



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Μ.Π.Σ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ

ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

“ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ”

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΕΡΙΩΝ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ ΑΠΟ
ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ
ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ
ΜΕΤΣΟΒΟΥ»



ΠΟΛΥΒΙΟΥ ΑΝΔΡΟΝΙΚΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Κ. ΣΙΟΝΤΟΡΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ, 2019

.....

ΠΟΛΥΒΙΟΥ ΑΝΔΡΟΝΙΚΟΣ

Πτυχιούχος Φυσικής, Ε.Κ.Π.Α

Copyright © Ανδρόνικος Πολυβίου, 2019.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται οποιαδήποτε αντιγραφή, αποθήκευση καθώς και διανομή της διπλωματικής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για σκοπούς εμπορικούς. Είναι Επιτρεπτή η ανατύπωση, η αποθήκευση καθώς και η διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, τόσο εκπαιδευτικής όσο και ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να γίνεται αναφορά της πηγής προέλευσης και να διατηρείται το παρόν. Σχετικά ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για σκοπό κερδοσκοπικό θα πρέπει να απευθύνονται στον συγγραφέα της εργασίας.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Ευχαριστίες

Η Παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της παρακολούθησης του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών (ΜΠΣ) «Βιομηχανική Διοίκηση και Τεχνολογία», του Πανεπιστημίου Πειραιώς, με κατεύθυνση «Διαχείριση Ενέργειας και Περιβάλλοντος».

Η συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσα από βιβλιογραφική έρευνα, την έρευνα που έγινε μέσα από τον διαδικτυακό ιστότοπο όπως επίσης και από τις πολύτιμες πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν από το Κέντρο Διεπιστημονικής Έρευνας (ΜΕΚΔΕ) που ανήκει στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ).

Η επίβλεψη της διπλωματικής πραγματοποιήθηκε από την αναπληρώτρια καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Πειραιώς κ. Σιοντόρου Χριστίνα. Σε αυτό το σημείο, οφείλω να την ευχαριστήσω για την άρτια συνεργασία και την ευκαιρία που μου έδωσε να εστιάσω σε ένα αντικείμενο μελέτης που ανταποκρίνεται πλήρως στα ενδιαφέροντα μου και συνδέεται άμεσα με την ίδια.

Τέλος, ένα τεράστιο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την στήριξη και όλη τη βοήθεια που μου προσφέρει, σε όλα τα επίπεδα, όλα αυτά τα χρόνια, ούτως ώστε να εκπληρώσω τους στόχους που έχω βάλει.

Ανδρόνικος Πολυβίου

Αθήνα, Ιούνιος 2019

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες για θέρμανση, που ταλανίζουν τις ορεινές περιοχές οδήγησαν στην υπέρμετρη εκμετάλλευση συμβατικών μορφών ενέργειας ενισχύοντας με τον τρόπο αυτό την ατμοσφαιρική ρύπανση και συνάμα το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σημείο ειδικής αναφοράς αποτελεί η σχέση των ιδιαιτεροτήτων μιας περιοχής όπως είναι οι κλιματολογικές συνθήκες, η γεωμορφολογία, η αρχιτεκτονική των σπιτιών με την περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκύπτει από την απελευθέρωση αέριων ρύπων.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία μελετάει τη περιβαλλοντική επίπτωση με τα ρυπογόνα αέρια που προκύπτουν από τη χρήση συμβατικών και εναλλακτικών πηγών ενέργειας, και αποτελεί ουσιαστικά μια συγκριτική έρευνα αναφορικά με τις συνέπειες που έχουν οι δύο μορφές ενέργειας στο περιβάλλον.

Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε το Μέτσοβο, όντας ένας οικισμός με έντονη παραδοσιακή φυσιογνωμία, ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον και κλίμα ο οποίος, όπως και οι περισσότεροι ορεινοί οικισμοί, χαρακτηρίζεται από υψηλή ζήτηση ποσοτήτων θερμικής ενέργειας. Υπό το πρίσμα αυτό, βασικό θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η εκτίμηση της περιβαλλοντικής συνεισφοράς των συμβατικών μορφών ενέργειας της περιοχής του Μετσόβου για την παραγωγή θερμότητας και η αντιμετώπιση της με μια πιθανή αξιοποίηση δυναμικού των ΑΠΕ μέσω ενός υβριδικού συστήματος.

Αρχικά, γίνεται καταγραφή και περιγραφή των αέριων ρύπων που απελευθερώνονται στη εξεταζόμενη περιοχή ποιοτικά αλλά και σε ποσοτική μορφή. Εν συνεχεία, διατυπώνεται και αξιολογείται μια εναλλακτική πρόταση/σενάριο θέλοντας αφενός να πραγματοποιηθεί μείωση των ρύπων αυτών και αφετέρου να υιοθετηθεί ένα σύστημα πιο φιλικό προς το περιβάλλον. Μνεία γίνεται στην αρχιτεκτονική των σπιτιών του οικισμού και τις επικρατούμενες κλιματικές συνθήκες ως παράγοντες που διαδραματίζουν ρόλο στα πιο πάνω. Τέλος, συγκεντρώνονται τα συμπεράσματα της μελέτης και παρατίθενται σχετικές προτάσεις.

Λέξεις κλειδιά: ατμοσφαιρική ρύπανση, φαινόμενο θερμοκηπίου, ατμοσφαιρικοί ρύποι, περιβάλλον, Μέτσοβο, θέρμανση, συμβατικές μορφές ενέργειας, εναλλακτικές μορφές ενέργειας, υβριδικό σύστημα.

Abstract

In recent years, the constantly increasing heating needs, which rock the mountainous regions, led to the excessive use of conventional forms of energy hereby enhancing atmospheric pollution and greenhouse effect.

The relationship between the particular characteristics of an area, such as climatic conditions, geomorphology and the houses architecture with the environmental burden resulting from the release of gaseous pollutants, is a major factor to be considered. In this context, into account may also be taken the influence of the traditionality that characterizes the settlement of a region as well as the bioclimatic architecture that has adopted in the last few years.

The specific diploma thesis examines the environmental impact from the pollutants resulting from the use of conventional and alternative sources of energy. Basically is a comparative study of the environmental impact of the two forms of energy.

As a case study, the area of Metsovo was chosen as a settlement with a strong traditional figure, a particular natural environment and a climate which, like most mountain settlements, is characterized by a high demand of thermal energy. In this respect, the main subject of the thesis was the assessment of the environmental contribution of the conventional forms of energy in the area of Metsovo for the production of heat and the fight against it, with a potential utilization of Renewable Energy Sources, potential through a hybrid system.

Initially, the gaseous pollutants released in the considered area are written down and described both in qualitative and quantitative terms. An alternative proposal / scenario is then formulated and evaluated in order to reduce these pollutants and adopt a more environmentally friendly system. A Reference is made to the architecture of the settlement's houses and the prevailing climatic conditions as important factors that affect the above. Finally, the conclusions of the study are gathered and some relevant suggestions are made.

Key Words: atmospheric pollution, greenhouse effect, atmospheric pollutants, Metsovo, heating, conventional forms of energy, alternative forms of energy, environment, hybrid system.

Περιεχόμενα

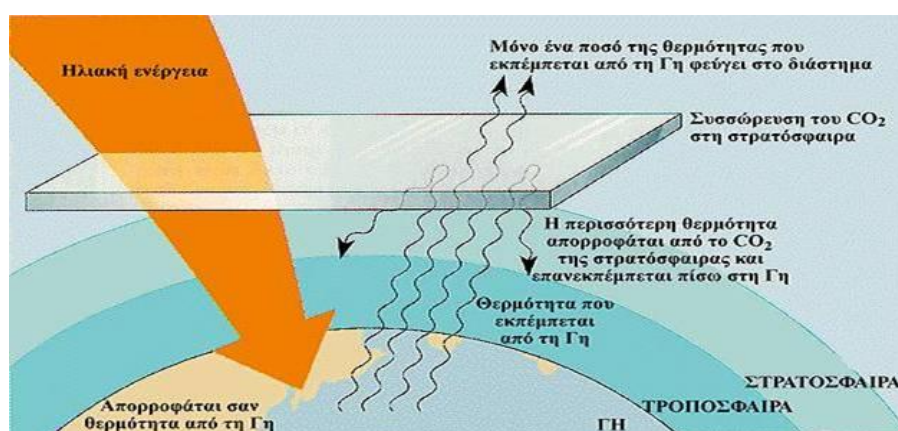
Ευχαριστίες	3
Περίληψη	4
Abstract	5
1. Εισαγωγή	8
1.1 Φαινόμενο του Θερμοκηπίου	8
1.2 Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	10
1.3 Περιπτώσεις Ρύπανσης - Θερμοκρασιακή Αναστροφή.....	12
1.4 Κινητοποιήσεις Διεθνούς Επιπέδου για την Καταπολέμηση της Κλιματικής Αλλαγής	13
1.5 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).....	15
1.6 Υβριδικό Σύστημα	16
1.7 Σκοπός Εργασίας.....	17
2. Περίπτωση Μελέτης	19
2.1 Ορεινές Περιοχές στον Ελλαδικό Χώρο.....	19
2.2 Περίπτωση Μελέτης: Περιοχή Μετσόβου	20
2.2.2 Γεωγραφικά Δεδομένα.....	20
2.2.3 Κλιματολογικά Δεδομένα.....	21
2.2.4 Γεωμορφολογικά Δεδομένα	25
2.2.5 Προστατευόμενες Περιοχές.....	26
2.2.6 Αντικείμενο Μελέτης.....	28
3. Αντικείμενο Μελέτης	29
3.1 Παραδοσιακός Οικισμός Μετσόβου	29
3.1.1 Θερμομόνωση.....	30
3.1.2 Βιοκλιματικός Χαρακτήρας Μετσόβου	30
3.2 Γένεση Περιβαλλοντικού Προβλήματος	32
3.2.1 Θέρμανση Χώρου.....	32

3.2.2 Λέβητες Πετρελαίου	33
3.2.3 Παραδοσιακά Τζάκια.....	37
3.2.4 Μακροπρόθεσμα Προβλήματα	40
3.2.4.1 Φαινόμενα Ρύπανσης	40
3.2.4.2 Επιπτώσεις στην Υγεία	42
3.2.4.3 Επιπτώσεις στο Οικοσύστημα	43
3.2.4.4 Επιπτώσεις στη Δόμηση	44
3.2.4.5 Επιπτώσεις στο Κλίμα	44
4. Εναλλακτική Λύση Θέρμανσης – Υβριδικό Σύστημα Ενέργειας	46
4.1 Σχέση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας με τις Ορεινές Περιοχές	46
4.2 Το Δυναμικό των ΑΠΕ στην Περιοχή του Μετσόβου	48
4.3 Υβριδικό Σύστημα Θέρμανσης σε Κατοικία.....	50
4.4 Εφαρμογή Φ/Β συστήματος σε Κύπρο – Ελλάδα.....	52
4.5 Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα.....	53
5. Σύνοψη – Συμπεράσματα - Προτάσεις	55
5.1 Σύνοψη.....	55
5.2 Δυνατότητες Εφαρμογής Υβριδικών Φ/Β Συστημάτων	56
5.3 Προϋποθέσεις και Προβλήματα Εφαρμογής Υβριδικών Φ/Β Συστημάτων στις Ορεινές Περιοχές	57
5.4 Συμπεράσματα	59
5.5 Προτάσεις.....	60
6. Βιβλιογραφία	62

1. Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες διανύουμε μια περίοδο όπου η υπερκαταναλωτική νοοτροπία των ανθρώπων και η σπατάλη των ενεργειακών πόρων αποβαίνουν εις βάρος της κοινωνίας εξαιτίας των δυσμενών περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων που προκαλούν, σε μια προσπάθεια κάλυψης των απαιτήσεων και αναγκών, διεγείροντας έτσι την αλλαγή του κλίματος και την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

1.1 Φαινόμενο του Θερμοκηπίου



Σχήμα 1.1 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

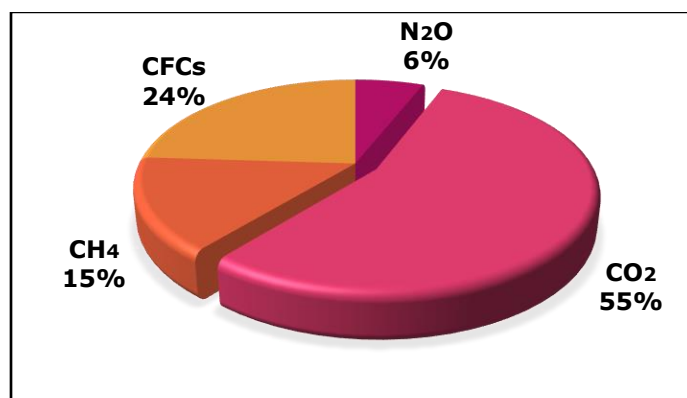
(Πηγή: <http://www1.aegean.gr/gympeir/thermokipio>, 2019)

Κατά το μηχανισμό αυτό, κομμάτι της ηλιακής ακτινοβολίας υφιστάται στην ατμόσφαιρα και στην επιφάνεια του εδάφους με απόρροια να την θερμαίνει, ενώ ακολούθως ακτινοβολείται με τη μορφή μεγάλου μήκους κύματος υπέρυθρη ακτινοβολία, προς το διάστημα, μέσω της ατμόσφαιρας. Μέρος της ακτινοβολίας αυτής απορροφάται, στην ατμόσφαιρα, και στη συνέχεια επανεκπέμπεται πίσω στην επιφάνεια του εδάφους λόγω των θερμοκηπικών αερίων.

Τα κυριότερα αέρια που λαμβάνουν μέρος στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι:

- ❖ Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Συγκαταλέγεται στα κυριότερα ατμοσφαιρικά συστατικά και η απελευθέρωση του προέρχεται κυρίως από φυσικές διεργασίες όπως π.χ. η αναπνοή αλλά και από ανθρωπογενείς διεργασίες όπως π.χ. η καύση ορυκτών καυσίμων.

- ❖ Το μεθάνιο (CH_4). Αποτελεί αέριο υδρογονανθράκων και παράγεται, όπως και το CO_2 , από φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες. Είναι προϊόν βιολογικών διεργασιών αποδόμησης οργανικών ουσιών καθώς και διαρροών φυσικού αερίου.
- ❖ Το υποξείδιο του Αζώτου (N_2O). Παράγεται φυσικά από τα διάφορα χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα αλλά και μέσω των καύσεων, από την αντίδραση του αζώτου και του οξυγόνου.
- ❖ Οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs). Αποτελούν σταθερές και αδρανείς συνθετικές χημικές ενώσεις, ανθρωπογενούς προέλευσης.



Σχήμα 1.2 Συνεισφορά των αερίων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

(Πηγή: Σιοντόρου X., 2017)

Όταν οι συγκεντρώσεις των αερίων αυξηθούν σε μεγάλο βαθμό, τότε ενισχύεται το φαινόμενο με αποτέλεσμα την διατάραξη του ενεργειακού ισοζυγίου της γης και την πρόκληση κλιματικών μεταβολών. Αυτό, προέρχεται από τον ενεργοβόρο τρόπο ζωής του ανθρώπου, ιδιαίτερα λόγω της εκπομπής των θερμοκηπικών αερίων, κυρίως του CO_2 , από τη καύση συμβατικών καυσίμων, όπως αργό πετρέλαιο, άνθρακας αλλά και φυσικό αέριο, για παραγωγή οποιασδήποτε μορφής ενέργειας.

Εξαιτίας του CO_2 , που υπάρχει στα κατώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα μέρος της ανακλώμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας, κατά την διαφυγή της στο διάστημα, απορροφάται και παγιδεύεται στην ατμόσφαιρα, με συνέπεια να επιστρέφει στην επιφάνεια της γης και να τη υπερθερμαίνει. Πριν τη Βιομηχανική Επανάσταση, τα επίπεδα του CO_2 ήταν περίπου 280ppm, ενώ το 2013 είχε περάσει για πρώτη φορά τα 400ppm και το 2017 έφτασε μέχρι τα 410ppm. Σύμφωνα με τις πρόσφατες μετρήσεις του παρατηρητηρίου Μαούνα Λόα στη Χαβάη, το οποίο θεωρείται σημείο αναφοράς παγκόσμια, τον Απρίλιο του 2018 τα επίπεδα ξεπέρασαν τα 410ppm για πρώτη φορά

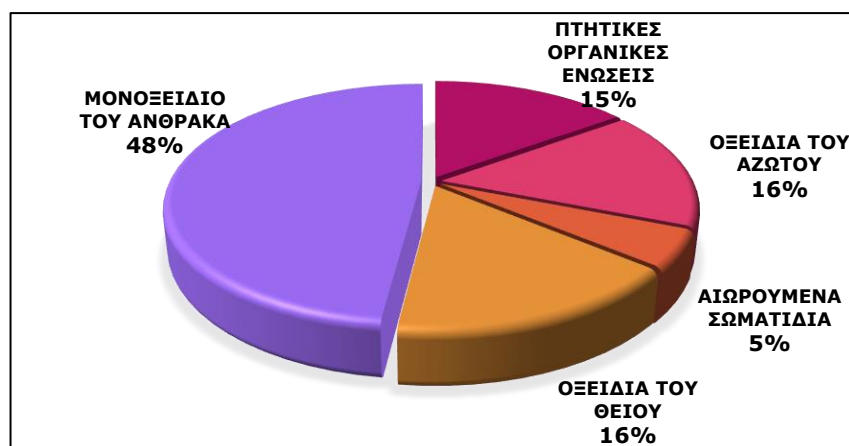
στην μετεωρολογική ιστορία κρούοντας τον κώδωνα του κινδύνου στο πλανήτη. Μάλιστα τον ίδιο μήνα, σημειώθηκαν ακραίες θερμοκρασίες σε αρκετά σημεία του πλανήτη με ειδικούς του χώρου να θεωρούν πως πρόκειται για τις υψηλότερες θερμοκρασίες που έχουν σημειωθεί ποτέ Απρίλιο μήνα στη γη, κατά τη διάρκεια της σύγχρονης εποχής (Σιοντόρου Χ., 2017, Πουλής Σ., 2014, Βρεττάκος Γ., 2015).

1.2 Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Αύξηση στις συγκεντρώσεις των θερμοκηπικών αερίων και εκπομπή διαφόρων ρυπαντών στην ατμόσφαιρα, πρωτογενών και δευτερογενών, διαμέσου διαφόρων χημικών αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα, είτε από φυσικές πηγές είτε από ανθρωπογενείς αποτελούν αυτό που ονομάζουμε «ατμοσφαιρική ρύπανση».

Οι βασικοί ρυπαντές είναι:

- ❖ Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM10 και PM2,5)
- ❖ Τα οξείδια του θείου (SO_x)
- ❖ Τα οξείδια του αζώτου (NO_x)
- ❖ Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs)
- ❖ Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- ❖ και ο μόλυβδος (Pb)

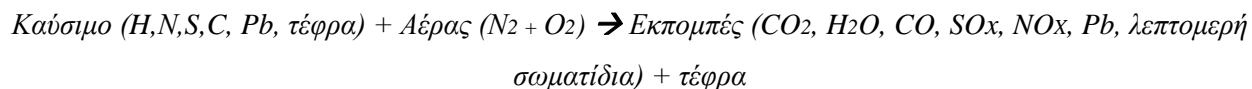


Σχήμα 1.3 Εκπομπές αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα (Πηγή: Σιοντόρου Χ., 2017)

Η ικανότητα τους να διαχέονται σε πιο μακρινές αποστάσεις από την πηγή τους, δίνει την δυνατότητα να διασπείρονται και να υπόκεινται σε φυσικοχημικές μεταβολές. Η αλληλεπίδραση

τους με διάφορους αποδέκτες, οδηγεί σε σοβαρές συνέπειες σε τομείς όπως η υγεία, γλωρίδα, πανίδα, έδαφος, θάλασσα. Είναι γενικώς αποδεκτό, πως η ανάγκη για τη κάλυψη των σημερινών αναγκών, θέρμανσης και ηλεκτρισμού, απαιτεί τη ζήτηση όλο και μεγαλύτερης παραγωγής ενέργειας, πράγμα που καταλήγει σε αυξανόμενο ρυθμό ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με την αλόγιστη καύση ορυκτών καυσίμων.

Κατά την διάρκεια καύσης των ορυκτών καυσίμων λαμβάνει χώρα η πιο κάτω αντίδραση:



με την απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα των αερίων CO₂, CO , NO_x, SO₂ και των υδρατμών.

Όπως παρουσιάζεται και στο πίνακα 1.1, το φυσικό αέριο θεωρείται το καθαρότερο συμβατικό καύσιμο μιας και η καύση του παράγει λιγότερο CO₂ και δεν υπάρχει απελευθέρωση αιθάλης και αιωρούμενων σωματιδίων ενώ το πετρέλαιο λόγω των ενώσεων θείου που εμπεριέχονται σε αυτό, παράγει και SO₂ κατά την καύση του καθιστώντας το ως ένα καύσιμο με μεγαλύτερους ρύπους.

Καύσιμο	Μαζούτ Χαμηλού Θείου	Πετρέλαιο Θέρμανσης	Πετρέλαιο Κίνησης	Υγραέριο	Φυσικό Αέριο
Διοξείδιο του άνθρακα	260	249	244	227	177
Διοξείδιο του θείου	1.147	0.056	0.054	0	0
Μονοξείδιο του άνθρακα	0.046	0.045	0.044	0.025	0.022
Μονοξείδιο του αζώτου	0.0439	0.189	0.185	0.157	0.137
Υδρογονάνθρακες	0.015	0.015	0.015	0.006	0.005
Σωματίδια	0.150	0.023	0.022	0.007	0.007

Πίνακας 1.1 Εκπεμπόμενοι Ρύποι ανά Καύσιμο (gr ρύπου/KWh εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου)

(Πηγή: Ζιώμας Α., 2014)

Είναι ιδιαίτερης σημασίας να αναφερθεί ότι, οι γεωλογικές και κλιματολογικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν μια περιοχή όπως πχ. το υψόμετρο, η ηλιακή ακτινοβολία, οι χαμηλές ή ψηλές

θερμοκρασίες κλπ. παίζουν ιδιαίτερο ρόλο όσο αφορά τις εκπομπές των ρύπων στην ατμόσφαιρα μιας και μπορούν να οδηγήσουν σε συγκεντρώσεις υψηλότερου βαθμού, από ότι προβλέπει η νομοθεσία. Άρα, άμεσο αποτέλεσμα αυτού είναι η αύξηση στα επίπεδα της ρύπανσης.

1.3 Περίπτώσεις Ρύπανσης - Θερμοκρασιακή Αναστροφή

Θερμοκρασιακή αναστροφή ονομάζεται το φαινόμενο σύμφωνα με το οποίο υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα τοπικά με το ύψος αντί μείωσης. Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ευστάθεια της ατμόσφαιρας καθώς και στη μεταφορά και διασπορά των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Όταν γεωμορφολογικά μια περιοχή σχηματίζει μια «λεκάνη», τότε ευνοείται ο σχηματισμός θερμοκρασιακών αναστροφών. Μέσα από μετεωρολογικές παρατηρήσεις έγινε φανερό πως τα ρυπογόνα αέρια, από τις καύσεις στα εργοστάσια και τις κεντρικές θερμάνσεις των σπιτιών, παγιδεύονται σ' ένα στρώμα αέρα που βρίσκεται «παγιδευμένο» μέσα στη λεκάνη και δημιουργούν το φαινόμενο της αιθαλομίχλης, όταν υπάρχει αναστροφή της θερμοκρασίας.

Συνθήκες θερμοκρασιακής αναστροφής παρατηρούνται καθημερινά σε πολλές περιοχές της χώρας μας, συμπεριλαμβανομένης και της Αττικής. Ο συνδυασμός ξαστεριάς, άπνοιας, και υγρασίας μπορεί να οδηγήσει σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες σε περιοχές όπου χαρακτηρίζονται από την ηπειρωτικότητα τους και το ιδανικό υψόμετρο, ορεινοί όγκοι, για την δημιουργία συνθηκών αναστροφής.

Περίπτωση τέτοιας μορφής ρύπανσης ήταν στο Λος Άντζελες, το οποίο γεωμορφολογικά, περικλείεται από τα Βραχώδη Όρη στα ανατολικά ενώ στα δυτικά βρέχεται από τον Ειρηνικό Ωκεανό (λεκάνη). Την δεκαετία του '60, διαπιστώθηκε ότι υπό την επίδραση του ηλιακού φωτός έλαβαν χώρα διάφορες χημικές αντιδράσεις λόγω ανθρωπογενών (μεταφορά, θέρμανση, βιομηχανία κ.α.) εκπομπών προδρόμων ενώσεων του όζοντος προκαλώντας «φωτοχημικό νέφος». Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, στην διάρκεια της ημέρας, η ενέργεια του ήλιου ενισχύει τις αντιδράσεις χημικού τύπου με συνέπεια την αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος που παράγεται. Επομένως το φαινόμενο της φωτοχημικής καπνομίχλης, όπως αναφέρεται διαφορετικά, ευνοείται την ημέρα και τους θερμούς μήνες του έτους (καλοκαίρι). Άλλη μια σχετική περίπτωση έλαβε χώρα, το Δεκέμβριο του 1952, στο Λονδίνο όπου λόγω άπνοιας, υψηλής υγρασίας, συννεφιάς και κρύου ένα στρώμα κρύου αέρα παγιδεύτηκε κάτω από ένα

υψηλότερο στρώμα ζεστού αέρα δημιουργώντας μια ισχυρή θερμοκρασιακή αναστροφή. Η αυξημένη ανάγκη για θέρμανση στα κτήρια οδήγησε στην μεγάλη καύση ποσοτήτων κάρβουνου, με αποτέλεσμα να συσσωρευθούν μεγάλες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων και διοξειδίου του θείου αυξάνοντας έτσι την ρύπανση και οδηγώντας στο θάνατο αρκετές χιλιάδες κόσμο. Το φαινόμενο αυτό, η «Καπνομίχλη» (αιθαλομίχλη), ευνοείται σε περιόδους με έντονη συννεφιά και κρύο και μεγάλη σχετική υγρασία (Χειμώνας) (Σιοντόρου Χ., 2017, Ζάνης Π., 2014, Ζιώμας Α., 2014).

1.4 Κινητοποιήσεις Διεθνούς Επιπέδου για την Καταπολέμηση της Κλιματικής Αλλαγής

Το 1992, με αφορμή την παγκόσμια ανησυχία για την υπερθέρμανση του πλανήτη, λαμβάνει χώρα στο Ρίο Ντε Τζανέιρο μια συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών που αφορά το περιβάλλον και την κλιματική αλλαγή. Σε αυτή την συνδιάσκεψη κατατίθεται, η μεγάλης σημασίας, σύμβαση για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC) με βλέψεις τη σταθεροποίηση των “ποσοτήτων των θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα σε ένα επίπεδο που να αποτρέπει τις έντονες ανθρωπογενείς επιδράσεις στο σύστημα του κλίματος”.

Ακολουθώντας τη συμφωνία αυτή, το 1997, στην τρίτη «Συνδιάσκεψη των συμβαλλόμενων μερών», που έλαβε χώρα στην Ιαπωνία, εγκρίνεται το «Πρωτόκολλο του Κιότο». Είναι η μόνη παγκόσμια συμφωνία για την καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου, η οποία τέθηκε σε λειτουργία το Φεβρουάριο του 2005, μετά και από την Ρωσική υπογραφή.

Η Δέσμευση των Κρατών προέβλεπε την άμβλυνση των εκπομπών των αερίων κατά μέσο όρο 5% μέσα στο διάστημα 2008-2012, συγκριτικά με τις εκπομπές το 1990, με το κάθε κράτος να αναλαμβάνει ξεχωριστό ποσοστό ελάττωσης των εκπομπών στο πλαίσιο του βασικού στόχου. Για την επίτευξη του στόχου, με σκοπό την αποφυγή παγκόσμιας οικονομικής διατάραξης, συγκροτήθηκαν οι ακόλουθοι «ευέλικτοι μηχανισμοί»:

- ❖ Μηχανισμός Εμπορίας Εκπομπών (ET)
- ❖ Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (CDM)
- ❖ Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής (JI)

Το 2002, η Ευρωπαϊκή Ένωση επικυρώνει το Πρωτόκολλο του Κιότο και δεσμεύεται για μια συνολική μείωση των εκπομπών των θερμοκηπικών αερίων σε ένα ποσοστό 8% κατά την

περίοδο 2008-2012. Κάποια από τα κράτη μέλη συμφώνησαν να ελαττώσουν τις εκπομπές, άλλα να μην τις αυξήσουν και μερικά να τις κρατήσουν σταθερές σε αντίθεση με τα επίπεδα του 1990.

Ένα από τα κράτη μέλη αυτά, ήταν και η Ελλάδα που δεσμεύτηκε ότι δεν θα αυξήσει τις εκπομπές της πάνω από 25% , συγκριτικά με το 1990, μέσα στο χρονικό διάστημα 2008-2012. Στη προσπάθεια υλοποίησης του στόχου αυτού, το Μάρτιο του 2003, θεσπίζεται το Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης θερμοκηπικών αερίων (2000-2010) και παράλληλα αρχίζουν οι επιδοτήσεις για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με σκοπό την καθαρότερη παραγωγή ενέργειας και την επίτευξη των γενικότερων στόχων στο πλαίσιο της πράσινης πολιτικής.

Το 2008, η Ευρωπαϊκή ένωση, με έντονη περιβαλλοντική συνείδηση και πρωτοπόρος υποστηρικτής του Πρωτοκόλλου, θεσπίζει την νέα Ευρωπαϊκή Πολιτική για το Κλίμα και την Ενέργεια, το Πακέτο «20-20-20». Σύμφωνα με τη Πολιτική αυτή φιλοδοξείτε έως το 2020: μείωση στο 20% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου της Ε.Ε, 20% καλύτερευση της ενεργειακής αποδοτικότητας και 20% αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα της Ε.Ε.

Ο μακροπρόθεσμος κύριος και σημαντικός στόχος, της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, είναι η πτώση των εκπομπών αερίων σε βαθμό 80-95% κάτω από εκείνα του 1990 ως το 2050. Με την προσοχή όλων στραμμένη στο στόχο αυτό, συμφωνήθηκαν επίσης τα ακόλουθα:

2011	<i>«Ο Ενεργειακός χάρτης πορείας για το 2050»: με σκοπό τις, σχεδόν μηδενικές οι ανθρακούχες εκπομπές κατά την παραγωγή ενέργειας.</i>
2013	<i>«Η Πράσινη Βίβλος»: Πλαίσιο για τις κλιματικές και ενεργειακές πολιτικές για το 2030.</i>

Το 2014, Οκτώβριο μήνα, το Συμβούλιο της Ευρώπης καθόρισε τους τέσσερεις κύριους στόχους για το 2030 με δεσμευτικό στόχο την μείωση των εκπομπών των αερίων κατά 40%, συγκριτικά με το 1990, εν όψει της συμφωνίας όλων των κρατών για την κλιματική αλλαγή (Σιοντόρου Χ., 2017, Πουλής Σ., 2014, Βρεττάκος Γ., 2015, ΥΠΕΚΑ, 2018).

1.5 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Κύριος πυλώνας της ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής, στη παγκόσμια ατζέντα, θεωρούνται οι ΑΠΕ και η εξοικονόμηση της ενέργειας.

Αποτελούν το 1^ο είδος ενέργειας που αξιοποίησε ο άνθρωπος για να ικανοποιήσει σημαντικές του ανάγκες πριν ακόμη γίνει η ανακάλυψη των κοιτασμάτων πετρελαίου. Βάση της οδηγίας 2001/77/ΕΚ, του Κοινοβουλίου της Ευρώπης, ως ΑΠΕ χαρακτηρίζονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που είναι μη ορυκτές, όπως είναι η ενέργεια του αέρα, του ήλιου, η γεωθερμική ενέργεια, η βιομάζα, η κυματική ενέργεια, η παλιρροϊκή, η ενέργεια του νερού, τα εκλυόμενα αέρια από χώρους ΧΥΤΑ, από βιολογικές εγκαταστάσεις καθαρισμού και από βιοαέρια. Όλες οι πιο πάνω πηγές, εκτός από την γεωθερμία και την παλιρροϊκή, αποτελούν ουσιαστικά έμμεση ενέργεια από τον ήλιο.

Σήμερα οι κυριότερες ανανεώσιμες πηγές που χρησιμοποιούνται είναι: η ενέργεια του νερού με τα υδροηλεκτρικά συστήματα, η ηλιακή ενέργεια με την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας, μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων, η αιολική ενέργεια με την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού, με τη χρήση ανεμογεννητριών, η γεωθερμία που εξαρτάται από τη γεωλογία κάθε περιοχής και η ενέργεια από βιομάζα που προέρχεται από την ανάπτυξη ειδικής γεωργικής παραγωγής είτε από παραπροϊόντα ξύλου, απορριμμάτων, κλπ.



Σχήμα 1.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

(Πηγή: <http://atlaswikigr.wikifoundry.com>, 2019)

Δύναται να χρησιμοποιηθούν άμεσα, ξεχωριστά ή με συμπαραγωγή, για τη παραγωγή ζεστού νερού και τη θέρμανση χώρου, ή με τη μετατροπή τους σε άλλη μορφή ενέργειας, όπως ηλεκτρισμό και μηχανικής μορφής ενέργεια. Μερικά από τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν έναντι των συμβατικών μορφών ενέργειας είναι:

- ❖ Έχουν ενεργό ρόλο στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου, λόγω μηδενικών εκπομπών στην ατμόσφαιρα.
- ❖ Μειώνεται η εξάρτηση και η χρήση συμβατικών ενεργειακών πόρων.
- ❖ Παρέχουν το δικαίωμα για κάλυψη των αναγκών σε ενέργεια τόσο σε τοπικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο, λόγω αποκεντρωμένου ενεργειακού συστήματος.

Επομένως δύναται να συμβάλλουν σημαντικά στις διεθνείς δράσεις για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής.

Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη των ΑΠΕ ξεκίνησε ουσιαστικά με τον Ν.2244/94, βάση του οποίου οι ιδιώτες απέκτησαν την ευχέρεια να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, με σκοπό την πώληση της ενέργειας που παράγουν στη Δ.Ε.Η, και ταυτόχρονα επαύξησε τις δυνατότητες αυτοπαραγωγής. Μέχρι το 2020 ένα ποσοστό 29%, ως ενδεικτική βλέψη για κάλυψη από ΑΠΕ, προβλέπεται για τον Ελλαδικό χώρο με την οδηγία 2001/77/ΕΚ. Η βλέψη αυτή συμβαδίζει με τις δεσμεύσεις ,σε διεθνές επίπεδο, που προκύπτουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο το οποίο και υπέγραψε τον Απρίλιο του 1998.

Το 2010, με το νόμο 3851 ορίστηκαν στόχοι δέσμευσης για την συνδρομή των ΑΠΕ στην ενέργεια που καταναλώνεται. Ο νόμος αναφέρει την «Επιτάχυνση της αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών για την αντιμετώπιση της κλιματικής διατάραξης και άλλες διατάξεις σε θέματα που αφορούν το ΥΠΕΚΑ (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής)» (Πουλής Σ., 2014, Μπουτέτσιου Ε., 2010, Μπαλαμπέκος Σ., 2011, Κατσουλάκος Μ., 2013, ΥΠΕΚΑ, 2018).

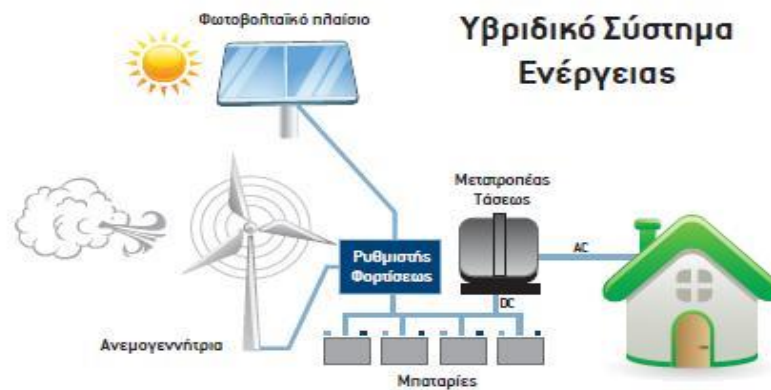
1.6 Υβριδικό Σύστημα

Με την πάροδο του χρόνου, λόγω της παγκόσμιας ευαισθητοποίησης για την κλιματική διατάραξη και την στροφή προς ένα πιο ευοίωνο, ενεργειακά, μέλλον γίνεται όλο και περισσότερο κατανοητή η αναπόφευκτη ανάγκη της ανάπτυξης και βελτιστοποίησης των συστημάτων παραγωγής ενέργειας.

Σκοπός είναι η συνεχής εξασφάλιση της ενεργειακής προμήθειας και η διασφάλιση της βιωσιμότητας. Αυτό όμως, να είναι εφικτό σε σημείο ισορροπίας με το περιβάλλον δηλαδή να υπάρχει ταυτόχρονη μείωση της εξάρτησης από τις συμβατικές μορφές ενέργειας, επομένως και του περιβαλλοντικού αντικτύπου που συνεπάγεται αυτή. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού,

έχει αρχίσει να μονοπωλεί την ατζέντα σχεδόν κάθε χώρας η εφαρμογή έξυπνων συστημάτων όπως τα υβριδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας.

Υβριδικά συστήματα (σχήμα 1.5) καλούνται τα συστήματα που απαρτίζονται από δύο τουλάχιστον ξεχωριστές μεθόδους παραγωγής ενέργειας. Το πλεονέκτημα τους είναι ότι δύναται να συνδυάσουν συμβατικές μορφές ενέργειας με μια τουλάχιστον ανανεώσιμη πηγή ή αξιοποίηση μόνο ανανεώσιμων, αποτελώντας έτσι μια εναλλακτική επιλογή έναντι των συμβατικών συστημάτων, τα οποία ουσιαστικά βασίζονται στη χρήση συμβατικών καυσίμων για την εξασφάλιση ενέργειας (Βρεττάκος Γ., 2015, Πατερέλης Δ., 2016).



Σχήμα 1.5 Υβριδικό Σύστημα Παραγωγής Ενέργειας

(Πηγή: <https://www.kakkaros.gr>, 2019)

1.7 Σκοπός Εργασίας

Η γενικότερη προβληματική που στηρίζεται η παρούσα εργασία αφορά την διερεύνηση των αερίων και ρύπων που απελευθερώνονται αποτελώντας ένα σημαντικό παράγοντα επιβάρυνσης του περιβάλλοντος λόγω της αυξημένης χρήσης συμβατικών τρόπων για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης των ορεινών οικισμών.

Στο πλαίσιο αυτό, προτείνεται η αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας, και συγκεκριμένα ενός υβριδικού συστήματος, σε κατοικία, με κύριο στόχο τη σύγκριση των δύο μορφών ενέργειας σχετικά με το περιβαλλοντικό αντίκτυπο που δημιουργείται κατά την εκμετάλλευσή τους.

Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή της μελετώμενης περιοχής, που στη συγκεκριμένη εργασία έχει επιλεγεί το Μέτσοβο, όσο αφορά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, ήτοι: γεωμορφολογικά, κλιματολογικά, τοπογραφικά τα οποία την καθιστούν μια ιδιαίτερα ξεχωριστή περίπτωση μελέτης όσο αφορά τη συσχέτιση με την ατμοσφαιρική ρύπανση και την έκλυση ρυπογόνων αερίων.

Στο 3^ο κεφάλαιο δίνεται έμφαση στο παραδοσιακό χαρακτήρα του οικισμού του Μετσόβου και τη σχέση του με την βιοκλιματική αρχιτεκτονική όπως έχει υιοθετηθεί σήμερα και πραγματοποιείται. Ακολούθως αναλύονται οι συμβατικοί τρόποι με τους οποίους επιτυγχάνουν οι κάτοικοι την θέρμανση των οικιών τους και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα που αυτό συνεπάγεται με την αλλοίωση της ποιότητας του αέρα λόγω απελευθέρωσης ρυπογόνων αερίων και άλλων σωματιδίων τα οποία αναλύονται στην συγκεκριμένη ενότητα.

Στο 4^ο κεφάλαιο δίνεται μια εναλλακτική λύση θέρμανσης αξιοποιώντας Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) με τη χρήση ενός υβριδικού θερμικού φωτοβολταϊκού συστήματος σε οικία. Αναλύεται αρχικά το δυναμικό ΑΠΕ που χαρακτηρίζει τη εξεταζόμενη περιοχή, ακολούθως το υβριδικό σύστημα που επιλέγεται και εν τέλει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα που προκύπτει από αυτό.

Τέλος, γίνεται μια συνοπτική ανάλυση των αποτελεσμάτων των δύο μορφών θέρμανσης που μελετώνται στην εν λόγω εργασία, αναπτύσσονται οι δυνατότητες εφαρμογής υβριδικών συστημάτων στις ορεινές περιοχές και τα προβλήματα που τις διέπουν, εξάγονται συμπεράσματα και δίνονται προτάσεις για μελέτη και έρευνα.

2. Περίπτωση Μελέτης

2.1 Ορεινές Περιοχές στον Ελλαδικό Χώρο

Η Ελλάδα αποτελεί την 3^η πιο ορεινή χώρα της Ευρώπης, μετά την Νορβηγία και την Αλβανία, έχοντας την μεγαλύτερη σε υψόμετρο κορυφή να φθάνει τα 2917μ. Ο ορεινός της χώρος καταλαμβάνει περίπου το 75% της επιφάνειας της με το 60,17% των περιοχών της να είναι ορεινά και ημιορεινά.

Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος (ΕΣΥΕ), το πόσο μια περιοχή θεωρείται ορεινή, δεν είναι εξαρτώμενο μόνο από το υψόμετρο, αλλά και από όλες τις ιδιαιτερότητες της φύσης όπως είναι τα κλιματικά δεδομένα, η τοπογραφία και η μορφολογία του χώρου γενικά, που οδηγούν στο γεγονός ότι καθιστούν δύσκολη την πρόσβαση τόσο στο να πας όσο και να φύγεις από αυτή.

Σε αντίθεση με πολλές ορεινές περιοχές του Ευρωπαϊκού χώρου, οι Ελληνικές ορεινές περιοχές διαθέτουν έναν μοναδικό φυσικό πλούτο, που απαρτίζεται από ένα ιδιαίτερα μεγάλο αριθμό από άγρια φυτικά και ζωικά είδη. Στις πλαγιές των ορεινών όγκων υπάρχουν οικοσυστήματα, ανεπηρέαστα από τον ανθρώπινο παράγοντα. Αξίζει να τονιστεί ότι 8 στους 10 εθνικούς δρυμούς της Ελλάδας συνδέονται άρρηκτα με τα ορεινά και επίσης ιδιαίτερης προσοχής είναι το γεγονός πως μεγάλο μέρος των περιοχών, που ανήκουν στο δίκτυο Natura, είναι ορεινές. Επιπλέον, χαρακτηριστικό είναι ότι τη μεγαλύτερη έκταση, σε αυτές καταλαμβάνουν οι βοσκότοποι σε ποσοστό 46.9% ενώ το 16.8% αποτελεί γεωργική γη, το 30.2% δασικές εκτάσεις και το υπόλοιπο 6.2% άλλου είδους εκτάσεις.

Το ορεινό τοπίο, αποτελεί την «Οικολογική ραχοκοκαλιά της Ευρώπης», σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (ΕΕΑ, 2010) και η προστασία του περιβάλλοντος του μπορεί να συνδυαστεί με την ύπαρξη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων η οποία ξεχωρίζει και ευνοεί τη δημιουργία συνθηκών για μια πιο φιλική προς το περιβάλλον συμπεριφορά. Το αιολικό και ηλιακό δυναμικό, το δυναμικό υδατοπτώσεων και το δυναμικό δασικής βιομάζας που χαρακτηρίζουν την ορεινή Ελλάδα, μπορούν να αναδειχτούν σε στοιχειώδη τροφοδότες ανανεώσιμης ενέργειας εάν αξιοποιηθούν κάτω από κατάλληλες συνθήκες και προϋποθέσεις (Λουλάκης Α., 2011, Μπαλαμπέκος Σ., 2011, Κατσουλάκος Μ., 2013).

2.2 Περίπτωση Μελέτης: Περιοχή Μετσόβου

2.2.1 Γενικά

Η περιοχή που μελετάται στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι ο οικισμός του Μετσόβου, η οποία έχει έντονο ορεινό χαρακτήρα, ιδιαίτερη τοπογραφική διαμόρφωση και μια σπάνια άγρια ομορφιά.

Η γεωγραφική θέση, ο φυσικός του πλούτος, ο σεβασμός στην παράδοση με την διαχρονική και αγνή διατήρηση των εθίμων και των ηθών, καθώς και η παραδοσιακή αρχιτεκτονική με τον ιδιαίτερο, χαρακτηριστικό διάκοσμο συνθέτουν τη φυσιογνωμία του Μετσόβου και το καθιστούν ως ένα ιδιαίτερο και θελκτικό τόπο. Για αυτούς του λόγους, η πόλη του Μετσόβου συγκαταλέγεται ανάμεσα στις πιο γραφικές παραδοσιακές πόλεις της Ελλάδας και έχει ψηφιστεί ως παραδοσιακός οικισμός το 1978.

Εργασίες των κατοίκων είναι κυρίως κτηνοτροφικές, τυροκομικές, δασοπονικές, η οινοποιία κ.α. Με το πέρασμα των χρόνων θεωρείται και ο τουρισμός (Καλιαμπάκος Μ., Κατσουλάκος Μ., 2010).



Σχήμα 2.1 Ο Οικισμός του Μετσόβου (Πηγή: <https://el.wikipedia.org>, 2019)

2.2.2 Γεωγραφικά Δεδομένα

Το Μέτσοβο υπάγεται στο νομό Ιωαννίνων και είναι χτισμένο στις βόρειες πλαγιές, με αμφιθεατρική μορφή, σε ένα υψόμετρο 1.160m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στα βόρεια Συνορεύει με Νομό Γρεβενών, ανατολικά και νοτιοανατολικά με το Νομό Τρικάλων, ενώ

δυτικά και νοτιοδυτικά με το υπόλοιπο τμήμα του Νομού Ιωαννίνων. Έχει γεωγραφικό πλάτος $39,76^\circ$ και γεωγραφικό μήκος $21,17^\circ$ και βρίσκεται πάνω σε μια από τις υψηλότερες βουνοκορφές της Πίνδου, στο διαχωριστικό σημείο των ορίων ανάμεσα σε Ήπειρο, σε Θεσσαλία και της Δ. Μακεδονίας.

Ο Δήμος Μετσόβου περιλαμβάνει τα Δημοτικά Διαμερίσματα Μετσόβου, Αηγλίου, Ανθοχωρίου και Βοτονοσίου, με έκταση περίπου 200.000 στρεμμάτων και μόνιμο πληθυσμό 2.503 κατοίκων σύμφωνα με την τελευταία απογραφή πληθυσμού – κατοικιών το 2011. Παρατηρείται μια σημαντική μείωση του πληθυσμού σε σχέση με την απογραφή του 2001 όπου σε μόνιμο επίπεδο οι κάτοικοι του Δήμου ανέρχονταν στους 4.079 (Ε.Σ.Υ.Ε, 2011).



Σχήμα 2.2 Το Μέτσοβο στον Ελλαδικό Χώρο (Πηγή: Σιαπλαούρα Π.,2015)

2.2.3 Κλιματολογικά Δεδομένα

Το κλίμα μιας περιοχής διαμορφώνεται από δύο σημαντικούς παράγοντες, το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος. Γενικά, οι ορεινές περιοχές κυρίως λόγω των μεταβολών των κλιματολογικών συνθηκών, συναρτήσει του υψομέτρου, είναι σημαντικά διαφοροποιημένες από τις αντίστοιχες περιοχές χαμηλότερου υψομέτρου. Η κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας ή αλλιώς θερμοβαθμίδα δίνεται από την σχέση $\Gamma = Dt / DZ$ όπου Z είναι το υψόμετρο. Συνήθως, στις ορεινές μεσογειακές περιοχές, αυξανόμενου του υψομέτρου, μειώνεται η μέση θερμοκρασία, αυξάνονται οι βροχοπτώσεις και μειώνεται η σχετική υγρασία (Parish, 2002).

Ένας τοπικός μετεωρολογικός σταθμός, λειτουργεί στην περιοχή του «Προφήτη Ηλία», σε υψόμετρο 1240m, ο οποίος ανήκει στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Δ.Π.Μ.Σ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών» εν συνεργεία με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, από όπου είναι δυνατό να αντληθούν κλιματολογικά δεδομένα για τις συνθήκες που επικρατούν στο Μέτσοβο. Η ετήσια επικρατούσα θερμοκρασία στη περιοχή, για το έτος 2017, κυμαινόταν από 32,1°C έως -15,1°C ενώ η μέση τιμή της ήταν 10,1°C (πίνακας 2.1). Οι τιμές αυτές φαίνεται να παρουσιάζουν μια σταθερότητα τα τελευταία 6 χρόνια με μικρές αυξομειώσεις.

Το τοπικό κλίμα της πόλης του Μετσόβου είναι ηπειρωτικό και χαρακτηρίζεται από ψυχρό έως δριμύ με παρατεταμένους χειμώνες και μεγάλα ύψη βροχής την άνοιξη ενώ τα καλοκαίρια είναι σχετικά ζεστά με αρκετές βροχές. Με βάση την κατά Κορρεν κατηγοριοποίηση, το κλίμα του Μετσόβου κατατάσσεται στην κατηγορία CBF (Σούλης, 1994) όπου αναφέρει: «Κλίμα εύκρατο βροχερό με μέση θερμοκρασία του πιο θερμού μήνα του έτους έως 22°C και του ψυχρότερου κάτω των 18°C. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία τουλάχιστον 4 μηνών είναι πάνω από 10°C. στην ξηρή περίοδο, μετά το θερινό ηλιοστάσιο, ο πιο ξηρός μήνας δέχεται βροχή μεγαλύτερη των 40mm.». Να σημειωθεί πως, εξαιτίας των δασικών όγκων που περιβάλλουν τη γύρω περιοχή η υγρασία διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα (Κατσουλάκος Μ., 2013, Μπουτέτσιου Ε., 2010, Σιαπλαούρα Π., 2005).

ANNUAL CLIMATOLOGICAL SUMMARY															
NAME: Metsovo CITY: Metsovo STATE: Ioannina															
ELEV: 1240 m LAT: 39° 48' 00" N LONG: 21° 12' 00" E															
TEMPERATURE (°C), HEAT BASE 18.3, COOL BASE 18.3															
DEP. HEAT COOL															
YR	MO	MEAN MAX	MEAN MIN	MEAN	FROM NORM	DEG DAYS	DEG DAYS	HI	DATE	LOW	DATE	MAX >=32	MAX <=0	MIN <=0	MIN <=-18
17	1	1.1	-5.0	-2.2	0.0	635	0	6.3	21	-15.1	8	0	8	30	0
17	2	6.2	0.6	2.9	0.0	430	0	12.9	27	-4.2	13	0	3	11	0
17	3	10.4	2.8	6.4	0.0	368	0	18.4	25	-0.5	12	0	0	5	0
17	4	13.2	4.0	8.3	0.0	302	1	20.3	28	-3.0	21	0	0	4	0
17	5	16.9	8.6	12.2	0.0	193	3	21.9	13	5.8	11	0	0	0	0
17	6	23.5	13.4	18.0	0.0	63	54	31.2	30	8.9	19	0	0	0	0
17	7	25.9	15.3	20.4	0.0	33	99	32.1	1	8.9	16	1	0	0	0
17	8	26.6	16.0	20.8	0.0	24	102	31.2	11	11.8	31	0	0	0	0
17	9	20.1	10.7	14.9	0.0	129	27	29.4	17	5.0	22	0	0	0	0
17	10	15.8	6.5	10.8	0.0	235	2	22.3	16	0.7	29	0	0	0	0
17	11	9.3	2.9	5.8	0.0	375	0	13.1	12	-3.4	29	0	0	5	0
17	12	5.4	-0.1	2.4	0.0	493	0	11.3	25	-7.1	20	0	4	15	0
		14.6	6.3	10.1	0.0	3279	288	32.1	JUL	-15.1	JAN	1	15	70	0

Πίνακας 2.1 Μηνιαία Θερμοκρασία της περιοχής του Μετσόβου το έτος 2017

(Πηγή: Τοπικός Μετεωρολογικός Σταθμός Μετσόβου, 2018)

Ο Νικόλαος Κατσουλάκος, διπλωματούχος της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ, το 2013 χρησιμοποιώντας το ερευνητικό πρόγραμμα PVGIS της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτίμησε το πόση ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στη ευρύτερη περιοχή του Μετσόβου και έτσι προέκυψε ότι:

- Η μέση ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο είναι 4090Wh/m².
- Η μέση ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε επίπεδο υπό βέλτιστη κλίση (31° για το Μέτσοβο) είναι 4.560Wh/m².

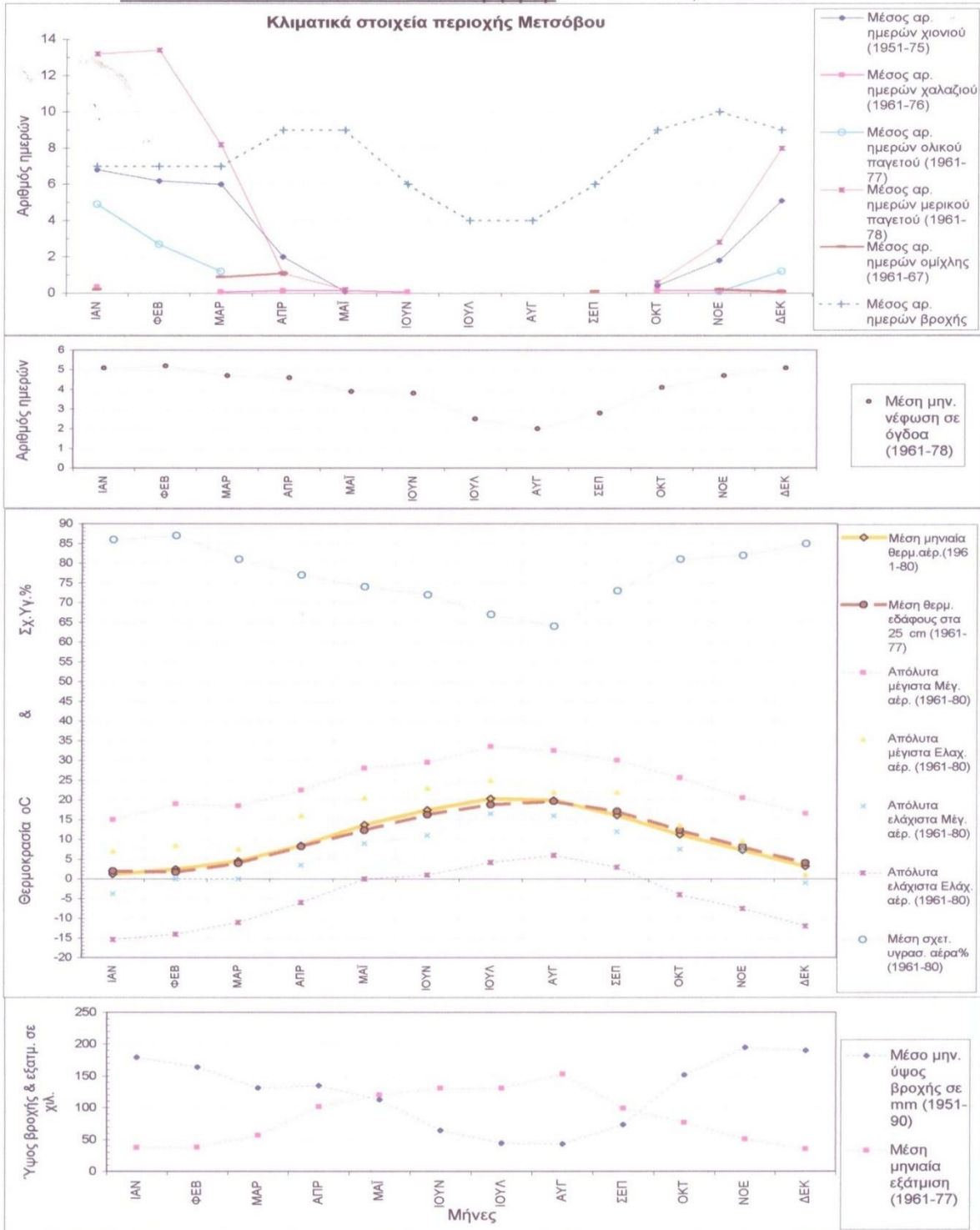
Όσο αφορά την μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου είναι από 6m/sec και πάνω, σύμφωνα με το Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα Έρευνας (ΕΠΣΕ) και τις πληροφορίες που εμπεριέχονται στο ενσωματωμένο γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών και αναφέρονται στη μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου στην Ελλάδα (Κατσουλάκος Μ., 2013).

Μια καλύτερη εικόνα του κλίματος που επικρατεί στη περιοχή μπορεί να δοθεί από το σχήμα 2.3 όπου, το 1994, ο γεωπόνος Νικόλαος Σούλης επεξεργάστηκε σε συνεργασία με το Τμήμα Μετεωρολογίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων τα στοιχεία των μετεωρολογικών σταθμών της Ηπείρου και εξήγαγε τα κάτωθι γραφήματα, τα οποία περιγράφουν τις μετεωρολογικές συνθήκες στο Μέτσοβο, ανά μήνα, μέσω μιας διαθέσιμης χρονοσειράς δεδομένων από το 1951 έως το 1990 (Σούλης Ν., 1994).

Όπως παρατηρείται στο σχήμα 2.3 καθ' όλη τη διάρκεια ενός έτους η σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και η έντονη βροχόπτωση είναι τα κυρίαρχα στοιχεία που επικρατούν, με το μέσο μηνιαίο ύψος βροχής κυρίως κατά τις εποχές Χειμώνα, Φθινόπωρο να είναι σε υψηλά επίπεδα.

ΤΟ ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ - ΠΑΠΑΖΗΣ ΓΩΡΓΟΣ
Από το 1992 κοντά στον καλλιερρητή.

Λ.Ακρίτα 57, Ιωάννινα
 Τηλ : 26510 38291



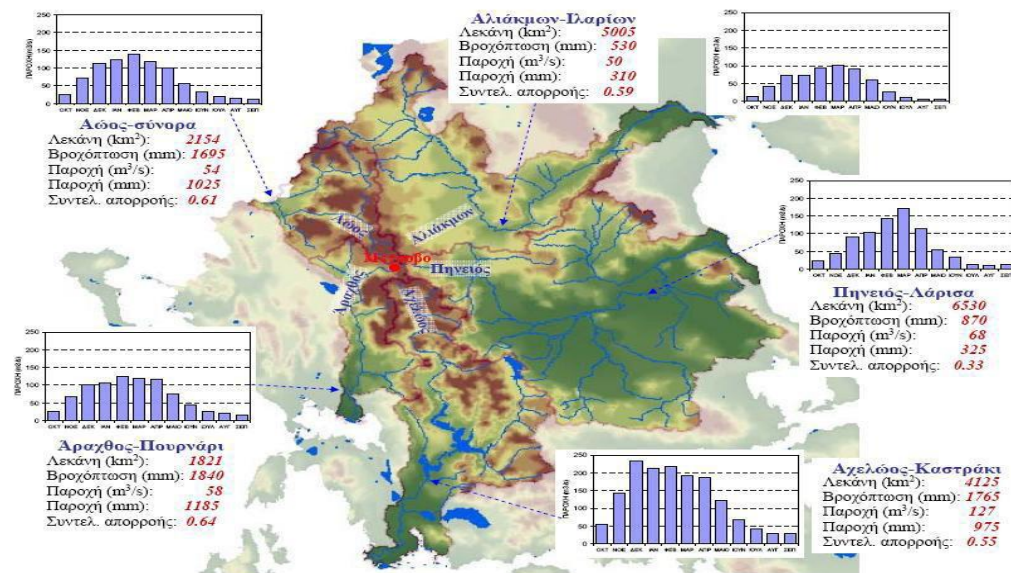
Τα μετεωρολογικά στοιχεία για τα γραφήματα είναι από το βιβλίο του Νίκου Β. Σούλη, "Το κλίμα της Ηπείρου", Ιωάννινα 1994.

Σχήμα 2.3 Μετεωρολογικά Στοιχεία Περιοχής Μετσόβου (Πηγή: Παπαζήσης Γ., 1994)

2.2.4 Γεωμορφολογικά Δεδομένα

Ο έντονα ορεινός χαρακτήρας που έχει η ευρύτερη περιοχή του Μετσόβου, υποδηλώνεται από βαθιές πτυχώσεις, έντονες κλίσεις (15%) με απότομες έως και κατακόρυφες πλαγιές και από τις ψηλές κορυφές των ορέων. Χαρακτηρίζεται από ένα ανάγλυφο πολυσχιδούς μορφής, που αποτυπώνεται στο πυκνό αλλά και υδρογραφικό δίκτυο. Κομμάτια της οροσειράς της Β. Πίνδου είναι αναπτυγμένα γύρω από την περιοχή, όπως ο Λάκμος ή Περιστερί στο νότιο κομμάτι, το Μαυροβούνι στο βόρεια, ανατολικά τα βουνά του Ζυγού και η Τσούκα Ρόσα στα βορειοδυτικά. Γεωλογικά, το Μέτσοβο υπάγεται στη ζώνη της Πίνδου όπου επικρατούν πετρώματα όπως: ασβεστόλιθοι, φλύσχης και οφειόλιθοι.

Αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι, οι πέντε κύριες υδρολογικές λεκάνες του Ελλαδικού χώρου, Άραχθου, Αχελώου, Πηνειού, Αλιάκμονα, του Αώου συναντώνται στην συγκεκριμένη περιοχή. Η συνάντηση αυτή οφείλεται κυρίως στις πλούσιες βροχοπτώσεις, λόγω ορογραφικής κατακρήμνισης, και χιονοπτώσεις, σε συνδυασμό με τις γεωλογικές δομές. Από τη περιοχή του Μετσόβου πηγάζει και ο Μετσοβίτικος ποταμός ο οποίος είναι παραπόταμος του Άραχθου.



Χάρτης 2.2 Οι πέντε κύριες υδρολογικές λεκάνες της Ελλάδας, με σημείο συνάντησης το Μέτσοβο

(Πηγή: Ερευνητική Ομάδα ΙΤΙΑ του ΕΜΠ, 2019)

Όμως, ως μια καθαρά ορεινή περιοχή, το Μέτσοβο υστερεί σε πεδινές εκτάσεις οι οποίες περιορίζονται κατά μήκος του Μετσοβίτικου ποταμού. Στη περιοχή ξεχωρίζουν χαρακτηριστικοί μικροί βοσκότοποι ενώ ο υπόλοιπος γεωμορφολογικός χώρος απαρτίζεται από πυκνά δάση αλλά και απότομες ορεινές πλαγιές (Μπουτέτσιου, 2010, Βρεττάκος, 2015).

2.2.5 Προστατευόμενες Περιοχές

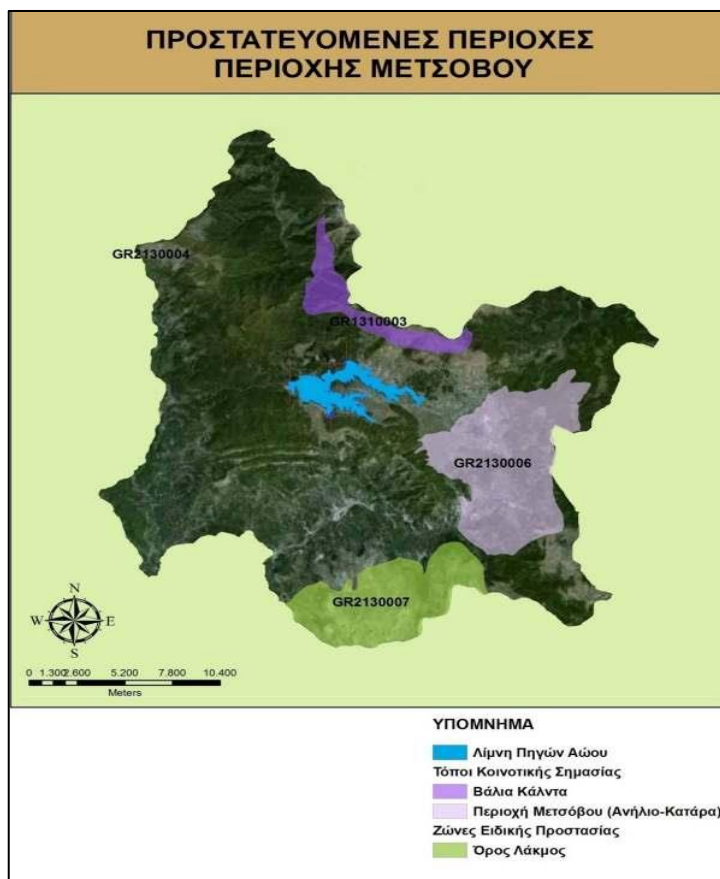
Η περιοχή του Μετσόβου συγκαταλέγεται στους, οικολογικά σημαντικής σημασίας, τόπους του δικτύου Natura 2000. Το δίκτυο αυτό θεωρείται ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο Περιοχών, με 2 κατηγορίες περιοχών: «Ζώνες Ειδικής Προστασίας για Οрниθοπανίδα» (ΖΕΠ) και «Τόποι Κοινοτικής Σημασίας» (ΤΚΣ) . Οι τρεις πιο κάτω περιοχές απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή και εντάσσονται στο Δίκτυο Natura 2000 (σχήμα 2.3):

- **Ο Εθνικός Δρυμός Πίνδου (GR1310003)**: ο οποίος το 1966 κηρύχθηκε ως Εθνικός Δρυμός και απαρτίζεται από πυκνά δάση που έχουν Μαύρη Πεύκη (*Pinus nigra*) και Οξύα (*Fagus Sylvatica*), με υψηλές κορυφογραμμές που είναι βραχώδεις, με λίμνες, χείμαρρους και αρκετές πηγές. Υπάρχουν δυο μικρά ορεινά ρέματα, της Σαλατούρας και του Ζεστού ρέματος (Βάλια Κάλντα) που αρχίζουν από τη κοιλάδα όπου στη πορεία τους βρίσκουν ένα πιο μεγάλο ρέμα, το Αρκουδόρεμα. Η Μαύρη Πεύκη είναι το βασικότερο είδος βλάστησης που συναντάται στην περιοχή, ξεκινώντας από τα 1.300 μέτρα στο Αρκουδέμα και καταλήγει μέχρι και τα 1.700 μέτρα ενώ η Οξιά καλύπτει πλαγιές στο βόρειο τμήμα μέχρι τα 1.800 μέτρα.
- **Το Ανήλιο - Κατάρα (Περιοχή Μετσόβου) (GR2130006)**: θεωρείται το φυσικό όριο ανάμεσα στη νότια και τη βόρεια Πίνδο όπως επίσης και το βασικό πέραςμα για να οδεύσει κάποιος από την Ήπειρο σε Θεσσαλία. Στην περιοχή επίσης, συναντώνται και 2 κορυφές του όρους Ζυγός, οι Βούλγαρης (υψ. 1.821μέτρα) και Θανασάκης (υψ. 1.820 μέτρα), εκτός από το Ανήλιο, όπως επίσης και ένα κομμάτι της λεκάνης απορροής του Αώου ποταμού.

Στη νοτιοδυτική πλευρά του τόπου η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) έχει κατασκευαστεί ένα φράγμα, που χρησιμοποιεί τα νερά των πηγών του Αώου, έχοντας μεταβάλλει πιθανόν αρκετά από τα οικολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής (ΥΠΕΚΑ, 2012).

- **Το Περιστερί ή Όρος Λάκμος (GR2130007):** το οποίο ανήκει στη νότια Πίνδο και βρίσκεται στη νότια μεριά του Μετσόβου όπου συνορεύουν οι νομοί των Ιωαννίνων, της Άρτας και των Τρικάλων.

Το Περιστερί είναι η πιο ψηλή κορυφή του, με ένα υψόμετρο που φτάνει τα 2.295 μέτρα. Ο Λάκμος χαρακτηρίζεται ως ένα βουνό γυμνό στο μάτι που διαθέτει αλπικά λιβάδια, που έχει πλαγιές που είναι πετρώδεις και βραχώδεις και πολύ απόκρημνες, που έχει ρυάκια ορεινά και πηγές. Στο σημείο αυτό πηγάζουν ο ποταμός Αχελώος όπως επίσης και οι παραπόταμοι του Αράχθου, Καλλαρίτικος και Μετσοβίτικος. Λόγω της έντονης αποψίλωσης το βουνό παρουσιάζει μεγάλη διάβρωση αλλά στις πλαγιές, βόρεια και δυτικά, σε υψόμετρα 600-800m έχει λάβει τόπο μικρή αναδάσωση με μαύρη πεύκη (ΥΠΕΚΑ, 2012, Μπουτέτσιου Ε., 2010).



Χάρτης 2.3 Οι Προστατευόμενες Περιοχές του Δήμου Μετσόβου
(Πηγή: Μπουτέτσιου Ε., 2010)

2.2.6 Αντικείμενο Μελέτης

Όλα αυτά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που διέπουν την περιοχή, καθιστούν το Μέτσοβο ως μια περιοχή που χρίζει διερεύνησης όσο αφορά τη περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκύπτει από τις προσπάθειες των κατοίκων για κάλυψη των αναγκών τους.

Η ξεχωριστή γεωμορφολογική του εικόνα, το υψόμετρο και οι ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες που επικρατούν, εποχικά, με χαρακτηριστικό τους τις χαμηλές θερμοκρασίες και την ύπαρξη έντονων θερμοκρασιακών αναστροφών, εξαιτίας της σχηματικής μορφής της περιοχής (λεκανοειδές σχήμα) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ατμοσφαιρική ρύπανση που προκύπτει από τις ενεργειακές καταναλώσεις της περιοχής, μιας και υποβοηθούν την ανάπτυξη και εξάπλωση της.

Αντικείμενο λοιπόν, είναι η μελέτη του συσχετισμού αυτών των χαρακτηριστικών του Μετσόβου με την παραδοσιακότητα του και στις συμβατικές λύσεις που οδηγούνται οι κάτοικοι για την θέρμανση του χώρου τους με άμεση συνέπεια το περιβαλλοντικό επακόλουθο που συνεπάγεται με την αλόγιστη χρησιμοποίησή τους καθ όλη τη διάρκεια του χρόνου.



Σχήμα 2.4 Παραδοσιακός Οικισμός Μετσόβου

(Πηγή: <https://el.wikipedia.org>, 2019)

3. Αντικείμενο Μελέτης

3.1 Παραδοσιακός Οικισμός Μετσόβου

Ο Frank Lloyd Wright αναφέρει ότι «η παραδοσιακή αρχιτεκτονική θεωρείται η κατασκευή κτηρίων που να ανταποκρίνονται στις πραγματικές ανάγκες, ανάλογα με το περιβάλλον που είναι, από άτομα τα οποία γνώριζαν να τα προσαρμόζουν σε βέλτιστο βαθμό στην κοινά αποδεκτή αίσθηση» (Oliver, 2003). Χαρακτηριστικό ενός παραδοσιακού οικισμού είναι να είναι βιώσιμο, να αντέχει στο χώρο και το χρόνο.

Οι κυριότερες παράμετροι που σχετίζονται με το παραδοσιακό σχεδιασμό, αρχιτεκτονικά, είναι δύο και είναι ο πολιτισμός και το θέμα του κλίματος. Στα θερμά κλίματα επιλέγονται οι ελαφριές κατασκευές με ανοίγματα που επιτρέπουν το διαμπερή ή κατακόρυφο αερισμό, ενώ τα κτήρια στα ψυχρά κλίματα έχουν μεγάλη θερμική μάζα ή σημαντική θερμομόνωση και μικρά (ή καθόλου) ανοίγματα. Επίσης, ποικίλει η μορφή των κτηρίων ανάλογα με το ύψος των κατακρημνισμάτων της περιοχής, έτσι τα επίπεδα δώματα συνήθως δεν συναντώνται σε περιοχές με πολλές βροχές.

Το Μέτσοβο σήμερα, συγκαταλέγεται στους πιο αντιπροσωπευτικούς παραδοσιακούς οικισμούς της Ελλάδας. Η ιδιαίτερη αρχιτεκτονική του διαθέτει αρκετά κοινά σημεία με αυτή της Ηπείρου. Είναι ένας κλειστού είδους μονοκεντρικός οικισμός, ο οποίος αναπτύσσεται πολεοδομικά σε πλαγιά με πτυχές και μεγάλη κλίση καθώς και με νοτιοανατολικό προσανατολισμό. Τα βασικότερα συστατικά δόμησης είναι υλικά που υπάρχουν φυσικά στη περιοχή όπως είναι η γκριζοκαφετί ή γκριζοπράσινη πέτρα για τους τοίχους, οι γκριζοπράσινες πλάκες σχιστολιθικής μορφής για επικαλύψεις και δαπεδοστρώσεις και σχετικά με τις κατασκευές από ξύλο, το ξύλο του ρόμπολου, της πεύκης και της οξιάς.

Τα παραδοσιακά κτίρια απαρτίζονται από πέτρινους τοίχους οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μεγάλη θερμική μάζα, ενώ τόσο οι εσωτερικοί τοίχοι, όσο και τα δάπεδα και οι οροφές είναι φτιαγμένα από ξύλο. Επιπλέον, η κλίση στις στέγες είναι επιτηδευμένη ούτως ώστε να ευνοείται η γρήγορη απομάκρυνση του χιονιού και έτσι με τον τρόπο αυτό να βοηθάει στην αντίστοιχη μείωση των θερμικών απωλειών.

Τέλος, τα τζάκια θεωρούνται ένα σημαντικό στοιχείο κάθε παραδοσιακού μετσοβίτικου σπιτιού, τα οποία παλιότερα είχαν πολύωρη χρήση για θέρμανση τους χειμερινούς μήνες.

3.1.1 Θερμομόνωση

Σήμερα η εικόνα του τόπου τείνει να παλινδρομεί μεταξύ μιας εικόνας παραδοσιακού οικισμού και μιας εικόνας κωμόπολης με σύγχρονες τάσεις. Περισσότερο ακόμη, σε μια προσπάθεια μίμησης του παλιού, υιοθετήθηκε μια κακώς εννοούμενη νεοπαραδοσιακή αρχιτεκτονική, που σε καμία περίπτωση δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική.

Τα νέα κτίρια κατασκευάζονται κυρίως από οπλισμένο σκυρόδεμα, με τους τοίχους να επενδύονται με πέτρα και επιπλέον η τοποθέτηση της θερμομόνωσης δεν είναι επιμελής με αποτέλεσμα τη δημιουργία θερμογεφυρών, σημείων δηλαδή όπου τα δομικά στοιχεία παρουσιάζουν θερμικές απώλειες εν συγκρίσει με τις υπόλοιπες επιφάνειες εξαιτίας της μειωμένης θερμικής αντίστασης που αυτά παρουσιάζουν.

Αξιοσημείωτο είναι ότι, οι καινούργιες κατοικίες διαθέτουν συχνά ένα μεγάλο εμβαδόν σε ανοίγματα, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη ο προσανατολισμός και οι χειμερινές χαμηλές θερμοκρασίες, με άμεση συνέπεια αυτού να μην ικανοποιούνται οι απαιτήσεις θερμομόνωσης.

Η νομοθεσία επιτρέπει την χωροθέτηση του κτιρίου στα όρια των οικοπέδων με αποτέλεσμα την κατασκευή στεγών χωρίς προεξοχές και οι οποίες επικαλύπτονται στην πλειοψηφία τους με κεραμίδι και όχι πλάκα. Ακόμη, γίνεται άφθονη εκμετάλλευση γης και κλίσεων με απόρροια να καλύπτεται μεγαλύτερο ποσοστό των οικοπέδων. Γεγονός που έχει ως επακόλουθο τον περιορισμό των υπαίθριων χώρων και κατά άμεσο αποτέλεσμα την υποβάθμιση των συνθηκών μικροκλίματος καθώς και των του ηλιασμού συνθηκών.

3.1.2 Βιοκλιματικός Χαρακτήρας Μετσόβου

Εξετάζοντας την πολεοδομική ανάπτυξη, όπως επίσης και τα χαρακτηριστικά μορφολογίας και τύπου των παλαιών σπιτιών του τόπου προκύπτει ότι το Μέτσοβο έχει δομηθεί βάση ορισμένων κύριων αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής (χαρακτηρίζουν τους πλείστους οικισμούς της Μεσογείου) όπως είναι ο νότιος προσανατολισμός κατασκευής και διαμορφώνεται από τις ιδιαίτερες γεωμορφολογικές, κλιματικές κ.α. συνθήκες της περιοχής.

Είναι κοινώς αποδεκτό πως η θεωρία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής αποτελεί κομμάτι της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής. Εξαιτίας της έλλειψης φυσικών και υλικών πόρων καθώς και τεχνικών μέσων, οι παραδοσιακές τεχνικές έτειναν μέσω μιας διαδικασίας δοκιμών σωστών και λαθεμένων πρακτικών στις οικονομικά και περιβαλλοντικά βέλτιστες λύσεις.

Ακολουθώντας τα βήματα αυτά, ο παραδοσιακός τεχνίτης πέτυχε την εξασφάλιση συνθηκών άνεσης σε μεγάλο βαθμό στον εσωτερικό χώρο τόσο των κτηρίων όσο και των οικισμών. Συνθηκών όπως ο ηλιασμός, η δροσιά, ο αερισμός, το φως και η θερμομόνωση.

Στις μέρες μας, έχουν εξεταστεί διάφορα μοντέλα βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής όμως η κατά τα τελευταία χρόνια αύξηση της θερμοκρασίας και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως επίσης και η χρήση μη περιβαλλοντικών υλικών και συσκευών έχουν οδηγήσει στην παρουσία βασικών, ποιοτικά και ποσοτικά, προβλημάτων στο περιβάλλον και στην ενέργεια στα κτίρια. Βάση αυτού, ο βιοκλιματικός χαρακτήρας των σπιτιών θεωρείται μειωμένης αξιοπιστίας όπως επίσης και λόγω της λανθασμένης προσέγγισης αυτού, με τη χρήση μη τοπικών υλικών και τεχνικών, εν όψει της προσπάθειας για διατήρηση της παραδοσιακής ταυτότητας της περιοχής.

Σαφώς και τα μοντέλα βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής προσπάθησαν και προσπαθούν να ενταχθούν και να τεθούν σε εφαρμογή στον οικισμό του Μετσόβου, με σύγχρονες κατασκευαστικές λύσεις ωστόσο, οι ακραίες καιρικές συνθήκες της περιοχής με τα υψηλά επίπεδα κατακρήμνισης, η αναπόφευκτη φθορά του χρόνου και φυσικά οι σχετικοί περιορισμοί λόγω της παραδοσιακότητας του οικισμού, δημιούργησαν προβλήματα, όπως στα δομικά στοιχεία των σπιτιών μειώνοντας την θερμοχωρητική τους ικανότητα. Επίσης, λόγω μικρών κατασκευαστικών απροσεξιών, έλλειψης συντήρησης και μη σωστής διαχείρισης των κατοίκων το πρόβλημα επιδεινώθηκε υποβαθμίζοντας την αισθητική αξία της περιοχής.

Τα παλαιότερα παραδοσιακά κτίρια χρειάζονται συνεχείς αποκαταστάσεις, οι οποίες δεν πραγματοποιούνται όπως θα έπρεπε, κυρίως στη στέγη και στα κουφώματα μιας και υπάρχουν θερμικές απώλειες που οφείλονται στην έλλειψη θερμομόνωσης και/ή στη κακή κατασκευή π.χ. των κουφωμάτων. Οι παραδοσιακές στέγες στη πάροδο του χρόνου αντιμετωπίζουν προβλήματα που οφείλονται στις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, με τις σχιστόπλακες να φθείρονται σε βαθμό που στο τέλος να σαπίζουν. Εν συνεχεία αυτού, όμβρια ύδατα υπεισέρχονται μέσα στη πλάκα, περιορίζοντας στο σημείο αυτό υγρασία, η οποία ακολούθως διαβρώνει και αλλοιώνει τη

πέτρα και τις ξύλινες δοκούς των τοίχων. Η είσοδος της υγρασίας στο εσωτερικό της οικίας οξύνει το πρόβλημα. Στην προσπάθεια επίλυσης του θέματος προτείνονται αυτοσχέδια ανοίγματα στα κουφώματα και στο κάτω μέρος της στέγης ούτως ώστε να αποφεύγεται η συσσώρευση υγρασίας αλλά αυτό δημιουργεί ένα δεύτερο πρόβλημα, αυτό της θερμικής σπατάλης και υψηλής εισροής ψυχρού αέρα εντός του σπιτιού.

Σε όλα αυτά, προστίθεται επιπλέον και το πρόβλημα της διάβρωσης όπου λόγω του γεωλογικού υποβάθρου, των ιδιαίτερα μεγάλων κλίσεων του ανάγλυφου του, το Μέτσοβο είναι αρκετά ευάλωτο στην διάβρωση του εδάφους του. Επιπλέον, εξαιτίας του παραδοσιακού χτισίματος των σπιτιών, βρισκόμενα το ένα δίπλα στο άλλο, ο υπαίθριος χώρος υστερεί από τη μία σε οικολογικές λειτουργίες για ικανοποιητική διακράτηση ατμοσφαιρικών σωματιδίων, αυξάνοντας έτσι τους εσωτερικούς και εξωτερικούς ρύπους και από την άλλη σε κατακράτηση του νερού της βροχής που θα οδηγούσε σε καλύτερη απορροή και αποφυγή της διάβρωσης.

Σε ότι αφορά τη προσέγγιση του βιοκλιματικού σχεδιασμού, αυτή επιβάλλεται να είναι συμβατή με τις αξίες της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής και να μην αλλοιώνει τη φυσιογνωμία της. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στους παραδοσιακούς οικισμούς σε μια γενικότερη κλίμακα με το να εξετάζεται το κλίμα της περιοχής καθώς και άλλες τοπικής κλίμακας περιβαλλοντικές συνθήκες όπως είναι η μορφή του ανάγλυφου, ο προσανατολισμός, η ύπαρξη πρασίνου, η πυκνότητα δόμησης κλπ. Να μελετώνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε κάθε φάση δηλαδή κατασκευής, λειτουργίας, κατεδάφισης και να αποτιμάται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Όλα αυτά φυσικά να συνάδουν με τους όρους δόμησης ή άλλους κανόνες και να συμμορφώνονται με τη πολεοδομική μορφολογία (Μπιζέλη Κ., 2014, Κάπαρος Ι., 2013, Νικολούδης Ι., 2013, Καλογήρου Χ. και Σαγιά Α., 2010).

3.2 Γένεση Περιβαλλοντικού Προβλήματος

3.2.1 Θέρμανση Χώρου

Πρωταρχικό πρόβλημα των ορεινών περιοχών, και συγκεκριμένα της ευρύτερης περιοχής του Μετσόβου, είναι οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και επομένως η έντονη ανάγκη για θέρμανση. Ο Δ. Καλιαμπάκος αναφέρει πως «οι συνολικές ενεργειακές ανάγκες είναι κατά 80% υψηλότερες στα 1000 μέτρα ύψομετρο από ότι στο επίπεδο της θάλασσας».

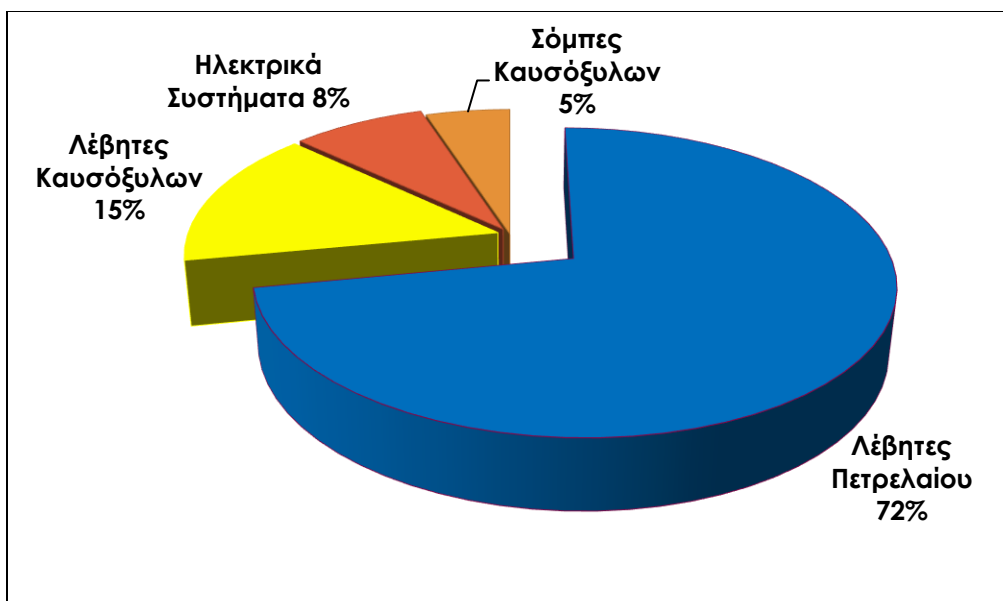
Επιπλέον, ο παραδοσιακός του χαρακτήρας υποδηλώνει την ύπαρξη υψηλού ποσοστού (62% σύμφωνα με την απογραφή του 2001 της ΕΛΣΤΑΤ), παλαιών κτηρίων τα οποία, όπως έχει ειπωθεί νωρίτερα, έχουν υποστεί τη φθορά του χρόνου και των βαριών καιρικών συνθηκών. Αυτό έρχεται σε συνδυασμό με την ιδιαιτερότητα τη περιοχής στις κρύες θερμοκρασίες με αποτέλεσμα η θέρμανση του χώρου να είναι επιτακτικής ανάγκης. Αρνητικό είναι το σημείο ότι το 62% αντιστοιχεί σε σπίτια που χτίστηκαν πριν το 1980, υποδηλώνοντας ότι σε αυτά δεν έχει εφαρμοστεί ο κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων.

Η κάλυψη των θερμικών αναγκών των νοικοκυριών στο Μέτσοβο, και γενικότερα της πλειοψηφίας των κτιρίων στις ορεινές περιοχές, γίνεται με τη καύση πετρελαίου diesel, το οποίο βέβαια σημαίνει εκπομπές ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

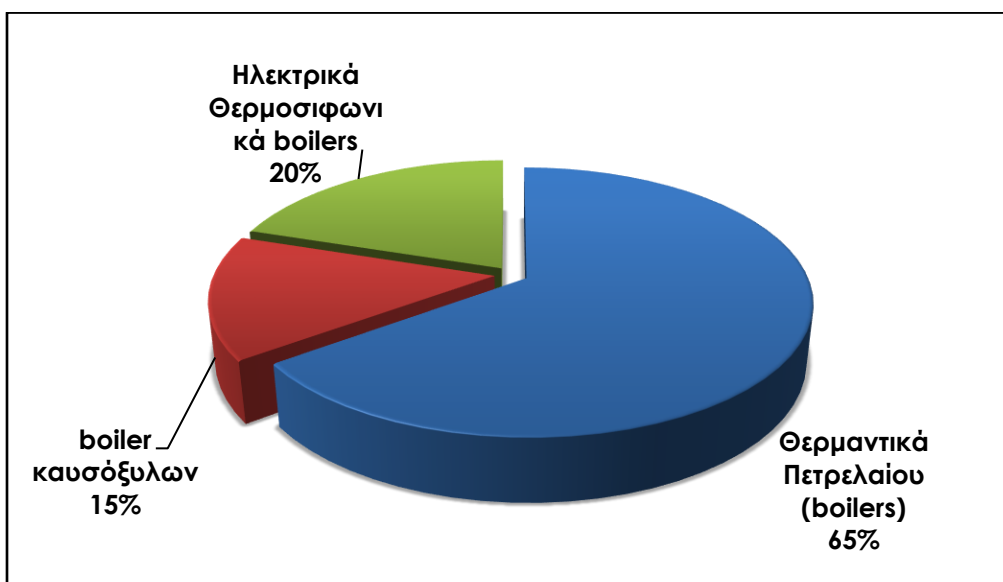
Σε μια εποχή έντονης οικονομικής ύφεσης, εντείνεται το φαινόμενο της ενεργειακής φτώχειας με χαρακτηριστικό γνώρισμα των προσπαθειών εξασφάλισης καυσίμων για θέρμανση του χώρου να είναι η αναζήτηση πιο οικονομικά συμφερούσων λύσεων όπως είναι τα μαγκάλια, οι σόμπες και τα τζάκια. Ξεκάθαρα αυτές οι λύσεις θέρμανσης, προκαλούν ανεπανόρθωτα προβλήματα στο περιβαλλοντικό τομέα (ρυπογόνα αέρια, κοπή δέντρων για ξυλεία) και στο τομέα της υγείας των κατοίκων. Τρανταχτό είναι το παράδειγμα με τους 6500tn λαθραίων υλοτομημένων καυσόξυλων που είχαν κατασχεθεί, το 2011, από όλη την ελληνική επικράτεια.

3.2.2 Λέβητες Πετρελαίου

Η πλειοψηφία των νοικοκυριών, όπως παρατηρείται στο πιο κάτω γράφημα, χρησιμοποιεί λέβητες πετρελαίου (72%), τόσο για τη ζεστασιά των χώρων όσο και για τη παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Επίσης, όπως παρουσιάζεται στο γράφημα η χρήση λεβήτων με καυσόξυλα κατέχει ένα ποσοστό 15% ενώ η χρήση τοπικών αντλιών θερμότητας (8%) για την κάλυψη των αναγκών είναι πολύ περιορισμένη. Στην ουσία, δεν υπάρχει χρήση συστημάτων ψύξης, λόγω των μειωμένων θερμοκρασιών που επικρατούν στην περιοχή. Για την παραγωγή ζεστού νερού, κατά πλειοψηφία χρησιμοποιούνται θερμαντικά (boilers) πετρελαίου (65%) και ηλεκτρικά, θερμοσιφωνικά boilers (20%) όπως και boilers καυσόξυλων (15%).



Σχήμα 3.1 Πρακτικές Κάλυψης θερμικών Αναγκών των νοικοκυριών στο Μέτσοβο (Πηγή: Κατσουνάκος Δ., 2013)



Σχήμα 3.2 Πρακτικές Παραγωγής Ζεστού Νερού Χρήσης των νοικοκυριών στο Μέτσοβο (Πηγή: Κατσουνάκος Δ., 2013)

Ο Ν. Κατσουνάκος μέσα από έρευνα που διεξήγαγε στη περιοχή, το 2013, υπολόγισε τη συνολική κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση των κατοικιών η οποία ανέρχεται σε

20.542.141 kWh. Αυτή η ποσότητα ενέργειας θεωρείται σχετικά υψηλή σαν νούμερο, αντικατροπίζοντας α) τις έντονα ψυχρές κλιματικές συνθήκες της περιοχής που προκαλούν την αναγκαιότητα για λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης σχεδόν 9 μήνες το χρόνο και β) το γερασμένο κτιριακό απόθεμα που καθιστά δύσκολη την αποτελεσματική αποθήκευση της θερμότητας. Η καταναλισκόμενη θερμότητα ανά νοικοκυριό προκύπτει ίση με 11.573 kWh και η καταναλισκόμενη ενέργεια ανά κάτοικο προκύπτει ίση με 3.511 kWh.

Εκτιμήθηκε με σχετική ασφάλεια ότι το 90% της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση είναι αποτέλεσμα καύσης diesel που σημαίνει ότι η ετήσια καταναλισκόμενη ποσότητα πετρελαίου κυμαίνεται περίπου σε 1.300tn.

Η περιβαλλοντική διάσταση της καύσης του diesel υπολογίζεται βάση του πιο κάτω πίνακα:

ΡΥΠΟΙ	CO₂ (3,05kg/kg καυσίμου)	SO₂ (0,0007kg/kg καυσίμου)	NO_x (0,024kg/kg καυσίμου)	Σωματίδια (0,0002kg/kg καυσίμου)
<i>Κατανάλωση Πετρελαίου 1.300 tn</i>	3965 tn	0,9 tn	31 tn	260 kg

Πίνακας 3.1 Εκπομπές ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα λόγω καύσης diesel στο Μέτσοβο (Γελεγένης Π., Αξιάπουλος Ι., 2005)

Οξείδια του Αζώτου (NO_x)

Ως οξείδια του αζώτου σε θέματα περιβάλλοντος θεωρούνται το μονοξείδιο (NO) και το μονοξείδιο του αζώτου (N₂O). Όπως παρουσιάζεται στο Πίνακα 3.1 η ετήσια εκπομπή NO_x στη περιοχή του Μετσόβου από την κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης είναι 31 τόνοι. Να αναφερθεί ότι αυτά σχηματίζονται είτε με την δέσμευση αζώτου από τον αέρα της ατμόσφαιρας είτε κατά την λειτουργία καύσης με την οξείδωση του αζώτου που βρίσκεται παγιδευμένο στο καύσιμο. Στις πλείστες περιπτώσεις το N₂O δεν λαμβάνει μέρος στα NO_x αλλά είναι ένα σημαντικά επιβλαβές θερμοκηπικό αέριο όσο αφορά την στιβάδα του όζοντος.

Η μετατροπή των οξειδίων του αζώτου σε άλλα στοιχεία λαμβάνει χώρα σε σχετικά μικρές χρονικές κλίμακες με επακόλουθο οι επιπτώσεις του να λαμβάνουν χώρα σε μικρομεσαίες αποστάσεις από την πηγή εκπομπής.

Διοξείδιο του Θείου (SO₂)

Αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό οξειδίων του θείου (SO_x) που απελευθερώνεται κατά την πετρελαϊκή καύση εξαιτίας της διαδικασίας οξείδωσης του θείου που υπάρχει στο καύσιμο. Η ετήσια εκπομπή SO₂ συγκριτικά με τους υπόλοιπους αερίους ρύπους είναι σε χαμηλότερο επίπεδο (31 τόνοι) όχι όμως αμελητέο. Το SO₂ και ορισμένα προϊόντα των χημικών του αντιδράσεων, ήτοι το θειϊκό άλας, ευθύνονται για πολλά από τα πιο γνωστά επεισόδια αέριας ρύπανσης με το πέρασμα των χρόνων. Η γνωστή ομίχλη του 1950 στο Λονδίνο, αποτελείτο από μίγμα SO₂ και καπνού.

Οι σοβαρότερες οικολογικές ζημιές είναι αποτέλεσμα της μετατροπής του SO₂ σε θειϊκό οξύ και την επακόλουθη εναπόθεσή του είτε ως όξινη βροχή, είτε ως χιόνι ή και όξινα σωματίδια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε διάστημα μόλις μερικών ημερών όπου η αέρια μάζα δύναται να μεταφερθεί ακόμη και αρκετά χιλιόμετρα πέρα από την πηγή εκπομπής και η όξινη βροχή να επηρεάσει περιοχές οι οποίες δεν θεωρούνται ότι είναι κοντά σε πηγές ρύπανσης υψηλού κινδύνου. Τέτοιες επιπτώσεις στα οικοσυστήματα μπορούν ενδεχομένως να επηρεάσουν το ισοζύγιο στο έδαφος (πχ. διάβρωση), να αλλοιώσουν τη σύσταση της ατμόσφαιρας, να επηρεάσουν το τοπικό κλίμα και να μεταβάλουν την ισορροπία της χλωρίδας και της πανίδας. Το SO₂ έχει συσχετιστεί ακόμη και με την φθορά των οικοδομικών υλικών όπως πχ. το σκυρόδεμα και τον ασβεστόλιθο.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το CO₂ έχει τις πιο επιβλαβείς μακροπρόθεσμες συνέπειες και είναι ίσως ο κυριότερος ρυπαντής που συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αποτελεί προϊόν της οξείδωσης του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), που προκύπτει από την ατελή καύση οποιουδήποτε στοιχείου με συστατικό του τον άνθρακα όπως στη περίπτωση αυτή, του πετρελαίου.

Η υψηλή ποσότητα εκπομπής του στο Μέτσοβο σε ετήσια βάση, ήτοι 3965 τόνοι υποδηλώνει το σοβαρό πρόβλημα της περιοχής με την αλόγιστη κατανάλωση του πετρελαίου για θέρμανση χωρίς σκέψεις για το οικολογικό ζήτημα που τίθεται .

Το CO διαθέτει ένα υψηλό συντελεστή διάχυσης, που σημαίνει ότι διαχέεται στο χώρο με πολύ γοργό ρυθμό και λόγω του ότι σε θέμα βάρους σχετίζεται με αυτό του αέρα, μπορεί να διαχυθεί σε όλα τα ύψη του χώρου που καταλαμβάνει και δεν αρκείται στο να ανέλθει μόνο σε πιο ψηλό επίπεδο όπως συμβαίνει στην περίπτωση του καπνού.

Σωματίδια

Ορισμένες φορές τα αέρια όπως SO₂, CO, NO_x καθώς και οι πτητικές οργανικές ενώσεις, λαμβάνουν μέρος σε αντιδράσεις με διάφορες χημικές ενώσεις που λαμβάνουν χώρα στον ατμοσφαιρικό αέρα και παράγουν με τον τρόπο αυτό τα λεπτόκοκκα σωματίδια. Είναι γνωστό ότι, η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων και η φύση τους ποικίλλει και οφείλεται σε παράγοντες όπως η τοποθεσία, η εποχή και οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν. Θεωρούνται όχι ένας ενιαίος ρύπος, αλλά μάλλον ως ένα μίγμα διαφόρων ρύπων. Η ετήσια ποσότητα εκπομπής τους (260kg) φανερώνει ότι υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις τους στην ατμόσφαιρα και μάλιστα κατά τις βραδινές ώρες σημειώνεται η μέγιστη συγκέντρωσή τους σύμφωνα με έρευνες που έχουν διεξαχθεί, οι οποίες συμπερασματικά καταλήγουν στο ότι η μείωση της θερμοκρασίας συνδέεται άμεσα με την αύξηση των συγκεντρώσεών τους.

3.2.3 Παραδοσιακά Τζάκια

Η χρήση του τζακιού αποτελούσε και εξακολουθεί να αποτελεί άλλη μια βασική πηγή θέρμανσης των παραδοσιακών σπιτιών, πλέον όμως δεν αποτελεί αποτελεσματική λύση, αφού δε θερμαίνει ομοιόμορφα το χώρο και παράγει αέριους ρύπους και μικροσωματίδια που είναι σημαντικά επιβαρυντικά για την ατμόσφαιρα και είναι οι πλέον επικίνδυνοι για την υγεία ρύποι με επιπλοκές του αναπνευστικού συστήματος.

Είναι κατασκευασμένα από ξύλινο επιχρισμένο σκελετό, με ανοιχτή πρόσοψη με το χώρο να είναι σε απευθείας επικοινωνία με την εστία καύσης. Μειονέκτημα τους είναι ότι δημιουργείται μια ροή από εσωτερικό αέρα και ελευθερώνεται προς τα έξω μέσω της καμινάδας.

Τα ανοιχτά παραδοσιακά τζάκια επειδή αξιοποιούνται συχνά, ταυτόχρονα και για μαγείρεμα θεωρούνται σημαντική πηγή ρύπανσης μιας και τα ξύλα που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο δεν είναι ειδικά καυσόξυλα τζακιού. Αποτέλεσμα, να παράγεται CO κατά την ατελή καύση οργανικής ύλης όπως το ξύλο, και να διαφεύγει από τις καμινάδες. Αν και το CO, ή αλλιώς «σιωπηλός δολοφόνος» όπως συχνά αποκαλείται, δεν είναι θερμοκηπικό αέριο, μπορεί να οξειδωθεί σε διοξείδιο του άνθρακα με έμμεσες επιπτώσεις στο κλίμα. Η έκθεση στο CO είναι συνήθως αυξημένη τον χειμώνα από ότι το καλοκαίρι εξαιτίας των υψηλών ποσοτήτων σε καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την θέρμανση των χώρων καθώς επίσης και επειδή ο κόσμος περνάει περισσότερο χρόνο σε εσωτερικούς χώρους (το CO βρίσκεται ανάμεσα στα συστατικά της ρύπανσης των εσωτερικών χώρων) (Μπίζελη Κ., 2014).

Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από την United States Environmental Agency (EPA) φανερώουν πως οι προσμίξεις των επιβλαβών αερίων, σε χώρους που ζεσταίνονται με το παραδοσιακό ανοιχτό τζάκι, είναι μεγαλύτερες από τις εξωτερικές. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κατοικίες που είναι χτισμένες η μία δίπλα στην άλλη, αυτές που δεν διαθέτουν τζάκι είναι δυνατό να επηρεαστούν εξίσου από τις γειτονικές τους, λόγω της εκπομπής ρύπων.

Στο ίδιο σκεπτικό λειτουργίας με τα τζάκια είναι και οι ξυλόσομπες (σχήμα 3.2), ως μια παραδοσιακή εστία που έχει συνήθη χρήση το μαγείρεμα σε πολλά νοικοκυριά. Είναι κατασκευασμένες από χυτοσίδηρο και τοποθετούνται στο δάπεδο.



Σχήμα 3.3 Παραδοσιακό Τζάκι & Παραδοσιακή Ξυλόσομπα (Πηγή: <http://agoratzakiou.online>, 2019)

Οι καμινάδες των τζακιών και των ξυλοσομπών είναι πλέον για τα καλά «φουγάρα» με άμεσο αντίκτυπο την επιδείνωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Φαινόμενο το οποίο είναι ιδιαίτερα έντονο στη περιοχή όπου επικρατούν συνθήκες θερμοκρασιακής αναστροφής. Σύμφωνα με μελέτες που διεξάχθηκαν από χημικούς η νυχτερινή συσσώρευση ρύπων πυροδοτεί κατά τις πρωινές ώρες χημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους, υπό την επίδραση των ακτινών του ήλιου με απόρροια τον δευτερογενή σχηματισμό ακόμη πιο επικίνδυνων ρύπων.

Από την καύση ξύλων και διαφόρων μορφών pellet στα παραδοσιακά τζάκια και τις ξυλόσομπες, παράγονται εκτός από μονοξειδίο του άνθρακα και διάφορα αιωρούμενα σωματίδια, αλλά και άλλοι ρύποι (αναλόγως της περιεκτικότητας των διαφόρων προϊόντων pellet που κυκλοφορούν). Τα αιωρούμενα σωματίδια, ήτοι: PM 2,5 και PM 10 θεωρούνται ως «νέοι ρύποι», λόγω της αυξανόμενης εμφάνισης τους και μάλιστα αξιοσημείωτο είναι ότι ένα τζάκι ή μια ξυλόσομπα εκπέμπει 150 γραμμάρια αιωρούμενων σωματιδίων εντός τεσσάρων ωρών. Έχει αναφερθεί ότι τα τζάκια που καίουν καυσόξυλα και οι παραδοσιακού τύπου ξυλόσομπες εκλύουν περίπου 19.3 μg αιωρούμενα σωματίδια ανά kg καύσιμης ύλης, με το κυριότερο τμήμα τους να είναι σωματίδια PM 2,5. Όπως έχει ειπωθεί, ανάλογα με την εποχή του και τις μετεωρολογικές συνθήκες δημιουργούνται τα λεπτόκοκκα σωματίδια ως συνέπεια της αντίδρασης αερίων όπως CO, SO₂, NO_x, και VOCs με διάφορες ενώσεις του αέρα. Αυτά έχουν αποδειχτεί ότι κατέχουν ένα μεγάλο μέρος των αιωρούμενων σωματιδίων της Ελλάδας με χαρακτηριστικά παραδείγματα τη σκόνη, το καπνό, διάφορα μέταλλα και την ιπτάμενη στάχτη.

Παράλληλα, αποτέλεσμα της καύσης ακατάλληλης ξυλείας όπως είναι τα κομμάτια από έπιπλα ή η δομική ξυλεία, τα βαμμένα και βερνικωμένα με λαδομπογιές ξύλα είναι η εκπομπή πτητικών οργανικών ενώσεων, που σε πολλές περιπτώσεις αποδεικνύονται καρκινογόνες.

Αν υπολογίσουμε μάλιστα και το γεγονός ότι πολλοί, σε συνθήκες ισχυρά χαμηλών θερμοκρασιών, καταφεύγουν στην καύση ξύλων εμποτισμένων με χημικές και τοξικές ουσίες, είναι ένα έγκλημα σε βάρος τόσο του περιβάλλοντος όσο και του ίδιου του ανθρώπου. Αντίστοιχα, μεγάλο επίσης το πρόβλημα τους καλοκαιρινούς μήνες, όταν υπό την επίδραση της ηλιοφάνειας, αναπτύσσεται το όζον.

3.2.4 Μακροπρόθεσμα Προβλήματα

3.2.4.1 Φαινόμενα Ρύπανσης

Οι τοπογραφικές και μετεωρολογικές συνθήκες του Μετσόβου, όπως έχουν μελετηθεί, καταδεικνύουν ότι σε μεγάλο βαθμό παρεμποδίζεται η φυσική διάχυση της ρύπανσης, με επακόλουθο όλη αυτή η μάζα εκπεμπόμενων ρύπων, προερχόμενη από τους λέβητες, τα τζάκια, τις ξυλόσομπες, τα μαγκάλια, να εγκλωβίζεται στην περιοχή και να δημιουργείται το ενδεχόμενο σχηματισμού όξινης βροχής και δημιουργία φωτοχημικού νέφους εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης ρύπων.

Όξινη Βροχή

Ονομάζεται το φαινόμενο όπου επικρατούν πολύ όξινες μετεωρολογικές κατακρημνίσεις από πάχνη και βροχή έως χιόνι ή και ξηρή σκόνη. Αν και η ίδια η βροχή έχει όξινο χαρακτήρα εξαιτίας των αερίων που υπάρχουν με όξινη συμπεριφορά όπως το CO₂ που είναι διαλυμένα σε αυτήν, η παρουσία όξινων διαλυμένων ρύπων που δεν προϋποθέτουν μια καθαρή ατμόσφαιρα, όπως είναι τα διάφορα καυσαέρια των ορυκτών καυσίμων πχ. πετρέλαιο, γαιάνθρακες, περιέχουν οξείδια του αζώτου και του θείου συμβάλλοντας στην παραγωγή όξινης βροχής με καταστροφικό αντίκτυπο σε έδαφος, ύδατα, καλλιέργειες, μνημεία κ.α.

Κατά την πορεία του το νερό της βροχής, ερχόμενο σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό διαλύει διοξείδιο του άνθρακα και έτσι να σχηματίζεται ανθρακικό οξύ (H₂CO₃). Ως φυσικό στοιχείο της ατμόσφαιρας το βρόχινο νερό απορροφάει διοξείδιο του άνθρακα, αλλά η οξύτητα αυτή θεωρείται πολύ ασθενής σε τόσο μικρή συγκέντρωση οπότε δεν υπάρχουν ορατές συνέπειες στο περιβάλλον.

Τα σημαντικότερα αέρια συστατικά που συντελούν στη δημιουργία του φαινομένου της όξινης βροχής είναι το διοξείδιο του θείου (SO₂) και τα οξείδια αζώτου όπως είναι το NO, το NO₂, το NO₃, το N₂O, το N₂O₃, το N₂O₄ και το N₂O₅ από τα οποία τα NO και NO₂ λαμβάνουν μέρος στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους. Υπολογίζεται ότι καύση καυσίμων ορυκτής μορφής όπως είναι η καύση του πετρελαίου απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα 70 kT με την μορφή SO₂.

Αιθαλομίχλη

Όπως έχει ειπωθεί, κύρια μέθοδος θέρμανσης στο Μέτσοβο είναι η χρήση καυσόξυλων (ξύλα) και πετρελαίου ντίζελ. Η αυξημένη χρήση των συγκεκριμένων συμβατικών καυσίμων θα προκαλέσει σε μακροπρόθεσμο επίπεδο, αν όχι και πιο νωρίς, το φαινόμενο της αιθαλομίχλης, νέφος το οποίο προκαλείται ειδικά τα τελευταία χρόνια λόγω και της οικονομικής κρίσης. Στην εισαγωγή αναφέρθηκε ότι το συγκεκριμένο φαινόμενο ευνοείται με κρύες καιρικές συνθήκες όπως στην περίπτωση του Μετσοβίτικου κλίματος. Κρίνεται δέον να επισημανθεί ότι ένα ανοικτό τζάκι παραδοσιακού τύπου απελευθερώνει 30 φορές πιο πολλά σωματίδια σε σχέση με ένα πολύ καλά συντηρημένο καυστήρα. Η αιθαλομίχλη είναι ένας συνδυασμός από αιωρούμενα σωματίδια αιθάλης με SO₂ και άλλα στοιχεία με πολλά τα παραδείγματα μόλυνσης του αέρα παγκοσμίως, περιπτώσεις Λονδίνου και Λος Άντζελες (Μπίτζελη Κ., 2014, Μπαλαμπέκος Σ., 2011).

Οι επιπτώσεις των φαινομένων αυτών τόσο στο φυσικό περιβάλλον (νερό – έδαφος), με την πτώση του pH (όξινη βροχή) έχει δραματικές συνέπειες στην υδρόβια ζωή, καθώς οι αυξημένες συγκεντρώσεις καταστρέφουν το πλαγκτόν και τα αυγά ψαριών, αμφίβιων και ερπετών. Το Μέτσοβο ως η «Υδρολογική Καρδιά της Ελλάδας» βρίσκεται σε μεγάλο κίνδυνο εάν συνεχίσει να χρησιμοποιεί συμβατικούς τρόπους θέρμανσης. Τρανταχτό είναι το παράδειγμα το 1970, στις λίμνες της Σκανδιναβίας όπου υπήρξαν μαζικοί θάνατοι ψαριών λόγω μόλυνσης των νερών εξαιτίας της όξινης βροχής. Τόσο η όξινη βροχή όσο και το φωτοχημικό νέφος καθώς και το φαινόμενο της αιθαλομίχλης μπορούν να επιφέρουν μη αναστρέψιμα αποτελέσματα στα οικοσυστήματα δημιουργώντας κατάλληλες συνθήκες για την επικράτηση ξενικών ειδών και διαταράσσοντας την ισορροπία τους. Οι πέντε υδρολογικές λεκάνες που συναντώνται στη περιοχή του Μετσόβου διατρέχουν κίνδυνο αλλοίωσης τους στο μέλλον λόγω ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της όξινης βροχής.

Υψηλό είναι το ρίσκο και για τον ίδιο τον άνθρωπο ιδιαίτερα όταν τα φαινόμενα αυτά και τα διάφορα αέρια βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στον ατμοσφαιρικό αέρα μιας περιοχής έχοντας άμεση επίδραση στην υγεία με προβλήματα όπως το άσθμα και η βρογχίτιδα, η εξασθένιση του ανοσοποιητικού συστήματος και η εμφάνιση διαφόρων ειδών καρκίνου.

Φωτοχημικό Νέφος

Το φωτοχημικό νέφος είναι ένα φαινόμενο το οποίο συναντάται συνήθως σε μεγαλουπόλεις όπως είναι η Αθήνα προερχόμενο από την ύπαρξη ρύπων στην ατμόσφαιρα με παραδείγματα το CO, τα οξείδια του αζώτου όπως και το όζον. Δύναται να παρατηρηθεί και σε άλλες αστικές περιοχές λόγω μεταφοράς και διάχυσης μέσω του αέρα και των ρευμάτων.

Η μακροπρόθεσμη παρουσία και ενίσχυση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του αζώτου θα συντελέσει σε περαιτέρω αλληλοεπίδραση την ακτινοβολία του ήλιου σε μήκη κύματος < 398nm και θα φωτοδιασπάται. Ακολουθώντας, θα έχει επακόλουθο το μονοξειδίο του αζώτου και το ατομικό οξυγόνο που με τη σειρά του θα μπορεί να αντιδράσει με το μοριακό οξυγόνο, σχηματίζοντας όζον. Το όζον ως δευτερογενής ρύπος είναι τόσο ισχυρά οξειδωτικός που κατά την παρουσία του στην ατμόσφαιρα δεν επέρχεται αύξηση στη συγκέντρωση των μονοξειδίων του αζώτου. Επιπρόσθετα, το όζον μπορεί να λάβει μέρος σε διάφορους φωτοχημικούς κύκλους σε συνδυασμό με υδρογονάνθρακες και άλλα σωματίδια προκαλώντας αρκετά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία (Ζοτριάκης Χ., 2016).

3.2.4.2 Επιπτώσεις στην Υγεία

Το Μέτσοβο αποτελεί μια περιοχή η οποία λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που έχει, μπορεί να εγκλωβίζει όλο και υψηλότερες συγκεντρώσεις αέριων ρύπων στην γύρω ατμόσφαιρα εάν δεν μειωθεί η ανεξέλεγκτη χρήση μη σωστών καυσόξυλων και του πετρελαϊκού ντίζελ ως καύσιμο.

Αυτό πολύ πιθανόν να έχει σοβαρό αντίκτυπο στην υγεία του ανθρώπου. Η βασική λειτουργία του αναπνευστικού είναι η τροφοδότηση του αίματος με οξυγόνο και ταυτόχρονα η αποβολή CO₂ από το ανθρώπινο σώμα. Η αναπνευστική οδός είναι η κύρια είσοδος των αέριων ρύπων στον οργανισμό. Το αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία των εισπνεόμενων ρύπων είναι εξαρτημένο από το σημείο του αναπνευστικού που καταλήγουν αυτοί στο τέλος. Τα αέρια εύκολα μπορούν να μεταφερθούν στο αίμα από τους πνεύμονες ενώ τα αιωρούμενα σωματίδια, βάση του μεγέθους τους έχουν τη δυνατότητα να εισχωρήσουν σε διάφορα μέρη του αναπνευστικού και βάση της της σύστασης τους μπορεί να έχουν σοβαρές ή λιγότερο σοβαρές επιπτώσεις. Αέρια που μπορεί να διαλυθούν σχετικά εύκολα, όπως το SO₂, μπορούν να απορροφηθούν στους ανώτερους αεραγωγούς ενώ τα NO₂ και O₃, που είναι λιγότερο διαλυτά

αέρια είναι εφικτό να οδηγηθούν στους πνεύμονες. Αέρια, ερεθιστικής μορφής, επιδρούν στις νευρικές απολήξεις που υπάρχουν στα τοιχώματα του αναπνευστικού οδηγώντας σε συμπτώματα βήχα, φτερνίσματος και αναπνευστικών δυσκολιών. Στο πίνακα 3.2 παρουσιάζονται οι βασικές επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων στην υγεία (Ρεμουντάκη Ε., 2010).

ΡΥΠΟΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ
SO₂	Νοσήματα του αναπνευστικού και φλεγμονές των αναπνευστικών οδών καθώς και επιδείνωση καρδιακών νοσημάτων χρόνιας κατάστασης
NO₂	Αναπνευστικοί Ερεθισμοί καθώς και ύπαρξη ευπάθειας σε αναπνευστικές λοιμώξεις
O₃	Ελάττωση της πνευματικής λειτουργίας, ύπαρξη βήχα και άσθματος
CO	Πρόβλημα στη μεταφορά οξυγόνου από το κυκλοφορικό, πονοκέφαλοι και ζαλάδες, , επιδείνωση καρδιαγγειακών ασθενειών
Pb	Προβλήματα στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα καθώς και αναιμίες, νεφροπάθειες, και προβλήματα σε εγκύους και γενικά γονιμότητας
PM₁₀ PM_{2,5}	Νοσήματα του αναπνευστικού και φλεγμονές των αναπνευστικών οδών καθώς και επιδείνωση καρδιακών νοσημάτων χρόνιας κατάστασης, παρουσία τοξικών και ραδιενεργών στοιχείων πχ βαρεά μέταλλα

Πίνακας 3.2 Επιπτώσεις Ατμοσφαιρικών Ρύπων στην Ανθρώπινη Υγεία

(Πηγή: Ρεμουντάκη Ε., 2010)

3.2.4.3 Επιπτώσεις στο Οικοσύστημα

Οι αλλαγές στην βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων οφείλεται στη δυσκολία των ειδών να προσαρμοστούν σε νέες συνθήκες. Όσο αφορά στα είδη φυτικής μορφής, των οικοσυστημάτων αλλά και στις καλλιέργειες οι συνέπειες της ρύπανσης παρά αόρατες δεν είναι, με εμφανή αποτελέσματα την όψη των φύλλων να είναι ασθενής, την ύπαρξη αραίωσης του φυλλώματος, την μερική/ολική νέκρωση του φυτικού ιστού των φύλλων αλλά πιθανώς και τελείως νέκρωση του φυτού. Επιπλέον, ακόμη και μη ορατές συνέπειες έχουν κατά καιρούς παρατηρηθεί ως

αλλαγές του κύκλου των φυτών σε μεταβολισμό και στην ικανότητα τους για φωτοσύνθεση, περιορισμοί στην ανάπτυξη και στην αναπαραγωγή. Οι κύριοι ρυπαντές που έχουν τοξική επίπτωση στα φυτά είναι τα οξείδια του θείου, οξείδια του αζώτου και όζον.

Στο κεφάλαιο 2 όπου παρουσιάστηκαν τα χαρακτηριστικά του Μετσόβου, έχει τονιστεί ότι είναι ένας τόπος πλούσιος σε φυσικό περιβάλλον, βλάστηση και πλούτο γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα πιο πάνω αέρια, που συναντώνται στην ατμόσφαιρα, μπορούν να αλλοιώσουν αισθητικά τη περιοχή και τα φυτικά είδη να διατρέξουν σοβαρό κίνδυνο.

Το φαινόμενο της όξινης βροχής επηρεάζει τη φυσική βλάστηση και τις καλλιέργειες με διάφορους τρόπους όπως με την αλλαγή της προστατευτικής κηρώδης επιφάνειας των φύλλων και της μείωσης της αντοχής τους σε ασθένειες, την αναστολή της βλάστησης και της αναπαραγωγής, την επιτάχυνση της εδαφικής διάβρωσης και την αλλαγή των θρεπτικών στοιχείων και τέλος λόγω του νερού της βροχής, το οποίο έχει μειωμένο pH, το αργίλιο ως στοιχείο του εδάφους γίνεται περισσότερο διαλυτό με το κίνδυνο να καταστεί τοξικό για τα φυτά.

3.2.4.4 Επιπτώσεις στη Δόμηση

Η αρχιτεκτονική του οικισμού και η παλαιότητα των σπιτιών έρχεται να προστεθεί στους παράγοντες που ευνοούν το πρόβλημα της θέρμανσης και της ανάγκης αυτής, συνδράμοντας έμμεσα στη ρύπανση της ατμόσφαιρας. Σχετικά με το περιβάλλον και τα υλικά δόμησης οι βασικοί ρυπαντές που τα επηρεάζουν είναι το SO₂ και το όζον, με απόρροια το θρυμματισμό, την επιφανειακή διάβρωση και την μεταβολή των λεπτομερειών όπως επίσης και καταστροφή της μόνωσης του που ενδέχεται να έχει το σπίτι με συνέπεια την αδυναμία διατήρησης της ζεστασιάς στο χώρο.

3.2.4.5 Επιπτώσεις στο Κλίμα

Το Μέτσοβο αν και αποτελεί ένα μικρό μέρος της παγκόσμιας κλίμακας συντελεί και αυτό με τη σειρά του στο θέμα της κλιματικής αλλαγής και αύξησης της υπερθέρμανσης του πλανήτη λόγω της εντατικής χρήσης των συμβατικών τρόπων που χρησιμοποιεί για τις ανάγκες του οικισμού. Το CO₂, αν και δεν συγκαταλέγεται στους ατμοσφαιρικούς ρύπους είναι το βασικότερο εκλυόμενο προϊόν από την τέλεια καύση των ορυκτών συστατικών των καυσίμων.

Με την υπερθέρμανση του πλανήτη υπαισέρχονται πολυάριθμες αλλαγές σε κλιματικές παραμέτρους, σε ηπειρωτική και περιοχική και κλίμακα όπως και λεκάνης ωκεανού κλίμακα πχ στις βροχοπτώσεις. Ιδιαίτερα στην μελετώμενη περιοχή είναι σχεδόν σίγουρη η ύπαρξη αλλαγών στην συχνότητα και την ένταση των ακραίων φαινομένων καιρού. Ορισμένες περιπτώσεις είναι η αυξημένη συχνότητα των κατακρημνίσεων ή της αναλογίας των έντονων βροχοπτώσεων συγκριτικά με την συνολική βροχόπτωση σε αρκετά μέρη.

Περαιτέρω προβλήματα στο κλίμα δημιουργούνται όταν υπάρχουν μεγάλες συγκεντρώσεις σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, μειώνεται η ηλιακή ακτινοβολία που καταφθάνει στην γήινη επιφάνεια και έτσι αναμένεται μικρότερη θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα. Αυτό θεωρείται άμεσος τρόπος όπου τα σωματίδια επηρεάζουν το κλίμα ενώ έμμεσος τρόπος θεωρείται η μεταβολή της διάρκειας ζωής και των οπτικών ιδιοτήτων των νεφών, που ανακλούν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, επιδρώντας έτσι στην μείωση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Τα οξείδια του θείου συγκαταλέγονται στα πιο πάνω αέρια σωματίδια της παραγράφου αυτής.

Με βάση τα πιο πάνω, τονίζεται η αδήριτη ανάγκη για περιβαλλοντικά φιλικότερους τρόπους θέρμανσης στη περιοχή του Μετσόβου για να αντιμετωπιστεί η ατμοσφαιρική ρύπανση και να αποφευχθούν οι μακροπρόθεσμες συνέπειες που πιθανώς να αλλοιώσουν τη φυσική σύσταση της περιοχής, των σπιτιών και την υγεία των κατοίκων (Μπέκιαρης Χ., 2013, Κατσουλάκος Μ., Καλιαμπάκος Δ., 2010).

4. Εναλλακτική Λύση Θέρμανσης – Υβριδικό Σύστημα Ενέργειας

Προεκτείνοντας το γενικό πρόβλημα ρύπανσης της ατμόσφαιρας, που αναλύθηκε προηγουμένως, ως απόρροια της ανάγκης θέρμανσης των κατοίκων του Μετσόβου στο παρόν κεφάλαιο προτείνεται και διερευνάται η εναλλακτική υιοθέτηση ενός υβριδικού συστήματος θέρμανσης, σε παραδοσιακή κατοικία, με χρήση ΑΠΕ, φιλικό προς το περιβάλλον το οποίο θα ανταποκρίνεται στις ανάγκες του τοπικού χρήστη και τα χαρακτηριστικά της περιοχής.

Βάση μιας μεθόδου αξιολόγησης για την ποιότητα περιβάλλοντος και ενέργειας των κτιρίων κατοικίας με τον υπολογισμό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά κάτοικο ετησίως, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος αναφέρει πως οι Ελληνικές κατοικίες έχουν παραγωγή περίπου 12-13 tn CO₂ ανά κάτοικο και ανά έτος. Αυτή η τιμή είναι συγκριτικά υψηλότερη από τις άλλες χώρες της Μεσογείου και ακόμα μεγαλύτερη από πιο βόρειες χώρες όπως, η Γερμανία και η Βρετανία. Εν τέλει, είναι ολοφάνερο ότι τα κτίρια κατοικίας στη χώρα μας είναι αρκετά πιο ενεργοβόρα και ρυπογόνα από τα αντίστοιχα σε όλη τη μεσογειακή λεκάνη και παράλληλα δείχνουν να έχουν υψηλότερη ενεργειακή κατανάλωση από βορειότερες χώρες.

4.1 Σχέση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας με τις Ορεινές Περιοχές

Μία από τις βασικότερες ιδιαιτερότητες που κρίνουν την ύπαρξη των ορεινών περιοχών σημαντικά είναι το γεγονός ότι αποτελούν «αποθήκες» φυσικών πόρων και ενέργειας.

Ανέκαθεν οι περιοχές ορεινής φύσης, χαρακτηρίζονταν άγονες και μειονεκτικές συγκριτικά με τις πεδινές περιοχές και τα πλεονεκτήματα τα οποία τις διέπουν. Αυτό όμως δεν αποκλείει το γεγονός ότι οι ορεινές περιοχές είναι πλούσιες σε πρώτες ύλες. Τα δάση συγκαταλέγονται στα σημαντικότερα φυσικά τους διαθέσιμα, με το 25% των δασών της γης, να είναι ορεινά με το αντίστοιχο ποσοστό της Ελλάδας να φτάνει το 50%.

Στις μέρες μας, η χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας έναντι των συμβατικών - χρήση ορυκτών καυσίμων, είναι επιτακτική ανάγκη για την εξάλειψη των ρυπογόνων αερίων που απελευθερώνονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις και με κύριο στόχο την αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης, (Σμπόνιας Κ., 2011, Βρατιζούλη Τ., 2012).

Αν και ο ενεργειακός χαρακτήρας των ορεινών όγκων είναι ιδιαίτερα διαφοροποιημένος από τον αντίστοιχο αυτών με χαμηλότερο υψόμετρο, κυρίως εξαιτίας μεταβολών στις κλιματικές συνθήκες συναρτήσει του υψομέτρου διαθέτουν ένα σημαντικό ενεργειακό πλούτο, ο οποίος σε μεγάλο επίπεδο έχει παραμείνει αναξιοποίητος. Οι ενεργειακές ικανότητες των βουνών είναι τέτοιες, οι οποίες με τον κατάλληλο σχεδιασμό μπορούν να οδηγήσουν στην ενεργειακή αυτονομία των ορεινών τους οικισμών. Σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό οργανισμό συνεργασίας και ανάπτυξης των ορεινών περιοχών «Euromontana», το 2010, επιδίωξη των ορεινών οικισμών θα πρέπει να αποτελέσει η βέλτιστη συνδυαστική χρήση των εναλλακτικών πηγών ενέργειας μέσω συστημάτων μικρής κλίμακας. Τα συστήματα αυτά αναφέρονται κυρίως σε μικρά υδροηλεκτρικά έργα για εκμετάλλευση του ορεινού υδατικού δυναμικού, μικρές ανεμογεννήτριες για αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού, φωτοβολταϊκά και συστήματα ηλιακής θέρμανσης, συστήματα άντλησης γεωθερμικής ενέργειας μικρής κλίμακας με χαμηλή ενθαλπία και αξιοποίηση της βιομάζας.

Είναι αποδεκτό, ότι οι ορεινές περιοχές διαθέτουν ένα πλούσιο ανανεώσιμο ενεργειακό δυναμικό. Πιο συγκεκριμένα, οι μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που συναντάμε στα βουνά είναι:

Υδατικό δυναμικό

Όπως έχει τονιστεί, τα βουνά αποτελούν «αποθήκες» σημαντικών φυσικών πόρων. Ο σημαντικότερος φυσικός τους πόρος είναι αναμφισβήτητα το υδατικό δυναμικό των περιοχών αυτών. Το δυναμικό αυτό μέχρι σήμερα έχει αξιοποιηθεί σε ένα μεγάλο βαθμό με την κατασκευή κυρίως μεγάλων υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων σε ορεινές περιοχές της Ελλάδας, όπως είναι οι ΥΗΣ Κρεμαστών, ΥΗΣ Πηγών Αώου και ΥΗΣ Λάδωνα. Ο βαθμός αξιοποίησης των υδάτινων πόρων των ορεινών περιοχών μπορεί να αφήνει ελάχιστα περιθώρια για την περαιτέρω αξιοποίηση μέσω μεγάλων υδροηλεκτρικών, υπάρχουν εντούτοις περιθώρια για τη δημιουργία πολλών έργων μικρής κλίμακας (Σμπόνιας Κ., 2011).

Βιομάζα

Τα δάση που συναντώνται στα υψηλά υψόμετρα αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα φυσικά διαθέσιμα με σημαντικά οφέλη για τους ανθρώπους που ζουν στις ορεινές περιοχές, αφού εκτός από τη εκμετάλλευσή τους για κάλυψη των αναγκών σε ενέργεια και στέγαση, αποτελούν και

ένα αντικείμενο οικονομικής δραστηριότητας. Προϋπόθεση βέβαια για τη χρήση βιομάζας είναι και οι εκπομπές που προέρχονται από την καύση αυτής επομένως και η ύπαρξη απαγορευτικού εκμετάλλευσης και χρήσης στη περιοχή.

Αιολικό δυναμικό

Η γεωγραφική ιδιαιτερότητα του ορεινού τοπίου, συμβάλλει στο να υπάρχουν αυξημένες τιμές της ταχύτητας του αέρα, με κεντρικό σημείο στις κορυφές. Τα βουνά, όμως, συνιστούν φυσικό εμπόδιο στην μεταφορά των αέριων μαζών, οι οποίες στη προσπάθεια τους να το προσπεράσουν, ανέρχονται με επιταχυνόμενο ρυθμό. Επομένως, υπάρχει σημαντικό αιολικό δυναμικό προς αξιοποίηση στις ορεινές περιοχές (Τολίδης Κ., 2009).

Ηλιακό δυναμικό

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας η οποία αφθονεί στις ορεινές περιοχές, αφού αρκετοί παράγοντες όπως η ποιότητα του αέρα, τα επίπεδα ηλιοφάνειας, η έλλειψη ομίχλης ή σκόνης και η θερμοκρασία του αέρα συνεισφέρουν συνεργιστικά σε αυτό. Συνεπώς, ευνοείται η εντατική χρησιμοποίηση των Φ/Β συστημάτων τελευταίας τεχνολογίας με κυρίαρχο μειονέκτημα όμως, όσο αφορά τις ορεινές περιοχές, την έλλειψη χώρου, μιας και λόγω της χαμηλής αποδοτικότητας που εμφανίζουν τα Φ/Β συστήματα σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα ΑΠΕ, απαιτείται εγκατάσταση πάνελ με μεγάλο αριθμό Φ/Β στοιχείων.

Γεωθερμική ενέργεια

Είναι ίσως η λιγότερο μελετημένη και εκμεταλλεύσιμη μορφή ενέργειας στη Ελλάδα και γενικότερα στη Δυτική Ευρώπη, ωστόσο την τελευταία δεκαετία έχει αρχίσει να μονοπωλεί περισσότερο το ενδιαφέρον του κοινού. Συγκεκριμένα, η χαμηλής ενθαλπίας, γεωθερμική ενέργεια είναι η πιο διαθέσιμη πηγή ενέργειας για να παραχθεί θερμότητα και είναι δυνατό να ενταχθεί σε μοντέλα συνδυαστικής χρησιμοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Σμπόνιας Κ., 2011, Βρατιζούλη Χ., 2012).

4.2 Το Δυναμικό των ΑΠΕ στην Περιοχή του Μετσόβου

Σύμφωνα με σχετική μελέτη που διεξήχθη από τους κ. Καλιαμπάκο Δ. και κ. Κατσουλάκο Μ. του ΕΜΠ, εν έτη 2010, το εκμεταλλεύσιμο δυναμικό σε ΑΠΕ στην ευρύτερη περιοχή του

Μετσόβου χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα πλούσιο, με αξιόλογο ενδιαφέρον χωρίς βέβαια να έχει αξιοποιηθεί ακόμη στο μέγιστο βαθμό.

Παραδοχές που έχουν γίνει αναφέρονται στο γεγονός ότι ο Δήμος Μετσόβου υστερεί σε αιολικό δυναμικό σε σχέση με άλλες ορεινές περιοχές π.χ. η Ανατολική Λακωνία και η Ευρυτανία που συγκαταλέγονται στις Περιοχές «Αιολικής Προτεραιότητας» στο ειδικό χωροταξικό για ΑΠΕ, μιας και απαιτείται μεγάλης έντασης ταχύτητα ανέμου που συναντάται στις κορυφογραμμές των ορεινών όγκων γύρω από τους οικισμούς.

Η πλούσια δασική μορφολογία της περιοχής φανερώνει τη δυνατότητα για ενεργειακή εκμετάλλευση βιομάζας τόσο με την αξιοποίηση των υπολειμμάτων από τη παραγωγή τεχνικής ξυλείας όσο και από την αξιοποίηση των καυσόξυλων για ενεργειακή παραγωγή. Σύμφωνα με το δασαρχείο Μετσόβου, η συνολική δασοσκεπής έκταση ανέρχεται σε 28 χιλιάδες στρέμματα και η μερικώς δασοσκεπής έκταση σε 14 χιλιάδες διακόσια στρέμματα.

Στο τομέα της βιομάζας εντάσσονται και τα κτηνοτροφικά υπολείμματα μιας και στο παρελθόν, το Μέτσοβο, θεωρείτο μείζον κτηνοτροφικό κέντρο. Είναι εφικτή η χρησιμοποίηση των κτηνοτροφικών υπολειμμάτων για τη παραγωγή, βιοαερίου, μέσα από τη λειτουργία της χώνευσης. Δραστηριότητα η οποία έχει μειώσει με το πέρασμα των χρόνων, εξαιτίας της στροφής προς το τριτογενή τομέα.

Αναφορικά με το δυναμικό της ηλιακής ακτινοβολίας, κατά το μεγαλύτερο βαθμό εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος μιας περιοχής. Στην Ελλάδα, λόγω της ξεχωριστής γεωγραφικής θέσης που έχει, η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας ακόμη και σε περιοχές με ορεινή ταυτότητα κάθε άλλο παρά ανέφικτη είναι. Η κοινή Υπουργική Απόφαση 19500/2004 επιτρέπει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε οικίες με παραδοσιακό χαρακτήρα. Το Μέτσοβο, όντας ένας από τους αντιπροσωπευτικότερους παραδοσιακούς οικισμούς, μέσω κατάλληλου βιοκλιματικού σχεδιασμού μπορεί εντάξει τα Φ/Β συστήματα σε οικιακό επίπεδο.

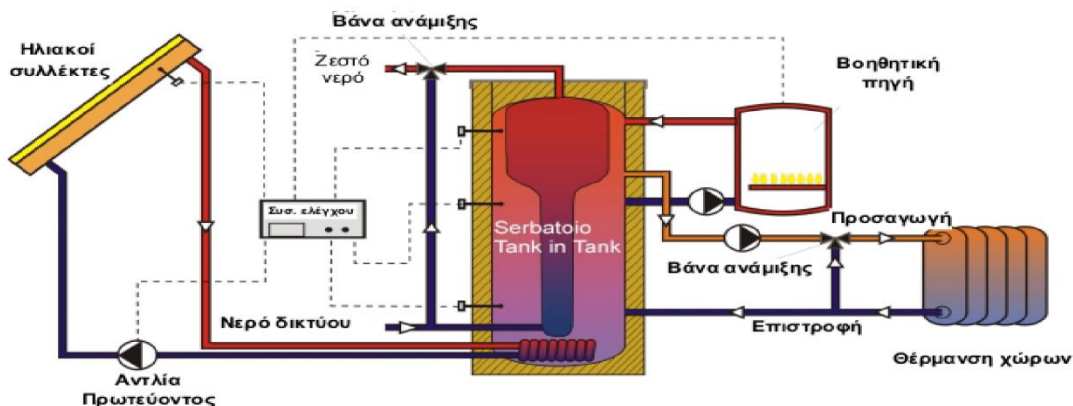
Τέλος, δεν μπορεί να μην τονιστεί ότι το Μέτσοβο είναι κάτοχος του τίτλου «Υδρολογική Καρδιά της Ελλάδας», αφού οι βροχοπτώσεις και η απορροή κυμαίνονται στα υψηλότερα επίπεδα στην Ελλάδα και μπορεί να συγκριθούν, σύμφωνα με τον κ. Κατσουλάκο Μ. ακόμη και με τροπικές περιοχές. Ο Δήμος υπάγεται, κατά βάση, στη λεκάνη απορροής του άνω

Μετσοβίτικου ποταμού, όντας από τους βασικούς τροφοδότες του Αράχθου ποταμού (Κατσουλάκος Μ., 2010).

4.3 Υβριδικό Σύστημα Θέρμανσης σε Κατοικία

Κύριος σκοπός του συστήματος είναι η θέρμανση του χώρου και η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης μιας παραδοσιακής κατοικίας κατά τους εποχικούς μήνες όπου επικρατεί αυξημένη ζήτηση θερμότητας.

Το υβριδικό σύστημα που προτείνεται είναι ένα σύστημα θέρμανσης με εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω της χρήσης υβριδικών θερμικών φωτοβολταϊκών (Φ/Β) με αντλία θερμότητας (όταν τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκούν ή όταν επικρατούν συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών και υψηλής ζήτησης) και δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού. Τα συγκεκριμένα συστήματα ονομάζονται “Solar Combi Systems” ή απλά “Combi” γιατί χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα για θέρμανση χώρου και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (σχήμα 4.1). Επικουρικά μπορεί να χρησιμοποιείται ο συμβατικός λέβητας πετρελαίου όταν οι συνθήκες το απαιτούν για κάλυψη της ζήτησης.



Σχήμα 4.1 Σχηματικό Διάγραμμα Συστήματος Combi (Πηγή: ΚΑΠΕ, 2019)

Το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε θερμότητα (70% - 80%), αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών πάνελ. Αυτό βέβαια, κατά τους θερινούς μήνες, οδηγεί σε μειωμένη απόδοση λόγω υπερθέρμανσης του Φ/Β. Θέλοντας να περιοριστεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, ενδιαφέρον επιδεικνύει η εφαρμογή υβριδικών φωτοβολταϊκών/θερμικών ηλιακών συσκευών, όπου θα επιτυγχάνεται η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας τόσο

σε ηλεκτρισμό όσο και σε θερμότητα, με διατήρηση σχετικά χαμηλών θερμοκρασιακών επιπέδων στο φωτοβολταϊκό. Το σύστημα αυτό ενδείκνυται να εγκατασταθεί σε χαμηλά κτίρια ή σπίτια, για παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας και ζεστού νερού χρήσης. Ενώ, τα κύρια πλεονεκτήματά του είναι ότι είναι απλό, χωρίς ευαίσθητα μηχανικά μέρη, έχει ικανοποιητική απόδοση και με μηδενική περιβαλλοντική επίπτωση.

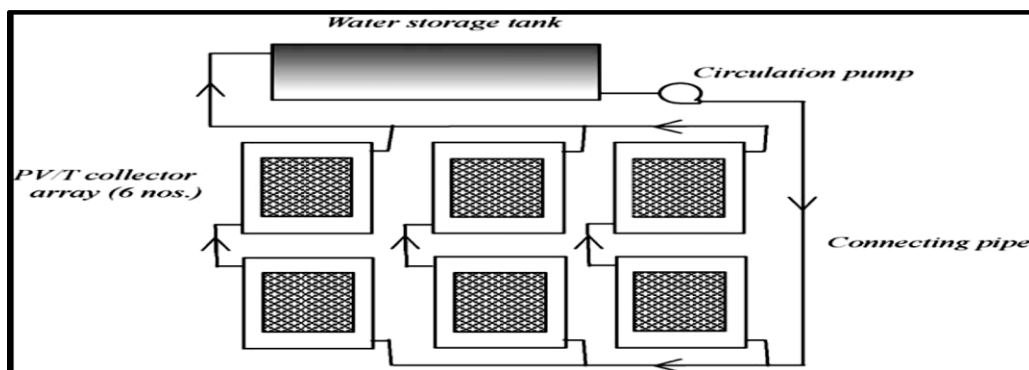
Το συγκεκριμένο υβριδικό σύστημα δύναται να τοποθετηθεί στην πρόσοψη ή και στην οριζόντια ή επικλινή οροφή του σπιτιού, αντί των ξεχωριστών συσκευών φωτοβολταϊκών και θερμικών ηλιακών συλλεκτών, προσφέροντας μια καλύτερη αξιοποίηση της διαθέσιμης επιφάνειας και μια ομοιομορφία ως προς τις ηλιακές συσκευές που χρησιμοποιούνται. Αξίζει να σημειωθεί, ότι με την τοποθέτηση του στις πιο πάνω επιφάνειες, επιδρά και στην θερμομονωτική ενίσχυση της οικίας λόγω μείωσης θερμικών και ψυκτικών φορτίων.

Επομένως, σημαντικό είναι το γεγονός ότι τα θερμικά φωτοβολταϊκά συστήματα είναι μια πολύ καλή ευκαιρία για την ευρύτερη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών, όπου με μια κάπως πιο μεγάλη επιφάνεια φωτοβολταϊκού θα δοθεί περίπου ίδια ποσότητα θερμού νερού όπως και από μια τυπική θερμική ηλιακή συσκευή.

Σε γενικές γραμμές η λειτουργία του συστήματος είναι η ακόλουθη: Αέρας ή νερό κυκλοφορεί σε επαφή με το φωτοβολταϊκό παράγοντας θερμότητα απ' αυτό. Όταν γίνεται χρήση αέρα, η επαφή με τα Φ/Β πλαίσια είναι άμεση, ενώ στη χρήση υγρών η επαφή είναι έμμεση, μέσω εναλλάκτη θερμότητας. Στη συγκεκριμένη πρόταση το σύστημα αξιοποιώντας την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται θερμαίνει το θερμό μέσο, δηλαδή το νερό που βρίσκεται στη δεξαμενή αποθήκευσης και το διαχέει με την βοήθεια ενός κυκλοφορητή σε όλα τα σώματα panel του σπιτιού. Επίσης, με την χρησιμοποίηση του εναλλάκτη θερμότητας, που είναι τοποθετημένος στο πίσω μέρος του Φ/Β πλαισίου επιτυγχάνεται η θέρμανση του νερού χρήσης όταν απαιτείται.

Προκειμένου να βελτιωθεί η μεταφορά θερμότητας, έχουν κατασκευαστεί πρωτότυποι θερμικοί Φ/Β συλλέκτες, από κράμα Αλουμινίου. Το σύστημα απορροφητής-συλλέκτης είναι κατασκευασμένο από (α) στρώσεις TPT (Tedlar / Polyester / Tedlar = Fluoropolymer / Polyester / Fluoropolymer), το οποίο είναι ένα υλικό φωτοσταθερό, που αντιστέκεται στην χημική διάβρωση και μένει ανέπαφο για πάνω από 25 χρόνια έκθεσής του στις καιρικές συνθήκες, (β) από στρώσεις EVA (Ethylene Vinyl Acetane), το οποίο είναι ένα αδιάβροχο υλικό και μη διαπερατό στην UV ακτινοβολία. Είναι συγκολλημένα εν κενώ, παρόμοια με τα εμπορικά

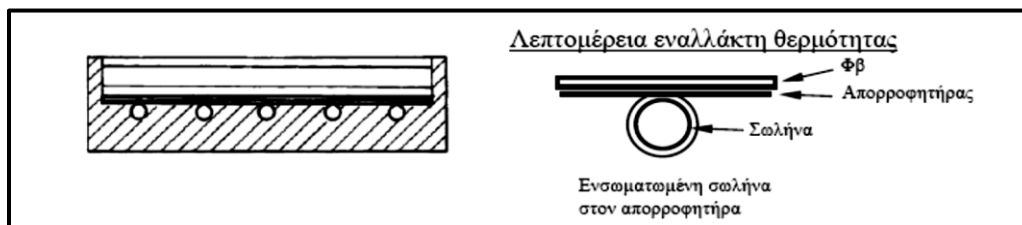
φωτοβολταϊκά και εξασφαλίζεται με το τρόπο αυτό η καλύτερη επαφή των στρωμάτων. Τέλος, συνήθως ως μονωτικό υλικό της απορροφητικής πλάκας χρησιμοποιείται αφρός πολυουρεθάνης, ενώ στην περίπτωση των θερμικών φωτοβολταϊκών που είναι σε πρόσοψη κτιρίου, ο απορροφητής βρίσκεται σε επαφή με το κτίριο (Χατζοπούλου Μ., 2011, Βρεττάκος Γ., 2015).



Σχήμα 4.2 Σχηματικό Διάγραμμα του Βρόγχου Λειτουργίας των ΦΒ/Θ
(Πηγή: Χατζοπούλου Μ. , 2011)

4.4 Εφαρμογή Φ/Β συστήματος σε Κύπρο – Ελλάδα

Το περιγραφόμενο σύστημα έλαβε χώρα πιλοτικά σε κατοικίες σε Ελλάδα και Κύπρο όπου στις περιπτώσεις αυτές η εξαγωγή θερμότητας χρησιμοποιεί ως μέσο θερμότητας το νερό, το οποίο κυκλοφορεί μέσα από σωλήνες που βρίσκονται σε επαφή με μια επίπεδη λαμαρίνα, στη πίσω μεριά του Φ/Β όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 4.2. Τα χρησιμοποιούμενα Φ/Β είναι κατασκευασμένα είτε από άμορφο πυρίτιο είτε από πολυκρυσταλλικό. Επίσης, προστίθεται επιπρόσθετο τζάμι στο πλαίσιο, με σκοπό την αύξηση του θερμικού βαθμού απόδοσης.



Σχήμα 4.3 Υβριδικός Επίπεδος Συλλέκτης - Λεπτομέρεια Εναλλάκτη Θερμότητας.
(Πηγή: Χατζοπούλου Μ. , 2011)

Για τις δύο χώρες, μελετήθηκαν διάφορα συστήματα όπως ένα μικρό σύστημα θέρμανσης και παραγωγής θερμού νερού χρήσης για 4 άτομα και ένα μεγάλο σύστημα θέρμανσης νερού για περίπου 40 άτομα. Τα δύο αυτά συστήματα είχαν εξεταστεί για τις κλιματολογικές συνθήκες

της Αθήνας και της Λευκωσίας. Οι μετρήσεις κατέδειξαν, πως τα υβριδικά συστήματα κατάφεραν να πετύχουν αύξηση της συνολικής ενεργειακής απολαβής. Αυτό βέβαια, προκύπτει από το γεγονός ότι στη περίπτωση αυτή τα θερμικά Φ/Β χρησιμοποιούν την παραγόμενη θερμική ενέργεια, η οποία υπό άλλες συνθήκες χάνεται στην ατμόσφαιρα στα συμβατικά Φ/Β. Τέλος, τα συστήματα παρατηρήθηκε να καλύπτουν πλήρως τη ζήτηση ζεστού νερού κατά τους μήνες του καλοκαιριού και να παρουσιάζουν ιδιαίτερη συνεισφορά σε θερμική ενέργεια καθ' όλη την διάρκεια του έτους (Χατζοπούλου Μ., 2011, Βρεττάκος Γ., 2015).

4.5 Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα

Η είσοδος της ηλιακής τεχνολογίας στο χώρο της θέρμανσης αποτελεί από τη μία ένα τρόπο σωστού βιοκλιματικού σχεδιασμού στη περιοχή και από την άλλη ένα τρόπο αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και μείωσης της διοχέτευσης στην ατμόσφαιρα θερμοκηπικών αερίων εξαιτίας της χρήσης μιας καθαρής μορφής ενέργειας, ανανεώσιμης μη εξαντλήσιμης που δεν επιβαρύνει το περιβάλλον αφού δεν εκπέμπεται καμία μορφή ακτινοβολίας. Μέσω της εκμετάλλευσης ενός τέτοιου ηλιακού συστήματος επιτυγχάνεται εξοικονόμηση στα καύσιμα που ισοδυναμεί με 50-70 κιλά πετρελαίου/τμήμα ηλιακού συλλέκτη/έτος ενώ με την υποκατάσταση του πετρελαίου με την ηλιακή ακτινοβολία ως 'καύσιμο' εξασφαλίζεται χαμηλή εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα άνω των 750 κιλών/τμήμα ηλιακού συλλέκτη/έτος (Πάνου Μ., Χριστοδουλάκη Α, 2008).

Η Ανάλυση κύκλου ζωής (LCA) θερμικών φωτοβολταϊκών συστημάτων η οποία έχει εξεταστεί μέσα από αρκετές μελέτες έχει βασικό της συμπέρασμα το γεγονός ότι κατά την διάρκεια λειτουργίας των συγκεκριμένων τεχνολογιών υπάρχουν μηδενικές θερμοκηπικές εκπομπές, ενώ εκπομπές όμως προκύπτουν σε άλλα στάδια του ηλιακού κύκλου ζωής, συμπεριλαμβανομένου του σταδίου κατασκευής, μεταφοράς τμημάτων, της εγκατάστασης του συστήματος, της συντήρησης κλπ. (Laborderie A., Puech C., Adra N., Blanc I., Beloin-SaintPierre D., Padey P., Payet J., Sie M., Jacquin P., 2011).

Συνάμα, ελαττώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση από διάφορα σωματίδια και αέριους ρύπους, ήτοι το SO₂ και τα οξείδια του αζώτου. Ακόμη, αποφεύγεται η εκμετάλλευση φυσικών πόρων οι οποίοι είναι πεπερασμένοι στο κόσμο και αντί αυτών εκμεταλλεύονται οι ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι. Έρευνες που έχουν λάβει χώρα κατά καιρούς αναφέρουν, πως σε ότι αφορά

ένα σπίτι, έστω 100m² το οποίο χρησιμοποιεί υβριδικό σύστημα, για τη κάλυψη κάθε είδους αναγκών, η συνεισφορά του στο περιβάλλον ισοδυναμεί με 6,5 περίπου στρέμματα δάσους. Αυτό προκύπτει από την αποφυγή ρύπων CO₂ από το σπίτι, που αντιστοιχεί με την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από 300 περίπου δέντρα.

Αυτό που θεωρείται ιδιαίτερα θετικό για τη περιοχή του Μετσόβου είναι ότι με ένα σύστημα θέρμανσης το οποίο θα σέβεται το περιβάλλον, θα διασφαλιστεί η διατήρηση της φυσικής φυσιογνωμίας του χώρου, της βλάστησης, της παραδοσιακής δόμησης μιας και θα αποφευχθούν μελλοντικά προβλήματα όξινης βροχής, διάβρωσης, σκόνης κ.α. Επιπλέον, ανοίγεται ένας δρόμος ανάπτυξης για τη περιοχή. Μια ανάπτυξη όπου οι ανανεώσιμες καθαρές τεχνολογίες, που είναι σε πληθώρα πλέον, δύναται να αποτελέσουν κεντρικό στοιχείο μιας ήπιας αναπτυξιακής στρατηγικής και λύσης για την καταπολέμηση των προβλημάτων στα ορεινά και σε μια γενικότερη κλίμακα την αντιμετώπιση της παγκόσμιας ανησυχίας για τη κλιματική αλλαγή.

5. Σύνοψη – Συμπεράσματα - Προτάσεις

5.1 Σύνοψη

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας έγινε ειδική αναφορά στην ατμοσφαιρική ρύπανση που ενισχύεται από τα συμβατικά καύσιμα στο Μέτσοβο και το πώς αυτή επηρεάζεται από συγκεκριμένους παράγοντες. Ένα πρόβλημα που ταλανίζει τη σημερινή εποχή όσο ποτέ άλλοτε.

Ανακεφαλαιώνοντας, η περιοχή του Μετσόβου είναι μια περιοχή που χρίζει ιδιαίτερης σημασίας και μελέτης. Τόσο τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που την διέπουν, ήτοι: γεωμορφολογία, κλίμα, παραδοσιακότητα κλπ. όσο και οι ακραίες καιρικές συνθήκες που επικρατούν ανά περιόδους, θεωρούνται παράγοντες καθοριστικής σημασίας που εντείνουν το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με την έκλυση ρυπογόνων αερίων μέσα από τη συμβατική μέθοδο κάλυψης των θερμικών αναγκών.

Το Μέτσοβο, όπως και οι περισσότερες ορεινές περιοχές βρίσκεται σε δύσκολη θέση όσο αφορά τη θέρμανση και τους τρόπους που αυτή εξασφαλίζεται. Έγινε προσπάθεια διερεύνησης όλων εκείνων των παραγόντων που οξύνουν το πρόβλημα αυτό πέρα από το βασικό παράγοντα που είναι το κλίμα. Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική όπως και η γεωμορφολογία της περιοχής είναι δύο στοιχεία που όπως αποδείχτηκε διαδραματίζουν μεγάλο ρόλο στην αύξηση των αναγκών σε θέρμανση μιας και από τη μια η παλαιότητα των κτηρίων, η μη ύπαρξη κουφωμάτων και μονώσεων, η λανθασμένη προσπάθεια βιοκλιματικού σχεδιασμού και από την άλλη η θέση του Μετσόβου που ευνοεί τον εγκλωβισμό αέριων μαζών στην ατμόσφαιρα και την δημιουργία θερμοκρασιακών αναστροφών οδηγούν σε επιπρόσθετες θερμικές απώλειες και ζήτηση υψηλότερου ποσοστού θέρμανσης άρα και χρήσης των συμβατικών μεθόδων που όπως έχει αναλυθεί πιο πάνω, αυτές είναι κυρίως το παραδοσιακό τζάκι με τα καυσόξυλα και οι λέβητες πετρελαίου.

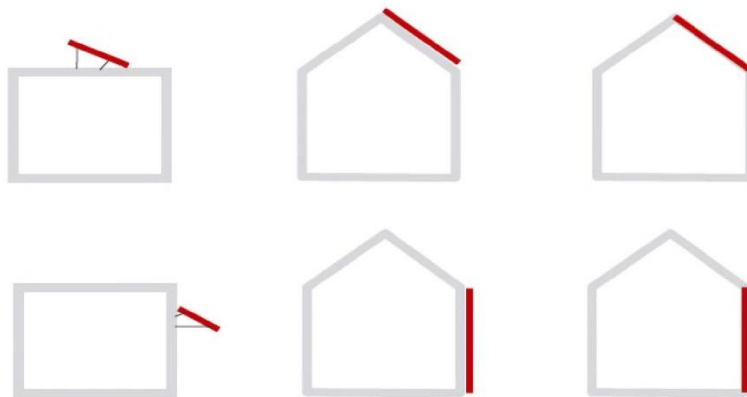
Σαφέστατα, οι προκύπτοντες ρύποι (CO₂, SO₂, NO_x, PM) από τα τζάκια και τους λέβητες πετρελαίου ντίζελ καταδεικνύουν την περιβαλλοντική επίπτωση που προκαλείται στη περιοχή του Μετσόβου και γενικότερα σε τομείς όπως δόμηση, υγεία, κλίμα λόγω χρήσης μη φιλικών προς το περιβάλλον συστημάτων θέρμανσης.

Σε αυτή τη κατεύθυνση προτάθηκε ένα υβριδικό θερμικό φωτοβολταϊκό σύστημα, με πηγή ενέργειας τον ήλιο, το οποίο μπορεί να πάρει την θέση των συμβατικών συστημάτων σε θέμα θέρμανσης του χώρου και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης σε παραδοσιακή ορεινή κατοικία. Όπως έχει παρουσιαστεί, θεωρείται ένα σύστημα που σέβεται απόλυτα το περιβάλλον.

5.2 Δυνατότητες Εφαρμογής Υβριδικών Φ/Β Συστημάτων

Καθώς η περιοχή του Μετσόβου συγκαταλέγεται στις περιοχές με πλούσιο ενεργειακό δυναμικό ΑΠΕ, βάση μελέτης, δίνεται η δυνατότητα αξιοποίησης μιας καθαρής, φιλικής προς το περιβάλλον ανανεώσιμης ενέργειας, όπως είναι η ηλιακή για κάλυψη μέρους των αναγκών των κατοικιών. Οι δυνατότητες εφαρμογής υβριδικών συστημάτων σε οικιακό επίπεδο ποικίλουν, με το προτεινόμενο σύστημα, δηλαδή το υβριδικό θερμικό φωτοβολταϊκό να παρουσιάζει βασικά πλεονεκτήματα όπως:

- Ο αθόρυβος τρόπος λειτουργίας
- Η μηδενική εκπομπή ρύπων στο περιβάλλον
- Η μεγάλη διάρκεια ζωής και η αξιοπιστία του συστήματος
- Η ελάχιστη συντήρηση με τα χρόνια
- Η απεξάρτηση από τη ζήτηση και εκμετάλλευση συμβατικών καυσίμων
- Ο σεβασμός στο περιβάλλον και η φιλική προς τον άνθρωπο ενέργεια
- Η δυνατότητα εφαρμογής του στην πρόσοψη ή και στην οριζόντια ή επικλινή οροφή του σπιτιού προσφέροντας ομοιομορφία στο χώρο ή λύση στην έλλειψη χώρου όπως παρουσιάζεται σχηματικά στο σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1 Εφαρμογές ΦΒ/Θ σε Κατοικία (Πηγή: Τουρκομανώλης Ι. , 2015)

Οι ορεινές περιοχές και οι παραδοσιακοί οικισμοί ακολουθούν το βιοκλιματικό σχεδιασμό από τα πανάρχαια χρόνια είτε με το παραδοσιακό τρόπο δόμησης είτε με προσπάθειες υιοθέτησης μεθόδων της νέας εποχής. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική σήμερα, θέτει και πάλι τον στόχο της διαβίωσης του ανθρώπου που θα εναρμονίζεται με το φυσικό περιβάλλον έτσι τα υβριδικά συστήματα, καινοτόμα στο τομέα τους μπορούν να θεωρηθούν κομμάτι του σχεδιασμού αυτού, διασφαλίζοντας θερμική άνεση όλο το χρόνο με κατανάλωση της λιγότερης δυνατής συμβατικής μορφής ενέργειας, ανεξάρτητα από τιμές του πετρελαίου και από λοιπών καυσίμων. Κοιτώντας μπροστά επιτυγχάνεται το ερέθισμα και η εξοικείωση με τεχνολογίες που θα αποτελούν κομμάτι των αιφύρων κτηρίων και του τρόπου ζωής σε μελλοντικό χρόνο.

Επιπρόσθετα, τα υβριδικά φωτοβολταϊκά δύναται να εφαρμοστούν σε συνδυασμό με διάφορες μορφές ενέργειες συμβατικές ή εναλλακτικές ούτως ώστε να καλύπτουν όλες τις ανάγκες που έχει μια κατοικία ακόμη και σε ώρες που η ζήτηση θα είναι σε μεγαλύτερο βαθμό. Παράδειγμα αποτελεί ο συνδυασμός ηλιακής και αιολικής ενέργειας μέσω μικρών ανεμογεννητριών στην οροφή, ηλιακή ενέργεια και γεωθερμία ή ακόμη και με συμβατική ντιζελογεννήτρια, ως εφεδρικό σύστημα σε περίπτωση που δεν είναι επαρκής η ηλιακή ενέργεια για να προσφέρει θέρμανση.

5.3 Προϋποθέσεις και Προβλήματα Εφαρμογής Υβριδικών Φ/Β Συστημάτων στις Ορεινές Περιοχές.

Εξαιτίας της ελάχιστης εκμετάλλευσης των συγκεκριμένων συστημάτων για θέρμανση, κυρίως στην Ελλάδα, και ιδιαίτερα σε παραδοσιακούς οικισμούς, δεν υπάρχουν ικανοποιητικά στοιχεία (ποσοτικά) που μπορούν να δηλώσουν με σιγουριά ότι η απόδοση τους θα είναι, αξιόπιστα, η αναμενόμενη με τα επιθυμητά αποτελέσματα όπως έχουν αναλυθεί ποιοτικά πιο πάνω. Εδώ, να τονιστεί ότι η απόδοση που θα έχει το υβριδικό σύστημα προκύπτει από την περιοχή της εγκατάστασης του, την κλιματολογική ζώνη της περιοχής, τον βαθμό ρύπανσης της γύρω ατμόσφαιρας η οποία επηρεάζει τη διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και από την ύπαρξη επαρκούς ελεύθερου και ασκίαστου χώρου με νότιο προσανατολισμό και σωστή κλίση. Η κλίση του συστήματος βάση του οριζόντιου επίπεδου χρίζει ιδιαίτερης προσοχής γι' αυτό και συνήθως διαλέγεται κλίση που να προσφέρει τα βέλτιστα αποτελέσματα όλες τις εποχές του έτους. Στη χώρα μας, η βέλτιστη κλίση είναι περίπου 30 μοίρες.

Επιπλέον, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και ο τρόπος που θα χρησιμοποιηθεί αυτό το σύστημα και πού. Αν δηλαδή το σπίτι χρησιμοποιείται ως βασική κατοικία ή ως εξοχικό, η περιοχή που βρίσκεται και το κλίμα που επικρατεί, το ποσοστό των ατόμων που διαμένουν σε αυτό και οι ώρες που βρίσκονται μέσα στο σπίτι, ακόμη και οι συνήθειες τους.

Οι ορεινές περιοχές παρουσιάζουν πληθώρα προβλημάτων αναφορικά με την υιοθέτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας εξαιτίας της αποκέντρωσης και του διαφορετικού τρόπου ζωής. Ένα βασικό πρόβλημα σε μια ενδεχόμενη αλλαγή στο τρόπο λειτουργίας του σπιτιού τους θεωρείται το πρόβλημα της τοπικής αποδοχής. Η μετάβαση από τις συμβατικές μορφές στις ανανεώσιμες συνεπάγεται αλλαγές στην καθημερινότητα των κατοίκων στις τοπικές κοινωνίες, και όπως κάθε αλλαγή στην καθημερινότητα, προκαλεί αντιδράσεις, καχυποψία και δυσκολία προσαρμογής. Διάφορες περιπτώσεις, ανά την Ελλάδα, υποδεικνύουν ότι εκτός από τα χαρακτηριστικά που φέρει η κάθε τεχνολογία πχ. οπτική όχληση, υπάρχουν οι θεσμικοί παράγοντες, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μιας περιοχής όπως είναι η παραδοσιακότητα του Μετσόβου και ο τρόπος που οι κάτοικοι τα αντιμετωπίζουν, τα οποία επίσης συντελούν στην όξυνση των αντιδράσεων αυτών. Βέβαια το φαινόμενο αυτό της αποδοχής είναι ένα δυναμικό φαινόμενο και καθόλου στατικό μιας και η στάση της τοπικής κοινωνίας μπορεί να αλλάξει ανά πάσα στιγμή επηρεασμένη από διάφορες παραμέτρους αν και η κάθε περιοχή έχει τα δικά της συμφέροντα και ανησυχίες.

Για παράδειγμα, οι οικισμοί που συναντώνται συνήθως στις ορεινές περιοχές, είναι πιο παραδοσιακού χαρακτήρα και αυτός είναι ένας από τους παράγοντες που προκαλεί ανησυχία ως προς το αν θα αλλοιωθεί το παραδοσιακό στοιχείο και υποβαθμιστεί η αισθητική του σπιτιού με το συνδυασμό μιας τόσο πρωτότυπης και νέας γενιάς τεχνολογία στα σπίτια. Επίσης, υπάρχουν νομοθεσίες αναφορικά με τους παραδοσιακούς οικισμούς που επιβάλλεται να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη πριν από οποιαδήποτε ενέργεια μιας και το κομμάτι αυτό είναι ευαίσθητο όχι μόνο για τους κατοίκους μιας περιοχής αλλά και για όλη τη χώρα. Συνεπώς, ιδιαίτερο θεωρείται το ενδιαφέρον που καταδεικνύουν οι παραδοσιακοί οικισμοί που διέπονται προστατευτικά από περιοριστικά μέτρα δόμησης θέλοντας έτσι να διατηρηθεί ο χαρακτήρας της αρχιτεκτονικής τους, ενώ ταυτόχρονα καλούνται να ανταποκριθούν στις σύγχρονες αλλαγές του τρόπου ζωής.

Ιδιαίτερη αναφορά έχει γίνει στα μετεωρολογικά δεδομένα και το κλίμα γενικότερα το οποίο συντελεί στις ανάγκες θέρμανσης ενός χώρου. Μέσα στη διπλωματική εργασία επισημάνθηκε

ότι οι ορεινές περιοχές αντιμετωπίζουν χαμηλές θερμοκρασίες σχεδόν τα 2/3 του χρόνου όπως στην περίπτωση του Μετσόβου, με το κλίμα να παρουσιάζει μη προβλέψιμες διακυμάνσεις ανά εποχή. Η ανάπτυξη του προτεινόμενου συστήματος στη περιοχή προϋποθέτει την αδιάκοπη παροχή ηλιακής ενέργειας 7-9 μήνες το χρόνο ανεξαρτήτως εποχής. Τι συμβαίνει όταν δεν υπάρχει αρκετή ηλιακή ενέργεια; Αυτό είναι ένα ζήτημα το οποίο παρουσιάζει ελλείψεις και διέπεται από αμφισβήτηση ως προς την αξιοπιστία του συστήματος. Αν και λύσεις έχουν προταθεί παραμένουν εντούτοις σε πιλοτικό στάδιο.

Η κακή οικονομική συγκυρία που ταλανίζει τις ορεινές περιοχές οδήγησε τους κατοίκους σε φθηνότερες λύσεις θέρμανσης και κάλυψης των θερμικών αναγκών με αποτέλεσμα να διοχετεύεται σε αυτούς το αίσθημα της άρνησης ως προς την εγκατάσταση ενός νέου συστήματος θέρμανσης. Ενός συστήματος μάλιστα που δυστυχώς απαιτεί ένα μεγάλο κόστος εγκατάστασης συγκριτικά με άλλα συστήματα καθώς δεν γνωρίζει ιδιαίτερη ανάπτυξη στον Ελλαδικό χώρο και τα μέρη από τα οποία απαρτίζεται έχουν υψηλό κόστος συγκριτικά με το κόστος λειτουργίας – συντήρησης τους που κυμαίνεται σε πολύ χαμηλές τιμές.

5.4 Συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση της μελέτης η οποία επικεντρώθηκε στον οικισμό του Μετσόβου διαπιστώθηκαν τα πιο κάτω συμπεράσματα:

Με όσα έχουν παρουσιαστεί γίνεται αντιληπτό ότι το Μέτσοβο, όντας μια ιδιαίτερη ορεινή περιοχή αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα με την θέρμανση στα σπίτια εξαιτίας του ψυχρού κλίματος και της γεωμορφολογίας που χαρακτηρίζουν την περιοχή κατά τη διάρκεια του χρόνου, καθιστώντας τη ζήτηση θέρμανσης να κυριαρχεί σχεδόν από Σεπτέμβριο μέχρι Ιούλιο και της παλαιότητας των κτηρίων που έχουν δεχτεί τη φθορά του χρόνου και δεν ανταποκρίνονται στις θερμικές ανάγκες που προκύπτουν.

Η προσφυγή στις συμβατικές μορφές ενέργειας για την θέρμανση του χώρου, οι οποίες για το Μέτσοβο είναι κυρίως τα παραδοσιακά τζάκια και οι λέβητες πετρελαίου οδήγησε σε λανθασμένη χρήση και υπερκατανάλωση με αποτέλεσμα να προκύψουν ρυπογόνα αέρια στην ατμόσφαιρα της περιοχής με κυρίαρχο το CO₂ και ακολούθως τα αιωρούμενα σωματίδια εξαιτίας της καύσης diesel και καυσόξυλων κάθε είδους. Αυτό επιδράει αρνητικά και σε βραχυπρόθεσμο αλλά και σε μακροπρόθεσμο επίπεδο στο περιβάλλον προκαλώντας ρύπανση

της ατμόσφαιρας, αλλοίωση στα δομικά υλικά των σπιτιών και προβλήματα στην ίδια την υγεία του ανθρώπου.

Για το σκοπό αυτό, προτάθηκε ένα υβριδικό θερμικό φωτοβολταϊκό σύστημα σε μια κατοικία στοχεύοντας την αντικατάσταση της συμβατικής λύσης με μια εναλλακτική που θα σέβεται το περιβάλλον και τον ίδιο τον άνθρωπο. Μπορεί να βοηθήσει στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου μιας και πάνω από την απορροφητική επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη υπάρχει ένα διάφανο κάλυμμα, τα οποίο να μην επιτρέπει στις ηλιακές ακτίνες να περάσουν αλλά καθιστά δύσκολο στη θερμότητα να διαφύγει. Το υβριδικό σύστημα όπως παρουσιάστηκε ποιοτικά φαίνεται να ανταποκρίνεται στις συνθήκες θερμικής άνεσης και στη παροχή ζεστού νερού χρήσης ταυτόχρονα έχοντας μηδενικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα κατά την λειτουργία του οπότε και καθόλου συνεισφορά στην ατμοσφαιρική ρύπανση της περιοχής. Επίσης, προκύπτει να ανταποκρίνεται πλήρως στη θεωρία της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής η οποία αποτελεί κομμάτι της παραδοσιακής και είναι συμβατή με το σύγχρονο τρόπο ζωής συμβαδίζοντας παράλληλα με τη φυσιολογία του οικισμού και το χαρακτήρα της περιοχής.

Εντούτοις, λόγω έλλειψης ποσοτικών δεδομένων και ‘ζωντανών’ περιπτώσεων, η διπλωματική εργασία εστίασε σε ποιοτικό επίπεδο στην εναλλακτική αυτή λύση θέρμανσης με την απόδοση του υβριδικού θερμικού συστήματος να αδυνατεί να θεωρηθεί αξιόπιστη πλήρως και να απαιτείται περαιτέρω έρευνα και μελέτη.

5.5 Προτάσεις

- Σε ότι αφορά την προσέγγιση του ζητήματος της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής με την εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων, με χρήση ΑΠΕ όπως είναι το θερμικό φωτοβολταϊκό σύστημα τύπου Combi, προτείνεται η πιλοτική εγκατάσταση σε παραδοσιακή κατοικία με το σκοπό να παρθούν μετρήσεις στο διάστημα 1-6 μηνών, λαμβάνοντας υπόψη το εποχιακό κλίμα και τα χαρακτηριστικά της περιοχής σαφώς για να καταγραφούν και να αξιολογηθούν ποσοτικά δεδομένα για την απόδοση του συστήματος κάτω από αυτές τις συνθήκες.
- Να διερευνηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του συστήματος σε όλες τις φάσεις εγκατάστασης και λειτουργίας του και να αποτιμηθεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, πιθανότατα με τη μέθοδο ανάλυσης κύκλου ζωής.

- Η επιλογή και πραγματοποίηση ενός τέτοιου συστήματος βασίζεται σε ένα συγκερασμό μετεωρολογικών και οικονομοτεχνικών δεδομένων τα οποία πρέπει να αναλυθούν εις βάθος και να διερευνηθούν εξονυχιστικά ούτως ώστε να υπάρχει αξιοπιστία στη λειτουργία και το αποτέλεσμα του.
- Προτείνεται η διερεύνηση των δυνατοτήτων προσαρμογής και εφαρμογής συστημάτων ΑΠΕ σε παραδοσιακούς οικισμούς με σκοπό την διάσωση της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής και την διατήρηση της ταυτότητας κάθε περιοχής.
- Το περιβαλλοντικό ζήτημα και η κλιματική αλλαγή είναι θέματα που πρέπει να ανησυχούν το καθένα από εμάς, ειδικότερα στην εποχή μας που τα σημάδια είναι τόσα πολλά και μας προειδοποιούν για τις μελλοντικές επιπτώσεις.
- Εφαλτήριο για την ανάπτυξη του υβριδικού συστήματος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας να αποτελέσει η εφαρμογή του σε μια ορεινή περιοχή με ιδιαιτερότητες και έντονα χαρακτηριστικά τα οποία θα δώσουν έμπνευση για περαιτέρω ανάπτυξη και έρευνα.

6. Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

Σούλης Ν. (1994) . «*Το Κλίμα της Ηπείρου*». Τμήμα Μετεωρολογίας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

Γελεγένης Ι. , Αζαόπουλος Π. (2005) . «*Πηγές Ενέργειας. Συμβατικές και Ανανεώσιμες*». Αθήνα.

Σιαπλαούρα Π. (2005). «*Διερεύνηση Δυνατοτήτων Ανάπτυξης των Ορεινών Περιοχών της Χώρας: η Περίπτωση της περαιτέρω Ενδογενούς Ανάπτυξης της Επαρχίας Μετσόβου*». Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Οικιακής Οικονομίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

Πάνου Μ., Χριστοδουλάκη Α. (2008). «*Μελέτη Θέρμανσης σε Διώροφη Κατοικία με Συνδυασμένη Λειτουργία Λέβητα και Ηλιακού Συλλέκτη*». Διπλωματική εργασία. ΑΠΘ, Σέρρες.

Μπουργκούδη Α. (2009). «*Συγκριτική Αξιολόγηση Εφαρμογής Τεχνολογιών ΑΠΕ*». Διπλωματική Εργασία. ΕΜΠ ,Πανεπιστήμιο Πειραιά, Αθήνα.

Τολίδης Κ. (2010). «*Εκτίμηση Προθυμίας Πληρωμής των Κατοίκων του Μετσόβου (WTP) για Διατήρηση της Παραδοσιακής Αρχιτεκτονικής του Οικισμού*». Πτυχιακή εργασία. (Δ.Π.Μ.Σ.) "Περιβάλλον και Ανάπτυξη". ΕΜΠ, Μέτσοβο.

Μπουτέτσιου Ε. (2010). «*Ενεργειακή Αξιοποίηση της Δασικής Βιομάζας: Η Περίπτωση του Μετσόβου*». Διπλωματική εργασία. (Δ.Π.Μ.Σ.) "Περιβάλλον και Ανάπτυξη". ΕΜΠ, Μέτσοβο.

Καλογήρου Χ., Σαγιά Α. (2010). «*Διερεύνηση Βιοκλιματικών Χαρακτηριστικών της Παραδοσιακής Αρχιτεκτονικής του Μετσόβου – Δυνατότητες Προσαρμογής Σύγχρονων Τρόπων Δόμησης*». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Ρεμουντάκη Ε. (2010). «*Αέρας και Ατμοσφαιρική Ρύπανση*». Οδηγός για το Περιβάλλον. WWF, Αθήνα.

Καλιαμπάκος Μ., Κατσουλάκος Ν. (2010). «*Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Ορεινές Περιοχές*». ΕΜΠ, Αθήνα.

Χατζοπούλου Μ. (2011). *«Ενσωμάτωση Υβριδικών Συστημάτων σε Κτήρια Χαμηλής Κατανάλωσης Ενέργειας»*. Πτυχιακή εργασία. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Σμπόνιας Κ. (2011). *«Ανάπτυξη Συστήματος Λήψης Απόφασης για τη Βελτιστοποίηση Χρήσης Πηγών Ενέργειας στις Ορεινές Περιοχές»*. Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών», Ε.Μ.Π., Μέτσοβο.

Λουλάκης Α. (2011). *«Οι Ορεινές Περιοχές της Ελλάδας: Ορισμοί, Χαρακτηριστικά, Πολιτικές»*. Ερευνητική εργασία. Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Μπαλαμπέκος Σ. (2011). *«Το ενεργειακό Αποτόπωμα των Ορεινών Περιοχών: Η Περίπτωση του Μετσόβου»*. Διπλωματική εργασία. (Δ.Π.Μ.Σ) "Περιβάλλον και Ανάπτυξη". Μέτσοβο.

Βρατιζούλη Τ. (2012) . *«Αποτίμηση της Στάσης των Κατοίκων του Μετσόβου σχετικά με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και τον Ενεργειακό Σχεδιασμό»*. Διπλωματική εργασία. (Δ.Π.Μ.Σ.) "Περιβάλλον και Ανάπτυξη". Ε.Μ.Π, Μέτσοβο.

Κατσουλάκος Μ. Νικόλαος. (2013). *«Βέλτιστη Χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στις Ορεινές Περιοχές. Η περίπτωση του Μετσόβου»*. Διδακτορική Διατριβή. Σχολή Μεταλλουργών, ΕΜΠ, Αθήνα.

Μπέκιαρης Χ . (2013). *«Εκτίμηση Επιβάρυνσης Ποιότητας Αέρα από Εγκαταστάσεις Θέρμανσης Εσωτερικών Χώρων στην Ευρύτερη Περιοχή της Θεσσαλονίκης»*. Διπλωματική εργασία. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Νικολούδης Σ. (2013). *«Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική»*. Διπλωματική Εργασία. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα.

Κάπαρος Ι. (2013). *«Ενεργειακή Αξιολόγηση Παραδοσιακής Κατοικίας στην Αττική»*. Διπλωματική Εργασία. (ΔΠΜΣ) 'Συστήματα Διαχείρισης της Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος'. Αθήνα.

Ζιώμας Α. (2014). *«Τεχνολογίες Μείωσης Αέριας Ρύπανσης σε Μονάδες Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας»*. Πτυχιακή Εργασία. (ΔΠΜΣ) «Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών

Συστημάτων». Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας Πανεπιστημίου Πειραιά και Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα.

Ζάνης Π. (2014). Σημειώσεις μαθήματος «*Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας*». Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη.

Μπίτζελι Κ. (2014). «*Εξοικονόμηση Ενέργειας στον Κτιριακό Τομέα. Η Περίπτωση του ΜΕ.Κ.Δ.Ε στο Μέτσοβο*». Διπλωματική εργασία. (Δ.Π.Μ.Σ.) "Περιβάλλον και Ανάπτυξη". ΕΜΠ, Μέτσοβο.,

Πουλής Σ. Αθανάσιος. (2014). «*Αξιοποίηση της Δασικής Βιομάζας για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Τηλεθέρμανση – Τηλεψύξη της πόλης της Κόνιτσας*». Διπλωματική εργασία. (Δ.Π.Μ.Σ.) "Περιβάλλον και Ανάπτυξη". ΕΜΠ, Αθήνα.

Βρεττάκος Γεώργιος Δ. (2015). «*Μελέτη Αυτόνομου Υβριδικού Συστήματος σε Κατοικία*». Διπλωματική εργασία. (Π.Μ.Σ.) "Βιομηχανική Διοίκηση και Τεχνολογία". Πανεπιστήμιο Πειραιά, Αθήνα.

Τουρκομανάλης Ι. (2015). «*Σύγχρονα Φ/Β Συστήματα και Εφαρμογές τους*». Διπλωματική εργασία. Τ.Ε.Ι Καβάλας, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Καβάλα

Ζοτριάκης Χρ. (2016). «*Μελέτη Ποιότητας του Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος στη Πόλη της Λάρισας την Περίοδο 2012-2013*». Διπλωματική Εργασία. Τ.Ε.Ι Πειραιά, Αθήνα

Σιοντόρου Χ. (2017). Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Μαθήματος «*Κλιματική Αλλαγή και Ατμοσφαιρική Ρύπανση*». ΜΠΣ Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πειραιά, Αθήνα.

Ξένη Βιβλιογραφία

ΕΕΑ (2010) «*Europe's Ecological Backbone: Recognizing the True Value of our Mountains*», ΕΕΑ report.

Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/europes-ecological-backbone>

Bentouba S., Hamouda M., Slimani A., Pere R., Cabarrocasd B., Coronas A., Draoui B., Boucherit M. (2013). «*Hybrid System and Environmental Evaluation Case House In South of Algeria*». Paper,

Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021301237X>

Chow T., Tiwari G., Menezo C. (2014). «*Hybrid Solar - a Review on Photovoltaic and Thermal Power Integration*». Paper,

Available at: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00778007/document>

Herrando M., Markides C. (2015). «*Hybrid PV and Solar-Thermal Systems for Domestic Heat and Power Provision in the UK*». Paper,

Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915010958>

Kuzmichev A., Loboyko V. (2016). «*Impact of the Polluted Air on the Appearance of Buildings and Architectural Monuments in the Area of Town Planning*». Paper,

Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816315612>

Laborderie A., Puech C., Adra N. , Blanc I., Beloin-SaintPierre D., Padey P., Payet J., Sie M., Jacquin P.. (2011). «*Environmental Impacts of Solar Thermal Systems with Life Cycle Assessment*». Paper,

Available at: http://www.ep.liu.se/ecp/057/vol14/002/ecp57vol14_002.pdf

Huide F., Xuxina Z., Lei M., Tao Z., Qixing W., Hongyuana S. (2017). «*A Comparative Study on Three Types of Solar Utilization Technologies for Buildings: Photovoltaic, Solar Thermal and Hybrid Photovoltaic/Thermal systems*». Paper,

Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019689041730170X>

Επιστημονικοί Ηλεκτρονικοί Σύνδεσμοι

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Συνεργασίας και Ανάπτυξης των Ορεινών Περιοχών (Euromontana) (2010). Διαθέσιμο στο: <https://www.euromontana.org>

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (2010). Διαθέσιμο στο: <https://www.eea.europa.eu>

Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος (2019). Διαθέσιμο στο: <http://www.ypeka.gr>

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών (ΚΑΠΕ) (2019). Διαθέσιμο στο: <http://www.cres.gr>

Ιστοσελίδα Ευρωπαϊκής Ένωσης (EUROPA) (2019). Διαθέσιμο στο: <https://europa.eu>

Ηλεκτρονικοί Σύνδεσμοι

<http://www1.aegean.gr/gympeir/thermokipio.htm>, 2019

<http://atlaswikigr.wikifoundry.com>, 2019

<https://www.kakkaros.gr>, 2019

<http://agoratzakiou.online>, 2019