



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Χ. ΦΛΕΒΑΡΑΚΗΣ

Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΔΙΥΔΡΙΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΡΕΥΝΑ ΚΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2023





ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Χ. ΦΛΕΒΑΡΑΚΗΣ

Μεταπτυχιακός Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 66

ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Κοιτασματολογίας

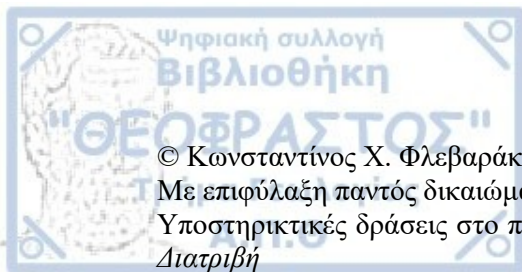
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Καθηγητής Ανδρέας Γεωργακόπουλος

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καθηγήτρια Μαρία Μενεγάκη

Καθηγητής Δημήτριος Δαμίγος



© Κωνσταντίνος Χ. Φλεβαράκης, Πτυχιούχος Γεωλόγος, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Υποστηρικτικές δράσεις στο περιβάλλον από τον τομέα ορυκτών καυσίμων – *Μεταπτυχιακή Διατριβή*

© Konstantinos C. Flevarakis, BSc Geologist, 2023

All rights reserved.

Environmentally supportive actions by fossil fuels energy sector – *MSc. Thesis*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.





Ευχαριστίες

Την παρούσα διπλωματική εργασία αφιερώνω στην οικογένειά μου. Η συμπαράσταση κατά την διάρκεια συγγραφής της εργασίας αλλά και συνολικά της παρακολούθησης του μεταπτυχιακού προγράμματος που μου επέδειξε την χαρακτηρίζω αδιάκοπη και καταλυτική. Σας ευχαριστώ θερμά.

Τον επιβλέπων καθηγητή και τα μέλη της Τριμελούς επιτροπής Γεωργακόπουλο Ανδρέα, Δαμίγο Δημήτριο και Μενεγάκη Μαρία τους ευγνωμονώ καθώς δεν περιορίστηκαν στην διάδοση της γνώσης αλλά συνέβαλαν και στην καλλιέργεια του πνεύματος. Σας ευχαριστώ θερμά.

Περίληψη

Το διαχρονικό ζήτημα της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος έχει λάβει προεκτάσεις σε πολλούς τομείς της καθημερινότητας του ανθρώπου. Διεθνείς από κοινού συμφωνίες συνετέλεσαν στην σύσταση ενιαίου εθνικού σχεδίου για την ενέργεια και το κλίμα.

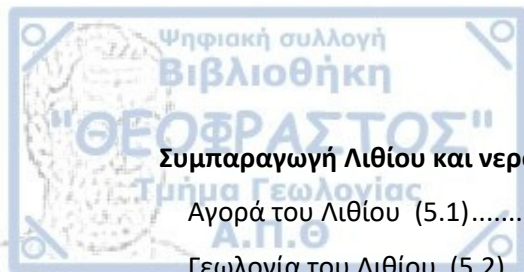
Στον σχεδιασμό αυτόν γνωστοποιούνται δεδομένα και στόχοι που αφορούν την ενέργεια ώστε να επιτευχθούν οι διεθνείς συμφωνίες. Πιο συγκεκριμένα στη παρούσα διπλωματική εργασία περιγράφονται όσα αναφέρονται στο Ενιαίο Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) και τη μελέτη που εξέδωσε το ITRE (Industry, Research and Energy) κι αφορούν τον τομέα της ενέργειας των ορυκτών καυσίμων. Τα δεδομένα που προκύπτουν εμπλουτίζονται από δράσεις οι οποίες λειτουργούν υποστηρικτικά στο φυσικό περιβάλλον όπως η αεριοποίηση των ανθράκων, η ενισχυμένη απόληψη υδρογονανθράκων με διοξείδιο του άνθρακα (CO₂ EOR) και η συμπαραγωγή Λιθίου και νερού από κοιτάσματα υδρογονανθράκων.

Τέλος, ο εμπλουτισμός πραγματοποιείται με την ανάπτυξη του σχεδίου της Ινδίας για την παραγωγή ενέργειας από αεριοποιημένους άνθρακες ο οποίος ακολουθείται από την μελέτη ενισχυμένης απόληξης υδρογονανθράκων με χρήση διοξειδίου του άνθρακα και ολοκληρώνεται με την αναφορά μιας σύγχρονης και αμφιλεγόμενης δράσης δηλαδή της συμπαραγωγής Λιθίου από υψηλής αλατότητας υπόγεια ύδατα τα οποία συνδέονται με κοιτάσματα υδρογονανθράκων.

Πίνακας περιεχομένων

Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (1)	12
Επισκόπηση και διαδικασία κατάρτισης του σχεδίου (1.1)	12
Πολιτικό, οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό πλαίσιο του σχεδίου (1.1.1)	12
Γενική στρατηγική σε σχέση με τις πέντε διαστάσεις της Ενεργειακής Ένωσης (1.1.2)	13
Πλαίσιο εκπόνησης και προτεραιότητες πολιτικής (1.1.3)	17
Εθνικοί στόχοι και επιδιώξεις (1.2)	24
Αναθεωρημένο ΕΣΕΚ: Φιλόδοξοι και Ρεαλιστικοί στόχοι (1.2.1)	24
Κλιματική αλλαγή, εκπομπές και απορροφήσεις αερίων του θερμοκηπίου (1.2.2)	31
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (1.2.3)	34
Ενεργειακή ασφάλεια (1.2.4)	40
Εσωτερική αγορά ενέργειας (1.2.5)	40
Έρευνα, καινοτομία και ανταγωνιστικότητα (1.2.6)	40
Πολιτικές και μέτρα (1.3)	43
Μηχανισμός διακυβέρνησης για την υλοποίηση του ΕΣΕΚ, με μεγιστοποίηση συνεργειών μεταξύ των διατομεακών ενότητων του (1.3.1)	43
Κλιματική αλλαγή, εκπομπές και απορροφήσεις αερίων του θερμοκηπίου (1.3.2)	44
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (1.3.3)	49
Ενεργειακή ασφάλεια (1.3.4)	50
Έρευνα, καινοτομία και ανταγωνιστικότητα (1.3.5)	51
Αποτελέσματα εξέλιξης ενεργειακού συστήματος έως το έτος 2030 (1.4)	55
Συνοπτική παρουσίαση υφιστάμενης κατάστασης (1.4.1)	55
Προβλεπόμενη εξέλιξη των κύριων εξωγενών παραγόντων που επηρεάζουν το ενεργειακό σύστημα και τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (1.4.2)	59
Προβλέψεις για την ανάπτυξη του ενεργειακού συστήματος και των εκπομπών και απορροφήσεων ΑτΘ (1.4.3)	63
Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050 (1.5)	73
Εισαγωγικό σημείωμα (1.5.1)	73
Η κλιματική ουδετερότητα της ΕΕ και οι στόχοι για το 2050 (1.5.2)	75
Σκοπός της Μακροχρόνιας Στρατηγικής (1.5.3)	75
Μεθοδολογία (1.5.4)	77
Ποσοτικά αποτελέσματα σεναρίων (1.5.5)	84
Άξονες πολιτικής για την μακροχρόνια στρατηγική και στόχοι 2050 (1.5.6)	99
Απανθρακοποίηση της ενέργειας – Προσδιορισμός ενός ισχυρού μίγματος φορέων ενέργειας για μια Ευρώπη απαλλαγμένη από τον άνθρακα (2)	100

Εισαγωγή (2.1).....	101
Σκοπός, πεδίο εφαρμογής και στοχευμένα δεδομένα εξαγωγής της μελέτης (2.1.1) .	101
Δεδομένα (2.1.2)	101
Πρόσφατες κι επερχόμενες δράσεις (2.1.3)	103
Σενάρια ζήτησης για λιγνίτη, μεθάνιο και υδρογόνο (2.2)	105
Διαδρομές συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ε.Ε. έως το 2050 (2.2.1)	105
Μονοπάτια κατανάλωσης ενέργειας στην Ε.Ε. έως το 2050 (2.2.2).....	109
Σενάρια (2.2.3)	109
Απόσυρση του λιγνίτη στην Ευρώπη (2.3)	111
Καθεστώς χρήσης λιγνίτη (2.3.1)	112
Επιδράσεις των Ευρωπαϊκών Περιβαλλοντικών πολιτικών στον άνθρακα (2.3.2)	115
Απανθρακοποίηση του Μεθανίου (2.4).....	117
Αξιοποίηση μεθανίου (2.4.1)	118
Προοπτικές απανθρακοποίησης φυσικού αερίου (2.4.2)	120
Τρία ακραία σενάρια προσφοράς και ζήτησης μεθανίου (2.4.3).....	122
Ο ρόλος του υδρογόνου στην απανθρακοποίηση της ενέργειας (2.5)	124
Εργαλεία πολιτικής (2.6)	128
Εθνικό σχέδιο για αεριοποίηση ανθράκων – 100 MT αεριοποιημένοι άνθρακες έως το 2030 στην Ινδία (3)	129
Καθεστώς χρήσης άνθρακα (3.1)	130
Αποθέματα άνθρακα (3.2)	132
Προοπτικές αεριοποίησης των ανθράκων της Ινδίας (3.3).....	133
Τεχνολογία αεριοποίησης (3.4).....	135
Κατηγορίες τεχνολογιών αεριοποιητών (3.4.1)	136
Προϊόντα αεριοποίησης άνθρακα (3.5)	139
Στρατηγική της Ινδίας για το μέλλον του άνθρακα προς αεριοποίηση (3.6)	141
Απανθρακοποίηση του πετρελαίου – Ενισχυμένη απόληψη υδρογονανθράκων με χρήση CO₂ (4).....	143
Χαρακτηριστικά ενισχυμένης απόληψης υδρογονανθράκων με CO ₂ (4.1)	144
Εμπορικότητα CO ₂ – EOR (4.2).....	146
Ανάλυση κύκλου ζωής του άνθρακα στη κατηγορία CCUS (4.3)	148
Οικονομική διάσταση κατηγορίας CCUS (4.4)	151
Νομικό και κανονιστικό πλαίσιο των Η.Π.Α. (4.5).....	152
Παραγωγή υδρογονανθράκων με αρνητικό πρόσημο ανθρακικού αποτυπώματος (4.6).....	153



Συμπαγωγή Λιθίου και νερού σε ταμειυτήρες υδρογονανθράκων (5).....	154
Αγορά του Λιθίου (5.1).....	156
Γεωλογία του Λιθίου (5.2).....	161
Μέθοδοι απόληψης (5.3).....	165
Καθεστώς συμπαγωγής Λιθίου και νερού από κοιτάσματα υδρογονανθράκων (5.4).....	168
Συμπεράσματα (6).....	169

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μέρος του διδρυματικού Μεταπτυχιακού προγράμματος Έρευνα κι εκμετάλλευση υδρογονανθράκων και η έκδοσή της σηματοδοτεί την επιτυχή ολοκλήρωσή του. Σκοπός της εργασίας είναι η επισήμανση των βασικών υποστηρικτικών δράσεων στο φυσικό περιβάλλον κατά την παραγωγική διαδικασία από τον τομέα της ενέργειας ορυκτών καυσίμων. Η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί μια διαχρονική δράση η οποία χαρακτηρίζει τις ενέργειες που αποσκοπούν στην αποκατάσταση ζημιών και καταστροφών στη βιόσφαιρα που έχουν ενταθεί λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης.

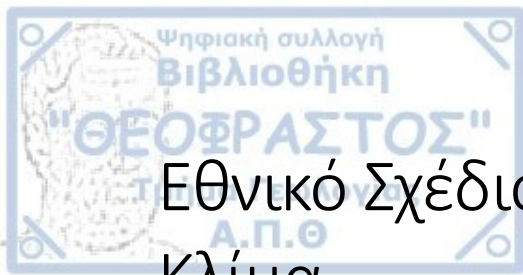
Πλέον οι ενέργειες που σέβονται και λειτουργούν με γνώμονα το περιβάλλον βρίσκουν αποδέκτες με αποτέλεσμα να διακρίνονται και να απαριθμούνται σε 17 στόχους αειφόρας ανάπτυξης σύμφωνα με την Agenda for Sustainable Development 2030 που υιοθέτησαν τα Ηνωμένα Έθνη το 2015. Ως πυρήνας των 17 δράσεων τίθεται η άμεση δράση των αναπτυσσόμενων και ανεπτυγμένων χωρών για διεθνή συνεργασία. Η αποδοχή της συνεργασίας υποδηλώνει την από κοινού αναγνώριση της άρρηκτα συνδεδεμένης σχέσης της ένδειας και άλλων νοσηρών κοινωνικών φαινομένων με τη στρατηγική βελτίωσης της υγείας, της παιδείας, των ανισοτήτων και της οικονομικής προόδου υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής και της προστασίας των ωκεανών και των δασών. Σύμφωνα με την Agenda for Sustainability Development 2030 κυρώνεται τον Δεκέμβριο του 2019 από την Νομοθετική εξουσία της Ελλάδας το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ). Δεδομένου ότι το σχέδιο αυτό αποτελεί εργαλείο διαμόρφωσης εθνικής πολιτικής για την ενέργεια και το κλίμα συγκαταλέγονται και μακροπρόθεσμοι στόχοι για το 2050.

Οι στόχοι του ΕΣΕΚ ακολουθούνται το 2021 από την έκδοση μελέτης της Επιτροπής Βιομηχανίας Έρευνας κι Ενέργειας του τμήματος Οικονομικών, Επιστημονικών και Ποιοτικής Ζωής Πολιτικών ύστερα από απαίτηση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η παραπάνω μελέτη φέρει τον τίτλο Απανθρακοποίηση της Ενέργειας – Προσδιορισμός ενός ισχυρού μίγματος ενέργειας για μια Ευρώπη ουδέτερη από άνθρακα - και τονίζει πως η σταδιακή κατάργηση των ορυκτών καυσίμων και η άμεση ηλεκτροπαραγωγή είναι αδιαμφισβήτητη αλλά προκαλεί προβληματισμούς ως προς την μορφή που θα έχει το μίγμα το 2050. Την επισήμανση των σημαντικότερων σημείων που αφορούν τον τομέα των ορυκτών καυσίμων τόσο από το ΕΣΕΚ όσο και από την μελέτη του ITRE εμπλουτίζει ο σχεδιασμός και η περάτωση της αποστολής που έχει θέσει η Κυβέρνηση της Ινδίας το 2021 και πιο συγκεκριμένα το υπουργείο Ανθράκων για παραγωγή 100 MT αεριοποιημένων ανθράκων ως το 2030.



Επίσης, παράλειψη θα θεωρούταν αν δεν γινόταν αναφορά στη δράση του τομέα των ορυκτών καυσίμων που με άμεσο τρόπο συμβάλλει στον περιορισμό του CO₂ της ατμόσφαιρας αξιοποιώντας το κατά την ενισχυμένη απόληψη υδρογονανθράκων.

Τις βασικές δραστηριότητες του τομέα της ενέργειας ορυκτών καυσίμων που υποστηρίζουν το φυσικό περιβάλλον ολοκληρώνει η ανάπτυξη μελέτης που συνδέει τα υπόγεια ύδατα υψηλής αλατότητας τα οποία εντοπίζονται σε κοιτάσματα υδρογονανθράκων με τη συμπαραγωγή Λιθίου.



Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα

1.1 Επισκόπηση και διαδικασία κατάρτισης του σχεδίου

1.1.1 Πολιτικό, οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό πλαίσιο του σχεδίου

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) αποτελεί ένα φιλόδοξο πρόγραμμα εθνικής Ενεργειακής Πολιτικής το οποίο στοχεύει στην επίτευξη των επιδιώξεων που ορίζει η Ενεργειακή Ένωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) έως το έτος 2030. Για την ενεργειακή μετάβαση απαιτείται υψηλότερος στόχος μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑτΘ), αύξηση της διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας, βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στοχεύοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας και την απολιγνιτοποιημένη ηλεκτροπαραγωγή, έτσι ώστε ο ριζικός μετασχηματισμός του ενεργειακού τομέα να οδηγήσει σε μια οικονομία κλιματικής ουδετερότητας έως το έτος 2050 γεγονός που θα ωφελήσει την κοινωνία και το περιβάλλον.

Το νέο Στρατηγικό Θεματολόγιο 2019 – 2024 το οποίο εγκρίθηκε από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο στις 20 Ιουνίου 2019 , αποτελεί κεκτημένο της πράσινης μετάβασης ώστε να οικοδομηθεί μια δίκαιη και κοινωνική Ευρώπη, θα κυμανθεί αναλόγως με τη κινητοποίηση των ιδιωτικών και δημόσιων επενδύσεων, την καθιέρωση μιας αποτελεσματικής κυκλικής οικονομίας και μιας ολοκληρωτικά διασυνδεδεμένης και λειτουργικής αγοράς ενέργειας εντός της ΕΕ. Η αγορά αυτή θα προσβλέπει στη βιώσιμη δηλαδή ασφαλή και οικονομικά εφικτή ενέργεια, με σεβασμό στο δικαίωμα των κρατών μελών αυτοβούλως να αποφασίζουν για το ενεργειακό τους μείγμα. Έτσι, η Ευρώπη θα μειώσει την εξάρτησή της από εξωτερικές πηγές, διαφοροποιώντας παράλληλα τον εφοδιασμό της και τις επενδύσεις της σε λύσεις για την κινητικότητα στο μέλλον. Γίνεται αντιληπτό πως η συστημική φύση των κλιματικών και περιβαλλοντικών προκλήσεων υποδεικνύει τη χάραξη βιώσιμων πολιτικών με ενσωμάτωση και των τριών διαστάσεων της αειφόρου ανάπτυξης (κοινωνία, περιβάλλον, οικονομία), με κοινά οφέλη και συνέργειες που θα αντιμετωπίζουν τη κλιματική αλλαγή, θα προστατεύουν την φύση και τη βιοποικιλότητα, τη ποιότητα αέρα, των υδάτινων πόρων και γενικά του περιβάλλοντος. Όμως αυτά τα μέτρα πολιτικής για να καταστούν αποδοτικά και οι στόχοι να επιτευχθούν, θα απαιτηθεί διαρκής προσπάθεια, οριζόντια συνεργασία, όπως επίσης



παρακολούθηση για την διατήρηση, επικαιροποίηση και ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, αλλά παράλληλα και την αξιολόγηση και εναρμόνιση των μηνυμάτων της αγοράς καθώς και των διεθνών εξελίξεων στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

1.1.2 Γενική στρατηγική σε σχέση με τις πέντε διαστάσεις της Ενεργειακής Ένωσης

Η Ευρωπαϊκή Στρατηγική για την Ενέργεια και το Περιβάλλον ενισχύει την ευρωπαϊκή ενεργειακή ομοιογενοποίηση δηλαδή, την κατάργηση των ενεργειακών διαχωριστικών γραμμών μεταξύ εθνικών αγορών ενέργειας και της ενεργειακής ασφάλειας και ανεξαρτησίας της Ευρώπης. Θεμέλιος λίθος αυτής της Στρατηγικής είναι η εσωτερική αγορά ενέργειας, η οποία θα είναι πλήρως απελευθερωμένη και ανταγωνιστική και θα υποδεικνύει χωρίς παρεμβατισμούς τα μελλοντικά βήματα ενσωματώνοντας ταυτόχρονα και τις πέντε διαστάσεις της ΕΕ. Με αυτόν τον τρόπο θα παρέχει ασφαλή ενέργεια σε όλους, θα διευκολύνει το διαμοιρασμό της μεταξύ των χωρών της ΕΕ, θα προωθεί και θα αποδίδει στην οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα, ενώ τέλος θα υποστηρίζει την ενεργειακή απόδοση και τις νέα τεχνολογικά επιτεύγματα.

Ασφάλεια Εφοδιασμού Ενέργειας

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται Ενεργειακή Πύλη της ΕΕ για νέες πηγές τροφοδοσίας τόσο από την Ανατολική Μεσόγειο όσο και την Κεντρική Ασία. Αυτό, συνδυασμό με την ανάπτυξη των ενδοκοινοτικών πηγών τροφοδοσίας προσδίδουν σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή μετάβαση της Ευρώπης προς μια οικονομία κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Η ασφάλεια στη διαχείριση των ενεργειακών πόρων επιτυγχάνεται μέσω της διαφοροποίησης εκείνων των πηγών αλλά και των ροών ενέργειας, ώστε να ενισχυθεί η προστασία εφοδιασμού της χώρας αλλά και της ευρύτερης περιοχής την Νότιο – Ανατολικής Ευρώπης. Επίσης, θωρακίζει τον εφοδιασμό της εγχώριας αγοράς και προστατεύει τους καταναλωτές και σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Έτσι, ο κύριος Στρατηγικός στόχος είναι η εξασφάλιση της ομαλής και αδιάλειπτης κάλυψης τόσο των εγχώριων όσο και των περιφερειακών αναγκών, καθώς και η πρόσβαση των καταναλωτών (πολίτες, επιχειρήσεις και φορείς του δημόσιου) σε οικονομικά φθηνή και ασφαλή ενέργεια. Κατά αυτόν τον τρόπο ενισχύεται ο περιφερειακός ρόλος που διαδραματίζει η Ελλάδα σε μια περιοχή που υστερεί μιας ώριμης ενεργειακής αγοράς.

Πραγματοποίηση βιώσιμης αγοράς ενέργειας

Η αναδιάρθρωση του ενεργειακού τομέα στην Ελλάδα στοχεύει προς την δημιουργία και λειτουργία ανταγωνιστικών και οικονομικά βιώσιμων αγορών ενέργειας, οι οποίες θα λειτουργούν προσφέροντας ανταγωνιστικές τιμές, προϊόντων και υπηρεσιών. Παράλληλα, στο ευρύτερο ευρωπαϊκό αλλά και διεθνές περιβάλλον κλιματικής ουδετερότητας η μετάβαση σε νέο ενεργειακό σύστημα χαμηλότερης έντασης άνθρακα, θα παρέχει δυνατότητα για καινούργιες ενεργειακές τεχνολογίες να εισέλθουν στην αγορά ενέργειας, παρέχοντας ευκαιρίες για καινοτομίες, επενδύσεις και υγιείς οικονομικές δραστηριότητες ενισχύοντας τελικά την ανταγωνιστικότητα της ελληνικής οικονομίας.

Οικονομία χαμηλού ανθρακικού αποτυπώματος

Την δεκαετία που ακολουθεί, αναμένονται ριζικές αλλαγές στον τομέα της διάθεσης ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα, καθώς επιδιώκεται το μερίδιο των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρισμού να αυξηθεί σε βαθμό που να αντικαταστήσει σταδιακά τα ορυκτά καύσιμα. Οι πολιτικές που θα υιοθετηθούν στοχεύουν στην ένταξη των ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας με ανταγωνιστικό τρόπο, ενώ ο περιορισμός και τελικά παύσης χρήσης του λιγνίτη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αναδεικνύει το ζήτημα των άμεσων και έμμεσων επιπτώσεων στην ανάπτυξη και απασχόληση των τοπικών κοινωνιών στις λιγνιτικές περιοχές. Συνεπώς δημιουργούνται νέες απαιτήσεις για διαμόρφωση ειδικών πολιτικών μετάβασης και στρατηγικής χρηματοδότησης αυτών.

Χωροταξικός σχεδιασμός

Η συνεχής αστικοποίηση δηλαδή η μεγέθυνση των πόλεων εντείνεται τα τελευταία χρόνια, αποτελώντας πρόκληση για τον χωρικό σχεδιασμό στην Ευρώπη. Ο ρυθμός με τον οποίο καταναλώνεται η γη προς αστική χρήση υπερβαίνει κατά πολύ το ρυθμό ανάπτυξης του πληθυσμού. Πρωτεύον στόχος για τη βιωσιμότητα αποτελεί η ριζική αναθεώρηση της δόμησης και του τρόπου λειτουργίας των πόλεων σήμερα. Το ζήτημα που τίθεται είναι η προώθηση των πολεοδομικών προτύπων που αναλογούν σε αστικές περιοχές ως προς τον τρόπο ανάπτυξης των λειτουργιών, την πυκνότητα και την ιεράρχηση της δομής τους (τοπικά κέντρα – κέντρο - προάστια). Προωθούνται πολιτικές που αφορούν αλλαγές στο σχήμα, στο μέγεθος, πυκνότητα της κατοικίας, στο σχεδιασμό και στη χωροθέτηση των δραστηριοτήτων των πόλεων, σύμφωνα με τις οποίες θα προκύπτουν πρότυπα ενεργειακής ζήτησης και συνεπώς βελτίωση του ενεργειακού και κλιματικού αποτυπώματός τους.

Βιοκλιματικός πολεοδομικός και αστικός σχεδιασμός

Η ενεργειακή συμπεριφορά μιας αστικής περιοχής καθορίζεται από τη γεωμετρία, τη χωροθέτηση των κτιρίων, των αστικών οδών, και του δημόσιου υπαίθριου χώρου, τη χρήση ακατάλληλων υλικών, την έλλειψη πρασίνου, τις ανθρώπινες δραστηριότητες και τις χρήσεις γης, με αποτέλεσμα τα παραπάνω να ευθύνονται για το φαινόμενο << θερμική νησίδα >> και για τη μείωση της ροής του ανέμου. Αποτελεσματικά οδηγεί στην άνοδο της θερμοκρασίας εντός των αστικών περιοχών κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας και κατ' επέκταση την αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Η εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού (πολεοδομικού και αρχιτεκτονικού) αποτελεί βασικό στόχο πολιτικής και σκοπός της είναι η εναρμόνιση των κτιρίων, των δρόμων, των κοινόχρηστων χώρων και των λοιπών χώρων των αστικών περιοχών με το περιβάλλον και το τοπικό κλίμα. Άμεσα θα είναι τα αποτελέσματα στην εξοικονόμηση ενέργειας και ταυτόχρονα θα βελτιωθεί το αστικό περιβάλλον και η ποιότητα ζωής.

Ενεργειακή απόδοση

Πρόκληση αποτελεί για τις δημόσιες πολιτικές που θα υλοποιηθούν κατά την επόμενη δεκαετία η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, σε όλους τους τομείς κατανάλωσης, και ως εκ τούτου αποτελεί οριζόντια προτεραιότητα σε όλο το εύρος των πολιτικών και μέτρων που θα υιοθετηθούν. Εξοικονόμηση ενέργειας θα επιτευχθεί μέσω βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης καθώς θα έχει άμεσες επιπτώσεις: 1) στον τρόπο που καταναλώνεται η ενέργεια, 2) στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, 3) στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των καταναλωτών, 4) ενώ θα συνεισφέρει και στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας κάθε οικονομικής δραστηριότητας.

- Ενεργειακή απόδοση κτιρίων
- Κινητικότητα
- Μεταφορές

Έρευνα και Καινοτομία

Η επόμενη δεκαετία αναμένεται καθοριστική καθώς θα αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες και την εμφάνισή τους θα κάνουν νεοφυείς επιχειρήσεις που θα βοηθήσουν την Ευρώπη να καλύψει

τις φιλοδοξίες και τους στόχους της. Βασική παράμετρος στην εξασφάλιση των απαιτούμενων κεφαλαίων είναι η ενίσχυση της ενοποίησης της αγοράς ενέργειας εντός της ΕΕ και η ρυθμιστική και πολιτική ακεραιότητα, εμπλουτίζοντας ταυτόχρονα τις Πολιτικές που έχουν τεθεί χωρίς αποσπασματικές κινήσεις. Κατά αυτόν τον τρόπο αυτό, διασφαλίζεται η ρυθμιστική προβλεψιμότητα και η αναγκαία ανταγωνιστικότητα ώστε να μπορέσει ο τομέας της βιομηχανίας τελικά να εξελιχθεί. Η αγορά προβλέπεται να αποστέλλει το μήνυμα στα κέντρα έρευνας, πως η ωρίμανση των τεχνολογιών θα συνεισφέρει στους φιλόδοξους στόχους της ΕΕ θα υποστηριχθεί είτε μέσω συγκεκριμένων και περιορισμένου χρονικού διαστήματος κινήτρων είτε έμμεσα όπως για παράδειγμα εξασφαλίζοντας σταθερότητα στις τιμές του Συστήματος εμπορίας εκπομπών αέριων ρύπων.

Συνεπώς, τα ελληνικά ερευνητικά ιδρύματα και κέντρα οφείλουν να ακολουθήσουν μια πιο εξωστρεφή πολιτική που θα προσκαλώντας με αυτόν το τρόπο και καλωσορίζοντας διεθνείς συνεργασίες με θεσμούς και κράτη. Δηλαδή, ξεφεύγοντας από την καθιερωμένη πρακτική της συμμετοχής αυτών σε επιχορηγούμενα προγράμματα της ΕΕ.

Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός πως η καινούργια πρακτική στηρίζει και προωθεί τον ρόλο των καταναλωτών και της εμπλοκής τους στην αγορά ενέργειας. Αυτό μπορεί ακόμη και να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας και να επιταχύνει την αφομοίωση καινοτόμων τεχνολογιών σε ευρύ φάσμα εφαρμογών. Αναπόφευκτα, κύριο ρόλο αναμένεται να διαδραματίσουν κάποιοι νέοι θεσμοί όπως, αυτός των ενεργειακών κοινοτήτων, των ενεργών καταναλωτών, της αποκεντρωμένης διαχείρισης ενέργειας καθώς και η τεχνολογική εξέλιξη των έξυπνων δικτύων.

Έκτη διάσταση της Βιώσιμης Ανάπτυξης

Ο μετασχηματισμός του εθνικού ενεργειακού συστήματος, στο πλαίσιο των υποχρεώσεων και των στόχων που πηγάζουν από τη Συμφωνία των Παρισίων, είναι άμεσα συνδεδεμένος με τους Παγκόσμιους Στόχους για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη. Οι στόχοι αυτοί προσβλέπουν στη βιώσιμη ανάπτυξη, συνδέονται με την απαραίτητη μετάβαση σε νέα πρότυπα παραγωγής και κατανάλωσης, την ανάγκη για βιώσιμες πόλεις, την εξάλειψη της φτώχειας, τη δημιουργία ευέλικτων υποδομών, την προώθηση της βιώσιμης εκβιομηχάνισης, την κυκλική οικονομία και την καινοτομία. Αυτά αποτελούν θεμέλια ενός βιώσιμου αναπτυξιακού μοντέλου και το οποίο θα καταλήγει στη δημοσιονομική σταθερότητα αλλά και στην μεταμόρφωση της παραγωγής, στον εξορθολογισμό χρήσης πόρων, και τέλος στη διασφάλιση της απρόσκοπτης πρόσβασης όλων σε βασικά αγαθά και υπηρεσίες.

Για την πραγματοποίηση των μέτρων της νέας ελληνικής Ενεργειακής Πολιτικής και για την επίτευξη των σχετικών στόχων, απαιτείται ριζικός μετασχηματισμός του ενεργειακού συστήματος και, επομένως, επενδύσεις σημαντικών κεφαλαίων, για αξιοποίηση του δυναμικού στην εγχώρια παραγωγή ενέργειας, των δικτύων ενέργειας και γενικά των ενεργειακών υποδομών καθώς και στη κατανάλωση και στη διαχείριση της ενέργειας, λειτουργώντας ευεργετικά στην αναπτυξιακή πορεία της Ελλάδας.

1.1.3 Πλαίσιο εκπόνησης και προτεραιότητες πολιτικής

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) θέτει εξειδικευμένους εθνικούς Στόχους για επίτευξη των επιδιώξεων της ενεργειακής ένωσης της ΕΕ έως το έτος 2030, τόσο σχετικά με το αρχικό που κυρώθηκε τον Ιανουάριο και που είχε σταλεί για αξιολόγηση στις αντίστοιχες υπηρεσίες της Ευρώπης, όσο και με κεντρικούς Ευρωπαϊκούς στόχους που έχουν τεθεί σε ενωσιακό πλαίσιο. Πιο συγκεκριμένα:

Α) υψηλότερος στόχος μείωσης εκπομπών ΑτΘ, ώστε να καταστεί δυνατή η μετάβαση σε μια οικονομία κλιματικής ουδετερότητας,

Β) διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας,

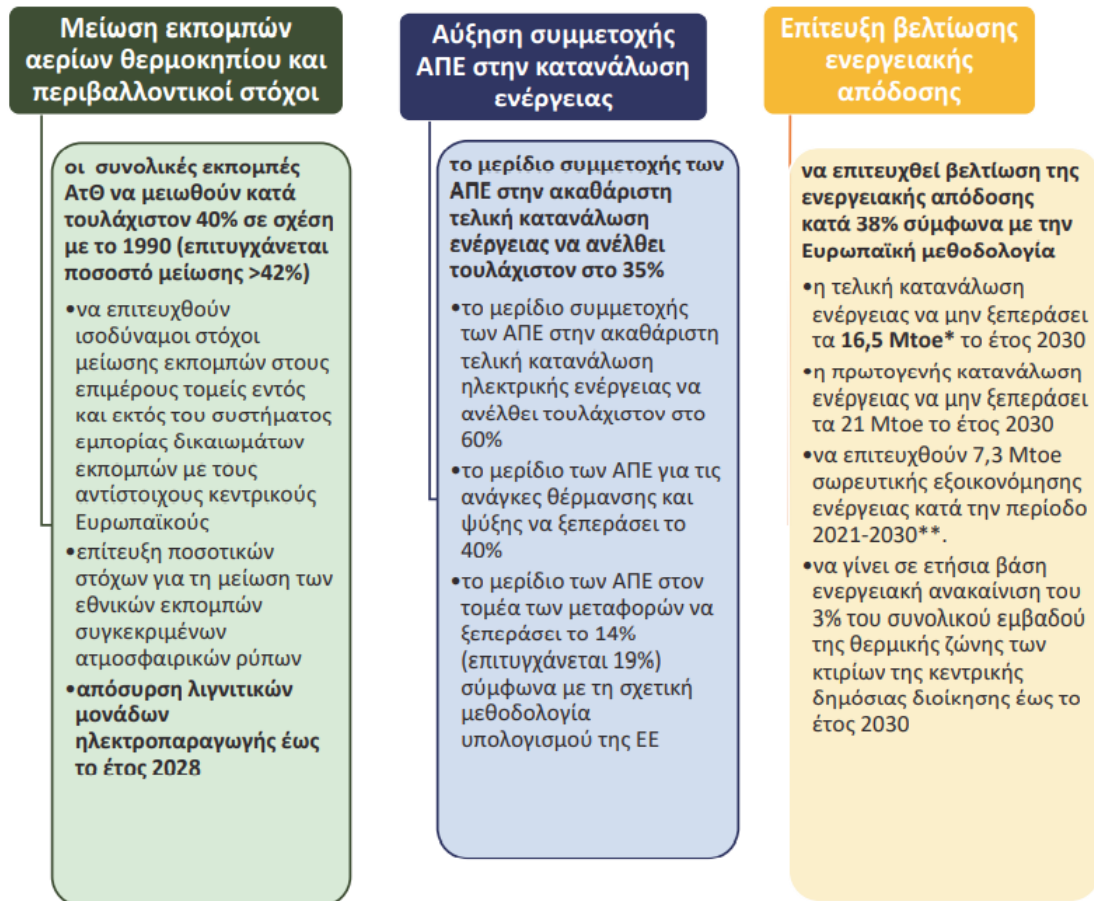
Γ) ενισχύει η ενεργειακή απόδοση καθώς τίθεται πιο φιλόδοξος στόχος εξοικονόμησης της ενέργειας και

Δ) δεσμεύεται για την απολιγνιτοποίηση του τομέα της παραγωγής ηλεκτρισμού, φθάνοντας σε ολοκληρωτικό μετασχηματισμό τον τομέα.

Στο σχήμα 1 παρουσιάζονται οι επιμέρους επιδιώξεις στο πλαίσιο της επίτευξης των εθνικών ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων για το βραχυπρόθεσμα σχέδια. Να επισημανθεί πως, λαμβάνεται υπόψη και η αντίστοιχη για το έτος 2020.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι βασικές Π.Π. ανά διάσταση του εθνικού σχεδίου για την ενέργεια και το κλίμα. Οι Π.Π. θεωρούνται απαραίτητες για την επίτευξη των παραπάνω στόχων. Αυτές οι προτεραιότητες πολιτικής λειτουργούν ως κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό και τελικά την υλοποίηση συγκεκριμένων μέτρων πολιτικής ανά διάσταση. Η μεθοδολογία σχεδιασμού περιλαμβάνει και ένα άκρως οριοθετημένο πλαίσιο διαβούλευσης, ώστε τόσο ο προσδιορισμός των προτεραιοτήτων πολιτικής, όσο και ο σχεδιασμός και τελικά

υλοποίηση των μέτρων πολιτικής να έχουν αξιολογηθεί από τους φορείς και ευρύτερα την κοινωνία.



*χωρίς να συνυπολογιστεί η συνεισφορά της θερμότητας περιβάλλοντος

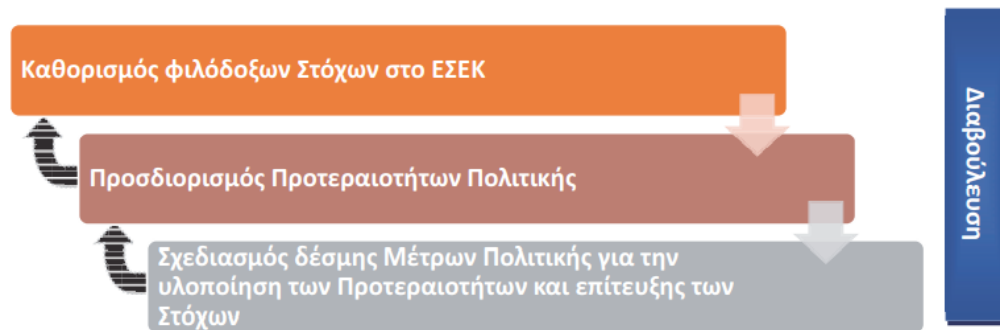
**Ο στόχος έχει υπολογιστεί βάσει των απολογιστικών στοιχείων τελικής κατανάλωσης ενέργειας των ετών 2016 – 2017 και των προσωρινών για το έτος 2018

Εικόνα 1: Ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί στόχοι για την περίοδο 2021 - 2030, στο πλαίσιο των πολιτικών της ΕΕ. (ΕΣΕΚ)

Συνολικά οι Π.Π., καθώς και τα εξειδικευμένα μέτρα που απαιτούνται για την εφαρμογή τους, εντάσσονται σε ένα πλήρες σχέδιο για τη βέλτιστη επίτευξη των εθνικών περιβαλλοντικών, ενεργειακών, αναπτυξιακών και κοινωνικοοικονομικών επιδιώξεων, το οποίο απαιτεί συνοχή, και συντονισμό στην παρακολούθηση των προτεραιοτήτων και τον τρόπο εφαρμογής των σχετικών μέτρων.

Στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ τίθεται η βασική παράμετρος η οποία είναι, η κατανόηση ότι η πορεία των επιμέρους τομέων επηρεάζει συνάμα και την πορεία των υπόλοιπων με αποτέλεσμα, τα μέτρα που τελικά σχεδιάζονται και εφαρμόζονται δεν επιφέρουν μόνο επιπτώσεις όπου αναφέρονται σε μια θεματική διάσταση ή και ενότητα του ΕΣΕΚ, αλλά συνδιαμορφώνουν τη συνολική εικόνα του ενεργειακού συστήματος και θεωρούν πως το ΕΣΕΚ σχετίζεται άμεσα και με άλλες πολιτικές π.χ. αυτών της διαχείρισης αποβλήτων, της κυκλικής οικονομίας και της εναρμόνισης με την αλλαγή στο κλίμα.

Στο Κεφάλαιο 3 (Πολιτικές και Μέτρα) παρουσιάζονται οι Π.Π. και τα Μέτρα Πολιτικής που επιλέχθηκαν, ώστε με συνέπεια και αποτελεσματικότητα να επιτευχθούν οι φιλόδοξοι αυτοί στόχοι. Προτεραιότητες και μέτρα πολιτικής προέκυψαν με την εφαρμογή της διαδικασίας που απεικονίζεται παρακάτω στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2: Μεθοδολογία για το σχεδιασμό των πολιτικών και μέτρων στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ την περίοδο 2021 - 2030.(ΕΣΕΚ)

Συγκεκριμένα, για την επίτευξη των Εθνικών Στόχων αφού τέθηκαν εξειδικευμένες Π.Π., πρέπει να εκπληρωθούν την δεκαετία 2021-2030 δια της ανάπτυξης ρυθμιστικών Πολιτικών και Μέτρων.

Επίσης, η αξιολόγηση της απόδοσης και της αποτίμησης των αποτελεσμάτων που θα επιφέρουν τα Μ.Π. θα οδηγήσουν στην ανάδραση με τις Π.Π. καθώς και στο πιθανό επαναπροσδιορισμό τους, ώστε τελικά να επιτευχθούν οι στόχοι.

Στόχος αποτελεί η βελτίωση στην απόδοση των συγκεκριμένων Π.Π., η οποία υπολογίζεται πως θα πραγματοποιηθεί με την χάραξη και εφαρμογή Μ.Π. για κάθε μία Προτεραιότητα.

Προτεραιότητες Πολιτικής καθορίστηκαν τόσο για τις 6 διαστάσεις της Ενεργειακής Ένωσης:

- Αλλαγή κλίματος, εκπομπές και απορροφήσεις ΑτΘ,
- ΑΠΕ,
- Αύξηση ενεργειακής απόδοσης,
- Εξασφάλιση εφοδιασμού ενεργειακή αλυσίδα,
- Αγορά ενέργειας,

- Έρευνα, καινοτομία και ανταγωνιστικότητα

Όσο και για νέους τομείς ενδιαφέροντος:

- Αγροτικό τομέα, Ναυτιλία και Τουρισμό
- Μηχανισμό Διακυβέρνησης

Ο τελευταίος θεωρείται μείζονος σημασίας για την ασφαλή και επιτυχημένη παρακολούθηση και, τελικά, υλοποίηση των προδιαγεγραμμένων μέτρων και επίτευξη των εθνικών ενεργειακών και κλιματικών στόχων που τίθενται με το παρόν σχέδιο.

Συμπερασματικά, τα Μ.Π. προτάθηκαν συμπεριλαμβάνοντας και τις Π.Π. που έχουν τεθεί. Επισημαίνεται, πως τα μέτρα δεν ευθυγραμμίζονται με τις προτεραιότητες, ενώ κάποια Μ.Π. πιθανόν να καταλήγουν στην υλοποίηση προτεραιοτήτων τόσο στην ίδια διάσταση, όσο και μεταξύ των διαστάσεων διαφορετικού πλαισίου. Το γεγονός αυτό συνετέλεσε στο να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στις συνεργίες μεταξύ των Προτεραιοτήτων και των Μέτρων που θα εφαρμόσει η Ενεργειακή Ένωση.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι Π.Π. όπως καθορίζονται από το παρόν ΕΣΕΚ, ενώ στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζονται αναλυτικά οι Π.Π., μαζί με τα Μ.Π. που τελικά θα πραγματοποιήσουν τις συγκεκριμένες Π.Π..

Τέλος, να επισημανθεί ότι σε κάποιες περιπτώσεις τα Μ.Π. προκύπτουν από τον συνδυασμό των επιμέρους Μέτρων και Προτεραιοτήτων, οι οποίες υπολογίζεται να εξειδικευτούν και να εξελιχθούν σταδιακά την δεκαετία 2021-2030 καθώς θα εφαρμόζεται το ΕΣΕΚ.

Μηχανισμός διακυβέρνησης για την υλοποίηση του ΕΣΕΚ, με μεγιστοποίηση συνεργειών μεταξύ των διατομεακών ενότητων του
ΑΠΔ1: Ενιαίο πλαίσιο διακυβέρνησης
ΑΠΔ2: Συνέχεια και συνέπεια στην εφαρμογή Μέτρων Πολιτικής από τους θεσμικούς φορείς
ΑΠΔ3: Μηχανισμός παρακολούθησης για την εφαρμογή και απόδοση Πολιτικών και Μέτρων
ΑΠΔ4: Στρατηγικό πλαίσιο αναφοράς για το σχεδιασμό και έγκριση αναπτυξιακών προγραμμάτων από τους διαχειριστές δικτύων και τον ρυθμιστή
ΑΠΔ5: Ανάπτυξη και εφαρμογή χρηματοδοτικών μηχανισμών και προγραμμάτων για την επίτευξη των Στόχων
ΑΠΔ6: Δράσεις ενημέρωσης και εκπαίδευσης για ενεργειακή μετάβαση και αντιμετώπιση κλιματικής αλλαγής
Κλιματική Αλλαγή, Εκπομπές και απορροφήσεις Αερίων του Θερμοκηπίου
ΠΠ1.1: Επίτευξη κλιματικά ουδέτερης οικονομίας, μέσω απολιγνιτοποίησης, προώθησης των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της χώρας και διασύνδεσης των αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων
ΠΠ1.2: Δράσεις για την προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή
ΠΠ1.3: Δράσεις για τη μείωση εκπομπών στον τομέα των μεταφορών
ΠΠ1.4: Δράσεις για τη μείωση εκπομπών φθοριούχων αερίων
ΠΠ1.5: Δράσεις για τη μείωση των εκπομπών στον αγροτικό τομέα
ΠΠ1.6: Σχέδια στρατηγικής για τη διαχείριση των αποβλήτων
ΠΠ1.7: Σχέδια στρατηγικής για την Κυκλική Οικονομία
ΠΠ1.8: Αστικές βιοκλιματικές αναπλάσεις και έξυπνες πόλεις
ΠΠ1.9: Συμμετοχή του χρηματοπιστωτικού τομέα
ΠΠ1.10: Δράσεις για τη μείωση εκπομπών στον τομέα της βιομηχανίας
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
ΠΠ2.1: Κάλυψη των εγχώριων ηλεκτρικών καταναλώσεων κυρίως από ΑΠΕ
ΠΠ2.2: Αναμόρφωση αδειοδοτικού και χωροταξικού πλαισίου – Επιτάχυνση και αποτελεσματικότητα αδειοδότησης
ΠΠ2.3: Συμμετοχή μονάδων ΑΠΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς χορήγηση λειτουργικής ενίσχυσης
ΠΠ2.4: Προώθηση διεσπαρμένων συστημάτων ΑΠΕ και ενδυνάμωση συμμετοχικού ρόλου τοπικών κοινωνιών – καταναλωτών
ΠΠ2.5: Διασφάλιση βιωσιμότητας και ρευστότητας του μηχανισμού χορήγησης λειτουργικής ενίσχυσης στις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ

ΠΠ2.6: Ανάπτυξη και ενίσχυση ενεργειακών δικτύων και βέλτιστη ένταξη και λειτουργία μονάδων ΑΠΕ
ΠΠ2.7: Κανονιστικές υποχρεώσεις ελάχιστης συμμετοχής ΑΠΕ στην κάλυψη ενεργειακών αναγκών στον κτιριακό τομέα
ΠΠ2.8: Προώθηση της χρήσης συστημάτων ΑΠΕ για κάλυψη θερμικών και ψυκτικών αναγκών
ΠΠ2.9: Σύζευξη ενεργειακών τομέων για μέγιστη αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού από τις ΑΠΕ και προώθηση νέων τεχνολογιών
ΠΠ2.10: Προώθηση χρήσης προηγμένων βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών
ΠΠ2.11: Προώθηση της ηλεκτροκίνησης
Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης
ΠΠ3.1: Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης δημοσίων κτιρίων και υποδειγματικός ρόλος δημοσίου τομέα– Βελτίωση μικροκλίματος του αστικού δημόσιου χώρου
ΠΠ3.2: Στρατηγική ανακαίνισης κτιριακού αποθέματος οικιακού και τριτογενή τομέα
ΠΠ3.3: Προώθηση συμβάσεων ενεργειακής απόδοσης από ΕΕΥ
ΠΠ3.4: Προώθηση μηχανισμών αγοράς
ΠΠ3.5: Προώθηση καινοτόμων χρηματοδοτικών εργαλείων για μόχλευση ιδιωτικών κεφαλαίων και συμμετοχή χρηματοπιστωτικού τομέα
ΠΠ3.6: Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης και ανταγωνιστικότητας βιομηχανικού τομέα
ΠΠ3.7: Πλαίσιο αντικατάστασης ρυπογόνων επιβατικών και φορτηγών οχημάτων
ΠΠ3.8: Ανάπτυξη υποδομών και σχεδίων για μετατόπιση μεταφορικού έργου
ΠΠ3.9: Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης υποδομών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου
ΠΠ3.10: Προώθηση παρεμβάσεων εκσυγχρονισμού υποδομών ύδρευσης/αποχέτευσης και άρδευσης
ΠΠ3.11: Προώθηση αποδοτικής θέρμανσης και ψύξης
ΠΠ3.12: Εκπαίδευση/ενημέρωση επαγγελματιών και καταναλωτών για ενεργειακά αποδοτικό εξοπλισμό και ορθολογική χρήση ενέργειας
Ασφάλεια Ενεργειακού Εφοδιασμού
ΠΠ4.1: Αύξηση της διαφοροποίησης των πηγών και οδεύσεων εισαγωγής ενέργειας
ΠΠ4.2: Ανάδειξη της χώρας ως περιφερειακού ενεργειακού κόμβου
ΠΠ4.3: Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης και ανάπτυξη εγχώριων ενεργειακών πηγών
ΠΠ4.4: Προώθηση συστημάτων παροχής ευελιξίας, συστημάτων αποθήκευσης και απόκρισης της ζήτησης και διασφάλιση της επάρκειας ισχύος της χώρας

ΠΠ4.5: Ετοιμότητα της χώρας και των εμπλεκόμενων φορέων για αντιμετώπιση περιορισμού ή διακοπής παροχής ενεργειακής τροφοδοσίας
Αγορά Ενέργειας
ΠΠ5.1: Ενίσχυση διασυνδεσιμότητας ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου με γειτονικές χώρες
ΠΠ5.2: Προώθηση έργων μεταφοράς, διανομής και αποθήκευσης στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας
ΠΠ5.3: Προώθηση έργων υποδομής μεταφοράς, διανομής και αποθήκευσης φυσικού αερίου
ΠΠ5.4: Ψηφιοποίηση δικτύων ενέργειας
ΠΠ5.5: Ενίσχυση του ανταγωνισμού στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου
ΠΠ5.6: Μέτρα για την ανάπτυξη των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου
ΠΠ5.7: Ρυθμιζόμενες χρεώσεις στη βάση μηχανισμών οικονομικά αποδοτικών κινήτρων
ΠΠ5.8: Ολοκληρωμένα αναπτυξιακά σχέδια, επενδυτικές δράσεις και χρηματοδοτικά προγράμματα για τις λιγνιτικές περιοχές σε μετάβαση
ΠΠ5.9: Προστασία των καταναλωτών και αντιμετώπιση της ενεργειακής ένδειας
Αγροτικός Τομέας, Ναυτιλία και Τουρισμός
ΠΠΝ.1: Προώθηση υποδομών για τη χρήση φυσικού αερίου
ΠΠΝ.2: Διαχείριση και αξιοποίηση γεωργικών και κτηνοτροφικών υπολειμμάτων
ΠΠΝ.3: Προώθηση της χρήσης ΑΠΕ και δράσεων βελτίωσης Ενεργειακής Απόδοσης στους λιμένες
ΠΠΝ.4: Ανάπτυξη εγχώριας παραγωγής προηγμένων βιοκαυσίμων και εφοδιαστικών αλυσίδων για τη χρήση τους
ΠΠΝ.5: Προώθηση χρήσης ΑΠΕ και δράσεων βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης στον αγροτικό τομέα
ΠΠΝ.6: Βιώσιμη τουριστική ανάπτυξη και σχέδια διαχείρισης προορισμών
ΠΠΝ.7: Προώθηση χρήσης ΑΠΕ και δράσεων βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης σε τουριστικές μονάδες
Έρευνα καινοτομία και ανταγωνιστικότητα
ΠΠ6.1: Καινοτόμες εφαρμογές με υψηλό δυναμικό εγχώριας προστιθέμενης αξίας και ενδυνάμωση εξωστρέφειας επιχειρήσεων
ΠΠ6.2: Ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας
ΠΠ6.3: Ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών απεξάρτησης από τον άνθρακα
ΠΠ6.4: Έξυπνα δίκτυα
ΠΠ6.5: Ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών στις μεταφορές και εφαρμογών για την

μικροκινητικότητα
ΠΠ6.6: Ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών αποθήκευσης ενέργειας καθώς και τεχνολογιών δέσμευσης, αποθήκευσης, και χρήσης CO ₂
ΠΠ6.7: Προώθηση καινοτόμων τεχνολογιών για την υποστήριξη δράσεων κυκλικής οικονομίας
ΠΠ6.8: Εφαρμογή οριζόντιων μέτρων για τη βελτίωση των συνθηκών διεξαγωγής της έρευνας
ΠΠ6.9: Προώθηση επιχειρηματικότητας μέσω δράσεων έρευνας και καινοτομίας ενταγμένων στις λειτουργίες της αγοράς
ΠΠ6.10: Βελτιστοποίηση πλαισίου και καθεστώτων ενίσχυσης για την προώθηση επενδύσεων με στόχο την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας
ΠΠ6.11: Ενίσχυση ανταγωνιστικότητας μέσω σύστασης και λειτουργίας ειδικών ταμείων

1.2 Εθνικοί στόχοι και επιδιώξεις

1.2.1 Αναθεωρημένο ΕΣΕΚ: Φιλόδοξοι και Ρεαλιστικοί Στόχοι

Σε αυτή την ενότητα κοινοποιείται η σύγκριση μεταξύ των δεδομένων που προέκυψαν κατά το αρχικό Εθνικό Σχεδιασμό για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), και το οποίο κυρώθηκε από το Κοινοβούλιο τον Ιανουάριο του 2019 και της τελικής του μορφής, που αφομοιώνει τις πιο πρόσφατες πολιτικές δεσμεύσεις. Έτσι, οι νέοι στόχοι οδηγούν σε μια πρόβλεψη της εικόνας που θα έχει το ενεργειακό σύστημα, αποτελούμενο από διαφορετικά ποσοστά συμμετοχής καυσίμων, αλλά και εμφανίσεις τεχνολογιών.

Στον παρακάτω Πίνακα 2 γνωστοποιούνται τα βασικά μεγέθη του ενεργειακού μίγματος το 2030, και για τις 2 επιλύσεις με τη χρήση συγκεκριμένων ενεργειακών μοντέλων. Τα αποτελέσματα που επιφέρει το αναθεωρημένο τελικό ΕΣΕΚ για τους βραχυχρόνιους στόχους του 2030 καταδεικνύουν υψηλότερα μερίδια συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη και τελική κατανάλωση ενέργειας, βελτίωση σε μεγαλύτερο βαθμό της αποδοτικότητας της ενέργειας η οποία μεταφράζεται σε χαμηλότερες τιμές τελικής κατανάλωσης, και απομάκρυνση των λιγνιτικών μονάδων από την ηλεκτροπαραγωγή. Στα διαγράμματα που ακολουθούν την παρούσα ενότητα παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι διαφορές αυτές.

Πίνακας 2: Τιμές βασικών δεικτών του αρχικού και του τελικού ΕΣΕΚ για το έτος 2030. (ΕΣΕΚ)

Συγκριτικός πίνακας	Αρχικό ΕΣΕΚ	Τελικό ΕΣΕΚ
Βασικοί δείκτες		
Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (MtCO ₂ eq)	71	60,6
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας [%]	31%	35%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Θέρμανση και Ψύξη [%]	32%	43%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας [%]	56%	61%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Μεταφορές [%]	20%	19%
Παραγωγικότητα Ενέργειας [εκατ. € '10/ktoe]	9,98	11,03
Κατανάλωση Ενέργειας		
Ακαθάριστη Εγχώρια Κατανάλωση	23,02	22,19
Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας [Mtoe]	22,26	20,55
Τελική κατανάλωση ενέργειας [Mtoe]	18,04	17,38
Τελική κατανάλωση ενέργειας (χωρίς θερμότητα περιβάλλοντος) [Mtoe]	17,32	16,51
Τομέας ηλεκτροπαραγωγής		
Εγκατεστημένη Ισχύς [GW]		
Λιγνίτης	2,70	0,00
Φ. Αέριο	5,40	6,91
Αιολικά	6,60	7,05
Φ/Β	6,80	7,66
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή	17,70	19,03
Ακαθάριστη Ηλεκτροπαραγωγή [TWh]	57,37	57,93
Καθαρή Ηλεκτροπαραγωγή [TWh]	55,56	57,22
Λιγνίτης	9,03	0,00
Πετρελαϊκά	1,54	0,83 ⁵
Φ. Αέριο	10,26	18,30
Βιοενέργεια	1,74	1,58
Υ/Η	6,27	6,60
Αιολικά	15,51	17,21

Φ/Β	10,34	11,82
Ηλιοθερμικοί σταθμοί	0,26	0,26
Γεωθερμία	0,63	0,63
Καθαρή Ηλεκτροπαραγωγή από Ορυκτά καύσιμα [TWh]	20,80	19,13
Καθαρές εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας [TWh]	4,16	4,58
Συνολική διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας [TWh]⁶	59,72	61,80
Τελική Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας [TWh]	54,32	56,4
Κτιριακός τομέας		
Συνολικός αριθμός ανακαίνισης κατοικιών έως το έτος 2030	400.000	600.000

Όσον αφορά το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα, το πιο πρόσφατο ΕΣΕΚ εκτιμά αρκετά υψηλότερο μερίδιο ΑΠΕ στο μίγμα συνολικά αλλά και σε επιμέρους τομείς. Η σημαντικά αυτή υψηλότερη συμμετοχή ΑΠΕ οφείλεται στα νέα μέτρα πολιτικής και

της σταδιακής απόσυρσης των λιγνιτικών μονάδων στην ηλεκτροπαραγωγή μέχρι την οριστική τους απομάκρυνση το έτος 2028. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται επιπλέον χώρος για εγκατάσταση νέων μονάδων ΑΠΕ, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει το βαθμό σημαντικότητας των μονάδων φυσικού αερίου καθώς θα παρέχουν και ευελιξία στο σύστημα.

Αύξηση στη παραγωγή ενέργειας από αυτές τις μονάδες (φυσικού αερίου και ΑΠΕ) σε σύγκριση με των λιγνιτικών μονάδων αποτυπώνεται και στις συνολικές εκπομπές ΑτΘ, στις οποίες προκύπτει σημαντική μείωση της τάξεως του 17%. Επίσης, διαφαίνονται μειωμένες τιμές στις ιδιοκαταναλώσεις ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι οι μονάδες ΑΠΕ, οι οποίες κατά κανόνα αντικαθιστούν τις λειτουργικές μονάδες, έχουν σημαντικά χαμηλότερες ιδιοκαταναλώσεις.

Το παρόν σχέδιο παρουσιάζει περαιτέρω βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση και τελικά μειώνεται η τελική κατανάλωση ενέργειας κατά περίπου 3,6 έως 4,7% σε σχέση με τον αρχικό στόχο του αρχικού ΕΣΕΚ, δηλαδή αντίστοιχα και με την μεθοδολογία που χρησιμοποιείται., Όπως παρουσιάζονται αναλυτικά και στο κεφάλαιο με τα αποτελέσματα, η πρόβλεψη σχετικά με τη μορφή του ενεργειακού συστήματος στο δεύτερο ενεργειακό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για να συμπληρώσει αυτό που πρώτο είχε χρησιμοποιηθεί στο αρχικό σχέδιο ΕΣΕΚ, προβλέπει μεγαλύτερη συμμετοχή των σχεδιαζόμενων Μ.Π. στοχεύοντας στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και κατ' επέκταση σε μείωση του ποσοστού της τελικής κατανάλωσης που ξεπερνά 6,5%. Προς αυτή τη κατεύθυνση, θα δοθεί έμφαση σε μέτρα για την αναβάθμιση και συντήρηση του κτιριακού αποθέματος στο σενάριο επίτευξης στόχων, με τον συνολικό αριθμό ανακαίνισης κτιρίων και κτιριακών μονάδων να αναμένεται στις 600.000 αντί των 400.000 που αρχικά είχαν θεωρηθεί στο πρώτο σχέδιο ΕΣΕΚ.

Να επισημανθεί ότι σε περίπτωση που η ενέργεια περιβάλλοντος η οποία αξιοποιείται από τις αντλίες θερμότητας και συγκαταλέγεται στις ΑΠΕ δε υπολογιστεί στην τελική κατανάλωση ενέργειας (όπως προτείνει η πρακτική υπολογισμού στα αντίστοιχα ισοζύγια μέχρι το έτος 2016), η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με το παρόν βελτιώνει κατά 4,7% σε σχέση με το αρχικό σχέδιο ΕΣΕΚ.

Τέλος, στον τομέα των μεταφορών η συμμετοχή των ΑΠΕ, το παρόν σχέδιο διατηρεί σε επίπεδο ενεργειακής προσομοίωσης την υψηλή εκτίμηση για τα δεδομένα της χώρας αναφορικά με τη συμμετοχή της ηλεκτροκίνησης στις μεταφορές. Παράλληλα θέτει ένα νέο και πιο ουσιαστικό στόχο ρυθμίζοντας το μερίδιο των ηλεκτρικών επιβατικών οχημάτων στις ταξινομήσεις έως το 2030.

Δηλαδή, δεδομένου ότι αναλυτικά αποτυπώνονται τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες της εγχώριας αγοράς επιβατικών αυτοκινήτων, όπως περιγράφεται αναλυτικά στο παρακάτω Πολιτικές και Μέτρα (Κεφάλαιο 3) και των παραδοχών που συμπεριλαμβάνονται στις

προσομοιώσεις των ενεργειακών μοντέλων, ενεργοποιείται καινούργιος στόχος στο πλαίσιο ώστε το ποσοστό των ηλεκτρικών επιβατικών οχημάτων στις επερχόμενες ταξινομήσεις του έτους 2030 να κυμαίνεται περίπου στο 30%. Όπως αναλύεται παρακάτω ο στόχος, παραμένει φιλόδοξος και παράλληλα ρεαλιστικός καθώς λαμβάνει υπόψη ξεκάθαρα τα δεδομένα της εγχώριας αγοράς αυτοκινήτου. Για την πληρότητα των περιγραφόμενων πολιτικών, πλέον με το παρόν τίθενται ενδιάμεσοι στόχοι, σε επίπεδο μεριδίου ηλεκτρικών οχημάτων στις νέες ταξινομήσεις, που αρχικά δεν υπήρχαν στο σχέδιο και οι οποίοι οδηγούν προς μια πιο άρτια και αναλυτική θεώρηση σχετικά με την επιδίωξη καθιέρωσης της ηλεκτροκίνησης σε υψηλότερο βαθμό.

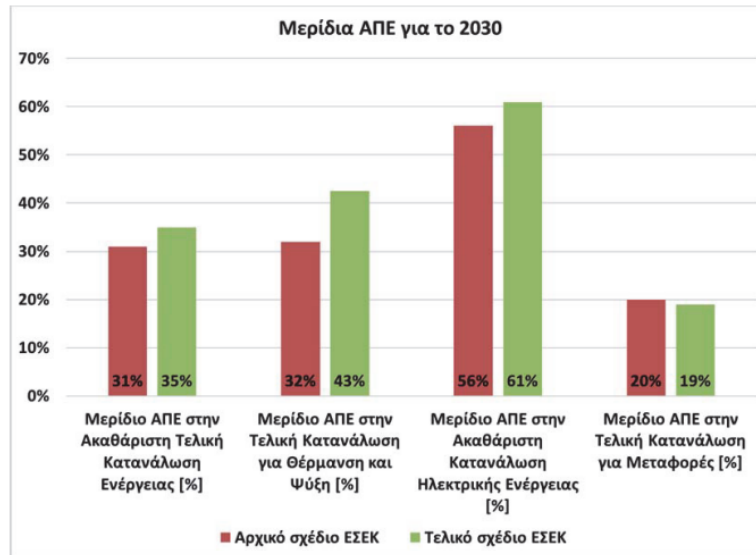
Στόχος αποτελεί η αδιάληπτη παρακολούθηση της προόδου της εγχώριας αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων, σύμφωνα με τα μέτρα και τα κίνητρα που περιγράφονται στην αντίστοιχη ενότητα του Πολιτικές και Μέτρα (Κεφαλαίου 3) έτσι ώστε ανάλογα και με το υφιστάμενο πλήθος των ηλεκτρικών επιβατικών οχημάτων κατά τις νέες ταξινομήσεις να επέλθει και επαναπροσδιορισμός των δεδομένων από τις ενεργειακές προσομοιώσεις σχετικά με το μερίδιο συμμετοχής των ηλεκτρικών οχημάτων επί του συνολικού στόλου των επιβατικών οχημάτων.

Επίσης, τίθεται στόχος αναχαίτισης δηλαδή περιορισμού χρήσης Ι.Χ. οχήματος (συγκεκριμένα κατά τις αστικές περιοχές) και η αντικατάσταση με την χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς, ποδηλάτου, οχήματος μικροκινητικότητας αλλά και πεζής μετακίνησης.

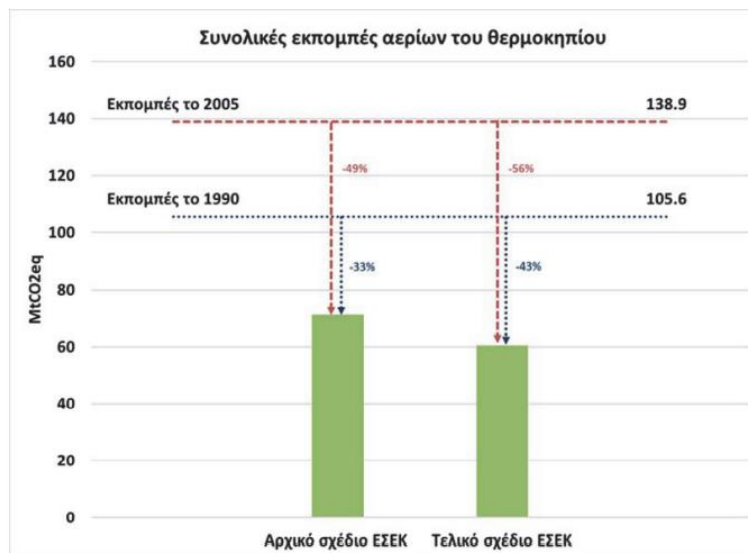
Τα διαγράμματα και οι πίνακες που ακολουθούν κοινοποιούν τα αποτελέσματα και των 2 προσεγγίσεων που αφορούν: (I) τα ποσοστά συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας των βασικών τομέων ξεχωριστά και συνολικά, (II) τη τελική μορφή του μίγματος στην ηλεκτροπαραγωγή, (III) τα επίπεδα που συνεπάγονται στη μείωση εκπομπών ΑτΘ καθώς επίσης (IV) τη συγκριτική εξέλιξη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας και τον διάκριση της απόλυτης και σταθμισμένης ενίσχυσης στη βελτίωση της απόδοσης, καθώς και τη σύγκριση μεταξύ της χρήσης των καυσίμων στην τελική κατανάλωση. Σχετικά με τα ποσοστά συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για το έτος 2030, παρατηρείται σημαντική αύξηση των ποσοστών αυτών με το παρόν αντιθέτως με το αρχικό σχέδιο (Διάγραμμα 1). Πιο συγκεκριμένα, ο στόχος για 35% συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση οδηγεί σε περεταίρω αύξηση των μεριδίων συμμετοχής κατά 33% στον τομέα της ψύξης και της θέρμανσης και κατά 9% στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, που προβλέπεται συμμετοχή τουλάχιστον 61%.

Αθροιστικά τα επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σύμφωνα με το τελικό σχέδιο αναμένεται να καταμετρώνται στους 60,6 MtCO₂eq αντί των 71 MtCO₂eq που αρχικά είχαν προβλεφθεί. Μάλιστα, ο περιορισμός συγκριτικά με τα έτη 1990 και 2005 ανταποκρίνεται στο 43% και 56%, αντίστοιχα. Η διαφορά αυτή μαρτυρά την μετατροπή του ενεργειακού μίγματος,

ενισχύοντας σημαντικά το ρόλο των μονάδων ΑΠΕ και του φυσικού αερίου, τη μείωση των πετρελαϊκών προϊόντων και την πλήρη απομάκρυνση από τις λιγνιτικές μονάδες.



Διάγραμμα 1: Σύγκριση μεταξύ των μεριδίων συμμετοχής ΑΠΕ στο αρχικό σχέδιο και στο τελικό ΕΣΕΚ. (ΕΣΕΚ)

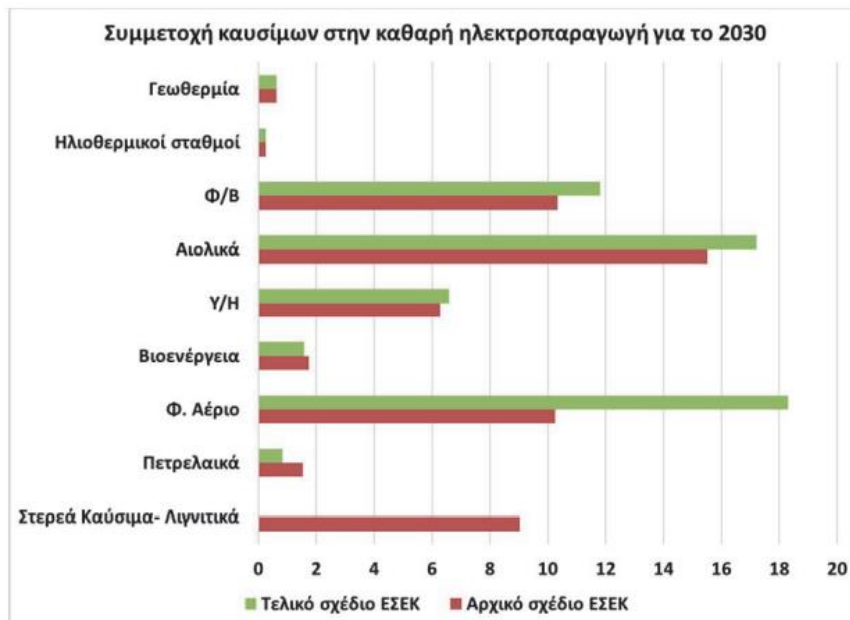


Διάγραμμα 2: Σύγκριση των συνολικών εκπομπών ΑτΘ το 2030, στο αρχικό ΕΣΕΚ και στο τελικό σχέδιο ΕΣΕΚ και ταυτόχρονη αναφορά στις αντίστοιχες εκπομπές του 1990 και του 2005. (ΕΣΕΚ)

Το ποσοστό συμμετοχής καυσίμων αλλάζει σε σημαντικό βαθμό μεταξύ των 2 σχεδίων (Διάγραμμα 3). Η διαφορά εντοπίζεται στην ολοκληρωτική απόσυρση των λιγνιτικών μονάδων αντί της μείωσής τους, όπως προβλεπόταν στο αρχικό ΕΣΕΚ. Η παραγωγή λιγνίτη για ηλεκτροπαραγωγή σταματά σταδιακά και οριστικά έως το 2028, και ταυτόχρονα ενισχύεται σημαντικά η αξιοποίηση των ΑΠΕ και συγκεκριμένα των φωτοβολταϊκών και το αιολικών.

Αυξημένη σε σημαντικό βαθμό εμφανίζεται η χρήση του φυσικού αερίου στο ενεργειακό σύστημα, καθώς οι μονάδες αυτές προβλέπεται να αντικαταστήσουν μέρος της παραγωγής των λιγνιτικών παρέχοντας παράλληλα στο σύστημα την απαραίτητη ευελιξία που απαιτεί η αύξηση συμμετοχής των μη ελεγχόμενων ΑΠΕ.

Δραστική μείωση επέρχεται και στο ποσοστό συμμετοχής των πετρελαϊκών μονάδων, καθώς αυξάνεται συνεχώς το κόστος λειτουργίας τους, κατ' επέκτασιν θα καθίστανται πλέον μη ανταγωνιστικά έναντι των τεχνολογιών ΑΠΕ. Ωστόσο, κυρίως λόγω της ταχύτερης διασύνδεσης του συνόλου των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΜΔΝ) με το ηπειρωτικό σύστημα κατά την εξεταζόμενη περίοδο σε σχέση με το πρώτο ΕΣΕΚ και της εκτεταμένης αξιοποίησης υβριδικών συστημάτων από ΑΠΕ στα λίγα νησιά στα προβλέπεται ότι δε θα εφαρμοστεί η σύνδεση αυτή.



Διάγραμμα 3: Σύγκριση ποσοστού συμμετοχής καυσίμων στη καθαρή ηλεκτροπαραγωγή για το 2030, μεταξύ του πρώτου σχεδίου ΕΣΕΚ και του τελικού.(ΕΣΕΚ)

Στον Πίνακα 3 και στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζονται οι διαφορές που προκύπτουν στη συμμετοχή κάθε τομέα και κάθε καυσίμου αντίστοιχα, στην τελική κατανάλωση ενέργειας, όπως υποδεικνύει το πρώτο και στο παρόν αναθεωρημένο σχέδιο, για το 2030.

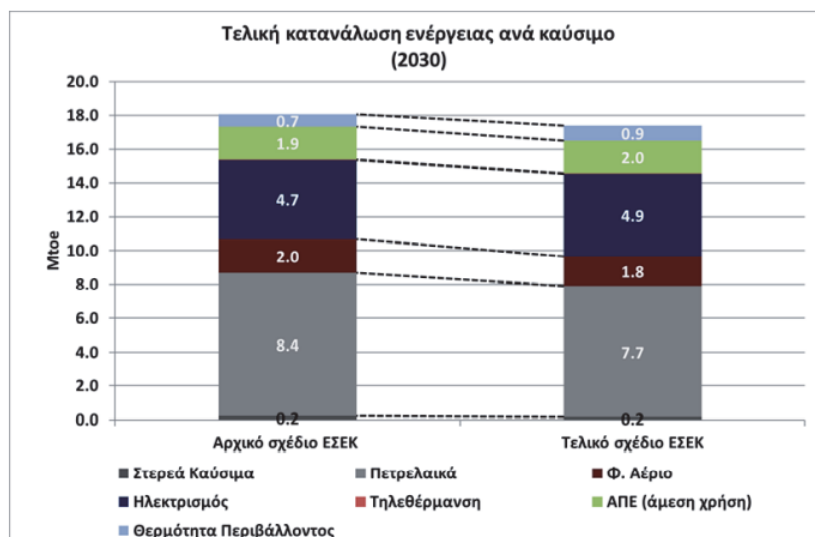
Η διαφοροποίηση σημειώνεται στην τελική κατανάλωση του οικιακού τομέα, καθώς μειώνεται η τελική κατανάλωση με ποσοστό κατά το 9,3% σε σχέση με την αντίστοιχη πρόβλεψη περιορισμού της κατανάλωσης στο αρχικό ΕΣΕΚ. Επίσης, στη βιομηχανία όπου η ενεργειακή απόδοση που προσομοιώθηκε στο παρόν σχέδιο παρουσιάζεται ενισχυμένη κατά 6% συγκριτικά με το πρώτο ΕΣΕΚ. Στους υπόλοιπους τομείς, (μεταφορές και τριτογενείς), το

αρχικό σχέδιο συγκρινόμενο με το τελικό ΕΣΕΚ, δεν παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφορές με τη ποσοστιαία μεταβολή της τελικής κατανάλωσης αλλά και τα απόλυτα μεγέθη να εκτιμώνται αυξημένα στη τελική κατανάλωση το 2030 σε σχέση με το έτος 2020.

Πίνακας 3: Ποσοστά συμμετοχής ανά τομέα στην τελική κατανάλωση ενέργειας για τα έτη 2020 και 2030. (ΕΣΕΚ)

	Αρχικό ΕΣΕΚ - Μεταβολή ΤΚΕ 2020- 2030	Τελικό ΕΣΕΚ - Μεταβολή ΤΚΕ 2020-2030	Διαφορά Αρχικό- Τελικό ΕΣΕΚ	Σταθμισμένη διαφορά Αρχικό- Τελικό ΕΣΕΚ
Βιομηχανία	1.7%	-4.4%	6.0%	1.1%
Οικιακός	-0.4%	-9.7%	9.3%	2.3%
Τριτογενής - Μεταφορές	0.6%	1.2%	-0.6%	-0.1%
Σύνολο	1.2%	-2.5%	3.7%	3.7%

Όσον αφορά την τελική κατανάλωση των καυσίμων, έντονη είναι η διακύμανση που παρατηρείται στους άνθρακες και υδρογονάνθρακες δηλαδή, πετρελαϊκά, το φυσικό αέριο και τα στερεά καύσιμα, με την αντίστοιχη κατανάλωση να μειώνεται κατά περίπου 8% (700ktoe), 13% (260ktoe), και 34% (80ktoe). Μερικώς αυξάνεται η κατανάλωση ηλεκτρισμού, η άμεση χρήση ΑΠΕ και η αξιοποίηση των αντλιών θερμότητας.



Διάγραμμα 4: Μεταβολή τελικής κατανάλωσης των διαφορετικών καυσίμων για το έτος 2030, μεταξύ του αρχικού ΕΣΕΚ και του τελικού σχεδίου. (ΕΣΕΚ)

1.2.2 Κλιματική αλλαγή, εκπομπές και απορροφήσεις αερίων του θερμοκηπίου

Κύρια επιδίωξη του παρόντος ΕΣΕΚ είναι η χάραξη ενός οδικού χάρτη ώστε να επιτευχθεί σημαντική μείωση των εκπομπών ΑτΘ συγκριτικά με τα έτη αναφοράς όπως έχουν ορισθεί, αποδεικνύοντας αδιαμφισβήτητα τη δέσμευση της Ελλάδας για εναρμόνιση με τους κεντρικούς Ευρωπαϊκούς στόχους οι οποίο τέθηκαν με σκοπό να προστατεύσουν το περιβάλλον και να αντιμετωπίσουν το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής ώστε να επωφεληθούν οι πολίτες και η κοινωνία γενικότερα. Κατά αυτόν τον τρόπο και το παρόν ΕΣΕΚ συμπεριλαμβάνει τόσο γενικούς όσο και ειδικούς φιλόδοξους στόχους και σημαντικά υψηλότερους από τις αντίστοιχες δεσμεύσεις που προβλέπουν οι Ευρωπαϊκές υποχρεώσεις.

Συγκεκριμένα τοποθετείται στο κέντρο ο στόχος μέχρι το έτος 2030, η συνολική μείωση των εκπομπών ΑτΘ στην Ελλάδα συγκριτικά με το έτος 1990 να υπερβαίνει το 40%. Παράλληλα σε σχέση με το έτος 2005 το οποίο είναι πιο συγκρίσιμο, βάσει επιπέδου της εγχώριας οικονομίας και των αντίστοιχων εκπομπών σε ενωσιακό επίπεδο, ο στόχος περιορισμού ξεπερνά το 55%.

Στους τομείς που δεν συμπεριλαμβάνονται στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (non – ETS) η μείωση των εκπομπών ΑτΘ ξεπερνά το 35,4% συγκριτικά με τα αντίστοιχα επίπεδα του 2005, υλοποιώντας ουσιαστικά διπλάσια μείωση σε σχέση με την δέσμευση της Ελλάδας που υπολογίζει περιορισμό των εκπεμπόμενων ΑτΘ κατά τουλάχιστον 16%.

Συγκεκριμένα, στους τομείς και τις χρήσεις που εντάσσονται στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ETS), εκτιμάται περιορισμός εκπεμπόμενων ΑτΘ στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ και υπολογίζεται ποσοστιαία παραπάνω του 70% σε σχέση με το έτος 2005. Αντιθέτως, συγκρινόμενη με τον γενικό ευρωπαϊκό στόχο (περίπου 43% σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα εκπεμπόμενων ΑτΘ του έτους 2005) διαφαίνεται σημαντικά υψηλότερη (Πίνακας 4).

Πίνακας 4:Εξέλιξη της μείωσης των εθνικών εκπομπών ΑτΘ για το έτος 2030.(ΕΣΕΚ)

Εξέλιξη μείωσης εκπομπών ΑτΘ (% μείωσης)	2020	2022	2025	2027	2030
Μείωση εκπομπών για τους τομείς και χρήσεις που εντάσσονται στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ETS)σε σχέση με το έτος 2005	52%	62%	65%	67%	74%
Μείωση εκπομπών για τους τομείς εκτός του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (non- ETS)σε σχέση με το έτος 2005	30%	31%	33%	34%	36%
Συνολική μείωση εκπομπών ΑτΘ σε σχέση με το έτος 2005	41%	47%	50%	52%	56%
Συνολική μείωση εκπομπών ΑτΘ σε σχέση με το έτος 1990	23%	31%	34%	36%	43%

Επίσης, στο ΕΣΕΚ ενσωματώνονται και υιοθετούνται ποσοτικοί στόχοι όπως παρουσιάζονται στο πλαίσιο της υλοποίησης της Οδηγίας 2016/2284/ΕΚ, σχετικά με την μείωση εκπομπών συγκεκριμένων ατμοσφαιρικών ρύπων την περίοδο 2020 - 2029 και το έτος 2030 στην Ελλάδα με την αντίστοιχη του έτους 2005 (Πίνακας 5). Η οδηγία αυτή καθιστά υποχρεωτική την κατάρτιση, τη θέσπιση και την πραγματοποίηση Εθνικών Προγραμμάτων Ελέγχου της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, καθώς και την επιτήρηση και αναφορά των συγκεκριμένων εκπεμπόμενων ρύπων (διοξειδίου του θείου (SO₂), οξειδίων του αζώτου (NO_x), πτητικών οργανικών ενώσεων εκτός του μεθανίου (NMVOC), αμμωνίας (NH₃) και λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων (ΑΣ2,5) και άλλων ρύπων (CO, βαρέα μέταλλα, POPs, BC).

Συνεπώς, οι συγκεκριμένοι ρύποι δεν προσομοιώνονται ούτε περιγράφονται αναλυτικότερα στο πλαίσιο του παρόντος ΕΣΕΚ, καθώς η παρακολούθηση για της πρόοδο και εξέλιξή τους αποτελεί κυρίως υποχρέωση των έτερων εθνικών απογραφών των εκπομπών αλλά και του Εθνικού Προγράμματος Ελέγχου της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης. Το πρόγραμμα αυτό εκπονείται εντός του 2019, περιγράφοντας αναλυτικότερα την απόδοση των μέτρων του παρόντος ΕΣΕΚ που αφορά την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί για την χώρα μας στο πλαίσιο της οδηγίας 2016/2284/ΕΚ.

Πίνακας 5: Ποσοστιαίοι στόχοι περιορισμού των εθνικών εκπεμπόμενων ατμοσφαιρικών ρύπων τόσο για την περίοδο 2020 – 2029 όσο και για το 2030 συγκριτικά με το έτος 2005.(ΕΣΕΚ)

Ατμοσφαιρικοί ρύποι	Ποσοστό μείωσης εκπομπών σε σχέση με το έτος 2005	
	Περίοδος 2020-2029	2030
Διοξειδίου του θείου (SO ₂)	74%	88%
Οξειδίων του αζώτου (NO _x)	31%	55%
Πτητικών οργανικών ενώσεων εκτός του μεθανίου (NMVOC)	54%	62%
Αμμωνίας (NH ₃)	7%	10%
Λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων (ΑΣ2,5)	35%	50%

Όσον αφορά την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, η χώρα μας έχει ήδη πραγματοποιήσει και προωθήσει τον ν. 4414/2016 ενισχύοντας την Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ). Στον παραπάνω τίθενται γενικοί στόχοι, κατευθυντήριες διαδρομές αλλά και οι μέθοδοι υλοποίησης μιας εκσυγχρονισμένης, αποδοτικής και αναπτυξιακής στρατηγικής προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή όπως ορίζεται από τη σύμβαση των Η. Ε. για την Κλιματική Αλλαγή, τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες και τη διεθνή εμπειρία.

Η ΕΣΠΚΑ αποτελεί εγκεκριμένο κείμενο στρατηγικού χαρακτήρα το οποίο στοχεύει στη χάραξη κατευθυντήριων διαδρομών και ως τέτοια οδηγία, δεν περιγράφει διεξοδικά τις απαραίτητες τομεακές πολιτικές. Παρ' όλα αυτά συμπεριλαμβάνει ενδεικτικά κάποιες δράσεις

αλλά και μέτρα για το εκσυγχρονισμό 15 τομεακών πολιτικών: Γεωργία – Κτηνοτροφία, Δασικά Οικοσυστήματα, Βιοποικιλότητα – Οικοσυστήματα, Υδατοκαλλιέργειες, Αλιεία, Υδάτινοι πόροι, Παράκτιες Ζώνες, Τουρισμός, Ενέργεια, Υποδομές – Μεταφορές, Υγεία, Δομημένο Περιβάλλον, Εξορυκτική Βιομηχανία, Πολιτιστική Κληρονομιά, Ασφαλιστικός Τομέας, ωστόσο δε περιλαμβάνει την ιεράρχηση μεταξύ των αντίστοιχων μέτρων και δράσεων.

Στην ουσία τα θέματα αυτά θα αποτελέσουν τα Περιφερειακά Σχέδια Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή (ΠερΣΠΚΑ). Η εφαρμογή τους θα εξειδικεύσει τις κατευθύνσεις της ΕΣΠΚΑ υπαγορεύοντας τις άμεσες προτεραιότητες για την προσαρμογή που έχει ορισθεί ως στόχος, σε περιφερειακό δηλαδή τοπικό επίπεδο. Τα ΠερΣΠΚΑ σύμφωνα με τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες και την ευπροσβλητότητα της εκάστοτε περιφέρειας να καθορίζουν τους τομείς πολιτικής και τις γεωγραφικές ενότητες ώστε να ληφθούν μέτρα. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται η εξειδίκευσή τους, όπως επίσης καθορίζονται και τα οικονομικά εργαλεία για την πραγματοποίηση των μέτρων αυτών, τους φορείς άμεσης υλοποίησης, τους έμμεσα εμπλεκόμενους φορείς κλπ.. Στην παρούσα χρονική περίοδο οι Περιφέρειες της Ελλάδας βρίσκονται στη κατά την διαδικασία εκπόνησης των οικείων ΠερΣΠΚΑ (με διαφορετικούς βαθμούς ωρίμανσης ανά Περιφέρεια).

Από τους βασικούς στόχους είναι η Προώθηση της κυκλικής οικονομίας και της βιοοικονομίας. Αφενός η κυκλική οικονομία και αφετέρου η βιοοικονομία θα αποτελέσουν συνδυαστικά τον καταλύτη στην παραγωγική ανασυγκρότηση της χώρας, δίνοντας έμφαση στη περιφερειακή διάσταση. Τόσο η κυκλική οικονομία όσο και η βιοοικονομία συνεισφέρουν στην επίτευξη των στόχων περιορισμού της κλιματικής αλλαγής καθώς θεωρείται έχει εκτιμηθεί πως η μετάβαση στο κυκλικό πρότυπο είναι εφικτό να οδηγήσει σε κατακόρυφη μείωση των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων μέσω επαναχρησιμοποίησης υλικών και γενικότερα της ανακύκλωσης, της αποδοτικότερης χρήσης πόρων και τον οικολογικό σχεδιασμό των προϊόντων. Επίσης, η εισαγωγή << κυκλικών >> επιχειρηματικών μοντέλων νέας μορφής, ειδικότερα στους τομείς της βιομηχανίας, μεταφορών και του δομημένου περιβάλλοντος. Το νέο αυτό << κυκλικό >> παραγωγικό μοντέλο αναμένεται να βρει εύκολα και απροβλημάτιστα εφαρμογή στην ελληνική οικονομία. Αυτό οφείλεται στην ποικιλία ευκαιριών και δυνατοτήτων αξιοποίησης των πόρων αλλά και των αλλαγών που υφίσταται γενικότερα ο τομέας της οικονομίας, και ειδικότερα ο τομέας διαχείρισης αποβλήτων. Σύμφωνα με την Εθνική Στρατηγική για την Κυκλική Οικονομία και η οποία επικυρώθηκε από το Κεντρικό Συμβούλιο Οικονομικής Πολιτικής στις 17 Απριλίου του 2018, στοχοθετεί στην ταχύτερη εφαρμογή των δράσεων της κυκλικής οικονομίας και στην απελευθέρωση αναπτυξιακού δυναμικού. Κατά αυτόν τον τρόπο περιλαμβάνονται μια σειρά δράσεων αναπτύσσοντας χρηματοδοτικά εργαλεία. Επίσης, σχεδιάζεται να θεσπιστεί ρυθμιστικό πλαίσιο και κανονισμοί σε συνδυασμό με την άρση γραφειοκρατικών εμποδίων ώστε επιτυχώς να συνδεθεί η μικρομεσαία επιχειρηματικότητα και

η κοινωνική οικονομία με την τεχνολογική καινοτομία, την διάδοση τεχνογνωσίας και τέλος τη βελτίωση της διακυβέρνησης μέσω δικτύωσης και επιτάχυνσης των εφαρμογών.

Προκλήσεις

Η σημαντικότερη πρόκληση για την εφαρμογή της πλειονότητας των Μ.Π. εντοπίζεται στην επιτυχή αντιμετώπιση της πολυμορφίας και ετερογένειας των διαφόρων συνιστωσών (τεχνικές, διαχειριστικές, διοικητικές, θεσμικές, κοινωνικές), τις οποίες πρέπει να επαναπροσδιορίσουμε με σκοπό να υλοποιηθεί ομαλά το πακέτο των συγκεκριμένων Μ.Π..

Δεδομένου ότι υπολείπονται οι απαραίτητες υποδομές κρίνεται σημαντική πρόκληση για την πραγματοποίηση των δράσεων σε πολλά επίπεδα, όπως για παράδειγμα η απουσία των κατάλληλων υποδομών για την ενίσχυση του φυσικού αερίου στον τομέα των μεταφορών ή της αποτελεσματικής διαχείρισης των αποβλήτων.

Σχετικά με τον περιορισμό των φθοριούχων αερίων, κρίνεται απαραίτητη η εντατικοποίηση και ο συντονισμός των μηχανισμών ελέγχου και επιβολής κυρώσεων. Στις περιπτώσεις που τα μέτρα πολιτικής αφορούν τον αγροτικό τομέα, η βασικότερη πρόκληση εντοπίζεται στο γεγονός ότι είναι απαραίτητη η ενημέρωση και η ενσωμάτωση της πλειονότητας των παραγωγών αγροτικών προϊόντων δεδομένου ότι η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό μεσαίων και μικρών παραγωγών.

Ολοκληρώνοντας, η απουσία συστήματος ελέγχου και πιστοποίησης λειτουργεί κατασταλτικά στην ορθή εφαρμογή των Μ.Π., για τη μείωση των εκπομπών φθοριούχων αερίων, αλλά και των υπόλοιπων Μ.Π..

Να επισημανθεί πως σε ορισμένες περιπτώσεις έχει εντοπιστεί παντελής έλλειψη κανονιστικού και ρυθμιστικού πλαισίου, το οποίο θα διευκόλυνε την υλοποίηση των Μ.Π. και προς την κατεύθυνση αυτή. Η εφαρμογή του ΕΣΕΚ, προβλέπει να θεσπιστούν όλα τα αναγκαία νομοθετικά και ρυθμιστικά μέσα και εργαλεία, ώστε να καταστεί δυνατή η επίτευξη των στόχων που προκύπτουν με το παρόν.

1.2.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Στόχοι

Εθνικός στόχος για την συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας τίθεται το μερίδιο συμμετοχής τους κατά 35%. Να επισημανθεί πως για λόγους μεθοδολογικούς καθώς ακόμη δεν έχουν οριστεί οι ανανεωμένες τεχνικές οδηγίες από την ΕΕ, δεν συνυπολογίζεται στο ποσοστό αυτό ως συνεισφορά από ΑΠΕ το ποσοστό που κατέχουν οι

αντλίες θερμότητας οι οποίες καλύπτουν τις ψυκτικές ανάγκες με ενεργειακά αποδοτικότερο τρόπο.

Επίσης τίθεται ως στόχος η συνεισφορά των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον στο 60%. Το μερίδιο τους για τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης αναμένεται να ξεπεράσει το 40% και το ποσοστό συμμετοχής τους στον τομέα των μεταφορών να ξεπερνά το 14% καθώς έτσι έχει υπολογιστεί από την μεθοδολογία που εφαρμόζει η ΕΕ.

Οι αριθμητικοί αυτοί στόχοι ανάλογα με τον τρόπο εξέλιξής τους στην τελική κατανάλωση ενέργειας αντιστοιχίζονται σε συγκεκριμένα ποσοτικά μεγέθη όπως σε όρους εγκατεστημένης ισχύος και αριθμό τεχνολογιών/συστημάτων ΑΠΕ στην τελική χρήση (πχ. Ανάμειξη βιοκαυσίμων στις μεταφορές, λέβητες βιομάζας για θέρμανση και ζεστό νερό, αντλίες θερμότητας στα κτίρια για θέρμανση και ψύξη, ηλιακά - θερμικά κλπ.). Συνεπώς, η ποσοτική αντιστοιχία των μεγεθών αυτών συνδέεται άμεσα με την επίτευξη των στόχων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Βασικός πυλώνας στην επίτευξη του κεντρικού στόχου για τις ΑΠΕ είναι η διείσδυσή τους στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που θα οδηγήσει τον συγκεκριμένο υποτομέα να λειτουργεί ως προτεραιότητα της πολιτικής και να αποτελεί την υψηλότερη απαίτηση για την έγκαιρη εφαρμογή των σχεδιαζόμενων μέτρων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη του στόχου είναι η πολύ μεγάλη αύξηση στην εγκατεστημένη ισχύ των ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή, η οποία στις περισσότερες τεχνολογίες θα οδηγήσει σε υπερδιπλάσια αποτελέσματα σε σύγκριση με τα σημερινά. Γίνεται αντιληπτό πως αυτό αποτελεί ένα πολύ φιλόδοξο, αλλά παράλληλα και ρεαλιστικό στόχο. Καθώς αναπτύσσεται ανάλογα με το τεχνικό-οικονομικό υπόβαθρο που ήδη υπάρχει καθώς και το εκδηλωμένο επενδυτικό ενδιαφέρον. Παρ' όλα αυτά, για την επίτευξή του αναγκαία συνθήκη είναι η βέλτιστη ανταπόκριση και ενεργοποίηση τόσο των δημόσιων φορέων, του ρυθμιστή και των διαχειριστών όσο και της ίδιας της αγοράς των ΑΠΕ. Συνεπώς, αποτελεί βασική πρόκληση, η εκπλήρωση της συνθήκης αυτής με αποδοτικότερο την περίοδο που ακολουθεί.

Επίσης, για την ενίσχυση των ΑΠΕ και την αύξηση του ποσοστού συμμετοχής τους στην τελική κατανάλωση ενέργειας, στόχος είναι ο εξηλεκτρισμός και η σύζευξη των τομέων τελικής κατανάλωσης.

Στην πορεία αυτή, Η πιο σημαντική πρόκληση για την επόμενη περίοδο είναι ο σταδιακός εξηλεκτρισμός του τομέα των μεταφορών. Συγκεκριμένα, προβλέπεται αξιοσημείωτη ένταξη των ηλεκτρικών επιβατικών οχημάτων με ιδιαίτερη συνεισφορά σε αρκετές διαστάσεις του σχεδίου για την ενέργεια, ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται πλήρης εξηλεκτρισμός στις σιδηροδρομικές μεταφορές πολύ νωρίτερα. Στόχος της διείσδυσης αυτής είναι ο πιο

οικονομικά αποδοτικός τρόπος στην εθνική οικονομία, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να έχουν εγκατασταθεί οι κατάλληλες υποδομές ακολουθώντας το αντίστοιχο κανονιστικό πλαίσιο.

Αυτά αποτελούν τις προϋποθέσεις για τον εξηλεκτρισμό του τομέα των μεταφορών. Στοχοθετείται η αποδοτικότερη διασύνδεση των τομέων κατανάλωσης, με έμφαση να δίνεται στη μεγιστοποίηση της χρήσης των ΑΠΕ. Ο εξηλεκτρισμός σε βάθος στην τελική κατανάλωση αποτελεί βασική παράμετρο για την επίτευξη του στόχου αυτού. Ως παράδειγμα αξίζει να αναφερθούν οι αντλίες θερμότητας, οι οποίες συνδυαστικά με την επερχόμενη ευρύτερη χρήση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας και αυτοπαραγωγής θα συνεισφέρουν τα μέγιστα προς την κατεύθυνση αυτή. Αντίστοιχα και η δυνατότητα διαμοιρασμού υδρογόνου ή μεθανίου από ΑΠΕ στο υπάρχον δίκτυο φυσικού αερίου. Υπό αυτό το πρίσμα θα εξεταστεί αρχικά η βιωσιμότητα και αποδοτικότητα του μίγματος και εφόσον αποφανθεί θετική η θεώρηση θα προωθηθούν τα αναγκαία μέτρα και πολιτικές.

Παράλληλα, τίθεται και στόχος προώθησης συστημάτων ΑΠΕ στις κτιριακές εγκαταστάσεις και τα συστήματα διεσπαρμένης παραγωγής, δια συστημάτων αυτοπαραγωγής και ενεργειακού συμψηφισμού. Συγκεκριμένα, αναμένεται έως το έτος 2030 συνολικά η λειτουργία τέτοιων συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ να αριθμείται στην 1 GW εγκατεστημένης ισχύος ικανοποιώντας μέσες ηλεκτρικές καταναλώσεις για τουλάχιστον 330.000 ελληνικά νοικοκυριά.

Αναφορικά με την εξέλιξη της συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση στους Πίνακες 6 και Πίνακας 7 γνωστοποιούνται η πρόβλεψη για την εξέλιξη των ποσοστών αυτών για συγκεκριμένα έτη.

Πίνακας 6: Πρόβλεψη εξέλιξης ποσοστών συμμετοχής ΑΠΕ ανά στόχο και τομέα έως το 2030. (ΕΣΕΚ)

Εξέλιξη μεριδίων ΑΠΕ	2020	2022	2025	2027	2030
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας [%]	19,7%	23,4%	27,1%	29,6%	35%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Θέρμανση και Ψύξη [%]	30,6%	33,8%	36,8%	38,3%	42,5%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Κατανάλωση Ηλεκτρισμού [%]	29,2%	38,6%	46,8%	52,9%	61%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Μεταφορές [%]	6,6%	7,3%	10,1%	11,7%	19,0%

Πίνακας 7: Πρόβλεψη προόδου των μεριδίων συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα ανά τομέα μέχρι το 2030. (ΕΣΕΚ)

Εξέλιξη προόδου ως προς στο μερίδιο ενέργειας από ΑΠΕ για την επίτευξη του στόχου του 2030	2022	2025	2027	2030	
στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας	31,8%	53,6%	68,5%	100%	
στην Τελική Κατανάλωση για Θέρμανση και Ψύξη	27,0%	52,3%	64,5%	100%	
στην Ακαθάριστη Κατανάλωση Ηλεκτρισμού	29,6%	55,4%	74,6%	100%	
στην Τελική Κατανάλωση για Μεταφορές	5,6%	28,3%	41,3%	100%	

Παρά το γεγονός ότι η εξέλιξη του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή και στη θέρμανση παρουσιάζουν μια προβλέψιμη σταδιακή πρόοδο, η παρουσία των ΑΠΕ στις μεταφορές αναμένεται ανοδική και με σταθερό ρυθμό μετά το 2025 και συγκεκριμένα στο τέλος της επόμενης δεκαετίας κατά την διετία 2028 – 2030, όταν και θα επιτευχθεί η βέλτιστη εισαγωγή ηλεκτρικών οχημάτων. Επίσης οι ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή θα διαδραματίζουν κυρίαρχο ρόλο συγκριτικά με τα υπόλοιπα καύσιμα, καθώς θα εφαρμόζεται διευρυμένα η αξιοποίηση προηγμένων βιοκαυσίμων για τους ίδιους λόγους.

Αξίζει να επισημανθεί ότι η προτεινόμενη εναλλακτική λύση που προτείνει το ΕΣΕΚ, παρόλο που δεν είναι ομαλή, όπως προσδιορίστηκε προηγουμένως, είναι εξ ολοκλήρου ευθυγραμμισμένος με την αναμενόμενη χρονική διάρκεια του συγκεκριμένου στόχου όπως ορίζει το πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Κανονισμού για την Ενεργειακή Διακυβέρνηση ενσωματώνοντας την αναγκαία προσαρμοστικότητα που απαιτείται σε εθνικό επίπεδο του ενεργειακού σχεδιασμού ανταποκρινόμενο στις αγορές και στη βέλτιστη απόδοση των υπό μελέτη πολιτικών και μέτρων.

Η διαδρομή αυτή κρίνεται ως η αποδοτικότερη για την εθνική οικονομία, καθώς τόσο ο χρονοπρογραμματισμός για την έναρξη καινούργιων έργων ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή όσο και στην κάλυψη των θερμικών αναγκών από αυτά τα συστήματα, δεν θα αποτρέψει τις αποδοτικότερες οικονομικά επενδύσεις κεφαλαίων αλλά θα προστατεύσει κιάλας το εθνικό σύστημα ενέργειας και τα διαθέσιμα χρηματοδοτικά προγράμματα από εμπροσθοβαρή περιορισμό σε δράσεις και μέτρα που θα είναι προτιμότερο να διαμοιραστούν πιο γραμμικά στα χρονικά σημεία την περίοδο που αφορούν.

Ο τομέας ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, θα χαρακτηρίζεται την επόμενη περίοδο από τις κυρίαρχες εφαρμογές οι οποίες θα συνεισφέρουν τα μέγιστα στην επίτευξη των αντίστοιχων στόχων και αυτές είναι τα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά πάρκα. Οι εφαρμογές αυτές αποτελούν και τα πλέον ανεπτυγμένα και ανταγωνιστικά σε όρους αγοράς και οικονομικότητας ως προς

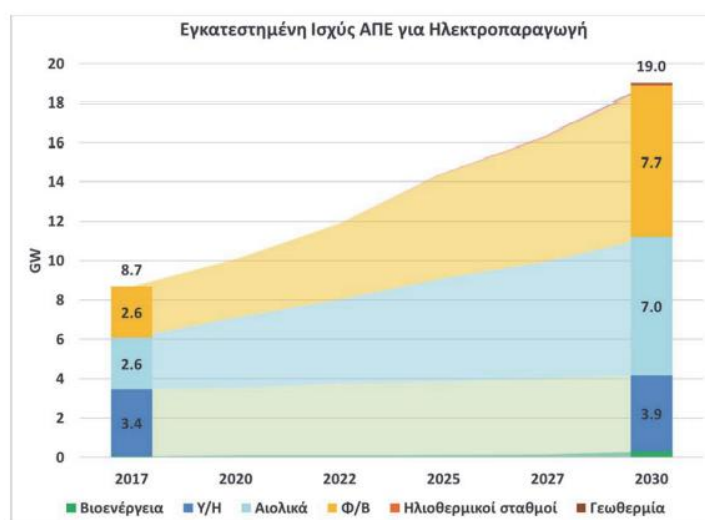
τα αποτελέσματά τους σε θέματα ενισχύσεων. Στους Πίνακες 8 και 9, καθώς στο Διάγραμμα 5 κοινοποιείται η εξέλιξη αυτών των μεγεθών για τις τεχνολογίες ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, όπου αναμένεται η εγκατεστημένη ισχύς των μη ελεγχόμενων ΑΠΕ περίπου να τριπλασιάζεται κατά την περίοδο 2017 - 2030. Να επισημανθεί ότι, δεν υφίσταται καθορισμένος χρονοπρογραμματισμός για τα θαλάσσια αιολικά πάρκα, παρά το γεγονός ότι η συμμετοχή τους στο μείγμα θεωρείται δεδομένη για να επιτευχθεί ο αντίστοιχος στόχος της ηλεκτροπαραγωγής.

Πίνακας 8: Πρόοδος εγκατεστημένης ισχύος από μονάδες ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή. (ΕΣΕΚ)

Ηλεκτροπαραγωγή - Εγκατεστημένη Ισχύς [GW]	2020	2022	2025	2027	2030
Βιομάζα & Βιοαέριο	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3
Υ/Η (συμπ. μεικτών αντλητικών)	3,4	3,7	3,8	3,9	3,9
Αιολικά	3,6	4,2	5,2	6,0	7,0
Φ/Β	3,0	3,9	5,3	6,3	7,7
Ηλιοθερμικοί σταθμοί	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Γεωθερμία	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Σύνολο	10,1	11,9	14,6	16,4	19,0

Πίνακας 9: Πρόβλεψη εξέλιξης ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ. (ΕΣΕΚ)

Ηλεκτροπαραγωγή [TWh]	2020	2022	2025	2027	2030
Βιομάζα & Βιοαέριο	0,4	0,5	0,8	1,0	1,6
Υ/Η	5,5	6,4	6,5	6,6	6,6
Αιολικά	7,3	10,1	12,6	14,4	17,2
Φ/Β	4,5	6,0	8,2	9,7	11,8
Ηλιοθερμικοί σταθμοί	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3
Γεωθερμία	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6
Σύνολο	17,7	23,0	28,4	32,2	38,1



Διάγραμμα 5: Πρόοδος εγκατεστημένης ισχύος από μονάδες ΑΠΕ για την χρονική περίοδο 2017 - 2030. (ΕΣΕΚ)

Επίσης, κατά την επόμενη περίοδο στοχοθετείται σταδιακά να αξιολογηθεί μέσω και των πιλοτικών εγκαταστάσεων, σε περιπτώσεις όπου αυτό κριθεί σκόπιμο, καινούργιων εφαρμογών ή και καινοτόμων τεχνολογιών στην ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ:

- χρήση ενέργειας που παράγουν τα θαλάσσια κύματα,
- παραγωγή υδρογόνου
- συνδυαστικές εγκαταστάσεις για αφαλάτωση,
- διεσπαρμένα συστήματα παραγωγής, π.χ. μικρές ανεμογεννήτριες

Όσον αφορά τη διείσδυση και την συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που καλύπτουν τις θερμικές ανάγκες στην τελική κατανάλωση ενέργειας, προβλέπεται αύξηση του βαθμού σημαντικότητας των αντλιών θερμότητας, συγκεκριμένα στον τριτογενή τομέα, αύξηση στη συμμετοχή των ηλιακών συστημάτων και της γεωθερμίας, και τέλος σταθερή συνεισφορά της βιομάζας (Πίνακας 10). Επιπρόσθετα, αναμένεται, έστω και με μικρό μερίδιο, η συνεισφορά δικτύων τηλεθέρμανσης αξιοποιώντας κυρίως την γεωθερμία και την βιομάζα, ενώ στόχος είναι η σταδιακή εφαρμογή προγράμματος έγχυσης είτε βιομεθανίου είτε υδρογόνου στο υπάρχον δίκτυο φυσικού αερίου.

Πίνακας 10: Μερίδια ΑΠΕ στην κάλυψη αναγκών θέρμανσης στην τελική κατανάλωση. (ΕΣΕΚ)

ΑΠΕ για θέρμανση (ktoe)	2020	2022	2025	2027	2030
Βιοενέργεια	1.035	1.060	1.087	1.086	1.142
Ηλιακά	296	303	312	326	411
Θερμότητα Περιβάλλοντος, Γεωθερμία	431	590	715	792	906
Σύνολο	1.761	1.952	2.115	2.204	2.460

Ο τομέας των μεταφορών, αναμένει στο τέλος του έτους 2030 σημαντική αύξηση από τα ηλεκτρικά οχήματα. Τα βιοκαύσιμα θα συνεισφέρουν διατηρώντας τον κυρίαρχο ρόλο τους, με ενισχυμένο το ποσοστό των προηγούμενων βιοκαυσίμων ειδικά στην τελευταία περίοδο της δεκαετίας 2020 – 2030 όπως κοινοποιούνται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11: Μερίδιο συνεισφοράς ΑΠΕ στις μεταφορές. (ΕΣΕΚ)

Τομέας μεταφορών (ktoe)	2020	2022	2025	2027	2030
Βιοκαύσιμα	228	238	283	287	371
Ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ	5	11	27	46	94
Σύνολο	246	266	341	374	525

1.2.4 Ενεργειακή ασφάλεια

Όσον αφορά τις προεκτάσεις που λαμβάνει η ενεργειακή ασφάλεια και η εσωτερική αγορά ενέργειας άξιοι αναφοράς είναι οι ποιοτικοί αλλά και οι ποσοτικοί στόχοι που τις χαρακτηρίζουν. Πολλές φορές αλληλοσυμπληρώνονται τόσο οι πολιτικές όσο και τα σχεδιαζόμενα μέτρα με αποτέλεσμα τις περισσότερες φορές να λαμβάνεται υπόψη και οι 2 διαστάσεις. Υπόδειγμα της διττής τους φύσης είναι οι ενεργειακές υποδομές, τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο διασυνδέσεων, γεγονός που συμβάλλει στην επίτευξη στόχων και των 2 διαστάσεων.

Σχετικά με την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, οι στόχοι που αναπτύσσονται στο πλαίσιο του σχεδίου για την ενέργεια ταξινομούνται στις ακόλουθες κυρίες ποιοτικές κατηγορίες:

- ενίσχυση της μεταστροφής των ενεργειακών πηγών και των εισαγωγών που προερχόμενες από τρίτες χώρες
- αποδοτικότερη αξιοποίηση των εγχώριων ενεργειακών πηγών
- καθιέρωση της Ελλάδας ως περιφερειακό κόμβο ενέργειας
- σταδιακή ενεργειακή απεξάρτηση
- διασύνδεση των αυτόνομων νησιωτικών ηλεκτρικών συστημάτων
- διασφαλισμένη επάρκεια του συστήματος ισχύος

1.2.5 Εσωτερική αγορά ενέργειας

Στόχοι

Σε επίπεδο εσωτερικής αγοράς ενέργειας οι ποιοτικοί στόχοι αναλύονται με τις παρακάτω κύριες κατηγορίες:

- ομοιογενοποίηση της αγοράς αποσκοπώντας σε ανταγωνιστικότερη ενέργεια
- εκτενής διασύνδεση ηλεκτρικής ενέργειας
- ενίσχυση υποδομών διαμοιρασμού ενέργειας
- ψηφιοποίηση ενεργειακού συστήματος
- περιορισμός της ενεργειακής φτώχειας
- σχήματα ενεργειακού συμψηφισμού και ενεργών καταναλωτών

1.2.6 Έρευνα, καινοτομία και ανταγωνιστικότητα

Στόχοι

Το Σύστημα Έρευνας και Καινοτομίας της Ελλάδας αποτελεί ισχυρό θεμέλιο της οικονομίας της χώρας και με δυνατότητα να προσφέρει λύσεις σε πολλά προβλήματα και γενικότερα άνθιση της οικονομίας. Με την ενίσχυση της Έρευνας και της Καινοτομίας να εξακολουθεί να αποτελεί βασική προτεραιότητα και την δεκαετία 2020 - 2030 ενισχύεται σημαντικά ο τομέας των τεχνολογιών, οι οποίες με την σειρά τους θα αναλάβουν την επίτευξη του συνόλου των ενεργειακών στόχων. Κατά αυτόν τον τρόπο, η ακαθάριστη εγχώρια δαπάνη για έρευνα και καινοτομία στις τεχνολογίες προβλέπεται να γίνει διπλάσια στην διάρκεια 2017 – 2030. Αποτελεσματικά θα αποτελεί το 0,13% του ΑΕΠ το 2030 στον τομέα Ενέργειας και Περιβάλλοντος συγκρινόμενο με έτος βάσης το 2017 και ποσοστό 0,06%.

Αναφορικά με την ανταγωνιστικότητα οι δείκτες για την επίτευξη των στόχων είναι:

- αποδοτικότερη ενεργειακή ένταση και έντασης εκπομπών ΑτΘ
- μείωση κόστους αγοράς ενέργειας
- αύξηση εγχώριας προστιθέμενης αξίας του ενεργειακού τομέα
- σχέδια προόδου και ανάπτυξης για περιοχές που θα επηρεαστούν σε μεγαλύτερο βαθμό λόγω της μετάβασης προς μια οικονομία χαμηλού ανθρακικού αποτυπώματος

Προκλήσεις

Οι τεχνολογικές προκλήσεις που προκύπτουν στη διάσταση έρευνας, καινοτομίας και ανταγωνιστικότητας λαμβάνουν υποστήριξη με μια σειρά μέτρων αντιστοιχώντας στους στόχους που προβλέπει ο ενεργειακός σχεδιασμός. Ειδικότερα, τα κύρια πεδία ενδιαφέροντος είναι:

- 1) Η διεύρυνση νέων καινοτομιών - τεχνολογιών ΑΠΕ στην υποστήριξη αναγκών παραγωγής, μεταφοράς, διανομής και αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία θα επιτευχθεί με:
 - i) Τη προώθηση της ανταγωνιστικότητας, σε όρους κόστους παραγωγής, και των τεχνολογιών που παράγουν ενέργεια από ΑΠΕ.
 - ii) Τη βελτίωση στην απόδοση και την ευελιξία των σταθμών εκείνων που λειτουργούν με συμβατικά καύσιμα καθώς θα απορρέει από το νέο ρόλο που θα διαδραματίσουν στη νέα μορφή της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και της διαρκούς ενίσχυσης της αξίας των δικαιωμάτων εκπομπών ΑτΘ.
 - iii) Συνολικά της αύξησης της ανάγκης για ευελιξία στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και της αποθήκευσης.

- iv) Ενσωμάτωση στο μέγιστο βαθμό νέων τεχνολογιών ΑΠΕ στα δίκτυα διανομής ανταποκρινόμενη αναλογικά στην κατανάλωση καθώς και εφαρμογή αντίστοιχα καινοτόμων τεχνολογιών στην Πληροφορική και τις Επικοινωνίες.
- 2) Συμμετέχοντας οι σύγχρονες τεχνολογίες ΑΠΕ στις ανάγκες για θερμότητα και ψύξη, κρίνονται απαραίτητες προϋποθέσεις:
- i) Η αύξηση της ανταγωνιστικότητας εκείνων των τεχνολογιών χαμηλής ενθαλπίας και ειδικότερα των αντλιών θερμότητας.
 - ii) Η ενσωμάτωση σε μέγιστο βαθμό τεχνολογιών ΑΠΕ που καλύπτουν ανάγκες θέρμανσης και ψύξης στα κτίρια, λαμβάνον ενώ την επόμενη δεκαετία τα νεόδμητα κτίρια θα χαρακτηρίζονται από μηδενική κατανάλωση ενέργειας.
 - iii) Προώθηση διείσδυσης καινοτόμων τεχνολογιών στην ηλιακή ενέργεια που θα προορίζεται για όλες τις χρήσεις.
 - iv) Χρήση βιομάζας σε ευρύτερη κλίμακα και με αποδοτικότερο τρόπο.
- 3) Για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, είναι απαραίτητο να:
- i) Μειωθεί το κόστος ανέγερσης και αναβάθμισης των υφιστάμενων κτιρίων ώστε να καταναλώνουν σχεδόν μηδενική ενέργεια.
 - ii) Υιοθετηθούν νέες τεχνολογίες και μέθοδοι ενίσχυσης της ενεργειακής απόδοσης στον ευρύτερο δημόσιο τομέα, τη βιομηχανία και γενικά τον τριτογενή τομέα.
 - iii) Μειωθούν οι απώλειες στα δίκτυα βελτιστοποιώντας τον τρόπο λειτουργίας τους.
- 4) Μετασχηματισμός στο τομέα των μεταφορών, ο οποίος θα επιτευχθεί με:
- i) Τη ανάπτυξη οικονομικότερων τεχνολογιών για αποθήκευση μικρής ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας και την προώθηση της ηλεκτροκίνησης.
 - ii) Την εφαρμογή έξυπνων υποδομών που θα υποστηρίζουν την ηλεκτροκίνηση.
 - iii) Την ενίσχυση παραγωγής βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς.
 - iv) Τον περιορισμό του κόστους των εναλλακτικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται ήδη είτε μπορούν μελλοντικά να χρησιμοποιηθούν στις μεταφορές.
- 5) Τη μείωση των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου, η οποία πραγματοποιείται με:
- i) Τον εκσυγχρονισμό και ταυτόχρονα διεύρυνση χρήσης τεχνολογιών μειωμένων εκπομπών στη βιομηχανία και συγκεκριμένα στο χάλυβα και τον σίδηρο.
 - ii) Τη δέσμευση, αποθήκευση και χρήση του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται κατά την ηλεκτροπαραγωγική διαδικασία στην οποία χρησιμοποιούνται συμβατικά καύσιμα καθώς επίσης και βιομηχανικές χρήσεις.
 - iii) Την εφαρμογή προηγμένων τεχνικών στην αγροτική οικονομία.
 - iv) Την δημιουργία ολοκληρωμένων μεθόδων διαχείρισης και παρακολούθησης των καταναλώσεων στις κατοικίες και τις επιχειρήσεις αποσκοπώντας στην αλλαγή του μοντέλου στο οποίο καταναλώνεται η ενέργεια και συνολικά του περιορισμού του ανθρακικού τους αποτυπώματος.

1.3 Πολιτικές και Μέτρα

1.3.1 Μηχανισμός διακυβέρνησης για την υλοποίηση του ΕΣΕΚ, με μεγιστοποίηση συνεργειών μεταξύ των διατομεακών ενοτήτων του

Για να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί έως το έτος 2030 σύμφωνα με το πλαίσιο του ΕΣΕΚ απαιτείται η εφαρμογή ενιαίου μηχανισμού διακυβέρνησης. Έτσι θα διασφαλισθεί τόσο η αποτελεσματική εφαρμογή το μέτρων Μ.Π. που περιγράφονται στο παρόν σχέδιο, όσο και την αναπροσαρμογή των υφιστάμενων και την προώθηση καινούργιων με σκοπό την ολοκλήρωση των στόχων και τη συνεργασία μεταξύ διατομεακών πολιτικών.

Η προβλεπόμενη διακυβέρνηση για την πραγματοποίηση του ΕΣΕΚ χαρακτηρίζεται από 6 κύριους Άξονες Πολιτικών Διακυβέρνησης (ΑΠΔ1 – ΑΠΔ6) οι οποίοι, αναφέρονται στο παρακάτω Σχήμα 1 και αναλύονται περαιτέρω ακολούθως.

ΑΠΔ1: Ενιαίο πλαίσιο διακυβέρνησης
ΑΠΔ2: Συνέχεια και συνέπεια στην εφαρμογή Μέτρων Πολιτικής από τους θεσμικούς φορείς
ΑΠΔ3: Μηχανισμός παρακολούθησης για την εφαρμογή και απόδοση πολιτικών και μέτρων
ΑΠΔ4: Στρατηγικό πλαίσιο αναφοράς για το σχεδιασμό και έγκριση αναπτυξιακών προγραμμάτων από τους διαχειριστές δικτύων και τον ρυθμιστή
ΑΠΔ5: Ανάπτυξη και εφαρμογή χρηματοδοτικών μηχανισμών και προγραμμάτων για την επίτευξη των στόχων
ΑΠΔ6: Δράσεις ενημέρωσης και εκπαίδευσης για ενεργειακή μετάβαση και αντιμετώπιση κλιματικής αλλαγής

Σχήμα 1: Βασικοί άξονες πολιτικών διακυβέρνησης που οδηγούν στην επίτευξη των στόχων του εθνικού σχεδίου για την ενέργεια και το κλίμα κατά τη χρονική διάρκεια 2021 - 2030. (ΕΣΕΚ)

Στον μηχανισμό διακυβέρνησης θα συμπεριλαμβάνεται και ως διαδικασία ανάπτυξης κάποιων μείζονος σημασίας δεικτών αποδοτικότητας διατομεακών και τομεακών μέτρων και πολιτικών. Επίσης, θα περιγράφεται και ο τρόπος με τον οποίο αυτά συμβάλλουν στην πραγματοποίηση των Π.Π. που περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο. Σε αυτούς τους δείκτες θα λαμβάνεται υπόψη και ο βαθμός περάτωσης σε αντιστοιχία με τον πρώτο χρονικό προγραμματισμό των πολιτικών και των μέτρων. Παράλληλα, θα συνυπολογίζεται η σχέση κόστους - απόδοσης και οφέλους τόσο σε επίπεδο ενεργειακών και κλιματικών στόχων όσο και βαθμού αλληλεξάρτησης και αλληλοσυμπλήρωσης που πιθανά έχουν.

1.3.2 Κλιματική αλλαγή, εκπομπές και απορροφήσεις αερίων του θερμοκηπίου

Ο καθορισμός των Μ.Π. για την αλλαγή στο κλίμα και συγκεκριμένα στη μείωση των εκπομπών ΑτΘ και λοιπών αερίων ρύπων όπως προβλέπει στο πλαίσιο η Οδηγία NEC 2016/2284, για το χρονικό διάστημα 2021 - 2030 αποτελεί η κάλυψη 10 διαφορετικών Π. Π. (ΠΠ1.1-ΠΠ1.10), οι οποίες αναφέρονται στο Σχήμα 2.

ΠΠ1.1: Επίτευξη κλιματικά ουδέτερης οικονομίας, μέσω απολιγνιτοποίησης, προώθησης των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της χώρας και διασύνδεσης των αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων
ΠΠ1.2: Δράσεις για την προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή
ΠΠ1.3: Δράσεις για τη μείωση εκπομπών στον τομέα των μεταφορών
ΠΠ1.4: Δράσεις για τη μείωση εκπομπών φθοριούχων αερίων
ΠΠ1.5: Δράσεις για τη μείωση των εκπομπών στον αγροτικό τομέα
ΠΠ1.6: Σχέδια στρατηγικής για τη διαχείριση των αποβλήτων
ΠΠ1.7: Σχέδια στρατηγικής για την Κυκλική Οικονομία
ΠΠ1.8: Αστικές βιοκλιματικές αναπλάσεις και έξυπνες πόλεις
ΠΠ1.9: Συμμετοχή του χρηματοπιστωτικού τομέα
ΠΠ1.10: Δράσεις για τη μείωση εκπομπών στον τομέα της βιομηχανίας

Σχήμα 2: Δέκα Π.Π. μέτρων πολιτικής για τον περιορισμό των εκπομπών ΑτΘ το χρονικό διάστημα 2021 - 2030. (ΕΣΕΚ)

Οι 10 παραπάνω Π. Π. στοχεύουν στην εκπλήρωση του στόχου που τίθεται με την Συμφωνία των Παρισίων, για μείωση της συνεχούς αυξανόμενης μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Δηλαδή, ακόμη χαμηλότερα από τους 2 βαθμούς κελσίου (κι αν είναι δυνατόν στον 1,5 βαθμό κελσίου) συγκριτικά με την επικρατούσα κατάσταση πριν την βιομηχανική εποχή. Παράλληλα στοχοθετείται και η πραγματοποίηση της έμμεσης δέσμευσης της Ε.Ε. για μείωση των εκπομπών ΑτΘ τουλάχιστον κατά 40% έως το 2030 με το έτος βάσης το 1990. Ταυτόχρονα, επιδιώκεται η ενσωμάτωση στον εθνικό σχεδιασμό και στρατηγικό πλάνο της Ε.Ε. για μια οικονομία κλιματικής ουδετερότητας μέχρι το 2050. Τα Μ.Π., εξειδικεύτηκαν στο πλαίσιο των παραπάνω Π.Π. αναλύονται μεμονωμένα στις επόμενες ενότητες.

ΠΠ1.1 Επίτευξη κλιματικά ουδέτερης οικονομίας, μέσω απολιγνιτοποίησης, προώθησης των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της χώρας και διασύνδεση των αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων

Η απομάκρυνση της οικονομίας από το πιο ρυπογόνο καύσιμο δηλαδή τον λιγνίτη είναι και η βασική αρχή της Κυβέρνησης της Ελλάδας. Για τον λόγο αυτό το Σεπτέμβριο του έτους 2019 ο Έλληνας Πρωθυπουργός ανακοίνωσε τον στόχο της απολιγνιτοποίησης της Ελλάδας με χρονικό ορίζοντα το 2028.

Με αυτόν τον τρόπο ευθυγραμμίζονται οι εγχώριες πολιτικές για το κλίμα πλήρως με τη φιλοδοξία της Ε.Ε. να καταστήσει την Ευρώπη την πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρο έως το 2050 και παράλληλα να διαδραματίσει πρωταγωνιστικό ρόλο στις διεθνείς ενεργειακές εξελίξεις. Συνεπώς, κατατάσσει η Ελλάδα θα καταταχθεί στην εμπροσθοφυλακή της μάχης ενάντια στην κλιματική αλλαγή και της μετάβασης της ενεργειακής κατανάλωσης.

Η απολιγνιτοποίηση αποτελεί επιτακτική ανάγκη καθώς τα αίτια είναι και περιβαλλοντικά καθώς εντείνεται το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής αλλά και οικονομικά γιατί η πορεία των τιμών εκπομπών ρύπων είναι ανοδική.

Για να επιτευχθεί η μετάβαση αυτή με το μερίδιο του λιγνίτη στο ενεργειακό μίγμα να είναι σχεδόν μηδενικό απαιτείται υποστήριξη από το ισχυρό δυναμικό ΑΠΕ που αναπτύσσεται στην Ελλάδα και οι οποίες θα αποτελούν το θεμέλιο λίθο του εθνικού ενεργειακού μας συστήματος σαν ενεργειακός πόρος του μέλλοντος.

Η σταδιακή κατάργηση των λιγνιτικών μονάδων μέχρι το 2028 θα πραγματοποιηθεί με υπευθυνότητα. Προτεραιότητα της Ελληνικής Κυβέρνησης είναι η μεταλιγνιτική εποχή να υλοποιηθεί με δίκαιο τρόπο για τη Δυτική Μακεδονία και τη Μεγαλόπολη.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται περιγραφικά ο χρονοπρογραμματισμός απομάκρυνσης των εν λειτουργία λιγνιτικών μονάδων, το οποίο υπολογίζεται να έχει ολοκληρωθεί μέχρι το τέλος του 2023.

Λιγνιτική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής	Ονομαστική ισχύς	Έτος απόσυρσης
Καρδιά 1	275	2019
Καρδιά 2	275	2019
Καρδιά 3	280	2021
Καρδιά 4	280	2021
Αγ. Δημήτριος 1	274	2022
Αγ. Δημήτριος 2	274	2022
Αγ. Δημήτριος 3	283	2022
Αγ. Δημήτριος 4	283	2022
Αγ. Δημήτριος 5	342	2023
Αμύνταιο 1	273	2020
Αμύνταιο 2	273	2020
Φλώρινα/Μελίτη	289	2023
Μεγαλόπολη 3	255	2022
Μεγαλόπολη 4	256	2023

Πίνακας 12:Χρονοπρογραμματισμός παύσης λειτουργίας των λιγνιτικών μονάδων. (ΕΣΕΚ)

Συνεπώς, υπό την επίβλεψη μιας διυπουργικής επιτροπής, αναμένεται η εκπόνηση και παρουσίαση, εντός του 2020, ενός ολοκληρωμένου, πολυδιάστατου και εμπροσθοβαρούς Σχεδίου Δίκαιης Αναπτυξιακής Μετάβασης. Στόχος είναι να αποτελέσει αναπτυξιακό μονοπάτι προς την εποχή μετά τον λιγνίτη. Η συγκρότηση και σύσταση της συγκεκριμένης διυπουργικής επιτροπής έλαβε χώρα στα τέλη του 2019. Τότε ορίστηκαν και οι προτεραιότητες που αφορούν την εκπόνηση του Σχεδίου Δίκαιης Αναπτυξιακής Μετάβασης – Master Plan και το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης δράσεων που σε αυτό θα περιλαμβάνονται.

Η διαδικασία ανάπτυξης του Master Plan θα πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο συντονισμένης και ανοιχτής στις τοπικές κοινωνίες με τη μορφή διαβούλευσης. Η διεξαγωγή της σχεδιάζεται να πραγματοποιηθεί σε θεσμικό επίπεδο και με όλους τους εμπλεκόμενους τοπικούς φορείς παρόντες (περιφέρειες, δήμοι, επιμελητήρια). Η συμμετοχή των φορέων θα καθορίσει την επιτυχή υλοποίηση του εγχειρήματος.

Στον χρονοπρογραμματισμό απομάκρυνσης από τις λιγνιτικές μονάδες λαμβάνεται υπόψη η αδιάκοπη λειτουργία των συστημάτων τηλεθέρμανσης που καλύπτουν τις θερμικές ανάγκες. Υπό αυτό το πρίσμα θα μελετηθούν διεξοδικά εναλλακτικές λύσεις και ο τρόπος ανάπτυξης του δικτύου φυσικού αερίου σε συγκεκριμένες περιοχές.

Το Master Plan αυτό θα εμπεριέχει ένα φάσμα μέτρων και εκτιμήσεων που θα αφορούν, μεταξύ: κίνητρα φορολογικά και επενδυτικά, ανάπτυξη υποδομών, τεχνολογικές καινοτομίες, αξιοποίηση εντόπιων φυσικών πόρων, υποστήριξη της αγροτικής παραγωγής και του τουρισμού, την ενισχυτική εκπαίδευση των εργαζομένων, την διασφάλιση θέσεων εργασίας και τη δημιουργία νέων εφαρμόζοντας ένα νέο ευέλικτο αναπτυξιακό μετασχηματισμό και αναπτύσσοντας όλους τους τομείς της παραγωγής.

Η Ελληνική Κυβέρνηση έχει προσδιορίσει την απαραίτητη τεχνογνωσία και την οποία έχει στη διάθεσή της, με την οποία θα αξιοποιηθούν οι εθνικοί πόροι που είναι άμεσα διαθέσιμοι αλλά και θα διεκδικηθούν τα απαραίτητα ευρωπαϊκά κεφάλαια τα οποία θα αντληθούν από τα αντίστοιχα χρηματοδοτικά ταμεία.

Περίπου 130 εκατομμύρια ευρώ, που οφείλονται από το 2014, ποσό το οποίο αποτελεί το τέλος ανάπτυξης της ΔΕΗ στις ενεργειακές περιοχές. Επίσης, στις συγκεκριμένες περιοχές θα συνεχιστεί η χρηματοδότησή τους από τα έσοδα που θα προκύψουν από τους πλειστηριασμούς δικαιωμάτων εκπομπών ΑτΘ διατιθέμενα από το Πράσινο Ταμείο.

Η απολιγνιτοποίηση είναι ευκαιρία για τη Ελλάδα. Αποτέλεσμά της είναι η προώθηση της καινοτομίας μεταλαμπαδεύοντας νέες τεχνικές στην εφαρμογή των καθαρών μορφών ενέργειας και κατ' επέκταση στη μορφή του ενεργειακού μίγματος τον 21^{ον} αιώνα.

Συνολικά τα μέτρα ανάπτυξης των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, στη θέρμανση και στις μεταφορές συμβάλλουν για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος. Δεδομένου ότι το φυσικό αέριο, παρόλο που είναι ορυκτό καύσιμο, έχει λιγότερες εκπομπές ΑτΘ συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα. Η αντικατάσταση του πετρελαίου και του λιγνίτη από το φυσικό αέριο, είναι η γεφύρωση της πολιτικής προς τη μείωση των εκπομπών ΑτΘ. Η διευρυμένη χρήση του φυσικού αερίου σε συγκεκριμένους τομείς τελικής κατανάλωσης προς αντικατάσταση της χρήσης πετρελαϊκών προϊόντων αποτελεί την κύρια προτεραιότητα.

Απολιγνιτοποίηση

Ο στόχος της απολιγνιτοποίησης μέχρι το έτος 2028 συμβαδίζει πλήρως με την φιλοδοξία της Ευρωπαϊκής Ένωσης να αναδείξει την Ευρώπη ως την πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρο έως το 2050.

Απόλυτη προτεραιότητα της Κυβέρνησης είναι η μετάβαση στην μεταλιγνιτική εποχή να γίνει με τρόπο δίκαιο για τις περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας και της Μεγαλόπολης.

Στα μέσα του 2020 θα παρουσιαστεί ένα ολοκληρωμένο, πολυδιάστατο και εμπροσθοβαρές [Master Plan – Σχέδιο Δίκαιης Αναπτυξιακής Μετάβασης] που θα αποτελεί τον αναπτυξιακό οδικό χάρτη στην μετά τον λιγνίτη εποχή, με σαφή χρονοδιαγράμματα ως προς την υλοποίηση συγκεκριμένων δράσεων.

Η Ελληνική Κυβέρνηση διαθέτει και την πολιτική βούληση και την απαραίτητη τεχνογνωσία προκειμένου να αξιοποιήσει τους πόρους που είναι άμεσα διαθέσιμοι σε εθνικό επίπεδο αλλά και να διεκδικήσει αυξημένα κεφάλαια από τα ευρωπαϊκά χρηματοδοτικά ταμεία και ιδιαίτερα από το Just Transition Fund.

ΠΠ1.4 Δράσεις για τη μείωση εκπομπών φθοριούχων αερίων

Συνδυασμός Μ.Π. θα εφαρμοστεί αποσκοπώντας στο περιορισμό των φθοριούχων αερίων. Αυτό θα επιτευχθεί με την πρόληψη διαρροών και εκπομπών, καθώς και τον έλεγχο της χρήσης τους. Παραδείγματος χάρη μέτρα είναι: η παύση παραγωγής εξοπλισμού ψύξης και κατάψυξης οικιακής χρήσης που απαιτεί φθοριούχα αέρια με GWP>150, η παραγωγή υλικών πυροπροστασίας με περιεχόμενα φθοριούχα αέρια HFC – 23, η εξοικείωση και πιστοποίηση τεχνικών που χρησιμοποιούν φθοριούχα, η ανάπτυξη συστημάτων εντοπισμού διαρροών στα συστήματα ψύξης, κλιματισμού, πυροπροστασίας, αλλά και η κυκλοφορία οχημάτων από τα οποία εκπέμπονται φθοριούχα αέρια με GWP>150.

ΠΠ1.7 Σχέδια στρατηγικής για την Κυκλική Οικονομία

Η κυκλική οικονομία λειτουργεί καταλυτικά στην παραγωγική ανασυγκρότηση και συμβάλλει στο περιβάλλον μέσω της παράτασης ζωής των προϊόντων και της αποδοτικότερης χρήσης τους. Αντίστοιχα πρέπει να δοθεί προσοχή και σε θέματα βιοοικονομίας. Δηλαδή στην ανάπτυξη σχεδίων, συγκεκριμένα για την επίτευξη των μακροπρόθεσμων κλιματικών στόχων. Η προώθηση βιώσιμων προτύπων παραγωγής και κατανάλωσης κρίνεται αναγκαία ώστε να επιτευχθούν οι παγκόσμιοι στόχοι διατήρησης της φύσης και την αναστροφή του περιορισμού της βιοποικιλότητας. Παράλληλα η υπεύθυνη παραγωγή και κατανάλωση, η μείωση του αποτυπώματος άνθρακα των προϊόντων και η αύξηση του κύκλου ζωής τους θα καταστεί εφικτή. Η εξορυκτική βιομηχανία σε συνδυασμό με τον τομέα επεξεργασίας των πρώτων υλών ανταποκρίνεται στο 90% της επιρροής στην βιοποικιλότητα και στα ύδατα και περίπου στο μισό των εκπεμπόμενων ΑτΘ παγκοσμίως. Με τον οικολογικό σχεδιασμό προϊόντων, τη θέσπιση οικονομικών κινήτρων για την ενίσχυση της κυκλικής οικονομίας και τη βιομηχανική συμμετοχή διασφαλίζεται η βιωσιμότητα των πόρων και επιμηκύνεται ο κύκλος ζωής των προϊόντων και των υπηρεσιών. Παράλληλα επεξεργάζονται κριτήρια για τη λειτουργία κυκλικών δηλαδή πράσινων δημόσιων συμβάσεων. Επίσης, το στοιχείο του διαμοιρασμού στην οικονομία και η προώθηση καινοτόμων λύσεων δημιουργούν προστιθέμενη αξία, με αποτέλεσμα να αποτελούν τμήμα της Κυκλικής Οικονομίας. Η βιοοικονομία, η βιομάζα, τα τρόφιμα και τα λιπάσματα, τα απόβλητα των εκσκαφών και των κατεδαφίσεων, τα πλαστικά, η κλωστοϋφαντουργία και η επαναχρησιμοποίηση του νερού, εντάσσονται στην εθνική στρατηγική και θα λειτουργήσουν καταλυτικά στο σχεδιασμό βιώσιμων εργασιών. Έτσι θα προσφέρονται σύγχρονες και ποιοτικές θέσεις εργασίας, θα βελτιώνεται η ποιότητα της ζωής, και θα παρέχονται ανθεκτικά και καινοτόμα προϊόντα και υπηρεσίες.

Στην Εθνική Στρατηγική αναφέρονται ενδεικτικά οι δράσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή του Εθνικού Προγράμματος Πρόληψης Αποβλήτων. Συγκεκριμένα, τη μείωση στη σπατάλη τροφίμων, η οποία αποτελεί προσαρμογή του πλαισίου κατασκευών δημοσίων και ιδιωτικών έργων, θεσπίζοντας πράσινα και κυκλικά κριτήρια. Επίσης, η διευκόλυνση στη μεταποίηση και στην αξιοποίηση των δευτερογενών πρώτων υλών, η ανάπτυξη κριτηρίων οικολογικού σχεδιασμού προϊόντων, η προώθηση της αξιοποίησης απορριμμάτων ως δευτερογενή καύσιμα στη βιομηχανία, η σύσταση θεσμικού και ρυθμιστικού εργαλείου που θα προωθή την αγορά του βιομεθανίου που προέρχεται από οργανικά απόβλητα και με τον διαμοιρασμό του μέσω του υφιστάμενου δικτύου φυσικού αερίου καθώς και την αξιοποίησή του ως καύσιμο στις μεταφορές.

Η καθιέρωση της κυκλικής οικονομίας ενισχύει τη παραγωγικότητα των πόρων, μειώνοντας την ανάγκη χρησιμοποίησης μη ανανεώσιμων πόρων και τις κρίσιμες πρώτες

ύλες. Η επιτυχημένη καθιέρωση πραγματοποιείται με την ενίσχυση της χρήσης απορριμμάτων και δευτερογενών υλικών, ως παραγωγικοί πόροι και χρήσιμα υλικά/πρώτες ύλες, προωθώντας την αξιοποίηση μεταποιημένων επικίνδυνων και μη επικίνδυνων απορριμμάτων ως δευτερογενείς πρώτες ύλες και δευτερογενή καύσιμα στη βιομηχανία, όπως επιβάλλεται από την Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών βάσει της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2010/75/ΕΕ “ Περὶ Βιομηχανικών Εκπομπών”. Πρόκειται για ένα πρότυπο στο οποίο οι πρώτες ύλες διατηρούν την ιδιότητα της χρήσης για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα προσδίδοντας αξία στην ανάκτηση και την ανακύκλωση στα υλικά που το τις απαρτίζουν στο τέλος της ζωής τους. Συνεπώς, αποτελεί μια αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον λύση, διαμετρικά αντίθετη από την παραδοσιακή γραμμική οικονομία η οποία χαρακτηρίζεται από την εξάντληση, κατασκευή, χρήση και απόρριψη των πόρων. Κατά τρόπους ομόρροπους με τους στόχους της Συμφωνίας των Παρισίων, η κυκλική οικονομία ενισχύει την επίτευξη των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης (SDGs) του ΟΗΕ. Επειδή τα αναμενόμενα περιβαλλοντικά, κλιματικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη, προωθούνται στο μέγιστο βαθμό από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τα υπόλοιπα θεσμικά όργανα της ΕΕ, προσελκύουν και μεγαλύτερο ενδιαφέρον από τον επιχειρηματική τομέα αλλά και τους δημόσιους και ιδιωτικούς χρηματοδότες. Η κυκλική οικονομία δε περιορίζεται στη διαχείριση αποβλήτων και την ανακύκλωση των πρώτων υλών και προεκτείνει το πλαίσιο της στην ανάπτυξη καινούργιων επιχειρηματικών μοντέλων αποσκοπώντας στη βιώσιμη ανάπτυξη και τη δημιουργία διαμοιραζόμενης αξίας για όλους.

1.3.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Εξειδικευμένα μέτρα αναφορικά με την ενίσχυση αξιοποίησης ενέργειας από βιομάζα

Η αξιοποίηση της βιομάζας στην ηλεκτροπαραγωγή ή και στη παραγωγή καυσίμων στην χώρα μας είναι μικρού βαθμού , σε σχέση με την υπολειμματική διαθεσιμότητά της. Η ανάλογη χρήση της βιομάζας πρέπει να υπόκειται στα χαρακτηριστικά: των αγροτικών δραστηριοτήτων, της ανταγωνιστικότητας σε επίπεδο εφαρμογής της, και τέλος τις δυνατότητες λειτουργίας των εφοδιαστικών αλυσίδων. Ταυτόχρονα, σύμφωνα με τη χρήση πρέπει να αναπτυχθούν αναλόγως και οι αντίστοιχες ενεργειακές υποδομές. Το χρονικό διάστημα που ακολουθεί, θα δοθεί σημασία στη μετάβαση των συμβατικών χρήσεων της βιομάζας που πραγματοποιούνται σήμερα, προς αποδοτικές εφαρμογές τόσο σε όρους οικονομίας όσο και σε ενεργειακής επάρκειας. Κατά αυτόν τον τρόπο δίνεται η

κατάλληλη ενίσχυση στο σύνολο της ελληνικής οικονομίας και ειδικότερα σε θέματα αιεφόρου διαχείρισης. Οι πολιτικές που αναμένονται να εφαρμοστούν αφορούν την διευρυμένη εφαρμογή των έξυπνων βιοκαυσίμων και την παραγωγή βιομεθανίου μέσω της έγχυσης και χρήσης του από στο δίκτυο φυσικού αερίου.

1.3.4 Ενεργειακή ασφάλεια

Τα μέτρα για την ασφάλεια εφοδιασμού την χρονική διάρκεια 2021 – 2030 αποσκοπούν στην κάλυψη 5 διαφορετικών Π.Π. (ΠΠ4.1 – ΠΠ4.5), οι οποίες αναφέρονται παρακάτω στο Σχήμα 3.

ΠΠ4.1: Αύξηση της διαφοροποίησης των πηγών και οδεύσεων εισαγωγής ενέργειας
ΠΠ4.2: Ανάδειξη της χώρας ως περιφερειακού ενεργειακού κόμβου
ΠΠ4.3: Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης και ανάπτυξη εγχώριων ενεργειακών πηγών
ΠΠ4.4: Προώθηση συστημάτων παροχής ευελιξίας, συστημάτων αποθήκευσης και απόκρισης της ζήτησης και διασφάλιση της επάρκειας ισχύος της χώρας
ΠΠ4.5: Ετοιμότητα της χώρας και των εμπλεκόμενων φορέων αντιμετώπισης του περιορισμού ή της διακοπής παροχής ενεργειακής τροφοδοσίας

Σχήμα 3: Προτεραιότητες πολιτικής που ενισχύουν την ενεργειακή ασφάλεια κατά τα έτη 2021 - 2030. (ΕΣΕΚ)

Βασικός σκοπός της Ελλάδας είναι η ποικιλομορφία τόσο των πηγών όσο και των οδεύσεων εισαγωγής με αποτέλεσμα τελικά να ενταθεί η ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού. Παράλληλα, η ενεργειακή ανεξαρτησία με ταυτόχρονη αξιοποίηση των ενεργειακών πηγών της χώρας, αποτελεί αδιαπραγμάτευτη προτεραιότητα, ειδικότερα αναφερόμενοι στο μακροπρόθεσμο πλαίσιο του ενεργειακού σχεδιασμού. Αντιθέτως, σε περίπτωση που η ενεργειακή αυτή ανάγκη συνεχίσει να καλύπτεται από τρίτους αναμένεται να επαναληφθούν περιστατικά ενεργειακής κρίσης όπως αυτά που αντιμετώπισε η Ελλάδα τα έτη 2008 - 2009 ,2016 και στις αρχές του 2017. Συνεπώς, αναγκαία είναι η ετερογένεια στις ενεργειακές πηγές και ο έλεγχος των εισαγωγών προερχόμενες από τρίτες χώρες, απεξαρτοποιώντας και ενδυναμώνοντας την Ελλάδα από συγκεκριμένο τύπο καυσίμου είτε από μια και μόνο γεωγραφική περιοχή είτε από ένα μόνο αγωγό. Έτσι, η ενίσχυση του μεριδίου των ΑΠΕ αλλά μαζί με τη προώθηση δράσεων που βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση αποτελώντας προτεραιότητα σε όλες τις διαστάσεις του ενεργειακού σχεδιασμού θα επιτευχθούν όσα προαναφέρθηκαν. Η διασφάλιση επάρκειας ισχύος, η ευελιξία του συστήματος, Ο βαθμός καθιέρωσης των μονάδων ΑΠΕ, καθώς και η ενεργειακή ανεξαρτησία επιτυγχάνονται μέσω διασύνδεσης της χώρας με όμορες και γειτονικές, εγκατάστασης καινούργιων σταθμών

ηλεκτροπαραγωγής με υψηλών ρυθμών απόκρισης, και εγκατάστασης συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, έργα που θα μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια φυσικό αέριο, εκμετάλλευση εγχώριων ορυκτών καυσίμων όπως των υδρογονανθράκων αλλά και λειτουργία των συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ενδέχεται να καταστήσουν την Ελλάδα περιφερειακό κόμβο συμβάλλοντας ταυτόχρονα στις διασυνοριακές συναλλαγές ενέργειας δηλαδή, στην ενεργειακή ασφάλεια της Ε.Ε..

1.3.5 Έρευνα, καινοτομία και ανταγωνιστικότητα

Τα μέτρα πολιτικής προωθούν την Έρευνα, την Καινοτομία και την Ανταγωνιστικότητα Το χρονικό διάστημα 2021- 2030 στοχεύοντας στην εκπλήρωση 11 διαφορετικών Π.Π. (ΠΠ6.1 – ΠΠ6.11), Όπως αυτές αναφέρονται στο παρακάτω Σχήμα 4.

ΠΠ6.1: Καινοτόμες εφαρμογές με υψηλό δυναμικό εγχώριας προστιθέμενης αξίας και ενδυνάμωση εξωστρέφειας επιχειρήσεων
ΠΠ6.2: Ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας
ΠΠ6.3: Ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών απεξάρτησης από τον άνθρακα
ΠΠ6.4: Έξυπνα δίκτυα
ΠΠ6.5: Ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών στις μεταφορές και εφαρμογών για τη μικροκινητικότητα
ΠΠ6.6: Ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών αποθήκευσης ενέργειας καθώς και τεχνολογιών δέσμμευσης, αποθήκευσης, και χρήσης CO ₂
ΠΠ6.7: Προώθηση καινοτόμων τεχνολογιών για την υποστήριξη δράσεων κυκλικής οικονομίας
ΠΠ6.8: Εφαρμογή οριζόντιων μέτρων για τη βελτίωση των συνθηκών διεξαγωγής της έρευνας
ΠΠ6.9: Προώθηση επιχειρηματικότητας μέσω δράσεων έρευνας και καινοτομίας ενταγμένων στις λειτουργίες της αγοράς
ΠΠ6.10: Βελτιστοποίηση πλαισίου και καθεστώτων ενίσχυσης για την προώθηση επενδύσεων με στόχο την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας
ΠΠ6.11: Ενίσχυση ανταγωνιστικότητας μέσω σύστασης και λειτουργίας ειδικών ταμείων

Σχήμα 4: Προτεραιότητες πολιτικής οι οποίες αποσκοπούν στη προώθηση της Έρευνας, της Καινοτομίας και της Ανταγωνιστικότητας το χρονικό διάστημα 2021 - 2030. (ΕΣΕΚ)

Πολιτικές και μέτρα για την επίτευξη των σχετικών στόχων

Η έρευνα και η καινοτομία βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση της βιομηχανίας συμπεριλαμβάνοντας τις παρακάτω δράσεις:

- Αποδοτικές τεχνολογίες θέρμανσης και ψύξης: αντλίες θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας ψυκτικού κύκλου συμπίεσης με ψυκτικά αναλώσιμα χαμηλού δυναμικού παγκόσμιας υπερθέρμανσης στοιχεία εφαρμοσμένες σε βιομηχανίες μέσης θερμοκρασίας αλλά και σε διεργασίες τηλεθέρμανσης - τηλεψύξης.
- Ανάκτηση ενέργειας με: αξιοποίηση απορριπτόμενης θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας για ηλεκτροπαραγωγή υψηλότερων αποδόσεων, επαναφορά απορριπτόμενης θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας με κύκλο sCO_2 , υβριδικούς σταθμούς που θα αναβαθμίζουν την απορριπτόμενη θερμότητα που ενσωματώνουν οι ΑΠΕ στις εγκαταστάσεις και τις διαδικασίες της βιομηχανίας.
- Ενοποίηση των συστημάτων: ταυτόχρονη λειτουργία ενεργοβόρων βιομηχανιών που θα αξιοποιούν τις ενεργειακές απώλειες και των μη Συμβατικών πηγών ενέργειας όπως αυτή της μεταποίησης, ενσωματώνοντας ακόμα περισσότερο τη ψηφιοποίηση ως μέσο διαχείρισης των διεργασιών και εγκαταστάσεων.

Παρόμοιες δράσεις εφαρμογής των καινοτόμων τεχνολογιών θα αξιοποιηθούν κατά την χρήση βιοκαυσίμων ως ανανεώσιμα καύσιμα στις μεταφορές (οδικές και εναέριες), οι οποίες διακρίνονται σε:

- Παραγωγή έξυπνων υγρών και αέριων βιοκαυσίμων που προέρχονται από βιοχημική, θερμοχημική και χημική μετατροπή της αειφόρου βιομάζας ή/και αυτότροφους μικροοργανισμούς και τη πρωτογενή ενέργεια των ΑΠΕ.
- Κοινοποίηση των έξυπνων υγρών και αέριων βιοκαυσίμων που προέρχονται από βιοχημική, θερμοχημική και χημική μετατροπή της αειφόρου βιομάζας ή/και από αυτότροφους μικροοργανισμούς και τη πρωτογενή ενέργεια των ΑΠΕ.
- Παραγωγή καινούργιων υγρών και αέριων καυσίμων (εκτός του υδρογόνου) χρησιμοποιώντας διεργασίες θερμοχημικές, χημικές, βιοχημικές και ηλεκτροχημικές διεργασίες μετατροπής των ενεργειακά ουδέτερων φορέων με ανανεώσιμη ενέργεια.
- Προώθηση του ανανεώσιμου πράσινου υδρογόνου προερχόμενο από την ηλεκτρόλυση του νερού και ενέργεια εισαγωγής από ΑΠΕ (εγκατεστημένοι ηλεκτρολύτες σε πρατήρια ανεφοδιασμού με ανανεώσιμο υδρογόνο).

Σχετικά με την αποθήκευση ενέργειας, αναπτύσσονται νέες και βελτιωμένες τεχνολογίες που θα αποθηκεύουν ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια με αποδοτικότερο τρόπο και μεγαλύτερη αντοχή στο χρόνο διασφαλίζοντας ταυτόχρονα το χαμηλότερο κόστος. Παράλληλα θα προκύψουν τεχνολογίες που θα υποστηρίζουν την ηλεκτροχημική μέθοδο αποθήκευσης ενέργειας και οι οποίες θα εφαρμόζονται στις ΑΠΕ σε απομακρυσμένα σημεία που δεν

συνδέονται με το υφιστάμενο ηλεκτρικό δίκτυο. Συγκεκριμένα αναφέρονται οι παρακάτω τεχνολογίες:

- Παραγωγή μπαταριών λιθίου-ιόντων υψηλής τάσης 4,5 – 5V πλήρους στερεάς κατάστασης. Αυτές θα βρίσκουν εφαρμογή σε όλο το εύρος της ηλεκτροκίνησης οχημάτων (σχεδιασμός πρόσθετων στοιχείων ή αναπροσαρμογή υλικών βελτιώνοντας την ασφάλεια, προσδιορισμός και βελτίωση των χαρακτηριστικών απόδοσης σε χαμηλές θερμοκρασίες).
- Μελέτη του τρόπου με τον οποίο επιδρά η ταχεία και υπερταχεία φόρτιση των μπαταριών ιόντων λιθίου στα υλικά που τις απαρτίζουν αλλά και τον βαθμό στον οποίο φτάνει η υποβάθμιση της μπαταρίας (κατανόηση των φαινομένων και μέτρηση της επίδρασης του υψηλού συντελεστή C στις υφιστάμενες και τις προηγούμενες κυψέλες λιθίου – ιόντων, επίβλεψη και καταμέτρηση στην πρόοδο που παρουσιάζουν οι ταχείς και υπερταχείς φορτιστές: οι δεδομένοι των 120kW με τους επερχόμενους των +300kW, προτάσεις και σχεδιασμός μέτρων που θα περιορίζουν τον ρυθμό υποβάθμισης των κυψελών: αντικατάσταση υλικών, διαχείριση θερμικής ενέργειας, ανάπτυξη στοιχείου και κελύφους συστοιχίας με αφομοίωση καινοτόμων και αποδοτικών μηχανισμών διαχείρισης θερμικής ενέργειας και προστασίας, εξάπλωση κατάλληλων σταθμών φόρτισης που θα ψύχονται χρησιμοποιώντας ψυκτικό υγρό).
- Εξελικτική εφαρμογή των μπαταριών στην στατική αποθήκευση ενέργειας: πραγματοποίηση μόνιμων διεπαφών που θα οδηγήσουν τόσο στην παράταση του κύκλου ζωής όσο και στη διάρκεια ζωής των συστημάτων.
- Καινοτόμες τεχνολογίες μπαταριών (μετά λιθίου – ιόντων) με πεδίο εφαρμογής την ηλεκτροκίνηση: σχεδιασμός και δημιουργία των απαραίτητων συστημάτων που θα ανιχνεύουν, παρακολουθούν, διαχειρίζονται την θερμική ενέργεια και προστατεύουν από ενδεχόμενους κινδύνους.
- Δράσεις ανακύκλωσης των μπαταριών λιθίου – ιόντων και μετά λιθίου – ιόντων (σχεδιασμός και παραγωγή συσκευασιών χαμηλού κόστους που θα διασφαλίζουν την αντιστρεπτή εφοδιαστική. Σύσταση βελτιωμένου και αποδοτικότερου επιχειρησιακού μοντέλου εφαρμογής στην διαδικασία αντιστρεπτής εφοδιαστικής).
- Απόληψη στοιχειακού λιθίου από γεωθερμικές άλμες. Ταυτόχρονη εφαρμογή διεργασιών βιώσιμου εμπλουτισμού στα κοιτάσματα λιθίου των σκληρών πετρωμάτων: εντοπισμός και χαρτογράφηση των γεωθερμικών πεδίων το περιεχόμενο σε λίθιο των οποίων είναι τεχνικά αξιοποιήσιμο και οικονομικά εμπορεύσιμο.

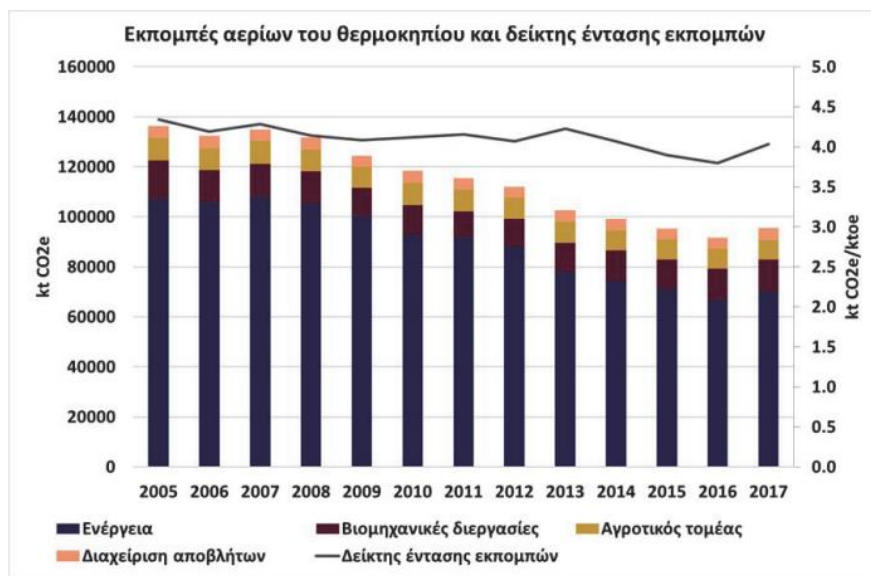
- Αναβάθμιση του εξοπλισμού ο οποίος παράγει κυψέλες και μπαταρίες (αλλαγή φύλλου και πάχους επίστρωσης, αλλαγή σχέσης αποδοτικότητας και κόστους οδηγώντας προς μεταστροφή από τα αρχικά υλικά υψηλής ισχύος σε υψηλής ενέργειας, κλπ).
- Προώθηση υβριδικών συστημάτων συσσωρευτών που εφαρμόζονται στην στατική αποθήκευση ενέργειας (που θα προκύψουν από την μελέτη και ανάπτυξη καινούργιων υλικών για την εξέλιξη και τον υβριδισμό των συστημάτων, τη μελέτη προγραμματισμού και σχεδίασης των στοιχείων και των συστημάτων προσαρμοσμένα στα υβριδικά συστήματα, τη μελέτη και τον προγραμματισμό των εξελιγμένων συστημάτων διαχείρισης μπαταριών στα συστήματα αυτά, υβριδικής τεχνολογίας).
- Διεύρυνση πεδίου εφαρμογής και εύλογη εισαγωγή των μπαταριών στο δίκτυο (τεχνικοοικονομική αναπροσαρμογή και προσδιορισμός των χαρακτηριστικών και των κριτηρίων που θα προκύψουν από το διευρυμένο πεδίο εφαρμογής, σύσταση πρωτοκόλλων και προτύπων δοκιμών αναλόγως της τελικής εφαρμογής που θα έχει η καινούργια χρήση, εξέταση βαθμού γήρανσης μέσω δοκιμών στις αποδοτικότερες μπαταρίες, σχεδιασμός και προγραμματισμός προτύπων για τον ξεκάθαρο προσδιορισμό και εκτίμηση των επιδόσεων των υφιστάμενων αλλά και των μελλοντικών μπαταριών λιθίου – ιόντων, ανάλυση και προγραμματισμός μιας εναλλακτικής πορείας σύγκλισης της δεδομένης κατάστασης, προτεινόμενες δράσεις που επικαιροποιούν και δημιουργούν ένα κοινό σύνολο προτύπων, προώθηση και κατάθεση ιδεών για ενιαίο έργο επιδείξεων που στοχεύει στην απόκτηση διευρυμένης γνώσης και εμπειρίας από τη χρήση μπαταριών για εφαρμογές EV στην Αγορά Σταθερής Αποθήκευσης, κατοχυρωμένη μορφή πλατφόρμας με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στοιχεία των μπαταριών και των παρελκόμενων).

Συνεπώς, θα προκύψουν καινοτόμες εφαρμογές των μπαταριών που θα μετριάσουν, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των επιχειρήσεων που τις αξιοποιούν, και το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής σε αστικό περιβάλλον. Επίσης θα προωθηθεί η κυκλική οικονομία, καθώς θα δίνεται έμφαση στην ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση δηλαδή την ανακύκλωση της απορριπτόμενης ενέργειας αλλά και σε πρωτότυπες μεθόδους συγκέντρωσης και επαναχρησιμοποίησης του διοξειδίου του άνθρακα.

1.4 Αποτελέσματα εξέλιξης ενεργειακού συστήματος έως το έτος 2030

1.4.1 Συνοπτική παρουσίαση υφιστάμενης κατάστασης

Οι εκπομπές ΑτΘ περιορίστηκαν κατά 30% το 2017 συγκριτικά με τις αντίστοιχες του 2005. Αντιθέτως, τα απόλυτα μεγέθη αποτυπώνονται σε μικρότερη βαθμίδα από την αντίστοιχη του 1990. Συγκεκριμένα, ο δείκτης που αντιπροσωπεύει την ένταση των ΑτΘ συρρικνώθηκε την περίοδο 2005 - 2017 (μείωση που αντιστοιχεί στο 7%). Αυτό οφείλεται στο υψηλό μερίδιο συνεισφοράς των ΑΠΕ, και παράλληλα της περιορισμένης κατανάλωσης ενέργειας που λαμβάνει χώρα λόγω των μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, αλλά και λόγω της οικονομικής ύφεσης που διέπει την Ελλάδα το χρονικό διάστημα το οποίο αναπαρίσταται στο παρακάτω Διάγραμμα 6.



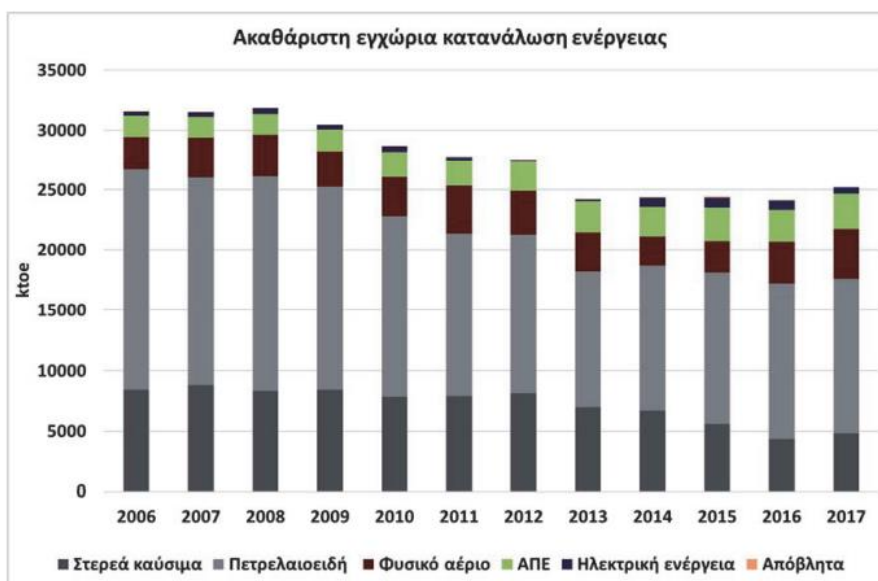
Διάγραμμα 6: Εκπεμπόμενα αέρια του θερμοκηπίου από τον κάθε τομέα και ο αντίστοιχος δείκτης έντασης τα έτη 2005 - 2017. (ΕΣΕΚ)

Μικρή αύξηση παρατηρείται στις συνολικές εκπομπές ΑτΘ το 2017 και ισούται με 4,1% επί του συνόλου των εκπομπών του 2016, γεγονός που οφείλεται στην μεγαλύτερη συμμετοχή των συμβατικών καυσίμων στην ακαθάριστη κατανάλωση.

Το ποσοστό συμμετοχής του τομέα της ενέργειας στις εκπομπές ΑτΘ είναι το μεγαλύτερο σε σύγκριση με τα αντίστοιχα των υπολοίπων τομέων δραστηριότητας. Συγκεκριμένα, η

χρήση των ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας συντελεί καθοριστικά στη τελική διαμόρφωση των ποσοστών συμμετοχής του τομέα.

Συνολικά το ενεργειακό σύστημα, το οποίο αντιπροσωπεύεται από την ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας εμφανίζει συρρίκνωση κατά 21% το χρονικό διάστημα 2006 – 2017 όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 7. Συγκριτικά με το 2016 αυξάνεται ποσοστιαία κατά 3,3%. Παράλληλα το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας συνεχίζει την ανοδική του πορεία με αποτέλεσμα το 2017 να είναι διπλάσιο με αυτό του έτους 2006. Ωστόσο, Η κατανάλωση στερεών καυσίμων περιορίζεται ποσοστιαία κατά 43% το χρονικό διάστημα 2006 – 2017.



Διάγραμμα 7: Διακύμανση ποσοστού συμμετοχής καυσίμων στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα το χρονικό διάστημα 2006 - 2017. (ΕΣΕΚ)

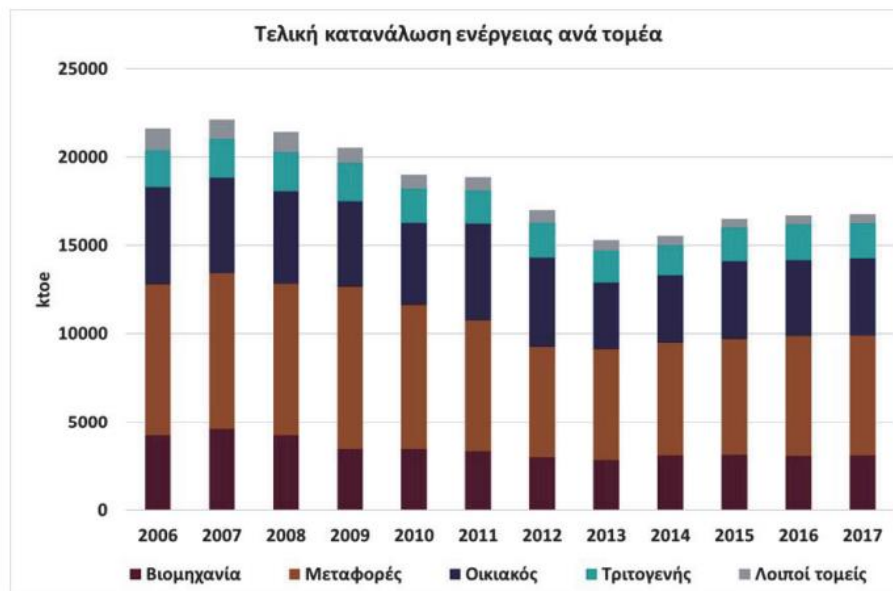
Η ομαλά σταθερή αυξητική πορεία που διαγράφει η τελική κατανάλωση ενέργειας έτη 2015 και 2016 παύει να κυμαίνεται το 2017, σημειώνοντας ανεπαίσθητη άνοδο της τάξεως του 0,3% ειδικά με αυτήν του έτους 2016, όπως προκύπτει στο Διάγραμμα 8.

Το χρονικό διάστημα 2006 – 2017, η τελική κατανάλωση ενέργειας μειώνεται σε όλους τους τομείς. Ραγδαία μείωση παρουσιάζει ο τομέας της βιομηχανίας με ποσοστό της τάξης του 27% και τους τομείς οικιακών και μεταφορών να ακολουθούν μειούμενοι κατά 21 και 20% αντίστοιχα και σε σύγκριση με το έτος 2006. Τέλος, στο τριτογενή τομέα παρουσιάζεται πιο ήπια κατανάλωση που φτάνει το 6% την ίδια χρονική περίοδο.

Παρόλα αυτά το διάστημα 2013 - 2017 χαρακτηρίζεται από αύξηση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας σχεδόν σε όλους τους τομείς. Η μέγιστη διακύμανση εντοπίζεται στον οικιακό και στον τομέα της βιομηχανίας (αυξητικής τάσης 16% και 9% αντίστοιχα).

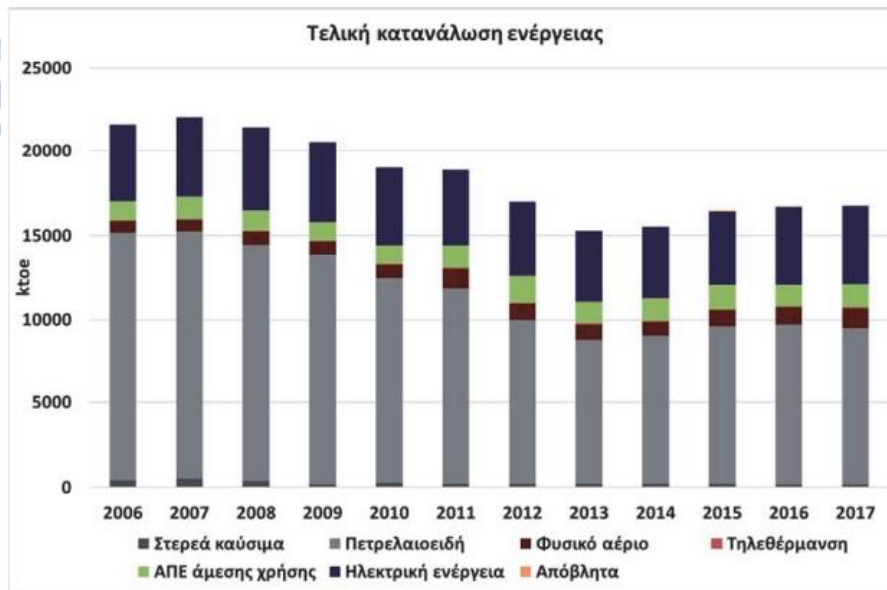
Παράλληλα αυξητική πορεία διαγράφει και ο τομέας των μεταφορών και ο τριτογενής με ποσοστό 8%.

Συγκεκριμένα το 2017, ο τομέας των μεταφορών συνεισφέρει με μεγαλύτερο μερίδιο στο Ενεργειακό σύστημα (41%). Επίσης, αξιοσημείωτο είναι το μερίδιο του οικιακού και του βιομηχανικού τομέα με μερίδια 26% και 18% αντίστοιχα.



Διάγραμμα 8: Διακύμανση τελικής κατανάλωσης ενέργειας κάθε τομέα για το χρονικό διάστημα 2006 - 2017. (ΕΣΕΚ)

Στο παρακάτω Διάγραμμα 9 αναπαρίσταται το μερίδιο με το οποίο συμμετέχει ο κάθε τύπος καυσίμου στην τελική κατανάλωση ενέργειας τα έτη 2006 – 2017. Το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής αντιστοιχίζεται στην κατανάλωση πετρελαιοειδών προϊόντων. Το οποίο φθάνει το 56% το έτος 2017. Με μικρότερο ποσοστό συμμετοχής συμβάλλουν η ηλεκτρική ενέργεια, η άμεση χρήση ΑΠΕ και το φυσικό αέριο (οι αντίστοιχες ποσοστιαίες μονάδες είναι 28%, 8% και 7%). Συγκεκριμένα τα στερεά καύσιμα και πετρελαιοειδή παρουσίασαν σημαντική μείωση το 2017 στους τομείς τελικής χρήσης και εμφανίζουν ποσοστά μείωσης 53% και 37% αντίστοιχα. Ο περιορισμός των μεριδίων συμμετοχής τους καλύπτεται από την αντικατάσταση με φυσικό αέριο που παρουσιάζει αυξητική τάση με ποσοστό 72%. Επίσης, η άμεση χρήση ΑΠΕ και ο ηλεκτρισμός, σημειώνουν αύξηση στην τελική κατανάλωση με ποσοστά 24% και 3% αντίστοιχα τα έτη 2006 – 2017.



Διάγραμμα 9: Διακύμανση ποσοστών συμμετοχής των διαφορετικών καυσίμων στην τελική κατανάλωση ενέργειας τα έτη 2006 - 2017. (ΕΣΕΚ)

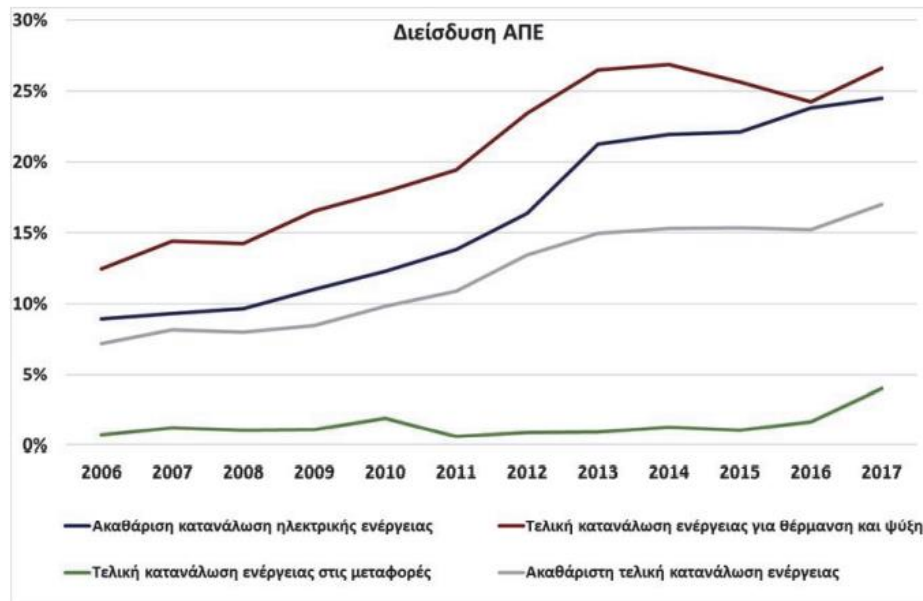
Στην ελληνική επικράτεια, διαφαίνεται σημαντική αύξηση κατά τα έτη 2006 – 2017 στη τελική κατανάλωση ενέργειας από την συνεισφορά των ΑΠΕ. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο μερίδιο με το οποίο συμμετέχει στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας και το οποίο ανέρχεται στο 17%. Κατά αυτό τον τρόπο υπερδιπλασιάζεται το μερίδιο που αντιστοιχεί στις ΑΠΕ το έτος 2006 που παρουσιάζεται στο παρακάτω Διάγραμμα 10.

Καθώς ο τομέας των μεταφορών εξαιρείται, στον οποίο οι ΑΠΕ οριακά μεταβλήθηκαν και σταθερά αυξήθηκαν μόνο στη διετία 2016, 2017. Αξιοσημείωτη αύξηση με μέσο ρυθμό ετήσιας αύξησης να πλησιάζει το 10% το χρονικό διάστημα 2006 - 2016 εμφανίζει η συμμετοχή των ΑΠΕ τόσο στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.

Να επισημανθεί πως, οι διακυμάνσεις που προκύπτουν κατά χρονικά διαστήματα στο ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ που καλύπτει τις ανάγκες για θέρμανση, συμβαίνουν κατά κύριο λόγο εξαιτίας της χρήσης στερεής βιομάζας με την τελευταία να βρίσκει εναλλαγές στην χρήση της. Αυτό συμβαίνει τα τελευταία χρόνια επειδή αρχικά παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση και ολοκληρώθηκε με την κορύφωσή της το 2012.

Ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ συμμετέχει στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας το έτος 2017 με ποσοστό 24,5%. Πρόκειται για μια πρωτοφανή άνοδο συγκριτικά με το 2006 όταν και το αντίστοιχο μερίδιο κυμαινόταν σε ποσοστό 9%. Συγκεκριμένα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ που χαρακτηρίζεται από μορφή μη ελεγχόμενης παραγωγής, και παραδείγματος χάρη η ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκούς και αιολικούς σταθμούς, η συμμετοχή του ποσοστού αυτού κυμαίνεται παραπάνω από 15% στην ακαθάριστη τελική

κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, με αποτέλεσμα να είναι αρκετά μεγαλύτερο από αυτό της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



Διάγραμμα 10: Συνολικές και ειδικές αναλογίες συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας τοποθετώντας ως βάση τη μεθοδολογία της Ε.Ε.. (ΕΣΕΚ)

1.4.2 Προβλεπόμενη εξέλιξη των κύριων εξωγενών παραγόντων που επηρεάζουν το ενεργειακό σύστημα και τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου

Το κεφάλαιο που ακολουθεί εστιάζει στην ανανέωση και επικαιροποίηση βασικών μακροοικονομικών παραδοχών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι διεθνείς τιμές εμπορίας καυσίμων, οι τιμές με τις οποίες εμπορεύονται τα δικαιώματα εκπομπών ΑτΘ καθώς επίσης οι εγχώριοι μακροοικονομικοί δείκτες και οι οποίοι διαγραφούν αξιοσημείωτη κύμανση.

Γίνονται κάποιες παραδοχές και αφορούν τις επιμέρους παραμέτρους. Οι οποίες προκαλούν μεταβολή στην ομαλή λειτουργία του ενεργειακού συστήματος. Σε αυτές οφείλεται οποιοσδήποτε περιορισμός ή ενίσχυση στα επιμέρους ενεργειακά μεγέθη. Περιγραφικά αναφέρονται προβλέψεις για την εξέλιξη των παρακάτω μεγεθών το χρονικό διάστημα 2018 – 2030.

- I. οικονομική δραστηριότητα ανά κλάδο
- II. πληθυσμός και αριθμός νοικοκυριών
- III. διεθνείς τιμές καυσίμων
- IV. τιμές που εμπορεύονται τα δικαιώματα εκπομπών ΑτΘ
- V. πρόοδος του κόστους επενδύσεις για ενεργειακές τεχνολογίες

VI. δυναμικό των τεχνολογιών ΑΠΕ

VII. δημιουργία και συντήρηση υποδομών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου

Η συζήτηση για ωφέλιμη ενέργεια στους τομείς τελικής κατανάλωσης (κτίρια, μεταφορές, κλπ) προκύπτει αφού συνυπολογιστούν η εξέλιξη της οικονομικής δραστηριότητας ανά κλάδο και η πρόοδος του πλήθους που διαμένει στην Ελλάδα, των κατοικιών στις οποίες διαμένουν, του μεγέθους τους, της παραγωγικής δύναμης διαφορών βιομηχανικών κλάδων μαζί με άλλες μακροοικονομικές και δημογραφικές παραμέτρους.

Το έτος αναφοράς αποτελεί η διετία του 2016 - 2017, καθώς πρόκειται για τα πιο πρόσφατα χρόνια κατά τα οποία εφαρμόζεται το επίσημο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας.

Μακροοικονομικές και δημογραφικές προβλέψεις

Κατά την προσομοίωση των 2 ενεργειακών μοντέλων (TIMES και PRIMES), τα οποία βρήκαν εφαρμογή στην εκπόνηση του ΕΣΕΚ, ακολουθήθηκαν βασικές παραδοχές οι οποίες είναι κοινές ώστε να αποτελεί κοινή θεώρηση. Για τους εξωγενείς παράγοντες που αλληλοεπιδρούν με το ενεργειακό σύστημα. Από το Υπουργείο Οικονομικών αντλούνται τα δεδομένα εκείνα που ανταποκρίνονται στις παραδοχές και συμβάλλουν στην εξέλιξη των μακροοικονομικών και δημογραφικών μεγεθών της χώρας και τα οποία περιγράφονται εν συντομία στον Πίνακα 13.

Πίνακας 13: Παραδοχές σε επίπεδο Μακροοικονομίας και δημογραφικών προβλέψεων που ενσωματώθηκαν στο ΕΣΕΚ. (ΕΣΕΚ)

	2015	2020	2025	2030
Πληθυσμός [εκατ.]	10.858	10.691	10.538	10.368
ΑΕΠ [εκατ. € ₂₀₁₀]	184.773	200.082	221.662	244.733

Αναμενόμενες μεταβολές στον κάθε τομέα που επηρεάζουν το ενεργειακό σύστημα και τις εκπομπές ΑτΘ.

Με αντίστοιχο τρόπο προβλέπονται οι εξελίξεις στα μακροοικονομικά μεγέθη στους επιμέρους τομείς όπως έχουν ληφθεί από τη βάση δεδομένων του Υπουργείου Οικονομικών και εν συντομία κοινοποιούνται στον Πίνακα 14.

Πίνακας 14: Από κοινού μακροοικονομικές προβλέψεις ανά τομέα κατά την σύσταση του ΕΣΕΚ. (ΕΣΕΚ)

Μακροοικονομικά Δεδομένα σταθερές τιμές έτους 2010	2015	2020	2025	2030
Ακαθάριστη Προστιθέμενη Αξία [εκ. €]	165151	177986	202347	223407
Γεωργία, Δασοκομία και Αλιεία	7,116	7,119	7,892	9,160
Ορυχεία-Λατομεία	581	481	506	536
Βιομηχανία	14,193	16,375	18,211	20,107
Ενεργειακός τομέας	2,145	2,492	3,136	3,575
Κατασκευές	4,174	5,810	6,608	7,266
Λοιποί κλάδοι (Υπόλοιπο τριτογενή, μεταφορές)	136,942	145,709	165,994	182,764

Οι κοινές θεωρήσεις για την εξέλιξη τόσο των νοικοκυριών όσο και του μεταφορικού έργου, καθώς η ανάπτυξη τους στηρίζεται στην αρχιτεκτονική των 2 ενεργειακών μοντέλων εμφανίζουν διαφορές που συνοπτικά αναφέρονται στους Πίνακας 15 και Πίνακας 16.

Πίνακας 15: Πρόβλεψη διακύμανσης των νοικοκυριών και του μεταφορικού έργου σύμφωνα με το ενεργειακό μοντέλο TIMES. (ΕΣΕΚ)

	2015	2020	2025	2030
Αριθμός νοικοκυριών [εκ.]	4,120	4,074	4,081	4,107
Μέγεθος νοικοκυριού [κάτοικοι/νοικοκυριό]	2,64	2,63	2,58	2,52
Επιβατικό μεταφορικό έργο				
Δημόσιες οδικές μεταφορές [εκατ. επιβατοχιλιόμετρα]	21.100	22.843	23.517	24.092
Ιδιωτικά οχήματα [εκατ. επιβατοχιλιόμετρα]	85.040	89.985	95.099	100.160
Δίκυκλα [εκατ. επιβατοχιλιόμετρα]	5.500	5.400	5.639	5.871
Μέσα σταθερής τροχιάς [εκατ. επιβατοχιλιόμετρα]	1.263	1.325	2.099	2.281

Πίνακας 16: Πρόβλεψη διακύμανσης των νοικοκυριών και του μεταφορικού έργου σύμφωνα με το ενεργειακό μοντέλο PRIMES. (ΕΣΕΚ)

	2020	2025	2030
Τιμή Φ.Α (συμπεριλαμβάνεται το κόστος μεταφοράς και εξισορρόπησης) (€2016/ GJ)	7,8	8,7	9,1
Τιμή διάθεσης Φ.Α (€2016/GJ)	6,80	7,71	8,12
Αργό Πετρέλαιο (€2016/GJ)	11,90	15,73	17,33
Τιμές δικαιωμάτων εκπομπών (€2016/t of CO ₂)	24,00	28,77	31,23

	2015	2020	2025	2030
Εμπορικό μεταφορικό έργο				
Φορτηγά [εκατ. τονοχιλιόμετρα]	20.352	21.346	25.043	28.300
Μέσα σταθερής τροχιάς [εκατ. τονοχιλιόμετρα]	306	367	384	404

Στον παρακάτω Πίνακας 17 κοινοποιούνται με συνοπτικό τρόπο οι ανανεωμένες κοινές θεωρήσεις για την επερχόμενη κύμανση των τιμών καυσίμων στη διεθνή αγορά αλλά και των δικαιωμάτων εκπομπών ΑτΘ του ΣΕΔΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι τιμές τόσο στο φυσικό αέριο όσο και στα δικαιώματα εκπομπών ΑτΘ του ΣΕΔΕ, προέκυψαν συνυπολογίζοντας τις υφιστάμενες τιμές, τις εκτιμήσεις για υποχώρηση της αγοράς και από τις διεθνείς προβλέψεις για την μορφή που θα έχουν στο μέλλον.

Πίνακας 17: Διακύμανση μέσω τιμών ανταποκρινόμενων τόσο στις διεθνείς τιμές εμπορίας καυσίμων όσο και στις τιμές δικαιωμάτων εκπομπών ΑτΘ. (ΕΣΕΚ)

	2020	2025	2030
Τιμή Φ.Α (συμπεριλαμβάνεται το κόστος μεταφοράς και εξισορρόπησης) (€2016/ GJ)	7,8	8,7	9,1
Τιμή διάθεσης Φ.Α (€2016/GJ)	6,80	7,71	8,12
Αργό Πετρέλαιο (€2016/GJ)	11,90	15,73	17,33
Τιμές δικαιωμάτων εκπομπών (€2016/t of CO ₂)	24,00	28,77	31,23

Εξελίξεις στο τεχνολογικό κόστος

Η εκτίμηση της εξέλιξης του κόστους Αναβαθμίσεις τεχνολογικού υλικού αλλά και των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής πραγματοποιήθηκε αφού χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την διάρθρωση του συνολικού κεφαλαιακού όγκου επένδυσης που αποσκοπούν στην υλοποίηση αντίστοιχων μονάδων στην Ελλάδα, παράλληλα με εκτιμήσεις που αφορούν το κόστος αυτό αξιοποιώντας διεθνείς και ευρωπαϊκές μελέτες. Με γνώμονα τις μελέτες αυτές, συμπεραίνεται, πως για αρχή τουλάχιστον πρέπει να διατηρηθεί το κόστος ανάπτυξης του συνόλου των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, σε αντίστοιχα επίπεδα με τα υφιστάμενα. Στις παρακάτω ενότητες κοινοποιούνται τα αποτελέσματα διαφέροντας πώς η εκτίμηση του κόστους αλληλοεπιδρά τόσο με τον καινούριο τύπο ηλεκτροπαραγωγής όσο και με το μείγμα της ηλεκτροπαραγωγής.

Ο βαθμός εξέλιξης των τεχνολογιών εκτιμάται να χαρακτηρίζεται από ραγδαία μείωση στο κόστος δημιουργίας φωτοβολταϊκών πάρκων η οποία ακολουθείται παράλληλα με αντίστοιχα μικρότερο αλλά εξίσου σημαντικό κόστος στα αιολικά πάρκα. Να επισημανθεί πως, αναμένεται αξιοσημείωτη πρόοδος στην ονομαστική απόδοση αυτών των συστημάτων. Ωστόσο, συγκεκριμένα, τα φωτοβολταϊκά εκτιμάται μια εκ νέου προσπάθεια διείσδυσης των συστημάτων τους στον κτιριακό τομέα, που θα ακολουθείται από υψηλότερα κόστη και μειωμένο συντελεστή χρήσης σε αντιδιαστολή με τα φωτοβολταϊκά πάρκα.

Ο Πίνακας 18 που ακολουθεί περιγράφει αριθμητικά τις αντίστοιχες κοινές θεωρήσεις Που διαμορφώνουν το κόστος ανάπτυξης των συστημάτων που προαναφέρθηκαν.

Πίνακας 18: Εκτιμήσεις εξέλιξης του συνολικού μέσου κόστους ανάπτυξης μονάδων ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή. (ΕΣΕΚ)

Κόστος ανάπτυξης (€/kW)	2020	2025	2030
Τεχνολογίες ΑΠΕ για Η/Π			
Αιολικό Πάρκο	1.161	997	860
Φωτοβολταϊκό - πάρκο	552	473	420
Φωτοβολταϊκό - στέγες	1.019	907	816
Ηλιοθερμικό πάρκο με αποθήκευση	4.100	3.860	3.370
Γεωθερμία	4.400	4.400	3.400
Υδροηλεκτρικό - μικρό	1.900	1.900	1.900
Βιομάζα - Μεγάλου μεγέθους	2.700	2.700	2.700
Βιομάζα -Μεσαίου μεγέθους	3.500	3.500	3.500
Βιοαέριο	4.350	4.350	4.350

1.4.3 Προβλέψεις για την ανάπτυξη του ενεργειακού συστήματος και των εκπομπών και απορροφήσεων ΑτΘ

Κύρια χαρακτηριστικά του ενεργειακού συστήματος έως το έτος 2030

Η μορφή που θα έχει το ενεργειακό σύστημα στο μέλλον απορρέει από το σενάριο επίτευξης στόχων και χαρακτηρίζεται από εξέλιξη στα βασικά ενεργειακά μεγέθη και τα οποία ορίζουν τόσο την προσφορά όσο και τη ζήτηση για ενέργεια το χρονικό διάστημα 2020 – 2030. Σύμφωνα με τα εξαγόμενα δεδομένα που προκύπτουν το ενεργειακό σύστημα αναμένεται να διαφοροποιηθεί συγκριτικά με το υφιστάμενο σενάριο πολιτικών. Παράλληλα, διαφαίνεται επιτυχής η εφαρμογή τους καθώς εκπληρώνονται οι περιβαλλοντικοί στόχοι για το 2030 και συνοδεύεται από αλλαγές στο μείγμα ηλεκτροπαραγωγής αλλά και στην τελική κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από καύσιμα τα οποία αξιοποιούνται με αποδοτικότερο τρόπο. Στον Πίνακα 19 που ακολουθεί γίνεται αναφορά στην εξέλιξη των βασικών ενεργειακών μεγεθών με τη μορφή περιληπτικού ισοζυγίου, για την δεκαετία 2020 – 2030. Διακρίνονται τα έτη 2022, 2025 και 2027 ως ενδιάμεσα, καθώς είναι απαραίτητα για την βέλτιστη δυνατή εποπτεία καθ' όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης και εφαρμογής των δράσεων που αποβλέπουν στην επίτευξη των εθνικών στόχων, αλλά και επειδή την ίδια περίοδο αναμένεται εξέλιξη στους ενεργειακούς και κλιματικούς δείκτες. Παράλληλα, εκτιμήσεις για την πενταετία 2035 – 2040, γνωστοποιούνται γιατί έχει θεωρηθεί πως μετά το 2030 δεν εφαρμόζονται νέα μέτρα πολιτικής. Άξιο αναφοράς είναι η διακύμανση των βασικών μεγεθών, όπως το ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ, ο περιορισμός των εκπομπών και η απόδοσή της ενέργειας, με τα παραπάνω να πλησιάζουν τις μετρήσεις όπως αυτές κοινοποιήθηκαν στο σχέδιο του ΕΣΕΚ 2030 και συγκεκριμένα της Μακροχρόνιας Στρατηγικής για το 2050.

Πίνακας 19: Περιληπτική εικόνα του ενεργειακού ισοζυγίου σε συνδυασμό με τους αντίστοιχους δείκτες σύμφωνα με τα αποτελέσματα σεναρίου επίτευξης στόχων. (ΕΣΕΚ)

Συνολικό Ενεργειακό Ισοζύγιο [ktoe]	2020	2022	2025	2027	2030	2035	2040
Πρωτογενής Παραγωγή Ενέργειας	5799	5468	6031	6696	7021	8080	9128
Στερεά Καύσιμα	2180	1140	960	940	1	2	2
Πετρελαϊκά	281	332	408	459	536	536	536
Φ. Αέριο	21	28	48	48	64	64	64
ΑΠΕ	3317	3969	4615	5249	6420	7478	8526
Καθαρές Εισαγωγές	19985	19272	18440	17740	17406	16366	15907
Στερεά Καύσιμα	158	161	137	140	152	179	186
Πετρελαϊκά	13774	13292	12742	12403	11612	11125	10647
Φ. Αέριο	5230	5074	4784	4426	4800	4238	4230
Ηλεκτρική Ενέργεια	533	444	425	409	394	411	429

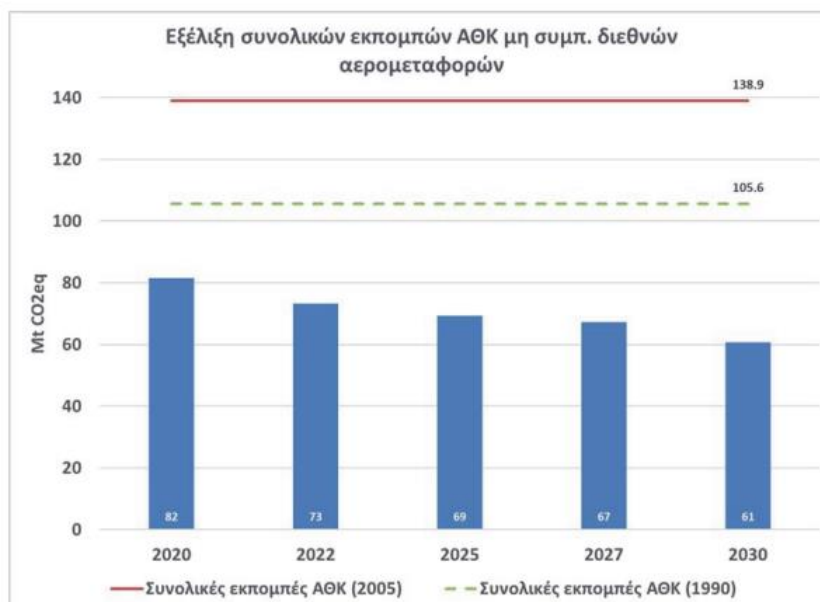
Βιοενέργεια	290	301	351	362	448	413	415
Ποντοπόρος Ναυτιλία	1931	2003	2111	2162	2237	2369	2516
Ακαθάρσιση Εγχώρια Κατανάλωση	23853	22737	22360	22274	22190	22077	22519
Στερεά Καύσιμα	2339	1301	1097	1080	153	181	188
Πετρελαϊκά	12124	11620	11039	10701	9912	9292	8667
Φ. Αέριο	5250	5101	4832	4474	4864	4302	4294
Ηλεκτρική Ενέργεια	533	444	425	409	394	411	429
ΑΠΕ	3608	4270	4966	5611	6868	7891	8942
Κατανάλωση Καυσίμων στην Ηλεκτροπαραγωγή	6605	5066	4331	4055	3671	3562	3959
Λιγνίτης	2178	1139	959	938	0	0	0
Πετρελαϊκά (συμπ διυλιστήρια)	746	534	431	360	140	120	90
Φ. Αέριο	3608	3309	2816	2375	2666	1929	1763
Βιοενέργεια	72	85	125	164	322	394	410
Θερμότητα Γεωθερμίας	0	0	0	217	542	1119	1695
Καθαρή Κατανάλωση διυλιστηρίων	236	235	232	229	226	220	214
Κατανάλωση διυλιστηρίων	31696	31540	31072	30760	30291	29510	28730
Παραγωγή διυλιστηρίων	31460	31305	30840	30530	30065	29290	28515
Κατανάλωση Ενεργειακού κλάδου	1602	1593	1583	1578	1574	1523	1500
Πετρελαϊκά	1443	1435	1414	1400	1379	1344	1308
Ηλεκτρισμός	100	94	100	101	103	104	107
Βιοενέργεια	59	63	69	78	92	76	86
Καθαρή Ηλεκτροπαραγωγή από θερμικούς σταθμούς	3018	2610	2295	2054	1835	1526	1529
Λιγνίτης	698	447	390	390	0	0	0
Πετρελαϊκά (συμπ. διυλιστήρια)	309	234	190	163	71	66	57
Φ. Αέριο	1974	1883	1648	1395	1574	1164	1089
Βιομάζα - βιοαέριο	37	46	66	84	135	184	213
Γεωθερμία	0	0	0	22	54	112	169
Απώλειες Δικτύου/Αποθήκευσης και Ιδιοκατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας	498	458	433	420	419	347	337
Μη ενεργειακές χρήσεις	765	765	765	765	765	765	765
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας	17336	17357	17406	17357	17384	17179	17208
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας χωρίς Θερμότητα Περιβάλλοντος	16926	16789	16714	16590	16508	16227	16181
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας χωρίς Διεθνείς Αερομεταφορές ανά τομέα	16291	16286	16297	16230	16232	15985	15975

Βιομηχανία	3011	2984	2943	2928	2879	2930	2968
Οικιακός	4691	4556	4480	4430	4465	4293	4253
Τριτογενής	2177	2239	2331	2376	2451	2546	2643
Μεταφορές	6997	7108	7163	7121	7066	6887	6815
Αγροτικός	459	471	487	502	523	523	529
ανά τομέα (χωρίς Θερμότητα Περιβάλλοντος)							
Βιομηχανία	3011	2984	2943	2928	2879	2930	2968
Οικιακός	4572	4321	4211	4133	4130	3945	3895
Τριτογενής	1887	1907	1909	1907	1910	1942	1974
Μεταφορές	6997	7108	7163	7121	7066	6887	6815
Αγροτικός	459	471	487	502	523	523	529
ανά καύσιμο							
Στερεά Καύσιμα	160	162	139	141	153	181	188
Πετρελαϊκά	9287	9004	8551	8299	7750	7190	6624
Φ. Αέριο	1244	1386	1597	1672	1759	1933	2091
Ηλεκτρική Ενέργεια	4612	4571	4680	4712	4852	5143	5383
Τηλεθέρμανση	43	43	41	40	39	37	35
ΑΠΕ (άμεση χρήση)	1580	1622	1705	1725	1955	1743	1860
Θερμότητα Περιβάλλοντος	410	568	692	766	876	953	1027

Δείκτες	2020	2022	2025	2027	2030	2035	2040
Συνολικές Εκπομπές ΑΘΚ μη συμπ. των διεθνών αερομεταφορών (Mt CO₂eq)	82	73	69	67	61	58	55
Εκπομπές ΣΕΔΕ	36	28	26	24	19	17	16
Εκπομπές εκτός ΣΕΔΕ	46	45	44	43	42	41	38
Εκπομπές CO₂ ανά τομέα (MtCO₂)							
Ηλεκτροπαραγωγή	22.6	15.1	12.7	11.4	6.6	4.8	4.0
Ενεργειακός Τομέας	4.7	4.6	4.6	4.5	4.4	4.3	4.2
Βιομηχανία (με τις διεργασίες)	9.9	9.9	9.4	9.3	8.8	8.7	9.0
Οικιακός	4.9	4.0	3.5	3.3	2.9	2.9	2.5
Τριτογενής/Αγροτικός	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2
Μεταφορές	18.1	18.3	18.1	17.9	17.2	16.1	15.3
Λοιπές εκπομπές (εκπομπές CO₂ και άλλα ΑΕΘ) (MtCO₂eq)	20.0	19.8	19.5	19.4	19.3	19.6	18.6
Ένταση συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (kt CO₂eq/ktoe)	3.4	3.2	3.1	3.0	2.7	2.6	2.4
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη	19.7%	23%	27%	30%	35%	38%	41%

Τελική Κατανάλωση Ενέργειας [%]							
Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Θέρμανση και Ψύξη [%]	30.6%	34%	37%	38%	43%	43%	43%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Κατανάλωση Ηλεκτρισμού [%]	29.2%	39%	47%	53%	61%	70%	72%
Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Μεταφορές [%]	6.6%	7%	10%	12%	19%	29%	41%
Ενεργειακή Εξάρτηση [%]	78%	78%	75%	73%	71%	67%	64%
Παραγωγικότητα Ενέργειας [εκατ. € '10/ktoe]	8.39	9.18	9.91	10.37	11.03	12.24	13.12
Πρωτογενής Κατανάλωση Ενέργειας ανά κάτοικο [toe/κάτοικο]	2.16	2.07	2.05	2.05	2.07	2.09	2.17

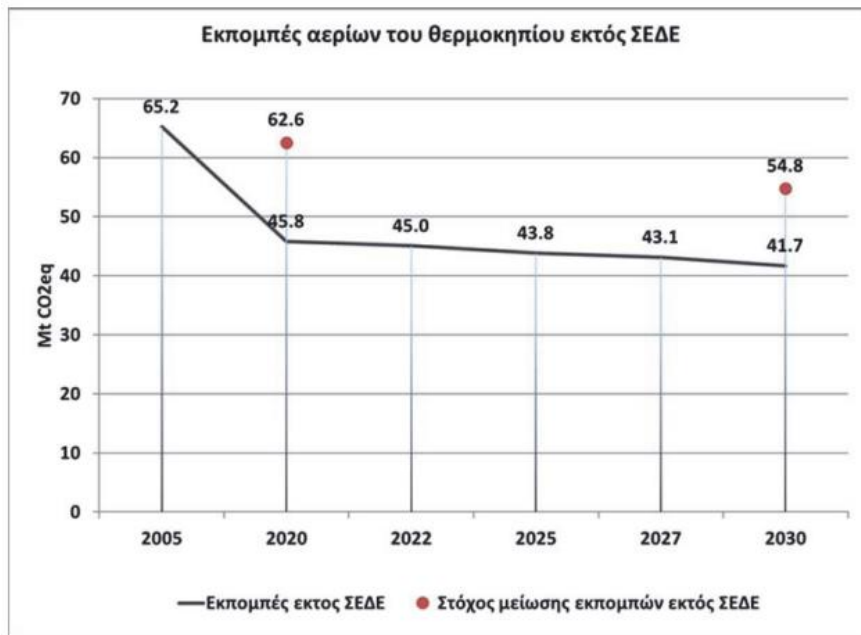
Όσον αφορά το έτος 2030, στο σενάριο επίτευξης στόχων επιτυγχάνεται περιορισμός των εκπεμπόμενων ΑτΘ κατά 43% με έτος βάσης το 1990. Επίσης, παρουσιάζει ραγδαία μείωση στις εκπομπές με ποσοστό 56% ως προς το 2005 και Οι συνολική ποσότητα προσεγγίζει την απόλυτη τιμή των 61 MtCO_{2eq} όπως δείχνει το Διάγραμμα 11 παρακάτω. Να επισημανθεί πως η συγκεκριμένη διακύμανση ξεπερνά κατά πολύ τους αρχικούς κεντρικούς Ευρωπαϊκούς στόχους, και η προσομοίωση που στηρίζεται στο ενεργειακό πρότυπο PRIMES εκτιμά ακόμη μεγαλύτερο ποσοστό περιορισμού των εκπομπών.



Διάγραμμα 11: Διακύμανση εκτίμησης συνολικών εκπομπών ΑτΘ κατά την δεκαετία 2020 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων. (ΕΣΕΚ)

Με αντίστοιχο τρόπο επιτυγχάνεται και εκτός ΣΕΔΕ ο περιορισμός των εκπεμπόμενων ΑτΘ σημειώνοντας ακόμα μεγαλύτερη απόδοση συγκριτικά με τον Ευρωπαϊκό στόχο μείωσης ο οποίος προβλέπει για την χώρα μας ποσοστό μείωσης της τάξης του 16% κατά

το 2030 με δεδομένο έτος το 2005. Σε απόλυτα νούμερα το ποσοστό αυτό αντιστοιχίζεται σε 54,8 MtCO₂eq και αναμένεται να φτάσει τους 41,7 MtCO₂eq το έτος 2030, όπως παρουσιάζεται και παρακάτω στο Διάγραμμα 12. Να υπογραμμιστεί πώς, οι εκπομπές ΑτΘ που προέρχονται από τις εγχώριες αερομεταφορές καθώς και το μερίδιο εκείνο που οφείλεται στις διεθνείς αερομεταφορές και εμπίπτει στο ΣΕΔΕ έχουν συνυπολογιστεί στους τομείς ΣΕΔΕ.



Διάγραμμα 12: Μεταβολή εκπεμπόμενων ΑτΘ που δεν συμπεριλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ το χρονικό διάστημα 2005 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων. (ΕΣΕΚ)

Αντιθέτως, οι τομείς που εμπεριέχονται στο ΣΕΔΕ, επιτυγχάνουν πιο έντονο περιορισμό των εκπομπών ΑτΘ συγκριτικά με τον αντίστοιχο ευρωπαϊκό στόχο όπως αυτός τέθηκε το 2030. Δεδομένου ότι έχει στοχοθετηθεί ποσοστό μείωσης των εκπομπών 43% στο ΣΕΔΕ για το 2030 συγκριτικά με το 2005, τελικά πραγματοποιείται μείωση που φτάνει σε ποσοστό το 74%, δηλαδή σε αριθμητικά μεγέθη να περιορίζονται στους 18,9 MtCO₂eq σύμφωνα και με το παρακάτω Διάγραμμα 13.

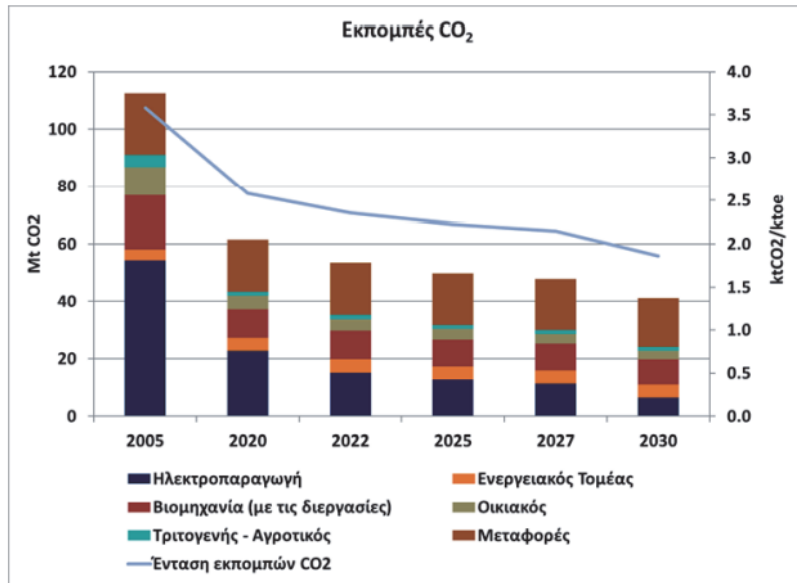
Συγκεκριμένα, οι εκπομπές CO₂ που προβλέπονται για την Ελλάδα το 2030 και με έτος βάσης το 2005 καταλήγουν σε περιορισμό στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, στη βιομηχανία μαζί με τις επιμέρους διεργασίες της, στον οικιακό τομέα, καθώς και στον τομέα των μεταφορών αλλά πιο εξασθενημένα. Για το ίδιο χρονικό διάστημα προβλέπεται στατικότητα των εκπεμπόμενων ρύπων CO₂ στον τριτογενή και αγροτικό τομέα. Όσον αφορά τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για το 2030 αναμένονται να κυμανθούν σε απόλυτα μεγέθη στους 41,3 MtCO₂ σε αντιδιαστολή με τους 115 MtCO₂ του 2005. Η μέγιστη απόκλιση το 2030 θα παρουσιαστεί στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής και θα αντιστοιχίζεται σε ποσοστό μείωσης 88% συγκριτικά με το

έτος βάσης 2005 (Διάγραμμα 14). Το υφιστάμενο σενάριο πολιτικών και μέτρων προτείνει συνολική μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μέσω της μεταστροφής προς καθαρές μορφές ενέργειας σε όλους τους τομείς αλλά ειδικότερα στην ηλεκτροπαραγωγή. Κατά αυτόν τον τρόπο το ποσοστό συμμετοχής 22% των τεχνολογιών που εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες CO₂ (των λιγνιτικών και των πετρελαϊκών) καταργείται και την θέση τους παίρνουν τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής ΑΠΕ έως το έτος 2030. Ταυτοχρόνως, οι εκπομπές CO₂ στους παραπάνω τομείς εμφανίζει μεγάλη απόκλιση μειώνοντας το ποσοστό κατά 49% τελικά το 2030 συγκριτικά με το 2005.

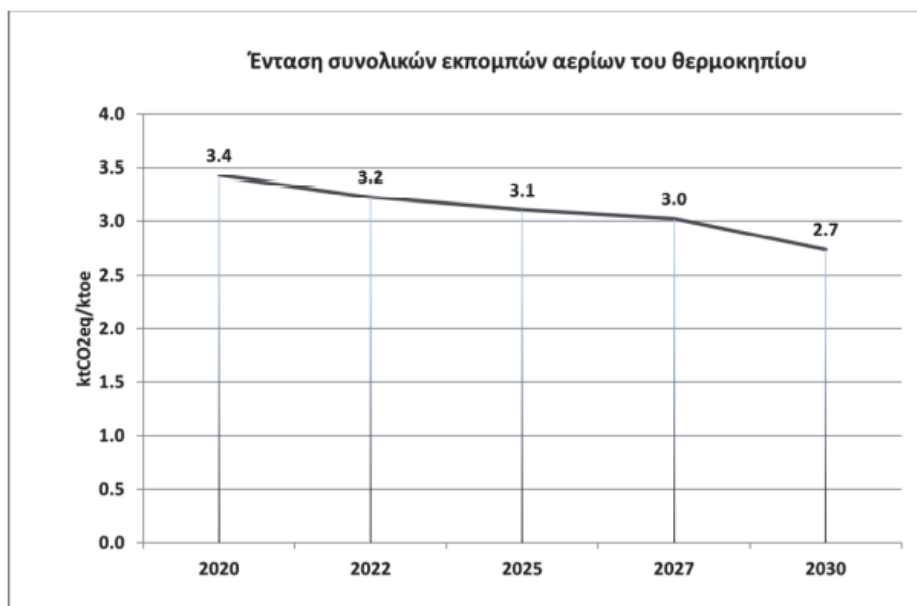


Διάγραμμα 13: Μεταβολή εκπομπών ΑτΘ που συμπεριλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ το χρονικό διάστημα 2005 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων. (ΕΣΕΚ)

Οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου με αντίστοιχο τρόπο αποκλίνουν περιορίζοντας το ποσοστό στο 20% το έτος 2030 αλλά με έτος βάσης το 2020. Συνεπώς η Ελλάδα αναμένεται να επιδείξει Ένα αξιόλογο ενεργειακό μείγμα το οποίο θα παράγει χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Διάγραμμα 15).



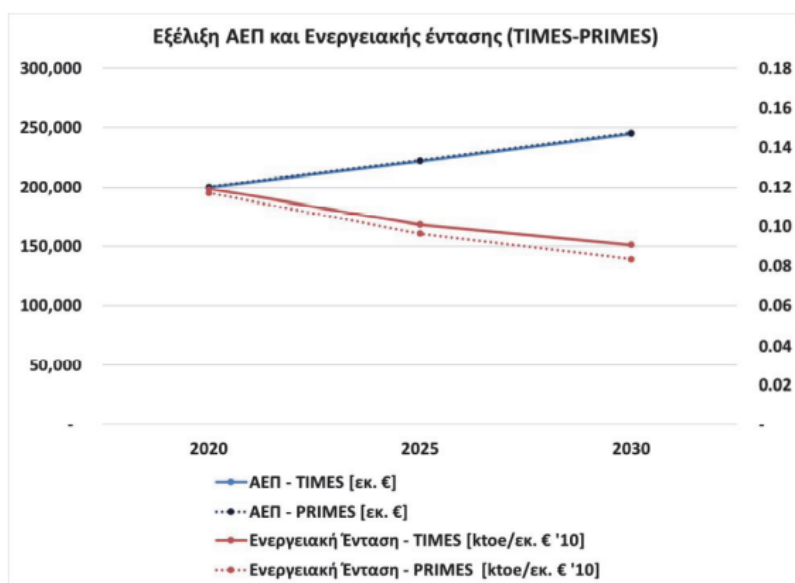
Διάγραμμα 14: Μεταβολή απόλυτων μεγεθών εκπεμπόμενων CO₂ για κάθε τομέα το χρονικό διάστημα 2005 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων. (ΕΣΕΚ)



Διάγραμμα 15: Διακύμανση των συνολικών απόλυτων μεγεθών ΑτΘ το χρονικό διάστημα 2005 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων. (ΕΣΕΚ)

Όσον αφορά τη σχέση μεταξύ ενεργειακής κατανάλωσης και παραγωγικότητας στο Διάγραμμα 16 απεικονίζεται η κύμανση της ενεργειακής έντασης συγκρινόμενη με το ΑΕΠ. Γίνεται αντιληπτό πως παρόλο που το ΑΕΠ ενδέχεται να αυξηθεί σταδιακά σταθερά σε όλη την χρονική περίοδο 2020 - 2030 (μέσος ρυθμός αύξησης 10% και 11% για τις πενταετίες 2021 - 2025, 2026 - 2030 αντίστοιχα), η ενεργειακή ένταση ακολουθεί μια ραγδαία πτωτική πορεία. Η τελική μορφή της τάσης το έτος 2030 θα είναι περιορισμένη κατά 24% συγκριτικά με την αντίστοιχη του έτους 2020. Έτσι, αναδεικνύεται η σημαντική διάρρηξη των σχέσεων επιρροής

μεταξύ ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης. Να επισημανθεί πως παρόμοιο συμπέρασμα εξάγεται και από την εφαρμογή προσομοίωσης του προτύπου PRIMES, δηλαδή το μοντέλο που ακολούθησε το πρότυπο TIMES κατά την εκπόνηση του ΕΣΕΚ. Συγκεκριμένα, από την εφαρμογή του προτύπου PRIMES και αφού συμπεριλήφθηκαν ίδιας θεωρήσεις για την πρόοδο που θα διαγράψουν οι μακροοικονομικοί δείκτες, εκτιμάται μείωση της ενεργειακής έντασης 32% την χρονική περίοδο 2020 – 2030. Συνεπώς, ο συμπεραίνεται παύση αλληλοεπίδρασης μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας.



Διάγραμμα 16: Μεταβολή του ΑΕΠ συγκριτικά με την ενεργειακή ένταση το χρονικό διάστημα 2020 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων. (ΕΣΕΚ)

Εξέλιξη της ηλεκτροπαραγωγής

Το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής προβλέπεται να χαρακτηρίζεται στην πλειονότητά του από την αντικατάσταση των λιγνιτικών μονάδων από σύγχρονες μονάδες ΑΠΕ όπως προκύπτει από δεσμεύσεις για απόσυρση των πρώτων έως το 2028. Η απομάκρυνση των λιγνιτικών μονάδων υλοποιείται με βάση το νέο σχέδιο εθνικής πολιτικής για την απολιγνιτοποίηση του τομέα της ενέργειας σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη μείωση της εγκατεστημένης ισχύος των πετρελαϊκών μονάδων. Οι μονάδες αυτές πρόκειται μας σταματήσουν να λειτουργούν κυρίως λόγω των υψηλών εκπομπών ΑτΘ οι οποίες κινούνται ανάλογα με την παλαιότητα των υποδομών τους αλλά και επειδή αναμένεται ενίσχυση των διασυνδέσεων της νησιωτικής χώρας με το υπάρχον της ηπειρωτικής. Η μορφή που θα έχει πάρει το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής έως το 2030, όπως αυτό προκύπτει σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων, παρουσιάζεται παρακάτω στον Πίνακα 20.

Πίνακας 20: Μεταβολή του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής και η τελική του μορφή το 2030, όπως αυτό προκύπτει στο σενάριο επίτευξης στόχων. (ΕΣΕΚ)

Ηλεκτροπαραγωγή	2020	2022	2025	2027	2030
Εγκατεστημένη Ισχύς [GW]					
Λιγνίτης	3,9	2,9	0,7	0,7	0,0
Πετρελαϊκά (συμπ. διυλιστήρια)	1,9	1,7	1,0	1,0	0,3
Φ. Αέριο	5.2	6.0	6.9	6.9	6.9
Βιοενέργεια	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3
Υ/Η (συμπεριλαμβανομένων μεικτών αντλητικών)	3.4	3.7	3.8	3.9	3.9
Αιολικά	3.6	4.2	5.2	6.0	7.0
Φ/Β	3.0	3.9	5.3	6.3	7.7
Ηλιοθερμικοί σταθμοί	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
Γεωθερμία	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Σύνολο	21.1	22.6	23.1	24.9	26.2
Ισχύς κεντρικών συστημάτων αποθήκευσης	0.7	0.7	1.4	1.4	1.4
Ακαθάριστη Ηλεκτροπαραγωγή [GWh]	54386	54424	55681	56109	57927
Ιδιοκατανάλωση	2007	1602	1398	1276	708
Καθαρή Ηλεκτροπαραγωγή [GWh]	52379	52822	54283	54833	57220
Λιγνίτης	8114	5199	4536	4538	0
Πετρελαϊκά (συμπ. διυλιστήρια)	3597	2723	2209	1892	828 ²²
Φ. Αέριο	22963	21894	19169	16229	18304
Βιοενέργεια	425	539	772	974	1575
Υ/Η	5453	6410	6528	6581	6596
Αιολικά	7280	10090	12610	14398	17208
Φ/Β	4548	5967	8202	9712	11816
Ηλιοθερμικοί σταθμοί	0	0	257	258	260
Γεωθερμία	0	0	0	252	631
Καθαρές εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας [GWh]	6200	5165	4946	4752	4578
Απώλειες δικτύου/αποθήκευσης [GWh]	3785	3728	3635	3611	4165
Συνολική διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας [GWh]*	58579	57986	59228	59586	61797
Κατανάλωση Ενεργειακού τομέα [GWh]	1158	1093	1164	1169	1201
Τελική Κατανάλωση Ηλεκτρικής	53636	53165	54430	54805	56431

Ενέργειας [GWh]					
Μερίδιο ΑΠΕ στην ακαθάριστη ηλεκτροπαραγωγή	32.6%	42.3%	50.9%	57.3%	65.7%
Εκπομπές CO₂ από Ηλεκτροπαραγωγή [Mt CO₂]	23	15	13	11	7

Η αναμενόμενη αύξηση στην συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της ακαθάριστης ηλεκτροπαραγωγής το έτος 2030 θα προσεγγίσει το ποσοστό περίπου 66%. Το μερίδιο των ΑΠΕ το έτος 2020 αντιστοιχεί στο 32,6%, με αποτέλεσμα η απόκλιση αυτή να πραγματοποιείται κυρίως λόγω του μειωμένου κόστους των τεχνολογιών ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή και ιδιαίτερα των φωτοβολταϊκών και αιολικών σταθμών. Βέβαια, το

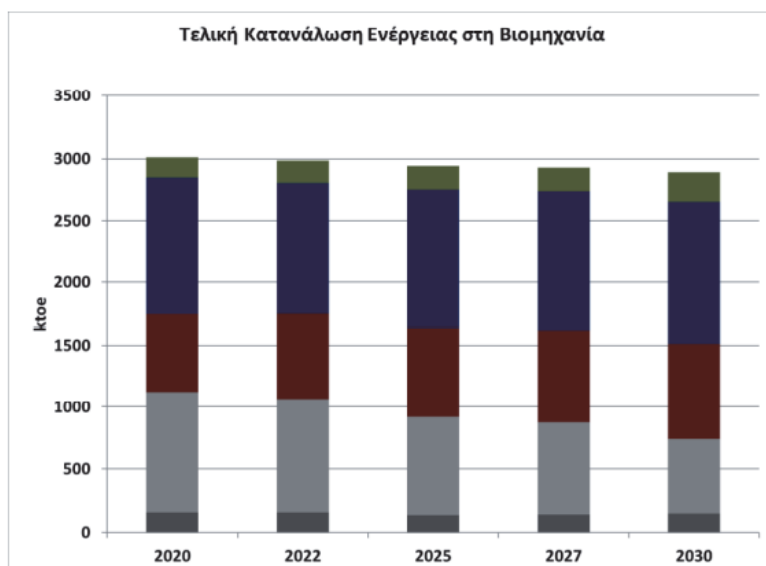
ποσοστό που αντιστοιχεί σε αυτή την απόκλιση προέρχεται από την απομάκρυνση των λιγνιτικών μονάδων, και παραγωγή ενέργειας η οποία πλέον θα καλύπτεται από τις ΑΠΕ. Παράλληλα προβλέπεται αύξηση στο κόστος ηλεκτροπαραγωγής στην πλειονότητα των συμβατικών μονάδων, επειδή αυξημένο θα είναι και το κόστος εξαγοράς δικαιωμάτων εκπομπών, με αποτέλεσμα οι ΑΠΕ να προσφέρουν ανταγωνιστικές τιμές ενέργειας συγκριτικά με τις συμβατικές μονάδες την περίοδο που ακολουθεί το 2020.

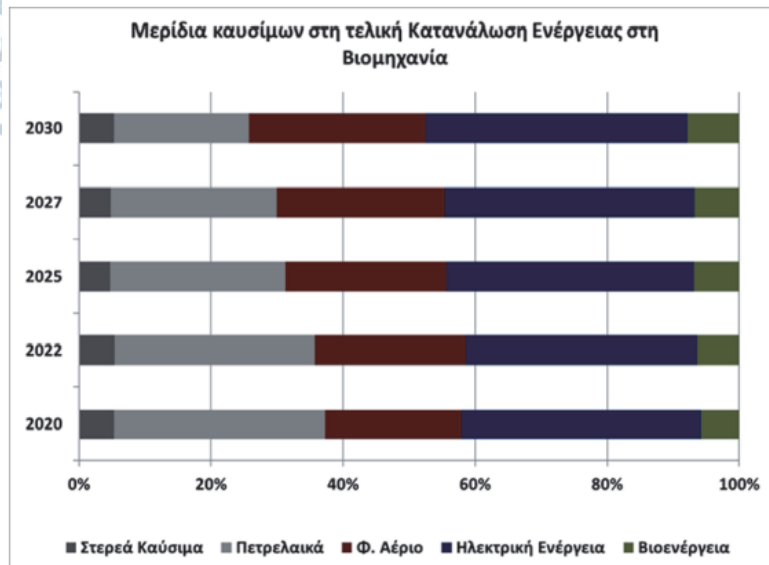
Εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας στη βιομηχανία

Την περίοδο 2020 – 2030, ο τομέας της βιομηχανίας παρουσιάζει μια αργή και σταθερή μείωση στην τελική κατανάλωση ενέργειας, γεγονός που οφείλεται στην εφαρμογή των καθοδηγητικών γραμμών που επιτάσσουν οι ενεργειακοί έλεγχοι και άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στον τομέα (Πίνακας 21 και Διάγραμμα 17). Η κατανάλωση ενέργειας περιορίζεται κατά 4% το 2030 συγκριτικά με το 2020. Συνεπώς, η παραγωγικότητα ενέργειας το 2030 αυξάνεται με ποσοστό 29% σε σχέση με το 2020.

Πίνακας 21: Διακύμανση τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα της βιομηχανίας το χρονικό διάστημα 2020 - 2030, όπως προκύπτει από το σενάριο επίτευξης στόχων. (ΕΣΕΚ)

Βιομηχανία	2020	2022	2025	2027	2030
Τελική Κατανάλωση Ενέργειας	3011	2984	2943	2928	2879
Κατανάλωση ανά καύσιμο					
Στερεά Καύσιμα	159	162	139	141	153
Πετρελαϊκά	964	904	782	735	588
Φ. Αέριο	620	684	718	745	770
Ηλεκτρική Ενέργεια	1093	1045	1102	1108	1140
Βιοενέργεια	174	189	203	199	227
Εκπομπές CO₂ από τη Βιομηχανία [MtCO₂]	9,9	9,9	9,4	9,3	8,8
Παραγωγικότητα Ενέργειας στη Βιομηχανία [εκατ. € '10/ktoe]	7,37	7,76	8,43	8,86	9,51





Διάγραμμα 17: Μεταβολή στην τελική κατανάλωση ενέργειας του βιομηχανικού τομέα την περίοδο 2020 - 2030. (ΕΣΕΚ)

Επίσης, τα ποσοστά συμμετοχής των ενεργειακών παραπροϊόντων στην τελική κατανάλωση φυσικού αερίου εμφανίζουν αυξητική τάση της τάξης του 24% το 2030 συγκριτικά με το έτος 2020, και η οποία ακολουθείται από ποσοστιαία ενίσχυση 31% στην κατανάλωση βιο-ενέργειας. Παράλληλα, τα πετρελαϊκά προϊόντα παρουσιάζουν φθίνουσα πορεία το χρονικό διάστημα 2016 - 2030 καθώς η κατανάλωσή τους μειώνεται κατά 39%. Επιπρόσθετα το ποσοστό συμμετοχής τους στην τελική κατανάλωση ενέργειας φθίνει από το 32% το 2020 στο 20% τελικά το 2030. Τα ποσοστά που προκύπτουν από την φθίνουσα πορεία των πετρελαϊκών προϊόντων καταλήγουν τόσο στο φυσικό αέριο όσο και στην ηλεκτρική ενέργεια. Όσον αφορά το φυσικό αέριο, η συνεισφορά του στην τελική κατανάλωση ενέργειας αντιστοιχεί στο 27% το 2030 και η ηλεκτρική ενέργεια στο 40% συγκριτικά με το 2020.

1.5 Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050

1.5.1 Εισαγωγικό σημείωμα

Το πρόγραμμα για την Μακροχρόνια Στρατηγική που σχεδιάζει και προβλέπει τη μορφή της ενέργειας στο 2050, αξιοποιείται από την Ελληνική Κυβέρνηση ως οδικός χάρτης στα κλιματικά και ενεργειακά θέματα, καθώς η χώρα συμμετέχει στο συλλογικό στόχο της Ευρώπης για μια επιτυχημένη και βιώσιμη μετάβαση προς μια μορφή της οικονομίας που θα χαρακτηρίζεται από κλιματική ουδετερότητα έως το έτος 2050 και υπό το πρίσμα της συλλογικότητας.

Στρατηγικός στόχος της ελληνικής Κυβέρνησης αποτελεί η κατ' αναλογία συμβολή της στις δράσεις που αποβλέπουν προς μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία σε ευρωπαϊκό επίπεδο ώστε να συμμετάσχει ενεργά στη νέα Πράσινη Συμφωνία που προωθείται από την Ε.Ε..

Αφού ολοκληρωθεί η σύνταξη και η αφομοίωση των στοιχείων που συμπεριλαμβάνονται στο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), στο οποίο περιγράφονται οι ενεργειακοί και κλιματικοί στόχοι έχει θέσει η Ελλάδα μαζί με τις Π.Π. και τα μέτρα εφαρμογής τους, η ελληνική Κυβέρνηση αναζητά τρόπο με τον οποίο θα επιτευχθεί ένα άρτιο ενεργειακό μείγμα με βάση το οποίο θα λειτουργεί το ενεργειακό σύστημα έως το 2050. Με αυτόν τον γνώμονα επίτευξης καθορισμένων κλιματικών στόχων καθορίζονται οι παράμετροι που πλαισιώνουν τη μακροπρόθεσμη ενεργειακή και κλιματική στρατηγική τη Ελλάδας έως το 2050.

Η υιοθέτηση χαρακτηριστικών μέσω της συμμετοχής στο μακροπρόθεσμο ευρωπαϊκό όραμα της αντίστοιχης επιτροπής το οποίο στοχοθετεί τη σύγχρονη, ανταγωνιστική, κλιματικά ουδέτερη και ευημερούσα οικονομία έως το έτος 2050, επιτυγχάνεται με τη στρατηγική για την ουδετερότητα του κλίματος. Η κυβέρνηση σχεδιάζει να εφαρμόσει καινοτόμες εφαρμογές και ρεαλιστικές τεχνολογίες με αποτέλεσμα την ευθυγράμμιση των δράσεων που σχετίζονται με χρηματοδοτικά προγράμματα για έρευνα διασφαλίζοντας ταυτοχρόνως κοινωνική δικαιοσύνη.

Η στρατηγική για το 2050 συμπληρώνει το υφιστάμενο ΕΣΕΚ, σύμφωνα με το οποίο πραγματοποιούνται στοχευμένα Μ.Π. στον τομέα της ενέργειας και του κλίματος. Συνεπώς, η μακροπρόθεσμη στρατηγική θέτει ως έτος βάσης το 2030 και χρησιμοποιεί ως παραδοχές τα αποτελέσματα από την εκπλήρωση των στόχων του ΕΣΕΚ. Έτσι, η αφετηρία για τα νέα Μ.Π. είναι το 2030. Αποτελεσματικά, η ανάπτυξή τους εξαρτάται από την ταύτιση της αναμενόμενης μορφής του ενεργειακού μείγματος με την πραγματική καθώς και από τις αντίστοιχες τεχνικο-οικονομικές συνθήκες που θα την χαρακτηρίζουν.

Η επιτυχημένη καθιέρωση μιας οικονομίας κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050 θα παρέχει τα παρακάτω:

- **Αναπροσαρμογή του παραγωγικού τομέα της χώρας με ανακατεύθυνση προς σύγχρονες και καθαρές τεχνολογίες. Της κυκλικής οικονομίας και εφαρμογή καινοτομιών με αποτέλεσμα την καθιέρωση νέων επιχειρηματικών προτύπων.**
- **Ενίσχυση βιώσιμης βίο-οικονομίας και εξισορρόπηση της κλιματικής αλλαγής στοχεύοντας στην παραγωγικότητα και στην αποδοτικότητα.**
- **Προώθηση υγιούς ανταγωνισμού μεταξύ οικονομίας και βιομηχανίας. Πρόοδος στην έρευνα και την καινοτομία που θα αποσκοπεί στην ψηφιοποίηση και την κυκλική οικονομία διασφαλίζοντας παράλληλα ποιοτικές θέσεις εργασίας και**

υψηλό δείκτη ανάπτυξης σε ευρωπαϊκό επίπεδο με αποτέλεσμα διακρατικές συνεργασίες για το περιβάλλον.

1.5.2 Η κλιματική ουδετερότητα της ΕΕ και οι στόχοι για το 2050

Οποιαδήποτε αναφορά περί ουδετερότητας ως προς το κλίμα αντιστοιχίζεται σε περιβάλλον μηδενικών εκπομπών ΑτΘ. Οποιαδήποτε αναφορά περί μηδενικών εκπομπών ΑτΘ εννοείται το αποτέλεσμα από το άθροισμα θετικών και αρνητικών εκπομπών. Στις περιπτώσεις εκείνες όπου η ουδετερότητα προσδιορίζει το διοξείδιο του άνθρακα είναι όρος που μοιάζει μόνο, ωστόσο, περιγράφει αποκλειστικά τις εκπομπές CO₂. Στις περιπτώσεις εκείνες όπου η ουδετερότητα προσδιορίζει το κλίμα μιας μορφής ενέργειας κρίνεται απαραίτητη προϋπόθεση οι συνολικές εκπομπές ΑτΘ σε όλα τα επιμέρους στάδια δηλαδή της παραγωγής, μετατροπής, μεταφοράς και χρήσης να είναι μηδενικές. Αξίζει να επισημανθεί πως η αποθήκευση ΑτΘ σε υπόγειους ταμιευτήρες θεωρείται μόνιμη και με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η κλιματική ουδετερότητα. Επίσης, η δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα ή από βιομάζα και η αποθήκευση της σε υπόγειους ταμιευτήρες ανταποκρίνεται σε δραστηριότητα με αρνητικό αποτύπωμα εκπομπών. Στα αέρια ΑτΘ περιλαμβάνονται το CO₂ που παράγεται κατά την καύση ορυκτών καυσίμων στον ενεργειακό τομέα, το CO₂ που εκλύεται στις βιομηχανικές διεργασίες αλλά δεν συντελείται καύση και κάποια άλλα αέρια που προέρχονται από επιμέρους διεργασίες. Ο τομέας της ενέργειας παράγει περίπου το 80% των συνολικών εκπεμπόμενων ΑτΘ. Ο ενεργειακός τομέας χαρακτηρίζεται από κλιματική ουδετερότητα σε περιπτώσεις όπου οι καθαρές εκπομπές ύστερα από καύση ορυκτών καυσίμων είναι μηδενικές. **Οι όροι ανθρακούχες εκπομπές ή ανθρακικό αποτύπωμα αντιστοιχούνται στο CO₂ που εκλύεται στην ατμόσφαιρα λόγω καύσης ορυκτών καυσίμων. Στις έννοιες αυτές δεν εμπεριέχονται εκπομπές CO₂ από ενώσεις οι οποίες θεωρούνται κλιματικά ουδέτερες, δηλαδή της βιομάζας και των συνθετικών υδρογονανθράκων.**

1.5.3 Σκοπός της Μακροχρόνιας Στρατηγικής

Το ενιαίο ευρωπαϊκό πλαίσιο που αφορά την ενέργεια και το κλίμα προβλέπει για κάθε χώρα ξεχωριστά ποσοτικούς στόχους με ορίζοντα χρονικό από 2050. Επιδίωξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι ο περιορισμός των ΑτΘ ώστε να εκπληρωθεί ο στόχος των 2 βαθμών κελσίου και της κλιματικής ουδετερότητας. **Συνεπώς, κάθε μέλος της Ε.Ε. έχει να αντιμετωπίσει το ζήτημα της ανάλυσης εναλλακτικών διαδρομών και σεναρίων μέσω των οποίων θα**

επιτευχθούν οι αντίστοιχοι στόχοι για τις εκπομπές το έτος 2050, μετασχηματίζοντας ουσιαστικά το ενεργειακό σύστημα.

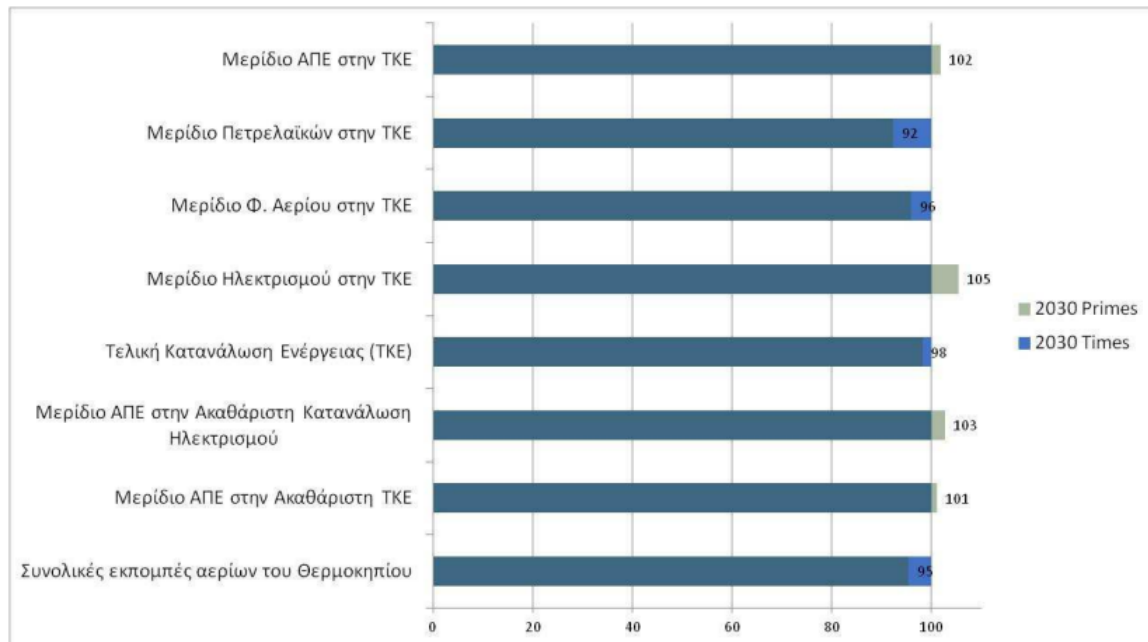
Η μακροχρόνια στρατηγική για το 2050 αξιολογεί εναλλακτικές λύσεις και διαδρομές οι οποίες καταλήγουν σε οικονομία κλιματικής ουδετερότητας. Τα μέτρα και οι πολιτικές που περιγράφονται αποσκοπούν στον περιορισμό των εκπεμπόμενων ΑτΘ μέχρι το 2050 μέσω της επεξεργασίας 2 στρατηγικών. Η μία από αυτές έχει ως στόχο την μείωση των εκπομπών, σε επίπεδο που να επιτυγχάνεται η επιδίωξη των 2 βαθμών κελσίου, και η άλλη σε μείωση του CO₂ για την επιδίωξη του 1,5 βαθμού κελσίου.

Όπως προκύπτει, στο πλαίσιο του IPCC και της ΕΕ, η στοχοθέτηση των 2 βαθμών κελσίου γίνεται πιο προσιτή όταν η Ευρώπη μειώνει τις εκπομπές ΑτΘ σε ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 80% και 85% το 2050 και με έτος βάσης είναι 1990. Όμως, στην περίπτωση του 1,5 βαθμού κελσίου απαιτείται περιορισμός των εκπομπών με ποσοστιαία μείωση 95% στο σύνολο της Ευρώπης και για το ίδιο έτος βάσης. Οι επιδιώξεις που αποσκοπούν στην μείωση του ρυθμού ανόδου της θερμοκρασίας της γης προϋποθέτουν την συρρίκνωση των ΑτΘ στην βιόσφαιρα, με αποτέλεσμα να μελετώνται οι σωρευτικές δηλαδή οι συνολικές εκπομπές ΑτΘ μέχρι το 2050.

Μελέτες της ΕΕ υποδεικνύουν περιορισμό των εκπομπών CO₂ στην Ευρώπη κατά 40-45% για το 2030. Για το χρονικό διάστημα 2030 – 2050 αναμένεται σταθερή δηλαδή ευθύγραμμη μείωση μέχρι το στόχο του ποσοστού 80-85%. Συνεπώς, οι αθροιστικές εκπομπές CO₂ στην Ευρώπη κυμαίνονται σε επίπεδα που συμβαδίζουν με την επιδίωξη των 2 βαθμών κελσίου. Ωστόσο, για τον στόχο του 1,5 βαθμού κελσίου γίνεται αρχικά η παραδοχή της ευθύγραμμης ομαλής μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων η οποία κυμαίνεται το 2030 σε ποσοστά 40-45%, να φτάνει τελικά στο 95% έτος 2050 για να επιτευχθούν οι αντίστοιχοι στόχοι καθώς είναι προϋπόθεση για την συγκεκριμένη θερμοκρασία.

Με την ανάπτυξη ενδεικτικών διαδρομών και περιπτώσεων η ΜΣ50 αποσκοπεί στον προσδιορισμό των δυνατοτήτων που μελλοντικά μπορεί να παρέχει το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας χωρίς να υποδεικνύεται ποια από αυτές τις πιθανές διαδρομές πρέπει να εφαρμοστεί. Με αυτόν τον τρόπο, το μακροχρόνιο στρατηγικό πλάνο θέτει ως πλαίσιο τη σύγκριση μεταξύ των πιθανών διαδρομών και επιχειρηματολογεί για καθεμία από τις προτάσεις που περιορίζουν τα ΑτΘ, με απώτερο ποσοτικό στόχο τους 2 βαθμούς κελσίου και τον 1,5 βαθμό κελσίου.

Όλα τα σενάρια που περιγράφονται στον μακροχρόνιο σχεδιασμό αναπτύσσονται με την παραδοχή ότι έχουν εκπληρωθεί οι προηγούμενοι στόχοι του ΕΣΕΚ για το 2030, υποθέτοντας παράλληλα την πλήρη υλοποίηση των προτεραιοτήτων πολιτικής και των μέτρων πολιτικής.



Το 2030 αποτελεί αφετηρία από την οποία ξεκινά η εφαρμογή πολιτικών και μέτρων για την εκπλήρωση των κλιματικών και ενεργειακών στόχων το έτος 2050 και αφού έχουν ολοκληρωθεί με επιτυχία οι αντίστοιχοι του ΕΣΕΚ. Παρ' όλα αυτά, τα διάφορα μέτρα πολιτικής και οι τεχνολογίες που εφαρμόστηκαν για να επιτευχθούν οι στόχοι για το 2030 αποτελούν το μέσο πάνω στο οποίο εξελίσσεται ο σχεδιασμός καινούργιων που θα ενισχύσουν τον δεδομένο ρυθμό εφαρμογής τους. Υπό αυτό το πρίσμα η μακροχρόνια στρατηγική δεν επιλέγει και δεν απορρίπτει τεχνολογίες και πολιτικές. Αντιθέτως, προσομοιώνει τις προϋποθέσεις, τις προκλήσεις και τις δυνατότητες που θεωρητικά επιφέρουν στο ενεργειακό σύστημα σύμφωνα με την επίτευξη των στόχων του 2050.

1.5.4 Μεθοδολογία

Εισαγωγή

Για να αναβαθμιστεί η μέθοδος που μειώνει τις εκπομπές CO₂ ανά τομέα και Για να αναπτυχθούν η κατάλληλες τεχνολογίες απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο προσδιορισμός της έκβασης των στοιχείων που διακινδυνεύονται. Συνεπώς, πραγματοποιούνται υποθέσεις που αφορούν τις αβεβαιότητες και σχεδιάζονται πιθανά σενάρια, τα οποία αντιστοιχίζονται σε αριθμητικά στοιχεία χάρη στο ενεργειακό μοντέλο. Επειδή οι αβεβαιότητες είναι θεωρήσεις και δεν αποτελούν κάτι στατικό δεν επιτρέπεται η επιλογή ενός μόνο στοιχείου παρά μόνο στην ανά μεταξύ τους σύγκριση προσφέροντας δεδομένα

για αξιολόγηση των στρατηγικών προτεραιοτήτων και διαφορετικές μεθόδους επίλυσης αναλόγως με την έκβαση των στοιχείων που διακινδυνεύονται.

Αφού κύριος στόχος είναι ο προσδιορισμός των προτεραιοτήτων πολιτικής χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι αβεβαιότητες, πραγματοποιείται ποσοτικοποίηση και μιας πιθανής λύσης η οποία συμπεριλαμβάνει αποκλειστικά τις βασικές Π.Π. ενισχυμένες σε έκταση και ένταση. Παρ' όλα αυτά δεν επιτυγχάνεται πλήρως ο στόχος περιορισμού των ΑτΘ αν και εμπεριέχονται αυτούσιες στα πιθανά σενάρια όπου αναπτύσσονται διαφορετικά μέτρα πολιτικής, στην κατάλληλη κλίμακα ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι.

Σχεδιασμός σεναρίων

Ακολουθούν οι βασικές προτεραιότητες πολιτικής και αναζητούνται ως σενάριο << βασικών πολιτικών – ΕΣΕΚ – 2050>>. Πρόκειται για αυτούσιες και στατικές προτεραιότητες πολιτικής που βρίσκουν εφαρμογή σε όλα τα σενάρια της ΜΣ50:

- I. Αναβάθμιση στην ενεργειακή απόδοση συνολικά σε όλους τους τομείς και συγκεκριμένα σε ευρύ φάσμα ενίσχυση της ενέργειας σε κατοικίες και κτιριακές εγκαταστάσεις,
- II. διείσδυση των ΑΠΕ στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής Αλλά και στην πλειονότητα των τομέων ενώ ταυτόχρονα εκμηδενίζεται η εκπομπή CO₂ που προέρχεται από την καύση στερεών καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή,
- III. πλήρης εξηλεκτρισμός του τομέα των μεταφορών αλλά και του τομέα της θερμότητας με παράλληλη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος της ηλεκτρικής ενέργειας,
- IV. δημιουργία συνθετικών καυσίμων και αερίου από βιομάζα αξιοποιώντας εγχώριες καινοτόμες τεχνικές,
- V. ενισχυμένη διασύνδεση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και αερίου και αποπεράτωση έργου σύζευξης των αγορών στην ευρύτερη περιοχή.

Κατά την ποσοτικοποίηση της πιθανής διαδρομής << βασικών πολιτικών – ΕΣΕΚ – 2050>> (scenario no – regrets) προκύπτει πως ακόμη και αν απορροφηθεί πλήρως η δυναμική των πολιτικών τόσο σε οικονομικό όσο και σε τεχνικό επίπεδο οι εκπομπές CO₂ θα περιοριστούν σε τέτοιο βαθμό μέχρι το 2050 που δεν θα επιτυγχάνονται οι στόχοι μείωσης που απαιτούνται για τους 2 βαθμούς κελσίου ή και τον ενάμιση βαθμό κελσίου. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη πολιτικών οι οποίες προβλέπουν μετασχηματισμούς και καινοτομίες που σήμερα βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο. Από την ανάλυση των πιθανών διαδρομών και την ανά μεταξύ τους σύγκριση προκύπτουν οι βασικές πολιτικές και οι οποίες είναι σε όλα τα σενάρια κοινές.

Τα σενάρια της μακροχρόνιας στρατηγικής ορίζονται ως εξής:

- Σενάριο EE2 (εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τους 2 βαθμούς κελσίου – Energy Efficiency and Electrification for 2°C)
- Σενάριο NC2 (νέοι ενεργειακοί φορείς για τους 2°C – New energy carriers for 2°C)
- Σενάριο EE1.5 (εξηλεκτρισμός και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης για τον 1.5°C – Energy Efficiency and Electrification for 1.5°C)
- Σενάριο NC1.5 (νέοι ενεργειακοί φορείς για τον 1.5°C – New energy carriers for 1.5°C)

Στα σενάρια EE θεωρείται πως η ανάπτυξη κλιματικά ουδέτερων καινούργιων φορέων ενέργειας είναι οικονομικά αλλά και τεχνολογικά αβέβαιη. Συνεπώς, τα ορυκτά καύσιμα Δεν βρίσκουν αντικαταστάτη γεγονός που οδηγεί στον εξηλεκτρισμό σε όλους τους επιμέρους τομείς αλλά και στην ενίσχυση της απόδοσης της ενέργειας συμβάλλοντας στον μετασχηματισμό της οικονομίας προς μία κυκλική μορφή τόσο στις μεταφορές όσο και στη βιομηχανία. Παράλληλα, τα EE συμπεριλαμβάνουν δράσεις ανάπτυξης και κατανάλωσης βιοκαυσίμων και βιοαερίου σε ένα ευρύ φάσμα στους τομείς όπου δεν είναι εφικτή η ολοκληρωτική αντικατάσταση των στερεών καυσίμων από τον ηλεκτρισμό. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι αναγκαίο να πραγματοποιείται με μηδενικό ανθρακικό αποτύπωμα και κατ' επέκταση να προέρχεται από την διευρυμένη διείσδυση των ΑΠΕ.

Όσον αφορά τα σενάρια NC, προϋποθέτουν πως συγκεκριμένες ευρωπαϊκές πολιτικές εξασφαλίζουν τη βαθμιαία εξέλιξη των τεχνολογιών που υποστηρίζουν το υδρογόνο, το βιοαέριο και το συνθετικό μεθάνιο. Με αυτόν τον τρόπο θα προωθηθούν τεχνολογίες με προδιαγραφές ουδέτερου ανθρακικού αποτυπώματος που θα συμβάλλουν στους αντίστοιχους στόχους. Παρ' όλα αυτά, οι αρκετά φιλόδοξες πολιτικές αποσκοπούν στην βελτίωση της απόδοσης της ενέργειας αλλά και τον εξηλεκτρισμό του τομέα της θερμότητας και μεταφορών. Διαφορετικά στα σενάρια NC ο τύπος ηλεκτροπαραγωγής δηλαδή οι ΑΠΕ θα μεγάλωναν σε τέτοιο βαθμό ώστε να παράγεται ουδέτερο υδρογόνο και συνθετικό αέριο από τον ηλεκτρισμό. **Στα σενάρια NC η στοχοθέτηση που αποβλέπει στην ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης και τον εξηλεκτρισμό είναι μικρότερη από τα σενάρια EE. Παράλληλα, το CO₂ εκπομπές που εκπέμπεται από την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων περιορίζεται στα NC κυρίως λόγω της διευρυμένης εφαρμογής των αερίων και υδρογονανθράκων μηδενικού και ελάχιστου αποτυπώματος άνθρακα. Αντιθέτως, στα EE οι εκπομπές CO₂ δεν εκλύονται γιατί έχει τεθεί πιο φιλόδοξη πολιτική με την οποία επιτυγχάνεται αποδοτικότερη ενέργεια, διεύρυνση εξηλεκτρισμού και αυξημένη χρήση βιομάζας.**

Πίνακας 22: Σχεδιασμός σεναρίων για το Μ250. (ΕΣΕΚ)

Σενάρια						
Παράμετροι διαμόρφωσης σεναρίων	ΕΣΕΚ-2030	Βασικές Πολιτικές (ΕΣΕΚ-2050)	EE2	EE1.5	NC2	NC1.5
2030-2050						
Βασικές πολιτικές ΕΣΕΚ	Επιβράδυνση μετά το έτος 2030	Επιτάχυνση προτεραιοτήτων πολιτικής ΕΣΕΚ και επέκταση μετά το έτος 2030				
Επιπλέον μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης	ΟΧΙ	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Πολύ φιλόδοξα	Πολύ φιλόδοξα
Επιπλέον μέτρα εξηλεκτρισμού θερμότητας και μεταφορών	ΟΧΙ	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Πολύ φιλόδοξα	Πολύ φιλόδοξα
Επιπλέον μέτρα για βιοκαύσιμα	ΟΧΙ	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Φιλόδοξα	Πολύ φιλόδοξα
Επιπλέον μέτρα για βιοαέριο	ΟΧΙ	Όχι επιπλέον επέκταση	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο
Κλιματικά ουδέτερο υδρογόνο και μεθάνιο	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Πολύ φιλόδοξα	Μέγιστο

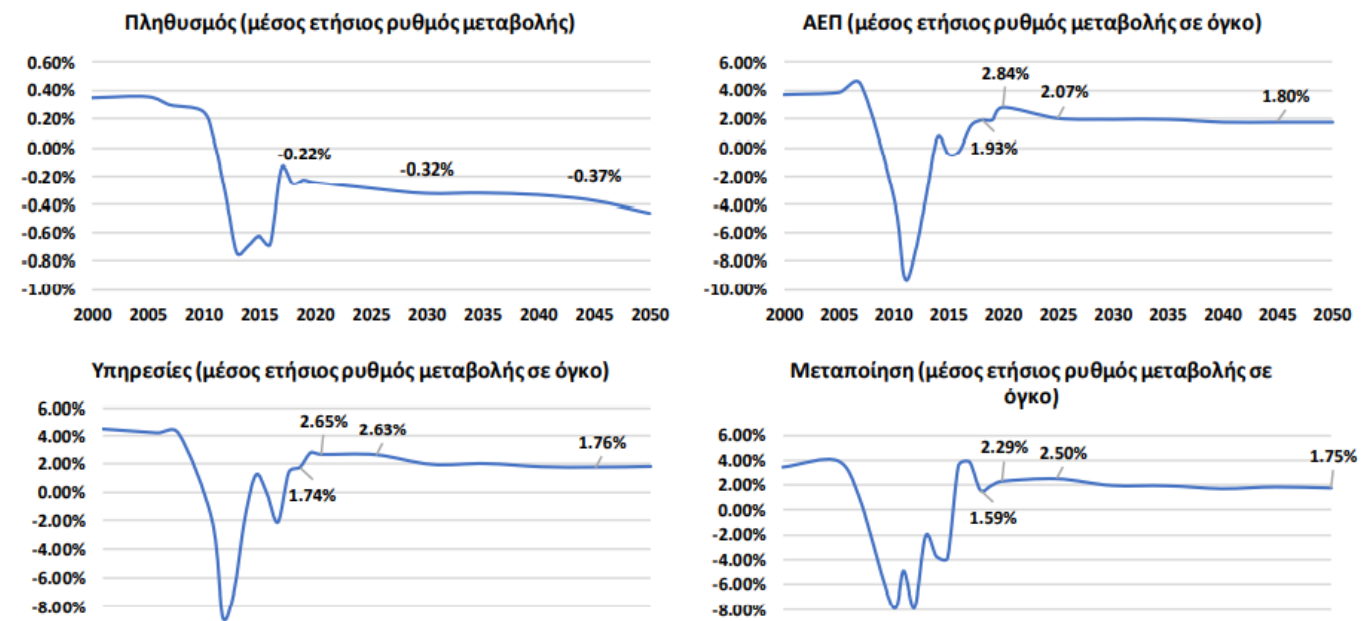
Όλα τα σενάρια μακροχρόνιας στρατηγικής εμπεριέχουν τεχνολογίες, αναδιαμορφώσεις και μέτρα πολιτικής που η εφαρμογή τους έχει ανατρεπτική ισχύ και καινοτόμο φύση που μεταβάλλουν τις καθιερωμένες πρακτικές.

Οι κύριες πολιτικές αποτελούν το κοινό υπόβαθρο σε όλα τα σενάρια και συνοδεύονται από την διευρυμένη εφαρμογή τους το χρονικό διάστημα 2020 – 2030. Ωστόσο, κρίνονται ελλιπείς καθώς δεν επιτυγχάνονται οι κλιματικοί στόχοι για το 2050, δεδομένου ότι δεν πραγματοποιούνται καινοτομίες στην πολιτική και στις τεχνολογίες όπως αυτές αναπτύσσονται το 2030 – 2050.

Τα ΕΕ δεν εμπεριέχουν την ανάπτυξη κλιματικά ουδέτερων καυσίμων στην τελική κατανάλωση, όμως προβλέπουν προτάσσουν την εξοικονόμηση και τον εξηλεκτρισμό σε βαθμό τέτοιο που ξεπερνά τις συμβατικές πρακτικές (Π.χ. γενικευμένα μηδενική κατανάλωση ενέργειας στις κτιριακές εγκαταστάσεις, διαμοιρασμός και κοινή χρήση των οχημάτων, κυκλική οικονομία, εξηλεκτρισμός της βιομηχανίας υψηλής θερμοκρασίας, κλπ.).

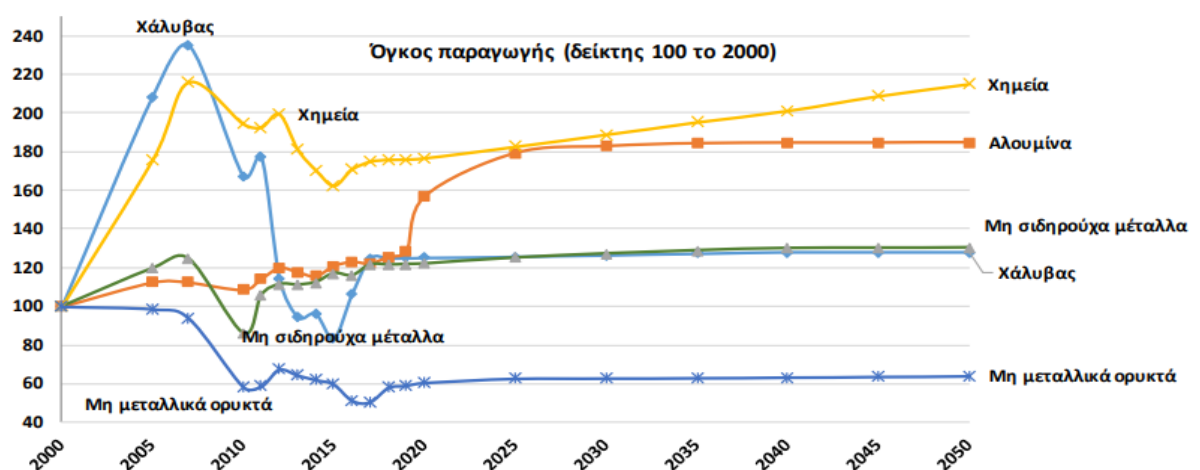
Οι αλλαγές που εντοπίζονται στα διαφορετικά σενάρια και στοχεύουν στον 1.5°C οφείλονται στο γεγονός ότι αναμένεται ο μέγιστος περιορισμός των εκπομπών ΑτΘ σε όλους τους τομείς. Συνεπώς, στα σενάρια αυτά προωθούνται πολιτικές και μέτρα που χαρακτηρίζονται από μέγιστη δυναμική. Παράλληλα, εφαρμόζονται σύγχρονες τεχνολογίες δέσμευσης, αποθήκευσης και χρήσης του CO₂, ωστόσο σε ένα πιο στενό πλαίσιο όπου και αξιοποιούνται στους τομείς εκείνους που δεν καταφέρουν άλλον αποδοτικό τρόπο περιορισμού του διοξειδίου του άνθρακα. Αντιθέτως, σε εκείνα τα σενάρια που ο τελικός στόχος είναι οι 2°C δεν

εμπεριέχονται τεχνολογίες δέσμευσης, αποθήκευσης και χρήσης (CCUS) με αποτέλεσμα να διατηρείται όγκος εκπεμπόμενων ΑτΘ σε συγκεκριμένους τομείς οι οποίοι απαιτούν επιπρόσθετα κεφάλαια επειδή έχει επιτευχθεί η μέγιστη βεβαίωση των εκπομπών.



Σχήμα 5: Πιθανή διαδρομή της οικονομίας και του πληθυσμού. (ΕΣΕΚ)

Η διακύμανση της κατανάλωσης στις ενεργοβόρες βιομηχανίες κυμαίνεται ανάλογα με τον όγκο της παραγωγής. Συνεπώς, ο συγκεκριμένος τομέας θεωρείται πως θα διαγράψει όγκο παραγωγής ανάλογη και με μειωμένη τάση κύμανση της προστιθέμενης αξίας του κλάδου. Επειδή, αυξάνεται η παραγωγικότητα της ενέργειας ταυτόχρονα με την αναβάθμιση των προϊόντων δηλαδή την αυξημένη προστιθέμενη αξία συντελείται η σταθερή απόκλιση της τάσης.

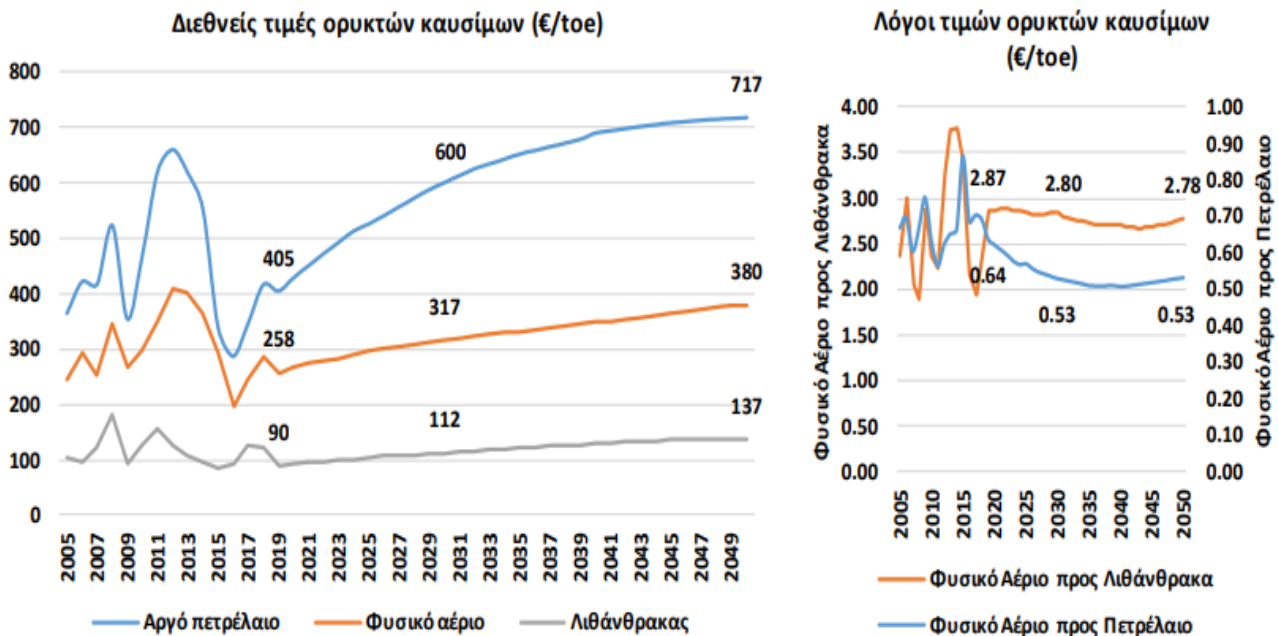


Σχήμα 6: Πιθανή διακύμανση παραγωγικότητας ενεργοβόρων βιομηχανιών. (ΕΣΕΚ)

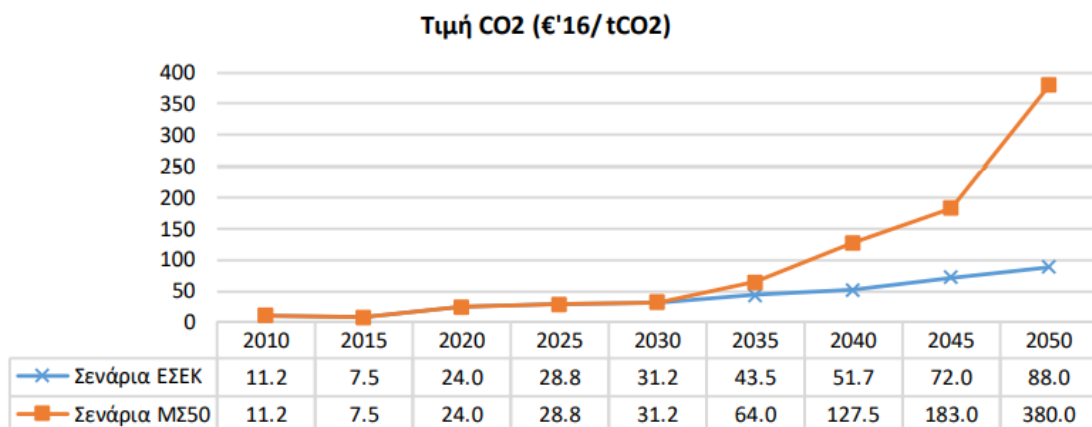
Στα πιθανά σενάρια της ΜΣ50 εφαρμόζεται η ίδια παραδοχή σχετικά με την διακύμανση της τιμής πώλησης φυσικού αερίου και του πετρελαίου με το ΕΣΕΚ. Η μεταβολή των τιμών μάρτυρα αργή αλλά αυξητική πορεία έως το έτος 2030 και μια ταχύτερη και με ίδια αυξητική κατεύθυνση μετά το πέρας του 2030. Η πιθανή διαδρομή στην οποία αναφέρονται οι τιμές προβλέπεται ρυθμική διάρρηξη στην σχέση των τιμών μεταξύ φυσικού αερίου και πετρελαίου. Καθοριστικό ρόλο θα διαδραματίσει η διαμόρφωση αυτόνομης αγοράς υδροποιημένου φυσικού αερίου.

Στα σενάρια αυτά ο μηχανισμός που σταθεροποιεί την αγορά, και ο οποίος τέθηκε σε εφαρμογή πρόσφατα για το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων του CO₂ (EU ETS), θα αποδώσει μετά το 2030 σε ευρωπαϊκό επίπεδο με αποτέλεσμα να περιοριστεί η διαθεσιμότητα των δικαιωμάτων εκπομπών και να επιτευχθεί η εκμηδένιση του CO₂ πριν το 2050 σε εκείνους τους τομείς όπου διέπονται από το ETS, δηλαδή της ηλεκτροπαραγωγής, της διανεμόμενης θερμότητας και του βιομηχανικού ατμού. Οι συγκεκριμένες τιμές παρουσιάζουν αύξηση μετά το 2030 και σύμφωνα με το ΜΣ50 δηλαδή αντιθέτως με το σχέδιο του ΕΣΕΚ. Επίσης, προβλέπεται η αύξηση αυτή να είναι σε τόσο μεγάλο βαθμό, αλλά σύμφωνα με το πλαίσιο των πολιτικών που θα ακολουθηθούν σε ευρωπαϊκό επίπεδο, που θα προσεγγίζεται η κλιματική ουδετερότητα έως το 2050 με αποτέλεσμα οι τιμές αυτές να κινούνται μαζί με το οριακό κόστος μείωσης των ελαχίστων εκπεμπόμενων ρύπων CO₂ και οι οποίοι θα παραμείνουν στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Συνεπώς, η εκμηδένιση του εναπομείναντος μικρού ποσοστού εκπεμπόμενων ΑτΘ θα παρουσιάζει αύξηση του οριακού κόστους του με αμελητέα αρνητική επίδραση στον ηλεκτροπαραγωγικό τομέα παρά το γεγονός ότι τα δικαιώματα εκπομπών θα κατοχυρώνονται με ακόμα υψηλότερο κόστος. Παράλληλα, αναπροσαρμογή και εντατικοποίηση στις ρυθμίσεις του μηχανισμού που σταθεροποιεί την αγορά και τα δικαιώματα εκπομπής CO₂, θα ευθυγραμμίσουν το οριακό κόστος εξάλειψης των εκπομπών με τις τιμές αγοράς τους. Ο ανανεωμένος μηχανισμός σταθεροποίησης θα αποτελέσει κινητήριο δύναμη της ηλεκτρικής ενέργειας για καθιέρωσή της ως μέσο περιορισμού των εκπομπών CO₂ για που προέρχονται από την θερμότητα και τον τομέα των μεταφορών ενώ ταυτόχρονα η ηλεκτροπαραγωγή θα προσεγγίζει την κλιματική ουδετερότητα.

Επειδή, οι τιμές του διοξειδίου του άνθρακα αυξάνονται και επειδή αντίστοιχα αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση του φυσικού αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή συνεπάγεται μέσο κόστος φυσικού αερίου στις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες αρκετά μικρότερο από το αντίστοιχο των μονάδων άνθρακα το χρονικό διάστημα 2020 – 2050.



Σχήμα 7: Μεταβολή των τιμών των ορυκτών καυσίμων στην διεθνή αγορά (μέση τιμή εισαγωγής χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το κόστος μεταφοράς στα σημεία διάθεσης, κόστος αποθήκευσης και εξισορρόπησης). (ΕΣΕΚ)



Σχήμα 8: Πιθανή διακύμανση των τιμών εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής CO2 με βάση το EU ETS. (ΕΣΕΚ)

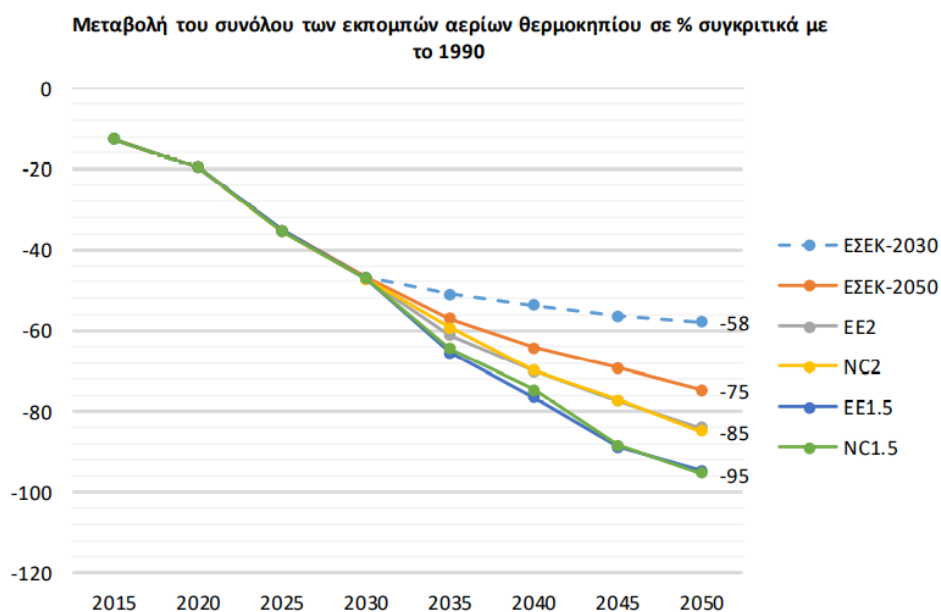
Στα σενάρια της ΜΣ50 γίνεται η παραδοχή ότι το μέσο κόστος κεφαλαίου που θα απορροφούν οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής θα είναι 8,5% (WACC) και οι υποδομές των δικτύων 7,5%. Παράλληλα, οι τομείς της ζήτησης ενέργειας αντιστοιχίζονται σε επιτόκιο προεξόφλησης, για

την επιλογή επενδύσεων που στοχεύουν στην εξοικονόμηση ενέργειας και στον εξοπλισμό με συσκευές και οχήματα, της τάξης του 10% (κυμαινόμενο 15 – 8% αναλόγως την εισοδηματική κατηγορία που κατατάσσονται τα νοικοκυριά).

1.5.5 Ποσοτικά αποτελέσματα σεναρίων

Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου

Σύμφωνα με τα δεδομένα που εξάγονται από την προσομοίωση, ο σταδιακός περιορισμός των πολιτικών την περίοδο 2030 – 2050, συνεπάγεται ανακοπή της τάσης μείωσης των εκπομπών ΑτΘ, σε αντίθεση με την αντίστοιχη της περιόδου 2020 - 2030, γεγονός που οφείλεται στην επιτυχημένη εφαρμογή των μέτρων πολιτικής που περιγράφονται ΕΣΕΚ για έως το 2030.



Σχήμα 9: Σωρευτικός όγκος εκπεμπόμενων ΑτΘ ανά σενάριο εφαρμογής στην Ελλάδα. (ΕΣΕΚ)

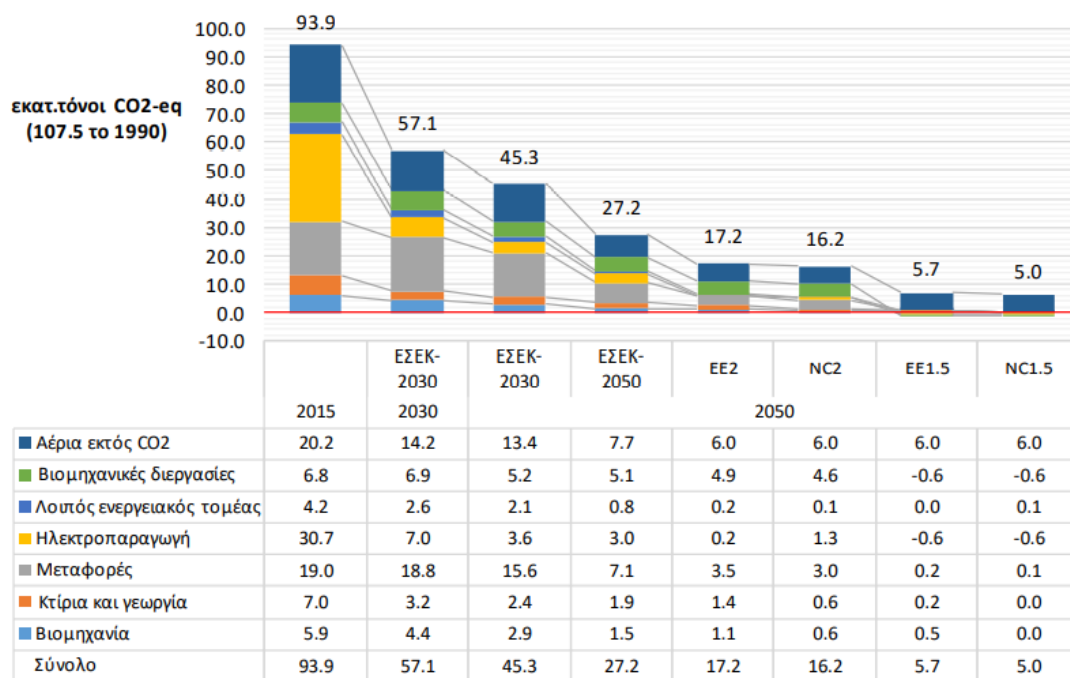
Διάρθρωση των εκπομπών ανά τομέα

Τα δεδομένα που προκύπτουν από την προσομοίωση των σεναρίων υποδεικνύουν εκλυόμενες ποσότητες ΑτΘ από τομείς οι οποίοι εμφανίζουν τη μεγαλύτερη αντίσταση στην προσαρμογή μείωσης των εκπομπών αυτών και είναι οι παρακάτω με σειρά αναγκαιότητας:

- I. Εκπεμπόμενα ΑτΘ πέραν του CO₂ και οι εκπομπές CO₂ από διεργασίες της βιομηχανίας που δεν πραγματοποιούν καύση.
- II. Εκπεμπόμενα ΑτΘ που προέρχονται από την χρήση ορυκτών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών δηλαδή τα οχήματα, τα πλοία και τα αεροσκάφη.

III. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου λόγω καύσης περιορισμένων ποσοτήτων φυσικού αερίου για θερμική χρήση τόσο στη βιομηχανία όσο και στον οικιακό τομέα.

IV. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προερχόμενες από την περιορισμένη χρήση φυσικού αερίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση ανάγκης όπως η εφεδρεία και η εξομάλυνση των αβεβαιοτήτων στις ΑΠΕ.



Σχήμα 10: Διακύμανση ποσοτήτων ΑτΘ για κάθε τομέα στα διαφορετικά πιθανά σενάρια που αναπτύσσονται στην Ελλάδα. (ΕΣΕΚ)

Ο απότομος ρυθμός περιορισμού CO₂ Η σε βιομηχανικές διεργασίες που δεν προβλέπουν καύση προϋποθέτει διευρυμένη εφαρμογή τεχνολογιών που δεσμεύουν, χρησιμοποιούν και αποθηκεύουν το διοξείδιο του άνθρακα. Στις πιθανές διαδρομές θεωρείται πως έχουν ήδη εξαντληθεί δυνατότητες παρέμβασης, με χαρακτηριστικό παράδειγμα νέες διεργασίες και καινούργια υλικά, για να πραγματοποιηθούν οι τεχνικές δεσμεύσεις που αφορούν τις εκπομπές ΑτΘ. Παρ' όλα αυτά, στην Ελλάδα, οι αντίστοιχες εκπομπές ΑτΘ οφείλονται στον τομέα της βιομηχανίας τσιμέντου και άλλων οικοδομικών υλικών και με μικρό ποσοστό ακόμη στη χημική βιομηχανία. Ο τομέας της βιομηχανίας της τσιμέντου δύναται να περιορίσει τα ΑτΘ που εκπέμπει μέσω διαφοροποίησης των υλικών που αξιοποιεί ενώ, η χημική βιομηχανία αναμένεται να περιορίσει τις εκπομπές της εφαρμόζοντας νέες πρακτικές και χρησιμοποιώντας το πράσινο υδρογόνο αντί για υδρογονάνθρακες. Συγκεκριμένα, για την βιομηχανία τσιμέντου βρίσκουν εφαρμογή οι παραπάνω πρακτικές στις προσομοιώσεις χωρίς να επιτυγχάνονται οι αντίστοιχοι στόχοι. Συνεπώς, υποθέτοντας πως εφαρμόζονται ευρέως τεχνικές δέσμευσης, αποθήκευσης και χρήσης το διοξείδιο του άνθρακα διαφαίνονται επιτυχημένες σε εκείνα τα σενάρια που

έχουν ως στόχο τον 1.5°C και λιγότερο στα σενάρια των 2°C . Στις πρώτες πιθανές διαδρομές, οι συγκεκριμένες τεχνικές εφαρμόζονται στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής αλλά σε περιορισμένη ένταση και έκταση.

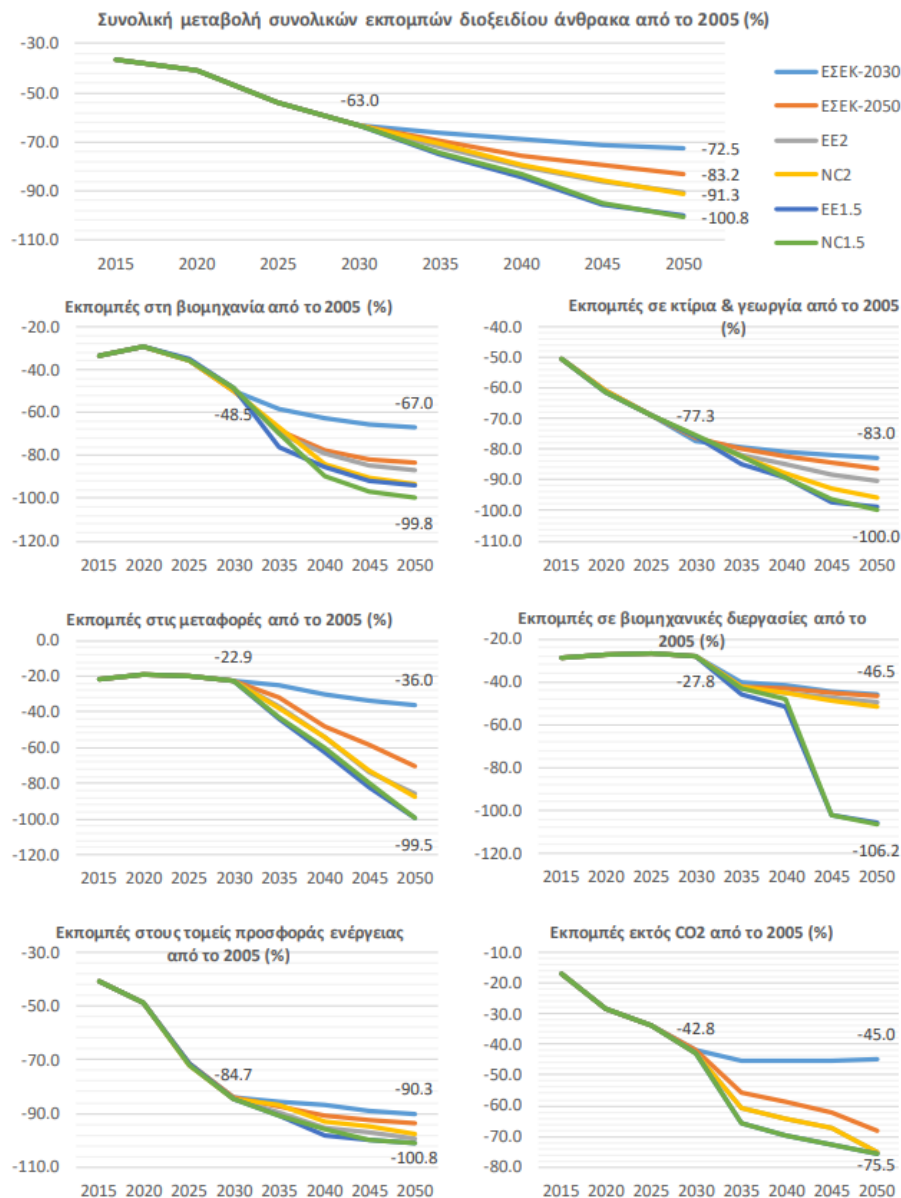
Αντίθετα, η χημική βιομηχανία μπορεί και συνδυάζει την χρήση τεχνολογιών που δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο εκλύεται κατά την παραγωγή τσιμέντου με την αξιοποίηση το κλιματικά ουδέτερου υδρογόνου. Που χρησιμοποιείται για την παραγωγή πρώτων υλών υδρογονανθράκων στην πετροχημεία. Με αυτόν τον τρόπο το CO_2 παραμένει μόνιμα εγκλωβισμένο σε πλαστικά υλικά και δεν εκλύονται στην ατμόσφαιρα ΑτΘ. Επίσης, στην περίπτωση όπου το οποίο διοξείδιο του άνθρακα περιορίζεται λόγω παραγωγής βιομάζας, διεργασία όπως η αναμόρφωση βιοαερίου με τελικό προϊόν το οποίο μεθάνιο, τότε το CO_2 εγκλωβίζεται μόνιμα στα υλικά μέσω των υδρογονανθράκων με αποτέλεσμα η τεχνική να προσδιορίζεται με προδιαγραφές αρνητικού πρόσημου εκπομπών ΑτΘ. Η συγκεκριμένη διεργασία εφαρμόζεται στο σενάριο NC1.5 και περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται το αρνητικό πρόσημο των εκπομπών που εμφανίζεται στα αποτελέσματα.

Το φυσικό αέριο προσφέρει τεχνικά και οικονομικά προβάδισμα σε θερμική χρήση τόσο στον τομέα της βιομηχανίας όσο και στον οικιακό συγκρινόμενο με άλλα καύσιμα. Οι διεργασίες της βιομηχανίας στις οποίες εφαρμόζεται φλόγα κάμινος υψηλής θερμοκρασίας αλλά και η παραγωγή ατμού δύσκολα αντικαθίστανται ολοκληρωτικά από ηλεκτρική ενέργεια. Συνεπώς, θα συνεχίσουν να πραγματοποιούνται ενεργειακές χρήσεις θερμότητας οι οποίες απαιτούν καύσιμο. Εκτιμάται πως θα εξοικονομηθεί ενέργεια λόγω του περιορισμού χρήσης των παραπάνω, ωστόσο δεν επιτυγχάνεται εκμηδενισμός του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται χωρίς την αντικατάσταση από κλιματικά ουδέτερο καύσιμο. Μπορεί συνδυαστικά η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, ο εξηλεκτρισμός και η επιλεκτική κατανάλωση φυσικού αερίου αντί άλλων ορυκτών καυσίμων να μειώνει σε πολύ μικρά ποσοστά τις εκπομπές αλλά και πάλι δεν μηδενίζονται σε θερμικές χρήσεις όπως στον τομέα της βιομηχανίας και τον οικιακό.

Η παραγωγή κλιματικά ουδέτερου ηλεκτρισμού θα συμβάλει στη ραγδαία μείωση των εκπομπών ΑτΘ στον τομέα των μεταφορών και της θερμότητας. Σύμφωνα με το ΕΣΕΚ αυτό έχει ήδη επιτευχθεί έως το 2030 καθώς εφαρμόζονται πολιτικές απολιγνιτοποίησης και διευρυμένης ηλεκτροπαραγωγής από μονάδες ΑΠΕ. Η κλιματική ουδετερότητα στην ηλεκτροπαραγωγή υλοποιείται μέσω του εξηλεκτρισμού, της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων και των αντλιών θερμότητας. Το ποσοστό μείωσης των εκπεμπόμενων ΑτΘ εκτιμάται στο -98% το έτος 2040 με έτος βάσης το 2005 στα σενάρια που έχουν ως στόχο τον $1,5^{\circ}\text{C}$ και στο -93% Στα σενάρια που έχουν ως στόχο τους 2°C . Το έτος 2050 επιτυγχάνονται αρνητικές

εκπομπές στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής και συγκεκριμένα στα σενάρια του 1,5°C αντισταθμίζοντας εκπομπές από τομείς που δεν επιτυγχάνουν τον στόχο.

Η καύση φυσικού αερίου όταν ακολουθείται από τεχνικές δέσμευσης και αποθήκευσης CO₂ καθίσταται στρεφόμενη εφεδρεία προσφέροντας αρνητικές εκπομπές σε περιπτώσεις όπου το CO₂ δεσμεύεται από μονάδες καύσης βιομάζας.



Σχήμα 11: Διακύμανση εκπεμπόμενων ΑτΘ ανά τομέα. (ΕΣΕΚ)

Στην περίπτωση παραγωγής κλιματικά ουδέτερων καυσίμων, υδρογόνου, μεθανίου και ίσως υγρών υδρογονανθράκων, τα καύσιμα αυτά επιτρέπουν τόσο αποθήκευση όσο και στρεφόμενη εφεδρεία από θερμικές μονάδες. Όμως η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί σημαντικά γιατί με τα σημερινά δεδομένα τα κλιματικά ουδέτερα καύσιμα

χρειάζονται σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας για να παραχθούν. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να αυξηθεί ακόμα περισσότερο η εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ και κατά συνέπεια οι εφεδρείες και οι πόροι εξισορρόπησης. Συμπληρωματικά δρουν οι τεχνικές δέσμευσης και αποθήκευσης διοξειδίου άνθρακα ώστε να εξαλειφθούν παντελώς οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ενώ κάποιες μικρές ποσότητες εκπομπών από φυσικό αέριο μπορεί να παραμείνουν παρά τα κλιματικά ουδέτερα καύσιμα.

Κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία

Πίνακας 23: Όγκοι παραγωγής ενεργοβόρων υλικών σε σενάρια με πολιτική για την κυκλική οικονομία. (ΕΣΕΚ)

Δείκτης όγκου παραγωγής (2015=100)	2015	2030	2050		
			Σενάρια NC	EE2	EE1.5
Χάλυβας	100	151	153	148	140
Μη σιδηρούχα μέταλλα	100	109	111	109	107
Χημεία	100	116	132	124	114
Μη μεταλλικά ορυκτά	100	105	106	101	93
Γυαλί	100	113	145	137	127

Η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από καύση ορυκτών καυσίμων στη βιομηχανία μπορεί να επιτευχθεί με συνδυασμό των εξής μέτρων, τα οποία ιεραρχούνται κατωτέρω κατά αύξουσα σειρά δυσκολίας:

Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της ανάκτησης θερμότητας και συστημάτων ελέγχου των βιομηχανικών διεργασιών. Εκτιμάται ότι υφίσταται ακόμα ανεκμετάλλευτο δυναμικό ενεργειακής εξοικονόμησης με βάση σχετικά οικονομικά αποδοτικές λύσεις, όμως μέρος του δυναμικού αυτού θα έχει ήδη εξαντληθεί κατά την πρώτη δεκαετία, στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ – 2030, και κατά συνέπεια σχετικά μικρό επιπλέον δυναμικό εξοικονόμησης θα παραμείνει για εκμετάλλευση στην περίοδο μετά το 2030. Για την περίοδο αυτή, προστίθενται όμως και δυνατότητες παρέμβασης, οι οποίες είναι λιγότερο αποδοτικές οικονομικά και οι οποίες αναμένονται να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο της αυξημένης φιλοδοξίας για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των σεναρίων της μακροχρόνιας στρατηγικής.

Αλλαγή ορυκτών καυσίμων και χρήση φυσικού αερίου αντί προϊόντων πετρελαίου και στερεών καυσίμων. Η χρήση στερεών καυσίμων είναι αρκετά περιορισμένη στην Ελλάδα, κυρίως επειδή δεν λειτουργούν υψικάμινοι και δεν υπάρχει οργανωμένο σύστημα προσφοράς λιθάνθρακα κοκ. Η χρήση πετρελαίου είναι αρκετά διαδεδομένη και πράγματι η υποκατάστασή του από φυσικό αέριο θα έχει μικρή αλλά θετική επίπτωση σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Όμως, η υποκατάσταση αυτή ήδη συντελείται και αναμένεται να επεκταθεί κατά την πρώτη δεκαετία, δηλαδή ως τμήμα των εξελίξεων στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ - 2030. Μικρές δυνατότητες περαιτέρω

μείωσης των εκπομπών μέσω χρήσης φυσικού αερίου στη βιομηχανία θα υπάρχουν μετά το 2030.

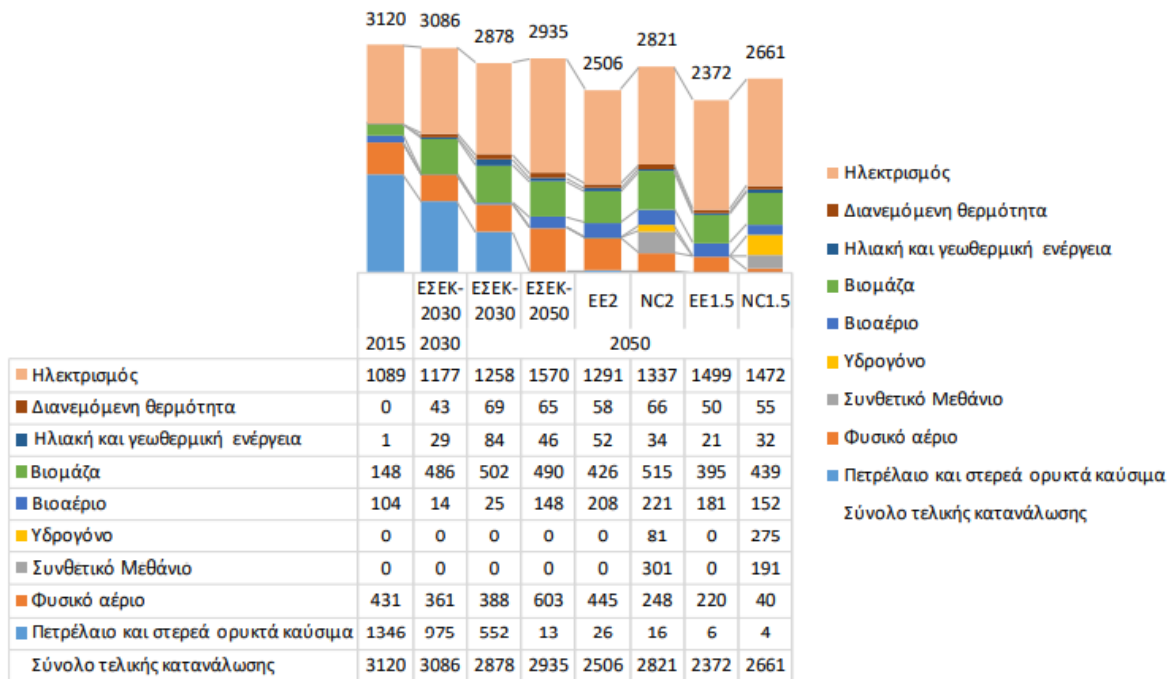
Εξηλεκτρισμός διαφόρων ενεργειακών χρήσεων στη βιομηχανία με προτεραιότητα στις ενεργειακές διεργασίες χαμηλής ενθαλπίας και στη συνέχεια με τη διάδοση της χρήσης αντλιών θερμότητας μέσης και υψηλής θερμοκρασίας σε διάφορες χρήσεις αλλά και σε παραγωγή ατμού. Υπάρχει επίσης δυνατότητα μακροχρόνια να υποκατασταθούν ορισμένες θερμικές διεργασίες στη χημική βιομηχανία, στη βιομηχανία τροφίμων και σε ορισμένους άλλους κλάδους από ηλεκτρικές διεργασίες. Ο πλήρης εξηλεκτρισμός των βιομηχανικών διεργασιών δεν είναι εφικτός και θα παραμείνει η χρήση καυσίμων σε καμίνους υψηλής θερμοκρασίας (π.χ. τσιμέντο και υλικά κατασκευών), σε επεξεργασία μετάλλων, γυαλιού και αλλού. Βεβαίως, ο εξηλεκτρισμός οδηγεί σε μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, όταν η παραγωγή ηλεκτρισμού είναι ιδιαίτερα μειωμένων εκπομπών, ή καλύτερα κοντά στο να είναι κλιματικά ουδέτερη.

Επέκταση της χρήσης βιομηχανικών απορριμμάτων, βιοαερίου και βιομάζας για καύση σε βιομηχανικές διεργασίες. Το κύριο εμπόδιο της επέκτασης αυτής είναι σχετικό με την αποτελεσματικότητα της αλυσίδας τροφοδοσίας των προϊόντων αυτών. Η αδιάλειπτη και ασφαλής τροφοδοσία της βιομηχανίας είναι δύσκολο να επιτευχθεί για τα προϊόντα αυτά εκτός αν αυξηθούν σημαντικά οι τιμές τους. Η Βιομηχανία pellets σε μεγάλη κλίμακα μπορεί να αναπτυχθεί εφόσον υπάρχει αρκετός και βέβαιος όγκος ζήτησης και εφόσον οι τιμές είναι σε υψηλά επίπεδα. Όμως, σε κάθε περίπτωση θα υπάρχει ισχυρός ανταγωνισμός με τη χρήση της ξυλείας στην παραγωγή προηγμένης γενιάς βιοκαυσίμων, τα οποία παρέχουν δυνατότητα ανάκτησης μεγαλύτερης προστιθέμενης αξίας συγκριτικά με την καύση σε βιομηχανικές χρήσεις. Η ανάπτυξη βιοαερίου σε μεγάλη κλίμακα αποτελεί στόχο των σεναρίων της μακροχρόνιας στρατηγικής με σκοπό όμως κυρίως την ανάμειξη στα δίκτυα διανομής αερίου παρά για απευθείας τροφοδοσία βιομηχανιών. Η τελευταία θα απαιτήσει ειδική υποδομή διανομής, η οποία δεν θα έχει την οικονομικότητα των κανονικών δικτύων διανομής αερίου. Μέσω της μίξης στη διανομή αερίου, βεβαίως, θα ωφεληθεί και η βιομηχανία μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μέσω της μείωσης του ανθρακικού αποτυπώματος του διανεμόμενου αερίου. Η χρήση βιομηχανικών απορριμμάτων σε ενεργειακές καύσεις στη βιομηχανία είναι κατ' ανάγκην περιορισμένης έκτασης λόγω περιορισμένου όγκου προσφοράς και περιβαλλοντικών επιπτώσεων αλλά και επειδή τμήμα των απορριμμάτων αυτών δεν θεωρείται και δεν συγκαταλέγεται στις ανανεώσιμες πηγές.

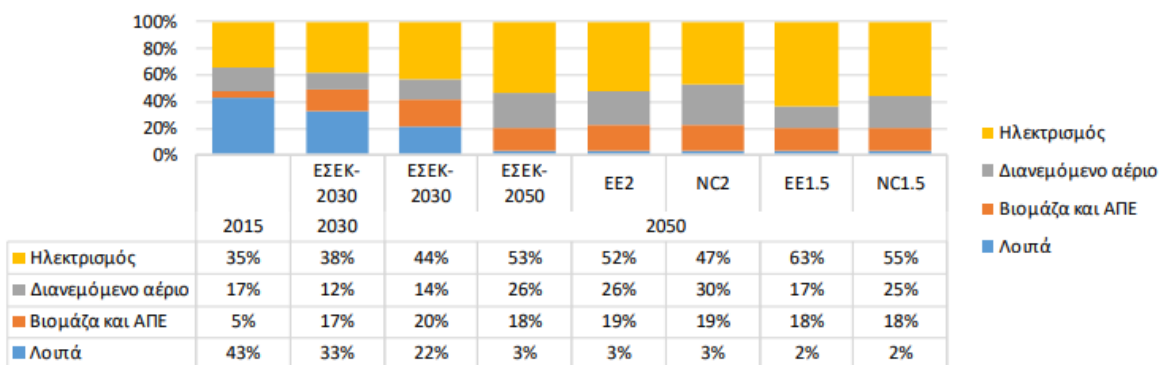
Πίνακας 24: Ενεργειακή ένταση και ανθρακικό αποτύπωμα της βιομηχανίας. (ΕΣΕΚ)

Ενεργειακή ένταση της προστιθέμενης αξίας στη βιομηχανία (toe/Μ€)								
	2015	2030	2050					
		ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2050	ΕΕ2	NC2	ΕΕ1.5	NC1.5
Σύνολο βιομηχανίας	217.0	162.7	107.3	109.4	93.4	105.1	88.4	99.2
Χαλυβουργία	423.2	439.7	381.7	426.5	371.5	418.8	340.7	373.1
Μη σιδηρούχα μέταλλα	1281.9	955.4	818.7	904.4	819.9	880.0	769.2	820.6
Χημική βιομηχανία	133.9	96.3	59.0	56.0	43.3	54.8	42.1	50.0
Μη μεταλλικά ορυκτά	905.6	624.3	366.0	356.9	306.9	351.7	325.8	389.6
Χαρτί	201.6	207.4	175.8	172.1	128.1	159.1	101.4	129.3
Τρόφιμα και ποτά	92.9	76.2	52.7	52.1	43.9	48.6	39.9	42.7
Βιομηχανία εξοπλισμών	21.3	16.7	12.4	12.4	9.8	11.7	8.5	9.7
Υφαντουργία	59.8	36.3	33.4	42.0	32.7	37.5	31.9	33.5
Λοιπή βιομηχανία	303.9	253.7	200.2	201.9	170.1	191.4	151.8	170.7
Ανθρακικό αποτύπωμα της ενεργειακής κατανάλωσης της βιομηχανίας (tCO ₂ /toe)								
	2015	2030	2050					
		ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2050	ΕΕ2	NC2	ΕΕ1.5	NC1.5
Σύνολο βιομηχανίας	1.900	1.438	1.017	0.498	0.456	0.203	0.227	0.006
Χαλυβουργία	0.982	0.374	0.194	0.143	0.173	0.063	0.089	0.001
Μη σιδηρούχα μέταλλα	1.605	1.036	0.800	0.587	0.526	0.219	0.335	0.000
Χημική βιομηχανία	1.393	0.835	0.460	0.282	0.289	0.153	0.134	0.000
Μη μεταλλικά ορυκτά	3.476	3.202	2.450	1.035	0.931	0.418	0.418	0.025
Χαρτί	1.231	0.576	0.456	0.430	0.294	0.125	0.065	0.000
Τρόφιμα και ποτά	1.117	0.473	0.163	0.190	0.168	0.060	0.028	0.000
Βιομηχανία εξοπλισμών	1.578	1.337	1.135	0.472	0.350	0.196	0.138	0.000
Υφαντουργία	1.101	0.417	0.326	0.254	0.092	0.058	0.061	0.000
Λοιπή βιομηχανία	1.514	1.240	0.958	0.277	0.276	0.143	0.114	0.000

Τελική κατανάλωση ενέργειας στον βιομηχανία (ktoe)



Μερίδια στην κατανάλωση ενέργειας στον βιομηχανία (%)



Σχήμα 12: Διάρθρωση της κατανάλωσης ενέργειας στη βιομηχανία. (ΕΣΕΚ)

Η αναπροσαρμογή στον τύπο των τεχνολογιών που εφαρμόζει ο βιομηχανικός κλάδος περιορίζεται στην Ελλάδα καθώς δεν εντοπίζονται καινούργιες λύσεις που θα αντικαταστήσουν τις υφιστάμενες. Παρ' όλα αυτά τα κεφάλαια που επενδύονται για ανανέωση του εξοπλισμού βελτιώνουν την αποδοτικότητα της ενέργειας. Αυτή οι επενδυτικοί κύκλοι είναι χρονοβόρες διαδικασίες καθώς οι αντίστοιχες επενδύσεις πραγματοποιούνται με γνώμονα την συνολική ανταγωνιστικότητα της συγκεκριμένης τεχνολογίας και όχι με βάση στόχος της ενέργειας που παράγει. Η ενίσχυση στην αποδοτικότητα της ενέργειας η οποία οφείλεται στις επενδύσεις που δέχεται η βιομηχανία συμπεριλαμβάνεται στη ΜΣ50, ωστόσο η τελική μορφή των επενδύσεων θα προκύψει από αποφάσεις της ιδιωτικής οικονομίας με αποτέλεσμα η ενεργειακή πολιτική να μην επιδρά καταλυτικά στον χρόνο υλοποίησής τους.

Η ηλεκτρική ενέργεια συνεισφέρει κατά 60% στο ενεργειακό μείγμα της βιομηχανίας το 2050 στα σενάρια του 1,5°C ενώ, κατά 50% στα σενάρια των 2°C. Συνδυαστικά ΑΠΕ και βιομάζα υπολογίζονται στο 18% της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας, Ποσοστό το οποίο είναι αρκετά μεγαλύτερο από το 5% την χρονιά 2015. Το ποσοστό συμμετοχής του φυσικού αερίου συνεχίζει να κυμαίνεται ψηλά σ εκείνες τις πιθανές διαδρομές όπου προβλέπεται η ανάπτυξη κλιματικά ουδέτερων καυσίμων και μειώνεται στο σενάριο EE1.5 έχει επιτευχθεί διευρυμένα ο εξηλεκτρισμός.

Το ηλεκτρικό σύστημα

Για την μετάβαση προς την κλιματική ουδετερότητα κρίνεται απαραίτητη η ευρεία χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Στην ΜΣ50 εφαρμόζονται παράλληλα δράσεις που μειώνουν το ανθρακικό αποτύπωμα της ηλεκτροπαραγωγής καθώς και αύξηση στην συνολική τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε όλους τους τομείς. Συνεπώς, παρατηρείται αυξημένη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια στα σενάρια της μακροχρόνιας στρατηγικής. Δεδομένου ότι αναμένεται αυξημένη ζήτηση στους τομείς θερμότητας και μεταφορών θεωρείται πως θα οδηγήσει σε αυξημένη χρήση. Ταυτόχρονα, η παραγωγή υδρογόνου αλλά και συνθετικών καυσίμων απαιτεί την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα να συμβάλλουν στην αυξημένη ζήτηση. Παράλληλα με τα παραπάνω κινείται και η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με χημικό τρόπο ενισχύοντας την συζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια καθώς πρέπει να αντισταθμιστούν οι απώλειες από την παραγωγή υδρογόνου το οποίο αποτελεί πυρήνα της χημικής αποθήκευσης. Συμπερασματικά για να καλυφθούν οι ποσότητες που απαιτεί το σύστημα για ηλεκτρική ενέργεια προβλέπεται παραγωγή υδρογόνου και συνθετικών καυσίμων σύμφωνα με τα σενάρια NC. Αντιθέτως, τα σενάρια EE αναμένουν μεγάλες ποσότητες τελικής κατανάλωσης υδρογόνου και συνθετικών καυσίμων.

Η μορφή που έχει το ηλεκτρικό σύστημα στην Ελλάδα σήμερα καταδεικνύει την ηλεκτροπαραγωγή ως τον πιο ρυπογόνο τομέα καθώς σε αυτόν χρησιμοποιούνται στην πλειονότητα ορυκτά καύσιμα. Σύμφωνα με την απόφαση για απολιγνιτοποίηση του τομέα της ηλεκτροπαραγωγής αναμένεται το ανθρακικό αποτύπωμα του τομέα αυτού να έχει μειωθεί σημαντικά έως το 2030 και η ηλεκτρική ενέργεια να προέρχεται από την διευρυμένη παρουσία των ΑΠΕ. Στη ΜΣ50 η ηλεκτρική ενέργεια διαδραματίζει συστημικό ρόλο. Δεδομένου ότι έχει εφαρμοστεί επιτυχημένα το ΕΣΕΚ μετά το 2030, προβλέπεται μείωση των εκπομπών λόγω του εξηλεκτρισμού της θερμότητας και των μεταφορών σχεδόν άμεσα. Συνεπώς, με την απανθρακοποίηση της ενέργειας και τον εξηλεκτρισμό θα χαραχτούν και αντίστοιχες βασικές πολιτικές. Επειδή οι τιμές εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ συνεχίζουν με αυξητική τάση, επειδή λειτουργεί ο

μηχανισμός σταθεροποίησης της αγοράς, και ο οποίος εφαρμόζεται από 2018, η διαδικασία της απανθρακοποίησης οφείλει να εμπεριέχει και την οικονομικότητα κατά την εφαρμογή της. Ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής το 2050, προβλέπεται να εκπέμπει μικρές ποσότητες ΑτΘ κυρίως λόγω ρυθμιστικής δράσης και εφεδρείας. Στα σενάρια που στοχεύουν στον 1,5°C επιτυγχάνεται αρνητικό πρόσημο καθώς εφαρμόζονται τεχνικές που δεσμεύουν και αποθηκεύουν το διοξείδιο του άνθρακα. Παράλληλα, οι τεχνικές αυτές βρίσκουν εφαρμογή σε μονάδες που λειτουργούν με φυσικό αέριο και βιομάζα. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτουν οι αρνητικές εκπομπές και αντισταθμίζουν τις θετικές εκπομπές σε όλους τους τομείς.

Πίνακας 25: Ποσότητες CO₂ που εκπέμπει ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής για κάθε σενάριο σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. (ΕΣΕΚ)

grCO ₂ /kWh	2015	2030	2040	2050				
		ΕΣΕΚ-2030	ΕΣΕΚ-2050	EE2	NC2	EE1.5	NC1.5	
Σύνολο ηλεκτροπαραγωγής	600	112	58	40	3	9	-5	-3
Μόνο θερμικοί σταθμοί	821	252	191	150	17	56	-27	-18
Βιομηχανικοί λέβητες	208	128	118	70	41	12	1	0

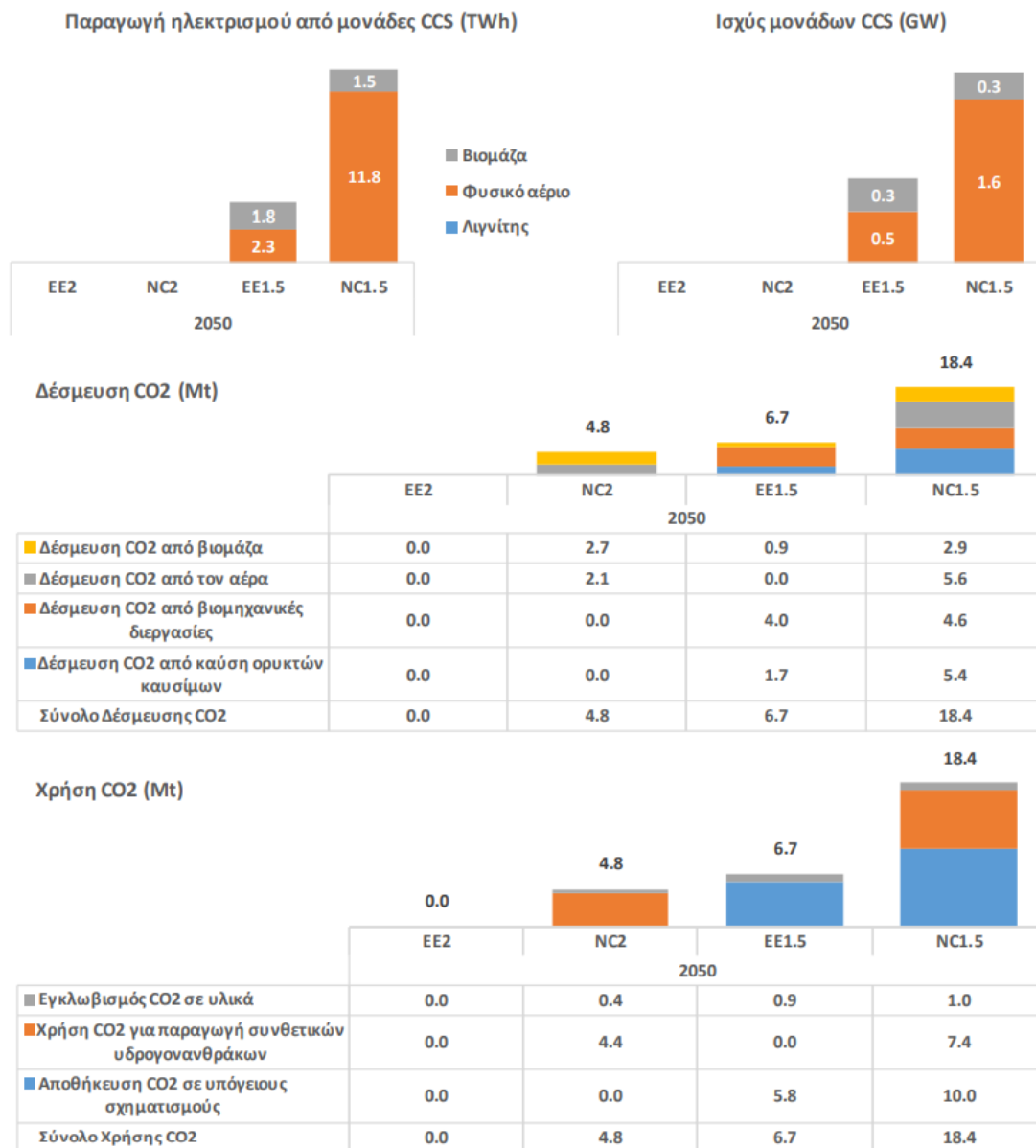
Καθώς επιτυγχάνονται οι στόχοι που έχουν τεθεί για περιορισμό των εκπεμπόμενων ΑτΘ, αναβαθμίζεται το ηλεκτρικό σύστημα. Αυτό οφείλεται, στην ανάγκη του υδρογόνου και των συνθετικών καυσίμων για άμεση ηλεκτρική ενέργεια όπως απαιτούν και οι διεργασίες παραγωγής τους. Συνεπώς, η τελική κατανάλωση ενέργειας εξευγενίζεται και αποτελεί τομέα μηδενικού κλιματικού αποτυπώματος.

Παρά το γεγονός ότι τα ορυκτά καύσιμα θα συνεχίσουν να καταναλώνονται μόνο με τη μορφή φυσικού αερίου, και αυτό σε πολύ μικρή ποσότητα στις θερμοηλεκτρικές μονάδες ως εξισορροπιστής, αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ένα μερίδιο εκπεμπόμενων ΑτΘ να συνεχίσει να υφίσταται έως το 2050, αλλά παράλληλα να εμπεριέχεται στα βασικά σενάρια και στις πολιτικές. Οι ελάχιστες ποσότητες ΑτΘ που εκλύονται από την παραπάνω διεργασία εκμηδενίζονται στα σενάρια όπου εφαρμόζονται τεχνικές δέσμευσης, αποθήκευσης και χρήσης του CO₂, και όπου επιτυγχάνεται περιορισμός του ανθρακικού αποτυπώματος του φυσικού αερίου που καταναλώνεται σε αυτές τις μονάδες. Ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται στα σενάρια του 1,5°C καθώς σε αυτά εφαρμόζονται τεχνολογίες CCUS αλλά σε μικρό βαθμό. Αντιθέτως, στα σενάρια των 2°C όπου η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν βρίσκει εφαρμογή.

Το ανθρακικό αποτύπωμα του μίγματος του φυσικού αερίου μειώνεται μέσω προσμίξεων με μίγμα βιομεθανίου, συνθετικού μεθανίου και υδρογόνου.

Σε εκείνα τα σενάρια που στοχεύουν στον 1,5°C Κρίνεται απαραίτητος ο περιορισμός του ανθρακικού αποτύπωμα της ηλεκτροπαραγωγής για να αντισταθμίζονται εκπομπές διοξείδιο του άνθρακα άλλων τομέων. Χαρακτηριστικές διεργασίες που παράγουν ενέργεια με αρνητικό αποτύπωμα και συμπεριλαμβάνουν την καύση βιομάζας και βιομεθανίου συνοδεύονται από τεχνολογίες δέσμευσης και αποθήκευσης του διοξείδιο του άνθρακα. Έτσι, εξισορροπούνται συνολικά οι εκπομπές των τομέων με εκείνους που είναι αμετάβλητοι στα θέματα εκπομπών. Συμπερασματικά, η τεχνολογία που εφαρμόζεται για να δεσμεύσει και να αποθηκεύσει το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα αποτελεί την κύρια διεργασία που συμπληρώνει την λειτουργία ενός ενεργειακού συστήματος με αρνητικό πρόσημο εκπομπών ΑτΘ στα σενάρια που στοχεύουν στον 1,5°C.

Ενώ, στα σενάρια που στοχεύουν στους 2°C η πιο αποδοτική λύση για περιορισμό των εκπομπών είναι η καύση φυσικού αερίου σε μικρό βαθμό σε θερμικά συστήματα αποτελώντας και την στρεφόμενη εφεδρεία που εξισορροπεί το σύστημα. Συγκεκριμένα, στο σχέδιο EE2 δεν σχεδιάζεται διεργασία παραγωγής καυσίμων με ουδέτερο ανθρακικό αποτύπωμα η οποία να ανατροφοδοτεί την τελική κατανάλωση ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή αναμένεται διαρκής παραγωγή υδρογόνου το οποίο θα συντελεί στην αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με χημικό τρόπο. Συνεπώς, το υδρογόνο αναμένεται να διαδραματίσει κυρίαρχο ρόλο δεδομένου ότι η αποκλειστική καύση φυσικού αερίου δεν επιτυγχάνει ούτε προσεγγίζει την κλιματική ουδετερότητα στην ηλεκτροπαραγωγή και κατά συνέπεια τη μείωση των ΑτΘ από την ατμόσφαιρα. Έτσι θα ακολουθήσει μια ευρύτερη εξισορρόπηση στις εκπομπές που προέρχονται από τον τομέα των μεταφορών και της θερμότητας.



Σχήμα 13: Πιθανή διακύμανση απόδοσης των τεχνολογιών δέσμευσης, αποθήκευσης και χρήσης του CO₂ στα σενάρια της ΜΣ50. (ΕΣΕΚ)

Ο τομέας του αερίου

Στο μέλλον δεν αναμένεται ο κυρίαρχος όλος του φυσικού αερίου ως μέρος του συστήματος ενέργειας τόσο της Ελλάδας όσο και της Ε.Ε.. Οι υποδομές που διαμοιράζουν το αέριο αναμένεται να φιλοξενούν στο μέλλον μείγματα αερίων συνθετικού αερίου, βιομεθανίου και υδρογόνου με μηδενικό ανθρακικό αποτύπωμα. Από την ανάμειξη των αερίων μερών θα προκύψει μίγμα το οποίο θα μεταφέρεται μέσω του υφιστάμενου συστήματος αγωγών διαμοιράζοντας καύσιμα με μειωμένο ανθρακικό αποτύπωμα, και κατά συνέπεια περιορισμό των ΑτΘ. Σε θεωρητική βάση επιτυγχάνεται η πλήρης αντικατάσταση του φυσικού αερίου από το μείγμα που προαναφέρθηκε. Τα επιμέρους καύσιμα που αναφέρθηκαν περιγράφονται παρακάτω:

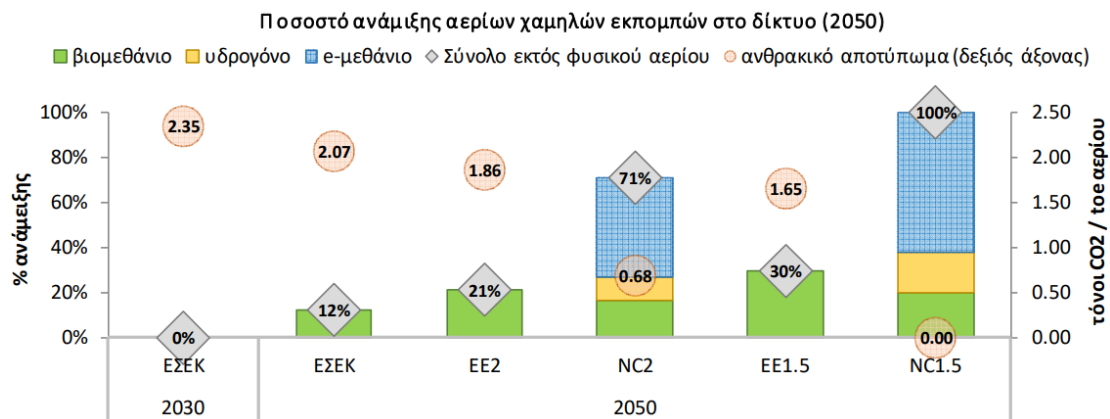
Το βιομεθάνιο αποτελεί μια μορφή ενέργειας που παρουσιάζει παρόμοιες ιδιότητες και χαρακτηριστικά με αυτά του φυσικού αερίου, το οποίο στη σύστασή του εντοπίζονται τα μόρια μεθανίου. Ωστόσο, η παραγωγή βιομεθανίου απαιτεί ως πρώτη ύλη τη βιομάζα δηλαδή υλικά όπως το ξύλο, αγροτικά προϊόντα και παραπροϊόντα. Παράλληλα μπορεί να προκύψει ύστερα από την κατάλληλη κατεργασία απορριμμάτων και λυμάτων. Για την παραγωγή του εφαρμόζονται τεχνικές όπως η αεριοποίηση στερεής βιομάζας η αναερόβια χώνευση. Για την πραγματοποίηση των διεργασιών αυτών χρησιμοποιούνται απορρίμματα τα οποία εκλύουν μίγμα και στη συνέχεια αυτό αναβαθμίζεται στο βιοαέριο. Το βιοαέριο μπορεί να χαρακτηρίζεται από χαμηλή περιεκτικότητα σε μεθάνιο που προσεγγίζει το 60% αλλά παράγει CO₂, το οποίο χρησιμοποιείται σαν πρώτη ύλη στην διεργασία παραγωγής συνθετικών υδρογονανθράκων μηδενικού ανθρακικού αποτυπώματος.

Το υδρογόνο αποτελεί ένα καθαρό φορέα ενέργειας. Η ανάμιξη και η έγχυσή του στο υπάρχον δίκτυο διανομής φυσικού αερίου επιτρέπεται σε ποσοστά μεταξύ 10% και 20%, και οποιαδήποτε προθήκη που ξεπερνά αυτό το εύρος υποδηλώνει την ανάγκη συντήρησης και αναβάθμισης τόσο των υποδομών διαμοιρασμού όσο και των συσκευών κατανάλωσης. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος παραγωγής υδρογόνου πραγματοποιείται με την τεχνική αναμόρφωσης φυσικού αερίου (SMR) σε βιομηχανικές μονάδες. Δηλαδή βρίσκει εφαρμογή στον τομέα της χημείας καθώς και στα διυλιστήρια. Η συγκεκριμένη τεχνική και η τεχνολογία που αξιοποιεί παράγει το γκρι υδρογόνο δηλαδή, έχει ως αποτέλεσμα εκπομπές CO₂ και κατ' επέκταση ανθρακικό αποτύπωμα. Μόνο στις περιπτώσεις όπου η τεχνική αναμόρφωσης φυσικού αερίου συνδυαστεί με τεχνολογία δέσμευσης και αποθήκευσης του άνθρακα παράγεται το μπλε υδρογόνο του οποίου η κατανάλωση εκλύει ελάχιστους ρύπους. Όλα τα παραπάνω συντελούν στην προώθηση τεχνικών που παράγουν υδρογόνο μέσω ηλεκτρόλυσης του νερού. Η μέθοδος όταν αξιοποιεί για πρώτη ύλη ηλεκτρισμό από ΑΠΕ και πυρηνικούς σταθμούς είτε συνδυάζεται με τεχνολογίες CCS τότε αυτή οδηγεί στην παραγωγή πράσινου υδρογόνου μηδενικού ανθρακικού αποτυπώματος. Τέλος, η πυρόλυση μεθανίου αποτελεί τεχνική που έχει ως προϊόν υδρογόνο και άνθρακα σε στερεή μορφή. Το προϊόν αυτό αποθηκεύεται ευκολότερα από οποιοδήποτε άλλο τύπο υδρογόνου ωστόσο η τεχνολογία που την υποστηρίζει δεν βρίσκει επιτυχημένη εφαρμογή σε βιομηχανική ένταση και έκταση

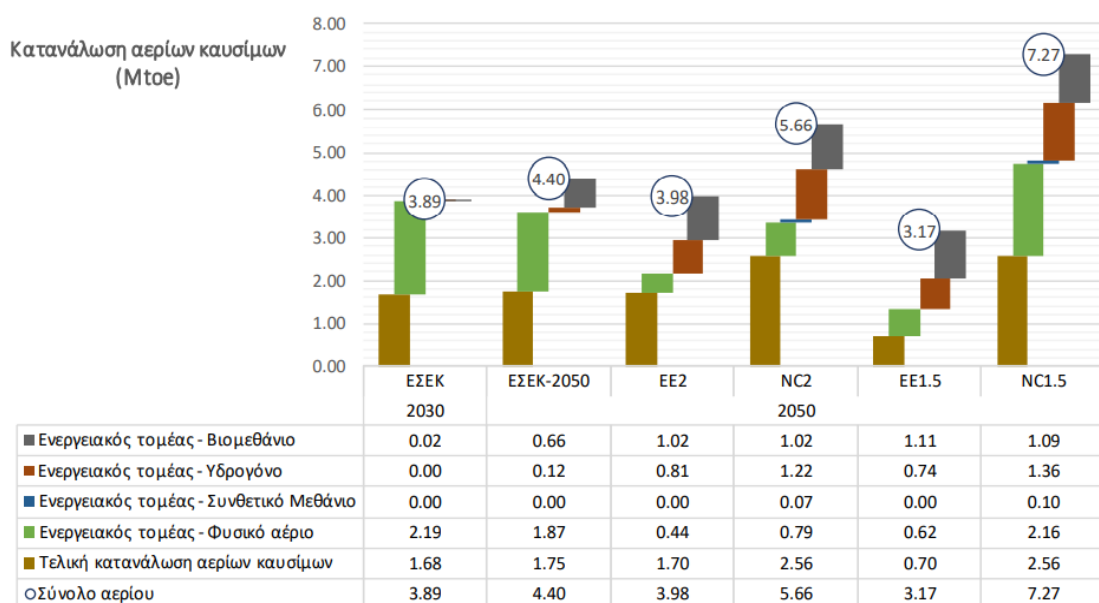
Όσον αφορά το συνθετικό μεθάνιο, πρόκειται για έναν τύπο καυσίμου το οποίο χαρακτηρίζεται από φυσικοχημικές ιδιότητες παρόμοιες με του μεθανίου. Σε αντίθεση με το φυσικό τρόπο όπου σχηματίζεται το ορυκτό μεθάνιο δηλαδή, την φυσικοχημική κατεργασία της οργανικής ύλης σε υπόγειους γεωλογικούς ταμιευτήρες για εκ. χρόνια, το συνθετικό μεθάνιο προκύπτει ύστερα από χημική κατεργασία σε κάποιο εργαστήριο. Η

επιτυχημένη παραγωγή συνθετικού μεθανίου προϋποθέτει διακριτά στάδια και σύγχρονη τεχνολογία όπου αξιοποιούνται ο άνθρακας που προέρχεται από το μονοξείδιο του άνθρακα είτε το διοξείδιο του άνθρακα σε αντίδραση με το υδρογόνο. Σε περιπτώσεις όπου πληρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις η παραγωγή συνθετικού μεθανίου πραγματοποιείται με ουδέτερο ανθρακικό αποτύπωμα. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει:

- Η παραγωγή του υδρογόνου να πραγματοποιείται με ουδέτερο ανθρακικό αποτύπωμα
- Ο άνθρακας που χρησιμοποιείται να προέρχεται από πηγές ώστε μετά την καύση του προϊόντος να μην εκλύονται ΑτΘ (net zero climate footprint). Για παράδειγμα ο άνθρακας να συλλαμβάνεται μαζί με οξυγόνο στο CO₂ από την ατμόσφαιρα (Direct Air capture – DAC) ή από βιομάζα, ή από το CO₂ που προκύπτει ως παραπροϊόν της αναβάθμισης βιοαερίου σε βιομεθάνιο.



Σχήμα 14: Ποσοστά συμμετοχής μείγματος αερίων στο δίκτυο διαμοιρασμού διανομής και το αντίστοιχο ανθρακικό αποτύπωμα ανά σενάριο. (ΕΣΕΚ)



Σχήμα 15: Κατανάλωση αερίου από κάθε τομέα ανά σενάριο. (ΕΣΕΚ)

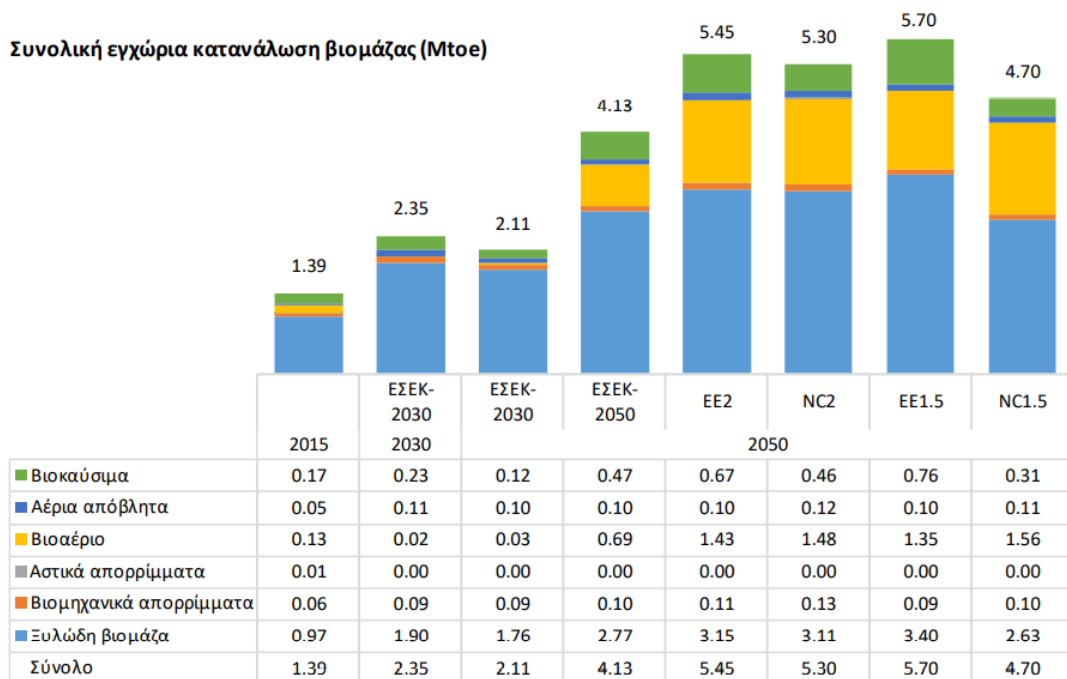
Η βιομάζα

Η βιομάζα αναμένεται να διαδραματίσει πολύ σημαντικό ρόλο σε κυκλική οικονομία χαμηλών εκπομπών ΑτΘ. Η βιομάζα βρίσκει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογής καθώς χρησιμοποιείται για την θέρμανση κτιριακών εγκαταστάσεων, την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού στον τομέα της βιομηχανίας. Παράλληλα, χρησιμεύει ως πρώτη ύλη από την οποία προκύπτουν τα βιοκαύσιμα, βιορευστά, βιοαέριο ή αέριο σύνθεσης, ύστερα από θερμοχημικές και βιομηχανικές διεργασίες. Δεδομένου ότι το βιομεθάνιο, αποτελεί προϊόν αναβάθμισης του βιοαερίου, δύναται να διαμοιράζεται μέσω του υπάρχοντος δικτύου φυσικού αερίου. Κατά την κατανάλωσή της η βιομάζα εκλύει ποσότητες CO₂ οι οποίες δεσμεύονται και αποθηκεύονται επιτυχώς σε υπόγειους γεωλογικούς σχηματισμούς. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται και το αρνητικό πρόσημο στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα της συγκεκριμένης διεργασίας.

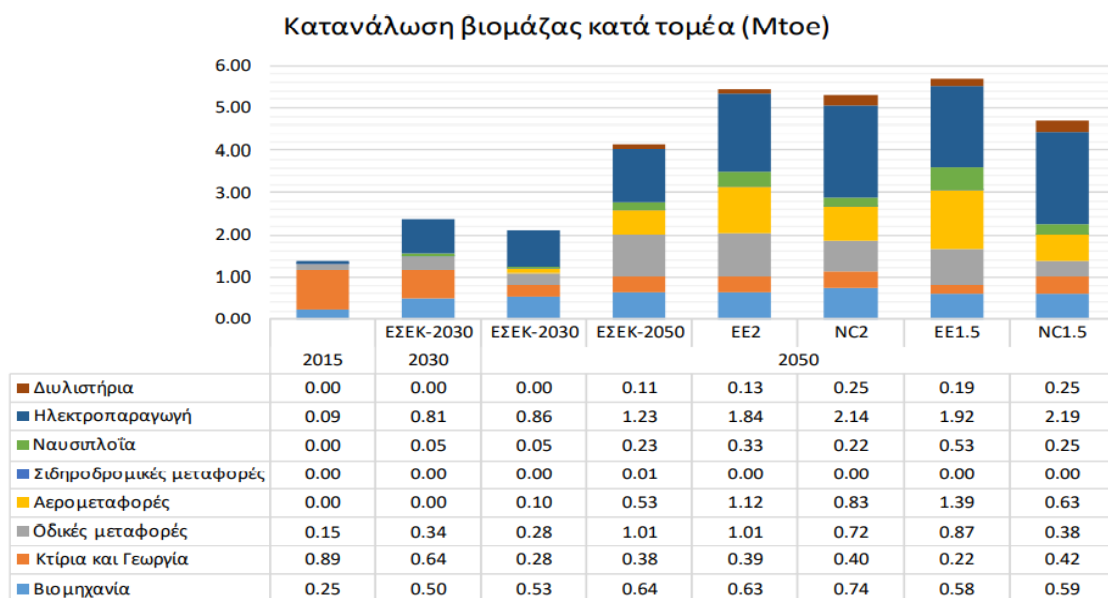
Η μορφή της κυκλικής οικονομίας απαιτεί αρκετές ποσότητες βιομάζας συγκρινόμενη με την σημερινή μορφή όπου η ζήτηση είναι περιορισμένη. Στην χώρα μας υπάρχει πρόσφορο έδαφος το οποίο προβλέπεται να καλλιεργηθεί αναλόγως ώστε να καλυφθεί η αυξανόμενη ζήτηση. Άξια αναφοράς είναι η μορφή λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας από την οποία παράγονται τα έξυπνα καύσιμα. Με αυτόν τον τρόπο εκλύονται στην ατμόσφαιρα ελάχιστες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Συνεπώς, η διευρυμένη κατανάλωση αυτού του καυσίμου από τον τομέα των μεταφορών αντικαθιστώντας τα ορυκτά καύσιμα θα λειτουργούσε εξισορροπητικά στις συνολικές εκπομπές.

Οι τεχνικές που παράγουν το συγκεκριμένο καύσιμο είναι η καταλυτική πυρόλυση, η μέθοδος Fischer – Tropsh, και οι ζυμώσεις. Όταν οι τεχνολογίες αυτές εφαρμοστούν σε κλίμακα βιομηχανίας αφού καταστούν οικονομικά επωφελής μπορεί να παραχθεί ποσότητα βιομάζας που να υποστηρίζει εφοδιαστική αλυσίδα των ενεργειακών καλλιεργειών με ανταγωνιστικές τιμές. Με αντίστοιχο τρόπο και το βιοαέριο παρουσιάζει ιδιαίτερη δυναμική ανάπτυξης γεγονός που το καθιστά αναπόσπαστο κομμάτι του ενεργειακού μείγματος σε κάθε σενάριο της ΜΣ50.

Σύμφωνα με τα παραπάνω παρουσιάζονται οι αναλύσεις των σεναρίων στην ΜΣ50. Η μακροχρόνια στρατηγική εκτιμά αυξημένη ζήτηση βιομάζας, βιοκαυσίμων και βιοαερίου σε όλους τους τομείς του συστήματος ενέργειας.

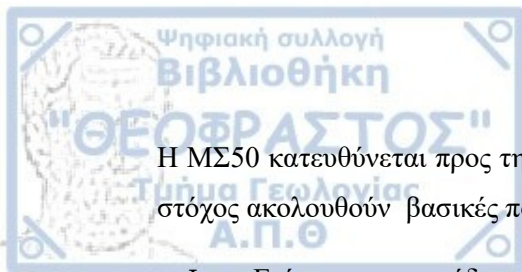


Σχήμα 16: Διακύμανση κατανάλωσης βιομάζας για κάθε πιθανό σενάριο. (ΕΣΕΚ)



Σχήμα 17: Μεταβολή κατανάλωσης βιομάζας ανά τομέα για κάθε πιθανό σενάριο. (ΕΣΕΚ)

1.5.6 Άξονες πολιτικής για την μακροχρόνια στρατηγική και στόχοι 2050



Η ΜΣ50 κατευθύνεται προς την κλιματική ουδετερότητα το 2050. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος ακολουθούν βασικές πολιτικές που διακρίνονται στους επιμέρους άξονες:

- I. Ενίσχυση της απόδοσης της ενέργειας.
- II. Εξηλεκτρισμός του τομέα των μεταφορών και της θερμότητας.
- III. Διείσδυση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- IV. Λειτουργία του τομέα των μεταφορών με καθαρό τρόπο.
- V. Ανταγωνιστικότητα του βιομηχανικού τομέα και κλιματική ουδετερότητα.
- VI. Εκσυγχρονισμός δικτύου υποδομών πολιτικές ολοκλήρωσης αγορών.
- VII. Βιοοικονομία.

Οι καινοτόμες πολιτικές και τεχνικές περιλαμβάνουν εναλλακτικές λύσεις οι οποίες διαφοροποιούνται στα σενάρια και αναφέρονται σε:

- I. Ακραίες παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.
- II. Κυκλική οικονομία σε μεγάλη κλίμακα.
- III. Εξηλεκτρισμός σε όλους τους τομείς και σε χρήσεις ή μεταφορικά μέσα όπου οι σχετικές τεχνολογίες είναι σήμερα ανώριμες.
- IV. Συμπεριφορές και οργανωτικές παρεμβάσεις που μειώνουν τη δραστηριότητα αυτοκινήτων και φορτηγών.
- V. Ανάπτυξη χημικής αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω υδρογόνου.
- VI. Σύζευξη των τομέων μέσω της παραγωγής και διάθεσης κλιματικά ουδέτερων υδρογονανθράκων και της απευθείας χρήσης του υδρογόνου σε ορισμένες εφαρμογές στη βιομηχανία, στις μεταφορές και στη διανομή αερίου.
- VII. Εφαρμογή δέσμευσης, χρήσης και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα σε υπόγειους σχηματισμούς και χημικά υλικά.

2 Απανθρακοποίηση της ενέργειας – Προσδιορισμός ενός ισχυρού μίγματος φορέων ενέργειας για μια Ευρώπη απαλλαγμένη από τον άνθρακα

Η απανθρακοποίηση του ενεργειακού συστήματος απαιτεί ριζική μεταστροφή με σκοπό οι κοινωνίες να συνεισφέρουν, να μεταφέρουν και να καταναλώνουν ενέργεια. Παρατηρούνται έντονες διαφωνίες σχετικά με το πώς θα μοιάζει το σύστημα το 2050. Η μεγάλης κλίμακας επέκταση του ηλεκτρισμού χαμηλού ανθρακικού αποτυπώματος, η σταδιακή κατάργηση των ορυκτών καυσίμων και η διάδοση της άμεσης ηλεκτροδότησης είναι δράσεις αδιαμφισβήτητες. Η ανάπτυξη δράσεων για υδρογόνο και συνθετικό μεθάνιο θεωρείται αμφιλεγόμενη και είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν πολιτικές με σκοπό να διερευνήσουν νέες επιλογές. Η μελέτη που παρέχει το τμήμα Πολιτικών για οικονομική, επιστημονική και ποιοτικής ζωής πολιτικών στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ITRE) διερευνά μεθόδους ώστε να εκπληρωθούν οι στόχοι για απανθρακοποίηση της ενέργειας.

2.1 Εισαγωγή

2.1.1 Σκοπός, πεδίο εφαρμογής και στοχευμένα δεδομένα εξαγωγής της μελέτης

Η συγκεκριμένη μελέτη παρέχει προτάσεις για υιοθέτηση στο ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο, που αφορούν τους τομείς αερίου, ανθράκων και υδρογόνου με σκοπό, την φιλοδοξία για αύξηση της απανθρακοποίησής τους. Βασιζόμενοι σε διαφανείς παραδοχές, αναπτύσσουμε 3 σενάρια: της συνεισφοράς του υδρογόνου, του φυσικού αερίου και του ηλεκτρισμού για τελική χρήση στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Για κάθε ένα σενάριο, περιγράφουμε την ζήτηση για κάθε ένα καύσιμο του τομέα, τις πιθανώς απαραίτητες επενδύσεις (ηλεκτρόλυση για παραγωγή υδρογόνου), τις πιθανώς απαραίτητες επενδύσεις για υποδομές (δίκτυο διαμοιρασμού υδρογόνου) και τα απαραίτητα ετήσια έξοδα για εισαγωγές όποτε αυτό είναι απαραίτητο.

Από τη σύγκριση των σεναρίων, καταλήγουμε σε εναλλακτικές σε όρους ταχύτητας απανθρακοποίησης, εφοδιαστικής ασφάλειας, χρόνου και όγκου επενδύσεων. Για κάθε ένα από τα καύσιμα (υδρογόνο, φυσικό αέριο, άνθρακες) περιγράφονται λεπτομερώς οι επιπτώσεις του κάθε σεναρίου. Ως εκ τούτου, κρίσιμα στοιχεία του ισχύοντος κανονιστικού πλαισίου καθώς και τρέχουσες προτάσεις της επιτροπής αναφέρονται υπό το πρίσμα της επάρκειας και της συνοχής τους. Με τον τρόπο αυτό εντοπίζονται κενά πολιτικής. Συνεπώς, συστήνουμε τρόπους για να διασφαλίσουμε την ευρωπαϊκή πολιτική του μετασχηματισμού του συστήματος ενέργειας.

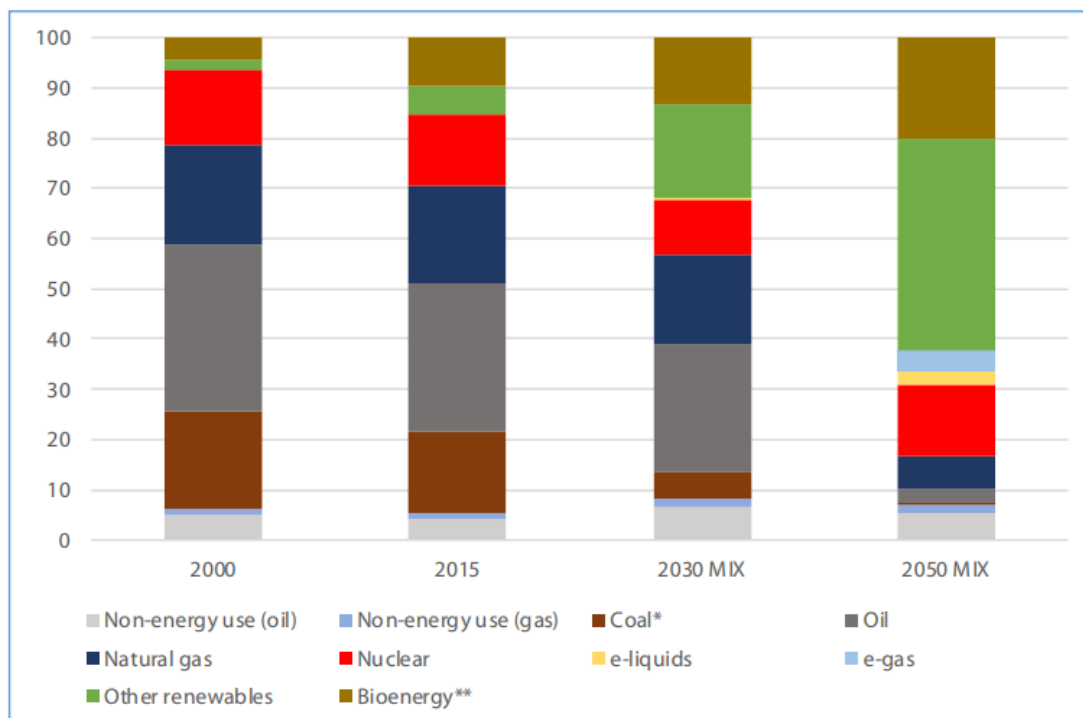
2.1.2 Δεδομένα

Με την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (European Green Deal), η Ευρωπαϊκή Ένωση αποσκοπεί στην καθιέρωσή της ως πρώτη κλιματικά ουδέτερης ηπείρου έως το 2050. Βεβαίως, το όραμα αυτό ενισχύθηκε και από την εκδήλωση για δράση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για το κλίμα το Νοέμβριο του 2019, η οποία ενσωματώθηκε στον Ευρωπαϊκό Νόμο για το Κλίμα (European Climate Law). Με τον τρόπο αυτό μετατρέπεται η δέσμευση για την κλιματική ουδετερότητα σε μια δεσμευτική υποχρέωση, σκοπός της οποίας είναι ο περιορισμός των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων της Ε.Ε. το 2030 από το 40% σε ποσοστό 55% συγκριτικά με τα αντίστοιχα επίπεδα του 1990.

Για να πραγματοποιηθούν οι δεσμεύσεις για το κλίμα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει έναν κύριο στόχο: απανθρακοποίηση του τομέα της ενέργειας καθιστώντας τον κλιματικά ουδέτερο. Η παραγωγή και χρήση ενέργειας σε όλους τους οικονομικούς τομείς παράγει περισσότερο από 75% των ευρωπαϊκών αερίων ρύπων του θερμοκηπίου (GHG).

Γεγονός είναι ότι τα 3/4 του ευρωπαϊκού ενεργειακού συστήματος στηρίζονται στα ορυκτά καύσιμα. Το πετρέλαιο υπερτερεί στο ευρωπαϊκό ενεργειακό μείγμα με ποσοστό 35%, ακολουθείται από το φυσικό αέριο με ποσοστό 24% και λιγνίτες με ποσοστό 14%. Το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ σταθερά αυξάνεται με ποσοστό 14% καθώς επίσης και η πυρηνική ενέργεια με 13%.

Η άμεση εφαρμογή των δράσεων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας δεν οδηγεί στην άμεση επίτευξη των στόχων της. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, τα ορυκτά καύσιμα θα συνεχίσουν να συνεισφέρουν κατά 50% στο ευρωπαϊκό ενεργειακό μείγμα του 2030. Καθώς οι λιγνίτες είναι το πιο ρυπογόνο στοιχείο του ενεργειακού μείγματος πρέπει να έχει αντικατασταθεί πριν το 2030, το πετρέλαιο και συγκεκριμένα το φυσικό αέριο μπορούν να συνεχίσουν να συνεισφέρουν στο ενεργειακό μείγμα λειτουργώντας ευεργετικά στους κλιματικούς στόχους. Εκτιμάται πως το χρονικό διάστημα 2030 - 2050 αναμένονται οι εντονότερες αλλαγές για το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο με το δεύτερο να καταργείται πλήρως από το ενεργειακό μείγμα ενώ το πρώτο να συμβάλλει σε ποσοστό έως 10% μέχρι το 2050.



Διάγραμμα 18: Ένα από τα σενάρια της Πράσινης Συμφωνίας που οδηγεί στον περιορισμό των ΑτΘ κατά 55% το 2030 συγκριτικά με τα αντίστοιχα επίπεδα του 1990 και σε κλιματική ουδετερότητα το 2050. (BRUEGEL, EC 2020)

Ο μετασχηματισμός του ενεργειακού μίγματος οδήγησε την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στην προώθηση ενός πακέτου προσαρμογής σε ένα ευρύ φάσμα τομέων πολιτικής. Επισημαίνεται η αναθεώρηση του Συστήματος Εμπορίας Ρύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU ETS), για να συμπεριληφθούν αέριοι ρύποι της ναυτιλίας και να περιοριστεί ο αριθμός των ετήσιων επιδομάτων. Μια άλλη εναλλακτική του Συστήματος Εμπορίας Ρύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης προτείνεται για τις οδικές μεταφορές και τα κτίρια. Τόσο οι ΑΠΕ όσο και η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης υποδηλώνουν ενδυνάμωση των στόχων καθώς η φορολόγηση της ενέργειας θα αναθεωρηθεί και τα πρότυπα εκπομπών CO₂ για τα οδικά οχήματα θα γίνουν αυστηρότερα.

2.1.3 Πρόσφατες κι επερχόμενες δράσεις

Η χρήση λιγνίτη στο ευρωπαϊκό ενεργειακό μείγμα έχει αντικατασταθεί τις τελευταίες δεκαετίες για οικονομικούς λόγους, επειδή το επιβάλλει η νομοθεσία για τις εκπομπές ΑτΘ ακολουθώντας τις εθνικές πολιτικές για απολιγνιτοποίηση. Το ποσοστό συμμετοχής του λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει μειωθεί σημαντικά τις τελευταίες 2 δεκαετίες, από 31% το 2000 σε 19% το 2018 και 14% το 2019.

Πρόσφατα το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Ρύπων αναθεωρήθηκε επεκτείνοντας την οικονομικότητα για λιγνίτη.

Συχνά, εθνικές πολιτικές παίρνουν τη μορφή χρονοδιαγραμμάτων για απολιγνιτοποίηση με σχέδιο εγκατάλειψης μονάδων παραγωγής ενέργειας και λιγνιτωρυχείων. Σχετικά πιο σπάνια εφαρμόζονται πρακτικές βελτίωσης ΑτΘ ως μέθοδος στην πολιτική απολιγνιτοποίησης. Στον Πίνακα 26 αναγράφεται η πρόοδος απολιγνιτοποίησης των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι 9 από τις 27 χώρες μέλη έχουν ήδη εγκαταλείψει τους λιγνίτες και άλλες 11 πρόκειται να αναστείλουν τις μονάδες παραγωγής ενέργειας από λιγνίτες έως το 2030.

Πίνακας 26: Χρονοδιάγραμμα αναστολής της χρήσης λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή από χώρες μέλη της Ε.Ε..
(https://ec.europa.eu/energy/topics/oil-gas-and-coal/EU-coal-regions/coal-regions-transition_en,
<https://beyond-coal.eu/wp-content/uploads/2021/03/Overview-of-national-coal-phase-out-announcementsEurope-Beyond-Coal-22-March-2021.pdf>.)

Coal free	Coal phase-out achieved	Coal phase-out by 2025	Coal phase-out by 2030	Coal phase-out by 2040	Coal phase-out later than 2040	Coal phase-out under consideration	No coal phase-out planned
Cyprus	Austria	France	Denmark	Czech Republic	Poland	Bulgaria	
Estonia	Belgium	Hungary	Finland	Germany		Croatia	
Latvia	Sweden	Ireland	Greece	Romania		Slovenia	
Lithuania		Italy	Netherlands				
Luxembourg		Portugal	Spain				
Malta		Slovakia					

Σε αντίθεση, πολιτικές για το φυσικό αέριο και το υδρογόνο πραγματοποιούνται σε ενωσιακό επίπεδο. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει ήδη εκκινήσει η διαδικασία αναθεώρησης της οδηγίας για το αέριο 2009/73/EC (Gas Directive) και το ρυθμιστικό πλαίσιο για το αέριο (Gas Regulation) No 715/2009, στο οποίο γενικά αναφέρονται το υδρογόνο και το απανθρακοποιημένο αέριο σε ενιαίο περιβάλλον αγοράς. Η επιτροπή έχει ήδη παρουσιάσει τη στρατηγική για το υδρογόνο και το σύστημα ενέργειας το οποίο θα λειτουργεί ως κορμός για επερχόμενα πακέτα δράσης.

Η στρατηγική για το υδρογόνο που παρουσιάστηκε από την επιτροπή τον Ιούλιο του 2020 αναγνωρίζει ως κύρια προτεραιότητα για την ευρωπαϊκή ένωση την ανάπτυξη του ανανεώσιμου υδρογόνου (που παράγεται από ΑΠΕ), καθώς αυτή είναι η προοπτική με την οποία επιτυγχάνονται οι ευρωπαϊκοί στόχοι για το κλίμα. Ωστόσο, επισημαίνονται

βραχυπρόθεσμα αλλά και μακροπρόθεσμα πακέτα χρήσης άλλων μορφών χαμηλού άνθρακα υδρογόνου που θα συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων.

2.2 Σενάρια ζήτησης για λιγνίτη, μεθάνιο και υδρογόνο

Οι διαδρομές για την απανθρακοποίηση που προβλέπονται από τα κράτη μέλη στο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) διαφέρουν αισθητά από τις διαδρομές που προτείνει το Κοινό Κέντρο Ερευνών (JRC) Ευρωπαϊκής Επιτροπής (EC). Συγκεκριμένα τα ΕΣΕΚ προβλέπουν υψηλότερα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας το 2030, υψηλότερα μερίδια καύσης ορυκτών καυσίμων στην τελική κατανάλωση ενέργειας και χαμηλότερα επίπεδα ηλεκτροδότησης. Από την σύγκριση προκύπτει πως μεγάλο μερίδιο στην τελική κατανάλωση έγκειται στον τομέα των μεταφορών και είναι πιθανό να οφείλεται στην βραδύτερη ηλεκτροδότηση των μεταφορών που εντοπίζεται στα ΕΣΕΚ. Τα συμπεράσματα αυτής της ανάλυσης είναι ότι τα εθνικά σχέδια και οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης από πάνω προς τα κάτω δεν έχουν ακόμη ευθυγραμμιστεί (top – down targets). Αξίζει να επισημανθεί η ενίσχυση της διαφάνειας για την εναρμόνιση των δεδομένων των ΕΣΕΚ.

2.2.1 Διαδρομές συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ε.Ε. έως το 2050

Οι μελλοντικές απαιτήσεις για υποδομές και ρυθμίσεις εξαρτώνται από την ποσότητα του κάθε στοιχείου από το ενεργειακό μείγμα (λιγνίτες, μεθάνιο και υδρογόνο) θα καταναλώνεται από κάθε τομέα. Οι απαιτήσεις αυτές θα αλλάξουν δραστικά με την πρόοδο της απανθρακοποίησης τις επόμενες 3 δεκαετίες με την τελική μορφή του μίγματος να είναι αβέβαιη.

Η χρήση λιγνίτη πρέπει να ανασταλεί πλήρως, όπως επίσης και η κατανάλωση μεγάλων όγκων φυσικού αερίου. Πιθανόν, ένα ποσοστό φυσικού αερίου να αντικατασταθεί από άλλες πηγές μεθανίου όπως το βιομεθάνιο ή συνθετικό μεθάνιο με την ταυτόχρονη δέσμευση των αέριων εκπομπών. Τέλος, το υδρογόνο μπορεί να εμφανιστεί ως νέος φορέας ενέργειας. Ένα μεγάλο μέρος της ζήτησης για ενέργεια εντοπίζεται στον τομέα των μεταφορών και καλύπτεται από πετρέλαιο και πετρελαιοειδή. Ο τομέας των μεταφορών καλύπτεται εμμέσως στην συγκεκριμένη μελέτη με συνθετικά καύσιμα (συμπεριλαμβανομένου του υδρογόνου) και η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να θα αντικαταστήσει τα πετρελαιοειδή με απανθρακοποίηση εναλλακτικών καυσίμων.

Επισημαίνεται πως διαφορετικά κράτη μέλη πιθανόν να υιοθετήσουν διαφορετικές διαδρομές αυξάνοντας την αβεβαιότητα ακόμα περισσότερο. Η σημερινή συζήτηση για καύσιμα, οι υπάρχουσες υποδομές και τα υφιστάμενα σχέδια των μελών και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

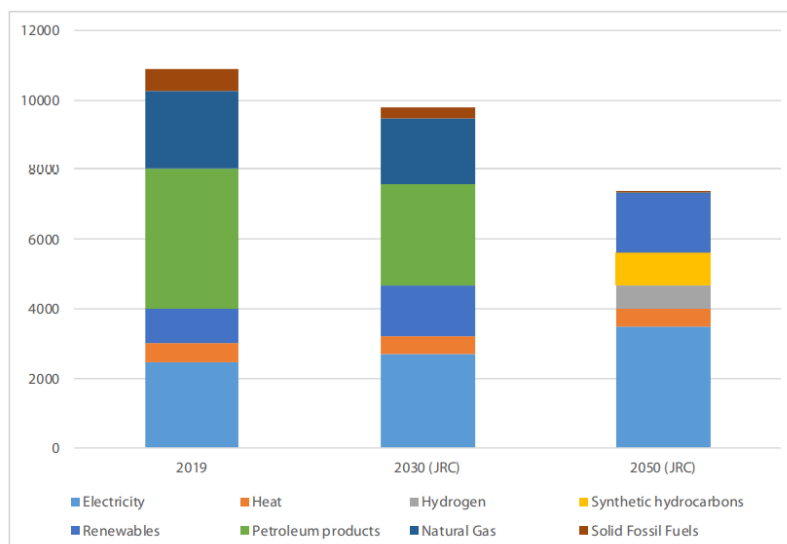
αποτελούν πολύτιμους δείκτες για το μέλλον. Ακολουθεί η ανάλυση της ζήτησης για καύσιμα ανά τομέα έως το 2030.

Ως βάσεις τίθενται τα Εθνικά Σχέδια για την Ενέργεια και το Κλίμα και ένα από τα σενάρια που προτείνει το Κοινό Κέντρο Ερευνών. Το σενάριο του Κοινού Κέντρου Ερευνών αναφέρεται ως FF55MIX και εκτιμά τις επιπτώσεις που συνοδεύει η πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για μείωση 55% έως το 2030 και βασίζεται στην επέκταση της τιμολόγησης του άνθρακα σε συνδυασμό με την εισαγωγή άλλων πολιτικών απανθρακοποίησης. Η σύγκριση μας επιτρέπει να σκιαγραφήσουμε τις εθνικές διαφορές στα σημεία εκκίνησης και μετάβασης δίνοντάς μας τη δυνατότητα να εντοπίζουμε ασυνέπειες μεταξύ των εθνικών και των ενωσιακών στόχων.

Από πάνω προς τα κάτω: Ε.Ε.

Η τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2019 υπολογίζεται στα 11.000 TWh. Περισσότερο από 35% αυτής της ενέργειας προέρχεται από το πετρέλαιο, με αξιοσημείωτη συνεισφορά του λιγνίτη και του φυσικού αερίου και κατά 20% από ηλεκτρισμό. Στο Διάγραμμα 19 περιγράφεται η εξέλιξη συνολικά της κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο για το σενάριο FF55 την χρονική περίοδο 2030 και 2050.

Στο Διάγραμμα 19 παρατηρείται σημαντική μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και αύξηση της παραγωγής ενέργειας από ηλεκτρισμό. Σταδιακά μεταμορφώνεται το 2030 πριν τη μετάβαση σε ένα ενεργειακό μείγμα εντελώς διαφορετικό από ότι είναι σήμερα στο 2050.

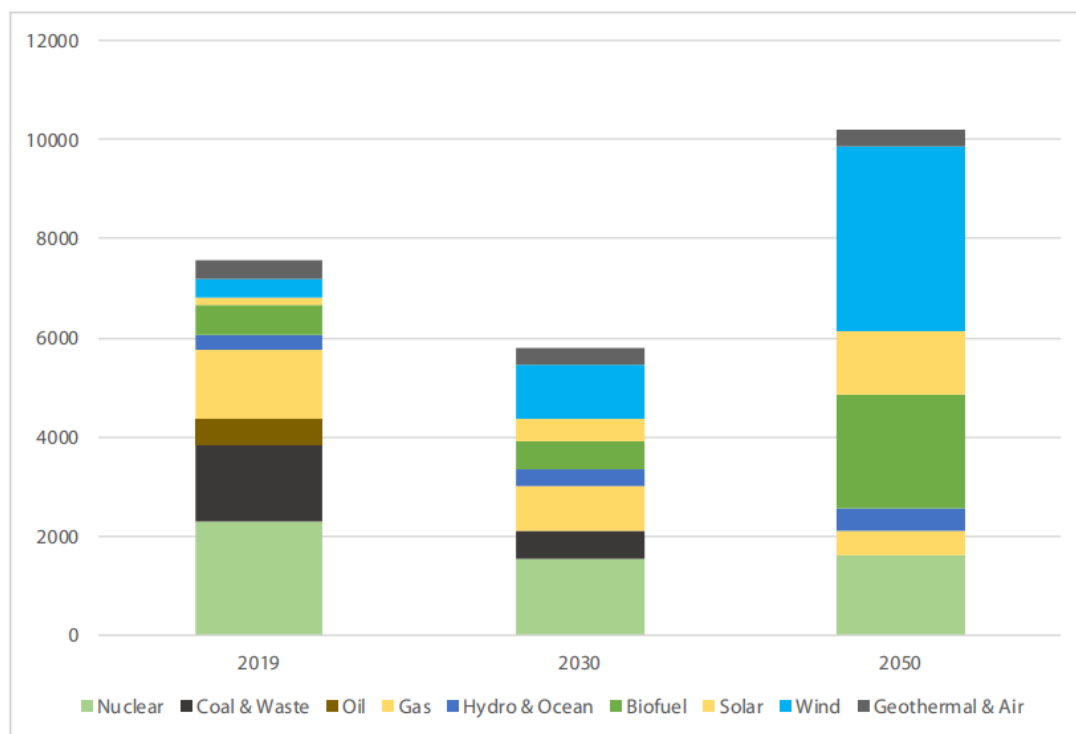


Διάγραμμα 19: Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο (TWh). (ΕΚΕ)

Ενώ κάποια καύσιμα όπως το πετρέλαιο καταναλώνονται άμεσα, η χρήση ηλεκτρισμού απαιτεί την μετατροπή της ενέργειας εισαγωγής, όπως η ηλιακή, η αιολική ή το φυσικό αέριο. Στο Διάγραμμα 20 αναπαρίστανται διαφορετικά είδη ενέργειας εισαγωγής για την παραγωγή

ηλεκτρισμού, θερμότητας και άλλων συμπληρωματικών καυσίμων όπως το υδρογόνο και οι συνθετικοί υδρογονάνθρακες. Το ενεργειακό μείγμα μετατρέπεται από κυρίαρχο σε ορυκτά καύσιμα το 2019 σε αμιγώς τροφοδοτούμενο από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 2050. Η μεγάλη αύξηση σε ενέργεια εισαγωγής που απαιτείται έως το 2050 θα προέρχεται από τη συνεισφορά των συνθετικών υδρογονανθράκων και του υδρογόνου στην τελική κατανάλωση ενέργειας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενέργειας εισαγωγής είναι πως για την παραγωγή χυτοσιδήρου από σιδηρομετάλλευμα χρησιμοποιούνται υψικάμινοι. Μεγάλο μέρος των λιγνιτών που χρησιμοποιούνται σε αυτούς δεν υπολογίζονται σαν ενέργεια όσο ο άνθρακας δεν χρησιμοποιείται για θέρμανση του σιδήρου αλλά για να δεσμεύσει μόρια οξειδίου. Στο μέλλον το υδρογόνο θα το πραγματοποιεί αυτό. Το υδρογόνο που χρησιμοποιείται για την μείωση των οξειδίων του σιδήρου δεν υπολογίζεται ως ενέργεια αλλά για την παραγωγή υδρογόνου από ηλεκτρισμό θεωρείται κατανάλωση ηλεκτρισμού. Ως εκ τούτου διαφαίνεται σημαντική αύξηση της χρήσης ενέργειας.



Διάγραμμα 20: Σενάρια ΕΣΕΚ - Ενέργεια για ηλεκτρισμό, θέρμανση, και συμπληρωματικά καύσιμα.

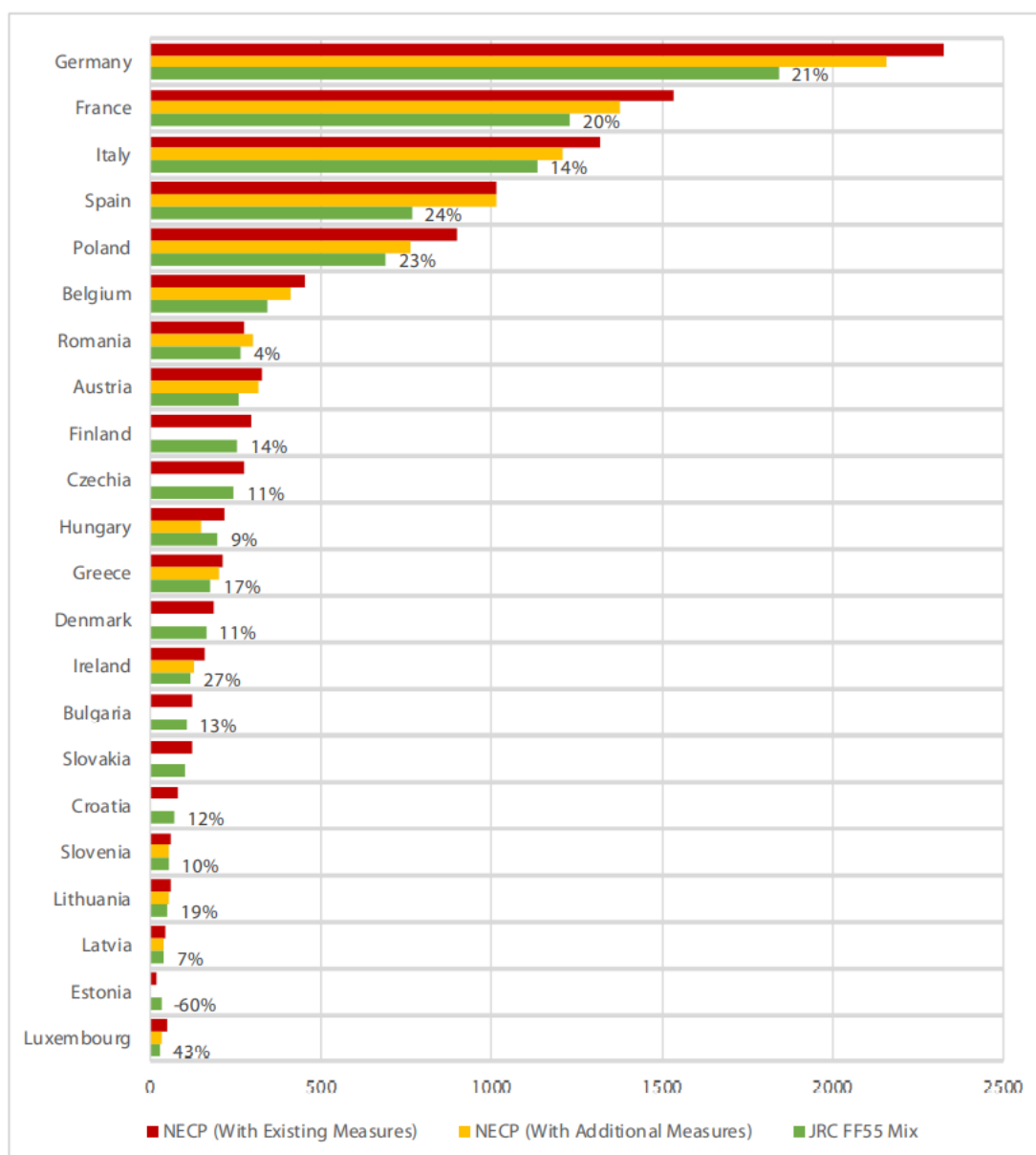
(https://visitors-centre.jrc.ec.europa.eu/tools/energy_scenarios/app.html#today:EU27/today:EU27)

Από πάνω προς τα κάτω: Χώρες μέλη

Έως το τέλος του 2019 τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης υποχρεούνται να καταθέσουν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τα εθνικά τους σχέδια, λεπτομερή χρονοδιαγράμματα μετατροπής του ενεργειακού συστήματος τους έως το 2030. Τα ΕΣΕΚ καταρτίστηκαν πριν η απόφαση για

επιτάχυνση της απανθρακοποίησης εγκριθεί. Τα σχέδια αποτελούνται από 2 σενάρια εκτιμήσεων με το πρώτο να βασίζεται σε υπάρχοντα δεδομένα και το δεύτερο να εμπεριέχει πρόσθετες ρυθμιστικές δράσεις. Ενοποιούμε τα δεδομένα από τα διαφορετικά ΕΣΕΚ και τα συγκρίνουμε με γνώμονα τα σενάρια που αναπτύχθηκαν από το Κοινό Κέντρο Ερευνών.

Στο Διάγραμμα 21 παρατηρείται πως τα σενάρια του Κοινού Κέντρου Ερευνών θεωρούν μεγαλύτερη μείωση στην τελική κατανάλωση ενέργειας από ότι στα ΕΣΕΚ (απόκλιση περίπου 14%). Με άλλα λόγια, στα υφιστάμενα ΕΣΕΚ συνεπάγεται σχεδόν 20% η υψηλότερη τελική κατανάλωση ενέργειας έως το 2030 απ' ότι οι διαδρομές που προτείνει το Κοινό Κέντρο Ερευνών και οι οποίες συμμορφώνονται με τους νέους κλιματικούς στόχους.



Διάγραμμα 21: Τελική κατανάλωση ενέργειας των ΕΣΕΚ (υπό σταθερές και υπό μεταβλητές συνθήκες) και του Κοινού Κέντρου Ερευνών. (https://ec.europa.eu/energy/content/excel-files-mix-scenario_en)

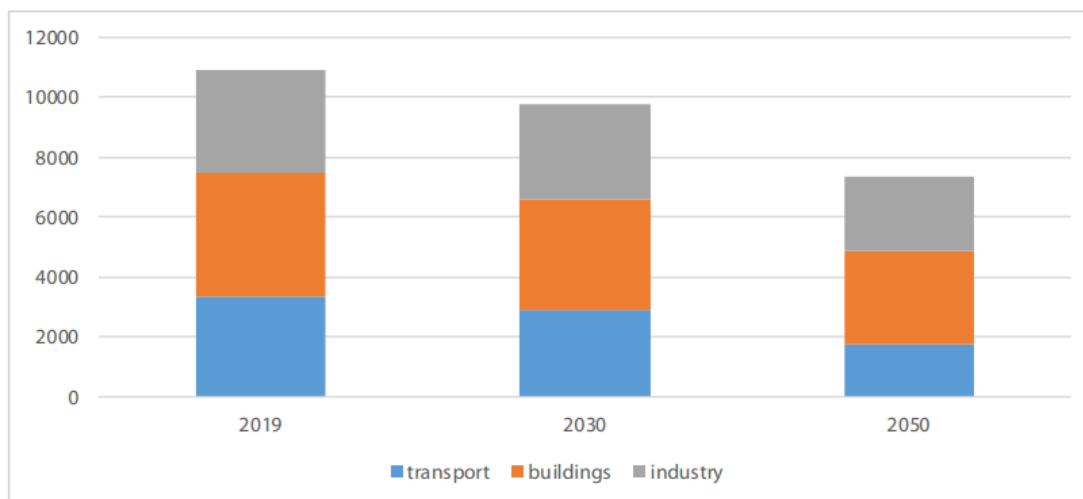
Συμπεράσματα

Τα ΕΣΕΚ και οι ευρωπαϊκοί στόχοι δεν έχουν ευθυγραμμιστεί ακόμα. Τα εθνικά σχέδια εξακολουθούν να προβλέπουν υψηλότερα επίπεδα ζήτησης τελικής ενέργειας και κατ' επέκταση μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής ορυκτών καυσίμων για την επίτευξη του στόχου. Επίσης δεν προβλέπουν τα επίπεδα ηλεκτροπαραγωγής όπως το μοντέλο του Κοινού Κέντρου Ερευνών.

Ωστόσο, κρίνεται αναγκαία η διαφάνεια και ο εναρμονισμός των δεδομένων των ΕΣΕΚ. Τα Εθνικά σχέδια είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για ενημέρωση και συντονισμό σε θέματα κλιματικής πολιτικής μεταξύ των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Προς το παρόν τα έγγραφα συχνά παρουσιάζουν ασυνέπεια και δεν αναφέρουν παρόμοιες μετρήσεις με διαφανή τρόπο.

2.2.2 Μονοπάτια κατανάλωσης ενέργειας στην Ε.Ε. ανά τομέα ως το 2050

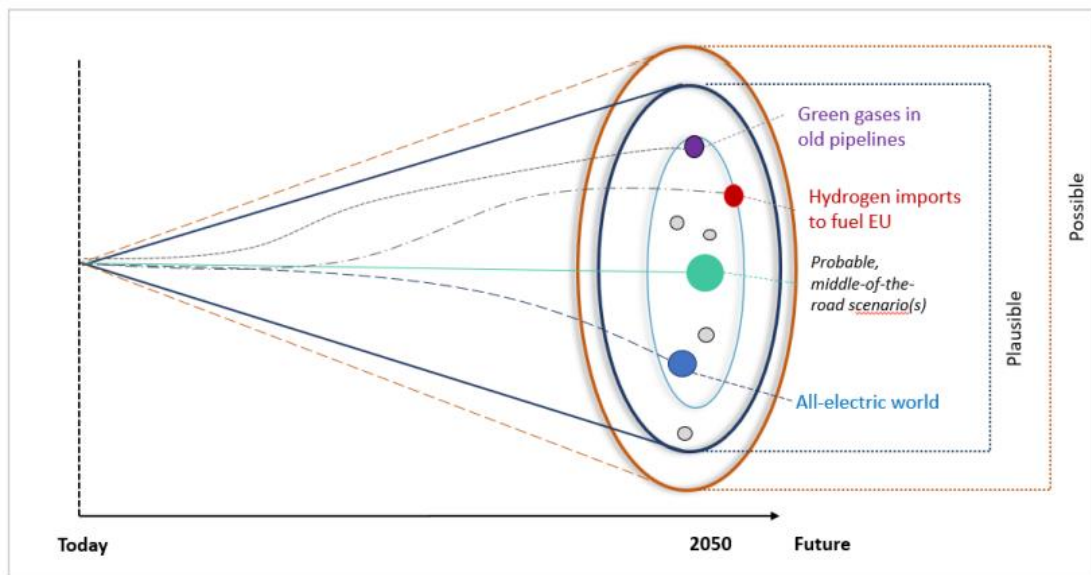
Το μοντέλο του Κοινού Κέντρου Ερευνών παρέχει μια ενδεικτική διαδρομή για την επερχόμενη μορφή της ζήτησης ενέργειας ανά τομέα στην Ε.Ε.. Είναι σαφές πως ραγδαίες μειώσεις στην τελική κατανάλωση ενέργειας θα προέλθουν από τον τομέα των μεταφορών κυρίως λόγω της ηλεκτροκίνησης. Επίσης, σημαντικές μειώσεις στην τελική κατανάλωση ενέργειας θα προέλθουν από τα κτίρια και τέλος μέτριες μειώσεις στη ζήτηση του κλάδου της βιομηχανίας.



Διάγραμμα 22: Σενάρια τελικής κατανάλωσης ενέργειας, ανά τομέα (TWh). (ITRE)

2.2.3 Σενάρια

Στις μελέτες προσομοίωσης, όπως είναι και αυτή του Κοινού Κέντρου Ερευνών πραγματοποιούνται αναλύσεις σεναρίων με σκοπό να παρέχουν πληροφορίες και πληθώρα μελλοντικών διαδρομών. Ανάλογα με τα τεχνολογικά επιτεύγματα, την προτίμηση των καταναλωτών και τις επιλογές πολιτικής προκύπτει μια γκάμα πιθανών σεναρίων που οδηγούν στην κλιματική ουδετερότητα. Στα σενάρια αυτά περιλαμβάνονται διαφορετικά επίπεδα ακαθάριστης παραγωγής, ενεργειακής απόδοσης και κατανάλωσης καυσίμου.



Σχήμα 18: Λογική σεναρίου με τον άξονα ψ να μην αντιπροσωπεύει κάποιο στοιχείο. (ITRE)

Προκύπτουν 3 βασικά σενάρια τα οποία προϋποθέτουν ένα εύλογο μονοπάτι για την εξέλιξη του ενεργειακού συστήματος καθώς όλοι οι δείκτες υποδεικνύουν ένα καύσιμο. Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε ένα από τα σενάρια θεωρούμε πολύ πιθανή τη διεύθυνση αντίστοιχων καυσίμων στα ενεργειακά συστήματα. Τα σενάρια αυτά δεν αποτελούν τις βέλτιστες διαδρομές ωστόσο επιτρέπουν την αναμεταξύ τους σύγκριση για διαφορετικά καύσιμα σε ακραίες περιπτώσεις. Τα 3 συστήματα που προκύπτουν είναι:

- Εξηλεκτρισμός σε βάθος
- Καθιέρωση υδρογόνου
- Εξάρτηση από χρήση πράσινων αερίων

	Πράσινα αέρια	Υδρογόνο	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Πλήρης εξηλεκτρισμός	Η μεταφορά του αερίου και το δίκτυο μεταφοράς του έχει	Το υδρογόνο διαμοιράζεται μέσω ενός ανεπτυγμένου	Αναβαθμίζεται σημαντικά το

	αποσυρθεί. Άμεση κατανάλωση του αερίου.	δικτύου. Εποχιακή λειτουργία αποθήκευσης υδρογόνου.	ευρωπαϊκό δίκτυο διανομής.
Εισαγωγές υδρογόνου στην Ε.Ε. για ανεφοδιασμό	Επαναπροσδιορισμός του δικτύου διανομής αερίου. Άμεση κατανάλωση πράσινων αερίων.	Ανάπτυξη δικτύου υποδομών της Ε.Ε. για σημεία εισαγωγής και διανομής υδρογόνου στο υπάρχον δίκτυο μεθανίου.	Ενίσχυση του ηλεκτρισμού μόνο όπου δεν χρησιμοποιείται υδρογόνο.
Διοχέτευση πράσινων αερίων στο παλιό δίκτυο	Συντήρηση κι επαναχρησιμοποίηση του δικτύου διανομής αερίου.	Ανάπτυξη συγκεκριμένου δικτύου διανομής υδρογόνου. Εποχιακή αποθήκευση υδρογόνου.	Ενίσχυση του ηλεκτρισμού μόνο όπου απουσιάζει το μεθάνιο.

2.3 Απόσυρση του λιγνίτη στην Ευρώπη

Πλέον είναι ευρέως αποδεκτό το γεγονός απόσυρσης του λιγνίτη από τον ενεργειακό τομέα της Ευρώπης, σκοπός της οποίας, είναι η συντομότερη μείωση των ΑτΘ. Παρόλο, που το μερίδιο συνεισφοράς του λιγνίτη στο ενεργειακό μείγμα έχει μειωθεί δραματικά από το 31% το 2000 στο 14% το 2019, ο μικρός αριθμός μονάδων παραγωγής ενέργειας από λιγνίτη εξακολουθεί να ευθύνεται για τις υψηλές συγκεντρώσεις ΑτΘ στην ατμόσφαιρα.

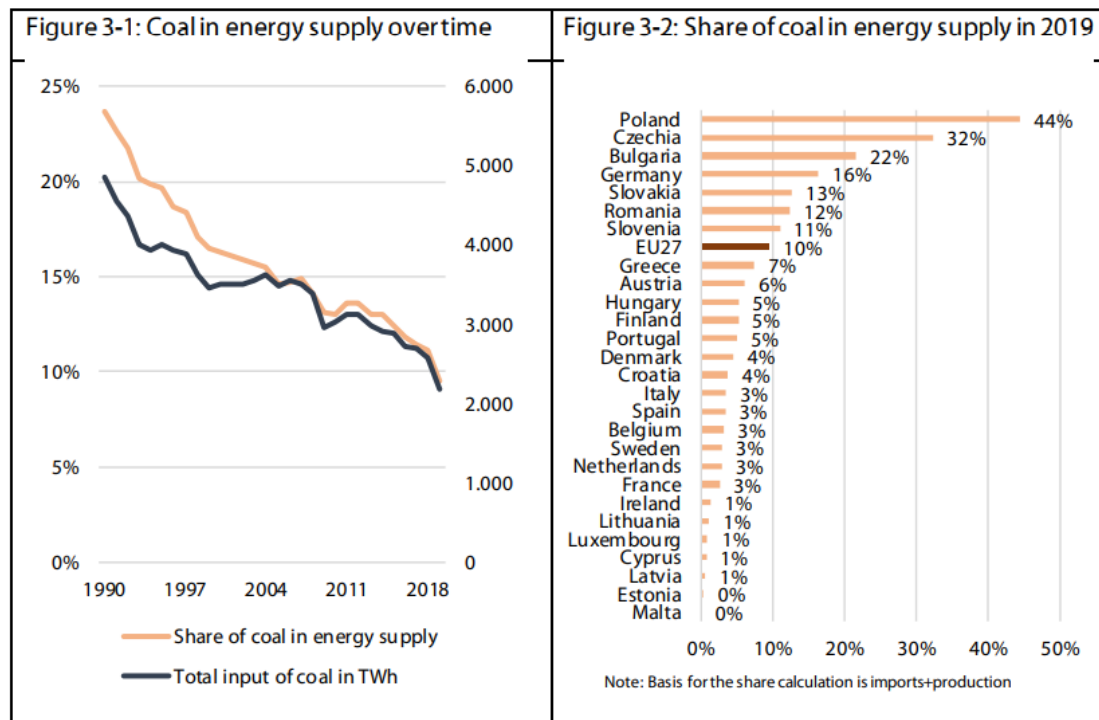
Μια σειρά ρυθμίσεων στο ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας αερίων ρύπων οδήγησε σε υψηλότερες τιμές του CO₂ γεγονός που επιβάρυνε την οικονομικότητα του λιγνίτη από το 2018 και έδρασε καταλυτικά στη μείωση της χρήσης του.

Επιπρόσθετα, στους οικονομικούς παράγοντες και μετά από μια δεκαετία χαμηλών τιμών CO₂ αρκετές χώρες μέλη ανέπτυξαν φιλόδοξα εθνικά σχέδια για την απολιγνιτοποίηση του τομέα της ενέργειας.

Χρησιμοποιώντας μια ανοιχτού κώδικα αριθμητική προσομοίωση, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να ανταποκριθεί ο τομέας της ενέργειας απαλλαγμένος από τις μονάδες παραγωγής ενέργειας από λιγνίτη.

2.3.1 Καθεστώς χρήσης λιγνίτη

Από το 1990 το μερίδιο συνεισφοράς λιγνίτη στο ενεργειακό μείγμα των 27 μελών χωρών της Ε.Ε. έχει υποδιπλασιαστεί τόσο σε απόλυτους αριθμούς (4900TWh το 1990 σε 2200TWh το 2019) όσο και σε όρους αναλογίας (24% το 1990 σε 10% το 2019 σε παροχή ενέργειας) όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 23.

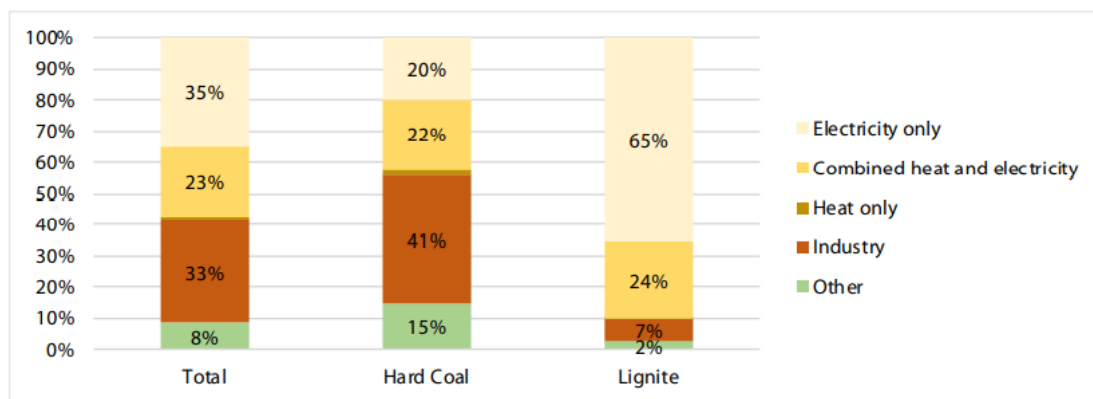


Διάγραμμα 23: Μεταβολή παροχής ενέργειας. (ITRE, EUROSTAT - database ngr_bal_c)

Ο λιγνίτης συνήθως χρησιμοποιείται κοντά στο πεδίο εξόρυξής του. Συνεπώς, όλος ο λιγνίτης που καταναλώνεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση παράγεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στις ευρωπαϊκές στατιστικές για τον άνθρακα εντοπίζεται διάκριση μεταξύ λιγνίτη σκληρού άνθρακα (ανθρακίτης 92 – 95% άνθρακα) και προϊόντα άνθρακα. Ο λιγνίτης περιέχει μικρές ποσότητες υποβιτουμενιούχων ανθράκων (~85% άνθρακα). Οι ανθρακίτες περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο βιτουμενιούχο άνθρακα (που άλλοτε αναφέρεται ως άνθρακας ατμού ή θερμικός άνθρακας στην διεθνή αγορά) όπως επίσης και μεταλλουργικό άνθρακα (coke).

Η σχεδόν αποκλειστική χρήση του λιγνίτη εντοπίζεται στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής (65% της κατανάλωσης λιγνίτη) και για θερμότητα και ηλεκτρισμό συνδυαστικά (24%). Από το λιγνίτη που απομένει προκύπτουν οι μπρικέτες άνθρακα. Ένα σημαντικό ποσοστό συμμετοχής του μεταλλουργικού άνθρακα (44%) τροφοδοτεί τις μονάδες παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, με την ίδια ποσότητα να χρησιμοποιείται σε βιομηχανικό επίπεδο. Στη βιομηχανία, ο σκληρός άνθρακας χρησιμοποιείται τόσο για την παραγωγή θερμότητας όσο και για πρώτη ύλη, ιδίως στην παραγωγή οπτάνθρακα και αερίου υψικαμίνων στη βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα.



Διάγραμμα 24:Χρήση άνθρακα. (ITRE, EUROSTAT - database ngr_bal_c)

Τομέας ηλεκτρικής ενέργειας και παραγωγής θερμότητας

Το μεγαλύτερο μέρος του άνθρακα που καίγεται στην Ευρώπη χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Ενώ το 1990 αποτελούσε το 35% της ακαθάριστης ηλεκτροπαραγωγής το 2019 μειώθηκε στο 15%. Επίσης, και η παροχή θερμότητας απομακρύνεται από τον άνθρακα. Ωστόσο, ο ρυθμός μείωσης επιβραδύνθηκε τα τελευταία χρόνια και περί του 22% το 2019. Καθώς ο μεταλλουργικός άνθρακας και ο λιγνίτης χρησιμοποιούνται εξίσου στην ηλεκτροδότηση, ο πρώτος παραμένει και κυρίως τύπος άνθρακα στην παραγωγή θερμότητας. Παρόλο που σε επίπεδο εμπορικότητας ο άνθρακας έχει υποτιμηθεί αποτελεί πολύ σημαντική πηγή ηλεκτροδότησης.

Χρήση άνθρακα στον τομέα της βιομηχανίας και άλλους τομείς

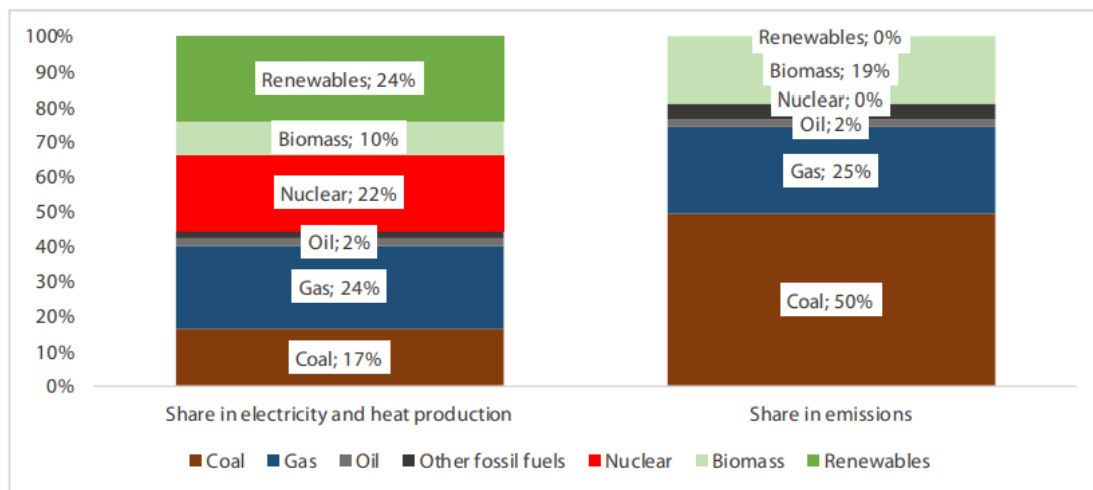
Σχεδόν το 70% του μεταλλουργικού άνθρακα που καταναλώνεται στη βιομηχανία χάλυβα εξυπηρετεί ως πρώτη ύλη για τις υψικαμίνους. Ειδικά για τον τομέα του χάλυβα - τομέας με την υψηλότερη κατανάλωση άνθρακα - αναμένεται πρόοδος στην τεχνολογία που χρησιμοποιεί που θα αντικαταστήσει παραδοσιακές διεργασίες με σύγχρονες χρήσεις υδρογόνου.

Η χρήση άνθρακα σε άλλους τομείς είναι πολύ μικρή. Τα ιδιωτικά νοικοκυριά καταναλώνουν περίπου 77 TWh κι άλλοι τομείς ακόμη λιγότερο: Γεωργία (9 TWh), Υπηρεσίες (8 TWh),

Αλιεία και Σιδηρόδρομοι (1 TWh). Σε πολλούς από αυτούς τους τομείς ο άνθρακας μπορεί να αντικατασταθεί από ηλεκτρισμό ή από πράσινο αέριο.

ΑτΘ που προέρχονται από τη χρήση άνθρακα

Ο λιγνίτης είναι ένα από τα πιο ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Για την παραγωγή 1 MWh ηλεκτρισμού, η καύση του λιγνίτη παράγει 1000 kg CO₂, ενώ εκπομπές από τον μεταλλουργικό άνθρακα περίπου 750 kg CO₂/MWh. Για την παραγωγή ίδιας ποσότητας ηλεκτρισμού από φυσικό αέριο εκπέμπονται 350 - 500 kg CO₂ (εκπομπές μειωμένες στο μισό από ότι στο λιγνίτη). Ο άνθρακας συμμετέχει με ποσοστό λιγότερο από 20% στην ηλεκτροπαραγωγή και θέρμανση στην Ευρωπαϊκή Ένωση ωστόσο, εκπέμπει ίδιο όγκο ΑτΘ με το σύνολο άλλων πηγών ενέργειας.



Διάγραμμα 25: Ποσοστό συμμετοχής ΑτΘ που προήλθαν από άνθρακα στην ηλεκτροπαραγωγή και τη θέρμανση.

(ITRE, EUROSTAT, EU CRF, UNFCCC – DATABASE ngr_bal_peh,
https://www.eea.europa.eu/ds_resolveuid/550712a8ce11432ab2cb7f0143ac478e)

Η πολιτική μειωμένης συμμετοχής άνθρακα στο ενεργειακό μείγμα της Ε.Ε. προοδευτικά οδηγεί σε περιορισμό των εκπομπών CO₂. Σε σύγκριση με το 1990 οι εκπομπές CO₂ που προέρχονται από ορυκτά καύσιμα από 1700 Mt μειώθηκαν σε 750 Mt το 2019. Παρά τη διαρκή μείωση των εκπομπών CO₂ από ορυκτά καύσιμα εξακολουθούν να αποτελούν το 20% των ΑτΘ.

Παρεμβάσεις στο ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας αέριων ρύπων το 2018 και η αυξανόμενη αποτίμηση διοξειδίου του άνθρακα συνδέονται με την οικονομική βιωσιμότητα του άνθρακα και κατά συνέπεια η σταδιακή απεξάρτηση από αυτόν υποδηλώνει και την μείωση των ΑτΘ.

Εκπομπές Μεθανίου

Το μεθάνιο επιδρά επιβαρυντικά στο περιβάλλον και για το λόγο αυτό αναφέρεται στις περιβαλλοντικές έρευνες ως αέριο παγκόσμιας θέρμανσης πιθανό (Global Warming

Potential) με αρκετά μεγαλύτερο δείκτη σημαντικότητας από το CO₂. Γενικά, σε βάθος χρόνου 20 ετών ο δείκτης Global Warming Potential του μεθανίου είναι 81 φορές μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο του διοξειδίου του άνθρακα, ενώ τα τελευταία 100 χρόνια ο πρώτος δείκτης είναι 28 φορές μεγαλύτερος από τον δεύτερο. Συμπεραίνουμε πως το μεθάνιο προκαλεί αμεσότερες επιβαρύνσεις στο περιβάλλον. Το μεθάνιο εκπέμπεται από τον τομέα της γεωργίας, των εγκαταστάσεων αποβλήτων και του τομέα πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επίσης, αυτό εντοπίζεται και στον τομέα του άνθρακα όπου παραδοσιακά αντιμετωπίζεται ως κίνδυνος στην ασφάλεια εξόρυξης. Οι διαφυγές μεθανίου από τα στερεά καύσιμα είναι ελαφρώς μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Οι διαφυγές μεθανίου των παραπάνω αντιπροσωπεύουν το 6% στο σύνολο διαφυγών μεθανίου της Ε.Ε. και το 36% από τον τομέα της ενέργειας. Οι ποσότητες μεταφράζονται στο 1,8% των ΑτΘ. Η τάση για μείωση διαφυγών μεθανίου από στερεά καύσιμα έχει επιβραδυνθεί από τα τέλη του 2000. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι διαφυγές μεθανίου δεν συμβαίνουν με τον ίδιο τρόπο στα παραγωγικά πεδία άνθρακα αλλά εξαρτώνται από την γεωλογία και το μέγεθος του κοιτάσματος. Μεγάλος όγκος διαφυγών μεθανίου εντοπίζεται σε εγκαταλελειμμένα παραγωγικά πεδία άνθρακα γεγονός που πρέπει να διερευνηθεί και να ληφθούν άμεσα μέτρα.

2.3.2 Επιδράσεις των Ευρωπαϊκών Περιβαλλοντικών πολιτικών στον άνθρακα

Ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας αερίων ρύπων

Στα χρόνια μετά την καθιέρωση του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας αερίων ρύπων το 2005, η τιμή του CO₂ παρέμεινε πολύ χαμηλή και δεν παρείχε κίνητρο για τον περιορισμό χρήσης άνθρακα. Αντιθέτως, λειτούργησε ενθαρρυντικά στον περιορισμό χρήσης φυσικού αερίου. Ακόμα, παρείχαν κίνητρα μέσω επιδοτήσεων για την δημιουργία νέων σταθμών παραγωγής ενέργειας από άνθρακα.

Από το 2018 μέσω μεταρρυθμίσεων στο σύστημα επήλθε αύξηση των δικαιωμάτων εμπορίας διοξειδίου του άνθρακα, με διακύμανση €10/tCO₂ στα €25/tCO₂ το 2019 και ακόμα υψηλότερα στα €60/tCO₂ τον Σεπτέμβριο του 2021. Η διακύμανση αυτή επηρέασε τα οικονομικά στον τομέα του άνθρακα σε σύγκριση με το φυσικό αέριο και άλλες επιλογές χαμηλού ανθρακικού αποτυπώματος. Η τιμή αναφοράς είναι η τιμή στην οποία ενισχύεται η αγορά φυσικού αερίου και αποφορτίζεται η παραγωγή ενέργειας από άνθρακα. Στην αύξηση των δικαιωμάτων εμπορίας διοξειδίου του άνθρακα συνετέλεσαν οι σύγχρονοι και αποδοτικοί παραγωγικοί σταθμοί που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο. Παρόλο που ο λιγνίτης αποτελείται από περισσότερο άνθρακα σε σύγκριση με το μεταλλουργικό άνθρακα, τα χαμηλά έξοδα για παραγωγή και μεταφορά καθιστούν τον λιγνίτη λιγότερο σημαντικό στην αύξηση της τιμής

διοξειδίου του άνθρακα. Συμπερασματικά, εκτιμάται υψηλότερη τιμή διοξειδίου του άνθρακα να οδηγεί στην κατάργηση του λιγνίτη.

Άλλοι περιβαλλοντικοί περιορισμοί

Η οδηγία για αντικατάσταση των μεγάλων εγκαταστάσεων καύσης ρυθμίζει τις βιομηχανικές εκπομπές ρύπων όπως το διοξείδιο του θείου, οξείδιο του αζώτου, τέφρας και άλλων ρύπων. Συγκεκριμένα, για τις μονάδες παραγωγής άνθρακα από το καλοκαίρι του 2021 συμπεριλαμβάνονται επιπλέον μέτρα για τον έλεγχο εκπομπών υδραργύρου.

Κανονισμοί για το μεθάνιο

Για τις εκπομπές μεθανίου από τον τομέα του άνθρακα δεν έχουν προωθηθεί ακόμη κατάλληλες ρυθμιστικές πολιτικές. Ωστόσο, για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος και σύμφωνα με ευρήματα πρόσφατων μελετών εκπομπές μεθανίου από άνθρακα πρέπει να συμπεριληφθούν σε μελλοντικούς ρυθμιστικούς κανονισμούς.

Τα δεδομένα υποδεικνύουν περαιτέρω επίβλεψη, καταγραφή και επιβεβαίωση. Για να επιτευχθεί η κλιματική ουδετερότητα της Ευρώπης οι εκπομπές μεθανίου πρέπει να περιοριστούν το συντομότερο. Μια τέτοια πολιτική, για παράδειγμα, θα μπορούσε να επιτευχθεί με ένα αντίστοιχο σύστημα εμπορίας αερίων ρύπων (cap – and – trade system), είτε με την ενσωμάτωση του μεθανίου στο υπάρχον σύστημα, είτε μέσω μιας διαφορετικής προσέγγισης, θέτοντας συγκεκριμένο όριο στις διαφυγές μεθανίου από τις παραγωγικές μονάδες άνθρακα.

Επιδράσεις της απολιγνιτοποίησης στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης

- 1) Επιδράσεις στον τομέα της ενέργειας
 - i) Καθεστώς μονάδων ηλεκτροπαραγωγής με χρήση άνθρακα
 - ii) Εξάρτηση εισαγωγών
 - iii) Μελλοντική μορφή μονάδων ηλεκτροπαραγωγής (μερική και ολική αντικατάσταση)
 - iv) Χρηματοδότηση προγραμμάτων ΑΠΕ
- 2) Άλλες οικονομικές επιδράσεις της απολιγνιτοποίησης στις λιγνιτοπαραγωγικές περιοχές
 - i) Μείωση θέσεων εργασίας στην εξορυκτική δραστηριότητα του άνθρακα
 - ii) Μείωση θέσεων εργασίας που συνδέεται με την εξορυκτική δραστηριότητα του άνθρακα
 - iii) Ενίσχυση του προγράμματος Λιγνιτοπαραγωγικές Περιοχές σε Μετάβαση

Συμπεράσματα: Η απολιγνιτοποίηση του τομέα της ενέργειας έχει δρομολογηθεί ωστόσο απαιτούνται επιπλέον υποστηρικτικά μέτρα

Η συγκριτικά υψηλή τιμή εμπορίας διοξειδίου του άνθρακα η οποία αναμένεται να παραμείνει ψηλά εάν οι μεταρρυθμίσεις στο ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας αερίων ρύπων διατηρηθούν, και η συνεχώς πτωτική τάση του κόστους των ΑΠΕ αδιαμφισβήτητα οδηγούν στην έξοδο από την χρήση άνθρακα στον τομέα της ενέργειας. Ωστόσο, αξίζει να επισημανθεί η επικείμενη αναθεώρηση του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας αερίων ρύπων η οποία σκοπός της είναι η ευθυγράμμιση με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πακέτο Fit for 55 (MIX55). Επίσης, η θέσπιση ενός αρκετά αυστηρού ανώτατου ορίου στο ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας αερίων ρύπων λειτουργεί καταλυτικά στην απομάκρυνση από τον άνθρακα έως το 2030 καθώς καθιστά οικονομικά ασύμφορους τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με άνθρακα. Παράλληλα, η ενσωμάτωση του μεθανίου που εκλύεται από τον τομέα των ανθράκων στο ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας αερίων ρύπων ή εναλλακτικής οδού ελέγχου της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης θα παρείχε κίνητρα για ταχύτερη κατάργηση του άνθρακα. Υποστηρικτικό ρόλο κατέχει και η Αρχή Βιομηχανικών Ρύπων (Industrial Emissions Directive). Στην θέση των παλαιών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από άνθρακα πρέπει να εγκατασταθούν μονάδες ΑΠΕ οι οποίες θα παράγουν ισχυρότερη ενέργεια και θα παρέχουν μονάδες αποθήκευσης της ενέργειας αυτής. Ακόμη, οι παλαιές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής θα αντικατασταθούν από σύγχρονες που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη το φυσικό αέριο παρά το γεγονός ότι πρόκειται για ένα βραχυπρόθεσμο μέτρο καθώς δεν πληροί τις προϋποθέσεις για τους στόχους του 2050.

Μια σημαντική πρόκληση στην απανθρακοποίηση της βιομηχανίας εντοπίζεται στην παραγωγή χάλυβα. Μια πιθανή εναλλακτική λύση για την παραγωγή χάλυβα αποτελεί ο συνδυασμός ηλεκτρισμού, υδρογόνου και ανακυκλωμένων υπολειμμάτων χάλυβα, κάτι το οποίο βρίσκεται υπό εξέλιξη στην Ε.Ε..

2.4 Απανθρακοποίηση του Μεθανίου

Η επίτευξη των μακροπρόθεσμων στόχων της Ε.Ε. για κλιματική ουδετερότητα ως το 2050 προϋποθέτει την σταδιακή μείωση χρήσης φυσικού αερίου. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι απανθρακοποίησης της χρήσης φυσικού αερίου. Ωστόσο, η συνδυαστική χρήση του με τις μονάδες δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα δεν θεωρείται ρεαλιστικός στόχος καθώς η πρόοδος στην έρευνα και τον σχεδιασμό

συστημάτων δέσμευσης και αποθήκευσης στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι ανύπαρκτη. Κύρια σύσταση του φυσικού αερίου είναι το καθαρό μεθάνιο. Άλλα μη ορυκτά καύσιμα πιθανόν θα μπορούσαν να το αντικαταστήσουν καθώς έχουν υψηλές συγκεντρώσεις μεθανίου. Το βιοαέριο (biogas) που χρησιμοποιείται σήμερα παρουσιάζει περιορισμένες προοπτικές και το συνθετικό μεθάνιο (syngas) που προκύπτει από την διαδικασία μεθανίωσης του υδρογόνου απαιτεί υψηλά κόστη στην παραγωγή και η μεταποίησή του είναι αρκετά δύσκολη. Αντί αυτών, το πράσινο υδρογόνο το οποίο παρουσιάζει παρόμοιες ιδιότητες με το βιοαέριο και το συνθετικό μεθάνιο αλλά χαμηλότερο κόστος παραγωγής θα μπορούσε να αντικαταστήσει σε αρκετές περιπτώσεις το φυσικό αέριο.

Μεσοπρόθεσμα, πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του φυσικού αερίου για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση της επίδρασης εξόρυξης, μεταφοράς και χρήσης του. Το μεθάνιο είναι αρκετά πιο επιβαρυντικό για το περιβάλλον σε σύγκριση με το CO₂ και δεν συμπεριλαμβάνεται στο ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας αερίων ρύπων ή κάποιο άλλο ελεγκτικό σύστημα ρύπανσης. Σημαντικό βήμα για τον έλεγχο διαφυγών μεθανίου αποτελεί η Στρατηγική για το Μεθάνιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής η οποία σε συνδυασμό με την αποτίμηση των εκπομπών μεθανίου από το φυσικό αέριο θα παρέχουν κίνητρα για τη μείωση της επιβάρυνσης στο περιβάλλον.

Η παραγωγή βιοαερίου στην Ε.Ε. έχει σχεδόν δεκαπλασιαστεί από το 2000 επιτυγχάνοντας τα 160 TWh το 2019. Ωστόσο, αποτελεί μόνο το 3% στην παροχή αερίου της Ε.Ε.. Παραδόξως, η Ευρώπη πρωτοστατεί παγκοσμίως στην παραγωγή βιοαερίου. Το βιοαέριο παράγεται με διάφορους τρόπους χρησιμοποιώντας σύγχρονη τεχνολογία. Η πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου παραλαμβάνεται από συγκεκριμένο είδος φυτών (cogp), από απόβλητα ζώων, στερεά αστικά απόβλητα και αστικά λύματα.

Εντοπίζεται διαφορά μεταξύ βιομεθανίου και βιοαερίου με το πρώτο να περιέχει περισσότερο από 90% μεθάνιο και το οποίο μπορεί να διοχετευθεί στο υπάρχον δίκτυο διανομής φυσικού αερίου. Αντιθέτως, το βιοαέριο αποτελείται από μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και άλλες μικρές ποσότητες εύφλεκτων αερίων. Σε ποσοστό 10% το βιοαέριο αναβαθμίζεται σε βιομεθάνιο. Το χαμηλής περιεκτικότητας σε μεθάνιο βιοαέριο χρησιμοποιείται κοντά στις μονάδες παραγωγής του χωρίς να χρησιμοποιεί δίκτυο σωληνώσεων για τη μεταφορά του.

2.4.1 Αξιοποίηση μεθανίου

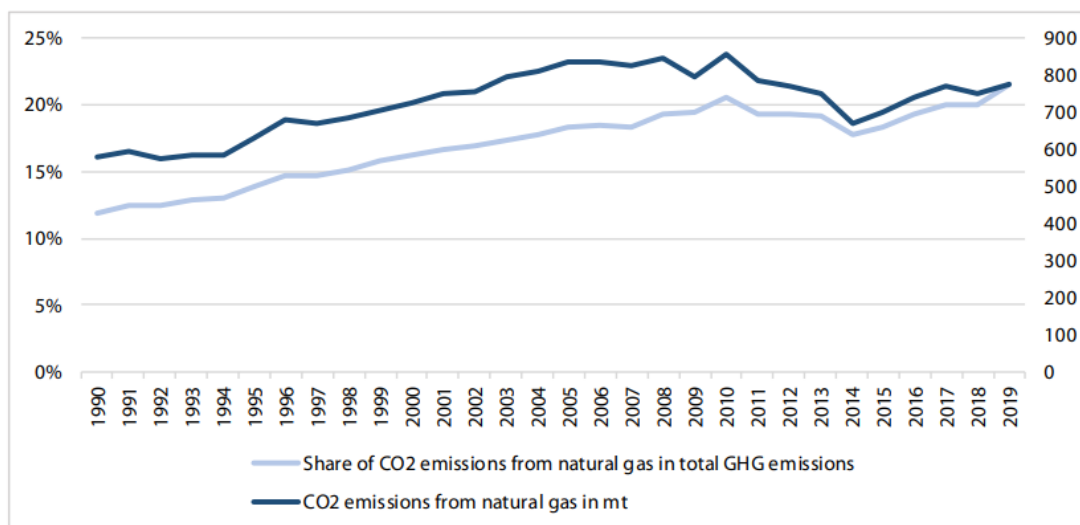
Περίπου 60% του φυσικού αερίου χρησιμοποιείται άμεσα στην τελική κατανάλωση ενέργειας και δεν προϋποθέτει τη μεταφορά του. Ο τομέας της βιομηχανίας χρησιμοποιεί σχεδόν 22% επί του συνολικού όγκου εφοδιασμού. Παρά το γεγονός ότι η πλειονότητα της βιομηχανικής κατανάλωσης (96%) χρησιμοποιείται για ενεργειακό σκοπό, μόνο το 4% διοχετεύεται σε μη

ενεργειακή χρήση. Συνεπώς, ο τομέας της βιομηχανίας διακρίνει την κατανάλωση ενέργειας για ενεργειακές εφαρμογές και για μη ενεργειακές εφαρμογές. Στις μη ενεργειακές εφαρμογές περιλαμβάνονται δράσεις της χημικής και πετροχημικής βιομηχανίας, του τσιμέντου, του σιδήρου και του χάλυβα. Το ορυκτό φυσικό αέριο εξυπηρετεί τις ανάγκες ηλεκτρισμού και παραγωγής θερμότητας.

Εκπομπές ΑτΘ

Συνήθως το ορυκτό φυσικό αέριο προορίζεται για καύση, διαδικασία η οποία εκπέμπει διοξείδιο του άνθρακα. Επιπρόσθετα, το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (95%) το οποίο από μόνο του αποτελεί αέριο του θερμοκηπίου με δείκτη επιβάρυνσης πολύ μεγαλύτερο από το διοξείδιο του άνθρακα και το οποίο μπορεί να διαφύγει τόσο κατά την παραγωγή όσο και την μεταφορά του.

Οι εκπομπές CO₂ που προέρχονται από την κατανάλωση φυσικού αερίου αυξήθηκαν κατά 34% από το 1990. Το 2019, σχηματίστηκαν στην ατμόσφαιρα 776 Mt CO₂ από την καύση φυσικού αερίου, ποσότητα που ξεπερνά τους 739Mt CO₂ που προήλθαν από την καύση άνθρακα.



Διάγραμμα 26: Εκπομπές CO₂ από την κατανάλωση φυσικού αερίου.

(ITRE, <https://ourworldindata.org/emissions-by-fuel> & <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>)

Οι διαφυγές μεθανίου από υποδομές φυσικού αερίου λόγω χαμηλής ποιότητας τεχνολογίας ανεπαρκούς συντήρησης ή άλλων αιτιών θεωρούνται επιβλαβή αέρια του θερμοκηπίου. Οι διαφυγές μεθανίου που προέρχονται από μηχανική και τεχνολογική δυσλειτουργία αντιμετωπίζονται ως ακούσιας φύσης και ταξινομούνται με την ονομασία << διαφεύγουσες εκπομπές>>. Στον τομέα της ενέργειας οι διαφεύγουσες εκπομπές

διαχωρίζονται μεταξύ του τομέα του άνθρακα και του τομέα πετρελαίου και φυσικού αερίου. Το 2019 σχεδόν 0,85 Mt από διαφεύγουσες εκπομπές καταγράφηκαν στον τομέα πετρελαίου και φυσικού αερίου στην Ε.Ε.. Ο τομέας πετρελαίου και φυσικού αερίου εκπέμπει μεθάνιο ίσο με το 1/3 του ενεργειακού τομέα και 6% των συνολικών εκπομπών μεθανίου.

Οι μεγαλύτερες ποσότητες από διαφεύγουσες εκπομπές εντοπίζονται στις χώρες από τις οποίες η Ε.Ε. εισάγει το φυσικό αέριο. Δεδομένου ότι η Ευρώπη εισάγει μεγάλες ποσότητες φυσικού αερίου συνιστάται καταγραφή του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του μεθανίου σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας. Ωστόσο, τα δεδομένα και οι μέθοδοι υπολογισμού εκπομπών μεθανίου είναι σε αρχικό στάδιο, με αναμενόμενη υποδομή μέτρησης δορυφόρο, που θα είναι λειτουργικός το 2023.

2.4.2 Προοπτικές απανθρακοποίησης φυσικού αερίου

Ως βασικό στόχο θέτουμε την αντικατάσταση της χρήσης φυσικού αερίου με εναλλακτικές λύσεις χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Οι εναλλακτικές κυμαίνονται από την συνεχή χρήση φυσικού αερίου με την ταυτόχρονη δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα και τη χρήση μεθανίου ή αερίων που προέρχονται από ΑΠΕ όπως το βιομεθάνιο, το συνθετικό μεθάνιο και το υδρογόνο.

Χρήση φυσικού αερίου με ταυτόχρονη δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα

Παρά το γεγονός ότι η τεχνολογία δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα χρησιμοποιείται υποστηρικτικά για την διατήρηση του καθεστώτος του φυσικού αερίου από χώρες που το παράγουν και το εξάγουν, στους περισσότερους τομείς της Ευρώπης χαρακτηρίζεται μη ρεαλιστική οδός. Οι προβληματισμοί είναι:

- Η τεχνολογία δέσμευσης άνθρακα δεν λειτουργεί σε επίπεδο εμπορικότητας σε οποιαδήποτε χώρα ή τομέα (Holz et al., 2018a).
- Οποιαδήποτε γνωστή τεχνολογία δέσμευσης έχει ποσοστό πολύ χαμηλότερο από 100% σε διοξείδιο του άνθρακα.
- Οποιαδήποτε αποθήκευση σε υπόγειους σχηματισμούς έχει πραγματοποιηθεί σε παραγωγικά πεδία πετρελαίου και φυσικού αερίου (μέθοδος ενισχυμένης απόληψης) και όχι σε άλλους γεωλογικούς σχηματισμούς.
- Η υπόγεια αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα δεν υποστηρίζεται από ξεκάθαρο νομικό πλαίσιο παρά μόνο από την Οδηγία CCS 76 η οποία εφαρμόζεται στα κράτη μέλη της Ε.Ε. ξεχωριστά.

- Το εμπόριο διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ χωρών απαγορεύεται όπως επίσης και η μεταφορά του σε πεδία που καλύπτονται από θάλασσα. Ωστόσο, αναμένονται υποδομές που θα καθιστούν εφικτά τα παραπάνω.
- Για τη δημιουργία αξιακής αλυσίδας και οικονομικά αποδοτικής μεθόδου δέσμευσης άνθρακα απαιτείται διασύνδεση με σωλήνες που θα ρέει το διοξείδιο του άνθρακα και χώροι που θα αποθηκεύεται.

Αντικατάσταση του φυσικού αερίου από άλλα αέρια

Ορυκτό φυσικό αέριο μπορεί να αντικατασταθεί χωρίς προβληματισμούς από άλλες πηγές μεθανίου όπως το συνθετικό μεθάνιο και το βιομεθάνιο. Επιπρόσθετα, το υδρογόνο πιθανόν να αντικαταστήσει το μεθάνιο σε κάποιες εφαρμογές του κυρίως λόγω της αέριας κατάστασης και άλλων κοινών στοιχείων που μοιράζονται. Για να εξηγήσουμε τις πιθανότητες αντικατάστασης του μεθανίου από άλλα αέρια αξιολογούμε τις μεθόδους παραγωγής τους.

Το συνθετικό μεθάνιο παράγεται με ηλεκτροχημική μέθοδο και προκύπτει από την μεθανίωση του υδρογόνου. Σε αυτή τη μέθοδο οι πρώτες ύλες είναι το H_2 και το CO_2 . Σε περίπτωση που οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται προήλθαν από ηλεκτρόλυση με ΑΠΕ τότε το τελικό προϊόν θεωρείται απαλλαγμένο από $At\Theta$. Δεδομένου ότι η παραγωγική διαδικασία υδρογόνου με ηλεκτρική ενέργεια θεωρείται ΑΠΕ προκύπτει αέριο σύνθεσης με ονομασία ενέργεια για αέριο (power to gas) ή ενέργεια για μεθάνιο (power to methane). Το διοξείδιο του άνθρακα συνήθως προέρχεται από την ατμόσφαιρα (μέθοδος άμεσης σύλληψης αέρα DAC), από βιομάζα ή από τεχνολογίες δέσμευσης άνθρακα).

Η επιπλέον επεξεργασία μεθανίωσης του H_2 και του CO_2 καθιστά το αέριο σύνθεσης ακριβότερο από το υδρογόνο. Ένα πλήρες σύστημα μετατροπής ενέργειας σε μεθάνιο με ηλεκτρόλυση, μεθανίωση και συμπίεση μπορεί να παράγει με κόστος €2000/kW (Schiebahn et al 2016). Ωστόσο, μια τέτοια μέθοδος υπολείπεται σε επίπεδο εμπορικότητας και αξιοπιστίας των επιμέρους τμημάτων του συστήματος. Τέλος, ο συνδυασμός της χαμηλής μέσης ενεργειακής απόδοσης, του υψηλού επενδυτικού κόστους και των πολύ υψηλών απαιτήσεων ηλεκτροδότησης οδηγούν τη μέθοδο ενέργεια για μεθάνιο να εφαρμοστεί περιορισμένα (Evangelopoulou et al 2019).

Ένα άλλο εναλλακτικό πράσινο αέριο ή ανανεώσιμο αέριο είναι το βιοαέριο ή βιομεθάνιο το οποίο, γνωρίζει ισχυρή πρόοδο στην παραγωγή και την κατανάλωση τόσο στην Ευρώπη όσο και παγκοσμίως. Το βιομεθάνιο περιέχει περισσότερο από 90% μεθάνιο όπως το ορυκτό φυσικό αέριο ή αυτό της μεθανίωσης. Ήδη μικρές ποσότητες εγχέονται στο δίκτυο σωληνώσεων φυσικού αερίου.

Το βιομεθάνιο προκύπτει από την αναβάθμιση του βιοαερίου με διεργασίες απομάκρυνσης διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων και την ενίσχυση της συγκέντρωσης μεθανίου με τη μέθοδο αεριοποίησης στερεής βιομάζας. Ο διεθνής οργανισμός για την ενέργεια εκτιμά την ενίσχυση του ποσοστού συμμετοχής του στο ευρωπαϊκό ενεργειακό μείγμα. Εάν το βιομεθάνιο παράγεται από αναβάθμιση βιοαερίου τότε σχετικά σημαντικές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα προκύπτουν ως παραπροϊόν. Αυτό σε συνδυασμό με το υδρογόνο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή μεθανίου.

Ανάλογα με τις πρώτες ύλες και την τεχνολογία η παραγωγή βιομεθανίου ξεπερνά τις τιμές φυσικού αερίου. Κατά μέσο όρο η παραγωγή βιομεθανίου κοστίζει €55/MWh (IEA,2020) ενώ, συγκεκριμένα από XYTA €45/MWh και μπορεί να φτάσει μέχρι €30/MWh. Ο διεθνής οργανισμός για την ενέργεια εκτιμά πως η παραγωγή βιομεθανίου σε παγκόσμια κλίμακα θα κοστίζει €30/MWh. Προς το παρόν η θερμική αεριοποίηση στερεής βιομάζας βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο αλλά η τεχνολογική πρόοδος θα υποστηρίξει την αντικατάσταση του φυσικού αερίου.

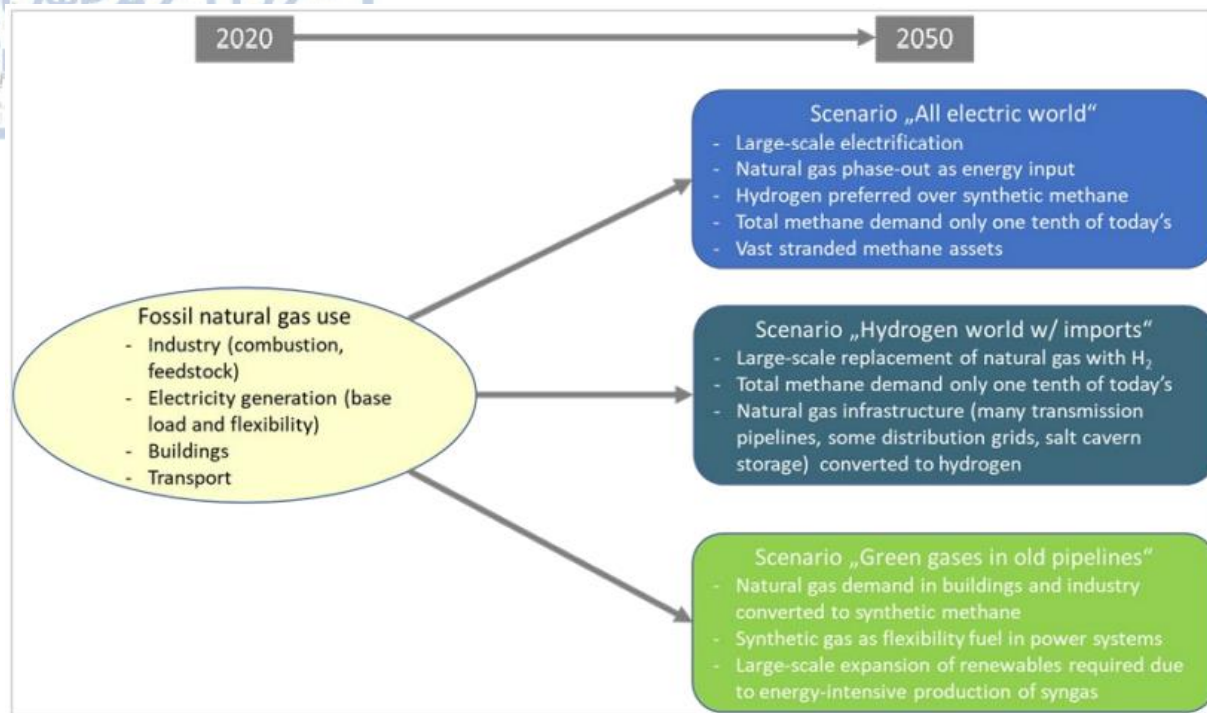
Από τη σύγκριση μεταξύ των 2 τύπων ανανεώσιμου μεθανίου προέκυψε ότι η παραδοσιακή βιοχημική μέθοδος (αναβάθμιση βιοαερίου) παρουσιάζει αποδοτικότητα 55% - 57% και προοπτική βελτίωσης 80%. Ενώ, το βιομεθάνιο που προήλθε από αεριοποίηση υποδεικνύει αποδοτικότητα έως 70%. Η μεθανίωση αναμένεται να κυμανθεί μεταξύ 54% και 60% απόδοση με προοπτική βελτίωσης έως 78% (Fendt et al, 2016). Δεδομένης τεχνολογικής προόδου το κόστος παραγωγής μεθανίου θα αποκλίνει με το αυξανόμενο μέγεθος των μονάδων. Τα κόστη παραγωγής κυμαίνονται από 5,9 - 13,7 €/kWh (biochemical biomethane production), 5,6 - 37 €/kWh (thermochemical biomethane production) και 8,2 – 93 €/kWh (power to methane) (Fendt et al, 2016). Συμπερασματικά, καμία μέθοδος παραγωγής από τις παραπάνω δεν μπορεί να ανταγωνιστεί τις σημερινές τιμές φυσικού αερίου.

2.4.3 Τρία ακραία σενάρια προσφοράς και ζήτησης μεθανίου

Ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής του μεθανίου στο ενεργειακό μείγμα του 2050 προκύπτουν τα 3 ακραία σενάρια τα οποία διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους τόσο στην προσφορά μεθανίου όσο και στον ρόλο της ηλεκτροδότησης και του υδρογόνου. Ωστόσο, και στις 3 περιπτώσεις λαμβάνουν χώρα κοινές δράσεις. Αυτό σημαίνει πως αναμένονται να πραγματοποιηθούν δράσεις οι οποίες υποστηρίζουν τις 3 αυτές οδούς και θα δράσουν ανεξάρτητα προς τον κοινό στόχο της κλιματικής ουδετερότητας. Τεχνικά χαρακτηριστικά και

προοπτική παραγωγής βιοαερίου / συνθετικού αερίου στην Ευρώπη και στις γείτονες χώρες, οικονομική υποδομή, τεχνολογική πρόοδος στην δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα καθώς επίσης και διακύμανση του κόστους συνθετικού αερίου και υδρογόνου είναι παραδοχές που χαρακτηρίζουν το ενεργειακό μείγμα το 2050. Συγκεκριμένα:

- Πλήρης απεξάρτηση από τη χρήση ορυκτού φυσικού αερίου έως το 2050 για να επιτευχθεί η κλιματική ουδετερότητα στην Ευρώπη
- Ενίσχυση της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ ποσότητες, οι οποίες θα καταναλωθούν στην παραγωγή υδρογόνου ή συνθετικού μεθανίου
- Κατάργηση της χρήσης ορυκτού φυσικού αερίου στις μονάδες παραγωγής έως το 2050. Το 2030 οι μονάδες παραγωγής που λειτουργούν με ορυκτό φυσικό αέριο θα κατέχουν υποστηρικτικό χαρακτήρα στο ηλεκτρικό σύστημα με το ποσοστό συμμετοχής τους να μεταπίπτει στις ΑΠΕ. Μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που λειτουργούν με μεθάνιο θα πάψουν πλήρως έως το 2050 με το συνθετικό αέριο να μην αντικαθιστά ολοκληρωτικά το ορυκτό φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή
- Υποστηρικτικό ρόλο στο ενεργειακό σύστημα προσφέροντας ευελιξία στις επιλογές καθώς και ανάπτυξη στο δίκτυο ηλεκτροδότησης και αποθήκευσης ενέργειας θα διαδραματίσει το υδρογόνο
- Το ορυκτό φυσικό αέριο παύει να αποτελεί φυσική πρώτη ύλη (για καύση). Θα αντικατασταθεί από εναλλακτικές διεργασίες που βασίζονται σε ηλεκτρική ενέργεια, υδρογόνο ή συνθετικό αέριο
- Σε μεγάλο ποσοστό το ορυκτό φυσικό αέριο θα αντικατασταθεί από το συνθετικό αέριο ως πρώτη ύλη στις βιομηχανικές διεργασίες αλλά δεν θα το αντικαταστήσει πλήρως
- Το ορυκτό φυσικό αέριο δεν θα χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου (γκρι ή μπλε) είτε με την αναμόρφωση μεθανίου (Steam Methane Reforming) αλλά ούτε και με διεργασίες πυρόλυσης. Το υδρογόνο θα προκύπτει εξ ολοκλήρου από την ηλεκτρόλυση των ΑΠΕ. Απαραίτητο μέτρο για την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας
- Το υπάρχον σύστημα αγωγών φυσικού αερίου (χαμηλής και υψηλής πίεσης) σε συνδυασμό με τις ικανοποιητικές ποσότητες εισαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου δεν υποδηλώνουν περαιτέρω επενδύσεις στις υποδομές μεταφοράς μεθανίου
- Το ορυκτό φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ελάχιστα στον τομέα των μεταφορών. Έως το 2050 θα έχει αντικατασταθεί από ηλεκτρισμό, υδρογόνο και συνθετικό αέριο



Εικόνα 3:Πιθανά μακροπρόθεσμα σενάρια παραγωγής και ζήτησης μεθανίου. (ITRE)

2.5 Ο ρόλος του υδρογόνου στην απανθρακοποίηση της ενέργειας

Στην Ευρώπη το υδρογόνο χρησιμοποιείται ως χημική πρώτη ύλη και οι διεργασίες παραγωγής του εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες άνθρακα. Λόγω των χημικών ιδιοτήτων του θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη σε τουρμπίνες παραγωγής θερμότητας αλλά και σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού (fuel cell pass through). Αυτό, θα επέτρεπε την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων από υδρογόνο σε τομείς όπως η παραγωγή χάλυβα, μετακίνηση μεγάλου μεγέθους οχημάτων, στις αερομεταφορές και τη ναυτιλία. Όπως και τα ορυκτά αέρια καύσιμα έτσι και το υδρογόνο παρέχει τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας για μεγάλες χρονικές περιόδους σε μεγάλες αποστάσεις. Επίσης, παρέχει μεθόδους παραγωγής με χαμηλό αλλά και μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα. Το βασικό συστατικό στην οικονομικότητα της παραγωγής είναι η πρώτη ύλη που απαιτείται. Στην περίπτωση ηλεκτρόλυσης του νερού, το μέσο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται είναι αποκλειστικός παράγοντας τελικής αποτίμησης του υδρογόνου.

Το 2018 η ζήτηση για υδρογόνο υπολογίζεται στις 330 TWh, με τις αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στους 100 Mt. Ζήτηση η οποία προήλθε από τους τομείς παραγωγής αμμωνίας και διύλισης αργού πετρελαίου. Σε μικρότερα ποσοστά η ζήτηση προήλθε για παραγωγή μεθανόλης και άλλων χημικών ουσιών. Τέλος, το υδρογόνο απουσιάζει στον τομέα παραγωγής θερμότητας, τον οικιστικό και των μετακινήσεων.

Το υδρογόνο προκύπτει από μια διεργασία που είναι γνωστή ως αναμόρφωση ατμών μεθανίου (SMR). Το μεθάνιο δηλαδή, το φυσικό αέριο θερμαίνεται με ατμό σε περιβάλλον με καταλύτη για την παραγωγή ατμών υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα. Για κάθε ένα τόνο υδρογόνου που παράγεται στην ατμόσφαιρα εκλύονται 9 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα (IEA,2020). Η μέθοδος αυτή παράγει το γνωστό γκρι υδρογόνο.

Μόνο το 15% του υδρογόνου παράγεται από εμπορικές εγκαταστάσεις (εγκαταστάσεις εμπορίας και διακίνησης υδρογόνου) ενώ το υπόλοιπο ποσοστό παράγεται επί του πεδίου ή ως παραπροϊόν χημικών διεργασιών. Το υδρογόνο δεν θεωρείται ενεργειακός φορέας και κατ' επέκταση δεν υπάρχει νομικό πλαίσιο ή υποδομές που να υποστηρίζουν μεγάλης κλίμακας εμπόριο υδρογόνου. Οι μοναδικές υποδομές για μεταφορά υδρογόνου εκτείνονται για 1800 km και εξυπηρετούν τη χημική βιομηχανία.

Ζήτηση

Η ζήτηση του υδρογόνου στα μακροχρόνια σενάρια διακρίνεται σε πιθανή και εκτιμώμενη ζήτηση. Η πιθανή ζήτηση εμπεριέχει τομείς οι οποίοι είτε ήδη καταναλώνουν υδρογόνο είτε πρόκειται να καταναλώσουν λόγω βιομηχανικής και πολιτικής προόδου που υποδηλώνει επερχόμενη ζήτηση. Η εκτιμώμενη ζήτηση αναφέρεται σε τομείς όπου το υδρογόνο τεχνικά μπορεί να διαδραματίσει βασικό ρόλο αλλά δεν έχουν εξεταστεί οι οικονομικοί παράμετροι. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται σε ανταγωνισμό μεταξύ καυσίμων αλλά και στην εμπορικότητα του ίδιου του υδρογόνου.

Η ζήτηση υδρογόνου ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία καθορίζεται εξ ολοκλήρου από την κατανάλωση του τελικού προϊόντος. Σε περίπτωση που το υδρογόνο αντιμετωπίζεται ως φορέας ενέργειας (energy carrier / vector) παράλληλα ανταγωνίζεται με εναλλακτικά καύσιμα και τα πλεονεκτήματα διευκρινίζονται ανά περίπτωση. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση ανταγωνισμός που προέρχεται από ηλεκτρισμό ΑΠΕ και δευτερεύοντα ρόλο διαδραματίζει η διαθεσιμότητα σε βιοκαύσιμα. Η ζήτηση για υδρογόνο μπορεί να καλυφθεί έμμεσα από καύσιμα που το εμπεριέχουν. Για παράδειγμα το υδρογόνο σε συνδυασμό με το διοξείδιο του άνθρακα παράγουν συνθετικούς υδρογονάνθρακες όπως η κηροζίνη. Χαρακτηριστική περίπτωση όπου οι ιδιότητες των υδρογονανθράκων είναι ωφέλιμες είναι η αρκετά υψηλότερη απόδοση ενέργειας της κηροζίνης.

Η αμμωνία αποτελεί βασικό χημικό στοιχείο για την παραγωγή λιπασμάτων και η παραγωγή της ετησίως εντός Ευρώπης υπολογίζεται στους 17 εκατομμύρια τόνους. Ωστόσο, γίνονται προσπάθειες για την μεταστροφή από τα χημικά λιπάσματα σε οργανικά και σε εναλλακτικές αγροτικές πρακτικές. Αυτές είναι οι 2 κινητήριες δυνάμεις που καθορίζουν την ζήτηση αμμωνίας έως το 2050. Παρόλο που η ζήτηση για αμμωνία δεν μπορεί να εκτιμηθεί, η ανάγκη για το καθαρό υδρογόνο που την παράγει μπορεί. Η παραγωγή της αμμωνίας είναι εφικτή

καθώς το υδρογόνο που εξάγεται από το ορυκτό φυσικό αέριο αναμιγνύεται με το άζωτο που προέρχεται από την ατμόσφαιρα. Αρκετές επενδύσεις που συνδέονται με την παραγωγή υδρογόνου και στοχεύουν στο μηδενικό αποτύπωμα συνδυάζονται με παραγωγικές μονάδες αμμωνίας (Μαρόκο).

Η παραγωγή μεθανόλης στην Ευρώπη υπολογίζεται στους 1,5 εκατομμύρια τόνους ετησίως και χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη στη χημική βιομηχανία. Όπως και η αμμωνία χρησιμοποιεί το υδρογόνο το οποίο προέρχεται από διεργασίες αναμόρφωσης ατμού μεθανίου (SMR), με την τελική ζήτηση σε υδρογόνο να εξαρτάται από την ζήτηση μεθανόλης.

Παράλληλα, το υδρογόνο χρησιμοποιείται στον τομέα της διύλισης του αργού πετρελαίου για την μετατροπή του τελευταίου σε εμπορικά προϊόντα. Οι 2 κυρίες οι διεργασίες είναι: Ι) υδρογονοεπεξεργασία (hydrotreating) κατά την οποία αφαιρούνται ποσότητες θείου από το κλάσμα και ΙΙ) υδρογονοπυρόλυση (hydrocracking) κατά την οποία αναβαθμίζονται τα βαρύτερα κλάσματα προς ελαφρύτερα. Η μελλοντική ζήτηση για υδρογόνο εκτιμάται να είναι ανάλογη με την ζήτηση των προϊόντων του αργού πετρελαίου. Συνεπώς, αναμένεται μείωση στην ζήτηση υδρογόνου από τον τομέα διύλισης αργού πετρελαίου σε επίπεδα όμως που δεν υποδηλώνουν ολοκληρωτική παύση των διεργασιών.

Η Ευρώπη παράγει ετησίως 177 εκατομμύρια τόνους ατσάλι το οποίο ευθύνεται για το 4% των εκπομπών ΑτΘ με το 60% του παραγόμενου χάλυβα να παράγεται σε υψικαμίνους οξυγόνου οι οποίες βασίζονται στον άνθρακα και δεν πληρούν τις προϋποθέσεις στα σενάρια απανθρακοποίησης. Ωστόσο, το 40% παραγωγής χάλυβα παράγεται χρησιμοποιώντας ως κύρια πηγή την ηλεκτρική ενέργεια (Electric Arc Furnaces).

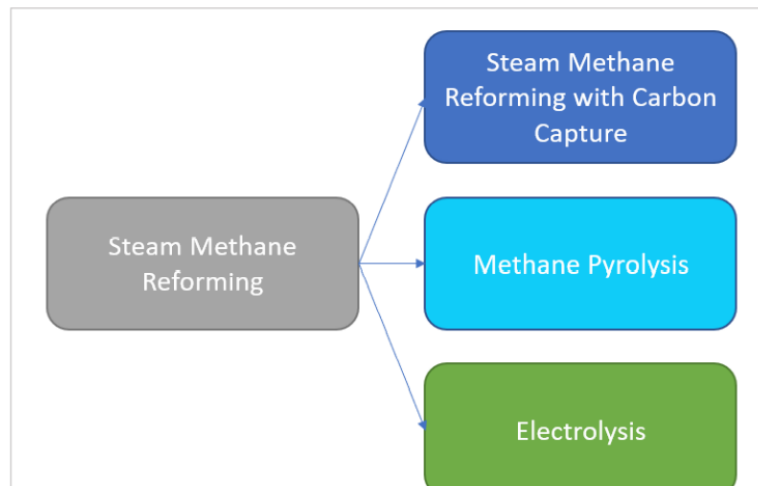
Τέλος, επιτακτική είναι η ανάγκη απανθρακοποίησης στον τομέα της βιομηχανίας υψηλής θερμοκρασιακής ενέργειας. Ενώ οι χαμηλές και μεσαίες θερμοκρασίες στις διεργασίες της βιομηχανίας μπορούν να υποστηριχθούν από ηλεκτρισμό, παρατηρείται τεχνικός προβληματισμός κατά την αντικατάσταση σε λειτουργίες που απαιτούν υψηλή θερμοκρασία.

Πιθανή ζήτηση	Εκτιμώμενη ζήτηση
παραγωγή αμμωνίας (100 – 250)	μεταφορές (0 – 320)
παραγωγή μεθανόλης (20 – 30)	αερομεταφορές (10 – 170)
παραγωγή χάλυβα (70 – 260)	βαρέα οχήματα (10 – 220)
σιδηρόδρομοι (1 – 5)	βιομηχανική θέρμανση (0 – 70)
εποχιακή αποθήκευση ηλεκτρισμού	κτιριακές υποδομές (50 – 430)
διύλιση αργού πετρελαίου (50 – 110)	ελαφρά οχήματα (0 - 60)
	επιβατικά οχήματα (10 – 140)

Εικόνα 4: Εκτιμήσεις ζήτησης υδρογόνου το 2050 (TWh). (ITRE)

Παραγωγή

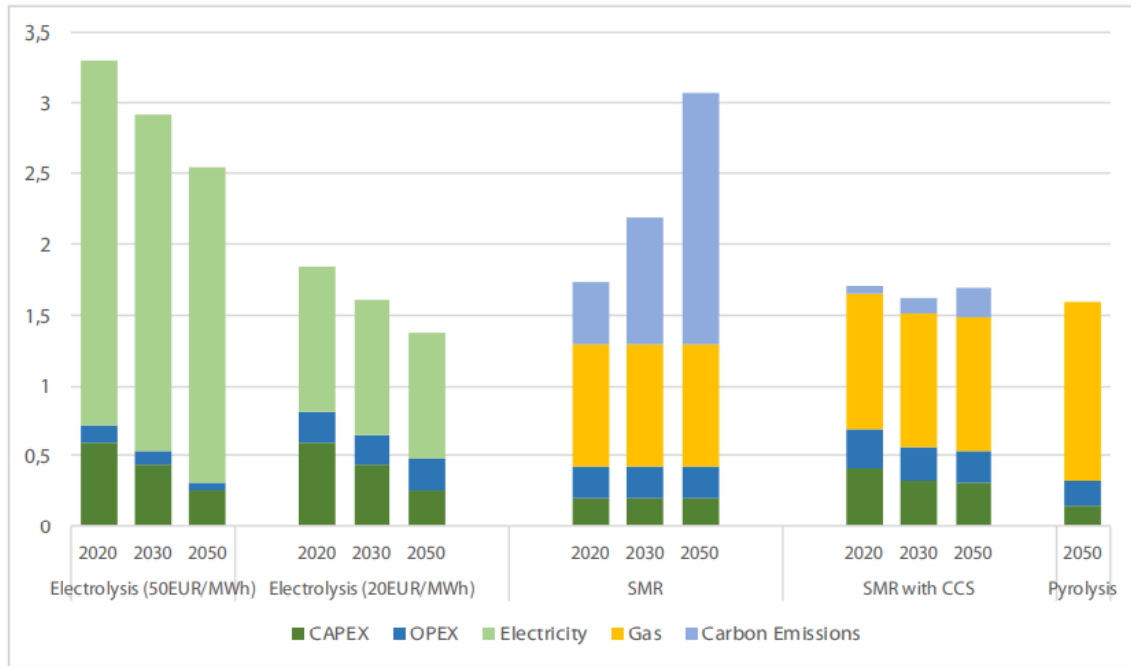
Στην Ευρώπη το υδρογόνο παράγεται με την μέθοδο αναμόρφωσης ατμών μεθανίου. Η παραγωγή υδρογόνου εμπίπτει στο ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας αερίων ρύπων (EU ETS) και είναι μια από τις βιομηχανίες που λαμβάνει σημαντικό μερίδιο δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων χωρίς αντίτιμο γεγονός που διευκολύνει την εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων αερίων ρύπων.



Εικόνα 5: Οδοί παραγωγής υδρογόνου χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος. (ITRE)

- Μέθοδος αναμόρφωσης ατμού μεθανίου με ταυτόχρονη δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (CCS/CCU) οδηγεί στο μπλε υδρογόνο (blue hydrogen). Ρεύμα μεθανίου αποσυντίθεται σε αέρια άνθρακα και υδρογόνο. Σε αυτή την περίπτωση ο άνθρακας δεσμεύεται από αέρια και αποθηκεύεται ή χρησιμοποιείται.
- Παραγωγή με ηλεκτρόλυση που παράγει το πράσινο υδρογόνο (green hydrogen) καθώς πρωτογενής μορφή ενέργειας είναι ο ηλεκτρισμός από ΑΠΕ. Ηλεκτρικό ρεύμα διοχετεύεται σε νερό που διασπάται σε υδρογόνο και οξυγόνο.
- Παραγωγή με πυρόλυση παράγει το γνωστό τουρκουάζ υδρογόνο (turquoise hydrogen). Σε συγκεκριμένο περιβάλλον η διάσπαση μεθανίου παράγει υδρογόνο και στερεό άνθρακα ο οποίος αποτελεί εμπορικό προϊόν.

Ο διεθνής οργανισμός για την ενέργεια βαθμολογεί το επίπεδο τεχνολογικής προόδου σε μια κλίμακα από το 1 (αρχική ιδέα) έως το 11 (επίτευξη πρόβλεψης εμπορικής προόδου). Η μέθοδος SMR με ταυτόχρονη CCS/CCU κυμαίνεται μεταξύ 8 και 9 παρά το γεγονός ότι μεμονωμένα η μέθοδος SMR είναι αρκετά ώριμη. Η ηλεκτρολυτική διεργασία επιτυγχάνει 8 – 9 και τέλος η πυρολυτική μέθοδος 6 καθώς δεν έχει αποδειχθεί εμπορικά ώριμη επένδυση.



Διάγραμμα 27:Κόστος παραγωγής υδρογόνου (EUR/kg). Στη μέθοδο SMR συνυπολογίζεται το κόστος εκπομπών άνθρακα. (ITRE)

- Αναμένεται μείωση των κεφαλαιουχικών δαπανών (CAPEX) για παραγωγή υδρογόνου με την ηλεκτρολυτική μέθοδο καθώς η ανάπτυξη της μεθόδου θα έχει φτάσει σε ώριμο επίπεδο
- Δεδομένου ότι το κόστος παραγωγής υδρογόνου εξαρτάται από το κόστος του ηλεκτρισμού ή του φυσικού αερίου στο μέλλον θα αποτελεί σημαντικό συστατικό οι μεγάλες ποσότητες ενέργειας να καλύπτονται με οικονομικότερο τρόπο.

Τέλος, σχετικά με το ποσοστό συμμετοχής του υδρογόνου στο ενεργειακό μίγμα το 2050 εκτιμάται, πως θα εξαρτηθεί τόσο από πολιτικούς όσο και οικονομικούς παράγοντες.

2.6 Εργαλεία πολιτικής

Κατά την περιγραφή των στόχων για κλιματική ουδετερότητα στην Ευρώπη τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα αναφέρθηκαν εκτιμήσεις που αφορούν την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας από τις οποίες προκύπτουν διαφορετικά σενάρια της μορφής που θα έχει το ενεργειακό μείγμα ανάλογα με την απόδοση της εφαρμογής των εργαλείων πολιτικής. Συνοψίζοντας, τα εργαλεία πολιτικής είναι τα ακόλουθα:

1. Αποτίμηση των ΑτΘ

- i. Σύγκλιση σε μία τιμή (μέσω της μείωσης του αριθμού δικαιωμάτων εκπομπών στα φθηνότερα συστήματα και της τοποθέτησής τους σε ακριβότερα συστήματα)
 - ii. Καταγραφή των διαφυγών μεθανίου σε όλη την αξιακή αλυσίδα
 - iii. Επικυρωμένα πράσινες μορφές ενέργειας εισαγωγές
2. Ανάπτυξη υποδομών ενέργειας στην Ευρώπη
3. Σχεδιασμός ενεργειακής αγοράς στην Ευρώπη
4. Υποστήριξη υλικών και μεθόδων με ελάχιστο και μηδενικό ανθρακικό αποτύπωμα
- i. Επίσπευση της "καθαρότερης" κατανάλωσης ενέργειας στη βιομηχανία
 - ii. Επιτάχυνση της αντικατάστασης των ενεργοβόρων οικιακών συσκευών
 - iii. Ενεργοποίηση δημόσιων υποδομών (ηλεκτρικές φορτίσεις, δίκτυο σωληνώσεων για καύσιμα μηδενικού αποτυπώματος, ηλεκτρική διασύνδεση)
5. Επιτάχυνση ανάπτυξης ΑΠΕ

3 Εθνικό σχέδιο για αεριοποίηση ανθράκων – 100 MT αεριοποιημένοι άνθρακες έως το 2030 στην Ινδία

Η Ινδία έχει κοιτάσματα άνθρακα συνολικού μεγέθους 307 δισεκατομμυρίων τόνων και το 80% της παραγωγής τους καταναλώνεται ως πρώτη ύλη στις μονάδες παραγωγής. Ωστόσο, υπό το πρίσμα της αειφορίας κρίνεται απαραίτητη η εναλλακτική χρήση του άνθρακα. Θεωρείται, πως η αεριοποίηση άνθρακα για παραγωγή προϊόντων είναι μια διεργασία πιο φιλική στο περιβάλλον σε σύγκριση με την καύση του. Από αυτήν την διεργασία παράγεται το συνθετικό φυσικό αέριο (SNG), μεθανόλη, αιθανόλη και αμμωνία. Το Υπουργείο Ανθράκων αναγνωρίζει τις θετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον που επιφέρει η διαδικασία αεριοποίησης άνθρακα και θέτει ως στόχο τους 100 MT άνθρακα προς αεριοποίηση έως το 2030.

3.1 Καθεστώς χρήσης άνθρακα

Η παραγωγή άνθρακα στην Ινδία το οικονομικό έτος 2019 - 2020 υπολογίζεται στους 730 MT ενώ την περίοδο 2020 - 2021 στους 716 MT. Το 80% της παραγωγής άνθρακα χρησιμεύει ως πρώτη ύλη στις μονάδες παραγωγής ενέργειας μέγεθος που αντιστοιχεί στο 55% της συνολικής παραγωγής ενέργειας.

Η συνθήκη των Παρισίων το 2016, επιβάλλει την μεταστροφή του τομέα της ενέργειας προς πρώτες ύλες με μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα. Κατ' επέκτασιν η Ινδία θέτει τους παρακάτω στόχους:

1. Μείωση της έντασης των εκπομπών ΑτΘ του ΑΕΠ κατά 33 -35% έως το 2030 με έτος βάσης το 2005.
2. Η εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτρικής ενέργειας από μη ορυκτά καύσιμα έως το 2030 να αντιπροσωπεύει το 40% της συνολικής ενέργειας.
3. Δημιουργία φίλτρου διοξειδίου του άνθρακα ισοδύναμης ποσότητας 2,5 - 3 δισεκατομμύρια τόνους μέσω προστασίας των δασών και δεντροφύτευσης.

Η Ινδία εξαρτάται κατά κύριο λόγο από εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ο τομέας παραγωγής χάλυβα απαιτεί την χρήση άνθρακα ως πρώτη ύλη και καλύπτεται από ποσότητες οι οποίες εισάγονται από Αυστραλία και Αμερική. Επίσης, η παραγωγή υδρογόνου από το συνθετικό αέριο θα λειτουργήσει υποστηρικτικά στην επίτευξη των στόχων.

Περιπτώσεις εναλλακτικής χρήσης άνθρακα

- Το 1960 στην περιοχή Σίντρι γινόταν εφαρμογή της μεθόδου αεριοποίησης του άνθρακα για παραγωγή λιπασμάτων από επιχείρηση, η οποία σήμερα έχει καταστείλει τη λειτουργία της.
- Στο εργοστάσιο της Ανγκούλ χρησιμοποιείται ορυκτό φυσικό αέριο για την παραγωγή σιδήρου με την μέθοδο DRI (Direct Reduced Iron).
- Επιχειρήσεις λιπασμάτων χρησιμοποιούν οπτάνθρακα (κοκ) για παραγωγή ουρίας.

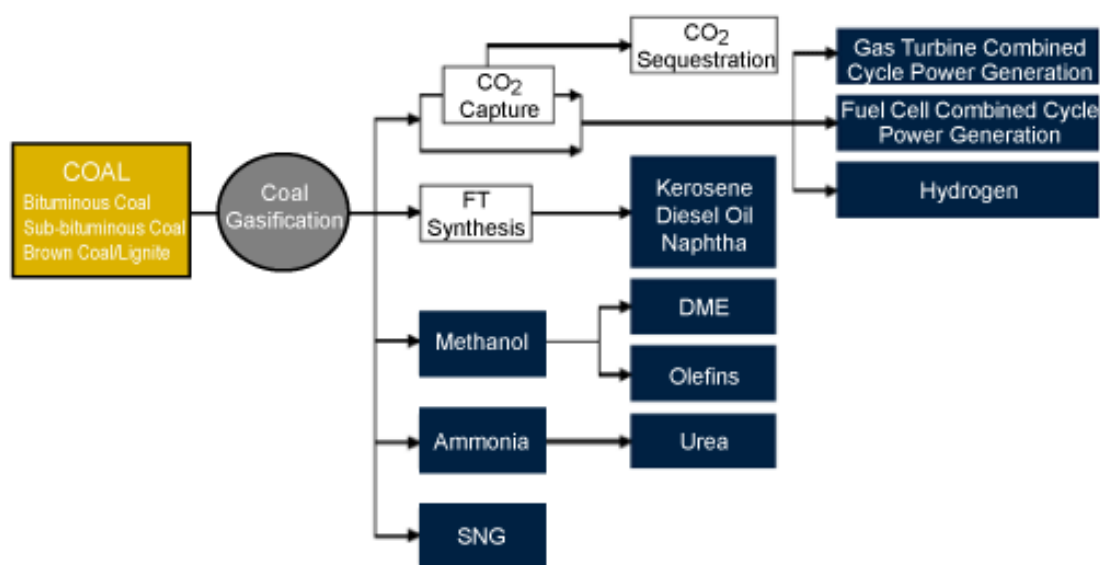
Για την επίτευξη του στόχου των 100 MT άνθρακα προς αεριοποίηση έως το 2030 η Ινδία και συγκεκριμένα το Υπουργείο Ανθράκων κατέληξε σε μια σειρά μέτρων. Βασική προϋπόθεση, για τις επιχειρήσεις που ασχολούνται με την παραγωγή άνθρακα, είναι η σύσταση τμήματος που θα διαχειρίζεται τα σχέδια που αφορούν την αεριοποίηση άνθρακα σε ποσοστό τουλάχιστον 10% από την συνολική παραγωγή. Επίσης, οι μελλοντικοί διαγωνισμοί περιοχών λιγνίτη θα ενσωματώνουν έκπτωση περίπου 20% εφόσον το 10% του παραγόμενου άνθρακα χρησιμοποιηθεί για αεριοποίηση.

Η εγκατάσταση μονάδας αεριοποίησης άνθρακα είναι μια αρκετά δαπανηρή επένδυση και για το λόγο αυτό απαιτείται ελάχιστος χρόνος διεκπεραίωσης του έργου 48 μηνών. Η Ινδία χρειάζεται εμπειρία σε αυτόν τον τομέα και αναμένεται η επιτυχία των αρχικών έργων. Για αυτό, διακρίνονται επιμέρους εργασίες και στάδια που θα οδηγήσουν στην υλοποίηση των έργων αεριοποίησης άνθρακα. Στην πρώτη φάση η εταιρεία περιορισμένης ευθύνης CIL (Coal India Limited) αναλαμβάνει να τροφοδοτήσει με άνθρακα χαμηλής τέφρας δηλαδή, εξορύσσει και σχεδιάζει τη διάθεση του προϊόντος. Δεδομένου ότι η πρόσβαση σε άνθρακα χαμηλής τέφρας είναι περιορισμένη προτείνεται ο σχεδιασμός των μονάδων αεριοποίησης με πρότυπο τους άνθρακες με υψηλή συγκέντρωση τέφρας.

Η Ινδία έχει αποθέματα γαιάνθρακα (non – coking) 344 BT εκ των οποίων οι 163 BT είναι επιβεβαιωμένα αποθέματα και με τον καθορισμένο ρυθμό κατανάλωσης αναμένεται η εξόρυξή τους να διαρκέσει τουλάχιστον 50 χρόνια.

Η επεξεργασία του συνθετικού αερίου έχει ως τελικά προϊόντα τα παρακάτω:

- Hydrogen, Substitute Natural Gas (or methane), Di – Methethyl Ether (DME) - αέρια καύσιμα
- Methanol, Ethanol, Synthetic diesel – ρευστά καύσιμα
- Methanol derivatives, Olefins, Propylene, Mono – Ethylene Glycol, ammonia, DRI – χημικά και πετροχημικά προϊόντα



Εικόνα 6: Πιθανά προϊόντα αεριοποίησης άνθρακα. (<https://www.civildaily.com>)

3.2 Αποθέματα άνθρακα

Η Ινδία κατέχει την τέταρτη θέση παγκοσμίως σε αποθέματα άνθρακα τα οποία υπολογίζονται στους 344 BT από τους οποίους οι 163 BT αποτελούν τα βεβαιωμένα κοιτάσματα. Τα απόλυτα αυτά μεγέθη αντιστοιχούν σε ποσοστό 10% των κοιτασμάτων παγκοσμίως.

Στο σενάριο για αεριοποίηση άνθρακα περιγράφονται αριθμητικά οι ποσότητες των διαφορετικών τύπων άνθρακα, του βάθους εξόρυξής τους, του βαθμού κονιορτοποίησής τους και την επάρκειά τους με τους δεδομένους ρυθμούς κατανάλωσης.

Στον Πίνακα 27 διακρίνονται τα βεβαιωμένα και πιθανά αποθέματα ανά κατηγορία άνθρακα με την πλειονότητα (90%) να χρησιμεύουν στην ηλεκτροπαραγωγή και την μειονότητα στην παραγωγή χάλυβα. Άξιο αναφοράς είναι το μέγεθος εισαγωγών άνθρακα που αντιστοιχεί στο 25% των αναγκών.

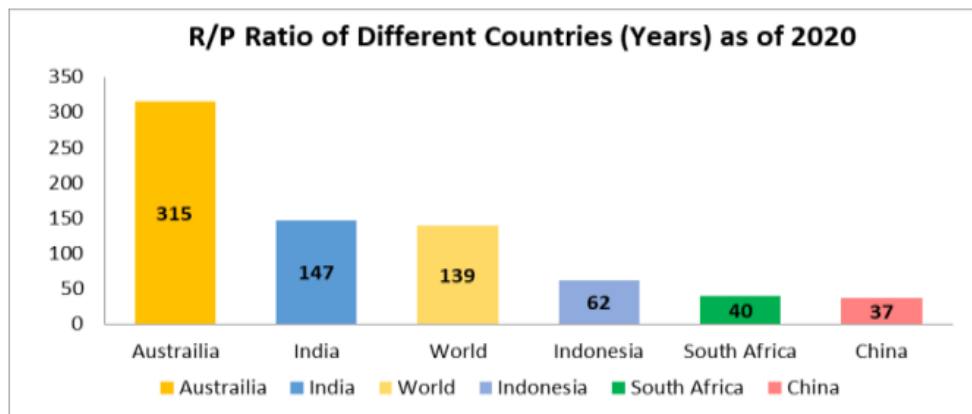
Break-up of Coal Resources (MT) in India – Category wise as of 1.04.2020					
Coal Type	Proved	Indicated	Inferred	Total	% Share
Prime Coking	4,668	645	0.00	5,313	1.5
Medium Coking	14876	11245	1863	27984	8.1
Semi Coking	529	992	186	1707	0.5
Sub-Total of Coking	20,073	12,882	2,049	35,004	10.1
Non-Coking	1,42,804	1,37,386	27,203	3,07,393	89.4
Tertiary Coal	594	121.17	909	1624	0.5
Grand Total	163,471	1,50,389	30,161	344021	100.00
% Share	47.5	43.7	8.8	100	

Πίνακας 27: Αποθέματα διάφορων τύπων άνθρακα. (ICG – 100MT)

Break-up of Coal Resources (MT) in India – Depth wise as of 1.04.2020					
Depth Range (m)	Proved	Indicated	Inferred	Total	% Share
0-300	118082	65704	9122	1,92,907	56.1
300-600	26882	66600	15009	1,08,492	31.5
0-600 (for Jharia only)	8399	6	0	8,405	2.4
0-600(Non-Coking)	5657	445	0	6,102	1.8
600-1200	4451	17634	6030.	28,115	8.2
Total	1,63,471	1,50,389	30,161	3,44,021	100.00

Πίνακας 28: Βάθος εντοπισμού κοιτασμάτων που είναι υπό εκμετάλλευση ή πιθανόν να βρίσκονται. (ICG – 100MT)

Το 56% των συνολικών αποθεμάτων άνθρακα εντοπίζεται σε βάθος που φτάνει τα 300 m. Όσο πιο επιφανειακά τα κοιτάσματα τόσο πιο εύκολη και η εκμετάλλευσή τους. Η επιφανειακή εκμετάλλευση άνθρακα αντιστοιχεί στο 90% της συνολικής παραγωγής στην Ινδία ενώ το υπόλοιπο 10% σε υπόγεια. Τα μεγάλα αποθέματα άνθρακα της χώρας σε συνδυασμό με τις δεσμεύσεις για κλιματική ουδετερότητα συνιστούν την σταδιακή αλλαγή σε μεθόδους που θα αξιοποιούν τον άνθρακα με χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Παράλληλα, η εξάρτηση από τις εισαγωγές καυσίμων (αργό πετρέλαιο 82%, φυσικό αέριο 45%) προκαλεί ανασφάλεια στην Ινδία με αποτέλεσμα να επιβάλλεται η αξιοποίηση των εγχώριων κοιτασμάτων άνθρακα και κατ' επέκτασιν να προτείνεται εναλλακτική χρήση τους.



Διάγραμμα 28: Διάρκεια απρόσκοπτης παραγωγής με τον δεδομένο ρυθμό κατανάλωσης. (ICG – 100MT)

3.3 Προοπτικές αεριοποίησης των ανθράκων της Ινδίας

Η χαρτογράφηση των πιθανών περιοχών άνθρακα με υψηλά ποσοστά τέφρας που μπορούν να αεριοποιηθούν αναδεικνύει τις παραμέτρους που τις χαρακτηρίζουν στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7: Παράμετροι αεριοποίησης ανθράκων με υψηλά ποσοστά τέφρας. (ICG – 100MT)

Σε σύγκριση με οικονομικούς, γεωγραφικούς και πολιτικούς παράγοντες η επιλογή της ποιότητας άνθρακα είναι η σταθερά των παραμέτρων. Συνεπώς, η επιλογή των υποδομών αεριοποίησης θα εκκινηθούν με γνώμονα τις ιδιότητες του άνθρακα που θα χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη. Οι ιδιότητες του άνθρακα που επηρεάζουν την διεργασία αεριοποίησης είναι: ψυχρή και θερμή θλιπτική αντοχή, επιφάνεια αντίδρασης αεριοποίησης, θερμοκρασία σύντηξης τέφρας (Ash Fusion Temperatures), συμπεριφορά σκωρίας, δείκτης σχηματισμού συσσωμάτων, ποιότητα και πετρογραφικές ιδιότητες. Συνεπώς, προτείνεται η πειραματική μέθοδος με τις εξής επιμέρους εργασίες:

- I. Συλλογή αντιπροσωπευτικών δειγμάτων άνθρακα από διαφορετικά πεδία
- II. Καθαρισμός δειγμάτων
- III. Προσεγγιστικές και απόλυτες εργαστηριακές αναλύσεις (πυκνότητα, αντιδραστικότητα, μηχανική αντοχή, περιεκτικότητα σε αδρανή υλικά, θερμοκρασία σύντηξης τέφρας, χημική σύσταση τέφρας, θερμοκρασία σχηματισμού σκωρίας και πετρογραφική ανάλυση)

Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκαν οι παραπάνω εργασίες σε 30 διαφορετικά παραγωγικά πεδία της Ινδίας, με αποτέλεσμα τις παραδοχές που ακολουθούν:

- Το σύνολο των παραγωγικών πεδίων υποδεικνύει αεριοποιητές υψηλής θερμοκρασίας τύπου EFG (Entrained Flow Gasifier)

- Η αξιοποίηση αεριοποιητή τύπου EFG σε κάποιες περιπτώσεις προϋποθέτει την ανάμιξη της πρώτης ύλης με άνθρακα χαμηλής περιεκτικότητας σε τέφρα
- Σε περίπτωση που η πρώτη ύλη περιέχει υψηλά ποσοστά τέφρας συνεπάγεται υψηλά λειτουργικά κόστη (OPEX) και κεφαλαιουχική δαπάνη (CAPEX)
- Σε ελάχιστα παραγωγικά πεδία μπορούν να εγκατασταθούν αεριοποιητές χαμηλής θερμοκρασίας με πυρίμαχη επένδυση τύπου EFG
- Στην πλειονότητα των παραγωγικών πεδίων όπου είναι δυνατή η εγκατάσταση αεριοποιητών υψηλής θερμοκρασίας τύπου EFG διαφαίνεται επιτυχής αντικατάσταση από τους τύπους FBG (Fluidised Bed Gasifier) και MBG (Moving Bed Gasifier)
 - Η περιεκτικότητα της πρώτης ύλης σε σίδηρο και ασβέστιο προκαλεί στη συσσωματώματα επιβλαβή και για τους 2 τύπους αεριοποίησης
 - Η χαμηλή θερμοκρασία σύντηξης της τέφρας (low Ash Fusion Temperature) σε συνδυασμό με την περιεκτικότητα της πρώτης ύλης σε σίδηρο προκαλούν συσσωματώματα επιβλαβή και για τους 2 τύπους αεριοποίησης
 - Σε ελάχιστες περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται ο τύπος FBG σχηματίζονται συσσωματώματα
 - Σε ακόμη λιγότερες περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται ο τύπος MBG σχηματίζονται συσσωματώματα
 - Σε ελάχιστες περιπτώσεις παραγωγικών πεδίων γίνεται αποδεκτός μόνο ο ένας από τους 2 τύπους αεριοποίησης

3.4 Τεχνολογία αεριοποίησης

Η τεχνολογία αεριοποίησης εντοπίζεται στο 1800 με την πρώτη κατοχύρωση δικαιωμάτων χρήσης το 1887 στην Γερμανία από ντόπια επιχείρηση. Η χρήση της μεθόδου αεριοποίησης βρίσκει εφαρμογή το 1940 σε Ευρώπη και ΗΠΑ για ηλεκτροδότηση του οδικού δικτύου. Ακολούθησε η εφαρμογή στον τομέα των χημικών προϊόντων για παραγωγή μεθανόλης και αμμωνίας αλλά και στον τομέα της ενέργειας.

Η αεριοποίηση του άνθρακα αποτελεί μια μέθοδο που περιορίζει σε σημαντικό βαθμό το περιβαλλοντικό αποτύπωμα χρήσης του. Κατά τη διαδικασία οι συγκεντρώσεις θείου στον άνθρακα μετατρέπονται σε υδρόθειο (H_2S) και σε πολύ μικρές ποσότητες καρβονυλίων του θείου (COS). Οι συγκεντρώσεις θείου μπορούν να απομακρυνθούν με εύκολο και οικονομικό τρόπο (acid gas removal systems). Στη συνέχεια το όξινο αέριο κατεργάζεται με τρόπο ώστε να δεσμεύσει και να απομακρύνει το στοιχειακό θείο αφήνοντας μόνο μερικά ppm. Επίσης, χαρακτηριστικό της αεριοποίησης είναι η απουσία οξειδίων του αζώτου. Τέλος, περιεχόμενα σωματίδια στο αέριο καύσιμο δεν εντοπίζονται καθώς εφαρμόζεται καθαρισμός. Εκτός από

τον καθαρισμό με καυτό αέριο (hot gas clean up) ακόμα 2 μέθοδοι καθαρισμού σωματιδίων είναι αποδοτικοί και οικονομικά εμπορικοί. Το μεγαλύτερο μέρος του νερού καθαρισμού ανακυκλώνεται με μεγάλο μέρος των υπολειμμάτων του να μπορούν να κατεργαστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν. Οι μονάδες αεριοποίησης άνθρακα δεν παράγουν κάποιο ρευστό απόβλητο που να χρειάζεται προσεκτική και δαπανηρή απομάκρυνση. Συγκεκριμένα, υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα των ανθράκων της Ινδίας θεωρητικά προκαλούν προβληματισμό ωστόσο, η εφαρμογή της μεθόδου αεριοποίησης του άνθρακα με υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα δεν είναι επικίνδυνη.

Η διεργασία αεριοποίησης άνθρακα παρέχει εκτός από ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα και τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

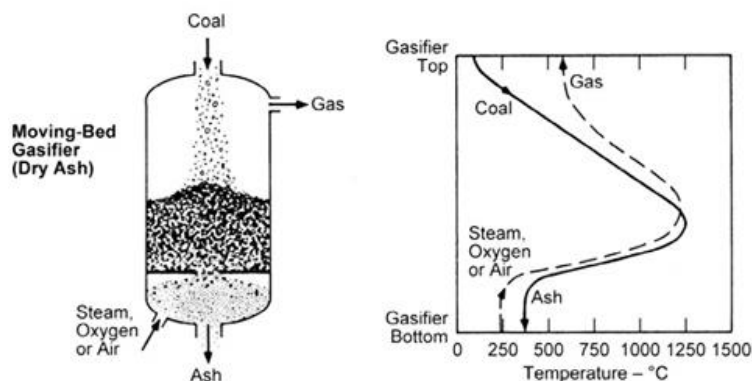
- Διαφορετικές κατηγορίες και ποιότητες άνθρακα μπορούν να αεριοποιηθούν επιτυχώς (μεγέθους κονιορτοποίησης 5 mm έως 50 mm)
- Αέρας εμπλουτισμένος σε οξυγόνο ή οξυγόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο αεριοποίησης (σε περίπτωση που χρησιμοποιείται οξυγόνο στον αεριοποιητή άνθρακα αντί για αέρα τότε το διοξείδιο του άνθρακα εκλύεται ως αέριο συμπίκνωμα (με αυτό το μέσο το διοξείδιο του άνθρακα δεσμεύεται ευκολότερα και με χαμηλότερο κόστος. Αντιθέτως, σε περίπτωση που το μέσο είναι ο αέρας το 80% του οποίου αποτελείται από άζωτο απαιτείται μεγαλύτερη προσπάθεια και κόστος για τον διαχωρισμό του διοξειδίου του άνθρακα)
- Η επιτυχημένη αεριοποίηση του άνθρακα φτάνει τα ποσοστά του 99%
- Το αέριο που προκύπτει από τη διεργασία αεριοποίησης αποτελεί “καθαρή” μορφή ενέργειας
- Η επεξεργασία του αερίου σύνθεσης παρέχει πληθώρα τελικών προϊόντων αντίστοιχα με αυτά του πετρελαίου και του φυσικού αερίου (υδρογόνο, αμμωνία, μεθανόλη, φυσικό αέριο, λιπάσματα)
- Το συνθετικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο ολοκληρωμένο σύστημα συνδυασμένου κύκλου αεριοποίησης (Integrated Gasification Combined Cycle) για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Αέριο αναγωγής στη χαλυβουργία

3.4.1 Κατηγορίες τεχνολογιών αεριοποιητών

Η διεργασία αεριοποίησης άνθρακα εκτελείται από 3 διαφορετικές τεχνολογίες αεριοποιητών:

1. Κινητής κλίνης ή σταθερής κλίνης ξηρού βάρους (Moving Bed or Fixed bed Dry Bottom)
2. Ρευστής κλίνης (Fluidized Bed)
3. Κλίνη αιωρούμενων σωματιδίων (Entrained Bed)

Moving Bed Gasifier

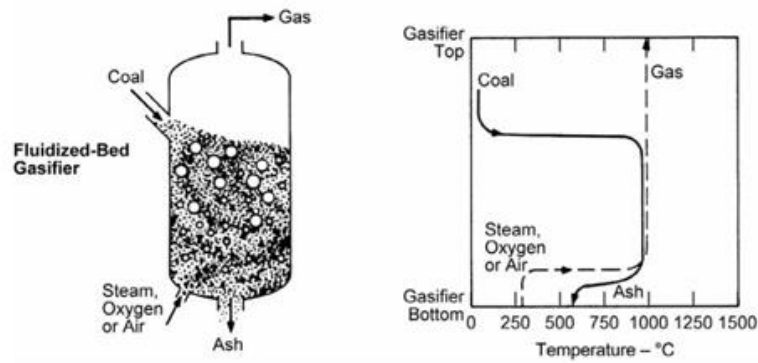


Εικόνα 8: Αεριοποιητής κινητής κλίνης. (<https://netl.doe.gov>)

Σε αυτόν τον τύπο αεριοποιητών οι πιέσεις κυμαίνονται μεταξύ 25 και 30 atm. Η πρώτη ύλη σε μορφή σωματιδίων άνθρακα φορτώνεται με συνεχή ροή από την κορυφή του αεριοποιητή και με καθοδική κίνηση αντιδρά με το οξυγόνο το οποίο εισάγεται με τη μορφή ατμών από τον πυθμένα με κίνηση ανοδική. Εντός του αεριοποιητή διακρίνονται διαφορετικές ζώνες αντιδράσεων. Αρχικά, στην κορυφή πραγματοποιείται αφυδάτωση του άνθρακα με θέρμανση, ενώ το αέριο που παράγεται ψύχεται πρώτου γίνει η εξαγωγή του από το ανωτέρω σημείο. Όσο κατακάθεται ο άνθρακας τόσο αυξάνεται και η θερμοκρασία με την οποία έρχεται σε επαφή με τους ατμούς δημιουργώντας το εξανθράκωμα (ζώνη ενανθράκωσης). Ακολουθεί η ζώνη αεριοποίησης όπου οι ατμοί αντιδρούν με το διοξείδιο του άνθρακα. Τέλος, στο κατώτερο σημείο εντοπίζεται η ζώνη καύσης όπου εντοπίζονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες και το οξυγόνο αντιδρά με τα στερεά υπολείμματα.

Σημαντικός παράγοντας για τη θερμοκρασία κατά την οποία σχηματίζεται το αέριο είναι η περιεχόμενη υγρασία στην πρώτη ύλη. Συνήθως, λιγνίτες με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία παράγουν ακατέργαστο αέριο σε θερμοκρασία 600°F. Ενώ βιτουμενιούχοι άνθρακες με χαμηλότερη περιεκτικότητα υγρασίας παράγουν αέριο σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 1000°F. Το αέριο καθώς εξέρχεται από τον αεριοποιητή έρχεται σε άμεση επαφή με ανακυκλωμένο νερό για να συμπυκνωθεί και να απομακρυνθούν συγκεντρώσεις πίσσας και ελαίων. Τέλος, μπορεί να ανακτηθεί θερμότητα από το αέριο καθώς παράγεται ατμός χαμηλής πίεσης.

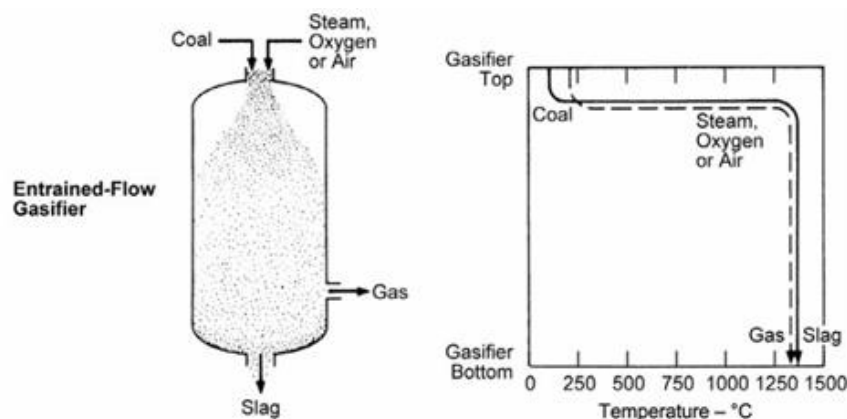
Fluidized Bed Gasifiers



Εικόνα 9: Αεριοποιητής ρευστής κλίνης. (<https://netl.doe.gov>)

Στους αεριοποιητές ρευστής κλίνης τα σωματίδια της πρώτης ύλης αιωρούνται σε αέριο πλούσιο σε οξυγόνο με αποτέλεσμα το μείγμα να βρίσκεται σε ρευστή φάση. Αυτού του τύπου οι αεριοποιητές αναμινύουν διαρκώς το μείγμα για να επιτευχθεί η πλήρης αεριοποίηση της πρώτης ύλης. Για να επιτευχθεί η επιθυμητή αναμιξιμότητα απαιτείται μέγεθος κονιορτοποιημένου άνθρακα $< 6 \text{ mm}$. Ο άνθρακας εισάγεται στον αεριοποιητή πλευρικά και στο κατώτερο ίδιο σημείο με μεγάλη ταχύτητα και συγκεκριμένη θερμοκρασία οι ατμοί έτσι ώστε το μείγμα να συμπεριφέρεται σαν ρευστό. Οι θερμοκρασίες όπου λειτουργεί αυτός ο τύπος αεριοποιητή είναι κατάλληλες για να διασπάσουν το μεγαλύτερο μέρος των παραπροϊόντων της αντίδρασης, με τη θερμοκρασία σύντηξης τέφρας να αποτελεί το ανώτερο θερμοκρασιακό όριο. Αυτή η μέθοδος ανάμιξης είναι κατάλληλη για υψηλής αντιδραστικότητας, χαμηλής κατηγορίας άνθρακες αλλά και για βιομάζα. Τέλος, τα αιωρούμενα σωματίδια που συμπαρασύρονται από το ρεύμα του συνθετικού αερίου καθώς εξέρχεται του αεριοποιητή ανακτώνται και επανεισάγονται στον αντιδραστήρα. Αντιθέτως, η τέφρα απομακρύνεται από το κατώτερο στρώμα θερμαίνοντας τον ατμό που εισάγεται.

Entrained Bed Gasifiers



Εικόνα 10: Κλίνη αιωρούμενων σωματιδίων. (<https://netl.doe.gov>)

Σε αυτόν τον τύπο αντιδραστήρα εισάγεται υψηλής ποιότητας πρώτη ύλη (σε ξηρή ή ένυδρη μορφή) μαζί με το οξειδωτικό μέσο (αέρας, εμπλουτισμένο αέριο σε οξυγόνο ή/και ατμός) από το ανωτέρω σημείο με αποτέλεσμα να αναμειγνύονται με τη μορφή πυκνού νέφους. Οι θερμοκρασίες και οι πιέσεις όπου πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις είναι αρκετά υψηλές προκαλώντας ταχεία ανάμειξη και παραγωγή αερίου σύνθεσης. Ο ταχύς ρυθμός αεριοποίησης του άνθρακα χαρακτηρίζεται από απόδοση 98 - 99,5%. Επίσης, η διάσπαση του άνθρακα σε προϊόντα όπως η πίσσα, έλαια, φαινόλες και άλλους ανώτερους αέριους υδρογονάνθρακες εμπλουτίζουν το μείγμα σε υδρογόνο (H_2), μονοξείδιο του άνθρακα (CO). Πρακτικά, αυτός ο τύπος αντιδραστήρα μπορεί να διαχειριστεί κάθε τύπο άνθρακα για την παραγωγή καθαρού συνθετικού αερίου.

3.5 Προϊόντα αεριοποίησης άνθρακα

Η βιομηχανία μετατροπής άνθρακα σε ρευστά πρόκειται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην Ινδία καθώς ο χημικός και πετροχημικός τομέας για την παραγωγή των αντίστοιχων ρευστών χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη το αργό πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η κατάλληλη κατεργασία άνθρακα παράγει τα εξής προϊόντα:

- 1) Μεθανόλη
- 2) Αιθανόλη
- 3) Ολεφίνες (κυρίως αιθυλένιο και προπυλένιο)
- 4) Διμεθυλαιθέρα, οξικού οξέος και φορμαλδεΰδη

Μεθανόλη

Η παραγωγή μεθανόλης από το φυσικό αέριο αποτελεί την καθιερωμένη μέθοδο ωστόσο σε κάποιες χώρες όπως η Κίνα η παραγωγή της έχει ως πρώτη ύλη τον άνθρακα. Υπολογίζεται πως για την παραγωγή 1 t. μεθανόλης απαιτούνται 2,7 – 3 tons άνθρακα. Επίσης η μεθανόλη χρησιμοποιείται στην παραγωγή ολεφινών, μεθανάλης και ακετόνης.

Οι ποσότητες μεθανόλης που παράγονται στην Ινδία χρησιμοποιούνται για ανάμιξη με βενζίνη με τελικό προϊόν καύσιμο αυτοκίνησης. Τέλος, η μεθανόλη χρησιμοποιείται και στον τομέα των φαρμάκων όπου πιθανή ζήτηση για το 2030 δεν έχει διευκρινιστεί.

Αιθανόλη

Η αναθεώρηση της εθνικής πολιτικής για χρήση βιοκαυσίμων υποδεικνύει την αύξηση από 5% σε 20% περιεκτικότητα αιθανόλης με βενζίνη. Η αύξηση αυτή συνοδεύεται με τον σχεδιασμό νέας πολιτικής από το Υπουργείο Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου για παραγωγή αιθανόλης

από μονάδες αεριοποίησης άνθρακα. Επίσης, πετρελαϊκές εταιρείες δείχνουν ενδιαφέρον για αγορά αιθανόλης από την εγχώρια προσφορά μειώνοντας ταυτόχρονα τις εισαγωγές. Εισαγωγές πετρελαίου φτάνουν τους 185 εκ. τόνους με αποκλειστική χρήση στον τομέα των μεταφορών. Κατ' επέκταση προκύπτει ο Πίνακας 29.

Supply Year	Projected Petrol Sales (MMT)	Requirement of ethanol for blending in Petrol (Cr. Litres)
2021-22	31	437
2022-23	32	542
2023-24	33	698
2024-25	34	988
2025-26	35	1016

Πίνακας 29:Εκτιμώμενη ζήτηση σε αιθανόλη. (ICG – 100MT)

Ολεφίνες

Η καθιερωμένη διαδικασία παραγωγής ολεφινών απαιτεί την χρήση φυσικού αερίου και νάφθας. Η Ινδία καλύπτει τις ανάγκες της σε φυσικό αέριο με εισαγωγές που υπολογίζονται στο 45% της συνολικής κατανάλωσης. Επίσης, η Ινδία εισάγει αργό πετρέλαιο σε ποσοστό 82% της συνολικής κατανάλωσης μερίδιο το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή νάφθας. Συνεπώς, η παραγωγή μεθανόλης και κατ' επέκταση ολεφινών με αεριοποίηση άνθρακα θα βοηθούσε στον περιορισμό εξάρτησης από εισαγωγές. Η παραγωγή ολεφινών στην Ινδία είναι 9 MT (από αργό πετρέλαιο) ενώ για την παραγωγή 1 ton ολεφινών απαιτούνται 3 tons μεθανόλης.

Διμεθυλαιθέρας, οξικό οξύ και φορμαλδεΰδη

Η παραγωγή διμεθυλαιθέρα (DME) και οξικού οξέος στην Ινδία είναι περιορισμένη για το πρώτο ενώ για το δεύτερο υπολογίζεται στους 0,16 MT. Ο διμεθυλαιθέρας μπορεί να αναμιχθεί με το LPG το πιο εισάγεται κατά 50% και συνολικά οι απαιτήσεις είναι 21 MT. Εφικτή είναι η ανάμιξη διμεθυλαιθέρα σε ποσοστό 20% με LPG γεγονός που μπορεί να περιορίσει τις εισαγωγές του τελευταίου.

Το οξικό οξύ αποτελεί μια καθαρή ένωση η οποία προκύπτει με την καρβονυλίωση της μεθανόλης.

Η φορμαλδεΰδη αποτελεί την απλούστερη μορφή της αλδεΰδης η οποία βρίσκεται σε αέρια φάση και είναι άχρωμη. Η φορμαλδεΰδη χρησιμοποιείται για την παραγωγή οικοδομικών υλικών, κόλλας κ.α.. Η παραγωγή της περιλαμβάνει την απομάκρυνση υδρογόνου από την μεθανόλη, χημική αντίδραση αρκετά συνηθισμένη.

3.6 Στρατηγική της Ινδίας για το μέλλον του άνθρακα προς αεριοποίηση

Η μέθοδος αεριοποίησης άνθρακα στηρίζεται στις ιδιότητες του άνθρακα και ως εκ τούτου η διαθέσιμη ποιότητα και ποσότητα αποτελούν την κινητήρια δύναμη του εγχειρήματος. Βέβαια, για την επιτυχημένη χάραξη στρατηγικής πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω προκλήσεις:

ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

- Δεδομένου ότι ο σημαντικότερος παράγοντας στην διεργασία αεριοποίησης είναι η ποιότητα της πρώτης ύλης κρίνεται απαραίτητη η καθιέρωση πολιτικής που θα εξασφαλίζει την σταθερή προσφορά της.
- Η διαθέσιμη ποιότητα άνθρακα στην Ινδία χαρακτηρίζεται από περιεκτικότητα υψηλή σε τέφρα. Συνεπώς, χαμηλή ποιότητα άνθρακα επιβάλλει την προσαρμογή της τεχνολογίας αεριοποίησης σε αυτόν.
- Οι κεφαλαιακές δαπάνες για την ανάπτυξη των συστημάτων αεριοποίησης αποτελούν επενδύσεις υψηλού κόστους. Επιπλέον, η τεχνολογία παρέχεται από μη εγχώριες επιχειρήσεις και οργανισμούς με αποτέλεσμα η ποσότητα παραγωγής αντίστοιχων προϊόντων να μην συμβαδίζει με αυτή των εισαγωγών. Συγκεκριμένα, η παραγωγή μεθανόλης από άνθρακα υπολογίζεται πως δεν μπορεί να ανταγωνιστεί αυτήν από φυσικό αέριο.
- Ελλιπής προηγούμενη εμπειρία στον τομέα της αεριοποίησης άνθρακα.
- Οι υπάρχουσες υποδομές, η παροχή νερού, ηλεκτρισμού και γης αποτελούν αρκετά σημαντικούς παράγοντες για την στρατηγική που θα ακολουθηθεί. Ακόμη, η δημιουργία αγοράς για την εμπορία των προϊόντων αλλά και η μεταφορά τους προς τελική κατανάλωση οφείλει να προσανατολίζεται στην οικονομικότητα.
- Η ανάμιξη διμεθυλαιθέρα με πετρέλαιο αλλά και οι ποσότητες αιθανόλης από συνθετικό αέριο αποτελούν δράσεις αποδοτικές για την επίτευξη του στόχου που έχει θέσει η Κυβέρνηση.

Ο εθνικός στόχος της Ινδίας για 100 MT άνθρακα προς αεριοποίηση έως το 2030 μπορεί να επιτευχθεί με την ικανοποίηση των παρακάτω επιμέρους στόχων:

ΔΡΑΣΕΙΣ

- I. Χαρτογράφηση των πεδίων που επιδέχονται αεριοποίηση και συγκεκριμένα στα βορειοανατολικά της χώρας.
- II. Ανάπτυξη εγχώριας τεχνολογίας αεριοποίησης προσαρμοσμένη στην ποιότητα του εγχώριου άνθρακα

- III. Ανάπτυξη επιχειρηματικού μοντέλου και απαιτήσεων σε χρηματοδότηση
- IV. Ανάπτυξη εμπορικής στρατηγικής για διάθεση τελικών προϊόντων
- V. Χάραξη πολιτικής που ενισχύει την αυτάρκεια της Ινδίας
- VI. Διυπουργικές συνεργασίες (Διοικούσα επιτροπή, Επιτροπή εφαρμογής, Ομάδα ανεφοδιασμού πόρων
- VII. Παροχή ποσοτικών στόχων και επίβλεψη των δραστηριοτήτων που συντελούν στην επίτευξη τους
- VIII. Ενίσχυση προγραμμάτων έρευνας και ανάπτυξης που αφορούν πιλοτικές τεχνολογίες
- IX. Καλλιέργεια ενδιαφέροντος σε τοπική κλίμακα
- X. Συντήρηση υπάρχοντος δικτύου και δημιουργία νέου για ευκολία διαμοιρασμού των αερίων

Το Υπουργείο Ανθράκων σχεδιάζει να πραγματοποιήσει τον στόχο των 100 MT με βάση την στρατηγική εφαρμογής 3 φάσεων:

ΦΑΣΗ I - ΕΚΚΙΝΗΣΗ

Η εκκίνηση του εγχειρήματος πραγματοποιείται με την λειτουργία δυο διαφορετικών μονάδων αεριοποίησης άνθρακα συνολικού όγκου 4 MT (μονάδες λιπασμάτων και μεθανόλης). Ο σχεδιασμός λειτουργίας αεριοποιητή στην περίπτωση όπου το προϊόν της διεργασίας είναι λιπάσματα προϋποθέτει τη χρήση πρώτης ύλης άνθρακα με υψηλά ποσοστά τέφρας σε ανάμιξη με πετρελαϊκό κοκ (petcoke). Αντιθέτως, στην περίπτωση όπου το προϊόν της διεργασίας είναι η μεθανόλη σχεδιάζεται αεριοποιητής στον οποίο θα εισάγεται πρώτη ύλη άνθρακα με χαμηλή περιεκτικότητα σε τέφρα. Τέλος, και στις δυο περιπτώσεις ο άνθρακας που θα τροφοδοτεί τις μονάδες θα προέρχεται αποκλειστικά από εγχώρια κοιτάσματα.

ΦΑΣΗ II – ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΓΧΕΙΡΗΜΑΤΟΣ

Η δημόσια επιχείρηση ανθράκων η οποία αποτελεί τον κύριο εγχώριο παραγωγό αναπτύσσει στα 4 σημεία του ορίζοντα θυγατρικές της στις οποίες έχει τεθεί ο στόχος των 6 MT αεριοποιημένου άνθρακα για παραγωγή μεθανόλης, αμμωνίας και συνθετικού αερίου.

ΦΑΣΗ III – ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ 90 MT ΑΝΘΡΑΚΑ

Απαραίτητη προϋπόθεση για την τρίτη φάση είναι η τελική μορφή της τεχνολογίας που θα χρησιμοποιείται στις διαφορετικές μονάδες αεριοποίησης με σκοπό την λειτουργία ακόμα περισσότερων μονάδων. Οι ενδιαφερόμενοι επενδυτές αναμένεται να είναι ενεργοί συμμετέχοντες στους στόχους που έχει θέσει το Υπουργείο Ανθράκων καθώς οι επιχειρηματικές τους κινήσεις θα υποστηρίζονται από αυτό με την προμήθεια άνθρακα.

ΚΙΝΗΤΡΑ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

- Κατάργηση του φόρου αγαθών και υπηρεσιών (GST Compensation Cess) αποκλειστικά στους άνθρακες που προορίζονται για αεριοποίηση
- Απαλλαγή φορολόγησης για 15 χρόνια στις δραστηριότητες αεριοποίησης
- Επιδοτήσεις
- Δημιουργία ελκυστικών επιτοκίων
- Αύξηση των δασμών στις εισαγωγές μεθανόλης
- Απαλλαγή δασμών στις εισαγωγές που αφορούν τον εξοπλισμό μονάδων αεριοποίησης
- Αύξηση ποσοστού συμμετοχής μεθανόλης στην ανάμιξη καυσίμων

4 Απανθρακοποίηση του πετρελαίου – Ενισχυμένη απόληψη υδρογονανθράκων με χρήση CO₂

Η εισπίεση διοξειδίου του άνθρακα σε ταμιευτήρες υδρογονανθράκων με σκοπό την αποδοτικότερη απόληψή τους αποτελεί μια δράση που κατηγοριοποιείται στις δραστηριότητες δέσμευσης, χρήσης και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα (CCUS).

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αντίστοιχων δραστηριοτήτων εντοπίζονται στο Καναδά (Weyburn and Midale oil fields) και στο Τέξας (West Hastings, West Ranch oil field) και λειτουργούν από τα τέλη του 2000. Στην πρώτη περίπτωση το διοξείδιο του άνθρακα συλλέγεται από μονάδα παραγωγής συνθετικού αερίου που χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη το λιγνίτη και μεταφέρεται το παραγωγικό πεδίο με δίκτυο σωληνώσεων μήκους 320 km. Στην δεύτερη περίπτωση το διοξείδιο του άνθρακα παρέχεται από μονάδα παραγωγής υδρογόνου που λειτουργεί κοντά στο παραγωγικό πεδίο.

Η κοινότητα των περιβαλλοντολόγων υποστηρίζει πως οι δραστηριότητες ενισχυμένης απόληψης υδρογονανθράκων με διοξείδιο του άνθρακα (CO₂ – EOR) εξυπηρετεί αποκλειστικά στην παράταση χρήσης ορυκτών καυσίμων ενώ μελέτες στηρίζουν την επιτυχημένη απανθρακοποίηση του πετρελαίου με την μέθοδο αυτή ανάλογα με τις επιχειρησιακές στρατηγικές (Núñez - López et al. 2019). Η επιχειρησιακή στρατηγική ονομάζεται Δυναμική Ανάλυση Κύκλου Ζωής (d – LCA) και περιλαμβάνει εκπομπές ΑτΘ τόσο στο πεδίο εισπίεσης διοξειδίου του άνθρακα όσο και στις μετέπειτα διεργασίες (downstream). Αρκετές μελέτες που

βασίζονται στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής συμπεραίνουν πώς η μέθοδος αυτή αντισταθμίζει τις εκπομπές ΑτΘ που εκλύονται με την κατανάλωση του τελικού προϊόντος. Ωστόσο, προβληματισμός εντοπίζεται στη μέθοδο υπολογισμού των ορίων ΑτΘ.

Αυτή η μέθοδος ενισχυμένης απόληψης απαιτεί ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα μεγαλύτερες από οποιαδήποτε άλλη βιομηχανική διεργασία και αποτελεί τη μοναδική δραστηριότητα αξιοποίησής του που παρέχει μόνιμη αποθήκευση σε μεγάλη κλίμακα. Σε αντίθεση με την δραστηριότητα μεμονωμένης αποθήκευσης αέριων ρύπων, ο εκτοπισμός των υδρογονανθράκων στον ταμιευτήρα από το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να αποτελεί επικερδή δραστηριότητα που ταυτόχρονα μειώνει τις εκπομπές ΑτΘ. Είναι γεγονός πως, η τεχνολογία δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο ωστόσο, σε παραγωγικά πεδία υδρογονανθράκων όπου το κέρδος αντισταθμίζει το κόστος υποδομών η τεχνολογία αυτή βρίσκει οικονομικά ωφέλιμη εφαρμογή. Επίσης, η μέθοδος αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα κατά την ενισχυμένη απόληψη υδρογονανθράκων πλεονεκτεί έναντι της δέσμευσης και αποθήκευσης στην καταλληλότητα του γεωλογικού υποβάθρου καθώς ο προσδιορισμός των παραμέτρων του ταμιευτήρα προηγείται.

Η διαδικασία CO₂ – EOR τεχνολογικά έχει ωριμάσει αρκετά όπως και σε νομικό επίπεδο γεγονός που δημιούργησε πρότυπα αξιοποίησης από τη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου. Παρ' όλα αυτά δεν έχει εδραιωθεί κάποιο ενιαίο πλαίσιο παρακολούθησης και αναφοράς για το CO₂ εντός του ρεζερβουάρ.

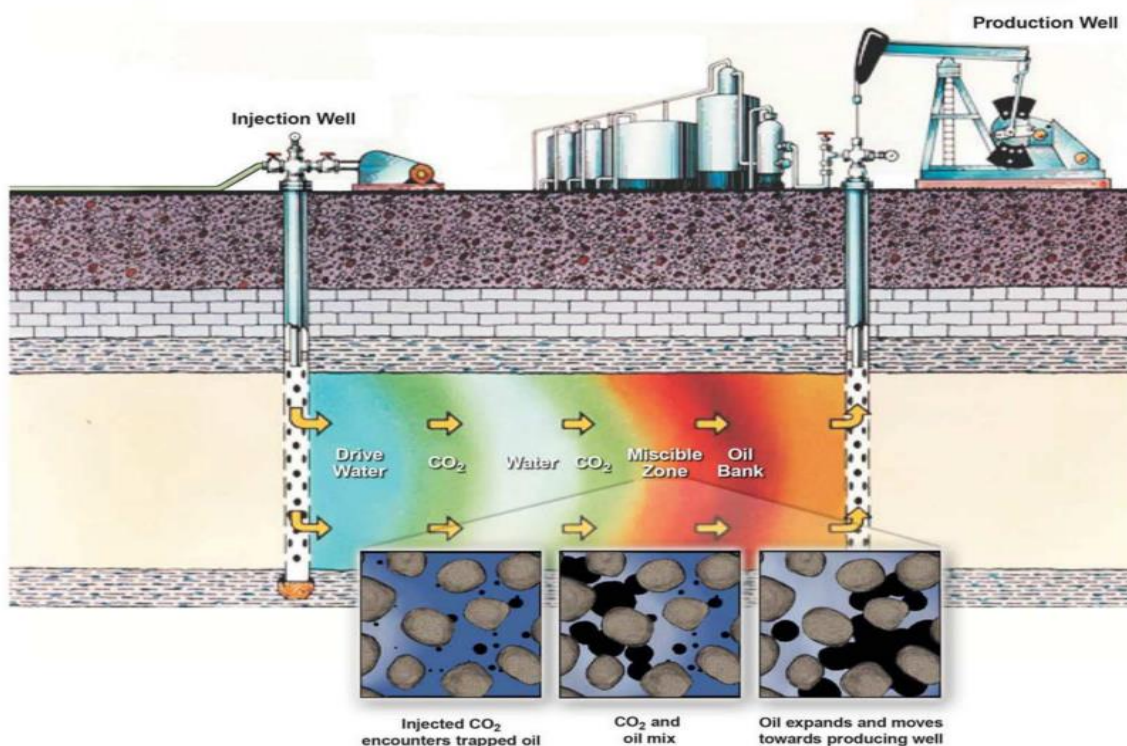
4.1 Χαρακτηριστικά ενισχυμένης απόληψης υδρογονανθράκων με CO₂

Η παραγωγή υδρογονανθράκων πραγματοποιείται σε δύο ή και τρεις φάσεις. Η πρωτογενής απόληψη υδρογονανθράκων πραγματοποιείται με φυσικό τρόπο λόγω της εκτόνωσης των τάσεων εντός του ρεζερβουάρ (αλλαγή φάσης των ρευστών, αέριο κάλυμμα, υποστήριξη υδροφόρου). Κατ' επέκταση, αυξάνεται η ποσότητα υδρογονανθράκων στην επιφάνεια με ταυτόχρονη πτώση της πίεσης στον ταμιευτήρα με αποτέλεσμα ο ρυθμός παραγωγής να μειώνεται. Το γεγονός αυτό δεν είναι επιθυμητό και για το λόγο αυτό λαμβάνουν χώρα εργασίες συντήρησης των πιέσεων με τεχνικές όπως η εισπίεση ρευστού. Στην δευτερογενή απόληψη εισέρχεται στον ταμιευτήρα ρευστό (συνήθως νερό – waterflooding) διατηρώντας τις πιέσεις σταθερές για αποδοτικότερη απόληψη υδρογονανθράκων. Συνήθως, σε αυτή τη φάση επιτυγχάνεται απόληψη του 30 - 50% των ρευστών. Οποιαδήποτε άλλη εφαρμογή τεχνικής μετά την δευτερογενή απόληψη θεωρείται τριτογενής. Η χρήση διοξειδίου του άνθρακα ως

εισπνεζόμενο ρευστό θεωρείται τεχνική τριτογενούς απόληψης παρόλο που μπορεί να εφαρμοστεί και σε προηγούμενες φάσεις παραγωγής.

Το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στο ρεζερβουάρ και εκτοπίζει υδρογονάνθρακες που δεν παρέσυρε το νερό αλλά και υπολειμματικές παγίδες ρευστών λόγω τριχοειδούς φαινομένου. Σε ιδανικές συνθήκες η πίεση του ταμιευτήρα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη πίεση αναμιξιμότητας (MMP) έτσι ώστε, το διοξείδιο του άνθρακα που εγχέεται τους υδρογονάνθρακες να διαλυτοποιείται. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η μεταφορά μάζας ελαφρών και μεσαίων υδρογονανθράκων (εκτοπισμός, εξάτμιση) δηλαδή, το μονοφασικό ρευστό διαστέλλεται ανακτώντας κινητική ενέργεια.

Η τριτογενής απόληψη με διοξειδίου του άνθρακα αποτελεί μια διαδικασία εισπίεσης ρευστού στον ταμιευτήρα μέσω μιας γεώτρησης (εισπίεσης) και παραγωγής υδρογονανθράκων από μια άλλη. Αφού έρθει στην επιφάνεια το μείγμα διοξειδίου του άνθρακα και των υδρογονανθράκων διαχωρίζεται με το πρώτο να εισάγεται εκ νέου στον ταμιευτήρα. Παρόλο που το CO₂ εισπνέζεται σε υπερκρίσιμη φάση (πυκνή), παρουσιάζει σημαντικά μικρότερο ιξώδες από τα ρευστά του ρεζερβουάρ γεγονός που το καθιστά ευκίνητο. Ωστόσο, σε περίπτωση όπου η διαφορά στην κινητικότητα μεταξύ της εισπνεζόμενου ρευστού και αυτών του ταμιευτήρα είναι μεγάλη τότε πραγματοποιείται ασταθής παραγωγή υδρογονανθράκων με πιθανότητα αστοχίας στο ρεζερβουάρ. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να περιοριστεί εισπνέζοντας μαζί με το διοξείδιο του άνθρακα και νερό μια διαδικασία γνωστή και ως εναλλαγές νερού – αερίου (WAG).



Εικόνα 11: Διαδικασία CO₂ - EOR. (<https://www.energy.gov>)

4.2 Εμπορικότητα CO₂ - EOR

Στις Η.Π.Α. λειτουργούν περισσότερες από 115 εγκαταστάσεις ενισχυμένης απόληψης υδρογονανθράκων με διοξείδιο του άνθρακα οι οποίες εισπνέζουν ποσότητα 2 bcf (δισεκ. κυβικά πόδια) CO₂ και παράγουν περισσότερο από 280.000 bpd (βαρέλια ανά ημέρα). Δεδομένου ότι οι Η.Π.Α. έχουν αποθέματα περίπου 600 bbl (OOIP – oil original in place) υπολογίζονται ποσότητες 400 bbl να παραμένουν παγιδευμένες στους ταμιευτήρες εκ των οποίων τα 84,8 bbl να είναι ανακτήσιμα με την μέθοδο CO₂ – EOR (Kuuskraa et al., 2009).

Συγκεκριμένα δραστηριότητες CO₂ – EOR στις Η.Π.Α. λειτουργούν από το 1972 όταν ξεκίνησε η εκμετάλλευση της λεκάνης του Περμίου (Permian Basin) που εκτείνεται στο Δυτικό Τέξας και στο νοτιοανατολικό Ν. Μεξικό και αποτελεί το τρίτο πιο πλούσιο σε υδρογονάνθρακες πεδίο και το πρώτο σε παραγωγή τους με την παραπάνω μέθοδο. Συνεπώς, το CO₂ που απαιτείται για τις συγκεκριμένες ανάγκες μεταφέρετε μέσω σύγχρονων υποδομών σωληνώσεων μήκους 7245 km.

Αποθήκευση CO₂ μέσω ενισχυμένης απόληψης

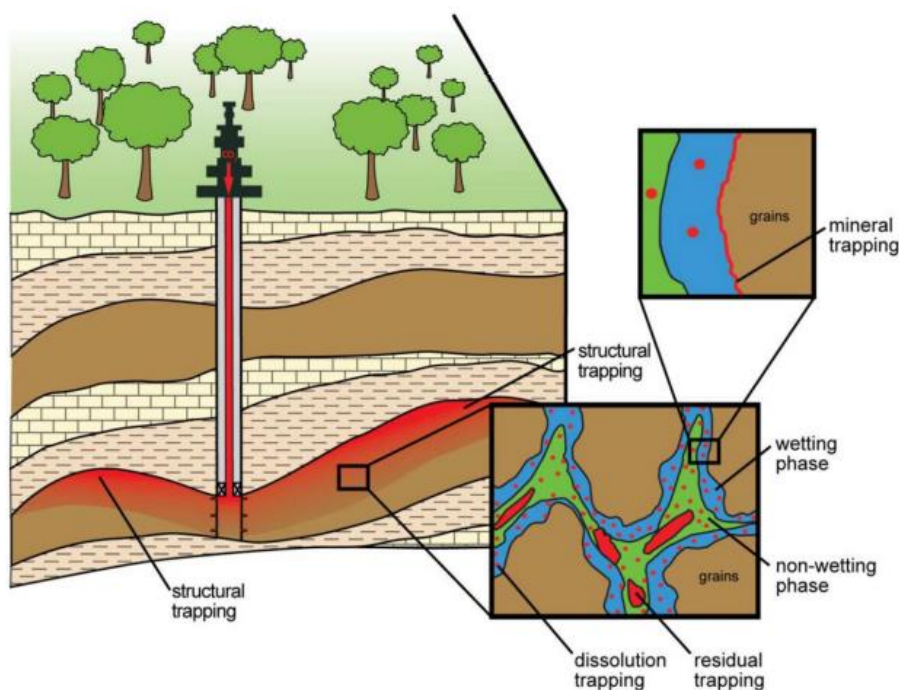
Σύμφωνα με (Melzer, 2012) οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που παραμένουν εγκλωβισμένες στον ταμιευτήρα αντιστοιχούν στο 5 - 10% και δεν συμβάλλουν στην απόληψη υδρογονανθράκων. Η βιομηχανία αντιμετωπίζει αυτές τις ποσότητες ως απώλειες που πρέπει να αντικατασταθούν από αγορά διοξειδίου του άνθρακα. Ακόμη, στην κατηγορία δέσμευσης, χρήσης και αποθήκευσης άνθρακα αυτές οι ποσότητες αναφέρονται ως σχετική αποθήκευση. Οι φυσικοί παράμετροι του ταμιευτήρα που συνετέλεσαν στην παγίδευση υδρογονανθράκων υποδηλώνουν αντίστοιχα την ασφαλή αποθήκευση CO₂ με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους:

- I. Στρωματογραφική παγίδευση κάτω από αδιαπέρατο στρώμα
- II. Τριχοειδή φαινόμενα και διαπερατότητα σχηματισμού παγιδεύουν υπολειμματικά
- III. Διάλυση στα ρευστά του ταμιευτήρα (νερό, πετρέλαιο)
- IV. Στερεοποίηση ως φλοιός των κόκκων

Το CO₂ θεωρείται εμπορικό προϊόν στην οικονομική δραστηριότητα της μεθόδου CO₂ – EOR με αποτέλεσμα πρωταρχικός στόχος να θεωρείται η μείωση της ποσότητας CO₂ να επιφέρει μεγαλύτερες ποσότητες υδρογονανθράκων στην επιφάνεια. Η εταιρεία διαχείρισης του έργου θεωρεί επιτυχημένη την αποθήκευση CO₂ εάν δοθεί ως κίνητρο μείωση φόρων ή συμμετοχή στην αγορά ρύπων.

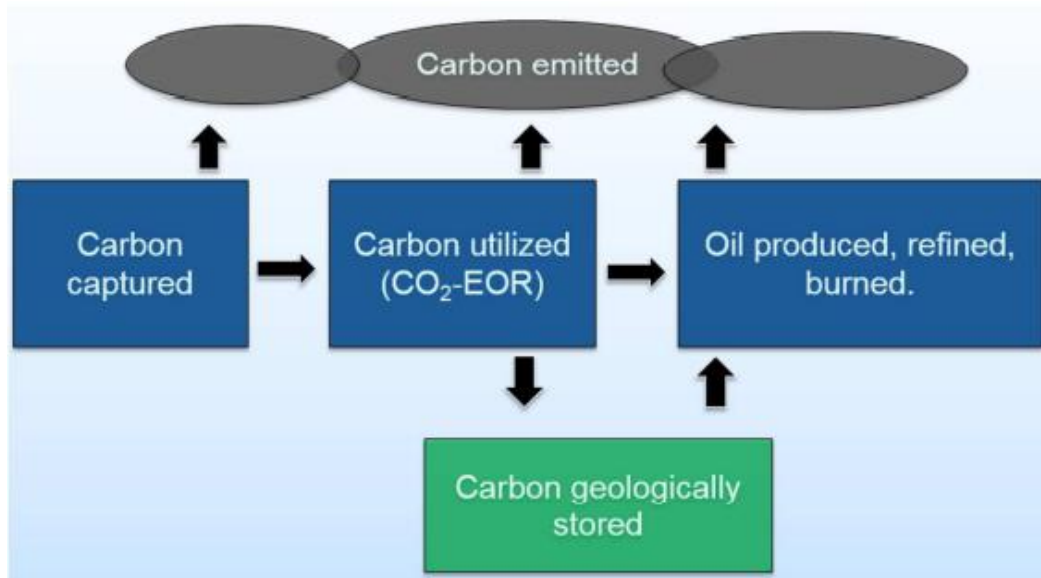
Πρώτη προσαρμογή στους νέους περιβαλλοντικούς κανόνες είναι η μεταστροφή σε προμηθευτές CO₂ που προέρχεται από βιομηχανική λειτουργία. Η δεύτερη ρύθμιση αφορά λειτουργικές διεργασίες CO₂ – EOR οι οποίες πρέπει να περιλαμβάνουν μεγαλύτερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Το Διεθνές Πρακτορείο για την Ενέργεια (IEA) προτείνει 3 μοντέλα που συνδυάζουν την παραγωγή υδρογονανθράκων με ταυτόχρονη αποθήκευση CO₂.

- I. Συμβατική CO₂ – EOR+, τεχνική η οποία βελτιώνει την παραγωγή υδρογονανθράκων με περιορισμό στη χρήση CO₂ αλλά προϋποθέτει επιπρόσθετη παρακολούθηση και πιστοποίηση των δραστηριοτήτων
- II. Προχωρημένη CO₂ – EOR+, τεχνική η οποία απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες CO₂, από την Συμβατική CO₂ – EOR+
- III. Μέγιστη Αποθήκευση EOR+, Μοντέλο το οποίο επικεντρώνεται στη μεγιστοποίηση μακροπρόθεσμης αποθήκευσης CO₂ επιτυγχάνοντας επίπεδα παραγωγής ίδια με την Προχωρημένη CO₂ – EOR+



Εικόνα 12:Μηχανισμοί παγίδευσης CO₂. (Hosseininoosheri et al., 2018)

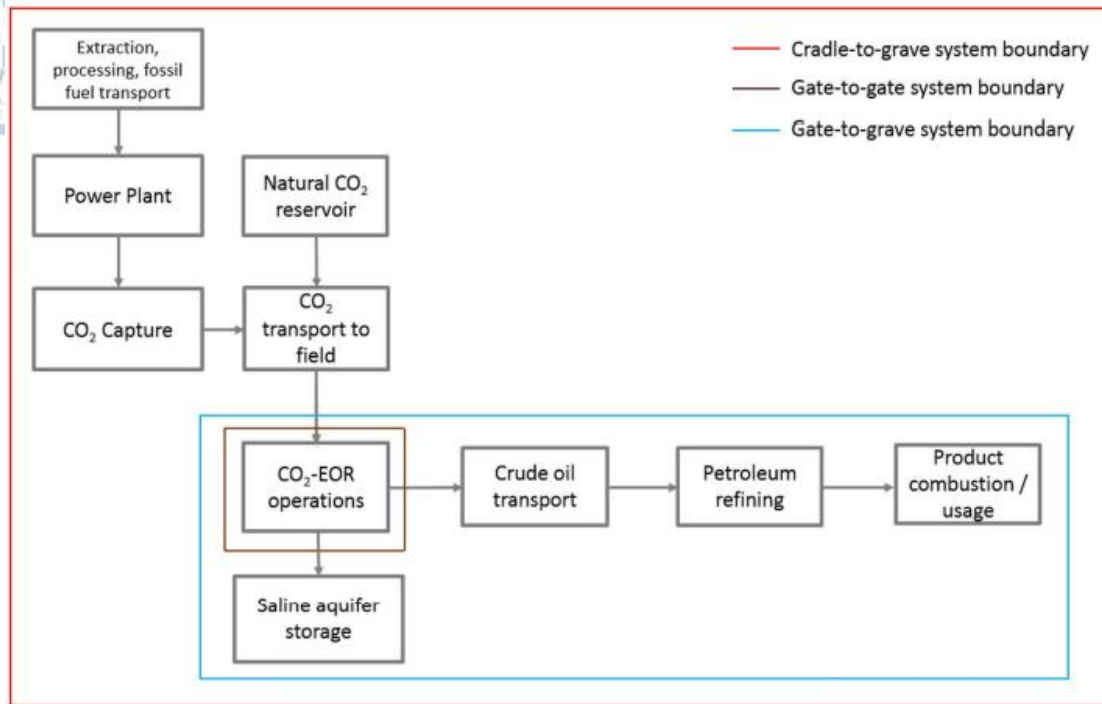
4.3 Ανάλυση κύκλου ζωής του άνθρακα στη κατηγορία CCUS



Εικόνα 13: Γενικά χαρακτηριστικά συστήματος CCUS. (Núñez-López and Moskal, 2019)

Η ανάλυση του κύκλου ζωής του άνθρακα (LCA) αποτελεί μια συστηματική διαδικασία η οποία έχει κατοχυρωθεί ως πρότυπη με κωδικό ISO 14044:2006 και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιφέρει το σύστημα του προϊόντος από την παραγωγή της πρώτης ύλης, την επεξεργασία, την ανακύκλωση έως και την τελική του απόρριψη. Συγκεκριμένα, η ανάλυση κύκλου ζωής που εφαρμόστηκε στην διαδικασία CO₂ – EOR καταλήγει στο συμπέρασμα αν η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που αποθηκεύεται στον ταμιευτήρα αντισταθμίζεται από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των παραγομένων υδρογονανθράκων μετά την τελική τους κατανάλωση.

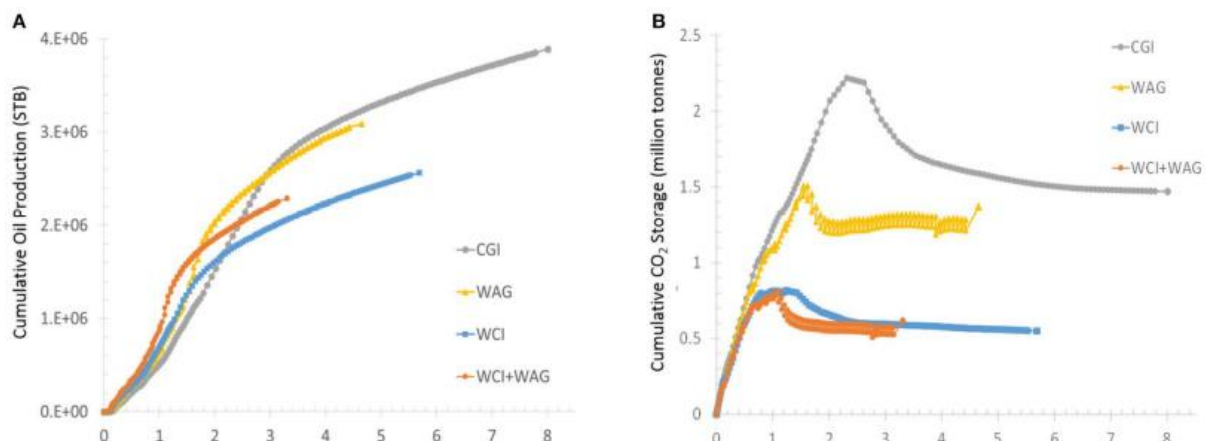
Η ανάλυση (LCA) που αφορά στην κατηγορία CCUS προϋποθέτει τον προσδιορισμό σαφών ορίων δηλαδή, τις ευδιάκριτες επιμέρους διεργασίες του κύκλου ζωής του προϊόντος. Διαφορετικά μοντέλα ορίων (cradle - απόληψη to grave - ταφή, gate to gate) καταλήγουν και σε διαφορετικά συμπεράσματα. Για τον λόγο αυτό προτείνεται από Núñez-López ενδεχόμενη μείωση των ΑτΘ μέσω δυναμικού μοντέλου ανάλυσης κύκλου ζωής του άνθρακα (d – LCA). Συνεπώς, η δυναμική προσέγγιση οφείλεται στο γεγονός ότι η παραγωγή πετρελαίου κυμαίνεται στο χρόνο. Έτσι, στο μοντέλο συνδέεται η στιγμιαία ζήτηση για ενέργεια και κατ' επέκταση των αερίων ρύπων που η παραγωγή της εκπέμπει, με την στιγμιαία αποθήκευση άνθρακα της μεθόδου CO₂ – EOR.



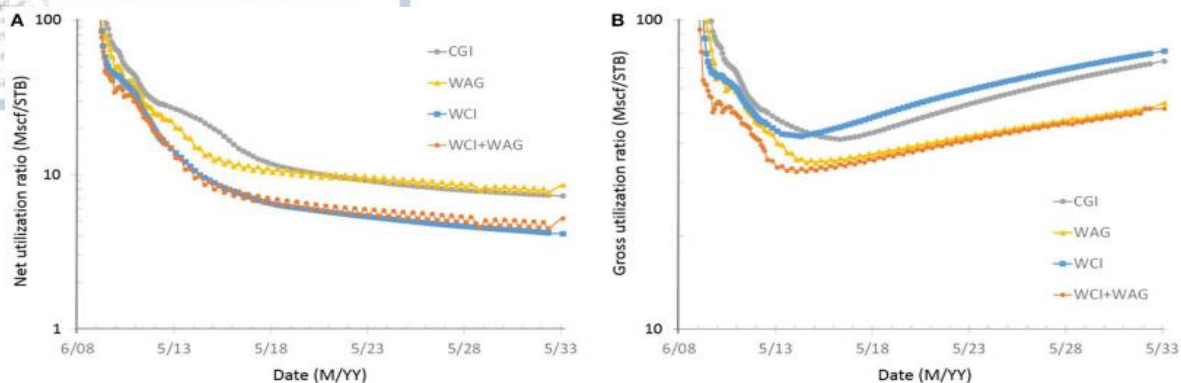
Εικόνα 14: Όρια στα συστήματα CCUS. (Núñez-López et al., 2019)

Η εφαρμογή του δυναμικού μοντέλου ανέλυσε πραγματικά δεδομένα διαδικασίας CO₂ – EOR σε κλαστικό ταμειντήρα βάθους 3 Km στα νοτιοδυτικά του Μισισσιπή. Στην ανάλυση εισήχθησαν δεδομένα: I παραγωγή πετρελαίου, II αποθήκευση CO₂ και III χρήση CO₂ που προέκυψαν από την εφαρμογή 4 διαφορετικών στρατηγικών εισπίεσης CO₂.

- Διαρκής εισπίεση CO₂ (CGI)
- Εναλλαγές νερού με CO₂ (WAG)
- Διαρκής εισπίεση CO₂ με ταυτόχρονη περιφερειακή εισπίεση νερού (WCI)
- Συνδυαστικά WAG + WCI

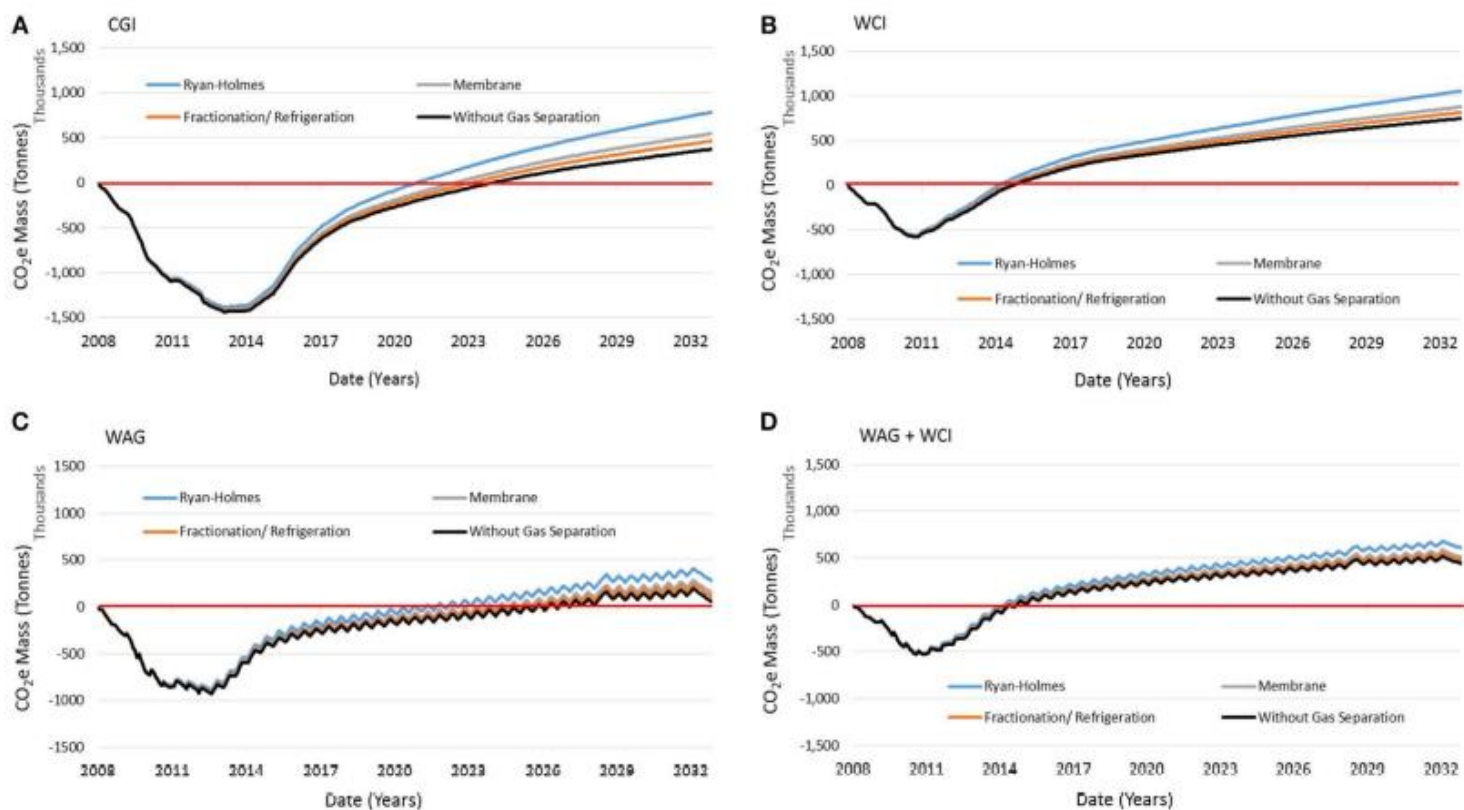


Διάγραμμα 29: Α) Αθροιστική ποσότητα παραγόμενου πετρελαίου μετά από εισπίεση ποσότητας CO₂. Β) Αποθηκευμένο CO₂ μετά από εισπίεση ποσότητας CO₂. (Núñez-López et al., 2019)



Διάγραμμα 30: Α) Καθαρό ποσοστό χρήσης (αγορασμένο CO₂ που απαιτείται για την παραγωγή ενός βαρελιού πετρελαίου). Β) Ακαθάριστη αναλογία χρήσης (αθροιστικά η ποσότητα CO₂ που αγοράζεται και αυτή που ανακυκλώνεται για την παραγωγή ενός βαρελιού πετρελαίου) Mscf/STB. (Núñez-López et al., 2019)

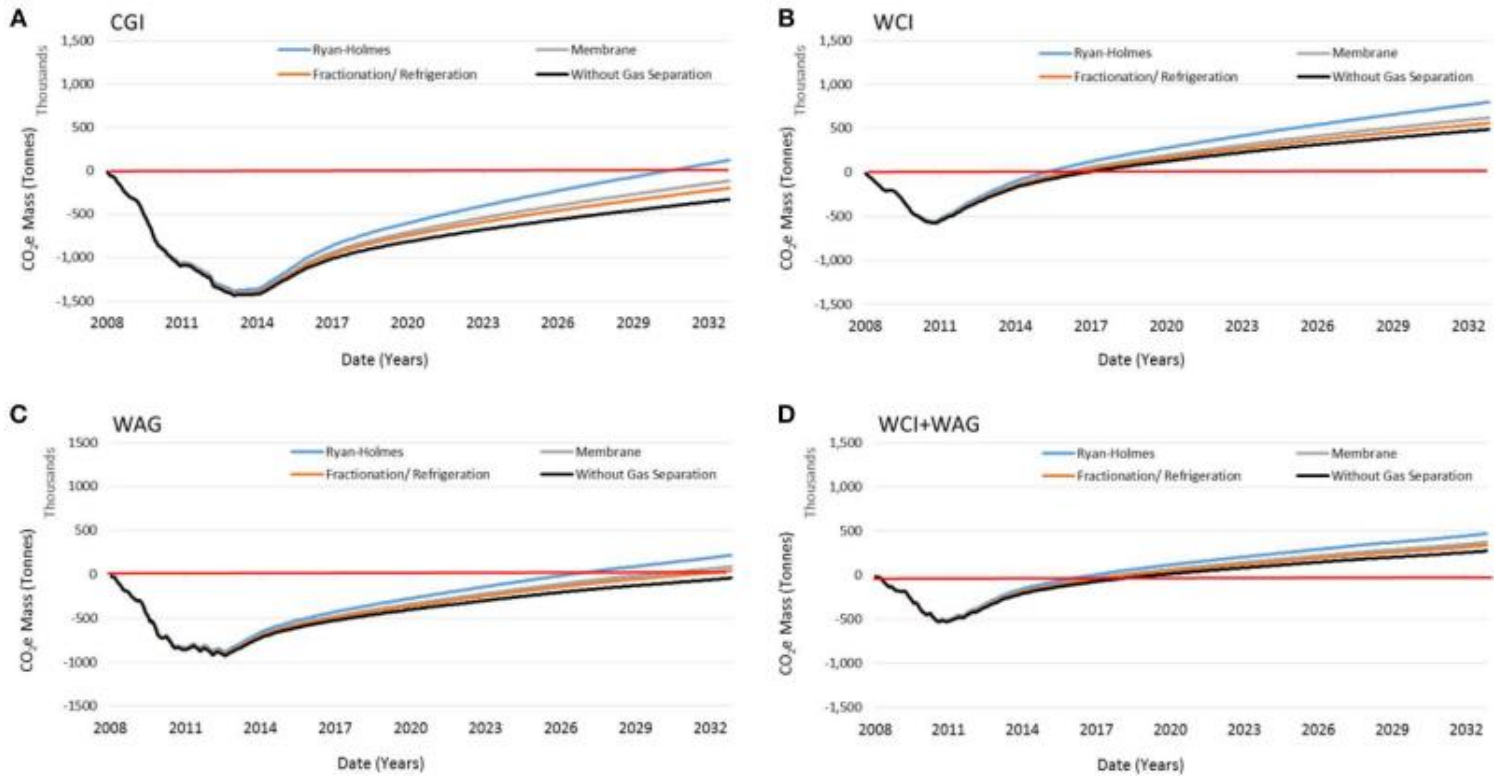
Οι 4 διαφορετικές στρατηγικές εισπίεσης σε περιβάλλον ανάλογο της μεθόδου Συμβατική CO₂ – EOR+ σύμφωνα με το Διεθνές Πρακτορείο Ενέργειας υπό του συστήματος grave to grave για την κατηγορία CCUS υποδεικνύουν επιβάρυνση του περιβάλλοντος στα πρώτα χρόνια λειτουργίας και μελλοντικά υποστήριξη στο περιβάλλον. Η στρατηγική εισπίεσης WAG παρατείνει το αρνητικό πρόσημο εκπομπών ΑτΘ από 14 σε 18 χρόνια ανάλογα με την τεχνολογία διαχωρισμού CO₂ από τα υπόλοιπα αέρια του ταμιευτήρα πριν την επανεισαγωγή



Διάγραμμα 31: Ισοδύναμο άνθρακα (εκπομπές CO₂ πλην αποθηκευμένο CO₂) υπό του συστήματος grave to grave για την κατηγορία CCUS: Α) Διαρκής εισπίεση CGI, Β) Διαρκής εισπίεση CO₂ με ταυτόχρονη περιφερειακή εισπίεση νερού WCI, Γ) Εναλλαγές νερού με CO₂ WAG Δ) Συνδυαστικά WAG + WCI. (Núñez-López et al., 2019)

του. Η τεχνολογία διαχωρισμού των αερίων συμπεριλήφθηκε ως μεταβλητή στο μοντέλο καθώς θεωρούνται διεργασίες που εκπέμπουν άνθρακα.

Επίσης, οι 4 διαφορετικές στρατηγικές εισπίεσης σε περιβάλλον ανάλογο της μεθόδου Μέγιστη Αποθήκευση EOR+ σύμφωνα με το Διεθνές Πρακτορείο Ενέργειας σε συνδυασμό με



Διάγραμμα 32: Ισοδύναμο άνθρακα (εκπομπές CO₂ πλην αποθηκευμένο CO₂) υπό του συστήματος *grave to grave* για την κατηγορία CCUS σε περιβάλλον υψηλής αλατότητας: Α) Διαρκής εισπίεση CGI, Β) Διαρκής εισπίεση CO₂ με ταυτόχρονη περιφερειακή εισπίεση νερού WCI, Γ) Εναλλαγές νερού με CO₂ WAG Δ) Συνδυαστικά WAG + WCI. (Núñez-López et al., 2019)

περίσσεια CO₂ προερχόμενο από την εγκατάσταση ανακύκλωσης, εισπίζεται σε υποκείμενο υδροφόρο υψηλής αλατότητας για αποθήκευση και μελλοντική χρήση. Αποτέλεσμα αυτού του σεναρίου υποδεικνύει ενδεχόμενο περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος ενώ, ταυτόχρονα παρέχει πληροφορίες για το πώς η ενισχυμένη απόληψη σε περιβάλλον υψηλής αλατότητας μπορεί να αντιμετωπισθεί ως κατηγορία CCUS.

4.4 Οικονομική διάσταση κατηγορίας CCUS

Η δραστηριότητα CO₂ – EOR δύναται να λειτουργήσει ως πρόγραμμα γέφυρα για την ανάπτυξη της κατηγορίας CCUS σε μεγαλύτερη κλίμακα. Η πεποίθηση αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι τα έσοδα που σχετίζονται με την πώληση CO₂ στην εταιρεία εκμετάλλευσης CO₂

– EOR μπορούν να αντισταθμίσουν το κόστος χρήσης της κατηγορίας CCS στη βαριά βιομηχανία. Η παραπάνω προοπτική θεωρείται πως θα επιταχύνει την αποφόρτιση του περιβάλλοντος από ΑτΘ σύμφωνα με το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης. Συμπερασματικά, η αξία του διοξειδίου του άνθρακα από μονάδες δέσμευσής του είναι αρκετή ώστε να καλύψει το κόστος της τεχνολογίας δέσμευσης αλλά και της μεταφοράς του στο πεδίο όπου θα χρησιμοποιηθεί (Terrell, Enid Fertilizer, and Great Plains CCS facilities).

Η μέθοδος CO₂ – EOR εξαρτάται από τρεις παραμέτρους: I) τιμή πετρελαίου, II) κόστος CO₂, III) φορολόγηση αποθήκευσης CO₂. Σύμφωνα με (Kuuskraa et al., 2009) τα επιμέρους κόστη εφοδιασμού, εισπίεσης και ανακύκλωσης του CO₂ υπολογίζονται σε ποσοστό 25 - 50% του κόστους παραγωγής κάθε βαρελιού πετρελαίου που έρχεται στην επιφάνεια με την μέθοδο αυτή. Για τον λόγο αυτό ο σχεδιασμός της δραστηριότητας απαιτεί τον περιορισμό της ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα που χρησιμοποιείται. Συνεπώς, ταμειυτήρες υδρογονανθράκων που προϋποθέτουν υψηλό επενδυτικό κεφάλαιο δεν είναι κατάλληλοι για την εφαρμογή της μεθόδου CO₂ – EOR εάν δεν εξελιχθεί η τεχνολογία που χρησιμοποιεί ή δεν εφαρμοστούν φόροι στο προς αποθήκευση CO₂. Όταν ικανοποιηθούν οι δυο προϋποθέσεις τότε η μετάβαση σε μεγάλης κλίμακας δραστηριότητες αποθήκευσης CO₂ θα είναι εφικτή στις οποίες θα συνυπολογιστούν επενδύσεις για την παρακολούθηση, δειγματοληψία και επαλήθευση (MMV) αλλά και των δραστηριοτήτων αναστολής.

Το διεθνές πρακτορείο για την ενέργεια προτείνει το κόστος περιορισμού ΑτΘ από σημεία εκπομπής μεγάλων ποσοτήτων να είναι μικρότερο από το κόστος επιβάρυνσης που σχετίζεται με την αποθήκευση.

Οι εταιρείες που εφαρμόζουν την μέθοδο CO₂ – EOR δεν κοινοποιούν την τιμή του διοξειδίου του άνθρακα αλλά μας ενημερώνουν πώς συνδέεται με αυτήν του πετρελαίου. Ωστόσο, σύμφωνα με (Kuuskraa et al., 2011; Middleton, 2013) είναι γενικά αποδεκτό το ποσοστό του 2% της τιμής του βαρελιού (West Texas Intermediate) πετρελαίου ανά εκατομμύριο κυβικά πόδια (Mscf) να αντιστοιχεί στο CO₂. Στη βιβλιογραφία χρησιμοποιείται η μέση τιμή \$40/tCO₂.

4.5 Νομικό και κανονιστικό πλαίσιο των Η.Π.Α.

Από τις αρχές του 1970 η ομοσπονδιακή κυβέρνηση των Η.Π.Α. επενδύει στην ενίσχυση της εθνικής ασφάλειας μέσω της προόδου της τριτογενούς απόληψης υδρογονανθράκων. Έτσι, νομοθετικές ρυθμίσεις (νόμος του 1976 Έκτακτη Κατανομή Πετρελαίου, 1977 Εθνικό Σχέδιο Ενέργειας, 1980 Φόροι Απροσδόκητων Κερδών) λειτούργησαν υποστηρικτικά στην εξέλιξη

της μεθόδου CO₂ – EOR με καταλυτική ενέργεια την παροχή μειωμένων φόρων στις επιμέρους εργασίες που συνδέονται με αυτήν.

Παρά την εμπειρία που έχει αποκτηθεί από γεωλόγους και μηχανικούς σχετικά με την αποδοτική αποθήκευση άνθρακα με την μέθοδο CO₂ – EOR, εξακολουθούν να προκύπτουν δυσκολίες στην διακίνηση και αποτίμηση του άνθρακα που συνδέεται με την κατηγορία CCS. Συνεπώς, η εφαρμογή νομικού και ρυθμιστικού πλαισίου στις δραστηριότητες της κατηγορίας CCS αποτελεί μείζονος σημασίας για την εκτενή χρήση της (Núñez-López et al., 2019).

Η διευκρίνιση των επιμέρους κινδύνων και η αναγνώριση του μακροπρόθεσμου χαρακτήρα της κατηγορίας CCS επισημαίνονται τόσο στο Πρωτόκολλο του Λονδίνου (London Protocol) όσο και στην Σύμβαση OSPAR (νομικό εργαλείο για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος NA Ατλαντικού). Αποτελεσματικά, προτείνονται πέντε νομικά και κανονιστικά πλαίσια:

- Αυτόνομη νομοθεσία (stand alone) που αντιμετωπίζει την κατηγορία CCS ως αυτόνομη τεχνολογία
- Αυτόνομη νομοθεσία που περιορίζεται σε συγκεκριμένα έργα
- Υιοθέτηση ή τροποποίηση του υφιστάμενου καθεστώσ πετρελαίου και φυσικού αερίου
- Συνδυασμός υφιστάμενου καθεστώτος και αυτόνομης νομοθεσίας
- Υιοθέτηση υφιστάμενων περιβαλλοντικών νόμων για την ανάπτυξη ολοκληρωμένο καθεστώτος CCS

Το 2015 το Πρακτορείο Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA) δημοσίευσε καθοδηγητικό πλαίσιο έτσι ώστε το διοξείδιο του άνθρακα που εισπνέζεται κατά τις δραστηριότητες ενισχυμένης απόληψης υδρογονανθράκων να κατατάσσεται ως αποθηκευμένο.

4.6 Παραγωγή υδρογονανθράκων με αρνητικό πρόσημο ανθρακικού αποτυπώματος

Η μέθοδος CO₂ – EOR μπορεί να πετύχει παραγωγή υδρογονανθράκων από τα πρώτα χρόνια λειτουργίας της χωρίς ανθρακικό αποτύπωμα. Η αποτελεσματική μείωση των ΑτΘ από τα πρώτα χρόνια της εφαρμογής την καθιστά κρίσιμης σημασίας καθώς η κλιματική αλλαγή συμβαίνει ήδη. Τα άμεσα αποτελέσματα δημιουργούν περιθώρια για την ανάπτυξη της κατηγορίας CCS. Οι από κοινού διεθνείς συμφωνίες χαρακτηρίζουν τον άνθρακα επιβλαβή για

τον άνθρωπο και τη φύση γενικότερα με αποτέλεσμα κατηγορίες όπως η CCS να διαδραματίζουν κύριο ρόλο στην αφαίρεσή του από την βιόσφαιρα (Núñez-López et al., 2019).

Η μέθοδος CO₂ – EOR είναι η μόνη εμπορική δραστηριότητα που αποδεδειγμένα αποθηκεύει μόνιμα μεγάλες ποσότητες άνθρακα και η κατηγορία CCS είναι η μόνη τεχνολογία η οποία μπορεί να απανθρακοποιήσει τη βιομηχανία χάλυβα, τσιμέντου και πετροχημείας. Δεδομένου ότι η CO₂ – EOR αποτελεί την πιο διαδεδομένη κατηγορία CCUS, τεχνολογίες όπως οι BECCS (Bioenergy with carbon capture and storage) και DAC (Direct Air Capture) χρειάζονται κατάλληλους γεωλογικούς σχηματισμούς που προσφέρονται από παλαιά και νέα παραγωγικά πεδία υδρογονανθράκων.

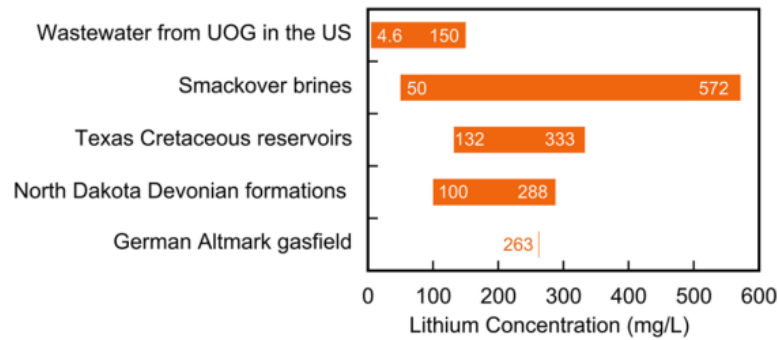
Τέλος, η υφιστάμενη τεχνολογία δίνει τη δυνατότητα παραγωγής φυσικού αερίου από μη συμβατικά κοιτάσματα γεγονός που έχει δημιουργήσει, τα τελευταία 10 χρόνια, υποδομές και μια αγορά με σταθερά ανοδική πορεία.

5 Συμπαγωγή Λιθίου και νερού σε ταμιευτήρες υδρογονανθράκων

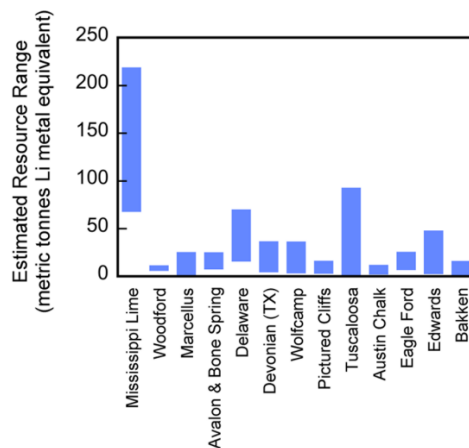
Οι διεθνείς από κοινού συμφωνίες για προστασία του περιβάλλοντος μέσω της απανθρακοποίησης του τομέα της ενέργειας καταδεικνύουν μια συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση σε κρίσιμα μέταλλα. Το λίθιο είναι ένα από αυτά και χρησιμοποιείται ως κύριο συστατικό των μπαταριών ιόντων λιθίου.

Το λίθιο έχει ατομικό αριθμό 3 και ανήκει στα αλκαλιμέταλλα δηλαδή εντοπίζεται στην πρώτη ομάδα του περιοδικού πίνακα. Είναι το ελαφρύτερο μέταλλο αλλά και χημικό στοιχείο γενικότερα. Το λίθιο και οι ενώσεις του έχουν αρκετές βιομηχανικές εφαρμογές που περιλαμβάνουν: πυρίμαχο γυαλί, κεραμικά, κράματα υψηλής τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται στα αεροσκάφη, μπαταρίες, φάρμακα και στην πυρηνική ενέργεια.

Υπό το πρίσμα της αειφορίας, οι δραστηριότητες που συνδέονται με την αξιακή αλυσίδα του λιθίου στρέφονται προς, τις μέχρις πρότινος, μη συμβατικές πηγές. Αυτό σημαίνει πως νέες τεχνολογίες στοχεύουν στην εκμετάλλευση του νερού κοιτασμάτων υδρογονανθράκων για παραγωγή λιθίου. Ωστόσο, το πλήθος καταγραφών και αξιολογήσεων των υδάτων που συνδέονται με ταμειυτήρες υδρογονανθράκων είναι υψηλό γεγονός που παρέχει δεδομένα για ανάλυση και προσαρμογή των τεχνολογικών μέσων.

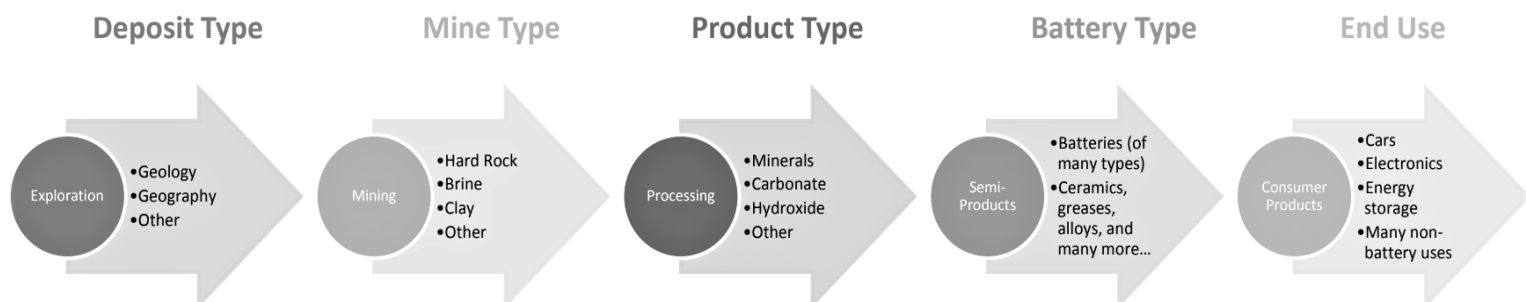


Διάγραμμα 33: Συγκέντρωση Li στο νερό που συνδέεται με ταμειυτήρες υδρογονανθράκων στις Η.Π.Α.. (ACS Energy Lett. 2019, 4, 1471–1474, <http://pubs.acs.org/journal/aelccp>)



Διάγραμμα 34: Εκτιμώμενη περιεκτικότητα Li σε metric tonnes ισοδύναμου απόβλητου νερού από μη συμβατικά κοιτάσματα υδρογονανθράκων. Οι τιμές προέκυψαν από το ημιάνθροισμα των συγκεντρώσεων Li από το παραγόμενο νερό κάποιων σχηματισμών και από τον συνολικό όγκο νερού κάθε σχηματισμού.

(ACS Energy Lett. 2019, 4, 1471–1474, <http://pubs.acs.org/journal/aelccp>)



Εικόνα 15: Αξιακή αλυσίδα Λιθίου από το στάδιο της έρευνας έως την τελική κατανάλωση. (JOHN SYKES, 2019)

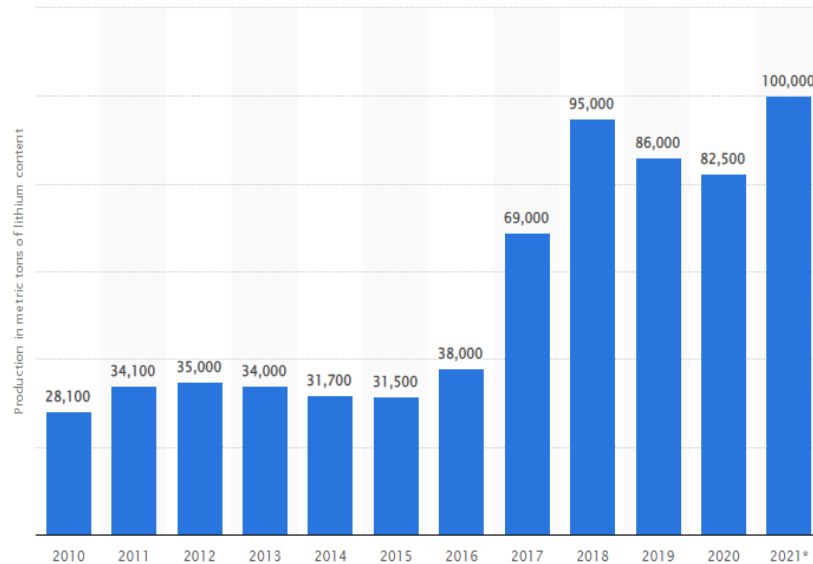
Το λίθιο που εξάγεται από το νερό κοιτασμάτων υδρογονανθράκων είναι γνωστό με την ονομασία πετρολίθιο. Οι πετρελαϊκές επιχειρήσεις διαχρονικά αντιμετωπίζουν το παραγόμενο νερό από τους ταμειωτήρες υδρογονανθράκων ως απόβλητο και το αξιοποιούν για την ενισχυμένη απόληψη των ρευστών με αποτέλεσμα να αποθηκεύεται σε υπόγειους σχηματισμούς.

Τα τελευταία χρόνια διάφορες επιχειρήσεις κατέληξαν σε τεχνολογίες για την αξιοποίηση αυτών των υδάτων συλλέγοντας επιτυχώς λίθιο, μαγνήσιο, κάλιο και πυρίτιο. Οι τεχνολογίες αυτές μείωσαν τον χρόνο που απαιτεί το στάδιο του εμπλουτισμού και καθιέρωσαν νέες σταθερές για την εκμεταλλευσιμότητα υδάτων με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λίθιο (Hallgarten & Company, 2020).

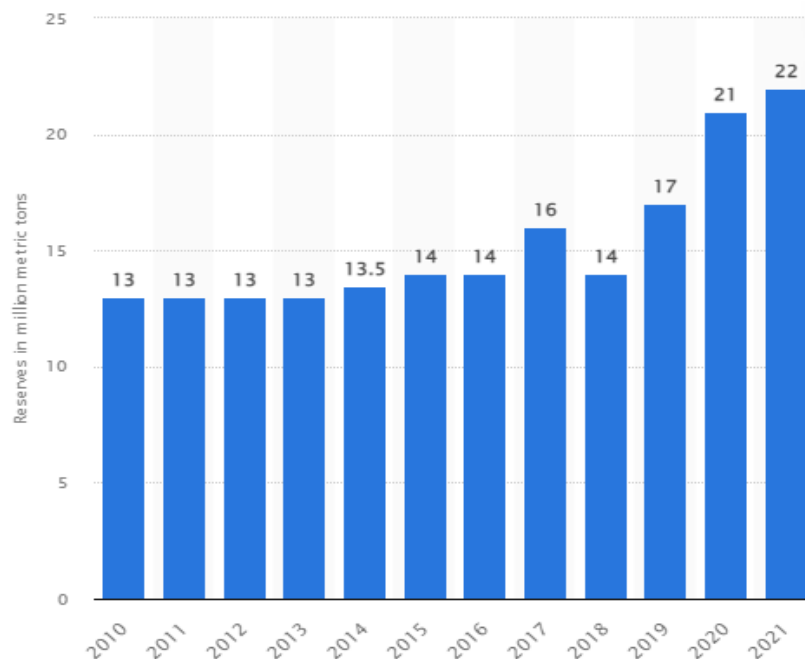
Συγκεκριμένα, μελέτη από πανεπιστήμιο του Τέξας (Pamela Joy Daitch Thesis', 2018) διερευνά την εκμεταλλευσιμότητα του νερού από κοιτάσματα υδρογονανθράκων σε όλη την Αμερική. Κατά την ανάλυση χρησιμοποιούνται οι όγκοι και οι περιεκτικότητες των γεωλογικών σχηματισμών από ιστορικά δεδομένα γεωτρήσεων για τον προσδιορισμό του δυνητικού ρυθμού παραγωγής λιθίου. Ακολουθεί η εφαρμογή οικονομικού μοντέλου για τον προσδιορισμό της κατάλληλης μεθόδου παραγωγής η οποία επιφέρει εμπορεύσιμο λίθιο. Η Daitch επισημαίνει πως σύγχρονες τεχνολογίες καθιστούν δυνατή την απόληψη λιθίου από μη συμβατικά κοιτάσματα σε περιεκτικότητες 70 mg/L. Επίσης, αναφέρει πως μόνο 344 δείγματα εμφανίζουν περιεκτικότητες λιθίου μεγαλύτερες από 70 mg/L με την πλειονότητα να συγκεντρώνεται σε έναν σχηματισμό (Smackover formation). Ο συγκεκριμένος σχηματισμός παρέχει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης τόσο από υπάρχοντα πηγάδια όσο και από νέα ειδικού σκοπού. Ειδικότερα, η οικονομική ανάλυση για τον σχηματισμό Smackover καταλήγει στο συμπέρασμα πως η εμπορικότητα του λιθίου εξαρτάται από τον όγκο που διαθέτει η μονάδα επεξεργασίας δηλαδή, όσο μεγαλύτερος ο όγκος τόσο μεγαλύτερο το κέρδος. Επίσης, η ανάλυση επισημαίνει πως στο σενάριο αξιοποίησης των υπαρχόντων υποδομών για την εκμετάλλευση των υδάτων, το κέρδος εξαρτάται από τον αριθμό των παραγωγικών γεωτρήσεων.

5.1 Αγορά του Λιθίου

Το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής λιθίου εντοπίζεται στην Αυστραλία και την Χιλή, χώρες οι οποίες κατέχουν και τα μεγαλύτερα κοιτάσματα. Το 2021, η παγκόσμια παραγωγή λιθίου εκτιμάται στους 100.000 metric tons και τα παγκόσμια αποθέματα στα 22 εκατομμύρια metric tons.



Διάγραμμα 35: Παγκόσμια παραγωγή λιθίου. (<https://www.statista.com>)



Διάγραμμα 36: Παγκόσμια αποθέματα λιθίου. (<https://www.statista.com>)

Το λίθιο εμπορεύεται σε 3 μορφές: Ι) ορυκτά του λιθίου από πέτρωμα, ΙΙ) ενώσεις λιθίου σε υψηλής αλατότητας ύδατα και ΙΙΙ) μεταλλικό λίθιο από την ηλεκτρόλυση των ενώσεων λιθίου. Το λίθιο έχει την υψηλότερη ειδική θερμοχωρητικότητα και δυναμική οξειδοαναγωγής σε



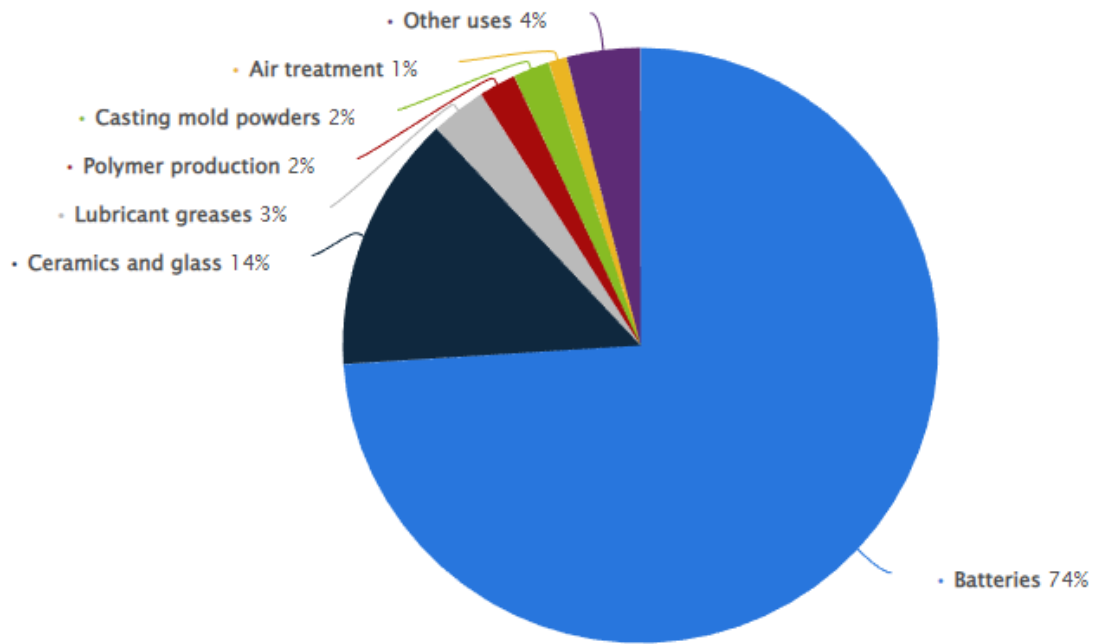
σύγκριση με οποιοδήποτε άλλο στερεό στοιχείο. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του στοιχείου το καθιστούν βασικό συστατικό σε προϊόντα όπως καθαριστικά του αέρα, λιπαντικά, πολυμερή, φαρμακευτικά είδη, κεραμικά, υαλικά, μπαταρίες κ.α..

Παρόλα αυτά εντοπίζονται υποκατάστατα του λιθίου όπως νατριούχες και καλιούχες ενώσεις στην κατασκευή υαλικών και κεραμικών και άλλες ενώσεις όπως ασβεστίου, μαγνησίου, υδραργύρου και ψευδαργύρου στην παραγωγή μπαταριών (Daitch). Επίσης, η υψηλή ενεργειακή απόδοση του λιθίου και το χαμηλό κόστος διάθεσης είναι τα χαρακτηριστικά που το κατέστησαν ιδανικό για την αποθήκευση ενέργειας στην περίπτωση ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ως εναλλακτικό στοιχείο το νάτριο το πιο βρίσκει εφαρμογή σε μπαταρίες οι οποίες προσφέρουν τριπλάσια ενεργειακή απόδοση και ταχύτερη φόρτιση από τις ιόντων λιθίου (Daitch).

Ζήτηση

Από το 2000 όταν και άρχισε να γίνεται ευρεία χρήση μπαταριών ιόντων λιθίου παρατηρείται αύξηση της ζήτησης κατά 20% κάθε χρόνο. Αυτές οι μπαταρίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μία μόνο φορά είτε να επαναφορτιστούν και κατηγοριοποιούνται αντίστοιχα σε κύριες και δευτερεύουσες μπαταρίες.

Η Συμφωνία των Παρισίων το 2016 τονίζει την ανάγκη για περιορισμό των ΑτΘ γεγονός το οποίο μεταφράζεται σε αύξηση της ζήτησης σε λίθιο. Δεδομένου ότι οι κύριες μπαταρίες θα παραμείνουν το ίδιο ελκυστικές για την αποθήκευση ενέργειας, οι δευτερεύουσες μπαταρίες θα βρίσκουν μεγαλύτερο πεδίο εφαρμογής καθώς το ενεργειακό μείγμα προϋποθέτει νέες πηγές όπως η αιολική και η ηλιακή. Σύμφωνα με μελέτη (Martin et al, 2017) αναμένεται αύξηση της ζήτησης σε λίθιο μεταξύ 8 - 12% ετησίως.



Σχήμα 19: Εφαρμογές λιθίου. (<https://www.statista.com>)

Προσφορά

Το 2021 τα παγκόσμια αποθέματα λιθίου υπολογίζονται στα 22 εκατομμύρια metric tons. Η σταθερή αύξηση των παγκόσμιων αποθεμάτων τα τελευταία 4 χρόνια οφείλεται στην κατηγοριοποίηση νέων πηγών λιθίου σύμφωνα με την οποία θα σταθεροποιηθεί η τιμή πώλησής του. Παρά το γεγονός ότι η προσφορά υπερκαλύπτει τη ζήτηση εντοπίζονται αποθέματα λιθίου τα οποία δεν είναι εκμεταλλεύσιμα. Η αναμενόμενη αύξηση της ζήτησης καλύπτεται από δράσεις όπως: ανακύκλωση, εκμετάλλευση νέων πηγών μέσω ανάπτυξης σύγχρονων τεχνολογιών και την υποκατάσταση των πρώτων υλών.

Το 2017 η ανακύκλωση λιθίου ανταποκρινόταν σε ποσοστό 1% και αναμένεται ως το 2050 να φτάσει στο 25% της παγκόσμιας προσφοράς. Στο στόχο αυτό συντελεί η κατασκευή μπαταριών που βρίσκουν εφαρμογή στην αυτοκίνηση καθώς θα καθιερωθεί μια νέα αγορά ανακύκλωσης μπαταριών ιόντων λιθίου. Επίσης, κύριο λόγο θα διαδραματίσει η αξιοποίηση νέων πηγών (hard rock & lithium brines) καθώς επενδύονται κεφάλαια για την προσαρμογή της τεχνολογίας σε αυτές.

Αξία

Η αξία των συναλλαγών Λιθίου στηρίζονται σε τιμές (spot prices) πώλησης του ανθρακικού λιθίου, 99.5% Li_2CO_3 . Πρόκειται για μια αγορά η οποία χαρακτηρίζεται από υψηλή διακύμανση των τιμών τόσο στη διάρκεια ενός έτους όσο και στην επταετία.

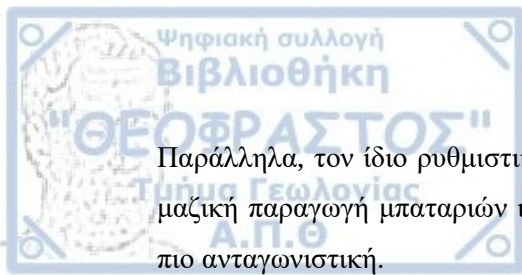


Διάγραμμα 37: Διακύμανση πενταετίας τιμών λιθίου. (<https://tradingeconomics.com>)



Διάγραμμα 38: Ετήσια διακύμανση τιμών λιθίου. (<https://tradingeconomics.com>)

Στην μελέτη αξιοποίησης μη συμβατικών κοιτασμάτων λιθίου (Daitch, 2018) εφαρμόζεται μοντέλο πρόβλεψης των τιμών (regression) με δεδομένα εισαγωγής την αξία του λιθίου κάθε μήνα το διάστημα 2015 -2017 (in sample) και με στόχο την πρόβλεψη της αξίας τα επόμενα 20 χρόνια. Από την εφαρμογή της αναλυτικής μεθόδου προκύπτει αξία 100.000 USD/MT έως το 2024. Ωστόσο, η αξία αυτή δεν θα προσεγγιστεί καθώς το λίθιο θα έχει υποκατασταθεί από άλλα υλικά. Επίσης, προβλέπεται η καθιέρωση παραγόντων που θα ρυθμίζουν και θα σταθεροποιούν την αξία του λιθίου. Όπως προαναφέρθηκε η υποκατάσταση από άλλα υλικά θα είναι ένας από τους ρυθμιστικούς και σταθεροποιητικούς παράγοντες της αξίας του λιθίου.



Παράλληλα, τον ίδιο ρυθμιστικό χαρακτήρα παρουσιάζει και η ανάπτυξη υποδομών για την μαζική παραγωγή μπαταριών ιόντων λιθίου αποτέλεσμα το οποίο θα καταστήσει την αγορά πιο ανταγωνιστική.

Μορφή της αγοράς:

- Περιορισμός προσφοράς λιθίου από την κινεζική αγορά με ταυτόχρονη διατήρηση της ζήτησης
- Μονοπωλιακή αγορά καθώς οι επιχειρήσεις στον συγκεκριμένο τομέα είναι τέσσερις (SQM, FMC, Talison και Albermarle)
- Νέες επιχειρήσεις με κατοχυρωμένη τεχνολογία επεξεργασίας λιθίου θα διεκδικήσουν μερίδιο από τις 4 μεγαλύτερες επιχειρήσεις
- Γεωπολιτικές αντιπαραθέσεις λόγω περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην Νότια Αμερική (μόλυνση υπόγειων υδάτων στη Χιλή)
- Εφαρμογή ανώτατου ορίου παραγωγής λιθίου σε περιοχές όπου δεν εφαρμόζονται περιβαλλοντικοί κανονισμοί
- Προβλέπεται κατώτατο όριο αξίας πώλησης του λιθίου 10.000 USD/MT

5.2 Γεωλογία του Λιθίου

Το λίθιο απαντάται στον γήινο φλοιό σε ποσοστό 0.006% (Fleischer, 1953). Συγκεκριμένα στα πυριγενή πετρώματα εντοπίζεται 0.0065% λίθιο και στα ιζηματογενή πετρώματα κατά κάποιο τρόπο λιγότερο (Rankama and Sahama, 1950). Επίσης η περιεκτικότητα στο θαλασινό νερό υπολογίζεται στα 0.1 ppm από το οποίο το 0.3% παραμένει σε διάλυση και το υπόλοιπο 99.7% καταλήγει στις αργίλους (Rankama and Sahama, 1950). Ορυκτά του λιθίου εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στους πηγματίτες και ένα πολύ μικρό ποσοστό βρίσκεται διαλυμένο σε υψηλής αλατότητας ύδατα σε υπόγειους σχηματισμούς όπως οι εβαπορίτες.

Ορυκτολογία

Ορυκτά της αργίλου όπως ο hectorite (εκτορίτης) περιέχει λίθιο σε συγκέντρωση που τον καθιστά εμπορεύσιμο. Επίσης, σε πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα το λίθιο εμφανίζεται στην αμφίβολο, τον βιοτίτη και τον πυροξενίτη ωστόσο η περιεκτικότητά τους σε οξειδία του λιθίου δεν ξεπερνούν το 0.1%. Κάποιοι πηγματίτες περιέχουν λίθιο από αντικατάσταση κατά το τέλος της δράσης υδροθερμικών ρευστών ή της πνευματολυτικής φάσης. Χαρακτηριστικό ορυκτό σε εμφανίσεις αντικατάστασης είναι ο λεπιδολίτης (lepidolite

-μαρμαρυγίας λιθίου) ο οποίος πιθανόν να συνδέεται γενετικά με μαρμαρυγίες και ορυκτά της αργίλου σε μεταμορφικές ζώνες που περιβάλλουν τις μεταλλοφόρες φλέβες.

Χαρακτηριστικά ορυκτά που καθιστούν τους πηγματίτες εκμεταλλεύσιμους για το λίθιο είναι: **spodumene** ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$), **amblygonite** ($(\text{Li,Na})\text{Al}(\text{PO}_4)(\text{F,OH})$), **lepidolite** ($(\text{K}(\text{Li,Al,Fe})_3(\text{Al,Si,Rb})_4\text{O}_{10}(\text{F,OH})_2$). **Zinnwaldite**, άλλοι μαρμαρυγίες λιθίου και **triphylite** – **lithiophilite** ($\text{Li}(\text{Fe,Mn})\text{PO}_4$) αξιοποιούνται αλλά σε μικρή ποσότητα. Τέλος, ο **petalite** ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$) και ο **eucryptite** (LiAlSiO_4) σχετίζονται με αντίστοιχα κοιτάσματα.

Ο **spodumene** είναι ινοπυριτικός πυρόξενος με θεωρητική και αρκετά σπάνια περιεκτικότητα σε οξείδιο του λιθίου 8.03% και 7.5% αντίστοιχα. Ανάλογα με τον χρωματισμό του διακρίνεται στον **kunzite** (ροζ έως μωβ), τον **hiddenite** (πράσινο) και τον **triphane** (κίτρινο). Χαρακτηριστικό του ορυκτού είναι οι ευμεγέθεις, επίπεδοι και λεπιδοειδείς κρύσταλλοι που σχηματίζει.

Ο **amblygonite** είναι φωσφορικό ορυκτό αποτελούμενο από λίθιο, νάτριο και φωσφορικό αργίλιο το οποίο σχηματίζει ευμεγέθεις, ελλειψοειδείς και ημιδιαφανείς κρυστάλλους. Συνήθης τύπος παραγένεσης είναι **spodumene**, **apatite**, **lepidolite**, **tourmaline**. Ο **amblygonite** εμφανίζει συγκεντρώσεις οξειδίων λιθίου μεταξύ 6.7 και 9.65% (Palache, 1951).

Το ορυκτό **lepidolite** χρησιμοποιείται ευρέως στην εξορυκτική βιομηχανία ως όρος που συμπεριλαμβάνει μια ομάδα από μαρμαρυγίες λιθίου. Ο **lepidolite** για να είναι εμπορεύσιμος πρέπει να συγκεντρώνει 3 – 4% οξείδιο του λιθίου. Οι περισσότερες ποικιλίες του βρίσκονται σε παραγένεση με **albite**. Στους μαρμαρυγίες με συγκέντρωση έως 3.3% Li_2O εντοπίζεται κρυσταλλική δομή παρόμοια με αυτή του **muscovite** ενώ δείγματα με συγκέντρωση 3.4 – 4.0% Li_2O διακρίνονται τρεις διαφορετικές δομές.

Ο **petalite** εμφανίζεται με χρώμα λευκό και γκρι και είναι μαζώδης. Εκμεταλλεύσιμο ορυκτό για το περιεχόμενο σε λίθιο και εντοπίζεται σε κοιτάσματα της βόρειας Αμερικής.

Ο **triphylite** – **lithiophilite** είναι ορυκτό με ανοικτό γκρι έως καφέ χρώμα και συνδέεται με διάφορα στοιχεία και τα οποία του προσδίδουν ποικιλία σε χρωματισμούς. Βρίσκεται σε παραγένεση με άλλα κύρια ορυκτά των πηγματιτών και εμφανίζει πλούσια φωσφορικά συσσωματώματα, σφαιρικά στο σχήμα τα οποία, φτάνουν διάμετρο μερικών ποδιών.

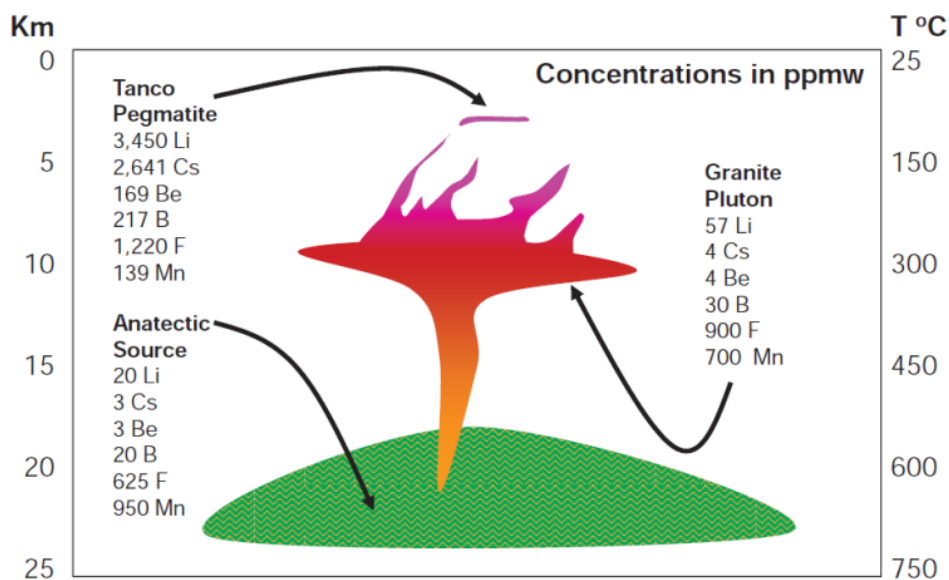
Ο **eucryptite** θεωρείται ένα από τα πιο σπάνια ορυκτά. Χαρακτηριστική εμφάνιση σε μεγάλο κοίτασμα εκμετάλλευσης **petalite** στην νότια Rhodesia.

Ωστόσο, το λίθιο απαντάται και σε μη συμβατικά κοιτάσματα. Πρόκειται για υδάτινους όγκους υψηλής αλατότητας (**brines**). Το λίθιο συγκεντρώνεται σε μικρές ποσότητες σε κοιτάσματα αλάτος και θεωρείται πως βρίσκεται στην θέση αλκαλίων στο πλέγμα των κύριων ορυκτών.

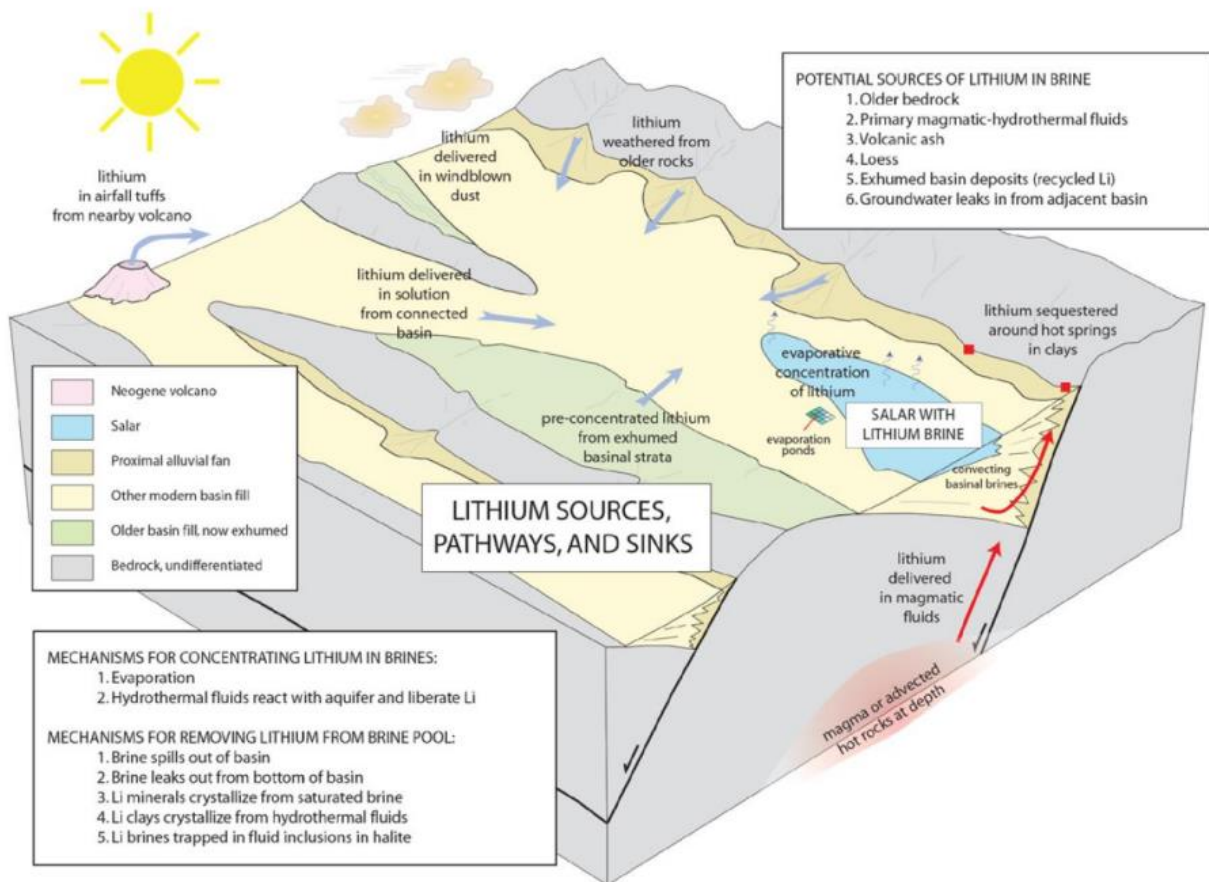
Ο hectorite ($16 \text{ MgO} \cdot \text{Li}_2\text{O} \cdot 24 \text{ SiO}_2 \cdot 6(\text{F}, \text{H}_2\text{O})(\text{Na}_2\text{O})$) είναι ορυκτό που εντοπίζεται σε ιζηματογενή πετρώματα και είναι εμπορεύσιμος λόγω της περιεκτικότητάς του σε λίθιο ωστόσο, περιορίζεται γεωγραφικά στην Καλιφόρνια. Αποτελεί τελευταίο μέλος της ομάδας του montmorillonite και είναι πλούσιος σε μαγνήσιο. Στον hectorite το λίθιο κατέχει κύρια θέση στο κρυσταλλικό του πλέγμα και η αντικατάστασή του δεν είναι εφικτή με απλή ανταλλαγή ιόντων.

Τύποι κοιτασμάτων

Τα κοιτάσματα λιθίου συνδέονται με σαλικά (λευκού χρώματος) πυριγενή πετρώματα. Δεδομένου ότι αυτό απαντάται στο κρυσταλλικό πλέγμα περιορισμένου αριθμού ορυκτών, εντοπίζεται υπολειμματικά σε σαλικά ρευστά, τα ρυολιθικά τήγματα. Έτσι, αυξημένες συγκεντρώσεις λιθίου εντοπίζονται σε ρυόλιθους που διεΐσδυσαν σε όξινο ηπειρωτικό φλοιό σε αντίθεση με διεΐσδυση ρυολίθων σε φεμικό ηπειρωτικό φλοιό (Benson et al., 2017). Ακόμη, το λίθιο εντοπίζεται σε υψηλές συγκεντρώσεις σε γρανίτες τύπου Σ δηλαδή, σε ανακυκλωμένα πρωταρχικά ιζηματογενή πετρώματα. Ορυκτά του λιθίου εμφανίζονται σε ζωνώσεις γρανιτικών πηγματιτών. Η ζώνωση αυτή σχηματίζεται κατά την διάρκεια της τελικής κρυστάλλωσης του πλούσιου σε νερό ρυολιθικής σύστασης μάγματος. Τέλος, η πίεση υπό την οποία κρυσταλλώνεται το ορυκτό λειτουργεί καταλυτικά καθώς παρατηρείται πως ο petalite σχηματίζεται σε περιβάλλον χαμηλής πίεσης ενώ, ο spodumene σε υψηλή πίεσης.



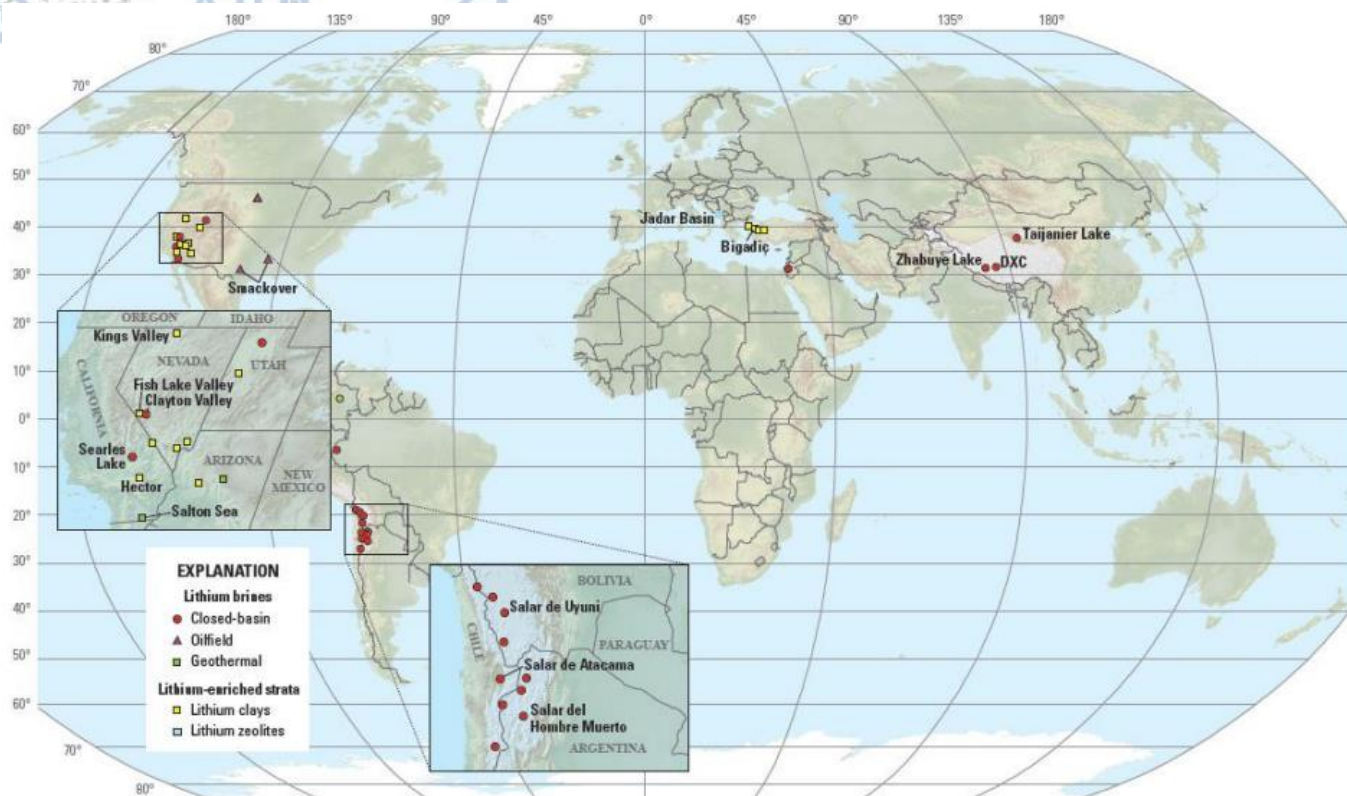
Εικόνα 16: Μηχανισμός γένεσης πηγματιτών.



Εικόνα 17: Μηχανισμός γένεσης κοιτασμάτων λιθίου. (BRADLEY D AND McCAULEY A, 2013; MUNK LA ET AL., 2016)

Συνεπώς, τα κοιτάσματα λιθίου διακρίνονται σε τρεις τύπους:

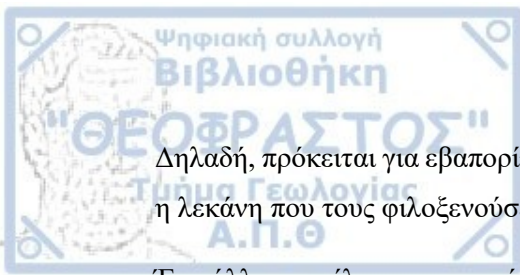
- I. Πυριγενή πετρώματα (πηγματίτες και άλλοι γρανίτες)
- II. Ιζηματογενή πετρώματα (αργίλους, εβαπορίτες και τόφφοι)
- III. Υδάτινους όγκους υψηλής αλατότητας (αλυκές και υπόγειους σχηματισμούς που συνδέονται με κοιτάσματα υδρογονανθράκων)



Base from U.S. Geological Survey Global 30 arc-second elevation data (1996) and from Natural Earth (2014); Robinson projection; World Geodetic System 1984 datum

Εικόνα 18: Γεωγραφική κατανομή κοιτασμάτων λιθίου. (USGS)

Οι υπόγειοι υδάτινοι όγκοι υψηλής αλατότητας εμπλουτίζονται σε λίθιο και σχηματίζουν κοιτάσματα (lithium brines). Αυτού του είδους τα κοιτάσματα αποκαλούνται στην εξορυκτική βιομηχανία αλυκές και εκμεταλλεύονται κατά κύριο λόγο επιφανειακά και σε κάποιες περιπτώσεις υπόγεια. Και στις δυο περιπτώσεις (με την πρώτη πιθανόν να λειτουργεί ως φορέας στοιχείων που σχηματίζει και εμπλουτίζει την δεύτερη) παρατηρούνται τα εξής χαρακτηριστικά: 1) ξηρό κλίμα, 2) κλειστή λεκάνη, 3) τεκτονική υποβύθιση της κλειστής λεκάνης, 4) πυριγενής ή γεωθερμική δραστηριότητα σε αλληλεπίδραση με τη λεκάνη, 5) τροφοδοσία σε λίθιο, 6) υδροφορείς και 7) χρόνος για τη συσσώρευση λιθίου. Παρ' όλα αυτά η πηγή του λιθίου στο νερό που συνδέεται με κοιτάσματα υδρογονανθράκων δεν κατηγοριοποιείται. Στις περισσότερες περιπτώσεις μοντέλα περιγράφουν τον εμπλουτισμό του νερού σε λίθιο από δράσεις ανακύκλωσης προγενέστερων αλυκών σε ανάμιξη με υπόγεια ύδατα υψηλής αλατότητας, διάβρωσης ηφαιστειακών ή πετρωμάτων υποβάθρου και κινητικότητας ρευστών που συνδέονται με υδροθερμική και ηφαιστειακή δραστηριότητα (Garret, 2004). Σε ισοτοπικές και στοιχειακές αναλύσεις νερού από πετρελαιοπαραγωγικό πεδίο του Ισραήλ υποδεικνύεται πηγή λιθίου το θαλασσίνο νερό το οποίο εξατμίστηκε (Chan et al, 2002). Σε αυτήν την περίπτωση οι υδάτινοι όγκοι υψηλής αλατότητας ήταν ισοτοπικά ελαφρύτεροι από το θαλασσίνο νερό και ο εμπλουτισμός οφείλεται σε ιζηματογενή πετρώματα.



Δηλαδή, πρόκειται για εβαπορίτες με λίθιο οι οποίοι διαλυτοποιήθηκαν σε θαλασσινό νερό και η λεκάνη που τους φιλοξενούσε υποχώρησε τεκτονικά.

Ένα άλλο μοντέλο μηχανισμού τροφοδοσίας σε λίθιο του υπόγειου νερού σχετίζεται με ρευστά πλούσια σε μαγνήσιο που υποδηλώνουν δολομιτίωση ασβεστιτικών σχηματισμών. Συγκεκριμένα, θεωρείται πως τα υπόγεια ύδατα μετανάστευσαν μέσω ρηγμάτων από εβαποριτικούς σχηματισμούς και με έκπλυση των ιόντων εμπλούτισαν γειτονικούς υδροφορείς. Σε αυτή την περίπτωση, η πρωταρχική πηγή είναι το θαλασσινό νερό.

Γενικά, η εκμετάλλευση λιθίου από κοιτάσματα υδρογονανθράκων είναι μια σχετικά πρόσφατη δραστηριότητα η οποία αποφέρει λιγότερα κέρδη σε σύγκριση με την εκμετάλλευση συμβατικών κοιτασμάτων λιθίου καθώς η μορφή εμφάνισης του στοιχείου υστερεί ποιοτικά. Ωστόσο, σύγχρονες τεχνολογίες επεξεργασίας του νερού από ταμειυτήρες υδρογονανθράκων και η αξιοποίηση του δικτύου υποδομών που παρέχει η εξορυκτική βιομηχανία καθιστούν την εκμετάλλευση για λίθιο οικονομικά επικερδή μέθοδο.

5.3 Μέθοδοι απόληψης

Το θέμα υιοθέτησης της τεχνολογίας από την μεταλλευτική βιομηχανία βρίσκεται σε εξέλιξη. Κύριος στόχος είναι η εξοικονόμηση χρόνου που απαιτεί η υφιστάμενη διαδικασία εξάτμισης του νερού σε οροπέδια. Παράλληλα, πρέπει να αντιμετωπιστεί η αναστροφή της εξάτμισης λόγω καιρικών συνθηκών σε περιοχές όπου συναντώνται τα κοιτάσματα λιθίου. Στα περισσότερα πεδία όπου αναπτύσσονται εξορυκτικές δραστηριότητες υδρογονανθράκων, δεν παρέχονται ούτε επαρκής χώρος για εξάτμιση του νερού αλλά ούτε και οι κατάλληλες καιρικές συνθήκες. Μόνο όπου εντοπίζονται γεωθερμικά ρευστά σε συνδυασμό με προοπτική ηλεκτροδότησης μπορούν να λειτουργήσουν δραστηριότητες διαχωρισμού και εμπλουτισμού με μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα (Hallgarten & Company).

Τις τελευταίες δεκαετίες αξιοποιούνται οι διαδικασίες εξάτμισης και ενανθράκωσης για την παραγωγή καθαρού λιθίου. Η πρώτη διαδικασία εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση σε λίθιο ξεπερνά τα 500 mg/L και διαρκεί σχεδόν 1 χρόνο μέχρι να καθιζάνει το ανθρακικό λίθιο μετά την προσθήκη ανθρακικού νατρίου. Επιπρόσθετα, η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει την χρήση ηλεκτρισμού για την λειτουργία του συστήματος αντλιών και φίλτρανσης (Hallgarten & Company). Ωστόσο, πρόσφατα αναπτύχθηκαν μέθοδοι που καθιστούν εκμεταλλεύσιμη τη συγκέντρωση 100 mg/L σε λίθιο.

Μια νέα τεχνολογία προτείνει την προσθήκη φωσφορικών ιόντων για αντικατάσταση της διαδικασίας ενανθράκωσης στην ηλιακή εξάτμιση. Παρόλο που σε αυτή την περίπτωση τα

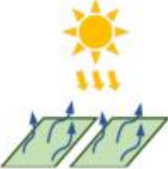
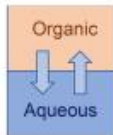
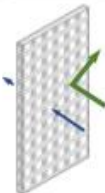
βήματα για την μετατροπή του φωσφορικού λιθίου σε ανθρακικό λίθιο είναι περισσότερα παρατηρείται συντόμευση του απαιτούμενου χρόνου εξάτμισης. Το φωσφορικό λίθιο με διαλυτότητα 0.39 g/L μπορεί να καθιζάνει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε αντίθεση με το ανθρακικό λίθιο το οποίο εμφανίζει διαλυτότητα 13.3 g/L. Παρά την επιτυχημένη εφαρμογή της τεχνολογίας σε επιφανειακά ύδατα με κατάλληλες συγκεντρώσεις λιθίου (≥ 500 mg/L) και την ανακύκλωση μπαταριών παραμένει προβληματική η υιοθέτηση της μεθόδου σε νερό που συνδέεται με κοιτάσματα υδρογονανθράκων. Αυτό οφείλεται στην ανάγκη εξάτμισης σε εύλογο χρονικό διάστημα ως στάδιο που προηγείται του εμπλουτισμού.

Επίσης, η απόληψη του λιθίου μέσω ιοντοανταλλαγής (Ion Exchange) αποτελεί πρόσφατη τεχνολογία της οποίας η πρακτική εφαρμογή διερευνάται το 2022 από συνεργασίες μεταξύ ιδρυμάτων και επιχειρήσεων της Βόρειας Αμερικής. Γενικά, η μέθοδος της ιοντοανταλλαγής αποτελεί μια συμβατική μέθοδο για διαχωρισμό μεταλλικών ιόντων από μείγμα. Ωστόσο, η επιλεκτική συλλογή του λιθίου είναι αρκετά δύσκολη σε σύγκριση με άλλα μεταλλικά ιόντα. Αρχικά, η δυσκολία εντοπίζεται στο γεγονός ότι συγκεντρώσεις άλλων ιόντων όπως το νάτριο, το κάλιο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο στο νερό είναι έως και εκατό φορές μεγαλύτερες από το στοιχειακό λίθιο. Επίσης, οι δεσμοί των ιόντων λιθίου με τα όξινα κατιόντα είναι πιο ισχυροί σε σύγκριση με τους δεσμούς που εντοπίζονται στις ενώσεις του μίγματος. Η επιτυχημένη διάσπαση και συγκέντρωση λιθίου από το μίγμα πραγματοποιείται με τη χρήση μίγματος αργιλίου (aluminium – loaded & aluminium based) και άλλων ενώσεων ($C_{20}H_{30}O_2$ & $C_{24}H_{51}OP$). Ενώσεις όπως οξείδια και υδροξείδια μετάλλων παρουσιάζουν αποτελεσματική διάσπαση και συγκέντρωση λιθίου αλλά ο χρόνος που απαιτεί αυτή η διεργασία είναι περισσότερος από τον καθιερωμένο της ιοντοανταλλαγής. Άλλα μίγματα κατάλληλα για διάσπαση λιθίου βασίζονται στο μαγνήσιο και το τιτάνιο τα οποία παρουσιάζουν παρόμοια απόδοση με το αντίστοιχο του αργιλίου.

Προοπτική επιτυχούς και σε ικανοποιητικές ποσότητες επιλεκτικής διάσπασης του λιθίου παρέχει η μέθοδος εκχύλισης διαλύτη (Solvent Extraction). Η συγκεκριμένη τεχνολογία παρουσιάζει ευχέρεια στην επιλεκτική διάσπαση μεταξύ ιόντων καλίου και νατρίου. Ωστόσο, τα δισθενή ιόντα μαγνησίου και ασβεστίου πρέπει να έχουν αφαιρεθεί από το μίγμα προτού εφαρμοστεί η εκχύλιση διαλύτη καθώς περιορίζουν την απόδοση της διαδικασίας. Επίσης, στην διαδικασία αυτή παρατηρείται μειωμένη απόδοση όταν στο νερό εντοπίζονται οργανικές ενώσεις (πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες).

Τέλος, η πιο επιτυχής διάσπαση και συγκέντρωση ιόντων λιθίου εντοπίζεται στην τεχνολογία φίλτρου – μεμβράνης. Η εφαρμογή νανοφίλτρων στη διαδικασία ανάστροφης ώσμωσης σε περιβάλλον χαμηλής πίεσης απομακρύνει επιτυχώς ακόμα και από νερό με χαμηλή συγκέντρωση λιθίου. Παρόλου που αυτή η μέθοδος είναι αρκετά ευαίσθητη με αρκετές

πιθανότητες να αστοχήσει, σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης επεξεργάζεται νερό από κοιτάσματα υδρογονανθράκων το οποίο εμφανίζει έντονες διακυμάνσεις περιεκτικότητας σε λίθιο.

Technology	Mechanism
Solar evaporation	 Lithium-containing solutions in ponds are concentrated by solar heating; lithium carbonate precipitated on addition of soda ash (sodium carbonate). $2\text{LiCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaCl}$
Phosphate precipitation	Lithium phosphate precipitated on addition of phosphoric acid. $3\text{LiCl} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Li}_3\text{PO}_4 + 3\text{HCl}$
Ion exchange resin	 Lithium ions intercalated into layers of aluminum hydroxide on ion exchange resins. $\text{LiCl} + \text{NaCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaCl} + \text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Aluminum based adsorbent	Lithium ions adsorbed onto aluminum hydroxide with the almost same mechanism as ion exchange resin above.
Manganese based adsorbent	Lithium ions adsorbed within layers of manganese oxide such as $\text{H}_{1.6}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$ and $\lambda\text{-MnO}_2$.
Titanium based adsorbent	Lithium ions adsorbed into layers of titanium oxide such as H_2TiO_3 .
Solvent extraction	 Lithium ions extracted from water phase by oil phase. $\text{R-H}_{\text{sol}} + \text{LiCl}_{\text{aq}} \rightarrow \text{R-Li}_{\text{sol}} + \text{HCl}_{\text{aq}}$
Nanofiltration	 Lithium ions concentrated through differences in ion rejection ratios and water flow rejection by membrane

Πίνακας 30: Τεχνολογίες απόληψης ιόντων λιθίου από νερό κοιτασμάτων υδρογονανθράκων.

(ACS Energy Lett. 2019, 4, 1471–1474, <http://pubs.acs.org/journal/aelccp>)

5.4 Καθεστώς συμπαγωγής Λιθίου και νερού από κοιτάσματα υδρογονανθράκων

Η εκμετάλλευση πετROLιθίου υποστηρίζεται από τεχνολογίες ωστόσο, μόνο σε περιπτώσεις όπου η συγκέντρωσή του είναι μεγαλύτερη ή ίση με 500 mg/L. Συγκεκριμένα, η πιο πρόσφατη

μελέτη αξιοποίησης πετROLιθίου με συγκέντρωση μικρότερη από 500 mg/L πραγματοποιήθηκε από συνεργασία πανεπιστημιακών ιδρυμάτων και μεταλλευτικής επιχείρησης στη βόρεια Αμερική. Η μελέτη βασίστηκε σε πρότυπα μείγματα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στη μέθοδο της ιοντοανταλλαγής και υπέδειξε πως δεν επιτυγχάνεται τεχνολογία που να καθιστά εμπορεύσιμο το λίθιο από νερό με μικρή συγκέντρωση. Επίσης, η ίδια μελέτη αναφέρει πως από την διαδικασία διερεύνησης προκύπτουν υποψήφια διαλύματα τα οποία μελλοντικά θα εφαρμόζονται σε βιομηχανική κλίμακα για την απόληψη πετROLιθίου (CLEAN RESOURCES FINAL REPORT PACKAGE – ALBERTA INNOVATES, 2022).

6 Συμπεράσματα

Σημείο εκκίνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί το ΕΣΕΚ το οποίο αξιολογείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στη μελέτη για Απανθρακοποίηση της Ενέργειας. Τόσο στο ΕΣΕΚ όσο και στη μελέτη της Ευρωπαϊκής επιτροπής διακρίνω αποσπάσματα τα οποία αφορούν τον πρωτογενή τομέα της Ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί πως η πλειονότητα των ρυθμιστικών μέτρων που προτείνονται βρίσκουν ήδη εφαρμογή. Επίσης, παράλειψη θα ήταν να μην γίνει αναφορά στην χρονική περίοδο έκδοσης των στοιχείων που αξιολογούνται. Το ΕΣΕΚ συστάθηκε και προωθήθηκε στην Ελληνικό Κοινοβούλιο το 2019 ενώ η μελέτη της Ευρωπαϊκής επιτροπής το 2021. Αυτό σημαίνει πως, αφενός το πρώτο αναπτύχθηκε προτού εμφανιστεί η πανδημία του κορωνοϊού, και η δεύτερη ενώ, συμπεριλαμβάνει μερικώς την προσαρμογή της ανθρωπότητας στις νέες συνθήκες μετά την εμφάνιση του κορωνοϊού δεν εμπεριέχει τις επιπτώσεις του πολέμου στην Ουκρανία. Προς το τέλος του 2022 η εικόνα του τομέα της Ενέργειας εμφανίζει χαρακτηριστικά όπως: επαναλειτουργία και ενίσχυση των λιγνιτικών μονάδων παραγωγής ενέργειας, ανάπτυξη υποδομών για διαμοιρασμό της ενέργειας, αυξημένες τιμές πώλησης πετρελαίου αλλά όχι των πετρελαιοειδών, αύξηση τιμής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας, ανάγκη για αποθήκευση ενέργειας και δημιουργία στρατηγικών αποθεμάτων, αύξηση ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων, ευρωπαϊκή οδηγία για μείωση στη κατανάλωση ενέργειας, εμπλοκή επιχειρήσεων ενέργειας από στερεά και ρευστά καύσιμα στις νέες μορφές ενέργειας από ΑΠΕ, ενίσχυση υποδομών ΑΠΕ, διατήρηση και ενίσχυση των επενδύσεων στην έρευνα υδρογονανθράκων, μεταστροφή της Ρωσίας προς την Ασιατική αγορά για πώληση ενέργειας, ασθενείς γεωπολιτικές σχέσεις περιορίζονται και ισχυρές σχέσεις ενδυναμώνονται. Όλα τα παραπάνω γεγονότα συνηγορούν στην ανάγκη για αυτάρκεια σε εθνικό και ενωσιακό επίπεδο. Συνεπώς, υπό το πρίσμα της αειφόρου ανάπτυξης αναπτύσσονται τρεις δραστηριότητες οι οποίες συνδέονται άμεσα κι έμμεσα με την προσαρμογή υφιστάμενων

δράσεων παραγωγής ενέργειας σε πιο φιλικές προς το περιβάλλον διεργασίες ενισχύοντας παράλληλα τον παραγωγικό χαρακτήρα του τομέα. Δεδομένου πως τόσο, στο ΕΣΕΚ όσο και στην μελέτη για την απανθρακοποίηση της ενέργειας θεωρείται αδιαπραγμάτευτη η αναστολή λειτουργίας των λιγνιτικών μονάδων παραγωγής λόγω περιβαλλοντικών περιορισμών περιγράφω την μέθοδο με την οποία θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ο λιγνίτης (αξιοποιείται αλλά σε περιορισμένο βαθμό στην Ευρώπη) χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ για παραγωγή καύσιμης ύλης. Για τον λόγο αυτό παρουσιάζω την Ινδία και το εθνικό σχέδιο που σύστηνε για παραγωγή ενέργειας από αεριοποιημένους άνθρακες. Παρά το γεγονός πως ιδρύματα θεωρούν το σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα που έχει συστήνει η Ινδία μη αποδοτικό, θεωρώ πως δράσεις όπως η αεριοποίηση ανθράκων με ταυτόχρονη αξιοποίηση νέων μορφών ενέργειας διατηρούν και ενισχύουν την παρούσα κοινωνικοοικονομική κατάσταση.

Δεύτερον, η υπόγεια αποθήκευση CO₂ αποτελεί ένα άμεσο μέτρο περιορισμού των ΑτΘ. Αυτή η δραστηριότητα παρουσιάζει διττό χαρακτήρα καθώς υποδεικνύει και περιοχές κατάλληλες για συγκέντρωση στρατηγικών αποθεμάτων ενέργειας, θέμα του οποίου, ο βαθμός σημαντικότητας γίνεται αντιληπτός στο ΕΣΕΚ όσο και στην μελέτη για την απανθρακοποίηση της ενέργειας. Παράλληλα, στην αναφορά μου σχετικά με την ενισχυμένη μέθοδο απόληψης υδρογονανθράκων με χρήση CO₂ περιγράφω τις προσαρμογές με τις οποίες καθίσταται σε βραχυπρόθεσμο διάστημα πρόσφορο έδαφος για την βελτίωση τεχνολογιών δέσμευσης CO₂.

Τέλος, εντοπίζω την πλειονότητα των χαρακτηριστικών της αειφορίας στην δράση αξιοποίησης του νερού των ταμιευτήρων υδρογονανθράκων για παραγωγή λιθίου κατάλληλης ποιότητας για κατασκευή μπαταριών ιόντων λιθίου. Πρόκειται για δραστηριότητα για την οποία δεν γίνεται αναφορά ούτε στο ΕΣΕΚ αλλά ούτε και στη μελέτη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Θεωρώ πως στο μέλλον θα εφαρμοστεί επιτυχώς σε περισσότερα κοιτάσματα υδρογονανθράκων προωθώντας συνεργασίες μεταξύ της βιομηχανίας ορυκτών καυσίμων και της μεταλλευτικής βιομηχανίας. Με αυτόν τον τρόπο ο τομέας της ενέργειας ορυκτών καυσίμων συμβάλλει έμμεσα στους στόχους αειφορίας παρέχοντας το λίθιο που απαιτείται για την κατασκευή μονάδων ΑΠΕ. Παρόλο ότι, σήμερα η αξιοποίηση του νερού ταμιευτήρων υδρογονανθράκων που στοχεύει στην κερδοφορία περιορίζεται σε κοιτάσματα υψηλής συγκέντρωσης σε λίθιο, ταυτόχρονα έχουν περιοριστεί αρκετά τα πιθανά χημικά διαλύματα τα οποία θα επιτρέψουν την εκμεταλλευσιμότητά του.





Amit Kumar, T. Alan Hatton, John H. Lienhard, Hiroki Fukuda 2019, Lithium Recovery from Oil and Gas Produced Water: A Need for a Growing Energy Industry, ACS Energy Letters

Benson et al 2017, Lithium Enrichment in Intracontinental Rhyolite Magmas Leads to Lithium Deposits in Caldera Basins, doi: doi.org/10.1038/s41467-017-00234-y

Christopher Ecclestone, April 25, 2020, Unconventional Lithium, Hallgarten & Company

David Van Den Assem 2022, CLEAN RESOURCES FINAL REPORT PACKAGE, Alberta Canada

Dwight Bradley, LeeAnn Munk, Hillary Jochens, Scott Hynek and Keith Labay 2013, A Preliminary Deposit Model for Lithium Brines, U.S. Geological Survey

Fleischer Michael 1953, Recent estimates of the abundances of the elements in the earth's crust, U.S. Geological Survey

Georg ZACHMANN, Bruegel Franziska HOLZ, DIW Berlin Alexander ROTH, DIW Berlin Ben MCWILLIAMS, Bruegel Robin SOGALLA, DIW Berlin Frank MEISSNER, consultant Claudia KEMFERT, DIW Berlin, November 2021, Decarbonisation of Energy – Determining a robust mix of energy carriers for a carbon – neutral EU, Industry, Research and Energy (ITRE)

Gordon MacMillan, Werner Vorster, Damian Bransby – Williams, Scott Pattinson, Greg Owen, December 21, 2020, Preliminary Economic Assessment Clearwater Lithium Project, Alberta Canada

James J. Norton, Dorothy McKenney Schlegel 1955, Lithium Resources of North America, Geological Survey Bulletin

Kuuskraa, V., Ferguson, R., and Van Leeuwen, T. (2009). Storing CO₂ and Producing Domestic Crude Oil with Next Generation CO₂-EOR Technology, Advanced Resources International, National Energy Technology Laboratory

Kuuskraa, V. A., Van Leeuwen T., Wallace M. 2011, Improving Domestic Energy Security and Lowering CO₂ Emissions with Next Generation CO₂ – Enhanced Oil Recovery, National Energy Technology Laboratory

Martin G. et al 2017, Lithium Market Research Global Supply, Future Demand and Price Development, Energy Storage Materials, doi: dx.doi.org/10.1016/j.ensm.2016.11.004

Mezler, S. 2012, Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery (CO₂- EOR): Factors Involved in Adding Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) to Enhanced Oil Recovery. Report for the National Enhanced Oil Recovery Initiative, Center for Climate and Energy Solutions

Middleton R. S. 2013, A new optimization approach to energy network modeling: anthropogenic CO₂ capture coupled with enhanced oil recovery, doi: 10.1002/er.2993

Palache, Charles, Berman, Harry and Frondel, Clifford 1951, The system of mineralogy, New York John Wiley & Sons

Pamela Joy Daitch 2018, Lithium extraction from oilfield brine, Master Thesis, The University of Texas at Austin



Vanessa Núñez-López, Emily Moskal 27 September 2019, Potential of CO₂ – EOR for Near – Term Decarbonization, Frontiers in Climate

Vinod Kumar Tiwari September 2021, National Coal Gasification Mission (100 MT Coal Gasification by 2030), Ministry of Coal, Government of India New Delhi

Ελληνική Βιβλιογραφία

Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας,
Ελληνική Δημοκρατία

Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ελληνική
Δημοκρατία

Διαδικτυακές Πηγές

<https://commission.europa.eu>

<https://netl.doe.gov>

<https://www.energy.gov>

<https://www.epa.gov>

<https://www.iea.org>

<https://www.sciencebase.gov>

<https://www.statista.com>

<https://www.usgs.gov>



Εικόνα 1: Ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί στόχοι για την περίοδο 2021 - 2030, στο πλαίσιο των πολιτικών της ΕΕ.

Εικόνα 2: Μεθοδολογία για το σχεδιασμό των πολιτικών και μέτρων στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ την περίοδο 2021 - 2030.

Εικόνα 3:Πιθανά μακροπρόθεσμα σενάρια παραγωγής και ζήτησης μεθανίου.

Εικόνα 4:Εκτιμήσεις ζήτησης υδρογόνου το 2050 (TWh).

Εικόνα 5:Οδοί παραγωγής υδρογόνου χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Εικόνα 6: Πιθανά προϊόντα αεριοποίησης άνθρακα.

Εικόνα 7:Παράμετροι αεριοποίησης ανθράκων με υψηλά ποσοστά τέφρας.

Εικόνα 8: Αεριοποιητής κινητής κλίνης.

Εικόνα 9:Αεριοποιητής ρευστής κλίνης.

Εικόνα 10:Κλίνη αιωρούμενων σωματιδίων.

Εικόνα 11: Διαδικασία CO₂ - EOR.

Εικόνα 12:Μηχανισμοί παγίδευσης CO₂.

Εικόνα 13: Γενικά χαρακτηριστικά συστήματος CCUS.

Εικόνα 14: Όρια στα συστήματα CCUS.

Εικόνα 15: Αξιακή αλυσίδα Λιθίου από το στάδιο της έρευνας έως την τελική κατανάλωση.

Εικόνα 16: Μηχανισμός γένεσης πηγματιτών.

Εικόνα 17: Μηχανισμός γένεσης κοιτασμάτων λιθίου.

Εικόνα 18: Γεωγραφική κατανομή κοιτασμάτων λιθίου.

Πίνακας 1:Κύριες Π.Π. της κάθε διάστασης του ΕΣΕΚ.

Πίνακας 2:Τιμές βασικών δεικτών του αρχικού και του τελικού ΕΣΕΚ για το έτος 2030.

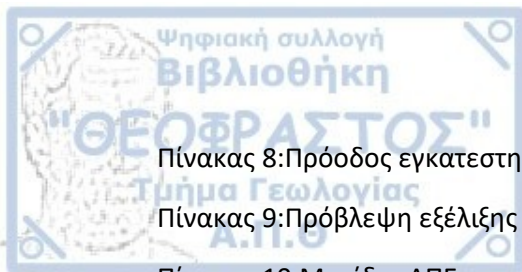
Πίνακας 3:Ποσοστά συμμετοχής ανά τομέα στην τελική κατανάλωση ενέργειας για τα έτη 2020 και 2030

Πίνακας 4:Εξέλιξη της μείωσης των εθνικών εκπομπών ΑτΘ για το έτος 2030.

Πίνακας 5:Ποσοστιαίοι στόχοι περιορισμού των εθνικών εκπεμπόμενων ατμοσφαιρικών ρύπων τόσο για την περίοδο 2020 – 2029 όσο και για το 2030 συγκριτικά με το έτος 2005.

Πίνακας 6:Πρόβλεψη εξέλιξης ποσοστών συμμετοχής ΑΠΕ ανά στόχο και τομέα έως το 2030.

Πίνακας 7:Πρόβλεψη προόδου των μεριδίων συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα ανά τομέα μέχρι το 2030.



Πίνακας 8: Πρόοδος εγκατεστημένης ισχύος από μονάδες ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή.

Πίνακας 9: Πρόβλεψη εξέλιξης ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ.

Πίνακας 10: Μερίδια ΑΠΕ στην κάλυψη αναγκών θέρμανσης στην τελική κατανάλωση.

Πίνακας 11: Μερίδιο συνεισφοράς ΑΠΕ στις μεταφορές.

Πίνακας 12: Χρονοπρογραμματισμός παύσης λειτουργίας των λιγνιτικών μονάδων.

Πίνακας 13: Παραδοχές σε επίπεδο Μακροοικονομίας και δημογραφικών προβλέψεων που ενσωματώθηκαν στο ΕΣΕΚ.

Πίνακας 14: Από κοινού μακροοικονομικές προβλέψεις ανά τομέα κατά την σύσταση του ΕΣΕΚ.

Πίνακας 15: Πρόβλεψη διακύμανσης των νοικοκυριών και του μεταφορικού έργου σύμφωνα με το ενεργειακό μοντέλο TIMES.

Πίνακας 16: Πρόβλεψη διακύμανσης των νοικοκυριών και του μεταφορικού έργου σύμφωνα με το ενεργειακό μοντέλο PRIMES.

Πίνακας 17: Διακύμανση μέσω τιμών ανταποκρινόμενων τόσο στις διεθνείς τιμές εμπορίας καυσίμων όσο και στις τιμές δικαιωμάτων εκπομπών ΑτΘ.

Πίνακας 18: Εκτιμήσεις εξέλιξης του συνολικού μέσου κόστους ανάπτυξης μονάδων ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή.

Πίνακας 19: Περιληπτική εικόνα του ενεργειακού ισοζυγίου σε συνδυασμό με τους αντίστοιχους δείκτες σύμφωνα με τα αποτελέσματα σεναρίου επίτευξης στόχων.

Πίνακας 20: Μεταβολή του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής και η τελική του μορφή το 2030, όπως αυτό προκύπτει στο σενάριο επίτευξης στόχων.

Πίνακας 21: Διακύμανση τελικής κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα της βιομηχανίας το χρονικό διάστημα 2020 - 2030, όπως προκύπτει από το σενάριο επίτευξης στόχων.

Πίνακας 22: Σχεδιασμός σεναρίων για το ΜΣ50.

Πίνακας 23: Όγκοι παραγωγής ενεργοβόρων υλικών σε σενάρια με πολιτική για την κυκλική οικονομία.

Πίνακας 24: Ενεργειακή ένταση και ανθρακικό αποτύπωμα της βιομηχανίας.

Πίνακας 25: Ποσότητες CO₂ που εκπέμπει ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής για κάθε σενάριο σε διαφορετικές χρονικές περιόδους.

Πίνακας 26: Χρονοδιάγραμμα αναστολής της χρήσης λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή από χώρες μέλη της Ε.Ε..

Πίνακας 27: Αποθέματα διάφορων τύπων άνθρακα.

Πίνακας 28: Βάθος εντοπισμού κοιτασμάτων που είναι υπό εκμετάλλευση ή πιθανόν να βρίσκονται.

Πίνακας 29: Εκτιμώμενη ζήτηση σε αιθανόλη.

Πίνακας 30: Τεχνολογίες απόληψης ιόντων λιθίου από νερό κοιτασμάτων υδρογονανθράκων.

Διάγραμμα 1: Σύγκριση μεταξύ των μεριδίων συμμετοχής ΑΠΕ στο αρχικό σχέδιο και στο τελικό ΕΣΕΚ.

Διάγραμμα 2: Σύγκριση των συνολικών εκπομπών ΑτΘ το 2030, στο αρχικό ΕΣΕΚ και στο τελικό σχέδιο ΕΣΕΚ και ταυτόχρονη αναφορά στις αντίστοιχες εκπομπές του 1990 και του 2005.

Διάγραμμα 3: Σύγκριση ποσοστού συμμετοχής καυσίμων στη καθαρή ηλεκτροπαραγωγή για το 2030, μεταξύ του πρώτου σχεδίου ΕΣΕΚ και του τελικού

Διάγραμμα 4: Μεταβολή τελικής κατανάλωσης των διαφορετικών καυσίμων για το έτος 2030, μεταξύ του αρχικού ΕΣΕΚ και του τελικού σχεδίου.

Διάγραμμα 5: Πρόοδος εγκατεστημένης ισχύος από μονάδες ΑΠΕ για την χρονική περίοδο 2017 - 2030.

Διάγραμμα 6: Εκπεμπόμενα αέρια του θερμοκηπίου από τον κάθε τομέα και ο αντίστοιχος δείκτης έντασης τα έτη 2005 – 2017.

Διάγραμμα 7: Διακύμανση ποσοστού συμμετοχής καυσίμων στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα το χρονικό διάστημα 2006 - 2017.

Διάγραμμα 8: Διακύμανση τελικής κατανάλωσης ενέργειας κάθε τομέα για το χρονικό διάστημα 2006 - 2017.

Διάγραμμα 9: Διακύμανση ποσοστών συμμετοχής των διαφορετικών καυσίμων στην τελική κατανάλωση ενέργειας τα έτη 2006 - 2017.

Διάγραμμα 10: Συνολικές και ειδικές αναλογίες συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας τοποθετώντας ως βάση τη μεθοδολογία της Ε.Ε..

Διάγραμμα 11: Διακύμανση εκτίμησης συνολικών εκπομπών ΑτΘ κατά την δεκαετία 2020 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων.

Διάγραμμα 12: Μεταβολή εκπεμπόμενων ΑτΘ που δεν συμπεριλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ το χρονικό διάστημα 2005 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων.

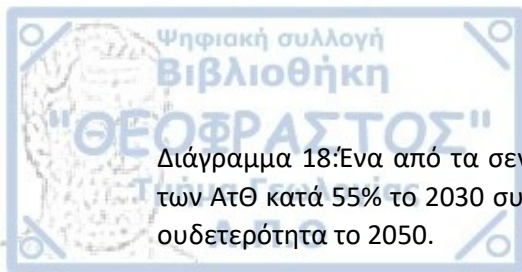
Διάγραμμα 13: Μεταβολή εκπομπών ΑτΘ που συμπεριλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ το χρονικό διάστημα 2005 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων.

Διάγραμμα 14: Μεταβολή απόλυτων μεγεθών εκπεμπόμενων CO₂ για κάθε τομέα το χρονικό διάστημα 2005 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων.

Διάγραμμα 15: Διακύμανση των συνολικών απόλυτων μεγεθών ΑτΘ το χρονικό διάστημα 2005 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων.

Διάγραμμα 16: Μεταβολή του ΑΕΠ συγκριτικά με την ενεργειακή ένταση το χρονικό διάστημα 2020 - 2030, σύμφωνα με το σενάριο επίτευξης στόχων.

Διάγραμμα 17: Μεταβολή στην τελική κατανάλωση ενέργειας του βιομηχανικού τομέα την περίοδο 2020 - 2030.



Διάγραμμα 18: Ένα από τα σενάρια της Πράσινης Συμφωνίας που οδηγεί στον περιορισμό των ΑτΘ κατά 55% το 2030 συγκριτικά με τα αντίστοιχα επίπεδα του 1990 και σε κλιματική ουδετερότητα το 2050.

Διάγραμμα 19: Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο (TWh).

Διάγραμμα 20: Σενάρια ΕΣΕΚ - Ενέργεια για ηλεκτρισμό, θέρμανση, και συμπληρωματικά καύσιμα.

Διάγραμμα 21: Τελική κατανάλωση ενέργειας των ΕΣΕΚ (υπό σταθερές και υπό μεταβλητές συνθήκες) και του Κοινού Κέντρου Ερευνών.

Διάγραμμα 22: Σενάρια τελικής κατανάλωσης ενέργειας, ανά τομέα (TWh).

Διάγραμμα 23: Μεταβολή παροχής ενέργειας.

Διάγραμμα 24: Χρήση άνθρακα.

Διάγραμμα 25: Ποσοστό συμμετοχής ΑτΘ που προήλθαν από άνθρακα στην ηλεκτροπαραγωγή και τη θέρμανση.

Διάγραμμα 26: Εκπομπές CO₂ από την κατανάλωση φυσικού αερίου.

Διάγραμμα 27: Κόστος παραγωγής υδρογόνου (EUR/kg). Στη μέθοδο SMR συνυπολογίζεται το κόστος εκπομπών άνθρακα.

Διάγραμμα 28: Διάρκεια απρόσκοπτης παραγωγής με τον δεδομένο ρυθμό κατανάλωσης.

Διάγραμμα 29: Α) Αθροιστική ποσότητα παραγόμενου πετρελαίου μετά από εισπίεση ποσότητας CO₂. Β) Αποθηκευμένο CO₂ μετά από εισπίεση ποσότητας CO₂.

Διάγραμμα 30: Α) Καθαρό ποσοστό χρήσης (αγορασμένο CO₂ που απαιτείται για την παραγωγή ενός βαρελιού πετρελαίου). Β) Ακαθάριστη αναλογία χρήσης (αθροιστικά η ποσότητα CO₂ που αγοράζεται και αυτή που ανακυκλώνεται για την παραγωγή ενός βαρελιού πετρελαίου) Mscf/STB.

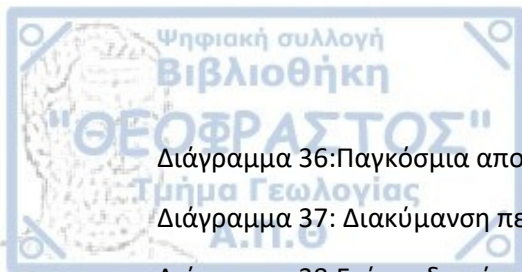
Διάγραμμα 31: Ισοδύναμο άνθρακα (εκπομπές CO₂ πλην αποθηκευμένο CO₂) υπό του συστήματος grave to grave για την κατηγορία CCUS: Α) Διαρκής εισπίεση CGI, Β) Διαρκής εισπίεση CO₂ με ταυτόχρονη περιφερειακή εισπίεση νερού WCI, Γ) Εναλλαγές νερού με CO₂ WAG Δ) Συνδυαστικά WAG + WCI.

Διάγραμμα 32: Ισοδύναμο άνθρακα (εκπομπές CO₂ πλην αποθηκευμένο CO₂) υπό του συστήματος grave to grave για την κατηγορία CCUS σε περιβάλλον υψηλής αλατότητας: Α) Διαρκής εισπίεση CGI, Β) Διαρκής εισπίεση CO₂ με ταυτόχρονη περιφερειακή εισπίεση νερού WCI, Γ) Εναλλαγές νερού με CO₂ WAG Δ) Συνδυαστικά WAG + WCI.

Διάγραμμα 33: Συγκέντρωση Li στο νερό που συνδέεται με ταμιευτήρες υδρογονανθράκων στις Η.Π.Α..

Διάγραμμα 34: Εκτιμώμενη περιεκτικότητα Li σε metric tonnes ισοδύναμου απόβλητου νερού από μη συμβατικά κοιτάσματα υδρογονανθράκων. Οι τιμές προέκυψαν από το ημίθροισμα των συγκεντρώσεων Li από το παραγόμενο νερό κάποιων σχηματισμών και από τον συνολικό όγκο νερού κάθε σχηματισμού.

Διάγραμμα 35: Παγκόσμια παραγωγή λιθίου.



Διάγραμμα 36: Παγκόσμια αποθέματα λιθίου.

Διάγραμμα 37: Διακύμανση πενταετίας τιμών λιθίου.

Διάγραμμα 38: Ετήσια διακύμανση τιμών λιθίου.

Σχήμα 1: Βασικοί άξονες πολιτικών διακυβέρνησης που οδηγούν στην επίτευξη των στόχων του εθνικού σχεδίου για την ενέργεια και το κλίμα κατά τη χρονική διάρκεια 2021 - 2030.

Σχήμα 2: Δέκα Π.Π. μέτρων πολιτικής για τον περιορισμό των εκπομπών ΑτΘ το χρονικό διάστημα 2021 - 2030.

Σχήμα 3: Προτεραιότητες πολιτικής που ενισχύουν την ενεργειακή ασφάλεια κατά τα έτη 2021 – 2030.

Σχήμα 4: Προτεραιότητες πολιτικής οι οποίες αποσκοπούν στη προώθηση της Έρευνας, της Καινοτομίας και της Ανταγωνιστικότητας το χρονικό διάστημα 2021 - 2030.

Σχήμα 5: Πιθανή διαδρομή της οικονομίας και του πληθυσμού.

Σχήμα 6: Πιθανή διακύμανση παραγωγικότητας ενεργοβόρων βιομηχανιών.

Σχήμα 7: Μεταβολή των τιμών των ορυκτών καυσίμων στην διεθνή αγορά (μέση τιμή εισαγωγής χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το κόστος μεταφοράς στα σημεία διάθεσης, κόστος αποθήκευσης και εξισορρόπησης).

Σχήμα 8: Πιθανή διακύμανση των τιμών εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής CO₂ με βάση το EU ETS.

Σχήμα 9: Σωρευτικός όγκος εκπεμπόμενων ΑτΘ ανά σενάριο εφαρμογής στην Ελλάδα.

Σχήμα 10: Διακύμανση ποσοτήτων ΑτΘ για κάθε τομέα στα διαφορετικά πιθανά σενάρια που αναπτύσσονται στην Ελλάδα.

Σχήμα 11: Διακύμανση εκπεμπόμενων ΑτΘ ανά τομέα.

Σχήμα 12: Διάρθρωση της κατανάλωσης ενέργειας στη βιομηχανία.

Σχήμα 13: Πιθανή διακύμανση απόδοσης των τεχνολογιών δέσμευσης, αποθήκευσης και χρήσης του CO₂ στα σενάρια της MΣ50.

Σχήμα 14: Ποσοστά συμμετοχής μείγματος αερίων στο δίκτυο διαμοιρασμού διανομής και το αντίστοιχο ανθρακικό αποτύπωμα ανά σενάριο.

Σχήμα 15: Κατανάλωση αερίου από κάθε τομέα ανά σενάριο.

Σχήμα 16: Διακύμανση κατανάλωσης βιομάζας για κάθε πιθανό σενάριο.

Σχήμα 17: Μεταβολή κατανάλωσης βιομάζας ανά τομέα για κάθε πιθανό σενάριο.

Σχήμα 18: Λογική σεναρίου με τον άξονα ψ να μην αντιπροσωπεύει κάποιο στοιχείο.

Σχήμα 19: Εφαρμογές λιθίου.