ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

<<Ανάλυση Αποτυπώματος Άνθρακα σε μικρές κοινότητες: Η περίπτωση του Πολυτεχνείου Κρήτης>>

Χρήστος Παμπίδης

Χανιά, Αύγουστος 2012

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων Καθηγήτρια: Διονυσία Κολοκοτσά

Ξεκουκουλωτάκης Νικόλαος

Λαζαρίδης Μιχάλης

Πίνακας περιεχομένων

Λίστα Πινάκων

Λίστα διαγραμμάτων

Λίστα Συντομογραφιών

Συντομογραφίες	**Επεξήγηση**
Π.Κ.	Πολυτεχνείο Κρήτης
Α.Α.-c.f.	Αποτύπωμα Άνθρακα- Carbon Footprint
ΧΥΤΑ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
EF-ΣΕ	Emission factor-Συντελεστής Εκπομπής
AR4	Assessment Report
SAR	Second Assessment Report
Η.Μ.Μ.Υ	Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
ΜΗ.ΠΕΡ.	Μηχανικοί Περιβάλλοντος
ΜΗΧ.Ο.Π.	Μηχανικοί Ορυκτών Πόρων
Μ.Π.Δ.	Μηχανικοί Παραγωγής και Διοίκησης
Κ.Μ.Κ.Ε.	Κοινότητα Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας
Π.Ε.- e.f.	Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα-Emission Footprint
GWP	Global Warming Potential
HFC's	Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες
PFC's	Υπερφθοράνθρακες
SF_6	Εξαφθοριούχο θείο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία αποτελείται από δύο βασικά μέρη, το αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης και την ανάλυση σεναρίων επίτευξης κοινότητας μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Βασικός στόχος της είναι να αποτελεί εργαλείο για την εκπόνηση απογραφών αποτυπώματος άνθρακα για μικρές κοινότητες και επιπλέον να αποτελεί οδηγό για την μοντελοποίηση μίας κοινότητας μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (ΚΜΚΕ) βάσει των ενεργειακών της απαιτήσεων. Συγκεκριμένα η εργασία αυτή ως βάση για την ανάλυση υπολογισμού αποτυπωμάτων άνθρακα σε κοινότητες και επίτευξης ΚΜΚΕ χρησιμοποιεί την περίπτωση του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η ανάλυση αυτή πραγματοποιείται σε κοινότητες με βασικό σκοπό την ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την μοντελοποίηση μιας ΚΜΚΕ ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες (Method for Conducting a Greenhouse Gas Emissions Inventory for Colleges and Universities, 2002). Αυτό, όπως έχει προαναφερθεί πραγματοποιείται σε δύο μέρη, τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα και την δημιουργία σεναρίων επίτευξης κοινότητας φιλική προς το περιβάλλον.

Το αποτύπωμα άνθρακα αποτελεί μέρος το περιβαλλοντικού αποτυπώματος (Johnson, 2008). Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα αποτελεί την πλέον βασική παράμετρο ποσοτικοποίησης των αρνητικών επιπτώσεων του περιβάλλοντος που προκαλούνται από έκλυση ρύπων μέσω διάφορων δραστηριοτήτων μιας κοινότητας. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα καθορίζει κατά πόσο συνεισφέρουν στην κλιματική αλλαγή οι αέριες εκπομπές που εκλύονται από το σύστημα που εξετάζουμε. Η διεξαγωγή ετήσιων απογραφών περιβαλλοντικών αποτυπωμάτων σε κοινότητες συμβάλλουν στην δημιουργία μιας ολοκληρωμένης εικόνας των επιπτώσεων του περιβάλλοντος. Το αποτύπωμα άνθρακα το οποίο και αναλύεται στην αναφορά αυτή αποτελεί ένα μέρος του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Το αποτύπωμα άνθρακα αποτελεί το σύνολο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη δραστηριότητα ή την κοινότητα που εξετάζουμε και μετριέται σε μονάδες μάζας διοξειδίου του άνθρακα (G.R. Cranston, 2011). Καθορίζει λοιπόν κατά πόσο συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου το σύστημα που εξετάζουμε. Αέρια του θερμοκηπίου εκλύονται από διάφορες δραστηριότητες όπως είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, καύση πετρελαίου θέρμανσης, μέσα μεταφορών και έκθεση στερεών και υγρών αποβλήτων. Η καταμέτρηση των εκπομπών από αυτές τις δραστηριότητες και η αναγωγή τους σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα αποτελεί τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα. Η ανάλυση του αποτυπώματος άνθρακα αποτελεί βασική παράμετρος επιπτώσεων προς το περιβάλλον και γίνεται στο πρώτο σκέλος της παρούσας εργασίας.

Στο δεύτερο σκέλος της εργασίας αναλύεται η επίτευξη κοινοτήτων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας και συγκεκριμένα παραθέτονται σενάρια χρήσεις ανανεώσιμων ενεργειακών συστημάτων. Κοινότητες μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (ΚΜΚΕ) αποτελούν κοινότητες οι οποίες έχουν μειώσει σε μεγάλο βαθμό τις ενεργειακές τους απαιτήσεις και μέσω της παραγωγής ηλεκτρικής, θερμικής και κινητικής ενέργειας, από φιλικές προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας, αποτελούν την λύση σε σύγχρονα προβλήματα (Nancy Carlisle, 2009).

Αυτό γίνεται με την βοήθεια του λογισμικού Homer στο οποίο εισάγουμε τιμές του πρώτου σκέλους της εργασίας και παραθέτονται σενάρια εγκατάστασης ενεργειακών συστημάτων. Συγκεκριμένα το λογισμικό αυτό παρέχει μία λίστα με σενάρια εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και καθορίζει την βέλτιστη έως και την ελάχιστα αποδοτική λύση. Τα κριτήρια επιλογής της βέλτιστης λύσης βασίζονται στην απόδοση των συστημάτων σε συνδυασμό με τα οικονομικά χαρακτηριστικά κάθε σεναρίου.

Συνοψίζοντας η παρούσα εργασία παρέχει την καθοδήγηση για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα με βάση την απογραφή που έγινε τα έτη 2010,2011,2012 και τρόπους επίτευξης ΚΜΚΕ. Συγκεκριμένα υπολογίζεται το αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης και προτείνονται τρόποι για να επιτευχθεί όσο το δυνατόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.

Συγκεκριμένα η εργασία παρέχει:

- Ανάλυση επιπτώσεων έκλυσης αερίων θερμοκηπίου στο περιβάλλον, επεξήγηση ορισμών και αναφορά στις κυριότερες πηγές έκλυσης αερίων θερμοκηπίου.
- Καθοδήγηση διεξαγωγής της απογραφής των αερίων θερμοκηπίου μιας κοινότητας και πιο συγκεκριμένα η περίπτωση του Πολυτεχνείου Κρήτης.
- Περιγραφή κύριων άμεσων και έμμεσων πηγών αερίων θερμοκηπίου.
- Υπολογισμός αποτυπώματος άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης.
- Σενάρια επίτευξης κοινότητας μηδενικής ενέργειας με τη χρήση ενεργειακών συστημάτων.
- Ανάλυση επιπλέον παραγόντων για την επίτευξη κοινότητας μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

Βασικός στόχος αυτής της απογραφής είναι ο προσδιορισμός και η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων του περιβάλλοντος που προκαλούν οι δραστηριότητες του ιδρύματος. Με την ποσοτικοποίηση αυτή, καθίσταται δυνατός ο έλεγχος έκλυσης αερίων θερμοκηπίου και του κόστους που προκύπτει από κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, πετρελαίου θέρμανσης και άλλων αναγκαίων αγαθών. Πραγματοποιώντας ετήσιες απογραφές αποτυπώματος άνθρακα συμβάλλει στη δημιουργία μίας ολοκληρωμένης εικόνας της βελτίωσης ή της επιδείνωσης της κατάστασης (Method for Conducting a Greenhouse Gas Emissions Inventory for Colleges and Universities, 2002).

Για την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας βοήθησαν παράγοντες του Πολυτεχνείου Κρήτης κατά την συλλογή δεδομένων και πολλαπλές δημοσιεύσεις και συγγράμματα για την ολοκλήρωση της ανάλυσης. Παράγοντες του Πολυτεχνείου Κρήτης που συντέλεσαν στην συλλογή δεδομένων είναι το Λογιστήριο πρυτανείας, Envirochem A.E., ΔΕΔΙΣΑ Χανίων και υπεύθυνοι λέσχης, κυλικείων, εργαστηρίων και αστικών λεωφορείων. Βασικές δημοσιεύσεις που συντέλεσαν στην ολοκλήρωση της ανάλυσης αυτής είναι οι εξής: ''National Greenhouse Accounts Factors'' που δημοσιεύτηκε από το υπουργείο κλιματικής αλλαγής και ενεργειακής απόδοσης της Αυστραλίας και αναλύει τον υπολογισμό αποτυπώματος άνθρακα από διάφορες δραστηριότητες κοινοτήτων, ''Method of Conducting a Greenhouse Gas Emissions Inventory for Colleges and Universities'' που δημοσιεύτηκε από το ινστιτούτο περιβάλλοντος του Tufts και αναλύει τον τρόπο διεξαγωγής της απογραφής του αποτυπώματος άνθρακα.

1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ

1.1 ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ

Το αποτύπωμα άνθρακα αποτελεί το σύνολο των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται άμεσα και έμμεσα από τις δραστηριότητες ενός ατόμου, μίας εκδήλωσης, μίας επιχείρησης, ενός οργανισμού, μίας κοινότητας και άλλων. Το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα μιας κοινότητας καθορίζεται από επιμέρους κατηγορίες ανάλογα με τις δραστηριότητες και τις απαιτήσεις της κοινότητας. Οι πιο βασικές είναι το ενεργειακό αποτύπωμα άνθρακα, το αποτύπωμα άνθρακα από διάθεση τοξικών αποβλήτων, αστικών απορριμμάτων και το αποτύπωμα άνθρακα από τη διάθεση οργανικών αποβλήτων.

Το συνολικό αυτό αποτύπωμα άνθρακα σχετίζεται άμεσα με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το αποτύπωμα άνθρακα αποτελεί υποκατηγορία του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Αυτές οι παραμέτρους καθιστούν πλέον τις βασικές οικολογικές παραμέτρους και χρησιμοποιούνται από επιχειρήσεις, κυβερνήσεις, μέσα μαζικής επικοινωνίας και από κάθε έναν ξεχωριστά ώστε να καθοριστεί η συμβολή τους στη κλιματική αλλαγή(G.R. Cranston, 2011). Συγκεκριμένα το περιβαλλοντικό αποτύπωμα είναι μέτρηση που καθορίζει κατά πόσο υφίσταται κλιματική αλλαγή. Το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό επιρροής στην κλιματική αλλαγή. Συγκεκριμένα αποτελεί περίπου το 50% του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Το παγκόσμιο αποτύπωμα άνθρακα έχει αυξηθεί κατά 10 φορές από το 1961 έως το 2005 και κατά συνέπεια απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη διαχείριση των εκπομπών άνθρακα (Johnson, 2008).

Σε μία εποχή όπου η βιομηχανική παραγωγή, η εκμετάλλευση φυσικών πόρων έχουν φτάσει σε σημείο κορεσμού , κρίνεται επιτακτικής ανάγκης ο προσδιορισμός και ο αυστηρός έλεγχος της εκπομπής αέριων ρύπων. Κατά μεγάλο ποσοστό ευθύνονται οι αναπτυγμένες χώρες και συγκεκριμένα η G20 (19 χώρες και η ευρωπαϊκή ένωση η οποία θεωρείται ως μία). Αυτές οι 20 χώρες ευθύνονται για το 90% της συνολικής παραγωγής προϊόντων, 80% της παγκόσμιου εμπορίου και για τα 2/3 του συνολικού παγκόσμιου πληθυσμού (G.R. Cranston, 2011).

Στην ανάλυση περιβαλλοντικού αποτυπώματος βασισμένη σε στοιχεία του 2003 και σε νέες μεθόδους του 2005 κατέληξαν σε έναν πρόχειρο υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα (cf) και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος (ef) βάσει της οικονομικής κατάστασης μιας χώρας (G.R. Cranston, 2011). Συγκεκριμένα οι σχέσεις με τις οποίες υπολογίζονται αυτές οι παραμέτρους είναι:

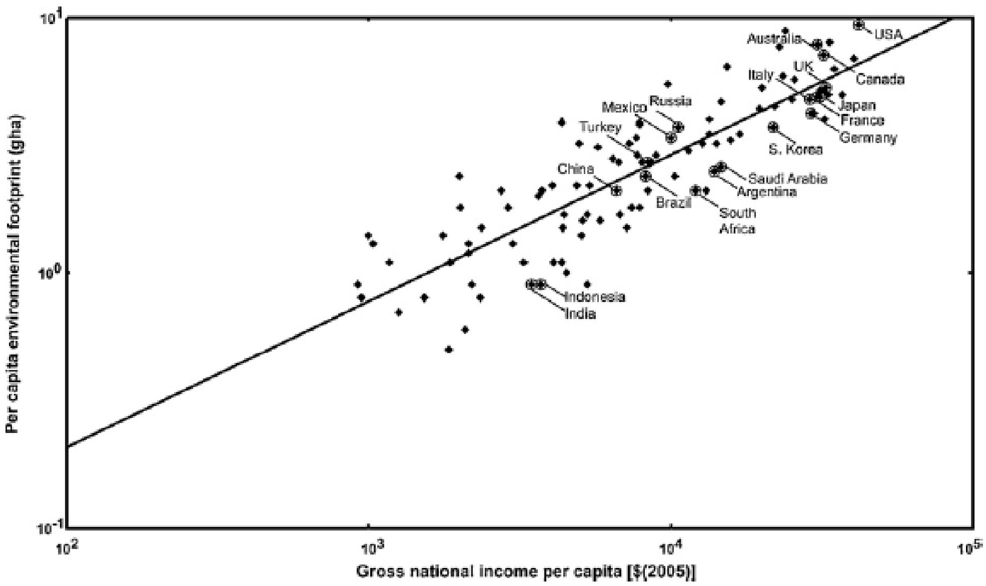
$$\boldsymbol{ef} = \boldsymbol{\sigma\tau\alpha\theta\varepsilon\rho}ά \cdot \mathbf{GNI^{p}} \cdot \mathbf{PD^{q}} \cdot \mathbf{EI^{r}} \cdot \mathbf{CR^{s}} \quad (1)$$

όπου GNI (Gross National Income) το ακαθάριστο εθνικό προϊόν σε μονάδα χρηματικής αξίας ανά κάτοικο, PD (Population Density) ο πληθυσμός ανά εκτάριο, EI (Energy Intensity) κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα GNI(MJ/€), CR (Carbon Ratio) η εκπομπή άνθρακα ανά κατανάλωση ενέργειας (μg C/J), p,q,r,s οι συντελεστές βαρύτητας κάθε παραμέτρου. Συγκεκριμένα υπολογίστηκε ότι η τελική εξίσωση που περιγράφει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα είναι:

$$\mathbf{ef} = \mathbf{0.0042} \cdot \mathbf{GNI^{0.5986}} \cdot \mathbf{PD^{-0.1158}} \cdot \mathbf{EI^{0.2398}} \cdot \mathbf{CR^{0.1859}} \quad (2)$$

Αναλυτικότερα, οι συντελεστές αυτοί προκύπτουν πειραματικά βασισμένοι στην κλίση της γραμμής τάσης που προκύπτει από το διάγραμμα περιβαλλοντικού αποτυπώματος με κάθε μία μεταβλητή της Σχέσης (2). Για τον συντελεστή βαρύτητας του εκκαθαριστικού εθνικού προϊόντος έγινε το Διάγραμμα 1 στο οποίο η γραμμή τάσης έχει κλίση 0.5986.

Διάγραμμα 1: Σχέση Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος και Εκκαθαριστικού Εθνικού Προϊόντος.



Στον άξονα y αναγράφονται τιμές Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος (ef) και στον άξονα x τιμές εκκαθαριστικού εθνικού προϊόντος πολλών χωρών. Η κλίση της γραμμής τάσης του διαγράμματος (1) είναι 0.5986 και αποτελεί τον συντελεστή βαρύτητας στην Σχέση (2) για την μεταβλητή GNI. Ομοίως υπολογίζονται και οι υπόλοιποι συντελεστές βαρύτητας για τις υπόλοιπες μεταβλητές της Σχέσης (2) (G.R. Cranston, 2011).

Αντίστοιχα γίνεται και ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα (cf) αλλά σε αυτή τη περίπτωση αλλάζουν οι συντελεστές βαρύτητας. Ομοίως υπολογίζονται οι αντίστοιχοι συντελεστές βαρύτητας της Σχέσης (3). Οπότε προκύπτει η εξής σχέση:

$$\mathbf{cf = 2 \cdot 10^{-6} \cdot GNI \cdot EI \cdot CR^{0.75}} \quad (3)$$

Αυτές οι σχέσεις προέκυψαν με σκοπό να υπολογίζεται σε έναν βαθμό η επιρροή κάθε χώρας στο περιβαλλοντικό και ανθρακικό αποτύπωμα και αντίστοιχα να τεθούν όρια και κανόνες για την αποφυγή οποιασδήποτε αρνητικής συνέπειας. Ωστόσο στην πραγματικότητα αυτή η μέτρηση δεν είναι τόσο ακριβής. Αποτελεί ένα προσεγγιστικό τρόπο υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα με αποτέλεσμα να υπάρχει ένα σφάλμα. Το σφάλμα αυτό προκύπτει εκτός από τον συντελεστή βαρύτητας που υπολογίζεται βάσει στατιστικών δεδομένων, αλλά και από τα επιμέρους σφάλματα υπολογισμού κάθε μεταβλητής. Όπως προαναφέρθηκε το ανθρακικό αποτύπωμα αποτελείται από επιμέρους κατηγορίες οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον ακριβέστερο υπολογισμό του αποτυπώματος.

Στην περίπτωση του αποτυπώματος άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης ο υπολογισμός θα γίνει βάσει αυτών των κατηγοριών. Αυτές αναλύονται στα παρακάτω υποκεφάλαια.

1.1.1 Ενεργειακό Αποτύπωμα Άνθρακα

Μία κατηγορία αποτελεί το ενεργειακό αποτύπωμα άνθρακα του οποίου το ποσό καθορίζεται ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις της κοινότητας. Συγκεκριμένα η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων για λόγους θέρμανσης αποτελούν τις βασικές παραμέτρους του ενεργειακού αποτυπώματος.

1.1.2 Μέσα Μεταφοράς

Τα μέσα μεταφοράς ευθύνονται για ένα μεγάλο ποσοστό εκπομπής τοξικών αερίων και ειδικότερα αερίων του θερμοκηπίου. Στη κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται η μεταφορά από οχήματα του οδικού δικτύου , ακτοπλοϊκή μεταφορά και αεροπορική μεταφορά. Στην περίπτωση του Πολυτεχνείου Κρήτης θα λάβουμε υπόψη κυρίως τις μεταφορές από τα οχήματα του οδικού δικτύου (Φοιτητές, προσωπικό, μεταφορές υλικών, απορριμματοφόρα κτλ).

1.1.3 Αποτύπωμα Άνθρακα από διάθεση τοξικών αποβλήτων

Στην περίπτωση μας , τα τοξικά απόβλητα που προκύπτουν από το Πολυτεχνείο Κρήτης προέρχονται από εργαστήρια του στα οποία διεξάγονται πειράματα. Τα τοξικά απόβλητα εκλύουν αέριους ρύπους υπεύθυνους για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Κατά συνέπεια θα προστεθούν στο αποτύπωμα με τη μορφή διοξειδίου του άνθρακα και η ποσότητα του θα εξαρτάται από την επιρροή κάθε τοξικού αερίου ξεχωριστά στο φαινόμενο αυτό.

1.1.4 Αποτύπωμα Άνθρακα από διάθεση απορριμμάτων

Το Πολυτεχνείο Κρήτης στο οποίο καθημερινά, εργάζονται συνολικά 4726 άτομα συλλέγει ένα ικανοποιητικό όγκο αστικών απορριμμάτων

(Στρατηγικός και Επιχειρισιακός Σχεδιασμός Πολυτεχνείου Κρήτης, 2002). Απορριμματοφόρα συλλέγουν τα απορρίμματα από τους κάδους και τα μεταφέρουν στον ΧΥΤΑ Χανίων. Κατά τη διάθεση τους εκεί ανάλογα με τη διαχείριση που θα υποστούν θα εκλύουν αντίστοιχο ποσό αερίων ρύπων. Ο σημαντικότερος ρύπος που μας ενδιαφέρει στη περίπτωση μας είναι το μεθάνιο που παράγεται κατά την αποδόμηση του οργανικού υλικού. Εκεί κυρίως θα εστιάσουμε την προσοχή μας για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος.

Το μεθάνιο που παράγεται σε ΧΥΤΑ μπορεί να συλλεχθεί και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο παραγωγής ενέργειας. Ανάλογα με τη χρήση του μεθανίου η επιρροή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου θα είναι διαφορετική. Κατά την καύση του μεθανίου παράγεται διοξείδιο του άνθρακα που έχει διαφορετικό συντελεστή επιρροής στο φαινόμενο. Ωστόσο στον ΧΥΤΑ Χανίων δεν συλλέγεται το μεθάνιο για αυτόν τον σκοπό και συνεπώς θα λάβουμε υπόψη μόνο την επιρροή του μεθανίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

1.1.5 Αποτύπωμα Άνθρακα από διάθεση υγρών αποβλήτων

Στο Πολυτεχνείο Κρήτης στεγάζεται και ένας βιολογικός καθαρισμός για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων που παράγονται. Παρομοίως και σε αυτή τη περίπτωση παράγεται μεθάνιο και πρέπει να ληφθεί υπόψη για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος του Πολυτεχνείου Κρήτης.

1.2 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

1.2.1 Εισαγωγή

Η έκλυση αερίων ρύπων από ανθρώπινες δραστηριότητες δημιουργούν το λεγόμενο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα το φαινόμενο αυτό αποτελεί μία φυσική διαδικασία κατά την οποία οι ακτίνες του ήλιου παγιδεύονται στην ατμόσφαιρα της Γης καθώς ανακλώνται με τη βοήθεια των αερίων του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο αυτό είναι υπεύθυνο για την ύπαρξη ζωής στη γη ,εγκλωβίζοντας την ακτινοβολία του ήλιου και συντελώντας με αυτόν τον τρόπο στη αύξηση της θερμοκρασίας.

Στο φαινόμενο αυτό συμβάλλει η έκλυση αέριων ρύπων σε ένα βαθμό που προκαλεί υπερθέρμανση του πλανήτη και του μικροκλίματος στο οποίο εκλύονται οι ρύποι. Η αλόγιστη έκλυση αερίων του θερμοκηπίου προκαλεί μόνιμα περιβαλλοντικά προβλήματα και κρίνεται επιτακτικής ανάγκης η διαχείριση των αερίων του θερμοκηπίου. Οι αέριοι ρύποι που είναι υπεύθυνοι στο μεγαλύτερο βαθμό για το φαινόμενο αυτό είναι τα σταγονίδια νερού, διοξείδιο του άνθρακα CO_2, μεθάνιο CH_4, οξείδια του αζώτου N_xO και ρύποι που έχουν παραχθεί από τον άνθρωπο, CFC's , HFC's και πολυφθοριωμένες ενώσεις SF_6.

Στο ξεκίνημα της βιομηχανικής επανάστασης η καύση πετρελαίου, ορυκτών πόρων και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες συνέβαλαν στην αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου . Η αλόγιστη χρήση αυτών έχει αυξήσει τον ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας παραπάνω και από τον ρυθμό θερμοκρασίας ανά 10000 χρόνια. Η δεκαετία του 90' αποτέλεσε την πιο θερμή δεκαετία του εικοστού αιώνα. Η αύξηση αυτή είναι υπεύθυνη για τη καταστροφή οικοσυστημάτων όπως λίμνες, ποτάμια, δάση και έχει αρνητική επιρροή στην ανθρώπινη υγεία (ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑΣ, 2005).

Ένα απαραίτητο πρώτο βήμα για τη μείωση και τον έλεγχο διαχείρισης των αερίων του θερμοκηπίου είναι η απογραφή αυτών των αερίων αρχικά σε κοινότητες και στη συνέχεια σε περιφέρειες. Το βήμα αυτό αποτελεί και το βασικό θέμα της εργασίας.

1.2.2 Αέρια Θερμοκηπίου

Όπως προαναφέρθηκε το αποτύπωμα άνθρακα υποδεικνύει την ποσότητα αερίων θερμοκηπίου που εκλύονται από το σύστημα που εξετάζουμε, μετρημένο σε μάζα διοξειδίου του άνθρακα. Κάθε αέριο θερμοκηπίου συνεισφέρει στο φαινόμενο σε διαφορετικό βαθμό. Για παράδειγμα το μεθάνιο είναι 21 φορές πιο ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου(παγιδεύει 21 φορές παραπάνω θερμότητα) από το διοξείδιο του άνθρακα. Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι ένας σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει το φαινόμενο είναι ο χρόνος παραμονής του αερίου στην ατμόσφαιρα. Κατά συνέπεια δεν παίζει μόνο ρόλο κατά πόσο ισχυρό είναι το αέριο αλλά και ο χρόνος παραμονής του.

Στον Πίνακα 1 αναγράφονται οι τιμές CO_{2e} ισοδύναμων των σημαντικότερων αερίων θερμοκηπίου που δημοσιεύτηκαν στο συνέδριο κλιματικής αλλαγής(Convention on Climate Change(UNFCCC)). Στην τέταρτη στήλη αναγράφονται τιμές της AR4(Assessment Report), η πρώτη αναφορά υπολογισμού συντελεστών κλιματικής αλλαγής και είναι παλαιότερες από τις τιμές της στήλης 3. Στην Τρίτη στήλη αναγράφονται τιμές από το SAR(Second Assessment Report), την δεύτερη αναφορά υπολογισμού συντελεστών κλιματικής αλλαγής.

Πίνακας 1: Συντελεστές κλιματικής αλλαγής ανά αέριο θερμοκηπίου.

Αέρια θερμοκηπίου	Χημικός τύπος	100-year GWP (SAR)	100-year GWP (AR4)
Διοξείδιο του άνθρακα	CO2	1	1
Μεθάνιο	CH4	21	25
Διοξείδιο του αζώτου	N2O	310	298
Εξαφθοριούχο θείο	SF6	23.900	22.800
Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (HFCs)			
HFC-23	CHF3	11.700	14.800
HFC-32	CH2F2	650	675
Υπερφθοράνθρακες (PFCs)			
Υπερφθορομεθάνιο	CF4	6.500	7.390
Υπερφθοροαιθάνιο	C2F6	9.200	12.200
Υπερφθοροπροπάνιο	C3F8	7.000	8.830
Υπερφθοροβουτάνιο	C4F10	7.000	8.860
Υπερφθοροκυκλοβουτάνιο	c-C4F8	8.700	10.300
Υπερφθοροπεντάνιο	C5F12	7.500	13.300
Υπερφθοροεξάνιο	C6F14	7.400	9.300

Σημείωση: Οι συντομογραφίες εξηγούνται στην λίστα συντομογραφιών στην σελίδα 5.

1.2.3 Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα από τα βασικά αέρια του θερμοκηπίου. Η προέλευση του είναι είτε φυσική είτε ανθρωπογενής. Φυσικές πηγές διοξειδίου του άνθρακα είναι οι πυρκαγιές, η αποικοδόμηση οργανικών ενώσεων και άλλα. Κύρια ανθρωπογενής πηγή είναι η καύση ορυκτών πόρων και αποτελεί την βασική αιτία της ραγδαίας αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Από την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης, οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του CO_2 που παρέμειναν επί αιώνες αναλλοίωτες. , δεκαετίες αργότερα αυξήθηκαν από 300 ppm το 1900 σε 360 ppm το 2000 και πλέον αποτελεί κίνδυνο στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία (ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑΣ, 2005).

1.2.4 Μεθάνιο

Το μεθάνιο είναι ένα βασικό αέριο του θερμοκηπίου και είναι 21 φορές ισχυρότερο αέριο του θερμοκηπίου από το διοξείδιο του άνθρακα. Η καύση του μεθανίου αν και εκλύει διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί φιλική προς το περιβάλλον λύση καθώς παράγεται με αυτόν τον τρόπο ένα λιγότερα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου.

Το μεθάνιο παράγεται και εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα της Γης από φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές. Φυσική πηγή αποτελεί η σήψη οργανικής ύλης υπό την επίδραση μεθανογόνων βακτηρίων κάτω από απουσία οξυγόνου και σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Το φυσικό αέριο περιέχει μεγάλες ποσότητες μεθανίου και παράγεται όταν αποσυντίθενται μικροοργανισμοί και φυτικές ύλες υπό αναερόβιες συνθήκες. Ανθρωπογενείς πηγές είναι οι πετρελαιοπηγές, τα κτηνοτροφία, οι χωματερές και άλλα. Η μέση συγκέντρωση του μεθανίου στον αέρα είναι πολύ μικρή , της τάξης του 1.6-1.8 ppmv (μέρη στο εκατομμύριο κατ΄ όγκο) αλλά πάραυτα αποτελεί κύριο αέριο του θερμοκηπίου και είναι αναγκαία η σωστή διαχείριση του (ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑΣ, 2005).

Στην περίπτωση μας στο Πολυτεχνείο Κρήτης παράγεται μεθάνιο στο βιολογικό καθαρισμό και κατά τη διαχείριση των τοξικών αποβλήτων και αστικών απορριμμάτων που παράγονται. Κατά τη μέτρηση του μεθανίου θα γίνει παράλληλα και η μετατροπή του σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα για να συνυπολογιστεί στο αποτύπωμα άνθρακα
του Πολυτεχνείου Κρήτης.

1.2.5 Οξείδια του αζώτου

Τα οξείδια του αζώτου (NO, NO2, NOx) είναι
συνήθως αέριοι ρύποι των καυσαερίων των οχημάτων (40-50%), παράγονται όμως και κατά 50% από διάφορες καύσεις σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι εκπομπές NOx σε παγκόσμια κλίμακα υπολογίζονται σε 60 εκατ. τόνους (τέλος της δεκαετίας ΄80), εκ των οποίων το 54% προέρχονται από τις χώρες του ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης). Ειδικά για τα NOx έχει συμφωνηθεί ειδική διεθνής συνθήκη για τον περιορισμό τους (ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑΣ, 2005).

Στην περίπτωση μας του Πολυτεχνείου Κρήτης η κύρια πηγή οξειδίων του αζώτου είναι τα οχήματα για τις μεταφορές προσωπικού, φοιτητών, προϊόντων, απορριμμάτων και υλικών απαραίτητων για τη λειτουργία των εργαστηρίων και περεταίρω λειτουργιών.

Έχει υπολογιστεί ότι η μέση απόσταση του Πολυτεχνείου από το κέντρο των Χανίων είναι 8.5 χιλιόμετρα και το τμήμα αρχιτεκτονικής 2 χιλιόμετρα από το κέντρο. Οι αποστάσεις αυτές είναι αρκετά μεγάλες και κατά συνεπείαν πρέπει να ληφθούν υπόψη στο αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης.

1.2.6 Ανθρωπογενή Αέρια Θερμοκηπίου

Τα κύρια ανθρωπογενή αέρια του θερμοκηπίου είναι τα HFC's χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, PFC's υπερφθοράνθρακες και SF_6 εξαφθοριούχο θείο.

Οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες προέρχονται αποκλειστικά από σπρέι, ηλεκτρικά ψυγεία , κλιματιστικά συστήματα και γενικότερα από το Φρέον, μία χημική ένωση που χρησιμοποιείται για αυτούς τους σκοπούς. Σήμερα εκπέμπονται ετησίως άνω των 30000 τόνων πάσης φύσεως αέρια τύπου Φρέον, τα οποία έχουν συσσωρεύσει μέχρι στιγμής στην ατμόσφαιρα ποσότητα άνω των 500000 τόνων.

Οι υπερφθοράνθρακες προέρχονται επίσης από ψυκτικά μέσα και από συστήματα πυρασφάλειας. Αποτελεί ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου και συγκεκριμένα έχει ικανότητα απορρόφησης θερμότητας 7000-13000 φορές παραπάνω από το διοξείδιο του άνθρακα.

Το εξαφθοριούχο θείο είναι επίσης ένα από τα ισχυρά αέρια του θερμοκηπίου και συγκεκριμένα έχει την ικανότητα απορρόφησης θερμότητας 22800 φορές παραπάνω από το διοξείδιο του άνθρακα. Αυτά τα αέρια αν και τόσο ισχυρά, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η ποσότητα και ο χρόνος παραμονής τους στην ατμόσφαιρα ώστε να μπορεί να συγκριθεί με το διοξείδιο του άνθρακα (ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑΣ, 2005).

2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

2.1 Εισαγωγή

Το Πολυτεχνείο Κρήτης, το δεύτερο Πολυτεχνείο στην Ελλάδα, ιδρύθηκε το 1977 και δέχτηκε τους πρώτους φοιτητές το 1984. Σκοπός της ίδρυσής του είναι η ανάπτυξη σύγχρονων ειδικοτήτων μηχανικών, πρωτοποριακών για την Ελλάδα. Επίσης, η ανάπτυξη της έρευνας σε προηγμένες τεχνολογίες και η σύνδεσή της με τις βιομηχανικές και παραγωγικές μονάδες της χώρας. Το Πολυτεχνείο Κρήτης έχει δώσει έμφαση τόσο στην βασική όσο και στην εφαρμοσμένη έρευνα, η οποία διεξάγεται στα 57 σύγχρονα εξοπλισμένα ερευνητικά εργαστήρια και στα συνεργαζόμενα ερευνητικά Ινστιτούτα (Στρατηγικός και Επιχειρισιακός Σχεδιασμός Πολυτεχνείου Κρήτης, 2002).

Το Πολυτεχνείο Κρήτης αποτελείται από διάφορες κτηριακές εγκαταστάσεις σε διαφορετικές τοποθεσίες της πόλης των Χανίων. Συγκεκριμένα αποτελείται από τα διοικητικά κτήρια στο κέντρο των Χανίων και από τις υπόλοιπες κτηριακές εγκαταστάσεις που βρίσκονται στο Ακρωτήρι Χανίων (4 τμήματα) 8 χιλιόμετρα βορειοανατολικά της πόλης και στην Χαλέπα(τμήμα Αρχιτεκτονικής) 2 χιλιόμετρα από το κέντρο της πόλης.

Στην παρούσα εργασία τα όρια της μελέτης είναι τα διοικητικά κτήρια(Παλιές Φυλακές), το τμήμα Αρχιτεκτονικής στην Χαλέπα και τα υπόλοιπα 4 τμήματα του Πολυτεχνείου Κρήτης που βρίσκονται στο Ακρωτήρι Χανίων(Campus).

2.2 Προσωπικό

Το προσωπικό του ιδρύματος ανέρχεται σε 125 μέλη ΔΕΠ, 30 μέλη ΕΕΔΙΠ, 20 μέλη ΕΤΕΠ, 64 διοικητικούς τακτικούς υπαλλήλους και 130 υπαλλήλους με σύμβαση Ι.Δ.Α.Χ. Επιπλέον, προσλαμβάνονται κατ' έτος δεκάδες συμβασιούχοι διδάσκοντες για διδασκαλία μαθημάτων αλλά και για διδασκαλία εργαστηριακών και φροντιστηριακών ασκήσεων. Επικουρείται, επίσης, από περίπου 700 ερευνητές επί συμβάσει που εργάζονται στα άνω των τριακοσίων ερευνητικών και αναπτυξιακών προγραμμάτων που εκπονούνται σε αυτό και χρηματοδοτούνται από τρίτες πηγές. Συνολικά το προσωπικό ανέρχεται σε 1129 άτομα (Στρατηγικός και Επιχειρισιακός Σχεδιασμός Πολυτεχνείου Κρήτης, 2002).

2.3 Φοιτητές

Στα Τμήματά του φοιτούν περίπου 2.897 (ακαδημαϊκό έτος 2010-2011) προπτυχιακοί φοιτητές και 700 μεταπτυχιακοί φοιτητές και υποψήφιοι διδάκτορες. Στον Πίνακα 2 αναγράφεται αναλυτικά ο αριθμός ατόμων κάθε ειδικότητας (Στρατηγικός και Επιχειρισιακός Σχεδιασμός Πολυτεχνείου Κρήτης, 2002).

Πίνακας 2: Αριθμός ατόμων ανά ειδικότητα

Ειδικότητα	**Έτος 2010-2011**
Προπτυχιακοί Φοιτητές	2897
Μεταπτυχιακοί Φοιτητές	700
Μέλη ΔΕΠ	125
Μέλη ΕΕΔΙΠ	30
Μέλη ΕΤΕΠ	20
Διοικητικοί Υπάλληλοι	64
Υπάλληλοι με Σύμβαση ΙΔΑΧ	130
Συμβασιούχοι	760
Σύνολο	4726

2.4 Τοποθεσία

Η Πολυτεχνειούπολη είναι χτισμένη σε μια πανοραμική θέση στο Ακρωτήρι Χανίων και καταλαμβάνει έκταση 2900 στρεμμάτων, σε απόσταση 8 χιλιόμετρα ΒΑ της πόλης των Χανίων. Το τμήμα της αρχιτεκτονικής βρίσκεται στη περιοχή της Χαλέπας σε απόσταση 2 χιλιομέτρων από το κέντρο της πόλης (Στρατηγικός και Επιχειρισιακός Σχεδιασμός Πολυτεχνείου Κρήτης, 2002).

2.5 Μεταφορές

Όπως έχει αναφερθεί το Πολυτεχνείο βρίσκεται 8 χιλιόμετρα από την πόλη των Χανίων και το τμήμα αρχιτεκτονικής βρίσκεται 2 χιλιόμετρα από το κέντρο. Το μεγαλύτερο ποσοστό των φοιτητών και του προσωπικού εργάζεται στις κτηριακές εγκαταστάσεις που βρίσκονται στο ακρωτήρι και χρησιμοποιεί είτε αυτοκίνητο είτε αστικό λεωφορείο για την μεταφορά του εκεί.

Συγκεκριμένα τα αστικά λεωφορεία που εξυπηρετούν το Πολυτεχνείο Κρήτης έχουν ως αφετηρία την κεντρική αγορά και τα δρομολόγια τις καθημερινές ξεκινούν από τις 7 και 30 το πρωί έως τις 8 μετά μεσημβρίας. Τα δρομολόγια πραγματοποιούνται σε διάστημα 1 ώρας. Έχει λοιπόν 9 δρομολόγια την ημέρα για τους φοιτητές του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Εκτός από αυτά τα δρομολόγια οι φοιτητές μπορούν να εξυπηρετηθούν και από λεωφορεία με προορισμό τα Κουνουπιδιανά. Τα λεωφορεία προς τα Κουνουπιδιανά πραγματοποιούνται ανά διάστημα μισής ώρας . Οπότε στο σύνολο είναι 27 δρομολόγια ανά ημέρα για την εξυπηρέτηση του ιδρύματος. Τα δρομολόγια αυτά εξυπηρετούν ένα μεγάλο ποσοστό των φοιτητών αλλά η συνεισφορά τους στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης δεν θα ληφθεί υπόψη.

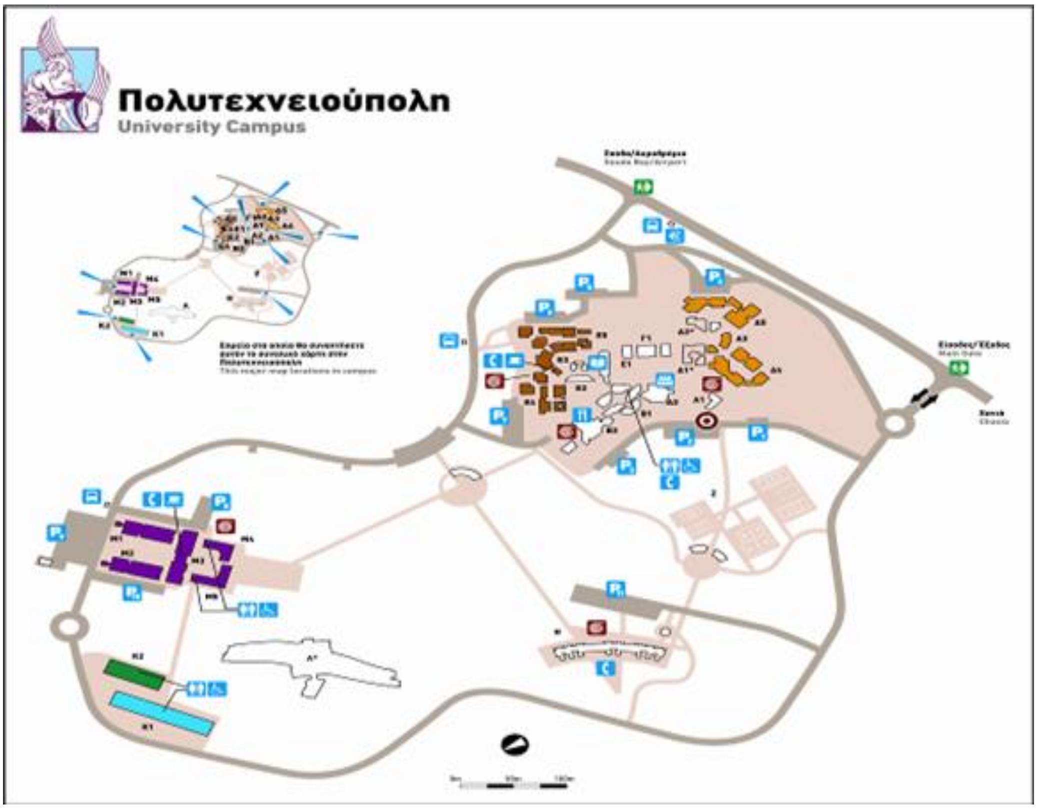
Τέλος οι φοιτητές του τμήματος της αρχιτεκτονικής μπορούν να εξυπηρετηθούν από δρομολόγια προς Χαλέπα. Αυτά ξεκινούν από τις 6:15 προ μεσημβρίας έως τις 22:30 και στο σύνολο τους είναι 65 δρομολόγια καθημερινά. Η συνεισφορά των δρομολογίων αυτών στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης δεν θα ληφθεί υπόψη παρόλο που το ποσοστό φοιτητών που εξυπηρετούνται είναι αρκετά μεγάλο(www.tuc.gr).

Εκτός από τις μεταφορές των φοιτητών και του προσωπικού , θα πρέπει να συμπεριληφθούν και μεταφορές από προμηθευτές υλικών απαραίτητων για τη λειτουργία του Πολυτεχνείου. Συγκεκριμένα θα ληφθούν υπόψη οι εξής παράγοντες: Προμήθευση προϊόντων λέσχης, προμήθευση προϊόντων κυλικείων, απορριμματοφόρα και όχημα ταχυδρομείου Πολυτεχνείου Κρήτης.

2.6 Χάρτες –Κατόψεις

Όπως έχει προαναφερθεί, τα όρια μελέτης είναι το Campus του Π.Κ , το τμήμα Αρχιτεκτονικής και τα διοικητικά κτήρια στο κέντρο της πόλης των Χανίων. Το Campus ΠΚ καταλαμβάνει χώρο 2900 στρεμμάτων και αποτελείται από τις εγκαταστάσεις που φαίνονται στην Εικόνα 1.

Εικόνα 1: Χάρτης Πολυτεχνείου Κρήτης.



Το τμήμα της Αρχιτεκτονικής βρίσκεται στην περιοχή της Χαλέπας, 2 χιλιόμετρα από το κέντρο των Χανίων και καταλαμβάνει χώρο 9800 τετραγωνικών μέτρων. Η περιοχή αυτή φαίνεται στην Εικόνα 2 εντός του πλαισίου.

Εικόνα 2: Κάτοψη τμήματος αρχιτεκτονικής

Τέλος οι διοικητικές εγκαταστάσεις στο κέντρο της πόλης των Χανίων αποτελούνται από δύο κτήρια και συνεπώς δεν παίζει ιδιαίτερο ρόλο στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης. Παρόλο αυτά έχει συμπεριληφθεί στο συνολικό αποτύπωμα.

Στην Εικόνα 3 φαίνονται οι συνολικές εγκαταστάσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης εντός και εκτός της πόλης των Χανίων. Επιπλέον αναγράφονται και οι αποστάσεις από το κέντρο της πόλης από κάθε συγκρότημα του Π.Κ.

Εικόνα 3: Τοποθεσίες συγκροτημάτων Π.Κ. στην πόλη των Χανίων.

2.6 Ενεργειακές απαιτήσεις

Σε αυτό το κεφάλαιο αναγράφονται στοιχεία όσον αφορά την ενεργειακή απαίτηση του Πολυτεχνείου για κάθε ένα από τα τρία έτη που επιλέξαμε να εξετάσουμε. Τα στοιχεία αυτά συλλέχθηκαν από το Λογιστήριο Πρυτανείας βάσει των τιμολογίων.

2.6.1 Έτος 2010

Στον Πίνακα 3 αναγράφονται στοιχεία για την λειτουργία των λεβητών του Πολυτεχνείου για το έτος 2010 .

Πίνακας 3:Χαρακτηριστικά λεβητών Πολυτεχνείου Κρήτης

ΜΟΝΑΔΕΣ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΜΕΓΕΘΟΣ(kcal/h)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kg/h)
Λέβητας Θέρμανσης	Εστία	380	07:00-12:00,17:30-23:00	89%	28
Λέβητας Ζεστού Νερού	Εστία	200	00:00-24:00	89%	17.8
Λέβητας Θέρμανσης No1	ΜΗΧΟΠ	200	07:00-21:00	87%	20
Λέβητας Θέρμανσης No2	ΜΗΧΟΠ	200	07:00-21:00	87%	20
Λέβητας Θέρμανσης	Κτήρια Δ3,Δ4,Δ5	450	08:00-16:30	89%	42.6
Λέβητας Ζεστού Νερού	Λέσχη	50	00:00-24:00	89%	3.13
Λέβητας Θέρμανσης	Λέσχη	700	07:00-14:00,17:30-21:30	91%	71.5
Λέβητας Θέρμανσης	Λέσχη	700	07:00-14:00,17:30-21:30	91%	71.5

Αντίστοιχα στον Πίνακα 4 αναγράφονται οι τιμές της ηλεκτρικής κατανάλωσης του έτους 2010.

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΙΣΧΥΣ (kW)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣ□ ΑΕΡΓΩΝ (kVarh)	ΑΙΧΜΗ (kW)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ(cos□)
25/11/09 25/12/09	299200	83□.9	35200	973	0□□93
25/12/09 25/01/10	288□00	806.9	24800	94	0.996
25/01/10 25/02/10	4080000	994.3	25600	1167	0.998
25/02/10 25/03/10	319200	918.0	□800	1080	1,0□0
25/03/10 25/04/10	25□200	627.3	1600	6□0	1,000
25/04/10 25/05/10	266400	749.7	4000	811	1,000
25/05/10 25/06/10	365600	1230.6	36800	1441	0.995
25/06/10 25/07/10	375200	1,005	68000	1158	0.984
25/07/10 25/08/10	340000	969.8	49600	1129	0.990
25/08/10 25/09/10	424800	1221.1	81600	1410	0.982
25/09/10 25/10/10	330400	1107.2	36000	1295	0.994
25/10/10 25/11/10	295200	719.9	14400	846	0.999

2.6.2 Έτος 2011

Στον Πίνακα 5 αναγράφονται στοιχεία όσον αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2011.

Πίνακας 5: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ΠΚ το έτος 2011

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΙΣΧΥΣ (kWh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΕΡΓΩΝ (kVarh)	ΑΙΧΜΗ (kW)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ(cosφ)
25/11/10 29/12/10	326400	566.8	20800	587	0.998
1/01/11 2/02/11	388000	511	21600	1228	0.998
1/02/11 2/03/11	356800	549.9	6400	800	1
1/03/11 2/04/11	352800	619	9600	1482	1
1/04/11- 2/05/11	265600	1102.3	12800	961	1
1/05/11 2/06/11	268800	812.8	800	778	1
1/06/11 2/07/11	350400	1163	16000	1106	0.999
1/07/11 2/08/11	325600	1,082	14400	995	0.999
1/08/11 2/09/11	326400	1230.8	7200	1076	1
1/09/11 2/10/11	226400	441.2	800	542	1
1/10/11 2/11/11	208800	918.4	8000	759	0.999
1/11/11 2/12/11	336800	1331	8000	1181	1

Όσον αφορά την κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης για τα έτη 2011 και 2012 δεν υπήρχαν αντίστοιχα στοιχεία με το έτος 2010. Στον Πίνακα 6 αναγράφονται στοιχεία του τιμολογίου αγοράς του πετρελαίου θέρμανσης για το έτος 2011. Η αγορά έγινε τον μήνα Σεπτέμβριο του 2010 οπότε η τιμή πετρελαίου ανά λίτρο που θα λάβουμε υπόψη είναι 0.57 €. Επόμενη πληρωμή έγινε τον Δεκέμβρη του 2011 οπότε θεωρούμε ότι το ποσό που αναγράφεται στον Πίνακα 6 χρησιμοποιήθηκε για όλο το έτος 2011.

Πίνακας 6: Στοιχεία πληρωμής πετρελαίου θέρμανσης το έτος 2011

Συνολικό ποσό €	Τιμή πετρελαίου θέρμανσης €/L	Όγκος σε KL
88465	0.57	155.2

Σημείωση: Η τιμή πετρελαίου θέρμανσης που αναγράφεται στον Πίνακα 6 είναι η τιμή με την οποία αγοράστηκε τον Σεπτέμβριο του 2010.

2.6.3 Έτος 2012

Στον Πίνακα 7 αναγράφονται στοιχεία όσον αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο Πολυτεχνείο Κρήτης το πρώτο εξάμηνο (Ιανουάριο-Ιούλιο) του έτους 2012.

Πίνακας 7: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ΠΚ το διάστημα Ιανουάριο- Ιού0λιο του έτους 2012

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)	ΙΣΧΥΣ (kWh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΕΡΓΩΝ (kVarh)	ΑΙΧΜΗ (kW)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ(cosφ)
1/11/11 1/12/11	331200	1016.1	3200	967	1
1/12/11 2/02/12	408000	1657.5	13600	1517	0.999
1/02/12 2/03/12	400800	1355.3	37600	1402	0.996
1/03/12 2/04/12	360000	1331.9	11200	1289	1
1/04/12 2/05/12	229600	692	5600	692	1
1/05/12 2/06/12	195200	745	7200	711	1

Όσον αφορά την κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης για το έτος 2012, στον Πίνακα 8 αναγράφονται στοιχεία πληρωμής του πετρελαίου τον Δεκέμβρη του 2011.

Πίνακας 8: Στοιχεία πληρωμής πετρελαίου θέρμανσης το έτος 2012

Συνολικό ποσό €	Τιμή πετρελαίου θέρμανσης €/L	Όγκος σε KL
65000	0.77	84.4

Σημείωση: Η τιμή που αναγράφεται στον Πίνακα 8 είναι η τιμή με την οποία αγοράστηκε το πετρέλαιο θέρμανσης τον Δεκέμβρη του 2011.

3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ

3.1 Ανάλυση αποτυπώματος άνθρακα Πολυτεχνείου Κρήτης

3.1.1 Εισαγωγή

Το αποτύπωμα άνθρακα αποτελεί την απογραφή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ετήσια βάση που εκλύονται από το υπό εξέταση σύστημα. Η απογραφή αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στον προσδιορισμό μελλοντικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στον προσδιορισμό τρόπων ελάττωσης αυτών. Αποτελεί βασικό εργαλείο για την εκτίμηση της συνεισφοράς του ιδρύματος στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η απογραφή αυτή βασίζεται σε τέσσερα βασικά σημεία.

- Στην κατηγοριοποίηση των πηγών των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό επιπλέον περιλαμβάνει τον καθορισμό των ορίων μέτρησης των εκπομπών και τον τρόπο υπολογισμού αυτών.
- Συλλογή δεδομένων, μεταβλητών και συντελεστών απαραίτητων για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος.
- Υπολογισμός αερίων του θερμοκηπίου και μετατροπή τους σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα βάσει του δυναμικού κλιματικής αλλαγής του κάθε αερίου.
- Συμπεράσματα βάσει των αποτελεσμάτων της απογραφής.

Ακολουθώντας αυτά τα σημεία η απογραφή αυτή θα μπορεί να συγκριθεί με μελλοντικές απογραφές και να κριθεί το μέγεθος της βελτίωσης ή της επιδείνωσης της κατάστασης, όσον αφορά τα αέρια του θερμοκηπίου που εκλύονται (Method for Conducting a Greenhouse Gas Emissions Inventory for Colleges and Universities, 2002).

3.1.2 Κατηγοριοποίηση πηγών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου

Η κατηγοριοποίηση των πηγών αερίων του θερμοκηπίου θα μας βοηθήσει στον καθορισμό των ορίων μέτρησης. Οι δραστηριότητες, υπεύθυνες για την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, θα κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τα πλαίσια ελέγχου που πραγματοποιείται. Οι δραστηριότητες που πραγματοποιούνται εντός του Πολυτεχνείου θα ανήκουν σε μία κατηγορία και αντίστοιχα οι δραστηριότητες που σχετίζονται μεν με το Πολυτεχνείο αλλά πραγματοποιούνται εκτός αυτού θα ανήκουν σε άλλη κατηγορία. Τέλος η τρίτη κατηγορία θα περιλαμβάνει δραστηριότητες που συμβάλουν στη ελάττωση των αερίων του θερμοκηπίου. Οι κατηγορίες αυτές είναι: Ελεγχόμενες εκπομπές, μη ελεγχόμενες εκπομπές και μηδενικές εκπομπές.

Οι μη ελεγχόμενες εκπομπές δεν μπορούν να υπολογιστούν με ιδιαίτερη ακρίβεια αλλά στη συγκεκριμένη εργασία βάσει παραδοχών που λαμβάνονται υπολογίζουμε την ελάχιστη δυνατή εκπομπή.

Ελεγχόμενες εκπομπές

Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν δραστηριότητες που πραγματοποιούνται εντός των ορίων του Πολυτεχνείου και ελέγχονται αποκλειστικά από αυτό. Αυτές λοιπόν είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, καύση πετρελαίου για θέρμανση, μεταφορά φοιτητών με καθορισμένα δρομολόγια λεωφορείων, βιολογικός καθαρισμός Πολυτεχνείου, τοξικά απορρίμματα από εργαστήρια και τέλος γενικά απορρίμματα. Η συνεισφορά κάθε δραστηριότητας αναλύεται στα επόμενα κεφάλαια.

Μη ελεγχόμενες εκπομπές

Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν δραστηριότητες οι οποίες δεν μπορούν να ελεγχθούν ολοκληρωτικά από το Πολυτεχνείο καθώς είτε πραγματοποιούνται εκτός αυτού είτε δεν υπάρχει τρόπος συλλογής δεδομένων για τον υπολογισμό τους. Οι πιο βασικές από αυτές είναι η μεταφορά προσωπικού και μέρος των φοιτητών (που δεν χρησιμοποιεί λεωφορείο) στον χώρο του Πολυτεχνείου, η μεταφορά προϊόντων και υλικών απαραίτητων για τη λειτουργία του Πολυτεχνείου, η παραγωγή προϊόντων και υλικών απαραίτητων για τη λειτουργία του Πολυτεχνείου, η λειτουργία εστιών για φοιτητές και εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από ανακαινίσεις κτηρίων και άλλων παρόμοιων δραστηριοτήτων.

Μηδενικές εκπομπές

Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν τα συστήματα που συνεισφέρουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου όπως είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα, ανεμογεννήτριες και άλλες φιλικές προς το περιβάλλον δραστηριότητες.

3.1.3 Συλλογή δεδομένων και παραδοχές

Για τα επιμέρους αποτυπώματα άνθρακα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανσης και μεταφορές χρησιμοποιήθηκαν τα εξής δεδομένα: παροχή κατανάλωσης καυσίμου, θερμογόνος δύναμη καυσίμου, συντελεστές εκπομπής για κάθε ένα από τα τρία βασικά αέρια του θερμοκηπίου, πυκνότητα καυσίμων και σταθερές μετατροπής μονάδων (National Greenhouse Accounts Factors, 2011).

Για τα αποτυπώματα άνθρακα του βιολογικού καθαρισμού, τοξικών και αστικών αποβλήτων χρησιμοποιήθηκαν τα εξής δεδομένα: παροχή παραγωγής απορριμμάτων-αποβλήτων, συντελεστές εκπομπής για τα τρία βασικά αέρια του θερμοκηπίου, πυκνότητα απορριμμάτων-αποβλήτων και σταθερές μετατροπής μονάδων (Johnke, 2011).

Στη συλλογή δεδομένων συνέβαλαν διάφοροι παράγοντες του Πολυτεχνείου Κρήτης. Συγκεκριμένα δεδομένα παροχών κατανάλωσης καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας, παροχή τοξικών απορριμμάτων, αστικών απορριμμάτων και αποστάσεων που διανύουν τα οχήματα μεταφορών προϊόντων δόθηκαν αντίστοιχα από τους εξής παράγοντες: Λογιστήριο πρυτανείας, Envirochem Α.Ε., ΔΕΔΙΣΑ Χανίων και υπεύθυνοι λέσχης, κυλικείων, εργαστηρίων και αστικών λεωφορείων. Τα υπόλοιπα δεδομένα όπως θερμογόνος δύναμη καυσίμων και συντελεστές εκπομπής συλλέχθηκαν από δημοσιεύσεις (National Greenhouse Accounts Factors, 2011).

Οι παραδοχές που κάναμε είναι οι εξής:

<u>Μεταφορές</u>

- Απόσταση που διανύουν οι φοιτητές-προσωπικό για το τμήμα Αρχιτεκτονικής και το Campus είναι αντίστοιχα 2 χιλιόμετρα και 6.1 χιλιόμετρα.
- Το ποσοστό των φοιτητών που χρησιμοποιεί αυτοκίνητο είναι 20% και ένα 20% κατά μέσο όρο πηγαίνει καθημερινά στο ΠΚ.
- Μέση κατανάλωση καυσίμων κίνησης αυτοκινήτων 6.5 lt/100km και ως καύσιμο την αμόλυβδη βενζίνη.
- Οι ημέρες που δεν λειτουργεί το Πολυτεχνείο για τους φοιτητές είναι 110 μέρες τον χρόνο(διακοπή Χριστουγέννων, διακοπή Πάσχα, διακοπή Καλοκαιριού και τις ημέρες τις εξεταστικής όπου το ποσοστό των φοιτητών στο ΠΚ είναι σχετικά μικρό).

  <u>Θέρμανση</u>
- Οι λέβητες, υποθέσαμε ότι λειτουργούν 75 μέρες τον χρόνο κατά μέσο όρο.

  <u>Αποτύπωμα άνθρακα</u>
- Για τα αποτυπώματα άνθρακα από μεταφορές, υγρά και αστικά απόβλητα, τοξικά απόβλητα θεωρήσαμε ότι: παραμένουν ίδια σε κάθε έτος απογραφής. Αυτό μπορούμε να το υποθέσουμε καθώς ο αριθμός των εισακτέων φοιτητών στο ΠΚ τα έτη αυτά ήταν σχεδόν ίδιος.
- Συντελεστής πλήρωσης κάδων απορριμμάτων 80%.

Στα δεδομένα εισαγωγής του λογισμικού Homer κάναμε οι παραδοχές που κάναμε ήταν οι εξής:

Λογισμικό Homer

- Τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Το αρχικό κεφάλαιο για κάθε ένα από τα συστήματα.
- Ρυθμίσεις λειτουργίας των συστημάτων (φωτοβολταικά χωρίς σύστημα που ρυθμίζει την κλίση του πλαισίου για βέλτιστη απόδοση-no tracking, σύνδεση με το δίκτυο ηλεκτροδότησης κ.α.).

3.1.4 Συντελεστής εκπομπής

Ο συντελεστής εκπομπής ή ισχύς εκπομπής καθορίζεται από το ποσό ρύπων που παράγονται ανά μονάδα κατανάλωσης ρυπαντή. Στην παρούσα εργασία μας ενδιαφέρει ο συντελεστής εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται από τις δραστηριότητες σχετικές με το Πολυτεχνείο Κρήτης. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήσαμε συντελεστές εκπομπής για τρία βασικά αέρια του θερμοκηπίου που εκλύονται, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το διοξείδιο του αζώτου.

Υπολογίζοντας ποσότητες ρυπαντών και αντίστοιχων συντελεστών εκπομπής μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσό των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται. Στη συνέχεια γίνεται αναγωγή σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα. Η διαδικασία υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος αναλύεται στο κεφάλαιο 3.2 .

3.2 Υπολογισμός ανθρακικού αποτυπώματος

3.2.1 Εισαγωγή

Κατά τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος, οι μετρήσεις λαμβάνονται σε ετήσια βάση, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα της σύγκρισης του αποτυπώματος ανά έτος λειτουργίας του Πολυτεχνείου. Στην παρούσα εργασία θα υπολογίσουμε τα αέρια του θερμοκηπίου που εκλύονται από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, καύση πετρελαίου θέρμανσης, μεταφορές, βιολογικό καθαρισμό Πολυτεχνείου Κρήτης, τοξικά και αστικά απόβλητα.

3.2.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα σε ετήσια βάση θα πρέπει να γνωρίζουμε την ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ιδρύματος και τον αντίστοιχο συντελεστή εκπομπής (National Greenhouse Accounts Factors, 2011).

Έτος 2010

Στον Πίνακα 9 αναγράφονται οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας του Πολυτεχνείου Κρήτης το έτος 2010.

Πίνακας 9: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα το έτος 2010

Μήνας	**Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας σε kWh**
Ιανουάριος	288800
Φεβρουάριος	290000
Μάρτιος	319200
Απρίλιος	259200
Μάιος	266400
Ιούνιος	365600
Ιούλιος	375200
Αύγουστος	340000
Σεπτέμβριος	424800
Οκτώβριος	330400
Νοέμβριος	300000
Δεκέμβριος	326400
Σύνολο	**3858800**

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη πραγματοποιείται με μονάδες εσωτερικής καύσης Diesel και με αεριοστρόβιλους καύσης Diesel. Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα θα χρησιμοποιήσουμε τις εξής μεταβλητές: ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του Π.Κ. και ο συντελεστής εκπομπής σε kg CO_2e/kWh (National Greenhouse Accounts Factors, 2011).

Ο συντελεστής εκπομπής βάσει βιβλιογραφίας είναι 0.6992 kg CO_2e/kWh (Gazoline and Diesel Industrial Engines , 2005). Συνεπώς η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκλύθηκε το 2010 λόγω κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο Πολυτεχνείο Κρήτης είναι:

$$\boldsymbol{E} = (\textbf{Συντελεστής εκπομπής}) \cdot (\textbf{Συνολική κατανάλωση το 2010}) \quad (4)$$

$$0.0006992 \text{ tn} \frac{\text{CO2e}}{\text{kWh}} \cdot 3858800\text{kWh} = 2698.1 \text{ tn CO2e}$$

$$\text{E} = 2698.1 \text{ tn CO2e}$$

Ομοίως υπολογίζουμε το αποτύπωμα άνθρακα λόγω κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, τα χρόνια 2011 και το πρώτο εξάμηνο(Ιανουάριος-Ιούλιος) του 2012.

Έτος 2011

Στον Πίνακα 10 αναγράφονται οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας του Πολυτεχνείου Κρήτης το έτος 2011.

Πίνακας 10: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα το έτος 2011

Μήνας	**Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας σε kWh**
Ιανουάριος	388000
Φεβρουάριος	356800
Μάρτιος	352800
Απρίλιος	265600
Μάιος	268800
Ιούνιος	350400
Ιούλιος	325600
Αύγουστος	326400
Σεπτέμβριος	226400
Οκτώβριος	208800
Νοέμβριος	336800
Δεκέμβριος	331200
Σύνολο	**3737600**

$$\mathbf{E} = (\mathbf{Συντελεστής\ εκπομπής}) \cdot (\mathbf{Συνολική\ κατανάλωση\ του\ 2011}) \quad (5)$$

$$0.0006992 \text{ tn CO2e/kWh} \cdot 3737600\text{kWh} = 2613.3 \text{ tn } CO_2e$$

E=2613.3 tn CO_2e

Έτος 2012

Στον Πίνακα 11 αναγράφονται οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας του Πολυτεχνείου Κρήτης το πρώτο εξάμηνο(Ιανουάριος-Ιούλιος) του 2012.

Πίνακας 11: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα το έτος 2012

Μήνας	**Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας σε kWh**
Ιανουάριος	408000
Φεβρουάριος	400800
Μάρτιος	360000

Απρίλιος	229600
Μάιος	195200
Ιούνιος	205800
Σύνολο	**1799400**

$$\mathbf{E = (Συντελεστής\ εκπομπής) \cdot (Συνολική\ κατανάλωση\ του\ 2012)(6)}$$

$$E = 0.0006992 tn\ CO2e/kWh \cdot 1799400\ kWh = 1258.1 tn\ CO2e$$

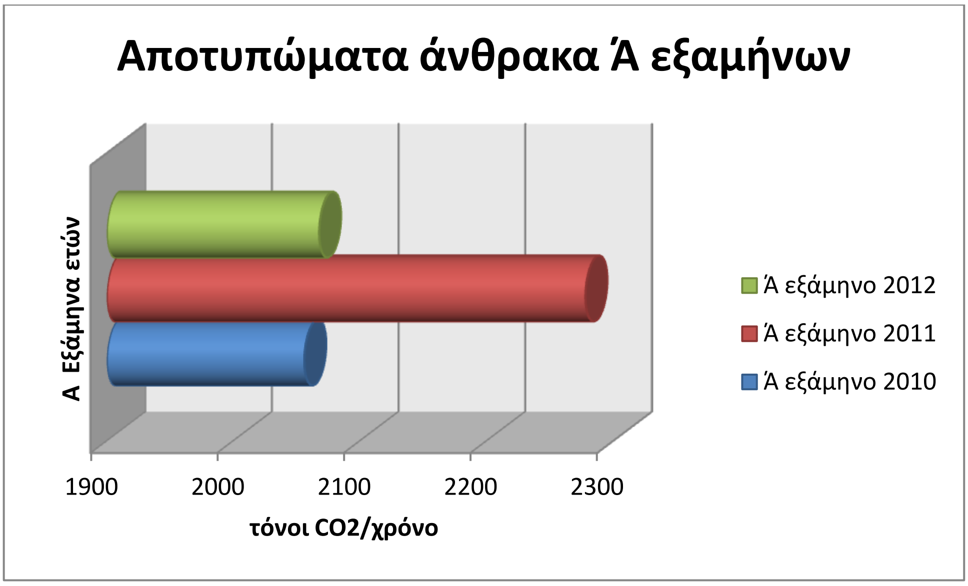
$$E = 1258.1\ tn\ CO2e$$

Στο διάγραμμα 2 φαίνονται τα αποτυπώματα άνθρακα για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τα τρία έτη στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

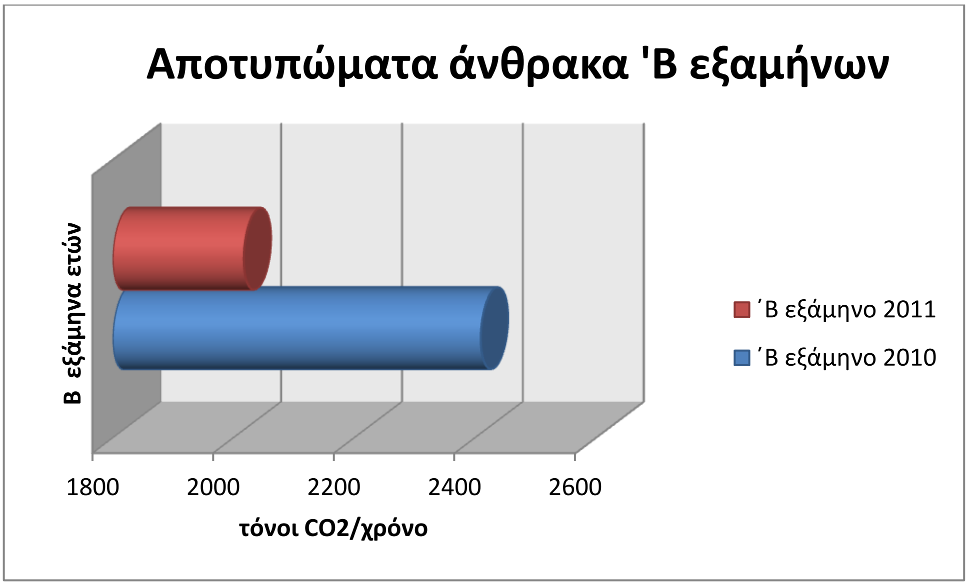
Διάγραμμα 2: Αποτύπωμα άνθρακα από κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος απογραφής

Παρατηρούμε μία συνολική μείωση του αποτυπώματος άνθρακα από το έτος 2010 στο 2011 της τάξης του 3%. Στη συνέχεια θα συγκρίνουμε τα αποτυπώματα άνθρακα ανά εξάμηνα (Α εξάμηνο: Ιανουάριος-Ιούνιος και Β εξάμηνο: Ιούλιος-Δεκέμβριος) με τα διαγράμματα 3 και 4.

Διάγραμμα 3: Αποτύπωμα άνθρακα ανά περίοδο Ιανουάριο-Ιούλιο(Α εξάμηνο) για κάθε έτος απογραφής για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.



Διάγραμμα 4: Αποτύπωμα άνθρακα ανά περίοδο Ιούλιο-Δεκέμβριο(Β εξάμηνο) για τα έτη απογραφής 2010 και 2011 για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.



Βλέποντας τα δύο αυτά διαγράμματα παρατηρούμε ότι για τα έτη 2010 και 2011 το αποτύπωμα άνθρακα έχουν διαφορετική κατανομή στα εξάμηνα των ετών. Το έτος 2010 έχουμε μεγαλύτερη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα το Β εξάμηνο (Ιούλιο- Δεκέμβριο) και αντίθετα το έτος 2011 το Α εξάμηνο υπάρχουν μεγαλύτερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα λόγω κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι το διάστημα Ιούλιο 2010 με Ιούνιο 2011 έχουμε την μεγαλύτερη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα. Πρέπει να τονίσουμε ότι αρκετοί εσωτερικοί χώροι του Πολυτεχνείου Κρήτης θερμαίνονται με κλιματιστικά που απαιτούν μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας για την λειτουργία τους. Μπορούμε λοιπόν να υποθέσουμε ότι η αύξηση αυτή οφείλεται στον κακές καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν τον χειμώνα της περιόδου 2010-2011 σε σχέση με τον χειμώνα της περιόδου 2011-2012. Μία άλλη εξήγηση θα μπορούσε να ήταν λόγω οικονομικής στενότητας του Π.Κ. Αυτό προφανώς οφείλεται στην οικονομική κρίση η οποία ήταν κυρίως αισθητή από το 2011 και αργότερα.

3.2.3 Θέρμανση

Για τον υπολογισμό της ποσότητας ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης για λόγους θέρμανσης πρέπει να γνωρίζουμε : τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιείται, την θερμογόνο δύναμη του καυσίμου, τον συντελεστή εκπομπής για κάθε ένα από τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου που εκλύονται κατά την καύση πετρελαίου θέρμανσης με μονάδες kg CO_2e/GJ. Τα σημαντικότερα αέρια είναι διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και οξείδια του αζώτου.

Βάσει αυτών των δεδομένων και την Σχέση (7) μπορούμε να υπολογίσουμε τα ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα αθροίζοντας τους επιμέρους υπολογισμούς για κάθε αέριο (National Greenhouse Accounts Factors, 2011).

$$E = \frac{Q \cdot EC \cdot EF}{1000} \quad (6)$$

Όπου E: εκπομπή ισοδύναμων CO_2 σε τόνους ανά χρόνο.

Q: Ποσότητα καυσίμου που καταναλώθηκε το έτος που εξετάζουμε kL/y

EC: Θερμογόνος δύναμη καυσίμου σε GJ/kL .

EF: Συντελεστής εκπομπής σε kg CO_2e/GJ.

Στο Πολυτεχνείο Κρήτης το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι το πετρέλαιο θέρμανσης του οποίου η θερμογόνος δύναμη είναι 37.3 GJ/KL. Οι συντελεστές εκπομπής για ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα για τα τρία βασικά αέρια του θερμοκηπίου αναγράφονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 12: Συντελεστές εκπομπής kg CO_2e/GJ για τρία βασικά αέρια του θερμοκηπίου (National Greenhouse Accounts Factors, 2011).

Συντελεστής εκπομπής kg CO_2e/GJ		
CO_2	CH_4	N_2O
68.8	0.02	0.2

Από την Σχέση (7) υπολογίζουμε την ποσότητα ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα που εκλύονται για κάθε ένα από τα τρία βασικά αέρια που μελετώνται. Στην συνέχεια αθροίζοντας τα τρία αποτελέσματα προκύπτει το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα από για λόγους θέρμανσης του Πολυτεχνείου Κρήτης.

- Για το CO_2: $$E1 = \frac{Q\frac{KL}{y}\cdot 37.3\frac{GJ}{KL}\cdot 68.8\frac{kg\ CO2e}{GJ}}{1000}$$
- Για το CH_4: $$E2 = \frac{Q\frac{KL}{y}\cdot 37.3\frac{GJ}{KL}\cdot 0.02\frac{kg\ CO2e}{GJ}}{1000}$$
- Για το N_2O: $$E3 = \frac{Q\frac{KL}{y}\cdot 37.3\frac{GJ}{KL}\cdot 0.2\frac{kg\ CO2e}{GJ}}{1000}$$

Αθροίζοντας τις τρεις τιμές που θα προκύψουν, υπολογίζουμε το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα.

Έτος 2010

Στον Πίνακα 13 αναγράφονται οι τιμές κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης του Πολυτεχνείου Κρήτης για το έτος 2010. Τα στοιχεία αυτά συλλέχθηκαν βάσει των τιμολογίων αγοράς πετρελαίου θέρμανσης από το λογιστήριο πρυτανείας του ΠΚ.

Πίνακας 13: Κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης το έτος 2010

ΜΟΝΑΔΕΣ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kg/h)
Λέβητας Θέρμανσης	Εστία	07:00-12:00 ,17:30-23:00	28
Λέβητας Ζεστού Νερού	Εστία	00:00-24:00	17.8
Λέβητας Θέρμανσης No1	ΜΗΧΟΠ	07:00-21:00	20
Λέβητας Θέρμανσης No2	ΜΗΧΟΠ	07:00-21:00	20
Λέβητας Θέρμανσης	Κτήρια Δ3,Δ4,Δ5	08:00-16:30	42.6
Λέβητας Ζεστού Νερού	Λέσχη	00:00-24:00	3.13
Λέβητας Θέρμανσης	Λέσχη	07:00-14:00, 17:30-21:30	71.5
Λέβητας Θέρμανσης	Λέσχη	07:00-14:00,17:30-21:30	71.5

Στον Πίνακα 14 αναγράφονται οι ώρες λειτουργίας και η κατανάλωση ανά ώρα και ανά ημέρα.

Πίνακας 14: Κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης ανά χρονικά διαστήματα

Ώρες λειτουργίας	Ωριαία Κατανάλωση kg /h	Ημερήσια Κατανάλωση kg/d	Ημερήσια Κατανάλωση KL/d	Ετήσια Κατανάλωση KL/y
10.5	28	294	0.34	23.5
24	17.8	427.2	0.49	34.1
14	20	280	0.32	22.3
14	20	280	0.32	22.3
8.5	42.6	362.1	0.41	28.9
24	3.13	75.12	0.09	6.0
11	71.5	786.5	0.90	62.8
11	71.5	786.5	0.90	62.8
	Σύνολο	**3291.42**	**3.75**	**262.7**

Στο σύνολο η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης στο ίδρυμα ανά ημέρα είναι 3291.4 kg/d ⇔ 3.29 tn/d ή 3.75 KL/d. Παίρνουμε ως παραδοχή ότι στο Πολυτεχνείο Κρήτης οι λέβητες λειτουργούν κατά μέσο όρο 75 μέρες τον χρόνο, οπότε υπολογίζεται ετήσια κατανάλωση 262.7 KL/y πετρελαίου θέρμανσης.

Βάσει της Σχέσης (7) και των δεδομένων υπολογίζουμε το αποτύπωμα άνθρακα για θέρμανση στο Π.Κ. Τα αποτελέσματα αναγράφονται στον Πίνακα 15.

Πίνακας 15: Αποτύπωμα άνθρακα από κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης

			Συντελεστής εκπομπής		
Τοποθεσία	**Ημερήσια Κατανάλωση KL/d**	**CO_2 kg/y**	**CH_4 kg/y**	**N_2O kg/y**	**Ποσότητα ισοδύναμων CO_2 $tnCO_2e/y$**
Εστία	0.34	60220	18	175	60.41
Εστία	0.49	87504	25	254	87.78
ΜΗΧΟΠ	0.32	57353	17	167	57.54
ΜΗΧΟΠ	0.32	57353	17	167	57.54
Κτήρια Δ3,Δ4,Δ5	0.41	74169	22	216	74.41
Λέσχη	0.09	15387	4	45	15.44
Λέσχη	0.90	161100	47	468	161.61
Λέσχη	0.90	161100	47	468	161.61
Σύνολο	3.75	-	-	-	**676.3**

Το αποτύπωμα άνθρακα στο Πολυτεχνείο Κρήτης λόγω καύσης πετρελαίου θέρμανσης για το έτος 2010 είναι:

$$E=676.3 \text{ tnCO2e/y}$$

Ομοίως υπολογίζουμε το αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης τα έτη 2011 και 2012.

<u>Έτος 2011</u>

Για το έτος 2011 ο συνολικός όγκος πετρελαίου θέρμανσης που χρησιμοποιήθηκε στο Πολυτεχνείο Κρήτης είναι 155.2 KL/y. Αυτό προκύπτει όπως έχει αναφερθεί από τα τιμολόγια αγοράς του πετρελαίου θέρμανσης. Ομοίως από την σχέση (7) και τους αντίστοιχους συντελεστές εκπομπής υπολογίζουμε το αποτύπωμα άνθρακα για λόγους θέρμανσης στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Στον Πίνακα 16 αναγράφονται τα αποτελέσματα για το έτος 2011.

Πίνακας 16: Αποτύπωμα άνθρακα για θέρμανση το έτος 2011 (National Greenhouse Accounts Factors, 2011).

		Συντελεστής εκπομπής		
Ετήσια Κατανάλωση KL/y	CO_2	CH_4	N_2O	Ποσότητα ισοδύναμων CO_2 $tnCO_2e/y$
155.2	398	0	1	400

<u>Έτος 2012</u>

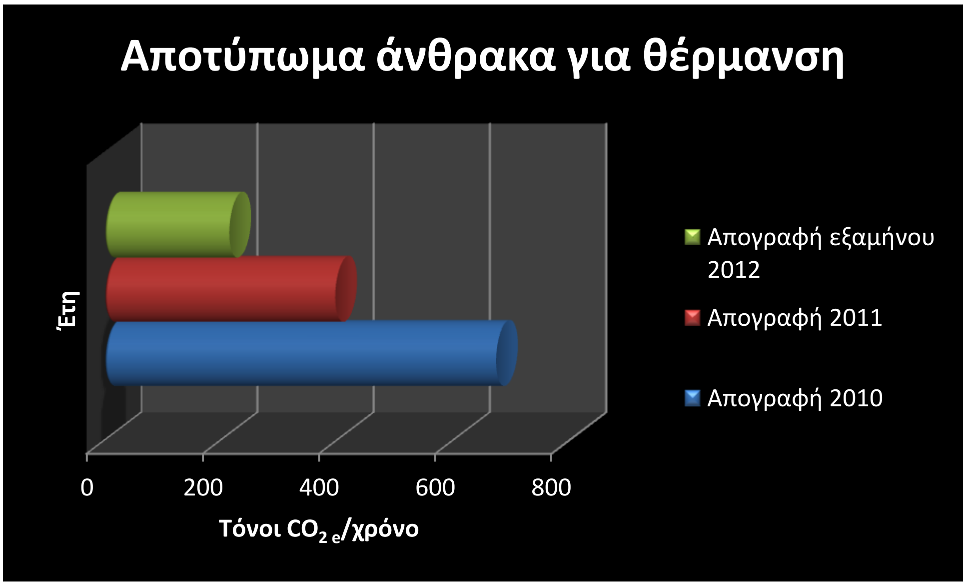
Για το πρώτο εξάμηνο του 2012 ο συνολικός όγκος πετρελαίου θέρμανσης που χρησιμοποιήθηκε στο Πολυτεχνείο Κρήτης είναι 84.4 KL/y. Ομοίως από την σχέση (7) και τους αντίστοιχους συντελεστές εκπομπής υπολογίζουμε το αποτύπωμα άνθρακα . Στον Πίνακα 17 αναγράφονται τα αποτελέσματα για το πρώτο εξάμηνο του 2012.

Πίνακας 17: Αποτύπωμα άνθρακα την περίοδο Ιανουαρίου-Ιουλίου του έτους 2012

		Συντελεστής εκπομπής		
Ετήσια Κατανάλωση KL/y	CO_2	CH_4	N_2O	Ποσότητα ισοδύναμων CO_2 $tnCO_2e/y$
84.4	217	0	1	217

Στο διάγραμμα 5 παρουσιάζεται το αποτύπωμα άνθρακα κάθε χρονιάς για την θέρμανση του ΠΚ.

Διάγραμμα 5: Αποτύπωμα άνθρακα για θέρμανση ανά έτος απογραφής



3.2.4 Μεταφορές

Κατά την καύση πετρελαίου κίνησης τα βασικότερα αέρια που εκλύονται και είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και οξείδια του αζώτου. Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα εφαρμόζουμε την σχέση που αναλύεται παρακάτω για τα τρία αέρια και στη συνέχεια αθροίζουμε τα επιμέρους αποτελέσματα.

Για την εφαρμογή της σχέσης θα χρειαστούν οι εξής μεταβλητές: απόσταση που διανύεται από όλα τα οχήματα, τύπο καυσίμου που χρησιμοποιούν τα οχήματα, τη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου ,τον συντελεστή εκπομπής σε kg CO_2e των CO_2, CH_4, N_2O ανά μονάδα ενέργειας, κατανάλωση ανά χιλιόμετρο, συχνότητα δρομολογίων και αριθμό οχημάτων.

Για το είδος καυσίμου που χρησιμοποιούν οι οδηγοί μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι περισσότεροι χρησιμοποιούν αμόλυβδη βενζίνη και για τα λεωφορεία το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι Diesel. Στον Πίνακα 18 αναγράφονται τα χαρακτηριστικά των οχημάτων και η θερμογόνος δύναμη κάθε καυσίμου.

Πίνακας 18: Χαρακτηριστικά οχημάτων

	Είδος Οχήματος	Κυβικά οχήματος cm^3	Καύσιμο	Κατανάλωση lt/100km	Θερμογόνο δύναμη GJ/Kl
Προμήθευση Κυλικείου 1	Φορτηγό	6000	Diesel	34	38.6
Προμήθευση Κυλικείου 2	Φορτηγό	6000	Diesel	34	38.6
Προμήθευση Λέσχης 1	Φορτηγό	6000	Diesel	34	38.6
Προμήθευση Λέσχης 2	Φορτηγό	6000	Diesel	34	38.6
Προμήθευση Λέσχης 3	Φορτηγό	6000	Diesel	34	38.6
Προμήθευση Εργαστηρίων	Φορτηγό	6000	Diesel	34	38.6
Λεωφορείο φοιτητές 1	Λεωφορείο	6000	Diesel	34	38.6
Αυτοκίνητο φοιτητές Αρχιτεκτονικής	Ι.Χ.	1500	Αμόλυβδη	6.5	34.2
Αυτοκίνητο φοιτητές	Ι.Χ.	1500	Αμόλυβδη	6.5	34.2
Προσωπικό Πολυτεχνείο	Ι.Χ.	1500	Αμόλυβδη	6.5	34.2
Προσωπικό Αρχιτεκτονική	Ι.Χ.	1500	Αμόλυβδη	6.5	34.2
Προσωπικό Πρυτανείας	Ι.Χ.	1500	Αμόλυβδη	6.5	34.2
Απορριμματοφόρα	Φορτηγό	6000	Diesel	34	38.6
Όχημα ταχυδρομείου	Ι.Χ.	1500	Αμόλυβδη	6.5	34.2

Στον Πίνακα 19 αναγράφονται οι συντελεστές εκπομπής για τα τρία αέρια ανάλογα με το καύσιμο που χρησιμοποιείται.

Πίνακας 19: Συντελεστές εκπομπής ανά καύσιμο (National Greenhouse Accounts Factors, 2011).

		Συντελεστής εκπομπής kg CO2/GJ		
	Καύσιμο	CO2	CH4	N2O
Προμήθευση Κυλικείου 1	Diesel	69.2	0.2	0.5
Προμήθευση Κυλικείου 2	Diesel	69.2	0.2	0.5
Προμήθευση Λέσχης 1	Diesel	69.2	0.2	0.5

Προμήθευση Λέσχης 2	Diesel	69.2	0.2	0.5
Προμήθευση Λέσχης 3	Diesel	69.2	0.2	0.5
Προμήθευση Εργαστηρίων	Diesel	69.2	0.2	0.5
Λεωφορείο φοιτητές 1	Diesel	69.2	0.2	0.5
Αυτοκίνητο φοιτητές Αρχιτεκτονικής	Αμόλυβδη	66.7	0.6	2.3
Αυτοκίνητο φοιτητές	Αμόλυβδη	66.7	0.6	2.3
Προσωπικό Πολυτεχνείο	Αμόλυβδη	66.7	0.6	2.3
Προσωπικό Αρχιτεκτονική	Αμόλυβδη	66.7	0.6	2.3
Προσωπικό Πρυτανείας	Αμόλυβδη	66.7	0.6	2.3
Απορριμματοφόρα	Diesel	69.2	0.2	0.5
Όχημα ταχυδρομείου	Αμόλυβδη	66.7	0.6	2.3

Τέλος στον Πίνακα 20 αναγράφεται ο αριθμός των οχημάτων και ημερήσιες και ετήσιες αποστάσεις που διανύουν.

Πίνακας 20: Ετήσιες αποστάσεις που διανύουν τα οχήματα (δεν συμπεριλαμβάνονται μεταφορές για προμήθευση εργαστηρίων)

	Απόσταση km	**Ημερήσια Συχνότητα**	**Ημερήσια απόσταση km**	**Αριθμός οχημάτων**	**Ετήσια απόσταση km/y**
Προμήθευση Κυλικείου 1	3	2	6.0	1.0	1530
Προμήθευση Κυλικείου 2	9.2	2	18.4	1.0	4692
Προμήθευση Λέσχης 1	2.99	2	6.0	1.0	1525
Προμήθευση Λέσχης 2	29.9	2	59.8	1.0	15249
Προμήθευση Λέσχης 3	110	0.067	7.3	1.0	1870
Προμήθευση Εργαστηρίων	110	0.143	15.7	1.0	4007
Λεωφορείο φοιτητές 1	8.57	18	154.3	1.0	39336
Αυτοκίνητο φοιτητές Αρχιτεκτονικής	2	2	4.0	20.0	20400
Αυτοκίνητο φοιτητές Πολυτεχνείο	6.1	2	12.2	140.0	435540
Προσωπικό Πολυτεχνείο	6.1	2	12.2	153	475361
Προσωπικό Αρχιτεκτονική	2	2	4.0	36	36720

Προσωπικό Πρυτανείας	0.9	2	1.8	51	23501
Απορριμματοφόρα	2	1	2.0	2.0	1020
Όχημα ταχυδρομείου	6.1	2	12.2	1	3111
Σύνολο	-	-	-	-	**1063862**

Βάσει των δεδομένων αυτών και την Σχέση (8) μπορούμε να υπολογίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα για τις μεταφορές (National Greenhouse Accounts Factors, 2011).

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{Q \cdot EC \cdot EF}}{\mathbf{1000}} \ (\mathbf{8})$$

Όπου E: εκπομπή ισοδύναμων CO_2 σε τόνους ανά χρόνο.

Q: Ποσότητα καυσίμου που καταναλώθηκε και ισούται με $Q=L\cdot q$, όπου L είναι η συνολική απόσταση και q η κατανάλωση ανά χιλιόμετρο του συγκεκριμένου οχήματος.

EC: Θερμογόνος δύναμη καυσίμου GJ/KL.

EF: Συντελεστής εκπομπής tn CO2e/KL .

Το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα λόγω μεταφορών αναγράφεται στον Πίνακα 21.

Πίνακας 21: Αποτύπωμα άνθρακα από μεταφορές το έτος 2010

	Κατανάλωση καυσίμου KL/km	**Ποσότητα CO_2**	**Ποσότητα CH_4**	**Ποσότητα N_2O**	**Ποσότητα $tnCO_2e/y$**
Προμήθευση Κυλικείου 1	0.00034	1390	4	10	1.40
Προμήθευση Κυλικείου 2	0.00034	4261	12	31	4.30
Προμήθευση Λέσχης 1	0.00034	1385	4	10	1.40
Προμήθευση Λέσχης 2	0.00034	13849	40	100	13.99
Προμήθευση Λέσχης 3	0.00034	1698	5	12	1.72

Προμήθευση Εργαστηρίων	0.00034	3639	11	26	3.68
Λεωφορείο φοιτητές 1	0.00034	35724	103	258	36.09
Αυτοκίνητο φοιτητές Αρχιτ.	0.000065	3025	27	104	3.16
Αυτοκίνητο φοιτητές Πολ.	0.000065	64579	581	2227	67.39
Προσωπικό Πολυτεχνείο	0.000065	70484	634	2430	73.55
Προσωπικό Αρχιτεκτονική	0.000065	5445	49	188	5.68
Προσωπικό Πρυτανείας	0.000065	3485	31	120	3.64
Απορριμματοφόρ α	0.00034	926	3	7	0.94
Όχημα ταχυδρομείου	0.000065	461	4	16	0.48
Σύνολο	-	-	-	-	**217**

Για τα έτη 2011 και 2012 θεωρούμε αμελητέα την διαφορά στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης. Συνεπώς το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα από τις μεταφορές είναι:

$$E=217 \text{ tn } CO_2e/y$$

Το αποτύπωμα άνθρακα αυτό έχει υπολογιστεί βάσει κάποιων παραδοχών που έχουν γίνει. Οι παραδοχές αυτές δημιουργούν ένα σφάλμα και συνεπώς πρέπει να κατηγοριοποιήσουμε τις εκπομπές σε ελεγχόμενες και μη ελεγχόμενες εκπομπές. Στις μεταφορές οι μόνες μεταφορές οι οποίες έχουν σταθερές αποστάσεις είναι τα λεωφορεία του Πολυτεχνείου και τα απορριμματοφόρα. Για τις υπόλοιπες μεταφορές έχει γίνει η παραδοχή ότι η απόσταση που διανύουν είναι η ελάχιστη. Συνεπώς οι ελεγχόμενες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι οι μεταφορές λεωφορείων και απορριμματοφόρων.

Αποτύπωμα άνθρακα ελεγχόμενων εκπομπών: 37 tnCO_2e/y

Αποτύπωμα άνθρακα μη ελεγχόμενων εκπομπών: 180 tnCO_2e/y

3.2.5 Βιολογικός καθαρισμός

Στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης συνεισφέρουν και τα αέρια του θερμοκηπίου που εκλύονται από τα λύματα που επεξεργάζεται ο βιολογικός καθαρισμός. Συγκεκριμένα κατά την διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων εκλύεται μεθάνιο το οποίο είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όπως έχει προαναφερθεί το μεθάνιο είναι 22 φορές ισχυρότερο αέριο του θερμοκηπίου από το διοξείδιο του άνθρακα και επιπλέον έχει μεγαλύτερο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να κρίνεται απαραίτητος ο συνυπολογισμός του.

Στο Πολυτεχνείο Κρήτης κρίνεται ακατάλληλη η μέτρηση της παροχής των λυμάτων για λόγους ασφάλειας και κακής πρόσβασης στο σημείο μέτρησης παροχής και δειγματοληψίας. Η συνολική παροχή θα υπολογιστεί θεωρητικά, λαμβάνοντας ως μετρήσεις τις εξής παραμέτρους: Τον συντελεστή εκπομπής σε μονάδες μάζας ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα ανά όγκο λύματος, τον αριθμό φοιτητών και προσωπικού και υπολοίπων του ιδρύματος, τον συντελεστή σε όγκο λύματος ανά κάτοικο και τέλος τον συντελεστή που θα καθορίσει τον συνολικό όγκο ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας του ιδρύματος.

Βάσει αυτών των δεδομένων θα υπολογιστεί η συνεισφορά των λυμάτων του ιδρύματος στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης. Στον Πίνακα 22 αναγράφονται τα άτομα ανά τομέα εργασίας του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Πίνακας 22: Αριθμός εργαζομένων ανά τομέα εργασίας ΠΚ (Στρατηγικός και Επιχειρισιακός Σχεδιασμός Πολυτεχνείου Κρήτης, 2002).

Ειδικότητα	**Έτος 2010-2011**
Προπτυχιακοί Φοιτητές	2897
Μεταπτυχιακή Φοιτητές	700
Μέλη ΔΕΠ	125
Μέλη ΕΕΔΙΠ	30
Μέλη ΕΤΕΠ	20
Διοικητικοί Υπάλληλοι	64
Υπάλληλοι με Σύμβαση ΙΔΑΧ	130
Συμβασιούχοι	760
Σύνολο	4726

Στον Πίνακα 23 αναγράφονται σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του βιολογικού καθαρισμού των Χανίων.

Πίνακας 23: Χαρακτηριστικά βιολογικού καθαρισμού Χανίων (Δημοπούλου, 2011)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	Μ.Μ	Β' ΦΑΣΗ
Ισοδύναμος Πληθυσμός	Κάτοικοι	117765
	ΠΑΡΟΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	
Μέση Ημερήσια Παροχή	m^3/d	26400
	ΡΥΠΑΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	
BOD_5	kg/d	6418
SS	kg/d	5650
TN	kg/d	998
TP	kg/d	295

Υπολογίζουμε την ημερήσια παροχή ανά κάτοικο στην πόλη των Χανίων, q=0.224 $m^3/d\cdot$κάτοικο. Με την Σχέση (9) υπολογίζουμε το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα από τον βιολογικό καθαρισμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{q \cdot ha \cdot d \cdot 0,001tn/kg \cdot EF}}{\mathbf{1000}} \quad \mathbf{(9)}$$

Όπου E: εκπομπή ισοδύναμων CO_2 σε τόνους.

q: Παροχή λυμάτων ανά κάτοικο ($m^3/d\cdot ha$)

ha: Κάτοικοι (ha)

d: Μέση πυκνότητα λυμάτων (kg/m^3)

EF: Συντελεστής εκπομπής (tn CO_2e/ tn αποβλήτου)

Έχει υπολογιστεί μέση πυκνότητα αστικών λυμάτων d=999 Kg αποβλήτου/m^3 αποβλήτου ⇔ d=0.999tn αποβλήτου /m^3 αποβλήτου και συντελεστής εκπομπής EF=520 kg CO_2e/ tn αποβλήτου. Οπότε υπολογίζουμε συνολικό συνολική ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα:

E=164.9 tn CO_2e

Θεωρούμε ότι το αποτύπωμα άνθρακα του βιολογικού καθαρισμού παραμένει ίδιο στα υπό εξέταση έτη 2010-2012.

3.2.6 Τοξικά και αστικά απόβλητα

Τοξικά απόβλητα παράγονται από τη λειτουργία των εργαστηρίων του Πολυτεχνείου. Συνολικά τα τοξικά απόβλητα που παράγονται κατά την διάρκεια ενός έτους είναι 1000-1100 kg (Envirochem A.E.) . Συνολικά για τα έτη 2008 έως 2011 η εταιρεία διαχειρίστηκε 4.260 kg τοξικών αποβλήτων του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Ωστόσο τα οργανικά απόβλητα ανέρχονται στο 50-55% της συνολικής μάζας των τοξικών αποβλήτων. Τα οργανικά αποτελούνται κυρίως από μεθανόλη, ακετονιτρίλιο τολουόλιο και άλλα απόβλητα. Η υπόλοιπη μάζα αποτελείται από διάφορα ανόργανα , κυρίως υδατικά με βαρέα μέταλλα, λίγα αντιδραστήρια και κάποια στερεωτικά διαλύματα εμφάνισης film. Οι πληροφορίες αυτές βασίζονται σε δεδομένα που μας παραχώρησε η εταιρεία Envirochem, που διαχειρίζεται το σύνολο των τοξικών αποβλήτων του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Όσον αφορά τα αστικά απορρίμματα που παράγονται, είναι απαραίτητη η μέτρηση τους για τον καθορισμό της συνεισφοράς τους στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα του ιδρύματος. Ο όγκος απορριμμάτων που παράγεται είναι 2184 m^3/y(ο υπολογισμός γίνεται παρακάτω). Χρησιμοποιώντας τον όγκο των απορριμμάτων ανά χρόνο και τον συντελεστή εκπομπής σε kg CO_2e ανά κυβικό μέτρο αστικού απορρίμματος μπορούμε να υπολογίσουμε βάσει της Σχέσης (10) τη μάζα ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα που εκλύονται ανά ημέρα.

$$\mathbf{E} = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{EF} \quad (\mathbf{10})$$

Όπου Ε: η μάζα CO_2e ανά χρόνο ·

Q: όγκος απορριμμάτων ανά ημέρα

EF: συντελεστής εκπομπής για τα δεδομένα της Ελλάδας.

Έχει μετρηθεί ότι ο όγκος απορριμμάτων του Πολυτεχνείου Κρήτης ανά ημέρα είναι 9.75 m^3/d.

Ο συντελεστής εκπομπής EF=61.78 kg CO_2e/m^3. Ο συντελεστής αυτός προκύπτει ανάλογα με την χημική σύσταση των απορριμμάτων και ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης. Στην περίπτωση μας τα απορρίμματα εναποτίθενται στο ΧΥΤΑ Χανίων χωρίς καμία περαιτέρω επεξεργασία (ΔΕΔΙΣΑ Χανίων).

Υπολογίζεται όγκος απορριμμάτων τον χρόνο:

$$V = 13\frac{κάδους}{d} \cdot 750\frac{L}{κάδο} \cdot 0.001\frac{m^3}{L} \cdot 0.8 \cdot 280\frac{d}{y} = 2184\frac{m^3}{y}$$

Θεωρούμε συντελεστή πληρότητας κάδων 80%.Οπότε υπολογίζουμε ετήσιο αποτύπωμα άνθρακα λόγω απορριμμάτων του Πολυτεχνείου Κρήτης:

$$E = 2184\frac{m^3}{y} \cdot 61.78\ \frac{kgCO2e}{m^3} = 134927.5\ \frac{kgCO2e}{y}$$

⇔ E=134.92 tn CO_2e/year.

Ομοίως θα υπολογίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα από την επεξεργασία τοξικών αποβλήτων. Γνωρίζουμε την φόρτιση σε kg/y των τοξικών που παράγονται από το Πολυτεχνείο Κρήτης και θα υπολογίσουμε τον μέσο όρο των συντελεστών εκπομπών των συστατικών των τοξικών αποβλήτων που παράγονται. Όσον αφορά τους συντελεστές εκπομπής, διαφέρουν από τον τρόπο διαχείρισης των τοξικών αποβλήτων. Τρεις βασικές περιπτώσεις διαχείρισης τοξικών αποβλήτων είναι η καύση, αερόβια-αναερόβια επεξεργασία και η εναπόθεση τους χωρίς μία συγκεκριμένη μέθοδο επεξεργασίας.

Στην περίπτωση μας τα τοξικά απόβλητα καίγονται και η άκαυστη τέφρα εναποτίθεται σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων. Κατά την καύση τοξικών αποβλήτων η παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι ο όγκος αποβλήτου, το κλάσμα άνθρακα στο απόβλητο, το κλάσμα στερεού άνθρακα και απόδοση καύσης αποβλήτου. Τα απόβλητα μας εντάσσονται στην κατηγορία των επικινδύνων αποβλήτων των οποίων το κλάσμα άνθρακα είναι 50%, το κλάσμα στερεού άνθρακα 90% και τέλος η απόδοση καύσης είναι αυστηρά 99.5% και άνω (Greenhouse Gas Inventory Hands-on Training Workshop WASTE SECTOR, 1996).

Ο συντελεστής εκπομπής για καύση τοξικών αποβλήτων για τα αέρια CO_2 και N_2O είναι αντίστοιχα 0.415 mg CO_2 /mg αποβλήτου και 2mg N_2O /m^3 αερίου καυσαερίου που εκλύεται. Ο όγκος καυσαερίων που εκλύεται ανά Mg αποβλήτου είναι 5500 Nm^3/mg αποβλήτου (Johnke, 2011).

Αρχικά υπολογίζουμε την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται από την καύση των αποβλήτων.

$$E = 1.05\ \frac{tn(i)}{yr} \cdot 0.415\ \frac{tn\ CO2}{tn\ (i)}$$

E=0.435 tn CO_2e/yr

Εκτός από διοξείδιο του άνθρακα εκλύεται και διοξείδιο του αζώτου το οποίο επίσης παίζει ρόλο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Υπολογίζουμε λοιπόν την ποσότητα που εκλύεται και κάνουμε την αναγωγή του σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα.

$$E = 2\frac{\text{mg N2O}}{\text{m}^3(\text{j})} \cdot 5500\ \frac{\text{Nm}^3(\text{j})}{\text{tn(i)}} \cdot 1.05\frac{\text{tn(i)}}{\text{yr}}$$

$$E = 0.115 \cdot 10^{-4}\ \frac{\text{tn N2O}}{\text{yr}} \Leftrightarrow E = 0.115 \cdot 10^{-4} \frac{\text{tn N2O}}{\text{yr}} \cdot 310\ \frac{\text{tn CO2e}}{\text{tn N2O}}\ = 0.0035 \frac{\text{tn CO2}}{\text{yr}}$$

Το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα είναι το άθροισμα των δύο προηγούμενων υπολογισμών. Θεωρούμε ότι κατά την καύση δεν παράγεται μεθάνιο καθώς οι συνθήκες καύσης δεν επιτρέπουν την παραγωγή του. Το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα από την καύση των τοξικών αποβλήτων από το Πολυτεχνείο Κρήτης είναι:

$$E = 0.438 \frac{\text{tn CO2e}}{\text{yr}}$$

3.2.7 Συνολικό αποτύπωμα άνθρακα Πολυτεχνείου Κρήτης

Στο συνολικό αποτύπωμα θα πρέπει να γίνει μία κατηγοριοποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, ανάλογα με τον τρόπο που ελέγχεται (Method for Conducting a Greenhouse Gas Emissions Inventory for Colleges and Universities, 2002). Συγκεκριμένα θα διακρίνουμε δύο βασικές κατηγορίες, τις ελεγχόμενες και τις μη ελεγχόμενες εκπομπές. Στην κατηγορία των ελεγχόμενων εκπομπών θα μπουν ,η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανση, διάθεση υγρών, τοξικών, αστικών απορριμμάτων και μέρος του αποτυπώματος άνθρακα από τις μεταφορές. Από τις μεταφορές στην κατηγορία ελεγχόμενων εκπομπών θα μπουν οι μεταφορές φοιτητών με λεωφορείο και η απόσταση που διανύουν τα απορριμματοφόρα μέσα στο Π.Κ.

Αντίθετα στην κατηγορία των μη ελεγχόμενων εκπομπών θα μπουν οι υπόλοιπες μεταφορές, η παραγωγή προϊόντων και υλικών απαραίτητων για την λειτουργία του Πολυτεχνείου Κρήτης και οι εκπομπές που προέρχονται από τυχόν ανακαινίσεις και λοιπές δραστηριότητες. Στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα θα συμπεριλάβουμε μόνο την κατηγορία των ελεγχόμενων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Στον Πίνακα 24, 25 και 26 αναγράφονται τα αποτυπώματα άνθρακα ανά πηγή ελεγχόμενων εκπομπών(δεν συμπεριλαμβάνονται οι εκπομπές προερχόμενες από τις μεταφορές χωρίς σταθερό δρομολόγιο) για τα τρία έτη της απογραφής.

Πίνακας 24: Αποτύπωμα άνθρακα ανά πηγή το έτος 2010

Απογραφή έτους 2010		
Πηγή	**tn CO_2e/y**	**Ποσοστό συνεισφοράς**
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	2698.1	72.7
Θέρμανση	676.3	18.2
Μεταφορές	37	0.997
Βιολογικός καθαρισμός	164.9	4.4
Απορρίμματα	134.92	3.6
Τοξικά απόβλητα	0.438	0.012
Σύνολο	**3891.6**	**100**

Πίνακας 25: Αποτύπωμα άνθρακα ανά πηγή το έτος 2011

Απογραφή έτους 2011		
Πηγή	**tn CO_2e/y**	**Ποσοστό συνεισφοράς**
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	2613.3	78.0
Θέρμανση	400	11.9
Μεταφορές	37	1.1
Βιολογικός καθαρισμός	164.9	4.92
Απορρίμματα	134.92	4
Τοξικά απόβλητα	0.438	0.013
Σύνολο	**3530.5**	**100**

Πίνακας 26: Αποτύπωμα άνθρακα ανά πηγή για την περίοδο Ιανουάριο-Ιούλιο το έτος 2012

Απογραφή έτους 2012		
Πηγή	**tn CO_2e/y**	**Ποσοστό συνεισφοράς**
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	1258.1	76.5
Θέρμανση	217	13.2
Μεταφορές	18.5	1.1
Βιολογικός καθαρισμός	82.45	5.0
Απορρίμματα	67.46	4.1
Τοξικά απόβλητα	0.219	0.013
Σύνολο	**1733.7**	**100**

Όσον αφορά την κατηγοριοποίηση των εκπομπών, οι ελεγχόμενες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από το Πολυτεχνείο Κρήτης σε τόνους CO_2e ανά χρόνο αναγράφονται στον Πίνακα 27.

Πίνακας 27: Ελεγχόμενες εκπομπές άνθρακα ανά έτος απογραφής

Έτος	Ελεγχόμενες εκπομπές tn CO2e/y
2010	3711.7
2011	3350.6
2012	1662.2

Σε αυτές τις τιμές δεν συμπεριλαμβάνονται οι μεταφορές από προμηθευτές, φοιτητές και προσωπικό. Οι εκπομπές αυτές ανέρχονται στους 180 τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο δεν θα υπολογίσουμε τις συνολικές μη ελεγχόμενες εκπομπές καθώς δεν είναι δυνατή η συλλογή δεδομένων.

3.2.8 Μελλοντικές επεκτάσεις Πολυτεχνείου Κρήτης

Όπως έχει προαναφερθεί η παρούσα εργασία αποτελεί εργαλείο για την εκπόνηση μελέτης υπολογισμού αποτυπώματος άνθρακα ενός ιδρύματος. Στην παρούσα φάση οι πηγές εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου του Πολυτεχνείου Κρήτης είναι αυτές που αναλύθηκαν στο 3ο κεφάλαιο. Ωστόσο καθίσταται απαραίτητη, η ανάλυση περεταίρω πηγών εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου για τον υπολογισμό αποτυπώματος άνθρακα ενός άλλου ιδρύματος ή του Πολυτεχνείου Κρήτης στο μέλλον.

Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο αυτό αναρτώνται πίνακες που αναγράφουν συντελεστές εκπομπής πιθανών πηγών αερίων του θερμοκηπίου που μπορεί να υπάρχουν σε άλλο ίδρυμα ή μελλοντικά στο Π.Κ. Οι πηγές θα κατηγοριοποιηθούν με τον ίδιο τρόπο του κεφαλαίου 3.

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας- Θέρμανση

Όσον αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ο συντελεστής εκπομπής βασίστηκε στον τρόπο παραγωγής του στην Κρήτη, την καύση Diesel. Αντίστοιχα για την θέρμανση ο συντελεστής εκπομπής καθορίστηκε από την καύση πετρελαίου θέρμανσης. Στον Πίνακα 29 αναγράφονται συντελεστές εκπομπής εναλλακτικών τρόπων απόκτησης ενέργειας και θέρμανσης.

Πίνακας 28: Συντελεστές εκπομπής ανά καύσιμο θέρμανσης που καίγεται.

ΑΕΡΙΑ ΚΑΥΣΙΜΑ		**Συντελεστές εκπομπής kg CO2/GJ**		
Καύσιμο παραγωγής ενέργειας	**Θερμογόνο δύναμη GJ/m^3**	**CO2**	**CH4**	**N2O**
Φυσικό αέριο	0.0393	51.2	0.1	0.03
Μεθάνιο(αέριο)	0.037	51.1	0.2	0.03
Συμπιεσμένο φυσικό αέριο	0.0393	51.2	0.1	0.03
Υγροποιημένο φυσικό αέριο	25.3 GJ/KL	51.2	0.1	0.03
Μη επεξεργασμένο φυσικό αέριο	0.0393	51.2	0.1	0.03
Αιθάνιο	0.0629	56.2	0.02	0.03
Βιοαέριο από ΧΥΤΑ	0.0377	0	4.8	0.03
Βιοαέριο από βιολογικό καθαρισμό	0.0377	0	4.8	0.03

ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΥΣΙΜΑ		**Συντελεστές εκπομπής kg CO2/GJ**		
Καύσιμο παραγωγής ενέργειας	**Θερμογόνο δύναμη GJ/m^3**	**CO2**	**CH4**	**N2O**
Καύση ξύλου	16.2	0	0.08	1.2
Βιομάζα	12.2	0	0.6	1.2
Λιγνίτης (Brown coal)	10.2	92.7	0.01	0.4
Λιθάνθρακας (Coal tar)	37.5	81	0.02	0.2
Κάρβουνο (charcoal)	31.1	0	4	1.2
Άλλα ορυκτά καύσιμα	22.1	93.3	0.06	0.3

ΥΓΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ			**Συντελεστές εκπομπής kg CO2/GJ**	
Καύσιμο παραγωγής ενέργειας	**Θερμογόνο δύναμη GJ/KL**	**CO2**	**CH4**	**N2O**
Πετρέλαιο μαζούτ	45.3 GJ/t	68.9	0.06	0.2
Βενζίνη	34.2	66.7	0.2	0.2
Κηροζίνη	36.8	68.9	0.01	0.2
Πετρέλαιο θέρμανσης	37.3	68.8	0.02	0.2
Diesel	38.6	69.2	0.1	0.2
Υγροποιημένοι αρωματικοί υδρογονάνθρακες	34.4	69	0.02	0.2
Βιοντίζελ	34.6	0	0.06	0.2
Αιθανόλη για μηχανές	23.4	0	0.06	0.2

εσωτερικής καύσης				

Μεταφορές

Ομοίως για τις μεταφορές αναγράφονται οι συντελεστές εκπομπής καύσης διαφορετικών ειδών καυσίμων κίνησης για οχήματα. Στην παρούσα εργασία για τα οχήματα Ι.Χ υποθέσαμε ότι το πετρέλαιο κίνησης που χρησιμοποιείται είναι η αμόλυβδη βενζίνη. Για τα υπόλοιπα οχήματα είναι γνωστό ότι χρησιμοποιούν πετρέλαιο κίνησης Diesel. Τα στοιχεία αναγράφονται στον Πίνακα 30.

Πίνακας 29: Συντελεστές εκπομπής ανά καύσιμο κίνησης που καίγεται.

			Συντελεστές εκπομπής kg CO2/GJ	
ΚΑΥΣΙΜΑ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	**Θερμογόνο δύναμη GJ/m³**	**CO2**	**CH4**	**N2O**
Diesel	38.6	69.2	0.2	0.5
Βενζίνη	34.2	66.7	0.6	2.3
Βιοντίζελ	34.6	0	1.2	2.2
Αιθανόλη για μηχανές εσωτερικής καύσης	23.4	0	1.2	2.2
Διαφορετικά βιοκαύσιμα	23.4	0	1.2	2.2
Φυσικό αέριο για οχήματα(χαμηλά cc)	0.039 GJ/m^3	51.2	5.5	0.3
Φυσικό αέριο για οχήματα(υψηλά cc)	0.039 GJ/m^3	51.2	2.1	0.3
Υγροποιημένο φυσικό αέριο(χαμηλά cc)	25.3	51.2	5.5	0.3
Υγροποιημένο φυσικό αέριο(υψηλά cc)	25.3	51.2	2.1	0.3

Βιολογικός καθαρισμός

Στην παρούσα εργασία ήταν αδύνατη η μέτρηση ποιότητας και παροχής των υγρών αποβλήτων του Πολυτεχνείου Κρήτης λόγω κακής πρόσβασης στο σημείου δειγματοληψίας και μέτρησης παροχής. Οπότε ο τρόπος υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα από τον βιολογικό καθαρισμό ήταν αναλογικός. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού χρησιμοποιώντας δεδομένα παροχής και ποιότητας των υγρών αποβλήτων.

Για τον υπολογισμό της μάζας μεθανίου που εκλύεται από τα λύματα βιολογικού καθαρισμού χρησιμοποιούμε την παρακάτω σχέση:

$$\mathrm{CH4gen} = \{[(\Sigma \mathrm{CODwi} - \mathrm{CODsl} - \mathrm{CODeff}) \cdot (\mathrm{MCFww} \cdot \mathrm{EFwij})] + [\mathrm{CODsl} - \mathrm{CODtrl} - \mathrm{CODtro}] \cdot \mathrm{MCFsl} \cdot \mathrm{EFslij}]\} - \gamma \cdot \mathrm{Qtotal}$$

Όπου CH_{4gen}: Εκπομπές μεθανίου από επεξεργασία υγρών αποβλήτων σε τόνους.

ΣCOD_{wi}: Συνολικό COD που εισέρχεται στον βιολογικό καθαρισμό.

COD_{sl}: Συνολικό COD που απομακρύνεται σαν λάσπη.

COD_{eff}: Συνολικό COD που απομακρύνεται από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

MCF_{ww}: Ποσοστό COD λύματος που υφίσταται αναερόβια επεξεργασία.

EF_{wij}: Συντελεστής εκπομπής μεθανίου, σε kg CH_4/m^3 υγρού απόβλητου.

COD_{trl}: Συνολικό COD που απομακρύνεται με την λάσπη σε ΧΥΤΑ.

COD_{tro}: Συνολικό COD που απομακρύνεται μέσω λάσπης αλλά δεν καταλήγει σε ΧΥΤΑ.

MCF_{sl}: Ποσοστό COD λάσπης που υφίσταται αναερόβια επεξεργασία.

EF_{slij}: Συντελεστής εκπομπής μεθανίου από λάσπη σε kg CH_4/m^3 λάσπης.

γ: Μεταβλητή μετατροπής μεθανίου από κυβικά μέτρα σε τόνους υπό σταθερές συνθήκες.

Q_{total}: Παροχή μεθανίου που συλλέγεται και καίγεται για ενεργειακούς σκοπούς.

Τοξικά απόβλητα

Όσον αφορά την διαχείριση των τοξικών αποβλήτων ο βασικότερος τρόπος επεξεργασίας τους είναι η καύση. Άλλες διεργασίες όπως αερόβια-αναερόβια χώνευση δεν έχουν μελετηθεί σε τέτοιο βαθμό ώστε να έχουν υπολογιστούν αντίστοιχοι συντελεστές εκπομπής.

4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΤΕΥΞΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

4.1 Κοινότητες μηδενικής ενέργειας

Κοινότητες μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (ΚΜΚΕ) αποτελούν κοινότητες οι οποίες έχουν μειώσει σε μεγάλο βαθμό τις ενεργειακές τους απαιτήσεις και μέσω της παραγωγής ηλεκτρικής, θερμικής και κινητικής ενέργειας από φιλικές προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας αποτελούν την λύση σε σύγχρονα προβλήματα. Οι κοινότητες μηδενικής ενέργειας αποτελούν μία ζωτική λύση σε ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα, τη κλιματική αλλαγή. Ωστόσο παίζουν κομβικό ρόλο στην αντιμετώπιση και άλλων σημαντικών και χρόνιων προβλημάτων, τις τοπικές ρυπάνσεις και την φτώχεια (Nancy Carlisle, 2009).

Η εισαγωγή των ΚΜΚΕ ως λύσεις σύγχρονων προβλημάτων, απαιτεί εκτενής ανάλυση λόγω της ευρείας επιρροής τους σε τοπικό αλλά και διεθνές επίπεδο. Απαιτείται προσοχή κατά την μοντελοποίηση τους για την επίτευξη της βέλτιστης δυνατής λύσης. Σε τοπικό επίπεδο οι ΚΜΚΕ μπορούν να συμβάλλουν στην ενίσχυση της τοπικής οικονομίας παράγοντας ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές και επιπλέον στην αντιμετώπιση τοπικών ρυπάνσεων που προκαλούνται συνήθως κατά την παραγωγή ενέργειας με μη συμβατούς προς το περιβάλλον τρόπους. Επιπλέον σε διεθνές επίπεδο συμβάλλουν στην αντιμετώπιση του πλέον σύγχρονου προβλήματος , την κλιματική αλλαγή.

Στρατηγικές δημιουργίας ΚΜΚΕ αποτελούν πλέον βασικό στόχο των ανεπτυγμένων χωρών. Ωστόσο τέτοιες μεταβάσεις προκαλούν αρχικά εκτός από οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα. Η δημιουργία μιας κοινότητας μηδενικής ενέργειας δεν απαιτεί μόνο την υλοποίηση συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας αλλά την κοινωνική αποδοχή και την κατάλληλη εκπαίδευση. Μόνο με αυτόν τον τρόπο μία κοινότητα μηδενικής ενέργειας θα συμβάλλει στην βιώσιμη ανάπτυξη. Πολλαπλά προβλήματα έχουν παρατηρηθεί κατά την εγκατάσταση συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας και ως βασικότερα ήταν η κοινωνική αποδοχή και η έλλειψη εμπειρίας στον τρόπο λειτουργίας αυτών.

Η εγκατάσταση αυτών των συστημάτων έχει προκαλέσει κοινωνική αναταραχή για δύο βασικούς λόγους, το κλείσιμο εργοστασίων παραγωγής ενέργειας μη φιλικών προς το περιβάλλον και η αισθητική των συστημάτων που τα αντικαθιστούν. Οι μαζικές απολύσεις σε τέτοιες κοινότητες προκαλούν δημόσια αντίσταση και παράλληλα καθυστέρηση στην πραγματοποίηση του βασικού στόχου, της δημιουργίας ΚΜΚΕ. Παράλληλα η έλλειψη εμπειρίας κατά την εφαρμογή αυτών των συστημάτων έχει προκαλέσει προβλήματα κατά την εγκατάσταση καθώς και στην απόδοση του συστήματος. Συνεπώς κατά την δημιουργία ΚΜΚΕ απαιτείται συνεχής ενημέρωση πολιτών και σταδιακά βήματα επίτευξης του στόχου. Συμπεραίνοντας η μοντελοποίηση των ΚΜΚΕ απαιτεί εκτενής ανάλυση σε κοινωνικά, οικονομικά και επιστημονικά επίπεδα.

Εκτός από την εγκατάσταση φιλικών προς το περιβάλλον συστημάτων για την παραγωγή ενέργειας απαιτούνται και άλλες βασικές αλλαγές που αφορούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς, την πολεοδομία, τη συμβολή πολιτών και άλλων παραμέτρων. Οι αλλαγές αυτές είτε θα συμβάλλουν στην μείωση της απαιτούμενης ενέργειας είτε θα συγκρατήσουν την ενέργεια που χάνεται για διάφορες αστοχίες στις κατασκευές ή στην κακή διαχείριση λειτουργιών μίας κοινότητας. Η σωστή διαχείριση του κυκλοφοριακού συστήματος αποτελεί κομβικό σημείο στην επίτευξη των ΚΜΚΕ. Ομοίως και η πολεοδομία παίζει βασικό ρόλο στην επίτευξη αυτού του στόχου. Για την συγκράτηση θερμότητας για παράδειγμα απαιτείται πυκνή δόμηση και αντίθετα για την απώλεια θερμότητας απαιτείται διαφορετική δόμηση (Nancy Carlisle, 2009). Αυτοί οι παράγοντες αναλύονται στο κεφάλαιο 5.

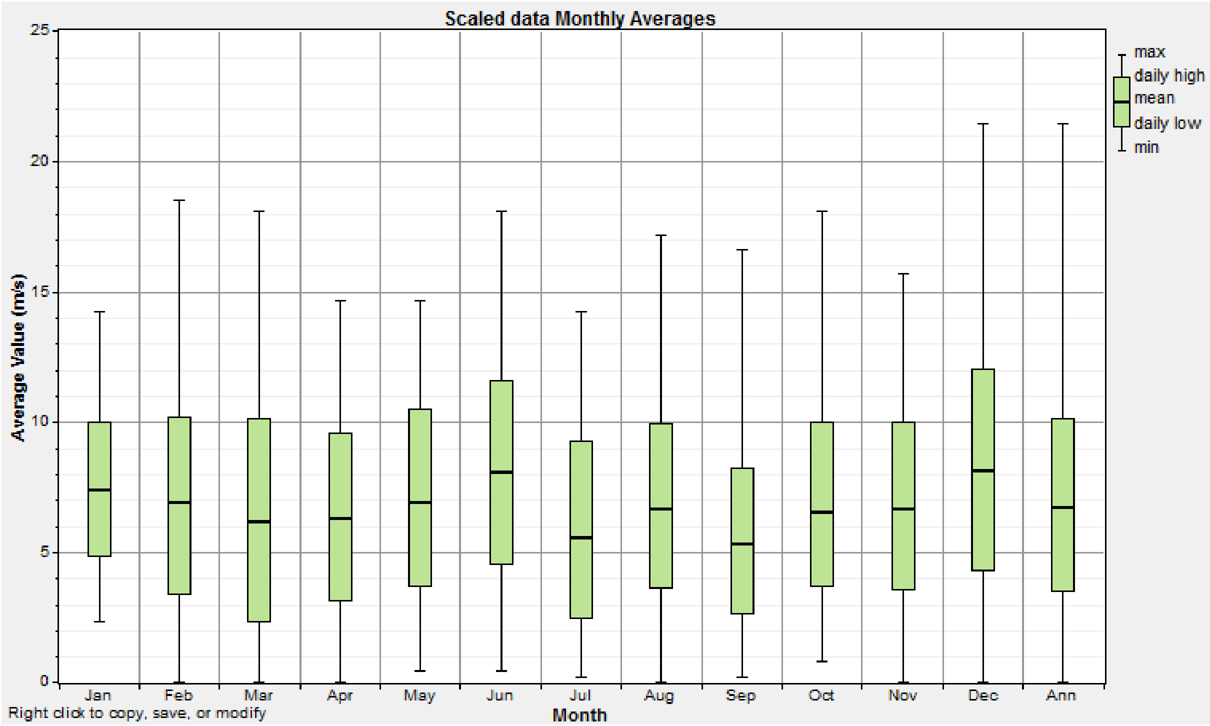
4.2 Η περίπτωση του Πολυτεχνείου Κρήτης

Στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούμε στα πλαίσια του Πολυτεχνείου Κρήτης ως εξεταζόμενη κοινότητα και θα δημιουργήσουμε-αναλύσουμε σενάρια εγκατάστασης ανανεώσιμων ενεργειακών συστημάτων προκειμένου να πετύχουμε μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Το Πολυτεχνείο Κρήτης όπως έχει προαναφερθεί καταλαμβάνει έκταση 2900 στρεμμάτων με αποτέλεσμα να υπάρχει χώρος εγκατάστασης συστημάτων και συνεπώς, καθιστά την δημιουργία κοινότητας μηδενικής ενέργειας μια εφικτή λύση.

Η τοποθεσία βρίσκεται 8 χιλιόμετρα βορειοανατολικά της πόλης των Χανίων στον νομό ακρωτηρίου και σε υψόμετρο 400 μέτρων. Αυτή η τοποθεσία καταλαμβάνεται από μέτριους προς ισχυρούς ανέμους λόγω υψομέτρου και κοντινής απόστασης στην θάλασσα και επιπλέον έχει μεγάλες περιόδους ισχυρής έντασης ηλιοφάνειας, καθιστώντας το έτσι βιώσιμο για την μετάβαση του σε ΚΜΚΕ.

Στο διάγραμμα 6 αναγράφονται μετεωρολογικά στοιχεία για τους ανέμους της περιοχής του Πολυτεχνείου Κρήτης. Στο διάγραμμα 7 αναγράφονται στοιχεία για την ένταση και συχνότητα της ηλιοφάνειας στην περιοχή του Πολυτεχνείου

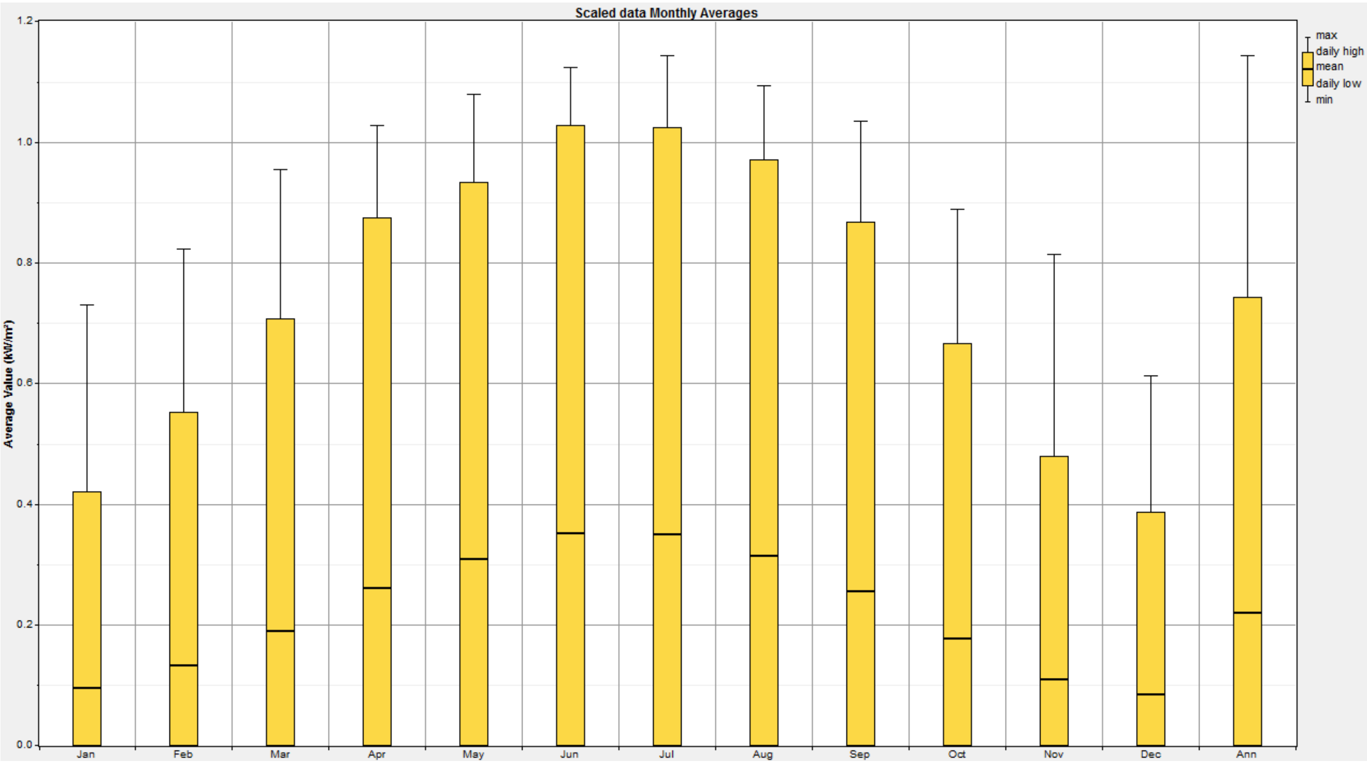
Διάγραμμα 6: Ταχύτητα ανέμων περιοχής Πολυτεχνείου Κρήτης.



Στο διάγραμμα 7 αναγράφεται η ταχύτητα των ανέμων ανά μήνα στο Πολυτεχνείο Κρήτης σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Η τελευταία στήλη εκφράζει τον μέσο όρο των μηνών και παρατηρούμε μέση ταχύτητα 7 m/s. Στην Εικόνα 1 δίνεται μία επεξήγηση του συμβόλου που χρησιμοποιείται στο διάγραμμα 7.

Εικόνα 1

Διάγραμμα 7: Στοιχεία πυκνότητας ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης.



Στον άξονα y αναγράφονται τιμές πυκνότητας ηλιακής ακτινοβολίας σε kWh/m^2 και στον άξονα x οι μήνες.

Παρατηρώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα στην περιοχή του ΠΚ συμπεραίνουμε ότι η εγκατάσταση φωτοβολταικών συστημάτων ,ανεμογεννητριών και άλλων φιλικών προς το περιβάλλον συστημάτων αποτελεί μία βιώσιμη λύση για την μετατροπή του Πολυτεχνείου Κρήτης σε ΚΜΚΕ. Στην συνέχεια θα δημιουργήσουμε – αναλύσουμε σενάρια εγκατάστασης ενεργειακών συστημάτων στο χώρο του Πολυτεχνείου Κρήτης. Αυτό θα πραγματοποιηθεί με την βοήθεια του λογισμικού Homer το οποίο αναλύει αυτά τα σενάρια σε διάφορους τομείς (κόστος κατασκευών-λειτουργιών, απόδοση συστημάτων και άλλα).

4.3 Ανάλυση σεναρίων εγκατάστασης ενεργειακών συστημάτων στο ΠΚ.

Βάσει της ενεργειακής απαίτησης του Πολυτεχνείου Κρήτης η οποία έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο 2 και άλλων παραμέτρων, θα εισάγουμε δεδομένα στο λογισμικό Homer και θα δημιουργήσουμε σενάρια εγκατάστασης ενεργειακών συστημάτων στην περιοχή του Πολυτεχνείου Κρήτης. Το λογισμικό αυτό παρέχει μία λίστα με σενάρια εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και καθορίζει την βέλτιστη έως και την ελάχιστα αποδοτική λύση. Τα κριτήρια επιλογής της βέλτιστης λύσης βασίζονται στην απόδοση των συστημάτων σε συνδυασμό με τα οικονομικά χαρακτηριστικά κάθε σεναρίου. Συγκεκριμένα τα δεδομένα εισαγωγής στο λογισμικό είναι τα εξής:

- Ενεργειακή απαίτηση.
- Θερμοκρασία
- Ταχύτητες ανέμων
- Υψόμετρο από τη θάλασσα ΠΚ.
- Υψόμετρο ανεμομέτρου
- Είδη συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν.
- Αριθμός γεννητριών και μπαταριών που θα ληφθούν υπόψη.
- Σύνδεση ή όχι με το δίκτυο ηλεκτροδότησης.
- Γεωγραφικές συντεταγμένες περιοχής ενδιαφέροντος.
- Μοντέλο κάθε συστήματος
- Αρχικό κεφάλαιο σε $ (μετατροπή από €).
- Επιλογή εναλλασσόμενου ή συνεχούς ρεύματος.
- Τύπος καυσίμου στις γεννήτριες.
- Επιλογή συστήματος αυτόματης κίνησης (Tracking) των φωτοβολταικών.
- Τιμή καυσίμων
- Μεγέθη παραγωγής-αποθήκευσης ενέργειας που θα ληφθούν υπόψη ανά σύστημα που έχουμε επιλέξει.

Το λογισμικό αυτό παρέχει αναλύσεις απόδοσης συστημάτων καθώς και οικονομικές αναλύσεις. Τα συστήματα που επιλέξαμε να εγκαταστήσουμε είναι τα εξής: Φωτοβολταικά, Ανεμογεννήτριες, Γεννήτριες καύσης βιοαερίου, Μπαταρίες που αποθηκεύουν την ενέργεια σε μορφή κινητικής ενέργειας και συγκεκριμένα με την περιστροφική κίνηση ενός ρότορα που λόγο αδράνειας διατηρεί την ενέργεια που δέχεται και τέλος μετασχηματιστές. Στον Πίνακα 31 παραθέτονται όλα τα πιθανά βιώσιμα σενάρια για την εγκατάσταση αυτών των συστημάτων στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

Πίνακας 30: Σενάρια εγκατάστασης ενεργειακών συστημάτων στην περιοχή του ΠΚ

Σενάρια	Φωτοβολταικά	Ανεμογεννήτριες G10	Γεννήτριες	Μπαταρία (Flywheel)	Μετασχηματιστές	Φωτοβολταικά kW	G10	Βιοαέριο kW	Flywheel	Μετασχ
1						180	1	-	-	200
2						200	8	200	1	200
3						200	-	200	-	200
4						200	1	200	-	200

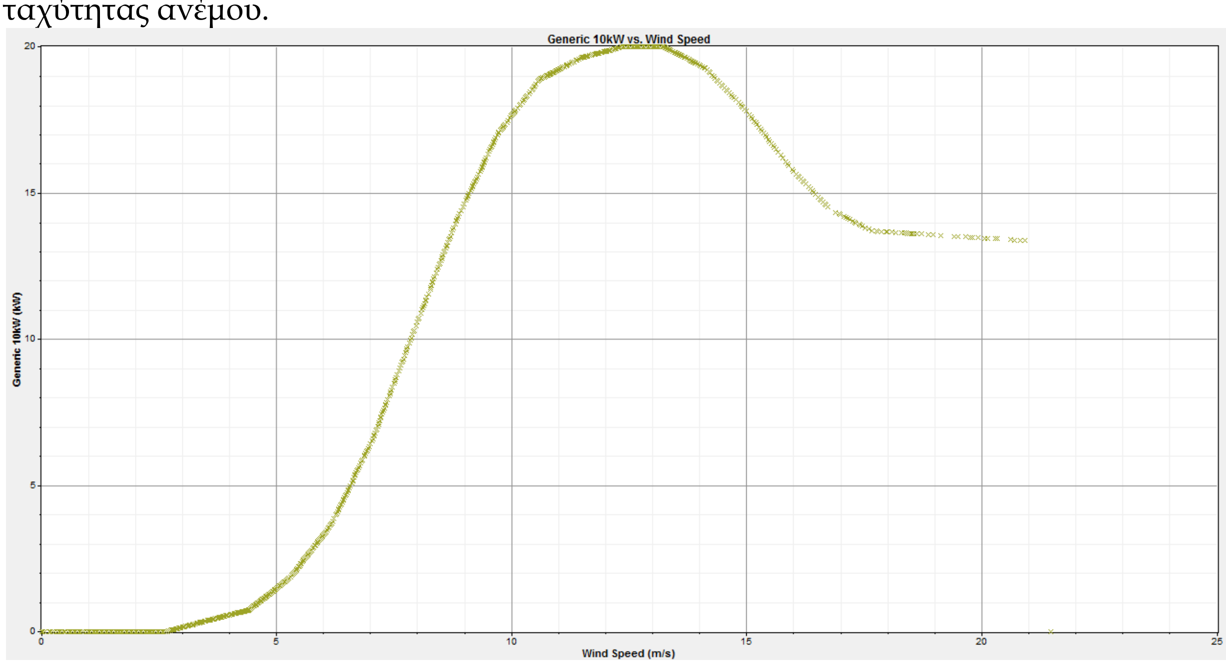
5					-	8	200	1	200
6					-	1	200	-	200

Πίνακας 31: Οικονομικά στοιχεία ανά σενάριο

Σενάρια	**Αρχικό κεφάλαιο €**	**Κόστος λειτουργίας (€/yr)**	**Κόστος ανά Kwh (€/KW)**
1	12472	1125.6	0.0128
2	97368	173681.6	0.4712
3	1008	221610.4	0.576
4	13008	221468.8	0.5776
5	96968	251072.8	0.672
6	12608	299439.2	0.78

Οι βέλτιστες συνθήκες για να λειτουργήσουν τα συστήματα εξαρτώνται κυρίως από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν με αποτέλεσμα ο βαθμός απόδοσης να μην παραμένει σταθερός. Για τα φωτοβολταικά η καλοκαιρινή περίοδος είναι η βέλτιστη ενώ αντίθετα για τις ανεμογεννήτριες ο βαθμός απόδοσης αλλάζει συνεχώς και οι τιμές του έχουν μεγάλη διακύμανση. Στο διάγραμμα 8 φαίνεται η σχέση μεταξύ παραγωγής ενέργειας από ανεμογεννήτριες και ταχύτητα ανέμου. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη ταχύτητα ανέμου για τις ανεμογεννήτριες που επιλέξαμε, δεν είναι η μέγιστη που έχει παρατηρηθεί αλλά μία χαμηλότερη και συγκεκριμένα ταχύτητα 13 m/s.

Διάγραμμα 8: Σχέση ενέργειας που παράγεται από ανεμογεννήτριες και ταχύτητας ανέμου.

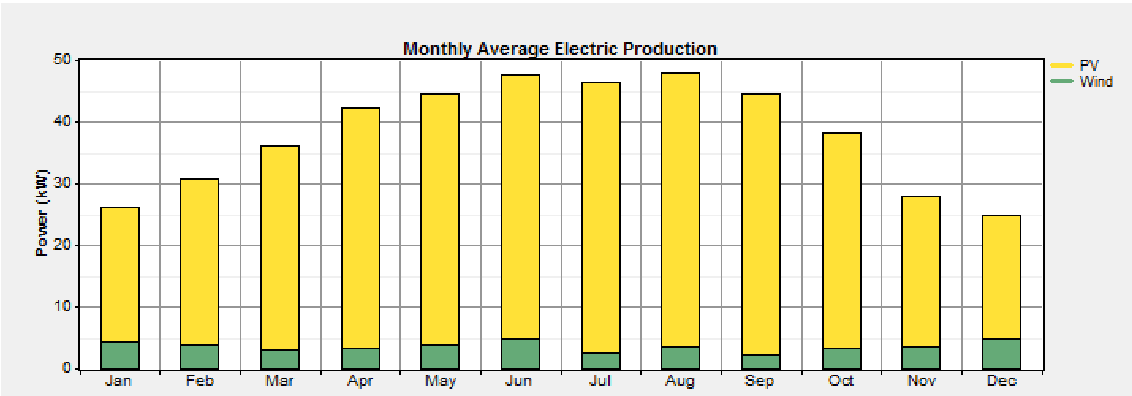


Στον οριζόντιο άξονα αναγράφονται τιμές ταχύτητας ανέμου και στον κατακόρυφο τιμές παραγωγής ενέργειας από ανεμογεννήτριες.

4.3.1 Σενάριο 1

Το πρώτο σενάριο διαθέτει τα εξής συστήματα: Φωτοβολταικά συνολικής ισχύος 180 Kw, μία ανεμογεννήτρια και μετασχηματιστές συνολικής ισχύος 200 kW. Στο διάγραμμα 9 μπορούμε να δούμε την μηνιαία ισχύς που έχουν συνολικά τα συστήματα.

Διάγραμμα 9: Μέση μηνιαία ισχύς των συστημάτων σεναρίου 1.



Στον άξονα y αναγράφεται η ισχύς και στον άξονα x οι μήνες. Το πράσινο χρώμα παριστάνει την ισχύ των ανεμογεννητριών και το κίτρινο χρώμα την ισχύ των φωτοβολταικών συστημάτων. Στον Πίνακα 33 αναγράφονται η ετήσια παραγωγή ανά σύστημα και το ποσοστό συνεισφοράς του στην ολική παραγωγή.

Πίνακας 32: Ετήσια παραγωγή και ποσοστό συνεισφοράς ανά σύστημα.

Παραγωγή	kWh/yr	Ποσοστό
Φωτοβολταικά	302.9	90.6
Ανεμογεννήτριες	31.4	9.4
Γεννήτρια καύσης βιοαερίου	0	0
Σύνολο	**334.3**	**100**

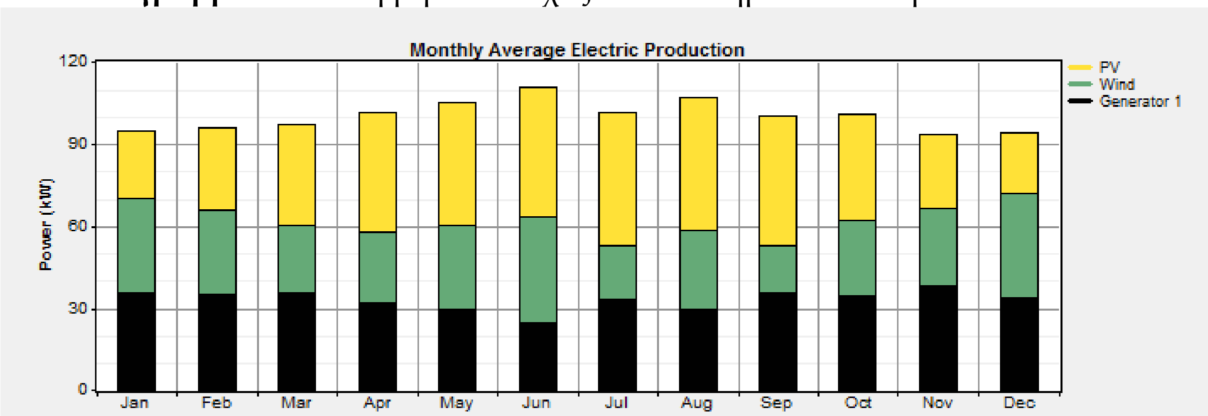
Η ημερήσια απαίτηση ενέργειας για το ΠΚ είναι 1055 kWh το οποίο αντιστοιχεί σε 43 kW. Στο διάγραμμα 10 παρατηρούμε μία μέση μηνιαία ισχύς 30 kW το οποίο δεν είναι αρκετά για τις ενεργειακές απαιτήσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης. Τους μήνες Απρίλιο έως και Σεπτέμβριο η ισχύς είναι αρκετή για τις ενεργειακές απαιτήσεις του ΠΚ. Τους υπόλοιπους μήνες δεν καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες από τα συστήματα αυτά και καθίσταται έτσι ένα πρόβλημα μη σταθερού δικτύου. Το σενάριο αυτό δεν καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες του ΠΚ για ένα διάστημα 6 μηνών στο οποίο θα πρέπει να υποστηρίζεται εν μέρει από το δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Όσον αφορά τα οικονομικά στοιχεία, το σενάριο 1 έχει αρκετά μεγάλο αρχικό κεφάλαιο (12472€) αλλά το ετήσιο κόστος λειτουργίας σχετικά μικρό(1125.6€).

4.3.2 Σενάριο 2

Το σενάριο αυτό διαθέτει τα εξής συστήματα: Φωτοβολταικά ισχύος 200kW, 8 ανεμογεννήτριες, Γεννήτριες καύσης βιοαερίου συνολικής ισχύος 200kW, Μετασχηματιστές συνολικής ισχύος 200kW και τέλος μπαταρία (Flywheel). Στο διάγραμμα 10 βλέπουμε την μηνιαία ισχύς που έχουν συνολικά τα συστήματα του σεναρίου 2.

Διάγραμμα 10: Μέση μηνιαία ισχύς των συστημάτων σεναρίου 2.



Ομοίως με το σενάριο 1 το διάγραμμα αυτό παριστάνει την συνολική ισχύ ανά μήνα. Το μαύρο χρώμα παριστάνει την ισχύ της γεννήτριας καύσης βιοαερίου, το πράσινο χρώμα την ισχύ των ανεμογεννητριών και τέλος το κίτρινο χρώμα την ισχύ των φωτοβολταικών. Στον Πίνακα 34 αναγράφονται η ετήσια παραγωγή ανά σύστημα και το ποσοστό συνεισφοράς του στην ολική παραγωγή.

Πίνακας 33: Ετήσια παραγωγή και ποσοστό συνεισφοράς ανά σύστημα.

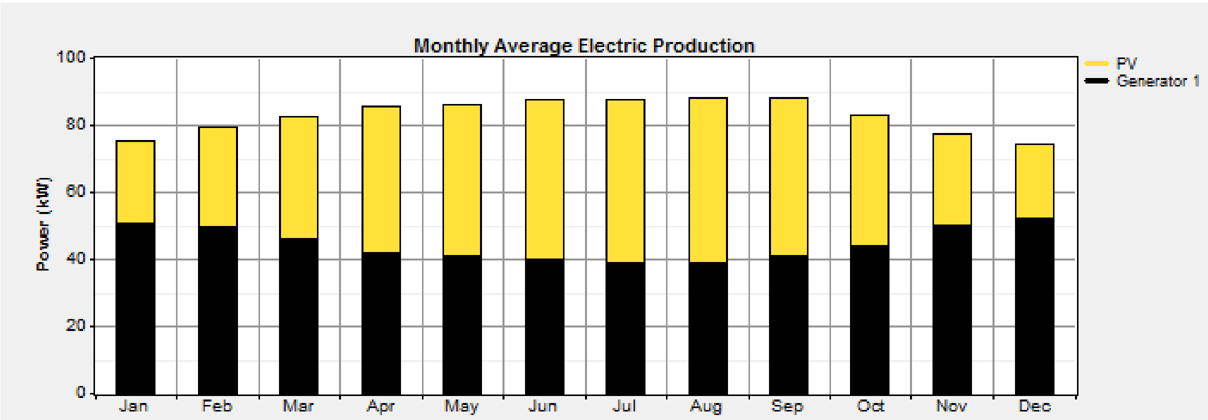
Παραγωγή	kWh/yr	Ποσοστό
Φωτοβολταικά	336.6	38.3
Ανεμογεννήτριες	251.6	28.6
Γεννήτρια καύσης βιοαερίου	290.1	33.0
Σύνολο	**878.3**	**100**

Το σενάριο αυτό υπερκαλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες του ΠΚ και καθίσταται δυνατό να παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια σε κοινότητες που συνορεύουν. Από το διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες παράγεται παραπάνω ενέργεια από τους χειμερινούς μήνες. Για το ΠΚ δεν θα υπάρχει πρόβλημα καθώς καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες αλλά κατά την τροφοδότηση συνοριακών κοινοτήτων ένα μη σταθερό δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας διατρέχονται κίνδυνοι διακοπής ηλεκτροδότησης. Συνεπώς η ενέργεια που επιτρέπεται να τροφοδοτεί άλλες κοινότητες πρέπει να είναι ίση με την ελάχιστη μηνιαία παραγωγή ώστε να μην δημιουργούνται διακυμάνσεις κατά την τροφοδότηση.

4.3.3 Σενάριο 3

Το σενάριο αυτό διαθέτει τα εξής συστήματα: Φωτοβολταικά συνολικής ισχύος 200kW, Γεννήτρια καύσης βιοαερίου ισχύος 200 kW και τέλος μετασχηματιστές συνολικής ισχύος 200 kW. Στο διάγραμμα 11 βλέπουμε την μέση μηνιαία ισχύ που έχουν συνολικά τα συστήματα του σεναρίου 3.

Διάγραμμα 11: Μέση μηνιαία ισχύς των συστημάτων σεναρίου 3.



Στον άξονα y αναγράφεται οι συνολική ισχύς και στον άξονα x οι μήνες. Το μαύρο χρώμα παριστάνει την ισχύ της γεννήτρια καύσης βιοαερίου και το κίτρινο χρώμα την ισχύς των φωτοβολταικών. Στον Πίνακα 35 αναγράφονται η ετήσια παραγωγή ανά σύστημα και το ποσοστό συνεισφοράς του στην ολική παραγωγή.

Πίνακας 34: Ετήσια παραγωγή και ποσοστό συνεισφοράς ανά σύστημα.

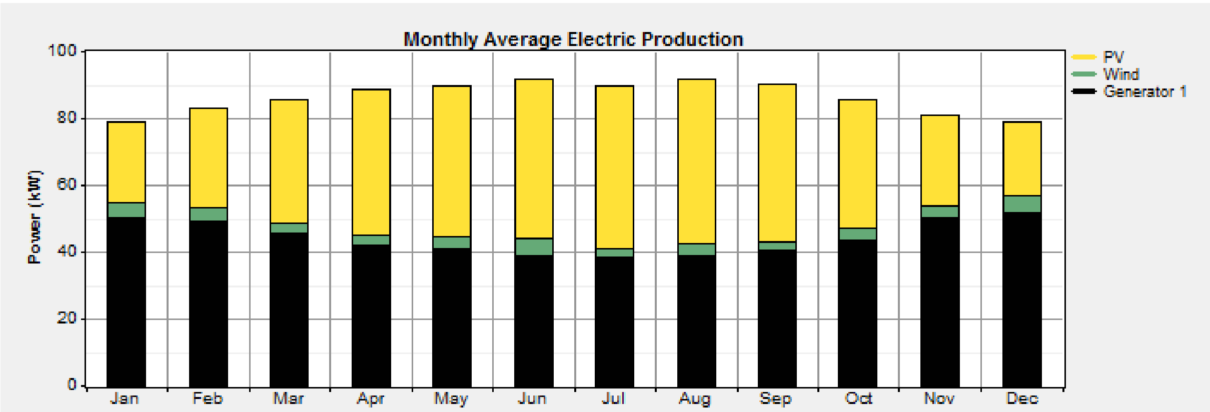
Παραγωγή	kWh/yr	Ποσοστό
Φωτοβολταικά	336.6	46.3
Ανεμογεννήτριες	0	0
Γεννήτρια καύσης βιοαερίου	390.3	53.7
Σύνολο	**726.9**	**100**

Όπως και στο σενάριο 2, οι ενεργειακές ανάγκες του ΠΚ καλύπτονται από τα συστήματα που έχουν εγκατασταθεί και καθίσταται δυνατή η τροφοδότηση ηλεκτρικής ενέργειας σε συνοριακές κοινότητες. Το σύστημα αυτό είναι αρκετά σταθερό και συνεπώς δεν διατρέχονται κίνδυνοι κατά την τροφοδότηση ηλεκτρικής ενέργειας στις συνοριακές κοινότητες.

4.3.4 Σενάριο 4

Το σενάριο αυτό διαθέτει τα εξής συστήματα: Φωτοβολταικά συνολικής ισχύος 200kW, μία ανεμογεννήτρια, Γεννήτρια καύσης βιοαερίου συνολικής ισχύος 200 kW και μετασχηματιστές συνολικής ισχύος 200 kW. Στο διάγραμμα 12 βλέπουμε την μέση μηνιαία ισχύ ανά μήνα που έχουν συνολικά τα συστήματα του σενάριο 4.

Διάγραμμα 12: Μέση μηνιαία ισχύς των συστημάτων σεναρίου 4.



Στον άξονα y αναγράφεται οι συνολική ισχύς και στον άξονα x οι μήνες. Το μαύρο χρώμα παριστάνει την ισχύ της γεννήτριας, το πράσινο χρώμα την ισχύ ανεμογεννήτριας και τέλος το κίτρινο χρώμα την ισχύ των φωτοβολταικών. Στον Πίνακα 36 αναγράφονται η ετήσια παραγωγή ανά σύστημα και το ποσοστό συνεισφοράς του στην ολική παραγωγή.

Πίνακας 35: Ετήσια παραγωγή και ποσοστό συνεισφοράς ανά σύστημα.

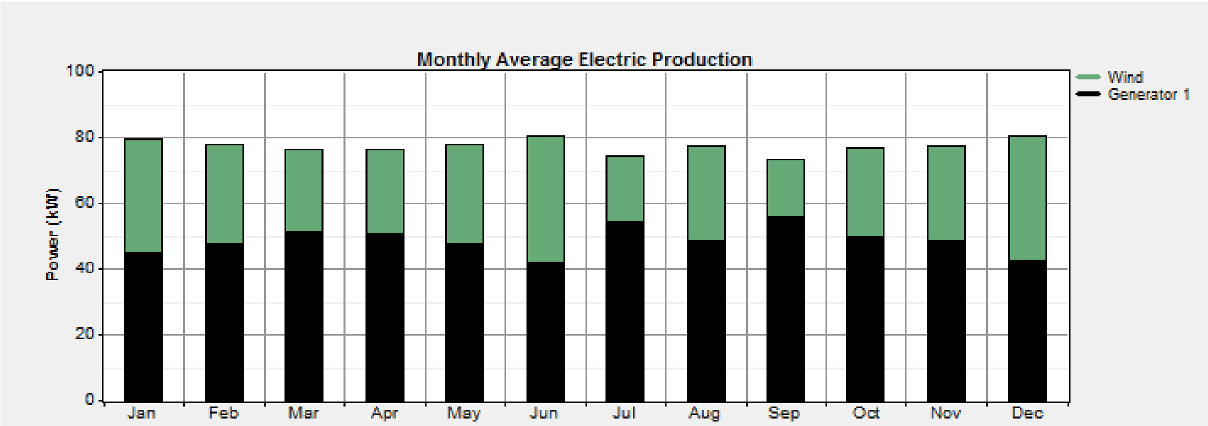
Παραγωγή	kWh/yr	Ποσοστό
Φωτοβολταικά	336.6	44.5
Ανεμογεννήτριες	31.4	4.1
Γεννήτρια καύσης βιοαερίου	388.1	51.3
Σύνολο	**756.1**	**100**

Το σενάριο αυτό έχει παρόμοια αποτελέσματα με το σενάριο 3 με την διαφορά ότι διαθέτει ανεμογεννήτρια. Ομοίως το σύστημα είναι αρκετά σταθερό με μικρή διακύμανση στις τιμές συνολικής ισχύος. Ωστόσο το σενάριο 3 αποτελεί καλύτερη λύση καθώς το αρχικό κεφάλαιο και το κόστος λειτουργίας του σεναρίου 4 είναι μεγαλύτερα παρόλο που η συνολική ισχύς είναι σχεδόν ίδια(Πίνακας 32).

4.3.5 Σενάριο 5

Το σενάριο αυτό διαθέτει τα εξής συστήματα: 8 Ανεμογεννήτριες, γεννήτρια καύσης βιοαερίου ισχύος 200kW και τέλος μετασχηματιστές συνολικής ισχύος 200 kW και μπαταρία(flywheel) που διατηρεί την ενέργεια με έναν περιστρεφόμενο μηχανισμό. Στο διάγραμμα 13 βλέπουμε την μέση μηνιαία ισχύ ανά μήνα που έχουν συνολικά τα συστήματα του σενάριο 5.

Διάγραμμα 13: Μέση μηνιαία ισχύς των συστημάτων σεναρίου 5.



Στον άξονα y αναγράφεται οι συνολική ισχύς και στον άξονα x οι μήνες. Το μαύρο χρώμα παριστάνει την ισχύ της γεννήτριας, το πράσινο χρώμα την ισχύ ανεμογεννήτριας. Στον Πίνακα 37 αναγράφονται η ετήσια παραγωγή ανά σύστημα και το ποσοστό συνεισφοράς του στην ολική παραγωγή.

Πίνακας 36: Ετήσια παραγωγή και ποσοστό συνεισφοράς ανά σύστημα.

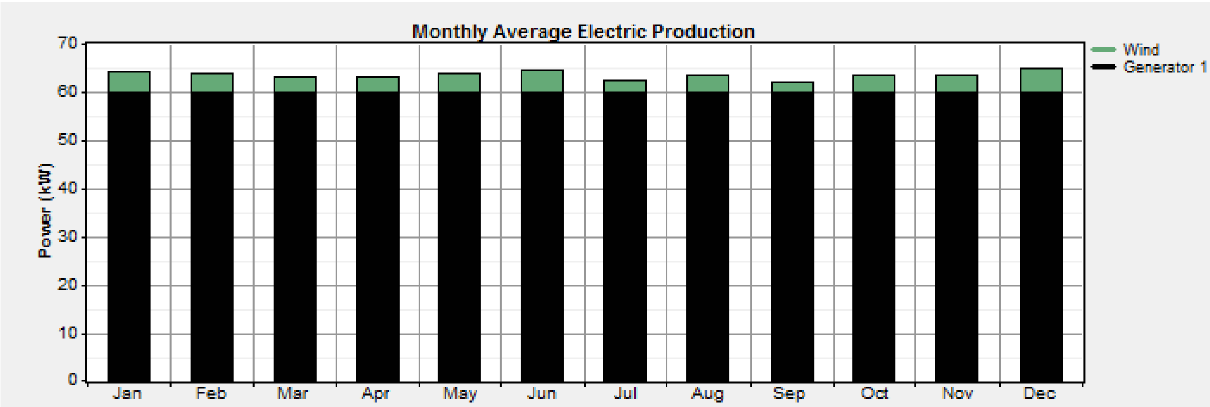
Παραγωγή	kWh/yr	Ποσοστό
Φωτοβολταικά	0	0
Ανεμογεννήτριες	251.6	37.1
Γεννήτρια καύσης βιοαερίου	426.4	62.9
Σύνολο	**678**	**100**

Τα συστήματα στο σενάριο αυτό καλύπτουν τις ανάγκες του ΠΚ και αποτελεί το πιο σταθερό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό αποτελεί βασικό πλεονέκτημα αλλά ως βασικό μειονέκτημα έχει το υψηλό αρχικό κόστος(96968€) και το κόστος λειτουργίας(251072.8€) των συστημάτων(Πίνακας 32).

4.3.6 Σενάριο 6

Το σενάριο αυτό διαθέτει τα εξής συστήματα: Μία ανεμογεννήτρια, Γεννήτρια καύσης βιοαερίου ισχύος 200 kW και μετασχηματιστές συνολικής ισχύος 200 kW. Στο διάγραμμα 14 βλέπουμε την μέση μηνιαία ισχύ ανά μήνα που έχουν συνολικά τα συστήματα του σενάριο 6.

Διάγραμμα 14: Μέση μηνιαία ισχύς των συστημάτων σεναρίου 6.



Στον άξονα y αναγράφεται οι συνολική ισχύς και στον άξονα x οι μήνες. Το μαύρο χρώμα παριστάνει την ισχύ της γεννήτριας, το πράσινο χρώμα την ισχύ ανεμογεννήτριας. Στον Πίνακα 38 αναγράφονται η ετήσια παραγωγή ανά σύστημα και το ποσοστό συνεισφοράς του στην ολική παραγωγή.

Πίνακας 37: Ετήσια παραγωγή και ποσοστό συνεισφοράς ανά σύστημα.

Παραγωγή	kWh/yr	Ποσοστό
Φωτοβολταικά	0	0
Ανεμογεννήτριες	31.4	5.6
Γεννήτρια καύσης βιοαερίου	525.4	94.4
Σύνολο	**556.8**	**100**

Το σενάριο αυτό καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες του ΠΚ αλλά απαιτεί μεγάλες ποσότητες καυσίμου βιοαερίου ώστε να λειτουργήσει. Επιπλέον το κόστος λειτουργίας (299439.2 €) είναι το μεγαλύτερο σε σύγκριση με τα άλλα σενάρια κάτι δεν το καθιστά βέλτιστη λύση. Το αρχικό κεφάλαιο είναι αρκετά μικρό (12608 €) αλλά το κόστος λειτουργίας είναι συγκριτικά πολύ μεγάλο.

Συνοψίζοντας το βέλτιστο σενάριο από τα 6 σενάρια που προτείνει το λογισμικό είναι το σενάριο 2 το οποίο παρέχει αρκετή ενέργεια για το ΠΚ, υπάρχει σταθερότητα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και το αρχικό κεφάλαιο είναι σχετικά μικρό. Το κόστος λειτουργίας είναι επίσης σχετικά μικρό και συνεπώς το σενάριο 2 αποτελεί την βέλτιστη λύση εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

5 Παράγοντες επίτευξης ΚΜΚΕ

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν οι παράγοντες οι οποίοι θα καθορίσουν την αποδοτικότητα μιας κοινότητας μηδενικής ενέργειας. Η μοντελοποίηση μιας ΚΜΚΕ απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή καθώς η επιρροή τους διευρύνεται σε τοπικό και διεθνές επίπεδο. Βασικά βήματα για την επίτευξη κοινότητας μηδενικής ενέργειας είναι τα εξής:

- Σχεδιασμός ενεργειακά αυτόνομης κοινότητας
- Δημιουργία ενεργειακά αυτόνομων κτηρίων
- Ενεργειακά αποδοτικά μέσα μαζικής μεταφοράς
- Διαχείριση παραγωγής και διανομής ενέργειας
- Ενημέρωση και εκπαίδευση πολιτών
- Συνδυασμός των παραπάνω σημείων για την βέλτιστη λύση

Κάθε ένα από τα παραπάνω σημεία θα αναλυθούν στα παρακάτω υποκεφάλαια. Σε κάθε υποκεφάλαιο παρατίθενται παραδείγματα ΚΜΚΕ οι οποίες έχουν εφαρμόσει ένα από τα παραπάνω σημεία.

5.2 Σχεδιασμός ενεργειακά αυτόνομης κοινότητας

Το πρώτο βήμα για την επίτευξη δημιουργίας ΚΜΚΕ περιγράφεται ως σχεδιασμός της κοινότητας για τον οποίο πολεοδόμοι και άλλοι παράγοντες σχετικοί με την χωροταξία, δημιουργούν μία φιλική προς το περιβάλλον, λιγότερο εξαρτημένη από τις μεταφορές με αυτοκίνητο και προσιτή για πράσινο τρόπο ζωής κοινότητα. Σε γενικές γραμμές ο σχεδιασμός αυτός γίνεται με σκοπό την μείωση της μη συμβατής προς το περιβάλλον παραγωγής ενέργειας, την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την υιοθέτηση ενός πράσινου τρόπου ζωής (Nancy Carlisle, 2009).

Όσον αφορά τα κτήρια, ο κατάλληλος σχεδιασμός και προσανατολισμός μπορούν να μειώσουν σε μεγάλο βαθμό την απαίτηση σε ενέργεια. Τα λεγόμενα παθητικά σπίτια ανήκουν σε τέτοια κατηγορία κτηρίων και είναι σχεδιασμένα με σκοπό να δέχονται την κατάλληλη ηλιακή ενέργεια (μεγιστοποιείται σε ψυχρά κλίματα και ελαχιστοποιείται σε θερμά κλίματα), φως και φυσικό κλιματισμό-σκίαση. Αυτά είναι τα βασικά κριτήρια για τον κατάλληλο σχεδιασμό κτηρίων σε μία κοινότητα μηδενικής ενέργειας.

Όσον αφορά τον σχεδιασμό της κοινότητας πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως δημόσιες υπηρεσίες, κτήρια και μεταφορές. Ο σχεδιασμός πρέπει να είναι τέτοιος ώστε σχολεία, μαγαζιά και δημόσιες υπηρεσίες να είναι συγκεντρωμένα και σε μικρή απόσταση από τα σπίτια και τις επιχειρήσεις με αποτέλεσμα να μην απαιτείται μεταφορά με αυτοκίνητο αλλά αντιθέτως να ωθεί τους πολίτες να χρησιμοποιούν μέσα μαζικής μεταφοράς, ποδήλατα και πεζοδρόμια. Με αυτόν τον τρόπο σε μεγάλο βαθμό η απαίτηση ενέργειας για μεταφορές και παράλληλα βελτιώνει το επίπεδο ζωής.

Αυτά είναι τα βασικά κριτήρια που συμβάλλουν στη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων μιας κοινότητας (Nancy Carlisle, 2009). Επιγραμματικά όλα τα κριτήρια είναι:

- Κατάλληλος χωροταξικός σχεδιασμός για εκμετάλλευση φυσικών πηγών ενέργειας (Κλιματισμός, σκίαση κ.α.)
- Κατασκευή παθητικών κτηρίων
- Κατάλληλη πολεοδομία για διευκόλυνση μεταφορών
- Ανακύκλωση απορριμμάτων και επαναχρησιμοποίηση νερού
- Κοινωνική συνοχή και οικολογική συνείδηση
- Διατήρηση πολιτισμικών και ιστορικών αξιών

Στη συνέχεια παρατίθενται παραδείγματα κοινοτήτων με κατάλληλο σχεδιασμό για επίτευξη της ενεργειακής αυτονομίας.

<u>Αρουάντα , Ντένβερ , Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής</u>

Η κοινότητα Αρουάντα της πόλης Ντένβερ των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής αποτελεί ένα παράδειγμα πράσινου σχεδιασμού. Έχει έκταση 20 εκταρίων και αποτελείται από 260 οικίες. Η τοποθεσία του είναι σε μικρή απόσταση από εμπορικό και επιχειρησιακό κέντρο τα οποία συνδέονται με ποδηλατοδρόμο με την κοινότητα. Ο δρόμος αυτός επίσης συνδέει την κοινότητα με πάρκο αναψυχής εκτός της πόλης του Ντένβερ. Αυτό καθιστά τους κατοίκους της κοινότητας ανεξάρτητους από αυτοκίνητα με αποτέλεσμα να μειώνεται ραγδαία η απαίτηση ενέργειας.

Η πυκνότητα της δόμησης είναι τέτοια ώστε να καθιστά την κοινότητα σε μεγάλο βαθμό ενεργειακά αυτόνομη. Έχει παρατηρηθεί ότι αυτός ο σχεδιασμός επιφέρει ελαχιστοποίηση ηλιακής ενέργειας το καλοκαίρι και αντιθέτως μεγιστοποίηση ηλιακής ενέργειας το χειμώνα. Φυσικά υλικά και χώροι πρασίνου έχουν αντικαταστήσει δρόμους και οροφές με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η θερμότητα το καλοκαίρι και να χάνεται το χειμώνα. Όλες οι κατοικίες και υπόλοιπα κτήρια έχουν σχεδιαστεί με ειδικούς εξαεριστές, με σύστημα θέρμανσης από γεωθερμία, φωτοβολταικά και κατασκευές από φυσικά υλικά συμβάλλοντας έτσι δυναμικά στην ενεργειακή αυτονομία (Nancy Carlisle, 2009).

Νήσος Ντέβις , Νότια Καρολίνα , Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Άλλο ένα παράδειγμα ενεργειακά αυτόνομης κοινότητας είναι η νήσος Ντέβις στη Νότια Καρολίνα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Αποτελείται από 150 κατοικίες και το νησί έχει έκταση 1200 εκτάρια. Η κατασκευή της κοινότητας βασίζεται κυρίως στα υλικά κατασκευής και στον τρόπο επαναχρησιμοποίησης απορριμμάτων και νερού. Οι κατοικίες είναι κατασκευασμένες από ανακυκλώσιμα υλικά και έχουν εφαρμοστεί στρατηγικές επαναχρησιμοποίησης νερού (ως ψυκτικό μέσο σε βιομηχανίες, πάρκα αναψυχής, άρδευση κτλ) (Nancy Carlisle, 2009) (Παθητικό Σπίτι στην Ελλάδα, 2010).

5.3 Εφαρμογή σε κτήρια (έξυπνα κτήρια-παθητικά κτήρια)

Καθοριστικό ρόλο στον περιορισμό της ενεργειακής απαίτησης είναι η κατασκευή κατοικιών των οποίων η μόνωση τους επιτρέπει να αποθηκεύουν με σχεδόν μηδενικές απώλειες την ενέργεια που δέχονται. Πρόκειται για τα λεγόμενα παθητικά κτήρια τα οποία έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν σε τέτοιο βαθμό την ενέργεια που δέχονται ώστε να παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας έως και 90%. Τα κτήρια αυτά λοιπόν συμβάλλουν ουσιαστικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και κατά συνεπείαν στην εξοικονόμηση χρήματος.

Συγκεκριμένα τα κτήρια αυτά δέχονται ηλιακή ακτινοβολία την οποία και απορροφάνε κυρίως τους θερινούς μήνες λόγω της ποιότητας της μόνωσης και επιπλέον έχουν άριστη εσωτερική ατμόσφαιρα και φυσικό φώς τους χειμερινούς μήνες. Η αύξηση της θερμοκρασίας ελέγχεται με σκίαση ενώ ο προσανατολισμός και η μόνωση των παραθύρων συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση της ψύξης. Ένα επιπλέον ενδιαφέρον χαρακτηριστικό είναι ότι λόγω της ποιότητας της θερμομόνωσης έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν ακόμα και την θερμότητα που παράγουν το ανθρώπινο σώμα, ο φούρνος μαγειρέματος ,οι λαμπτήρες της κατοικίας και άλλες συσκευές που εκλύουν θερμότητα (Παθητικό Σπίτι στην Ελλάδα, 2010).

Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζουν μία θερμοκρασία 20 βαθμών κελσίου κρατώντας την σταθερή χωρίς να απαιτείται επιπλέον ενέργεια. Σε περίπτωση που οι κάτοικοι χρειάζονται υψηλότερες θερμοκρασίες, η ενεργειακές απαιτήσεις μπορούν να καλυφθούν από συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζονται όλες οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτηρίου με οικολογικό και οικονομικό τρόπο.

Σε αυτό το σημείο μπορούμε να προσθέσουμε τον όρο έξυπνα κτήρια τα οποία μειώνουν ακόμα περισσότερο την απαίτηση σε ενέργεια καθώς και του κόστους. Η λειτουργία τους βασίζεται σε αισθητήρες που για παράδειγμα αντιλαμβάνονται κίνηση και βάσει αυτής μεταβάλλουν παραμέτρους όπως θερμοκρασία δωματίων, φωτισμό και άλλων. Ένα σύστημα το οποίο ήδη χρησιμοποιείται σε αρκετά κτήρια είναι η αυτόματη ρύθμιση θερμοκρασίας, φωτισμού και λειτουργία ηλεκτρονικών συσκευών. Ανάλογα με το χρονικό διάστημα που δεν αντιλαμβάνεται κίνηση ο αισθητήρας, όλες οι συσκευές απενεργοποιούνται αυτόματα, ο φωτισμός χαμηλώνει και η θερμοκρασία πέφτει σε τέτοιο επίπεδο ώστε να μπορεί να κρατηθεί σταθερή χωρίς απαίτηση επιπλέον ενέργειας. Παρόμοιες παραμέτρους για παράδειγμα που ελέγχονται από το σπίτι είναι και ηλεκτρονικές συσκευές και συστήματα θέρμανσης νερού που θέτουν σε κίνδυνο το κτήριο από πυρκαγιά όταν για παράδειγμα ξεχαστούν ενεργοποιημένες. Το σύστημα αυτό λοιπόν παίζει και ρόλο ασφάλειας κατοικίας.

Σε ότι αφορά το πρόσθετο κόστος των παθητικών κτηρίων, δεν ξεπερνά το κόστος των συμβατικών κατά 5-8%. Σε περιπτώσεις όμως μεγάλων κατασκευών το ποσοστό αυτό δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο αλλά έχει παρατηρηθεί ότι η απόσβεση γίνεται μέσα σε 6-8 χρόνια από το τέλος της κατασκευής. Σε μία εποχή λοιπόν που το 48% των αερίων του θερμοκηπίου και το 76% της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας καθοδηγείται στα σημερινά σπίτια, είναι απαραίτητη η καθιέρωση παθητικών-έξυπνων κτηρίων (Παθητικό Σπίτι στην Ελλάδα, 2010).

5.4 Μέσα Μεταφοράς

Ο βασικότερος παράγοντας μείωσης ενεργειακής απαίτησης ο οποίος δεν σχετίζεται με τα κτήρια της κοινότητας είναι τα μέσα μεταφοράς. Βασικός στόχος ΚΜΚΕ όσον αφορά την μεταφορά είναι ελαχιστοποίηση της περιττής χρήσης μέσων μεταφορών και φιλικών προς το περιβάλλον μέσων μεταφορών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση μαζικών μέσων μεταφοράς, αύξηση πλήρωσης των οχημάτων και με την χρήση φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων (ηλεκτρικά, υβριδικά, εναλλακτικά οικολογικά καύσιμα). Αυτό πρέπει να γίνει εκ μέρους των πολιτών. Αντίθετα η κοινότητα πρέπει να παρέχει σωστή διαχείριση μέσων μαζικής μεταφοράς καθώς και να παροτρύνει τους πολίτες να χρησιμοποιούν ποδήλατα και πεζόδρομους δημιουργώντας τις κατάλληλες συνθήκες για αυτές τις κατηγορίες μεταφορών (Nancy Carlisle, 2009).

Όσον αφορά τη χρήση οχημάτων φιλικών προς το περιβάλλον στις ΚΜΚΕ, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ηλεκτρικά, υβριδικά ή οχήματα με χρήση εναλλακτικών καυσίμων. Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν την δυνατότητα να κινούνται με την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας η οποία αποθηκεύεται σε μία μπαταρία. Τα οχήματα αυτά μπορούν να επαναφορτιστούν με τη χρήση πρίζας και να αποθηκεύουν την ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εγκατεστημένες στις κατοικίες ή σε δημόσιους χώρους στάθμευσης οχημάτων. Σε περιπτώσεις μεγάλων διαδρομών έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιούν ξανά την καύση καυσίμων ως μέσο κίνησης. Στην βέλτιστη περίπτωση τα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούν οικολογικά καύσιμα όπως Βιοντίζελ κα.

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στις επόμενες γενιές δεν θα λαμβάνουν μόνο αλλά και θα δίνουν ενέργεια στο δίκτυο καθώς θα την παράγουν μέσω ανανεώσιμων συστημάτων. Αυτό θα γίνεται όσο είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο ηλεκτροδότησης της κατοικίας και η μπαταρία είναι ήδη πλήρης φορτισμένη. Αυτό θα αποτελέσει το καινούργιο επίτευγμα που θα συνεισφέρει ακόμα περισσότερο στην μείωση της ενεργειακής απαίτησης μιας κοινότητας (Nancy Carlisle, 2009).

Στη συνέχεια παραθέτονται διάφορα παραδείγματα εφαρμογής εξελιγμένης -φιλικής προς το περιβάλλον μεταφοράς.

<u>Κοινόχρηστα αυτοκίνητα</u>

Σε πόλεις όπως το Σιάτελ και το Ουάσιγκτον των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής έχουν εφαρμόσει ένα σύστημα μεταφορών με βασικό σκοπό να λύσουν το κυκλοφοριακό πρόβλημα καθώς και να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα σε αστικά κέντρα. Σε σταθμούς μέσων μαζικής μεταφοράς έχουν δώσει την δυνατότητα ενοικίασης ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου για ένα μικρό χρονικό διάστημα επί πληρωμής. Αυτό το εγχείρημα παροτρύνει τους πολίτες μίας μεγάλης πόλης να χρησιμοποιήσουν τα μέσα μαζικής μεταφοράς και παράλληλα να χρησιμοποιούν φιλικά προς το περιβάλλον αυτοκίνητα. Τέλος το κυκλοφοριακό πρόβλημα ελαττώνεται και η ποιότητα αέρος βελτιώνεται (Nancy Carlisle, 2009).

Χώρος στάθμευσης επαναφόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Σε αρκετές πόλεις έχουν κατασκευαστεί δημόσιοι χώροι στάθμευσης οι οποίοι έχουν την δυνατότητα επαναφόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με τη χρήση φωτοβολταικών στις οροφές των στεγάστρων. Αυτό γίνεται επί πληρωμής και συνεπώς συνεισφέρει και οικονομικά την κοινότητα (Nancy Carlisle, 2009).

Εναλλακτικές λύσεις

Άλλες λύσεις αντιμετώπισης κυκλοφοριακού προβλήματος, βελτίωσης ποιότητας αέρος και φιλική προς το περιβάλλον χρήση μεταφορικών μέσων είναι η επιβολή επιπλέον φόρων σε περιπτώσεις χρήσης παλιών αυτοκινήτων και σε περιπτώσεις εισόδου σε περιοχή επιβαρημένου με κυκλοφοριακό πρόβλημα.

Τέλος απαραίτητη προϋπόθεση σε σχεδιασμό μιας κοινότητας είναι η τοποθέτηση όλων των μέσων μαζικής μεταφοράς σε έναν ενιαίο κεντρικό σταθμό μεταφοράς. Αυτό μπορεί να συνδυαστεί με την ενοικίαση αυτοκινήτων και ποδηλάτων για μικρό χρονικό διάστημα επί πληρωμής για την επιπλέον εξομάλυνση του κυκλοφοριακού προβλήματος.

5.5 Διαχείριση ενέργειας

Άλλο ένα σημαντικό βήμα προς τη δημιουργία ΚΜΚΕ είναι ο τρόπος διαχείρισης παραγόμενης ενέργειας. Η εξάπλωση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την δημιουργία πάρκων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακά πάρκα, αιολικά κλπ) και κατά συνεπείαν η δημιουργία μικρών δικτύων ανεξάρτητων από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης θα συμβάλλει στην ενεργειακή αυτονομία της κοινότητας. Άλλο ένα πλεονέκτημα των μικρών δικτύων είναι ότι η ενέργεια που παράγεται μπορεί να μοιράζεται σε άλλες κατοικίες ή κοινότητες οι οποίες έχουν ανάγκη από επιπλέον παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Εκτός από ενεργειακή αυτονομία, η κοινότητα θα αναπτυχθεί και οικονομικά καθώς όλη η παραγόμενη ενέργεια θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η δημιουργία μικρών δικτύων παραγωγής ενέργειας και κατά συνεπείαν η αποκέντρωση συστημάτων παραγωγής ενέργειας θα συμβάλλει στην σταθερότητα του δικτύου καθώς επίσης οι απώλειες μεταφοράς θα μειωθούν ραγδαία. Ένα τέτοιο σύστημα είναι αρκετά πιο ευέλικτο σε περιπτώσεις ακραίας ζήτησης ενέργειας με αποτέλεσμα να μην εμφανίζονται πλέον προβλήματα ηλεκτροδότησης. Επίσης τα καλώδια υψηλής τάσης τα οποία μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία, θα μειωθούν σε μεγάλο βαθμό. Εκτός από προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία, τα καλώδια υψηλής τάσης καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο όπου δεν επιτρέπεται η δόμηση λόγω υγειονομικής πρόληψης και επιπλέον είναι αρκετά αντιαισθητικά (Nancy Carlisle, 2009).

5.6 Συμβολή Πολιτών

Κομβικό ρόλο στην δημιουργία ΚΜΚΕ είναι η συμβολή των πολιτών. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητη η συνεχής ενημέρωση των πολιτών και η εκπαίδευση τους σε θέματα που αφορούν την βέλτιστη λειτουργία μιας ΚΜΚΕ. Χωρίς τη συμβολή των πολιτών καθίσταται αδύνατη η βιώσιμη ανάπτυξη της περιοχής , ένας όρος που περιλαμβάνει κοινωνική, οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον ανάπτυξη.

Η δημιουργία μιας ΚΜΚΕ θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σε μικρά στάδια καθώς οι απότομες αλλαγές θα επιφέρουν κοινωνικές αντιδράσεις. Το κλείσιμο εργοστασίων παραγωγής ενέργειας με μη συμβατούς τρόπους θα προκαλέσει κύματα αντιδράσεων και θα προκαλέσει καθυστέρηση ή και αλλαγές πρωταρχικών σχεδίων. Επομένως απαιτείται συνεχής ενημέρωση πολιτών και σταδιακά βήματα δημιουργίας ΚΜΚΕ. Επιπλέον απαιτείται συνεχής εκπαίδευση εργαζομένων με σκοπό να έχουμε βέλτιστη απόδοση παραγωγής και διανομής ενέργειας τα συστήματα που έχουν εγκατασταθεί.

5.7 Συνδυασμός παραγόντων επίτευξης ΚΜΚΕ

Η επίτευξη μιας ΚΜΚΕ απαιτεί την εφαρμογή όλων των βημάτων που αναλύθηκαν παραπάνω. Για την ολοκλήρωση αυτού του στόχου απαιτείται συνεργασία διαφόρων παραγόντων όπως τοπικές αυτοδιοικήσεις, κυβέρνησης, κατασκευαστές κατοικιών, κατασκευαστές αυτοκινήτων, κατασκευαστές ενεργειακών συστημάτων παραγωγής ενέργειας και άλλων παραγόντων. Κρίνεται όμως επιτακτικής ανάγκης η καθιέρωση προτεραιοτήτων όσον αφορά την εγκατάσταση συστημάτων παραγωγής ενέργειας καθώς θα επηρεάσει είτε θετικά είτε αρνητικά πολλά επίπεδα της κοινότητας (αισθητική, οικονομία, χωροταξία, πολεοδομία) (Nancy Carlisle, 2009).

Καθοριστικό ρόλο στην επιλογή συστημάτων παραγωγής ενέργειας, στην διάταξη των κτηρίων και του κυκλοφοριακού δικτύου παίζει το κλίμα της περιοχής όπου δημιουργείται μία ΚΜΚΕ. Στην περίπτωση του Πολυτεχνείου Κρήτης φτιάξαμε σενάρια εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με βάση το θερμό κλίμα της περιοχής και άλλων παραγόντων.

Αυτό που πρέπει να χαρακτηρίζει μία ΚΜΚΕ είναι εκτός από πρακτικά θέματα είναι η κοινωνική συνοχή, οικολογική συνείδηση και διατήρηση πολιτισμικών και ιστορικών αξιών. Αυτοί οι παράμετροι παίζουν καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία μιας κοινότητας και θα πρέπει η εφαρμογή των νέων μέτρων να καθοδηγείται βάσει αυτών των παραμέτρων. Όπως προαναφέρθηκε ένα βασικό παράδειγμα είναι η σταδιακή επίτευξη στόχων, ώστε να μην προκαλείται κοινωνική αναταραχή. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η εγκατάσταση συστημάτων παραγωγής ενέργειας που μπορεί να προκαλέσει κοινωνική αντίδραση για αισθητικούς λόγους.

Από οικονομικής πλευράς όπως έχει προαναφερθεί οι κοινότητες θα επωφεληθούν καθώς νέες θέσεις εργασίας θα δημιουργηθούν και η ενέργεια θα παράγεται από φιλικά προς το περιβάλλον (και με χαμηλό κόστος) μέσα. Αρχικά το κόστος κατασκευής θα είναι υψηλό αλλά έχει παρατηρηθεί ότι ο χρόνος απόσβεσης είναι 5-6 χρόνια. Επομένως μετά το χρονικό αυτό διάστημα τα συστήματα πλέον βγάζουν κέρδος. Το ερώτημα που τίθεται τώρα είναι από ποιόν θα χρηματοδοτηθεί η κοινότητα για την αποπληρωμή της εγκατάστασης αυτών των συστημάτων. Εκτός από έσοδα από φόρους ,μία κοινότητα μπορεί να χρηματοδοτηθεί με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα τα κοινόχρηστα αυτοκίνητα τα οποία έχουν αναλυθεί στο κεφάλαιο 5.4 αποτελούν έναν τρόπο εσόδων μιας κοινότητας. Ένας άλλος τρόπος δημιουργίας εσόδων για την κοινότητα βασίζεται στη χρέωση πολιτών με την διαφορά κόστους σε περίπτωση μη εγκατάστασης αυτών των συστημάτων. Συνεπώς εγκαθίστανται τα συστήματα και οι πολίτες χρεώνονται τη διαφορά χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας από την περίπτωση χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς την εγκατάσταση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στη συνέχεια παρατίθενται παραδείγματα κοινοτήτων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας που έχουν δημιουργηθεί σε διάφορες χώρες (Nancy Carlisle, 2009).

<u>Μπέτιγκτον, Αγγλία</u>

Το Μπέτιγκτον της Αγγλίας αποτελεί μία ΚΜΚΕ και έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει μηδενική παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και βασίζεται κυρίως στην εγκατάσταση πράσινων δομάτων-οροφών, φωτοβολταικά, ελάττωση κατανάλωσης ενέργειας και τέλος στην ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση νερού. Συντελείται από κατοικίες που συνδέονται με πεζόδρομους , ποδηλατοδρόμους, πολύ καλό σύστημα μέσων μαζικής μεταφοράς και κοινόχρηστα αυτοκίνητα (Nancy Carlisle, 2009).

Ντόγνταν, Σανγκάι, Κίνα

Στην κοινότητα Ντόγκταν της πόλης Σανγκάι στην Κίνα κατοικούν 80000 άνθρωποι της οποίας οι ανάγκες θέρμανσης καλύπτονται από καύση γεωργικών υπολειμμάτων σε συνδυασμό με άλλα συστήματα θέρμανσης και με τη χρήση επεξεργασμένου νερού ως μέσο ψύξης. Είναι μία πυκνοκατοικημένη κοινότητα με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν πολλές ανάγκες μεταφοράς μεγάλων αποστάσεων (Nancy Carlisle, 2009).

Νήσος Σαμσόε, Δανία

Το νησί αυτό καλύπτει το 70% των αναγκών θέρμανσης με 4 εγκαταστάσεις καύσης φυτικών ελαίων. Οι νησιώτες χρησιμοποιούν ως υγρά καύσιμα το βιοντίζελ. Για ανάγκες ηλεκτροδότησης έχουν εγκαταστήσει ανεμογεννήτριες οι οποίες καλύπτουν τις ανάγκες της κοινότητας. Επιπλέον έχουν εγκατασταθεί 15 ανεμογεννήτριες που ανήκουν σε ιδιώτες αγρότες (Nancy Carlisle, 2009).

Σαρασότα, Φλόριντα, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Αποτελεί επίσημα την πρώτη κοινότητα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής που μελλοντικά θα έχει την δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών του αναγκών. Για την επίτευξη αυτού του στόχου η τοπική αυτοδιοίκηση συνεργάστηκε με κατασκευαστές κατοικιών, εταιρίες παραγωγής ενέργειας και τον εθνικό σύνδεσμο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Nancy Carlisle, 2009).

6 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις

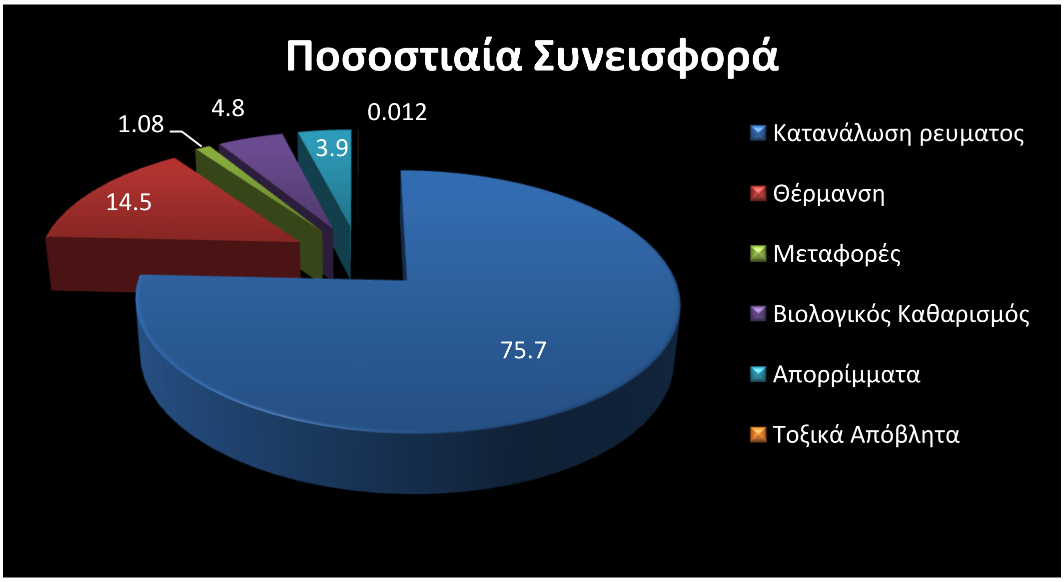
6.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα καθορίσουμε κατά πόσο έχει βελτιωθεί ή επιδεινωθεί η κατάσταση για τα τρία χρόνια όπου έχει γίνει απογραφή αποτυπώματος άνθρακα. Στη συνέχεια θα συγκρίνουμε τα ατομικά αποτυπώματα άνθρακα ενός εργαζόμενου ή φοιτητή στο Πολυτεχνείο Κρήτης με το ατομικά αποτυπώματα άνθρακα ανεπτυγμένων χωρών. Τέλος θα επισημανθούν μελλοντικές επεκτάσεις της εργασίας με σκοπό, δημιουργίας μιας ολοκληρωμένης μελέτης ανάλυσης περιβαλλοντικών επιπτώσεων και επίτευξης ΚΜΚΕ.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των απογραφών μπορούμε να δούμε ότι η πηγή με το μεγαλύτερο ποσοστό συνεισφοράς στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με ποσοστό συνεισφοράς κατά μέσο όρο 75.7%. Ακολουθεί η καύση πετρελαίου θέρμανσης με ποσοστό 14.5% ,οι ελεγχόμενες μεταφορές 1.08% και η διάθεση υγρών και αστικών αποβλήτων 4.8% και 3.9% αντίστοιχα. Τέλος το μικρότερο ποσοστό συνεισφοράς έχει η διαχείριση των τοξικών αποβλήτων του Πολυτεχνείου Κρήτης με ποσοστό 0.012%.

Στο διάγραμμα 15 απεικονίζεται το ποσοστό συνεισφοράς στο αποτύπωμα άνθρακα από κάθε πηγή εκπομπής αερίων θερμοκηπίου.

Διάγραμμα 15: Ποσοστιαία συνεισφορά ανά πηγή έκλυσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου



Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι ένας τρόπος η κοινότητα του Πολυτεχνείου Κρήτης να ελαττώσει το αποτύπωμα άνθρακα είναι μειώνοντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι υπεύθυνη για το 75.7% του συνολικού αποτυπώματος άνθρακα. Η ελάττωση των ενεργειακών απαιτήσεων μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα συστήματα αυτά έχουν την δυνατότητα παραγωγής μεγάλου ποσού ενέργειας και αποτελούν ένα οικολογικό τρόπο παραγωγής ενέργειας. Η χρήση αυτών των συστημάτων αποτελεί και την βάση δημιουργίας μιας κοινότητας μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Όσον αφορά τους τρόπους επίτευξης κοινότητας μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, αναλύονται στα κεφάλαια 4 και 5.

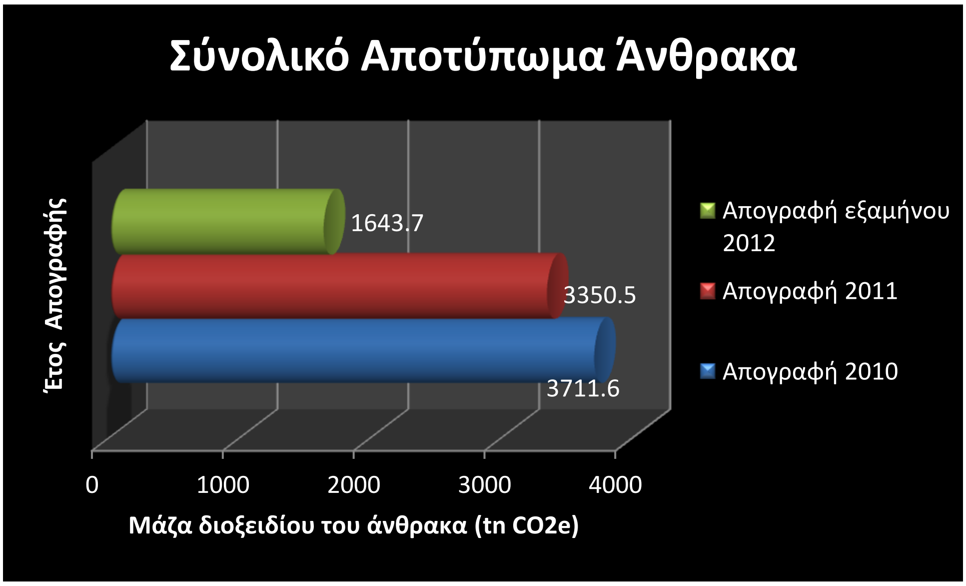
6.2 Σύγκριση ετήσιων απογραφών

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των ετήσιων απογραφών μπορούμε να δούμε ότι το αποτύπωμα άνθρακα το έτος 2011 είναι μικρότερο από το 2010. Το ποσοστό μείωσης του αποτυπώματος άνθρακα είναι 9.73% που αποτελεί σημαντική βελτίωση για το διάστημα ενός χρόνου. Ωστόσο η βασική διαφορά δεν οφείλεται στην βελτίωση της διαχείρισης της ενέργειας και αποβλήτων αλλά κυρίως στην μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου θέρμανσης, πιθανόν λόγο οικονομικής στενότητας. Παρατηρούμε για το έτος 2011 αρκετά μικρότερη κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης (από 262 KL το 2010 στα 155 KL το 2011) και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (από 3858800 KWh το 2010 στα 3737600 KWh). Συνεπώς και το αποτύπωμα άνθρακα είναι αρκετά μειωμένο.

Το διάστημα Σεπτεμβρίου 2011 έως Ιούλιο 2012 παρατηρούμε ελάττωση κατανάλωσης ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας σε σχέση με το υπόλοιπο διάστημα της μελέτης. Αυτό οφείλεται πιθανόν λόγω της οικονομικής στενότητας του Π.Κ. Συγκεκριμένα η περίοδος αυτή συμπίπτει και με την περίοδο της οικονομικής κρίσης που ήταν κυρίως αισθητή από το 2011.

Στο διάγραμμα 16 παρουσιάζονται τα αποτυπώματα άνθρακα ανά έτος απογραφής σε τόνους διοξειδίου του άνθρακα ανά χρόνο.

Διάγραμμα 16: Συνολικό αποτύπωμα άνθρακα ανά έτος απογραφής



Παρατηρώντας το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα του ΠΚ (για το έτος 2010), μπορούμε να αντιστοιχήσουμε με το αποτύπωμα άνθρακα διαφόρων περιπτώσεων όπως:

- 421,2 φορές το αποτύπωμα άνθρακα ενός μέσου Έλληνα πολίτη.

- 757.5 φορές το αποτύπωμα άνθρακα ενός μέσου πολίτη παγκοσμίως.
- 41233 φορές το αποτύπωμα άνθρακα ενός φορτηγού για απόσταση 100 χιλιομέτρων.
- 235550 φορές το αποτύπωμα άνθρακα ενός αυτοκινήτου για απόσταση 100 χιλιομέτρων.
- 1321 φορές το μέσο ετήσιο αποτύπωμα άνθρακα μίας κατοικίας στην Ελλάδα (Έρευνα του ΚΑΠΕ: μέση ετήσια κατανάλωση κατοικίας στην Ελλάδα 4016 kWh)
- 1427 φορές το διοξείδιο του άνθρακα που απορροφά 1 στρέμμα δάσους. Αντιστοιχεί λοιπόν στην απορρόφηση CO_2 από 1427 στρέμματα δάσους.

6.3 Ατομικά αποτυπώματα άνθρακα

Βάσει των αποτελεσμάτων των τριών αυτών ετών και του πληθυσμού του Πολυτεχνείου υπολογίζουμε το ατομικό αποτύπωμα άνθρακα ενός εργαζομένου στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Ο συνολικός αριθμός εργαζομένων στο ίδρυμα ανέρχεται στους 4726 (Στρατηγικός και Επιχειρισιακός Σχεδιασμός Πολυτεχνείου Κρήτης, 2002). Οπότε υπολογίζουμε ποσότητα ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται από έναν εργαζόμενο ανά ακαδημαϊκό έτος.

Στον Πίνακα 28 αναγράφονται ατομικά αποτυπώματα άνθρακα σε αναπτυγμένες χώρες και στη συνέχεια ένα ραβδόγραμμα σύγκρισης αυτών.

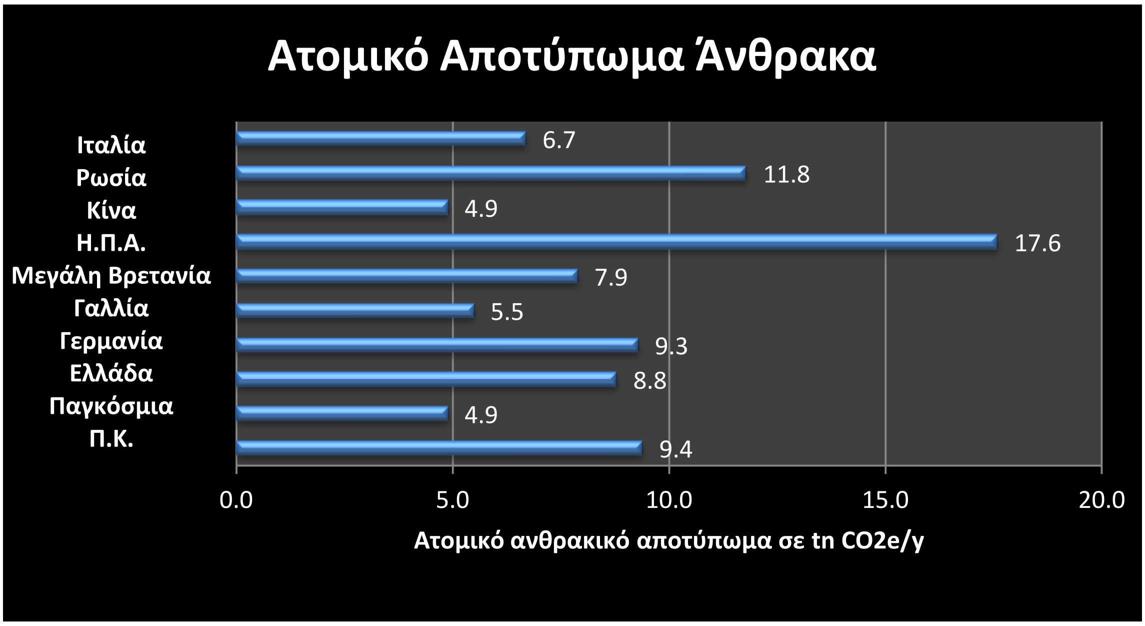
Πίνακας 38: Ατομικά αποτυπώματα άνθρακα

	Απογραφή 2010	
Αρίθμηση	**Χώρα-Ίδρυμα**	**Ατομικό αποτύπωμα άνθρακα tn/ha*y**
1	Πολυτεχνείο Κρήτης (Π.Κ)	0.6
2	Παγκοσμίως	4.9
3	Ελλάδα	8.8
4	Γερμανία	9.3
5	Γαλλία	5.5
6	Μεγάλη Βρετανία	7.9
7	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	17.6
8	Κίνα	4.9
9	Ρωσία	11.8
10	Ιταλία	6.7

Στο διάγραμμα 17 απεικονίζονται τα αποτυπώματα άνθρακα που αναγράφονται στον Πίνακα 28. Πρέπει να σημειωθεί πως το αποτύπωμα του

Π.Κ. που αναγράφεται δεν περιλαμβάνει αποτυπώματα άνθρακα από τις υπόλοιπες δραστηριότητες που έχουν εργαζόμενοι εκτός ορίου μελέτης. Συνεπώς το αποτύπωμα άνθρακα ενός εργαζομένου στο ΠΚ είναι το άθροισμα των αποτυπωμάτων της πρώτης γραμμής και της τρίτης γραμμής του Πίνακα 28 (Α.Α του ΠΚ + Α.Α Ελλάδας). Επομένως το συνολικό ατομικό αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης είναι 9.4 tn CO_2e/χρόνο.

Διάγραμμα 17: Ατομικό αποτύπωμα άνθρακα



Οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε πως το ατομικό αποτύπωμα άνθρακα του ΠΚ είναι μεγαλύτερο από τον παγκόσμιο μέσο όρο (4.9 tn CO_2e/χρόνο) και επιπλέον από τον μέσο όρο των υπολοίπων στοιχείων του Πίνακα 28, ο οποίος είναι 8.6 tn CO_2e/χρόνο.

Παρατηρώντας το ατομικό αποτύπωμα άνθρακα του ΠΚ ετησίως, μπορούμε να το αντιστοιχήσουμε με αποτυπώματα άνθρακα διαφόρων περιπτώσεων:

- 104 φορές το αποτύπωμα άνθρακα ενός φορτηγού για απόσταση 100 χιλιομέτρων.
- 470 φορές το αποτύπωμα άνθρακα ενός Ι.Χ. για απόσταση 100 χιλιομέτρων.
- 3.6 φορές η απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από 1 στρέμμα δάσους. Για κάθε άτομο του ΠΚ αντιστοιχούν 3.4 στρέμματα για την απορρόφηση του ετησίως.

6.4 Χρήση Συστημάτων Ανανεώσιμων πηγών Ενέργειας

Όπως έχει προαναφερθεί, ως εναλλακτική μελλοντική επέκταση του Πολυτεχνείου Κρήτης είναι η εφαρμογή συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στο κεφάλαιο 4 έχουν αναλυθεί σενάρια χρήσεις αυτών των συστημάτων και ως βέλτιστη λύση αναφέρθηκε το σενάριο 2 το οποίο διαθέτει φωτοβολταικά, ανεμογεννήτριες και γεννήτριες καύσης βιοαερίου.
Η εγκατάσταση αυτών των συστημάτων καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες του Πολυτεχνείου Κρήτης με αποτέλεσμα να μειώνεται το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα κατά 90.2% (Ηλεκτρική ενέργεια, θέρμανση). Το υπόλοιπο ποσοστό του αποτυπώματος άνθρακα μπορεί να καλυφθεί με επιπλέον συστήματα, όπως η χρήση ηλεκτρικών λεωφορείων και συστήματα επαναφόρτισης με φωτοβολταικά στο ΠΚ στους χώρους στάθμευσης. Όσον αφορά τα υγρά απόβλητα η επεξεργασία τους έως ένα βαθμό καθιστά δυνατή την επαναχρησιμοποίηση νερού. Το νερό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για λόγους ψύξης (εργαστήρια) μειώνοντας τις απαιτήσεις ενέργειας για ψύξη.

Όσον αφορά τα αστικά και τοξικά απόβλητα, εναλλακτικές λύσεις αποτελούν αντίστοιχα η ανακύκλωση-κομποστοποίηση και καύση υπό σε περιστρεφόμενο κλίβανο υπό συγκεκριμένες συνθήκες καύσης (θερμοκρασία 800-1200 ^{o}C και χρόνο παραμονής 2 δεύτερα) (Johnke, 2011). Τα τοξικά απόβλητα του ΠΚ επεξεργάζονται από την Εταιρεία Envirochem Α.Ε. και συγκεκριμένα με καύση. Τα αστικά απορρίμματα μεταφέρονται από απορριμματοφόρα στον ΧΥΤΑ Χανίων και τα ανακυκλώσιμα στην μονάδα ανακύκλωσης στα Χανιά. Για την ελάττωση του αποτυπώματος άνθρακα από την διάθεση αστικών αποβλήτων, η κομποστοποίηση του οργανικού υλικού σε συνδυασμό με την χρήση του μεθανίου που θα παράγεται, θα αποτελούσε την βέλτιστη λύση.

Τέλος το Πολυτεχνείο Κρήτης καλύπτοντας τις ενεργειακές του ανάγκες θα τροφοδοτεί άλλες συνοριακές κοινότητες των οποίων οι ενεργειακές ανάγκες δεν καλύπτονται. Ωστόσο υπάρχουν κίνδυνοι διακοπής ηλεκτροδότησης κατά την τροφοδότηση λόγο μη σταθερού δικτύου ηλεκτροδότησης. Πάραυτα στο σενάριο 2 η διακύμανση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι αρκετά μικρή με αποτέλεσμα να μην δημιουργούνται τέτοια προβλήματα και κατά συνέπεια αποτελεί και την βέλτιστη λύση για τις μελλοντικές επεκτάσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.

6.5 Μελλοντικές επεκτάσεις

Η παρούσα εργασία όπως έχει προαναφερθεί, αναλύει και υπολογίζει το αποτύπωμα άνθρακα του Πολυτεχνείου Κρήτης και εξετάζει σενάρια επίτευξης κοινότητας μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

Όσον αφορά το πρώτο σκέλος της εργασίας (υπολογισμός αποτυπώματος άνθρακα ΠΚ) μία επιπλέον μεταβλητή που κρίνεται απαραίτητη για την περεταίρω μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Το Π.Α. μαζί με το αποτύπωμα άνθρακα καθιστούν τις πλέον βασικές οικολογικές παραμέτρους που καθορίζουν τις επιπτώσεις του εξεταζόμενου συστήματος στο περιβάλλον. Το αποτύπωμα άνθρακα αποτελεί μέρος του περιβαλλοντικού αποτυπώματος(50% του Π.Α.) και συνεπώς ο καθορισμός του, δίνει μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Στην παρούσα εργασία υπολογίστηκε το αποτύπωμα άνθρακα για διάστημα 2,5 χρόνων(2010 - μέσα 2012). Περεταίρω υπολογισμοί αποτυπώματος άνθρακα στο μέλλον θα δώσουν μία σαφέστερη εικόνα της επιδείνωσης ή της βελτίωσης της συνεισφοράς του ιδρύματος στις αρνητικές επιπτώσεις του περιβάλλοντος. Στο διάστημα των 2,5 χρόνων παρατηρήθηκε μείωση του αποτυπώματος άνθρακα κατά 10% αλλά προέκυψε λόγο οικονομικής στενότητας του ιδρύματος. Ο υπολογισμός του Α.Α. και τις επόμενες χρονιές θα αποτελούσε ενδιαφέρον έρευνα για τον καθορισμό της σχέσης περιβαλλοντικών επιπτώσεων-οικονομικής δυνατότητας και πως θα επηρεάζονται οι συνήθειες και η νοοτροπία των ανθρώπων στο Π.Κ.

Ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα αποτελεί μία γενική έκφραση των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Επομένως, πρέπει να εξεταστούν και σε τοπικό επίπεδο οι επιπτώσεις στο περιβάλλον. Βασικές παραμέτρους για να κριθεί σε τοπικό επίπεδο η συνεισφορά του σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι η ποιότητα αέρα, θόρυβος, βιοποικιλότητα κ.α. Στην παρούσα εργασία η κοινότητα του ΠΚ, προς το παρόν, έχει αρκετά μικρές επιπτώσεις σε τοπικό επίπεδο και κατά συνέπεια οι παράμετροι αυτοί θα κρίνονται απαραίτητη κυρίως σε μελλοντικό επίπεδο.

Όσον αφορά το δεύτερο σκέλος της εργασίας, η ανάλυση σεναρίων επίτευξης κοινότητας μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας του ΠΚ, θα μπορούσε να γίνει μία εκτενέστερη οικονομική μελέτη και κατά πόσο είναι οικονομικά εφικτό να πραγματοποιηθεί στο άμεσο ή μακρινό μέλλον το βέλτιστο σενάριο. Η μελέτη αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνει και τον μηχανολογικό εξοπλισμό και τα κόστη που προκύπτουν, την μισθοδοσία των εργαζομένων που επιβλέπουν και συντηρούν τα συστήματα και επιπλέον λεπτομέρειες του βέλτιστου σεναρίου που θα εφαρμοστεί.

Τέλος, για να ολοκληρωθεί η μελέτη εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα πρέπει να μελετηθούν λεπτομερώς οι χώροι και εκτάσεις του ΠΚ στους οποίους θα εγκατασταθούν τα συστήματα αυτά. Αυτό το μέρος θα περιλαμβάνει και τον τρόπο κατασκευής και τοποθέτησης των συστημάτων. Επιπλέον θα περιλαμβάνονται στιγμιαίες και χρόνιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις(τοπικά και σε ευρεία κλίμακα) κατά την κατασκευή του έργου και κατά τη λειτουργία των συστημάτων.

7 Παράρτημα

Πίνακας 39: Μονάδες μέτρησης.

Μονάδες Μέτρησης βάσει διεθνούς συστήματος	Μονάδα που χρησιμοποιήθηκε
Ενέργεια J	kWh(3600000J), GJ(0.001J)
Ισχύς Watt	KW(0.001Watt)
Όγκος m3	KL(10-6m3),L(0.001m3)
Μάζα kg	tn(0.001kg)
Χρόνος s	hr(3600s) ,d(86400s) yr(31536000s)

8 Βιβλιογραφία

G.R. Cranston, ∗. G. (2011). Carbon footprints in a bipolar, climate-constrained world. *Ecological Indicators* .

(2005). Gazoline and Diesel Industrial Engines .

Greenhouse Gas Inventory Hands-on Training Workshop WASTE SECTOR. (1996). *United Nations Framework Convetion on Climate Change.*

Johnke, B. (2011). *EMISSIONS FROM WASTE.* Robert Hoppaus.

Johnson, E. (2008, Ιανουάριος). Disagreement over carbon footprints: A comparison of electric. *Energy Policy* .

Lee, K.-H. (2011). Integrating carbon footprint into supply chain management: the case of Hyundai. *Cleaner Production* .

(2002). *Method for Conducting a Greenhouse Gas Emissions Inventory for Colleges and Universities.* Medford,Massachusetts: Tufts Institute of the Environment .

Nancy Carlisle, A. O. (2009). Definition of a "Zero Net Energy" Community. *National Renewable Energy Laboratory.* Golden, Colorado.

(2011). *National Greenhouse Accounts Factors.* Australian Goverment/ Department of Climate Change and Energy Efficiency.

Δημοπούλου, Α. (2011). *Συγκριτική αξιολόγηση ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων(Ε.Ε.Λ).* Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Παθητικό Σπίτι στην Ελλάδα. (2010).

(2005). ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΑΣ.

(2002). *Στρατηγικός και Επιχειρισιακός Σχεδιασμός Πολυτεχνείου Κρήτης.* Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης.