των παραγόμενων ρύπων τόσο της ναυτιλίας όσο και των αερομεταφορών με την δημοπρασία των δικαιωμάτων στον τομέα της μεταφοράς να λαμβάνει χώρα σε χωριστό “εικονικό” σύστημα (βλ. Σχήμα 19).



Σχήμα 19. Λειτουργία αγοροπωλησίας δικαιωμάτων αέριων εκπομπών

Με βάση την παραπάνω εικόνα, αξίζει να τονιστεί πως κάθε βιομηχανική μονάδα μπορεί να διαθέτει διαφορετικό <<cap>> από τους υπόλοιπους ανταγωνιστές της, χάριν απλούστευσης στην προκειμένη εμφανίζεται με μία πάγια οριζόντια γραμμή.

Το τρέχον έτος, το ETS βρίσκεται στο τρίτο στάδιο – phase III-προς την υλοποίηση του στόχου μείωσης των αέριων εκπομπών και αύξησης της

παραγωγικότητας, το οποίο ξεκίνησε το έτος 2013 και θα έχει διάρκεια επτά χρόνων. Συνοπτικά, οι τέσσερις φάσεις του συστήματος ανταλλαγής δικαιωμάτων εκπομπής αέριων ρύπων εκ των οποίων και οι στόχοι των δύο πρώτων επιτεύχθηκαν είναι οι εξής:

- Πρώτη φάση (Phase I) -2005 έως 2007- “πιλοτική φάση”.
- Δεύτερη φάση (Phase II) – 2008 έως 2012- όπου συνυπήρξε με την πρώτη περίοδο δεσμεύσεων του πρωτόκολλου του Kyoto.
- Τρίτη φάση (Phase III) – 2013 έως 2020- αποτελεί την μεγαλύτερη μεταβατική φάση προς το παρόν.
- Τέταρτη φάση (Phase IV) -2021-2030- όπου και το σχέδιο για την λεπτομερή εφαρμογή της κατατέθηκε το 2015.

Η εφαρμογή του ETS ξεκίνησε σε περιπτώσεις βιομηχανικών κλάδων και ρύπων στις οποίες η συνολικά εκπεμπόμενη ποσότητα ήταν εύκολο να μετρηθεί, να καταγραφεί και να επαληθευτεί με ακρίβεια. Χαρακτηριστικό την πρώτης φάσης εφαρμογής αποτέλεσε η εφαρμογή αρκετά υψηλού περιθωρίου εκπομπών με ταυτόχρονη δυνατότητα ανταλλαγής υψηλού ποσού δικαιωμάτων, κάτι που οφείλεται κυρίως στην έλλειψη καταγραφικών δεδομένων όπου να αναγράφονται τα ακριβή επίπεδα εκπομπών ανά βιομηχανία για τα προηγούμενα έτη. Αποτέλεσμα, ήταν η πτώση της τιμής των δικαιωμάτων, φτάνοντας έως και τα €20/tCO₂ δημιουργώντας ως συνέπεια μια περίσσεια δικαιωμάτων ύψους 150 εκατομμυρίων έως το πέρας του 2007. Η λύση του προβλήματος δόθηκε στην δεύτερη φάση όπου το περιθώριο αγοράς δικαιωμάτων περιορίστηκε κατά 6,5% σε σχέση με το 2005.

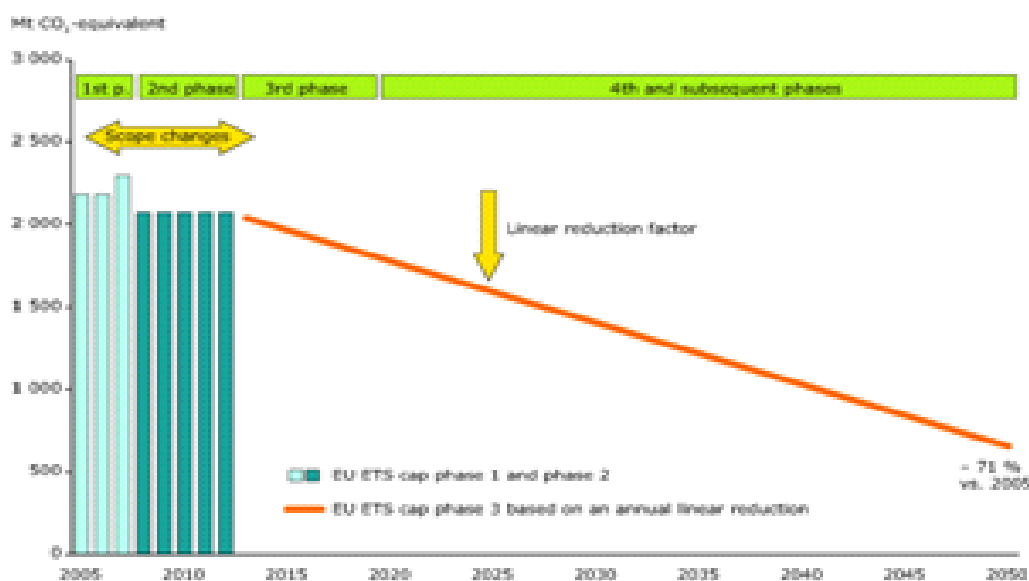
ΤΡΙΤΗ ΦΑΣΗ - PHASE III – CURRENT PHASE (2013-2020)

Έχοντας ως γνώμονα τις γνώσεις αλλά και την πείρα που αποκτήθηκε από τις δύο πρώτες περιόδους ανταλλαγής δικαιωμάτων, η φάση III εισήγαγε σημαντικές αλλαγές στο υπάρχον σύστημα. Σε σύγκριση με τις δύο πρώτες φάσεις, οι κύριες αλλαγές που επήλθαν είναι οι ακόλουθες:

- Δημιουργία ενός κεντρικού συστήματος εμπορίας, μέσω ενός ενιαίου μητρώου Ευρωπαϊκής Ένωσης
- Η θέσπιση ενός ενιαίου ανώτατου ορίου δικαιωμάτων εκπομπών σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης
- Η καθιέρωση του πλειστηριασμού ως το μοναδικό σύστημα προεπιλογής για

την κατανομή των δικαιωμάτων εκπομπής αέριων ρύπων

- Τα κράτη μέλη μπορούν να χορηγούνται δωρεάν δικαιώματα για τον σκοπό του εκσυγχρονισμού της μεθόδου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Οι εγκαταστάσεις σε τομείς που θεωρείται ότι εκτίθενται σε σημαντικό κίνδυνο διαρροής άνθρακα στο περιβάλλον (carbon leakage), θα λαμβάνουν μεγαλύτερο ποσοστό δωρεάν δικαιωμάτων
- Η θέσπιση και εφαρμογή εναρμονισμένων κανόνων και κριτηρίων απόδοσης για την κατανομή δωρεάν δικαιωμάτων



Σχήμα 20. EU ETS cap ανά φάση (Μ.Τ. διοξειδίου ανά Έτος)

Αναφορικά με την τέταρτη και τελευταία φάση του ETS, οι κλιματικές και ενεργειακές πολιτικές που θα ακολουθήσει στηρίζουν την στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μία πράσινη Ήπειρο, δεσμεύοντας τους βιομηχανικούς και μεταφορικούς κλάδους προς μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων κατά 40% (σε σχέση με το 1990).

ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ - ISO -14064 INTERNATIONAL STANDARDS FOR ENVIROMENT

Στο σημείο αυτό, αξίζει να τονιστεί πως οργανισμοί, εταιρίες και βιομηχανικές μονάδες οι οποίοι δεν υποχρεούνται να συμμορφωθούν με τους κανονισμούς και όρια του Emission Trading System έχουν την δυνατότητα να παρακολουθούν και να καταγράφουν τα ποσοστά εκπομπής αέριων ρύπων τους «εθελοντικά», προκειμένου να αναγνωρίζεται παγκοσμίως η δυνατότητά τους να λαμβάνουν συμμετοχή σε διεθνή πρωτόκολλα αγοροπωλησίας δικαιωμάτων. Το εν λόγω standard αποτελεί μία μέθοδο γνωστή στους περιβαλλοντικούς κλάδους και ως MRV, σηματοδοτώντας τα τρία απαραίτητα στάδια για την υλοποίηση της:

- Monitor –καταγραφή που πραγματοποιείται από την ίδια την εταιρία

- Review–Αξιολόγηση που γίνεται από κάποιον Ευρωπαϊκά αρμόδιο και πιστοποιημένο φορέα
- Verification–Το τελικό στάδιο που αποτελεί την πιστοποίηση του οργανισμού ότι πληρεί όλες τις απαραίτητες με τον κανονισμό προϋποθέσεις για την συμμετοχή του στο διεθνές trading system. [47],[48].

Το ISO-14064 από το φθινόπωρο του 2006, μπορεί να ακολουθηθεί και από ολόκληρες κυβερνήσεις οι οποίες θέλουν να μετέχουν εξολοκλήρου σαν εγχώρια βιομηχανία στα διεθνή περιβαλλοντικά δρώμενα. Κατ' ουσία, ο κανονισμός παρέχει τα εργαλεία και τις μεθόδους που οφείλουν να χρησιμοποιηθούν και ο Ευρωπαϊκά αναγνωρισμένος φορέας (συνήθως εταιρία παροχής Τεχνικών Συμβουλών σε περιβαλλοντικά ζητήματα) παρέχει καθοδήγηση προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητές προσαρμογές.

II.b.Ειδικό Θεωρητικό

II.b.i. Βιομηχανία κατασκευής/σκυροδέματος (περιβαλλοντικό αποτύπωμα)

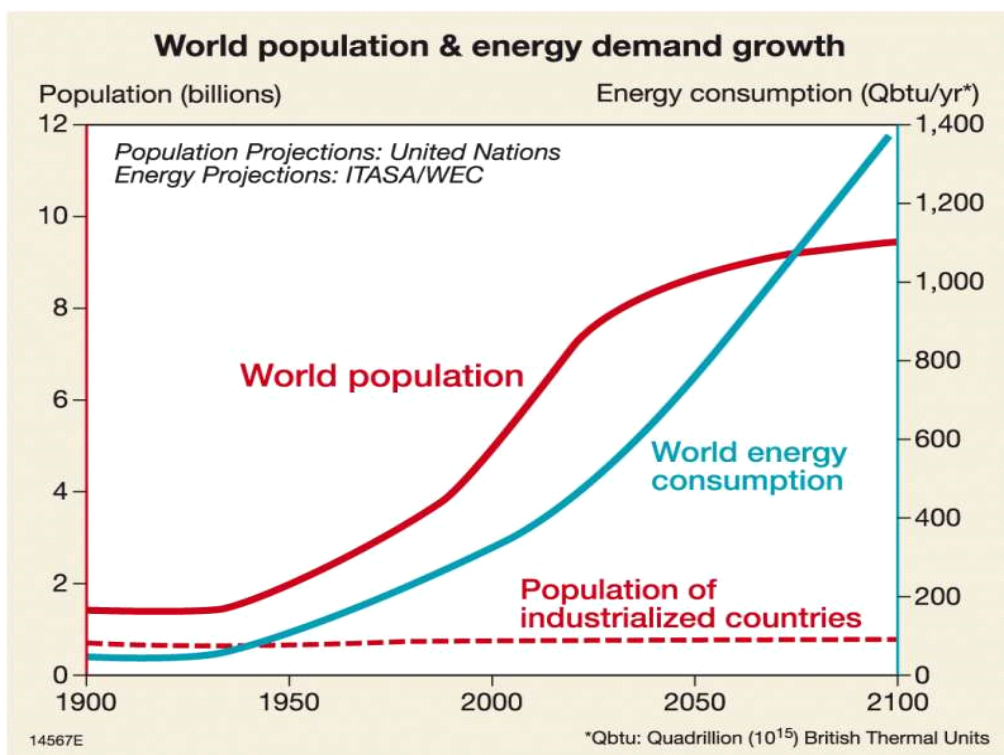
Η επινόηση του σκυροδέματος από την ανθρωπότητα, αποτελεί αναμφισβήτητο σταθμό στην ιστορική εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών. Η απλότητα, η ανθεκτικότητα, η αντοχή και κυρίως η χαμηλή τιμή του το έκαναν ιδανικό υλικό για την κατασκευή των θεμελίων όλων των σύγχρονων κοινωνιών, ενώ πολλοί είναι αυτοί που το αποκαλούν “υγρή πέτρα”.

Το σκυρόδεμα, διατηρεί σε μέγιστο βαθμό τις ξεχωριστές ιδιότητές του τόσο σε υπόγειες και υπέργειες τοποθεσίες ακραίων θερμοκρασιών και υγρασίας, είναι ανθεκτικό στην φωτιά, ενώ απορροφά και εκλύει θερμότητα με τέτοιο τρόπο ώστε να δρα σαν φυσικό κλιματιστικό. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω, είναι πως το σκυρόδεμα αποτελεί το τέταρτο ευρύτερα χρησιμοποιούμενο υλικό/αγαθό στον κόσμο μετά από τον αέρα, το νερό και το τσιμέντο. Για να αναλογιστεί κανείς το μέγεθος της ζήτησης και χρήσης του, αρκεί να αναφερθεί πως παγκοσμίως, πάνω από 10 δισεκατομμύρια τόνοι σκυροδέματος χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο.

Το εν λόγω υλικό (σκυρόδεμα), χρησιμοποιείται συνεργατικά με το τσιμέντο – πούδρα συνήθως γκρι απόχρωσης- που αποτελεί την “κόλλα” η οποία συγκρατεί τα αδρανή συστατικά. Το τσιμέντο περιέχει οξείδια ασβεστίου, πυριτίου, αλουμινίου και σιδήρου. Από την παραγωγή του τσιμέντου εκλύονται περίπου 600 με 700 τόνων διοξειδίου του άνθρακα ετησίως. Η έκλυση αυτή εξηγείται καθώς η παραγωγή του τσιμέντου απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας, προερχόμενα τόσο από την καύση ορυκτών καυσίμων, όσο και από την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης των τελευταίων ετών, από το 2011 έως το έτος 2050 ο παγκόσμιος πληθυσμός αναμένεται να αυξηθεί από 7

δισεκατομμύρια σε 9,3 ενώ ταυτόχρονα ο αστικός πληθυσμός θα αυξηθεί με ανάλογα γεωμετρικό ρυθμό, ξεπερνώντας συνολικά τα 6 δισεκατομμύρια. Οι προβλέψεις αυτές προμηνύουν μία Ευρώπη με ολοένα αυξανόμενες κατασκευαστικές ανάγκες, ενεργειακές απαιτήσεις και σαφώς βιομηχανικές, αστικές και μεταφορικές εκπομπές αέριων ρύπων κάνοντας το έργο παρακολούθησης και μείωσης τους ακόμα δυσκολότερο.



Σχήμα 21. Συσχέτιση παγκόσμιου πληθυσμού και ενεργειακής κατανάλωσης

Το τιμέντο, σαν κύριο συστατικό του σκυροδέματος, αναμένεται να παίζει σπουδαίο ρόλο τα προσεχή χρόνια στην διαχείριση των ήδη περιορισμένων πόρων, του υπερπληθυσμού και της υπέρμετρης αστικοποίησης μέσω των παρακάτω πιθανών λύσεων:

- Παροχή καινοτόμων μεταφορικών λύσεων με μειωμένες εκπομπές λύνοντας παράλληλα το πρόβλημα της συμφόρησης.
- Δημιουργία επαναστατικών, ενεργειακά αποδοτικών κτηρίων τόσο για στέγαση όσο και για εργασία.
- Κατασκευή κατακόρυφων κτηρίων για την μείωση του απαιτούμενου χώρου στέγασης 9 δισεκατομμυρίων ανθρώπων.
- Κατασκευή υποδομών που θα προστατεύουν τις αστικές και μη περιοχές από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

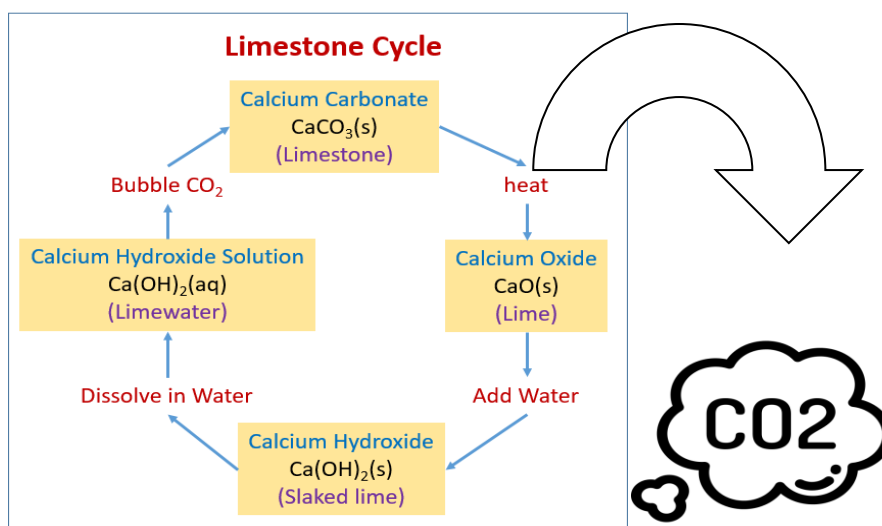
Στο σημείο αυτό, αξίζει να τονιστεί ότι προκειμένου οι παραπάνω λύσεις να γίνουν πραγματικότητα θα πρέπει να γίνουν σημαντικά βήματα και σε άλλους τομείς, με σημαντικότερη την εφεύρεση “νέων τσιμέντων” προερχόμενα από διαφορετικά μείγματα γύψου, κλίνκερ νερού και οξειδίων, η παραγωγή των οποίων θα είναι φιλικότερη προς το περιβάλλον.

Ακόμα, η χρήση εναλλακτικών καυσίμων βιομάζας, η αύξηση του μεγέθους των ήδη υπάρχουσών εργοστασίων παραγωγής τσιμέντου και η χρήση τεχνολογιών δέσμευσης των εκπεμπόμενων ρύπων αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για την επίτευξη των παραπάνω στόχων. Η τελευταία προϋπόθεση, αποτέλεσε και την βασική πρόταση-λύση της IEA (International Energy Authority) το 2009 σε συνδυασμό με την χρήση τεχνολογιών αξιοποίησης του εκπεμπόμενου αέριου διοξειδίου (CCU).

II.b.ii. Ενεργειακή Θεώρηση

Η παραγωγή τσιμέντου είναι μία ενεργοβόρα διαδικασία στην οποία η καταναλισκόμενη ενέργεια αντιπροσωπεύει από 20, έως 40% του συνολικού κόστους παραγωγής. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρησιμοποιείται είναι με την μορφή καυσίμου για την παραγωγή κλίνκερ και ηλεκτρικής ενέργειας για την άλεση των πρώτων υλών και του τελικού προϊόντος. Κατά το ήμισυ τους, οι εκπομπές αυτές αποτελούν “εκπομπές διεργασίας” που προκύπτουν από την αντίδραση που πραγματοποιείται κατά την θέρμανση του ασβεστόλιθου σε υψηλές θερμοκρασίες για την παραγωγή οξειδίου του ασβεστίου το οποίο με την σειρά του ενυδατώνεται προς τελική παραγωγή υδροξειδίου του ασβεστίου (Εικόνα 11).

Αυτός είναι ο βασικός λόγος για τον οποίο οι εκπομπές διοξειδίου κατά την παραγωγή τσιμέντου συχνά θεωρείται δύσκολο να περιοριστούν, δεδομένου ότι το διοξείδιο απελευθερώνεται από χημική αντίδραση και συνεπώς δεν μπορεί να εξαλειφθεί με την αλλαγή καυσίμου -ύπαρξη συγκεκριμένων περιορισμών νομοθεσίας ειδικά για την χρήση καυσίμων βιομάζας-ή την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας μέσω τροποποίησης ή εκσυγχρονισμού της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας. Δεδομένου ότι η παραγωγή τσιμέντου καταναλώνει κατά μέσο όρο από 4 έως 5 GJ ανά τόνο τσιμέντου, ο κλάδος αυτός χρησιμοποιεί στο σύνολό του 8 έως 10 EJ ενέργειας ετησίως.



Σχήμα 22. Ο ασβεστολιθικός κύκλος ή κύκλος του άνθρακα

Αξίζει να σημειωθεί ακόμα, ότι ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος τύπος τσιμέντου παγκοσμίως αποτελεί το τσιμέντο τύπου Portland (θα πραγματοποιηθεί εκτενέστερη αναφορά στην συνέχεια), ο οποίος χρησιμοποιείται στο 98% του παγκόσμιου σκυροδέματος σήμερα και περιέχει 95% κλίνκερ, συμπεραίνοντας εύκολα από αυτή την πληροφορία πως η παραγωγή του είναι αλληλένδετη με την χρήση μεγάλων ποσοτήτων καυσίμων.

Προτού γίνει η μετάβαση ωστόσο στην λεπτομερή ανάλυση των προβλεπόμενων μεθόδων μείωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της βιομηχανίας του τσιμέντου οφείλουν να παρατεθούν περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά του, την παραγωγική του διαδικασία καθώς και την παρούσα εξέλιξη του εν λόγω βιομηχανικού τομέα στην προσπάθεια δημιουργίας μίας “πράσινης” βιομηχανίας.

II.b.iii.Τσιμέντο

Το τσιμέντο είναι υδραυλικό συνδετικό, λεπτά διαμερισμένο ανόργανο υλικό (σκόνη-πούδρα) που σε ανάμειξη με νερό σχηματίζει παχύρευστο μείγμα, το οποίο σταδιακά στερεοποιείται μέσω αντιδράσεων και διεργασιών ενυδάτωσης. Με τον όρο τσιμέντο, αναφερόμαστε συνήθως στην προγενέστερη της ανάμειξης με νερό και άλλα ανόργανα υλικά μορφής της πούδρας, ενώ με τον όρο σκυρόδεμα, αναφερόμαστε συγκεκριμένα στο προκύπτουν υλικό μετά το στάδιο της ανάμειξης. Ανάλογα με το είδος των πρόσθετων ανόργανων υλικών, την αναλογία αυτών, τον βαθμό άλεσης και ενυδάτωσης, δημιουργούνται τσιμέντα ξεχωριστών χημικών ιδιοτήτων και αντοχών. Ο κύκλος παραγωγής τσιμέντου και σκυροδέματος αποτελείται από τα ακόλουθα στάδια (βλ. Σχήμα 23):

1. Εξόρυξη πρώτων υλών: Οι πρώτες ύλες για την παραγωγή τσιμέντου εξορύσσονται χρησιμοποιώντας ισχυρούς εκσκαφείς ή εκρηκτικά.

2. Θραύση ασβεστόλιθου: Ο ασβεστόλιθος συνθλίβεται από ειδικά μηχανήματα σε κομμάτια συνήθως μικρότερα από 30 χιλιοστά σε μέγεθος.

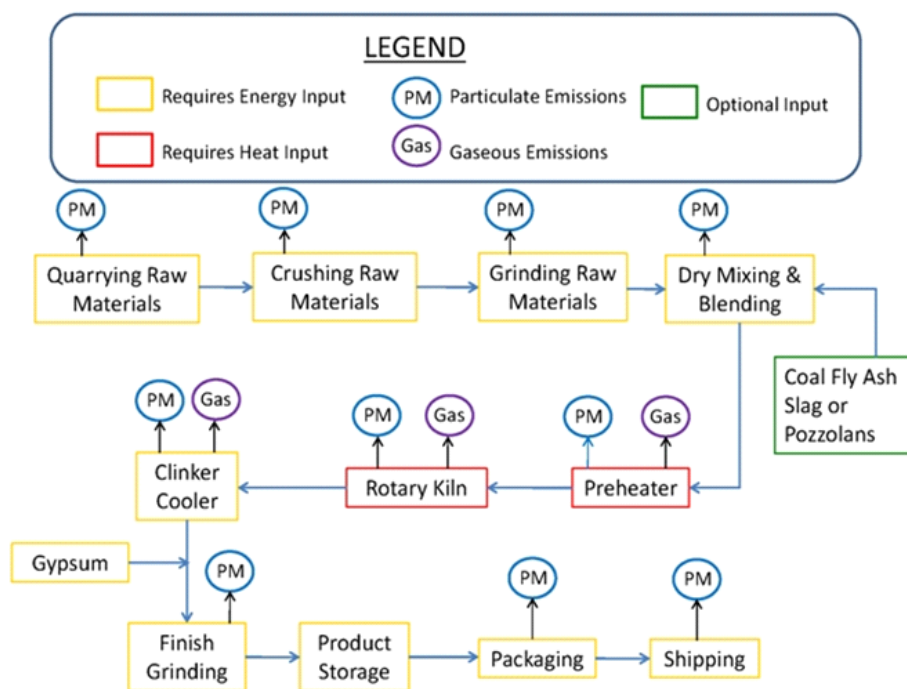
3. Αποθήκευση πρώτων υλών και προ-ομογενοποίηση: Οι πρώτες ύλες (θρυμματισμένος ασβεστόλιθος, χαλαζίτης, βωξίτης, οξείδιο του σιδήρου, γύψος κλπ.) Αποθηκεύονται ξεχωριστά ανά κατηγορία και στη συνέχεια μεταφέρονται στον μύλο σε προσεκτικά καθορισμένες και ελεγχόμενες αναλογίες για ανάμιξη.

4. Άλεσμα πρώτων υλών: Οι μύλοι είναι μεταλλικοί κύλινδροι με ισχυρή εσωτερική μεταλλική θωράκιση που περιέχει τόνους σφαιρικών τμημάτων φρεζαρίσματος χάλυβα. Καθώς το μύλο περιστρέφεται, αυτές οι σφαίρες χάλυβα συνθλίβουν τις πρώτες ύλες σε κόκκους, οι οποίοι σχηματίζουν αυτό που ονομάζεται φαρίνα (ή ωμό γεύμα).

5. Ομογενοποίηση και αποθήκευση ακατέργαστου γεύματος: Η φαρίνα, μεταφέρεται σε ειδικά σιλό όπου ολοκληρώνεται η διαδικασία ομογενοποίησης.

6. Παραγωγή κλίνκερ: Μετά την ομογενοποίηση, η φαρίνα, μετακινείται μέσω ενός συστήματος κυκλώνων που ονομάζεται προθερμαντήρας και υφίσταται βαθμιαία θερμική επεξεργασία σε θερμοκρασίες μέχρι 900C. Στη συνέχεια, περιστρεφόμενοι κλίβανοι χρησιμοποιούνται για το ψήσιμο του υλικού. Οι κλίβανοι είναι μεταλλικοί κύλινδροι μήκους 50 έως 150 μέτρων και διαμέτρου 3 - 5 μέτρων, υπενδεδυμένοι με πυρίμαχα τούβλα. Η περιστροφική δράση του κλιβάνου και η γωνία του οδηγούν την φαρίνα προς την έξοδο. Η θερμοκρασία αυξάνεται τόσο ψηλά όσο 1400 °C. Λόγω των διεργασιών μέσα στον κλίβανο, η φαρίνα, μετατρέπεται σε μια κοκκώδη σκληρή ουσία που ονομάζεται κλίνκερ.

7. Άλεσμα κλίνκερ για την παραγωγή τσιμέντου: Το κλίνκερ, (clinker) είναι το βασικό συστατικό του τσιμέντου και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του παραγόμενου τελικού προϊόντος. Το τσιμέντο, ως τελικό προϊόν, είναι μια πολύ λεπτή σκόνη που απαιτεί για την κατασκευή της ένα μείγμα κλίνκερ, γύψου και ορισμένων φυσικών ή τεχνητών υλικών (συνήθως αδρανών, όπως ποζολάνες), τα οποία προσφέρουν ευεργετικές ιδιότητες στο τσιμέντο. Οι μύλοι τσιμέντου μοιάζουν με τους μύλους πρώτων γευμάτων. Ο ακριβής συνδυασμός υλικών καθορίζεται αυστηρά και παρακολουθείται συνεχώς. Ο τύπος του τσιμέντου και ο βαθμός της θλιπτικής αντοχής, που είναι και το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό, εξαρτώνται από την χημική σύνθεση του κλίνκερ, την διάρκεια της άλεσης καθώς και από την παρουσία ή την απουσία διαφόρων προσθέτων.



Σχήμα 23. Παραδοσιακή μέθοδος παρασκευής τσιμέντου (παρουσίαση εκπομπών ανά διαδικασία) [Wikipedia:Cement production]

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η αναζήτηση για την εύρεση κατάλληλων υλικών ικανά να συγκρατήσουν μαζί πέτρες, τούβλα, άμμο και λοιπές κατασκευαστικές πρώτες ύλες με σκοπό την δημιουργία στέρεων και ανθεκτικών δομών ξεκινά ιστορικά την περίοδο της Νεολιθικής εποχής. Η χρήση ενός σκυροδέματος με ασβέστη, για την κατασκευή γυαλισμένων πατωμάτων σε νεολιθική τοποθεσία στην νότια Γαλιλαία έχει προσφάτως περιγραφεί από τους Malinowski και Garfinkel (1991) οι οποίοι είναι σε θέση, από ίχνη άλλων υλικών ευρισκόμενα στην περιοχή, να τοποθετήσουν το παραπάνω εγχείρημα χρονολογικά το 7000 π.Χ.

Η τόσο εκτεταμένη έκταση του εδάφους, φανερώνει την χρήση μεγάλων ποσοτήτων ασβεστού που ήταν απαραίτητες για την παρασκευή της απαιτούμενης ποσότητας σκυροδέματος, οδηγώντας στο εύλογο συμπέρασμα ότι η τεχνολογία της καύσης ή ασβεστοποίησης ασβεστόλιθου για να διαμορφώσει οξείδιο του ασβεστίου (θέρμανση του CaCO_3 σε άνω των $825\text{ }^\circ\text{C}$ για να σχηματίσει CaO) και η μετέπειτα ανάμειξη του με αδρανή ασβεστόλιθο και νερό προς σχηματισμό τσιμέντου ήταν μια κατασκευαστική διεργασία γνωστή στους χτίστες της Νεολιθικής εποχής. Πρωτίτερα αυτής της εκσκαφής, θεωρούνταν ότι το πρώτο ανόργανο υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την συνένωση και στέρεα συγκρότηση πετρωμάτων μεταξύ τους αποτελούνταν κατά κύριο λόγο από γύψο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Από τα αρχαιότερα αξιοσημείωτα ανθρώπινα κατασκευάσματα κατασκευασμένα στην βάση τους, από κονιάματα αποτελούμενα από ακατέργαστο γύψο και τσιμέντο, αποτελεί η πυραμίδα του Χέοπα (2316-2494 π.Χ., ύψους 147m) μερικά μπλοκ της οποίας ζύγιζαν έως και 14,5 τόνους.

ΕΛΛΗΝΟΡΩΜΑΪΚΗ ΕΠΟΧΗ (-1000 π.Χ. – 500 μ.Χ.)

Κατά την περίοδο αυτή, τόσο το Ελληνικό, όσο και το Ρωμαϊκό κατασκευαστικό ενδιαφέρον, στράφηκε στην παρασκευή και τελειοποίηση των κονιαμάτων που είχαν ως βάση το τσιμέντο ασβεστόλιθου στο οποίο και οι δύο πολιτισμοί έδωσαν την ονομασία “αέριο-κονίαμα”, αφού η διαδικασία σκλήρυνσης του γίνεται σταδιακά και απαιτεί την αντίδραση με το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας. Οι δεύτεροι, ολοκλήρωσαν επιτυχώς την διαδικασία αριστοποίησης του ασβεστολιθικού κονιάματος, με τον όρο αριστοποίηση να αναφέρεται κυρίως στην ανθεκτικότητα και διατηρησιμότητα των κατασκευών στο πέρασμα του χρόνου, κάτι που κατάφεραν αφιερώνοντας περισσότερη φροντίδα στην διαδικασία ανάμειξης και πρόσμιξης του κονιάματος. Ακόμα, τα τσιμέντα υδραυλικής ρύθμισης αναπτύχθηκαν την περίοδο αυτή αρχικά από τους Έλληνες και τους Ρωμαίους ενώ μετέπειτα η τεχνογνωσία της παρασκευής τους μεταφέρθηκε σταδιακά και στον υπόλοιπο κόσμο.

Αυτά τα πρώτα “τσιμέντα” παρουσιάζουν αύξηση της αντοχής τους όταν αποθηκεύονται κάτω από το νερό, μετά τη ρύθμιση της αναλογίας άμμου-ασβεστίτη που περιέχουν, ενώ για τόσο η δημιουργία όσο και οι ξεχωριστές ιδιότητές τους, συνδέονται στην προσθήκη ηφαιστειακής τέφρας (ποζολάνες) στον ασβεστοποιημένο ασβέστη και την άμμο προκειμένου να παραχθεί ένα κονίαμα που εμφανίζει ανώτερη αντοχή σε σύγκριση με το αρχικό μίγμα άμμου-ασβεστίτη. Η χρησιμοποιούμενη ηφαιστειακή τέφρα που χρησιμοποιούνταν από τους δύο πολιτισμούς, προέρχονταν από δύο βίαια φυσικά φαινόμενα ηφαιστειακής δραστηριότητας στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου, το ένα στο νησί της Θήρας γνωστό σήμερα και ως Σαντορίνη και το δεύτερο στον κόλπο της Νάπολης με την έκρηξη του Βεζούβιου (79μ.Χ.).

Τέτοιο ποζολανικό τσιμέντο χρησιμοποιήθηκε λίγα χρόνια αργότερα για την κατασκευή του Κολοσσαίου της Ρώμης, γεγονός που συντέλεσε σε μεγάλο ποσοστό στην επιβίωση του σχεδόν είκοσι αιώνες μετά παρά την μεγάλη σεισμική δραστηριότητα της περιοχής ενώ ο τύπος του υπό συζήτηση υδραυλικού τσιμέντου ονομάστηκε “Ρωμαϊκός”. Το Ρωμαϊκό αυτό υδραυλικό σκυρόδεμα, παρουσιάζει σημαντικές διαφορές στην διαδικασία σύνθεσής του σε σχέση με το αντίστοιχο σύγχρονο του, με την μεγαλύτερη διαφορά να εντοπίζεται στο αδρανές μίγμα (αποτελούμενο από χαλίκι, άμμο και ρωμαϊκό τσιμέντο) και στο κονίαμα, τα οποία δεν είχαν προπαρασκευαστεί όπως την σήμερα ημέρα, αλλά τοποθετούνταν χωριστά σε οριζόντιες πλάκες.

ΜΕΣΣΑΙΩΝΑΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΠΟΧΗ

Μετά την πτώση της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, παρατηρήθηκε σημαντική πτώση τόσο στην ποιότητα του χρησιμοποιούμενου τσιμέντου, όσο και στην προσπάθεια βελτίωσης των ήδη υπαρχουσών μεθόδων παρασκευής του παρά τις ολοένα και αυξανόμενες οικοδομικές ανάγκες της εποχής.

Στο πιο πρόσφατο παρελθόν (18ος αιώνας), η σημαντικότερη πρόοδος στην διεύρυνση των γνώσεων μας περί των διαφορετικών μιγμάτων τσιμέντου και των ξεχωριστών ιδιοτήτων τους έγινε από τον John Smeaton ο οποίος έλαβε το καθήκον της ανέγερσης ενός λειτουργικού φάρου στο Eddystone Rock [βρίσκεται στις κυριότερες αποβάθρες του Πλύμουθ (Ηνωμένο Βασίλειο-Plymouth)]. Η εγγενής δυσκολία του κατασκευαστικού εγχειρήματος έγκειται στο γεγονός ότι ο εν λόγω βράχος καλύπτεται πλήρως από τη θάλασσα κατά την άμπωτη, με αποτέλεσμα την ταχεία διάβρωσή του. Ο Smeaton διερεύνησε τις ιδιότητες συγκόλλησης διαφόρων κονιαμάτων από ασβέστη, που προέρχεται από διάφορες τοποθεσίες, και ανακάλυψε ότι τα καλύτερα κονιάματα έγιναν από την πύρωση των άσβεστων που περιείχαν σημαντικές ποσότητες αργιλικών μεταλλικών ιχνοστοιχείων. Εξαιτίας την παραπάνω παρατήρησης και του εν τέλει επιτυχούς εγχειρήματος ανέγερσης του φάρου, έγινε γνωστή για πρώτη φορά η σημασία της ανάμειξης του πηλού στον ασβεστίτη για τον σχηματισμό τσιμέντων υδραυλικής ρύθμισης. Ο Smeaton, αποτελεί τον πρώτο κατ' ουσία πολιτικό μηχανικό (σε αντίθεση με τον προϋπάρχοντα τίτλο του στρατιωτικού μηχανικού) , ενώ η δουλειά του πάνω στο υδραυλικό σκυρόδεμα βοήθησε τους τεχνίτες της εποχής να απαλλάξουν την παραγωγική διαδικασία από τα λάθη των Ρωμαϊκών χρόνων.

Έναν αιώνα αργότερα (1818), η πρώτη πρώιμη μορφή του τσιμέντου Portland δημιουργήθηκε από τον Louis Vicat, Γάλλο πολιτικό μηχανικό ο οποίος ενασχολούνταν ερευνητικά με την επίδραση της σύστασης των αδρανών συστατικών στις ιδιότητες του υδραυλικού τσιμέντου. Το τσιμέντο Portland, στη σημασία του οποίου θα αναφερθούμε εκτενώς στην πορεία της εργασίας μας, συνεχίζει να χρησιμοποιείται εκτενώς μέχρι και σήμερα τόσο σε μεγάλες όσο και σε μικρές οικοδομικές κατασκευές, με διαφορετικές αναλογίες αδρανών και προσθήκη επιμέρους στοιχείων όπου αυτό θεωρείται απαραίτητο για την εκμετάλλευση και αξιοποίηση των διαφορετικών ιδιοτήτων του (π.χ. προσθήκη αλούμινας για την αποφυγή διάβρωσης από θεικές ρίζες και δημιουργία του τσιμέντου τύπου HAC – High Alumina Cement).

Πλέον, το μεγαλύτερο ποσοστό του χρησιμοποιούμενου σκυροδέματος αποτελεί ένα μείγμα τσιμέντου, αδρανών και νερού, με την αναλογία του τελευταίου να παίζει σημαντικό ρόλο στην μηχανική αντοχή του τελικού προϊόντος, αλλαγή προερχόμενη ταυτόχρονα και από την εύρεση ότι το HAC παρουσιάζει ελαττωμένες

ιδιότητες συγκρότησης των υλικών σε σχέση με τις επιθυμητές όταν εκτεθεί σε συνθήκες ταυτόχρονης υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας.

II.b.iv. Η εξέλιξη του Τομέα

Σύμφωνα με στοιχεία του GCD (Global Cement Directory) το τρέχον έτος υπάρχουν παγκοσμίως περισσότερες από 159 χώρες, εκ των οποίων οι 141 παράγουν τσιμέντο σε ολοκληρωμένες γραμμές παραγωγής και εγκαταστάσεις με τις υπόλοιπες 18 να χρησιμοποιούν για την παραγωγή εγκαταστάσεις αλέσματος έτοιμου, εισαγόμενου κλίνκερ. Από τις παραπάνω, οι 158 οφείλονται για την παραγωγή 2,49 εκατομμυρίων τόνων τσιμέντου ετησίως, με την Κίνα να αντιπροσωπεύει από το 2005 και έπειτα πάνω από το 47% της παγκόσμιας παραγωγής, παράγοντας πάνω από 1,5 εκατομμύρια τόνους εκ των οποίων μικρό μονάχα ποσοστό εξάγεται. Στην συνέχεια, παρατίθεται η λίστα με τις δέκα μεγαλύτερες μεταποιητικές βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου σε παγκόσμια κλίμακα:

Πίνακας 4. Λίστα των μεγαλύτερων τσιμεντοπαραγωγών, αριθμού εργοστασίων και ύψος μεταποιητικής ικανότητας

RANK	ORIGIN	INTEGRATED TOTAL CAPACITY	INTEGRATED NUMBER OF PLANTS	GRINDING TOTAL CAPACITY	NUMBER OF GRINDING PLANTS
1	LafargeHolcim (Switzerland)	345,2	220	57,9	71
2	HeidelbergCement (Germany)	185,4	141	26,1	39
3	Cemex (Mexico)	91,6	61	6,6	9
4	UltraTech Cement (India)	91,4	39	21,6	21
5	Votorantim (Brazil)	70,8	59	10,6	16
6	InterCement (Brazil)	53,5	42	10,7	14
7	CRH (Ireland)	50,5	54	8,6	15
8	Buzzi Unicem (Italy)	49,2	37	3	6
9	Eurocement (Russia)	47,2	19	0	0
10	Dangote Cement (Nigeria)	43,8	12	1,5	2

Αναφορικά με την εγχώρια Ελληνική παραγωγή, πρωτοστατεί ο TITAN Α.Ε. (13 εργοστάσια συνολικά) με ετήσιο κύκλο εργασιών που υπερβαίνει το ενάμισο δισεκατομμύριο και συνολική παραγωγική δύναμη ύψους 22,8 μετρικών τόνων τσιμέντου ετησίως, γεγονός που τον τοποθετεί στην 16 θέση στην παγκόσμια κατάταξη.

Στο βάθος των τελευταίων είκοσι ετών, η Ευρωπαϊκή βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου κατάφερε να μειώσει το εκλυόμενο διοξείδιο του άνθρακα από 719Kg το 1990 σε μόλις 660Kg το 2010, εφαρμόζοντας μέσα όπως:

- Αντικατάσταση παλαιότερων κλιβάνων υγρής τεχνολογίας με πολύ πιο ενεργειακά αποδοτικούς κλιβάνους ξηρής τεχνολογίας.
- Βελτίωση των τεχνολογιών λείανσης/άλεσης (με στόχο την μείωση του μεγέθους), με αποτέλεσμα τη μειωμένη κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς τη μείωση των εκπομπών από τον τομέα της ενέργειας
- Χρήση μεγαλύτερων ποσοτήτων εναλλακτικών καυσίμων (επταπλάσια αύξηση από το 1990) και βιομάζας
- Χρήση αποβλήτων όπως απορρίμματα από κατασκευές, κεραμικά καλούπια, άμμος χυτηρίου, γύψος από γυψοσανίδες, σκόνη τσιμεντοκαμίνου, πυρίμαχα τούβλα και οδοστρώματα ή ιπτάμενη τέφρα ως πρώτες ύλες, μειώνοντας έτσι την απαίτηση για ασβεστόλιθο και άλλα υλικά στην παραγωγική διαδικασία.

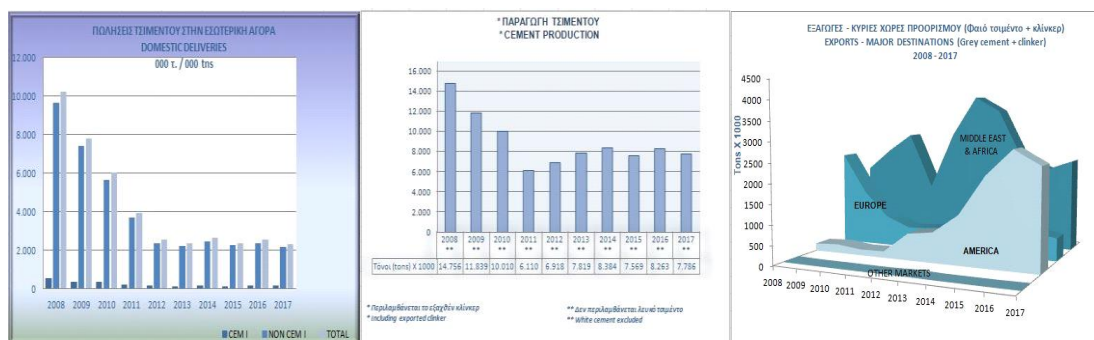
Τα τελευταία έτη, η αύξηση της έρευνας πάνω στις τεχνολογίες Δέσμευσης (CCS) και Αξιοποίησης (CCU) καθώς και η επιτυχής εφαρμογή τους, οδήγησε στην δημιουργία ενός καινούριου πεδίου καινοτομίας που αποτελεί η επεξεργασία και χημική μετατροπή του δεσμευμένου και αποθηκευμένου διοξειδίου του άνθρακα σε προϊόντα υψηλότερης οικονομικής αξίας, όπως η μετατροπή του σε χρήσιμο καύσιμο, ή η διάσπασή του και στοιχειακή χρήση του σαν πρώτη ύλη σε εργοστάσια και εργαστήρια.

CO₂ conversion —→ **Electrocatalytic / Biocatalytic/ Chemocatalytic** —→ **Value-added products**

Αναφορικά, ο παραπάνω τομέας ονομάζεται Carbon Capture & Valorisation (CCV) και στόχος του WBCSD και του CEMBUREAU (European Cement Association) είναι να αποτελέσει σύντομα μία εκ των τριών κυρίων μεθόδων μετρίασης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του εν λόγω αέριου ρύπου. [41]

II.b.v. Εισαγωγή στον ελλαδικό χώρο

Το τσιμέντο αποτελεί μία από τις σημαντικότερες μεταποιητικές βιομηχανίες της ελληνικής οικονομίας, με την ετήσια παραγωγή τσιμέντου στην Ελλάδα να υπερβαίνει τους 14 εκατομμύρια τόνους εκ των οποίων το 50% εξάγεται σε χώρες όπως οι Η.Π.Α. αλλά και σε χώρες δυτικής Ευρώπης, που αποτελούν νέες ανεπτυγμένες αγορές, καθώς και σε χώρες της Αφρικής και της Ασίας. Από το 1943 και έπειτα, λειτουργούν συνολικά τέσσερις εταιρίες παραγωγής σκυροδέματος (ΤΙΤΑΝ, ΗΡΑΚΛΗΣ, ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΚΙΔΩΣ, Σ. ΚΟΤΣΙΡΑΣ & ΣΙΑ. Ε.Π.Ε., με τις τελευταίες δύο να συγχωνεύονται το έτος 2001. Η ελλαδική παραγωγή, είναι απόλυτα συνυφασμένη με τα ισχύοντα Ευρωπαϊκά πρότυπα (EN 197-1, EN 197-2) καθώς και τα αντίστοιχα εγχώρια (ΕΛΟΤ) αναφορικά με την σύνθεση, τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις (ιδιότητες και ασφάλεια) που προβλέπουν οι αντίστοιχοι κανονισμοί.

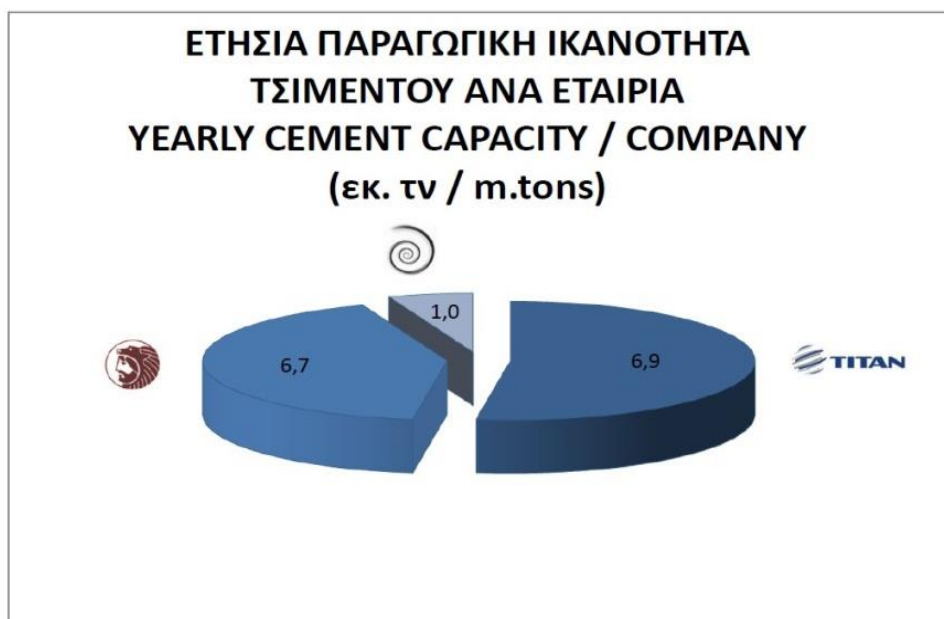


Σχήματα 24, 25, 26. Διαγραμματική απεικόνιση δεδομένων Ελληνικής Βιομηχανικής παραγωγής και εμπορίας

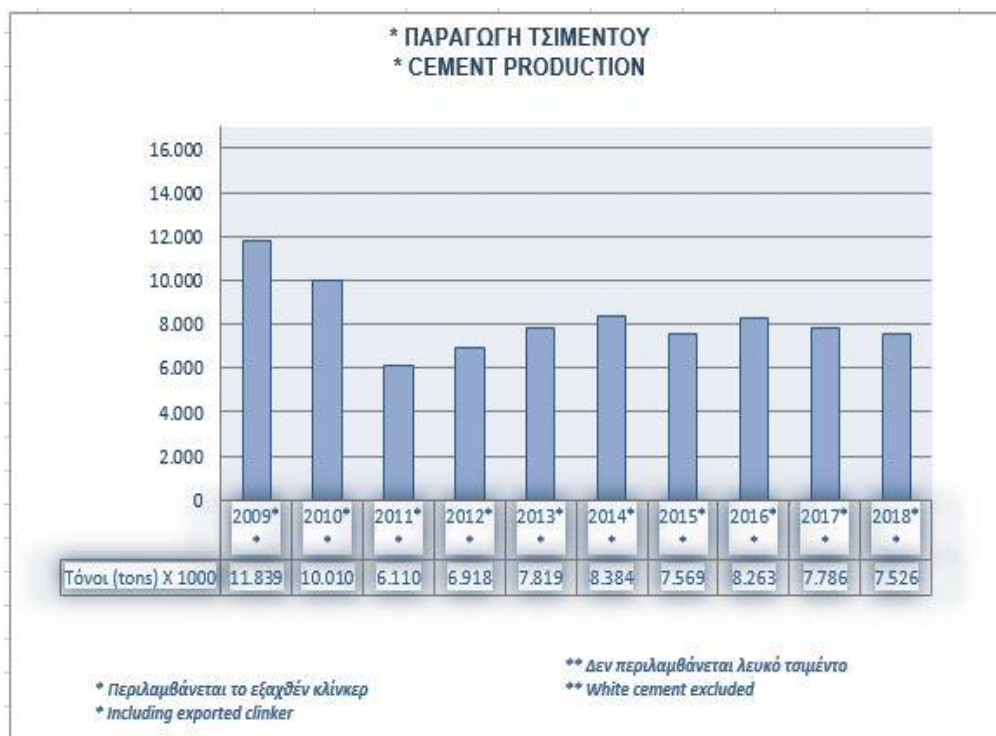
Η υποκατάσταση των χρησιμοποιούμενων καυσίμων από εναλλακτικές πρώτες ύλες αποτελεί τον τομέα όπου παρατηρείται η εντατικότερη προσπάθεια βελτίωσης στην σημερινή Ελληνική βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου από τα μέσα του 2012 (Συμφωνία Εθελοντικής Συνεργασίας με το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής), αλλαγή που θα προσφέρει ανταγωνιστικότητα στον κλάδο αφού ταυτόχρονα θα εξοικονομεί συνάλλαγμα αλλά και θα χρησιμοποιεί καύσιμα φιλικότερα προς το περιβάλλον. Αναφορικά, η υποκατάσταση καυσίμων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπερβαίνει το 36%, με το αντίστοιχο ποσοστό να φτάνει το 4,9% στον Ελλαδικό χώρο. [39]

Στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί ότι η αξιοποίηση εναλλακτικών πηγών καυσίμων αποτελεί βασικό στόχο του συνόλου της Ελληνικής Βιομηχανίας καθώς η κύρια αιτία αύξησης των εγχώριων εκπομπών στις αρχές του 21^{ου} αιώνα (έτη 2000 – 2005) σε σχέση με την δεκαετία του 1990 ήταν η εκτεταμένη καύση λιγνίτη για την παραγωγή ενέργειας και θέρμανσης η οποία εντατικοποιήθηκε σε ανάλογο ρυθμό με την αύξηση του τοπικού βιοτικού επιπέδου. [44]

Στην συνέχεια, θα πραγματοποιηθεί εκτενής αναφορά στην Ελληνική βιομηχανική παραγωγή και οικονομία καθώς και στα επίπεδα των παραγόμενων εκπομπών που εμφανίζει.



Σχήμα 27. Απεικόνιση Ετήσιας παραγωγικής ικανότητας των εν ενεργεία Ελληνικών Βιομηχανιών.



Σχήμα 28. Ετήσια παραγωγή τσιμέντου στην Ελληνική Βιομηχανία για τα έτη 2009-2018 σε μετρικούς τόνους

II.b.vi. Cement Sustainability Initiative – (Πρωτοβουλία για την αειφορία του τσιμέντου)

Το CSI αποτελεί μια παγκόσμια προσπάθεια 24 μεγάλων παραγωγών τσιμέντου (αρχικά 22 μεγάλων παραγωγών) η δραστηριότητα των οποίων εκτείνεται

σε περισσότερες από 100 χώρες, για την επίτευξη μίας παγκόσμιας αειφόρου ανάπτυξης και κερδοφορίας. Συλλογικά, αυτές οι εταιρείες αντιπροσωπεύουν περίπου το 30% της παγκόσμιας παραγωγής τσιμέντου και κυμαίνονται σε μέγεθος από πολύ μεγάλες πολυεθνικές έως μικρότερους τοπικούς παραγωγούς. Αποτελεί ένα εγχείρημα-πρωτοβουλία του WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) με βασικούς του στόχους:

- Εξέταση της Αειφορίας στην βιομηχανία του τσιμέντου.
- Προσδιορισμός δράσεων και μέτρων που μπορούν να λάβουν οι ξεχωριστές εταιρίες συλλογικά και μη για την ταχύτερη επίτευξη της Αειφορίας.
- Ώθηση και παροχή πλαισίου για την ανάμειξη περισσότερο εταιριών στην παγκόσμια αυτή πρωτοβουλία

Κατά την διάρκεια της δεκαετούς δράσης του CSI μπορεί οι βασικοί στόχοι του εγχειρήματος να παραμένουν οι ίδιοι, ωστόσο το πεδίο δράσης του συνεχώς διευρύνεται προκειμένου να συμπεριλάβει τόσο τις τεχνολογικές εξελίξεις και τις τρέχουσες ανάγκες της βιομηχανίας, όσο και τις κοινωνικές και βιοτικές ανάγκες του σύγχρονου ανθρώπου και πολιτισμού, πιστεύοντας πως στην επιτυχή δημιουργία μίας οικονομίας χαμηλών εκπομπών, βασικό ρόλο έχει να παίξει ένας βιώσιμος τρόπος λειτουργίας και ανθρώπινης συνύπαρξης (sustainable life). Κυρίαρχο ρόλο για την επίτευξη των παραπάνω αποτελεί η ταυτόχρονη υιοθέτηση και ενσωμάτωση της έννοιας της κυκλικής οικονομίας τόσο στην βιομηχανία (χρήση προγενέστερα θεωρούμενων ως άχρηστα απορρίμματα σε πρώτη ύλη για την κατασκευή τσιμέντου και άλλων ανόργανων υλικών βλ. Concrete Initiative – λάσπη διυλιστηρίων, λάστιχα οχημάτων, ίλης βιολογικού καθαρισμού, RDF), όσο και στην καθημερινή αστική ζωή.

Συνολικά, ένταση έχει δοθεί στον σχεδιασμό και στην εφαρμογή πιθανών, ενδεχομένων απαραίτητων δράσεων στους ακόλουθους τομείς :

- Αστική ζωή (μεταφορές και κτιριακός σχεδιασμός).
- Γεωργία (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας).
- Βιομηχανία (νέες τεχνολογίες, καύσιμα μειωμένων εκπομπών, στόχοι E.E.).
- Κυκλική Οικονομία (εφαρμογές σε όλους τους επιμέρους τομείς).

Οι παραπάνω αλλαγές σύμφωνα με το CSI , το WBCSD, αλλά και την Ευρωπαϊκή Ένωση, θα έχουν μια πληθώρα θετικών αποτελεσμάτων που εκτείνεται πέραν από τη μείωση της παγκόσμιας αύξησης θερμοκρασίας και την κλιματική αλλαγή όπως η βελτίωση της ανθρώπινης υγείας, της σταθερότητας των οικοσυστημάτων, μείωση της παγκόσμιας πείνας, αύξηση των αποθεμάτων καθαρού-πόσιμου νερού και τέλος η δημιουργία ισχυρών συστημάτων παγκόσμιας συνεργασίας και επικοινωνίας, ως βήμα προς την καλύτερη συνύπαρξη της

παγκόσμιας κοινότητας. Η τελευταία απορία ίσως να μην φαίνεται σημαντική εκ πρώτης όψεως αλλά αναλογιζόμενοι την επιταχυνόμενη μείωση των διαθέσιμων πόρων και αγαθών, την μόλυνση των ήδη λιγοστών εναπομεινάντων και το φαινόμενο του υπερπληθυσμού καταλαβαίνουμε απόλυτα την δήλωση του Staffan de Mistra πρώην αναπληρωτή γενικό γραμματέα των Ηνωμένων Εθνών στο πανεπιστήμιο του Μάαστριχ σύμφωνα με τον οποίο εάν δεν δοθούν άμεσες λύσεις, οι επόμενοι πόλεμοι θα γίνουν για βασικά αγαθά όπως το καθαρό νερό, το φαγητό και οι καλλιεργήσιμες, αμόλυντες εκτάσεις.

Κατά το έτος 2018 το GlobalABS (Global Alliance for Buildings and Construction) σε συνδυασμό με την IEA εξέδωσε το Global Status Report σε συνεργασία με το Διεθνές Περιβαλλοντικό πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών, έγγραφο κατά το οποίο αναλύονται θέματα όπως η ενεργειακή κατανάλωση και αυτονομία των κτιρίων, η ενημέρωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με το πρόβλημα των αυξημένων εκπομπών οφειλόμενων στον κατασκευαστικό κλάδο καθώς και η οικονομική-ανταγωνιστική πλευρά της διαδικασίας αναζήτησης οικολογικότερων λύσεων. Ακόμα, αναλύει επεξηγηματικά τους πιθανούς τρόπους δράσης προς την επίτευξη δημιουργίας ενεργειακά αυτόνομων και αποδοτικών κατασκευών εστιάζοντας στα θετικά αποτελέσματα μίας τέτοιας προσπάθειας, προτείνοντας κατ'ουσία ίδιες δράσεις και λύσεις με το CSI.

Σύμφωνα με τις τελευταίες εξελίξεις, τωρινός στόχος της συνεργασίας των παραπάνω οργανισμών, αποτελεί η βελτίωση της ενεργειακής έντασης των κτιρίων κατά ποσοστό 30% έως το έτος 2030 (σε σχέση με δεδομένα του 1990) προκειμένου να παραμείνει η βιομηχανία πιστή στις δεσμεύσεις της με βάση την Συμφωνία του Παρισιού, εγχείρημα που δυσχεραίνει η επερχόμενη ραγδαία αύξηση των κτιριακών κατασκευών σε περιοχές της Ασίας και της Αφρικής.

Από τον Ιανουάριο του 2019 και έπειτα, οι δράσεις και αρμοδιότητες του CSI έχουν μεταφερθεί στο GCCA έπειτα από συνεργία του πρώτου με το WBCSD, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν συνεργατικές σχέσεις μεταξύ των ξεχωριστών εταιριών μελών των παραπάνω οργανισμών προς όφελος της ταχύτερης επίτευξης του κοινού τους στόχου. [30],[31]

II.b.vii. 'Παγκόσμιο Συμβούλιο Επιχειρήσεων για την Βιώσιμη Ανάπτυξη' – (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD)

Το WBCSD είναι ένας παγκόσμιος, οργανισμός, το σώμα του οποίου αποτελείται από CEO περισσότερων από 200 διεθνών εταιριών, που συνεργάζονται μεταξύ τους για την επιτάχυνση της μετάβασης σε έναν αειφόρο κόσμο. Στόχος, αποτελεί η μετατροπή των εταιριών μελών σε επιτυχείς και βιώσιμες μονάδες εστιάζοντας στο μέγιστο θετικό αντίκτυπο για τους μετόχους τους, το περιβάλλον και τις τοπικές κοινωνίες. Οι εν λόγω εταιρείες-μέλη προέρχονται από όλους τους επιχειρηματικούς κλάδους και όλες τις πτυχές της παγκόσμιας οικονομίας, αντιπροσωπεύοντας συνολικό εισόδημα άνω των 8,5 τρισεκατομμυρίων δολαρίων και απασχολώντας συνολικά περισσότερους από 19 εκατομμύρια υπαλλήλους. Οι παραπάνω εταιρίες, στα πλαίσια του WBCSD, συγκροτούν πλέον σχεδόν 70 εθνικά συμβούλια επιχειρήσεων, έχοντας ταυτόχρονα απρόσκοπτη ευρυχωρία σε ολόκληρο τον κόσμο. Αξίζει να τονιστεί πως παρότι το WBCSD έχει παγκόσμια δράση, καθίσταται σαφές ότι η παγκόσμια Αειφορία θα επιτευχθεί μέσω των τοπικών δραστηριοτήτων των ξεχωριστών εταιριών μελών του με στόχο την προώθηση της Αειφορίας σε περιφερειακό επίπεδο.

Κατά το έτος 2010, ανακοινώθηκε το όραμα του 2050, μία πρωτοβουλία που διερευνούσε την δομή και την σύσταση ενός πλήρως βιώσιμου κόσμου κατά το έτος 2050 καθώς και την πορεία προς την πραγματοποίηση μίας τέτοιας βλέψης. Ταυτόχρονα, αναλύονταν ο ρόλος που διαδραματίζουν οι παγκόσμιες επιχειρήσεις σε μία τέτοια πραγματικότητα. Λίγα χρόνια αργότερα, το Action2020, πήρε το όραμα αυτό και το μεταποίησε σε έναν οδικό χάρτη των απαραίτητων επιχειρηματικών δράσεων και λύσεων η εφαρμογή των οποίων θα δημιουργήσει μία βιώσιμη βιομηχανία και μία βιώσιμη πραγματικότητα.

Στον προαναφερθέντα οδικό χάρτη, αναφέρονται αναλυτικά τα αναμενόμενα ποσοστά μείωσης του εκπεμπόμενου αέριου διοξειδίου (βασικότερο αέριο του θερμοκηπίου) ανά δραστηριότητα-βήμα προς την επίτευξη του στόχου, γεγονός που είναι εφικτό λόγω της δυνατότητας ακριβούς υπολογισμού του ρυθμού παραγωγής του εν λόγω αερίου ανά τομέα βιομηχανικής δραστηριότητας. Η δυνατότητα αυτή, προέρχεται από υπολογισμούς του IPCC (2006 – Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories / Guidelines for Monitoring and Reporting of Greenhouse Gas Emissions in the European Emission Trading System) μέσω τεσσάρων διαφορετικών εξισώσεων που λαμβάνουν υπόψη τους το ποσό του εισαγόμενου καυσίμου, την ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος, τους αντίστοιχους με την διαδικασία συντελεστές εκπομπών, το ποσοστό υγρασίας του παραγόμενου προϊόντος και τέλος τις ποσότητες, τις αναλογίες και το είδος των χρησιμοποιούμενων αδρανών.

Αναφορικά με την βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου, ο υπολογισμός του διοξειδίου του άνθρακα από τις πρώτες ύλες (φαρίνα), πραγματοποιείται, είτε με βάση τον όγκο του ανθρακικού άλατος που περιέχετε στην φαρίνα που τροφοδοτείται

στον κλίβανο για την παραγωγή κλίνκερ (μέθοδος εισαγωγής), είτε μέσω της δυναμικότητας και της χημικής σύνθεσης του κλίνκερ (μέθοδος εξαγωγής συν της σκόνης που προέρχεται από το σύστημα του κλιβάνου. Τέλος, ο υπολογισμός του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα με βάση τα χρησιμοποιούμενα καύσιμα, προκύπτει από το άθροισμα όλων των ειδών καυσίμων που μπορούν να καταναλωθούν σε έναν κλίβανο για την παραγωγή του κλίνκερ. Στην συνέχεια, παρατίθενται οι ισχύουσες εξισώσεις για την εν λόγω βιομηχανία:

- Activity/Production Data x CKD Corrections Factor = CO₂ emissions from clinker.
- CO₂ (tones) from CaO added to masonry cement = a x (all cement production) x ((1-1/(1+b)) x c) x 0,785.

Με την πρώτη, να υπολογίζει το ποσοστό παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα από την παραγωγή κλίνκερ και την δεύτερη να υπολογίζει τα επίπεδα παραγωγής αέριου διοξειδίου από την παραγωγή τσιμέντου με τους αντίστοιχους συμβολισμούς να εξηγούνται παρακάτω:

- a= κλάσμα του συνολικού παραγόμενου τσιμέντου που αποτελεί κλίνκερ.
- b= κλάσμα του συνολικού βάρους που προστίθεται στο κλίνκερ λόγω της προσθήκης ασβέστου και άλλων προσμίξεων.
- c= κλάσμα μάζας των προσμίξεων (στη συνολική μάζα).
- 0.785 : αποτελεί σταθερό συντελεστή εκπομπής αέριου διοξειδίου του άνθρακα λόγω των προσμίξεων.[21],[24],[25]

Γενικότερα, κάθε μορφή παραγόμενου τσιμέντου, ανάλογα με τις χρησιμοποιούμενες προσμίξεις, έχει και έναν διαφορετικό συντελεστή εκπομπής αέριου διοξειδίου ο οποίος έχει ανατεθεί από τον κανονισμό στο κάθε είδος καθολικά/παγκοσμίως για το σύνολο της παγκόσμιας βιομηχανίας.[58]

Πίνακας 5. Συντελεστές εκπομπής αέριου Διοξειδίου (tn CO₂/TJ)

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ			
ΕΙΔΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ	ΜΕΘΑΝΙΟΥ	ΥΠΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ
ΚΑΡΒΟΥΝΟ			
λιγνίτης	1.389	156	23
ανθρακίτης	2.602	276	40
Μικτό (βιομηχανικού τομέα)	2.116	246	36
ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ (ΣΤΕΡΕΑ)			
Πλαστικά	3.072	960	126
Πετρελαιοειδή	2.85	1216	160
ΚΑΥΣΙΜΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ			
Γεωργική βιομάζα	975	264	35
Στερεά παραπροϊόντα	1.096	332	44
Ξύλο	1.64	126	63
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ			
Φυσικό Αέριο	0,0554	0,00103	0,0001

Πίνακας 6. Ποσοστό εκπομπών CO₂ στην βιομηχανία τσιμέντου ανά δραστηριότητα

ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	Kg CO₂ /t ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	Kg CO₂ / m³ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ % ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ CO₂
CO ₂ ΑΠΟ ΠΥΡΩΣΗ/ΔΙΑΣΠΑΣΗ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ	532	158,2	45,9
CO ₂ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΚΑΥΣΙΜΑ	528	157,2	45,6
CO ₂ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	99	29,3	8,5
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ CO ₂	1159	344,7	100

Τοποθέτηση προβλήματος

Στην παρούσα εργασία αναλύθηκε το περιβαλλοντικό αποτύπωμα – αντίκτυπο που παρουσιάζει η μακροχρόνια , μεταβιομηχανική και υπέρμετρη χρήση ορυκτών καυσίμων και μη-ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της οποίας ο ρόλος ήταν καίριος για την εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών και της βελτίωσης του επιπέδου διαβίωσης. Η χρήση αυτή, οδήγησε σε μία αθροιστική συσσώρευση αέριων και μη, τοξικών ρύπων στην βιόσφαιρα προερχόμενη από την συνδυασμένη δράση πολλών διαφορετικών ανθρώπινων δραστηριοτήτων και κυρίως βιομηχανικών τομέων. Προβλέποντας, λοιπόν, τα επερχόμενα αποτελέσματα της έως τώρα πορείας, κρίθηκε αναγκαίο όπως προαναφέρθηκε να δοθεί μία λύση μέσω διεθνούς συνεργίας και δημιουργίας πολλών φορέων παρακολούθησης, καταγραφής και ανταλλαγής των εκπεμπόμενων ρύπων. Οι νέες λύσεις, δημιούργησαν νέα δεδομένα συμμόρφωσης και λειτουργίας αυξάνοντας τις λειτουργικές απαιτήσεις για τις βιομηχανίες προσφέροντας ωστόσο καινούριες ευκαιρίες κερδοφορίας και ανταγωνισμού. Σύμφωνα με τις αντίστοιχες νομοθεσίες, διαφορετικά μέτρα τέθηκαν σε εφαρμογή για κάθε ξεχωριστό κλάδο, τα οποία, όπως έχει καταστεί σαφές από την Ευρωπαϊκή

οικονομική και βιομηχανική κοινότητα, συχνά δοκιμάζουν την οικονομική τους ευημερία και ανταγωνιστικότητα. Έχοντας υπόψη όλα τα παραπάνω αλλά και το ισχύον Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Ρύπων (EU ETS) είναι σαφές ότι πλέον νέες εκτιμήσεις κόστους παραγωγής – και μάλιστα όχι προϊόντος αλλά διοξειδίου του άνθρακα- πρέπει να ληφθούν υπόψη προκειμένου να μπορεί ο κάθε κλάδος να συγκρίνει βάση αριθμητικών δεδομένων την βέλτιστη δράση που θα επιλέξει μεταξύ εκπομπής ρύπων, χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας και καινοτόμων καυσίμων, έχοντας κατά νου το κόστος αγοράς ή πώλησης δικαιωμάτων που έχει τεθεί σε ισχύ σε κάθε φάση.

Κεφάλαιο III. Μέρος Β' - Σχεδιασμός

III.α.Υπολογιστικό Μέρος

Στο σημείο αυτό, γίνεται η μετάβαση στο υπολογιστικό τμήμα της εργασίας μας, όπου λόγος θα γίνει για την κοστολόγηση, αγορά και πώληση του βιομηχανικά παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα -και των δικαιωμάτων του- τόσο σε μεταποιητικές βιομηχανίες (βιομηχανία του τσιμέντου) όσο και στην βιομηχανία παραγωγής ενέργειας ενώ τέλος, αναφορά θα γίνει στις αέριες εκπομπές λόγω μεταφορών. Στόχος, αποτελεί η σύγκριση του κόστους παραγωγής του εν λόγω αέριου ρύπου ανά βιομηχανικό κλάδο, καθώς και ανά χρησιμοποιούμενη τεχνολογία στον Ελλαδικό χώρο μπορώντας συνεπώς με το πέρας της μελέτης να επιχειρηματολογήσει κανείς με σχετική βεβαιότητα πάνω στο συμφέρον του κάθε κλάδου να μετατρέψει είτε να μειώσει τις εκπομπές του.

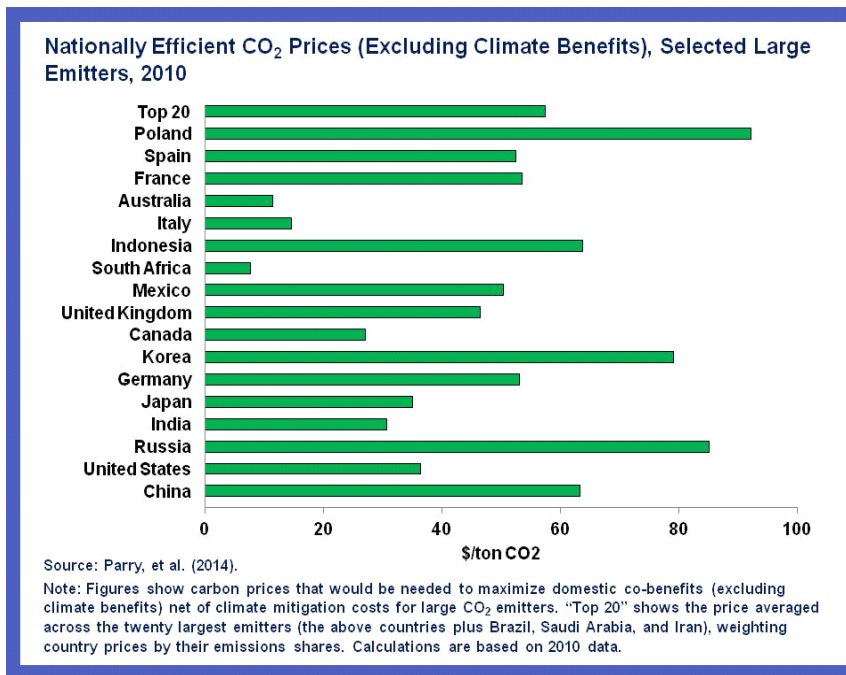
ΤΙΜΟΛΟΓΙΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ - CARBON PRICING

Αρχικά, προκειμένου να ξεκινήσει η εν λόγω μελέτη, οφείλουν να διασαφηνιστούν κάποιοι βασικοί όροι, ένας εκ των οποίων αποτελεί ο όρος carbon pricing (τιμολόγηση άνθρακα). Με την εφεύρεση του παραπάνω όρου, δημιουργήθηκε ένα μέσον που επιτρέπει την σύλληψη του όρου -εξωτερικό κόστος- του συγκεκριμένου αερίου που αποτελεί το κόστος που πληρώνει το κοινό και η κοινωνία, όπως οι ζημίες στις καλλιέργειες, το κόστος της υγειονομικής περιθάλψης από τα κύματα καύσωνα και τις ξηρασίες, η απώλεια ιδιοκτησίας από πλημμύρες και από την αύξηση της στάθμης της θάλασσας, συνδέοντάς τες με τις πηγές δημιουργίας τους μέσω μιας τιμής κόστους συνήθως για το διοξείδιο του άνθρακα. Με την χρήση λοιπόν του παραπάνω όρου, το βάρος των προκαλούμενων ζημιών μετατοπίζεται σε όσους είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή των ρύπων που δημιούργησαν τις προαναφερθείσες συνέπειες και σε όσους δεν έδρασαν προληπτικά (μείωση

εκπομπών, αλλαγή καυσίμων, εκσυγχρονισμός χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας) για την αποφυγή τους. Συνεπώς, αντί να επιβληθεί μία συγκεκριμένη νομοθετική αλλαγή περί των επιτρεπτών επιπέδων εκπομπής, δίνεται η δυνατότητα στους παραγωγούς να επιλέξουν εάν θα μετατρέψουν τις δραστηριότητές τους και θα μειώσουν τις εκπομπές τους είτε κατά πόσο θα συνεχίσουν να εκπέμπουν με την ίδια ένταση, πληρώνοντας το αντίστοιχο χρηματικό αντίτιμο.

Για τις περισσότερες κυβερνήσεις, η τιμολόγηση του άνθρακα αποτελεί ένα από τα ισχυρότερα μέσα προώθησης της Ευρωπαϊκής πολιτικής για τη μείωση των αέριων εκπομπών. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αποτελεί ακόμα πηγή εσόδων, η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ένα οικονομικό περιβάλλον δημοσιονομικών περιορισμών. Οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν την εσωτερική τιμολόγηση του άνθρακα για να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις των υποχρεωτικών τιμών άνθρακα στις δραστηριότητές τους και ως εργαλείο για τον εντοπισμό πιθανών κλιματικών κινδύνων και ευκαιριών εσόδων. Τέλος, οι μακροπρόθεσμοι επενδυτές χρησιμοποιούν την τιμολόγηση του άνθρακα σαν όργανο για να αναλύσουν τον πιθανό αντίκτυπο των πολιτικών για την αλλαγή του κλίματος στην κερδοφορία των επενδύσεών τους, επιτρέποντάς τους να επανεξετάσουν τις επενδυτικές τους στρατηγικές και να ανακαταλείμουν την διάθεση του κεφαλαίου τους προς δραστηριότητες χαμηλότερων εκπομπών.

Σήμερα, η σημαντικότερη και ευρύτερα χρησιμοποιούμενη προσέγγιση για την τιμολόγηση του διοξειδίου του άνθρακα αποτελεί το ETS (Emissions Trading System -σελ. 22) παρέχοντας βεβαιότητα σχετικά με το εξωτερικό κόστος των δημιουργούμενων εκπομπών αλλά κρατώντας την τιμή αγοροπωλησίας των δικαιωμάτων εκπομπής ευέλικτα. Άλλα συστήματα τιμολόγησης, με στόχο πάντα την μείωση των εκπομπών, αποτελούν συνοπτικά μια πιθανή εσωτερική (τοπική, περιφερειακή) τιμολόγηση των εκπομπών, η χρήση ενός μηχανισμού αντιστάθμισης των επιπτώσεων που φέρουν οι παραγόμενες εκπομπές ή το σύστημα RBCF που έχει θεαματικά αποτελέσματα στην μείωση της φτώχειας και στην ευκολότερη πρόσβαση σε καθαρότερες πηγές ενέργειας. Τα συστήματα αυτά, αποτελούν συνέχεια των πολιτικών που θεσπίστηκαν στο Πρωτόκολλο του Κγγοτο μέσω της θέσπισης των κυρίαρχων μηχανισμών που δύναται να επιτύχουν την μείωση των αέριων εκπομπών και της αρχής λειτουργίας του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων των Εκπομπών (ΣΕΔΕ – Σώματα Επιθεωρητών Δημοσίων Έργων με στόχο την Διαφάνεια και μείωση της Διαφθοράς).



Σχήμα 29. Κατανομή τιμής πώλησης/αγοράς διοξειδίου του άνθρακα ανά κράτος- 2010

ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Στην βιομηχανία του τσιμέντου, η εκτίμηση του κόστους διαμορφώνεται με βάση δύο ξεχωριστά κύρια μέρη. Την εκτίμηση του κόστους κεφαλαίου (CAPEX) το οποίο εκφράζεται με βάση το συνολικό κόστος εγκατάστασης (TPC) και έπειτα από το λειτουργικό κόστος (OPEX), (βλ. Κόστος αποθήκευσης βιομηχανικών εκπομπών CO₂ – ZEP). Αναφορικά με τα δικαιώματα εκπομπών παραγωγής διοξειδίου, οι τιμές για το έτος 2019 αναμένεται να αυξηθούν φτάνοντας τα 30 ευρώ ανά τόνο λόγω της εφαρμογής του μέτρου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την υποχρεωτική απόσυρση μεγάλου ποσοστού δικαιωμάτων, με αποτέλεσμα τα παραπάνω να καταταγούν στην πρώτη θέση από πλευράς επίδοσης μεταξύ όλων των διαπραγματεύσιμων εμπορευμάτων (Bloomberg). Σύμφωνα με την ισχύουσα μέθοδο υπολογισμού του κόστους παραγωγής ενός τόνου αέριου διοξειδίου του άνθρακα από την βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου, ακολουθείται η παρακάτω εξίσωση:

Εξίσωση 1^η :

$$\text{Cost} = 1 \text{tnprod} \times (\text{Actual performance} - \text{BM}) (\text{tnCO}_2) / (\text{tnprod}) \times \text{CO}_2 \text{price},$$

@ HALlevel (1)

Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθεί αναλυτικότερη αναφορά στους παραπάνω όρους μέσω της άντλησης πραγματικών δεδομένων παραγωγής για να υπολογιστεί το κόστος παραγωγής ανά τόνο στον Ελλαδικό χώρο.

ΑΠΟΔΟΣΗ - ACTUAL PERFORMANCE

Με τον όρο actual performance, αναφερόμαστε στην απόδοση των υπό παρακολούθηση βιομηχανικών εγκαταστάσεων αναφορικά με την μείωση των εκπομπών τους και την πορεία τους στην επίτευξη των στόχων που τους έχουν τεθεί. Ο όρος αυτός, εισήχθη στην εξίσωση κοστολόγησης προκειμένου να μπορεί το ΣΕΔΕ να ανταμείβει τις πλέον αποδοτικές επιχειρήσεις προσφέροντας τους επιπλέον δωρεάν δικαιώματα εκπομπών και συνεπώς παρέχοντας ένα επιπλέον κίνητρο για την δημιουργία ενός συναγωνισμού πηρός την καλύτερη και ταχύτερη άφιξη σε ένα οικολογικότερο μέλλον.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ - BENCHMARK (BM)

Οι δείκτες αναφοράς (ή benchmark) εφευρέθηκαν και χρησιμοποιούνται προκειμένου να γίνει εφικτός ο υπολογισμός του επιπέδου δωρεάν δικαιωμάτων εκπομπών που οφείλει να λαμβάνει κάθε μεταποιητική, παραγωγική και ενεργό-παραγωγική εγκατάσταση προκειμένου ο στόχος μείωσης τού εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα να συμβαδίζει με την κερδοφορία και την ανταγωνιστικότητα των σύγχρονων εργοστασίων. Κριτήριο για τον καθορισμό της αριθμητικής τιμής των δεικτών, αποτελεί ο μέσος όρος εκπομπών διοξειδίου ανά τόνο παραγωγής προϊόντος σε ευρωπαϊκό επίπεδο χρησιμοποιώντας δεδομένα του 10% των παραγωγικότερων εγκαταστάσεων. Το Benchmark λοιπόν, δεν αποτελεί ένα ανώτατο επιτρεπόμενο όριο εκπομπών, αλλά ούτε και έναν στόχο μείωσης εκπομπών αλλά αντιπροσωπεύει ένα όριο που καθορίζει το επίπεδο κατανομής δωρεάν δικαιωμάτων σε μία συγκεκριμένη εγκατάσταση.[49] Η χρησιμοποιούμενη εξίσωση που αποτελεί απορία των παραπάνω και καθορίζει το ύψος των δικαιωμάτων εκπομπής είναι η ακόλουθη, [35]:

Εξίσωση 2^η:

$$\text{Allocation} = \text{Benchmark} \times \text{Historical Activity Level (HAL)} \times \text{Carbon Leakage Exposure Factor (CLEF)} \times \text{Cross-Sectoral Correction Factor (CSCF) or Linear Reduction Factor (LRF)} (2)$$

Το παραπάνω μοντέλο υπολογισμού, βρίσκεται σε ισχύ από το έτος 2011 έως σήμερα μετά από διεθνή κανονισμό της Commission **2011/278/EU** [50].

Αξίζει να σημειωθεί πως ύψος των δωρεάν δικαιωμάτων που παρέχονται σε κάθε εγκατάσταση υπολογίζεται στην αρχή της κάθε φάσης και μεταβάλλεται μετέπειτα μόνο εφόσον τεθεί σε λειτουργία νέα εγκατάσταση.

Κατά την είσοδο της Ευρώπης στην τέταρτη και τελευταία φάση του ETS (2021-2030), έχει ανακοινωθεί ότι η πολιτική που θα ακολουθηθεί αναφορικά με την

παροχή δωρεάν δικαιωμάτων θα παραμείνει ίδια με αυτήν της τρίτης φάσεως με τις εγκαταστάσεις που βρίσκονται στην λίστα του carbon leakage ("*carbon leakage*": η φαινομενική αύξηση των εκπομπών μίας χώρας ως αποτέλεσμα μείωσης των εκπομπών από μία δεύτερη γειτονική χώρα η οποία ακολουθεί αυστηρότερη κλιματική πολιτική) να λαμβάνουν έως και 100% των αιτούμενων δικαιωμάτων εκπομπής.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ - HAL level

Το επίπεδο ιστορικής δραστηριότητας (HAL) υποδεικνύει την (ιστορική) παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα ανά βιομηχανική εγκατάσταση και ανά έτος, σε σχέση με τον ισχύοντα κάθε φορά δείκτη αναφοράς (benchmark). Το HAL υπολογίζεται ως η διάμεση (μεσαία τιμή) του επιπέδου δραστηριότητας κατά την χρονική διάρκεια από το 2005 έως το 2008 είτε από το 2009 έως το έτος 2010. Σε περίπτωση που μία εγκατάσταση παράγει περισσότερα από ένα προϊόν, τότε βάση κανονισμού χωρίζεται σε επιμέρους "υπό-εγκαταστάσεις" εκ των οποίων κάθε εγκατάσταση διαθέτει διαφορετικό αριθμό HAL.[52],[53]

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΕΚΘΕΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ (EU) Νο 601/2012

Στις 22 Ιουνίου 2012, το συγκεκριμένο πλαίσιο θεσπίστηκε σε συνέχεια των προϋπαρχόντων κανονισμών 2007/589/EC και του ακόμα παλαιότερου 2003/87/EC έχοντας ισχύ από την Τρίτη Φάση του EU-ETS (2013-2020) προκειμένου να θεσπίσει εκ νέου το πλαίσιο και τους κανονισμούς που πλέον διέπουν την διαδικασία του MRV (Monitor Review & Verification) των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα τόσο από στάσιμες, όσο και από αεροπορικές, ακτοπλοϊκές και γενικότερα μεταφορικές δραστηριότητες. Στο σύνολό του, περιέχει σημαντικούς όρους, που αφορούν τους ακόλουθους τομείς:

- Σωστή καταγραφή των καταναλισκόμενων καυσίμων, και των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων χρησιμοποιώντας είτε ως μέθοδο την measurement based (μετά από σειρά μετρήσεων – μετρητικές ταινίες, βαρυμετρικές μέθοδοι, flow meters κ.α.) ή την calculation based method (βασίζεται σε υπολογισμούς έχοντας ως δεδομένα τιμές από αυτόματα μετρητικά συστήματα και προεπιλεγμένες τιμές σταθερών και δεικτών διόρθωσης) .
- Σωστή μεθοδολογία καταγραφής και δημιουργίας του Monitoring Plan.
- Σωστή μέθοδος υπολογισμών.
- Προεπιλεγμένες τιμές σταθερών – π.χ. στοιχειομετρικών.
- Προεπιλεγμένοι συντελεστές εκπομπής αερίου διοξειδίου του άνθρακα ανά κατηγορία καυσίμου – HF0 (Heavy Fuel Oil) = tn HFOx 3,114 - MGO (Diesel Oil) =tn MGOx 3,206.

- Κανονισμούς σχετικά με την χρησιμοποιούμενη βιομάζα.
- Κανονισμούς σχετικά με ελλείψεις στην καταγραφή δεδομένων.
- Επίπεδο επιτρεπτής αβεβαιότητας/ποσοστιαίας απόκλισης των υπολογισμών από τα πραγματικά επίπεδα εκπομπής. [48],[49],[50],[51]

ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΣΗ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Στο σημείο αυτό θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα αντλούμενα από εργοστάσια της Ελληνικής βιομηχανίας παραγωγής τσιμέντου και με γνώμονα την παραπάνω εξίσωση (1) θα ολοκληρωθεί η μελέτη μας με τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής ενός τόνου αέριου διοξειδίου ανά εγκατάσταση.

Στοχεύοντας στην μεγαλύτερη εγκυρότητα των ευρεθέντων αποτελεσμάτων στα πλαίσια της εν λόγω διπλωματικής αποκτήθηκε πρόσβαση στην Ευρωπαϊκή πλατφόρμα ανταλλαγής δεδομένων της Κομισιόν “European Union Transaction Log” η οποία περιέχει διαπιστευμένες καταγραφικές πληροφορίες σχετικά με την λεπτομερή πορεία σε κάθε φάση του ETS των ακόλουθων εγκαταστάσεων [45]:

Πίνακας 7. Λίστα τρέχουσας αξιολόγησης Ελλαδικών παραγωγικών μονάδων κλίνκερ βάση Ευρωπαϊκής νομοθεσίας

ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ ΕΓΚ.	ΚΥΡΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ
ΤΙΤΑΝ ΑΕ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΔΡΕΠΑΝΟΥ ΑΧΑΪΑΣ	000224301000	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	A
ΤΙΤΑΝ ΑΕ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ	000224301000	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	A
ΤΙΤΑΝ ΑΕ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΚΑΜΑΡΙΟΥ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	000224301000	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	A
ΤΙΤΑΝ ΑΕ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	000224301000	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	A
ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΒΟΛΟΥ	13576/06/B/86/96	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	A
ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΜΥΛΑΚΙΟΥ	13576/06/B/86/96	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	A
HALYPS BUILDING MATERIALS S.A	HALYPS BUILDING MATERIALS S.A (HALYPS	120582807000	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	B

	CEMENT)			
--	---------	--	--	--

Η αξιολόγηση στο τέλος της κάθε φάσης του ETS γίνεται ανά εγκατάσταση αρχικά, σύμφωνα με την διαφορά -στο κλείσιμο του κύκλου των εργασιών- μεταξύ του ύψους των δωρεάν παρεχόμενων δικαιωμάτων εκπομπής (άρθρο 10c των οδηγιών του EUETS) και των επιβεβαιωμένων επιπέδων εκπομπών διοξειδίου, σε συνδυασμό με την έγκυρη ανάρτηση της εν λόγω διαφοράς στην Ευρωπαϊκή πλατφόρμα έως τις 30 Απριλίου κάθε τρέχοντος έτους . Η προκύπτουσα βαθμολογία στηρίζεται στην χρήση του λατινικού αλφαβήτου και κυμαίνεται από A (καλύτερη επίτευξη των στόχων) έως X (αδύνατη καταγραφή έγκυρων επιπέδων εκπομπής - αναστολή της λειτουργίας της μονάδας). Τέλος με (-) συμβολίζονται οι εγκαταστάσεις στις οποίες δεν έχουν ορισθεί υποχρεώσεις – στόχοι αναφορικά με την μείωση των εκπομπών αέριου διοξειδίου.

Γεγονός που αξίζει να παρατηρηθεί είναι η μείωση των παρεχόμενων δωρεάν δικαιωμάτων εκπομπών σε όλες τις μονάδες παραγωγής στοιχείο που βρίσκεται σε συνάφεια με την θεωρητική μας επισκόπηση που εξηγούσε ότι η περίσσεια των δικαιωμάτων στο τέλος της Πρώτης φάσης αποτέλεσε τροχοπέδη στην μείωση των εκπομπών καθώς η ανταλλαγή υψηλού ποσού δικαιωμάτων εκπομπής ήταν εύκολη δεδομένης της χαμηλής τιμής τους (υψηλή διαθεσιμότητα). [45]

Πίνακας 8. Δικαιώματα εκπομπής ανά εγκατάσταση και ανά έτος στις παραγωγικές μονάδες του TITAN E.A.(M.T.)

ΔΙΑΚΙΩΜΑΤΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΔΡΕΠΑΝΟΥ ΑΧΑΪΑΣ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΚΑΜΑΡΙΟΥ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΘΕΣΣΑΛΛΟΝΙΚΗΣ
Έτος 2013	927786	0	1643043	946226
Έτος 2014	911671	0	1614505	929791
Έτος 2015	895367	0	1585631	913162
Έτος 2016	878893	0	1556456	896360
Έτος 2017	862241	0	1526967	879378
Έτος 2018	845427	0	1497191	862230
Έτος 2019	828404	0	1467044	844868
Έτος 2020	811321	0	1436792	827446

Οι παραπάνω ποσότητες είναι εκφρασμένες ανά μετρικό τόνο (MT) και οι χρονολογίες αφορούν την τρέχουσα 3^η φάση του ΕΥΕΤΣ(2013 – 2020).

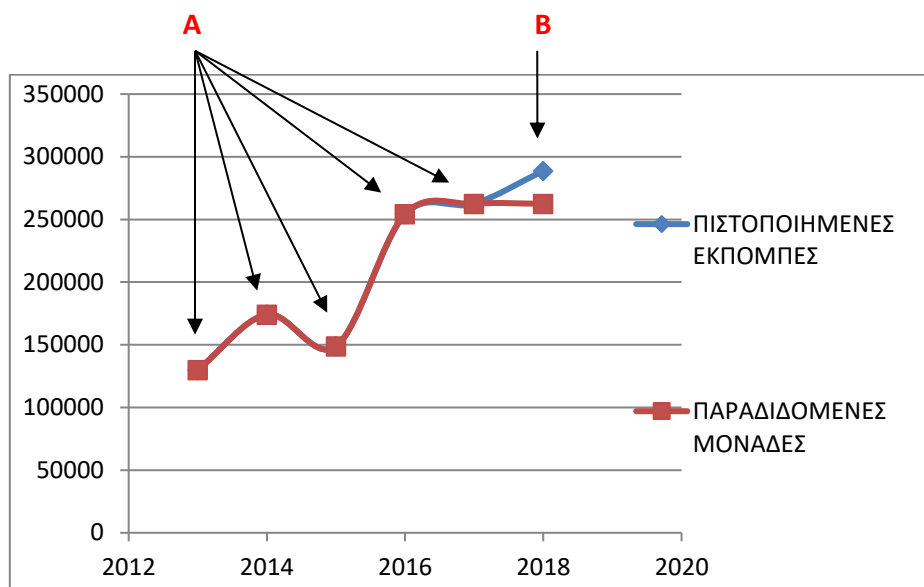
ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΥΨ – HALYPS CEMENT (HEIDELBERG CEMENT GROUP)

Η εν λόγω βιομηχανία, αποτελεί την απλούστερη περίπτωση τσιμεντοπαραγωγού στον Ελλαδικό χώρο διαθέτοντας μία και μοναδική εγκατάσταση παραγωγής υψηλής αντοχής τσιμέντου Portland(19300-ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ) κάνοντας ευκολότερη την συσχέτιση μεταξύ της παροχής δωρεάν δικαιωμάτων, της ετήσιας παραγωγής αέριου διοξειδίου και την Ευρωπαϊκής αξιολόγησης. [45],[46]

Πίνακας 9. Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της ΧΑΛΥΨ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΑΕ..(Μ.Τ.)

	ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ	ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	ΠΑΡΑΔΙΔΟΜΕΝΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ
<i>Έτος 2013</i>	438324	129945	129945	A
<i>Έτος 2014</i>	215356	174123	174123	A
<i>Έτος 2015</i>	211504	148800	148800	A
<i>Έτος 2016</i>	207613	254264	254264	A
<i>Έτος 2017</i>	407358	262525	262525	A*
<i>Έτος 2018</i>	399414	288778	262525	B

Σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 7, για πρώτη φορά παρατηρείτε το έτος 2018 το ύψος των παραδιδόμενων δικαιωμάτων από την εταιρία να μην αρκεί για να καλύψει τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμφθηκαν. Ταυτόχρονα, σε σχέση με τα προηγούμενα έτη (2014 – 2016: βρισκόμασταν κάτω από το 50% της μέγιστης παραγωγικότητας της μονάδας), ενώ τα διαθέσιμα δικαιώματα μειώθηκαν, οι συνολικές εκπομπές της μονάδας αυξήθηκαν. Για τους λόγους αυτούς γίνεται χρήση του συμβολισμού **B** στην τελική αξιολόγηση (ο αστερίσκος στο έτος 2017, αφορά την καθυστέρηση επίδοσης των αποτελεσμάτων εκπομπής του κύκλου εργασιών με το κλείσιμο του κύκλου στις 30 Απριλίου κάθε έτους).



Σχήμα 30. Τσιμέντα ΧΑΛΥΨ , προβολή της σχέσης των παραδιδόμενων μονάδων και των πιστοποιημένων αέριων εκπομπών ανά έτος για την Τρίτη Φάση του EU ETS.

Στους ακόλουθους πίνακες μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό πως κατά την τρέχουσα Φάση του Emissions Trading System ,στις προαναφερθείσες παραγωγικές μονάδες, όσο τα επίπεδα του παραγόμενου αέριου διοξειδίου παραμένουν κάτω από τα προ-ανακοινωθέντα από την νομοθεσία προβλεπόμενα κάθε έτους δικαιώματα εκπομπής, ενώ ταυτόχρονα η παραγωγική μονάδα έχει να παραδώσει ίσου (ή μεγαλύτερου ύψους) μονάδες σε σχέση με τις εκπομπές της η αξιολόγηση είναι η υψηλότερη δυνατή. [38]

Εν κατακλείδι, παρουσιάζονται τα ακόλουθα σενάρια χρησιμοποιώντας επίσημα δεδομένα για την βιομηχανία Τσιμέντα Χάλυψ (HALYPS BUILDING MATERIALS S.A), στα οποία παρατηρείται πώς η μεταβολή της τιμής του CO₂ σε ευρώ ανά τόνο (χρηματιστηριακό μέγεθος), το ύψος της παραγόμενης ποσότητας κλίνκερ, καθώς και τα εναπομείναντα από τον προηγούμενο κύκλο δικαιώματα επηρεάζουν την κερδοφορία της μονάδας σε μία πρόγνωση για την Τέταρτη IV και τελευταία Φάση του EU ETS (Έτη: 2021 – 2030). Τα στοιχεία αντλήθηκαν από τον Πίνακα 9. αναφορικά με τις πιστοποιημένες εκπομπές και τα παρεχόμενα δικαιώματα της παραγωγικής μονάδας για τα έτη 2014 έως 2018, από τα οποία και υπολογίστηκε ο Δείκτης ιστορικής δραστηριότητας (HAL), και με βάση τα οποία δημιουργήθηκε και το αντίστοιχο διάγραμμα της σχέσης Δικαιωμάτων Εκπομπής – Πιστοποιημένων Εκπομπών (βλ. σελ 76).

Πίνακας 10. Μέθοδος υπολογισμού Δείκτη Ιστορικής Δραστηριότητας για την Τέταρτη Φάση του EU ETS

Έτος	Εκπομπές	Κλίνκερ
2014	174.123	213.648
2015	148.800	182.577
2016	254.264	311.980
2017	262.525	322.117
2018	288.778	354.329
Μέσος	HAL	276.930

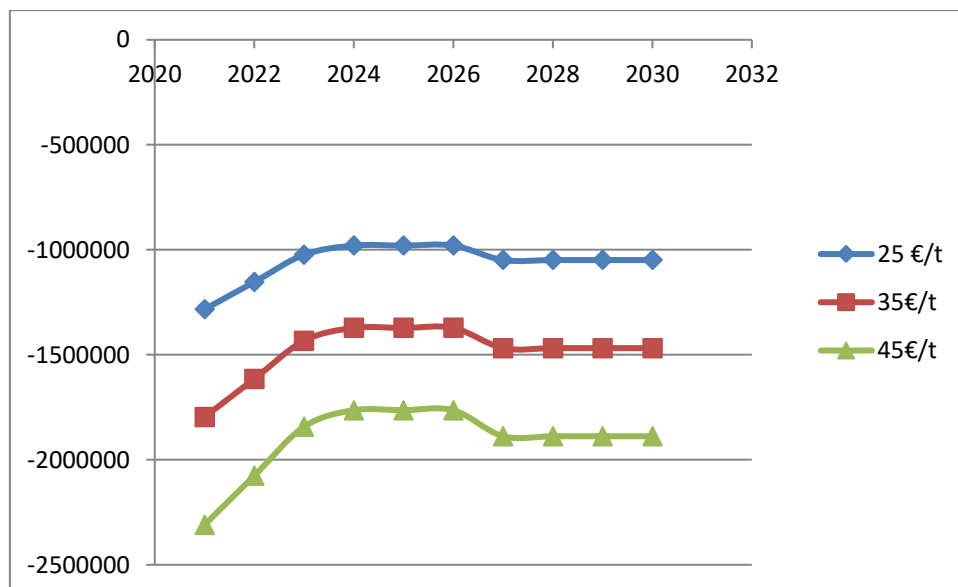
→ Σύνολο παραγωγής / Έτη

Η μελέτη που ακολουθεί, έχει πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας πιστά δεδομένα που αναρτήθηκαν στην Ευρωπαϊκή πλατφόρμα της Commission για την αξιολόγηση των εν λόγω μονάδων, που αφορούν την Τρίτη και τρέχουσα Φάση του EU ETS.

Πίνακας 11. Επίσημα δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους εκπομπής αέριου διοξειδίου ανά ύψος παραγωγής (ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΥΨ)

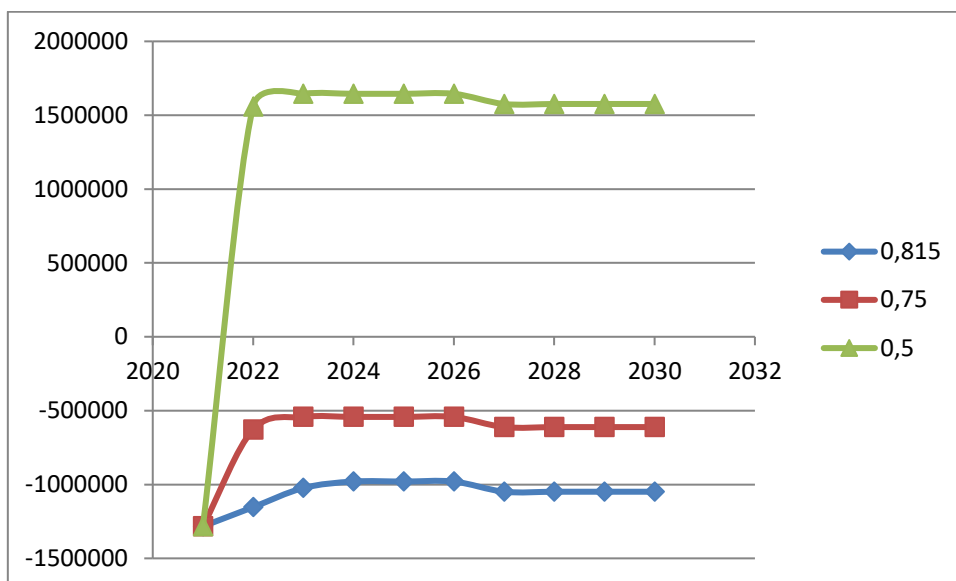
Παραγωγή	Κλίνκερ	Εκπομπές	Δικαιώματα	Διαφορά	Κόστος €/γ
P < 0.85 HAL (-1 tn)	235.390	191.842	161.948	29.894	747.362
0.85 (+1 tn) < P < 1.15	235.392	191.844	190.528	1.316	32.906
0.85 < P < 1.15 (-1 tn)	318.469	259.552	190.528	69.024	1.725.600
P > 1.15 (+ 1tn)	318.471	259.554	219.108	40.446	1.011.144

1^ο ΣΕΝΑΡΙΟ : ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ CO₂ €/tn ΣΤΗΝ ΚΕΡΔΟΦΟΡΙΑ



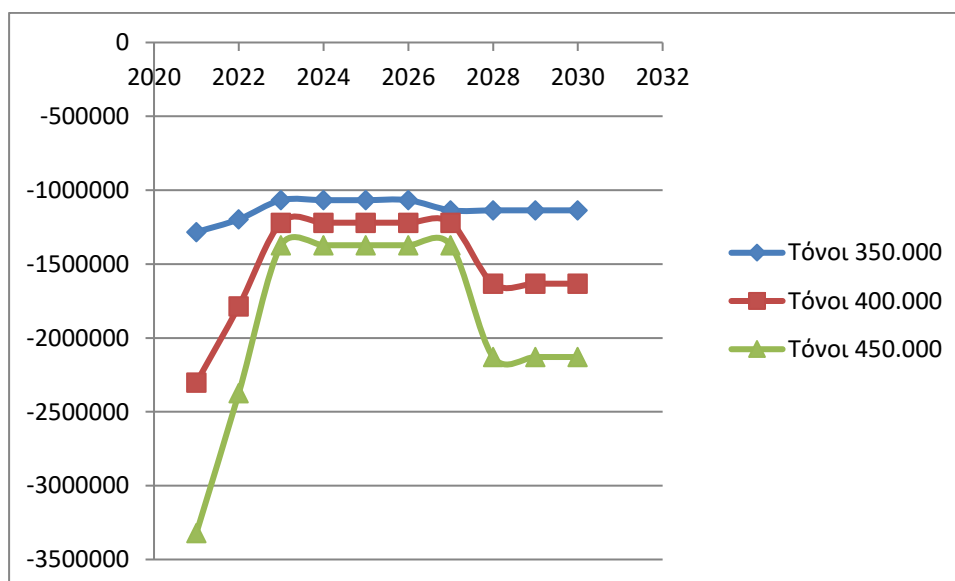
Σχήμα 31. Τιμμένα ΧΑΛΥΨ , επίδραση της τιμής CO₂€/tn στην κερδοφορία.

2^ο ΣΕΝΑΡΙΟ: ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕΣΩ ΑΥΞΗΣΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ Ή ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ)



Σχήμα 32. Τσιμέντα ΧΑΛΥΨ , ελάττωση του δείκτη εκπομπής από την παραγωγή κλίνκερ – επίδραση στην κερδοφορία.

3^ο ΣΕΝΑΡΙΟ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΕΡΔΟΦΟΡΙΑ

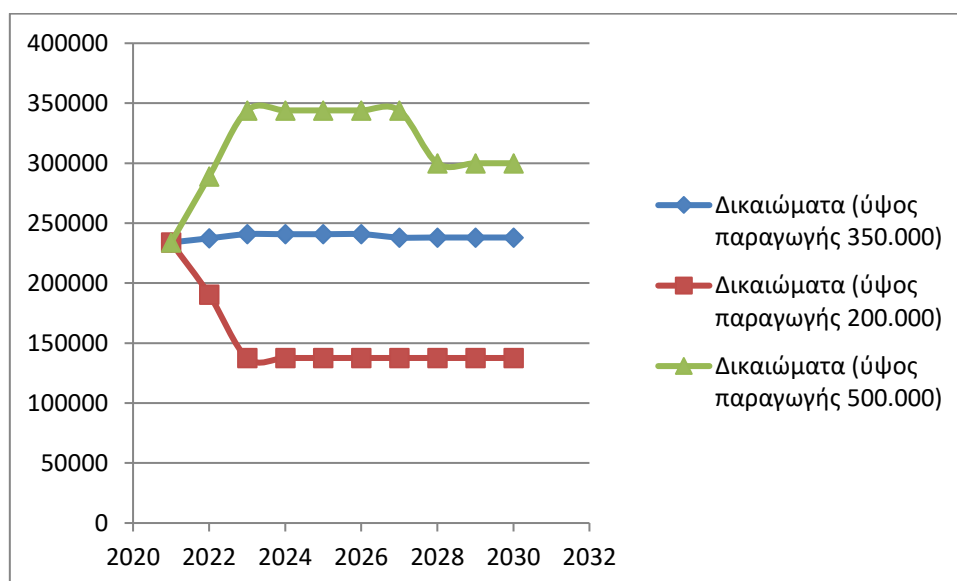


Σχήμα 33. Τσιμέντα ΧΑΛΥΨ , επίδραση του ύψους παραγωγής στην κερδοφορία.

Με βάση το άθροισμα του κόστους του εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος, για όλα τα χρόνια της Τέταρτης Φάσης του Ευρωπαϊκού Συστήματος Εμπορίας Ρύπων προκύπτει το ποσό που οφείλει συνολικά η βιομηχανική μονάδα να καταβάλλει εξαιτίας αυτών των εκπομπών. Από το ποσό αυτό εν τέλει, αφαιρείται

το ποσό των εναπομεινάντων δικαιωμάτων εκπομπής από την προηγούμενη φάση, και προκύπτει η καθαρή χρηματική ροή που οφείλει να καταβάλλει η μονάδα. Αξίζει να αναφερθεί πως σε όλα τα διαγράμματα το αρνητικό πρόσημο συμβολίζει την απώλεια χρημάτων, ενώ ακόμα σε όλα τα σενάρια η μονάδα έχει εκπομπές μη καλυπτόμενες από τα παρεχόμενα σε αυτή δικαιώματα.

Τέλος, σύμφωνα και με τα δεδομένα του Πίνακα 15 παρατηρείται ακολούθως πώς το ύψος της ετήσιας παραγωγής κλίνκερ, σε σχέση με την μέγιστη δυναμικότητα της μονάδας επηρεάζει την κερδοφορία μεταβάλλοντας το ύψος των παρεχόμενων δικαιωμάτων εκπομπής (Allocations).



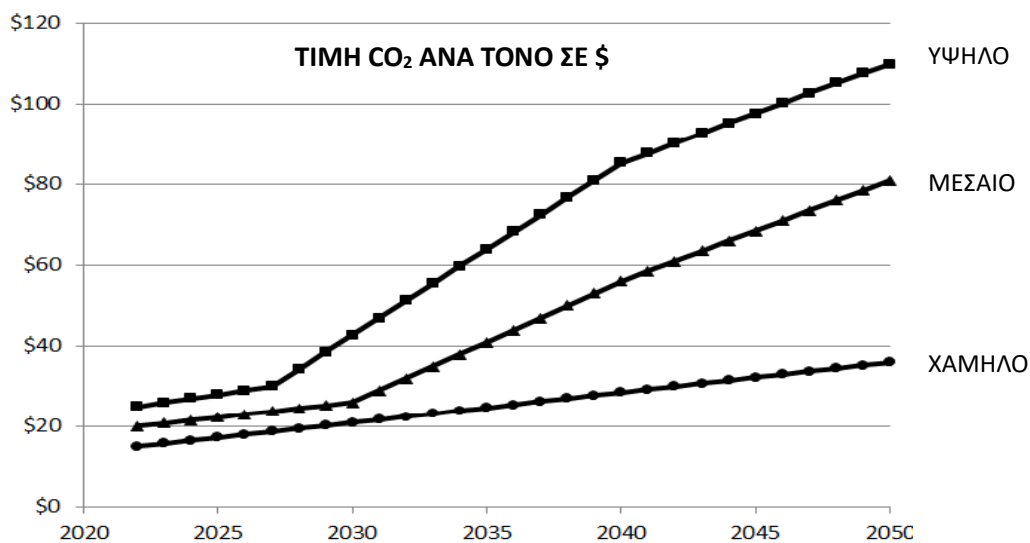
Σχήμα 34. Τιμέντα ΧΑΛΥΨ , επίδραση του ύψους παραγωγής στα παρεχόμενα δωρεάν δικαιώματα εκπομπής.

Το ύψος της παραγωγής συνδέεται άμεσα με τον Δείκτη Ιστορικής Δραστηριότητας (HAL) της Εξίσωσης 2, επηρεάζοντας με την σειρά του το ύψος των παρεχόμενων δικαιωμάτων.

Ακολούθως, σε άμεση συνάφεια με τους παραπάνω υπολογισμούς παρουσιάζεται μία πρόβλεψη για την διακύμανση της τιμής του ενός τόνου CO₂ στην παγκόσμια αγορά.[60]

Πίνακας 12. Τιμή αέριου διοξειδίου του άνθρακα ανά τόνο σε δολάρια

Σενάριο	ΧΑΜΗΛΟ	ΜΕΣΑΙΟ	ΥΨΗΛΟ
2022	\$15	\$20	\$25
2030	\$21	\$26	\$43
2050	\$36	\$81	\$103



Σχήμα 35. Πρόγνωση τιμής του διοξειδίου του άνθρακα στην παγκόσμια αγορά

Σύμφωνα με τις παραπάνω προβλέψεις, οι επιλογές του κόστους με διακύμανση από 25€ έως 45€ ο τόνος ήταν ορθές, καλύπτοντας και τα τρία πιθανά σενάρια.

ΤΙΤΑΝ Α.Ε.

Πίνακας 13. Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της παραγωγικής μονάδας ΤΙΤΑΝΑΣ Α.Ε. Δρεπανιού Αχαΐας, (Μ.Τ.)

ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΔΡΕΠΑΝΟΥ ΑΧΑΪΑΣ	ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ	ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	ΠΑΡΑΔΙΔΟΜΕΝΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ
<i>Έτος 2013</i>	927786	758094	758094	A
<i>Έτος 2014</i>	911671	881800	881800	A
<i>Έτος 2015</i>	895367	814529	814529	A
<i>Έτος 2016</i>	878893	737510	737510	A
<i>Έτος 2017</i>	862241	671206	671206	A
<i>Έτος 2018</i>	845427	717356	717356	A

Πίνακας 14. Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της παραγωγικής μονάδας ΤΙΤΑΝΑΣ Α.Ε. Καμαρίου Βοιωτίας

ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΚΑΜΑΡΙΟΥ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ	ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	ΠΑΡΑΔΙΔΟΜΕΝΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ
<i>Έτος 2013</i>	1643043	1570569	1570569	A
<i>Έτος 2014</i>	1614505	1725551	1725551	A
<i>Έτος 2015</i>	1585631	1609703	1609703	A
<i>Έτος 2016</i>	1556456	1717171	1717171	A
<i>Έτος 2017</i>	1526967	1715552	1715552	A
<i>Έτος 2018</i>	1497191	1696210	1696210	A

Πίνακας 15. Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της παραγωγικής μονάδας ΤΙΤΑΝΑΣ Α.Ε. Θεσσαλονίκη

ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΘΕΣΣΑΛΛΟΝΙΚΗΣ	ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ	ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	ΠΑΡΑΔΙΔΟΜΕΝΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ
<i>Έτος 2013</i>	946226	1016933	1016933	A
<i>Έτος 2014</i>	929791	941803	941803	A
<i>Έτος 2015</i>	913162	697406	697406	A
<i>Έτος 2016</i>	896360	850825	850825	A
<i>Έτος 2017</i>	879378	843618	843618	A
<i>Έτος 2018</i>	862230	615954	615954	A

Προσέξτε πως δύο αυτές τιμές ισούνται κατά την απογραφή σε κάθε κλείσιμο του έτους, ενώ είναι ταυτόχρονα μικρότερες από τα δωρεάν παρεχόμενα δικαιώματα οδηγώντας στην υψηλότερη αξιολόγηση **A**.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί πως τα δεδομένα του κάθε επιμέρους πίνακα

φτάνουν μέχρι το έτος 2018, καθώς τα επίσημα στοιχεία για το τρέχον έτος δεν έχουν γνωστοποιηθεί από την Ευρωπαϊκή πλατφόρμα πληροφοριών της Κομισιόν.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα ίδια σενάρια κερδοφορίας που πραγματοποιήθηκαν προηγουμένως για την βιομηχανία HALYPS BUILDING MATERIALS S.A.

ΤΙΤΑΝ Α.Ε.
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΔΡΕΠΑΝΟΥ ΑΧΑΪΑΣ

Πίνακας 16. Μέθοδος υπολογισμού Δείκτη Ιστορικής Δραστηριότητας για την Τέταρτη Φάση του EU ETS

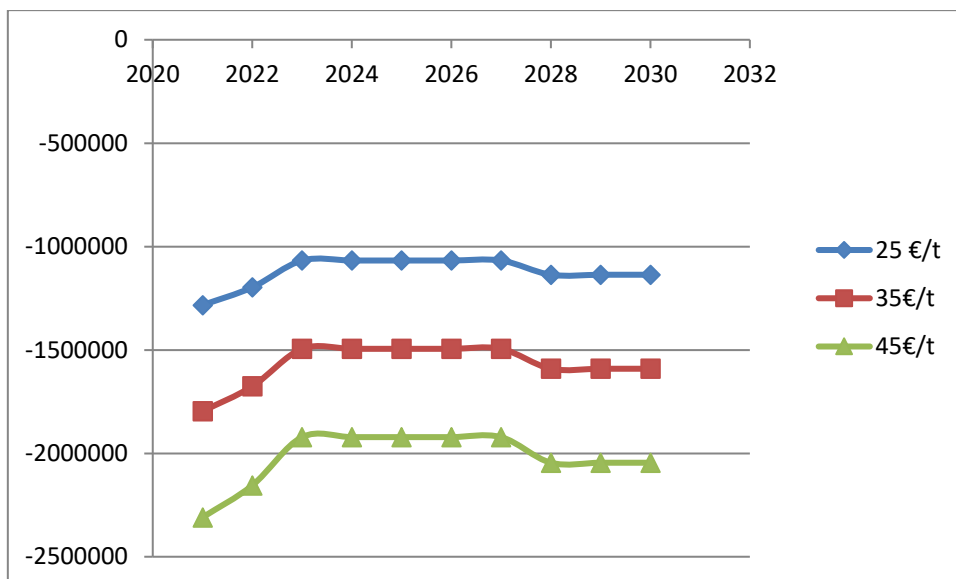
Έτος	Εκπομπές	Κλίνκερ
2014	881800	1.081.963
2015	814529	999.422
2016	737510	904.920
2017	671206	823.566
2018	717356	880.191
Μέσος	HAL	938.013

→ Σύνολο παραγωγής / Έτη

Πίνακας 17. Επίσημα δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους εκπομπής αέριου διοξειδίου ανά ύψος παραγωγής (ΤΙΤΑΝ Α.Ε.)

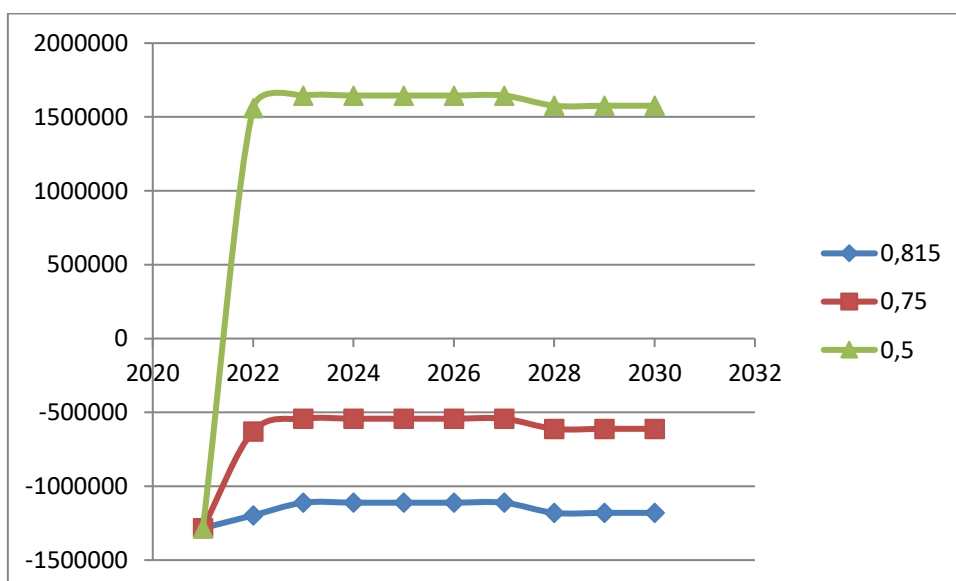
Παραγωγή	Κλίνκερ	Εκπομπές	Δικαιώματα	Διαφορά	Κόστος €/γ
P < 0.85 HAL (-1 t)	797.310	649.807	548.549	101.258	2.531.458
0.85 < P < 1.15 (+1 t)	797.312	649.809	645.353	4.456	111.409
0.85 < P < 1.15 (-1 t)	1.078.713	879.151	645.353	233.799	5.844.970
P > 1.15 (+ 1t)	1.078.715	879.153	742.156	136.997	3.424.921

1^ο ΣΕΝΑΡΙΟ : ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ CO2 €/tn ΣΤΗΝ ΚΕΡΔΟΦΟΡΙΑ



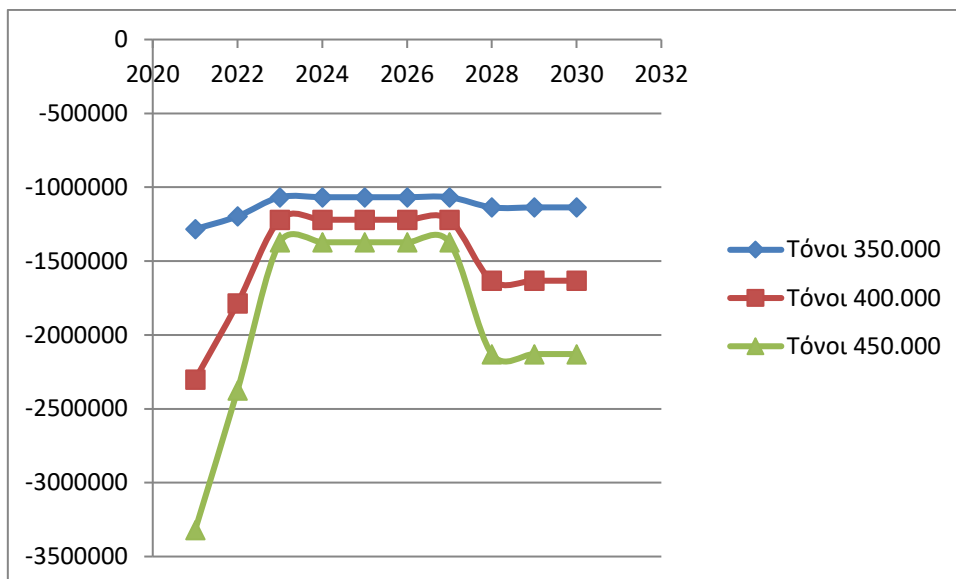
Σχήμα 36. ΤΙΤΑΝ Α.Ε. , επίδραση της τιμής CO2€/tn στην κερδοφορία.

2^ο ΣΕΝΑΡΙΟ: ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕΣΩ ΑΥΞΗΣΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ Ή ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ)



Σχήμα 37. ΤΙΤΑΝ Α.Ε ελάττωση του δείκτη εκπομπής από την παραγωγή κλίνκερ – επίδραση στην κερδοφορία.

3^ο ΣΕΝΑΡΙΟ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΕΡΔΟΦΟΡΙΑ



Σχήμα 38. ΤΙΤΑΝ Α.Ε επίδραση του ύψους παραγωγής στην κερδοφορία.

ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ

Πίνακας 18. Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της παραγωγικής μονάδας ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ Θεσσαλονίκης.

ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΒΟΛΟΥ	ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ	ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	ΠΑΡΑΔΙΔΟΜΕΝΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ
Έτος 2013	2199446	1325416	1325416	A
Έτος 2014	2161243	1292330	1292330	A
Έτος 2015	2122592	1318150	1318150	A
Έτος 2016	2083537	1446949	1446949	A
Έτος 2017	2044062	1328495	1328495	A
Έτος 2018	2004203	1265738	1265738	A

Πίνακας 19. Αναλυτικός Πίνακας στοιχείων δραστηριότητας και αξιολόγησης της παραγωγικής μονάδας ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ Μυλακίου.

ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΜΥΛΑΚΙΟΥ	ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ	ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	ΠΑΡΑΔΙΔΟΜΕΝΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	ΑΞΙΟΛΟΓΙΣΗ
<i>Έτος 2013</i>	1149082	1014802	1014802	A
<i>Έτος 2014</i>	1129124	1075999	1075999	A
<i>Έτος 2015</i>	1108931	934136	934136	A
<i>Έτος 2016</i>	1088527	*1040179	1040179	A
<i>Έτος 2017</i>	1067903	*1101025	1101025	A
<i>Έτος 2018</i>	1047079	883109	883109	A

(*)Αξίζει να παρατηρηθεί στο σημείο αυτό ότι ακόμα και στις περιπτώσεις που οι εκπομπές αέριου διοξειδίου αυξήθηκαν σε σχέση με το προηγούμενο έτος, εφόσον ισχύουν τα παραπάνω κριτήρια δεν επηρεάστηκε καθόλου η αξιολόγηση.

Ακολούθως, τα τρία διαφορετικά σενάρια επίδρασης στην κερδοφορία που πραγματοποιήθηκαν για τους ομίλους ΤΙΤΑΝ Α.Ε. και Τιμέντα ΧΑΛΥΨ πραγματοποιήθηκαν και για τον εν λόγω παραγωγό.

ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΒΟΛΟΥ

Πίνακας 20. Μέθοδος υπολογισμού Δείκτη Ιστορικής Δραστηριότητας για την Τέταρτη Φάση του EU ETS

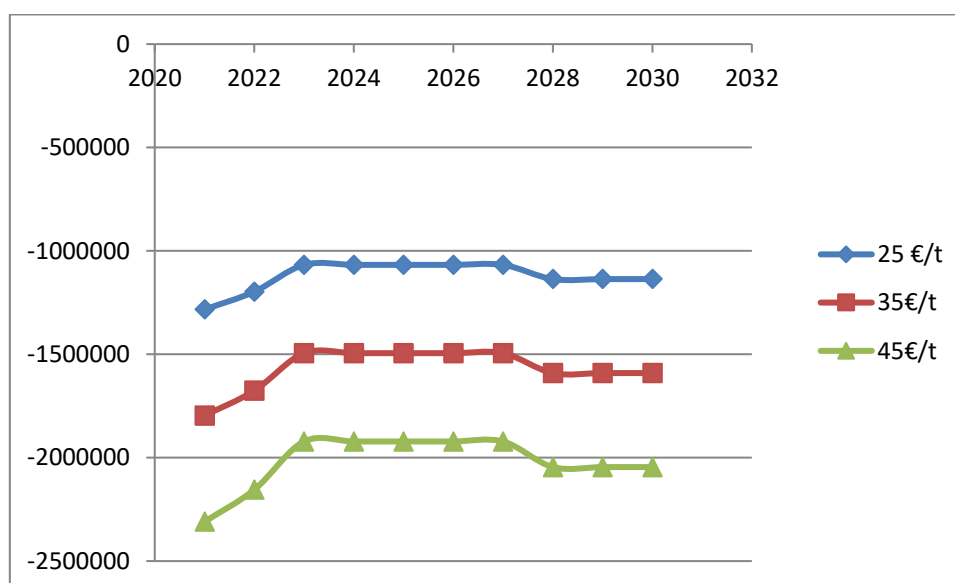
Έτος	Εκπομπές	Κλίνκερ
2014	1292330	1.585.681
2015	1318150	1.617.362
2016	1446949	1.775.398
2017	1328495	1.630.055
2018	1265738	1.553.053
Μέσος	HAL	1.632.310

→ Σύνολο παραγωγής / Έτη

Πίνακας 21. Επίσημα δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους εκπομπής αέριου διοξειδίου ανά ύψος παραγωγής (ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ)

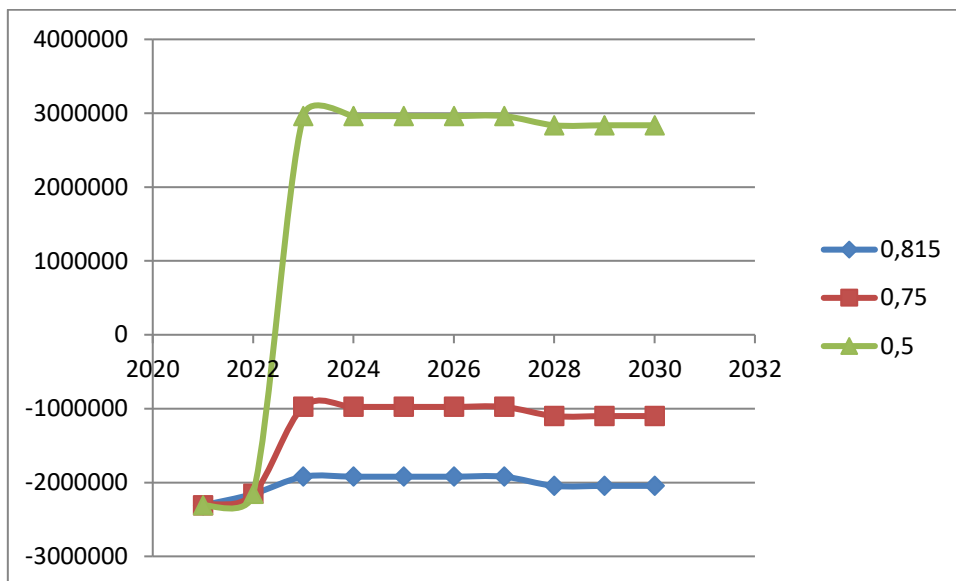
Παραγωγή	Κλίνκερ	Εκπομπές	Δικαιώματα	Διαφορά	Κόστος €/γ
P < 0.85 HAL (-1 t)	1.387.462	1.130.782	954.574	176.208	4.405.193
0.85 < P < 1.15 (+1 t)	1.387.464	1.130.783	1.123.029	7.754	193.857
0.85 < P < 1.15 (-1 t)	1.877.155	1.529.881	1.123.029	406.852	10.171.309
P > 1.15 (+1t)	1.877.157	1.529.883	1.291.484	238.399	5.959.974

1^ο ΣΕΝΑΡΙΟ : ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ CO₂ €/tn ΣΤΗΝ ΚΕΡΔΟΦΟΡΙΑ



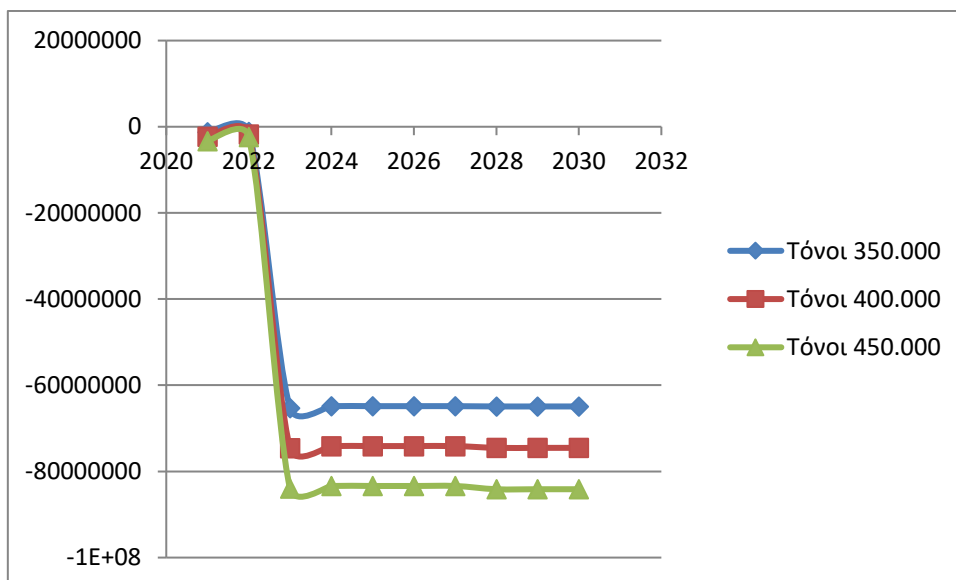
Σχήμα 39. ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ. , επίδραση της τιμής CO₂€/tn στην κερδοφορία.

2^ο ΣΕΝΑΡΙΟ: ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕΣΩ ΑΥΞΗΣΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ Ή ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ)



Σχήμα 40. ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ, ελάττωση του δείκτη εκπομπής από την παραγωγή κλίνκερ – επίδραση στην κερδοφορία.

3^ο ΣΕΝΑΡΙΟ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΕΡΔΟΦΟΡΙΑ

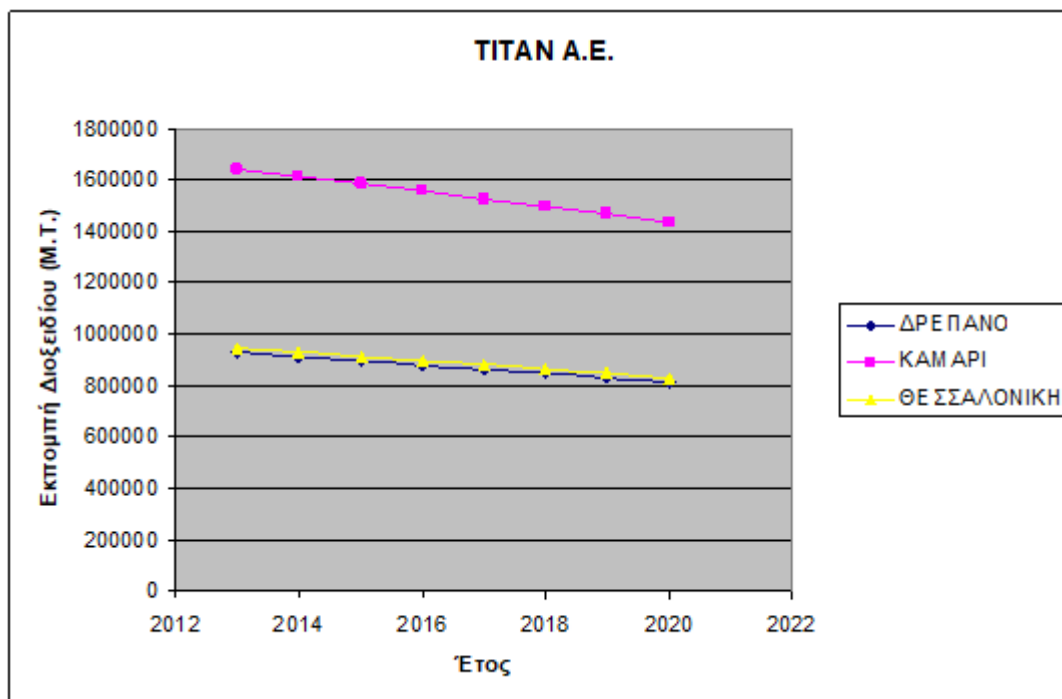


Σχήμα 41. ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ, επίδραση του ύψους παραγωγής στην κερδοφορία.

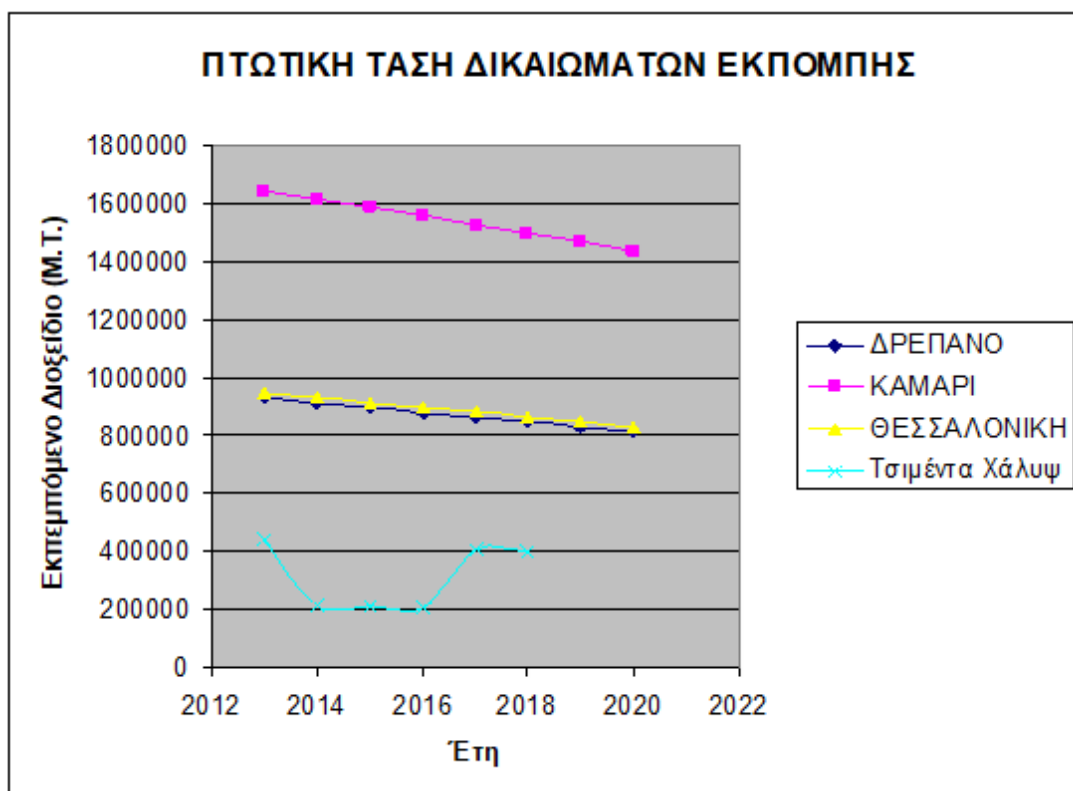
Αξίζει να σχολιαστεί στο σημείο αυτό, η διαφορά του παραπάνω γραφήματος σε σχέση με τα αντίστοιχα των υπόλοιπων δύο μονάδων. Η διαφορά αυτή εξηγείται καθώς χρησιμοποιώντας τα ίδια ύψη παραγωγής για να διευκολυνθεί η σύγκριση των

διαγραμμάτων μεταξύ τους, όπως γίνεται εμφανές από τον Πίνακα 13 η μονάδα αυτή έχει αρκετά μεγαλύτερη ετήσια παραγωγή και για τις χρησιμοποιούμενες τιμές το εργοστάσιο δεν παρουσιάζει κερδοφορία.

Στα ακόλουθα διαγράμματα, παρουσιάζεται η πτωτική τάση των δωρεάν παρεχόμενων δικαιωμάτων εκπομπής αέριου διοξειδίου του άνθρακα (Allocations) χρόνο με τον χρόνο, για την Τρίτη Φάση του Emission Trading System που αφορούν τις τρεις εγκαταστάσεις της βιομηχανίας παραγωγής TITAN A.E. καθώς και της βιομηχανίας ΤΣΙΜΕΝΑ ΧΑΛΥΨ.[44],[46]



Σχήμα 42. TITAN A.E. πτωτική τάση δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα.



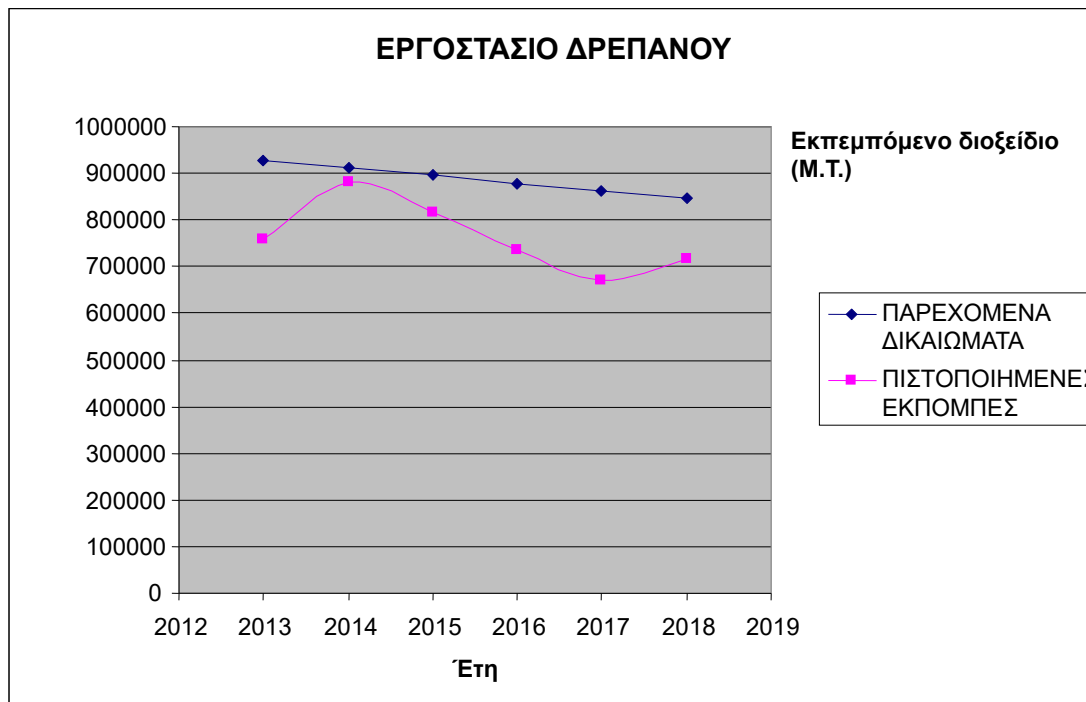
Σχήμα 43. Πτωτική τάση δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα. TITAN A.E. – ΧΑΛΥΨ.

Παρατηρείτε όπως προαναφέρθηκε, η άμεση σχέση μεταξύ της δυναμικότητας της κάθε εγκατάστασης και του ποσού των παρεχόμενων δωρεάν δικαιωμάτων, καθώς τοποθεσίες με μικρότερο ύψος συνολικής παραγωγής δικαιούνται σύμφωνα με τον κανονισμό και χαμηλότερα δικαιώματα.

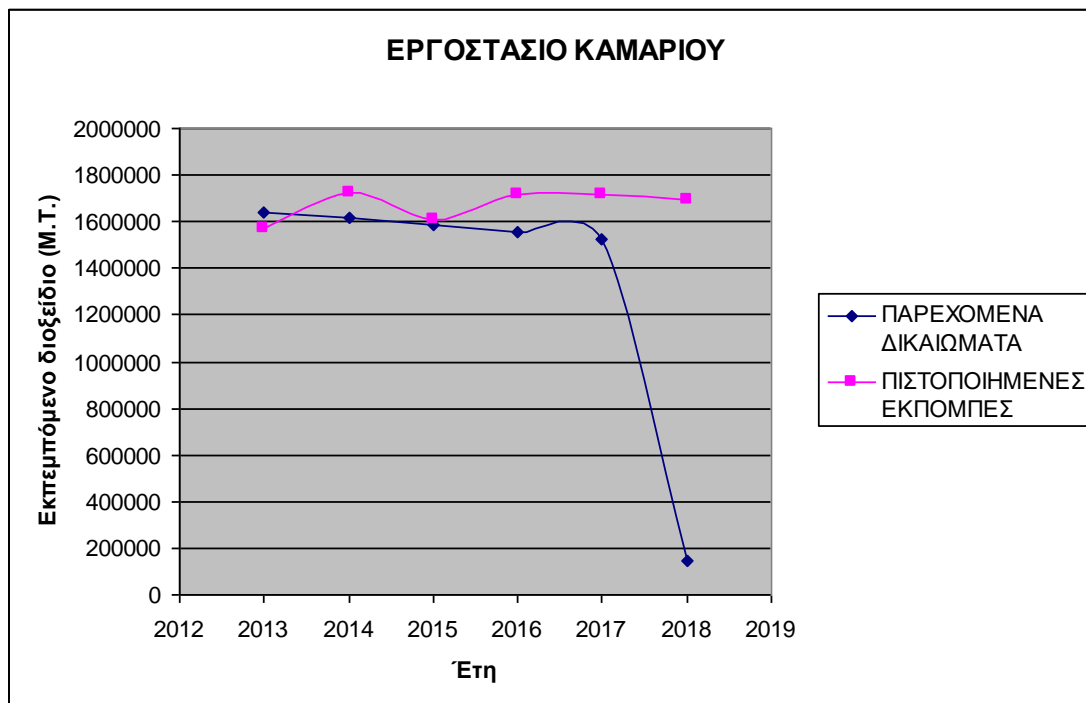
Αναφορικά με την βιομηχανία ΧΑΛΥΨ (γαλάζια καμπύλη) για τα έτη 2016 – 2017, η ανοδική πορεία των δικαιωμάτων εκπομπής μπορεί να εξεταστεί και να δικαιολογηθεί σύμφωνα με τον τύπο [\(2\)](#) με την βελτίωση ενός εκ των δεικτών CLEF ή LRF.

Ακολουθως, με βάση τα διαθέσιμα δημοσιοποιημένα δεδομένα παροχής δωρεάν δικαιωμάτων εκπομπής (Allocations) αλλά και τις πιστοποιημένες εκπομπές αέριου διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος παρατίθεται για κάθε εγκατάσταση η σχέση των δύο μεγεθών, δείχνοντας φαινομενικά την ανάγκη σε κάθε κύκλο αγοράς ή την ευχέρεια πώλησης δικαιωμάτων. Τα δεδομένα αφορούν την τρέχουσα Τρίτη Φάση του ETS από την αρχή της (2013) μέχρι το ημερολογιακό έτος 2018.

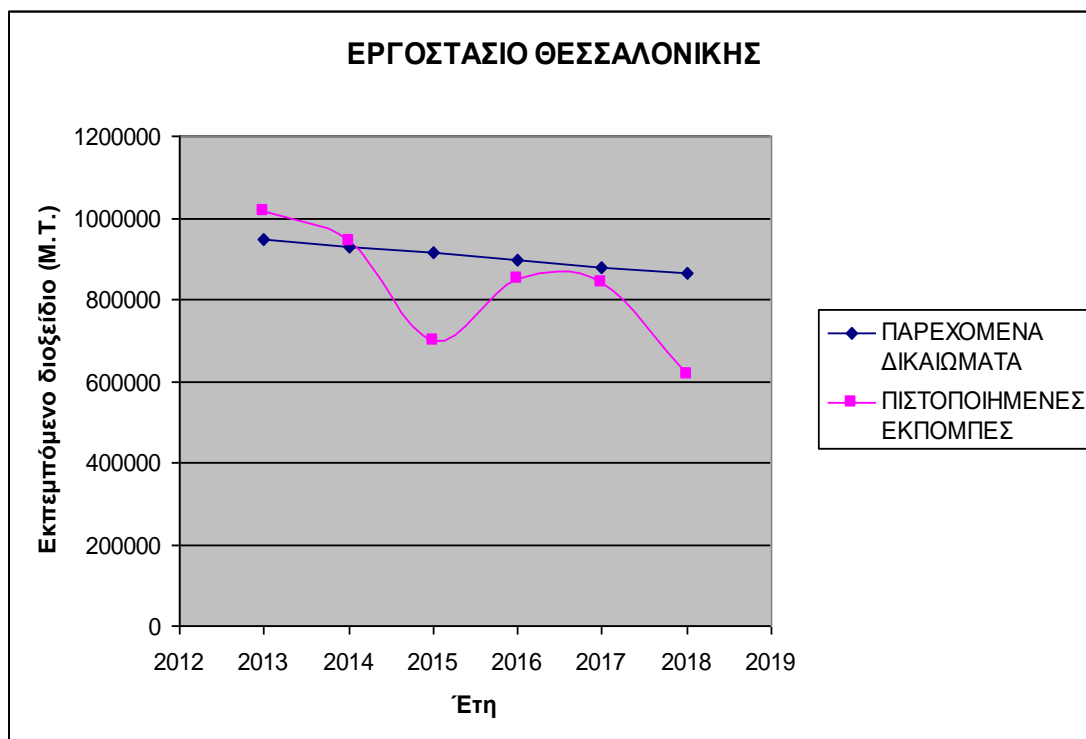
ΤΙΤΑΝ Α.Ε.



Σχήμα 44. Εργοστάσιο Δρεπάνου – Ύψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS.

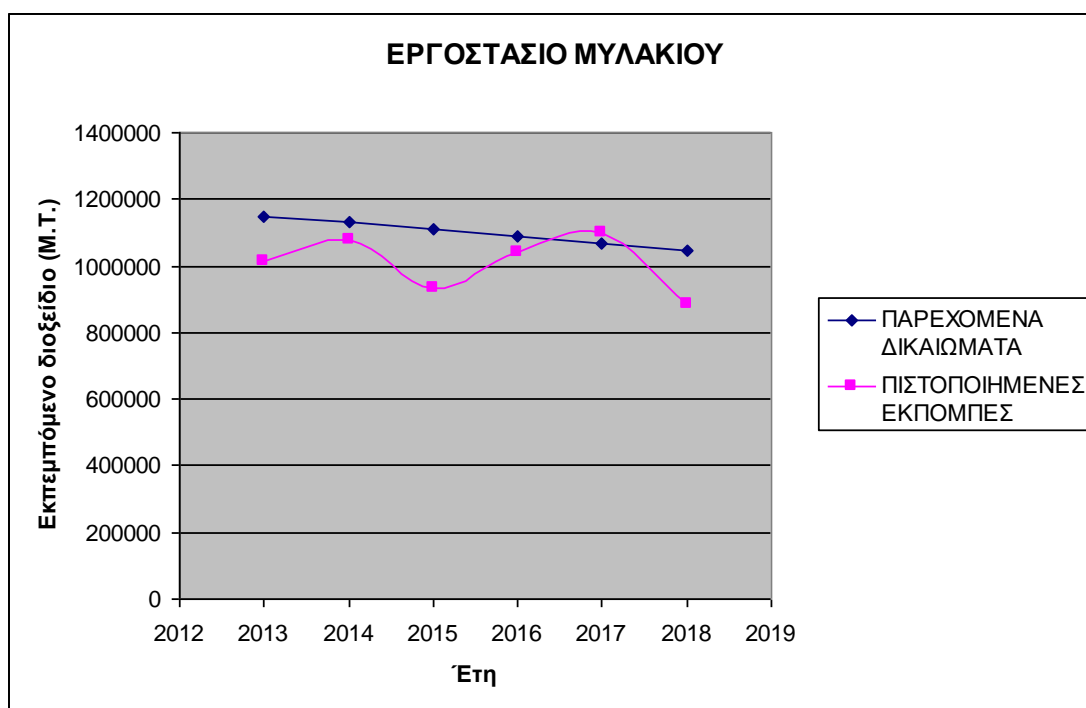


Σχήμα 45. Εργοστάσιο Καμαρίου – Ύψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS.

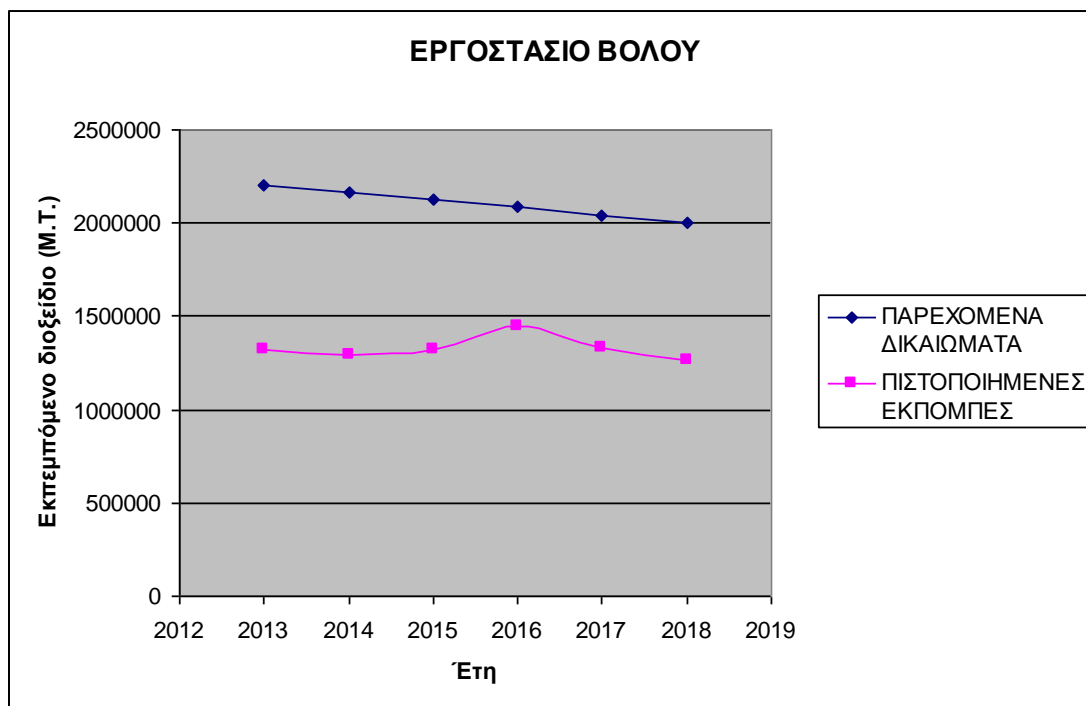


Σχήμα 46. Εργοστάσιο Θεσσαλονίκης – Ύψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS.

ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ

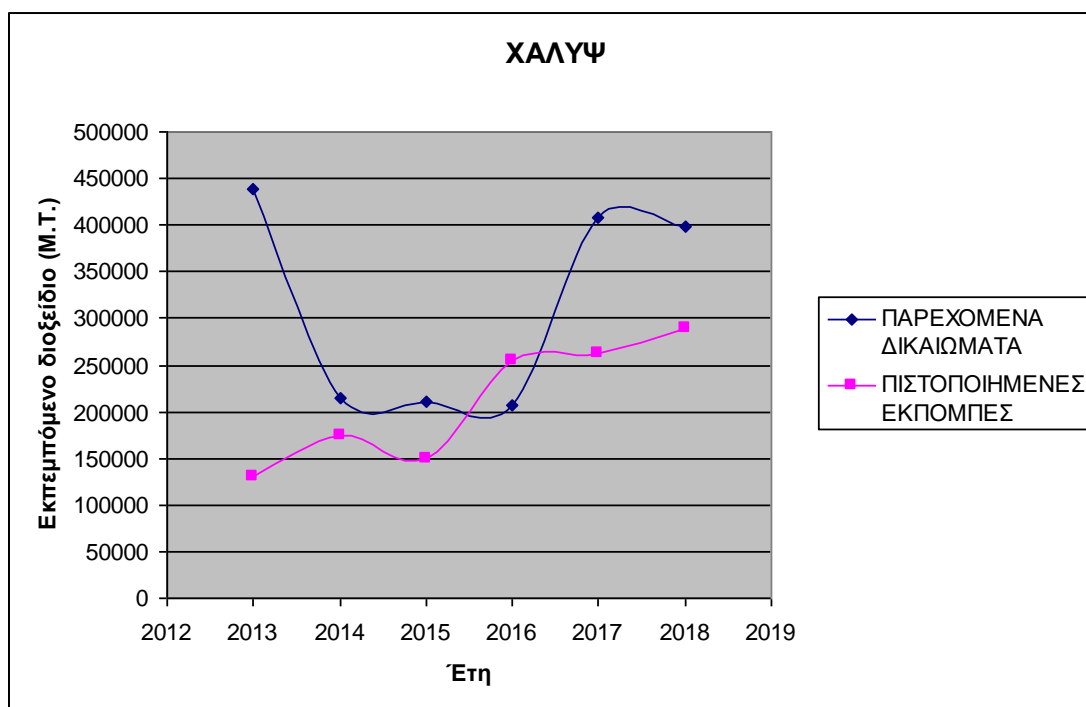


Σχήμα 47. Εργοστάσιο Μυλακίου – Ύψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS.



Σχήμα 48. Εργοστάσιο Βόλου –Υψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS.

ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΥΨ

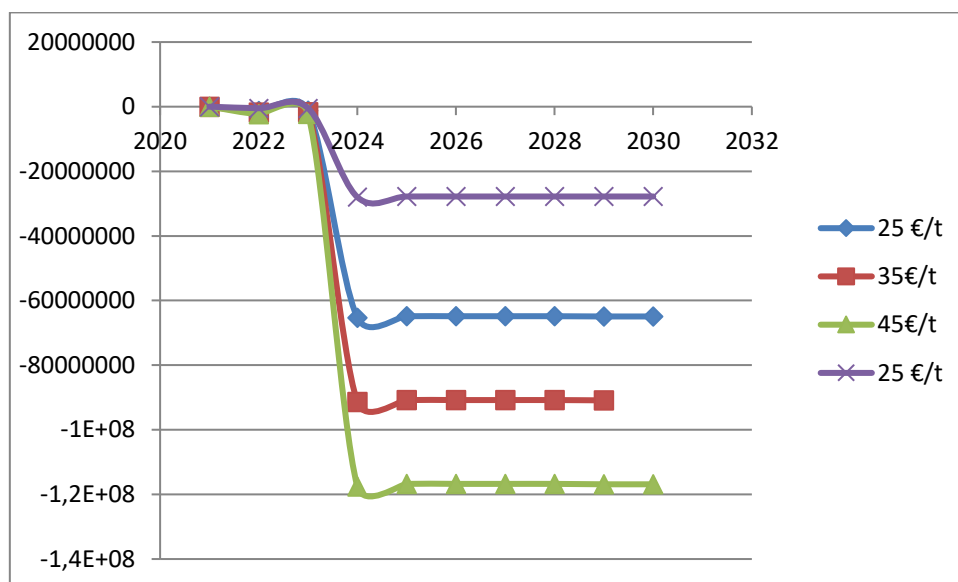


Σχήμα 49. HALYPS BUILDING MATERIALS S.A. –Υψος εκπεμπόμενου διοξειδίου και πιστοποιημένων εκπομπών για την Τρίτη φάση του EU ETS.

ΤΙΤΑΝ Α.Ε.
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΚΑΜΑΡΙΟΥ ΒΟΙΩΤΙΑΣ:

Τέλος, για το εν λόγω εργοστάσιο πραγματοποιήθηκε μία μελέτη ανάλυσης του εκπομπής αέριου διοξειδίου λόγω της προβλεπόμενης παραγωγικής του δραστηριότητας για τα ακόλουθα έτη 2021 – 2030 της Τέταρτης φάσης IV του EU ETS. Τα αντλούμενα δεδομένα για την Τρίτη Φάση III, από τα οποία προκύπτουν τα περισσευόμενα δικαιώματα, αλλά και ο Δείκτης Ιστορικής Δραστηριότητας, παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 11 (σελ. 61) της παρούσης εργασίας.

1^η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ CO₂ €/tn ΣΤΗΝ ΚΕΡΔΟΦΟΡΙΑ ΜΕ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΕΡΟΥ ΥΨΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

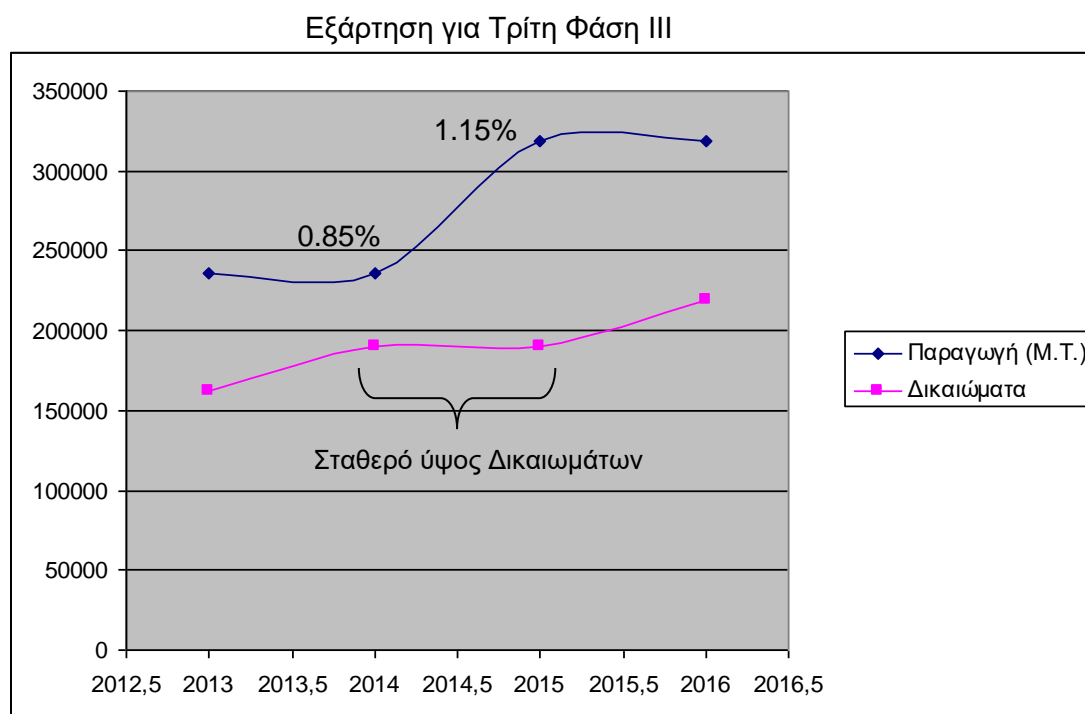


Σχήμα 50. Επιλογή κατάλληλου ύψους παραγωγής και τιμής διοξειδίου του άνθρακα για την εύρεση του βέλτιστου σεναρίου κερδοφορίας.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε πως η μωβ καμπύλη αποτελεί το βέλτιστο σενάριο κόστους για την μονάδα και προκύπτει από τον συνδυασμό της τιμής των 25€/tn αέριου διοξειδίου , με ύψος παραγωγής 150.000 τόνους κλίνκερ σε αντίθεση με τα άλλα σενάρια για ύψος παραγωγής 350.000 τόνους κλίνκερ. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, στο τέλος του 2030 και της τέταρτης φάσης, η μονάδα έχει εκπέμψει 7.839.00 τόνους αέριου διοξειδίου περισσότερους από όσους προβλέπει η νομοθεσία και εφόσον δεν έχει πουλήσει τα δικαιώματα που της περίσσεψαν από την προηγούμενη φάση θα τα προσθέσει στους παραπάνω τόνους προκειμένου να καλύψει ένα μέρος των εξτρά εκπομπών της:

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα και στις δύο περιπτώσεις ο δείκτης εκπομπής της μονάδας ελαττώθηκε κάνοντας μία επένδυση – εκσυγχρονισμό της εγκατάστασης στο μισό της αρχικής του τιμής. Στην πρώτη περίπτωση η επένδυση πραγματοποιήθηκε σε 3 διαδοχικά στάδια (2023 - 2024 - 2025) ενώ στην δεύτερη περίπτωση πραγματοποιήθηκε και ολοκληρώθηκε το ίδιο έτος (2023) με αυξημένο κόστος σε σχέση με την πρώτη. Στην δεύτερη περίπτωση όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα, σαφώς οι μειωμένες εκπομπές οδηγούν γρηγορότερα στην μέγιστη κερδοφορία και συνεπώς το πραγματικό οικονομικό όφελος προκύπτει από την αξιολόγηση του κόστους εκσυγχρονισμού της μονάδας και εάν αυτό καλύπτεται από το όφελος που προκύπτει εξαιτίας των μειωμένων εκπομπών. Και στις δύο μελέτες, το κόστος εκπομπής παραμένει σταθερό και είναι το ίδιο και για τις δύο έπειτα από το έτος 2025.

Ακολούθως, παρουσιάζεται σύμφωνα με τους υπολογισμούς των πινάκων 11, 12 και 17 για τα έτη της Τρίτης Φάσης του EU ETS η μεταβολή των παρεχόμενων Δικαιωμάτων Εκπομπής αέριου διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με το ύψος παραγωγής.



Σχήμα 52. Εξάρτηση Δικαιωμάτων Εκπομπής από το συνολικό ύψος παραγωγής

Τέλος, μία σύντομη παράθεση θα γίνει σε μερικές άλλες βιομηχανίες προκειμένου να παρουσιαστούν εν συντομία οι διαφορές των μεθόδων υπολογισμού του εκπεμπόμενου αέριου διοξειδίου του άνθρακα.

III.β. Σύγκριση Τομέα με λοιπούς τομείς

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Κατά την μεταβατική φάση (2008-2012) η προτεινόμενη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για τον υπολογισμό του κόστους εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

Εξίσωση 3^η:

$$CC_j^t = [(Εκπομπές - Δωρεάν Δικαιώματα) \times C_{t-1}] / P_j^F = [(\lambda_j \times P_j^F - E_j^r) \times C_{t-1}] / P_j^F = (\lambda_j - E_j^r / P_j^F) \times C_{t-1} = \lambda_j (1 - \alpha) \times C_{t-1}$$

Σύμφωνα με αυτή, το κόστος εκπομπών αντιπροσωπεύει το κόστος του ελλείμματος που προκύπτει στην περίπτωση που οι προβλεπόμενες ετήσιες εκπομπές μίας βιομηχανικής μονάδας υπερβούν τα δικαιώματα που της αντιστοιχούν.

Στην πορεία και μετά το πέρας του έτους 2012, η παραπάνω σχέση αναπροσαρμόστηκε σύμφωνα με τον Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας λόγω της παύσης της παροχής δωρεάν δικαιωμάτων εκπομπών από το ETS και η πλέον ισχύουσα εξίσωση αντιπροσωπεύει το συνολικό κόστος παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα. Η εν λόγω σχέση, καθώς και οι χρησιμοποιούμενοι συμβολισμοί τόσο αυτής, όσο και της προγενέστερης της αναγράφονται στην συνέχεια:

$$CC_j^t = (\lambda_j \times P_j^F \times C_{t-1}) / P_j^F = \lambda_j \times C_{t-1} \text{ (ευρώ/MWh)}$$

t: Δείκτης των μηνών του έτους (t-1,2,...,12)

i: Δείκτης των σταθμών παραγωγής

j: Δείκτης των μονάδων παραγωγής

λ_j : Συντελεστής εκπομπής της μονάδας *j*

P_j^F : Προβλεπόμενη ετήσια παραγωγή της μονάδας *j*

C_{t-1} : Μέση τιμή εκπομπών CO₂ (μέσω του ETS) κατά τον προηγούμενο μήνα

CC_j^t : Μέσο ειδικό κόστος εκπομπών

E_j^r : Δωρεάν δικαιώματα εκπομπών

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

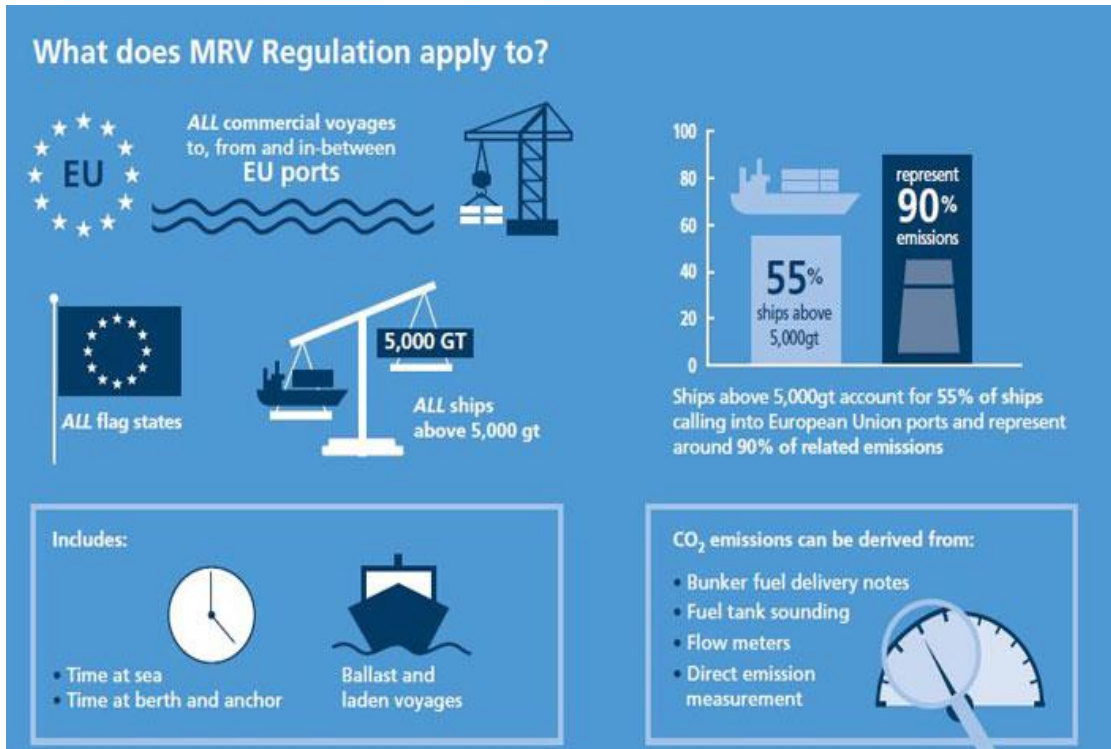
Στην ναυτιλία, με εφαρμογή του MRV (βλ. Σχήμα 30,31) για πρώτη χρονιά εν έτη 2018 και για την καταγραφική περίοδο 2018-2019 (ISO 2015/757) και εν συνεχεία του IMO(SEEMP I&SEEMP II) η υποχρεωτική παρακολούθηση και καταγραφή των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων περιορίζεται σε cargo ships (περιλαμβάνονται και επιβατικά) που υπερβαίνουν τους 5000 MT σε “νεκρό βάρος” (Dead Weight – ή αλλιώς το βάρος του πλοίου μετρημένο στο λεγόμενο summer draft), τα οποία έχουν προσαράξει για φόρτωση ή εκφόρτωση εμπορεύματος σε οπουδήποτε Ευρωπαϊκό λιμάνι.

Μετά από την παροχή επίσημων εγγράφων σχετικά με τα διανυόμενα ναυτικά μίλια ανά ταξίδι, το φορτίο και τον ανεφοδιασμό καυσίμων (όλα παρεχόμενα σε διεθνή ώρα Greenwich και όχι Local time) καθώς και μηχανολογικά στοιχεία για την κύρια μηχανή (power output, kW) και για τις Δευτερεύουσες (Auxiliary Engine, Auxiliary Boilers) καταλήγουμε σε τέσσερις σημαντικούς δείκτες αλλά και στις ακόλουθες συνολικές (Year based) συγκεντρωτικές τιμές:

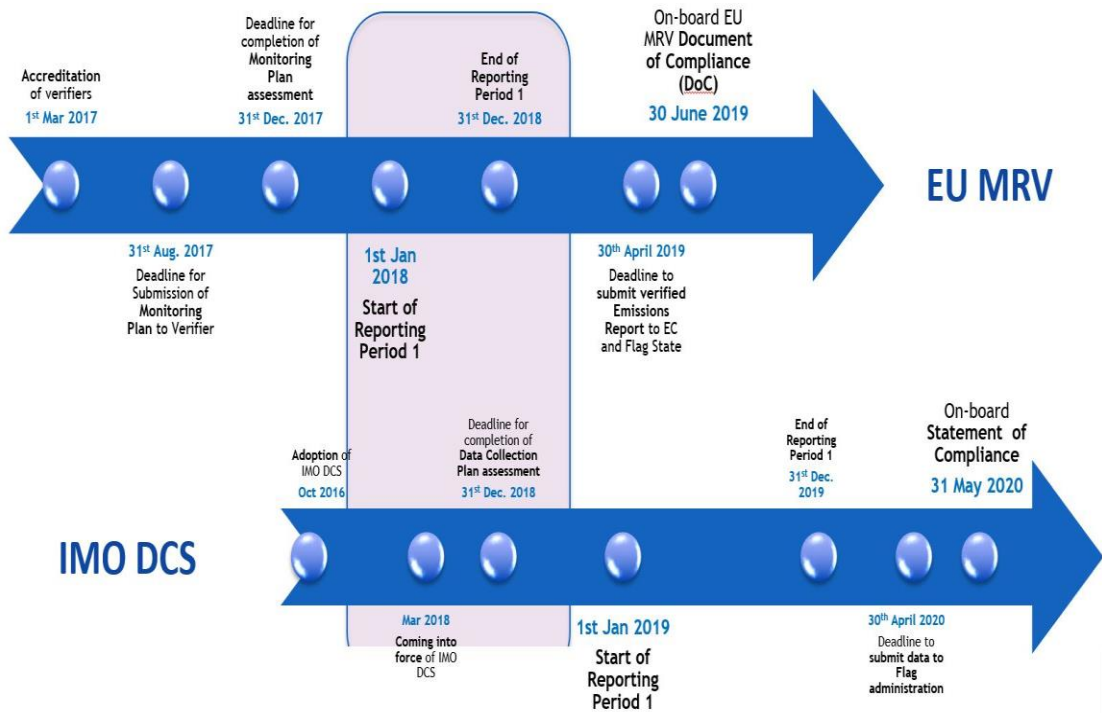
- Συνολικό εκπεμπόμενο διοξείδιο από την Κύρια μηχανή.
- Συνολικό εκπεμπόμενο διοξείδιο από την Δευτερεύουσα μηχανή.
- Συνολικά διανυόμενα ναυτικά μίλια.
- Συνολικό “μεταφορικό έργο” –transport work (βάρος φορτίου x ναυτικά μίλια).
- Συνολική ποσότητα καταναλωμένων καυσίμων ανά κατηγορία.
- Συνολική ώρα πλεύσης.

Στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί πως ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ποσότητα καταναλισκόμενου καυσίμου εντός ευρωπαϊκού λιμένα όπου και τα όρια είναι τα πιο αυστηρά, ενώ η εκλυόμενη ποσότητα διοξειδίου υπολογίζεται χωριστά για κάθε ταξίδι που περιλαμβάνει την πλεύση είτε από, είτε προς, είτε μεταξύ ευρωπαϊκών προορισμών.

Εν κατακλείδι, μπορεί να παρατηρηθεί ότι μεταφορικές βιομηχανίες, όπως η ναυτιλία ή η αερομεταφορά, αποτελούν ξεχωριστές περιπτώσεις μη-στάσιμων εγκαταστάσεων όπου ο υπολογισμός βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ακριβή μέτρηση και καταγραφή των χρησιμοποιούμενων καυσίμων ανά ταξίδι –από λιμάνι σε λιμάνι ή από αεροδρόμιο σε αεροδρόμιο- για το σύνολο της καταγραφικής περιόδου [52],[53].



Σχήμα 53. Ισχύς κανονισμού MRV[52],[53]



Σχήμα 54. Χρονοδιάγραμμα των νομοθεσιών MRV, IMO [52],[53]

Όπως γίνεται εμφανές από τα παραπάνω (βλ. Σχήμα 32), όπως ακριβώς και στην βιομηχανία κατασκευής τσιμέντου, έτσι και στην ναυτιλία, αλλά και στις υπόλοιπες βιομηχανικές – στάσιμες (εργοστάσια παραγωγής ή μεταποιητικές βιομηχανίες) ή μεταφορικές δραστηριότητες (ναυτιλία, αερομεταφορά κ.λπ.) η εφαρμοζόμενη νομοθεσία, αποτελείτε από επιμέρους στάδια, ανανεώνοντας σε κάθε βήμα τους στόχους και τις μεθόδους παρακολούθησης και καταγραφής των εκπεμπόμενων της ρύπων. Στην προκειμένη, παρατηρούμε όπως με τα στάδια – Φάσεις του Emission Trading System, η νομοθεσία MRV να ακολουθείτε από την μεταγενέστερα εφαρμοζόμενη IMO για τον επόμενο κύκλο καταγραφής των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων.

Κεφάλαιο IV. Συμπεράσματα

Με απαρχή την βιομηχανική επανάσταση, την αυτοματοποίηση, την εξέλιξη των βιομηχανικών διαδικασιών παραγωγής, την εφεύρεση μηχανημάτων με αυξημένες λειτουργικές ανάγκες σε ορυκτά καύσιμα και μη-ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τέλος τον υπερπληθυσμό, δημιουργήθηκε μία παγκόσμια πραγματικότητα στην οποία η ανάγκη για αύξηση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων είναι συνυφασμένη με το βιοτικό επίπεδο των σύγχρονων κοινωνιών. Μπροστά στην προσπάθεια κάλυψης των ολοένα και αυξανόμενων αναγκών, δεν ήταν εστιασμένη η προσοχή μας στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επέφερε η αθροιστική και συσσωρευμένη παγκόσμια εκπομπή αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα και στο περιβάλλον μας, ως αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων μας, τόσο βιομηχανικών όσο και μεταφορικών και αστικών. Έχει πλέον καταστεί σαφές το γεγονός πως ο δρόμος για την επίτευξη ενός βέλτιστου βιώσιμου μέλλοντος εξαρτάται από την εύρεση ενός αρμονικού τρόπου συνύπαρξης και ταυτόχρονης τεχνολογικής και νομοθετικής ωρίμανσης της παραγωγικής διαδικασίας με την έρευνα για φιλικότερους τρόπους επίτευξη του τελικού μας στόχου που αποτελεί η δημιουργία μίας περιβαλλοντικά ευαίσθητοποιημένης κοινωνίας.

Αιτία για την περαιτέρω ενασχόληση για την προσπάθεια δημιουργίας της βιομηχανίας τσιμέντου με μειωμένες εκπομπές που θα διαφυλάσσει παράλληλα τα συμφέροντα της και θα διατηρεί τα ίδια εάν όχι αυξημένα επίπεδα παραγωγής αποτέλεσε η συνειδητοποίηση της κοινωνικοοικονομικής φύσης των δημιουργούμενων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Τα αυξανόμενα επίπεδα ρύπανσης οδήγησαν στην εμφάνιση φαινομένων όπως η αύξηση των προβλημάτων υγείας, εξάντληση των διαθέσιμων φυσικών πόρων, διατάραξη των οικοσυστημάτων, μόλυνση των φυσικών και τεχνητών πηγών ύδρευσης και άρδευσης, διατάραξη της κοινωνικής ευημερίας των τοπικών βιομηχανικών κοινωνιών. Αντιλαμβανόμενοι λοιπόν την έκταση του προβλήματος, καθώς και το γεγονός ότι τα υψηλότερα επίπεδα ρύπανσης προέρχονται από την βιομηχανική δραστηριότητα η Ευρωπαϊκή Ένωση προσπάθησε να λύσει το εν λόγω πρόβλημα, μέσω της δημιουργίας και καθοδήγησης ενός ολικού συστήματος συνεργίας και καινοτομίας με σκοπό την δημιουργία μίας πράσινης βιομηχανίας.

Από την εντατικοποίηση της προσπάθειας αυτής το έτος 1972 με την Διακήρυξη της Στοκχόλμης έως και σήμερα, έχουν θεσπιστεί πάνω από δέκα διαφορετικά Ευρωπαϊκά σώματα και επίσημοι εκτελεστικοί και νομοθετικοί φορείς. Έχουν πραγματοποιηθεί περισσότερα από είκοσι συνέδρια παγκόσμιας συνεργασίας με θέμα την αντιμετώπιση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής και έχουν ερευνηθεί και εφαρμοστεί μέσα και τεχνολογίες που πραγματοποιούν το όραμα της δημιουργίας μίας μη-ρυπογόνου Ευρωπαϊκής βιομηχανίας έως το έτος 2050. Στην προσπάθεια αυτή, δόθηκε έμφαση στην διατήρηση μίας ισχυρής ανταγωνιστικής οικονομίας και στην διαφύλαξη των συμφερόντων τόσο κάθε ξεχωριστού βιομηχανικού κλάδου όσο κάθε χώρας μέλους στην συνεργασία μείωσης των εκπεμπόμενων βιομηχανικών ρύπων αναγνωρίζοντας τις ιδιαιτερότητες κάθε παραγωγής και οικονομίας δημιουργώντας ένα σύστημα σταδιακής προσαρμογής στους καινούριους στόχους. Έμφαση δόθηκε στην μείωση των εκπομπών από όλους τους τομείς, ερευνώντας την δημιουργία εναλλακτικών καυσίμων και πηγών ενέργειας, την δημιουργία καινοτόμων τεχνολογιών όπως οι μέθοδοι CCS και CCU, την εισαγωγή όρων στην βιομηχανία όπως η κυκλική οικονομία και μεθόδων ανταλλαγής και αγοροπωλησίας δικαιωμάτων εκπομπών. Όλα τα παραπάνω, μελετήθηκαν εκτενώς, αναφορικά με τον τρόπο που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα αλλά καθώς και με βάση το κόστος εφαρμογής και συντήρησής τους (πάγιο κόστος, λειτουργικό κόστος / όφελος).

Μέσω της δημιουργίας του European Emission Trading System (ή αλλιώς EU ETS) δόθηκε μία νέα προοπτική στην ώθηση για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων δίνοντας την δυνατότητα στις βιομηχανίες τόσο να προσαρμοστούν ομαλότερα στα νέα δεδομένα όσο και να ανταμειφθούν για την πρόοδο και τις θυσίες τους προς την επίτευξη μίας λειτουργίας με μειωμένες εκπομπές. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσω του συστήματος ανταλλαγής δικαιωμάτων αέριων ρύπων, κατάφερε να δημιουργήσει το μεγαλύτερο παγκόσμιο δίκτυο συνειδητοποιημένων κρατών-μελών που ανταλλάσσουν πληροφορίες, τεχνογνωσία και πόρους, εργαζόμενα από κοινού προς την πραγματοποίηση ενός επιτακτικού προβλήματος που έως μία δεκαετία πριν βρισκόταν στα περιθώρια. Σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να λαμβάνει υπόψη ξεχωριστά τα περιθώρια βελτίωσης της κάθε μεταποιητικής και παραγωγικής διαδικασίας με σεβασμό τόσο στα απαιτούμενα επίπεδα παραγωγής, όσο και στο ποσοστό των εκπομπών αναπόφευκτα συνδεδεμένο με την ύπαρξη χημικών αντιδράσεων.

Αναφορικά με την βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου, πλέον βρισκόμενοι στην τρίτη από τις τέσσερις συνολικά φάσεις του EU ETS έχοντας περάσει από τις αρχικές δοκιμαστικές περιόδους, η βέλτιστη μέθοδος υπολογισμού του ύψους των δωρεάν παρεχόμενων δικαιωμάτων έχει τεθεί σε ισχύ έχοντας βρει την χρυσή τομή ανάμεσα στις απαιτήσεις της παραγωγής και στα απαραίτητα βήματα- στόχους για την επιτυχημένη εισαγωγή στην τέταρτη και τελευταία φάση. Με μία σύντομη αλλά περιεκτική ανασκόπηση στις βιομηχανίες του Ελλαδικού χώρου, παρατηρήθηκε ο

τρόπος αξιολόγησης της κάθε βιομηχανικής μονάδας σύμφωνα με επίσημα καταγραφικά δεδομένα για την τρέχουσα φάση.

Στο σημείο αυτό, χρησιμοποιώντας τις δύο εξισώσεις που υπολογίζουν το κόστος του εκπεμπόμενου αέριου διοξειδίου, αλλά και το ύψος των δωρεάν παρεχόμενων δικαιωμάτων εκπομπής για την κάθε παραγωγική μονάδα, πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση κόστους της λειτουργίας της κάθε μονάδας για τα έτη της Τέταρτης και τελευταίας Φάσης του EU ETS αξιοποιώντας τα στοιχεία του πίνακα 9. , καθώς και στοιχεία των πινάκων 12. – 17. Ακολουθώντας την ευρωπαϊκή νομοθεσία, από τα στοιχεία εκπομπής για τα έτη 2014 έως 2018 και για παραγόμενο προϊόν το κλίνκερ, υπολογίστηκε ο Δείκτης Ιστορικής Δραστηριότητας, κάνοντας εφικτό τον υπολογισμό του ύψους των δωρεάν παρεχόμενων δικαιωμάτων της κάθε εγκατάστασης, ενώ τέλος με βάση την τιμή του διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος, μετατράπηκε το ποσό εκπομπής (M.T.) σε ευρώ που κερδίζει η μονάδα ή σε ευρώ που μπορεί να αξιοποιήσει. Εν τέλει, με την χρήση διαφόρων ρεαλιστικών σεναρίων, αξιολογήθηκε πώς θα επηρεαστεί η κερδοφορία της μονάδας.

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε για μόνο παραγωγική μονάδα μια περισσότερο εκτεταμένη ανάλυση κερδοφορίας, κάνοντας μία προσπάθεια ,με την μεταβολή όχι ενός αλλά πολλών διαφορετικών παραγόντων, να βρεθεί η βέλτιστη οικονομική της ευημερία.

Τέλος, δύο άλλοι τομείς δραστηριότητας (ενεργειακή βιομηχανία - ναυτιλία) μελετήθηκαν συνοπτικά , κάνοντας μια σύγκριση των αντίστοιχων νομοθεσιών τους αναφορικά με την μέθοδο υπολογισμού και μείωσης των αέριων εκπομπών, με την υπό μελέτη ισχύουσα νομοθεσία της βιομηχανίας παραγωγής τσιμέντου.

Κεφάλαιο V. Βιβλιογραφία

1. *Circular_economy* (n.d.). Retrieved from: <http://www.enallaktikos.gr/ar24572el-ti-einai-i-kykliki-oikonomia-to-diadiktyo-twn-pragmatwn-kai-pws-tha-epireasoy-n-thetika-ti-zwi-mas.html>
2. Τι είναι η κυκλική οικονομία, το διαδίκτυο των πραγμάτων και πώς θα επηρεάσουν θετικά τη ζωή μας. (2016, April 4). Retrieved from <http://www.enallaktikos.gr/ar24572el-ti-einai-i-kykliki-oikonomia-to-diadiktyo-twn-pragmatwn-kai-pws-tha-epireasoy-n-thetika-ti-zwi-mas.html>
3. *Europa.eu* (n.d.). Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?qid=1551871195772&uri=CELEX:52019DC0190>
4. *Circular economy*. (2020, February 9). Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Circular_economy#Beginning_of_the_Circular_Economy
5. *Circular Economy*. (n.d.). Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm
6. *Carbon capture and utilization*. (2020, February 4). Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_capture_and_utilization#Examples_of_technology_and_application
7. *Scientific Advice Mechanism (SAM) "Novel carbon capture and utilization technologies"* https://ec.europa.eu/research/sam/pdf/sam_ccu_report.pdf
8. *Carbon capture and utilization*. (2020, February 4). Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_capture_and_utilization#Examples_of_technology_and_application
9. *Carbon Capture and Utilization in the Industrial Sector ...* (n.d.). Retrieved from <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.7b01723>
10. Anonymous. (2017, February 16). *Kyoto 2nd commitment period (2013–20)*. Retrieved from https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/progress/kyoto_2_en
11. Tardi, C. (2020, February 5). *The Kyoto Protocol*. Retrieved from <https://www.investopedia.com/terms/k/kyoto.asp>
12. Τριφθοριούχο άζωτο. (2019, September 30). Retrieved from https://el.wikipedia.org/wiki/Τριφθοριούχο_άζωτο
13. *Climate Change*. (n.d.). Retrieved from <http://www.un.org/en/sections/issues-depth/climate-change/>
14. *UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE*. (n.d.). Retrieved from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
15. Τσιμέντο. (2019, November 13). Retrieved from <https://el.wikipedia.org/wiki/Τσιμέντο>
16. <https://lowcarboneyconomy.cembureau.eu/wp-content/uploads/2018/09/cembureau-full-report.pdf>
17. *A low-carbon European concrete and cement sector in 2050*. (n.d.). Retrieved from <https://lowcarboneyconomy.cembureau.eu/a-low-carbon-european-concrete-and-cement-sector-in-2050/>
18. Edwards, P. (2017, December 4). *Peter Edwards, Global Cement Magazine*. Retrieved from <http://www.globalcement.com/magazine/articles/1054-global-cement-top-100-report-2017-2018>
19. *3.1 CO2 Cement Production - ipcc-nggip.iges.or.jp*. (n.d.). Retrieved from https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/3_1_Cement_Production.pdf
20. Το τσιμέντο κτίζει ότι, ο άνθρωπος ορίζει! (n.d.). Retrieved from <http://www.hcia.gr/>
21. *Global Cement and Concrete Association announces strategic partnership with World Business Council for Sustainable Development*. (n.d.). Retrieved from <https://www.wbcsd.org/Sector-Projects/Cement-Sustainability-Initiative/News/Global-Cement-and-Concrete-Association-announces-strategic-partnership-with-World-Business-Council-for-Sustainable-Development>

- 22.** *Cement Sustainability Initiative (CSI). (n.d.). Retrieved from [http://www.climateaction.org/directory/cement_sustainability_initiative_csi?supplier=Cement Sustainability Initiative \(CSI\)](http://www.climateaction.org/directory/cement_sustainability_initiative_csi?supplier=Cement+Sustainability+Initiative+(CSI))*
- 23.** *Cement and concrete sectors respond to circular economy consultation. (n.d.). Retrieved from <https://www.theconcreteinitiative.eu/component/tags/tag/circular-economy>*
- 24.** *Global Cement and Concrete Association announces strategic partnership with World Business Council for Sustainable Development. (n.d.). Retrieved from <https://www.wbcsd.org/Sector-Projects/Cement-Sustainability-Initiative/News/Global-Cement-and-Concrete-Association-announces-strategic-partnership-with-World-Business-Council-for-Sustainable-Development>*
- 25.** *About us. (n.d.). Retrieved from <https://www.wbcsd.org/Overview/About-us>*
- 26.** *Carbon Pricing Dashboard: Up-to-date overview of carbon pricing initiatives. (n.d.). Retrieved from <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>*
- 27.** *What is Carbon Pricing? (n.d.). Retrieved from <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/what-carbon-pricing>*
- 28.** *Δικαιώματα ρύπων: Η άνοδος των τιμών συμπαρασύρει ηλεκτρισμό και Φυσικό Αέριο. (n.d.). Retrieved from <https://www.businessenergy.gr/articlenews/22067/δικαιώματα-ρύπων-η-άνοδος-των-τιμών-συμπαρασύρει-ηλεκτρισμό-και-φυσικό-αέριο>*
- 29.** *Energy_Press<https://energypress.gr/sites/default/files/media/%CE%9C%CE%B5%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%20%CE%BA%CF%8C%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82%20%CE%B5%CE%BA%CF%80%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%AE%CF%82%20CO2.pdf> (n.d.). Retrieved from:*
- 30.** *Carbon Dioxide Capture and Sequestration: Overview. (2017, January 6). Retrieved from <https://archive.epa.gov/epa/climatechange/carbon-dioxide-capture-and-sequestration-overview.html#sources>*
- 31.** *CCS_institute.global (n.d.). Retrieved from: <https://hub.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/17011/costs-co2-capture-transport-and-storage.pdf>*
- 32.** *Carbon sink. (2020, February 13). Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_sink*
- 33.** *Negative emissions - Fern. (n.d.). Retrieved from <https://www.fern.org/climate/negative-emissions/>*
- 34.** *Ypeka (n.d.). Retrieved from: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=456>*
- 35.** *Michať. (n.d.). EU ETS Product Benchmarks. Retrieved from <https://www.emissions-euets.com/product-benchmarks>*
- 36.** *<https://hub.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/119816/costs-co2-storage-post-demonstration-ccs-eu.pdf>*
- 37.** *Alternative fuels. (n.d.). Retrieved from <http://www.hcia.gr/el/growth/environment/alternative-fuels/>*
- 38.** *EU Innovation. (n.d.). Retrieved from <https://cembureau.eu/innovation/>*
- 39.** *Ευρωπαϊκό Πράσινο Κόμμα. (2020, February 6). Retrieved from https://el.wikipedia.org/wiki/Ευρωπαϊκό_Πράσινο_Κόμμα*
- 40.** *Leuchtenburg, W. E., Leuchtenburg, W. E., Leuchtenburg, W. E., University of North Carolina, & University of North Carolina. (2018, July 24). Franklin D. Roosevelt: Domestic Affairs. Retrieved from <https://millercenter.org/president/fdroosevelt/domestic-affairs>*
- 41.** *Green New Deal. (2020, February 12). Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Green_New_Deal*
- 42.** *Green New Deal. (n.d.). Retrieved from https://www.gp.org/green_new_deal*
- 43.** *#creator, & #identity. (2020, January 27). Why 'net zero emissions by 2050' needs a Green New Deal. Retrieved from <https://neweconomics.org/2019/05/why-net-zero-emissions-by-2050-needs-a-green-new-deal>*

- 44.** *eea report 2007 Greece. (n.d.). Retrieved from https://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2007_5/Greece.pdf*
- 45.** *Environment - Kyoto Protocol - European Union Transaction Log. (n.d.). Retrieved from https://ec.europa.eu/clima/ets/oha.do;EUROPA_JSESSIONID=LRIT14T7u1wgBCNSb1Nlnevg2NJ3sIHpCKY9r9uvtwplCfk5_cE5!-763162921?form=oha&languageCode=en&account.registryCodes=GR&accountHolder=&installationIdentifier=&installationName=&permitIdentifier=&mainActivityType=29&search=Search&searchType=oha&SortSettings*
- 46.** *Τσιμέντο. (n.d.). Retrieved from <https://www.halyps.gr/el/node/17809>*
- 47.** *Administrator. (2018, December 11). Climate Change, Carbon Emissions and Footprinting Training Courses. Retrieved from <https://www.carbonaction.co.uk/carbon-trust-standard/what-is-iso-140>*
- 48.** *Exception. (n.d.). EU-ETS Industry. Retrieved from <http://www.emicert.com/index.php/home/page/industry>*
- 49.** *Exception. (n.d.). EMICERT - INDUSTRY. Retrieved from <http://www.emicert.com/index.php/home/page/industry>*
- 50.** *Exception. (n.d.). EMICERT - INDUSTRY. Retrieved from <http://www.emicert.com/index.php/home/page/industry>*
- 51.** *eu-lex-Europa (n.d.) Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0601&from=en>*
- 52.** *Energy Efficiency (EEOI, MRV, SEEMP). (n.d.). Retrieved from https://web2.danaos.gr/energy_efficiency/*
- 53.** *Exception. (n.d.). MRV shipping. Retrieved from <http://www.emicert.com/index.php/home/page/shipping>*
- 54.** *Ανάλυση νεκρού σημείου. (2019, October 7). Retrieved from https://el.wikipedia.org/wiki/Ανάλυση_νεκρού_σημείου*
- 55.** *Performance of R407C as an Alternate ... - sciencedirect.com. (n.d.). Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217300541>*
- 56.** *Roberts, D. (2020, January 8). How to build a circular economy that recycles carbon. Retrieved from <https://www.vox.com/energy-and-environment/2020/1/8/20841897/climate-change-carbon-capture-circular-economy-recycle>*
- 57.** *Cement_Production. (n.d.). Retrieved from https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/3_1_Cement_Production.pdf*
- 58.** *production. (2015). Retrieved from https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/emission-factors_2014.pdf*
- 59.** *CCP (CO2 Capture Project) is a group of major energy companies working together to advance the technologies that will underpin the deployment of industrial-scale CO2 capture and storage (CCS) in the oil & gas industry. (n.d.). Retrieved from <https://www.co2captureproject.org/>*
- 60.** *Synapses 2016 CO2 Price Forecast Is Out. (n.d.). Retrieved from <https://www.synapse-energy.com/about-us/blog/synapse's-2016-co2-price-forecast-out>*

