



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**Π.Μ.Σ. ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ, ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΗΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ**

**Η ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση μιας Διδακτικής
Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) για τη διδασκαλία του
αποτυπώματος άνθρακα σε μαθητές Λυκείου**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ ΣΥΜΕΩΝ ΜΟΥΡΑΤΙΔΗ

Επιβλέπων:

Μαλανδράκης Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής ΠΤΔΕ-ΠΔΜ

Μέλη επιτροπής:

Παπαδοπούλου Πηνελόπη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΠΤΝ-ΠΔΜ

Σπύρτου Άννα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΠΤΔΕ-ΠΔΜ

Φλώρινα 2017

Φύλλο εξέτασης

1. Επόπτης: Μαλανδράκης Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής

Βαθμός:

Υπογραφή: Ημερομηνία

2. Δεύτερος Βαθμολογητής: Παπαδοπούλου Πηνελόπη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Βαθμός:

Υπογραφή: Ημερομηνία

3. Τρίτος Βαθμολογητής: Σπύρτου Άννα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Βαθμός:

Υπογραφή: Ημερομηνία

Γενικός Βαθμός

Ο συγγραφέας Μουρατίδης Συμεών βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στις εργασίες τρίτων, όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Υπογραφή

Ημερομηνία

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων	3
Περίληψη.....	7
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	7
Abstract	8
Keywords	8
1. Θεωρητική τεκμηρίωση	9
1.1 Η ανάγκη για ενέργεια στον πλανήτη	9
1.1.1 Ο ρόλος της ενέργειας σήμερα.....	9
1.1.2 Τρόποι παραγωγής ενέργειας	13
1.1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ορυκτών καυσίμων σε σχέση με τις ΑΠΕ	17
1.1.4 Η παγκόσμια κατανομή της ενέργειας και οι προβλέψεις	19
1.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή ενέργειας	22
1.2.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	23
1.2.2 Τα αέρια του θερμοκηπίου	25
1.2.3 Παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου	26
1.2.4 Σενάρια υπερθέρμανσης.....	28
1.2.5 Παρατηρούμενες αλλαγές και αιτίες.....	30
1.2.6 Μελλοντικές κλιματικές αλλαγές - Κίνδυνοι και επιπτώσεις.....	31
1.2.7 Προσπάθειες μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου	33
1.2.8 Το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών	35
1.2.9 Εταιρικές Πολιτικές για μείωση των εκπομπών	36
1.2.10 Ατομικές πρακτικές για μείωση των εκπομπών	37
1.3 Το αποτύπωμα άνθρακα	39
1.3.1 Η εισαγωγή του όρου Αποτύπωμα και η εξέλιξη της	39
1.3.2 Η χρησιμότητα του Αποτυπώματος Άνθρακα	40
1.3.3 Ορισμοί και μονάδες μέτρησης για το Αποτύπωμα Άνθρακα	41
1.3.4 Πρωτογενές και δευτερογενές Αποτύπωμα.....	45
1.3.5 Το Πρωτόκολλο των αερίων του θερμοκηπίου	45
1.3.6 Διαδικτυακές μηχανές υπολογισμού του Αποτυπώματος Άνθρακα.....	47
1.3.7 Παράμετροι που καθορίζουν το Αποτύπωμα Άνθρακα	48
1.4 Η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία	51

1.4.1	Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες.....	51
1.4.2	Η αξιολόγηση μιας ΔΜΑ.....	53
1.4.3	Ο σκοπός της εργασίας	53
2.	Ο Σχεδιασμός της ΔΜΑ.....	55
2.1	Εισαγωγή	55
2.2	Διδακτικός Μετασχηματισμός Επιστημονικού Περιεχομένου	55
2.3	Οι μαθητές στους οποίους θα διδαχθεί η ΔΜΑ	57
2.4	Η επιλογή του μοντέλου της καθοδηγούμενης διερεύνησης	57
2.5	Γενικοί στόχοι	59
2.6	Το μονοπάτι της ΔΜΑ	60
2.7	Η περιγραφή της ΔΜΑ	62
2.7.1	Ο ρόλος της ενέργειας στη ανάπτυξη και οι τρόποι παραγωγής της (1 ^η ενότητα 2Χ45min	62
2.7.2	Οι επιπτώσεις της καύσης ορυκτών καυσίμων στο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και ο κίνδυνος της Κλιματικής Αλλαγής (2 ^η Ενότητα 2Χ45min)	64
2.7.3	Το Αποτύπωμα Άνθρακα- Υπολογισμός μέσω Διαδικτυακών Μηχανών Υπολογισμού (3 ^η Ενότητα 2Χ45min)	69
2.7.4	Υπολογισμός Αποτυπώματος Άνθρακα του Σχολείου – Προτάσεις για μείωση (4 ^η Ενότητα 2Χ45 min)	73
3.	Η Μέθοδος.....	78
3.1	Εισαγωγή	78
3.2	Οι συμμετέχοντες	78
3.3	Τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων	78
3.3.1	Το ερωτηματολόγιο	79
3.3.2	Η συνέντευξη	80
3.4	Η ανάλυση	81
4.	Αποτελέσματα.....	86
4.1	Αποτελέσματα σχετικά με την εφαρμογή	86
4.1.1	Το μάθημα της Ερευνητικής εργασίας.....	87
4.1.2	Προγραμματισμός και αποκλίσεις κατά την εφαρμογή	87
4.1.3	Συμπλήρωση αρχικού ερωτηματολογίου (3 ώρες)	88
4.1.4	Ο ρόλος της ενέργειας στην ανάπτυξη και οι τρόποι παραγωγής της (1 ^η Ενότητα 2 προβλεπόμενες – 3 πραγματικές ώρες)	89
4.1.5	Οι επιπτώσεις της καύσης ορυκτών στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ο κίνδυνος της κλιματικής αλλαγής (2 ^η Ενότητα 2 προβλεπόμενες – 3 πραγματικές ώρες)	

4.1.6	Αποτύπωμα Άνθρακα – Μέτρηση μέσω μηχανών υπολογισμού (3 ^η Ενότητα 2 προβλεπόμενες – 3 πραγματικές ώρες).....	93
4.1.7	Υπολογισμός Αποτυπώματος Άνθρακα του Σχολείου – Προτάσεις μείωσης (4 ^η Ενότητα 2 προβλεπόμενες – 3 πραγματικές ώρες)	95
4.1.8	Προβλήματα – απρόοπτα κατά την εφαρμογή της ΔΜΑ.....	101
4.2	Αποτελέσματα από τις απαντήσεις στις εικόνες του ερωτηματολογίου	102
4.2.1	Αποτύπωμα (κατανάλωση ενέργειας) από ανθρώπινες δραστηριότητες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα άμεσα ή έμμεσα (1 ^η ομάδα εικόνων)	102
4.2.2	Αποτύπωμα (κατανάλωση ενέργειας) ενσωματωμένο σε εμπορικά προϊόντα (2 ^η ομάδα εικόνων)	105
4.2.3	Μερίδιο χώρας από μεταφορές – εισαγωγές (3 ^η Ομάδα εικόνων)	107
4.2.4	Αποτύπωμα Άνθρακα που δεν προέρχεται από χρήση ορυκτών (4 ^η Ομάδα εικόνων)	109
4.2.5	Περιπτώσεις μη ενίσχυσης του Αποτυπώματος (5 ^η Ομάδα εικόνων).....	111
4.2.6	Η μεταβολή της ατομικής επίδοσης στο σύνολο των εικόνων	112
4.3	Αποτελέσματα από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου	113
4.3.1	Συσχέτιση των εικόνων με το φαινόμενο του θερμοκηπίου (2 ^η ερώτηση) ..	113
4.3.2	Τρόποι μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας (3 ^η Ερώτηση)	115
4.3.3	Εντοπισμός Αποτυπώματος Άνθρακα (4 ^η ερώτηση).....	116
4.4	Αποτελέσματα από τις συνεντεύξεις	117
4.4.1	Το Αποτύπωμα Άνθρακα και το φαινόμενο του θερμοκηπίου (1 ^η ερώτηση συνέντευξης).....	117
4.4.2	Η κύρια πηγή των εκπομπών και η ανάγκη που οδηγεί σε αυτές (2 ^η ερώτηση συνέντευξης).....	118
4.4.3	Οι συνέπειες της αύξησης της συγκέντρωσης του CO ₂ (3 ^η ερώτηση συνέντευξης).....	119
4.4.4	Η χρησιμότητα του Αποτυπώματος Άνθρακα (4 ^η ερώτηση συνέντευξης) ...	120
4.4.5	Δημιουργία Ατομικού και Σχολικού Αποτυπώματος Άνθρακα (5 ^η και 7 ^η ερώτηση συνέντευξης)	121
4.4.6	Προτάσεις για μείωση του Ατομικού και του Σχολικού Αποτυπώματος Άνθρακα	122
4.5	Ερωτήσεις κριτικής στη διαδικασία του μαθήματος	123
5.	Συμπεράσματα – Συζήτηση.....	125
5.1	Γενικά Συμπεράσματα	125
5.2	Οι επιδόσεις των μαθητών	126
5.3	Συμφωνίες και Αποκλίσεις από τον αρχικό σχεδιασμό	127
5.4	Προτεινόμενες τροποποιήσεις - Βελτιώσεις	128

6. Βιβλιογραφία.....	130
7. Παραρτήματα	137
1° ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	137
ΕΙΔΙΚΟ ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ	137
2° ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.	138
Τα εργαλεία της έρευνας (Ερωτηματολόγια και ερωτήσεις συνέντευξης)	138
3° ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	150
Τα φύλλα εργασίας	150
4° ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	177
Οι απαντήσεις και οι εργασίες των μαθητών	177

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά στην ανάπτυξη μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (DMA) για το Αποτύπωμα Άνθρακα, στη συνέχεια την εφαρμογή της σε μαθητές της Β΄ τάξης Γενικού Δημόσιου Λυκείου και τέλος την αξιολόγηση της. Το Αποτύπωμα Άνθρακα παρουσιάζεται ως έννοια που μπορεί, μεταξύ των άλλων, να περιγράψει την επιβάρυνση που προκαλεί ο άνθρωπος στο περιβάλλον, χρησιμοποιώντας την καύση των ορυκτών ως την κύρια πηγή παραγωγής ενέργειας.

Η DMA που αναπτύχθηκε έχει διάρκεια 8 διδακτικές ώρες (4 X 90min). Τα κυριότερα μαθησιακά αποτελέσματα που αναμένονται είναι να συνδέσουν οι μαθητές την αυξανόμενη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα με την κλιματική αλλαγή και να γνωρίσουν το Αποτύπωμα Άνθρακα ως μέτρο των εκπομπών αυτών και οδηγό για τη λήψη μέτρων. Επιπλέον, να διακρίνουν τους παράγοντες που δημιουργούν το προσωπικό τους όπως και το σχολικό Αποτύπωμα Άνθρακα και να προτείνουν τρόπους μείωσης τους, ενισχύοντας παράλληλα την περιβαλλοντική τους συνείδηση.

Η DMA εφαρμόστηκε στα πλαίσια του μαθήματος της «Ερευνητικής Εργασίας» (project) σε τμήμα που αποτελούνταν από 11 μαθήτριες και 5 μαθητές της Β΄ Λυκείου, ηλικίας 16 ως 17 χρονών. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν της «Καθοδηγούμενης Διερεύνησης» με σταδιακή μείωση του βαθμού καθοδήγησης.

Για την αξιολόγηση της διδασκαλίας χρησιμοποιήθηκαν ποικίλες μέθοδοι όπως η συμπλήρωση ερωτηματολογίου πριν και μετά τη διδασκαλία, η λήψη ημιδομημένων συνεντεύξεων καθώς και η τήρηση ημερολογίου καταγραφής παρατηρήσεων από το διδάσκοντα.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν στο τέλος της διδασκαλίας δείχνουν πως η DMA που σχεδιάστηκε μπορεί να εφαρμοστεί σε μαθητές Λυκείου με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Οι απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο μετά τη διδασκαλία, συγκρινόμενες με τις αρχικές καθώς και οι απαντήσεις στις συνεντεύξεις, οδηγούν στο συμπέρασμα πως οι μαθητές αναγνωρίζουν τη χρησιμότητα του Αποτυπώματος Άνθρακα και τους παράγοντες που το δημιουργούν, ενώ είναι σε θέση να προτείνουν ενέργειες που οδηγούν στη μείωση του.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (DMA), Αποτύπωμα Άνθρακα, Β΄ τάξη λυκείου

Abstract

This work concerns the development, application and evaluation of a Teaching Learning Sequence (TLS) about the Carbon Footprint. The Carbon Footprint is presented as a concept that describes the environmental burden caused by humans, through the burning of fossil fuel as the main energy source.

The developed TLS has a duration of 8 teaching hours (4 x 90 min). Its main expected learning outcomes are students to connect the increasing carbon concentration in the atmosphere with climate change and to get acquainted with the Carbon Footprint as a measure of CO₂ emissions and as a guide for actions of reduction. In addition, students are expected to distinguish the factors that create their personal, as well as their School Carbon Footprint and suggest ways to reduce them, while enhancing their environmental consciousness.

The TLS was implemented during the “project” lesson to an 11th Grade class, consisted of 16 students (11 females, 5 males), aged 16 to 17 years old. The main teaching method was that of the “Guided Investigation” with a gradual reduction of guidance. Various methods were used to evaluate the teaching, including students’ questionnaire data before and after the TLS and semi – structured interviews with a focus group of them (only after). Beyond the aforementioned main sources of data, teacher’s classroom observations and notes were supplementary used for the analysis of data.

Results strongly indicate that the developed TLS is applicable to high school students having satisfactory results. Moreover, it was established that after the TLS students recognize the usefulness of the Carbon Footprint and the factors that create it, while being able to propose actions that lead to its reduction.

Keywords

Teaching Learning Sequence (TLS), Carbon Footprint, Second Grade of lyceum

1. Θεωρητική τεκμηρίωση

1.1 Η ανάγκη για ενέργεια στον πλανήτη

Στην παράγραφο 1.1 αναλύεται η σημασία της ενέργειας στην ανάπτυξη του ανθρώπου, αναφέρονται οι τρόποι παραγωγής της ενέργειας, συγκρίνονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ορυκτών καυσίμων σε σχέση με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και παρουσιάζονται προβλέψεις για το ενεργειακό μέλλον του πλανήτη.

Στην παράγραφο 1.1.1 μέσα από τους δείκτες που παρατίθενται, αναδεικνύεται η εξάρτηση της ανάπτυξης του ανθρώπου από την ενέργεια που καταναλώνει. Γίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή στη χρήση ενέργειας από τον άνθρωπο, καταλήγοντας στη διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση και παραγωγή ενέργειας που οδηγεί στα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης. Τέλος, γίνεται μια αναφορά σε διεθνείς συμφωνίες που αναγνώρισαν το πρόβλημα και έδωσαν κατευθύνσεις προς την επίλυση του.

Στην παράγραφο 1.1.2 παρουσιάζονται οι πηγές από τις οποίες αντλεί ο άνθρωπος την ενέργεια που χρειάζεται, καθώς και το ποσοστό με το οποίο συμμετέχει η κάθε πηγή. Η σύγκριση οδηγεί στη διαπίστωση πως η καύση ορυκτών καυσίμων παρέχει το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που καταναλώνεται και μάλιστα με μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες πηγές.

Στην παράγραφο 1.1.3 αντιπαρατίθενται τα ορυκτά καύσιμα ως πηγή ενέργειας με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα που εμφανίζουν τα ορυκτά καύσιμα και τα κατέστησαν την κύρια πηγή ενέργειας του σύγχρονου ανθρώπου όπως και τα μειονεκτήματα που εμφανίζουν στο θέμα της επάρκειας και των περιβαλλοντικών συνεπειών στον πλανήτη. Αντίστοιχα, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας αλλά και τα μειονεκτήματα που δεν επέτρεψαν ακόμα την πιο ευρεία εκμετάλλευσή τους.

Στην παράγραφο 1.1.4 μελετάται η κατανομή της ενέργειας που καταναλώνεται σε διάφορες περιοχές του πλανήτη. Σχολιάζεται η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών και οι ανισότητες που εμφανίζονται. Τέλος, παρουσιάζονται προβλέψεις σχετικά με τις μελλοντικές ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη, που αναμένεται να αυξάνονται συνεχώς παρά τις διαφοροποιήσεις που υπάρχουν στο ρυθμό αύξησής.

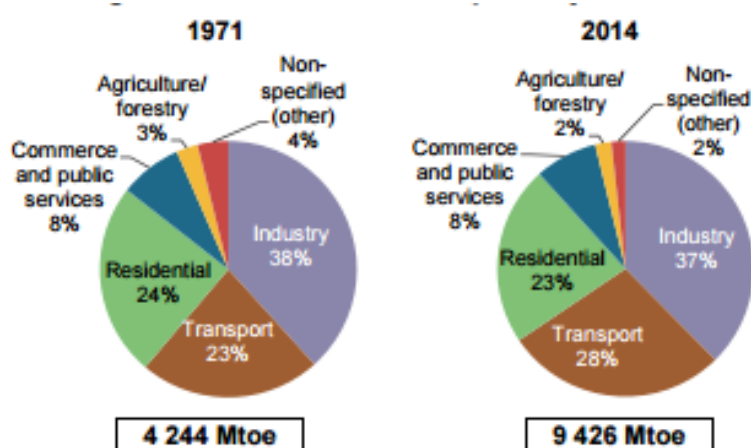
1.1.1 Ο ρόλος της ενέργειας σήμερα

Η ενέργεια είναι μια έννοια που συναντάται σε πολλά επιστημονικά πεδία, ενώ χρησιμοποιείται ευρύτατα και στην καθημερινή ζωή με αποτέλεσμα να της αποδίδονται πολλά νοήματα. Αντιμετωπίζεται ως φυσικό μέγεθος που προσεγγίζεται από τις ιδιότητες της μεταφοράς, της μετατροπής, της αποθήκευσης, της διατήρησης και της υποβάθμισης αλλά και ως αγαθό χωρίς την ύπαρξη του οποίου καμία μορφή ανάπτυξης δε θα ήταν δυνατή.

Ενέργεια απαιτεί το ανθρώπινο σώμα για τις βασικές του λειτουργίες, ενώ ενέργεια απαιτείται για το φωτισμό, την ψύξη και τη θέρμανση, καθώς και τη χρήση κάθε ηλεκτρικής ή ηλεκτρονικής συσκευής που βελτιώνει τις συνθήκες ζωής του

σύγχρονου ανθρώπου. Ενέργεια καταναλώνεται σε οποιασδήποτε μορφής μεταφορά και μετακίνηση, ατομική ή μαζική. Η ενέργεια απαιτείται σε όλους τους τομείς της οικονομίας από τη γεωργία και την κτηνοτροφία, μέχρι τη βιομηχανία, το εμπόριο και τον τουρισμό. Η επικοινωνία που σήμερα θεωρείται αυτονόητη, ενώ είναι και πιο άμεση από ποτέ, δεν θα μπορούσε να εξελιχθεί χωρίς την κατανάλωση ενέργειας.

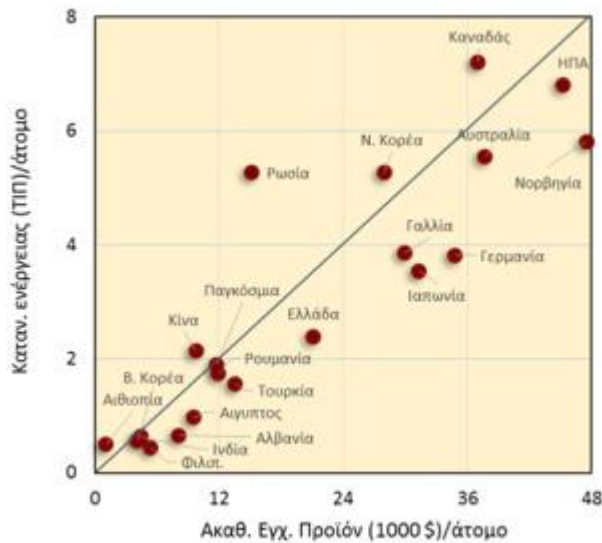
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η παγκόσμια κατανάλωση τελικής ενέργειας ανά τομέα για το 2014 σε σύγκριση με το 1971. Τελική ονομάζεται η ενέργεια όταν διατίθεται στη μορφή που χρησιμοποιείται στην τελική χρήση, όπως η βενζίνη, η ηλεκτρική ενέργεια, ενέργεια για θέρμανση και φωτισμό κ.α.



Διάγραμμα 1. Συνολική τελική ενέργεια ανά τομέα (Total Final Consumption) (International Energy Agency, 2016a)

Σύμφωνα με το διάγραμμα, μεταξύ του 1971 και του 2014 η κατανάλωση ενέργειας υπερδιπλασιάστηκε. Ωστόσο, η κατανομή της ενέργειας στους διάφορους τομείς δεν έχει μεταβληθεί σημαντικά στο ίδιο χρονικό διάστημα, με τη βιομηχανία να παραμένει ο μεγαλύτερος καταναλωτής, με ποσοστό 37% της παγκόσμιας κατανάλωσης τελικής ενέργειας. Ακολουθούν ο τομέας των μεταφορών (28%), ο οικιακός τομέας (23%) και ο τομέας εμπορίου – υπηρεσιών (8%).

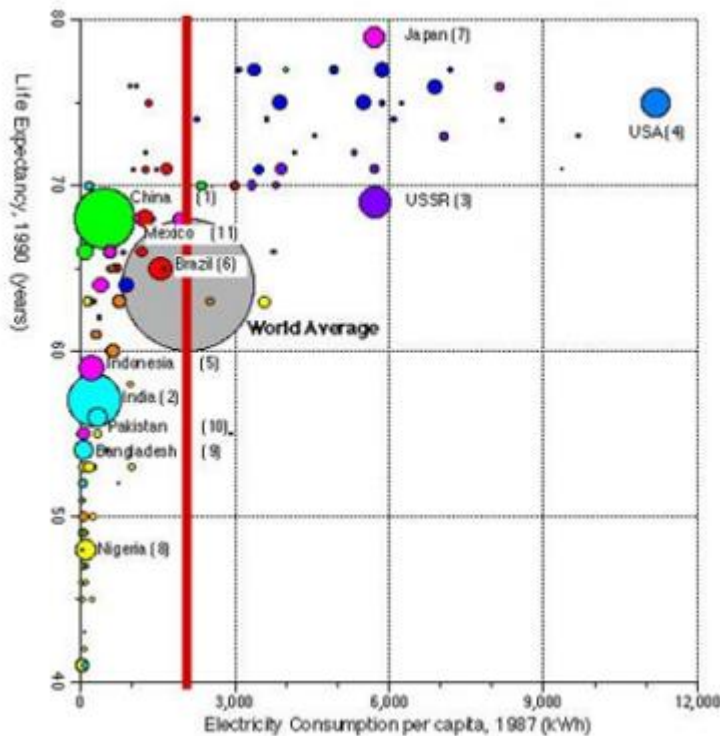
Η οικονομική ανάπτυξη, η κοινωνική ευημερία και γενικά η άνοδος του βιοτικού επιπέδου είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένες με την κατανάλωση ενέργειας. Ενδεικτική είναι η σύγκριση της ενέργειας που καταναλώνεται κατά κεφαλή στις ανεπτυγμένες και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η κατά κεφαλή καταναλισκόμενη ενέργεια σε σχέση με το κατά κεφαλή ακαθάριστο εθνικό προϊόν σε διάφορες χώρες (Ανδρίτσος, 2003-2017).



Διάγραμμα 2. Οικονομική ανάπτυξη (κατά κεφαλήν εγχώριο προϊόν σε \$1000/άτομο διορθωμένο ως προς την αγοραστική αξία του δολαρίου σε 2005) και κατανάλωση ενέργειας (κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας σε ΤΙΠ) κατά το 2012 (Ανδρίτσος, 2003-2017).

Με βάση τα στοιχεία που δημοσιοποίησε ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (International Energy Agency ή IEA) στην ετήσια αναφορά του για το 2016, τη χαμηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το 2016 εμφανίζουν χώρες με πολύ χαμηλό κατά κεφαλή εισόδημα: Αϊτή, Νότιο Σουδάν, Νίγηρας, Ερυθραία, Αιθιοπία, Μπενίν, Τανζανία. Στον αντίποδα, χώρες με υψηλό κατά κεφαλήν εισόδημα εμφανίζονται στον κατάλογο των υψηλότερων καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας όπως ο Καναδάς, το Κουβέιτ, η Φινλανδία, το Λουξεμβούργο, η Σουηδία, και οι ΗΠΑ (International Energy Agency 2016b).

Σε έρευνα του Global Energy Network Institute αναφέρεται πως το προσδόκιμο ζωής αυξάνεται με την κατανάλωση ενέργειας (Ανδρίτσος, 2003-2017).



Διάγραμμα 3. Το προσδόκιμο επιβίωσης αυξάνει με την κατανάλωση ενέργειας. Καθώς μια χώρα φτάνει τις 2000 kWh κατά κεφαλήν το προσδόκιμο γίνεται περίπου 70 χρόνια (Ανδρίτσος, 2003-2017).

Στην ιστορική του διαδρομή ο άνθρωπος έχει προμηθευτεί την ενέργεια που χρειάστηκε κατά περιόδους από διάφορες πηγές. Στο τέλος της λίθινης εποχής χρησιμοποίησε την ενέργεια των εξημερωμένων ζώων, ενώ οι πρώτοι μεγάλοι πολιτισμοί άφησαν μνημεία όπως οι πυραμίδες και το Σινικό τείχος που χρειάστηκαν την ενέργεια μεγάλου αριθμού δούλων για την ολοκλήρωσή τους. Χρησιμοποίησε την ανανεώσιμη αιολική ενέργεια στη ναυτιλία και τους ανεμόμυλους, αλλά και ορισμένους από τους πόρους που του παρείχε ο πλανήτης, όπως η ξυλεία για κατασκευές και θέρμανση.

Η κατάσταση έχει μεταβληθεί ριζικά τους τελευταίους δυόμισι αιώνες περίπου, με την εφεύρεση των μηχανών εσωτερικής καύσης, οι οποίες καταναλώνουν στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα, προκειμένου να μετατρέψουν την ενέργεια που περιέχεται σε αυτά σε άλλες μορφές ενέργειας. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρησιμοποιείται σήμερα παράγεται μέσω της καύσης των ορυκτών καυσίμων. Σύμφωνα με έκθεση του IEA το 2013, παρά την αύξηση της συμμετοχής της πυρηνικής ενέργειας και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, η καύση των ορυκτών προβλέπεται πως θα εξακολουθεί να παρέχει το σημαντικότερο ποσοστό (80%) της παγκόσμιας ζήτησης το 2040 (Institute for Energy Research, 2013).

Η παραγωγή ενέργειας μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα (αναλύονται σε επόμενη παράγραφο) αλλά και μειονεκτήματα που σχετίζονται με την επάρκειά τους και κυρίως με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από

τη χρήση τους. Μία από τις πιο απειλητικές επιπτώσεις είναι η αύξηση της συγκέντρωσης θερμοκηπιακών αερίων -με κυριότερο το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) – που έχει ως συνέπεια την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), το 80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ οφείλεται στην παραγωγή ενέργειας (Barroso, 2011).

Η διεθνής κοινότητα πρέπει να συμβιβάσει τη διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια με τη μείωση των εκπομπών CO₂ που συνοδεύουν την παραγωγή ενέργειας σήμερα. Τα αντικρουόμενα συμφέροντα και η διστακτικότητα πολλών χωρών να μετριάσουν την οικονομική ανάπτυξη τους μπροστά στον εφιάλτη της κλιματικής αλλαγής δεν έχουν επιτρέψει μια αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος μέχρι σήμερα.

Οι προσπάθειες για συμφωνία έχουν ξεκινήσει εδώ και 3 δεκαετίες περίπου και οι σταθμοί που σηματοδοτούν την πρόοδο των προσπαθειών είναι : η σύμβαση που υπογράφηκε στην παγκόσμια σύνοδο κορυφής του Ρίο (1992), το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997) με τις ενδιάμεσες συμφωνίες της Κοπεγχάγης (2009) και του Κανκού (2010) και τέλος η συμφωνία του Παρισιού (2015). Στη διάσκεψη του Παρισιού περισσότερες από 170 χώρες κατέληξαν σε παγκόσμια συμφωνία προκειμένου να περιοριστεί η υπερθέρμανση του πλανήτη «αρκετά κάτω» από τους 2° C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2017).

Ειδικότερα, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει θέσει κατά καιρούς πιο φιλόδοξους στόχους όπως ο στόχος 20-20-20 που τέθηκε το 2008. Σύμφωνα με το στόχο αυτό ως το 2020 η ΕΕ θα έπρεπε να μειώσει κατά 20% τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, να αυξήσει κατά 20% το μερίδιο των ΑΠΕ και να μειώσει κατά 20% την κατανάλωση ενέργειας (Barroso, 2011).

Στη Συμφωνία του Παρισιού, η ΕΕ ήταν η πρώτη μεγάλη οικονομία που κατέθεσε την εθνικά καθορισμένη πρόθεση συνεισφοράς (INDC) για μείωση, ως το 2030, των εκπομπών αερίων κατά 40% σε σύγκριση με το 1990 (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2017).

1.1.2 Τρόποι παραγωγής ενέργειας

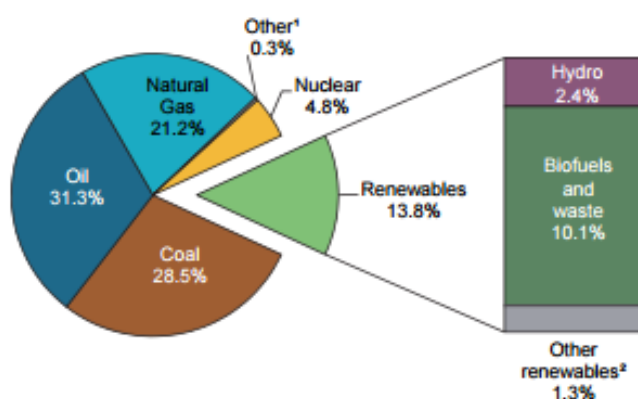
Ο ήλιος αποτελεί την «απόλυτη» πηγή ενέργειας για τη γη. Ο ήλιος παρέχει στη γη θερμότητα με την εκπεμπόμενη ακτινοβολία, σε ημερήσια βάση, η οποία με τη σειρά της είναι υπεύθυνη για μια σειρά φαινομένων που οδηγούν στην ενέργεια από τη βιομάζα, το νερό, τον άνεμο, τα κύματα, και τα θαλάσσια ρεύματα. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στη γη, εδώ και εκατομμύρια χρόνια έχει δημιουργήσει «αποθηκευμένη» ενέργεια με τη μετατροπή των φυτικών και ζωικών υλών σε πετρέλαιο, γαιάνθρακα, και φυσικό αέριο δηλαδή σε ορυκτά ή φυσικά καύσιμα. Αυτή η διεργασία, γίνεται και σήμερα, αλλά με τόσο αργό ρυθμό που δε μπορεί να συγκριθεί με τον τεράστιο ρυθμό με τον οποίο η σημερινή κοινωνία καταναλώνει τους εξαντλήσιμους ενεργειακούς πόρους (Ανδρίτσος, 2003-2017).

Η ηλιακή ενέργεια όπως και η ενέργεια των ορυκτών καυσίμων όταν μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να απαιτείται επεξεργασία χαρακτηρίζεται ως πρωτογενής ενέργεια. Ως **πρωτογενής** (primary energy) χαρακτηρίζεται επίσης η αιολική, η πυρηνική, η γεωθερμία, η υδατική ισχύς (φράγματα, παλιρροϊκή) και η βιομάζα. Ως **δευτερογενής** (secondary energy) χαρακτηρίζεται η ενέργεια που χρησιμοποιείται μετά από τη μετατροπή πρωτογενούς ενέργειας μέσω χημικών, φυσικών, μηχανικών, θερμικών, ή πυρηνικών δράσεων σε χρήσιμη ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια και τα προϊόντα επεξεργασίας του αργού πετρελαίου (βενζίνη, πετρέλαιο κίνησης κ.α.) είναι οι κυριότερες πηγές δευτερογενούς ενέργειας. Η πρωτογενής ενέργεια μπορεί επίσης να διαιρεθεί σε ενέργεια που προέρχεται από καύση ορυκτών και ανανεώσιμη ενέργεια (OECD, IEA, & Eurostat, 2005).

Η **ανανεώσιμη ενέργεια** ορίζεται ως η ενέργεια που πηγάζει από φυσικές διαδικασίες (π.χ. ήλιος και άνεμος) που ανανεώνονται με ταχύτερο ρυθμό από το ρυθμό που καταναλώνονται. Η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμική, η υδατική, και κάποιες μορφές βιομάζας αποτελούν συνηθισμένες πηγές ανανεώσιμης ενέργειας (International Energy Agency, 2017c).

Η καύση των ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) αποτέλεσε την κύρια πηγή ενέργειας για τον άνθρωπο τους τελευταίους δύο αιώνες. Σε όλο τον πλανήτη ο άνθρωπος καλύπτει τις καθημερινές ενεργειακές ανάγκες του με την καύση ορυκτών καυσίμων. Παρά το γεγονός ότι την τελευταία δεκαετία οι ΑΠΕ αυξάνουν ταχύτατα το μερίδιό τους στην παραγωγή ενέργειας, θα χρειαστούν πολλά ακόμα χρόνια για να μειωθεί η ενεργειακή εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται τα επιμέρους μερίδια των πηγών ενέργειας και των επιμέρους καυσίμων στην παγκόσμια παροχή πρωτογενούς ενέργειας για το 2014.



1. Other includes electricity from energy sources not defined above such as non-renewable wastes, peat, oil shale and chemical heat.

2. Other renewables includes geothermal, wind, solar, tide.

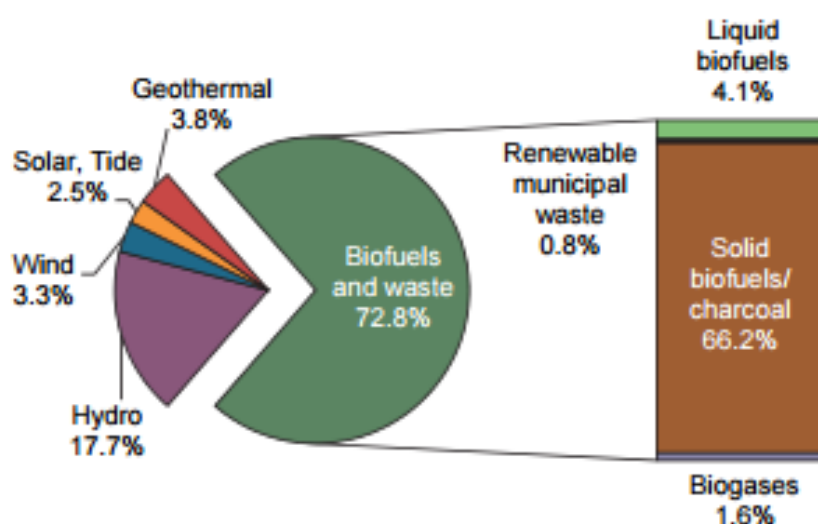
Note: Totals in graphs might not add up due to rounding.

Διάγραμμα 4. Μερίδιο καυσίμων στην παγκόσμια παροχή πρωτογενούς ενέργειας το 2014 (International Energy Agency, 2016c)

Από τα στοιχεία του ΙΕΑ και συγκρίνοντας με αυτά του 2013 προκύπτει ότι:

- Η συμμετοχή των ορυκτών καυσίμων ήταν 81,2%, μειωμένη κατά 0,4% σε σχέση με το 2013 παρά το γεγονός ότι η συνολική παραγωγή τους παρουσίασε αύξηση (1,3%)
- Η παραγωγή ενέργειας μέσω καύσης πετρελαίου εμφάνισε τη μεγαλύτερη αύξηση (2,1%) ακολουθούμενη από τον άνθρακα και το φυσικό αέριο με 0,8% και 0,6% αντίστοιχα.
- Το πετρέλαιο εξακολουθεί να είναι στην πρώτη θέση της παραγωγής ενέργειας με ποσοστό 31,3%, ενώ ακολουθούν ο άνθρακας με 28,5% και το φυσικό αέριο με 21,2% (International Energy Agency, 2016a).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η κατανομή της ενέργειας που παράγεται από τις ΑΠΕ ανά πηγή ενέργειας. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παριστάνονται τα μερίδια των διαφόρων πηγών ανανεώσιμης ενέργειας στην παγκόσμια παραγωγή ενέργειας.



Note: Totals in graphs might not add up due to rounding.

Διάγραμμα 5. Μερίδια προϊόντων στην παγκόσμια παροχή ανανεώσιμης ενέργειας (International Energy Agency, 2016c)

- Λόγω της ευρείας μη εμπορικής χρήσης στις αναπτυσσόμενες χώρες (π.χ. θέρμανση και μαγείρεμα) τα στερεά βιοκαύσιμα είναι η μεγαλύτερη πηγή Ανανεώσιμης ενέργειας αντιπροσωπεύοντας το 66,2% της παγκόσμιας παραγωγής Ανανεώσιμης ενέργειας.
- Στη δεύτερη θέση βρίσκεται η υδροϊσχύς, με ποσοστό 17,7% των ανανεώσιμων.

- Η γεωθερμία, τα υγρά βιοκαύσιμα, τα βιοαέρια, η ηλιακή, η αιολική και η παλιρροϊκή έχουν η καθεμία ένα μικρό μερίδιο από το υπόλοιπο ποσοστό της ενέργειας που παράγουν οι ΑΠΕ.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του IEA η ενέργεια που παράγεται από τις ΑΠΕ από το 1990 αυξάνεται με μέσο ετήσιο ρυθμό 2,2%, ο οποίος είναι ελαφρώς μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο ρυθμό ανάπτυξης της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας που είναι 1,9%. Η ανάπτυξη είναι ιδιαίτερα υψηλή για τη μετατροπή ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια, όπως και για τη μετατροπή της αιολικής σε ηλεκτρική με ετήσιους ρυθμούς 46,2% και 24,3% αντίστοιχα.

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στα στερεά βιοκαύσιμα. Αποτέλεσαν την πρώτη πηγή που εκμεταλλεύτηκε ο άνθρωπος για τη θέρμανση του και το μαγείρεμα της τροφής του, ενώ σήμερα βρίσκονται στην πρώτη θέση των ΑΠΕ, παράγοντας τα 2/3 της συνολικής ενέργειας των ΑΠΕ, με διαφορά από προϊόντα σύγχρονης τεχνολογίας όπως τα φωτοβολταϊκά και οι ανεμογεννήτριες.

Σύμφωνα με το Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης, η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/29ΕΚ ορίζει τη βιομάζα ως «το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και των οικιακών απορριμμάτων». Ουσιαστικά η βιομάζα αποτελεί κάθε ύλη που έμμεσα ή άμεσα έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Σε περίπτωση που η βιομάζα χρησιμοποιείται ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας, μιλάμε για στερεά, υγρά και αέρια βιοκαύσιμα, ανάλογα με τη φυσική τους μορφή (ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ, 2014).

Τα στερεά βιοκαύσιμα περιλαμβάνουν ένα μεγάλο εύρος υλικών όπως καυσόξυλα, πυρηνόξυλο, κάρβουνο, πέλετς, ροκανίδι μέχρι και αποξηραμένη κοπριά. Σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία (Υπουργική Απόφαση 189533/7.11.2011: «Ρύθμιση θεμάτων σχετικών με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για θέρμανση κτιρίων και νερού») τα στερεά βιοκαύσιμα που αποτελούν επιτρεπόμενο καύσιμο ορίζονται στο Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 14961-1. Δεν εμπίπτουν στο παραπάνω πρότυπο και επομένως δεν επιτρέπεται η χρήση τους ως καύσιμα για τις προαναφερθείσες χρήσεις στην Ελλάδα τα ακόλουθα:

- Προϊόντα ή παραπροϊόντα ζωικής προέλευσης, π.χ. κοπριά
- Απόβλητα ξυλείας που μπορεί να περιέχουν αλογονούχες οργανικές ενώσεις ή βαρέα μέταλλα, π.χ ξυλεία από κατεδαφίσεις κτιρίων
- Βιομάζα υδατικής προέλευσης, π.χ. άλγες
- Θερμικά επεξεργασμένη βιομάζα, π.χ. ξυλοκάρβουνο

(Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης, Σεπτέμβριος 2014).

Ωστόσο, σε παγκόσμιο επίπεδο περισσότερο από δύο δισεκατομμύρια άνθρωποι χρησιμοποιούν την αποξηραμένη κοπριά για ενέργεια. Παρέχει πλεονεκτήματα

καθώς είναι φθηνή, μπορεί να βρεθεί σε περιοχές με έλλειψη δασών, είναι ανανεώσιμη και αποδίδει λογικά ποσά ενέργειας.

1.1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ορυκτών καυσίμων σε σχέση με τις ΑΠΕ

Η χρήση των ορυκτών καυσίμων παρουσιάζει μια σειρά από πλεονεκτήματα που την καθιστούν κυρίαρχη στην παραγωγή ενέργειας.

- Είναι εύκολα διαθέσιμα. Νέα πεδία άνθρακα ανακαλύπτονται, ενώ η διαδικασία εξαγωγής και διύλισης πετρελαίου έχει βελτιωθεί με την ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας.
- Παράγουν μεγάλες ποσότητες χρήσιμης ενέργειας. Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης τροφοδοτούμενες με μικρή ποσότητα καυσίμου μπορούν να παράγουν μεγάλα ποσά ενέργειας.
- Έχουν υψηλή θερμιδική αξία. Η θερμιδική αξία ορίζεται ως η ενέργεια που αποδίδεται από ορισμένη ποσότητα υλικού και είναι ένας δείκτης της αποτελεσματικότητας του υλικού.
- Είναι σταθερές ενώσεις οπότε αποθηκεύονται εύκολα και για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να αλλοιωθούν.
- Μεταφέρονται εύκολα. Μεγάλες ποσότητες άνθρακα και πετρελαίου ταξιδεύουν σε δεξαμενόπλοια και φορτηγά διανύοντας μεγάλες αποστάσεις προκειμένου να τροφοδοτήσουν τη ζήτηση. Τα τελευταία χρόνια το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο μεταφέρονται και με δίκτυα αγωγών που αναπτύσσονται μεταξύ χωρών.
- Έχουν χαμηλό κόστος. Η υπάρχουσα τεχνογνωσία καθιστά προς το παρόν την εξαγωγή και τη βελτίωση τους, οικονομικά συμφέρουσα σε σύγκριση με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία και τις ανεμογεννήτριες.
- Τα «παραπροϊόντα» που παράγονται κατά τη διύλιση του πετρελαίου είναι πολύτιμες πρώτες ύλες για βιομηχανίες που παράγουν μια σειρά πετροχημικών προϊόντων, από την άσφαλτο, τις παραφίνες, και τα πλαστικά, μέχρι τη βαζελίνη και τα καλλυντικά (Conserve Energy Future, 2017).

Πέρα από τα πλεονεκτήματα των ορυκτών καυσίμων που δικαιολογούν την ευρύτατη χρήση τους υπάρχει μια σειρά από μειονεκτήματα και επιπτώσεις μεγάλης διάρκειας που επιβάλλουν κριτική στάση και πιο ορθολογική χρήση τους.

- Η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα κατά την καύση τους εντείνει το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλώντας την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.
- Η καύση των ορυκτών εκλύει μια σειρά από ενώσεις επικίνδυνες για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Ενδεικτικά αναφέρεται το διοξείδιο του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
- Η εξόρυξη άνθρακα έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή μεγάλων εκτάσεων γης και την υποβάθμιση του γειτονικού περιβάλλοντος.

- Οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής που καταναλώνουν άνθρακα απαιτούν συνεχή τροφοδοσία με μεγάλες ποσότητες άνθρακα, οπότε πρέπει να λειτουργούν κοντά στις περιοχές που γίνεται η εξόρυξη.
- Το φυσικό αέριο περιέχει ως κύριο συστατικό το μεθάνιο (CH₄) που είναι το δεύτερο μετά το CO₂ αέριο υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης, ποσότητες φυσικού αερίου διαρρέουν κατά τη μεταφορά του.
- Κατά τη μεταφορά του αργού πετρελαίου με δεξαμενόπλοια παρατηρούνται συχνά διαρροές ή και βυθίσεις που δημιουργούν πετρελαιοκηλίδες και μεγάλη οικολογική επιβάρυνση.
- Τα αποθέματα των ορυκτών μειώνονται με αυξανόμενους ρυθμούς και η εξάντληση τους, παρά τις διαφορετικές εκτιμήσεις, είναι ζήτημα μερικών δεκαετιών (Alternativeenergysecret.com, 2017c)

Οι ανανεώσιμες πηγές είναι η εναλλακτική λύση στην κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων καθώς παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα ορυκτά. Μερικά από αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες. Η ηλιακή ενέργεια θα φτάνει στη γη όσο υπάρχει ο ήλιος, η αιολική όσο φυσούν άνεμοι και η γεωθερμία όσο υπάρχει η γη.
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον καθώς δε ρυπαίνουν, κατά τη λειτουργία τους, εκπέμποντας βλαβερές χημικές ουσίες. Εξαιρέση αποτελούν η βιομάζα και τα βιοκαύσιμα που παραμένουν «καύσιμες» πρώτες ύλες.
- Συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τους συμβατικούς, μη ανανεώσιμους φυσικούς πόρους.
- Η γεωγραφική τους διασπορά δίνει τη δυνατότητα να καλύψουν ενεργειακές ανάγκες σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας το σύστημα υποδομής και περιορίζοντας τις απώλειες κατά τη μεταφορά.
- Μπορούν να συμβάλλουν στην κοινωνική και οικονομική αναβάθμιση σε τοπικό επίπεδο προσελκύοντας επενδύσεις και δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας.
- Συμβάλλουν σημαντικά στην εθνική ενεργειακή ανεξαρτησία των χωρών και την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού.
- Έχουν χαμηλό κόστος χρήσης που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις στις διεθνείς τιμές των ορυκτών καυσίμων.
- Συνεισφέρουν στην άμβλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Παρέχουν τη δυνατότητα επιλογής της καταλληλότερης μορφής ενέργειας επιτυγχάνοντας ορθολογική κατανάλωση των ενεργειακών πόρων.

Ωστόσο, μερικά από τα μειονεκτήματα που δυσχεραίνουν την ευρύτερη χρήση των ΑΠΕ είναι ότι:

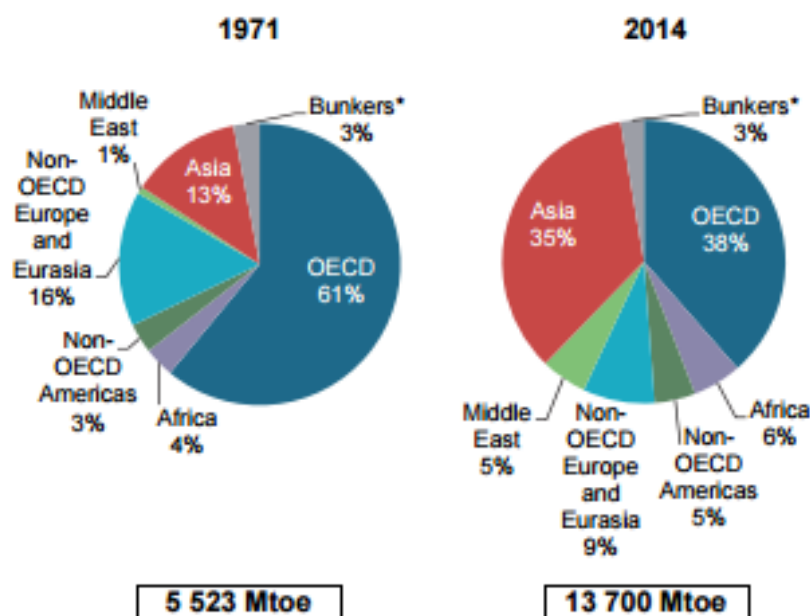
- Το κόστος επένδυσης για εγκαταστάσεις ισχύος ΑΠΕ είναι προς το παρόν σε υψηλά επίπεδα σε σχέση με αυτό των συμβατικών πηγών.
- Η διασπορά τους δεν δίνει τη δυνατότητα να παρέχουν μεγάλες ποσότητες ισχύος.
- Η πυκνότητα ενέργειας και ισχύος που παρέχουν είναι περιορισμένη, με αποτέλεσμα να απαιτούνται μεγάλες εγκαταστάσεις για μεγάλες παραγωγές.
- Ο συντελεστής απόδοσης τους είναι μικρός καθιστώντας τους προς το παρόν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Η παροχή ενέργειας παρουσιάζει διακυμάνσεις που εξαρτώνται από καιρικούς παράγοντες, όπως ο άνεμος και η νέφωση.
- Το πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας που είναι δυνατό να παράγουν δεν μπορεί με τη σημερινή τεχνολογία να αποθηκευτεί για μελλοντική χρήση.
- Το κόστος παραγωγής ανά μονάδα ενέργειας είναι συχνά υψηλότερο από αυτό των ορυκτών καυσίμων.
- Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία δε λειτουργούν τη νύχτα ή όταν υπάρχουν σύννεφα.
- Μερικά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των φωτοβολταϊκών είναι τοξικά (μόλυβδος, κάδμιο κ.α.) και απαιτούν προσεκτικό χειρισμό και ανακύκλωση.
- Η καλλιέργεια φυτών που παράγουν βιομάζα απαιτεί μεγάλες εκτάσεις αφαιρώντας πολύτιμο χώρο που θα μπορούσε να διατεθεί για καλλιέργεια δημητριακών και γενικότερα τροφής.
- Η καύση των βιοκαυσίμων συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ακόμα και αν το διοξείδιο του άνθρακα που εκλύεται από την καύση τους είχε δεσμευτεί από την ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια ζωής του φυτού, τα αζωτούχα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους εκλύουν ποσότητες υποξειδίου του αζώτου (N_2O , αέριο του θερμοκηπίου), ενώ και η καλλιέργεια των φυτών (πότισμα, λίπανση, ελκυστήρες κτλ) δημιουργεί ανθρακικό αποτύπωμα.
- Οι ανεμογεννήτριες προκαλούν οπτική ρύπανση και θόρυβο, ενώ συχνά απαιτούν την καταστροφή δασικής έκτασης για την εγκατάστασή τους (Dtsenergy.gr, 2017; Conserve Energy Future, 2017; Conserve Energy Future, 2017b; Biofuel.org.uk, 2017c).

Είναι σαφές πως τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ υπερτερούν των μειονεκτημάτων και η αναγκαιότητα στροφής στην εκμετάλλευσή τους είναι αδιαμφισβήτητη.

1.1.4 Η παγκόσμια κατανομή της ενέργειας και οι προβλέψεις

Σύμφωνα με την τελευταία αναφορά του ΙΕΑ, η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας το 2014 αυξήθηκε, αλλά με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με το 2013 (1,1% σε σχέση με το 2,5% του 2013). Στις χώρες-μέλη του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) μειώθηκε κατά 2,3%, ενώ στις χώρες που δεν είναι μέλη αυξήθηκε κατά 0,7%.

Η διαφορά στην εξέλιξη της κατανάλωσης για τις χώρες μέλη του ΟΟΣΑ και στις χώρες που δεν είναι μέλη, όπως και στις υπόλοιπες περιοχές του πλανήτη, φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (International Energy Agency, 2016a).



Διάγραμμα 6. Η εξέλιξη της κατανάλωσης για τις χώρες μέλη του ΟΟΣΑ και τις χώρες που δεν είναι μέλη (International Energy Agency, 2016a)

Αξίζει να σημειωθούν τα εξής:

- Η παγκόσμια προμήθεια πρωτογενούς ενέργειας από το 1971 ως το 2014 έγινε 2,5 φορές μεγαλύτερη.
- Η ενεργειακή ζήτηση αυξήθηκε με πολύ διαφορετικούς ρυθμούς στις διάφορες περιοχές.
- Το μερίδιο των χωρών του ΟΟΣΑ έπεσε από το 61% στο 38% και βρίσκεται πολύ κοντά στο μερίδιο της Ασίας όπου η ενεργειακή ζήτηση πολλαπλασιάστηκε επτά φορές, ενώ το μερίδιο της τριπλασιάστηκε στην ίδια περίοδο.

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται από τον IEA οι τιμές της παγκόσμιας προμήθειας πρωτογενούς ενέργειας και τα αντίστοιχα μερίδια για τις δέκα πρώτες χώρες.

Πίνακας 1. Η προμήθεια πρωτογενούς ενέργειας από τις 10 πρώτες χώρες

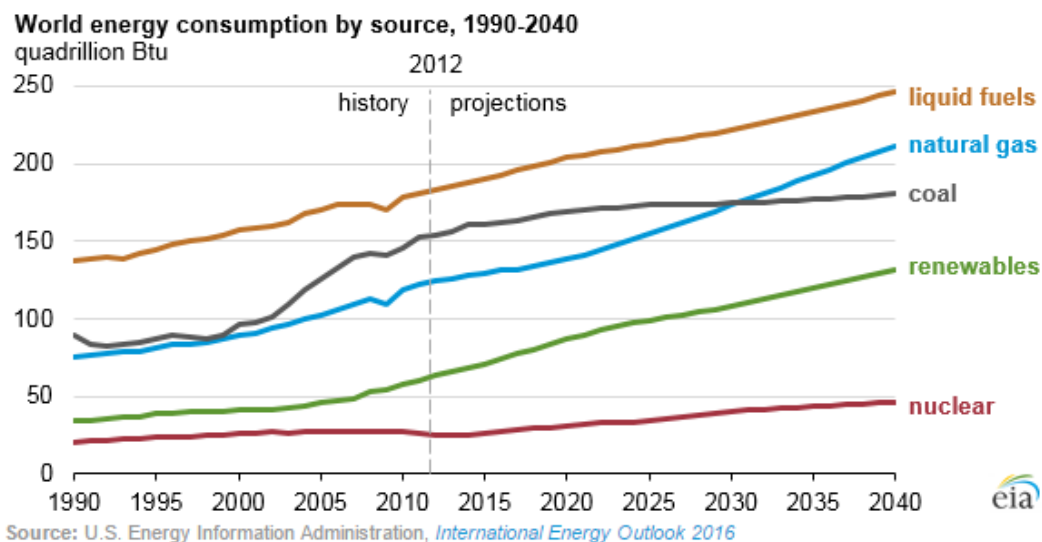
Country	TPES (Mtoe)	Share in world TPES	
		2014	1971
People's Rep. of China	3 052	22%	7%
United States	2 216	16%	29%
India	825	6%	3%
Russian Federation	711	5%	N/A
Japan	442	3%	5%
Germany	306	2%	6%
Brazil	303	2%	1%
Canada	280	2%	0.3%
Korea	268	2%	3%
France	243	2%	3%
Rest of the world	5 054	37%	44%
World	13 700	100%	100%

(International Energy Agency, 2016a)

Από τις τιμές του πίνακα προκύπτει πως η Κίνα και οι ΗΠΑ είναι οι μεγαλύτεροι καταναλωτές ενέργειας παγκοσμίως, καταναλώνοντας το 1/3 της παγκόσμιας ενέργειας. Ακολουθούν η Ινδία και η Ρωσία. Οι τέσσερις χώρες μαζί αντιπροσωπεύουν το 50% της παγκόσμιας κατανάλωσης. Είναι αξιοσημείωτο πως στην Ινδία το 1/5 του πληθυσμού στερείται πρόσβασης στην ηλεκτρική ενέργεια. Η ΕΕ ως μια οικονομία θα καταλάμβανε την 3^η θέση μεταξύ των ΗΠΑ και της Ινδίας (Energyatlas.iea.org, 2017).

Σύμφωνα με τη Φωκίανού (2004) το 2004 οι ανεπτυγμένες χώρες παράγαν το 1/3 της παγκόσμιας ενέργειας και κατανάλωναν τα 2/3, ενώ οι αναπτυσσόμενες χώρες παράγαν τα 2/3 και κατανάλωναν το 1/3.

Η υπηρεσία Διαχείρισης Πληροφοριών Ενέργειας των ΗΠΑ στην πιο πρόσφατη αναφορά της (2016) προβλέπει αύξηση της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας κατά 48% ως το 2040.



Διάγραμμα 7. Η εξέλιξη της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας ανά κλάδο ως το 2040

Το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης προέρχεται από χώρες που δεν είναι μέλη του ΟΟΣΑ και η ζήτηση ενέργειας οδηγείται από ισχυρή οικονομική ανάπτυξη. Οι χώρες της Ασίας που δεν είναι μέλη του ΟΟΣΑ, περιλαμβανομένων της Κίνας και της Ινδίας, προβλέπεται να συνεισφέρουν περισσότερο από το μισό της κατανάλωσης ενέργειας ως το 2040. (Eia.gov, 2017).

1.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή ενέργειας

Η παράγραφος 1.2 αναφέρεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπως αυτό διαμορφώνεται από την ανθρώπινη παρέμβαση και τη διαφαινόμενη κλιματική αλλαγή που απειλεί τον πλανήτη. Παρουσιάζονται, επίσης, πολιτικές και πρακτικές που εφαρμόζονται προκειμένου να οδηγήσουν σε μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Στην παράγραφο 1.2.1 μελετάται το φαινόμενο του θερμοκηπίου ως φυσική διαδικασία που οφείλεται στη γήινη ατμόσφαιρα.

Στην παράγραφο 1.2.2 αναφέρονται τα αέρια του θερμοκηπίου όπως ορίστηκαν στο Πρωτόκολλο του Κιότο. Επιπλέον, παρουσιάζεται ο δείκτης Δυναμικό Πλανητικής Θέρμανσης (GPW) που επιτρέπει τη σύγκριση της συνεισφοράς των διαφορετικών αερίων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στην παράγραφο 1.2.3 περιγράφονται οι μηχανισμοί παραγωγής των αερίων του θερμοκηπίου προκειμένου να προταθούν τρόποι μείωσης τους.

Στην παράγραφο 1.2.4 παρουσιάζονται τα σενάρια που έχουν μελετηθεί, σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη, από τους επιστήμονες της Διεθνούς Διακυβερνητικής Διάσκεψης για το Κλίμα (IPCC). Οι επιστήμονες αυτού του κορυφαίου Διεθνούς Οργανισμού για τη μελέτη του κλίματος, έχουν εκπονήσει

σενάρια που προβλέπουν μέτρια ως υψηλή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη.

Η παράγραφος 1.2.5 αναφέρεται στις κλιματικές αλλαγές που έχουν ήδη καταγραφεί από τους ερευνητές της IPCC, ενώ η παράγραφος 1.2.6 αναφέρεται στις μεταβολές που προβλέπει η IPCC για το μέλλον αν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Στην παράγραφο 1.2.7 καταγράφονται οι κυριότεροι σταθμοί στις διεθνείς προσπάθειες για συμφωνία πάνω σε μέτρα προστασίας του πλανήτη από την αύξηση της θερμοκρασίας και την κλιματική αλλαγή.

Στην παράγραφο 1.2.8 γίνεται ειδική αναφορά στο Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Πρόκειται για μια από τις πιο φιλόδοξες προσπάθειες ελέγχου των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που έχει δεχθεί ωστόσο και έντονες επικρίσεις.

Στην παράγραφο 1.2.9 παρουσιάζονται ορισμένες από τις πρακτικές που έχουν εφαρμόσει μεγάλες εταιρείες προς την κατεύθυνση της μείωσης των εκπομπών.

Τέλος, στην παράγραφο 1.2.10 αναφέρονται ατομικές πρακτικές και αλλαγές σε καθημερινές ενέργειες που θα οδηγούσαν σε μείωση των εκπομπών.

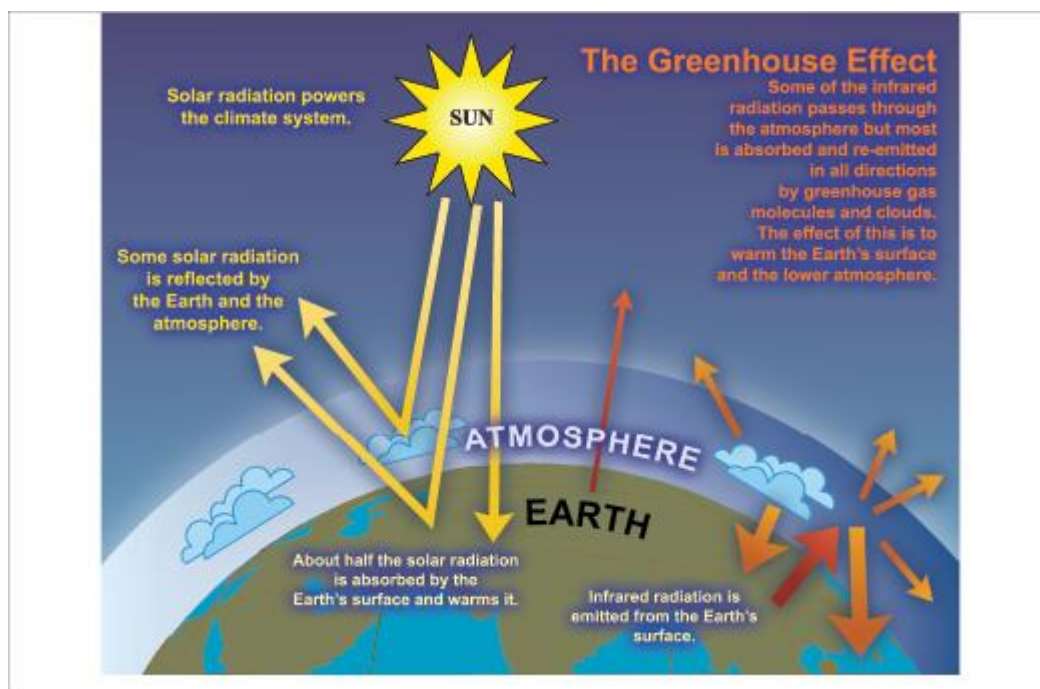
1.2.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια φυσική διαδικασία κατά την οποία η ατμόσφαιρα ενός πλανήτη εμποδίζει τη διαφυγή θερμότητας προς το διάστημα και συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειάς του. Η ανακάλυψη του φαινομένου αποδίδεται στο Γάλλο μαθηματικό, φυσικό και αστρονόμο Ζοζέφ Φουριέ, το 1838, ενώ διερευνήθηκε συστηματικά από το Σουηδό χημικό Σβάντε Αρρένιους στον οποίο οφείλεται και η ονομασία του φαινομένου το 1896. Ο Αρρένιους προετοιμάζοντας τη διδακτορική του διατριβή ανέπτυξε τη θεωρία ότι οι ραγδαία αυξανόμενες βιομηχανίες που εκλύουν άνθρακα και άλλους ρύπους στον αέρα ίσως να μη διαφέρουν, όσον αφορά τις επιπτώσεις τους στις κλιματικές αλλαγές, από τα στοιχεία που εκλύθηκαν στην ατμόσφαιρα με την έκρηξη του ηφαιστείου Κρακατόα στην Ινδονησία το 1883 (Jones and Henderson-Sellers, 1990).

Σύμφωνα με την IPCC, ο ήλιος καθορίζει το κλίμα της Γης, εκπέμποντας ενέργεια στα πολύ μικρά μήκη κύματος, κυρίως στο ορατό ή «πλησίον» του ορατού (π.χ. υπεριώδεις) τμήμα του φάσματος. Περίπου το ένα τρίτο της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στην κορυφή της ατμόσφαιρας αντανακλάται άμεσα στο διάστημα. Τα υπόλοιπα δύο τρίτα απορροφώνται από την επιφάνεια της γης και σε μικρότερο βαθμό από την ατμόσφαιρα. Για να διατηρηθεί το ενεργειακό ισοζύγιο, η Γη πρέπει κατά μέσο όρο να εκπέμψει την ίδια ποσότητα ενέργειας πίσω στο διάστημα. Σύμφωνα με το νόμο μετατόπισης του Wien το μήκος κύματος στο οποίο εμφανίζεται το μέγιστο της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας είναι αντιστρόφως ανάλογο της απόλυτης θερμοκρασίας του σώματος που εκπέμπει. Καθώς η Γη είναι πολύ

ψυχρότερη από τον Ήλιο, ακτινοβολεί σε μήκη κύματος πολύ μεγαλύτερα από αυτά που εκπέμπει ο Ήλιος, κυρίως στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος. Μεγάλο μέρος αυτής της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη γη και τους ωκεανούς, απορροφάται από την ατμόσφαιρα, συμπεριλαμβανομένων των σύννεφων και επανεκπέμπεται πίσω στη Γη.

Πρακτικά, η γήινη ατμόσφαιρα είναι σχεδόν διαφανής στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία (απορροφά μόλις το 20% αυτής) αλλά απορροφά έντονα (90%) τη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (υπέρυθρη) που εκπέμπει η Γη. Αυτό ονομάζεται φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι τοίχοι από γυαλί σε ένα θερμοκήπιο μειώνουν τη ροή αέρα και αυξάνουν τη θερμοκρασία του αέρα. Ανάλογα αλλά μέσω μιας διαφορετικής φυσικής διαδικασίας το γήινο φαινόμενο του θερμοκηπίου θερμαίνει την επιφάνεια του πλανήτη. Χωρίς το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου η μέση θερμοκρασία στον πλανήτη θα ήταν περίπου -18°C , καθιστώντας αδύνατη τη ζωή στον πλανήτη, τουλάχιστον όπως την ξέρουμε. Ωστόσο, οι ανθρώπινες δραστηριότητες, κυρίως η καύση των ορυκτών και η αποψίλωση των δασών έχουν εντείνει το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου προκαλώντας την υπερθέρμανση του πλανήτη (Ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου).



Διάγραμμα 8. Ένα μοντέλο για το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου (IPCC, 2007)

Τα δύο πιο άφθονα αέρια στην ατμόσφαιρα, το άζωτο N_2 (78% v/v) και το οξυγόνο O_2 (21% v/v) δεν έχουν σχεδόν καμία επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πιο σύνθετα και λιγότερο κοινά μόρια είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο, καθώς απορροφούν έντονα την υπέρυθρη ακτινοβολία. Οι υδρατμοί (H_2O) είναι το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου και ακολουθεί το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Το μεθάνιο (CH_4), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), το όζον (O_3) και διάφορα

άλλα αέρια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα σε μικρότερες ποσότητες συμβάλλουν, επίσης, στο φαινόμενο.

Η αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στις ψυχρές και ξηρές πολικές περιοχές έχει πολύ σημαντικότερη επίδραση στο φαινόμενο σε σχέση με τις υγρές περιοχές του ισημερινού. Το ίδιο ισχύει και στα ψυχρά και ξηρά στρώματα της ανώτερης ατμόσφαιρας όπου μια μικρή αύξηση των υδρατμών έχει μεγαλύτερη επίδραση από αυτή που θα είχε κοντά στην επιφάνεια.

Αρκετές συνιστώσες του κλιματικού συστήματος, ιδίως οι ωκεανοί και τα έμβια αντικείμενα επηρεάζουν τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου. Τα φυτά, για παράδειγμα, αφαιρούν το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και το μετατρέπουν μέσω της φωτοσύνθεσης σε νερό και υδατάνθρακες. Στη βιομηχανική εποχή, οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν προσθέσει αέρια του θερμοκηπίου, κυρίως μέσω της καύσης ορυκτών και της αποψίλωσης των δασών (IPCC, 2007).

1.2.2 Τα αέρια του θερμοκηπίου

Σύμφωνα με το γλωσσάριο της Διεθνούς Διάσκεψης για την Κλιματική Αλλαγή (International Panel on Climate Change - IPCC), αέρια του θερμοκηπίου είναι τα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας, τόσο τα φυσικά όσο και τα ανθρωπογενή, τα οποία απορροφούν και εκπέμπουν ακτινοβολία, σε συγκεκριμένα μήκη κύματος του φάσματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας, που εκπέμπεται από τη γήινη επιφάνεια, την ίδια την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα. Οι υδρατμοί (H_2O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), το μεθάνιο (CH_4) και το όζον (O_3) είναι τα πρωταρχικά θερμοκηπιακά αέρια στη γήινη ατμόσφαιρα. Επιπλέον, υπάρχει στην ατμόσφαιρα ένας αριθμός θερμοκηπιακών αερίων αποκλειστικά ανθρωπογενούς προέλευσης, όπως οι αλογονάνθρακες και άλλες ενώσεις που περιέχουν χλώριο και βρόμιο.

Στο πρωτόκολλο του Κιότο (1997) ως αέρια του θερμοκηπίου χαρακτηρίζονται το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το υποξείδιο του αζώτου και επιπλέον το εξαφθοριούχο θείο (SF_6), οι υδροφθοράνθρακες (HFCs) και οι υπερφθοράνθρακες (PFCs) (IPCC, 2007).

Σύμφωνα με την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (Environmental Protection Agency ή EPA) τα αέρια του θερμοκηπίου θερμαίνουν τη Γη απορροφώντας ενέργεια και επιβραδύνοντας το ρυθμό με τον οποίο η ενέργεια αυτή διαφεύγει στο διάστημα, δηλαδή, λειτουργούν σαν «κουβέρτα» που μονώνει τη Γη.

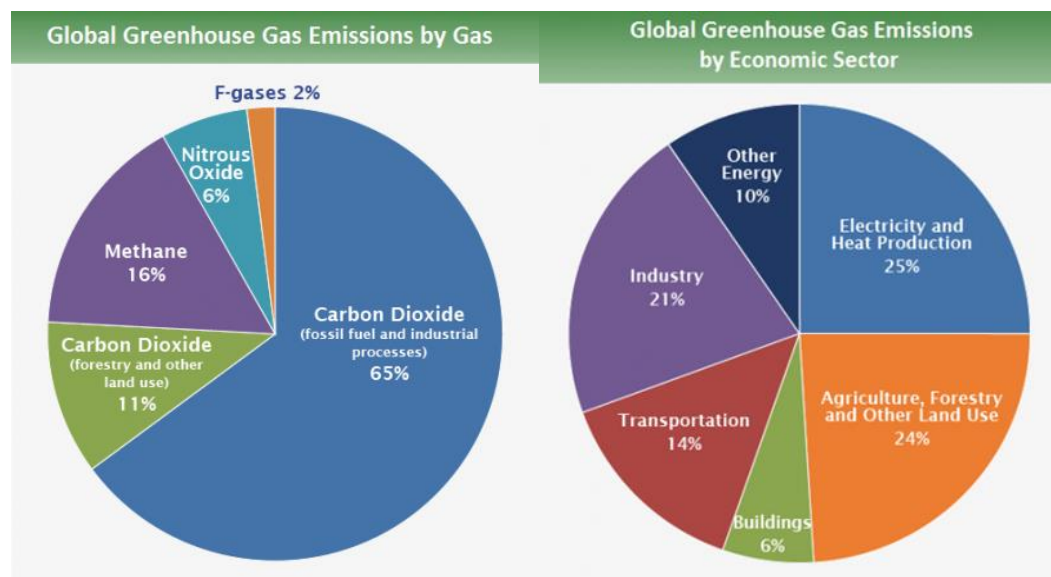
Το κάθε αέριο έχει διαφορετικό αποτέλεσμα στη θέρμανση της γης. Οι δύο βασικοί τρόποι με τους οποίους διαφοροποιούνται τα αέρια μεταξύ τους είναι η ικανότητα να απορροφούν ενέργεια (ενίσχυση ακτινοβολίας ή Radiative Forcing) και ο χρόνος που παραμένουν στην ατμόσφαιρα (χρόνος ζωής).

Το Δυναμικό Πλανητικής Θέρμανσης (Global Warming Potential ή GWP) είναι ένας δείκτης που αναπτύχθηκε για να συγκρίνει τις επιπτώσεις των διαφόρων αερίων στη θέρμανση του πλανήτη. Συγκεκριμένα, είναι ένα μέτρο της ενέργειας που απορροφά ένας τόνος αερίου σε δοσμένο χρονικό διάστημα (συνήθως 100 χρόνια) σε σύγκριση με την ενέργεια που απορροφά ένας τόνος διοξειδίου του άνθρακα στο ίδιο χρονικό διάστημα. Το CO₂ έχει εξ' ορισμού GWP ίσο με 1, το CH₄ τιμή που εκτιμάται από 28 ως 36, το N₂O τιμές από 265 ως 298, ενώ οι υδροφθοράνθρακες (HFCs) οι υπερφθοράνθρακες (PFCs) και το εξαφθοριούχο θείο (SF₆) χαρακτηρίζονται ως αέρια υψηλού GWP, καθώς οι τιμές που εμφανίζουν είναι της τάξης των χιλιάδων ή δεκάδων χιλιάδων. Οι παραπάνω τιμές έχουν υπολογιστεί για χρονικό διάστημα 100 ετών και διαφοροποιούνται ανάλογα με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στον υπολογισμό τους (Epa.gov, 2017a).

Η έννοια του GWP επιτρέπει να γίνεται αναγωγή ενός εκπεμπόμενου αερίου ή ενός εκπεμπόμενου μίγματος αερίων σε τόνους ισοδυνάμου του διοξειδίου του άνθρακα (tCO_{2e}). Το tCO_{2e} υπολογίζεται αν πολλαπλασιαστούν οι εκπομπές του καθενός από τα έξι αέρια του θερμοκηπίου με το αντίστοιχο Δυναμικό Πλανητικής Θέρμανσης για περίοδο 100 ετών (DS Consulting, n.d.)

1.2.3 Παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι εκπομπές των θερμοκηπιακών αερίων ανά αέριο και οι εκπομπές ανά τομέα για το 2010, σύμφωνα με τα στοιχεία του IPCC.



Διάγραμμα 9. Οι εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων ανά αέριο και ανά τομέα

Source: [IPCC \(2014\)](#)

Στην πρώτη θέση εκπομπής βρίσκεται το CO₂ με συνολικό ποσοστό 76%. Η καύση ορυκτών καυσίμων είναι η κύρια πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (65%). Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί επίσης να εκπέμπεται από άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η αποψίλωση των δασών, η αποψίλωση γης για γεωργική

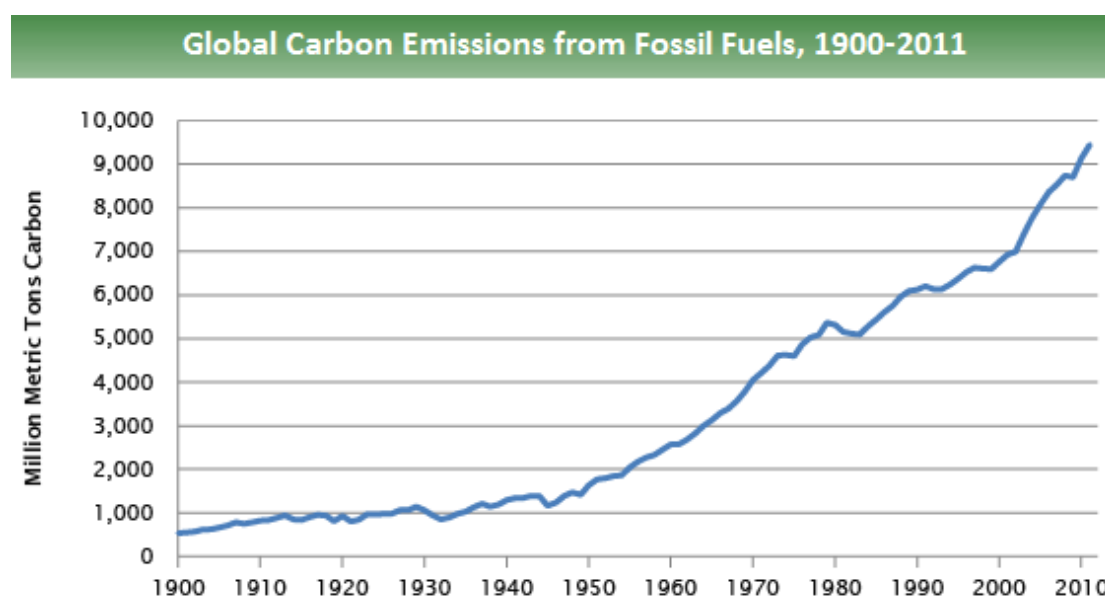
χρήση και η υποβάθμιση του εδάφους (16%). Οι αντίστροφες διαδικασίες, όπως αναδάσωση, βελτίωση των εδαφών και άλλες δραστηριότητες θα μπορούσαν να απομακρύνουν ποσότητες CO₂ από την ατμόσφαιρα.

Το μεθάνιο που βρίσκεται στη 2^η θέση των εκπομπών με ποσοστό 16%, παράγεται από γεωργικές δραστηριότητες, διαχείριση απορριμμάτων, χρήση ενέργειας και δημιουργία βιομάζας.

Το υποξείδιο του αζώτου που ακολουθεί με ποσοστό 6%, παράγεται κατά κύριο λόγο από γεωργικές δραστηριότητες, όπως η χρήση λιπασμάτων αλλά και η καύση βιομάζας (Epa.gov, 2017b).

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στα φθοριούχα αέρια, μια οικογένεια από τεχνητά αέρια που χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, κυρίως στους τομείς της ψύξης και του κλιματισμού. Αν και οι εκπομπές τους αντιπροσωπεύουν μόνο το 2% του συνόλου των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, είναι η μόνη ομάδα με σαφή αυξητική τάση, ενώ ταυτόχρονα είναι αέρια με πολύ υψηλό Δυναμικό Πλανητικής Θέρμανσης, το οποίο φτάνει μέχρι και 23.000 για το εξαφθοριούχο θείο (SF₆). Ο κύριος λόγος για την αυξητική τάση είναι ότι από τη δεκαετία του 1990 έχουν αντικαταστήσει στους τομείς της ψύξης και του κλιματισμού, τους χλωροφθοράνθρακες (CFCs) και τους υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs), αέρια που καταργήθηκαν σταδιακά από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ ως ουσίες υπεύθυνες για την καταστροφή της στιβάδας του όζοντος. Οι φθοριούχες ενώσεις εκτός από την ψύξη και τον κλιματισμό χρησιμοποιούνται σε μια πληθώρα προϊόντων, από συστήματα πυρόσβεσης μέχρι καλλυντικά και φάρμακα (ΥΠΕΚΑ, 2009-2015c).

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που οφείλονται στην καύση ορυκτών από το 1900.



Διάγραμμα 10. Η μεταβολή της ποσότητας του CO₂ που οφείλεται στην καύση ορυκτών. Source: Boden, T.A., Marland, G., and Andres R.J. (2015).

1.2.4 Σενάρια υπερθέρμανσης

Τις τελευταίες δεκαετίες οι προσπάθειες της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας να προβλέψει την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και να προλάβει μη αναστρέψιμες αλλαγές έχουν οδηγήσει στη διατύπωση πολυάριθμων σεναρίων. Η πρόβλεψη της μεταβολής της θερμοκρασίας του πλανήτη και των συνεπειών της, είναι ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα στο οποίο υπεισέρχονται πάρα πολλές παράμετροι, μεταξύ των οποίων είναι οι ανθρωπίνες δραστηριότητες που δύσκολα ελέγχονται. Σημαντικό ρόλο στην διαχείριση των σεναρίων προκειμένου να γίνουν προβλέψεις για την πιθανή μελλοντική κλιματική αλλαγή παίζει η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC).

Η IPCC είναι ο κορυφαίος διεθνής οργανισμός για την αξιολόγηση της αλλαγής του κλίματος. Ιδρύθηκε από το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP) και τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO) το 1988, προκειμένου να παρέχει στον κόσμο μια σαφή επιστημονική άποψη σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση της γνώσης στην αλλαγή του κλίματος και τις πιθανές περιβαλλοντικές και κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις της. Η IPCC αξιολογεί τις πλέον πρόσφατες επιστημονικές, τεχνικές και κοινωνικο-οικονομικές πληροφορίες που παράγονται σε όλο τον κόσμο και δημοσιεύει τα συμπεράσματα και τις προτάσεις της σε τακτικές αλλά και έκτακτες εκθέσεις. Οι χώρες-μέλη της IPCC είναι 195, ενώ χιλιάδες επιστήμονες συμβάλλουν στις εργασίες της (IPCC, 2007).

Το 2000 η IPCC δημοσίευσε την Ειδική Αναφορά για τα Σενάρια Εκπομπών (Special Report on Emission Scenarios, SRES) στην οποία τα περισσότερα από 40 σενάρια που είχαν διατυπωθεί μέχρι τότε, ομαδοποιούνταν σε έξι οικογένειες σεναρίων (A1FI, A1B, A1T, A2, B1 και B2.) Τα κυριότερα σημεία στα οποία διαφοροποιούνταν τα διάφορα σενάρια ήταν ο ρυθμός οικονομικής ανάπτυξης, η μεταβολή του ανθρωπίνου πληθυσμού στον πλανήτη, η εξάπλωση νέων και επαρκών τεχνολογιών και η ισορροπία μεταξύ των πηγών ενέργειας με έμφαση στη μη χρήση ορυκτών. Κοινή πρόβλεψη σε όλα τα σενάρια ήταν η αύξηση των εκπεμπόμενων ποσοτήτων αερίων του θερμοκηπίου και η ανύψωση της θερμοκρασίας του πλανήτη σε τιμές που κυμαίνονταν από 1,1°C μέχρι και 6,4°C. Παρά τις προβλέψεις, η αύξηση στις εκπομπές του CO₂ που παράχθηκε από καύση ορυκτών, μεταξύ του 2000 και του 2009, ήταν κατά μέσο όρο 3% σε ετήσια βάση ξεπερνώντας τις εκτιμώμενες τιμές στα 35 από τα 40 σενάρια. Ακολούθησε το 2010 με τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου να σημειώνουν ένα άλμα 6% σε σχέση με το 2009 ξεπερνώντας και το χειρότερο σενάριο που είχε αναφερθεί στην 4^η Έκθεση Αξιολόγησης της IPCC (4th Assessment Report).

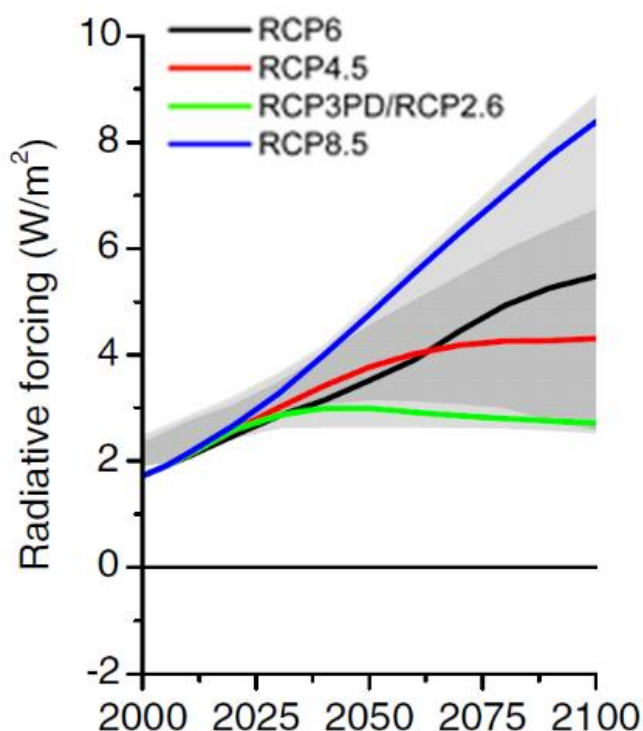
Το 2014, στην 5^η Έκθεση Αξιολόγησης, η IPCC αντικατέστησε τις προβλέψεις των SRES με τα μοντέλα των «Οδών Αντιπροσωπευτικών Συγκεντρώσεων» ή Representative Concentration Pathways (RCPs). Τα RCPs είναι τέσσερις καμπύλες που είναι πιθανό να διαγράψουν οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου τα επόμενα χρόνια. Περιγράφουν τέσσερα πιθανά «κλιματικά μέλλοντα» που εξαρτώνται από τις

ποσότητες των αερίων θερμοκηπίου που θα εκλυθούν τα επόμενα χρόνια. Τα τέσσερα σενάρια ονομάζονται RCP2.6, RCP4.5, RCP6 και RCP8.5 από τη διαφορά των τιμών που θα έχει η «Ενίσχυση Ακτινοβολίας» (Radiative Forcing) το 2100 σε σχέση με τις τιμές της προβιομηχανικής περιόδου.

Ως Ενίσχυση Ακτινοβολίας ορίζεται ως η διαφορά της απορροφούμενης από τη γη ηλιακής ακτινοβολίας και της ενέργειας που ακτινοβολείται πίσω στο διάστημα. Υπολογίζεται στο ύψος της τροπόσφαιρας σε W/m^2 . Πρακτικά, οι θετικές τιμές δηλώνουν θέρμανση του συστήματος ενώ οι αρνητικές τιμές ψύξη (Shindell et. al. 2013).

Το σενάριο RCP2.6 υποθέτει πως οι ετήσιες παγκόσμιες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου θα κορυφωθούν μεταξύ του 2010 και 2020, ενώ θα μειωθούν ουσιαστικά στη συνέχεια. Οι εκπομπές στο σενάριο RCP4.5 κορυφώνονται γύρω στο 2040 και μειώνονται στη συνέχεια. Στο RCP6 κορυφώνονται γύρω στο 2080 για να μειωθούν στη συνέχεια ενώ στο RCP8.5 συνεχίζουν να αυξάνονται σε όλη τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα.

Στο παρακάτω διάγραμμα εμφανίζονται οι τιμές της ενίσχυσης ακτινοβολίας όπως προβλέπεται να διαμορφωθούν μελλοντικά σύμφωνα με το κάθε σενάριο.



Διάγραμμα 11. Η ενίσχυση ακτινοβολίας όπως προβλέπεται να εξελιχθεί στον 21^ο αιώνα σύμφωνα με το κάθε σενάριο. Η ανοιχτή γκρι περιοχή καταλαμβάνει το 98% της κλίμακας σε προηγούμενα σενάρια και η σκούρα γκρι περιοχή το 90% της κλίμακας.

Figure: Radiative Forcing of the Representative Concentration Pathways. From van Vuuren et al (2011) The Representative Concentration Pathways: An Overview. Climatic Change, 109 (1-

2), 5-31. The light grey area captures 98% of the range in previous IAM scenarios, and dark grey represents 90% of the range.

Σύμφωνα με το RCP8.5 η ενίσχυση ακτινοβολίας αυξάνεται στα 8,5W/m² το 2100. Σύμφωνα με το RCP6 η ενίσχυση ακτινοβολίας σταθεροποιείται στα 6W/m² μετά το 2100. Σύμφωνα με το RCP4.5 η ενίσχυση ακτινοβολίας σταθεροποιείται στα 4.5W/m² μετά το 2100. Σύμφωνα με το RCP2.6 η ενίσχυση ακτινοβολίας κορυφώνεται περίπου στα 3W/m² πριν το 2100 και στη συνέχεια ακολουθεί πτωτική πορεία (Sedac.ipcc-data.org, 2017).

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται οι μεσοπρόθεσμες (2046-2065) και μακροπρόθεσμες (2081-2100) προβλέψεις για την παγκόσμια υπερθέρμανση και την παγκόσμια ανύψωση της στάθμης της θάλασσας σε σύγκριση με τις τιμές που επικρατούσαν στις αρχές του 21^{ου} αιώνα (5^η Έκθεση Αξιολόγησης της IPCC, 2014).

Πίνακας 2. Η προβλεπόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας και της θαλάσσιας στάθμης από κάθε σενάριο για τις περιόδους 2046-2065 και 2081-2100

		2046–2065		2081–2100	
	Scenario	Mean	Likely range ^c	Mean	Likely range ^c
Global Mean Surface Temperature Change (°C) ^a	RCP2.6	1.0	0.4 to 1.6	1.0	0.3 to 1.7
	RCP4.5	1.4	0.9 to 2.0	1.8	1.1 to 2.6
	RCP6.0	1.3	0.8 to 1.8	2.2	1.4 to 3.1
	RCP8.5	2.0	1.4 to 2.6	3.7	2.6 to 4.8
	Scenario	Mean	Likely range ^d	Mean	Likely range ^d
Global Mean Sea Level Rise (m) ^b	RCP2.6	0.24	0.17 to 0.32	0.40	0.26 to 0.55
	RCP4.5	0.26	0.19 to 0.33	0.47	0.32 to 0.63
	RCP6.0	0.25	0.18 to 0.32	0.48	0.33 to 0.63
	RCP8.5	0.30	0.22 to 0.38	0.63	0.45 to 0.82

Σε όλα τα σενάρια η μέση θερμοκρασία του πλανήτη προβλέπεται να αυξηθεί ως τα τέλη του 21^{ου} αιώνα. Η αύξηση στα διάφορα σενάρια κυμαίνεται από 0.3 °C μέχρι 4.8 °C. Αντίστοιχα, η στάθμη της θάλασσας προβλέπεται να ανυψωθεί από 0.26m μέχρι 0.82m ως τα τέλη του 21^{ου} αιώνα.

1.2.5 Παρατηρούμενες αλλαγές και αιτίες

Σύμφωνα με την 5^η και πιο πρόσφατη Αναφορά της IPCC Fifth Assessment Report (AR5) η ανθρώπινη επίδραση στο κλιματικό σύστημα είναι σαφής και οι πρόσφατες ανθρωπογενείς εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων είναι οι υψηλότερες στην ιστορία του ανθρώπου. Οι πρόσφατες κλιματικές αλλαγές είχαν ευρείας κλίμακας αποτελέσματα στον άνθρωπο και στα φυσικά συστήματα (IPCC, 2014).

Η θέρμανση του κλιματικού συστήματος είναι ξεκάθαρη και πολλές από τις αλλαγές που παρατηρήθηκαν μετά το 1950 δεν είχαν εμφανιστεί για δεκαετίες ή και χιλιετίες.

Η ατμόσφαιρα και ο ωκεανός έχουν θερμανθεί, τα ποσά χιονιού και πάγου έχουν μειωθεί και η επιφάνεια της θάλασσας έχει ανυψωθεί. Από το 1880 ως το 2012 η μέση θερμοκρασία του πλανήτη έχει ανυψωθεί κατά 0,85 °C. Από το 1901 ως το 2010 η μέση στάθμη της θάλασσας έχει ανέλθει κατά 19 cm καθώς οι ωκεανοί εξαπλώνονται και οι πάγοι λιώνουν (IPCC, 2014).

Οι ανθρωπογενείς εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων έχουν αυξηθεί από την προβιομηχανική περίοδο, οδηγούμενες από την οικονομική και πληθυσμιακή αύξηση και βρίσκονται τώρα στα υψηλότερα επίπεδα από ποτέ. Ως συνέπεια, οι συγκεντρώσεις των CO₂, CH₄, N₂O βρίσκονται σε επίπεδα που δεν έχουν εμφανιστεί τα τελευταία 800.000 χρόνια. Τα αποτελέσματα τους, καθώς και άλλες ανθρωπογενείς δράσεις έχουν ανιχνευθεί σε όλο το κλιματικό σύστημα και είναι εξαιρετικά πιθανό να αποτελούν την κύρια αιτία για την παρατηρούμενη θέρμανση από το τελευταίο μισό του 20^{ου} αιώνα.

Οι αλλαγές του κλίματος στις τελευταίες δεκαετίες έχουν συνέπειες στα φυσικά και ανθρώπινα συστήματα σε όλες τις ηπείρους και τους ωκεανούς. Οι συνέπειες οφείλονται στην παρατηρούμενη κλιματική αλλαγή ανεξάρτητα από τις αιτίες της, καταδεικνύοντας έτσι την ευαισθησία των φυσικών και ανθρώπινων συστημάτων στην αλλαγή του κλίματος (IPCC, 2014).

Αλλαγές σε πολλά ακραία καιρικά φαινόμενα και κλιματικά γεγονότα έχουν παρατηρηθεί από το 1950 περίπου. Μερικές από αυτές έχουν συνδεθεί με ανθρώπινες επιρροές περιλαμβάνοντας την μείωση των ακραίων χαμηλότερων θερμοκρασιών, την αύξηση των ακραίων υψηλότερων θερμοκρασιών, την αύξηση των υψηλότερων επιπέδων της θάλασσας και την αύξηση των κατακρημνίσεων σε πολλές περιοχές (IPCC, 2014).

1.2.6 Μελλοντικές κλιματικές αλλαγές - Κίνδυνοι και επιπτώσεις

Η IPCC στην 5^η αναφορά της (2014) δηλώνει πως οι συνεχιζόμενες εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων θα προκαλέσουν επιπλέον θέρμανση και μεγάλης διάρκειας αλλαγές σε όλα τα συστατικά του κλιματικού συστήματος αυξάνοντας τις πιθανότητες για σοβαρές και μη αναστρέψιμες επιπτώσεις για τους ανθρώπους και τα οικοσυστήματα. Ο περιορισμός της κλιματικής αλλαγής θα απαιτούσε ουσιαστικές και συνεχείς μειώσεις των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων οι οποίες μαζί με προσαρμογή μπορούν να περιορίσουν τους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής.

Οι σωρευτικές εκπομπές του CO₂ καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την παγκόσμια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης στα τέλη του 21^{ου} αιώνα και αργότερα. Οι προβλέψεις των εκπομπών των θερμοκηπιακών αερίων ποικίλουν σε μεγάλο βαθμό εξαρτώμενες τόσο από την κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη όσο και από την πολιτική για το κλίμα.

Η θερμοκρασία της επιφάνειας της γης προβλέπεται να αυξηθεί κατά τον 21^ο αιώνα από όλα τα αξιολογημένα σενάρια. Είναι πολύ πιθανό κύματα καύσωνα να συμβαίνουν όλο και συχνότερα και να διαρκούν περισσότερο, ενώ ακραίες βροχοπτώσεις να είναι όλο και πιο έντονες και συχνές σε πολλές περιοχές. Οι ωκεανοί θα συνεχίσουν να θερμαίνονται και να γίνονται περισσότερο όξινοι, ενώ η στάθμη της θάλασσας θα συνεχίσει να ανυψώνεται.

Η κλιματική αλλαγή θα ενισχύσει τους υπάρχοντες κινδύνους και θα δημιουργήσει νέους κινδύνους για τα φυσικά και ανθρώπινα συστήματα. Οι κίνδυνοι δεν κατανέμονται ομοιόμορφα και γενικά είναι μεγαλύτεροι για ανθρώπους και κοινότητες που βρίσκονται σε μειονεκτική θέση σε όλα τα επίπεδα ανάπτυξης.

Μεγάλο ποσοστό το φυτικού και ζωικού βασιλείου αντιμετωπίζει αυξημένο κίνδυνο εξαφάνισης κατά τη διάρκεια και μετά τον 21^ο αιώνα, λόγω της κλιματικής αλλαγής. Τα περισσότερα φυτά δεν μπορούν να αλλάξουν με φυσικό τρόπο τις γεωγραφικές τους περιοχές αρκετά γρήγορα ώστε να προλάβουν τους ψηλούς ρυθμούς της κλιματικής αλλαγής. Τα περισσότερα μικρά θηλαστικά και μαλάκια του γλυκού νερού δεν θα τα καταφέρουν στα πεδινά τοπία. Οι θαλάσσιοι οργανισμοί θα συναντούν προοδευτικά χαμηλότερα επίπεδα οξυγόνου και υψηλούς ρυθμούς οξύνισης των ωκεανών με τους κινδύνους να επιδεινώνονται από την αύξηση της θερμοκρασίας των νερών. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι και οι αρκτικές περιοχές είναι εξαιρετικά ευαίσθητες. Τα παράκτια συστήματα και οι περιοχές κοντά στην επιφάνεια του νερού κινδυνεύουν από την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας που θα συνεχιστεί για αιώνες, ακόμα και αν σταθεροποιηθεί η μέση παγκόσμια θερμοκρασία. (IPCC, 2014).

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να υπονομεύσει την ασφάλεια της τροφής. Από τα μέσα του 21^{ου} αιώνα και ύστερα η ανακατανομή των θαλάσσιων ειδών παγκοσμίως και η μείωση της θαλάσσιας βιοποικιλότητας σε ευαίσθητες περιοχές θα απειλήσει τη συνεχή παραγωγικότητα ψαριών και άλλων υπηρεσιών του οικοσυστήματος. Για το σιτάρι, το ρύζι και το καλαμπόκι σε τροπικές και εύκρατες περιοχές η κλιματική αλλαγή χωρίς προσαρμογή προβλέπεται να επηρεάσει αρνητικά την παραγωγή, αν και κάποιες μεμονωμένες περιοχές ίσως επωφεληθούν. Υψηλότερη αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την αυξημένη ζήτηση τροφής θέτει σε σοβαρό κίνδυνο την ασφάλεια της τροφής σε παγκόσμιο επίπεδο. Επιπλέον, προβλέπεται μείωση στα επιφανειακά ανανεώσιμα νερά, καθώς και στα υπόγεια αποθέματα, κυρίως στις υποτροπικές περιοχές, εντείνοντας τον ανταγωνισμό μεταξύ χωρών για το νερό.

Ως τα μέσα του αιώνα η προβλεπόμενη κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει την ανθρώπινη υγεία, κυρίως επιδεινώνοντας προβλήματα υγείας που ήδη υπάρχουν. Κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα η κλιματική αλλαγή αναμένεται να αυξήσει τα κρούσματα κακής υγείας σε πολλές περιοχές και ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες με χαμηλό εισόδημα. Σύμφωνα με το πιο απαισιόδοξο σενάριο, ως το 2100 ο συνδυασμός υψηλών θερμοκρασιών και υγρασίας σε κάποιες περιοχές και για ορισμένα διαστήματα του χρόνου, αναμένεται να προκαλέσει συμβιβασμούς σε

κοινές ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η ανάπτυξη, το φαγητό και η εργασία σε υπαίθριους χώρους (IPCC, 2014).

Στις αστικές περιοχές η κλιματική αλλαγή προβλέπεται να αυξήσει τους κινδύνους για ανθρώπους, περιουσίες, οικονομίες και οικοσυστήματα περιλαμβάνοντας κινδύνους από πίεση λόγω θερμοκρασίας, καταιγίδες και ακραίες βροχοπτώσεις, εσωτερικές και παράκτιες πλημμύρες, κατολισθήσεις, μόλυνση του αέρα, ξηρασία, έλλειψη νερού, ανύψωση της στάθμης της θάλασσας και ακραία καιρικά φαινόμενα. Οι κίνδυνοι ενισχύονται για όσους στερούνται αναγκαίες υποδομές και υπηρεσίες ή ζουν σε εκτεθειμένες περιοχές. (IPCC, 2014).

Οι αγροτικές περιοχές αναμένεται να βιώσουν μεγάλες επιπτώσεις από τη διαθεσιμότητα νερού και εφοδίων, ασφάλεια τροφής, υποδομές και αγροτικά εισοδήματα περιλαμβάνοντας και αλλαγές στις περιοχές παραγωγής και στις αγροτικές καλλιέργειες για τρόφιμα και άλλα είδη. (IPCC, 2014).

Η αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται να επιταχύνει συνολικά τις οικονομικές απώλειες, αλλά οι οικονομικές επιπτώσεις σε παγκόσμια κλίμακα είναι προς το παρόν δύσκολο να εκτιμηθούν. Από την προοπτική της φτώχειας, η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επιβραδύνει την οικονομική ανάπτυξη, να δυσχεράνει τη μείωση της φτώχειας, να διαβρώσει την ασφάλεια τροφής, να παρατείνει τις υπάρχουσες και να δημιουργήσει νέες παγίδες φτώχειας, ειδικά στις αστικές περιοχές και να αναδείξει απομονωμένες περιοχές φτώχειας. Οι διεθνείς διαστάσεις όπως το εμπόριο και οι διακρατικές σχέσεις είναι επίσης σημαντικές για την κατανόηση των κινδύνων της κλιματικής αλλαγής σε περιφερειακή κλίμακα. (IPCC, 2014).

Η κλιματική αλλαγή προβλέπεται να αυξήσει τις μετακινήσεις ανθρώπων. Πληθυσμοί που στερούνται τους πόρους για προγραμματισμένη μετανάστευση βιώνουν υψηλότερη έκθεση σε ακραία καιρικά φαινόμενα, ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες με χαμηλό εισόδημα. Η κλιματική αλλαγή μπορεί έμμεσα να οδηγήσει σε αύξηση του κινδύνου βίαιων συγκρούσεων ενισχύοντας καλά στοιχειοθετημένες αιτίες τέτοιων συγκρούσεων όπως η φτώχεια και οι οικονομικές ανισότητες. (IPCC, 2014).

1.2.7 Προσπάθειες μείωσης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου

Διεθνείς Πολιτικές

Η βασική διεθνής συμφωνία για το κλίμα είναι η σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές αλλαγές (UNFCCC) που εγκρίθηκε στην παγκόσμια σύνοδο κορυφής του Ρίο το 1992. Ήταν ένας τρόπος διακρατικής συνεργασίας με σκοπό να περιοριστούν η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη και η κλιματική αλλαγή. Στα μέσα της δεκαετίας του 1990, οι χώρες που είχαν υπογράψει την UNFCCC συνειδητοποίησαν ότι απαιτούνταν αυστηρότερες διατάξεις για τη μείωση των εκπομπών. Το 1997 ενέκριναν το Πρωτόκολλο του Κιότο το οποίο εισήγαγε νομικά δεσμευτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών για τις ανεπτυγμένες χώρες. Υπήρξαν

σκληρές διαπραγματεύσεις μεταξύ πλευρών με διαφορετικά συμφέροντα, μετά από τις οποίες οι βιομηχανικές χώρες δεσμεύτηκαν για συνολική μείωση των εκπομπών κατά 5,2 % σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, για την πρώτη περίοδο δέσμευσης (2008 – 2012).

Η δεύτερη περίοδος δέσμευσης του Πρωτοκόλλου του Κιότο άρχισε την 1^η Ιανουαρίου 2013 και λήγει το 2020. Συμμετέχουν 38 ανεπτυγμένες χώρες, μεταξύ των οποίων η ΕΕ και τα 28 κράτη μέλη της. Η δεύτερη αυτή περίοδος καλύπτεται από την τροποποίηση της Ντόχα με την οποία οι συμμετέχουσες χώρες δεσμεύτηκαν να μειώσουν τις εκπομπές τους σε επίπεδο που θα είναι τουλάχιστον κατά 18% χαμηλότερο από εκείνο του 1990. Η ΕΕ δεσμεύτηκε να μειώσει στο διάστημα αυτό τις εκπομπές της σε επίπεδο που θα είναι κατά 20% χαμηλότερο από εκείνο του 1990 (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2017).

Παρά την εκτεταμένη συμμετοχή, το Πρωτόκολλο του Κιότο είχε περιορισμένες δυνατότητες αντιμετώπισης των παγκόσμιων εκπομπών, καθώς οι ΗΠΑ παρέμεναν εκτός δικαιοδοσίας, ενώ οι αναπτυσσόμενες χώρες δεν έθεταν στόχους εκπομπών. Οι στόχοι της 2^{ης} περιόδου δέσμευσης απαιτούσαν δράσεις για εκπομπές μειωμένες κατά 13% στο 2014.

Παράλληλα με τη συμφωνία για τη 2^η περίοδο δέσμευσης, οι ανεπτυγμένες και οι αναπτυσσόμενες χώρες υπέβαλλαν εθελοντικά δεσμεύσεις μείωσης των εκπομπών με τις συμφωνίες της Κοπεγχάγης (2009) και του Κανκούν (2010). Παρά τις δυσκολίες που εμφανίζονταν και τις ασυνέπειες πολλών χωρών, το εύρος της συμμετοχής για τις δεσμεύσεις μείωσης ήταν μια σημαντική βελτίωση σε σχέση με το Πρωτόκολλο του Κιότο και έθεσε τα θεμέλια για τη συμφωνία του Παρισιού (International Energy Agency, 2016c).

Η συμφωνία του Παρισιού για την κλιματική αλλαγή αποτελεί την πρώτη οικουμενική, νομικά δεσμευτική παγκόσμια συμφωνία για το κλίμα. Στη διάσκεψη του Παρισιού (30/11/2015 έως 11/12/2015) περισσότερες από 170 χώρες κατέληξαν σε παγκόσμια συμφωνία για την κλιματική αλλαγή. Η συμφωνία συνιστά ισορροπημένο αποτέλεσμα και περιλαμβάνει σχέδιο δράσης για τον περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη «αρκετά κάτω» από 2°C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Οι διάφορες χώρες υπέβαλλαν την εθνικά καθορισμένη πρόθεση συνεισφοράς (INDC) στο πλαίσιο της νέας παγκόσμιας συμφωνίας για το κλίμα. Η ΕΕ ανακοίνωσε το δικό της στόχο για μείωση, έως το 2030, των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 40% σε σύγκριση με το 1990. Παράλληλα, οι κυβερνήσεις συμφώνησαν να κοινοποιούν κάθε 5 χρόνια τις συνεισφορές τους με σκοπό τον καθορισμό πιο φιλόδοξων στόχων. Δέχθηκαν, επίσης, να κοινοποιούν μεταξύ τους και να ενημερώνουν το κοινό σχετικά με την πρόοδο υλοποίησης των στόχων με σκοπό την εξασφάλιση διαφάνειας και εποπτείας. Η ΕΕ και οι άλλες ανεπτυγμένες χώρες θα εξακολουθήσουν να παρέχουν χρηματοδότηση για το κλίμα ώστε να βοηθήσουν τις αναπτυσσόμενες χώρες να μειώσουν τις εκπομπές και να θωρακιστούν έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2017).

1.2.8 Το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο, οι χώρες μπορούν να συμμορφωθούν με τους στόχους μείωσης των εκπομπών είτε μειώνοντας τις εκπομπές από καύση ορυκτών είτε μειώνοντας τις εκπομπές από άλλους τομείς (χρήση γης ή άμεσες βιομηχανικές εκπομπές) είτε μέσω του «ευέλικτου μηχανισμού» ΣΕΔΕ του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Με βάση το «Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου» (ΣΕΔΕ), κάθε χώρα μπορεί να κερδίσει δικαιώματα εκπομπής (emission credits) από τα προγράμματα μείωσης εκπομπών στις συμμετέχουσες αναπτυσσόμενες χώρες και οικονομίες σε μετάβαση (International Energy Agency, 2016c).

Σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία 2003/87/ΕΚ, κάθε δικαίωμα αντιστοιχεί στην άδεια εκπομπής ενός τόνου διοξειδίου του άνθρακα ή ισοδύναμης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα για καθορισμένη περίοδο. Το ΣΕΔΕ εγκαινιάστηκε το 2005 και εξελίχθηκε με μια σειρά τροποποιήσεων της αρχικής νομοθεσίας της οδηγίας 2003/87/ΕΚ.

Τα κυριότερα σημεία της οδηγίας είναι:

- Από την 1^η Ιανουαρίου 2005 οι φορείς εκμετάλλευσης των εγκαταστάσεων που ασκούν τις δραστηριότητες οι οποίες καλύπτονται από την οδηγία πρέπει να έχουν κατάλληλη άδεια εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου.
- Το σύστημα ΣΕΔΕ της ΕΕ καλύπτει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, ένα ευρύ φάσμα των τομέων της βιομηχανίας εντάσεως ενέργειας και εμπορικές αεροπορικές εταιρείες. Περιλαμβάνονται, επίσης, εκπομπές πρωτοξειδίου του αζώτου (N₂O) από την παραγωγή ορισμένων οξέων και των εκπομπών των υπερφθορανθράκων (PFCs) από την παραγωγή αλουμινίου.
- Οι εθνικές αρμόδιες αρχές εκδίδουν τις άδειες εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, εφόσον είναι βέβαιες ότι ο φορέας εκμετάλλευσης έχει την ικανότητα παρακολούθησης και αναφοράς των εκπομπών.
- Εντός του ενιαίου ανώτατου ορίου της ΕΕ για τις άδειες (το οποίο μειώνεται κατά 1,74% ετησίως), οι φορείς εκμετάλλευσης εργοστασίων λαμβάνουν ή αγοράζουν άδειες εκπομπής τις οποίες μπορούν να πωλήσουν και να αγοράσουν μεταξύ τους ανάλογα με τις ανάγκες. Μπορούν, επίσης, να ανταλλάξουν με άδειες ορισμένα περιορισμένα ποσά διεθνών πιστώσεων από έργα με χαμηλές εκπομπές ανά τον κόσμο.
- Οι φορείς εκμετάλλευσης θα πρέπει να παρακολουθούν και να αναφέρουν τις εκπομπές τους στις αρχές. Οι εκθέσεις ελέγχονται από ανεξάρτητους ελεγκτές.
- Μετά από κάθε έτος, οι φορείς εκμετάλλευσης πρέπει να παραχωρούν αρκετές άδειες για να καλύψουν όλες τους τις εκπομπές, διαφορετικά επιβάλλονται πρόστιμα.

- Από το 2013 ο πλειστηριασμός των αδειών συνιστά τον εξ ορισμού κανόνα κατανομής.
- Οι χώρες της ΕΕ πρέπει να χρησιμοποιούν τουλάχιστον 50% των εσόδων που λαμβάνουν από τον πλειστηριασμό των αδειών σε μέτρα αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής (Οδηγία 2003/87/ΕΚ, 2016).

Μέσω του ευέλικτου μηχανισμού και των διατάξεων, το διοξείδιο του άνθρακα μετατράπηκε σε εμπορεύσιμο αγαθό και έγινε οδηγός για την ανάπτυξη σχεδίων εμπορίας εθνικών εκπομπών.

Το ΣΕΔΕ κατά την εφαρμογή του συνάντησε και αντίλογο τα κυριότερα σημεία του οποίου είναι:

- Το επίπεδο των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται από κάθε χώρα δεν μπορεί να ποσοτικοποιηθεί επακριβώς με τον τρόπο που χρειάζεται ώστε να λειτουργήσει το σύστημα.
- Για να είναι αποτελεσματικό ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να υπάρχει η κατάλληλη επόπτευση των εκπομπών, επιβολή κυρώσεων και περιορισμένος αριθμός πηγών εκπομπών. Η υπηρεσία περιβάλλοντος του Ηνωμένου Βασιλείου έχει δηλώσει ότι το 40% των σημείων εκπομπής δεν εποπτεύονται ικανοποιητικά (Corporate Watch, 2017c; Corporate Watch Report 2008).
- Επιτρέπεται στις πολυεθνικές να συνεχίσουν να ρυπαίνουν αν έχουν τη δυνατότητα να αγοράσουν δικαιώματα εκπομπής ρύπων από άλλες εταιρείες που ρυπαίνουν λιγότερο ή να δημιουργήσουν δικαιώματα εκπομπής ρύπων υλοποιώντας καθαρά έργα ανάπτυξης σε αναπτυσσόμενες χώρες εκμεταλλευόμενες ακόμα περισσότερο τους φυσικούς τους πόρους.
- Τα κίνητρα για την εφαρμογή του συστήματος είναι οικονομικά και όχι περιβαλλοντικά.
- Το σύστημα είναι σχεδιασμένο με βάση την αντιστάθμιση των εκπομπών και όχι την αντιμετώπιση και μείωση τους.
- Ορισμένα από τα έργα στα οποία επενδύονται τα έσοδα είναι αμφίβολης αποτελεσματικότητας, όπως για παράδειγμα η συντήρηση υπόγειων δεξαμενών αποθήκευσης του διοξειδίου του άνθρακα.

1.2.9 Εταιρικές Πολιτικές για μείωση των εκπομπών

Ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός των πολιτών που είναι περιβαλλοντικά ευσυνείδητοι, έχει οδηγήσει τις εταιρείες σε κινήσεις ώστε να παράγουν τα προϊόντα τους με τρόπο περισσότερο φιλικό προς το περιβάλλον. Το ζητούμενο είναι η βελτιστοποίηση της αλυσίδας παραγωγής και εφοδιασμού ώστε να μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα. Μερικά από τα βήματα που γίνονται προς την κατεύθυνση αυτή είναι (Samo, 2016):

- Η κατανάλωση ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Η προμήθεια πρώτων υλών από περιοχές πλησιέστερες στα εργοστάσια επεξεργασίας.
- Η δημιουργία κινητήρων εσωτερικής καύσης με χαμηλότερη κατανάλωση.
- Η δημιουργία ηλεκτροκίνητων οχημάτων που θα εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια για τη φόρτιση των συσσωρευτών τους.
- Η αντικατάσταση του στόλου των οχημάτων με νέα χαμηλότερης κατανάλωσης.
- Η αντικατάσταση των ενεργοβόρων συσκευών με νέας τεχνολογίας και χαμηλότερης κατανάλωσης.
- Η χρήση υλικών από ανακύκλωση για τα πακέτα συσκευασίας.
- Η μετακίνηση των υπαλλήλων με εταιρικά λεωφορεία αντί για τα προσωπικά τους αυτοκίνητα
- Η εκτέλεση εργασιών από το σπίτι του εργαζόμενου μέσω υπολογιστή.
- Η ενεργειακή αναβάθμιση των κτηριακών υποδομών.

Οι κινήσεις αυτές συνήθως διαφημίζονται, ώστε να βελτιώσουν την εικόνα των εταιριών, ενώ πολλά από τα προϊόντα που παράγουν συνοδεύονται από ετικέτες οικολογικής ή ενεργειακής σήμανσης. Οι ετικέτες ενεργειακής σήμανσης κατατάσσουν τις ηλεκτρικές συσκευές σε μία κλίμακα από G μέχρι A ή A+, A++, A+++. Όσο υψηλότερη είναι η βαθμολόγηση τόσο χαμηλότερη είναι η κατανάλωσή τους. Στην ΕΕ η ενεργειακή σήμανση των περισσότερο ενεργοβόρων συσκευών (κουζίνες, πλυντήρια, στεγνωτήρια, ψυγεία κ.τ.λ.) είναι υποχρεωτική. ("Οδηγός οικολογικής σήμανσης", 2009)

1.2.10 Ατομικές πρακτικές για μείωση των εκπομπών

Πέρα από τις διεθνείς πολιτικές και τις εταιρικές πολιτικές για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα, εξαιρετικά σημαντική μπορεί να είναι και η συμπεριφορά του κάθε πολίτη με τις ατομικές πρακτικές που ακολουθεί, στην κατανάλωση ενέργειας. Το ατομικό αποτύπωμα άνθρακα μπορεί να μειωθεί αν ο καθένας υιοθετήσει πρακτικές και αλλαγές στην καθημερινότητα του προς τη φιλοσοφία της χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας. Ορισμένες από αυτές τις αλλαγές ανά τομέα κατανάλωσης ενέργειας είναι (Carbonfund.org, 2017; CotaP.ORG, 2017):

Οικιακός τομέας

- Μόνωση και αντικατάσταση των κουφωμάτων όπου είναι απαραίτητο.
- Αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες φθορισμού ή LED. Κοστίζουν ακριβότερα αλλά αποσβένουν το κόστος κατά τη λειτουργία τους.
- Αντικατάσταση των παλαιών ενεργοβόρων συσκευών με νέες όσο το δυνατόν υψηλότερης ενεργειακής κλάσης (χαμηλότερης κατανάλωσης).
- Προγραμματισμός του θερμοστάτη στο καλοριφέρ ή στο κλιματιστικό ώστε να παρέχει άνεση χωρίς υπερβολές στην ψύξη ή στη θέρμανση.

- Απενεργοποίηση των ηλεκτρικών συσκευών από το διακόπτη και όχι από το τηλεχειριστήριο που τις θέτει σε κατάσταση αναμονής.
- Ανακύκλωση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου μέρους των απορριμμάτων.
- Οικονομία στη χρήση του ζεστού νερού.
- Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στοιχείων, ειδικά στις περιοχές με υψηλή ηλιοφάνεια.

Μετακινήσεις

- Μετακίνηση με τα πόδια ή ποδήλατο στις μικρές αποστάσεις.
- Χρήση μέσω μαζικής μεταφοράς αντί για το αυτοκίνητο.
- Προγραμματισμός της διαδρομής ώστε να είναι η μικρότερη.
- Αποφυγή πτήσεων με ενδιάμεσους προορισμούς όταν υπάρχουν απευθείας πτήσεις.
- Αποφυγή του αεροπλάνου και προτίμηση του τρένου.

Αυτοκίνητο

- Ομαλή οδήγηση με σταθερή ταχύτητα, χωρίς πολλές επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις.
- Αποφυγή υψηλών ταχυτήτων.
- Ορθή πίεση ελαστικών.
- Επιλογή αυτοκινήτου με προτεραιότητα στη χαμηλή κατανάλωση καυσίμου.
- Τακτική συντήρηση του οχήματος και αλλαγές φίλτρων και λαδιών σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Αποφυγή μετακινήσεων με ένα μόνο άτομο.

Καθημερινότητα (Κίρκος, 2016)

- Τα 3Rs από τα αρχικά των λέξεων Reduce, Reuse, Recycle.
- Αποφυγή κατανάλωσης κόκκινου κρέατος και ιδιαίτερα βοδινού. Οι εκπομπές μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα για την παραγωγή των προϊόντων αυτών είναι ιδιαίτερα υψηλές.
- Μαγείρεμα της απαιτούμενης ποσότητας φαγητού, ώστε να μην πετιέται και αποσυντίθεται παράγοντας μεθάνιο.

- Προτίμηση στις μεγαλύτερες συσκευασίες των προϊόντων που είναι οικονομικότερες και χρειάζονται λιγότερη συσκευασία ανά ωφέλιμο προϊόν.
- Προτίμηση σε προϊόντα που παράγονται κοντά στην περιοχή κατανάλωσης και δεν διανύονται μεγάλες αποστάσεις κατά τη μεταφορά τους.

1.3 Το αποτύπωμα άνθρακα

Η παράγραφος 1.3 αναφέρεται στην έννοια του Αποτυπώματος Άνθρακα, τη χρησιμότητά του, και τους τρόπους υπολογισμού του.

Στην παράγραφο 1.3.1 γίνεται αναφορά στην εισαγωγή του όρου «Αποτύπωμα», την εξέλιξη της και την εμφάνιση πολλών διαφορετικών αποτυπωμάτων.

Στην παράγραφο 1.3.2 αναλύονται οι λόγοι που έχουν καθιερώσει το «Αποτύπωμα Άνθρακα» ως κυριότερο δείκτη της ανθρώπινης επιβάρυνσης στο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου.

Στην παράγραφο 1.3.3 περιγράφονται ορισμένοι από τους ορισμούς που έχουν κατά καιρούς διατυπωθεί για το «Αποτύπωμα Άνθρακα» και οι αντίστοιχες μονάδες μέτρησης.

Στην παράγραφο 1.3.4 γίνεται η διάκριση ανάμεσα στο πρωτογενές και το δευτερογενές Αποτύπωμα με κριτήριο το βαθμό ελέγχου που έχει ο άνθρωπος στις εκπομπές των θερμοκηπιακών αερίων.

Η παράγραφος 1.3.5 αναφέρεται στο πιο διαδεδομένο εργαλείο υπολογισμού του Αποτυπώματος που είναι γνωστό ως «Πρωτόκολλο των Αερίων του Θερμοκηπίου».

Στην παράγραφο 1.3.6 παρουσιάζονται ορισμένες από τις δεκάδες διαδικτυακές μηχανές υπολογισμού του Αποτυπώματος είτε σε ατομικό είτε σε οικογενειακό είτε σε εταιρικό επίπεδο.

Στην παράγραφο 1.3.7 κατανέμεται η δημιουργία του Αποτυπώματος στους διάφορους τομείς.

1.3.1 Η εισαγωγή του όρου Αποτύπωμα και η εξέλιξη της

Σύμφωνα με το Λεξικό της Κοινής Νεοελληνικής Γλώσσας, το αποτύπωμα είναι το κοίλο ή επίπεδο σημάδι, το ίχνος που αφήνει ένα σώμα όταν το πιέσουν σε μια επιφάνεια. Ο όρος σήμερα χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα ίχνη (πατημασιές) που αφήνει στον πλανήτη η πίεση που ασκεί ο σύγχρονος άνθρωπος μέσα από τις δραστηριότητες του. Σύμφωνα με τους Cucek, Klemes και Kravanja (2012), ένα αποτύπωμα περιγράφει πως οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να προκαλέσουν διαφορετικές επιπτώσεις στην παγκόσμια αειφορία.

Η πρώτη εμφάνιση του όρου «αποτύπωμα» στα περιβαλλοντικά ζητήματα αποδίδεται στους Wackernagel και Rees (1996) και αφορά το «οικολογικό αποτύπωμα». Σύμφωνα με τους συγγραφείς, το οικολογικό αποτύπωμα είναι η έκταση παραγωγικής γης ή υδάτων τα οποία απαιτούνται για την παραγωγή των φυσικών πόρων που καταναλώνει ένας ανθρώπινος πληθυσμός και για την αφομοίωση των αποβλήτων που ο ίδιος πληθυσμός παράγει (Wackernagel & Rees 1996).

Η έννοια του αποτυπώματος σύντομα υιοθετήθηκε από Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις (ΜΚΟ), εταιρείες και ιδιώτες καθώς ήταν ένας «βολικός» τρόπος βαθμολόγησης της επιβάρυνσης που προκαλείται στον πλανήτη από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και κυρίως της κλιματικής αλλαγής. Σύντομα εμφανίστηκαν νέα αποτυπώματα τα οποία περιέγραφαν διαφορετικές πτυχές του θέματος όπως το «ενεργειακό αποτύπωμα», το «αποτύπωμα άνθρακα», το «αποτύπωμα νερού», το «αποτύπωμα αζώτου», το «πυρηνικό αποτύπωμα» κ.α. Κάθε αποτύπωμα δείχνει μια συγκεκριμένη κατηγορία πιέσεων που συνδέονται με τις δραστηριότητες ενός ατόμου ή μιας ομάδας κατά τον κύκλο ζωής της.

- Το αποτύπωμα άνθρακα δείχνει την τάση για θέρμανση του πλανήτη που οφείλεται στην έκλυση θερμοκηπιακών αερίων (Hertwich and Peters, 2009).
- Το αποτύπωμα νερού δείχνει την κατανάλωση και την ρύπανση του νερού (Hoekstra, 2003).
- Το οικολογικό αποτύπωμα δείχνει την υπερκατανάλωση της αναγεννητικής ικανότητας της γήινης βιόσφαιρας (Wackernagel et al., 2002).

Πρέπει να τονιστεί ότι για κάθε αποτύπωμα υπάρχουν περισσότεροι από ένας ορισμοί, μέθοδοι υπολογισμού, καθώς και μονάδες μέτρησης.

Τα τελευταία χρόνια στα πλαίσια του προγράμματος «One Planet Economy Network Europe» (OPEN:EU) τα τρία σημαντικότερα αποτυπώματα (οικολογικό, αποτύπωμα άνθρακα και αποτύπωμα νερού) έχουν ομαδοποιηθεί για να σχηματίσουν ένα συνδυαστικό δείκτη που ονομάζεται οικογένεια αποτυπωμάτων «Footprint Family». Ο συγκεκριμένος δείκτης ορίζεται ως ένας συνδυασμός υπολογιστικών εργαλείων με βάση την κατανάλωση, που είναι ικανός να ανιχνεύσει την ανθρώπινη πίεση στο περιβάλλον. Η πίεση εδώ ορίζεται ως η οικειοποίηση των βιολογικών φυσικών πόρων, η εκπομπή αερίων θερμοκηπίου και η κατανάλωση και μόλυνση των υδάτινων πόρων του πλανήτη. (Galli et al., 2012 ; Wackernagel et al., 2002; Hertwich and Peters, 2009; Rees & Wackernagel, 1996; Cucek, Klemes & Kravanja, 2012; Hoekstra 2003)

1.3.2 Η χρησιμότητα του Αποτυπώματος Άνθρακα

Το αποτύπωμα άνθρακα είναι ένας πολυδιάστατος δείκτης που μπορεί να εφαρμοστεί σε προϊόντα, διαδικασίες, εταιρείες, βιομηχανικούς τομείς, ιδιώτες, κυβερνήσεις, πληθυσμούς κ.τ.λ. τεκμηριώνοντας τις άμεσες και έμμεσες εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων που οφείλονται στη χρήση πηγών και προϊόντων.

Βαθμολογεί τις ανθρώπινες απαιτήσεις με βάση τα ποσά των εκπεμπόμενων αερίων. Είναι ένα πρακτικό «εργαλείο» που επιτρέπει τη μέτρηση των εκπομπών, τον επιμερισμό τους και την ανάδειξη τρόπων μείωσης τους. Παρά τις διαφορές που παρατηρούνται στους ορισμούς και στις μεθόδους υπολογισμούς του, μπορεί να αποδώσει με κατανοητό τρόπο τις ευθύνες για τις εκπομπές τόσο σε ιδιώτες καταναλωτές όσο και σε ευρύτερους πληθυσμούς. Το αποτύπωμα άνθρακα (Galli et al, 2012):

- Επιτρέπει μια περιεκτική αξιολόγηση της ανθρώπινης συνεισφοράς στις εκπομπές των θερμοκηπιακών αερίων.
- Συνδέει ποσοτικά τις εκπομπές με καταναλωτικές δραστηριότητες.
- Είναι συνεπές με τα διεθνή πρότυπα οικονομικών και περιβαλλοντικών υπολογισμών.
- Είναι συμβατό με τα δεδομένα εκπομπών όπως αυτά διατίθενται από την πλειοψηφία των χωρών.

Στο επίπεδο διαμόρφωσης πολιτικής για το κλίμα (Galli et al, 2012):

- Παρέχει μια εναλλακτική θεώρηση για διαμόρφωση διεθνούς πολιτικής για την κλιματική αλλαγή.
- Αποδίδει με κατανοητό τρόπο τις ευθύνες των χωρών σχετικά με τις ποσότητες εκπεμπόμενων αερίων και τις δεσμεύσεις τους.
- Διευκολύνει τις εταιρικές συνεργασίες των ανεπτυγμένων με τις αναπτυσσόμενες χώρες.
- Βοηθάει στη διαμόρφωση διεθνώς εναρμονισμένων τιμών για τις εκπομπές των θερμοκηπιακών αερίων.
- Αναδεικνύει την άνιση κατανομή στη χρήση των πόρων.

1.3.3 Ορισμοί και μονάδες μέτρησης για το Αποτύπωμα Άνθρακα

Δεν υπάρχει ένας μοναδικός και αδιαμφισβήτητος ορισμός για το «αποτύπωμα άνθρακα». Η αρχική του χρήση ήταν περισσότερο μια περιγραφική έννοια που ακολουθούσε τη λογική του οικολογικού αποτυπώματος και λιγότερο μια αυστηρά επιστημονική έννοια. Διάφοροι ερευνητές, εταιρείες, θεσμοί και οργανώσεις έχουν προτείνει διαφορετικές προσεγγίσεις και ορισμούς, οι οποίοι έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό την ανθρώπινη συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου μέσω της εκπεμπόμενης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα και άλλων θερμοκηπιακών αερίων.

Σε μια ανασκόπηση της αρθρογραφίας που έγινε από τους Weidmann και Minx (2008) φάνηκε πως στα περισσότερα άρθρα το «αποτύπωμα άνθρακα» αντιμετωπίζεται ως συνώνυμο για τις εκπομπές του CO₂ ή θερμοκηπιακών αερίων εκφρασμένων σε μονάδες ισοδυνάμων του CO₂. Ορισμένοι από τους ορισμούς που αναφέρουν οι Weidmann και Minx (2008) όπως και οι αντίστοιχες πηγές ακολουθούν στον πίνακα 3.

Πίνακας 3. Ορισμοί για το Αποτύπωμα Άνθρακα (Wiedmann, Minx, 2008)

ΠΗΓΕΣ	ΟΡΙΣΜΟΙ
BP (2007)	«Το αποτύπωμα άνθρακα είναι το ποσό του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται εξαιτίας των καθημερινών δραστηριοτήτων από το πλύσιμο των ρούχων ως την οδήγηση των παιδιών στο σχολείο.»
British Sky Broadcasting (Sky) (Patel 2006)	«Το αποτύπωμα άνθρακα υπολογίστηκε με τη μέτρηση των ισοδύναμων του CO ₂ από κτήρια, ιδιόκτητα οχήματα, επαγγελματικά ταξίδια και απόρριψη αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής.»
Carbon Trust (2007)	«.....Μια μεθοδολογία για να εκτιμηθεί η συνολική εκπομπή αερίων θερμοκηπίου σε ισοδύναμα άνθρακα από ένα προϊόν κατά τον κύκλο ζωής του, από την παραγωγή του από τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, τη διάθεση του τελικού προϊόντος (εξαιρώντας τις εκπομπές κατά τη χρήση)» «....μια τεχνική για την αναγνώριση και τη μέτρηση των επιμέρους εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από κάθε δραστηριότητα στην αλυσίδα της διαδικασίας εφοδιασμού και στο πλαίσιο της συνεισφοράς της στο κάθε εξαγόμενο προϊόν (Η Carbon Trust θα αναφέρεται σε αυτήν ως το αποτύπωμα άνθρακα του προϊόντος)» (Carbon Trust 2007, p.4)
Energetics (2007)	«...η συνολική έκταση των άμεσων και έμμεσων εκπομπών CO ₂ εξαιτίας των επαγγελματικών δραστηριοτήτων σας»
ETAP (2007)	«Το Αποτύπωμα Άνθρακα είναι ένα μέτρο της επίδρασης που έχουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες στο περιβάλλον σε όρους του ποσού των αερίων θερμοκηπίου που παράγονται μετρημένων σε τόνους διοξειδίου του άνθρακα.»
Grubb & Ellis (2007)	Το αποτύπωμα άνθρακα είναι ένα μέτρο του ποσού του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων. Στην περίπτωση ενός επαγγελματικού οργανισμού είναι το ποσό του CO ₂ που εκπέμπεται άμεσα ή έμμεσα ως αποτέλεσμα των καθημερινών της λειτουργιών. Θα μπορούσε να αντανακλά

	και την προερχόμενη από ορυκτά ενέργεια σε ένα προϊόν ή εμπόρευμα που φτάνει στην αγορά.
Parliamentary Office of Science and Technology (POST 2006)	Ένα «αποτύπωμα άνθρακα» είναι το συνολικό ποσό του CO ₂ και άλλων αερίων θερμοκηπίου που εκπέμπονται κατά τον πλήρη κύκλο ζωής μιας δραστηριότητας ή ενός προϊόντος. Εκφράζεται σε γραμμάρια ισοδύναμων CO ₂ ανά παραγόμενη κλοβατώρα όπου υπολογίζονται και τα διαφορετικά αποτελέσματα παγκόσμιας θέρμανσης των άλλων αερίων θερμοκηπίου.
Global Footprint Network (GFN 2007)	Η απαιτούμενη βιοχωρητικότητα ώστε να απορροφηθεί μέσω φωτοσύνθεσης το CO ₂ που εκπέμπεται από την καύση ορυκτών καυσίμων.

Από την έρευνα των Weidmann και Minx (Wiedmann, 2008) μέχρι σήμερα έχουν διατυπωθεί και άλλοι ορισμοί για το αποτύπωμα άνθρακα.

Στην παρούσα εργασία υιοθετείται ο ορισμός που αναφέρεται στο γλωσσάρι της Υπηρεσίας Περιβαλλοντικής Προστασίας των Ηνωμένων Πολιτειών (Environmental Protection Agency ή EPA). Σύμφωνα με αυτόν το Αποτύπωμα Άνθρακα ορίζεται ως η συνολική ποσότητα των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο από έναν ιδιώτη, οικογένεια, κτίριο, οργανισμό ή εταιρεία. Περιλαμβάνει τις άμεσες εκπομπές αερίων από καύσεις ενός ιδιώτη για θέρμανση ή οδήγηση, αλλά και έμμεσες εκπομπές από παραγωγή αγαθών ή υπηρεσιών, όπως εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής, βιομηχανικές μονάδες και χωματερές όπου καταλήγουν τα σκουπίδια (Environmental Protection Agency, 2012).

Αξίζει να σημειωθεί πως ο τελευταίος από τους ορισμούς του πίνακα 3 ορίζει το Αποτύπωμα Άνθρακα με βάση την έκταση γης που απαιτείται για την απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από καύση ορυκτών. Υπάρχουν και άλλοι ορισμοί που βασίζονται στη μέτρηση του Αποτυπώματος, χρησιμοποιώντας όρους έκτασης, όπως των De Benedetto και Klemes (2009), οι οποίοι προσδιορίζουν την απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα μέσω αναδάσωσης. Οι ορισμοί που βασίζονται στην έκταση γης, έχει επικρατήσει να συνδέονται με το «Ενεργειακό Αποτύπωμα», ενώ για το Αποτύπωμα Άνθρακα να χρησιμοποιούνται ορισμοί με βάση τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ή και άλλων θερμοκηπιακών αερίων.

Η κυριότερη διαφοροποίηση μεταξύ των πολυάριθμων ορισμών για το ανθρακικό αποτύπωμα έχει να κάνει με τις εκπομπές αερίων που πρέπει να ληφθούν υπόψιν στον υπολογισμό του Αποτυπώματος. Στην ποσότητα των αερίων, άλλοτε λαμβάνεται υπόψιν μόνο το διοξείδιο του άνθρακα CO₂, ενώ άλλοτε λαμβάνονται υπόψιν και ορισμένα από τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου (μεθάνιο (CH₄), υποξείδιο του αζώτου (N₂O), υδροφθοράνθρακες (HFCs), εξαφθοριούχο θείο (SF₆),

υπερφθοράνθρακες (PFCs) κ.α.). Ορισμένοι ερευνητές προτείνουν τον υπολογισμό του Αποτυπώματος με χρήση μόνο δύο αερίων, του διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου, για τα οποία η συλλογή πληροφοριών είναι σχετικά άμεση (Wright et al., 2011).

Ανάλογα με τη χρήση των όρων σχετικά με τις εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων, έχουν προταθεί ή και χρησιμοποιηθεί:

- Το κλιματικό Αποτύπωμα (Wiedmann and Minx, 2008; Wright et al., 2011)
- Το Αποτύπωμα CO₂ (Huijbregts et al., 2008)
- Το Αποτύπωμα Θερμοκηπιακών Αερίων (Downie and Stubbs, 2011; Wiedmann and Barrett, 2011)
- Το Αποτύπωμα Δυναμικού Πλανητικής Θέρμανσης (Meisterling et al., 2009)

Με βάση τον ορισμό που υιοθετείται προκύπτουν και διαφορετικές μονάδες μέτρησης για το αποτύπωμα άνθρακα.

1. Όταν το αποτύπωμα ορίζεται ως ποσότητα εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα, οι μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι της μορφής «μονάδα μάζας διοξειδίου του άνθρακα ανά λειτουργική μονάδα» (mass unit CO₂ / functional unit) (De Benedetto and Klemes, 2009). Για παράδειγμα tons of CO₂/kWh.
2. Όταν το αποτύπωμα ορίζεται ως ποσότητα εκπεμπόμενων ισοδύναμων του διοξειδίου του άνθρακα, οι μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι της μορφής «μονάδα μάζας ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα ανά λειτουργική μονάδα» (mass unit CO₂ equivalent / functional unit) (UK POST 2006). Για παράδειγμα tons of CO₂ eq/kWh.

Ως μονάδες μέτρησης της μάζας μπορεί να χρησιμοποιούνται kg, tons κ.τ.λ.

Η μεγάλη πλειοψηφία των ορισμών του αποτυπώματος άνθρακα στη βιβλιογραφία συνδέει το αποτύπωμα άνθρακα με την ποσότητα των εκπεμπόμενων αερίων, είτε μόνο του CO₂ είτε των ισοδύναμων του αερίων. Παρά το γεγονός πως η έννοια του «αποτυπώματος» είναι περισσότερο συνδεδεμένη με την «έκταση», η μονάδα μέτρησης που έχει επικρατήσει είναι η μονάδα της μάζας. Η μετατροπή από μονάδες έκτασης σε μονάδες μάζας και αντίστροφα θα έπρεπε να βασίζεται σε ποικιλία από διαφορετικές υποθέσεις που αυξάνουν την αβεβαιότητα και τα λάθη στον υπολογισμό του αποτυπώματος. Η μέτρηση της μάζας του εκπεμπόμενου CO₂ ή των ισοδύναμων είναι η πιο ακριβής και η πιο ενδεδειγμένη για την εκτίμηση του αποτυπώματος άνθρακα (Cucek, Klemes & Kravanja, 2012).

1.3.4 Πρωτογενές και δευτερογενές Αποτύπωμα

Μια συνηθισμένη μέθοδος ταξινόμησης των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων είναι να ομαδοποιούνται κριτήριο το βαθμό ελέγχου που έχει πάνω τους ο οργανισμός. Υπάρχουν οι παρακάτω τρεις κύριοι τύποι ταξινόμησης:

1. Οι άμεσες εκπομπές, που είναι αποτέλεσμα δραστηριοτήτων που ο οργανισμός ελέγχει. Για παράδειγμα, η καύση ορυκτών καυσίμων, οι εκπομπές αερίων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, παραγωγής και κατασκευής και των κινήσεων ενός στόλου οχημάτων.
2. Εκπομπές από τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα, για φωτισμό, θέρμανση και τροφοδοσία των μηχανημάτων. Παρά το γεγονός πως ο οργανισμός δεν ελέγχει άμεσα τις εκπομπές, με τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι έμμεσα υπεύθυνος για την έκλυση CO₂.
3. Έμμεσες εκπομπές από προϊόντα και υπηρεσίες που οργανισμός δεν ελέγχει άμεσα. Για παράδειγμα, μια εταιρεία που κατασκευάζει ένα προϊόν είναι έμμεσα υπεύθυνη για το CO₂ που εκπέμπεται κατά την προετοιμασία και τη μεταφορά των πρώτων υλών.

Σύμφωνα με τις παραπάνω κατηγορίες, το αποτύπωμα μπορεί να διακριθεί σε πρωτογενές και δευτερογενές.

Το πρωτογενές Αποτύπωμα περιλαμβάνει τις εκπομπές από άμεση καύση ορυκτών καυσίμων και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή τις εκπομπές στις οποίες ο οργανισμός έχει άμεσο (1) ή έμμεσο έλεγχο (2).

Το δευτερογενές περιλαμβάνει τις εκπομπές κατά τον κύκλο ζωής των προϊόντων ή των υπηρεσιών από την παραγωγή των πρώτων υλών μέχρι και την τελική τους διάθεση, δηλαδή τις εκπομπές για τις οποίες ο οργανισμός φέρει ευθύνη αλλά δεν τις ελέγχει άμεσα.

Το πλήρες αποτύπωμα άνθρακα συμπεριλαμβάνει τον υπολογισμό και του δευτερογενούς αποτυπώματος.

1.3.5 Το Πρωτόκολλο των αερίων του θερμοκηπίου

Το Πρωτόκολλο Αερίων του Θερμοκηπίου είναι το ευρύτερα διαδεδομένο εργαλείο υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα που παρέχεται από την Πρωτοβουλία του Πρωτοκόλλου. Χρησιμοποιείται από κυβερνήσεις και επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο για να κατανοήσουν, να ποσοτικοποιήσουν και να διαχειριστούν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Παρέχει το υπολογιστικό πλαίσιο σχεδόν για κάθε πρότυπο και πρόγραμμα υπολογισμού εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, όπως του Διεθνούς Οργανισμού Προτύπων ISO και της The Climate Registry, καθώς και για πολλές απογραφές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από μεμονωμένες εταιρείες (Greenhouse Gas Protocol, 2017).

Το Πρωτόκολλο GHG διαθέτει πλήθος υπολογιστικών προγραμμάτων για τον υπολογισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία είναι σε

συμφωνία με τις προτάσεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) για το διαχωρισμό των εκπομπών. Τα εργαλεία αυτά εφαρμόζονται για τις δραστηριότητες που εκπέμπουν τις σημαντικότερες ποσότητες αερίων σε παγκόσμια κλίμακα. Οι κατηγορίες εκπομπών κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με το Πρωτόκολλο σε:

- Καύσεις σταθερών εγκαταστάσεων – σταθεροποιημένες καύσεις
- Καύσεις μέσων μεταφοράς και κινητών πηγών – κινητές καύσεις
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας – αγορασμένος ηλεκτρισμός
- Κατανάλωση θερμότητας – αγορασμένη θερμότητα
- Σταθμοί συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας
- Χρήση ψυγείων και κλιματιστικών

Ειδικές κατηγορίες του βιομηχανικού τομέα όπως:

- Παραγωγή τσιμέντου
- Παραγωγή σιδήρου και χάλυβα
- Παραγωγή ασβέστη
- Παραγωγή αμμωνίας
- Παραγωγή χαρτοπολτού και χαρτιού

(Greenhouse Gas Protocol, 2017)

Κάθε εργαλείο αποτελείται από έναν οδηγό και ένα υπολογιστικό πρόγραμμα Excel της Microsoft.

Υπάρχουν και άλλοι οδηγοί που έχουν συνταχθεί με βάση τις πρακτικές των IPCC και GHG Protocol οι οποίοι περιγράφουν μεθόδους για τον υπολογισμό της πλειοψηφίας των πηγών εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος Αμερικής ("United States Environmental Protection Agency, US EPA", 2017c) παρέχει τεχνικούς οδηγούς για τον υπολογισμό και την έκθεση αναφοράς των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και στρατηγικές για τη μείωση τους (U.S.EPA, 2004). Επίσης, η αμερικανική εταιρεία The Climate Registry παρέχει ένα πρωτόκολλο το General Reporting Protocol, καθώς και διαδικτυακό εργαλείο υπολογισμού αναφοράς και ελέγχου των εκπομπών (the Climate Registry Information System-CRIS), που προσφέρει τη δυνατότητα υπολογισμού και αναφοράς των ετήσιων εκπομπών, καθώς και τη δυνατότητα ελέγχου των αναφερόμενων στοιχείων και τη δημόσια πρόσβαση στις ετήσιες αναφορές εκπομπών (Climate Registry, 2008).

1.3.6 Διαδικτυακές μηχανές υπολογισμού του Αποτυπώματος Άνθρακα

Ο ακριβής υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα ενός προϊόντος, δραστηριότητας, ατόμου ή πληθυσμού είναι μια πολύπλοκη διαδικασία στην οποία υπεισέρχονται πολλές παράμετροι που επηρεάζουν την ποσότητα των εκπεμπόμενων αερίων. Στην περίπτωση μιας αεροπορικής πτήσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν ο τύπος του αεροσκάφους, ο τύπος της μηχανής του αεροσκάφους, το διάστημα της πτήσης, η πληρότητα του αεροσκάφους, το φορτίο του και άλλες παράμετροι που εισάγονται σε ειδικά σχεδιασμένους αλγορίθμους προκειμένου να υπολογιστεί το αποτύπωμα. Διαφορετικοί αλγόριθμοι εξάγουν διαφορετικά αποτελέσματα τα οποία συχνά διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Όταν πρόκειται για την ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης σχετικά με το αποτύπωμα άνθρακα, οι υπολογισμοί μπορούν να γίνονται με τη βοήθεια διαδικτυακών μηχανών που δεν είναι ιδιαίτερα ακριβείς, παρέχουν ωστόσο μια άμεση εκτίμηση των εκπομπών (Cucek, Klemes, & Kravanja, 2012).

Στο διαδίκτυο υπάρχουν πολλές δεκάδες μηχανών που υπολογίζουν το αποτύπωμα άνθρακα ενός ατόμου, νοικοκυριού ή και επιχείρησης, αφού εισαχθούν σε αυτές τα απαραίτητα δεδομένα. Ορισμένες από τις μηχανές που κυκλοφορούν παρατίθενται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4. Διαδικτυακές μηχανές υπολογισμού του Αποτυπώματος Άνθρακα

Ηλεκτρονική διεύθυνση	Πληροφορίες	Αέρια που υπολογίζονται
https://www.myclimate.org/about-us/portrait/	Ελβετικός Οργανισμός μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα	CO ₂
http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx	Βρετανική εταιρεία με κύριο αντικείμενο τη διαχείριση αντισταθμιστικών δικαιωμάτων (Carbon offsets)	Όλα τα αέρια του θερμοκηπίου σύμφωνα με την IPCC
http://www3.epa.gov/carbon-footprint-calculator	Κρατική Υπηρεσία των ΗΠΑ	Όλα
http://www.nature.org/greenliving/carboncalculator/	Κρατική υπηρεσία	CO ₂ ή και ισοδύναμα ανάλογα

		με την έκδοση
http://footprint.wwf.org.uk/home/calculator complete	Διεθνής Οργάνωση για την προστασία του περιβάλλοντος	Ισοσύναμα CO ₂
http://www.elperes.gr/anthrakiko-apytpoma/	Θυγατρική της Ελληνικά Πετρέλαια	CO ₂
http://www.wwf.gr/footprint/	Διεθνής Μη Κυβερνητικός Οργανισμός	CO ₂

1.3.7 Παράμετροι που καθορίζουν το Αποτύπωμα Άνθρακα

Το ανθρακικό αποτύπωμα μπορεί να λειτουργήσει ως μέτρο της πίεσης που ασκεί ο σύγχρονος άνθρωπος στον πλανήτη εξαιτίας της αύξησης στη θερμοκρασία που προκαλούν οι συνεχώς αυξανόμενες εκλύσεις θερμοκηπιακών αερίων. Αυτές με τη σειρά τους προκύπτουν κατά κύριο λόγο από την καύση ορυκτών καυσίμων με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών σε ενέργεια. Συνεπώς, οι παράμετροι που καθορίζουν το αποτύπωμα άνθρακα είναι ουσιαστικά αυτές που καθορίζονται από τις απαιτήσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων για ενέργεια.

Με μια πρώτη και αρκετά γενική ομαδοποίηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που απαιτούν ενέργεια, αναδεικνύονται τέσσερις τομείς:

1. Ο οικιακός τομέας
2. Ο εμπορικός τομέας
3. Ο βιομηχανικός τομέας
4. Ο τομέας των μεταφορών

Σύμφωνα με την Energy Information Administration (EIA) - ανεξάρτητη υπηρεσία των ΗΠΑ που διαχειρίζεται και αναλύει στατιστικά πληροφορίες σχετικά με την ενέργεια - τα ποσά ενέργειας που καταναλώθηκαν στις ΗΠΑ ανά τομέα στη διάρκεια της τελευταίας πενταετίας εμφανίζονται στον πίνακα 5.

Σύμφωνα με τον πίνακα 5, ο βιομηχανικός τομέας απορροφά στις ΗΠΑ τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας, ενώ ακολουθούν ο τομέας μεταφορών, ο οικιακός και ο εμπορικός τομέας.

Πίνακας 5. Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα (10^{12} Btu)

January to December	2016	2015	2014	2013	2012
End–Use Sector					
Residential	15,452	15,783	16,178	15,639	14,881
Commercial	13,413	13,501	13,688	13,331	13,016
Industrial	23,019	23,700	23,591	23,295	23,045
Transportation	21,156	20,689	20,103	19,981	19,765
Primary Total	73,058	73,694	73,574	72,248	70,709

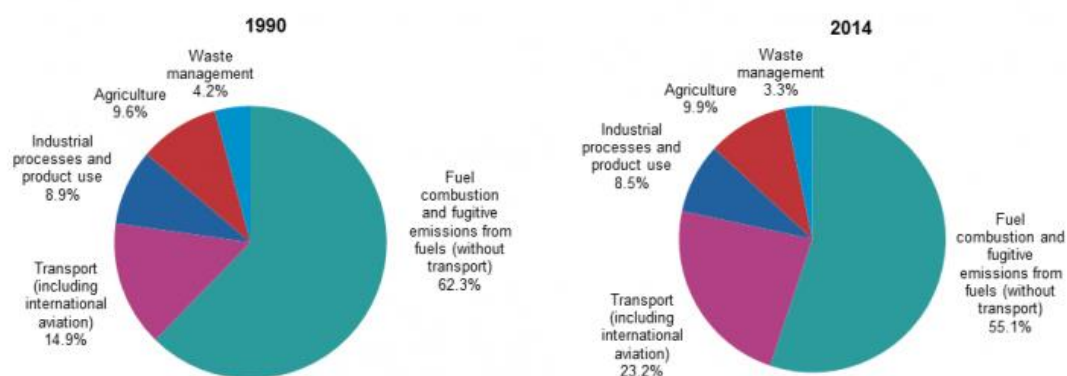
Source: U.S. Energy Information Administration, *Monthly Energy Review – Table 2.1*

("Consumption & Efficiency - U.S. Energy Information Administration (EIA)", 2017)

Το BTU (British Thermal Unit) είναι μονάδα μέτρησης της ενέργειας και ισοδυναμεί με 1050 Joule (1BTU=1,05 KJ).

Η Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat) υπολογίζει απευθείας τις εκπομπές των θερμοκηπιακών αερίων ανά τομέα, ενώ ομαδοποιεί με διαφορετικό τρόπο τους τομείς που ευθύνονται για τις εκπομπές.

Σύμφωνα με το γράφημα 12, η κύρια αιτία εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων στην Ευρώπη των 28 είναι η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και διαφυγών κατά τη διαχείριση των καυσίμων. Αν αθροιστούν τα ποσοστά των μεταφορών και το ποσοστό που αντιστοιχεί στην παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού προκύπτει ένα ποσοστό 78,3% των εκπομπών που οφείλεται στη χρήση ορυκτών καυσίμων. Ακολουθούν η γεωργία (9,9%), οι βιομηχανικές διαδικασίες και η χρήση των προϊόντων τους (8,5%) και η διαχείριση απορριμμάτων (3,3%). Στο διάγραμμα 12 μπορεί να γίνει και σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές του 1990, όπου διακρίνεται, μεταξύ άλλων, η αύξηση του ποσοστού των μεταφορών στο σύνολο των εκπομπών.

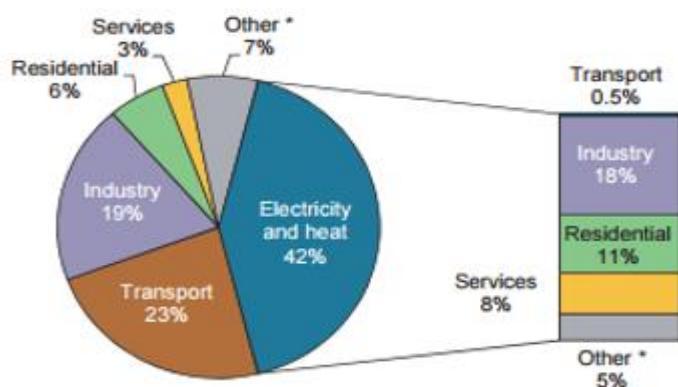


Διάγραμμα 12. Οι εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων ανά πηγή εκπομπής

("File:Greenhouse gas emissions, analysis by source sector, EU-28, 1990 and 2014 (percentage of total) new.png - Statistics Explained", 2017)

Τέλος, ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (International Energy Agency) κατανέμει τις εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων ανά τομέα σε διεθνές επίπεδο στο γράφημα 13 που συνοδεύεται και από τον αναλυτικό πίνακα 6.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας είναι υπεύθυνες για τον κύριο όγκο των εκπομπών και ακολουθούνται από τον τομέα των μεταφορών, το βιομηχανικό και κατασκευαστικό τομέα, τον οικιακό τομέα και τομέα υπηρεσιών, την παραγωγή ενέργειας για ίδια χρήση.



Note: Also shows allocation of electricity and heat to end-use sectors.

* Other includes agriculture/forestry, fishing, energy industries other than electricity and heat generation, and other emissions not specified elsewhere.

Διάγραμμα 13. Παγκόσμιες εκπομπές CO₂ από καύση ορυκτών ανά τομέα το 2014

(International Energy Agency, 2016c)

Πίνακας 5. Εκπομπές CO₂ από καύση ορυκτών ανά τομέα σε εκατομμύρια τόνους

2014 CO ₂ emissions by sector						
million tonnes of CO ₂	Coal	Oil	Natural gas	Other ²	Total	% change 90-14
CO₂ fuel combustion³	14 871.4	10 973.4	6 362.8	173.5	32 381.0	58%
Electricity and heat generation	9 899.3	867.7	2 729.2	128.8	13 625.0	79%
Other energy industry own use	407.4	599.8	674.5	1.4	1 683.1	73%
Manufacturing industries and construction	3 941.2	961.0	1 288.4	39.6	6 230.1	57%
Transport ³	11.4	7 305.9	230.0	-	7 547.3	64%
of which: road	-	5 570.3	89.5	-	5 659.8	71%
Other	612.2	1 239.0	1 440.8	3.6	3 295.5	-1%
of which: residential	293.5	579.5	985.7	0.0	1 858.8	1%
of which: services	138.6	253.9	426.8	3.3	822.6	8%
Memo: international marine bunkers	-	626.1	-	-	626.1	69%
Memo: international aviation bunkers	-	504.3	-	-	504.3	95%

2. Other includes industrial waste and non-renewable municipal waste. 3. World includes international marine bunkers and international aviation bunkers.

(International Energy Agency, 2016c)

1.4 Η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία

Η παράγραφος 1.4 αναφέρεται στο «διδακτικό εργαλείο» που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, δηλαδή τις Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ), ενώ στο τέλος της δηλώνεται και ο σκοπός της εργασίας.

Η παράγραφος 1.4.1 περιγράφει τις βασικές αρχές που διέπουν το σχεδιασμό και την ανάπτυξη των ΔΜΑ καθώς και τα διάφορα θεωρητικά πλαίσια που έχουν αναπτυχθεί.

Η παράγραφος 1.4.2 εστιάζει στις κυριότερες μεθοδολογικές προσεγγίσεις κατά την αξιολόγηση μιας ΔΜΑ.

Στην παράγραφο 1.4.3 περιγράφεται ο σκοπός της παρούσας εργασίας.

1.4.1 Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες

Οι Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ) είναι διδακτικές παρεμβάσεις μεσαίας κλίμακας (5-15 διδακτικών ωρών) και θεωρούνται δυναμικά εργαλεία προκειμένου να βελτιωθεί η διδασκαλία και η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (Kariotoglou et al. 2003, Meheut 2005). Προέκυψαν ως αποτέλεσμα της έρευνας που κυριάρχησε στη δεκαετία του '80, σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών γύρω από τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, καθώς και της επικράτησης του εποικοδομητισμού, εκείνη την περίοδο στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ (Meheut & Psillos, 2004).

Ο σχεδιασμός των ΔΜΑ επικεντρώνεται στη διερεύνηση της διδασκαλίας και μάθησης για συγκεκριμένες θεματικές ενότητες της επιστήμης και όχι σε ολόκληρα προγράμματα σπουδών, οπότε απαιτείται η ειδική γνώση του περιεχομένου (Viiri & Savinainen, 2008). Υπάρχει στενή σχέση και σύνδεση μεταξύ της προτεινόμενης διδακτικής προσέγγισης και της αναμενόμενης μαθησιακής διαδικασίας που θα ακολουθηθεί από τους μαθητές ως αποτέλεσμα της εφαρμογής μιας ΔΜΑ (Meheut & Psillos, 2004). Ορισμένοι από τους παράγοντες που επηρεάζουν το σχεδιασμό και την ανάπτυξη των ΔΜΑ είναι η φύση και η εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης, η έρευνα σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες και τους συλλογισμούς των μαθητών, ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου και οι τρέχουσες απόψεις σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση (π.χ. εποικοδομητισμός, διερεύνηση) (Duit, 2007; Kariotoglou, 2002; Lijnse, 1995).

Οι ΔΜΑ δομούνται πάνω σε δύο διαστάσεις, την «επιστημονική» και την «παιδαγωγική» διάσταση. Η επιστημονική διάσταση αφορά τη σχέση ανάμεσα στην επιστημονική γνώση και τον υλικό κόσμο, π.χ. την ανάλυση του περιεχομένου της ακολουθίας, το διδακτικό μετασχηματισμό του κ.α., ενώ η παιδαγωγική διάσταση αφορά τη σχέση μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητευομένων, π.χ. τη διδακτική μέθοδο που εφαρμόζεται στη ΔΜΑ, το ρόλο του/της εκπαιδευτικού και τον αντίστοιχο των

μαθητευομένων, κ.α. (Meheut & Psillos, 2004). Ο συνδυασμός αυτών των δύο διαστάσεων στοχεύει στη δημιουργία μιας ομάδας δραστηριοτήτων οι οποίες αφενός προσαρμόζονται στους συλλογισμούς των μαθητευομένων και αφετέρου είναι επικεντρωμένες σε ένα συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο.

Για την περιγραφή και ανάλυση της διαδικασίας σχεδιασμού και ανάπτυξης μιας ΔΜΑ έχουν αναπτυχθεί αρκετά θεωρητικά πλαίσια, με πιο αντιπροσωπευτικά τα εξής.

1. Το μοντέλο της Αναπτυξιακής Έρευνας (Developmental Research) (Lijnse, 1995; Lijnse & Klaasen, 2004) το οποίο δίνει έμφαση στο μαθητή ως κανονιστικό παράγοντα της ανάπτυξης της ΔΜΑ ενώ, έχει ψυχολογική, κυρίως, διάσταση.
2. Το μοντέλο της Εκπαιδευτικής Επανοικοδόμησης (Educational Reconstruction) (Duit, 2007; Kattmann & Duit, 1996) το οποίο δίνει έμφαση στο μαθητή, στο δάσκαλο, αλλά και στην αλληλεπίδραση τους στην τάξη και έχει ψυχοκοινωνική διάσταση.
3. Το μοντέλο του Διδακτικού Ρόμβου (Didactical Rhombus) (Meheut & Psillos, 2004) το οποίο εστιάζει στην ανάδειξη στοιχείων επιστημολογικής ή/και παιδαγωγικής διάστασης των ΔΜΑ, καθώς και σχέσεων μεταξύ τους.
4. Το μοντέλο Κόσμος – Ιδέες – Τεκμήρια (Cosmos – Ideas – Evidence) (Psillos, Tselfes & Kariotoglou, 2004) που μέσω του περιγραφικού και παραγωγικού του χαρακτήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό και την ανάδειξη σημαντικών χαρακτηριστικών των επιμέρους διδακτικών-μαθησιακών δραστηριοτήτων μιας ΔΜΑ.
5. Το μοντέλο της Βασισμένης στο Σχεδιασμό Έρευνας (Designed – Based Research) (Brown, 1992; Design – based Research Collective, 2003; Ruthven et al., 2009) που δίνει έμφαση στη σύνδεση μεταξύ έρευνας και πράξης, διαθέτοντας μια περισσότερο πραγματιστική διάσταση.

Παρά τις διαφορές που εμφανίζονται μεταξύ των παραπάνω πέντε θεωρητικών πλαισίων, όλα εστιάζουν στη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης μιας ΔΜΑ που είναι βασισμένη στην έρευνα και πιο συγκεκριμένα:

- Στο περιεχόμενο που πρόκειται να διδαχθεί (π.χ. στις στοιχειώδεις έννοιες ή/και διαδικασίες των ΦΕ και στα κατάλληλα διδακτικά – μαθησιακά υλικά).
- Στην έρευνα σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση (π.χ. την έρευνα σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τα φαινόμενα και τις έννοιες, καθώς και την έρευνα σχετικά με διδακτικές μαθησιακές προσεγγίσεις).
- Στην έρευνα σχετικά με την ανάπτυξη και αξιολόγηση της εφαρμογής των ΔΜΑ.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό των ΔΜΑ σύμφωνα με όλους τους ερευνητές είναι η κυκλική εξελικτική διαδικασία βελτίωσης μιας ΔΜΑ, η οποία πραγματοποιείται με βάση τα δεδομένα της έρευνας (research – based evolutionary process). Ωστόσο, δεν έχουν ακόμα αναπτυχθεί τα εργαλεία τα οποία να εξασφαλίζουν την περιγραφή και την ερμηνεία των βελτιωτικών αλλαγών από τη μια φάση μιας ΔΜΑ στην επόμενη.

1.4.2 Η αξιολόγηση μιας ΔΜΑ

Οι κυριότερες μεθοδολογικές προσεγγίσεις (Meheut & Psillos, 2004) για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μιας ΔΜΑ που παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία είναι: α) η σύγκριση της τελικής με την αρχική γνωστική κατάσταση των μαθητών (final and initial cognitive state) και β) η ανάδειξη των γνωστικών μαθησιακών μονοπατιών (cognitive learning pathways) (Petri & Niedderer, 1998; Psillos & Kariotoglou, 1999) που ακολουθούν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διδακτικής – μαθησιακής διαδικασίας.

Για τη σύγκριση της τελικής με την αρχική γνωστική κατάσταση πρέπει να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα της ΔΜΑ σε σχέση με συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους. Τα δεδομένα συλλέγονται με ερωτηματολόγια που συμπληρώνονται πριν και μετά την παρέμβαση. Η αξιολόγηση χαρακτηρίζεται ως «εσωτερική» όταν συγκρίνονται οι απαντήσεις που έδωσαν στα ερωτηματολόγια οι ίδιοι μαθητές που παρακολούθησαν την παρέμβαση, ενώ ως «εξωτερική» όταν συγκρίνονται με απαντήσεις που δίνουν άλλοι μαθητές του ίδιου επιπέδου που δεν έχουν παρακολουθήσει την παρέμβαση. Με την εσωτερική αξιολόγηση εξετάζεται η αποτελεσματικότητα της ακολουθίας σε σχέση με τους αρχικούς στόχους, ενώ η εξωτερική αξιολόγηση ελέγχει αν για τους ίδιους διδακτικούς στόχους, η συγκεκριμένη ακολουθία είναι πιο αποτελεσματική σε σχέση με άλλες διδακτικές παρεμβάσεις.

Για την ανάδειξη των γνωστικών μαθησιακών μονοπατιών απαιτείται μελέτη και λεπτομερής ανάλυση των μαθησιακών διαδικασιών με σκοπό να χρησιμοποιηθεί: α) στη συζήτηση της αποτελεσματικότητας συγκεκριμένων μαθησιακών καταστάσεων και τη συνολική αξιολόγηση της ακολουθίας, β) στον έλεγχο υποθέσεων με βάση τις οποίες σχεδιάστηκαν οι μαθησιακές καταστάσεις, και γ) στη βελτίωση των μαθησιακών αυτών καταστάσεων (Meheut & Psillos, 2004).

1.4.3 Ο σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναπτυχθεί μία Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία, η οποία να γνωρίσει στους μαθητές την έννοια του Αποτυπώματος Άνθρακα. Το Αποτύπωμα Άνθρακα θα παρουσιαστεί ως ένας αξιόπιστος δείκτης της επιβάρυνσης που προκαλεί στο κλίμα του πλανήτη η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του σύγχρονου ανθρώπου μέσω της καύσης των ορυκτών καυσίμων. Η ΔΜΑ που θα αναπτυχθεί θα πρέπει να είναι αφενός εφαρμόσιμη σε πραγματικές συνθήκες ενός Δημόσιου Λυκείου και αφετέρου αξιολογήσιμη ως προς τα αποτελέσματά της.

Η εφαρμογή της ΔΜΑ καθώς και η αξιολόγηση της είναι επίσης ζητούμενα της παρούσας εργασίας.

2. Ο Σχεδιασμός της ΔΜΑ

2.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία του σχεδιασμού και της ανάπτυξης της ΔΜΑ, με βάση τις κατευθυντήριες γραμμές που θέτουν το περιεχόμενο προς διδασκαλία, ο πληθυσμός στον οποίο απευθύνεται, η διδακτική μέθοδος που θα ακολουθηθεί, καθώς και οι στόχοι που επιδιώκεται να επιτευχθούν.

Στην παράγραφο 2.2 δηλώνονται οι επιλογές και οι απλοποιήσεις που έγιναν προκειμένου να μετατραπεί το «Αποτύπωμα Άνθρακα» από επιστημονική γνώση σε αντικείμενο προς διδασκαλία για μαθητές Λυκείου, δηλαδή, ο Διδακτικός Μετασχηματισμός του Επιστημονικού Περιεχομένου.

Στην παράγραφο 2.3 αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού στον οποίο θα εφαρμοστεί η ΔΜΑ, καθώς και το γνωστικό του υπόβαθρο με βάση την τάξη στην οποία βρίσκεται.

Στην παράγραφο 2.4 περιγράφονται οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή της μεθόδου της καθοδηγούμενης διερεύνησης ως καταλληλότερης για την εφαρμογή της ΔΜΑ.

Στην παράγραφο 2.5 δηλώνονται οι γενικοί στόχοι, αξίες και στάσεις που αναμένεται να επιτευχθούν κατά τη διάρκεια της ΔΜΑ, όπως αυτοί καθορίζονται από τις αρχές της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.

Στην παράγραφο 2.6 αναφέρονται οι συλλογισμοί που καλούνται να ακολουθήσουν οι μαθητές κατά τη διδασκαλία, καθώς και οι διδακτικοί στόχοι για κάθε ενότητα της ΔΜΑ.

Στην παράγραφο 2.7 γίνεται αναλυτική περιγραφή της ΔΜΑ ανά ενότητα με όλες τις δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί για τη διδασκαλία.

2.2 Διδακτικός Μετασχηματισμός Επιστημονικού Περιεχομένου

Το «Επιστημονικό Περιεχόμενο» που πρόκειται να διδαχθεί μέσω της ΔΜΑ είναι το «Αποτύπωμα Άνθρακα». Όπως αναφέρθηκε στη θεωρητική εισαγωγή, το Αποτύπωμα Άνθρακα διαφέρει από τις Έννοιες - Φυσικά Μεγέθη που χειρίζονται οι Φυσικές Επιστήμες, καθώς οι διαφορετικοί ορισμοί που έχουν προταθεί λαμβάνουν υπόψιν διαφορετικές παραμέτρους για τον υπολογισμό του, με συνέπεια να οδηγούν σε αποτελέσματα που διαφέρουν τόσο στις τιμές όσο και στις μονάδες μέτρησης.

Στην παρούσα ΔΜΑ, αρχικά επιδιώκεται η γνωριμία με περισσότερους από έναν ορισμούς του Αποτυπώματος, ενώ στη συνέχεια προτείνεται στους μαθητές η υιοθέτηση ενός αρκετά γενικού ορισμού που περιλαμβάνει, εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με την EPA, ως Αποτύπωμα Άνθρακα ορίζεται η συνολική ποσότητα των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα στη διάρκεια ενός έτους, από έναν ιδιώτη, οικογένεια, κτίριο, οργανισμό ή εταιρεία (Environmental Protection Agency, 2012). Το Αποτύπωμα Άνθρακα ενός ατόμου περιλαμβάνει άμεσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από καύση καυσίμων, όπως για θέρμανση ή για οδήγηση, αλλά και έμμεσες εκπομπές που προέρχονται από παραγωγή αγαθών ή υπηρεσιών που χρησιμοποιεί το άτομο, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, προϊόντων από εργοστάσια ή χώρους όπου αποσύρονται τα απορρίμματα.

Η διάκριση του Αποτυπώματος σε **Πρωτογενές και Δευτερογενές** είναι ένας από τους στόχους που επιδιώκονται κατά την εφαρμογή της ΔΜΑ.

Σύμφωνα με τους (Trarrey et al., 2012) το Αποτύπωμα Άνθρακα αποτελείται από δύο τμήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του: το Πρωτογενές Αποτύπωμα και το Δευτερογενές Αποτύπωμα. Το πρωτογενές είναι ένα μέτρο των άμεσων εκπομπών από την καύση ορυκτών καυσίμων κατά τη διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων, όπως η κατανάλωση οικιακής ενέργειας (ηλεκτρικής, φυσικό αέριο) και οδήγησης των οποίων ο καταναλωτής έχει τον άμεσο έλεγχο. Το δευτερογενές Αποτύπωμα συνδέεται με την παραγωγή προϊόντων και την τελική τους διανομή και απόσυρση.

Τα **αέρια του θερμοκηπίου** είναι «λέξη-κλειδί» για τη διδασκαλία του Αποτυπώματος Άνθρακα.

Ως αέρια του θερμοκηπίου χαρακτηρίζονται τα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας, φυσικά ή ανθρωπογενή, τα οποία απορροφούν και εκπέμπουν ακτινοβολία σε συγκεκριμένα μήκη κύματος του φάσματος της θερμικής υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης, της ατμόσφαιρας και των σύννεφων. Η ιδιότητα τους αυτή προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα της Γης. Οι υδρατμοί (H_2O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), το μεθάνιο (CH_4) και το όζον (O_3) είναι τα κύρια αέρια του θερμοκηπίου στη γήινη ατμόσφαιρα. Επιπλέον, υπάρχει ένας αριθμός αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα αποκλειστικά ανθρωπίνης κατασκευής, όπως οι «αλογονάνθρακες» και άλλες χλωριούχες ή βρωμιούχες ενώσεις. Εκτός από τα CO_2 , N_2O και CH_4 , το Πρωτόκολλο του Κιότο ασχολείται και με τα εξής αέρια του θερμοκηπίου: εξαφθοριούχο θείο (SF_6), υδροφθοράνθρακες (HFCs) και υπερφθοράνθρακες (PFCs). Η βαθμολόγηση της επίδρασης του κάθε θερμοκηπιακού αερίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου γίνεται με τη χρήση του δείκτη που ονομάζεται «Δυναμικό Πλανητικής Θέρμανσης» (Global Warming Potential-GWP, βλέπε παράγραφο 1.2.2. Πρόκειται για έναν δείκτη που συγκρίνει την ένταση ακτινοβολίας που απορροφά η μονάδα μάζας ενός θερμοκηπιακού αερίου ή μίγματος σε ορισμένο χρονικό διάστημα σε σχέση με την απορρόφηση ίσης μάζας διοξειδίου του άνθρακα στο ίδιο χρονικό διάστημα (Verbruggen, Moomaw, Nyboer, 2011).

Στα πλαίσια του διδακτικού μετασχηματισμού και με βάση τους χρονικούς περιορισμούς του προγράμματος, επιλέχθηκε να μη διδαχθεί η έννοια του Δυναμικού Πλανητικής Θέρμανσης. Σχετικά με τα θερμοκηπιακά αέρια αποφασίστηκε να γίνει αρχικά παρουσίαση όλων όσων αναφέρονται στο Πρωτόκολλο του Κιότο, ενώ στη συνέχεια να δοθεί έμφαση στο διοξείδιο του άνθρακα. Η εστίαση στο διοξείδιο του άνθρακα έγινε αφενός γιατί είναι το αέριο με το μεγαλύτερο μερίδιο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αφετέρου γιατί οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στο οικείο περιβάλλον των μαθητών είναι κυρίως εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

2.3 Οι μαθητές στους οποίους θα διδαχθεί η ΔΜΑ

Η ΔΜΑ σχεδιάστηκε ώστε να εφαρμοστεί σε μαθητές 16-17 ετών της Β' τάξης Γενικού Ημερήσιου Λυκείου. Οι μαθητές της Β' Λυκείου παρακολουθούν μαθήματα Γενικής Παιδείας, αλλά και μαθήματα Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών ή Ανθρωπιστικών Σπουδών. Ανεξάρτητα από τον Προσανατολισμό τους, η διδακτέα ύλη των Μαθημάτων Γενικής Παιδείας των Φυσικών Επιστημών περιλαμβάνει τα μεγέθη που είναι προαπαιτούμενα για την εφαρμογή της ΔΜΑ. Πιο συγκεκριμένα, στο μάθημα Φυσική Γενικής Παιδείας έχουν διδαχθεί τις έννοιες της ισχύος και της ενέργειας, τρόπους υπολογισμού για ορισμένες από τις μορφές τους (ηλεκτρική, θερμότητα, ενέργεια φωτονίων κ.α.), καθώς και τις διάφορες μονάδες μέτρησης τους. Στο μάθημα Χημεία Γενικής Παιδείας έχουν διδαχθεί τα κυριότερα ορυκτά καύσιμα, όπως και τη συμπλήρωση των χημικών εξισώσεων καύσης τους.

2.4 Η επιλογή του μοντέλου της καθοδηγούμενης διερεύνησης

Ένα μοντέλο διδασκαλίας είναι η περιγραφή ενός περιβάλλοντος μάθησης, συμπεριλαμβανομένης της συμπεριφοράς του εκπαιδευτικού, τα οποία ξεκινούν από το σχεδιασμό μαθημάτων και φτάνουν ως το σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού (Joyce et al., 2004). Τα κύρια ρεύματα που διακρίνονται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι: το Παραδοσιακό, το Ανακαλυπτικό, το Εποικοδομητικό και της Διερεύνησης.

Το μοντέλο της διερεύνησης είναι η πιο πρόσφατη τάση στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, η οποία, χωρίς να εγκαταλείπει τις βασικές αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης δίνει έμφαση στον επιστημονικό γραμματισμό που αφορά την εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών (Καριώτογλου, 2010). Ο επιστημονικός γραμματισμός των μαθητών δε μένει μόνο στην απόκτηση γνώσεων, στάσεων και δεξιοτήτων, αλλά επεκτείνεται και στην απόκτηση δεξιοτήτων συνεργασίας, κριτικής, επιχειρηματολογίας και δημιουργικότητας (Roth & Lee, 2003). Αυτή η απόκτηση επιτυγχάνεται με τη συμμετοχή των μαθητών σε συνεργατικές δραστηριότητες που σχετίζονται με την επίλυση προβλημάτων.

Η διερεύνηση στις Φυσικές Επιστήμες είναι αφενός ο τρόπος που εργάζονται οι επιστήμονες και αφετέρου ο τρόπος με τον οποίο μαθαίνουν οι μαθητές μέσω δραστηριοτήτων τόσο τις επιστημονικές έννοιες όσο και τις διαδικασίες (Καριώτογλου, 2010). Τέτοιες διαδικασίες μπορεί να είναι η παράθεση ερωτήσεων, η παρατήρηση, η συλλογή πληροφοριών, ο σχεδιασμός ερευνών, η ανάλυση δεδομένων, η ερμηνεία αποτελεσμάτων, καθώς και η κατασκευή επεξηγήσεων (National Research Council, 2000 στο Καριώτογλου, 2010). Τα αναλυτικά προγράμματα των μαθημάτων Φυσικών Επιστημών των τελευταίων χρόνων στρέφονται προς τη λογική της διερεύνησης, καθώς θέτουν και άλλους στόχους πέρα από την απόκτηση γνώσεων.

Ο βαθμός συμμετοχής του εκπαιδευτικού στη μαθησιακή διαδικασία οδηγεί σε μια διαβάθμιση της διερευνητικής μάθησης από τη δομημένη διερεύνηση στην καθοδηγούμενη και τέλος στην ανοιχτή διερεύνηση. Στη δομημένη διερεύνηση οι εκπαιδευτικοί αποφασίζουν τα ερωτήματα και τις συγκεκριμένες διαδικασίες της έρευνας οδηγώντας τους μαθητές βήμα – βήμα (Crawford, 2007; Herr, 2008 στο Ζουπίδης κ.α., 2010). Στην καθοδηγούμενη διερεύνηση ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει στους μαθητές το θέμα και παρέχει στους μαθητές τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουν. Οι μαθητές συμμετέχουν στις διαδικασίες επιστημονικής διερεύνησης (συλλογή δεδομένων, ανάλυση δεδομένων κ.τ.λ.), ενώ ο εκπαιδευτικός μειώνει συνεχώς την καθοδήγηση ώστε να φτάσουν στο σημείο να εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα (Ψύλλος, 2011). Στην ανοιχτή διερεύνηση η επιλογή του θέματος, της μεθόδου, της έρευνας και των δραστηριοτήτων γίνεται κατά κύριο λόγο από τους μαθητές.

Οι γενικοί στόχοι που επιδιώκονται καθ' όλη τη διάρκεια της παρούσας ΔΜΑ καθώς και οι ειδικότεροι στόχοι ανά ενότητα, όπως παρουσιάζονται σε επόμενη παράγραφο, οδήγησαν στην επιλογή του μοντέλου της διερευνητικής μάθησης ως καταλληλότερου για την εφαρμογή της ΔΜΑ. Δεδομένου ότι το Αποτύπωμα Άνθρακα είναι μια έννοια που δεν έχει διδαχθεί στους μαθητές, η καθοδήγηση προς την ανάγκη επινόησης του όρου είναι αυξημένη στα αρχικά στάδια της διδασκαλίας, όπου τα δεδομένα παρέχονται από τον εκπαιδευτικό, ενώ οι μαθητές ασχολούνται με την ανάλυση τους και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Καθώς εξελίσσεται η ΔΜΑ η καθοδήγηση περιορίζεται και οι μαθητές αναζητούν μόνοι τους τα στοιχεία που χρειάζονται, ενώ καλούνται να σχεδιάσουν να χειριστούν ή να αναθεωρήσουν μοντέλα. Στην τελευταία ενότητα η στήριξη του εκπαιδευτικού έχει μειωθεί στο ελάχιστο. Οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν το πρόβλημα υπολογισμού του Αποτυπώματος Άνθρακα του Σχολείου και να προτείνουν τρόπους μείωσης του αναλύοντας και το ενδεχόμενο οικονομικό κόστος. Επιδιώκεται οι μαθητές να εξερευνούν και να αντιλαμβάνονται το τι συμβαίνει γύρω τους κάνοντας διαδικασίες παρόμοιες με αυτές που κάνει ένας επιστήμονας (Duschl, 2004).

2.5 Γενικοί στόχοι

Οι Γενικοί Στόχοι (γνώσεις, δεξιότητες, στάσεις και αξίες) οι οποίοι είναι κοινοί σε όλες τις ενότητες της ΔΜΑ είναι προσανατολισμένοι στις κατευθυντήριες γραμμές της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.

Σύμφωνα με το Ν.1892/90, παράγραφος 13 του άρθρου 111, η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση αποτελεί τμήμα των προγραμμάτων των σχολείων της Πρωτοβάθμιας και της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Σκοπός της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης είναι να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές τη σχέση του ανθρώπου με το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον του, να ευαισθητοποιηθούν για τα προβλήματα που συνδέονται με αυτό και να δραστηριοποιηθούν με ειδικά προγράμματα ώστε να συμβάλλουν στη γενικότερη προσπάθεια αντιμετώπισης τους. Ως εκπαιδευτική διαδικασία/δραστηριότητα οδηγεί στη διασαφήνιση εννοιών, την αναγνώριση αξιών, την ανάπτυξη/καλλιέργεια ψυχοκινητικών δεξιοτήτων και στάσεων που είναι απαραίτητες στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και στη διαμόρφωση κώδικα συμπεριφοράς γύρω από τα προβλήματα που αφορούν στην ποιότητα του περιβάλλοντος σε ατομικό και στη συνέχεια σε ομαδικό/κοινωνικό επίπεδο.

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της ΔΜΑ επιδιώκεται οι μαθητές:

- Να κατανοήσουν τη σχέση / αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το φυσικό περιβάλλον.
- Να συσχετίζουν αρχές και έννοιες των Φυσικών Επιστημών με την καθημερινή πραγματικότητα.
- Να εξοικειωθούν με διαδικασίες και κριτήρια της επιστημονικής μεθοδολογίας.
- Να αναπτύξουν ερευνητική διάθεση, κριτική και δημιουργική σκέψη για την προσέγγιση και κατανόηση των σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων.
- Να ασκηθούν στην ομαδική εργασία.
- Να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας και υπευθυνότητας.
- Να αναπτύξουν κώδικα συμπεριφοράς απέναντι στην ομάδα και στο περιβάλλον.
- Να σέβονται τις διαφορετικές απόψεις, τον τρόπο ζωής και τη δημιουργική δράση των άλλων.
- Να ασκηθούν στην ορθή χρήση της τεχνολογίας.
- Να καλλιεργήσουν ικανότητα λήψης αποφάσεων.
- Να αναπτύξουν θετικές στάσεις για την πρόληψη και επίλυση μελλοντικών περιβαλλοντικών προβλημάτων.
- Να συμμετέχουν ενεργά ως υπεύθυνοι πολίτες στη βελτίωση της ποιότητας της ζωής.

Η βελτίωση της εκπαίδευσης και η ευαισθητοποίηση είναι πρωτεύοντες στόχοι που έχει θέσει ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής στο πλαίσιο της Βιώσιμης Ανάπτυξης (United Nations Sustainable Development, 2017).

2.6 Το μονοπάτι της ΔΜΑ

Ο σχεδιασμός της ΔΜΑ βασίζεται σε μια ακολουθία 4 ενότητων, δομημένων έτσι ώστε το συμπέρασμα της κάθε ενότητας να αποτελεί ερέθισμα για την επόμενη. Το εννοιολογικό μονοπάτι που καλούνται να ακολουθήσουν οι μαθητές είναι:

- Η ευημερία και η ανάπτυξη απαιτούν διαρκώς αυξανόμενα ποσά ενέργειας.
- Η κύρια πηγή ενέργειας στον πλανήτη σήμερα προέρχεται από την καύση ορυκτών.
- Η παραγωγή ενέργειας μέσω της καύσης ορυκτών εκλύει στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα.
- Η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου και την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.
- Η κλιματική αλλαγή ως συνέπεια της αύξησης της θερμοκρασίας απειλεί με καταστροφικές επιπτώσεις μεγάλα τμήματα του πληθυσμού στον πλανήτη.
- Η λήψη μέτρων για την αποφυγή της κλιματικής αλλαγής απαιτεί τη χρήση ενός δείκτη (Αποτύπωμα Άνθρακα) που να εκτιμά ποσοτικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις διάφορες πηγές και να κατανέμει τις αντίστοιχες ευθύνες.
- Το Αποτύπωμα Άνθρακα δημιουργείται καθημερινά από ενέργειες, δραστηριότητες και προϊόντα που καταναλώνονται από όλους.
- Ο υπολογισμός του Αποτυπώματος Άνθρακα σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να γίνει χρησιμοποιώντας μεθόδους και γνώσεις των Φυσικών Επιστημών που διδάσκονται οι μαθητές στο Λύκειο.
- Η μείωση του Αποτυπώματος Άνθρακα είναι υπόθεση όλων και απαιτεί πιο ορθολογική χρήση της ενέργειας, καθώς και αλλαγές στον καθημερινό τρόπο ζωής προς τη σωστή κατεύθυνση.

Οι ενότητες με το θέμα τους, τους γενικούς στόχους ανά ενότητα και τη διάρκεια τους παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 6. Οι ειδικότεροι στόχοι ανά δραστηριότητα παρουσιάζονται αναλυτικά στους Πίνακες με τις δραστηριότητες της κάθε ενότητας.

Πίνακας 6. Οι ενότητες που αποτελούν τη ΔΜΑ με το Θέμα, τους στόχους και τη διάρκεια ανά ενότητα.

Ενότητα	Θέμα	Γενικοί Στόχοι ανά ενότητα	Διάρκεια
1	Ο ρόλος της Ενέργειας στην ανάπτυξη και οι τρόποι παραγωγής της	<ul style="list-style-type: none"> • Να αναγνωρίζει τη σημασία της ενέργειας για την ευημερία του ανθρώπου • Να συνδέει την ανάπτυξη και την ευημερία με την κατανάλωση ενέργειας • Να διαπιστώσουν την καύση ορυκτών ως την κυρίαρχη πηγή παραγωγής ενέργειας στον πλανήτη 	2 x 45min
2	Οι επιπτώσεις της καύσης ορυκτών καυσίμων στο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και ο κίνδυνος της Κλιματικής Αλλαγής	<ul style="list-style-type: none"> • Να αναγνωρίσουν την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα ως αναπόφευκτη συνέπεια της παραγωγής ενέργειας μέσω της καύσης των ορυκτών • Να διαπιστώσουν την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη ως αποτέλεσμα της αύξησης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα • Να καταγράψουν τις επιπτώσεις που θα έχει η διαφαινόμενη κλιματική αλλαγή στις συνθήκες ζωής στον πλανήτη 	2 x 45min
3	Το Αποτύπωμα Άνθρακα ως δείκτης της ανθρώπινης επιβάρυνσης στο κλίμα του πλανήτη	<ul style="list-style-type: none"> • Να γνωρίσουν το Αποτύπωμα Άνθρακα ως έναν ποσοτικό δείκτη που βαθμολογεί τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και οδηγεί στη λήψη μέτρων για τη μείωση των εκπομπών • Να εντοπίσουν ατομικές και οικογενειακές καθημερινές συνήθειες, δραστηριότητες και προϊόντα που δημιουργούν Αποτύπωμα Άνθρακα 	2 x 45 min
4	Υπολογισμός και προτάσεις μείωσης του Αποτυπώματος Άνθρακα του Σχολείου	<ul style="list-style-type: none"> • Να αξιολογήσουν τους παράγοντες που δημιουργούν το σχολικό Αποτύπωμα Άνθρακα • Να διερευνήσουν τρόπους υπολογισμού του σχολικού Αποτυπώματος • Να προτείνουν τρόπους μείωσης του σχολικού Αποτυπώματος 	2 x 45 min

2.7 Η περιγραφή της ΔΜΑ

Στην παράγραφο 2.7 αναλύονται οι ενότητες που δομούν τη ΔΜΑ.

Στην παράγραφο 2.7.1. αναλύεται η 1^η ενότητα που αναφέρεται στο ρόλο της ενέργειας στην ανάπτυξη καθώς και στους τρόπους παραγωγής της. Στην 2.7.2. αναλύεται η 2^η ενότητα που περιγράφει τις συνέπειες της καύσης των ορυκτών στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τη διαφαινόμενη κλιματική αλλαγή. Στην 2.7.3. γίνεται η γνωριμία με το Αποτύπωμα Άνθρακα ως έννοια καθώς και υπολογισμοί του μέσω διαδικτυακών μηχανών. Στην 2.7.4. η οργάνωση των μαθητών προκειμένου να υπολογίσουν το σχολικό Αποτύπωμα Άνθρακα.

Σε κάθε ενότητα αναλύονται οι δραστηριότητες που ακολουθούνται με πίνακα που περιλαμβάνει τις ενέργειες του εκπαιδευτικού και των μαθητών, τους διδακτικούς στόχους, την οργάνωση της τάξης καθώς και τα διδακτικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν.

2.7.1 Ο ρόλος της ενέργειας στη ανάπτυξη και οι τρόποι παραγωγής της (1^η ενότητα 2X45min)

Δραστηριότητα 1^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 20 min)

Στην 1^η δραστηριότητα με τη συμπλήρωση του Φύλλου Εργασίας 1 και τη συζήτηση που ακολουθεί, επιδιώκεται η αναγνώριση της ενέργειας στην καθημερινότητα των μαθητών, η εξοικείωση τους με ορισμένες μονάδες μέτρησης και συγκρίσεις ανάμεσα στα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται σε διάφορες δραστηριότητες. Οι ενέργειες εκπαιδευτικού και μαθητών, όπως και οι διδακτικοί στόχοι αναφέρονται στον πίνακα 7.

Πίνακας 6. Η ανάλυση της 1^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ1

Ενέργειες εκπαιδευτικού <ul style="list-style-type: none">• Μοιράζει το ΦΕ• Συντονίζει τη συζήτηση μεταξύ των μαθητών• Παρέχει βοηθητικές διευκρινίσεις όταν ζητούνται	Ενέργειες μαθητών <ul style="list-style-type: none">• Συμπληρώνουν ό,τι σχετίζεται με την 1^η δραστηριότητα στο ΦΕ 1• Συζητούν και ανακοινώνουν τα αποτελέσματα στην ολομέλεια
Διδακτικοί στόχοι	<ul style="list-style-type: none">• Να αναγνωρίσουν τη σημασία της ενέργειας στη ζωή του ανθρώπου• Να συγκρίνουν τα ποσά ενέργειας που είναι αναγκαία για την επιβίωση του ανθρώπου με τα ποσά που καταναλώνει καθημερινά• Να συνδέουν καθημερινές δραστηριότητες με τις μορφές ενέργειας που καταναλώνουν• Να χειρίζονται και να συγκρίνουν ποσά ενέργειας όταν εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης
Οργάνωση τάξης	Σε ομάδες των 4 ατόμων
Διδακτικά υλικά και μέσα	Φύλλο Εργασίας 1, Δραστηριότητα 1

Δραστηριότητα 2^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 25min)

Στη δεύτερη δραστηριότητα (Πίνακας 8) οι μαθητές καλούνται να προβλέψουν τις παραμέτρους που καθορίζουν τα ποσά ενέργειας καταναλώνει μια χώρα. Επιπλέον, επιδιώκεται να συνδέσουν την ανάπτυξη και την ευημερία με την κατανάλωση ενέργειας μέσω της ερμηνείας ενός δοσμένου διαγράμματος.

Πίνακας 7. Η ανάλυση της 2^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ1

Ενέργειες Εκπαιδευτικού <ul style="list-style-type: none">• Συντονίζει τη συζήτηση μεταξύ των μαθητών• Καθοδηγεί στην ερμηνεία του διαγράμματος δίνοντας ερμηνείες όρων και βοηθώντας με τη «Γεωγραφία» του διαγράμματος	Ενέργειες Μαθητών <ul style="list-style-type: none">• Συμπληρώνουν τις ερωτήσεις της δραστηριότητας 2 στο ΦΕ 1• Διατυπώνουν προβλέψεις για τους παράγοντες που καθορίζουν την κατανάλωση ενέργειας σε μια χώρα• Αντλούν πληροφορίες από δοσμένο διάγραμμα• Εξάγουν συμπεράσματα για την ανάπτυξη και την αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας
Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none">• Να αντλούν πληροφορίες από διαγράμματα• Να ερμηνεύουν και να επεξεργάζονται δεδομένα από διαγράμματα• Να συνδέουν την κατανάλωση ενέργειας με την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη μιας χώρας
Οργάνωση τάξης	Σε ομάδες των 4 ατόμων
Διδακτικά υλικά και μέσα	Φύλλο Εργασίας 1, Δραστηριότητα 2

Δραστηριότητα 3^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 20 min) Η 3^η δραστηριότητα σχετίζεται με την πρόβλεψη για τη μελλοντική εξέλιξη της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας από τους μαθητές και τη σύγκριση των υποθέσεων τους με τα στοιχεία και τις προβλέψεις διεθνούς οργανισμού (Πίνακας 9).

Πίνακας 8. Η ανάλυση της 3^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ1

Ενέργειες Εκπαιδευτικού <ul style="list-style-type: none">• Συντονίζει τη συζήτηση• Εφόσον του ζητηθεί παρέχει διευκρινίσεις σχετικά με το διάγραμμα και τις μονάδες που εμφανίζονται	Ενέργειες Μαθητών <ul style="list-style-type: none">• Διατυπώνουν προβλέψεις για την εξέλιξη της κατανάλωσης ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα• Ελέγχουν την ορθότητα των προβλέψεων τους με τη βοήθεια του διαγράμματος
Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none">• Να διαπιστώσουν τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας• Να αξιοποιήσουν τις πληροφορίες του διαγράμματος
Οργάνωση τάξης	Σε ομάδες των 4 ατόμων
Διδακτικά υλικά και μέσα	Φύλλο Εργασίας 1 Δραστηριότητα 3

Δραστηριότητα 4^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 25 min)

Στην 4^η δραστηριότητα οι μαθητές δηλώνουν αρχικά τις ιδέες τους σχετικά με το μερίδιο που έχει κάθε πηγή ενέργειας στον πλανήτη και τις προβλέψεις τους για την παραγωγή ενέργειας στο μέλλον. Στη συνέχεια οδηγούνται μέσω της ανάλυσης των δεδομένων που τους παρέχονται να διαπιστώσουν πως η ενέργεια του πλανήτη παράγεται στο συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό της από την καύση των εξαντλήσιμων ορυκτών πόρων (Πίνακας 10).

Πίνακας 9. Η ανάλυση της 4^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ1

Ενέργειες Εκπαιδευτικού <ul style="list-style-type: none">• Συντονίζει τη συζήτηση• Παρέχει πληροφορίες σχετικές με τους μηχανισμούς παραγωγής ενέργειας που είναι άγνωστοι στους μαθητές• Συλλέγει τα συμπληρωμένα Φύλλα Εργασίας	Ενέργειες Μαθητών <ul style="list-style-type: none">• Κατατάσσουν τις πηγές ενέργειας ανάλογα με το μερίδιο τους• Αναλύουν τα δεδομένα του διαγράμματος• Ελέγχουν τις προβλέψεις και την κατάταξη τους• Συνοψίζουν τα σημαντικότερα στοιχεία της ενότητας συμπληρώνοντας τα Συμπεράσματα
Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none">• Να αναφέρουν τις κυριότερες πηγές παραγωγής ενέργειας• Να κατατάσσουν τις κυριότερες πηγές ανάλογα με το μερίδιο τους στην παγκόσμια παραγωγή• Να διαπιστώσουν τη σημασία της καύσης των ορυκτών στην παγκόσμια παραγωγή ενέργειας• Να αντιπαραθέτουν το ποσοστό της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ με το αντίστοιχο ποσοστό που παράγεται από την καύση των ορυκτών• Να συνδέουν την παραγωγή ενέργειας σήμερα με την εξάντληση των φυσικών πόρων του πλανήτη
Οργάνωση τάξης	Σε ομάδες των 4 ατόμων
Διδακτικά υλικά και μέσα	Φύλλο Εργασίας 1 Δραστηριότητα 4

2.7.2 Οι επιπτώσεις της καύσης ορυκτών καυσίμων στο Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και ο κίνδυνος της Κλιματικής Αλλαγής (2^η Ενότητα 2Χ45min)

Δραστηριότητα 1^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 20 min)

Στην 1^η δραστηριότητα αναδεικνύεται η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα ως κοινού προϊόντος σε όλες τις περιπτώσεις καύσης ορυκτών (Πίνακας 11). Για την περιγραφή

του φαινομένου της καύσης χρησιμοποιείται το μοντέλο των χημικών εξισώσεων, με το οποίο οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι ήδη από το Γυμνάσιο. Οι συγκεκριμένες χημικές εξισώσεις είναι αντικείμενο μελέτης και στη Χημεία της Β΄ Λυκείου που έχουν διδαχθεί οι μαθητές.

Πίνακας 10. Η ανάλυση της 1^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ2

<p>Ενέργειες Εκπαιδευτικού</p> <ul style="list-style-type: none"> Μοιράζει το Φύλλο Εργασίας 2 στους μαθητές Βοηθάει όταν χρειάζεται στη συμπλήρωση των εξισώσεων 	<p>Ενέργειες Μαθητών</p> <ul style="list-style-type: none"> Συμπληρώνουν τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων καύσης Αναφέρουν καύσιμα που χρησιμοποιούν στην καθημερινή τους ζωή
<p>Διδακτικοί Στόχοι</p>	<ul style="list-style-type: none"> Να συμπληρώνουν τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων καύσης Να εντοπίσουν το διοξείδιο του άνθρακα ως κοινό προϊόν σε όλες τις καύσεις ορυκτών Να εκτιμήσουν τη συμβολή της Χημείας στην περιγραφή φαινομένων της καθημερινότητας Να αναγνωρίσουν την καύση των ορυκτών ως καθημερινή δραστηριότητα που αφορά όλους
<p>Οργάνωση τάξης</p>	<p>Σε ομάδες των 4 ατόμων</p>
<p>Διδακτικά υλικά και μέσα</p>	<p>Φύλλο Εργασίας, 2 Δραστηριότητα 1^η</p>

Δραστηριότητα 2^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 25 min)

Στη 2^η δραστηριότητα, αρχικά γίνεται μια εισαγωγή των μαθητών στην έννοια των μοντέλων (Πίνακας 12). Στη συνέχεια παρουσιάζεται μοντέλο που αποπειράται να αναδείξει το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και τη σημασία της ατμόσφαιρας στη μέση θερμοκρασία του πλανήτη.

Πίνακας 11 Η ανάλυση της 2^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ2

<p>Ενέργειες Εκπαιδευτικού</p> <ul style="list-style-type: none"> Προετοιμάζει το χώρο του εργαστηρίου για την εκτέλεση του πειράματος και το προσαρμόζει ανάλογα 	<p>Ενέργειες Μαθητών</p> <ul style="list-style-type: none"> Διατυπώνουν προτάσεις για μοντέλα που να προσεγγίζουν τη λειτουργία της ατμόσφαιρας
--	--

<p>με τα μέσα που διαθέτει</p> <ul style="list-style-type: none"> • Συντονίζει τη συζήτηση • Καθοδηγεί διακριτικά την εκτέλεση του πειράματος • Εάν υπάρχει multilog βοηθάει τους μαθητές στο χειρισμό της χρήσης του 	<ul style="list-style-type: none"> • Αντιστοιχίζουν τα αντικείμενα του δοσμένου μοντέλου με τα πραγματικά σώματα • Καταγράφουν τις προβλέψεις τους για το πείραμα • Εκτελούν το πείραμα • Λαμβάνουν μετρήσεις και κατασκευάζουν τα αντίστοιχα διαγράμματα • Συγκρίνουν τα διαγράμματα και εξαγουν συμπεράσματα
<p>Διδακτικοί Στόχοι</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Να εξοικειωθούν με τη χρήση των μοντέλων για την άντληση πληροφοριών • Να αναγνωρίσουν την αξία των μοντέλων στην περιγραφή φαινομένων που είναι δύσκολα παρατηρήσιμα • Να συνδέουν το στόχο του μοντέλου με το φαινόμενο στο οποίο αναφέρεται • Να οργανώνουν δεδομένα που λαμβάνουν από ένα πείραμα • Να εξαγουν συμπεράσματα από σύγκριση διαγραμμάτων • Να διαπιστώσουν τον ευεργετικό ρόλο της γήινης ατμόσφαιρας στη θερμοκρασία του πλανήτη
<p>Οργάνωση τάξης</p>	<p>Η δραστηριότητα πραγματοποιείται στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών.</p> <p>Η κάθε ομάδα εκτελεί το πείραμα έχοντας δύο μαθητές που παρατηρούν το ένα δοχείο και δύο μαθητές το άλλο.</p> <p>Για κάθε δοχείο ένας μαθητής χρονομετρεί και διαβάζει την ένδειξη του θερμόμετρου, και ένας σημειώνει την ένδειξη στον πίνακα τιμών και τοποθετεί τα σημεία στους άξονες για να χαράξει τη γραφική παράσταση.</p> <p>Εάν υπάρχει multilog οι μαθητές παρακολουθούν την εξέλιξη των τιμών της θερμοκρασίας στα δύο δοχεία από την οθόνη του υπολογιστή και παίρνουν εκτύπωση με τις τιμές και τη γραφική παράσταση.</p>
<p>Διδακτικά υλικά και μέσα</p>	<p>Φύλλο Εργασίας 2 Δραστηριότητα 2</p> <p>Για κάθε ομάδα: 2 δοχεία ζέσεως των 500ml, νερό βρύσης από 150 ml σε κάθε δοχείο, διαφανής μεμβράνη περιτυλίγματος, λάμπα θέρμανσης των 250 Watt, υπολογιστής συνδεδεμένος με multilog και δύο αισθητήρες</p>

	θερμοκρασίας ή εναλλακτικά δύο ευαίσθητα θερμόμετρα, χαρτί μελιμετρέ για τη χάραξη των καμπυλών, χρονόμετρο ή και ρολόι χεριού
--	--

Δραστηριότητα 3^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 25 min)

Στην 3^η δραστηριότητα οι μαθητές μεταβάλλουν την «ατμόσφαιρα» στο ένα από τα δύο δοχεία του μοντέλου της δραστηριότητας 2 μέσω χημικής αντίδρασης που εκλύει διοξείδιο του άνθρακα (Πίνακας 13). Έχοντας κλειστά τα δύο δοχεία θερμαίνουν με τη λυχνία και κατόπιν συγκρίνουν τις θερμοκρασίες που επικρατούν. Με τον τρόπο αυτό επιχειρείται η χρήση του μοντέλου προκειμένου να αντιπαρατεθεί το φυσικό με το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Πίνακας 12. Η ανάλυση της 3^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ2

<p>Ενέργειες Εκπαιδευτικού</p> <ul style="list-style-type: none"> • Προετοιμάζει το χώρο του εργαστηρίου και τον προσαρμόζει ανάλογα με τα μέσα που διαθέτει • Συντονίζει τη συζήτηση • Καθοδηγεί διακριτικά την εκτέλεση του πειράματος • Εάν χρησιμοποιηθεί multilog βοηθάει τους μαθητές στη χρήση του 	<p>Ενέργειες Μαθητών</p> <ul style="list-style-type: none"> • Διατυπώνουν προτάσεις για εμπλουτισμό της ατμόσφαιρας με διοξείδιο του άνθρακα • Αντιστοιχίζουν τα δύο δοχεία με τα πραγματικά σώματα • Καταγράφουν τις προβλέψεις τους για τα αποτελέσματα του πειράματος • Εκτελούν το πείραμα • Κατασκευάζουν το διάγραμμα από τις τιμές που έλαβαν • Συγκρίνουν τα διαγράμματα και ελέγχουν τις προβλέψεις τους
<p>Διδακτικοί Στόχοι</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Να αξιοποιούν τα μοντέλα ως εργαλεία πρόβλεψης • Να διακρίνουν μέσω των μοντέλων το φυσικό από το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου • Να οργανώνουν τα δεδομένα που λαμβάνουν από ένα πείραμα
<p>Οργάνωση τάξης</p>	<p>Η δραστηριότητα πραγματοποιείται στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών.</p> <p>Η κάθε ομάδα εκτελεί το πείραμα έχοντας δύο μαθητές που παρατηρούν το ένα δοχείο και δύο μαθητές το άλλο.</p> <p>Για κάθε δοχείο ένας μαθητής χρονομετρεί και διαβάζει την ένδειξη του θερμόμετρου, και ένας σημειώνει την ένδειξη στον πίνακα τιμών και τοποθετεί τα σημεία στους άξονες για να χαράξει τη γραφική παράσταση.</p>

	Εάν υπάρχει multilog οι μαθητές παρακολουθούν την εξέλιξη των τιμών της θερμοκρασίας στα δύο δοχεία από την οθόνη του υπολογιστή και παίρνουν εκτύπωση με τις τιμές και τη γραφική παράσταση.
Διδακτικά υλικά και μέσα	Φύλλο Εργασίας 2, Δραστηριότητα 3 Για κάθε ομάδα: 2 δοχεία ζέσεως των 500ml, νερό βρύσης από 150 ml σε κάθε δοχείο, διαφανής μεμβράνη περιτυλίγματος, γυάλινο δοχείο των 50 ml στερεωμένο στο ένα δοχείο ζέσεως, 10 ml ξύδι 6% v/v, 1 g μαγειρική σόδα, λάμπα θέρμανσης των 250 Watt, υπολογιστής συνδεδεμένος με Multilog και δύο αισθητήρες θερμοκρασίας ή εναλλακτικά δύο ευαίσθητα θερμόμετρα, χαρτί μελιμετρέ για τη χάραξη των καμπυλών, χρονόμετρο ή και ρολόι χειριού

Δραστηριότητα 4^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 20min)

Στην 4^η δραστηριότητα οι μαθητές παρακολουθούν την προβολή ολιγόλεπτου βίντεο που έχει δημιουργήσει ομάδα μαθητών του ΤΕΕ Ειδικής Αγωγής Β Βαθμίδας Ανατολικής Θεσσαλονίκης, σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής. Ενημερώνονται για τους τρόπους παραγωγής των αερίων του θερμοκηπίου, τις επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου στο κλίμα και ορισμένες από τις πιθανές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Πέρα από την ενημέρωση, επιδιώκεται η ευαισθητοποίηση των μαθητών στα περιβαλλοντικά θέματα (Πίνακας 14).

Πίνακας 13. Η ανάλυση της 4^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ2

Ενέργειες Εκπαιδευτικού <ul style="list-style-type: none"> • Προβάλλει το βίντεο στους μαθητές • Συντονίζει τη συζήτηση που ακολουθεί • Παρέχει διευκρινίσεις όπου χρειάζεται • Συμπληρώνει πληροφορίες για τα θέματα που αναφέρονται όπου κρίνει απαραίτητο (αέρια θερμοκηπίου) • Συλλέγει τα συμπληρωμένα Φύλλα Εργασίας 	Ενέργειες Μαθητών <ul style="list-style-type: none"> • Παρακολουθούν το βίντεο • Συζητούν και συμπληρώνουν το Φύλλο Εργασίας • Ανακεφαλαιώνουν όσα γνώρισαν στη 2^η Ενότητα συμπληρώνοντας τα Συμπεράσματα και απαντώντας στις Ερωτήσεις του Φύλλου Εργασίας
Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none"> • Να διακρίνουν τις θετικές συνέπειες του φυσικού από τις αρνητικές

	<p>συνέπειες του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου</p> <ul style="list-style-type: none"> • Να αναφέρουν τα αέρια του θερμοκηπίου • Να συνδέουν τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου με τους μηχανισμούς παραγωγής τους • Να συνδέουν την αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα με την παραγωγή ενέργειας • Να αναγνωρίσουν τις καταστροφικές επιπτώσεις που θα έχει η κλιματική αλλαγή στο περιβάλλον και στη ζωή του ανθρώπου
Οργάνωση τάξης	<p>Η δραστηριότητα πραγματοποιείται στην αίθουσα πληροφορικής ή σε τάξη με βιντεοπροβολέα.</p> <p>Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων.</p>
Διδακτικά Υλικά και Μέσα	<p>Φύλλο Εργασίας 2, Δραστηριότητα 4^η</p> <p>Υπολογιστές συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο ή βιντεοπροβολέας και υπολογιστής με αποθηκευμένο το βίντεο που θα προβληθεί</p>

2.7.3 Το Αποτύπωμα Άνθρακα- Υπολογισμός μέσω Διαδικτυακών Μηχανών Υπολογισμού (3^η Ενότητα 2Χ45min)

Δραστηριότητα 1^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 20 min)

Στην 1^η Δραστηριότητα οι μαθητές εισέρχονται στην ιστοσελίδα του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA). Περιηγούνται στη σελίδα προκειμένου να γνωρίσουν τις δυνατότητες και τα στοιχεία που παρέχει. Στη συνέχεια συγκρίνουν τα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται ανά κάτοικο στις δύο χώρες και τα ποσά διοξειδίου του άνθρακα που εκλύονται ανά κάτοικο. Η επιδίωξη είναι να αναγνωρίσουν οι μαθητές την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπει μια χώρα, ως τον πιο αντιπροσωπευτικό δείκτη της επιβάρυνσης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου σε σχέση με την ενέργεια που καταναλώνει η χώρα (Πίνακας 15).

Πίνακας 14. Η ανάλυση της 1^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ3

<p>Ενέργειες Εκπαιδευτικού</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μοιράζει στους μαθητές το Φύλλο Εργασίας 3 	<p>Ενέργειες Μαθητών</p> <ul style="list-style-type: none"> • Περιηγούνται στην ιστοσελίδα του IEA
---	---

<ul style="list-style-type: none"> • Καθοδηγεί τους μαθητές στην περιήγηση τους στην ιστοσελίδα • Παρέχει εξηγήσεις για τεχνικούς όρους που εμφανίζονται και είναι άγνωστοι στους μαθητές • Συντονίζει τη συζήτηση 	<ul style="list-style-type: none"> • Εντοπίζουν τα πολυάριθμα δεδομένα που αναφέρονται στην ιστοσελίδα • Σημειώνουν για την Ελλάδα και τη Σουηδία την παρεχόμενη ενέργεια ανά κάτοικο καθώς και την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα ανά κάτοικο • Συγκρίνουν, σχολιάζουν και εξάγουν συμπεράσματα σχετικά με τα στοιχεία που κατέγραψαν
Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none"> • Να αναγνωρίσουν τις δυνατότητες που παρέχει το διαδίκτυο στην άντληση στοιχείων • Να επιλέγουν τα κατάλληλα δεδομένα προκειμένου να κάνουν συγκρίσεις • Να αντιπαραθέσουν την παραγωγή ενέργειας και την αντίστοιχη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ δύο χωρών • Να εντοπίσουν την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα ως τον πλέον κατάλληλο δείκτη της ανθρώπινης παρέμβασης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου
Οργάνωση τάξης	Η δραστηριότητα διεξάγεται στην αίθουσα πληροφορικής. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων
Διδακτικά Υλικά και Μέσα	Φύλλο Εργασίας 3, Δραστηριότητα 1 ^η Υπολογιστές με σύνδεση στο διαδίκτυο

Δραστηριότητα 2^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 25 min)

Στη 2^η Δραστηριότητα οι μαθητές καλούνται να αναζητήσουν ορισμούς και μονάδες μέτρησης για το Αποτύπωμα Άνθρακα από το διαδίκτυο (Πίνακας 16). Συζητούν για τους ορισμούς και τη χρησιμότητα της έννοιας και διακρίνουν το πρωτογενές από το δευτερογενές αποτύπωμα.

Πίνακας 15. Η ανάλυση της 2^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ3

<p>Ενέργειες Εκπαιδευτικού</p> <ul style="list-style-type: none"> • Συντονίζει τη συζήτηση • Καθοδηγεί στην επιλογή του καταλληλότερου ορισμού για το Αποτύπωμα Άνθρακα • Συμπληρώνει αν χρειαστεί αιτίες σχετικά με τη χρησιμότητα του όρου 	<p>Ενέργειες Μαθητών</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ερευνούν και επιλέγουν από το διαδίκτυο ορισμούς για το Αποτύπωμα Άνθρακα και τις αντίστοιχες μονάδες • Σχολιάζουν τις διαφορές και τα κοινά σημεία των ορισμών • Αναζητούν τη χρησιμότητα της έννοιας Αποτύπωμα Άνθρακα
---	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Δίνουν παραδείγματα που διαφοροποιούν το πρωτογενές από το δευτερογενές αποτύπωμα
Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none"> • Να ορίζουν το Αποτύπωμα Άνθρακα και τις μονάδες μέτρησης του • Να αναγνωρίζουν τη χρησιμότητα του ως δείκτη της ανθρώπινης συνεισφοράς στο φαινόμενο του θερμοκηπίου • Να διακρίνουν το πρωτογενές από το δευτερογενές αποτύπωμα
Οργάνωση τάξης	Η δραστηριότητα πραγματοποιείται στην αίθουσα πληροφορικής. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων
Διδακτικά Υλικά και Μέσα	Φύλλο Εργασίας 3 Δραστηριότητα 2 ^η Υπολογιστές με σύνδεση στο διαδίκτυο.

Δραστηριότητα 3^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 25 min)

Στην 3^η Δραστηριότητα οι μαθητές καλούνται να προβληματιστούν για προσωπικές τους δραστηριότητες και προϊόντα που καταναλώνουν και το αντίστοιχο αποτύπωμα τους (Πίνακας 17). Δηλώνουν τα σημαντικότερα και στη συνέχεια υπολογίζουν το ατομικό τους Αποτύπωμα Άνθρακα μέσω υπολογιστικής μηχανής από το διαδίκτυο. Σημειώνουν επίσης τη συμμετοχή του κάθε τομέα στη διαμόρφωση του Αποτυπώματος.

Πίνακας 16. Η ανάλυση της 3^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ3

<p>Ενέργειες Εκπαιδευτικού</p> <ul style="list-style-type: none"> • Διευκολύνει, όταν χρειάζεται, τους μαθητές στο χειρισμό της μηχανής υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα • Συντονίζει τη συζήτηση 	<p>Ενέργειες Μαθητών</p> <ul style="list-style-type: none"> • Δηλώνουν δραστηριότητες και προϊόντα της καθημερινής τους ζωής που διαμορφώνουν Αποτύπωμα Άνθρακα • Υπολογίζουν το ατομικό τους Αποτύπωμα • Ελέγχουν τις αρχικές τους εκτιμήσεις σχετικά με τη διαμόρφωση του Αποτυπώματος
Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none"> • Να εντοπίζουν τη διαμόρφωση του προσωπικού τους Αποτυπώματος μέσα από δραστηριότητες και προϊόντα της καθημερινότητας • Να υπολογίζουν το ατομικό τους Αποτύπωμα

	<ul style="list-style-type: none"> • Να αναγνωρίζουν τους σημαντικότερους τομείς που συμβάλλουν στη διαμόρφωση του ατομικού τους Αποτυπώματος
Οργάνωση τάξης	Η δραστηριότητα πραγματοποιείται στην αίθουσα πληροφορικής. Οι μαθητές εργάζονται ομαδικά σε ομάδες των 4 ατόμων
Διδακτικά Υλικά και Μέσα	Φύλλο Εργασίας 3, Δραστηριότητα 3 ^η Υπολογιστές με σύνδεση στο Διαδίκτυο

Δραστηριότητα 4^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 20 min)

Στην 4^η Δραστηριότητα οι μαθητές συνεχίζουν την εξοικείωση με την έννοια του Αποτυπώματος Άνθρακα υπολογίζοντας το Αποτύπωμα της οικογένειας τους (Πίνακας 18). Όπως και στην 3^η Δραστηριότητα, αρχικά δηλώνουν τις εκτιμήσεις τους και στη συνέχεια τις ελέγχουν μέσω των διαδικτυακών μηχανών.

Πίνακας 17. Η ανάλυση της 4^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ3

<p>Ενέργειες Εκπαιδευτικού</p> <ul style="list-style-type: none"> • Διευκολύνει όταν χρειάζεται τους μαθητές στο χειρισμό της μηχανής υπολογισμού του Αποτυπώματος Άνθρακα • Συντονίζει τη συζήτηση 	<p>Ενέργειες Μαθητών</p> <ul style="list-style-type: none"> • Καταγράφουν ανάγκες δραστηριότητες και προϊόντα που καταναλώνονται στην οικογένεια τους και δημιουργούν Αποτύπωμα Άνθρακα καθώς και αυτά που δε δημιουργούν • Κατατάσσουν όσα δήλωσαν σε φθίνουσα σειρά • Υπολογίζουν το Αποτύπωμα Άνθρακα για την οικογένεια τους • Ελέγχουν τις εκτιμήσεις τους συγκρίνοντας με τα αποτελέσματα της διαδικτυακής μηχανής • Χαρακτηρίζουν και σχολιάζουν δοσμένες προτάσεις που αναφέρονται στα σημαντικότερα σημεία του Αποτυπώματος Άνθρακα
Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none"> • Να εντοπίζουν ανάγκες, καταναλωτικές συνήθειες και δραστηριότητες της οικογένειας ή του νοικοκυριού που δημιουργούν Αποτύπωμα Άνθρακα • Να υπολογίζουν το Αποτύπωμα Άνθρακα της οικογένειας τους

	<ul style="list-style-type: none"> • Να αξιολογούν τους παράγοντες που διαμορφώνουν το Αποτύπωμα μιας οικογένειας ή ενός νοικοκυριού
Οργάνωση τάξης	Η δραστηριότητα πραγματοποιείται στην αίθουσα πληροφορικής. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων
Διδακτικά Υλικά και Μέσα	Φύλλο Εργασίας 3, Δραστηριότητα 4η Υπολογιστές με σύνδεση στο Διαδίκτυο

2.7.4 Υπολογισμός Αποτυπώματος Άνθρακα του Σχολείου – Προτάσεις για μείωση (4^η Ενότητα 2Χ45 min)

Στην τελευταία ενότητα η καθοδήγηση από την πλευρά του εκπαιδευτικού έχει μειωθεί στο ελάχιστο καθώς επιδιώκεται περισσότερο η διερεύνηση από την πλευρά των μαθητών. Στην 4^η ενότητα οι μαθητές αναγνωρίζουν και καταγράφουν τη δημιουργία Αποτυπώματος Άνθρακα ως αναπόφευκτη συνέπεια της λειτουργίας του σχολείου. Εντοπίζουν τους τομείς που δημιουργούν το μεγαλύτερο αποτύπωμα και το υπολογίζουν για κάθε τομέα, εφαρμόζοντας τις γνώσεις τους από τη φυσική και τη χημεία, καθώς και πληροφορίες από το διαδίκτυο. Στη συνέχεια χρησιμοποιούν διαδικτυακή εφαρμογή για ανεξάρτητο υπολογισμό και συγκρίνουν τις τιμές. Τέλος, αφού έχουν εξοικειωθεί με τους παράγοντες που δημιουργούν το αποτύπωμα, προτείνουν τρόπους μείωσης για το ατομικό, το οικογενειακό και για το αποτύπωμα του σχολείου.

Δραστηριότητα 1^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 20 min)

Στην 1^η δραστηριότητα οι μαθητές σημειώνουν δραστηριότητες, ανάγκες, υπηρεσίες και προϊόντα που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία του σχολείου και δημιουργούν αποτύπωμα άνθρακα (Πίνακας 19). Επιχειρούν να τα ομαδοποιήσουν προκειμένου να διαπιστώσουν τους σημαντικότερους τρόπους παραγωγής Αποτυπώματος Άνθρακα.

Πίνακας 18. Η ανάλυση της 1^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ4

<p>Ενέργειες Εκπαιδευτικού</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μοιράζει στους μαθητές το Φύλλο Εργασίας 4 • Συντονίζει τη συζήτηση • Καθοδηγεί αν χρειαστεί την ομαδοποίηση των αιτίων δημιουργίας Αποτυπώματος Άνθρακα 	<p>Ενέργειες Μαθητών</p> <ul style="list-style-type: none"> • Αναζητούν τις ανάγκες λειτουργίας του σχολείου που δημιουργούν Αποτύπωμα Άνθρακα • Τις ομαδοποιούν σε τομείς • Εντοπίζουν τους σημαντικότερους τομείς που ευθύνονται για τη δημιουργία του Αποτυπώματος
Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none"> • Να αναγνωρίσουν τη δημιουργία Αποτυπώματος Άνθρακα ως

	<p>αναπόφευκτη συνέπεια της λειτουργίας ενός οργανισμού, όπως το σχολείο</p> <ul style="list-style-type: none"> • Να καταγράψουν τις δραστηριότητες, τις ανάγκες και τα προϊόντα που είναι υπεύθυνα για το Αποτύπωμα • Να οργανώσουν τα δεδομένα κατατάσσοντας τα σε ομάδες • Να εντοπίσουν τις σημαντικότερες ομάδες που ευθύνονται για το Αποτύπωμα
Οργάνωση τάξης	Η δραστηριότητα πραγματοποιείται σε οποιαδήποτε αίθουσα με πίνακα. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων
Διδακτικά Υλικά και Μέσα	Φύλλο Εργασίας 4, Δραστηριότητα 1 ^η

Δραστηριότητα 2^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 25 min)

Στη 2^η δραστηριότητα οι μαθητές καλούνται να υπολογίσουν το Αποτύπωμα Άνθρακα για καθέναν από τους τρεις σημαντικότερους τομείς που εμφανίζονται κατά τη λειτουργία του σχολείου (Πίνακας 20). Καλούνται να συλλέξουν τα στοιχεία και να επινοήσουν τον τρόπο επεξεργασίας τους προκειμένου να εξάγουν το Αποτύπωμα του κάθε τομέα. Μετά τη συζήτηση στο χώρο της τάξης, ολοκληρώνουν τη δραστηριότητα, συλλέγοντας τα δεδομένα τα οποία επεξεργάζονται ως ομαδική εργασία στο σπίτι. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και ο σχολιασμός γίνεται στο επόμενο μάθημα.

Πίνακας 19. Η ανάλυση της 2^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ4

<p>Ενέργειες Εκπαιδευτικού</p> <ul style="list-style-type: none"> • Συντονίζει τη συζήτηση • Παρέχει στους μαθητές τα στοιχεία που ενδεχομένως του ζητηθούν σχετικά με τη θέρμανση, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ότι άλλο χρειαστεί 	<p>Ενέργειες Μαθητών</p> <ul style="list-style-type: none"> • Αναζητούν τα στοιχεία που χρειάζονται για να υπολογίσουν το Αποτύπωμα Άνθρακα του κάθε τομέα • Εφαρμόζουν γνώσεις από μαθήματα Θετικών Επιστημών προκειμένου να υπολογίσουν το Αποτύπωμα Άνθρακα • Σχολιάζουν τη Μεθοδολογία και συγκρίνουν τα αποτελέσματα των υπολογισμών τους • Παραδίδουν ανά ομάδα γραπτή εργασία όπου περιγράφονται οι ενέργειες και οι υπολογισμοί τους
--	--

Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none"> • Να εντοπίσουν τα στοιχεία που χρειάζονται σε κάθε περίπτωση για να υπολογίσουν το Αποτύπωμα Άνθρακα του κάθε τομέα • Να διερευνήσουν τον τρόπο υπολογισμού του Αποτυπώματος αναπτύσσοντας την κατάλληλη μέθοδο • Να αξιοποιήσουν τις γνώσεις τους από τη Φυσική και τη Χημεία στον υπολογισμό του Αποτυπώματος • Να οργανώνουν και να παρουσιάζουν την εργασία τους
Οργάνωση τάξης	Η δραστηριότητα πραγματοποιείται σε οποιαδήποτε τάξη. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων. Η εργασία ολοκληρώνεται στο σπίτι και παρουσιάζεται στο επόμενο μάθημα
Διδακτικά Υλικά και Μέσα	Φύλλο Εργασίας 4, Δραστηριότητα 2 ^η , Λογαριασμοί ΔΕΗ ή μετρητής στιγμιαίας ισχύος, Λογαριασμοί Φυσικού Αερίου, Ερωτηματολόγιο

Δραστηριότητα 3^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 20 min)

Στην 3^η Δραστηριότητα οι μαθητές υπολογίζουν το Αποτύπωμα Άνθρακα του σχολείου τους με τη βοήθεια μιας διαδικτυακής εφαρμογής σχεδιασμένης για σχολεία (Πίνακας 21). Στη συνέχεια συγκρίνουν το αποτέλεσμα με αυτό που έχουν υπολογίσει οι ίδιοι στη 2^η Δραστηριότητα και σχολιάζουν τις μεθόδους που ακολουθήθηκαν.

Πίνακας 20. Η ανάλυση της 3^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ4

Ενέργειες Εκπαιδευτικού <ul style="list-style-type: none"> • Συντονίζει τη συζήτηση • Παρέχει, αν του ζητηθούν, στοιχεία που χρειάζονται στον υπολογισμό 	Ενέργειες Μαθητών <ul style="list-style-type: none"> • Εισέρχονται στην ιστοσελίδα που τους έχει υποδειχθεί • Τροφοδοτούν τη μηχανή με τις πληροφορίες που τους ζητούνται • Σημειώνουν το αποτέλεσμα • Συγκρίνουν με τη δική τους μέτρηση και σχολιάζουν τις τυχόν διαφορές
Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none"> • Να εντοπίσουν τις αιτίες δημιουργίας Αποτυπώματος Άνθρακα στο σχολείο που λαμβάνει υπόψη η διαδικτυακή μηχανή

	<ul style="list-style-type: none"> • Να συγκρίνουν τη μέθοδο που ακολούθησαν οι ίδιοι με τη μέθοδο της μηχανής
Οργάνωση τάξης	Η δραστηριότητα πραγματοποιείται στο εργαστήριο πληροφορικής. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων.
Διδακτικά Υλικά και Μέσα	Φύλλο Εργασίας 4 Δραστηριότητα 3 ^η . Υπολογιστές με σύνδεση στο διαδίκτυο.

Δραστηριότητα 4^η (Εκτιμώμενη διάρκεια 25 min)

Στην 4^η Δραστηριότητα οι μαθητές καλούνται να προτείνουν μέτρα για τη μείωση του Αποτυπώματος Άνθρακα σε ατομικό οικογενειακό επίπεδο, όπως και σε επίπεδο σχολείου (Πίνακας 22). Για δύο από τις προτάσεις τους υπολογίζουν αναλυτικά τη μείωση του Αποτυπώματος στη διάρκεια ενός έτους. Καλούνται, επίσης, να μελετήσουν το ενδεχόμενο οικονομικό κόστος της πρότασης τους και τη μελλοντική του απόσβεση.

Πίνακας 21. Η ανάλυση της 4^{ης} Δραστηριότητας του ΦΕ4

<p>Ενέργειες Εκπαιδευτικού</p> <ul style="list-style-type: none"> • Συντονίζει τη συζήτηση • Παρέχει, εφόσον του ζητηθεί, βοήθεια σχετικά με τεχνικά – οικονομικά δεδομένα 	<p>Ενέργειες Μαθητών</p> <ul style="list-style-type: none"> • Διατυπώνουν προτάσεις που θα οδηγούσαν σε μείωση του ατομικού, του οικογενειακού και του σχολικού Αποτυπώματος Άνθρακα • Υπολογίζουν αναλυτικά τη μείωση του Αποτυπώματος σε ετήσια βάση για δύο από τις προτάσεις τους • Αναλύουν οικονομικά την εφαρμογή μιας από τις προτάσεις τους
Διδακτικοί Στόχοι	<ul style="list-style-type: none"> • Να αναγνωρίσουν τη χρησιμότητα του Αποτυπώματος Άνθρακα ως οδηγό στη λήψη μέτρων για τη μείωση των εκπομπών • Να διερευνήσουν τη μείωση που θα επιφέρουν στο Αποτύπωμα οι προτάσεις τους • Να συνδυάζουν και να επεξεργάζονται δεδομένα προκειμένου να επιλύσουν προβλήματα • Να αναγνωρίσουν τη σημασία του οικονομικού παράγοντα στις προσπάθειες μείωσης του Αποτυπώματος
Οργάνωση τάξης	Η δραστηριότητα πραγματοποιείται σε οποιαδήποτε τάξη. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 4 ατόμων. Η εργασία ολοκληρώνεται

	στο σπίτι και παρουσιάζεται στο επόμενο μάθημα
Διδακτικά Υλικά και Μέσα	Φύλλο Εργασίας 4 Δραστηριότητα 4. Για την εργασία στο σπίτι απαιτείται υπολογιστής με σύνδεση στο διαδίκτυο.

3. Η Μέθοδος

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο 3 περιγράφεται η Μέθοδος που ακολουθήθηκε προκειμένου να αξιολογηθεί η διδασκαλία.

Στην παράγραφο 3.2 αναφέρονται τα χαρακτηριστικά των μαθητών στους οποίους εφαρμόστηκε η ΔΜΑ.

Στην παράγραφο 3.3 αναλύονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά την αξιολόγηση με κυριότερα το ερωτηματολόγιο πριν και μετά, που συμπλήρωσαν όλοι οι μαθητές και τις ημιδομημένες συνεντεύξεις που έδωσαν ορισμένοι από τους μαθητές μετά το πέρας της διδασκαλίας.

Στην παράγραφο 3.4 περιγράφεται η διαδικασία με την οποία «αποδελτιώθηκαν» οι απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο και στις «απομαγνητοφωνημένες» συνεντεύξεις ώστε να εξαχθούν τα συμπεράσματα της έρευνας.

3.2 Οι συμμετέχοντες

Η ΔΜΑ πραγματοποιήθηκε σε Δημόσιο Γενικό Λύκειο στην περιοχή της Δυτικής Θεσσαλονίκης. Οι συμμετέχοντες ήταν 16 μαθητές/τριες της Β΄ Λυκείου που επέλεξαν να διερευνήσουν το αντικείμενο, στα πλαίσια του μαθήματος της Ερευνητικής Εργασίας (Project). Έντεκα μαθήτριες και 5 μαθητές επέλεξαν το Αποτύπωμα Άνθρακα για το θέμα της ερευνητικής τους εργασίας. Από το σύνολο των 16 μαθητών, οι 14 παρακολουθούσαν μαθήματα Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών και οι 2 μαθήματα Προσανατολισμού Θεωρητικών Σπουδών. Με βάση τη βαθμολογία της προηγούμενης τάξης οι 4 μαθητές είχαν πολύ υψηλή επίδοση (άριστα, πάνω από 18), οι 5 υψηλή επίδοση (λίαν καλώς από 16,1 ως 18), οι 4 ικανοποιητική επίδοση (καλώς από 13,1 ως 16) και οι 3 οριακά ικανοποιητική επίδοση (σχεδόν καλώς από 9,5 ως 13).

3.3 Τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων

Για τη συλλογή των δεδομένων με βάση τα οποία έγινε η αξιολόγηση της ΔΜΑ χρησιμοποιήθηκαν τρία ερευνητικά εργαλεία. Πιο συγκεκριμένα, αυτά ήταν τα εξής: (α) ερωτηματολόγιο το οποίο συμπλήρωσαν οι μαθητές πριν και μετά τη διδασκαλία, (β) ημιδομημένες συνεντεύξεις που έδωσαν έξι μαθητές πέντε εβδομάδες μετά τη λήξη της διδασκαλίας, καθώς και (γ) ημερολόγιο με παρατηρήσεις του διδάσκοντα κατά τη διάρκεια των μαθημάτων σχετικά με την εξέλιξη της κάθε ενότητας.

Υποστηρικτικά στα τρία κύρια αυτά εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν οι ομαδικές εργασίες των μαθητών στις οποίες υπολόγισαν το Αποτύπωμα Άνθρακα του σχολείου ανά τομέα και αρχεία παρουσιάσεων (ppt) για το Αποτύπωμα Άνθρακα που

παρέδωσαν οι τρεις από τις τέσσερις ομάδες. Οι εργασίες αυτές χρησιμοποιήθηκαν επικουρικά για να αξιολογήσουν περισσότερο την προσπάθεια των μαθητών καθώς έγιναν στο σπίτι, χωρίς έλεγχο του διδάσκοντα, γεγονός που περιορίζει την αξιοπιστία τους.

3.3.1 Το ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο που κλήθηκαν να απαντήσουν οι μαθητές πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ περιείχε 15 εικόνες οι οποίες σχετίζονταν με την κατανάλωση ενέργειας και το αποτύπωμα άνθρακα καθώς και 3 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Η επιδίωξη ήταν να αναδειχθούν οι αρχικές απόψεις των μαθητών για την κατανάλωση ενέργειας, την επίδρασή της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τους τρόπους μείωσής της σε διάφορες περιπτώσεις. Οι εικόνες ήταν δοσμένες με τυχαία σειρά και αντιστοιχούσαν στις ακόλουθες 5 κατηγορίες ύπαρξης ή μη ύπαρξης αποτυπώματος άνθρακα:

- Α) Ανθρώπινες δραστηριότητες που καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα άμεσα ή έμμεσα και συγκεκριμένα η οδήγηση αυτοκινήτου, η θέρμανση με καλοριφέρ, η χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και η χρήση μέσων μαζικής μετακίνησης (τέσσερις εικόνες).
- Β) Εμπορικά προϊόντα τα οποία εμπεριέχουν έμμεσο αποτύπωμα άνθρακα λόγω της κατασκευής, της συσκευασίας, της διανομής, της χρήσης και της απόσυρσης τους. Δόθηκαν τρεις εικόνες που έδειχναν ένα μπουκάλι εμφιαλωμένο νερό, ρούχα αχρησιμοποίητα και ένα κινητό τηλέφωνο αχρησιμοποίητο (τρεις εικόνες).
- Γ) Μερίδιο χώρας σε αποτύπωμα άνθρακα το οποίο οφείλεται σε διεθνείς μεταφορές και εισαγωγές. Δόθηκαν τρεις εικόνες με θαλάσσιες, εναέριες, και σιδηροδρομικές μεταφορές και μια εικόνα που έδειχνε φρούτα εισαγωγής (τέσσερις εικόνες).
- Δ) Αποτύπωμα άνθρακα που δεν οφείλεται - κατά κύριο - λόγο σε κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, όπως στην περίπτωση καλλιέργειας ρυζιού και στην κτηνοτροφία (δύο εικόνες).
- Ε) Περιπτώσεις μη ύπαρξης αποτυπώματος άνθρακα, όπως το δέντρο σε βουνό και η φυσική πηγή νερού (δύο εικόνες).

Αυτούσιο το ερωτηματολόγιο βρίσκεται στο 2^ο Παράρτημα ενώ οι αποδεκτές απαντήσεις και οι βαθμολογήσεις τους αναφέρονται στον Πίνακα 24 της παραγράφου 3.4

Πρέπει να σημειωθεί πως οι εικόνες, όπως και η κατηγοριοποίησή τους στηρίχθηκαν σε αντίστοιχο ερωτηματολόγιο, που σχεδιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε το 2013 σε πτυχιακή εργασία του Σταύρου Μπέλλου με θέμα «Μοντέλα κατανόησης της έννοιας

του ενεργειακού Αποτυπώματος από φοιτήτριες/τες του Π.Τ.Δ.Ε. Φλώρινας» (Μπέλλος, 2013).

Οι τρεις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου που κλήθηκαν να απαντήσουν οι μαθητές αναφέρονταν στις 15 εικόνες. Όπως διαπίστωσε ο διδάσκων, στη φάση της επιλογής του θέματος από τους μαθητές, ο όρος «αποτύπωμα άνθρακα» ήταν μια εντελώς άγνωστη έκφραση για το σύνολο των μαθητών. Αυτό είχε ως συνέπεια, τη μη χρήση του όρου στο αρχικό ερωτηματολόγιο και την αντικατάσταση του με την κατανάλωση ενέργειας αφήνοντας για αργότερα τη σύνδεση των δύο μεγεθών.

Η 1^η ερώτηση ανοιχτού τύπου ζητούσε από τους μαθητές να αναγνωρίσουν τις εικόνες που περιείχαν δραστηριότητες ή προϊόντα για τα οποία είχε καταναλωθεί ενέργεια και να περιγράψουν τον τρόπο με τον οποίο καταναλώθηκε.

Στη 2^η ερώτηση ανοιχτού τύπου οι μαθητές κλήθηκαν να διακρίνουν αιτιολογημένα και με παραδείγματα τις περιπτώσεις στις οποίες υπήρχε συσχέτιση με το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στην 3^η ερώτηση ανοιχτού τύπου οι μαθητές κλήθηκαν να προτείνουν τρόπους μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας σε ορισμένες από τις προηγούμενες περιπτώσεις.

Μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ και τρεις εβδομάδες μετά τη λήξη των μαθημάτων, οι μαθητές κλήθηκαν ξανά να συμπληρώσουν το ίδιο ερωτηματολόγιο στο οποίο είχαν προστεθεί άλλες πέντε ερωτήσεις. Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ και η σύγκριση των τελικών με τις αρχικές απαντήσεις στα ίδια ερωτήματα ήταν ένα από τα εργαλεία αξιολόγησης της διδασκαλίας. Από τις νέες ερωτήσεις οι δύο σχετίζονταν με τη νέα έννοια του «αποτυπώματος άνθρακα» που είχαν διδαχθεί οι μαθητές ενώ οι υπόλοιπες τρεις αναφέρονταν κριτικά στη διαδικασία του μαθήματος.

Η 1^η νέα ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να αναγνωρίσουν σε ποιες από τις δεκαπέντε εικόνες υπήρχε δημιουργία αποτυπώματος άνθρακα και σε ποιες όχι.

Η 2^η νέα ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να δηλώσουν τις γνώσεις που αποκόμισαν κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

Η 3^η νέα ερώτηση καλούσε τους μαθητές να δηλώσουν ό,τι τους βοήθησε και ό,τι τους δυσκόλεψε κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

Η 4^η νέα ερώτηση καλούσε τους μαθητές να δηλώσουν τι τους άρεσε και τι δεν τους άρεσε κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

Η 5^η νέα ερώτηση καλούσε τους μαθητές να δηλώσουν τους λόγους για τους οποίους χρειάζεται το αποτύπωμα άνθρακα.

3.3.2 Η συνέντευξη

Η ημιδομημένη συνέντευξη ήταν το δεύτερο κύριο εργαλείο αξιολόγησης της διδασκαλίας. Πέντε μαθήτριες και ένας μαθητής έδωσαν συνέντευξη στο

διδάσκοντα, πέντε εβδομάδες μετά τη λήξη των μαθημάτων. Η επιλογή έγινε ώστε να υπάρχει ένα μέλος από κάθε μία από τις τέσσερις ομάδες, ενώ επιλέχθηκαν επιπλέον μια μαθήτρια με χαμηλότερη επίδοση στο ερωτηματολόγιο, μετά τη διδασκαλία σε σχέση με πριν και ένας μαθητής με μαθησιακές ιδιαιτερότητες (διαγνωσμένη δυσλεξία). Οι οκτώ ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, στις οποίες κλήθηκαν να απαντήσουν κατά τη διάρκεια της ολιγόλεπτης συνέντευξης, ήταν προσανατολισμένες στους γενικούς στόχους της ΔΜΑ όπως αυτοί παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο της περιγραφής της ΔΜΑ. Στις περιπτώσεις που οι μαθητές απαντούσαν μονολεκτικά ή με ασαφή τρόπο, ακολουθούσε αναδιατύπωση της ερώτησης ή επέκταση της από το διδάσκοντα.

Η 1^η ερώτηση της συνέντευξης καλούσε τους μαθητές να δηλώσουν τι έμαθαν κατά τη διάρκεια του μαθήματος, να ορίσουν το αποτύπωμα άνθρακα και να αναφέρουν ορισμένα από τα αέρια του θερμοκηπίου.

Στη 2^η ερώτηση της συνέντευξης ζητήθηκε από τους μαθητές να εντοπίσουν την κυριότερη πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και πιο συγκεκριμένα του σημαντικότερου, δηλαδή, του διοξειδίου του άνθρακα. Ζητήθηκε, επίσης, να ονομάσουν τις ουσίες των οποίων η χρήση οδηγεί σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου καθώς και τις ανάγκες του ανθρώπου που οδηγούν στις χρήσεις αυτές.

Στην 3^η ερώτηση της συνέντευξης οι μαθητές κλήθηκαν να δηλώσουν τις συνέπειες από την αύξηση της συγκέντρωσης των θερμοκηπιακών αερίων και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και τους κινδύνους για το μέλλον του πλανήτη.

Στην 4^η ερώτηση οι μαθητές κλήθηκαν να αναφέρουν τους λόγους που οδήγησαν στη χρήση της έννοιας αποτύπωμα άνθρακα.

Στη 5^η όπως και στην 7^η ερώτηση οι μαθητές καλούνταν να αναγνωρίσουν τις αιτίες δημιουργίας του ατομικού ή οικογενειακού αποτυπώματος άνθρακα καθώς και του σχολικού αποτυπώματος. Για το ατομικό ή οικογενειακό αποτύπωμα αναζητούνταν ενέργειες, ανάγκες, δραστηριότητες ή προϊόντα ενώ για το σχολικό αποτύπωμα άνθρακα αναζητούνταν οι κυριότεροι παράγοντες που το διαμόρφωναν.

Στην 6^η όπως και στην 8^η ερώτηση ζητήθηκε από τους μαθητές να προτείνουν τρόπους και ενέργειες μείωσης του αντίστοιχου αποτυπώματος.

3.4 Η ανάλυση

Για την επεξεργασία των ερωτηματολογίων, οι απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδασκαλία οργανώθηκαν σε αρχείο excel. Για κάθε κατηγορία εικόνων δημιουργήθηκε ξεχωριστό φύλλο με τα ονόματα των μαθητών σε μία στήλη και τις απαντήσεις τους πριν και μετά σε διπλανές στήλες για κάθε ερώτηση. Για την αξιολόγηση των απαντήσεων δημιουργήθηκε πίνακας με τις αποδεκτές απαντήσεις ανά εικόνα. Ο αριθμός των αποδεκτών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές ανά

εικόνα, αφού πρώτα ανάχθηκε σε μια τετραβάθμια κλίμακα (0 ως 3) οδήγησε στην επίδοση ή στο «βαθμό» του μαθητή στη συγκεκριμένη εικόνα.

Για κάθε ερώτηση, μετά τις στήλες με τις πριν και μετά απαντήσεις, ακολούθησαν τρεις στήλες στις οποίες σημειώθηκαν, στην πρώτη και στη δεύτερη οι «επιδόσεις» των μαθητών πριν και μετά ενώ στην τρίτη αναγράφθηκαν οι βελτιωμένες απαντήσεις των μαθητών μετά τη διδασκαλία. Η αναγραφή των βελτιωμένων απαντήσεων είχε ως σκοπό να αναδείξει πέρα από τον αριθμό τους και την «ποιοτική» διαφοροποίηση που παρουσίασαν καθώς συχνά συνοδεύονταν από δραστηριότητα σχετική με το δευτερογενές αποτύπωμα.

Στο τέλος κάθε γραμμής υπολογίστηκε το άθροισμα των βαθμολογιών του μαθητή πριν και μετά ώστε να παρέχει μια αρχική εκτίμηση της διαφοροποίησης που παρουσίασε στη συγκεκριμένη ομάδα εικόνων. Στο τέλος της κάθε στήλης υπολογίστηκε το άθροισμα των επιδόσεων του συνόλου των μαθητών για τη συγκεκριμένη ερώτηση πριν και μετά, δίνοντας ενδείξεις για τη διαφοροποίηση του συνόλου των μαθητών στη συγκεκριμένη ερώτηση. Για κάθε ερώτηση η μέγιστη συνολική επίδοση από το σύνολο των μαθητών ήταν 48 (16 X 3) ενώ η ελάχιστη μηδέν.

Στο τέλος κάθε φύλλου υπολογίστηκε και το άθροισμα των συνολικών επιδόσεων για όλους τους μαθητές στη συγκεκριμένη ομάδα εικόνων. Η μέγιστη τιμή για το παραπάνω άθροισμα προκύπτει ανάλογα με τον αριθμό ερωτήσεων της κάθε ομάδας εικόνων και είναι ίσο με:

$48 \times 4 = 192$ για τις ομάδες με τέσσερις εικόνες

$48 \times 3 = 144$ για τις ομάδες με τρεις εικόνες και

$48 \times 2 = 96$ για τις ομάδες με δύο εικόνες.

Πίνακας 22. Οι αποδεκτές απαντήσεις για τις αιτίες και τους τρόπους κατανάλωσης ενέργειας ανά ερώτηση και οι βελτιωμένες απαντήσεις.

Αριθμός Ερώτησης	Αποδεκτές απαντήσεις για αιτίες κατανάλωσης Ενέργειας	Αποδεκτές απαντήσεις για τρόπους κατανάλωσης Ενέργειας	Απαντήσεις για εντοπισμό δευτερογενούς αποτυπώματος ή «βελτιωμένη» απάντηση
1. Κινητό τηλέφωνο Αχρησιμοποίητο	1. Κατασκευή, 2.Μεταφορά, 3.Συσκευασία, 4.Λειτουργία (φόρτιση, συντήρηση, επισκευή), 5.Απόσυρση	Ηλεκτρική (ρεύμα, ηλεκτρισμός) Καύσιμα (χημική)	Μεταφορά υλικών σε εργοστάσιο Μεταφορά κινητών στα μαγαζιά Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας Κατασκευή υλικών Κατασκευή κινητού Καύσιμα για μεταφορά Καύσιμα για μηχανήματα ηλεκτρική για κατασκευή ηλεκτρική για φόρτιση
2. Φρούτα εισαγωγής	1.Καλλιέργεια (φύτεμα, πότισμα, λίπανση) 2.Μεταφορά 3.Συντήρηση 4.Συσκευασία (Συγκομιδή)	Ηλεκτρική καύσιμα	Καλλιέργεια με εργαλεία ή μηχανήματα Μεταφορά λιπασμάτων Μεταφορά σε αγορές Καύσιμα για μηχανήματα Καύσιμα για μεταφορά Προετοιμασία χώρου καλλιέργειας (Αποψίλωση δασών) Παραγωγή φυτοφαρμάκων
3. Μπουκάλι εμφιαλωμένο νερό	1.Άντληση (συλλογή) Καθαρισμός (φιλτράρισμα) 2.Κατασκευή φιάλης (Συσκευασία εμφιάλωση) 3.Μεταφορά (διανομή) 4.Ανακύκλωση	Ηλεκτρική Καύσιμα	Χρήση μηχανημάτων για συλλογή Χρήση μηχανημάτων για μεταφορά Μεταφορά υλικών Μεταφορά σε μαγαζιά
4. Ρούχα αχρησιμοποίητα	1.Κατασκευή (ύφανση ράψιμο βαφή λειτουργία εργοστασίου φώτα) 2.Επεξεργασία (πλύσιμο σιδέρωμα) 3.Συσκευασία 4.Μεταφορά	Ηλεκτρική Καύσιμα	Κατασκευή κλωστής Μεταφορά υλικών Μεταφορά σε μαγαζιά Ηλεκτρική για μηχανήματα Καύσιμα για μεταφορά Πετρέλαιο για συνθετικές ίνες
5. Μετακίνηση με αυτοκίνητο	1.Κατασκευή (δημιουργία) 2.Μεταφορά (Μετακίνηση Χρήση Λειτουργία) 3.Συντήρηση (επιδιόρθωση) 4.Απόσυρση	Καύσιμα ηλεκτρική	Κατασκευή τμημάτων Μεταφορά υλικών Αναζήτηση για καύσιμα
6. Θέρμανση με καλοριφέρ	1.Κατασκευή 2. Μεταφορά-Εγκατάσταση 3.Θέρμανση 4.Συντήρηση	Καύσιμα Ηλεκτρική	Μεταφορά καλοριφέρ Μεταφορά καυσίμων Απόσυρση (ανακύκλωση)
7. Έλατο σε πλαγιά του Ολύμπου	1.Δεν καταναλώνεται ενέργεια – αρνητικό αποτύπωμα (3 μονάδες) 2. Κατασκευή της φύσης Δεν υπάρχει ανθρώπινη παρέμβαση (1 μονάδα)	Ηλιακή	Δεν παράγει διοξείδιο του άνθρακα
8. Μεταφορές με αεροπλάνο	1.Κατασκευή 2.Μεταφορά (μετακίνηση χρήση λειτουργία) 3.Συντήρηση 4.Απόσυρση	Καύσιμα Ηλεκτρική	Φόρτωση

9. Φυσική πηγή σε βουνό	1. Δεν υπάρχει δαπάνη ενέργειας (3 μονάδες) 2. Μηδενικό αποτύπωμα (3 μονάδες) 3. Φυσική διαδικασία (1 μονάδα) 4. Δεν υπάρχει ανθρώπινη παρέμβαση (1 μονάδα) 5. Ηλιακή αιολική (1 μονάδα)		
10. Κτηνοτροφική μονάδα	1. Κατασκευή 2. Φροντίδα των ζώων (τάσιμα πότισμα άρμεγμα καθαρίσιμα) 3. Λειτουργία Συντήρηση μονάδας (μηχανημάτων εξαερισμός θέρμανση αρμεκτικά) 4. Μεταφορές (τροφών, ζώων)	Καύσιμα ηλεκτρική	Φάρμακα Μεταφορά τροφών Σφαγή
11. Καλλιέργεια ρυζιού	1. Καλλιέργεια (φύτεμα, πότισμα, λίπανση Συγκομιδή) 2. Μεταφορές (σπόρων, λιπασμάτων) 3. Λειτουργία μηχανημάτων 4. Παραγωγή (επεξεργασία)	Καύσιμα Ηλεκτρική	Αποψίλωση δασικών εκτάσεων Μεταφορά σπόρων, λιπασμάτων
12. Μετακίνηση με MMM	1. Κατασκευή 2. Μεταφορά Χρήση, μετακίνηση, λειτουργία) 3. Συντήρηση 4. Απόσυρση	Καύσιμα Ηλεκτρική	Κατασκευή στάσεων
13. Μεταφορές με σιδηρόδρομο	1. Κατασκευή 2. Μεταφορά Χρήση (μετακίνηση λειτουργία) 3. Συντήρηση 4. Απόσυρση	Καύσιμα Ηλεκτρική	Κατασκευή δικτύου (ράγες, σταθμοί) Συντήρηση δικτύου
14. Θαλάσσιες μεταφορές	1. Κατασκευή 2. Μεταφορά Χρήση (μετακίνηση λειτουργία) 3. Συντήρηση 4. Φόρτωση Υποδομές 5. Απόσυρση	Καύσιμα ηλεκτρική	Κατασκευή λιμανιού
15. Χρήση υπολογιστή	1. Κατασκευή 2. Συσχευασία 3. Μεταφορά 4. Λειτουργία 5. Απόσυρση	Καύσιμα Ηλεκτρική	Μεταφορά υλικών Μεταφορά σε καταστήματα Κατασκευή τμημάτων Ηλεκτρισμός για κατασκευή Ηλεκτρισμός για λειτουργία Κατασκευή δικτύου

Βαθμολόγηση.

Α) Ερώτηση με 5 αποδεκτές απαντήσεις :

1 απάντηση=1 βαθμός, 2-3 απαντήσεις=2 βαθμοί, 4-5 απαντήσεις=3 βαθμοί.

Β) Ερώτηση με 4 αποδεκτές απαντήσεις:

1 απάντηση=1 βαθμός, 2 απαντήσεις=2 βαθμοί, 3-4 απαντήσεις=3 βαθμοί

Για τις ερωτήσεις στις οποίες δεν υπάρχει κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από ανθρώπινη παρέμβαση, δηλαδή στην ερώτηση με το έλατο και σε αυτήν με τη φυσική πηγή, η βαθμολόγηση έγινε με βάση την πληρότητα της αιτιολόγησης όπως αναφέρεται στον πίνακα.

Σε ξεχωριστό φύλλο και με την ίδια λογική σημειώθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών και στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου χωρίς όμως τη μοριοδότηση που εφαρμόστηκε στις ερωτήσεις με τις εικόνες. Στις ανοιχτού τύπου ερωτήσεις, οι απαντήσεις των μαθητών ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες και χαρακτηρίστηκαν ως: (α) ορθές, (β) ως αποδεκτές αλλά όχι πλήρεις και ως (γ) μη αποδεκτές. Σε ορισμένες από τις ερωτήσεις, τα δεδομένα οργανώθηκαν σε ξεχωριστό πίνακα για κάθε ερώτηση ώστε να είναι βολική η ανάγνωση και η ερμηνεία τους.

Οι απαντήσεις που δόθηκαν στις συνεντεύξεις οργανώθηκαν όπως και οι ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Όπου κρίθηκε απαραίτητο οργανώθηκαν πίνακες όπου δηλώθηκε η συχνότητα εμφάνισης της κάθε απάντησης.

4. Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο 4 περιγράφεται αρχικά η εφαρμογή της ΔΜΑ στις πραγματικές συνθήκες του σχολείου και στη συνέχεια η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις αξιολόγησης που τους τέθηκαν.

Πιο συγκεκριμένα η παράγραφος 4.1 αναφέρεται στην εφαρμογή της ΔΜΑ ανά ενότητα. Μεταξύ των άλλων περιγράφονται και τα απρόοπτα που εμφανίστηκαν κατά την εφαρμογή σε πραγματικές συνθήκες και ορισμένες φορές οδήγησαν σε αποκλίσεις από τον αρχικό προγραμματισμό.

Στην παράγραφο 4.2 γίνεται σύγκριση των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στο ερωτηματολόγιο με τις εικόνες πριν και μετά τη διδασκαλία. Η σύγκριση αναδεικνύει τη μεταβολή στην επίδοση των μαθητών παρέχοντας ποσοτικά μια ένδειξη για την επιτυχία της εφαρμογής της ΔΜΑ.

Στην παράγραφο 4.3 αναλύονται οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου του ερωτηματολογίου πριν και μετά τη διδασκαλία. Αναδεικνύονται με τον τρόπο αυτό και ποιοτικές διαφοροποιήσεις στην εικόνα των μαθητών για το Αποτύπωμα Άνθρακα.

Στην παράγραφο 4.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των απομαγνητοφωνημένων συνεντεύξεων που έδωσαν οι μαθητές. Καθώς υπήρχε δυνατότητα αναδιτύπωσης της ερώτησης από τον διδάσκοντα, οι προφορικές απαντήσεις των μαθητών ήταν πιο αναλυτικές σε σχέση με τις γραπτές, οδηγώντας σε ασφαλέστερα συμπεράσματα για τις γνώσεις που αποκόμισαν οι μαθητές.

Η παράγραφος 4.5 αναφέρεται κυρίως στις απόψεις των μαθητών για τη διαδικασία του μαθήματος, αποσκοπώντας να αναδείξει τις μεθόδους και τα περιβάλλοντα που είναι περισσότερο ελκυστικά για τους μαθητές.

4.1 Αποτελέσματα σχετικά με την εφαρμογή

Στην παράγραφο 4.1.1 γίνεται αναφορά στο μάθημα της Ερευνητικής Εργασίας στο πλαίσιο του οποίου υλοποιήθηκε η ΔΜΑ.

Στην παράγραφο 4.1.2. περιγράφονται οι αποκλίσεις που σημειώθηκαν από τον αρχικό προγραμματισμό κυρίως εξαιτίας χρονικών περιορισμών.

Στις παραγράφους 4.1.3 μέχρι και 4.1.7 περιγράφεται αναλυτικά η πορεία της διδασκαλίας ανά ενότητα με την ανταπόκριση των μαθητών στις διάφορες δραστηριότητες και τις δυσκολίες που συνάντησαν κατά διαστήματα.

Στην παράγραφο 4.1.8 αναφέρονται τα απρόοπτα που παρατηρήθηκαν κατά την πορεία της διδασκαλίας και οι προσπάθειες που έγιναν για την αντιμετώπισή τους.

4.1.1 Το μάθημα της Ερευνητικής εργασίας

Η εφαρμογή της ΔΜΑ στα πλαίσια του μαθήματος της Ερευνητικής Εργασίας κρίθηκε ως η καταλληλότερη επιλογή καθώς προσφέρει τη δυνατότητα διδασκαλίας αντικειμένων που δεν περιλαμβάνονται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών ενώ παράλληλα ωθεί τους μαθητές σε διαδικασίες διερεύνησης που είναι επιθυμητές και σύμφωνες με τη γενικότερη προσέγγιση που επιχειρείται στη ΔΜΑ.

Η ερευνητική εργασία αποτελεί διακριτή ενότητα του αναλυτικού προγράμματος σπουδών, η οποία σύμφωνα με το ν.4186/2013 (ΦΕΚ Α 193) καταλαμβάνει μια διδακτική ώρα στο εβδομαδιαίο ωρολόγιο πρόγραμμα για τη Β Λυκείου. Σύμφωνα με τις οδηγίες της Γενικής Διεύθυνσης Σπουδών Π/ΘΜΙΑΣ ΚΑΙ Δ/ΘΜΙΑΣ Εκπαίδευσης, για τη διδασκαλία της Ερευνητικής Εργασίας της Α και Β τάξης Γενικού Λυκείου (Αρ.Πρωτ.179544/Δ226-10-2016/ΥΠΠΕΘ), με την έναρξη του σχολικού έτους, οι εκπαιδευτικοί ετοιμάζουν και καταθέτουν ατομικές προτάσεις θεμάτων. Τα θέματα αναφέρονται σε κάποιον ή κάποιους από τους επόμενους κύκλους : α) «Ανθρωπιστικές και Κοινωνικές Επιστήμες», β) «Τέχνη και Πολιτισμός», γ) «Τεχνολογία και ανάπτυξη» και δ) «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη». Τα προτεινόμενα θέματα θα πρέπει να ανταποκρίνονται κατά το δυνατόν περισσότερο στα ενδιαφέροντα των μαθητών και να τους εμπλέκουν σε διαδικασίες διερεύνησης, αξιοποιώντας το περιεχόμενο, τα εννοιολογικά σχήματα και τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις των διδασκόμενων μαθημάτων, ώστε να γίνεται ευκολότερα από τους μαθητές η συσχέτιση πραγματικών καταστάσεων που βιώνουν με ενότητες των μαθημάτων που διδάσκονται. Σε συνεδρίαση του ο Σύλλογος Διδασκόντων συζητά, τροποποιεί και εγκρίνει τον αναγκαίο αριθμό θεμάτων μέσα από τις προτάσεις που κρίνει ως περισσότερο επεξεργασμένες και ενδιαφέρουσες, επιδιώκοντας μεταξύ άλλων, τη θεματική ποικιλία. Ακολουθεί ο ορισμός του συντονιστή καθηγητή από το Σύλλογο και στη συνέχεια τα θέματα προτείνονται στους μαθητές για να δηλώσουν την πρώτη και τη δεύτερη προτίμησή τους.

Αφού ακολουθήθηκαν οι παραπάνω διαδικασίες, προέκυψε το δείγμα των 16 μαθητών που δήλωσαν ως πρώτη προτίμησή τους το «Αποτύπωμα Άνθρακα» και διαμόρφωσαν το τμήμα στο οποίο εφαρμόστηκε η ΔΜΑ.

4.1.2 Προγραμματισμός και αποκλίσεις κατά την εφαρμογή

Ο αρχικός σχεδιασμός της ΔΜΑ προέβλεπε τέσσερις διδακτικές ενότητες διάρκειας δύο 45λεπτων διδακτικών ωρών η κάθε μία για τη διδασκαλία της ΔΜΑ. Κατά την εφαρμογή χρειάστηκαν 12 πραγματικές διδακτικές ώρες για τη διδασκαλία καθώς και 5 ώρες για την εισαγωγή, τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων και τις παρουσιάσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια ολόκληρου του σχολικού έτους.

Η απόκλιση που παρατηρήθηκε ανάμεσα στην προγραμματισμένη διάρκεια και στις ώρες που απαιτήθηκαν για την εφαρμογή οφείλεται κυρίως σε λόγους σχετικούς με τη λειτουργία της σχολικής μονάδας και συγκεκριμένα σε προγραμματισμένες αργίες αλλά και απώλεια ωρών λόγω έκτακτων συνθηκών. Πιο συγκεκριμένα:

- Το μάθημα της Ερευνητικής Εργασίας της Β Λυκείου ξεκίνησε να διδάσκεται στο σχολείο που διεξήχθη η έρευνα, στις 19/10/2016 μετά την έλευση των αποσπασμένων και αναπληρωτών καθηγητών καθώς και τις δηλώσεις προτίμησης των μαθητών.
- Μετά τη σταθεροποίηση του προγράμματος, η διεξαγωγή του μαθήματος ορίστηκε να γίνεται την 6^η ώρα της Δευτέρας. Το μάθημα δεν έγινε στις 9 από τις 26 προβλεπόμενες «Δευτέρες» για διάφορους λόγους όπως: σχολικός περίπατος (7/11), άσκηση σεισμού (14/12), ενημέρωση για την οδική ασφάλεια (21/11), κατάληψη, κλειστά σχολεία λόγω παγετού (9/1), σχολική εορτή Τριών Ιεραρχών (30/1), αργία Καθαράς Δευτέρας (20/2), αργία Πρωτομαγιάς (1/5) και τέλος λόγω επιστροφής των μαθητών από την πολυήμερη εκδρομή (20/3) με αποτέλεσμα να παρίστανται στην τάξη 2 από τα 16 άτομα.
- Η συγκέντρωση των μαθητών στην αίθουσα διεξαγωγής του μαθήματος συνήθως καθυστερούσε αρκετά καθώς προέρχονταν από διαφορετικά τμήματα τα οποία έπρεπε να επισκεφτούν για να πάρουν τα βιβλία τους πριν έρθουν στην αίθουσα.
- Το γεγονός ότι το μάθημα ήταν «μονόωρο», σε συνδυασμό με τις πολλές «χαμένες» ώρες καθιστούσε αναγκαία μια ολιγόλεπτη ανασκόπηση της προηγούμενης ύλης ώστε να γίνεται ομαλά η μετάβαση στην επόμενη δραστηριότητα ή ενότητα. Το αποτέλεσμα ήταν να περιορίζεται ο «ωφέλιμος» χρόνος σε λιγότερο από 35 λεπτά της ώρας. Οι 2 45λεπτες διδακτικές ώρες όπως είχαν υπολογιστεί στο σχεδιασμό της ΔΜΑ, στην πράξη αντιστοιχούσαν συνήθως σε 3 ώρες πραγματικής διδασκαλίας.

4.1.3 Συμπλήρωση αρχικού ερωτηματολογίου (3 ώρες)

Την πρώτη ώρα έγινε αρχικά γνωριμία με τους μαθητές και συζήτηση σχετικά με τα κίνητρα που τους οδήγησαν στην επιλογή του θέματος και τις προσδοκίες τους από το μάθημα. Στη συνέχεια οι μαθητές δημιούργησαν 4 τετραμελείς ομάδες εργασίας τις οποίες ανακοίνωσαν στον διδάσκοντα.

Τη 2^η ώρα ο εκπαιδευτικός μοίρασε τα Ερωτηματολόγια στους μαθητές και τους ζήτησε να τα συμπληρώσουν ατομικά. Οι ερωτήσεις αναφέρονταν στις αιτίες και τρόπους κατανάλωσης ενέργειας από δραστηριότητες και προϊόντα της καθημερινότητας, τη σχέση τους με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και προτάσεις για τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας (2^ο Παράρτημα). Οι μαθητές συνάντησαν δυσκολίες στη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου και ζήτησαν διευκρινίσεις από τον εκπαιδευτικό. Μετά την ανάλυση ενός παραδείγματος από το διδάσκοντα, προχώρησαν στη συμπλήρωση, ενώ άφησαν αναπάντητα αρκετά από τα προϊόντα ή τις δραστηριότητες που αναφέρονταν. Οι μαθητές δυσανασχήτησαν με τον αριθμό των απαντήσεων που έπρεπε να δώσουν και χρειάστηκαν και την 3^η ώρα προκειμένου να ολοκληρώσουν το ερωτηματολόγιο.

4.1.4 Ο ρόλος της ενέργειας στην ανάπτυξη και οι τρόποι παραγωγής της (1^η Ενότητα 2 προβλεπόμενες – 3 πραγματικές ώρες)

ΦΕ1- 1η Δραστηριότητα

Οι μαθητές συμπλήρωσαν σχετικά εύκολα τις περισσότερες ερωτήσεις του φύλλου εργασίας, ενώ ζήτησαν βοήθεια στο χαρακτηρισμό των μορφών ενέργειας που καταναλώνουν καθώς και στις μονάδες μέτρησης της ενέργειας. Τον καιρό που διδάχθηκε η 1^η Ενότητα, οι ενότητες του μαθήματος της Φυσική που ανέφεραν τόσο τη θερμίδα όσο και την κιλοβατώρα, ως μονάδες μέτρησης της ενέργειας, δεν είχαν ακόμη διδαχθεί οπότε χρειάστηκε η παρέμβαση του εκπαιδευτικού με τις αντίστοιχες πληροφορίες.

ΦΕ1- 2^η Δραστηριότητα

Ο αρχικός σχεδιασμός για τις δραστηριότητες 2,3 και 4 που ακολουθούν ήταν η διεξαγωγή τους στην αίθουσα πληροφορικής, όπου υπάρχει σύνδεση με το διαδίκτυο για την άντληση πληροφοριών. Επειδή όμως τις ώρες που διδάχθηκε η 1^η Ενότητα, η αίθουσα χρησιμοποιούνταν από άλλα τμήματα Ερευνητικής Εργασίας, χρειάστηκε να αναδομηθεί το Φύλλο Εργασίας, ώστε να παρέχει τις πληροφορίες τις οποίες, στον αρχικό σχεδιασμό, οι μαθητές θα αντλούσαν από το διαδίκτυο. Η αίθουσα πληροφορικής είναι η μοναδική αίθουσα του σχολείου με σύνδεση στο διαδίκτυο που μπορεί να εξυπηρετήσει τμήματα όπως αυτό της Ερευνητικής Εργασίας. Επειδή οι μαθητές που επιλέγουν τα θέματα των Ερευνητικών Εργασιών προέρχονται από διαφορετικά τμήματα Γενικής Παιδείας, το πρόγραμμα επιβάλλει την ταυτόχρονη διεξαγωγή τριών τουλάχιστον θεμάτων, με αποτέλεσμα ένα κάθε φορά τμήμα να έχει τη δυνατότητα χρήσης της αίθουσας πληροφορικής. Οι ημερομηνίες στις οποίες διατέθηκε η αίθουσα για χρήση στο θέμα «Αποτύπωμα Άνθρακα» προέκυψαν μετά από κλήρωση, ενώ έγιναν και κάποιες αλλαγές μετά από συνεννόηση με τους άλλους συναδέλφους.

Στη συμπλήρωση των 2 πρώτων ερωτήσεων της 2^{ης} δραστηριότητας της 1^{ης} Ενότητας οι μαθητές αναγνώρισαν τους παράγοντες που καθορίζουν τα ποσά ενέργειας και τις χώρες ή τις περιοχές με τη μεγαλύτερη κατανάλωση, ενώ δεν κατόρθωσαν να βρουν τις πηγές από τις οποίες θα μπορούσαν να αντλήσουν τα κατάλληλα στοιχεία.

Οι επόμενες 2 ερωτήσεις που αφορούν στο διάγραμμα με την παγκόσμια κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας απαντήθηκαν χωρίς δυσκολία, παρόλο που ορισμένοι μαθητές είχαν δυσκολία στην αναγνώριση και ονομασία των περιοχών ή χωρών από το χάρτη.

Οι 2 τελευταίες ερωτήσεις απαντήθηκαν επίσης χωρίς δυσκολία. Ειδικά στην 4^η ερώτηση που αναφέρονταν σε διαστήματα μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας από τις ανεπτυγμένες χώρες, οι μαθητές ανέφεραν σωστά τους περισσότερους από τους πιθανούς λόγους για τη μείωση.

ΦΕ1 3^η - Δραστηριότητα

Σχετικά με την εξέλιξη της κατανάλωσης (1^η ερώτηση) στο μέλλον οι μαθητές αρχικά προέβλεψαν σταθεροποίηση ή αύξηση. Έχοντας δεχτεί στην προηγούμενη δραστηριότητα καθοδήγηση σχετικά με πηγές από το διαδίκτυο, κατόρθωσαν να εντοπίσουν τρόπους άντλησης των δεδομένων που θα απαντούσαν στο ερώτημα τους και να επιλέξουν τον πιο αξιόπιστο.

Στην 2^η ερώτηση οι μαθητές ερμήνευσαν σωστά τον πίνακα με τη διακύμανση των τιμών καταναλισκόμενης ενέργειας στο παρελθόν καθώς και τις προβλέψεις για το μέλλον. Ιδιαίτερα εντυπωσιάστηκαν από το διπλασιασμό της καταναλισκόμενης ενέργειας σε διάστημα λίγων δεκαετιών.

ΦΕ1 4^η - Δραστηριότητα

Στην 1^η ερώτηση σχετικά με το μερίδιο της κάθε πηγής στην παραγωγή ενέργειας όλοι οι μαθητές κατέταξαν στην 1^η θέση την καύση των ορυκτών ενώ με σχετικά μοιρασμένες απαντήσεις κατέτασσαν στη 2^η θέση είτε την πυρηνική ενέργεια είτε τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Στη 2^η ερώτηση σχετικά με τις πηγές ενέργειας που θα χρησιμοποιούνται μετά από 100 χρόνια όλοι οι μαθητές ανέφεραν ως κύρια πηγή ενέργειας τις ΑΠΕ ενώ οι μισοί προέβλεπαν τη χρήση των ορυκτών καυσίμων στη δεύτερη θέση. Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ανέφεραν την ηλιακή, την αιολική και την υδροηλεκτρική χωρίς να κάνουν καμία αναφορά στη βιομάζα.

Στην 3^η ερώτηση οι μαθητές ερμήνευσαν τους πίνακες που τους δίνονταν και στη συζήτηση που ακολούθησε εξέφρασαν απορίες για τα βιοκαύσιμα και τη βιομάζα. Εντυπωσιάστηκαν από το υψηλό ποσοστό ενέργειας που παράγεται με την καύση ορυκτών και το χαμηλό ποσοστό που αντιστοιχεί στις ΑΠΕ. Ειδικότερα για τις ΑΠΕ η αρχική τους εκτίμηση για ηλιακή και αιολική ενέργεια κατέρρευσε καθώς η βιομάζα αναδείχθηκε ως η κύρια Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας παράγοντας περισσότερο από τα 2/3 της συνολικής ενέργειας που παράγεται από τις ΑΠΕ.

Στην 4^η ερώτηση οι μαθητές έγραψαν μια σύνοψη των αποτελεσμάτων της 4^{ης} δραστηριότητας.

Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα

Το κείμενο με τις προτάσεις συμπλήρωσης κενού συμπληρώθηκε με ευκολία από όλους τους μαθητές.

4.1.5 Οι επιπτώσεις της καύσης ορυκτών στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ο κίνδυνος της κλιματικής αλλαγής (2^η Ενότητα 2 προβλεπόμενες – 3 πραγματικές ώρες)

ΦΕ2 - 1^η Δραστηριότητα

Στην 1^η ερώτηση που ζητούσε να συμπληρωθούν οι αντιδράσεις καύσης οι περισσότεροι μαθητές δεν συνάντησαν δυσκολία στο να εντοπίσουν τα προϊόντα

καθώς έχει προηγηθεί η διδασκαλία της αντίστοιχης ενότητας στο μάθημα της Χημείας Γενικής Παιδείας. Παρατηρήθηκε καθυστέρηση στην εύρεση των συντελεστών κυρίως από τους μαθητές του Προσανατολισμού Θεωρητικών Σπουδών.

Στη 2^η ερώτηση όλοι εντόπισαν το κοινό προϊόν των αντιδράσεων, δηλαδή το διοξείδιο του άνθρακα CO₂.

Στην 3^η ερώτηση όλοι οι μαθητές είχαν εμπειρία χρήσης των καυσίμων και επίγνωση της σημασίας τους ενώ αναφέρθηκαν ως καύσιμα που χρησιμοποιούν τα pellets, τα κάρβουνα και τα ξύλα στις αντίστοιχες σόμπες ή τζάκια.

ΦΕ2 - 2^η Δραστηριότητα

Η 2^η και 3^η Δραστηριότητα ξεκίνησαν στην αίθουσα διδασκαλίας όπου απαντήθηκαν οι ερωτήσεις του φύλλου εργασίας, ενώ μετά συνεχίστηκαν στην Αίθουσα του Εργαστηρίου των Φυσικών Επιστημών όπου είχαν προετοιμαστεί από τον διδάσκοντα τα κατάλληλα υλικά.

Στην 1^η ερώτηση που ζητούσε από τους μαθητές να προτείνουν μοντέλα που να περιγράφουν το ρόλο της γήινης ατμόσφαιρας στη θερμοκρασία του πλανήτη, δύο από τις ομάδες έκαναν προτάσεις. Η μια πρότεινε λεκάνη με νερό σκεπασμένη με γυαλί και θερμαινόμενη από τον ήλιο. Η άλλη πρότεινε ένα πορτοκάλι στο εσωτερικό ενός φουσκωμένου διαφανούς μπαλονιού θερμαινόμενου είτε από τον ήλιο είτε από λάμπα πυρακτώσεως.

Στη 2^η και στην 3^η ερώτηση που απαντήθηκαν μετά την περιγραφή της πειραματικής διάταξης οι μαθητές εύκολα συνέδεσαν τα σώματα του μοντέλου με τα αντίστοιχα σώματα του πραγματικού κόσμου. Επίσης, εύκολα προέβλεψαν το δοχείο με τη μεγαλύτερη αύξηση στη θερμοκρασία.

Ακολούθησε η εκτέλεση του πειράματος και η απάντηση των ερωτήσεων 4 και 5 με τον πίνακα και το αντίστοιχο διάγραμμα για τα δύο δοχεία. Το διάγραμμα επιβεβαίωσε την πρόβλεψη για μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας στο σκεπασμένο δοχείο (Πλανήτη με ατμόσφαιρα) σε σύγκριση με το ανοιχτό δοχείο (Πλανήτη χωρίς ατμόσφαιρα). Το συμπέρασμα του πειράματος καταγράφηκε στην ερώτηση 6 χωρίς δυσκολία.

ΦΕ3 - 3^η Δραστηριότητα

Στην 1^η ερώτηση, η οποία ζητούσε αντιδράσεις που παράγουν διοξείδιο του άνθρακα, προκειμένου να μεταβληθεί η «ατμόσφαιρα» του μοντέλου, προτάθηκαν από τους μαθητές τρεις τρόποι – αντιδράσεις :

1. Καύση κεριού ρεσό ή σπέρτων
2. Προσθήκη διαλύματος υδροχλωρικού οξέος (άκουα – φόρτε) σε ρινίσματα σιδήρου
3. Προσθήκη ξυδιού ή λεμονιού σε μαγειρική σόδα.

Στη 2^η ερώτηση, μετά την περιγραφή του πειράματος, οι μαθητές εύστοχα συνέδεσαν τα δύο δοχεία του μοντέλου με τον πλανήτη που έχει «φυσική» ατμόσφαιρα και τον πλανήτη του οποίου η ατμόσφαιρα έχει αυξημένη συγκέντρωση σε διοξείδιο του άνθρακα. Κοινή πρόβλεψη για όλους ήταν η μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας στο δοχείο με την αυξημένη συγκέντρωση σε διοξείδιο του άνθρακα.

Ακολούθησε η εκτέλεση του πειράματος και η καταγραφή των μετρήσεων στον πίνακα και στο διάγραμμα των ερωτήσεων 3 και 4. Η σύγκριση των γραφικών παραστάσεων στα δύο δοχεία επιβεβαίωσε τις αρχικές προβλέψεις των μαθητών. Στην ερώτηση 5 οι μαθητές κατέγραψαν τις προβλέψεις τους για τη θερμοκρασία του πλανήτη, εφόσον συνεχιστεί η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα.

ΦΕ2 - 4^η Δραστηριότητα

Οι μαθητές παρακολούθησαν το βίντεο που αναφέρεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή, στους υπολογιστές της αίθουσας πληροφορικής. Υπήρχε εναλλακτικά, η δυνατότητα προβολής του βίντεο, στην αίθουσα διδασκαλίας από τον βιντεοπροβολέα. Ωστόσο, επιλέχθηκε η χρήση των υπολογιστών ώστε οι μαθητές, να έχουν τη δυνατότητα να επιστρέφουν, μετά την πρώτη παρακολούθηση, στα σημεία που τους ενδιαφέρουν για να απαντήσουν στις ερωτήσεις.

Η 1^η ερώτηση σχετικά με τις θετικές και αρνητικές συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου απαντήθηκε σχετικά εύκολα από τους μαθητές, αν και ορισμένοι είχαν συνδέσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου με αρνητικές μόνο συνέπειες.

Στη 2^η ερώτηση που ζητούσε την αναφορά φαινομένων τα οποία θα προκαλέσει η διαφαινόμενη κλιματική αλλαγή, οι συζητήσεις στις ομάδες ανέδειξαν μια παρανόηση των μαθητών σχετικά με την κλιματική αλλαγή. Στη συντριπτική τους πλειοψηφία είχαν συνδέσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποκλειστικά με την αύξηση της θερμοκρασίας των περιοχών και την ερημοποίηση αγνοώντας τις υπόλοιπες συνέπειες που μπορεί να επιφέρει. Συγκεκριμένα, θεωρούσαν πως το κλίμα της κάθε χώρας θα γίνονταν θερμότερο οπότε οι εικόνες με τυφώνες, καταιγίδες, πλημμύρες, κατολισθήσεις και άλλα ακραία φαινόμενα κακοκαιρίας τους ξένισαν. Μετά τη συζήτηση που ακολούθησε και τις διευκρινίσεις που δόθηκαν απάντησαν την ερώτηση.

Στην 3^η ερώτηση αναφορικά με τα αέρια του θερμοκηπίου όλοι ανέφεραν το διοξείδιο του άνθρακα ως πρώτο και άμεσα συνδεδεμένο με την παραγωγή ενέργειας ενώ χρειάστηκε να επιστρέψουν στο βίντεο και να το «τρέξουν πίσω» ώστε να εντοπίσουν και τα άλλα αέρια που αναφέρονταν. Ένας μαθητής ανέφερε πως έχει ακούσει και για άλλα αέρια του θερμοκηπίου όπως οι υδρατμοί και «κάποιες ενώσεις με φθόριο» δίνοντας αφορμή για μια ολιγόλεπτη αναφορά και σε άλλα αέρια, καθώς και στο δυναμικό πλανητικής θέρμανσης χωρίς μεγάλη επέκταση.

Ακολούθησε η συμπλήρωση των συμπερασμάτων σχετικά με την κλιματική αλλαγή και των ερωτήσεων σχετικά με τα μοντέλα, που έγινε με επιτυχία από όλες τις ομάδες.

4.1.6 Αποτύπωμα Άνθρακα – Μέτρηση μέσω μηχανών υπολογισμού (3^η Ενότητα 2 προβλεπόμενες – 3 πραγματικές ώρες)

ΦΕ3 - 1^η Δραστηριότητα

Η 1^η Δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε στην Αίθουσα Πληροφορικής. Οι μαθητές επισκέφθηκαν την ιστοσελίδα του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA) και περιηγήθηκαν σε αυτήν προκειμένου να γνωρίσουν τις δυνατότητες και τις πληροφορίες που παρέχει. Αρκετές φορές, χρειάστηκε να παρέμβει ο διδάσκων, προκειμένου να εξηγήσει «τεχνικούς όρους» ή να βοηθήσει στη μετάφραση των όρων με τους οποίους οι μαθητές δεν ήταν εξοικειωμένοι.

Μετά τις διευκρινίσεις, οι μαθητές συμπλήρωσαν την ερώτηση 2 επιλέγοντας σωστά από το μενού τις πληροφορίες που τους ζητούνταν, χωρίς να ζητήσουν επιπλέον βοήθεια.

Στην 3^η ερώτηση οι μαθητές αρχικά συμπλήρωσαν τον Πίνακα με την κατά κεφαλή Παρεχόμενη Ενέργεια και την κατά κεφαλή εκπεμπόμενη ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα, για την Ελλάδα και τη Σουηδία αντλώντας τα δεδομένα από την ιστοσελίδα. Οι περισσότεροι μαθητές απέδωσαν την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας της Σουηδίας σε σχέση με την Ελλάδα, στο ψυχρό της κλίμα και ορισμένοι στη βιομηχανία της. Για τις μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα της Σουηδίας σε σχέση με την Ελλάδα οι περισσότεροι προέβλεψαν πως στη Σουηδία παράγεται μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας από ΑΠΕ γεγονός που επαλήθευσαν στη συνέχεια από την ιστοσελίδα. Τέλος, αναγνώρισαν την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα ως καταλληλότερο δείκτη της ανθρώπινης επιβάρυνσης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αιτιολογώντας με το παράδειγμα της Σουηδίας και της Ελλάδας.

ΦΕ3 - 2^η Δραστηριότητα

Η έρευνα που απαιτούσε η 2^η Δραστηριότητα, επιλέχθηκε από τον διδάσκοντα να γίνει από τους μαθητές ως εργασία για το σπίτι προκειμένου να εξοικονομηθεί χρόνος για συζήτηση. Οι τρεις από τις τέσσερις ομάδες έφεραν ορισμούς για το Αποτύπωμα Άνθρακα και μετά την παρουσίαση τους επιλέχθηκε ο ορισμός που δίνεται από την εταιρεία DS Consulting που δραστηριοποιείται στον τομέα της Βιολογικής Γεωργίας ενώ αναπτύσσει και έργα υπολογισμού του Ανθρακικού Αποτυπώματος

[\(http://gr.dsorganic.com/services/carbon-footprinting-services/carbon-footprint/\)](http://gr.dsorganic.com/services/carbon-footprinting-services/carbon-footprint/).

Στη συζήτηση τέθηκαν από τους μαθητές, ερωτήσεις και για το ενεργειακό αποτύπωμα όπως και για το οικολογικό αποτύπωμα. Με αφορμή τις ερωτήσεις έγινε ολιγόλεπτη αναφορά στη γενικότερη έννοια των αποτυπωμάτων.

Σχετικά με τα πλεονεκτήματα του όρου Αποτύπωμα Άνθρακα, οι μαθητές αναγνώρισαν ορισμένα, όπως η μέτρηση και καταγραφή των εκπομπών, η σύνδεση προϊόντων και καθημερινών δραστηριοτήτων με τις εκπομπές και η κατανομή ευθυνών σε χώρες, ενώ ο διδάσκων συμπλήρωσε τη θέσπιση στόχων για μείωση εκπομπών. Έγινε, επίσης, ολιγόλεπτη αναφορά από το διδάσκοντα σχετικά με το εμπόριο ρύπων, θέμα που κέντρισε το ενδιαφέρον των μαθητών, ξέφευγε όμως από τον αρχικό σχεδιασμό.

Σχετικά με τη διάκριση πρωτογενούς - δευτερογενούς αποτυπώματος οι μαθητές αρχικά ζήτησαν διευκρινίσεις στον ορισμό. Μετά τις διευκρινίσεις ανέφεραν ως παραδείγματα στη δημιουργία πρωτογενούς αποτυπώματος, την μετακίνηση με αυτοκίνητο, τη θέρμανση με πετρέλαιο, και τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών, ενώ στη δημιουργία δευτερογενούς, ανέφεραν την εισαγωγή προϊόντων από άλλες χώρες και την απόσυρση ηλεκτρικών συσκευών και αυτοκινήτων.

ΦΕ3 - 3^η Δραστηριότητα

Η 3^η Δραστηριότητα, που πραγματοποιήθηκε στην Αίθουσα Πληροφορικής, σχετίζονταν καταρχάς με κατανάλωση προϊόντων και δραστηριότητες των μαθητών που δημιουργούν Αποτύπωμα Άνθρακα.

Οι μαθητές ανέφεραν «την αγορά προϊόντων από τα super markets αλλά και το internet, τις μετακινήσεις τους με το αυτοκίνητο των γονιών τους, τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας για τον υπολογιστή, για τη φόρτιση των κινητών τους τηλεφώνων και τη θέρμανση του νερού». Απέδωσαν τη δημιουργία Αποτυπώματος στη «χρήση ενέργειας που παράγεται με καύση ορυκτών καυσίμων» και είναι απαραίτητη για «την επεξεργασία των πρώτων υλών, τη συσκευασία και μεταφορά των εμπορευμάτων, την απόσυρση ή την ανακύκλωση τους, τη μετατροπή σε κινητική ενέργεια. Στην αξιολόγηση των δραστηριοτήτων που δημιουργούν το Αποτύπωμα, οι περισσότεροι μαθητές κατέταξαν στην 1^η θέση την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ υπήρξαν και κάποιοι που ανέφεραν στην 1^η θέση την αγορά προϊόντων και λιγότεροι τις μετακινήσεις.

Στη συνέχεια, οι μαθητές αναζήτησαν και σημείωσαν διαδικτυακές μηχανές υπολογισμού του Αποτυπώματος Άνθρακα το οποίο όπως παρατήρησαν συχνά αναφέρονταν στο διαδίκτυο ως «Ενεργειακό Αποτύπωμα».

Ακολούθησε ο υπολογισμός του ατομικού Αποτυπώματος των μαθητών μέσω της διαδικτυακής μηχανής στη σελίδα της WWF <http://footprint.wwf.org.uk/>. Οι μαθητές συχνά χρειάστηκαν διευκρινήσεις για τεχνικούς όρους που αναφέρονταν στη σελίδα (π.χ. green tariff), για την ισοτιμία αγγλικής λίρας – ευρώ καθώς και στη μετάφραση. Μετά τη συμπλήρωση του πίνακα οι μαθητές ανέφεραν τις παραμέτρους που τους ζητήθηκαν από τη μηχανή και δεν είχαν προβλέψει. Ιδιαίτερη εντύπωση έκανε στους περισσότερους η διατροφή και ειδικά το κόκκινο κρέας όπως και η αναφορά στα κατοικίδια ζώα.

ΦΕ3 - 4^η Δραστηριότητα

Στην 4^η Δραστηριότητα οι μαθητές κλήθηκαν να προβλέψουν τους τομείς που διαμορφώνουν το οικιακό τους Αποτύπωμα Άνθρακα και να το υπολογίσουν μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής που βρίσκεται στη διεύθυνση <http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>.

Ο υπολογισμός απαιτούσε στοιχεία για οικιακή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, καυσίμου για θέρμανση, αποστάσεων σε μετακινήσεις, τα οποία οι μαθητές έπρεπε να πάρουν από τους γονείς τους. Για το λόγο αυτό αλλά και για οικονομία χρόνου, επιλέχθηκε από το διδάσκοντα, μετά την αρχική πρόβλεψη, ο υπολογισμός να γίνει ως εργασία στο σπίτι αφήνοντας περισσότερο χρόνο για την τελική συζήτηση στο σχολείο.

Στις προβλέψεις τους οι μαθητές ανέφεραν ως αιτίες για τη δημιουργία Αποτυπώματος Άνθρακα στην οικογένεια τους, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, τη θέρμανση, τις καθημερινές μετακινήσεις, την αγορά προϊόντων και τροφίμων και τις διακοπές. Σε όλες τις περιπτώσεις συνέδεαν τη δημιουργία αποτυπώματος με την ενέργεια που άμεσα ή έμμεσα προέρχονταν από την καύση ορυκτών καυσίμων. Στην 1^η θέση οι περισσότεροι τοποθετούσαν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και οι υπόλοιποι τη θέρμανση, ενώ ακολουθούσαν οι καθημερινές μετακινήσεις.

Ως δραστηριότητες που δε δημιουργούν Αποτύπωμα, ανέφεραν τη μετακίνηση με τα πόδια ή με ποδήλατο, την κατανάλωση λαχανικών από τον οικιακό κήπο και τη θέρμανση με μάλλινες κουβέρτες.

Ακολούθησε η ανακοίνωση των αποτελεσμάτων των υπολογισμών για τα οικογενειακά Αποτυπώματα και η συζήτηση σχετικά με τις διαφοροποιήσεις που παρατηρήθηκαν.

Στη συνέχεια, οι μαθητές απάντησαν ατομικά στις ερωτήσεις του Φύλλου Εργασίας τις σχετικές με το Αποτύπωμα Άνθρακα. Οι απαντήσεις ήταν εύστοχες με εξαίρεση δύο απαντήσεις που δεν απέδωσαν δημιουργία Αποτυπώματος στην κατανάλωση μπανάνας.

4.1.7 Υπολογισμός Αποτυπώματος Άνθρακα του Σχολείου – Προτάσεις μείωσης (4^η Ενότητα 2 προβλεπόμενες – 3 πραγματικές ώρες)

ΦΕ4 - 1^η Δραστηριότητα

Στην 1^η Δραστηριότητα οι μαθητές καλούνταν να εντοπίσουν προϊόντα που καταναλώνονται, δραστηριότητες που πραγματοποιούνται και ανάγκες που πρέπει να ικανοποιηθούν κατά τη λειτουργία του σχολείου οι οποίες δημιουργούν Αποτύπωμα Άνθρακα. Στη συνέχεια, τους ζητήθηκε να ομαδοποιήσουν τα παραπάνω

σε γενικότερα σύνολα και τελικά να βαθμολογήσουν τις ομάδες με βάση το Αποτύπωμα Άνθρακα κατά τις δικές τους εκτιμήσεις.

Στην 1^η καταγραφή εντοπίστηκαν μερικές δεκάδες ενεργειών, προϊόντων, αναγκών και ενδεικτικά αναφέρονται «Φως, φωτοτυπίες, κλιματιστικά, καλοριφέρ, καθάρισμα, κουδούνι, φυσικό αέριο, κυλικείο, υπολογιστές» και άλλα. Είναι αξιοσημείωτο πως κανείς από τους μαθητές δεν αναφέρθηκε στις μετακινήσεις μαθητών και καθηγητών και χρειάστηκε υπενθύμιση του διδάσκοντα για την καταγραφή της.

Για την ομαδοποίηση, είχε προταθεί στους μαθητές από τον διδάσκοντα ένας πίνακας που κατένειμε τις καταγραφές σε υποκατηγορίες. Ο πίνακας αποδείχθηκε δύσχρηστος στους μαθητές καθώς πολλές καταγραφές αντιστοιχούσαν σε περισσότερες στήλες, οπότε οι μαθητές ακολούθησαν δική τους ομαδοποίηση που κατέληξε στους τομείς: Θέρμανση, Ηλεκτρική Ενέργεια, Μετακινήσεις και Υπόλοιπα.

Στην πρώτη θέση της κατάταξης οι μισοί περίπου μαθητές τοποθέτησαν τη Θέρμανση και οι υπόλοιποι την Ηλεκτρική Ενέργεια, στην τρίτη θέση ομόφωνα προέβλεψαν τις Μετακινήσεις ενώ στα Υπόλοιπα απέδωσαν την 4^η θέση παρά τις ενστάσεις που είχαν ορισμένοι.

ΦΕ4 - 2^η Δραστηριότητα

Σκοπός της 2^{ης} Δραστηριότητας ήταν να αναπτύξουν οι μαθητές την κατάλληλη μέθοδο, ώστε να υπολογίσουν το Αποτύπωμα Άνθρακα του Σχολείου τους, όπως αυτό δημιουργείται από καθέναν από τους τρεις σημαντικότερους τομείς, δηλαδή τη θέρμανση, την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας και τις μετακινήσεις μαθητών και καθηγητών. Ο υπολογισμός του Αποτυπώματος που οφείλεται στα «Υπόλοιπα» κρίθηκε από τον διδάσκοντα ως ιδιαίτερα δύσκολος, χρονοβόρος και αμφίβολης αξιοπιστίας οπότε συμφωνήθηκε με τους μαθητές να μην επιχειρηθεί.

Για κάθε τομέα αρχικά διεξάγονταν συζήτηση στην ολομέλεια του τμήματος, ενώ στο τέλος, ο διδάσκων ανέθεσε σε κάθε ομάδα τον υπολογισμό του Αποτυπώματος Άνθρακα που οφείλεται σε ένα συγκεκριμένο τομέα, σύμφωνα με τη μέθοδο που είχε συμφωνηθεί. Η αρχική σκέψη του διδάσκοντα που ήταν κάθε ομάδα να κάνει και τους τρεις υπολογισμούς εγκαταλείφθηκε για λόγους εξοικονόμησης χρόνου. Στην ομάδα που περίσσευε ανατέθηκε να υπολογίσει το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου μέσω της εφαρμογής που έχει αναπτυχθεί για το Αποτύπωμα Σχολείων και βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://www.dipeserron.gr/co2schools/>. Η 4η ομάδα αρχικά επισκέφθηκε τη διεύθυνση ώστε να συλλέξει ορισμένες από τις πληροφορίες που χρειαζόνταν ενώ τις υπόλοιπες τις συγκέντρωσε επιθεωρώντας το σχολείο.

Για τον τομέα της θέρμανσης αρχικά υπήρξε αμφιβολία σχετικά με το καύσιμο που χρησιμοποιείται στο σχολείο, καθώς κάποιοι μαθητές ανέφεραν το πετρέλαιο. Ακολούθησε η παρατήρηση ενός μαθητή σχετικά με τους εξωτερικούς σωλήνες μεταφοράς και το μετρητή που βρίσκονταν σε εμφανές σημείο, ώστε να πειστούν

όλοι πως το καύσιμο που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση είναι το φυσικό αέριο. Για τον υπολογισμό του Αποτυπώματος που οφείλεται στην καύση φυσικού αερίου οι μαθητές ζήτησαν από το διδάσκοντα τους λογαριασμούς του φυσικού αερίου προκειμένου να υπολογίσουν τα κυβικά μέτρα που καταναλώθηκαν. Στην ερώτηση του διδάσκοντα για το χρονικό διάστημα που έπρεπε να διαφέρουν οι λογαριασμοί, ένας μαθητής θυμήθηκε και οι άλλοι συμφώνησαν πως ο υπολογισμός του αποτυπώματος γίνεται συνήθως για διάρκεια ενός έτους. Ο διδάσκων έδωσε στους μαθητές δύο λογαριασμούς φυσικού αερίου, που είχε προμηθευτεί από τη διεύθυνση του σχολείου, οι οποίοι διέφεραν χρονικά κατά ένα έτος. Με αφαίρεση στις ενδείξεις του μετρητή οι μαθητές εύκολα υπολόγισαν τα «κυβικά μέτρα» του φυσικού αερίου που καταναλώθηκαν στη διάρκεια του προηγούμενου χρόνου.

Για τον υπολογισμό του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από την καύση οι μαθητές θεώρησαν προσεγγιστικά ότι το φυσικό αέριο αποτελείται μόνο από μεθάνιο και στη συνέχεια προβληματίστηκαν για τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας στις οποίες αναφέρονται οι ενδείξεις του μετρητή. Μετά την επίσκεψη στην ιστοσελίδα του Φυσικού Αερίου Αττικής οι μαθητές έμαθαν ότι οι όγκοι έχουν αναχθεί σε «κανονικές συνθήκες» πίεσης και θερμοκρασίας, γεγονός που διευκόλυνε τους υπολογισμούς τους. Η μονάδα Nm^3 που συνοδεύει τις ενδείξεις του φυσικού αερίου είναι «κανονικά κυβικά μέτρα» δηλαδή, όγκος που αναφέρεται σε θερμοκρασία 0°C και πίεσης 1 atm ($1,01325 \text{ bar}$). Οι μαθητές δήλωσαν πως από τη στοιχειομετρία της χημικής εξίσωσης καύσης του μεθανίου θα μπορούσαν να υπολογίσουν τον όγκο του διοξειδίου του άνθρακα, τον οποίο στη συνέχεια να μετατρέψουν σε mol και τελικά σε μάζα μετρημένη σε τόνους.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στις τελευταίες συζητήσεις, που αναφέρονταν ουσιαστικά στην επίλυση υπολογιστικού προβλήματος, συμμετείχαν κυρίως οι μαθητές με περισσότερη «έφεση» στις Φυσικές Επιστήμες (περίπου οι μισοί) ενώ οι υπόλοιποι κοίταζαν μάλλον αμήχανα. Για να αντιμετωπίσει το πρόβλημα ο διδάσκων, έθετε συχνά διευκρινιστικές ερωτήσεις στους πρώτους μαθητές σχετικά με τους υπολογισμούς που ανέφεραν, υπενθυμίζοντας έτσι στους «λιγότερο επιδέξιους» τον τρόπο επίλυσης και τις μετατροπές που χρειάζονταν.

Για τον τομέα της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας η αρχική σκέψη των μαθητών ήταν η ίδια με την περίπτωση του φυσικού αερίου, να συγκρίνουν δηλαδή τις ενδείξεις του λογαριασμού της ΔΕΗ σε διάρκεια ενός έτους για να υπολογίσουν τις «κιλοβατώρες» ηλεκτρικής ενέργειας που είχαν καταναλωθεί. Στο ερώτημα του διδάσκοντα για τον υπολογισμό του Αποτυπώματος από τις «κιλοβατώρες» οι μαθητές δεν μπόρεσαν να δώσουν απάντηση, εκτός από έναν που ανέφερε πως πρέπει να υπάρχει κάποιος συντελεστής μετατροπής ενώ κάποιος άλλος συμπλήρωσε πως ο συντελεστής θα διαφέρει από χώρα σε χώρα ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Μάλιστα ο 2^{ος} προκειμένου να στηρίξει τον ισχυρισμό του, ανέφερε το παράδειγμα της Σουηδίας και της Ελλάδας από προηγούμενη δραστηριότητα όπου η παραγόμενη ενέργεια συνοδεύονταν από εντελώς διαφορετικές εκπομπές αερίων στις δύο χώρες. Μετά από προτροπή του

διδάσκοντα, οι μαθητές επισκέφτηκαν την ιστοσελίδα της ΔΕΗ όπου αναφέρονταν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά παραγόμενη κιλοβατώρα (0,865 kg CO₂/kWh) για το έτος 2015, τιμή που τελικά χρησιμοποιήθηκε.

Η αρχική σκέψη των μαθητών για τη χρήση των λογαριασμών της ΔΕΗ στον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας δεν ήταν δυνατό να εφαρμοσθεί, καθώς οι λογαριασμοί παραδίδονταν στο Δήμο από όπου πληρώνονταν και η ανάκτηση των παλιών λογαριασμών δεν ήταν εύκολη. Η λύση που προτάθηκε εναλλακτικά από τον διδάσκοντα ήταν η χρήση των ενδείξεων ενός μετρητή ηλεκτρικής ισχύος που ήταν τοποθετημένος στο γραφείο της διεύθυνσης. Ο παραπάνω μετρητής είχε τοποθετηθεί στα πλαίσια ενός προγράμματος που αξιολογούσε την κατανάλωση ενέργειας, προκειμένου να κρίνει κατά πόσο συμφέρει η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού που λειτουργούσαν στο σχολείο με νέου τύπου λαμπτήρες (LED) εξοικονόμησης ενέργειας. Ο μετρητής λειτουργεί σε 24ωρη βάση ενώ στέλνει ασύρματα ειδοποιήσεις της κατανάλωσης και σε αντίστοιχο δέκτη στο Δήμο που ελέγχει το Πρόγραμμα. Η στιγμιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος μετρημένη σε kw εύκολα προκύπτει από μια ανάγνωση του μετρητή.

Ο διδάσκων πληροφόρησε τους μαθητές για την ύπαρξη του μετρητή και τη σημασία των ενδείξεων του και τους ζήτησε να τις αξιοποιήσουν για να υπολογίσουν την ενέργεια που καταναλώνεται στο σχολείο στη διάρκεια ενός έτους. Οι μαθητές με έφεση στις Φυσικές Επιστήμες εύκολα θυμήθηκαν τη σχέση που συνδέει την ενέργεια με την ισχύ και το χρόνο και τις αντίστοιχες μονάδες : Ενέργεια (σε kWh)= Ισχύς (σε kW) x Χρόνος Λειτουργίας (σε h). Το επόμενο ερώτημα που έθεσαν οι μαθητές ήταν οι τιμές της καταναλισκόμενης ισχύος σε κάθε φάση λειτουργίας του σχολείου. Διέκριναν μόνοι τους τρεις φάσεις λειτουργίας του σχολείου, (τις ώρες του μαθήματος, τις ώρες χωρίς μάθημα και το καλοκαίρι) ενώ με τη βοήθεια του διδάσκοντα προέκυψε και η φάση των εξετάσεων και των εγγραφών όπου το σχολείο λειτουργεί με τους καθηγητές αλλά χωρίς μάθημα. Ο διδάσκων παρέδωσε στους μαθητές τις ενδείξεις του μετρητή για κάθε φάση λειτουργίας του σχολείου όπως τις είχε πληροφορηθεί από τη διεύθυνση και διασταυρώσει για μεγαλύτερη σιγουριά με το σχολικό φύλακα. Οι μαθητές δήλωσαν πως θα μοιράσουν το έτος στις διάφορες φάσεις και πολλαπλασιάζοντας το χρόνο διάρκειας της κάθε φάσης με την αντίστοιχη ισχύ θα υπολόγιζαν την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στο σχολείο. Για το Αποτύπωμα Άνθρακα θα έμενε στη συνέχεια η χρήση του συντελεστή από την ιστοσελίδα της ΔΕΗ.

Για τον τομέα των μετακινήσεων ο διδάσκων είχε προτείνει στους μαθητές τη συλλογή πληροφοριών μέσω ενός ερωτηματολόγιου που θα απευθύνονταν στους καθηγητές και ενός άλλου που θα απευθύνονταν στους μαθητές. Στην ερώτηση του διδάσκοντα ποιο θα ήταν το αρχικό ζητούμενο από το ερωτηματολόγιο οι περισσότεροι μαθητές ανέφεραν την ποσότητα καυσίμου που καταναλώνεται κατά τις μετακινήσεις. Για τον τρόπο υπολογισμού της, οι μαθητές πρότειναν είτε να ερωτηθούν απευθείας οι καθηγητές για τα λίτρα της βενζίνης, είτε να ερωτηθούν για τα χιλιόμετρα που διανύουν καθημερινά και τη μέση κατανάλωση του οχήματος

τους. Για τον υπολογισμό του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται οι μαθητές ζήτησαν να θεωρήσουν ως μοναδικό καύσιμο τη βενζίνη και ως πιο αντιπροσωπευτική ένωση για τη βενζίνη το οκτάνιο με χημικό τύπο C_8H_{18} . Ο διδάσκων συμφώνησε γνωρίζοντας ότι δύο μόνο από τους περίπου 40 μετακινούμενους καθημερινά στο σχολείο χρησιμοποιούσαν άλλο καύσιμο, οπότε το σφάλμα δεν θα ήταν σημαντικό. Οι μαθητές δήλωσαν πως από τον όγκο βενζίνης και την πυκνότητα της θα υπολόγιζαν αρχικά τη μάζα της, στη συνέχεια μέσω της σχετικής μοριακής μάζας του οκτανίου τα mol, και μέσα από τη στοιχειομετρία της χημικής εξίσωσης καύσης του οκτανίου τα mol του διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται ώστε να τα μετατρέψουν στη συνέχεια σε μάζα και Αποτύπωμα Άνθρακα.

Επαναλήφθηκαν και σε αυτή τη φάση της συζήτησης οι δυσκολίες εκείνων των μαθητών που δεν προέρχονταν από την θετική κατεύθυνση, στο να κατανοήσουν τη ακολουθούμενη μεθοδολογία και χρειάστηκε να γίνουν από τον διδάσκοντα επανειλημμένα διευκρινήσεις πάνω στις σχέσεις και στους υπολογισμούς, ώστε να είναι σε θέση να παρακολουθούν.

Για τον υπολογισμό μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής ο διδάσκων έδωσε στους μαθητές την ηλεκτρονική διεύθυνση της ιστοσελίδας και ζήτησε τη γνώμη τους σχετικά με τις πληροφορίες που περίμεναν να τους ζητάει. Μετά τις απαντήσεις των μαθητών και τη συζήτηση που ακολούθησε οι μαθητές διαπίστωσαν την ανάγκη να επισκεφτούν δοκιμαστικά την ιστοσελίδα προκειμένου να ελέγξουν τα δεδομένα που χρειάζεται και στη συνέχεια να τα αναζητήσουν.

Υπολογισμοί Αποτυπωμάτων

Αποτύπωμα Άνθρακα εξαιτίας της θέρμανσης του Σχολείου.

Η ομάδα που υπολόγισε το Αποτύπωμα Άνθρακα που οφείλεται στη θέρμανση του Σχολείου, εφάρμοσε με συνέπεια τη μεθοδολογία που είχε συζητηθεί. Προσεγγιστικά θεώρησαν ότι το φυσικό αέριο αποτελείται μόνο από μεθάνιο ενώ στρογγυλοποίησαν την κατανάλωση από τα 8948 m^3 στα 9000 m^3 . Για το παραγόμενο CO_2 ακολούθησαν τη στοιχειομετρία της τέλει καύσης του μεθανίου με τους όγκους μετρημένους σε L. Δικαιολόγησαν προφορικά πως η αναλογία των όγκων συμπίπτει με την αναλογία των mol όταν είναι μετρημένα στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Στη συνέχεια μετέτρεψαν τον όγκο του παραγόμενου CO_2 σε mol και τελικά σε μάζα μετρημένη σε τόνους. Ο υπολογισμός τους έδειξε $17,6 \text{ ton } CO_2$ για την περίοδο του ενός έτους.

Αποτύπωμα Άνθρακα εξαιτίας της κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η ομάδα που ανέλαβε το Αποτύπωμα Άνθρακα που οφείλεται στην κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας, υπολόγισε καταρχάς τη ενέργεια που καταναλώθηκε στη διάρκεια ενός έτους σε κιλοβατώρες εφαρμόζοντας τη σχέση $E=P*t$. Η καταναλισκόμενη ισχύς όπως καταγράφηκε από τον αντίστοιχο μετρητή, ήταν 25 Kw τις 6 ώρες πλήρους λειτουργίας του σχολείου δηλαδή 08:15 μέχρι 14:15 ενώ έπεφτε

στα 3 Kw τις υπόλοιπες 18 ώρες που δεν γίνονταν μάθημα, όπως και τα Σαββατοκύριακα. Η παραπάνω κατανάλωση αντιστοιχούσε στις 30 εβδομάδες διεξαγωγής μαθημάτων. Για τις 9 εβδομάδες λειτουργίας του σχολείου στο διάστημα των εγγραφών και των εξετάσεων οι ενδείξεις ήταν 5 Kw για τις 6 ώρες που έμενε ανοιχτό (8:00-14:00) και 3 Kw για τις υπόλοιπες 18 ώρες και τα Σαββατοκύριακα. Τέλος, για τις υπόλοιπες 13 εβδομάδες του καλοκαιριού και των διακοπών Χριστουγέννων και Πάσχα, οπότε το σχολείο δε λειτουργούσε η μέση ένδειξη ήταν 1 Kw. Πρέπει να σημειωθεί πως οι παραπάνω ενδείξεις δεν ήταν σταθερές αλλά παρουσίαζαν διακυμάνσεις που ήταν όμως σχετικά μικρές της τάξης του 10%. Οι μαθητές αρχικά χώρισαν το έτος σε εβδομάδες με μάθημα, εβδομάδες χωρίς μάθημα και εβδομάδες με κλειστό το σχολείο. Υπολόγισαν για κάθε εβδομάδα την καταναλισκόμενη ενέργεια λαμβάνοντας υπόψιν την ισχύ και τη διάρκεια της αντίστοιχης φάσης λειτουργίας. Στη συνέχεια, από την ολική ενέργεια υπολόγισαν το Αποτύπωμα Άνθρακα χρησιμοποιώντας το συντελεστή 0,865Kg CO₂/Kwh. Ο συντελεστής μετατροπής βρέθηκε στην ιστοσελίδα της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού. Κατά τους υπολογισμούς οι μαθητές έκαναν μερικά αριθμητικά λάθη στους υπολογισμούς τους, τα οποία στη συνέχεια διορθώθηκαν από το διδάσκοντα. Το τελικό αποτέλεσμα του υπολογισμού ήταν 36,5 ton CO₂.

Αποτύπωμα Άνθρακα εξαιτίας των μετακινήσεων

Οι ομάδα που ανέλαβε τον υπολογισμό του Αποτυπώματος που οφείλεται στις μετακινήσεις καθηγητών και μαθητών αρχικά συντάξε ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσαν οι καθηγητές δηλώνοντας την απόσταση που διανύουν καθημερινά και εκτιμώντας την ποσότητα καυσίμου που καταναλώνουν. Πρέπει να σημειωθεί πως αρκετοί από τους καθηγητές χρειάστηκαν βοήθεια από συναδέλφους προκειμένου να εκτιμήσουν την ποσότητα του καυσίμου. Οι μαθητές επεξεργάστηκαν τα ερωτηματολόγια και υπολόγισαν τη συνολική κατανάλωση σε 44 Lit καυσίμου σε καθημερινή βάση. Προσεγγιστικά θεώρησαν όλη την ποσότητα του καυσίμου ως βενζίνη που αποτελείται μόνο από οκτάνιο (C₈H₁₈). Στη συνέχεια αναζήτησαν στο διαδίκτυο την πυκνότητα της προκειμένου να υπολογίσουν τη μάζα της βενζίνης, για να τη μετατρέψουν σε mol. Από τη στοιχειομετρία της τέλει καύσης του οκτανίου υπολόγισαν το παραγόμενο CO₂ σε mol και έπειτα το μετέτρεψαν σε μάζα διοξειδίου του άνθρακα. Ο υπολογισμός τους έδειξε πως η μετακίνηση των καθηγητών εκλύει καθημερινά 96 kg CO₂. Σε ετήσια βάση, λαμβάνοντας υπόψιν 39 εβδομάδες μετακινήσεων και 5 ημέρες ανά εβδομάδα προέκυψαν 18,7 ton CO₂. Για τις εκπομπές που οφείλονται στις μετακινήσεις των συμμαθητών τους, τα μέλη της ομάδας ρώτησαν και κατέγραψαν πόσοι μετακινούνται με αυτοκίνητο ή με αστικό. Ένας στους οκτώ μαθητές (50/400) χρησιμοποιούσε αστικό στη μετακίνηση του και μόλις δύο μετακινούνταν με το αυτοκίνητο των γονιών τους το πρώι, οπότε το αντίστοιχο αποτύπωμα θεωρήθηκε μικρό από την ομάδα και δεν υπολογίστηκε.

Το συνολικό αποτύπωμα όπως προκύπτει από το άθροισμα των Αποτυπωμάτων λόγω θέρμανσης, λόγω κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας και λόγω μετακινήσεων των καθηγητών του σχολείου υπολογίστηκε στους 72,8 τόνους διοξειδίου του

άνθρακα. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς των μαθητών η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ευθύνεται για τις μισές περίπου εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (36,5 τόνοι) ενώ οι μετακινήσεις των καθηγητών και η θέρμανση μοιράζονται ισορροπημένα τις υπόλοιπες εκπομπές με 18,7 και 17,6 τόνους αντίστοιχα.

Υπολογισμός Αποτυπώματος Άνθρακα μέσω διαδικτυακής Εφαρμογής

Η αντίστοιχη ομάδα επισκέφτηκε την ιστοσελίδα με την εφαρμογή προκειμένου να σημειώσει τις πληροφορίες που απαιτούσε η εφαρμογή. Στη συνέχεια επιθεώρησαν το κτίριο καταγράφοντας αρχικά τον αριθμό των αιθουσών διδασκαλίας ή άλλων εκδηλώσεων, των γραφείων, των εργαστηρίων και του κυλικείου. Σημείωσαν για κάθε αίθουσα τον αριθμό των λαμπτήρων καθώς και ορισμένων ηλεκτρικών συσκευών που ζητούσε η εφαρμογή. Τέλος, ρώτησαν τη διεύθυνση σχετικά με τα υπόλοιπα δεδομένα που έπρεπε να εισάγουν, όπως το είδος του καυσίμου, η κατανάλωσή του κ.α.. Τροφοδότησαν την εφαρμογή με τις καταγραφές τους και υπολόγισαν μέσω αυτής το Αποτύπωμα Άνθρακα του Σχολείου το οποίο προέκυψε ίσο με 73,2 τόνους διοξειδίου του άνθρακα.

4.1.8 Προβλήματα – απρόοπτα κατά την εφαρμογή της ΔΜΑ

Το σημαντικότερο πρόβλημα κατά την εφαρμογή της ΔΜΑ ήταν η περιορισμένη πρόσβαση σε υπολογιστές με σύνδεση στο διαδίκτυο. Το σχολείο διέθετε μια αίθουσα πληροφορικής η οποία έπρεπε να μοιράζεται μεταξύ τεσσάρων συναδέλφων, που δίδασκαν την ίδια ώρα το μάθημα της Ερευνητικής Εργασίας σε διαφορετικά τμήματα. Ο υπεύθυνος του εργαστηρίου οργάνωσε μια αρχική κατανομή των ωρών χρήσης μεταξύ των συναδέλφων ενώ υπήρξαν και τροποποιήσεις μετά από συνεννόηση. Σε κάθε περίπτωση όμως οι διαθέσιμες ώρες ήταν λιγότερες από τις απαιτούμενες, οπότε χρειάστηκαν αλλαγές στον αρχικό σχεδιασμό της ΔΜΑ, δίνοντας έτοιμες τις πληροφορίες στους μαθητές ή ζητώντας τες ως εργασία στο σπίτι. Η χρήση των κινητών με πρόσβαση στο διαδίκτυο, που θα ήταν μια εναλλακτική λύση, ήταν αυστηρά απαγορευμένη από τη διεύθυνση σύμφωνα με τις οδηγίες του Υπουργείου.

Μετά από εκκλήσεις του διδάσκοντα στη διεύθυνση του Σχολείου, τοποθετήθηκαν 4 παλιοί υπολογιστές στην αίθουσα πολλαπλών χρήσεων ως «λύση ανάγκης». Δυστυχώς η σύνδεση τους στο διαδίκτυο δεν ήταν σταθερή με αποτέλεσμα να απαιτείται συχνά επανεκκίνηση του δρομολογητή (router) που βρίσκονταν σε άλλη αίθουσα δημιουργώντας καθυστερήσεις και εκνευρισμό. Επιπλέον, στην ίδια αίθουσα συγκεντρώνονταν οι μαθητές ενός άλλου θέματος της Ερευνητικής Εργασίας, με αποτέλεσμα να υπάρχει θόρυβος και δυσκολία στο μάθημα. Μετά από δύο αποτυχημένες προσπάθειες η ιδέα της αίθουσας πολλαπλών εγκαταλείφθηκε.

Η αίθουσα στην οποία διεξάγονταν το μάθημα τις περισσότερες ώρες, είχε προβληματική ηχομόνωση, με συνέπεια να μεταφέρεται σε αυτήν όλη η φασαρία του

διαδρόμου και να καθυστερεί το μάθημα μέχρι να μπουν όλα τα τμήματα στις τάξεις τους.

Στην αίθουσα πληροφορικής, το μάθημα διεξάγονταν ομαλά σε γενικές γραμμές και η σύνδεση με το διαδίκτυο ήταν πολύ καλή. Εξάιρεση στην ομαλή λειτουργία ήταν η παρακολούθηση του βίντεο με την κλιματική αλλαγή όπου διαπιστώθηκε πως δεν υπήρχαν ηχεία στους υπολογιστές. Μετά από αναζήτηση βρέθηκε ένα ηχείο που έδωσε λύση ανάγκης καθώς η ένταση του ήταν σχετικά μικρή και απαιτήθηκε απόλυτη σιωπή προκειμένου να ακούγεται η αφήγηση.

Η διάθεση μιας ώρας ανά εβδομάδα για τη διδασκαλία του μαθήματος στο Ωρολόγιο Πρόγραμμα, ήταν ένας ακόμη παράγοντας που δυσχέραινε την εφαρμογή της ΔΜΑ όπως είχε σχεδιαστεί. Στην ανάπαυλα της μιας εβδομάδας, η οποία συχνά γίνονταν και δύο με τις χαμένες ώρες, οι μαθητές δε μπορούσαν να συγκρατήσουν όσα είχαν διδαχθεί, καθιστώντας απολύτως αναγκαία μια ανακεφαλαίωση προκειμένου να προχωρήσουν.

4.2 Αποτελέσματα από τις απαντήσεις στις εικόνες του ερωτηματολογίου

Στις παραγράφους 4.2.1 μέχρι και 4.2.5 καταγράφονται για κάθε μία από τις πέντε ομάδες εικόνων, αντίστοιχα, οι επιδόσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδασκαλία αρχικά σε κάθε εικόνα και στο τέλος στο σύνολο των εικόνων της ομάδας. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται κάθε φορά σε γράφημα.

Στην παράγραφο 4.2.6 καταγράφονται οι επιδόσεις των μαθητών στο σύνολο των εικόνων και παρουσιάζεται συνοπτικά το αντίστοιχο διάγραμμα.

4.2.1 Αποτύπωμα (κατανάλωση ενέργειας) από ανθρώπινες δραστηριότητες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα άμεσα ή έμμεσα (1^η ομάδα εικόνων)

Η πρώτη κατηγορία εικόνων περιείχε τέσσερις εικόνες από τις οποίες η πρώτη αναφέρονταν σε μετακίνηση με αυτοκίνητο, η δεύτερη σε θέρμανση με καλοριφέρ, η τρίτη σε χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και η τέταρτη σε μετακίνηση με μέσο μαζικής μεταφοράς. Η πρώτη ερώτηση ζητούσε να αναγνωριστεί η κατανάλωση ενέργειας καθώς και ο τρόπος ή οι αιτίες της κατανάλωσης.

1^η Εικόνα: Μετακίνηση με αυτοκίνητο

Συγκρίνοντας τις απαντήσεις πριν και μετά τη διδασκαλία προέκυψε πως οκτώ από τους δεκαέξι μαθητές βελτίωσαν ποσοτικά την επίδοσή τους, τρεις είχαν μικρότερη επίδοση μετά τη διδασκαλία, ενώ πέντε μαθητές δε σημείωσαν μεταβολή στην επίδοσή τους. Η συνολική βαθμολογία όλων των μαθητών αυξήθηκε από το 25 στο 30 με άριστα το 48 για το σύνολο των μαθητών. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 52% στο 63%.

Σε δέκα μαθητές παρατηρήθηκαν βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία σε σχέση με πριν. Οι πιο συνηθισμένες νέες αιτίες κατανάλωσης ενέργειας που

δηλώθηκαν, μετά τη διδασκαλία σε σχέση με πριν, ήταν η κατασκευή (δημιουργία) και η μεταφορά. Σε έξι περιπτώσεις η βελτίωση συνοδεύτηκε από εντοπισμό δευτερογενούς αποτυπώματος άνθρακα με σημαντικότερες αιτίες την κατασκευή (4 φορές), τη συντήρηση (3 φορές) και την απόσυρση του οχήματος (2 φορές).

2^η Εικόνα: Θέρμανση με καλοριφέρ

Έξι από τους δεκαέξι μαθητές σημείωσαν υψηλότερη επίδοση μετά τη διδασκαλία σε σχέση με πριν, τέσσερις σημείωσαν χαμηλότερη επίδοση ενώ οι υπόλοιποι έξι δε μετέβαλλαν την επίδοση τους. Πρέπει να σημειωθεί πως από τους έξι μαθητές με σταθερή επίδοση οι τρεις είχαν άριστη επίδοση πριν από τη διδασκαλία οπότε δεν υπήρχε περιθώριο ποσοτικής βελτίωσης. Η συνολική βαθμολογία όλων των μαθητών αυξήθηκε από το 35 στο 38 με άριστα το 48 για το σύνολο των μαθητών. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 73% στο 79%.

Δέκα μαθητές έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία με τις περισσότερες να σχετίζονται με τον εντοπισμό δευτερογενούς αποτυπώματος. Συγκεκριμένα, μετά τη διδασκαλία προστέθηκαν ως αιτίες κατανάλωσης ενέργειας η κατασκευή (6 φορές), η μεταφορά καυσίμων και υλικών (6 φορές), η ανακύκλωση (4 φορές) και η εγκατάσταση (2 φορές).

3^η Εικόνα: Χρήση Ηλεκτρονικού υπολογιστή

Έντεκα από τους δεκαέξι μαθητές βελτίωσαν την επίδοση τους μετά τη διδασκαλία, τρεις σημείωσαν χαμηλότερη επίδοση ενώ δύο δε μετέβαλλαν την επίδοση τους. Η συνολική βαθμολογία όλων των μαθητών αυξήθηκε από το 22 στο 30 με άριστα το 48 για το σύνολο των μαθητών. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 46% στο 63%.

Δεκατέσσερις μαθητές έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία με τους δώδεκα να εντοπίζουν και δευτερογενές αποτύπωμα άνθρακα. Η λειτουργία του υπολογιστή (πρωτογενές αποτύπωμα) δηλώθηκε ως νέα απάντηση 4 φορές ενώ σχετικά με το δευτερογενές αποτύπωμα δηλώθηκαν ως νέες απαντήσεις η κατασκευή (6 φορές), η μεταφορά (4 φορές), η απόσυρση (4 φορές), οι απαιτήσεις του δικτύου και η συσκευασία (από 1 φορά).

4^η Εικόνα: Μετακίνηση με μέσο μαζικής μετακίνησης (λεωφορείο)

Εφτά από τους δεκαέξι μαθητές βελτίωσαν την επίδοση τους μετά τη διδασκαλία σε σχέση με πριν, δύο σημείωσαν χαμηλότερη επίδοση ενώ εφτά δε μετέβαλλαν την επίδοση τους. Από τους εφτά, οι δύο είχαν άριστη επίδοση τόσο αρχικά όσο και τελικά ενώ άλλοι δύο δε συμπλήρωσαν τα αντίστοιχα κενά ούτε πριν ούτε και μετά

τη διδασκαλία. Η συνολική βαθμολογία όλων των μαθητών αυξήθηκε από το 21 στο 29 με άριστα το 48 για το σύνολο των μαθητών. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 44% στο 60%.

Εννιά μαθητές έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία από τις οποίες οι επτά εντόπιζαν και δευτερογενές αποτύπωμα. Η λειτουργία (μεταφορά) δηλώθηκε ως νέα απάντηση 4 φορές ενώ σχετικά με το δευτερογενές αποτύπωμα δηλώθηκαν ως νέες απαντήσεις η κατασκευή (4 φορές), η συντήρηση (2 φορές), η απόσυρση (2 φορές) και η κατασκευή στάσεων (1 φορά).

Σύνοψη 1^{ης} Ομάδας εικόνων

Αν αθροιστούν οι επιδόσεις του κάθε μαθητή στις τέσσερις ερωτήσεις και συγκριθούν οι συνολικές επιδόσεις του πριν και μετά τη διδασκαλία, προκύπτει πως ποσοτική βελτίωση στην επίδοση παρουσίασαν δεκατρείς (13) από τους δεκαέξι (16) μαθητές, μειωμένη επίδοση παρουσίασαν δύο (2) από τους δεκαέξι (16), ενώ δε μετέβαλλε την επίδοση του ένας (1) μαθητής. Η συνολική επίδοση του τμήματος στο σύνολο των ερωτήσεων αυξήθηκε από το 103 στο 127 με άριστα το 192. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 54% στο 66%.

Όλοι οι μαθητές έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία οι οποίες για τους δεκατέσσερις μαθητές συνοδεύτηκαν από εντοπισμό δευτερογενούς αποτυπώματος. Οι κυριότερες φάσεις στις οποίες εντοπίστηκε το δευτερογενές αποτύπωμα ήταν η κατασκευή, η μεταφορά, η συντήρηση και η απόσυρση (ανακύκλωση).

Στο γράφημα που ακολουθεί απεικονίζονται πριν και μετά, οι συνολικές ατομικές επιδόσεις των μαθητών για τις τέσσερις ερωτήσεις της 1^{ης} ομάδας, στις στήλες 1 ως 16 και το άθροισμα τους, δηλαδή η συνολική επίδοση του τμήματος για την 1^η ομάδα των ερωτήσεων στη στήλη 17.



Διάγραμμα 14. Η συνολική Ατομική Επίδοση στην 1^η Ομάδα εικόνων πριν (μπλε) και μετά (πορτοκαλί) τη διδασκαλία

4.2.2 Αποτύπωμα (κατανάλωση ενέργειας) ενσωματωμένο σε εμπορικά προϊόντα (2^η ομάδα εικόνων)

Η 2^η ομάδα εικόνων περιείχε τρεις εικόνες που έδειχναν η πρώτη ένα μπουκάλι εμφιαλωμένο νερό, η δεύτερη αχρησιμοποίητα ρούχα και η τρίτη ένα αχρησιμοποίητο κινητό τηλέφωνο. Η πρώτη ερώτηση ζητούσε να αναγνωριστεί η κατανάλωση ενέργειας καθώς και ο τρόπος ή οι αιτίες της κατανάλωσης.

1^η Εικόνα: Μπουκάλι εμφιαλωμένο νερό

Από τους δεκαέξι (16) μαθητές, τρεις βελτίωσαν την επίδοσή τους, ένας επιδείνωσε την επίδοσή του και δώδεκα (12) δε μετέβαλλαν την επίδοσή τους. Πρέπει να σημειωθεί πως από τους 12 με σταθερή επίδοσή οι οκτώ είχαν εξαρχής μέγιστη επίδοσή την οποία δε θα μπορούσαν να βελτιώσουν. Η συνολική βαθμολογία αυξήθηκε από το 38 στο 40 με άριστα το 48. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 79% στο 83%.

Από τους 16 μαθητές οι οκτώ έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις σχετικές με το δευτερογενές αποτύπωμα και συγκεκριμένα τέσσερις ανέφεραν την ανακύκλωση, τρεις τη συσκευασία και ένας τη μεταφορά των υλικών.

2^η Εικόνα: Ρούχα αχρησιμοποίητα

Ένας μόνο από τους δεκαέξι μαθητές βελτίωσε την επίδοση του, πέντε είχαν χαμηλότερη επίδοση από την αρχική, ενώ 10 μαθητές δεν μετέβαλλαν την επίδοσή τους. Πρέπει να σημειωθεί πως από τους 10 με σταθερή επίδοση οι εννιά είχαν εξαρχής μέγιστη επίδοση την οποία και διατήρησαν. Η συνολική επίδοση μειώθηκε από το 44 στο 40 με άριστα το 48. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων μειώθηκε από το 92% στο 83%.

Παρά τη μείωση στην επίδοση, οκτώ από τους 16 μαθητές έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία σε σχέση με πριν. Όλες συνδέονται με το δευτερογενές αποτύπωμα και είναι η κατασκευή (πέντε φορές) η μεταφορά (τέσσερις φορές) και η συσκευασία (μία φορά).

3^η Εικόνα: Κινητό τηλέφωνο αχρησιμοποίητο

Από τους δεκαέξι μαθητές, ένας βελτίωσε την επίδοσή του, επτά σημείωσαν χαμηλότερη επίδοση από την αρχική ενώ οκτώ διατήρησαν σταθερή την επίδοσή τους από τους οποίους οι πέντε είχαν εξαρχής άριστη επίδοση. Η συνολική επίδοση μειώθηκε από το 43 στο 37 με άριστα το 48. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων μειώθηκε από το 90% στο 77%.

Παρά τη μειωμένη επίδοση, υπήρξαν εννιά μαθητές με βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία, όλες σχετικές με το δευτερογενές αποτύπωμα. Η κατασκευή αναφέρθηκε 5 φορές, η μεταφορά (υλικών και καταναλωτών) τέσσερις φορές, η ανακύκλωση μία φορά και μία φορά η κατασκευή του δικτύου τηλεπικοινωνιών.

Σύνοψη 2^{ης} Ομάδας εικόνων

Αθροίζοντας τις επιδόσεις του κάθε μαθητή στις τρεις ερωτήσεις και συγκρίνοντας τις πριν και μετά τη διδασκαλία, προκύπτει πως βελτίωση παρουσίασε ένας (1) μόνο μαθητής, μειωμένη επίδοση σημείωσαν επτά (7) μαθητές, ενώ σταθερή επίδοση είχαν οκτώ (8) μαθητές, εκ των οποίων οι 5 είχαν εξαρχής άριστη επίδοση. Η συνολική επίδοση του τμήματος στο σύνολο των ερωτήσεων μειώθηκε από το 125 στο 117 με άριστα το 144. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων μειώθηκε από το 87% στο 81%.

Παρά την ποσοτική μείωση της επίδοσης υπήρξαν πολλές βελτιωμένες απαντήσεις σχετικές κυρίως με το δευτερογενές αποτύπωμα. Οι κυριότερες φάσεις στις οποίες εντοπίστηκε δευτερογενές αποτύπωμα ήταν η κατασκευή (10 φορές), η μεταφορά (9 φορές), η ανακύκλωση (5 φορές) και η συσκευασία (4 φορές).

Στο γράφημα που ακολουθεί απεικονίζονται πριν και μετά, οι συνολικές ατομικές επιδόσεις των μαθητών για τις τρεις ερωτήσεις της 2^{ης} ομάδας, στις στήλες 1 ως 16 και το άθροισμα τους, δηλαδή η συνολική επίδοση του τμήματος για τη 2^η ομάδα των ερωτήσεων στη στήλη 17.



Διάγραμμα 15. Η συνολική Ατομική Επίδοση στην 2^η Ομάδα εικόνων πριν (μπλε) και μετά (πορτοκαλί) τη διδασκαλία

4.2.3 Μερίδιο χώρας από μεταφορές – εισαγωγές (3^η Ομάδα εικόνων)

Η 3^η ομάδα εικόνων περιείχε 4 εικόνες που έδειχναν η 1^η φρούτα εισαγωγής, η 2^η αεροπορικές μεταφορές, η 3^η σιδηροδρομικές μεταφορές και η 4^η θαλάσσιες μεταφορές. Η πρώτη ερώτηση ζητούσε να αναγνωριστεί η κατανάλωση ενέργειας καθώς και ο τρόπος ή οι αιτίες της κατανάλωσης.

1^η Εικόνα: Φρούτα εισαγωγής

Ένας μόνο από τους 16 μαθητές βελτίωσε την επίδοσή του μετά τη διδασκαλία, πέντε σημείωσαν χαμηλότερη επίδοση, ενώ 10 δε μετέβαλλαν την επίδοσή τους. Από τους 10, οι πέντε είχαν εξαρχής άριστη επίδοση. Η συνολική επίδοση μειώθηκε από το 41 στο 36 με άριστα το 48. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων μειώθηκε από το 85% στο 75%.

Τέσσερις μαθητές έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις που ήταν σχετικές με το δευτερογενές αποτύπωμα, τη μεταφορά φρούτων – λιπασμάτων (2 φορές) και την αποψίλωση δασικών εκτάσεων για καλλιέργεια (2 φορές).

2^η Εικόνα: Αεροπορικές μεταφορές

Από τους 16 μαθητές οι πέντε βελτίωσαν την επίδοσή τους μετά τη διδασκαλία, δύο σημείωσαν χαμηλότερη επίδοση και εννιά διατήρησαν σταθερή την επίδοσή τους.

Από τους εννιά με σταθερή επίδοση, οι πέντε είχαν εξαρχής άριστη επίδοση. Η συνολική επίδοση αυξήθηκε από το 28 στο 31 με άριστα το 48. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων από το 58% στο 65%.

10 μαθητές έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία, όλες σχετικές με το δευτερογενές αποτύπωμα. Η κατασκευή και η συντήρηση αναφέρθηκαν από τρεις φορές, η μεταφορά αποσκευών δύο και η απόσυρση μία φορά.

3^η Εικόνα: Σιδηροδρομικές μεταφορές

Έξι από τους 16 μαθητές σημείωσαν υψηλότερη επίδοση, τρεις χαμηλότερη ενώ επτά, εκ των οποίων οι τέσσερις άριστοι εξαρχής, σημείωσαν την ίδια επίδοση. Η συνολική επίδοση αυξήθηκε από το 26 στο 30 με άριστα το 48. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων από το 54% στο 63%.

Οκτώ μαθητές έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία. Σχετικές με δευτερογενές αποτύπωμα ήταν η κατασκευή (3 φορές), η συντήρηση (2 φορές), η απόσυρση (2 φορές) και οι υποδομές (1 φορά). Αναφέρθηκαν, επίσης, η μεταφορά και η χρήση από μία φορά.

4^η Εικόνα: Θαλάσσιες μεταφορές

Εννιά από τους δεκάξι μαθητές βελτίωσαν την επίδοση τους, τρεις σημείωσαν χαμηλότερη επίδοση και τέσσερις δε μετέβαλλαν την επίδοση τους. Η συνολική επίδοση αυξήθηκε από το 17 στο 28 με άριστα το 48. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 35% στο 58%.

10 μαθητές έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία. Σχετικές με το δευτερογενές αποτύπωμα ήταν η κατασκευή (5 φορές), η συντήρηση (4 φορές), η απόσυρση (3 φορές) και η φόρτωση (1 φορά). Αναφέρθηκαν, επίσης, και η μετακίνηση, μεταφορά και λειτουργία.

Σύνοψη 3^{ης} Ομάδας εικόνων

Αν αθροιστούν οι επιδόσεις του κάθε μαθητή στις τέσσερις ερωτήσεις και συγκριθούν οι συνολικές επιδόσεις του πριν και μετά τη διδασκαλία, προκύπτει πως ποσοτική βελτίωση στην επίδοση παρουσίασαν 11 μαθητές, τέσσερις μαθητές μείωσαν την επίδοση τους ενώ ένας διατήρησε σταθερή την επίδοση του. Η συνολική επίδοση του τμήματος στο σύνολο των ερωτήσεων αυξήθηκε από το 112 στο 125 με άριστα το 192. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 58% στο 65%.

Οι περισσότερες βελτιωμένες προτάσεις ήταν σχετικές με το δευτερογενές αποτύπωμα και πιο συγκεκριμένα, αναφέρθηκαν η κατασκευή (11 φορές), η συντήρηση (9 φορές), η απόσυρση (6 φορές), η φόρτωση (4 φορές), οι μεταφορές (3 φορές) και η αποψίλωση δασικών εκτάσεων (2 φορές).

Στο γράφημα που ακολουθεί απεικονίζονται πριν και μετά, οι συνολικές ατομικές επιδόσεις των μαθητών για τις τέσσερις ερωτήσεις της 3^{ης} ομάδας, στις στήλες 1 ως 16 και το άθροισμα τους δηλαδή η συνολική επίδοση του τμήματος για την 3η ομάδα των ερωτήσεων στη στήλη 17.



Διάγραμμα 16. Η συνολική Ατομική Επίδοση στην 3^η Ομάδα εικόνων πριν (μπλε) και μετά (πορτοκαλί) τη διδασκαλία

4.2.4 Αποτύπωμα Άνθρακα που δεν προέρχεται από χρήση ορυκτών (4^η Ομάδα εικόνων)

Η 4^η ομάδα εικόνων περιείχε δύο εικόνες που έδειχναν μια κτηνοτροφική μονάδα και μια καλλιέργεια ρυζιού. Η πρώτη ερώτηση ζητούσε να αναγνωριστεί η κατανάλωση ενέργειας, καθώς και ο τρόπος ή οι αιτίες της κατανάλωσης.

1^η Εικόνα: Κτηνοτροφική Μονάδα

Από τους 16 μαθητές οι εννιά βελτίωσαν την επίδοσή τους, οι τέσσερις υποχώρησαν στην επίδοσή τους ενώ τρεις σημείωσαν την ίδια επίδοση. Η συνολική επίδοση αυξήθηκε από το 17 στο 29 με άριστα το 48. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 35% στο 60%.

Από τους 16 μαθητές οι 10 έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις. Σχετικές με το δευτερογενές αναφέρθηκαν η κατασκευή (7 φορές) και το πεπτικό σύστημα των ζώων (1 φορά). Αναφέρθηκαν, επίσης, και η συντήρηση ή φροντίδα ζώων (7 φορές) και η μεταφορά (2 φορές).

2^η Εικόνα: Καλλιέργεια ρυζιού

10 από τους 16 μαθητές σημείωσαν υψηλότερη επίδοση μετά τη διδασκαλία, τρεις χαμηλότερη, ενώ τρεις διατήρησαν σταθερή επίδοση (οι δύο άριστοι εξαρχής). Η συνολική επίδοση αυξήθηκε από το 17 στο 29 με άριστα το 48. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 35% στο 60%.

Δώδεκα μαθητές έδωσαν βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία. Σχετικά με το δευτερογενές αποτύπωμα αναφέρθηκαν η αποψίλωση δασικών εκτάσεων (3 φορές) και η μεταφορά λιπασμάτων και σπόρων (2 φορές). Επίσης, αναφέρθηκαν η καλλιέργεια και η χρήση μηχανημάτων, από τέσσερις φορές η κάθε μία.

Σύνοψη 4^{ης} Ομάδας εικόνων

Αν αθροιστούν οι επιδόσεις του κάθε μαθητή στις δύο ερωτήσεις και συγκριθούν οι συνολικές επιδόσεις του πριν και μετά τη διδασκαλία, προκύπτει πως ποσοτική βελτίωση στην επίδοση παρουσίασαν 10 μαθητές, ενώ τέσσερις σημείωσαν χαμηλότερη επίδοση και δύο δεν μετέβαλλαν την επίδοσή τους. Η συνολική επίδοση του τμήματος στο σύνολο των ερωτήσεων αυξήθηκε από το 36 στο 56 με άριστα το 96. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 38% στο 58%.

Οι βελτιωμένες προτάσεις σχετικά με το δευτερογενές αποτύπωμα ήταν η κατασκευή (7 φορές), η αποψίλωση δασικών εκτάσεων (3 φορές), η μεταφορά (2 φορές) και το πεπτικό σύστημα των ζώων. Επίσης, αναφέρθηκαν η φροντίδα των ζώων (7 φορές), η καλλιέργεια (4 φορές) και η χρήση μηχανημάτων (4 φορές).

Στο γράφημα που ακολουθεί, απεικονίζονται πριν και μετά, οι συνολικές ατομικές επιδόσεις των μαθητών για τις δύο ερωτήσεις της 4^{ης} ομάδας, στις στήλες 1 ως 16 και το άθροισμά τους, δηλαδή, η συνολική επίδοση του τμήματος για την 4^η ομάδα των ερωτήσεων στη στήλη 17.



Διάγραμμα 17. Η συνολική Ατομική Επίδοση στην 4^η Ομάδα εικόνων πριν (μπλε) και μετά (πορτοκαλί) τη διδασκαλία

4.2.5 Περιπτώσεις μη ενίσχυσης του Αποτυπώματος (5^η Ομάδα εικόνων)

1^η Εικόνα: Έλατο σε πλαγιά του Ολύμπου

Από τους 16 μαθητές, οι 13 βελτίωσαν την επίδοσή τους, κανείς δε σημείωσε επίδοση χαμηλότερη της αρχικής, ενώ τρεις μαθητές διατήρησαν την αρχική τους επίδοση. Η συνολική επίδοση αυξήθηκε από το 8 στο 42 με άριστα το 48. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 17% στο 88%.

Οι 13 μαθητές που βελτίωσαν την επίδοσή τους έδωσαν και βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία, με τέσσερις από αυτούς να δηλώνουν «αρνητικό αποτύπωμα», ενώ οι υπόλοιποι εννιά δήλωσαν πως «δεν παράγεται CO₂» ή «μηδενικό αποτύπωμα».

2^η Εικόνα: Φυσική πηγή νερού

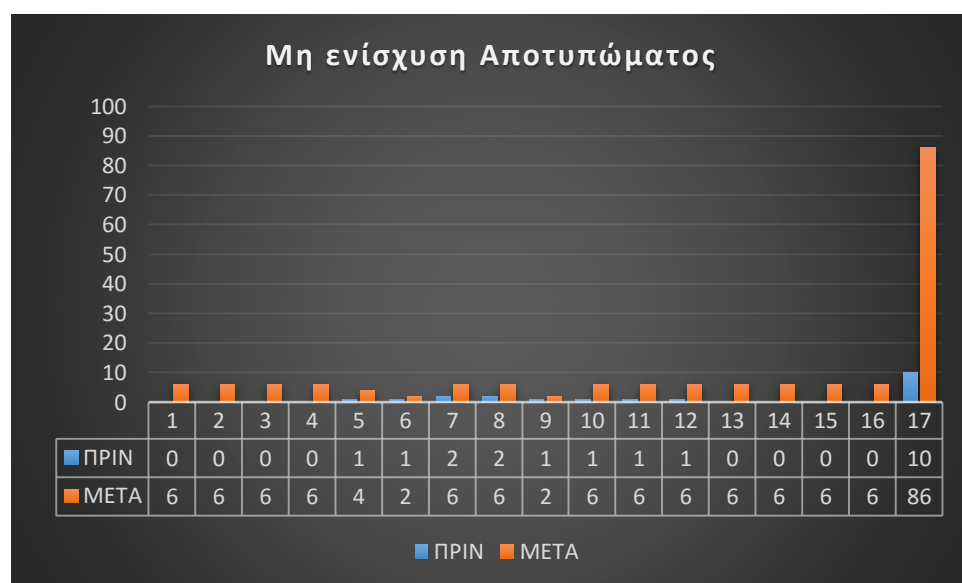
Από τους 16 μαθητές όλοι βελτίωσαν την επίδοσή τους αυξάνοντας τη συνολική επίδοση από το 2 στο 44 με άριστα το 48. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 4% στο 92%.

Οι βελτιωμένες απαντήσεις ανέφεραν το «μηδενικό αποτύπωμα» (12 φορές), «δεν καταναλώνεται ενέργεια» (4 φορές), και «φυσική πηγή» (1 φορά) ή «ηλιακή ενέργεια» (1 φορά).

Σύνοψη 5^{ης} Ομάδας εικόνων

Αν αθροιστούν οι επιδόσεις του κάθε μαθητή στις δύο ερωτήσεις και συγκριθούν οι συνολικές επιδόσεις του πριν και μετά τη διδασκαλία, προκύπτει πως ποσοτική βελτίωση στην επίδοση παρουσίασαν και οι 16 μαθητές, αυξάνοντας τη συνολική επίδοση του τμήματος από το 10 στο 86, με άριστα το 96. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων από το 10% στο 90%.

Στο γράφημα που ακολουθεί απεικονίζονται πριν και μετά, οι συνολικές ατομικές επιδόσεις των μαθητών για τις δύο ερωτήσεις της 5^{ης} ομάδας, στις στήλες 1 ως 16 και το άθροισμα τους, δηλαδή η συνολική επίδοση του τμήματος, για την 5η ομάδα των ερωτήσεων στη στήλη 17.



Διάγραμμα 18. Η συνολική Ατομική Επίδοση στην 5^η Ομάδα εικόνων πριν (μπλε) και μετά (πορτοκαλί) τη διδασκαλία

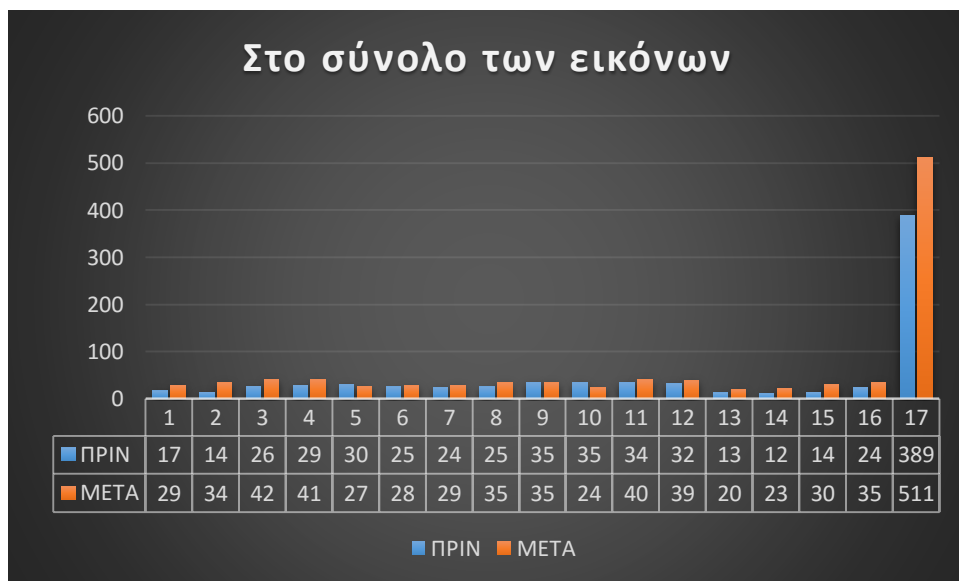
4.2.6 Η μεταβολή της ατομικής επίδοσης στο σύνολο των εικόνων

Για τη συνολική ατομική επίδοση στο σύνολο των εικόνων αθροίστηκαν οι επιδόσεις του κάθε μαθητή στις 15 ερωτήσεις πριν και μετά τη διδασκαλία. Η ανάλυση έδειξε πως βελτίωση στην επίδοση τους είχαν οι 13 από τους 16 μαθητές, υποχώρηση στην επίδοση τους παρουσίασαν δύο μαθητές, ενώ ένας μαθητής είχε την ίδια επίδοση πριν και μετά τη διδασκαλία. Η μέση βαθμολογία εκφρασμένη σε ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων αυξήθηκε από το 54% στο 71%.

Όλοι οι μαθητές παρείχαν βελτιωμένες απαντήσεις μετά τη διδασκαλία σε περισσότερες από μία ομάδες εικόνων. Οι περισσότερες αναφέρονταν σε διαδικασίες δημιουργίας δευτερογενούς αποτυπώματος, με τις απαντήσεις που εμφανίστηκαν με τη μεγαλύτερη συχνότητα να είναι: κατασκευή, μεταφορά, ανακύκλωση – απόσυρση, συντήρηση. Σε συγκεκριμένες εικόνες αναφέρθηκαν και

πιο εξειδικευμένες απαντήσεις όπως: η αποψίλωση δασικών εκτάσεων, η χρήση λιπασμάτων, το πεπτικό σύστημα των ζώων, η δημιουργία υποδομών για τηλεπικοινωνίες, σιδηροδρομικό δίκτυο κ.α.

Στο παρακάτω γράφημα, στις στήλες 1 ως 16 απεικονίζεται η συνολική επίδοση του κάθε μαθητή στο σύνολο των 15 ερωτήσεων, ενώ στη στήλη 17 απεικονίζεται το άθροισμα των συνολικών επιδόσεων όλων των μαθητών για το σύνολο των 15 ερωτήσεων.



Διάγραμμα 19. Η συνολική Ατομική Επίδοση στο σύνολο των εικόνων πριν (μπλε) και μετά (πορτοκαλί) τη διδασκαλία

4.3 Αποτελέσματα από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου

Στις παραγράφους 4.3.1 μέχρι και 4.3.3 ομαδοποιούνται και παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου του ερωτηματολογίου πριν και μετά τη διδασκαλία.

4.3.1 Συσχέτιση των εικόνων με το φαινόμενο του θερμοκηπίου (2^η ερώτηση)

Η ερώτηση 2 ζητούσε από τους μαθητές να διακρίνουν από το σύνολο των 15 εικόνων εκείνες στις οποίες υπάρχει συσχέτιση με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πριν τη διδασκαλία, έντεκα από τους δεκαέξι μαθητές ανέφεραν τις μεταφορές – μετακινήσεις, τρεις διαπίστωσαν συσχέτιση σε όλες τις εικόνες εκτός των 7 (έλατο) και 9 (φυσική πηγή), ένας σε όλες, εκτός της 7, και ένας σε όλες όσες υπάρχει χρήση καυσίμου. Μαζί με τις μετακινήσεις αναφέρθηκαν και η εικόνα με τα ρούχα (3 φορές) καθώς και το έλατο (1 φορά).

Μετά τη διδασκαλία, δέκα από τους δεκαέξι μαθητές εντόπισαν συσχέτιση σε όλες τις εικόνες εκτός των 7 και 9, ένας εντόπισε συσχέτιση σε όσες περιπτώσεις δαπανάται ενέργεια, δύο προσέθεσαν στις μετακινήσεις που είχαν απαντήσει αρχικά την κτηνοτροφική μονάδα και τα φρούτα εισαγωγής, ένας διατήρησε την αρχική του απάντηση (μετακινήσεις), ένας εντόπισε συσχέτιση σε όλες τις εικόνες και ένας στην καλλιέργεια ρυζιού, στο έλατο και τη φυσική πηγή.

Πρέπει να τονιστεί ότι μετά τη διδασκαλία οι μαθητές ζήτησαν διευκρίνιση για το είδος της συσχέτισης, αν δηλαδή η ερώτηση αναφέρεται σε θετική ή αρνητική επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ο διδάσκων τους ζήτησε να δηλώσουν τις εικόνες όπου υπήρχε αρνητική επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όταν δόθηκε η διευκρίνιση παρόντες στην τάξη ήταν οι 14 από τους 16 μαθητές. Οι δύο μαθητές που έλειπαν παρέδωσαν αργότερα τα ερωτηματολόγια όπου δήλωσαν ο ένας πως σε όλες τις εικόνες υπάρχει συσχέτιση και ο δεύτερος διέκρινε συσχέτιση στην καλλιέργεια ρυζιού, στο έλατο και τη φυσική πηγή.

Εικόνες που σχετίζονται (αρνητικά) με το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Πίνακας 24. Απαντήσεις στις εικόνες που σχετίζονται (αρνητικά) με το φαινόμενο του θερμοκηπίου πριν και μετά τη διδασκαλία

	Ορθή απάντηση	Αποδεκτή αλλά όχι πλήρης					
		Μόνο Μεταφορές Μετακινήσεις	Όλες εκτός από Την 7	Όπου Υπάρχει Χρήση Καυσίμου	όλες	Μετακινήσεις και μια εικόνα ακόμη	Καλλιέργεια ρυζιού έλατο φυσική πηγή
Σύνολο μαθητών 16 Αριθμός Απαντήσεων	Όλες εκτός από 7 (έλατο) και 9 (φυσική πηγή)						
Πριν	3	11	1	1			
Μετά	10	1		1	1	2	1

Στη συνέχεια της ερώτησης, ζητήθηκε από τους μαθητές να δηλώσουν με ποιον τρόπο και γιατί προκύπτουν οι συσχετίσεις που ανέφερε και να τις δικαιολογήσει με παραδείγματα. Πριν τη διδασκαλία, υπήρξαν πέντε μαθητές που ανέφεραν την παραγωγή αερίων λόγω της καύσης. Δύο από αυτούς ανέφεραν συγκεκριμένα το CO₂. Οι υπόλοιποι τρεις συσχέτισαν τα καυσαέρια με την τρύπα του όζοντος και την ευκολότερη είσοδο της ακτινοβολίας. Τρεις μαθητές έκαναν αναφορά στη χρήση καυσίμων χωρίς περαιτέρω αιτιολόγηση, τέσσερις δήλωσαν πως καταναλώνεται ενέργεια με τρόπο επιβλαβή για το περιβάλλον, δύο δεν απάντησαν καθόλου και δύο ανέφεραν πως τα φρούτα εισαγωγής δε μολύνουν όπως τα ΜΜΜ.

Μετά τη διδασκαλία, έντεκα από τους δεκαέξι μαθητές ανέφεραν πως η καύση παράγει αέρια που επιβαρύνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Από αυτούς, οι επτά ανέφεραν το CO₂ ή και περισσότερα αέρια, ενώ οι υπόλοιποι τα ανέφεραν ως αέρια του θερμοκηπίου ή βλαβερά αέρια που αυξάνουν τη θερμοκρασία του πλανήτη. Δύο από τους μαθητές αιτιολογούσαν την επιλογή των εικόνων που είχαν

κάνει λέγοντας πως δημιουργούν Αποτύπωμα Άνθρακα, δύο αναφέροντας ότι οι εικόνες που επέλεξαν ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και ένας περιέγραψε τη θετική επίδραση της φυσικής πηγής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου μέσω της απορρόφησης CO₂ από τα δέντρα που ποτίζονται από την πηγή.

Τρόπος επίδρασης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

Πίνακας 25. Απαντήσεις μαθητών για τον τρόπο επίδρασης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου πριν και μετά τη διδασκαλία

Αριθμός Μαθητών	Ορθή απάντηση	Αποδεκτή αλλά όχι πλήρης		Ασαφής Απάντηση	Μη αποδεκτή απάντηση
	Αναφορά σε εκπομπές CO ₂ , ή CH ₄ , ή N ₂ O	Αναφορά σε αέρια θερμοκηπίου χωρίς χαρακτηρισμό	Αναφορά σε Αέρια «λόγω καύσης» Χωρίς άλλο χαρακτηρισμό		
Πριν	2		3	6	5
Μετά	8	5		2	1

4.3.2 Τρόποι μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας (3^η Ερώτηση)

Η τρίτη ερώτηση ανοιχτού τύπου του ερωτηματολογίου καλούσε τους μαθητές να προτείνουν τρόπους μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας.

Στο ερωτηματολόγιο πριν τη διδασκαλία, η απάντηση που δόθηκε τις περισσότερες φορές ήταν η χρήση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς αντί του ΙΧ (8 μαθητές). Ακολούθησαν η μετακίνηση με τα πόδια ή με το ποδήλατο (4 μαθητές), η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (3 μαθητές), η μείωση των μετακινήσεων (2 μαθητές), η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (1 μαθητής) και η χρήση οικολογικών τρόπων θέρμανσης (1 μαθητής).

Στις απαντήσεις μετά τη διδασκαλία, η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και προϊόντων ήρθε πρώτη στον αριθμό απαντήσεων (9 μαθητές). Η χρήση των ΑΠΕ ήταν η δεύτερη σε συχνότητα απαντήσεων (6 μαθητές) και ακολούθησαν η χρήση των ΜΜΜ αντί του ΙΧ (4 μαθητές), η ανάπτυξη εναλλακτικών καυσίμων (4 μαθητές), η επιλογή του φυσικού αερίου ως λιγότερου επιβαρυντικού καυσίμου (2 μαθητές), η χρήση ποδηλάτου, η χρήση υβριδικών οχημάτων και η μη καταστροφή δασικών εκτάσεων από έναν μαθητή το καθένα.

Η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και αγαθών ήρθε μετά τη διδασκαλία στην πρώτη θέση των απαντήσεων των μαθητών (9 στους 16), εικόνα που επιβεβαιώθηκε αργότερα και από τις συνεντεύξεις των μαθητών. Η μεταβολή αυτή είναι ίσως ενδεικτική μιας αλλαγής στον τρόπο σκέψης των μαθητών και στην αναγνώριση των ατομικών ευθυνών που υπάρχουν στο θέμα της κλιματικής αλλαγής. Επίσης, οι μαθητές φάνηκε ότι αναγνωρίζουν το έμμεσο αποτύπωμα άνθρακα, κάτι

στο οποίο αποτελούσε και ένα από τους βασικούς σκοπούς της διδακτικής παρέμβασης.

Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί πως μετά τη διδασκαλία αυξήθηκε και ο συνολικός αριθμός των προτάσεων που έκαναν οι μαθητές για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από τις 19 πριν, στις 28 μετά τη διδασκαλία.

4.3.3 Εντοπισμός Αποτυπώματος Άνθρακα (4^η ερώτηση)

Εικόνες με δημιουργία Αποτυπώματος Άνθρακα

Η ερώτηση 4 καλούσε τους μαθητές να εντοπίσουν τις εικόνες του ερωτηματολογίου στις οποίες δημιουργείται αποτύπωμα άνθρακα καθώς και αυτές στις οποίες δε δημιουργείται, συνοδεύοντας με μια σύντομη αιτιολόγηση. Η ερώτηση υπήρχε μόνο στο τελικό ερωτηματολόγιο, καθώς το Αποτύπωμα Άνθρακα ήταν άγνωστη ως έννοια στους μαθητές πριν τη διδασκαλία.

Δεκατρείς από τους δεκαέξι μαθητές εντόπισαν δημιουργία αποτυπώματος σε όλες τις εικόνες εκτός από τις 7 (έλατο) και 9 (φυσική πηγή). Ένας μαθητής εντόπισε δημιουργία αποτυπώματος σε όλες, εκτός από την 3 (μπουκάλι εμφιαλωμένο νερό), την 7 (έλατο), την 9 (φυσική πηγή) και την 15 (χρήση Η/Υ), ένας εντόπισε δημιουργία αποτυπώματος στις 5 (μετακίνηση με αυτοκίνητο) , 6 (θέρμανση με καλοριφέρ), 8 (μετακίνηση με αεροπλάνο), 12 (μετακίνηση με ΜΜΜ) και ένας στις 5 και 8.

Στην αιτιολόγηση αναφέρθηκαν η έκλυση CO₂ (5 φορές), η χρήση καυσίμων (4 φορές), η λειτουργία μηχανών (3 φορές) και η κατανάλωση ενέργειας (1 φορά).

Πίνακας 26. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με τις εικόνες στις οποίες δημιουργείται Αποτύπωμα Άνθρακα

	Ορθή απάντηση (Όλες οι εικόνες εκτός των 7 και 9)	Αποδεκτή αλλά μη πλήρης (Αναφορά σε λιγότερες εικόνες)
Αριθμός μαθητών Σύνολο (16)	13	3

Εικόνες στις οποίες δεν ενισχύεται το αποτύπωμα άνθρακα

Για τις περιπτώσεις στις οποίες δε δημιουργείται αποτύπωμα άνθρακα, 15 από τους 16 μαθητές επέλεξαν ορθά τις 7 (έλατο) και 9 (φυσική πηγή), ενώ ένας μαθητής μαζί με τις 7 και 9, ανέφερε την 3 (μπουκάλι εμφιαλωμένο νερό) και την 15 (χρήση ΗΥ).

Στην αιτιολόγηση, 6 φορές αναφέρθηκε ότι πρόκειται για κατασκευές της φύσης χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, δύο φορές η απορρόφηση CO₂, και μια φορά η μη κατανάλωση ενέργειας .

Πίνακας 27. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με εικόνες στις οποίες δεν ενισχύεται το Αποτύπωμα Άνθρακα

	Ορθή απάντηση (7 και 9)	Μη αποδεκτή (Περισσότερες εικόνες)
Αριθμός μαθητών Σύνολο (16)	15	1

Δύο από τις απαντήσεις διαφοροποιήθηκαν από τις υπόλοιπες στην αιτιολόγηση και έδειξαν βαθύτερη κατανόηση του φαινομένου από τους μαθητές. Η μία δόθηκε από τέσσερις μαθητές και χαρακτήριζε «αρνητικό» το αποτύπωμα άνθρακα του ελάτου, δικαιολογώντας το με την απορρόφηση CO₂ η οποία επιδρά θετικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (το μειώνει). Η δεύτερη αιτιολόγηση είναι κοντά στην προαναφερθείσα λογική και αναφέρεται στην καλλιέργεια ρυζιού, δηλώνοντας πως αν υπήρχαν δέντρα θα δέσμευαν μεγαλύτερες ποσότητες CO₂ από τα φυτά του ρυζιού.

4.4 Αποτελέσματα από τις συνεντεύξεις

Έξι από τους δεκαέξι μαθητές έδωσαν συνέντευξη πέντε εβδομάδες μετά τη διδασκαλία, με σκοπό να αναδειχθούν περισσότερες ποιοτικές διαστάσεις της κατανόησης των μαθητών, και να εμπλουτιστούν τα δεδομένα από το ερωτηματολόγιο. Η επιλογή των μαθητών έγινε ώστε να υπάρχει ένας από κάθε μια από τις τέσσερις ομάδες, ενώ επιλέχθηκαν επίσης ένας μαθητής με μαθησιακές δυσκολίες (δυσλεξία) καθώς και μια μαθήτρια που σημείωσε χαμηλότερη επίδοση μετά τη διδασκαλία σε σχέση με πριν. Η συνέντευξη λειτούργησε συμπληρωματικά με τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων μετά τη διδασκαλία.

Στις παραγράφους 4.4.1 ως 4.4.6 παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών για κάθε μία από τις 6 ερωτήσεις της συνέντευξης. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων οι απαντήσεις ομαδοποιούνται και χαρακτηρίζονται ως προς την ορθότητα και την πληρότητα τους.

4.4.1 Το Αποτύπωμα Άνθρακα και το φαινόμενο του θερμοκηπίου (1^η ερώτηση συνέντευξης)

Στην 1^η ερώτηση της συνέντευξης, οι μαθητές κλήθηκαν αρχικά να δηλώσουν τι έμαθαν κατά τη διάρκεια του μαθήματος της ερευνητικής εργασίας και στη συνέχεια να ορίσουν το Αποτύπωμα Άνθρακα και να αναφέρουν τα αέρια του θερμοκηπίου.

Στο πρώτο σκέλος οι μαθητές στο σύνολο τους δήλωσαν ότι γνώρισαν το Αποτύπωμα Άνθρακα καθώς και τρόπους μείωσης του.

Τι είναι το Αποτύπωμα Άνθρακα ;

Στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης (ορισμός AA) που αξιολογούσε και έναν από τους γενικούς στόχους της διδασκαλίας, οι απαντήσεις των μαθητών καταγράφονται στον πίνακα 28.

Πίνακας 28. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με το ορισμό του Αποτυπώματος Άνθρακα

Απαντήσεις Μαθητών Πλήθος μαθητών (6)	Το σύνολο των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου	Η ποσότητα σε τόνους του CO ₂ που παράγεται από μια εταιρεία ή ένα προϊόν	Η επιβάρυνση που προκαλούν οι άνθρωποι μέσω διάφορων ενεργειών αυξάνοντας τα αέρια του θερμοκηπίου
Συχνότητα Εμφάνισης	4	1	1

Όλες οι απαντήσεις θεωρούνται ορθές με βάση τους ορισμούς που έχουν παρουσιαστεί στο θεωρητικό τμήμα, με την πρώτη απάντηση να είναι πλησιέστερη στο στόχο που είχε τεθεί. Σε μία περίπτωση αναφέρθηκε επιπλέον και η διάρκεια του ενός έτους στην οποία υπολογίζεται το Αποτύπωμα Άνθρακα.

Ποια είναι τα αέρια του θερμοκηπίου;

Το τρίτο σκέλος της ερώτησης ζητούσε από τους μαθητές να αναφέρουν τα αέρια του θερμοκηπίου. Όλοι οι μαθητές ανέφεραν το CO₂, πέντε από τους έξι το CH₄, ενώ λιγότερο συχνά αναφέρθηκαν το N₂O και οι χλωροφθοράνθρακες. Σε δύο περιπτώσεις έγινε αναφορά και σε άλλους περιβαλλοντικούς ρύπους όπως τα οξείδια του θείου και το μονοξείδιο του άνθρακα που δεν κατατάσσονται στα αέρια του θερμοκηπίου (Πίνακας 29).

Πίνακας 29. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με τα αέρια του θερμοκηπίου

Απαντήσεις Μαθητών Σύνολο μαθητών (6)	Αποδεκτές απαντήσεις				Μη αποδεκτές απαντήσεις
	Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	Μεθάνιο (CH ₄)	Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)	Μονοξείδιο του αζώτου (N ₂ O)	Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂) Διοξείδιο του θείου (SO ₂)
Συχνότητα Εμφάνισης	6	5	3	2	2

4.4.2 Η κύρια πηγή των εκπομπών και η ανάγκη που οδηγεί σε αυτές (2^η ερώτηση συνέντευξης)

Στη δεύτερη ερώτηση οι μαθητές κλήθηκαν να εντοπίσουν την κύρια πηγή εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, να ονομάσουν τις ουσίες των οποίων η χρήση προκαλεί

τις εκπομπές και να αναγνωρίσουν την ανάγκη του ανθρώπου που οδηγεί τελικά στις εκπομπές.

Στο 1^ο σκέλος, όλοι οι μαθητές αναγνώρισαν τις καύσεις ως την κύρια αιτία εκπομπής του CO₂ στη γήινη ατμόσφαιρα.

Στο 2^ο σκέλος όλοι οι μαθητές απάντησαν πως τα ορυκτά καύσιμα είναι οι ουσίες που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος και ευθύνονται για τις εκπομπές. Μάλιστα, δύο από τους μαθητές έδωσαν λεπτομερέστερο χαρακτηρισμό των ορυκτών καυσίμων, ονομάζοντας τους υδρογονάνθρακες, το φυσικό αέριο, τη βενζίνη, το πετρέλαιο και το λιγνίτη.

Στο 3^ο σκέλος της ερώτησης οι μαθητές στο σύνολο τους εντόπισαν την ενέργεια ως την ανθρώπινη ανάγκη που ικανοποιείται με την καύση των ορυκτών οδηγώντας έτσι στην αύξηση των εκπομπών του CO₂. Οι καθημερινές ενεργειακές ανάγκες που αναφέρθηκαν πιο συχνά ήταν η θέρμανση, οι μετακινήσεις, τα εργοστάσια, η ηλεκτρική ενέργεια, η οικιακή χρήση και η ένδυση.

4.4.3 Οι συνέπειες της αύξησης της συγκέντρωσης του CO₂ (3η ερώτηση συνέντευξης)

Στην 3^η ερώτηση ζητήθηκε από τους μαθητές να περιγράψουν τις κυριότερες συνέπειες που έχει η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Οι μαθητές στο σύνολο τους αναγνώρισαν την επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Οι πέντε από τους έξι περιέγραψαν με δικά τους λόγια το φαινόμενο του θερμοκηπίου παρέχοντας ικανοποιητικές περιγραφές, χωρίς όμως ιδιαίτερη επιστημονική ακρίβεια. Κοινό σημείο στις περιγραφές ήταν πως «...οι ακτίνες του ήλιου εισέρχονται στην ατμόσφαιρα αλλά δεν έχουν τη δυνατότητα να διαφύγουν λόγω της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου....».

Σχετικά με τις «μακροπρόθεσμες» συνέπειες του φαινομένου, τρεις από τους έξι μαθητές δήλωσαν την κλιματική αλλαγή, δύο αναφέρθηκαν σε φυσικές καταστροφές και ακραία καιρικά φαινόμενα, ενώ ένας δεν κατάφερε να θυμηθεί κάτι πέρα από την υπερθέρμανση.

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών για τις συνέπειες της αύξησης συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα, καταγράφονται στον πίνακα 30.

Πίνακας 30. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με τις συνέπειες της αύξησης της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα

Περιγραφή Φαινομένου	Ικανοποιητική (5/6)	Μη ικανοποιητική (1/6)	
Μεσοπρόθεσμες	Αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη (Φαινόμενο θερμοκηπίου) (6/6)		

Μακροπρόθεσμες	Κλιματική αλλαγή (3/6)	Φυσικές καταστροφές Ακραία Καιρικά φαινόμενα (2/6)	Δε Θυμάμαι(1/6)
----------------	------------------------	---	--------------------

4.4.4 Η χρησιμότητα του Αποτυπώματος Άνθρακα (4^η ερώτηση συνέντευξης)

Η 4^η ερώτηση καλούσε τους μαθητές να εξηγήσουν σε τι χρησιμεύει το Αποτύπωμα Άνθρακα. Δύο ήταν οι κυριότεροι λόγοι που επιδιώχθηκε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας να συγκερατήσουν οι μαθητές. Ο πρώτος ήταν πως το Αποτύπωμα Άνθρακα βαθμολογεί την ανθρώπινη επιβάρυνση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ο δεύτερος ότι βοηθάει στη λήψη μέτρων για τη μείωση των εκπομπών. Τα κυριότερα σημεία των απαντήσεων των μαθητών περιγράφονται στον πίνακα 31.

Πίνακας 31. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με τη χρησιμότητα του Αποτυπώματος Άνθρακα

1 ^{ος} ΜαθητήςΜπορούμε να καταλάβουμε πόσο επιβαρύνουμε εμείς τον πλανήτη και να μειώσουμε κάποια πράγματα τα οποία κάνουμε που τον επιβαρύνουν
2 ^{ος} Μαθητής	Να ελέγχουμε τις εκπομπές CO ₂ και να έχουμε τη δυνατότητα να τις μειώσουμε και να αλλάξουμε συνήθειες....
3 ^{ος} Μαθητής	Να ξέρουν οι χώρες πόσο πρέπει να καίνε και να παράγουν διοξείδιο του άνθρακανα ξέρουμε πώς να το μειώσουμε..
4 ^{ος} Μαθητής	Μας βοηθάει να καταλάβουμε πως οι καθημερινές μας δραστηριότητες συμβάλλουν στην αύξηση του ή γενικώς στο ΦΘ και να βρούμε τρόπους να το μειώσουμε.
5 ^{ος} Μαθητής	...να μετρήσουμε την οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας και κατά πόσο παράγει και χρησιμοποιεί την ενέργεια.....να καταλάβουμε αν χρειάζεται να το μειώσουμε και να βρούμε λύσεις για την αντιμετώπιση του φαινομένου
6 ^{ος} Μαθητής	Να βλέπουμε πόση επιρροή έχουν οι άνθρωποι στο περιβάλλον και πόσο το αλλάζουμε..... Η επιρροή μας στο περιβάλλον ουσιαστικά....Θα μπορούσαμε να προβλέψουμε πόσο θα ανέβει η θερμοκρασία σε όλα αυτά τα χρόνια

Από τις απαντήσεις τους, συμπεραίνουμε ότι στο σύνολό τους, οι μαθητές αναγνωρίζουν το Αποτύπωμα Άνθρακα ως μέγεθος που βαθμολογεί την ανθρώπινη επίδραση στην επιβάρυνση του πλανήτη, ενώ τρεις αναφέρονται πιο συγκεκριμένα στο διοξείδιο του άνθρακα ή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Σχετικά με το δεύτερο λόγο χρήσης της έννοιας του Αποτυπώματος, πέντε στους έξι αναφέρθηκαν στη λήψη μέτρων μείωσης των εκπομπών, ενώ ένας μαθητής αναφέρθηκε στη δυνατότητα πρόβλεψης της ανόδου της θερμοκρασίας στο μέλλον.

4.4.5 Δημιουργία Ατομικού και Σχολικού Αποτυπώματος Άνθρακα (5^η και 7^η ερώτηση συνέντευξης)

Στην 5^η ερώτηση ζητήθηκε από τους μαθητές να ονομάσουν ατομικές τους ανάγκες, ενέργειες ή δραστηριότητες που δημιουργούν αποτύπωμα άνθρακα, ενώ στην 7^η να ονομάσουν τους παράγοντες που δημιουργούν το Αποτύπωμα Άνθρακα του σχολείου.

Σχετικά με το ατομικό τους Αποτύπωμα οι μαθητές ανέφεραν ως κύριες αιτίες δημιουργίας τη μετακίνηση (5 φορές), τη θέρμανση (5 φορές), τον ηλεκτρισμό (4 φορές) (Πίνακας 32). Αξίζει να σημειωθεί πως όλοι οι μαθητές ανέφεραν και πηγές δευτερογενούς αποτυπώματος, όπως τα εμπορικά προϊόντα, τα τρόφιμα, το κρέας, το πλαστικό κ.α., αναγνωρίζοντας τη δημιουργία αποτυπώματος σε πολυάριθμες ενέργειες της καθημερινότητας τους.

Πίνακας 32. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με τις αιτίες δημιουργίας του Ατομικού Αποτυπώματος Άνθρακα

1 ^{ος} Μαθητής	Η μετακίνηση.... από αυτά που τρώμε μέχρι τα ρούχα μας... σχεδόν τα πάντα όλες μου οι ανάγκεςαυξάνουν το αποτύπωμα του άνθρακα
2 ^{ος} Μαθητής	Η μετακίνηση, η λειτουργία των καλοριφέρ, για ηλεκτρισμό...
3 ^{ος} Μαθητής	Ο ηλεκτρισμός... η θέρμανση... όλα τα προϊόντα που αγοράζουμε... το αυτοκίνητο
4 ^{ος} Μαθητής	Η θέρμανση, οι μετακινήσεις, ο ηλεκτρισμός... η κατανάλωση... το φαγητό.. το κόκκινο κρέας
5 ^{ος} Μαθητής	Η μετακίνηση..... η θέρμανση το φαγητό και όλα τα προϊόντα που χρησιμοποιώ έχουν έμμεσο ανθρακικό αποτύπωμα, οπότε κάθε μου ενέργεια...
6 ^{ος} Μαθητής	Ηλεκτρισμός... θέρμανση ... κλιματισμός... το ψυγείο... ο υπολογιστής.. το μπουκαλάκι το νερό το πλαστικό.. τα τρόφιμα γιατί όπως παράχθηκαν .. τα ζώα και τα τρόφιμα που χρειάστηκαν.... Το κρέας.

Σχετικά με το Αποτύπωμα Άνθρακα του σχολείου τους, οι μαθητές στο σύνολό τους ανέφεραν τις κυριότερες πηγές, δηλαδή την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, τη θέρμανση και τις μετακινήσεις καθηγητών και μαθητών (Πίνακας 33). Ο εντοπισμός των παραγόντων ήταν αναμενόμενος, καθώς στη διάρκεια της διδασκαλίας είχε ανατεθεί στους μαθητές ο υπολογισμός του Αποτυπώματος που οφείλεται στον κάθε παράγοντα, γεγονός που ενίσχυσε το μαθησιακό αποτέλεσμα. Επιπλέον, αναφέρθηκαν η λειτουργία του κυλικείου (ψυγεία, κουζίνες), η μεταφορά προμηθειών, τα προϊόντα διατροφής, το φωτοτυπικό χαρτί και η συντήρηση.

Πίνακας 33. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με τις αιτίες δημιουργίας του Σχολικού Αποτυπώματος Άνθρακα

1 ^{ος} Μαθητής	Η θέρμανση, η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, η μεταφορά καθηγητών και μαθητών, η μεταφορά προμηθειών στο σχολείο
2 ^{ος} Μαθητής	Η λειτουργία...ο ηλεκτρισμός.. τα φώτα.. η θέρμανση αλλά και η μεταφορά μαθητών και καθηγητών στο σχολείο.
3 ^{ος} Μαθητής	Στη θέρμανση , στον ηλεκτρισμό, στη συντήρηση, στις μετακινήσεις μαθητών και καθηγητών.
4 ^{ος} Μαθητής	Στη θέρμανση, στο νερό στις μετακινήσεις των καθηγητών των παιδιών τα φώτα, ο ηλεκτρισμός.
5 ^{ος} Μαθητής	Στη θέρμανση, στο ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποιεί, στη μετακίνηση των μαθητών και των καθηγητών, στο κυλικείο που έχει και αυτό αποτύπωμα για χρησιμοποιεί ψυγεία, φούρνους κ.α.
6 ^{ος} Μαθητής	Στον ηλεκτρισμό, στη θέρμανση και στα προϊόντα (χαρτί από φωτοτυπίες) και στις μεταφορές των παιδιών και καθηγητών

4.4.6 Προτάσεις για μείωση του Ατομικού και του Σχολικού Αποτυπώματος Άνθρακα

Οι δύο ερωτήσεις είχαν παρόμοιο στόχο και καλούσαν τους μαθητές να προτείνουν μέτρα μείωσης του ατομικού τους Αποτυπώματος (6^η ερώτηση) και του σχολικού Αποτυπώματος (8^η ερώτηση).

Η μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ήταν το μέτρο που προτάθηκε από το σύνολο των μαθητών (6/6), ακολουθούμενο από τη μείωση της χρήσης του ΙΧ και τις μετακινήσεις με ΜΜΜ ή ποδήλατο – πόδια (5/6). Προτάθηκαν, επίσης, η μείωση της θέρμανσης, η αξιοποίηση των ΑΠΕ, η μείωση των απορριμμάτων και η ανακύκλωση (Πίνακας 34).

Πίνακας 34. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με μέτρα για τη μείωση του Ατομικού Αποτυπώματος Άνθρακα

1 ^{ος} Μαθητής	Μείωση κατανάλωσης ενέργειας, μείωση μετακινήσεων, χρήση ποδηλάτου, ΜΜΜ αντί για ΙΧ
2 ^{ος} Μαθητής	Μείωση κατανάλωσης ενέργειας, χρήση ποδηλάτου, ΜΜΜ αντί για ΙΧ, χρήση εναλλακτικών καυσίμων, μείωση θέρμανσης, ψύξης, απορριμμάτων
3 ^{ος} Μαθητής	Χρήση ΑΠΕ, μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, μείωση θέρμανσης, ανακύκλωση
4 ^{ος} Μαθητής	Μείωση κατανάλωσης ενέργειας, μείωση μετακινήσεων
5 ^{ος} Μαθητής	Μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, μείωση θέρμανσης, αξιοποίηση ΑΠΕ, μείωση χρήσης ΙΧ, χρήση ΜΜΜ ή μετακίνηση με πόδια
6 ^{ος} Μαθητής	Μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, μείωση χρήσης ΙΧ

Σχετικά με τη μείωση του Σχολικού Αποτυπώματος η πρόταση που ήταν κοινή και στους έξι μαθητές είχε να κάνει με την εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό του σχολείου είτε με χρήση λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας είτε μέσω της μείωσης των ωρών φωτισμού. Κοινή πρόταση από όλους τους μαθητές ήταν επίσης η μετακινήσεις μαθητών και καθηγητών μέσω MMM, ποδηλάτου ή ποδιών. Υπήρξαν επίσης προτάσεις για μείωση της θέρμανσης (3), μόνωση του κτιρίου (2), μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας (1), χρήση φωτοβολταϊκών (1) και θέρμανση από τον ήλιο (1) (Πίνακας 35).

Πίνακας 35. Απαντήσεις μαθητών σχετικά με μέτρα μείωσης του Σχολικού Αποτυπώματος Άνθρακα

1 ^{ος} Μαθητής	Ότι και ατομικά, μείωση ωρών θέρμανσης, μετακίνηση με άλλα μέσα αντί για ΙΧ, σβήσιμο φώτων την ημέρα
2 ^{ος} Μαθητής	Λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας, μείωση θέρμανσης, μόνωση κτιρίου, μετακίνηση με πόδια ή ποδήλατο
3 ^{ος} Μαθητής	Λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας, μετακίνηση μαθητών και καθηγητών με MMM, θέρμανση από τον ήλιο
4 ^{ος} Μαθητής	Μείωση φωτισμού, μετακινήσεις με ποδήλατα ή πόδια
5 ^{ος} Μαθητής	Μείωση ηλεκτρικής ενέργειας, μετακινήσεις μαθητών-καθηγητών με πόδια, μείωση της θέρμανσης
6 ^{ος} Μαθητής	Λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας, μετακίνηση μαθητών-καθηγητών με MMM, καλύτερη μόνωση, χρήση φωτοβολταϊκών

4.5 Ερωτήσεις κριτικής στη διαδικασία του μαθήματος

Στην κριτική της ερευνητικής εργασίας οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν σε 4 ερωτήσεις, δύο σχετικές με τις γνώσεις που απέκτησαν και δύο σχετικές με τη διαδικασία του μαθήματος. Οι ερωτήσεις υπήρχαν στο τελικό ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε τρεις εβδομάδες μετά τη λήξη της διδασκαλίας και ήταν οι ακόλουθες:

«Τι παραπάνω νομίζεις ότι γνωρίζεις σήμερα σε σχέση με την αρχή του μαθήματος;»

Στην πλειοψηφία τους οι μαθητές αναφέρθηκαν στην έννοια – σημασία του Αποτυπώματος Άνθρακα (13/16). Ακολούθησαν αναφορές στους τρόπους μείωσης (6) και παραγωγής (5) του Αποτυπώματος, στα αέρια ή το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου, καθώς και στην προσωπική συμβολή του καθενός (2) σε αυτό, αλλά και στην κατανάλωση ενέργειας (2).

«Τι σε βοήθησε να μάθεις και τι σε δυσκόλεψε κατά τη διάρκεια των μαθημάτων;»

Η απάντηση που δόθηκε τις περισσότερες φορές ήταν «Τα φύλλα εργασίας - Ερωτηματολόγια» καθώς απαντήθηκε 6 φορές. Ακολούθησαν η «Επίσκεψη στο ΚΠΕ» (5 φορές), η «Ομαδική εργασία – Συζήτηση» (4 φορές), η «παρακολούθηση video» (4 φορές), η «Ατομική προσπάθεια», η «Βοήθεια του Καθηγητή», η «Χρήση του ΗΥ» (από 2 φορές) και το «Πείραμα» (1 φορά).

Πέντε από τους μαθητές δήλωσαν ότι δεν τους δυσκόλεψε κάτι στη διάρκεια του μαθήματος, τρεις ανέφεραν πως «υπήρχαν πολλές νέες έννοιες» και τρεις ανέφεραν τα «φυλλάδια, ερωτηματολόγια, εργασίες». Απαντήσεις που δόθηκαν από μία φορά ήταν η «μεγάλη απόσταση μεταξύ των μαθημάτων», οι «χημικές εξισώσεις», η «έλλειψη ΗΥ», η «χρήση των διαδικτυακών μηχανών υπολογισμού» και ο «υπολογισμός του Αποτύπωματος για κάθε περιοχή».

«Τι σου άρεσε και τι δεν σου άρεσε κατά τη διάρκεια των μαθημάτων;»

Το θέμα με το οποίο ασχολήθηκαν οι μαθητές, μαζί με τον ομαδικό τρόπο εργασίας ήταν οι απαντήσεις που εμφανίστηκαν με τη μεγαλύτερη συχνότητα (από 5 φορές). Οι μαθητές χαρακτήρισαν το θέμα ενδιαφέρον και σχετικό με την καθημερινότητα τους. Η συζήτηση στην τάξη και η ομαδική εργασία ήταν επίσης ευχάριστο για αυτούς. Τρεις μαθητές δήλωσαν πως τους άρεσαν όλα, τρεις πως τους άρεσε η επίσκεψη στο ΚΠΕ, τρεις αναφέρθηκαν στη χρήση ΗΥ και βίντεο, ενώ μεμονωμένες απαντήσεις ήταν το πείραμα και τα παραδείγματα που χρησιμοποιήθηκαν.

Σχετικά με τα θέματα που τους δυσκόλεψαν, οι μισοί μαθητές ανέφεραν την ανεπάρκεια της υποδομής σε υπολογιστές (8/16). Ακολούθησαν αυτοί που δεν βρήκαν κάτι που δεν τους άρεσε (4), αυτοί που «ενοχλήθηκαν» από τις εργασίες στο σπίτι ή το ερωτηματολόγιο (3) και ένας (1) που δήλωσε πως η μία ώρα του μαθήματος στο πρόγραμμα δεν επαρκούσε.

«Για ποιους λόγους νομίζεις ότι χρειαζόμαστε το Αποτύπωμα Άνθρακα ;»

Οι 12 από τους 16 μαθητές απάντησαν πως το Αποτύπωμα Άνθρακα είναι ένας αξιόπιστος δείκτης που βαθμολογεί την ανθρώπινη επιβάρυνση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και μπορεί να οδηγήσει στη λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση του. Πέντε από τους παραπάνω μαθητές συμπλήρωσαν στα παραπάνω πως κατανέμει τις ευθύνες μεταξύ των χωρών, συνδέει καταναλωτικές συνήθειες με τις αντίστοιχες εκπομπές, ενώ διευκολύνει τη συνεργασία ανεπτυγμένων με αναπτυσσόμενες χώρες. Οι υπόλοιποι τέσσερις μαθητές δήλωσαν πως με το Αποτύπωμα Άνθρακα μπορούμε να λάβουμε μέτρα για τη μείωση της ενέργειας.

5. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Στην παράγραφο 5.1 παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα που προέκυψαν μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ και τεκμηριώνουν την επιτυχία της προσπάθειας.

Στην παράγραφο 5.2 αναφέρονται τα συμπεράσματα που από τις απαντήσεις των μαθητών σε κάθε τομέα αξιολόγησης, δηλαδή στα ερωτηματολόγια, τις συνεντεύξεις καθώς και τις εργασίες τους.

Στην παράγραφο 5.3 περιγράφονται για κάθε ενότητα οι ενέργειες που εξελίχθηκαν σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό αλλά και οι αποκλίσεις όπου αυτές παρατηρήθηκαν.

Στην παράγραφο 5.4 γίνονται μερικές προτάσεις για βελτιώσεις ή τροποποιήσεις που ενδέχεται να καταστήσουν περισσότερο αποτελεσματική την εφαρμογή της ΔΜΑ.

5.1 Γενικά Συμπεράσματα

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η ανάπτυξη μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για το Αποτύπωμα Άνθρακα, με τέτοιο τρόπο, ώστε να εφαρμοστεί στην πράξη και στη συνέχεια να αξιολογηθεί.

Η ΔΜΑ που σχεδιάστηκε, εφαρμόστηκε σε πραγματικές συνθήκες με μικρές σχετικά αποκλίσεις από τον αρχικό σχεδιασμό. Οι αποκλίσεις και οι τροποποιήσεις που χρειάστηκε να γίνουν αναλύονται παρακάτω ανά ενότητα και οφείλονται είτε σε έλλειψη επαρκούς υλικοτεχνικής υποδομής είτε σε έλλειψη χρόνου.

Οι μαθησιακοί στόχοι που είχαν τεθεί στη αρχή του σχεδιασμού επιτεύχθηκαν σε υψηλό βαθμό. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της ΔΜΑ οι μαθητές στην πλειοψηφία τους (12/16) χαρακτηρίζουν το Αποτύπωμα Άνθρακα ως δείκτη της ανθρώπινης επιβάρυνσης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου ενώ στο σύνολο τους (16/16) το αναγνωρίζουν ως οδηγό στη μείωση των εκπομπών του CO₂ που οφείλονται στην παραγωγή ενέργειας.

Τα ικανοποιητικά αποτελέσματα της εφαρμογής καθώς και το γεγονός πως στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχει προηγούμενη αντίστοιχη έρευνα, δείχνουν πως η ΔΜΑ που σχεδιάστηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα αρχικό εργαλείο για τη διδασκαλία του Αποτυπώματος Άνθρακα. Τα φύλλα εργασίας που παρατίθενται στο παράρτημα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια ή και να τροποποιηθούν και να προσαρμοστούν ανάλογα με την υλικοτεχνική υποδομή και τους επιμέρους στόχους που ο κάθε εκπαιδευτικός θέτει. Στην παράγραφο 85.4 προτείνονται ορισμένες βελτιωτικές μεταβολές όπως προέκυψαν μετά την 1^η εφαρμογή της ΔΜΑ.

Σύμφωνα με τον Lijhse (1995) η ΔΜΑ είναι μια κυκλική εξελικτική διαδικασία που εμπλουτίζεται διαρκώς και επανασχεδιάζεται. Είναι λοιπόν αναμενόμενες με

ενδιαφέρον και ευπρόσδεκτες οι αλλαγές, ιδέες και προτάσεις που αποσκοπούν στην περαιτέρω βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας.

5.2 Οι επιδόσεις των μαθητών

Πριν από τη διδασκαλία κανείς από τους μαθητές δεν είχε ακούσει την έκφραση «Αποτύπωμα Άνθρακα». Μετά τη διδασκαλία όλοι οι μαθητές αναγνώρισαν το Αποτύπωμα Άνθρακα ως το μέγεθος που μπορεί να οδηγήσει στη λήψη μέτρων για τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.

Η σύγκριση των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στα ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδασκαλία αναδεικνύει μεταβολές και βελτιώσεις των μαθητών τόσο σε επίπεδο μάθησης όσο και σε στάση απέναντι στα περιβαλλοντικά θέματα.

Σε επίπεδο μάθησης, η πλειοψηφία των μαθητών (13/16) βελτίωσε την επίδοσή της στις ερωτήσεις σχετικά με τις εικόνες του ερωτηματολογίου. Πέρα από την ποσοτική μεταβολή, όλοι οι μαθητές παρείχαν μετά τη διδασκαλία απαντήσεις με ποιοτική διαφοροποίηση σε σχέση με πριν. Πιο συγκεκριμένα, αναγνώρισαν τη δημιουργία του δευτερογενούς (έμμεσου) Αποτυπώματος Άνθρακα σε περιπτώσεις που την αγνοούσαν αρχικά όπως η μεταφορά, η συσκευασία, η συντήρηση η αποψίλωση δασών για καλλιέργεια εκτάσεων κ.α. Αντίστοιχα, η πλειοψηφία των μαθητών διέκρινε τις περιπτώσεις που δεν δημιουργούν Αποτύπωμα Άνθρακα (έλατο, φυσική πηγή), ενώ ορισμένοι απάντησαν σε υψηλότερο επίπεδο αναφέροντας το αρνητικό Αποτύπωμα του ελάτου. Όπως επαληθεύτηκε και από τις συνεντεύξεις, οι μαθητές συνέδεσαν την παραγωγή ενέργειας, μέσω της καύσης των ορυκτών, με την αύξηση των εκπομπών του CO₂ και την επιβάρυνση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επιπλέον, αναγνώρισαν τη σημασία του Αποτυπώματος Άνθρακα ως δείκτη της επιβάρυνσης αυτής.

Με βάση τις απαντήσεις που έδωσαν στις συνεντεύξεις όλοι οι μαθητές έδωσαν «αποδεκτούς» ορισμούς για το Αποτύπωμα Άνθρακα, ονόμασαν το CO₂ ως το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου, ενώ αρκετοί ανέφεραν και άλλα θερμοκηπιακά αέρια. Σχετικά με τους τρόπους δημιουργίας του ατομικού Αποτυπώματος, όλες οι απαντήσεις ήταν εύστοχες. Για τη δημιουργία του σχολικού Αποτυπώματος Άνθρακα, το οποίο είχαν υπολογίσει σε εργασία τους κατά τη διάρκεια της ΔΜΑ, όλες οι απαντήσεις ήταν ακριβείς.

Στο ερωτηματολόγιο αλλά και στις συνεντεύξεις, οι μαθητές κλήθηκαν να προτείνουν μέτρα για τη μείωση του Αποτυπώματος Άνθρακα. Οι απαντήσεις μετά τη διδασκαλία, εκτός από την αύξηση στο πλήθος των προτεινόμενων μέτρων, έφεραν στην πρώτη θέση τη «μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας και της κατανάλωσης». Η επιλογή αυτή είναι μια ένδειξη πως οι μαθητές συνέδεσαν τις εκπομπές με καθημερινές δραστηριότητες, ενώ αναγνώρισαν και την προσωπική συνεισφορά του καθενός στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Αξίζει να σημειωθεί ο υπολογισμός από τους μαθητές του σχολικού Αποτυπώματος Άνθρακα που οφείλεται στους τομείς της θέρμανσης, της ηλεκτροδότησης και των μετακινήσεων μαθητών-καθηγητών. Οι μαθητές εφάρμοσαν κατά την επίλυση, γνώσεις και μεθόδους από τη Φυσική και τη Χημεία, διαπιστώνοντας τη σημασία που έχουν οι αρχές και οι μέθοδοι των Φυσικών Επιστημών σε πραγματικά προβλήματα και καταστάσεις. Το αποτέλεσμα των υπολογισμών τους ήταν «ανέλπιστα» κοντά στον υπολογισμό που έγινε μέσω διαδικτυακής μηχανής για το Αποτύπωμα Σχολείων.

Καθ' όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας οι μαθητές εργάζονταν ομαδικά. Στο μεγαλύτερο μέρος της επέδειξαν πνεύμα συνεργασίας και υπευθυνότητας. Σύμφωνα με τις απαντήσεις τους στην κριτική της εργασίας η ομαδική εργασία όπως και το θέμα με το οποίο ασχολήθηκαν, αφενός τους ευχαρίστησε και αφετέρου τους βοήθησε στη διδασκαλία.

5.3 Συμφωνίες και Αποκλίσεις από τον αρχικό σχεδιασμό

Η 1^η Ενότητα, σχετικά με το ρόλο της ενέργειας στην ανάπτυξη και τους τρόπους παραγωγής της, εφαρμόστηκε σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό με μοναδική εξαίρεση την έλλειψη Η/Υ κατά τη διδασκαλία. Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με αναμόρφωση του φύλλου εργασίας έτσι ώστε να παρέχει στους μαθητές τις πληροφορίες που σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό θα ερευνούσαν διαδικτυακά. Όλες οι δραστηριότητες εξελίχθηκαν μέσα στον προβλεπόμενο χρόνο και χωρίς απρόοπτα. Πρέπει να σημειωθεί για άλλη μια φορά πως ο προβλεπόμενος χρόνος ακολουθεί τον κανόνα πως μία διδακτική ώρα αντιστοιχεί σε 30 λεπτά ωφέλιμου διδακτικού χρόνου. Δεν χρειάστηκε κάποια άλλη διαφοροποίηση στον αρχικό σχεδιασμό.

Όλες οι δραστηριότητες της 2^{ης} Ενότητας εφαρμόστηκαν σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό. Η 2^η ενότητα σχετίζονταν με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή. Ειδικότερα, η 2^η και 3^η Δραστηριότητα που ήταν πειραματικές, διεξήχθησαν στο χώρο του Εργαστηρίου και χρειάστηκαν και 5 λεπτά από το διάλειμμα για να ολοκληρωθούν. Ούτε στη 2^η Ενότητα παρατηρήθηκε κάποια άλλη απόκλιση από τον αρχικό σχεδιασμό.

Η 3^η Ενότητα περιείχε δραστηριότητες με χρήση Η/Υ και αποδείχθηκε πιο χρονοβόρα από ότι είχε εκτιμηθεί στον αρχικό σχεδιασμό. Η 1^η δραστηριότητα εξάντλησε την 1^η διδακτική ώρα και χρειάστηκε μια τροποποίηση ώστε να τηρηθεί το αρχικό χρονοδιάγραμμα. Συγκεκριμένα, η 2^η δραστηριότητα που επρόκειτο να διεξαχθεί στην τάξη (αίθουσα πληροφορικής), δόθηκε ως εργασία για το σπίτι και στην τάξη έγινε κατευθείαν η συζήτηση. Αντίστοιχα, η 3^η και 4^η δραστηριότητα που σχετίζονταν με τον υπολογισμό του ατομικού και οικογενειακού Αποτυπώματος, μέσω διαδικτυακών μηχανών, περιορίστηκαν σε γνωριμία με τις μηχανές μέσα στην τάξη και ολοκληρώθηκαν με τους υπολογισμούς ως εργασία στο σπίτι. Η διεξαγωγή των δραστηριοτήτων στην τάξη όπως είχε σχεδιαστεί αρχικά θα απαιτούσε μία ακόμη

διδασκτική ώρα. Κατά την κρίση του διδάσκοντα η προαναφερθείσα διαφοροποίηση δεν μειώνει την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας καθώς τα αποτελέσματα των υπολογισμών από το σπίτι παρουσιάστηκαν και συζητήθηκαν αναλυτικά στην τάξη.

Στην 4^η ενότητα οι μαθητές κλήθηκαν να υπολογίσουν το σχολικό Αποτύπωμα Άνθρακα και να προτείνουν τρόπους μείωσης του. Η 1^η δραστηριότητα εξελίχθηκε με βάση το σχεδιασμό εκτός από τον πίνακα του φύλλου εργασίας που δεν χρησιμοποιήθηκε, αλλά αντικαταστάθηκε με πίνακα που πρότειναν οι μαθητές. Στη 2^η δραστηριότητα, σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό, κάθε ομάδα θα υπολόγιζε το Αποτύπωμα Άνθρακα που δημιουργούσε καθένας από τους τομείς της θέρμανσης, της ηλεκτροδότησης και των μετακινήσεων. Λόγω πίεσης χρόνου επιλέχθηκε η κάθε ομάδα να κάνει έναν υπολογισμό και η ομάδα που περίσσευε να εργαστεί με τη διαδικτυακή εφαρμογή που ήταν η 3^η δραστηριότητα. Η τροποποίηση διατήρησε το χρονοδιάγραμμα, ενώ δεν επηρέασε τη διδασκαλία καθώς η συζήτηση για τη μεθοδολογία των υπολογισμών γινόταν κάθε φορά από όλη την τάξη. Η 4^η δραστηριότητα έγινε προφορικά κάτω από την πίεση του χρόνου ενώ για τον ίδιο λόγο εγκαταλείφθηκε η 2^η εργασία σχετικά με το οικονομικό κόστος των προτεινόμενων μέτρων. Η ολοκλήρωση της 4^{ης} ενότητας σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό θα απαιτούσε τουλάχιστον άλλη μια διδασκτική ώρα.

5.4 Προτεινόμενες τροποποιήσεις - Βελτιώσεις

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε ως ένα από τα εργαλεία για την αξιολόγηση της ΔΜΑ, αναπτύχθηκε σε προηγούμενη έρευνα και ήταν ιδιαίτερα αναλυτικό καθώς περιείχε 15 εικόνες, σχετικές με το Αποτύπωμα Άνθρακα κατανεμημένες σε πέντε κατηγορίες. Το πλήθος των εικόνων χαρακτηρίστηκε μεγάλο από τους μαθητές και δυσανασχέτησαν κατά τη συμπλήρωση του τόσο πριν όσο και μετά το πέρας της διδασκαλίας. Προτείνεται η μείωση του αριθμού των εικόνων σε μία ή δύο ανά κατηγορία, ώστε να καταστεί πιο σύντομη και λιγότερη κουραστική η συμπλήρωσή του.

Η διατύπωση της 1^{ης} ερώτησης που έπρεπε να απαντηθεί για κάθε εικόνα αποδείχθηκε αρκετά γενική («γιατί και με ποιον τρόπο καταναλώνεται η ενέργεια» στην εικόνα) και δυσκόλεψε τους μαθητές που ζήτησαν διευκρινίσεις, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις οι απαντήσεις τους δεν ήταν σχετικές με το θέμα. Προτείνεται η απάντηση των μαθητών να γίνεται μέσω επιλογής από λίστα με απαντήσεις όπως μεταφορά, συσκευασία, συντήρηση κ.τ.λ. Η μοριοδότηση των απαντήσεων από τη λίστα μπορεί να διευκολύνει και την αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών με πιο αντικειμενικό τρόπο.

Στην 1^η ενότητα η διδασκαλία εξελίχθηκε όπως είχε σχεδιαστεί και δεν προτείνεται κάποια τροποποίηση ή βελτίωση.

Στη 2^η και 3^η δραστηριότητα της 2^{ης} ενότητας οι μαθητές κάνουν προτάσεις για μοντέλα σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Θα μπορούσε να ανατεθεί ως εργασία για το σπίτι η κατασκευή και η μελέτη κάποιων από τα μοντέλα που

προτείνονται. Η ιστορική εξέλιξη της του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι ένα ενδιαφέρον θέμα που θα μπορούσε επίσης να δοθεί ως εργασία για το σπίτι.

Η 3^η ενότητα για να εφαρμοστεί όπως είχε αρχικά σχεδιαστεί απαιτεί μία επιπλέον διδακτική ώρα. Μια πρόταση για εξοικονόμηση χρόνου θα ήταν να ανατεθεί ως εργασία για το σπίτι η εξερεύνηση της ιστοσελίδας του ΙΕΑ της 1^{ης} δραστηριότητας όπως και των ιστοσελίδων με τις διαδικτυακές μηχανές στην 3^η και 4^η δραστηριότητα. Κατά τη διδασκαλία ιδιαίτερο ενδιαφέρον επέδειξαν οι μαθητές για το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών. Ο αρχικός σχεδιασμός περιλάμβανε μια απλή αναφορά στο ΣΕΔΕ και δεν υπήρχε δυνατότητα για επέκταση. Σε έναν καινούργιο σχεδιασμό με μεγαλύτερη άνεση χρόνου θα άξιζε ίσως μια πιο λεπτομερής περιγραφή του ΣΕΔΕ με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του.

Η 4^η ενότητα απαιτεί τουλάχιστον μία επιπλέον ώρα για να πραγματοποιηθεί με βάση τον αρχικό σχεδιασμό. Μία τροποποίηση που φαίνεται επιβεβλημένη είναι η ανάθεση σε κάθε ομάδα ενός υπολογισμού αντί για να γίνουν όλοι οι υπολογισμοί από όλες τις ομάδες. Η διάθεση μιας επιπλέον ώρας κρίνεται ως απαραίτητη ώστε να γίνει ο υπολογισμός του οικονομικού κόστους για τα προτεινόμενα μέτρα και να γίνει με άνεση η παρουσίαση τους.

Για την αντιμετώπιση των ελλείψεων στην υλικοτεχνική υποδομή προτείνεται να επιτραπεί η χρήση των κινητών τηλεφώνων, που διαθέτουν σύνδεση στο διαδίκτυο, εντός του σχολείου όταν κρίνεται απαραίτητο για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Οι μαθητές στην πλειοψηφία τους διαθέτουν κινητό τηλέφωνο το οποίο χρησιμοποιούν με σύνδεση στο διαδίκτυο για να επικοινωνούν μέσω των μέσων κοινωνικής δικτύωσης, να παρακολουθούν βίντεο και να μοιράζονται φωτογραφίες. Η χρήση τους για άντληση πληροφοριών σχετικά με θέματα της εκπαιδευτικής διαδικασίας θα ήταν ίσως μια λύση στο πρόβλημα της έλλειψης επαρκούς αριθμού υπολογιστών στα σχολεία.

6. Βιβλιογραφία

Alternativeenergysecret.com. (2017). *Fossil Fuels: Their Advantages and Disadvantages*. [online] Ανακτήθηκε από:

<http://www.alternativeenergysecret.com/fossil-fuels.html> .

Barroso, J.M. (2011). *Ενέργεια: προτεραιότητες της Ευρώπης*. Παρουσίαση του Προέδρου της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο της 4ης Φεβρουαρίου 2011. Ανακτήθηκε από:

http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/energy_el.pdf

Biofuel.org.uk. (2017). *Biofuels - Biofuel Information - Guide to Biofuels*. [online] Ανακτήθηκε από: <http://biofuel.org.uk/>.

BP (2007), What is a Carbon Footprint?, Internet site:

http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/STAGING/global_assets/downloads/A/ABP_ADV_what_on_earth_is_a_carbon_footprint.pdf

Brown, A.L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.

Carbonfund.org. (2017). *Reduce - Carbonfund.org*. [online] Ανακτήθηκε από: <https://carbonfund.org/reduce/>

Conserve Energy Future. (2017). *Advantages of Fossil Fuels - Conserve Energy Future*. [online] Ανακτήθηκε από: http://www.conserve-energy-future.com/Advantages_FossilFuels.php

Conserve Energy Future. (2017a). *Pros and Cons of Solar Energy - Conserve Energy Future*. [online] Ανακτήθηκε από: <http://www.conserve-energy-future.com/pros-and-cons-of-solar-energy.php>

Conserve Energy Future. (2017b). *7 Pros and Cons of Wind Energy - Conserve Energy Future*. [online] Ανακτήθηκε από: <http://www.conserve-energy-future.com/pros-and-cons-of-wind-energy.php>

Consumption & Efficiency - U.S. Energy Information Administration (EIA). (2017). *Eia.gov*. Ανακτήθηκε από: <http://www.eia.gov/consumption>

Corporate Watch. (c2017). *Corporatetwatch.org*. Ανακτήθηκε από: <https://corporatetwatch.org/>

Cotap.org. (2017). *25+ Tips to Reduce Carbon Footprint from COTAP.org*. [online] Ανακτήθηκε από: <http://cotap.org/reduce-carbon-footprint/>

Cucek, L., Klimes, J. J., & Kravanja, Z. (2012). A review of footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 34, 9-20. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.036>

De Benedetto, L., & Klimes, J. (2009). The Environmental Performance Strategy Map: an integrated LCA approach to support the strategic decision-making process. *Journal of Cleaner Production*, 17(10), 900-906. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.02.012>

Downie, J., & Stubbs, W. (2013). Evaluation of Australian companies' scope 3 greenhouse gas emissions assessments. *Journal of Cleaner Production*, 56, 156-163. Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.010>

DS Consulting (el). (2017). *Τι είναι το ανθρακικό αποτύπωμα*; [online] Ανακτήθηκε από: <http://gr.dsorganic.com/services/carbon-footprinting-services/carbon-footprint/>.

DS Consulting. (n.d.). *Τι είναι το ανθρακικό αποτύπωμα*; DS Consulting. Ανακτήθηκε από: <http://gr.dsorganic.com/services/carbon-footprinting-services/carbon-footprint/>

Dtsenergy.gr. (2017). *ΑΠΕ .Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα | Συστήματα ενέργειας*. Ανακτήθηκε από: <http://www.dtsenergy.gr/απε-πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα>

Duit, R. (2007). Science education research internationally: Conceptions, research methods, domains of research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3 (1), 3–15. Ανακτήθηκε από :10.12973/eurasia.2007.00033a

Eia.gov. (2017). *EIA projects 48% increase in world energy consumption by 2040 - Today in Energy - U.S. Energy Information Administration (EIA)*. [online] Ανακτήθηκε από: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=26212>.

Energetics (2007). *The Reality of Carbon Neutrality*, London. Ανακτήθηκε από : www.energetics.com.au/file?node_id=21228

Energyatlas.iea.org. (2017). *Tellmaps*. [online] Ανακτήθηκε από: <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/-1002896040/0>

Epa.gov. 2017a. *Understanding Global Warming Potentials | Greenhouse Gas (GHG) Emissions*. United States Environmental Protection Agency. Ανακτήθηκε από : <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>

Epa.gov. 2017b. *Global Greenhouse Gas Emissions Data | Greenhouse Gas (GHG) Emissions*. United States Environmental Protection Agency. Ανακτήθηκε από : <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>

ETAP (2007). The Carbon Trust Helps UK Businesses Reduce their Environmental Impact, Press Release. Ανακτήθηκε από :

http://ec.europa.eu/environment/etap/pdfs/jan07_carbon_trust_initiative.p

Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., & Giljum, S. (2012). Integrating ecological, carbon and water footprint into a “footprint family” of indicators: definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological indicators*, 16, 100-112.

Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, doi 10.3334/CDIAC/00001_V2015.

"Glossary of Climate Change Terms." EPA. Environmental Protection Agency, 13 June 2012. Ανακτήθηκε από: <https://www3.epa.gov/climatechange/glossary.html>

Greenhouse Gas Protocol. (2017). *Ghgprotocol.org*. Ανακτήθηκε από : <http://www.ghgprotocol.org/>

Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis. *Environmental science & technology*, 43(16), 6414-6420.

Hoekstra, A. Y. (2003, February). Virtual water: An introduction. In *Virtual water trade: Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade. Value of water research report series (11)* (pp. 13-23).

IER. (2017). *EIA Outlook: Fossil Fuels Continue to Dominate World Energy Supply - IER*. [online] Ανακτήθηκε από: <http://instituteforenergyresearch.org/analysis/eia-outlook-fossil-fuels-continue-to-dominate-world-energy-supply/>.

Institute for Energy Research (2013). *EIA Outlook: Fossil Fuels Continue to Dominate World Energy Supply* . Ανακτήθηκε από: <http://instituteforenergyresearch.org/analysis/eia-outlook-fossil-fuels-continue-to-dominate-world-energy-supply/>

International Energy Agency (c2017). *Renewable energy*. [online] Ανακτήθηκε από: <https://www.iea.org/about/faqs/renewableenergy/>

International Energy Agency. (2016a). *Key World Energy Trends: Excerpt from World energy balances* (Technical report). Ανακτήθηκε από: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorldEnergyTrends.pdf>.

International Energy Agency. (2016b). *Energy efficiency indicators: Highlights* (Technical Report). Ανακτήθηκε από:

https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyEfficiencyIndicatorsHighlights_2016.pdf.<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyRenewablesTrends.pdf>

International Energy Agency. (2016c). CO₂ Emissions from Fuel Combustion Highlights. Ανακτήθηκε από:

http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustion_Highlights_2016.pdf

IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland. Ανακτήθηκε από :

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm

IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report: Summary for policymakers*. Geneva, Switzerland: IPCC Ανακτήθηκε από:https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf

Kariotoglou, P. (2002). A Laboratory-based teaching learning sequence on fluids: Developing primary student teachers' conceptual and procedural knowledge. In *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 79-90). Springer Netherlands.

Kariotoglou, P., Tselfes, V., Evangellinos, D., & Psillos, D. (1999). An investigation on student teachers laboratory practices during a familiarisation with phenomena phase of experimental teaching in: Behrendt, H. *In 2nd International ESERA Conference, Kiel, Germany*.

Kattmann, U., & Duit, R. (1996, November). *Educational reconstruction: Bringing together issues of scientific clarification and students' conceptions* . Paper presented at the *First European Conference on Didactic of Biology (ERIDOB)* , Kiel, Germany.

Kattmann, U., & Duit, R. (1996, November). Educational reconstruction: Bringing together issues of scientific clarification and students' conceptions . Paper presented at the *First European Conference on Didactic of Biology (ERIDOB)* , Kiel, Germany.

Lijnse, P. L. (1995). 'Developmental Research' as a Way to an Empirically Based 'Didactical Structure' of Science. *Science Education*, 79(2), 189-199

Lijnse, P. L., & Klaassen, K. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching - learning sequences? *International Journal of Science Education*, 26 (5),537-554.

MéHeut, M. (2005). Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In *Research and the quality of science education* (pp. 195-207). Springer Netherlands.

Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.

Meisterling, K., Samaras, C., & Schweizer, V. (2009). Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat. *Journal of Cleaner Production*, 17(2), 222-230.

OECD, IEA, & Eurostat. (2005). Energy statistics manual (Technical Report). Ανακτήθηκε από : https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/statistics_manual.pdf.

Patel, J. (2006). "Green sky thinking". *Environment Business*(122): 32

Petri, J., & Niedderer*, H. (1998). A learning pathway in high school level quantum atomic physics. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1075-1088.

Psillos, D., & Kariotoglou, P. (Eds.). (2015). *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences: Introducing the Science of Materials in European Schools*. Springer.

Psillos, D., Tselves, E., & Kariotoglou, V. (2004). An epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching-learning sequences: The case of fluids. *International Journal of Science Education*, 26(5), 555–578.

Rees, W., & Wackernagel, M. (1996). Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable—and why they are a key to sustainability. *Environmental impact assessment review*, 16(4-6), 223-248.

Ruthven, K., Laborde, C., Leach, J., & Tiberghien, A. (2009). Design tools in didactical research: Instrumenting the epistemological and cognitive aspects of the design of teaching sequences. *Educational researcher*, 38(5), 329-342.

Samo, J. (2016). *5 Major Companies Step Up to Reduce Their Carbon Footprint - BORGEN*. BORGEN. Ανακτήθηκε από : <http://www.borgenmagazine.com/fighting-climate-change-reducing-carbon-footprint/>

Savinainen, A., & Viiri, J. (2008). The force concept inventory as a measure of students conceptual coherence. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(4), 719-740.

Sedac.ipcc-data.org. (2017). *Socio-Economic Data and Scenarios*. [online] Ανακτήθηκε από: http://sedac.ipcc-data.org/ddc/ar5_scenario_process/RCPs.html

Shindell, D., et.al. (2013). *Radiative Forcing in the AR5*. Παρουσίαση στο Climate Change 2013: The Physical Science Basis IPCC Working Group I Contribution to AR5, Stockholm, Sweden (23-26 September). Ανακτήθηκε από:

http://climate.envsci.rutgers.edu/climdyn2013/IPCC/IPCC_WGI12-RadiativeForcing.pdf

Sleeswijk, A. W., van Oers, L. F., Guinée, J. B., Struijs, J., & Huijbregts, M. A. (2008). Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000. *Science of the total environment*, 390(1), 227-240.

The Climate Registry. (2008). *The climateregistry.org*. Ανακτήθηκε από: <http://www.theclimateregistry.org/>

The Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 5-8.

United States Environmental Protection Agency | US EPA. (2017). *Epa.gov*. Ανακτήθηκε από: <https://www.epa.gov/>

Verbruggen, A., Moomaw, W., & Nyboer, J. (2011). Annex I: glossary, acronyms, chemical symbols and prefixes. *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Ανακτήθηκε από : https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_Annex_Glossary.pdf

United Nations Sustainable Development. (2017). *Climate Change - United Nations Sustainable Development*. Ανακτήθηκε από: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change-2/>

Wackernagel, M., Schulz, N. B., Deumling, D., Linares, A. C., Jenkins, M., Kapos, V., ... & Randers, J. (2002). Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, 99(14), 9266-9271.

Wiedmann, T. and Minx, J. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends: Chapter 1*, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA. Ανακτήθηκε από: https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999.

Wiedmann, T., & Barrett, J. (2011). A greenhouse gas footprint analysis of UK Central Government, 1990–2008. *Environmental science & policy*, 14(8), 1041-1051.

Ανδρίτσος, Ν. (c2003-2017). 1. Ενέργεια: Ορισμοί, μορφές και χρήσεις. Σε: *Ενέργεια και Περιβάλλον* [Ηλεκτρονικό μάθημα]. Ανακτήθηκε από: <http://eclass.uth.gr/eclass/courses/MHXB122/>

Διεθνείς συμφωνίες για το κλίμα - *Consilium*. (2017). *Consilium.europa.eu*. Ανακτήθηκε από: <http://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/international-agreements-climate-action/>

ΕΚΕΤΑ/ΙΔΕΠ (2014). Οδηγός στερεών βιοκαυσίμων και λεβητών βιομάζας για εφαρμογές οικιακής θέρμανσης. Ανακτήθηκε από : <https://www.certh.gr/dat/D26D45EC/file.pdf>

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο. (2017). Διεθνείς συμφωνίες για το κλίμα Consilium. [online] Ανακτήθηκε από:

<http://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/international-agreements-climate-action/>

Κίρκος, Γ. (2016). Τρόποι πρακτικής εφαρμογής δράσεων Μείωσης, Επαναχρησιμοποίησης και Ανακύκλωσης στην Κύπρο: Περιορισμός αποτυπώματος άνθρακα. Σε *Νέες Τάσεις στη Βιομηχανία με βάση τα 3R*. Λευκωσία, Λεμεσός 13-14 Σεπτεμβρίου. ReThink, Κυπριακό Εμπορικό και Βιομηχανικό Επιμελητήριο (ΚΕΒΕ) και Εμπορικό και Βιομηχανικό Επιμελητήριο Λεμεσού (ΕΒΕ Λεμεσού). Ανακτήθηκε από: <http://rethink.com.cy/pdf/Rethink-%20carbon%20footprint-GR.pdf>

Μπέλος, Σ. (2013). Μοντέλα κατανόησης της έννοιας του ενεργειακού Αποτυπώματος από φοιτήτριες/τές του Π.Τ.Δ.Ε. Φλώρινας: Διπλωματική Εργασία.

Οδηγία 2003/87/ΕΚ για τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου. 2016. [Eur-lex.europa.eu](http://eur-lex.europa.eu). Ανακτήθηκε από: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=URISERV%3A128012>

Οδηγός οικολογικής σήμανσης (αναδημοσίευση από το site της Ε.Κ.ΠΟΙ.ΖΩ.). (2009). *Oikologos.gr*. Ανακτήθηκε από :

http://www.oikologos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=146&Itemid=219

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου. Ανακτήθηκε από:

<https://www.youtube.com/watch?v=tPMad2A7zAA> Τ.Ε.Ε. Ειδικής Αγωγής Β' Βαθμίδας Ανατολικής Θεσσαλονίκης, 2012.

ΥΠΕΚΑ. 2009-2015. *Κλιματική αλλαγή: Φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου*. (2017). Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Ανακτήθηκε από :

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=911&language=el-GR>

Φωκιανού, Τ. (2004). «Παγκόσμια Ενεργειακή Ασφάλεια Στον 21ο Αιώνα», Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVI. Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσ/νίκη Απρίλιος 2004. Ανακτήθηκε από:

<http://geolib.geo.auth.gr/digeo/index.php/bgsg/article/viewFile/1515/1361>.

Φωτιάδη, Α. (2017). *Φαινόμενο Θερμοκηπίου και Κλιματικές Μεταβολές: Ενότητα 2. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου ? Ενεργειακό ισοζύγιο του Πλανήτη*. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών. Ανακτήθηκε από :

<https://eclass.upatras.gr/modules/units/?course=ENV119&id=6466>

7. Παραρτήματα

1^ο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΙΔΙΚΟ ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ

Ξενόγλωσσες συντομογραφίες

CRIS: Climate Registry Information System

EIA: Energy Information Administration

EPA: Environmental Protection Agency

GWP: Global Warmth Potential

IEA: International Energy Agency

INDC: Intended Nationally Determined Contributions

IPCC: Intergovernmental Panel of the Climate Change

RCP: Representative Concentration Pathways

SRES: Special Report on Emission Scenarios

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change

Ελληνόγλωσσες Συντομογραφίες

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

ΔΕΗ: Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση

ΜΜΜ: Μέσα Μαζικής Μετακίνησης

ΣΕΔΕ: Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών



2° ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.

Τα εργαλεία της έρευνας (Ερωτηματολόγια και ερωτήσεις συνέντευξης)

Ερωτηματολόγιο πριν τη διδασκαλία

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες δραστηριότητες ή προϊόντα που χρησιμοποιούνται καθημερινά. Σε ποιες από τις περιπτώσεις αυτές νομίζεις ότι έχει καταναλωθεί ή καταναλώνεται ενέργεια;
Γιατί καταναλώθηκε ενέργεια και με ποιον τρόπο;
Η κατανάλωση ενέργειας αφορά σε όλο τον κύκλο ζωής της δραστηριότητας ή του προϊόντος δηλαδή στην παραγωγή, τη μεταφορά, τη λειτουργία του και μετά το τέλος της χρήσης του.

Προϊόν ή δραστηριότητα	Αιτίες κατανάλωσης ενέργειας	Τρόπος κατανάλωσης ενέργειας
<p>1. Κινητό τηλέφωνο (αχρησιμοποίητο)</p>  <p>Κινητό τηλέφωνο (αχρησιμοποίητο)</p>		
<p>2. Φρούτα εισαγωγής.</p>  <p>Λεμόνια Αργεντινής Μάνγκο Ολλανδίας</p>		
<p>3. Μπουκάλι εμφιαλωμένο νερό.</p>		



Μπουκάλι με νερό

**4. Ρούχα.
(αχρησιμοποίητα)**



Ρούχα (αχρησιμοποίητα)

5. Μετακίνηση με αυτοκίνητο.



Οδήγηση αυτοκινήτου

6. Θέρμανση με καλοριφέρ.



Καλοριφέρ

7. Έλατο σε πλαγιά του Ολύμπου.



Δέντρο

8. Μεταφορές με αεροπλάνο.



Αερομεταφορές

9. Φυσική πηγή σε βουνό.



Νερό από φυσική πηγή

10. Κτηνοτροφική μονάδα.



κτηνοτροφία

11. Καλλιέργεια ρυζιού.



Ορυζώνιας



12. Μετακίνηση με μέσα μαζικής μεταφοράς όπως λεωφορείο.



13. Μεταφορές με σιδηρόδρομο.



Μεταφορές με σιδηρόδρομο

<p>14. Θαλάσσιες μεταφορές.</p>  <p>εφορευτική εικόνα</p>		
<p>15. Χρήση υπολογιστή.</p>  <p>Χρήση Η/Υ (tablet)</p>		

2. Σε ποιες από τις παραπάνω περιπτώσεις νομίζεις ότι μπορεί να υπάρχει επίδραση ή συσχέτιση με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και σε ποιες όχι;

.....

.....

.....

.....

Γιατί και με ποιόν τρόπο προκύπτουν οι συσχετίσεις που επέλεξες;

.....

.....

.....

.....

.....

Μπορείς να αναφέρεις κάποια παραδείγματα που να δικαιολογούν τις απαντήσεις σου;

.....

.....

.....

.....

.....

3. Μπορείς να προτείνεις τρόπους ώστε να μειωθεί η ενέργεια που καταναλώνεται σε κάποιες από τις παραπάνω περιπτώσεις;

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....
.....



Ερωτηματολόγιο μετά τη διδασκαλία

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες δραστηριότητες ή προϊόντα που χρησιμοποιούνται καθημερινά. Σε ποιες από τις περιπτώσεις αυτές νομίζεις ότι έχει καταναλωθεί ή καταναλώνεται ενέργεια;

Γιατί καταναλώθηκε ενέργεια και με ποιον τρόπο;

Η κατανάλωση ενέργειας αφορά σε όλο τον κύκλο ζωής της δραστηριότητας ή του προϊόντος δηλαδή στην παραγωγή, τη μεταφορά, τη λειτουργία του και μετά το τέλος της χρήσης του.

Προϊόν ή δραστηριότητα	Αιτίες κατανάλωσης ενέργειας	Τρόπος κατανάλωσης ενέργειας
<p>1. Κινητό τηλέφωνο (αχρησιμοποίητο)</p>  <p>Κινητό τηλέφωνο (αχρησιμοποίητο)</p>		
<p>2. Φρούτα εισαγωγής.</p>  <p>Λεμόνια Αργεντινής Μάνγκο Ολλανδίας</p>		
<p>3. Μπουκάλι εμφιαλωμένο νερό.</p>		



Μπουκάλι με νερό

**4. Ρούχα.
(αχρησιμοποίητα)**



Ρούχα (αχρησιμοποίητα)

5. Μετακίνηση με αυτοκίνητο.



Οδήγηση αυτοκινήτου

6. Θέρμανση με καλοριφέρ.



Καλοριφέρ

**7. Έλατο σε πλαγιά του
Ολύμπου.**



Δέντρο

8. Μεταφορές με αεροπλάνο.



Αερομεταφορές

9. Φυσική πηγή σε βουνό.



Νερό από φυσική πηγή

10. Κτηνοτροφική μονάδα.



κτηνοτροφία

11. Καλλιέργεια ρυζιού.



Ορυζώνιας



12. Μετακίνηση με μέσα μαζικής μεταφοράς όπως λεωφορείο.



13. Μεταφορές με σιδηρόδρομο.



Μεταφορές με σιδηρόδρομο

<p>14. Θαλάσσιες μεταφορές.</p>  <p>πλοία μεταφοράς</p>		
<p>15. Χρήση υπολογιστή.</p>  <p>Χρήση Η/Υ (tablet)</p>		

2. Σε ποιες από τις παραπάνω περιπτώσεις νομίζεις ότι μπορεί να υπάρχει επίδραση ή συσχέτιση με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και σε ποιες όχι;

.....

.....

.....

.....

.....

Γιατί και με ποιόν τρόπο προκύπτουν οι συσχετίσεις που επέλεξες;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Μπορείς να αναφέρεις κάποια παραδείγματα που να δικαιολογούν τις απαντήσεις σου;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Μπορείς να προτείνεις τρόπους ώστε να μειωθεί η ενέργεια που καταναλώνεται σε κάποιες από τις παραπάνω περιπτώσεις;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....

4. Μπορείς να διακρίνεις σε ποιες από τις παραπάνω δραστηριότητες ή προϊόντα δημιουργείται αποτύπωμα άνθρακα και σε ποιες όχι;
Να αναφέρεις τους αριθμούς από τις αντίστοιχες εικόνες και να αιτιολογήσεις δύο από τις επιλογές σου για κάθε περίπτωση.

Δημιουργείται αποτύπωμα άνθρακα στις εικόνες

.....

Δε δημιουργείται αποτύπωμα άνθρακα στις εικόνες

.....

Αιτιολόγηση

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Λαμβάνοντας υπόψιν τα όσα διδάχθηκαν και όσα έμαθες κατά τη διάρκεια της χρονιάς στο μάθημα της Ερευνητικής Εργασίας με το θέμα «Αποτύπωμα Άνθρακα» καλείσαι να απαντήσεις σύντομα στις παρακάτω ερωτήσεις.

1. Τι παραπάνω νομίζεις ότι γνωρίζεις σήμερα σε σχέση με την αρχή του μαθήματος;

.....
.....
.....

2. Τι σε βοήθησε να μάθεις και τι σε δυσκόλεψε στη διάρκεια των μαθημάτων;

.....
.....
.....

3. Τι σου άρεσε και τι δεν σου άρεσε στη διαδικασία του μαθήματος;

.....
.....
.....

4. Για ποιους λόγους νομίζεις ότι χρειαζόμαστε ότι χρειάζεται το Αποτύπωμα Άνθρακα;

.....
.....
.....
.....

Οι ερωτήσεις της συνέντευξης

1. Τι έμαθες κατά τη διάρκεια του μαθήματος της ερευνητικής εργασίας;
Τι είναι το αποτύπωμα άνθρακα;
2. Μπορείς να αναφέρεις από πού προέρχονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα;
Ποια είναι η κύρια πηγή στην οποία οφείλονται οι εκπομπές
Για ποιο λόγο συνεχίζονται οι εκπομπές;
3. Ποιες είναι οι συνέπειες της αύξησης της συγκέντρωσης του διοξειδίου στην ανθρώπινη ατμόσφαιρα;
4. Ποια είναι η χρησιμότητα του αποτυπώματος άνθρακα;
5. Μπορείς να αναφέρεις καθημερινές ανάγκες, ενέργειες κτλ δικές σου ή της οικογένειάς σου που δημιουργούν αποτύπωμα άνθρακα;
6. Με ποιες ενέργειες μπορεί να μειωθεί αυτό το αποτύπωμα άνθρακα;
7. Σε ποιους παράγοντες οφείλεται το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;
8. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

3^ο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
Τα φύλλα εργασίας

Φύλλο Εργασίας 1.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΑ

.....
.....
.....
.....

Δραστηριότητα 1^η.

Οι διαιτολόγοι αφού συνεκτιμήσουν διάφορους παράγοντες όπως η ηλικία, η μάζα, το ύψος, οι διατροφικές προτιμήσεις, η επιθυμητή απώλεια κιλών και άλλες παραμέτρους προτείνουν σε κάθε επισκέπτη τους ένα ημερήσιο πρόγραμμα διατροφής. Ένα από τα χαρακτηριστικά του προγράμματος είναι ο αριθμός που δηλώνει την ημερήσια πρόσληψη θερμίδων.

Συζητήστε στην ομάδα σας και σημειώστε στο φύλλο εργασίας τις απαντήσεις σας στα παρακάτω ερωτήματα.

1. Αν έχετε παρόμοια εμπειρία σημειώστε πόσες θερμίδες την ημέρα πρέπει να καταναλώνετε για τη διατήρηση ή τη μείωση του βάρους σας. Αν δεν έχετε αντίστοιχη εμπειρία σημειώστε εφόσον γνωρίζετε τον αριθμό θερμίδων για έναν ενήλικα κάνοντας μια ελεύθερη εκτίμηση για τη μάζα του.
.....
.....
2. Ποιο φυσικό μέγεθος υπολογίζουν και μετράνε σε «θερμίδες» οι διαιτολόγοι ;
.....
.....
3. Σημειώστε άλλες μονάδες μέτρησης που γνωρίζετε για το παραπάνω μέγεθος και τις σχέσεις μεταξύ των μονάδων. Αν χρειαστεί ζητήστε βοήθεια από τον καθηγητή σας.
.....
.....
.....
4. Εκτός από την πρόσληψη ενέργειας μέσω τροφής ποιες άλλες μορφές ενέργειας καταναλώνεις εσύ ή η οικογένεια σου στις καθημερινές δραστηριότητες;
Να απαντήσεις συμπληρώνοντας τον πίνακα.

Δραστηριότητα	Μορφή ενέργειας

5. Σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν σε νοικοκυριά του Δήμου Αμαρουσίου στην Αθήνα η μέση ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο ήταν περίπου 4,5 KWh. Να συγκρίνεις την παραπάνω ενέργεια με την ενέργεια που καταναλώνει ένας ενήλικας για διατήρηση του βάρους του. Να σχολιάσετε το αποτέλεσμα λαμβάνοντας υπόψιν πως ο κάθε κάτοικος καταναλώνει και άλλες μορφές ενέργειας όπως για μεταφορά, θέρμανση κ.τ.λ.

.....

.....

.....

.....

.....

Δραστηριότητα 2^η

1. Ποιοι παράγοντες νομίζετε ότι καθορίζουν τα ποσά ενέργειας που καταναλώνει μια χώρα;

.....

.....

.....

.....

.....

Ποια στοιχεία χρειάζεστε για να απαντήσετε με σιγουριά;

.....

.....

.....

2. Σε ποιες χώρες ή γενικότερα σε ποιες περιοχές του πλανήτη νομίζετε ότι καταναλώνονται τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας και γιατί ;

.....

.....

.....

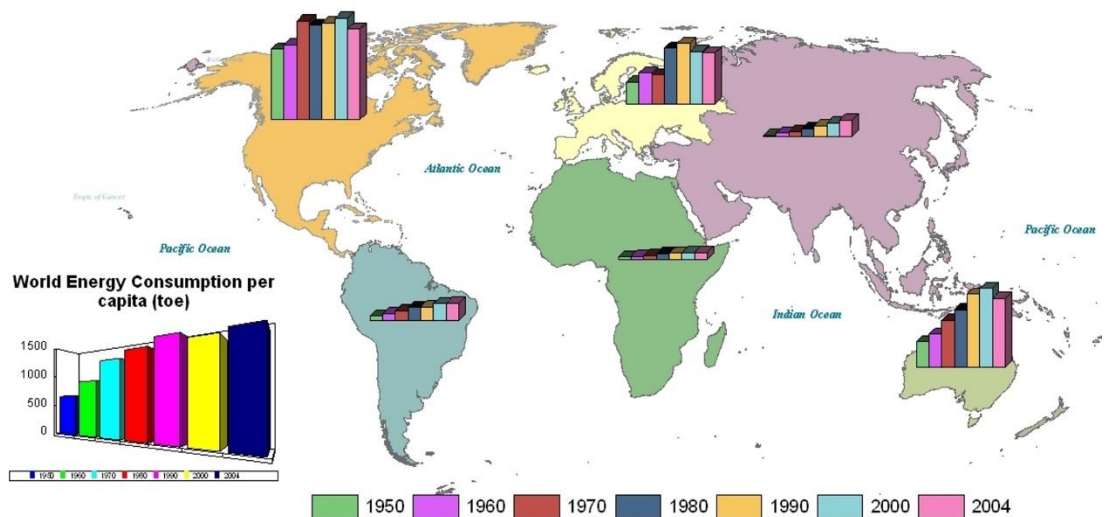
Πως θα συλλέγατε δεδομένα που να βοηθούν στην απάντησή σας;

.....

.....

.....

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο στις ηπείρους μετρημένη σε τόνους αργού πετρελαίου όπως εξελίχθηκε τις τελευταίες δεκαετίες. 1 toe (tons of equivalent crude oil) είναι η ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση 1 τόνου αργού πετρελαίου και είναι περίπου ίση με $42 \cdot 10^9$ Joules. Η εικόνα είναι διαθέσιμη στην ηλεκτρονική διεύθυνση https://el.wikipedia.org/wiki/Ενεργειακή_στατιστική



Παρατηρείστε τα διαγράμματα και απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις.

1. Σε ποιες περιοχές εμφανίζονται οι μεγαλύτερες τιμές κατανάλωσης ενέργειας και σε ποιες οι χαμηλότερες;

.....

2. Σχολιάστε τη σχέση του βιοτικού επιπέδου και της οικονομικής ανάπτυξης με τα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται.

.....

3. Πως μεταβάλλεται στο πέρασμα των χρόνων η κατανάλωση ενέργειας στις περιοχές με υψηλή και πως στις περιοχές με χαμηλή κατανάλωση;

.....

4. Στις περιοχές υψηλής κατανάλωσης εμφανίζεται μια μικρή μείωση της κατανάλωσης τα τελευταία χρόνια. Να συζητήσετε και να αναφέρετε πιθανούς λόγους που οδήγησαν σε αυτή τη μικρή μείωση.

.....

Δραστηριότητα 3^η

1. Πως περιμένετε να μεταβληθεί στα επόμενα χρόνια η κατανάλωση ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα;

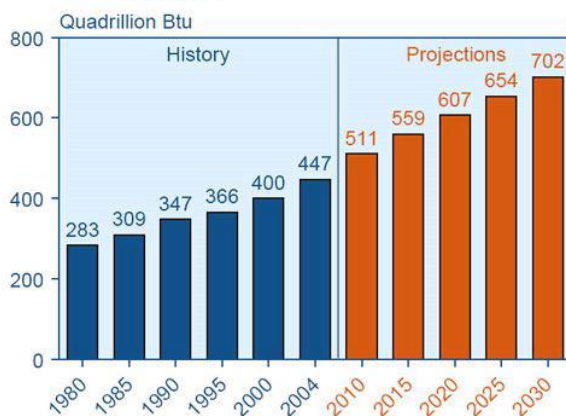
.....

Από ποιες πηγές θα αντλούσατε δεδομένα για να επιβεβαιώσετε την πρόβλεψή σας;

.....
.....
.....

2. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η διακύμανση της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας τα τελευταία χρόνια όπως και οι προβλέψεις για τις επόμενες δεκαετίες.

Figure 8. World Marketed Energy Consumption, 1980-2030



Αύξηση της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας από το 1980 έως το 2030

Πηγή: <http://www.futurepolicy.org/2737.html>

Ποιο συμπέρασμα μπορείτε να εξάγετε για τις ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη στις επόμενες δεκαετίες εφόσον επαληθευτούν οι προβλέψεις;

.....
.....
.....

Δραστηριότητα 4^η

1. Πώς νομίζετε ότι κατατάσσονται οι επόμενες πηγές ενέργειας σε σχέση με τη συμμετοχή τους στην παραγόμενη ενέργεια σε παγκόσμια κλίμακα :

- A) Πυρηνική ενέργεια
- B) Καύση ορυκτών (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακας.....)
- Γ) Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ηλιακή, αιολική, φράγματα, βιομάζα ...)

.....
.....

2. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η σημαντικότερη μορφή ενέργειας που καταναλώνεται στον οικιακό τομέα αλλά και στη βιομηχανία. Ποιες μορφές ενέργειας χρησιμοποιούμε για να παράγουμε την ηλεκτρική ενέργεια;

Ποιες από αυτές πιστεύετε ότι θα χρησιμοποιούνται μετά από 100 χρόνια;

.....
.....

.....
.....
.....
.....

Συμπεράσματα

Να συμπληρώσετε τα κενά του παρακάτω κειμένου χρησιμοποιώντας κατάλληλα τις λέξεις: Καύση, ενέργεια, βελτίωση, ορυκτών, υψηλό, ραδιενέργεια, αύξηση, εξάντληση, ορυκτών καυσίμων, χαμηλό, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ανάπτυξη, γρήγορο.

Η παροχή και η κατανάλωση είναι θεμελιώδης παράγοντας για την οικονομική και κοινωνική Είναι απαραίτητη για τη διαβίωση του ανθρώπου και για τη των συνθηκών της ζωής του. Η κατανάλωση ενέργειας είναι ιδιαίτερα αυξημένη σε χώρες με βιοτικό επίπεδο σε σύγκριση με τις χώρες που έχουν βιοτικό επίπεδο.

Οι υπολογισμοί για τις τελευταίες δεκαετίες και οι εκτιμήσεις για τις προσεχείς δεκαετίες δείχνουν συνεχή της ενέργειας που απαιτείται στον πλανήτη.

Το μεγαλύτερο ποσοστό (>80%) της παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από την των ενώ σε μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν η όπως και οι

Τα ορυκτά καύσιμα ως φυσικοί πόροι του πλανήτη καταναλώνονται με ρυθμό και η τους είναι θέμα χρόνου.

Φύλλο Εργασίας 2.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΑ

.....
.....
.....
.....

Δραστηριότητα 1^η

Στη χημεία η καύση μιας ένωσης ορίζεται ως η αντίδραση της με το O₂ που συνοδεύεται από παραγωγή θερμότητας και φλόγας. Κατά την τέλεια καύση - όταν υπάρχει δηλαδή περίσσεια O₂ - κάθε στοιχείο Σ που υπάρχει στην ένωση αντιδρά με το O₂ και σχηματίζει την αντίστοιχη ένωση Σ₂O_x. Για παράδειγμα ο άνθρακας C που περιέχεται στην ένωση σχηματίζει κατά την τέλεια καύση CO₂, το υδρογόνο H σχηματίζει H₂O, το θείο S σχηματίζει SO₂ κοκ.

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται ορισμένα από τα πιο συνηθισμένα καύσιμα και η μορφή με την οποία χρησιμοποιούνται.

1. Να συμπληρώσετε τις αντιδράσεις της τέλει καύσης με τα κατάλληλα προϊόντα και συντελεστές όπως στο παράδειγμα.

Χημική Ένωση	Ονομασία Στοιχείου ή Ένωσης Ονομασία καυσίμου	Αντίδραση καύσης
C	Άνθρακας Λιγνίτης	
CH ₄	Μεθάνιο Φυσικό αέριο	
C ₂ H ₆ O	Αιθανόλη Βιοαιθανόλη -Οινόπνευμα	$C_2H_6O + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$
C ₃ H ₈	Προπάνιο Υγραέριο	
C ₄ H ₁₀	Βουτάνιο Υγραέριο	
C ₈ H ₁₈	Οκτάνιο Βενζίνη	

2. Ποιο είναι το κοινό προϊόν σε όλες τις αντιδράσεις καύσης;
.....
.....
3. Ποια από τα παραπάνω καύσιμα χρησιμοποιείτε εσείς ή η οικογένειά σας στις καθημερινές σας δραστηριότητες;
Ποια άλλα καύσιμα που δεν αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα χρησιμοποιείτε;

.....
.....
.....
.....
.....

Δραστηριότητα 2^η

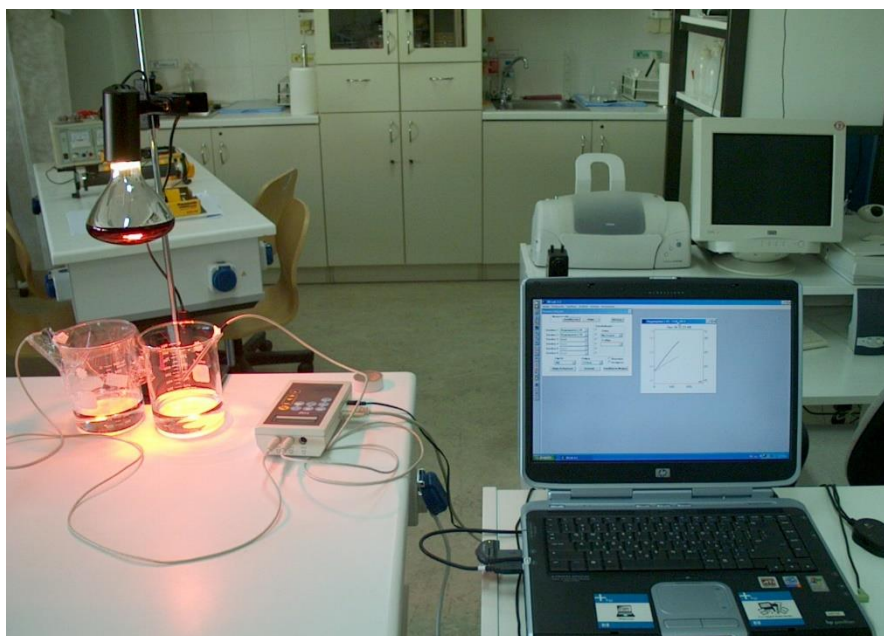
Στην προσπάθεια τους να περιγράψουν ή και να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο ή ένα σύστημα οι επιστήμονες συχνά δημιουργούν αναπαραστάσεις είτε υλικές είτε νοητικές τις οποίες ονομάζουν «μοντέλα». Έχετε ήδη συναντήσει μοντέλα στη φυσική και τη χημεία όπως το πλανητικό μοντέλο για περιγραφή του ατόμου, το πρότυπο του ιδανικού αερίου, το πρόπλασμα στη βιολογία και την υδρόγειο σφαίρα στη γεωγραφία.

1. Μπορείτε να επινοήσετε ένα μοντέλο που να περιγράφει το ρόλο της ατμόσφαιρας στη θερμοκρασία του πλανήτη;

.....
.....
.....
.....

Στη διάταξη του παρακάτω σχήματος η λάμπα υψηλής ισχύος «φωτίζει» δύο δοχεία που περιέχουν την ίδια ποσότητα νερού και απέχουν το ίδιο από τη λάμπα. Το ένα δοχείο είναι ανοιχτό ενώ το άλλο είναι σκεπασμένο με μεμβράνη (σελοφάν). Σε κάθε δοχείο και πάνω από το νερό είναι τοποθετημένο ένα ευαίσθητο θερμόμετρο του οποίου σημειώνουμε την ένδειξη ανά ίσα χρονικά διαστήματα.

Εικόνα 1



2. Με ποια σώματα σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα αντιστοιχίζατε τη λάμπα, το κλειστό δοχείο και το ανοιχτό δοχείο;

-
.....
3. Σε ποιο δοχείο περιμένετε να αυξηθεί περισσότερο η θερμοκρασία και γιατί;

.....
.....
.....

4. Πραγματοποιήστε το πείραμα σημειώνοντας τις θερμοκρασίες στα δύο δοχεία ανά ένα λεπτό για 15 λεπτά και συμπληρώστε τον πίνακα.

Χρόνος Θέρμανσης (min)	Θερμοκρασία δοχείου A	Θερμοκρασία δοχείου B
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

5. Στη συνέχεια να σχεδιάσετε σε κοινό διάγραμμα τις γραφικές παραστάσεις Θερμοκρασίας – χρόνου για τα δύο δοχεία. Συγκρίνετε το διάγραμμα με τις προβλέψεις σας και σχολιάστε τα αποτελέσματα.

.....
.....
.....

6. Ποιο συμπέρασμα προκύπτει για τη θερμοκρασία που θα επικρατούσε στον πλανήτη αν δεν υπήρχε η γήινη ατμόσφαιρα που δημιουργεί το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου ;

.....
.....
.....

Δραστηριότητα 3^η

Θέλουμε να περιγράψουμε το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή την αύξηση της συγκέντρωσης των θερμοκηπιακών αερίων και την επίδραση της στη

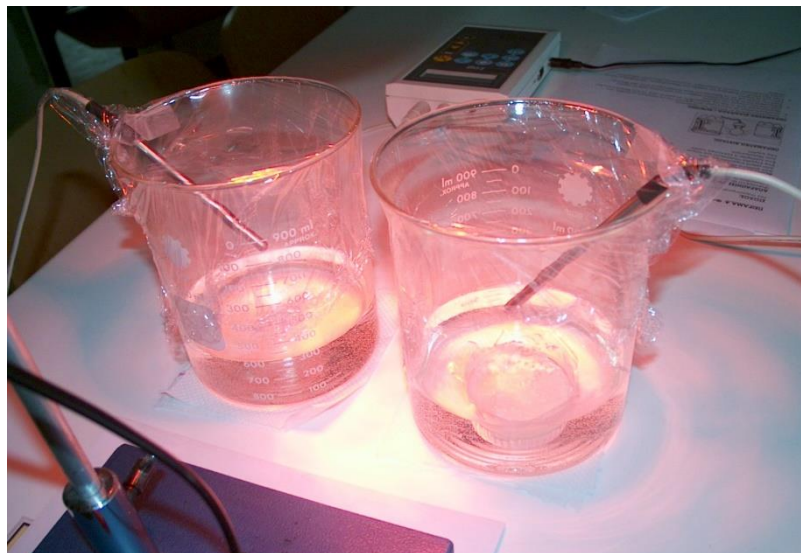
θερμοκρασία του πλανήτη, χρησιμοποιώντας το μοντέλο της προηγούμενης δραστηριότητας.

1. Μπορείτε να προτείνετε κάποια τροποποίηση, διαφοροποίηση ώστε να αυξηθεί συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στο ένα από τα δύο δοχεία;
Θυμηθείτε από τη χημεία απλές χημικές αντιδράσεις που παράγουν διοξείδιο του άνθρακα.

.....
.....
.....

2. Στη διάταξη του παρακάτω σχήματος και τα δύο δοχεία είναι σκεπασμένα με μεμβράνη (σελοφάν). Το ένα δοχείο (A) περιέχει 150ml νερό ενώ το άλλο δοχείο (B) περιέχει 150 ml νερό στο οποίο επιπλέει ένα μικρό πλαστικό δοχείο με 10 ml ξυδιού (διάλυμα οξικού οξέος CH_3COOH περιεκτικότητας περίπου 6% V/V). Προσθέτουμε 1g μαγειρική σόδα (Na_2CO_3 ανθρακικό νάτριο) στο πλαστικό δοχείο με το ξύδι και κλείνουμε γρήγορα το δοχείο (B) με τη μεμβράνη ώστε να μη διαφύγει το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται κατά την αντίδραση.

Εικόνα



Με ποια σώματα σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα αντιστοιχίζατε τα δοχεία A και B;

.....
.....
.....

Σε ποιο από τα δύο δοχεία περιμένετε μεγαλύτερη αύξηση στη θερμοκρασία αν τα φωτίσουμε με τη λάμπα για τον ίδιο χρόνο και από την ίδια απόσταση όπως και στην προηγούμενη δραστηριότητα και γιατί;

.....
.....
.....

3. Πραγματοποιήστε το πείραμα φωτίζοντας τα δύο δοχεία μόλις ολοκληρωθεί η αντίδραση στο μικρό δοχείο δηλαδή μόλις πάψουν να αναδύονται φυσαλίδες. Καταγράψτε τις ενδείξεις των δύο θερμομέτρων στον πίνακα όπως και πριν.

Χρόνος Θέρμανσης (min)	Θερμοκρασία δοχείου Α	Θερμοκρασία δοχείου Β
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

4. Στη συνέχεια να σχεδιάσετε τις γραφικές παραστάσεις θερμοκρασίας – χρόνου σε κοινό διάγραμμα για τα δύο δοχεία. Συγκρίνετε το διάγραμμα με τις προβλέψεις σας και σχολιάστε τα αποτελέσματα.

.....
.....
.....

5. Ποια είναι η πρόβλεψη σας για τη θερμοκρασία του πλανήτη αν εξακολουθήσουν να αυξάνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες;

.....
.....
.....

Δραστηριότητα 4^η

Παρακολουθείστε το video στη διεύθυνση (Τ.Ε.Ε. Ειδικής Αγωγής Β' Βαθμίδας Ανατολικής Θεσσαλονίκης, 2012). <https://www.youtube.com/watch?v=tPMad2A7zAA>

Τ.Ε.Ε. Ειδικής Αγωγής Β' Βαθμίδας Ανατολικής Θεσσαλονίκης. (2012). Το φαινόμενο του Θερμοκηπίου. Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Αγωγής. 2011-2012. Ανακτήθηκε από: <https://www.youtube.com/watch?v=tPMad2A7zAA>

και στη συνέχεια συζητήστε στην ομάδα σας και απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα.

1. Ποιες είναι οι θετικές συνέπειες του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου και ποιες οι αρνητικές συνέπειες του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου;

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Να αναφέρετε μερικά από τα φαινόμενα που θα προκαλέσει η διαφαινόμενη κλιματική αλλαγή.

.....
.....
.....
.....

3. Ποια αέρια είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου; Ποια από αυτά συνδέονται με την παραγωγή ενέργειας;

.....
.....
.....
.....

Συμπεράσματα

Να συμπληρώσετε τα κενά του παρακάτω κειμένου χρησιμοποιώντας κατάλληλα τις λέξεις: θερμοκρασίας, αυξάνουν, ενέργειας, κλιματική.

Η καύση ορυκτών καυσίμων με σκοπό την παραγωγή έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων CO₂. Το CO₂ κατά κύριο λόγο και μερικά ακόμα αέρια στην ατμόσφαιρα απορροφούν μέρος από την επανεκπεμπόμενη ακτινοβολία της γης και τη θερμοκρασία του πλανήτη δημιουργώντας το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Οι αλλαγές που θα προκαλέσει η αύξηση της του πλανήτη στο κλίμα και στις συνθήκες ζωής προβλέπονται επικίνδυνες και περιγράφονται με τον όρο κλιματική αλλαγή. Υπεύθυνη για την επερχόμενη αλλαγή είναι η συνεχιζόμενη αύξηση στην παραγωγή ενέργειας μέσω καύσης ορυκτών καυσίμων.

Ερωτήσεις

Μία από τις λειτουργίες των μοντέλων είναι ότι χρησιμεύουν ως ερευνητικά εργαλεία, τα οποία χρησιμεύουν για να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικά με ένα στόχο που δεν είναι άμεσα μετρήσιμος ή παρατηρήσιμος.

Μπορείτε να εντοπίσετε και να περιγράψετε εν συντομία το στόχο στο καθένα από τα δύο μοντέλα που χρησιμοποιήσατε;

.....
.....
.....
.....

Ποια μεγέθη και ποια φαινόμενα του πραγματικού κόσμου προσεγγίζονται και συγκρίνονται με τα μοντέλα που χρησιμοποιήσατε;

.....
.....
.....
.....

Σε ποιο συμπέρασμα σχετικό με τη θερμοκρασία του πλανήτη καταλήγετε με βάση τη λειτουργία του δεύτερου μοντέλου;

.....
.....
.....
.....

Φύλλο Εργασίας 3

Ονοματεπώνυμο

.....
.....
.....
.....

Δραστηριότητα 1η

Επισκεφτείτε την ιστοσελίδα του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (International Energy Agency) <https://www.iea.org>. Επιλέξτε από την γκρι μπάρα την επιλογή statistics και στη συνέχεια την επιλογή Energy atlas. Στη σελίδα υπάρχουν πολλές επιλογές για δεδομένα σχετικά με την παραγωγή- κατανάλωση ενέργειας από διάφορες πηγές καθώς και για την παραγωγή CO₂ σε όλες τις χώρες μέλη αυτού του Οργανισμού.

1. Ανοίξτε ορισμένες από τις επιλογές ώστε να εξοικειωθείτε με τη δομή και τη λειτουργία της σελίδας.

Συζητήστε τις πληροφορίες που σας παρέχει και κάντε συγκρίσεις για τα διάφορα μεγέθη μεταξύ χωρών που σας ενδιαφέρουν.

2. Ποιες από τις οκτώ επιλογές του αρχικού πίνακα θα επιλέγατε προκειμένου να κατατάξετε τις χώρες του πλανήτη ανάλογα με την ενέργεια που καταναλώνουν και ανάλογα με το CO₂ που εκλύουν στην ατμόσφαιρα;

.....
.....
.....
.....

3. Από τον κεντρικό πίνακα με τις οκτώ επιλογές επέλεξε την Energy Indicators και στη συνέχεια την TPES/population (toe/capita). Εμφανίζει τη συνολική πρωτογενή παροχή ενέργειας ανά κάτοικο. Σημείωσε στον πίνακα τις τιμές δύο χωρών π.χ. της Ελλάδας και της Σουηδίας. Στη συνέχεια επέλεξε την CO₂ emissions from fuel combustion και την εκπομπή ανά κάτοικο.

	Χώρα A (Ελλάδα)	Χώρα B (Σουηδία)
Συνολική πρωτογενής Παροχή ενέργειας ανά Κάτοικο (toe)		
Ποσότητα CO ₂ που εκλύεται ανά κάτοικο από κατανάλωση ορυκτών καυσίμων (t)		

Η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας της Σουηδίας σε σχέση με την Ελλάδα δε συνοδεύεται από αντίστοιχη εκπομπή CO₂. Η Ελλάδα καταναλώνει λιγότερο από τη μισή ενέργεια ανά κάτοικο αλλά εκπέμπει σημαντικά περισσότερη ποσότητα CO₂ σε σχέση με τη Σουηδία.

Σχολιάστε τα παραπάνω στοιχεία και προτείνετε πιθανούς λόγους για την παραπάνω αντίφαση. Να συμβουλευτείτε και την επιλογή Renewables του πίνακα.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Ποιος παράγοντας νομίζετε ότι είναι πιο καθοριστικός για την ανθρώπινη επιβάρυνση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου: Η ενέργεια που καταναλώνεται ή η ποσότητα CO₂ που εκλύεται σε μια δραστηριότητα ή για κάποιο προϊόν ;
Αιτιολογείστε την επιλογή σας.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Σε ποια μονάδα θα μετρούσατε το μέγεθος που επιλέξατε;

.....
.....
.....

Δραστηριότητα 2^η

Για να εκτιμήσουν και να βαθμολογήσουν την επίδραση που έχουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου οι ανθρώπινες δραστηριότητες και τα προϊόντα που παράγονται , οι επιστήμονες έχουν ορίσει την έννοια «Αποτύπωμα άνθρακα» (carbon footprint).

Αναζητείστε στο διαδίκτυο ορισμούς για το αποτύπωμα άνθρακα, τις μονάδες μέτρησης του και τη χρησιμότητα του. Επιλέξτε το γενικότερο κατά τη γνώμη σας ορισμό και σημειώστε τον.

Σημειώστε επίσης τις πηγές από τις οποίες αντλήσατε τις πληροφορίες σας.

Αποτύπωμα άνθρακα – Πηγές.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Μονάδες μέτρησης

.....
.....

Σημειώστε τις διαφορές που παρατηρείτε στους διάφορους ορισμούς και στη συνέχεια συζητήστε στην ολομέλεια σχετικά με τις διαφοροποιήσεις και τα κοινά σημεία των ορισμών.

.....
.....
.....
.....

Ποια πλεονεκτήματα νομίζετε ότι παρέχει η χρήση της έννοιας «Αποτύπωμα Άνθρακα» σε θέματα σχετικά με τις ανθρώπινες δραστηριότητες και το φαινόμενο του θερμοκηπίου;

.....
.....
.....
.....

Το αποτύπωμα άνθρακα διακρίνεται σε πρωτογενές όταν αναφέρεται στις άμεσες εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων από καύση ορυκτών καυσίμων και δευτερογενές όταν οι εκπομπές προκύπτουν από την παραγωγή, διάθεση, διανομή και απόσυρση του προϊόντος. Να αναφέρετε παραδείγματα που να δείχνουν τη διαφορά του πρωτογενούς με το δευτερογενές αποτύπωμα άνθρακα σε προϊόντα ή δραστηριότητες.

.....
.....
.....
.....
.....

Δραστηριότητα 3^η

Ποιες από τις καθημερινές σας δραστηριότητες ή από τα προϊόντα που καταναλώνετε καθημερινά, νομίζετε ότι περιέχει ανθρακικό αποτύπωμα και ποιες όχι ; Να αναφέρετε παραδείγματα και να εξηγήσετε σύντομα που οφείλεται το αποτύπωμα άνθρακα σε κάθε περίπτωση.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Ποια δραστηριότητα και ποια προϊόντα από τα παραπάνω θεωρείτε ότι συμβάλλουν περισσότερο στη διαμόρφωση του προσωπικού σας αποτυπώματος άνθρακα και γιατί;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Αναζητήστε στο διαδίκτυο μηχανές υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα και σημειώστε τις διευθύνσεις τους.

.....

.....

.....

Χρησιμοποιήστε την εφαρμογή που βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://footprint.wwf.org.uk/> για να υπολογίσετε το προσωπικό σας αποτύπωμα άνθρακα και καταγράψτε την τιμή του.

.....

.....

Υπήρξαν παράμετροι που σας ζητήθηκαν από τη μηχανή υπολογισμού και δεν είχατε λάβει υπόψη στην πρόβλεψη σας; Αν ναι ποιες ήταν ;

.....

.....

.....

Να συμπληρώσετε έναν πίνακα με τις τιμές του αποτυπώματος άνθρακα ανά τομέα και στο σύνολο για κάθε μέλος της ομάδας σας και να σχολιάσετε τις διαφοροποιήσεις που παρατηρείτε.

	Αποτύπωμα άνθρακα (tonnes)	Μερίδιο Διατροφής (%)	Μερίδιο Οικιακού Τομέα (%)	Μερίδιο Μετακινήσεων (%)	Μερίδιο Κατανάλωσης Προϊόντων (%)
Μέλος 1					
Μέλος 2					
Μέλος 3					
Μέλος 4					

Δραστηριότητα 4^η

Για τις ανάγκες διαβίωσης μιας οικογένειας ή ενός νοικοκυριού καταναλώνονται σε ετήσια βάση τόσο ενέργεια όσο και υλικά αγαθά που συνοδεύονται από αποτύπωμα άνθρακα. Μπορείτε να αναφέρετε με παραδείγματα ανάγκες, δραστηριότητες ή προϊόντα που καταναλώνονται από τη δική σας οικογένεια και δημιουργούν αποτύπωμα άνθρακα;

Να δηλώσετε με ποιον τρόπο δημιουργείται το αποτύπωμα άνθρακα σε κάθε περίπτωση.

Να αναφέρετε επίσης δραστηριότητες ή προϊόντα που δεν παράγουν αποτύπωμα άνθρακα.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Να κατατάξετε τις περιπτώσεις κατά τις οποίες παράγεται αποτύπωμα άνθρακα από αυτήν που παράγει το μεγαλύτερο προς αυτήν που παράγει το μικρότερο κατά την εκτίμηση σας.

.....
.....
.....
.....
.....

Χρησιμοποιήστε την εφαρμογή που υπάρχει στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx> για να υπολογίσετε το οικογενειακό σας αποτύπωμα άνθρακα. Όπου χρειαστεί ζητήστε στοιχεία από τους γονείς σας (λογαριασμός ΔΕΗ, Φυσικού Αερίου, κυβισμός αυτοκινήτου.....). Καταγράψτε την τιμή και σημειώστε το αποτύπωμα για κάθε τομέα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη στήλη Results στο τέλος του φύλλου υπολογισμού.

.....
.....
.....
.....
.....

Υπήρξαν παράμετροι που δεν λάβατε υπόψιν σας στις αρχικές σας εκτιμήσεις;

Αν ναι ποιες ήταν;

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Να συμπληρώσετε έναν πίνακα με τις τιμές του αποτυπώματος άνθρακα ανά τομέα και στο σύνολο για κάθε μέλος της ομάδας και να σχολιάσετε τις διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται.

	Σπίτι	Πτήσεις	Αυτοκίνητο	Μηχανή	Λεωφορείο Τρένο	Δευτερεύοντα	Σύνολο
Μέλος 1							
Μέλος 2							
Μέλος 3							
Μέλος 4							

Ερωτήσεις

Να χαρακτηρίσεις τις παρακάτω προτάσεις ως σωστές ή λανθασμένες δίνοντας μια σύντομη αιτιολόγηση σε όσες θεωρείς λανθασμένες.

1. Η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπει μια χώρα εξαρτάται αποκλειστικά από το ποσό ενέργειας που καταναλώνει.
.....
.....
.....
2. Το Αποτύπωμα Άνθρακα εκφράζει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται κατά τον πλήρη κύκλο ζωής μιας διαδικασίας ή ενός προϊόντος
.....
.....
.....
3. Η θέρμανση ενός χώρου με λέβητα καύσης φυσικού αερίου δημιουργεί Αποτύπωμα Άνθρακα ενώ η κατανάλωση φυσικών προϊόντων όπως μιας μπανάνας δε δημιουργεί με κανέναν τρόπο Αποτύπωμα Άνθρακα
.....
.....
.....
4. Το αποτύπωμα άνθρακα συνδέει καταναλωτικές δραστηριότητες με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, αποδίδει σε κάθε χώρα τις ευθύνες των εκπομπών της ενώ μπορεί να βοηθήσει στη διαμόρφωση μιας διεθνούς πολιτικής για την Κλιματική Αλλαγή.
.....
.....
.....
5. Κάποιες καθημερινές δραστηριότητες όπως η μετακίνηση με αυτοκίνητο δημιουργεί Αποτύπωμα Άνθρακα καθώς απαιτεί καύση βενζίνης ή πετρελαίου, ενώ άλλες δραστηριότητες όπως η αγορά και κατανάλωση αγαθών ή η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας δε δημιουργεί Αποτύπωμα Άνθρακα.

.....
.....
.....

Φύλλο Εργασίας 4

Δραστηριότητα 1^η

Η διεύθυνση του σχολείου σας ζητάει να υπολογίσετε το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου σας.

Να καταγράψετε τις δραστηριότητες, τα προϊόντα, τις ανάγκες και τις υπηρεσίες που δημιουργούν αποτύπωμα άνθρακα. Να λάβετε υπόψιν όλα όσα χρειάζονται για να λειτουργήσει το σχολείο από την πρωινή προσέλευση μαθητών και καθηγητών, τις ώρες των μαθημάτων και διαλλειμάτων, την αποχώρηση, το καθάρισμα, το κλείσιμο του σχολείου μέχρι την επόμενη πρωινή προσέλευση.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Προσπαθήστε να ομαδοποιήσετε όσα καταγράψατε σε ευρύτερους τομείς δραστηριοτήτων με τρόπο ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα κάθε τομέα . Να κατασκευάσετε έναν πίνακα με τους τομείς και τις δραστηριότητες, ανάγκες κ.τ.λ. που περιλαμβάνει. Να θυμηθείτε τους τομείς που αναφέρονταν στις μηχανές υπολογισμού αποτυπώματος άνθρακα που χρησιμοποιήσατε στις προηγούμενες δραστηριότητες χωρίς όμως να δεσμεύεστε από αυτές. Αν θέλετε μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον παρακάτω πίνακα ή να μπορείτε να κατασκευάσετε έναν άλλο που να σας εξυπηρετεί καλύτερα.

Τομέας					
Δραστηριότητες					

Προϊόντα					
Ανάγκες					
Άλλα					

Ποιοι είναι κατά τη γνώμη σας οι τομείς με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στη διαμόρφωση του αποτυπώματος άνθρακα του σχολείου σας;

.....
.....
.....

Δραστηριότητα 2η

Τρεις τομείς με μεγάλο μερίδιο στο Αποτύπωμα Άνθρακα είναι η θέρμανση του σχολείου, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και η μετακίνηση μαθητών, καθηγητών και προσωπικού.

Καλείστε να υπολογίσετε το Αποτύπωμα Άνθρακα που οφείλεται σε κάθε τομέα.

Ποια στοιχεία θα χρειαστείτε για τον υπολογισμό σε κάθε τομέα;

Θέρμανση

.....
.....

Ηλεκτρική ενέργεια

.....
.....

Μετακινήσεις

.....
.....

Από που θα συλλέξετε τα στοιχεία που χρειάζεστε για κάθε υπολογισμό;

.....
.....
.....

Να περιγράψετε σύντομα τη μέθοδο που θα ακολουθήσετε, τις ενέργειες και τους υπολογισμούς για το αποτύπωμα άνθρακα για κάθε τομέα.

Θέρμανση

.....
.....
.....
.....
.....

Ηλεκτρική Ενέργεια

.....
.....
.....
.....
.....

Μετακινήσεις

.....
.....
.....
.....
.....

Αναζητήστε ότι στοιχεία χρειάζεστε και υπολογίστε το αποτύπωμα άνθρακα για τους τρεις τομείς.

Στην περίπτωση που συναντήσετε δυσκολία στον τρόπο υπολογισμού ίσως σας φανούν χρήσιμες οι παρακάτω συμβουλές.

Για το Αποτύπωμα από τη θέρμανση μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις γνώσεις σας από το μάθημα της Χημείας και τις αντιδράσεις καύσεων.

Για το Αποτύπωμα των μετακινήσεων μια ιδέα είναι, να συλλέξετε τα στοιχεία που χρειάζεστε από τους καθηγητές ή τους συμμαθητές σας, δημιουργώντας ένα ερωτηματολόγιο που θα τους ζητήσετε να συμπληρώσουν και στη συνέχεια να επεξεργαστείτε τα δεδομένα. Οι

γνώσεις σας από τη Χημεία μπορούν να εφαρμοστούν και στον υπολογισμό του Αποτύπωματος των μετακινήσεων.

Για το Αποτύπωμα της Ηλεκτρικής Ενέργειας ίσως χρειαστεί να επισκεφθείτε την ιστοσελίδα της ΔΕΗ.

1η Εργασία για το σπίτι

Να παραδώσετε ανά ομάδα στον καθηγητή σας μαζί με το αποτέλεσμα των υπολογισμών σας και ένα σύντομο κείμενο όπου θα αναφέρετε:

- Τα στοιχεία που χρησιμοποιήσατε
- Τον τρόπο συλλογής των στοιχείων
- Την επεξεργασία των δεδομένων ώστε να γίνει ο τελικός υπολογισμός
- Τις δυσκολίες και τυχόν απρόοπτα που συναντήσατε
- Τις βελτιώσεις που θα προτεινάτε ώστε να γίνει ακριβέστερος ο υπολογισμός

Τομέας			
Αποτύπωμα Άνθρακα (tones CO ₂)			

Συνολικό Αποτύπωμα άνθρακα για το σχολείο.

Να συζητήσετε σχετικά με τη μεθοδολογία που ακολουθήσατε για τους υπολογισμούς σας.

Συγκρίνετε τους υπολογισμούς σας και σχολιάστε τις τυχόν διαφοροποιήσεις μεταξύ των ομάδων.

Ποιες άλλες παραμέτρους που δημιουργούν Αποτύπωμα Άνθρακα θα έπρεπε να συμπεριλάβετε στους υπολογισμούς σας ώστε να είναι πιο ακριβές το αποτέλεσμα σας;

.....
.....
.....
.....

Δραστηριότητα 3^η

Στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://www.dipeserron.gr/co2schools/> υπάρχει μια μηχανή που υπολογίζει το «ενεργειακό αποτύπωμα» σχολείων. Υπολογίστε με τη βοήθεια της εφαρμογής το αποτύπωμα του σχολείου σας και συγκρίνετε το αποτέλεσμα που θα προκύψει με το δικό σας.

Να σημειώσετε τις διαφορές που παρατηρείτε και να συζητήσετε για τις αιτίες στις οποίες οφείλονται.

Υπάρχουν παράμετροι που λαμβάνει υπόψιν η εφαρμογή και δεν συμπεριλάβατε στους υπολογισμούς σας;

.....
.....
.....
.....

Υπάρχουν παράμετροι που λάβατε υπόψιν εσείς και δεν αξιολογεί η εφαρμογή;

.....
.....
.....
.....

Δραστηριότητα 4^η

Έχοντας υπολογίσει το ατομικό σας Αποτύπωμα Άνθρακα, το οικογενειακό σας Αποτύπωμα Άνθρακα και το Αποτύπωμα Άνθρακα του σχολείου και παίρνοντας υπόψιν τους παράγοντες που δημιουργούν το καθένα, να συζητήσετε στην ομάδα σας και να προτείνετε στην ολομέλεια τρόπους μείωσης του.

Ατομικό Αποτύπωμα

.....
.....
.....
.....

Οικογενειακό Αποτύπωμα

.....
.....
.....
.....

Αποτύπωμα Σχολείου

.....
.....
.....
.....

2^η Εργασία για το σπίτι

Να παραδώσετε ανά ομάδα στον καθηγητή σας ένα κείμενο με προτάσεις μείωσης του Αποτυπώματος Άνθρακα. Οι προτάσεις να αναφέρονται στις κατηγορίες του ατομικού, του οικογενειακού και του Αποτυπώματος Άνθρακα του σχολείου. Μπορεί να περιλαμβάνουν αλλαγές σε καθημερινές καταναλωτικές συνήθειες, στις μετακινήσεις, σε ρυθμίσεις και χρήση συσκευών, αντικατάσταση παλαιού εξοπλισμού με σύγχρονο ή όποια άλλη ενέργεια νομίζετε ότι θα οδηγούσε σε μείωση του Αποτυπώματος.

Ειδικότερα για το σχολείο να υπολογίσετε τη μείωση της Αποτυπώματος Άνθρακα που θα επιφέρουν δύο τουλάχιστον από τις προτάσεις σας αν υιοθετηθούν. Ο υπολογισμός να γίνει

σε τόνους διοξειδίου του άνθρακα και για διάστημα ενός έτους. Να ακολουθήσετε τη μεθοδολογία της 2^{ης} δραστηριότητας και να περιγράψετε σύντομα τις σκέψεις και τους υπολογισμούς σας.

Υπάρχει οικονομικό κόστος στην εφαρμογή της πρότασης σας ;

Αν ναι να κάνετε μια ανάλυση του οικονομικού κόστους που θα είχε η πρόταση σας και το χρόνο απόσβεσης.

1^η Πρόταση

.....
.....
.....
.....
.....

2^η Πρόταση

.....
.....
.....
.....
.....

Συμπεράσματα

Να γράψετε ένα σύντομο κείμενο στο οποίο να αναφέρετε:

1. Τους παράγοντες που αξιολογούν οι μηχανές υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα προκειμένου να υπολογίσουν το αποτύπωμα άνθρακα.
2. Τους τομείς της σχολικής λειτουργίας που δημιουργούν το μεγαλύτερο αποτύπωμα άνθρακα.
3. Τη μέθοδο που ακολουθήσατε προκειμένου να υπολογίσετε το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου σας.
4. Τη σημασία που έχει η μείωση του Αποτυπώματος Άνθρακα στην εξέλιξη του κλίματος στον πλανήτη.
5. Τις προτάσεις σας για τη μείωση του Αποτυπώματος Άνθρακα του Σχολείου σας.

Τελική Εργασία

Να δημιουργήσετε ανά ομάδα ένα αρχείο Παρουσιάσεων (Power Point ή κάποιο άλλο) στο οποίο να επισημαίνετε τα κύρια σημεία των όσων διδαχθήκατε σχετικά με το Αποτύπωμα Άνθρακα. Το αρχείο θα αποτελείται από 10 ως 15 διαφάνειες. Να εστιάσετε στα εξής:

- Ο ρόλος της ενέργειας στην ανάπτυξη και τη ζωή του σύγχρονου ανθρώπου
- Οι τρόποι παραγωγής ενέργειας και το ποσοστό του καθενός στην παγκόσμια παραγωγή
- Η καύση ορυκτών ως κυρίαρχη πηγή παραγωγής ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα και την αύξηση της συγκέντρωσης του στην ατμόσφαιρα

- Το διοξείδιο του άνθρακα κατά κύριο λόγο είναι υπεύθυνο για το γήινο φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Ανθρωπογενές και φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου – Κλιματική Αλλαγή
- Το Αποτύπωμα Άνθρακα ως δείκτης της ανθρώπινης επιβάρυνσης στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Ορισμός, χρησιμότητα)
- Παράγοντες που λαμβάνουν υπόψιν οι διαδικτυακές μηχανές υπολογισμού του Αποτυπώματος και σημαντικότεροι τομείς
- Υπολογισμός του Αποτυπώματος Άνθρακα του Σχολείου ανά τομέα (Στοιχεία, επεξεργασία, μεθοδολογία)
- Προτάσεις για μείωση Αποτυπώματος Άνθρακα σε προσωπικό επίπεδο, οικογενειακό επίπεδο, επίπεδο σχολείου
- Σημασία και Αναγκαιότητα για μείωση του Αποτυπώματος

Μπορείτε να δομήσετε την παρουσίαση σας αναφέροντας τα παραπάνω στοιχεία με όποια σειρά κρίνετε εσείς πιο κατάλληλη. Μία από τις εργασίες θα παρουσιαστεί στο τέλος της χρονιάς μαζί με τις άλλες ερευνητικές εργασίες στην ολομέλεια της τάξης σας ώστε να ενημερωθούν οι συμμαθητές σας για το Αποτύπωμα Άνθρακα.


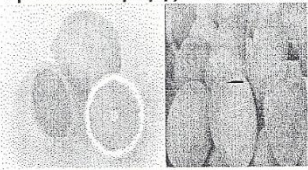

4° ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

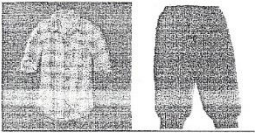
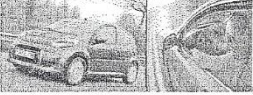
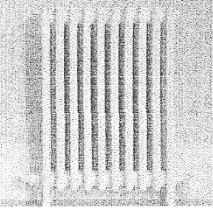
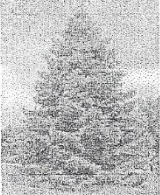

Οι απαντήσεις και οι εργασίες των μαθητών

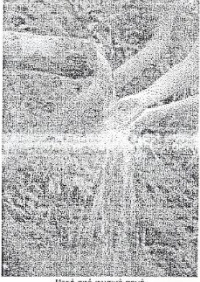

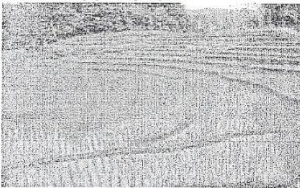

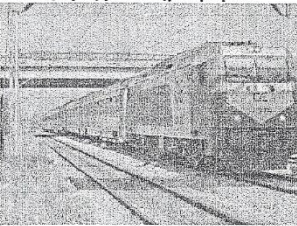
ΑΡΧΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΕΝΟ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΗ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες δραστηριότητες ή προϊόντα που χρησιμοποιούνται καθημερινά. Σε ποιες από τις περιπτώσεις αυτές νομίζεις ότι έχει καταναλωθεί ή καταναλώνεται ενέργεια;
Γιατί καταναλώθηκε ενέργεια και με ποιον τρόπο;
Η κατανάλωση ενέργειας αφορά σε όλο τον κύκλο ζωής της δραστηριότητας ή του προϊόντος δηλαδή στην παραγωγή, τη μεταφορά, τη λειτουργία του και μετά το τέλος της χρήσης του.

Προϊόν ή δραστηριότητα	Αιτίες κατανάλωσης ενέργειας	Τρόπος κατανάλωσης ενέργειας
<p>1. Κινητό τηλέφωνο (αχρησιμοποίητο)</p>  <p>Κινητό τηλέφωνο (αχρησιμοποίητο)</p>	<p>κατασκευή μεταφορά συσκευασία ανακάλυψη επιτήρηση απόσυρση</p>	<p>ηλεκτρική ενέργεια καύσιμα θερμότητα</p>
<p>2. Φρούτα εισαγωγής.</p>  <p>Άγριος Αχλάδας Μόσχο Καρότο</p>	<p>μεταφορά επιτήρηση καλλιέργεια</p>	<p>καύσιμα ηλεκτρική ενέργεια ηλιακή</p>
<p>3. Μπουκάλι εμφιαλωμένο νερό.</p>  <p>Μπουκάλι με νερό</p>	<p>συσκευασία εμφιάλιση ανακάλυψη συσκ.</p>	<p>ηλεκτρική εν- καύσιμα</p>

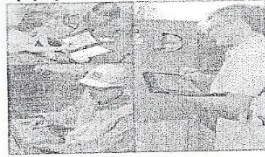
<p>4. Ρούχα. (αχρησιμοποίητα)</p>  <p><small>Ρούχα (αχρησιμοποίητα)</small></p>	<p>ράγιο/μηχανή</p>	<p>ηλεκτρική ενέργεια</p>
<p>5. Μετακίνηση με αυτοκίνητο.</p>  <p><small>αυτοκίνητο</small></p>	<p>βενζίνη</p>	<p>μετακίνηση</p>
<p>6. Θέρμανση με καλοριφέρ.</p>  <p><small>Καλοριφέρ</small></p>	<p>πετρέλαιο</p>	<p>θέρμανση</p>
<p>7. Έλατο σε πλαγιά του Ολύμπου.</p>  <p><small>Δέντρο</small></p>	<p>φύτεμα</p>	
<p>8. Μεταφορές με αεροπλάνο.</p>  <p><small>Αεροπλανοφόρος</small></p>	<p>καύσιμα</p>	<p>μεταφορά</p>
<p>9. Φυσική πηγή σε βουνό.</p>		<p>άτμηση νερού</p>

 <p>Νερό από φυσική πηγή</p>		
<p>10. Κτηνοτροφική μονάδα.</p>  <p>κτηνοτροφία</p>		
<p>11. Καλλιέργεια ρυζιού.</p>  <p>ρυζόπαιον</p>		
<p>12. Μετακίνηση με μέσα μαζικής μεταφοράς όπως λεωφορείο.</p> 	<p>ταξίδια</p>	<p>μετακίνηση</p>
<p>13. Μεταφορές με σιδηρόδρομο.</p>  <p>Μεταφορές με σιδηρόδρομο</p>	<p>πλεονεκτή</p>	<p>μετακίνηση</p>

14. Θαλάσσιες μεταφορές.



15. Χρήση υπολογιστή.



Χρήση Η/Υ (tablet)

2. Σε ποιες από τις παραπάνω περιπτώσεις νομίζεις ότι μπορεί να υπάρχει επίδραση ή συσχέτιση με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και σε ποιες όχι;

Σε όσες χρησιμοποιείται ηλιακή ενέργεια μετακινείται

Γιατί και με ποιόν τρόπο προκύπτουν οι συσχετίσεις που επέλεξες;

Μετακινήσεων χρησιμοποιείται καύσιμα τα οποία συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

Μπορείς να αναφέρεις κάποια παραδείγματα που να δικαιολογούν τις απαντήσεις σου;

Στα παραδείγματα 5, 8, 19, 13, 14 που υπάρχουν μετακινήσεις τα καύσιμα οι ρύποι ρυθίζουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου


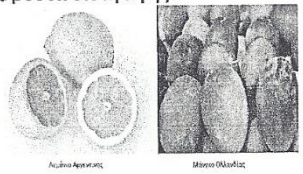

3. Μπορείς να προτείνεις τρόπους ώστε να μειωθεί η ενέργεια που καταναλώνεται σε κάποιες από τις παραπάνω περιπτώσεις;

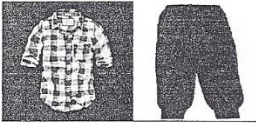

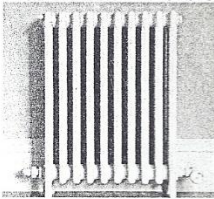


Στην παραπάνω ερώτηση αναφέρθηκαν τα παραδείγματα 19, 13. Ωστόσο είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται ΗΜΜΗ όποτε για 1x γιατί έτσι αναφερόμαστε οι υπερβολικά ρύποι

ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΙΔΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

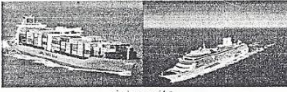

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες δραστηριότητες ή προϊόντα που χρησιμοποιούνται καθημερινά. Σε ποιες από τις περιπτώσεις αυτές νομίζεις ότι έχει καταναλωθεί ή καταναλώνεται ενέργεια; Γιατί καταναλώθηκε ενέργεια και με ποιον τρόπο; Η κατανάλωση ενέργειας αφορά σε όλο τον κύκλο ζωής της δραστηριότητας ή του προϊόντος δηλαδή στην παραγωγή, τη μεταφορά, τη λειτουργία του και μετά το τέλος της χρήσης του.

Προϊόν ή δραστηριότητα	Αιτίες κατανάλωσης ενέργειας	Τρόπος κατανάλωσης ενέργειας
<p>1. Κινητό τηλέφωνο (αχρησιμοποίητο)</p>  <p>Κινητό τηλέφωνο (αχρησιμοποίητο)</p>	<ul style="list-style-type: none"> κατασκευή "κολιβατιών" του τηλεφώνου συναρμολόγησή αυτών δυσσενεασία μεταφορά 	<ul style="list-style-type: none"> ηλεκτρική ενέργεια (ρεύμα) καύσιμα
<p>2. Φρούτα εισαγωγής.</p>  <p>Λεμόνα Αφγανίας Μάνγκο Ολλανδίας</p>	<ul style="list-style-type: none"> φύτευση - βλάστηση (με εργαλεία) μεταφορά 	<ul style="list-style-type: none"> καύσιμα ηλεκτρική ενέργεια
<p>3. Μπουκάλι εμφιαλωμένο νερό.</p>  <p>Μπουκάλι με νερό</p>	<ul style="list-style-type: none"> εμφιάλωση δυσσενεασία μεταφορά 	<ul style="list-style-type: none"> ηλεκτρική ενέργεια καύσιμα

<p>4. Ρούχα. (αχρησιμοποίητα)</p>  <p><small>Ρούχα (αχρησιμοποίητα)</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> • παραγωγή (ράβιμο ή σε εργοστάσιο) • μεταφορά 	<ul style="list-style-type: none"> • ηλεκτρική ενέργεια • καύσιμα
<p>5. Μετακίνηση με αυτοκίνητο.</p>  <p><small>Αυτοκίνητο αυτοκίνητο</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> • κατασκευή κερών • ένωση • μεταφορά • μετακίνηση 	<ul style="list-style-type: none"> • ηλεκτρική ενέργεια • καύσιμα
<p>6. Θέρμανση με καλοριφέρ.</p>  <p><small>Καλοριφέρ</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> • κατασκευή καλοριφέρ • εγκατάσταση • λειτουργία 	<ul style="list-style-type: none"> • ηλεκτρισμός • πετρέλαιο
<p>7. Έλατο σε πλαγιά του Ολύμπου.</p>  <p><small>Δέντρο</small></p>	<p>—</p>	<p>—</p>
<p>8. Μεταφορές με αεροπλάνο.</p>  <p><small>Αερομεταφορές</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> • κατασκευή αεροπλάνου • μεταφορά 	<ul style="list-style-type: none"> • ηλεκτρισμός • καύσιμα
<p>9. Φυσική πηγή σε βουνό.</p>	<p>—</p>	<p>—</p>

<p>Νερό από φυσική φίλτρη</p>		
<p>10. Κτηνοτροφική μονάδα.</p> <p>κτηνοτροφία</p>	<ul style="list-style-type: none"> • κατασκευή • καθημερινή φροντίδα ζώων 	<ul style="list-style-type: none"> • ηλεκτρικό • τροφές ελεγχόμενες
<p>11. Καλλιέργεια ρυζιού.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • μηχανήματα για την καλλιέργεια (τρακτέρ κλπ) • άρδευση 	<ul style="list-style-type: none"> • ηλεκτρική ενέργεια • καύσιμα
<p>12. Μετακίνηση με μέσα μαζικής μεταφοράς όπως λεωφορείο.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • μετακίνηση • κατασκευή πεδφ. 	<ul style="list-style-type: none"> • καύσιμα (βενζίνη-πετρέλαιο) • ηλεκτρική ενέργεια
<p>13. Μεταφορές με σιδηρόδρομο.</p> <p>Μεταφορές με σιδηρόδρομο</p>	<ul style="list-style-type: none"> • μετακίνηση • κατασκευή τρένου 	<ul style="list-style-type: none"> • καύσιμα • ηλεκτρική ενέργεια

<p>14. Θαλάσσιες μεταφορές.</p>  <p>Μεταφορές καυσίμων</p>	<ul style="list-style-type: none"> • κατασκευή πλοίων • μετακίνηση 	<ul style="list-style-type: none"> • καύσιμα • ηλεκτρική ενέργεια • πυρηνική
<p>15. Χρήση υπολογιστή.</p>  <p>Χρήση Η/Υ (tablet)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • κατασκευή κεραιών • κατασκευή Η/Υ • κέλυφος συσκευασίας • μεταφορά 	<ul style="list-style-type: none"> • ηλεκτρική ενέργεια • καύσιμα

2. Σε ποιες από τις παραπάνω περιπτώσεις νομίζεις ότι μπορεί να υπάρχει επίδραση ή συσχέτιση με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και σε ποιες όχι;

Σε όλες εκτός από αυτές που δε δαπανείται ενέργεια εκπομπών αερίων που επιβαρύνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Γιατί και με ποιόν τρόπο προκύπτουν οι συσχετίσεις που επέλεξες;

Λόγω των ερόπων καταναλώσεως ενέργειας εκπέμπονται αέρια επιβλαβή για το περιβάλλον. Αυτά τα αέρια επιβαρύνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Μπορείς να αναφέρεις κάποια παραδείγματα που να δικαιολογούν τις απαντήσεις σου;

Στο παράδειγμα 6 η κατασκευή του καλοριφέρ, η εγκατάσταση και τέλος η λειτουργία για διακίνηση αερίων χρειάζεται να καταναλωθεί μεγάλο ποσοστό ενέργειας. Η ηλεκτρική ενέργεια (για τις δύο πρώτες δραστηριότητες) αλλά και το πετρέλαιο (λειτουργία) εκπέμπουν CO₂ που επιβαρύνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

3. Μπορείς να προτείνεις τρόπους ώστε να μειωθεί η ενέργεια που καταναλώνεται σε κάποιες από τις παραπάνω περιπτώσεις;

Τα ερμάρια αείδων να κεραιών για την προστασία του περιβάλλοντος ειδικά αν αναλογιστεί την κατασκευή που επιφέρει. Επομένως πρέπει να λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας να μην διαρύνουν τον αέρα. Για την άλλη πλευρά ο καδίκος πρέπει να έχει καί στην τω να μη χρησιμοποιεί αλογιστά τα προϊόντα πωσέ να μειωθεί η εκπομπή αερίων.

4. Μπορείς να διακρίνεις σε ποιες από τις παραπάνω δραστηριότητες ή προϊόντα δημιουργείται αποτύπωμα άνθρακα και σε ποιες όχι;
 Να αναφέρεις τους αριθμούς από τις αντίστοιχες εικόνες και να αιτιολογήσεις δύο από τις επιλογές σου για κάθε περίπτωση.

Δημιουργείται αποτύπωμα άνθρακα στις εικόνες

~~9, 5, 7~~

Δε δημιουργείται αποτύπωμα άνθρακα στις εικόνες

9, 5, 7

Αιτιολόγηση

Τα αέρια που εκπέμπονται είναι η αιτία CO₂ η περιέχεται σε μεγάλα ή μικρά ποσότητα. Οι περισσότερες ενέργειες δηλαδή δημιουργείται αποτύπωμα CO₂.

ΚΡΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Λαμβάνοντας υπόψιν τα όσα διδάχθηκες και όσα έμαθες κατά τη διάρκεια της χρονιάς στο μάθημα της Ερευνητικής Εργασίας με το θέμα «Αποτύπωμα Άνθρακα» καλείσαι να απαντήσεις σύντομα στις παρακάτω ερωτήσεις.

1. Τι παραπάνω νομίζεις ότι γνωρίζεις σήμερα σε σχέση με την αρχή του μαθήματος;

Γνωρίζω επακριβώς τον όρο "Αποτύπωμα Άνθρακα" συνεχώς, τα πράγματα που εύκολα και ανεπαίσθητα συμβάλλω, ενώ και σκεφίσες για (όπως και οι υπόλοιποι) στο απρόβλεπτο αυτό.

2. Τι σε βοήθησε να μάθεις και τι σε δυσκόλεψε στη διάρκεια των μαθημάτων;

Με βοήθησε αρκετά η επίσκεψη που κάναμε καθώς και τα βίντεο που είδαμε στις υπολογιστές.

Με δυσκόλεψε κυρίως η τεχνική εργασία κατά τη διακρίβωση της αυτή αρκετά μαθητής. Εξ ανεργασίας όπως

3. Τι σου άρεσε και τι δεν σου άρεσε στη διαδικασία του μαθήματος;

Μου άρεσαν τα παραδείγματα που ακούστηκαν στην τάξη γιατί έτσι αντιλήφθηκα καλύτερα την υπαγωγή του αποτυπώματος) Δεν μου άρεσε η έλλειψη θέσεων που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα (ελάχιστη επαφή με Η/Υ) επιθυμούσε η ομάδα μου.

4. Για ποιους λόγους νομίζεις ότι χρειαζόμαστε -ότι χρειάζεται το Αποτύπωμα Άνθρακα;

Διατί γίνεται αντιληπτή η καταστροφή που επιδέχεται στον πλανήτη με ακριβή νομίσματα. Επομένως μας δίνεται η ευκαιρία να λάβουμε τα κατάλληλα μέτρα.

- συνδέεται η ενέργεια που καταναλώνεται με τις ανήσεις

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ

ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

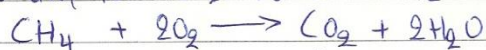
Υπολογισμός αποτυπώματος άνθρακα του σχολείου: ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Στις 20/3/2027, μας δώθηκαν 2 λογαριασμοί φυσικού αερίου που αφορούν το σχολείο μας (4^ο ΓΕΛ ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗΣ) με γράφημα του διαστήματος ενός έτους. Ο πρώτος, με ημερομηνία 26/1/2026, έδειχνε την ένδειξη 66627, ενώ ο δεύτερος, με ημερομηνία 26/1/2027, είχε την ένδειξη 75565. Με αφαίρεση αυτών των δύο ενδείξεων διαπιστώνουμε πως σε ένα χρόνο, έγινε κατανάλωση

$75565 - 66627 = 8948 \approx 9000 \text{ m}^3$ φυσικού αερίου ή αλλιώς μεθανίου (CH_4)

Στις συνέχεια, μετατρέπουμε τα m^3 σε L και βρίσκουμε πως η κατανάλωση του σχολείου μας είναι $9000 \text{ m}^3 = 9 \cdot 10^6 \text{ L CH}_4$ σε ένα διάστημα ενός έτους.

Από την χημική εξίσωση καύσης του μεθανίου (που αντιπροσωπεύει την καύση φυσικού αερίου προς θέρμανση του σχολείου) υπολογίζουμε την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που εκλύθηκε:



$$x = 9 \cdot 10^6 \text{ L CO}_2 \text{ εκλύθηκαν κατά την καύση}$$

Παράγοντας υπόψη ότι οι συνθήκες στα οριζόντια βρέθηκε το CH_4 είναι περίπου οι συνθήκες STP, θεωρούμε ότι: $n_{\text{CO}_2} = \frac{V}{V_m} = \frac{9 \cdot 10^6}{22,4} = 401785 \approx 400000 \text{ mol CO}_2$ (στρογγυλεύεται)

Άρα η μάζα του CO_2 που εκλύθηκε κατά την καύση φυσικού αερίου με βάση την θέρμανση του σχολείου σε ένα χρόνο είναι:

$$m = n \cdot M_r = 4 \cdot 10^5 \cdot 44 = 176 \cdot 10^5 \text{ g} = 176 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6} \text{ tonnes} = 17,6 \text{ ton CO}_2$$

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΤΙΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ**

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΛΟΓΟ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ**

1^ο Βήμα: Συντάξαμε ερωτηματολόγιο με τα χιλιόμετρα που διανύουν καθημερινά οι καθηγητές από και προς το χώρο του σχολείου και την κατανάλωση του αερίου τους 66 καύσιμα.

2^ο Βήμα: Ελεγχερθεώσαμε τα δεδομένα:

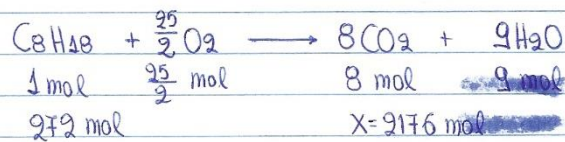
- Συνολικά λίτρα βενζίνης : 44 L
- Πυκνότητα ρ βενζίνης : $\rho = 0,7 \text{ kg/L}$

$$m = \rho \cdot V = 0,7 \cdot 44 \Rightarrow m = 30,8 \text{ kg} \Rightarrow \boxed{m \approx 31 \text{ kg}}$$

- Τύπος βενζίνης (ουράνιο) : C_8H_{18}
- $M_r \text{ C}_8\text{H}_{18} = 8 \cdot 12 + 18 \cdot 1 = 96 + 18 = 114$

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{31.000}{114} = 272 \text{ mol}$$

- Αντίδραση καύσης C_8H_{18}



$$x = 272 \cdot 8 = 2176 \text{ mol CO}_2$$

- $M_r \text{ CO}_2 = 12 + 2 \cdot 16 = 44$

$$n = \frac{m}{M_r} \Leftrightarrow m = n \cdot M_r = 2176 \cdot 44 = 95744 \text{ gr}$$

$$\boxed{m \text{ CO}_2 \approx 96 \text{ kg}} \quad \text{την ημέρα}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ

ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Υπολογισμός Αποτυπώματος

Ανθρακας απ' τον καταναλωτή Ηλεκτρικής Ενέργειας στο εχθείο.

Για να βρούμε το αποτύπωμα άνθρακα πρέπει να βρούμε τις kWh που έχει καταναλώσει το εχθείο όλο το χρόνο. Η εύρεση λογαριασμών του εχθείου είναι αδύνατο. Στο γραφείο όμως της Διευθύντριας υπάρχει ένας μετρητής στον οποίο αναγράφεται πόση Ισχύς καταναλώνεται το συγκεκριμένο ώρα.

Στο μάθημα Φυσικής γενικής παιδείας μάθαμε ότι το έργο (W) βρίσκεται στον τύπο $P = \frac{W}{t}$

όπου: P : ισχύς σε W

t : χρόνος σε sec .

Αν λύσουμε ως προς το έργο (W) ο τύπος θα γίνει $W = P \cdot t$ και αν την ισχύ (P) την βάλουμε σε kW και το χρόνο (t) σε ώρες (h), τότε η μονάδα μέτρησης του έργου (W) θα είναι η kWh .

Από τον τύπο $W = P \cdot t$ θα υπολογίσουμε πόσες kWh καταναλώνονται:

- Ημερησίως
- Ανά εργάσιμη εβδομάδα
- Ανά εβδομάδα χωρίς ψάδι
- Το καλοκαίρι.

- Ημερησίως για ολόκληρη λειτουργία: Το εχθείο λειτουργεί από τις 8 π.μ. μέχρι τις 2 π.μ., δηλαδή 6 ώρες. Αυτές τις 6 ώρες ο μετρητής γράφει 25 kWh .
Τις υπόλοιπες 18 ώρες που δε λειτουργεί το εχθείο

Ο μετρητής δείχνει 3 kw.

$$\text{Άρα: } P \cdot t = W \Rightarrow 25 \text{ kw} \cdot 6 \text{ h} = 150 \text{ kwh}$$

$$3 \text{ kw} \cdot 18 \text{ h} = 54 \text{ kwh}$$

$$150 + 54 = 204 \text{ kwh}$$

Άρα σε 24 ώρες καταναλώνονται 204 kwh

• Ανά εργάσιμη εβδομάδα: Η εβδομάδα έχει 7 ημέρες.

Από τις 7 λειτουργεί τις 5.

Άρα βρήκαμε περίγισως τις kwh που καταναλώνονται,

θα πολλαπλασιάσουμε τις kwh αυτές με το 5.

και τις 2 ημέρες που δε λειτουργεί το εχολείο

ο μετρητής δείχνει 3 kw.

$$\text{Άρα: } 5 \cdot 204 = 1020 \text{ kwh}$$

$$2 \cdot 24 \cdot 3 = 144 \text{ kwh}$$

$$1020 + 144 = 1164 \text{ kwh}$$

Άρα για κάθε εργάσιμη εβδομάδα καταναλώνονται 1164 kwh

Οι εργάσιμες εβδομάδες είναι 30. Άρα οι kwh

που καταναλώνονται όλες τις εργάσιμες εβδομάδες

$$\text{είναι: } 1164 \cdot 30 = 34.920 \text{ kwh}$$

• Εβδομάδα χωρίς μάθη: Τις 6 ώρες της

ημέρας ο μετρητής δείχνει 5 kw και τις υπόλοιπες

18 δείχνει 3 kw και τις 2 ημέρες που δε λειτουργεί

καθόλου το εχολείο δείχνει 3 kw.

$$\text{Άρα: } P \cdot t = W \Rightarrow 5 \text{ kw} \cdot 6 \text{ h} = 30 \text{ kwh}$$

$$3 \text{ kw} \cdot 18 \text{ h} = 54 \text{ kwh}$$

$$30 + 54 = 84 \text{ kwh}$$

Την ημέρα καταναλώνονται 84 kwh

Τις 2 ημέρες που δε λειτουργεί το εχολείο:

$$2 \cdot P \cdot t = W \Rightarrow 2 \cdot 3 \cdot 24 = 144 \text{ kwh}$$

και επειδή οι ημέρες είναι 5: $5 \cdot 84 \text{ kwh} = 420 \text{ kwh}$

$$144 + 420 \text{ kwh} = 564 \text{ kwh}$$

γράφει $L \text{ kWh}$ Άρα: $P \cdot t = W \Rightarrow L \text{ kWh} \cdot 24 = 24 \text{ kWh}$

Επειδή οι μέρες τις εβδομάδας είναι 7:

$$24 \cdot 7 = 168 \text{ kWh}$$

Άρα την εβδομάδα καταναλώνονται 168 kWh .

Οι εβδομάδες του καλοκαιριού είναι 13.

Οι συνολικές kWh που καταναλώνονται όλες τις εβδομάδες είναι: $13 \cdot 168 = 2184 \text{ kWh}$.

- Για να βρούμε τις συνολικές kWh που καταναλώθηκαν όλο το χρόνο πρέπει να προσέθεσε τις kWh που καταναλώθηκαν τις εργάσιμες εβδομάδες, τις εβδομάδες χωρίς μάθημα και το καλοκαίρι.

$$\text{Άρα: } 34.990 + 2184 + 5076 = 42.180 \text{ kWh} \text{ } \forall \text{ } \text{όλο το χρόνο.}$$



- Για να βρούμε αν τις kWh το αποτύπωμα άνθρακα (από έρευνα που βρήκαμε στο internet), πολλαπλασιάσουμε τις kWh το χρόνο με 0,865 επειδή η αναλογία στην Ελλάδα είναι:

$L \text{ kWh}$ αντιστοιχεί σε 0,865 κιλών CO_2 στον ατμόσφαιρα.

$$\text{Άρα } 42.180 \cdot 0,865 = 36.405,71$$

Άρα το αποτύπωμα άνθρακα του εσχάτου το χρόνο από τη κατανάλωση ενέργειας είναι $36.405,71 \text{ kg CO}_2$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Αποτέλεσμα Γραφείου	
Καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια	
67.788,04 kWh/χρόνο	
Η ενέργεια αυτή αντιστοιχεί σε: 62MN έκτακτη	
55.179,46 KgCO ₂ /χρόνο	
Οι συνολικές εκπομπές του γραφείου G _{AS} είναι:	
73.196,46 KgCO ₂ /χρόνο	

Απομαγνητοφωνημένες Συνεντεύξεις

Μαθητής 1.

1. Τι έμαθες κατά τη διάρκεια της ερευνητικής εργασίας για το ΑΑ;

Έμαθα για το αποτύπωμα του άνθρακα, και γνώρισα πως επηρεάζουν οι δικές μου πράξεις καθημερινά το φαινόμενο αυτό αλλά και άλλα φαινόμενα. Έμαθα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τι θα μπορούσα να κάνω για να μειώσω το προσωπικό μου αποτύπωμα.

-Τι είναι το ΑΑ

Είναι .. προκαλείται .. θυμάμαι ότι προκαλείται από τα αέρια του θερμοκηπίου και είναι η επιβάρυνση που προκαλούν οι άνθρωποι μέσω διάφορων ενεργειών τους στο περιβάλλον αυξάνοντας αυτά τα αέρια.

- Θυμάσαι ποια είναι αυτά τα αέρια;

Διοξείδιο του άνθρακα .. το μεθάνιο.. αυτά δε θυμάμαι άλλα

2. Από πού προέρχονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα; Ποια είναι η κύρια πηγή εκπομπών;

Από την καύση.. Μόνο το διοξείδιο του άνθρακα;

- Ας μιλήσουμε για αυτό.

Από την καύση.

- Καύση ποιων ουσιών;

Ορυκτών των καυσίμων, δηλαδή τα αυτοκίνητα και από τα εργοστάσια.

- Για ποιο λόγο γίνεται αυτή η καύση;

Για να πάρουμε ενέργεια, που τη χρειαζόμαστε για διάφορες δραστηριότητες

3. Ποιες είναι οι κυριότερες συνέπειες της αύξησης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα;

Αυξάνεται το αποτύπωμα....Στην καθημερινότητα του ανθρώπου ;

- Η επιβάρυνση που προκαλεί το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα τι αποτέλεσμα έχει;

Επιβάρυνση.... Για το φαινόμενο του θερμοκηπίου .. ότι υπάρχει μεγαλύτερο.. το φαινόμενο του θερμοκηπίου ενισχύεται ... υπάρχει μεγαλύτερο πρόβλημα...

- Και που μπορεί να οδηγήσει αυτό;

Στην υπερθέρμανση του πλανήτη, σε πολλές διάφορες φυσικές καταστροφές, έχει επιβάρυνση και στην υγεία του ανθρώπου.. αυτά

4. Σε τι χρησιμεύει το αποτύπωμα άνθρακα;

Αν ξέρουμε το αποτύπωμα άνθρακα μας μπορούμε να καταλάβουμε πόσο επιβαρύνουμε εμείς τον πλανήτη και να μειώσουμε όσο μπορούμε κάποιες ..κάποια πράγματα τα οποία κάνουμε που τον επιβαρύνουν.

5. Ποιες δικές σου ανάγκες – ενέργειες – δραστηριότητες που δημιουργούν αποτύπωμα άνθρακα;

Η μετακίνηση με το αυτοκίνητο για διάφορες δραστηριότητες μου, ..είναι πάρα πολλά πράγματα.. από αυτά που τρώμε μέχρι τα ρούχα μας.. σχεδόν τα πάντα ..όλες μου οι ανάγκες περιέχουν πράγματα τα οποία αυξάνουν το αποτύπωμα του άνθρακα.

6. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί αυτό το αποτύπωμα;

Νομίζω κυρίως μειώνοντας τις μετακινήσεις μου με το αυτοκίνητο γιατί το χρησιμοποιούμε συχνά και χρησιμοποιώντας κάποιο άλλο μέσο όπως το ποδήλατο ή ΜΜΜ και ίσως προσπαθώντας να μειώσουμε την ενέργεια την οποία χρειαζόμαστε για να λειτουργήσει το σπίτι .. από το να κλείνουμε τα φώτα ή να μη χρησιμοποιούμε το φυσικό αέριο χωρίς λόγο ..αυτά..

7. Σε ποιους παράγοντες οφείλεται το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Η θέρμανση, η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για το φως και για τη λειτουργία των υπολογιστών ... τι άλλο;... η μεταφορά πάλι διάφορων προμηθειών για το κυλικείο και των καθηγητών και των μαθητών στο σχολείο.

8. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Με τις ίδιες ενέργειες που θα έκανα και εγώ στο σπίτι μου. Να προσπαθήσουμε να μειώσουμε τις ώρες λειτουργίας του .. που λειτουργούν τα σώματα για τη θέρμανση μας ή να περιοριστεί σε κάποια χρονικά διαστήματα συγκεκριμένα ..να γίνεται μετακίνηση με άλλα μέσα εκτός από το αυτοκίνητο ..να μην ανάβουμε χωρίς λόγο τις λάμπες ενώ υπάρχει φώς..Αυτά.

Μαθητής 2.

1. Τι έμαθες κατά τη διάρκεια της ερευνητικής εργασίας για το ΑΑ;

Έμαθα για το αποτύπωμα του άνθρακα και την προέλευση του ..και σε τι οφείλεται .. και με ποιόν τρόπο μπορούμε να μειώσουμε το αποτύπωμα άνθρακα ο καθένας μας και της οικογένειας του σχολείου κτλ

- Τι είναι το ΑΑ;

Αποτύπωμα άνθρακα είναι το σύνολο των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου οι οποίες είναι επιβλαβείς για την ατμόσφαιρα.

- **Θυμάσαι ποια είναι τα αέρια του θερμοκηπίου ;**

Το μεθάνιο, το διοξείδιο του άνθρακα το μονοξείδιο του άνθρακα τα αέρια .. το μονοξείδιο του αζώτου το διοξείδιο του αζώτου το διοξείδιο του θείου CFCs και τα λοιπά.

- 2. Από πού προέρχονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα; Ποια είναι η κύρια πηγή εκπομπών;**

Η καύση των καυσίμων.. τα αυτοκίνητα.. για θέρμανση .. τα εργοστάσια.

- **Για ποιο λόγο γίνεται η καύση;**

Για τη μετακίνηση από τα οχήματα, τα λειτουργία διαφόρων κτηρίων όπως τα σχολεία ..

- **Με μια λέξη;**

Ενέργεια.

- 3. Ποιες είναι οι κυριότερες συνέπειες της αύξησης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα;**

.....

- **Γιατί είναι επιβλαβή τα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα;**

Προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου όπου οι ακτίνες του ήλιου εισέρχονται στην ατμόσφαιρα αλλά δεν έχουν τη δυνατότητα να διαφύγουν λόγω της συγκέντρωσης των αερίων

- **Με αποτέλεσμα;**

Να ανεβαίνει η θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης και να αλλάζει το κλίμα το οποίο έχει άμεσες επιπτώσεις μετά.

- 4. Σε τι χρησιμεύει το αποτύπωμα άνθρακα;**

Στο να ελέγχουμε τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και να έχουμε τη δυνατότητα να τις μειώσουμε και να αλλάξουμε συνήθειες ώστε να μην έχουμε τόσο μεγάλες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

- 5. Ποιες δικές σου ανάγκες – ενέργειες – δραστηριότητες που δημιουργούν αποτύπωμα άνθρακα;**

Η μετακίνηση με αυτοκίνητο, η λειτουργία των καλοριφέρ, το μπόιλερ, για ηλεκτρισμό..αυτά.

- 6. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί αυτό το αποτύπωμα;**

Χρησιμοποιώντας εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης όπως το ποδήλατο ή τα ΜΜΜ, μείωση των καύσεων για θέρμανση, μείωση της λειτουργίας του

κλιματιστικού, με το να χρησιμοποιούμε εναλλακτικά καύσιμα, να μειώνουμε την κατανάλωση ενέργειας, να κλείνουμε το φως, να μειώνουμε τα απορρίματα.

7. Σε ποιους παράγοντες οφείλεται το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Στη λειτουργία .. στον ηλεκτρισμό, τα φώτα στην θέρμανση αλλά και στη μεταφορά των μαθητών και των καθηγητών στο σχολείο.

8. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας, μείωση της θέρμανσης.. αλλά αυτό δεν είναι τόσο εφικτό για πολλά άτομα... μόνωση και ίσως για τη μετακίνηση οι περισσότεροι μαθητές να πηγαίνουν με τα πόδια ή με ποδήλατο όπως και οι καθηγητές.

Μαθητής 3.

1. Τι έμαθες κατά τη διάρκεια της ερευνητικής εργασίας για το ΑΑ;

Έμαθα για το αποτύπωμα άνθρακα .. τις συνέπειες .. πως να μειωθεί .. πως αυξάνεται.

- **Τι είναι το αποτύπωμα άνθρακα;**

Είναι το σύνολο των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

- **Θυμάσαι ποια είναι τα αέρια του θερμοκηπίου;**

Όχι ..

- **Κανένα ;**

Το μεθάνιο .. το διοξείδιο του άνθρακα..

2. Από πού προέρχονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα; Ποια είναι η κύρια πηγή εκπομπών;

Από καύσεις...

- **Ποιες ουσίες καίγονται;**

Καύσιμα..

- **Για ποιο λόγο γίνεται η καύση;**

Ενέργεια για μεταφορές, για τα εργοστάσια για θέρμανση..

3. Ποιες είναι οι κυριότερες συνέπειες της αύξησης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα;

Αυξάνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου..

- **Τι σημαίνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου .Τι αποτέλεσμα έχει το φαινόμενο του θερμοκηπίου;**

Αυτά τα αέρια δεν αφήνουν την αντανάκλαση του ηλίου να φύγει προς τα έξω πάλι και αυτό σημαίνει θέρμανση του πλανήτη και αυτό σημαίνει κλιματικές αλλαγές.

4. Σε τι χρησιμεύει το αποτύπωμα άνθρακα;

Να ξέρουν οι χώρες πόσο πρέπει να καίνε και να παράγουν διοξείδιο του άνθρακα...να ξέρουμε πώς να το μειώσουμε ..αυτά.

5. Ποιες δικές σου ανάγκες – ενέργειες – δραστηριότητες που δημιουργούν αποτύπωμα άνθρακα;

Ο ηλεκτρισμός που χρησιμοποιούμε, η θέρμανση, όλα τα προϊόντα που αγοράζουμε, το αυτοκίνητο ..

6. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί αυτό το αποτύπωμα;

Με το να χρησιμοποιούμε ΑΠΕ, κυρίως για να μειωθεί ο ηλεκτρισμός και για τη θέρμανση γιατί αυτά τα δύο είναι τα κύρια που παράγουν πιο πολύ διοξείδιο του άνθρακα.

- **Κάτι άλλο ;**

Και η ανακύκλωση.

7. Σε ποιους παράγοντες οφείλεται το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Στη θέρμανση, στον ηλεκτρισμό, στη συντήρηση στις μετακινήσεις των καθηγητών και των μαθητών.

8. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Με το να αντικαταστήσουμε τις λάμπες με λάμπες που καίνε λιγότερο, να μην έρχονται οι μαθητές με αυτοκίνητο αλλά με ΜΜΜ , το ίδιο και οι καθηγητές και η θέρμανση να έρχεται από τον ήλιο.

Μαθητής 4.

1. Τι έμαθες κατά τη διάρκεια της ερευνητικής εργασίας για το ΑΑ;

Έμαθα τι είναι το αποτύπωμα άνθρακα, ...

- **Τι είναι το αποτύπωμα άνθρακα ;**

Είναι το σύνολο των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από καθημερινές μας δραστηριότητες .

- **Θυμάσαι ποια είναι τα αέρια του θερμοκηπίου;**

Είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και οι χλωροφθοράνθρακες;

2. Από πού προέρχονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα; Ποια είναι η κύρια πηγή εκπομπών;

Προέρχονται από τις μετακινήσεις μας τις καθημερινές, από την καύση...

- **Ποιων ουσιών;**

Ορυκτών.

- **Για ποιο λόγο γίνεται η καύση;**

Για την παραγωγή ενέργειας.

3. Ποιες είναι οι κυριότερες συνέπειες της αύξησης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα;

Προκαλεί διάφορα προβλήματα εκτός από το φαινόμενο του θερμοκηπίου και άλλα όπως

- **Τι είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου;**

Λόγω αυτού του φαινομένου η ακτινοβολία δεν μπορεί να διαφύγει από την ατμόσφαιρα και αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της γης.

- **Που μπορεί να οδηγήσει αυτό;**

Δεν το θυμάμαι.

4. Σε τι χρησιμεύει το αποτύπωμα άνθρακα;

Μας χρησιμεύει, μας βοηθάει να υπολογίσουμε την ...δεν θυμάμαι..

- **Γιατί το χρησιμοποιήσαμε ως έννοια το αποτύπωμα άνθρακα;**

Μας βοηθάει να καταλάβουμε πως οι καθημερινές μας δραστηριότητες συμβάλλουν στην αύξηση του ή γενικώς στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και να βρούμε τρόπους να το μειώσουμε.

5. Ποιες δικές σου ανάγκες – ενέργειες – δραστηριότητες που δημιουργούν αποτύπωμα άνθρακα;

Καθημερινά η θέρμανση, οι μετακινήσεις, ο ηλεκτρισμός, το φως που χρησιμοποιούμε και το νερό, η κατανάλωση -το φαγητό .

- **Γνωρίζεις κάποια τρόφιμα που είναι πιο επιβαρυντικά από κάποια άλλα;**

Δεν ξέρω.. αυτά που χρειάζονται περισσότερη ενέργεια για να τα μαγειρέψουμε.

- **Στην καθημερινή σου διατροφή ποια είναι αυτά; Σε ένα πιάτο που περιέχει μπριζόλα, αρακά και σαλάτα ποιο έχει μεγαλύτερο αποτύπωμα;**

Η μπριζόλα, το κόκκινο κρέας.

6. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί αυτό το αποτύπωμα;

Θα μπορούσα να μειώσω τις μετακινήσεις και στο σπίτι να σβήνω τα φώτα όταν βγαίνω από το δωμάτιο και γενικώς να μειώσω την ενέργεια που καταναλώνω.

7. Σε ποιους παράγοντες οφείλεται το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Στη θέρμανση στο νερό στις μετακινήσεις των καθηγητών, των παιδιών, τα φώτα, ο ηλεκτρισμός...

8. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Θα μπορούσαμε να ερχόμαστε με τα πόδια ή με το ποδήλατο, να χρησιμοποιούμε λιγότερα φώτα.

Μαθητής 5.

1. Τι έμαθες κατά τη διάρκεια της ερευνητικής εργασίας για το ΑΑ;

Η ερευνητική εργασία ήταν για το αποτύπωμα άνθρακα οπότε αρχικά μάθαμε ότι το αποτύπωμα άνθρακα είναι το σύνολο των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και μετρείται σε τόνους και συνήθως υπολογίζεται στη διάρκεια ενός έτους

- Θυμάσαι ποια είναι τα αέρια του θερμοκηπίου;

Το διοξείδιο του άνθρακα κυρίως, το μεθάνιο τα οξείδια του αζώτου οι χλωροφθοράνθρακες και άλλα.

2. Από πού προέρχονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα; Ποια είναι η κύρια πηγή εκπομπών;

Προέρχονται κυρίως από την καύση ορυκτών, από την καύση πετρελαίου, φυσικού αερίου αλλά και από όλες τις άλλες δραστηριότητες του ανθρώπου που είναι η μετακίνηση, η οικιακή χρήση, η ένδυση και γενικά καθετί.

- Για ποιο λόγο γίνονται οι καύσεις;

Για την παραγωγή ενέργειας κυρίως, για θέρμανση, για μετακίνηση όπως είπα και πριν...

3. Ποιες είναι οι κυριότερες συνέπειες της αύξησης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα;

Είναι η ενίσχυση του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου που έχει ως αποτέλεσμα κλιματικές αλλαγές και την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης.

- Θυμάσαι πως λειτουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου;

Ένα στρώμα αερίων από την ατμόσφαιρα εμποδίζει την ακτινοβολία που έρχεται από το διάστημα να ξαναβγεί σε αυτό και τελικά λειτουργεί σαν ένα θερμοκήπιο, σαν ένα γυαλί και η ακτινοβολία συνεχώς αντανακλάται πάνω στην επιφάνεια της γης.

4. Σε τι χρησιμεύει το αποτύπωμα άνθρακα;

Μπορούμε με το αποτύπωμα άνθρακα να μετρήσουμε την οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας και κατά πόσο παράγει και χρησιμοποιεί την ενέργεια. Επίσης μετρώντας το αποτύπωμα άνθρακα μπορούμε να καταλάβουμε αν χρειάζεται να το μειώσουμε και να βρούμε λύσεις για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου.

5. Ποιες δικές σου ανάγκες – ενέργειες – δραστηριότητες που δημιουργούν αποτύπωμα άνθρακα;

Καταρχάς είναι η μετακίνηση γιατί δεν πάω πάντα με τα πόδια οπότε το αυτοκίνητο παράγει τέτοια αέρια. Είναι η θέρμανση, το φαγητό και όλα τα προϊόντα που χρησιμοποιώ έχουν έμμεσο ανθρακικό αποτύπωμα, οπότε κάθε μου ενέργεια ...

- **Για δώσε ένα παράδειγμα από τα προϊόντα που χρησιμοποιείς για το έμμεσο αποτύπωμα.**

Για παράδειγμα τα φαγητά για να συσκευαστούν χρειάζεται να σπαταληθεί ενέργεια και άρα να παραχθεί διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια του θερμοκηπίου.

6. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί αυτό το αποτύπωμα;

Με την αξιοποίηση των ΑΠΕ, με την αποφυγή σπατάλης σε ηλεκτρικό ρεύμα, στη θέρμανση, στο νερό, να χρησιμοποιώ λιγότερο τα αυτοκίνητα και περισσότερο το λεωφορείο, τα πόδια και τέτοιους τρόπους.

7. Σε ποιους παράγοντες οφείλεται το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Οφείλεται στη θέρμανση του σχολείου, στο ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποιεί, στη μετακίνηση των μαθητών και των καθηγητών, το κυλικείο και αυτό έχει αποτύπωμα άνθρακα γιατί χρησιμοποιεί ψυγεία, φούρνους κτλ.

8. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Να μην κάνουμε άσκοπη χρήση του ρεύματος και του νερού. Κάποιες συσκευές όπως τους υπολογιστές να μην τους έχουμε στο stand –by αλλά να τους απενεργοποιούμε πλήρως. Οι καθηγητές και οι μαθητές να χρησιμοποιούν τα πόδια για να έρθουν στο σχολείο, η θέρμανση να λειτουργεί όποτε πρέπει και όχι σε ώρες που δε χρειάζεται.

Μαθητής 6.

1. Τι έμαθες κατά τη διάρκεια της ερευνητικής εργασίας για το AA;

Έμαθα ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν προκαλεί μόνο θέρμανση του πλανήτη αλλά μπορεί να προκαλέσει και άλλα ακραία φαινόμενα ακόμα και πτώση της θερμοκρασίας σε ορισμένες περιπτώσεις. Επίσης έμαθα τι είναι το αποτύπωμα άνθρακα.

- Τι είναι το αποτύπωμα άνθρακα;

Είναι η ποσότητα σε τόνους του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από μια παραγωγή από μια εταιρεία ή από ένα προϊόν που μπορεί να παραχθεί. Επίσης έμαθα και στην εκδρομή που πήγαμε ότι το γρασίδι και το χώμα ήταν μονωτικό. Δεν πίστευα ότι ήταν τόσο μονωτικό.

- Εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα θυμάσαι κάποιο άλλο από τα αέρια του θερμοκηπίου;

Είναι τοθυμάμαι ότι είναι ρύποι ... δε θυμάμαι αν είναι αέρια του θερμοκηπίου το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου ...ήτανε ρυπογόνα αλλά δε θυμάμαι..

2. Από πού προέρχονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα; Ποια είναι η κύρια πηγή εκπομπών;

Από καύσεις υδρογονάνθρακων που μπορεί να είναι από αυτοκίνητα που καίνε βενζίνη που είναι υδρογονάνθρακας είτε από τρένα είτε από αεροπλάνα είτε από το ρεύμα που χρησιμοποιούμε στο σπίτι μας που καίμε υδρογονάνθρακες- εδώ στην Ελλάδα λιγνίτη- μπορεί βέβαια να προέρχεται και από πυρηνική ενέργεια το οποίο είναι άλλο θέμα.

- Για ποιο λόγο γίνονται αυτές οι καύσεις;

Αυτές οι καύσεις γίνονται για την παραγωγή ενέργειας για να την καταναλώσουμε εμείς και να την χρησιμοποιήσουμε όπως θέλουμε.

3. Ποιες είναι οι κυριότερες συνέπειες της αύξησης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα;

Είναι να έχει ανεβεί το όριο... το παγκόσμιο θερμομέτρο.

- Μπορείς να περιγράψεις το μηχανισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου;

Το διοξείδιο του άνθρακα πάει στα ανώτερα μέρη της ατμόσφαιρας και λειτουργεί σαν γυαλί που αφήνει τις ηλιαχτίδες του ήλιου να περάσουν και όπως σε ένα θερμοκήπιο δεν τις αφήνει να φύγουν και αυξάνει τη θερμοκρασία του πλανήτη.

- Τι αποτελέσματα προκαλούνται από αυτό;

Ακραία καιρικά φαινόμενα καύσωνες ξηρασία και τέτοια πράγματα.

4. Σε τι χρησιμεύει το αποτύπωμα άνθρακα;

Είναι να βλέπουμε πόση επιρροή έχουν οι άνθρωποι στο περιβάλλον και πόσο το αλλάζουμε και Η επιρροή μας στο περιβάλλον ουσιαστικά.

- **Αν το γνωρίζουμε τι μπορούμε να κάνουμε;**

Θα μπορούσαμε να προβλέψουμε πόσο θα ανέβει η θερμοκρασία σε όλα αυτά τα χρόνια.

5. Ποιες δικές σου ανάγκες – ενέργειες – δραστηριότητες που δημιουργούν αποτύπωμα άνθρακα;

Να ανοίξω το φως για να βλέπω στο σπίτι μου, να ανοίξει την κουζίνα η μητέρα μου για να κάνει φαγητό να φάμε, ηλεκτρισμό χρησιμοποιεί, για τη θέρμανση, ο κλιματισμός το καλοκαίρι, το ψυγείο που λειτουργεί συνέχεια για να κρατάει τα τρόφιμα δροσερά και γενικά τα περισσότερα κάνουν αποτύπωμα άνθρακα. Να ανοίξω τον υπολογιστή όταν θέλω να χαλαρώσω δηλαδή τα πάντα ουσιαστικά ..σχεδόν..

- **Δηλαδή και τα προϊόντα που έχουμε γύρω μας;**

Και τα προϊόντα ναι . Το μπουκαλάκι που θα ανοίξω στο κυλικείο για να πιά νερό έχει αποτύπωμα άνθρακα από το πλαστικό που έγινε και από όλα αυτά. Τα τρόφιμα που αγοράζουμε έχουν αποτύπωμα άνθρακα γιατί έτσι όπως παράχθηκαν ... τα ζώα και τα τρόφιμα που χρειάστηκαν..

- **Ποια τρόφιμα νομίζεις ότι περιέχουν μεγαλύτερο αποτύπωμα άνθρακα;**

Το κρέας πιστεύω.. ναι το κρέας.

6. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί αυτό το αποτύπωμα;

Να μην ξεχνάμε το φως ανοιχτό , να μην έχουμε αχρησιμοποίητες συσκευές στο ρεύμα, όταν για παράδειγμα ανοίγουμε το θερμοσίφωνα να κάνουμε εκείνη τη στιγμή όλοι μπάνιο, να τον κλείνουμε και να μην το ξεχνάμε ανοιχτόνα χρησιμοποιούμε λιγότερο το αυτοκίνητο όπου πηγαίνουμε.

7. Σε ποιους παράγοντες οφείλεται το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Στον ηλεκτρισμό, στη θέρμανση και στα προϊόντα άμα πούμε έμμεσα από τα γραφεία και όλα αυτά ...στο χαρτί που κάνει κάθε μέρα από τις φωτοτυπίες.....και στις μεταφορές για να έρθουν τα παιδιά και οι καθηγητές εδώ πέρα.

8. Με ποιες ενέργειες θα μπορούσε να μειωθεί το αποτύπωμα άνθρακα του σχολείου;

Είτε οι καθηγητές να έρχονται με κάποιο πιο οικολογικό μέσο – και οι μαθητές φυσικά είτε αν χρησιμοποιούσαν ΜΜΜ οπότε δε θα χρησιμοποιούσε ο καθένας το δικό του αυτοκίνητο και δε θα ξόδευε το δικό του αποτύπωμα άνθρακα.

- **Άλλος τρόπος πέρα από τις μετακινήσεις των καθηγητών;**

Άλλος τρόπος είναι να αλλάξουν τις λάμπες φθορίου και να τις κάνουν LED οι οποίες είναι πιο οικονομικές και ξοδεύουν λιγότερη ενέργεια , να κάνουν..... έχουν φυσικό αέριο οπότε αυτό είναι εντάξει πιστεύω... Ηλιακό θα μπορούσαν να βάλουν.....Θα μπορούσαν να βάλουν παράθυρα να είχαν φωτισμό σε όλες τις τάξεις ώστε να μη χρειάζεται να ανοίγουν το φως είτε να είχαν φωτοβολταικά αλλά αυτό είναι πολύ ακριβό να το κάνουν σε όλα τα σχολεία. Να είναι καλύτερα μονωμένα ώστε να μη λειτουργεί συνέχεια η θέρμανση.

ΤΕΛΟΣ