



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

Βέλτιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ορεινές περιοχές.  
Η περίπτωση του Μετσόβου.

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Νικόλαος Μ. Κατσουλάκος**

Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

**Επιβλέπων:**

Δ. Καλιαμπάκος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2013





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

Βέλτιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ορεινές περιοχές.  
Η περίπτωση του Μετσόβου.

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Νικόλαος Μ. Κατσουλάκος**

Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:**

1. Δ. Καλιαμπάκος, Καθ. Ε.Μ.Π. (Επιβλέπων)
2. Δ. Διακουλάκη, Καθ. Ε.Μ.Π.
3. Δ. Δαμίγος, Επικ. Καθ. Ε.Μ.Π.

**Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή:**

1. Δ. Καλιαμπάκος, Καθ. Ε.Μ.Π. (Επιβλέπων)
2. Δ. Διακουλάκη, Καθ. Ε.Μ.Π.
3. Δ. Δαμίγος, Επικ. Καθ. Ε.Μ.Π.
4. Ε. Ρογδάκης, Καθ. Ε.Μ.Π.
5. Α. Στέγγου – Σαγιά, Καθ. Ε.Μ.Π.
6. Ι. Σαγιάς, Επικ. Καθ. Ε.Μ.Π.
7. Σ. Μοιρασγεντής, Ερευνητής Β', Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Αθήνα, Μάρτιος 2013



Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από την Ανώτατη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών του Ε.Μ. Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα (Ν.5343/1932, Άρθρο 202)



Στην μνήμη του παππού μου, **Ιωάννη Κ. Καρακωστή**

Ανθυπολοχαγού στο Αλβανικό Μέτωπο  
Μέλους της Περιφερειακής Επιτροπής του ΕΑΜ στην Ευρυτανία

...Έτσι μου στάθηκε ο Ταΰγετος: όπως ο κόρφος της μητέρας μου.  
Με πότισε γαλάζιο, αψύ αίμα, ήλιο και πράσινο  
ως να μου δέσει την ψυχή όπως την πέτρα του  
ως να χαραξεί στην καρδιά μου τις βαθιές χαράδρες του  
να σχηματίσει μες στη ζωή μου δώδεκα κορφές  
να βγαίνω απάνω με μοναδικό μου όνειρο τον ήλιο.  
Με δίψα μου μοναδική τον ήλιο.  
Δίψα βαθιά σαν ωκεανό,  
ψηλότερη κι απ' το φεγγάρι.  
Δίψα που να την λυπηθεί ο Θεός!...

**Νικηφόρος Βρεττάκος** – «Ο Ταΰγετος και η σιωπή»





## Πρόλογος

Η κομβική σημασία της ενέργειας για τις σύγχρονες ανθρώπινες κοινωνίες είναι προφανής. Τα σχετικά με αυτήν ζητήματα βρίσκονται συχνά στο προσκήνιο. Αναλόγως των προτεραιοτήτων και της εκάστοτε συγκυρίας κάποια διαφορετική πτυχή του ενεργειακού τομέα κυριαρχεί στην κοινή γνώμη και τους πολιτικούς σχεδιασμούς. Έτσι, οι εικόνες συνωστισμού στα γραφεία της ΡΑΕ για μια άδεια παραγωγής φωτοβολταϊκού πάρκου, πριν από μια πενταετία, έδωσαν τη θέση τους, σήμερα, στην αιθαλομίχλη από την αθρόα χρήση ανοικτών εστιών καύσης που συνόδευσε τη ραγδαία αύξηση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης.

Στον αντίποδα της διαρκούς προβολής των ενεργειακών θεμάτων, μόνιμα στη σκιά της δημοσιότητας, βρίσκονται οι ορεινές περιοχές, όντας στο ιστορικό και πολιτικό περιθώριο τα τελευταία 60 χρόνια. Κι όμως, ανάμεσα στους στιβαρούς όγκους των βουνών κρύβεται ένας σημαντικός συνδυασμός κρίκων των ορεινών περιοχών και της ενέργειας: ένα μεγάλο τμήμα του ενεργειακού πλούτου. Και μάλιστα του ανανεώσιμου ενεργειακού πλούτου, που αποτελεί ελπίδα για ένα νέο ενεργειακό πρότυπο, φιλικότερο προς το περιβάλλον. Αν και κοινωνικά απομονωμένη μετά τον Εμφύλιο, η ορεινή Ελλάδα δεν έπαψε με τους πόρους της, και ειδικότερα τους ενεργειακούς, να τροφοδοτεί την ανασυγκρότηση και ανάπτυξη της Ελλάδας. Ναι μεν τα κοιτάσματα λιγνίτη αποτέλεσαν τη βάση για την ενεργειακή τροφοδοσία της χώρας, αλλά ιδιαίτερα σημαντικός υπήρξε και ο ρόλος των υδροηλεκτρικών έργων (Γλαύκος, Λάδωνας, Πλαστήρα, Κρεμαστά, Καστράκι), τα οποία τροφοδοτούνται από τους ποταμούς που πηγάζουν από τα βουνά.

Σίγουρα δεν είναι επαρκώς συνειδητοποιημένο ότι η αναδιάρθρωση του ενεργειακού τομέα και η θέσπιση εθνικών στόχων για τη συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα έχουν στον πυρήνα τους τις ορεινές περιοχές. Μεγάλο μέρος των αιολικών πάρκων και των υδροηλεκτρικών έργων έχει κατασκευαστεί ή προγραμματίζεται να κατασκευαστεί στον ορεινό χώρο και σχεδόν το σύνολο της δασικής βιομάζας προς ενεργειακή αξιοποίηση προέρχεται από τα βουνά. Ωστόσο, αυτός ο ιδιαίτερος ρόλος των βουνών στη νέα ενεργειακή πραγματικότητα, στην πράξη δεν συνεισφέρει ουσιαστικά στην έξοδο των ορεινών κοινωνιών από το περιθώριο. Τουναντίον, παρά τον ενεργειακό πλούτο και τις ενεργειακές επενδύσεις που σχεδιάζονται στις ορεινές περιοχές, οι ορεισίβιοι είναι αυτοί που κατ' εξοχήν πλήττονται από την ενεργειακή φτώχεια, μείζον κοινωνικό πρόβλημα, απότοκο της σοβούσας οικονομικής κρίσης. Ο εθνικός ενεργειακός σχεδιασμός δεν περιλαμβάνει εξειδικευμένες τοπικές πολιτικές και έτσι, περιοχές όπως οι ορεινές, το μόνο που προσμένουν από την ανάπτυξη των ενεργειακών έργων είναι κάποια ισχνά αντισταθμιστικά οφέλη, αντί μιας συνολικότερης ευκαιρίας περιβαλλοντικής και παραγωγικής αναβάθμισης.

Μέσω της παρούσας διδακτορικής διατριβής επιδιώκεται η συμβολή στην εξειδικευμένη αντιμετώπιση της ενεργειακής πραγματικότητας του ορεινού χώρου με στόχο την επαρκή και προσιτή οικονομικά κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των ορεινών περιοχών. Στην κατεύθυνση αυτή είναι απαραίτητη η βαθιά κατανόηση των φυσικών και κοινωνικών χαρακτηριστικών των βουνών, η μελέτη της διαφοροποίησης των ενεργειακών φορτίων στους ορεινούς οικισμούς, η ένταξη των ιδιαίτερων παραμέτρων των ορεινών περιοχών στα μοντέλα ενεργειακής βελτιστοποίησης και η διατύπωση εναλλακτικών προτάσεων για την ενεργειακή αγορά και την ενεργειακή πολιτική, γενικότερα.

Η παρούσα διατριβή διαρθρώνεται σε δύο μέρη. Το Μέρος Α' αποτελείται από τρία κεφάλαια (Κεφ.1 έως Κεφ. 3) και έχει εισαγωγικό χαρακτήρα. Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται η διεπιφάνεια μεταξύ του ενεργειακού τομέα και του ορεινού χώρου. Παράλληλα σκιαγραφείται η εικόνα των βασικών φυσικών και κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών των ορεινών περιοχών. Στο Κεφάλαιο 2 αναλύονται οι αρχές και οι μέθοδοι του ενεργειακού σχεδιασμού και παρουσιάζονται ειδικότερα οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές του προεκτάσεις. Στο Κεφάλαιο 3, λόγω της κρισιμότητας των ενεργειακών αναγκών του κτιριακού τομέα στα ορεινά, παρουσιάζεται η προσέγγιση της ενεργειακής ανάλυσης των κτιρίων μέσω της μεθόδου των βαθμομερών.

Η επεξεργασία του κυρίως κορμού της εργασίας γίνεται στο Μέρος Β', το οποίο αποτελείται από πέντε κεφάλαια (Κεφ. 4 έως Κεφ. 8). Στο Κεφάλαιο 4 αναφέρεται το αντικείμενο της εργασίας και αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την προσέγγιση του προβλήματος. Ο προσδιορισμός της επίδρασης του υψομέτρου στη διαμόρφωση των ενεργειακών αναγκών και ο τρόπος συμπερίληψης των χαρακτηριστικών της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών αναλύονται στο Κεφάλαιο 5. Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα ενεργειακά δεδομένα της ορεινής πόλης του Μετσόβου και κατόπιν τα αποτελέσματα του μοντέλου ενεργειακής βελτιστοποίησης στο ενεργειακό σύστημα του οικισμού. Επίσης, αναλύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω δύο ερευνών αποτίμησης του περιβαλλοντικού οφέλους από την ενδεχόμενη ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην περιοχή. Στο Κεφάλαιο 7 αναφέρονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής βελτιστοποίησης σε ένα θεωρητικό μοντέλο οικισμού, ο οποίος «τοποθετείται» σε διαφορετικά υψόμετρα, έτσι ώστε να ερευνηθούν τα χαρακτηριστικά της ορεινότητας στον ενεργειακό σχεδιασμό. Τα κυριότερα συμπεράσματα του συνόλου της διατριβής, τα στοιχεία καινοτομίας και οι προτάσεις συνέχισης της έρευνας (follow up) περιέχονται στο Κεφάλαιο 8. Τέλος, στο παράρτημα περιέχονται τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την τεκμηρίωση των μεταβολών των ενεργειακών φορτίων στα ορεινά, θερμοφωτογραφίες από κατοικίες του οικισμού του Μετσόβου και τα ερωτηματολόγια, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή των ερευνών περιβαλλοντικής οικονομίας.

Η παρακολούθηση του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Π. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» την ακαδημαϊκή χρονιά 2006-2007, λόγω της φιλοσοφίας του μεταπτυχιακού και του διεπιστημονικού του χαρακτήρα, συνετέλεσε σημαντικά στην απόφασή μου να συνεχίσω τις σπουδές μου σε επίπεδο διδακτορικού. Το ερευνητικό αντικείμενο της διατριβής είναι, σε μεγάλο βαθμό, αποτέλεσμα της αγάπης μου για τα βουνά και της ιδιαίτερης γοητείας που μου ασκεί τόσο το ορεινό τοπίο όσο και η «μυθολογία» τους ως διαχρονικό καταφύγιο των κυνηγημένων και αγωνιστών. Ο συνδυασμός των συναισθηματικών δεσμών με τον ορεινό χώρο και του επιστημονικού ενδιαφέροντος για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οδήγησε τελικά στο επιστημονικό πεδίο της παρούσας έρευνας, με την ελπίδα ότι τα αποτελέσματά της μπορούν να είναι χρήσιμα στο ξαναζωντάνεμα των ορεινών οικισμών. Η πορεία προς την ολοκλήρωση της διατριβής υπήρξε δύσκολη και με σημαντικά εμπόδια. Όμως, το ξεπέρασμα των δυσκολιών, με μεθοδικότητα, επιμονή και υπομονή αποτελεί για μένα το σημαντικότερο μάθημα ζωής από την όλη διαδικασία.

Στο σημείο αυτό επιθυμώ να εκφράσω τις ευλικρινείς ευχαριστίες μου προς τους ανθρώπους, που συνέβαλαν αποφασιστικά στην εκπόνηση της παρούσας έρευνας.

Κατ' αρχήν ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα της διατριβής, κ. Δ. Καλιαμπάκο, Καθηγητή ΕΜΠ, το δάσκαλό μου. Με στήριξε από το ξεκίνημα μέχρι και τα τελευταία, δύσκολα στάδια της εργασίας αυτής, με γενναιοδωρία. Αφιέρωσε άπλετο χρόνο για να με βοηθήσει να αναπτύξω συνολικά τις

ικανότητές μου και να διορθώσω τις αδυναμίες μου. Με εμπιστεύτηκε και με ώθησε να αναλάβω πρωτοβουλίες σε ένα ευρύ πεδίο ακαδημαϊκών δραστηριοτήτων. Γευτήκαμε μαζί τις δυσκολίες και τα αδιέξοδα σε προβλήματα που ήταν δύσκολα να χειραγωγηθούν, γευτήκαμε μαζί και τις μαγικές στιγμές της «ανακάλυψης», της δημιουργίας. Με την προσωπική του στάση βοηθήθηκα να συνειδητοποιήσω ότι ο αγώνας για ένα καλύτερο αύριο είναι αυτός που τελικά νοηματοδοτεί την καθημερινότητα. Ευχαριστώ το Δ. Καλιαμπάκο γιατί με το παράδειγμά του και τις καθημερινές προσπάθειές του προσπαθεί να κρατήσει ψηλά το βαλλόμενο Δημόσιο Πανεπιστήμιο και εμπνέει εμένα και πολλούς άλλους να παλεύουμε στην κατεύθυνση αυτή.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τα δύο μέλη της επιτροπής παρακολούθησης της διατριβής μου, την κ. Δ. Διακουλάκη, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. και τον κ. Δ. Δαμίγο, Επίκουρο Καθηγητή Ε.Μ.Π. Η συμβολή τους στη διαμόρφωση της εργασίας υπήρξε καθοριστική, όπως και η ενθάρρυνση που μου παρείχαν. Ιδιαίτερα, ευχαριστώ τον κ. Δ. Δαμίγο, για την εξαιρετική βοήθεια που μου προσέφερε, στο θέμα της ενσωμάτωσης του περιβαλλοντικού κόστους στη συνάρτηση βελτιστοποίησης.

Ευχαριστώ ακόμη, τον κ. Ε. Ρογδάκη, Καθηγητή Ε.Μ.Π., την κ. Α. Στέγγου – Σαγιά, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π., τον κ. Ι. Σαγιά, Επίκουρο Καθηγητή Ε.Μ.Π. και τον κ. Σ. Μοιρασεντή, Ερευνητή Β' Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, για την προθυμία τους να συμμετάσχουν στην επταμελή επιτροπή κρίσης της παρούσας εργασίας και για τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους.

Ευχαριστώ το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο που στήριξε τη διαδικασία εκπόνησης της παρούσας διατριβής μέσω υποτροφίας, την οποία έλαβα από τον Ε.Λ.Κ.Ε. για 32 μήνες.

Κατά την περίοδο εκπόνησης της διδακτορικής διατριβής κομβικό γεγονός υπήρξε η συμμετοχή μου στην εκπαιδευτική διαδικασία και στην οργάνωση του Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών», αυτού του τόσο ξεχωριστού μεταπτυχιακού του Ε.Μ.Π. που διενεργείται στο Μέτσοβο. Αισθάνομαι τιμή και ευγνωμοσύνη για τη συμμετοχή μου στο εγχείρημα αυτό που συνέβαλε αποφασιστικά στη συνολική ακαδημαϊκή μου συγκρότηση αλλά και στο να ζήσω μοναδικές στιγμές στα βουνά της Ηπείρου. Ιδιαίτερες ευχαριστίες ανήκουν στη Δρ. Στ. Γιαννακοπούλου για τη βοήθειά της, όποτε χρειάστηκε στην εργασία αυτή, αλλά και για την κοινή μας πορεία στην έρευνα και την εκπαιδευτική διαδικασία στο πεδίο των ορεινών περιοχών. Ευχαριστώ, επίσης, τον Β. Κώτσιο, Υ.Δ. Ε.Μ.Π., για την άψογη συνεργασία μας στο Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών».

Σε όλη την πορεία εκπόνησης της παρούσας εργασίας η βοήθεια και στήριξη πολλών φίλων υπήρξε κρίσιμη. Σημαντική υπήρξε η συμβολή του Ν. Μαμάση, Επίκουρου Καθηγητή Ε.Μ.Π., τον οποίο ευχαριστώ για τα μετεωρολογικά στοιχεία που μου παρείχε. Ένα ξεχωριστό ευχαριστώ ανήκει στους σπουδαστές της ακαδημαϊκής χρονιάς 2011-2012 του Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών» και στην Τ. Βραζιτούλη για τη συμβολή τους στις έρευνες περιβαλλοντικής οικονομίας. Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον Η. Δούλο, την Α. Θεοδώρου, την Κ. Λιαντινιώτη, το Μ. Μισθό και το Σπ. Μπαλαμπέκο που παρείχαν πολύτιμη βοήθεια στη σύνθεση επιμέρους στοιχείων της διδακτορικής διατριβής. Δε θα ξεχάσω ποτέ τη στήριξη των παιδιών της πρώτης ακαδημαϊκής χρονιάς του μεταπτυχιακού στο Μέτσοβο. Ο Δ. Ανδρέοπουλος, ο Α. Γκιάτας, η Χ. Παπαδάκη, η Α. Οικονόμου και η Ε. Μπουτέτσιου έπαιξαν αποφασιστικό ρόλο στα πρώτα βήματά μου ως ερευνητή στο Ε.Μ.Π. Ιδιαίτερες ευχαριστίες ανήκουν στα μέλη του Εργαστηρίου Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής του Ε.Μ.Π. που, από την πρώτη στιγμή που εντάχθηκα στο ερευνητικό δυναμικό του

εργαστηρίου, με καλοδέχθηκαν και με προθυμία με βοήθησαν όποτε τους χρειάστηκα. Αισθάνομαι ότι όλοι τους δεν είναι απλώς συνάδελφοι αλλά πραγματικοί φίλοι.

Θέλω να ευχαριστήσω, ακόμη, τους φίλους και συντρόφους μου στο σύλλογο υποψηφίων διδασκόντων του Ε.Μ.Π. Η συμπόρευσή μαζί τους σε αγώνες για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που στέκονται σημαντικά εμπόδια στο ερευνητικό έργο όλων μας, έδωσε μια άλλη, ιδιαίτερα ουσιαστική διάσταση στα χρόνια που πέρασαν.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς όλα τα παιδιά του Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών» για τις μοναδικές στιγμές που ζήσαμε στο Μέτσοβο, στα Τζουμέρκα, στην Κόνιτσα, στο Ζαγόρι και τις υπόλοιπες αετοφωλιές της Ηπείρου. Στιγμές που είναι σημείο αναφοράς για τη ζωή μου.

Η Διδακτορική Διατριβή εκπονήθηκε στη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, του Ε.Μ.Π, στον Τομέα Μεταλλευτικής και, συγκεκριμένα, στο Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής (Διευθ.: Δ. Καλιαμπάκος).



## Περιεχόμενα

### Α΄ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1. Ενέργεια και ορεινές περιοχές .....	3
1.1 Εισαγωγή .....	3
1.2 Χαρακτηριστικά γνωρίσματα του ορεινού χώρου και ενέργεια .....	8
1.3 Ορεινό κλίμα .....	22
1.4 Το ενεργειακό δυναμικό των ορεινών περιοχών .....	28
1.5 Η έρευνα σχετικά με τα ενεργειακά ζητήματα των ορεινών περιοχών .....	38
Κεφάλαιο 2. Ενεργειακός σχεδιασμός .....	43
2.1 Εισαγωγικές παρατηρήσεις και βασικές έννοιες .....	43
2.2 Μεθοδολογίες ενεργειακού σχεδιασμού .....	44
2.3 Η περιβαλλοντική διάσταση στον ενεργειακό σχεδιασμό .....	50
2.3.1 Αρχές περιβαλλοντικής οικονομίας .....	50
2.3.2 Μέθοδοι περιβαλλοντικής αποτίμησης .....	54
2.3.3 Η προσέγγιση της ζημιόγону συνάρτησης .....	59
2.3.4 Ενέργεια και περιβαλλοντική οικονομία .....	60
2.4 Η κοινωνική διάσταση στον ενεργειακό σχεδιασμό .....	63
Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή ανάλυση κτιρίων με τη μέθοδο των βαθμομερών .....	73
3.1 Μέθοδοι ενεργειακής ανάλυσης κτιρίων .....	74
3.2 Η έννοια των βαθμομερών .....	75
3.3 Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας κτιριακού κελύφους .....	79
3.4 Εκτίμηση ενεργειακών αναγκών και καταναλώσεων κτιρίων .....	84
3.5 Βαθμομέρες και υψόμετρο .....	86

### Β΄ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 4. Αντικείμενο και μεθοδολογία της έρευνας .....	95
4.1 Αντικείμενο της έρευνας .....	95
4.2 Μεθοδολογία της έρευνας .....	96
4.2.1 Προσδιορισμός της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών .....	97
4.2.2 Βελτιστοποίηση χρήσης ενεργειακών πόρων στις ορεινές περιοχές .....	98
4.2.3 Μέθοδος εκτίμησης ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης και δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας στο Μέτσοβο .....	101
4.2.4 Μεθοδολογικό πλαίσιο αποτίμησης περιβαλλοντικού οφέλους από τη χρήση ΑΠΕ στο Μέτσοβο .....	106
Κεφάλαιο 5. Ένταξη της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών στον ενεργειακό σχεδιασμό	109

5.1 Διαφοροποίηση των ενεργειακών αναγκών στις ορεινές περιοχές.....	109
5.1.1 Συσχέτιση βαθμομερών θέρμανσης και υψομέτρου .....	109
5.1.2 Συσχέτιση βαθμομερών ψύξης και υψομέτρου .....	121
5.1.3 Διαφοροποίηση των αναγκών σε θέρμανση και ψύξη συναρτήσει του υψομέτρου .....	125
5.1.4 Μίγμα θερμικών και ηλεκτρικών αναγκών και καταναλώσεων συναρτήσει του υψομέτρου .....	125
5.1.5 Αύξηση θερμικών φορτίων, ενεργειακή φτώχεια και υφιστάμενες πολιτικές .....	131
5.2 Συμπερίληψη παραμέτρων του ενεργειακού προφίλ των ορεινών περιοχών, πλην του υψομέτρου, στον ενεργειακό σχεδιασμό .....	134
Κεφάλαιο 6. Ενεργειακός σχεδιασμός στο Μέτσοβο.....	139
6.1 Βασικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης .....	139
6.2 Δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην περιοχή του Μετσόβου .....	142
6.2.1 Αιολικό δυναμικό .....	142
6.2.2 Ηλιακό Δυναμικό.....	143
6.2.3 Υδροηλεκτρικό δυναμικό.....	144
6.2.4 Δυναμικό βιομάζας .....	146
6.3 Ενεργειακές καταναλώσεις και δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας .....	149
6.3.1 Ανάλυση στατιστικών στοιχείων.....	149
6.3.2 Μοντέλα κατοικιών στο Μέτσοβο .....	151
6.3.3 Συστήματα παραγωγής θερμότητας στις κατοικίες του Μετσόβου .....	152
6.3.4 Ενεργειακή ζήτηση και κατανάλωση των κατοικιών στο Μέτσοβο.....	154
6.3.5 Εφαρμογή μέτρων και εκτίμηση δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας.....	157
6.3.6 Ηλεκτρικές καταναλώσεις στην περιοχή του Μετσόβου .....	162
6.3.7 Σύνοψη ενεργειακών φορτίων Μετσόβου .....	163
6.4 Συναρτήσεις κόστους και αντικειμενική συνάρτηση.....	164
6.4.1 Συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης .....	165
6.4.2 Συναρτήσεις κόστους συντήρησης και λειτουργίας .....	169
6.4.3 Συναρτήσεις περιβαλλοντικού κόστους.....	174
6.4.4 Συναρτήσεις κοινωνικού οφέλους .....	178
6.5 Περιορισμοί μοντέλου και σενάρια επίλυσης.....	180
6.6 Επίλυση μοντέλου και ανάλυση αποτελεσμάτων .....	185
6.6.1 Δομή, κόστη και οφέλη του βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος .....	185
6.6.2 Ανάλυση χαρακτηριστικών βέλτιστων λύσεων .....	189
6.7 Ενεργειακός σχεδιασμός με βάση τις έρευνες αποτίμησης περιβαλλοντικού οφέλους από τη χρήση ΑΠΕ στο Μέτσοβο .....	193



6.7.1 Αποτελέσματα έρευνας αποτίμησης περιβαλλοντικού οφέλους από τη χρήση ΑΠΕ με πληθυσμό ενδιαφέροντος τους κατοίκους του Μετσόβου .....	193
6.7.2 Αποτελέσματα έρευνας αποτίμησης περιβαλλοντικού οφέλους από τη χρήση ΑΠΕ με πληθυσμό ενδιαφέροντος τους επισκέπτες του Μετσόβου.....	206
6.7.3 Αποτελέσματα μοντέλου ενεργειακής βελτιστοποίησης με χρήση των αποτελεσμάτων των δύο ερευνών αποτίμησης περιβαλλοντικού οφέλους .....	221
6.8 Σύνοψη αποτελεσμάτων ενεργειακού σχεδιασμού στο Μέτσοβο .....	227
Κεφάλαιο 7. Ενεργειακός σχεδιασμός σε ένα θεωρητικό μοντέλο οικισμού .....	229
7.1 Διαμόρφωση του θεωρητικού οικισμού .....	229
7.2 Συναρτήσεις κόστους και αντικειμενική συνάρτηση.....	235
7.2.1 Συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης .....	236
7.2.2 Συναρτήσεις κόστους συντήρησης και λειτουργίας .....	241
7.2.3 Συναρτήσεις περιβαλλοντικού κόστους.....	244
7.2.4 Συναρτήσεις κοινωνικού οφέλους .....	244
7.3 Περιορισμοί μοντέλου και σενάρια επίλυσης.....	244
7.4 Επίλυση μοντέλου και ανάλυση αποτελεσμάτων .....	248
7.4.1 Βέλτιστη δομή και κόστη ενεργειακού μίγματος για το σενάριο 1 .....	248
7.4.2 Βέλτιστη δομή και κόστη ενεργειακού μίγματος για το σενάριο 2 .....	250
7.4.3 Βέλτιστη δομή και κόστη ενεργειακού μίγματος για το σενάριο 3 .....	252
7.4.4 Επίδραση του υψομέτρου στις βέλτιστες λύσεις .....	254
7.4.5 Επίδραση της απομόνωσης στις βέλτιστες λύσεις .....	260
7.4.6. Επίδραση χωρικών και αισθητικών περιορισμών στις βέλτιστες λύσεις.....	263
7.4.7 Αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας .....	264
7.4.8 Τόνωση της παραγωγικής βάσης μέσω των ενεργειακών επενδύσεων.....	267
7.4.9 Συγκεντρωτικές παρατηρήσεις .....	270
Κεφάλαιο 8. Ανακεφαλαίωση και συμπεράσματα .....	273
8.1 Συμπεράσματα διατριβής .....	273
8.1.1 Ενεργειακή ταυτότητα των ορεινών περιοχών.....	273
8.1.2. Μεθοδολογική προσέγγιση ενεργειακού σχεδιασμού στις ορεινές περιοχές.....	287
8.1.3 Αποκεντρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός για τον οικισμό του Μετσόβου .....	289
8.1.4 Γενίκευση των συμπερασμάτων για τον ενεργειακό σχεδιασμό στις ορεινές περιοχές .....	296
8.3 Η Συμβολή της διδακτορικής διατριβής. Στοιχεία καινοτομίας και πρωτοτυπίας .....	304
8.4 Προτάσεις για τη συνέχιση της έρευνας (Follow up).....	308
Βιβλιογραφία .....	309
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	325



**Α' ΜΕΡΟΣ**

---



## Κεφάλαιο 1. Ενέργεια και ορεινές περιοχές

### 1.1 Εισαγωγή

Τα βουνά έχουν καθοριστική σημασία για τη ζωή στον πλανήτη. Αποτελούν τις «δεξαμενές» νερού της γης, αφού εκτιμάται ότι περίπου ο μισός πληθυσμός του πλανήτη εξαρτάται από αυτά για την κάλυψη των αναγκών του σε πόσιμο νερό. Είναι εστίες βιοποικιλότητας, καθώς η απομόνωσή τους και η μειωμένη ανθρώπινη παρέμβαση οδηγούν στην ύπαρξη πρακτικά ανέγγιχτων οικοσυστημάτων με έντονο ενδημισμό σε αυτά. Είναι πηγές ορυκτών και ενεργειακών πόρων και στις πλαγιές τους φύτεται το ένα τρίτο των δασών της γης. Ταυτόχρονα, είναι θύλακες πολιτισμικής ποικιλομορφίας και ιεροί τόποι στην παράδοση και τη θρησκεία των περισσότερων λαών (Messerli & Ives 1997, Funell & Parish 2001, Parish 2002, Price 2002, Καλιαμπάκος et al. 2009).

Η επίδραση αυτών των γεωμορφών στην ανθρώπινη συνείδηση συνοψίζεται γλαφυρά και εύστοχα στο ακόλουθο απόσπασμα: «Τα βουνά ασκούν μια μυστηριώδη γοητεία στην ψυχή του ανθρώπου. Καθώς ορθώνονται απόκρημα και δυσπρόσιτα μέσα από τους κάμπους και τα λοφώδη ακρόριζά τους, υποστασιοποιούν τις έννοιες της προσπάθειας και της ανδρείας, του ύστατου οχυρού και του καταφυγίου. Πάνω από όλα, όμως, τα βουνά θεωρούνται παντού και ιδιαίτερα στον περίγυρο της Μεσογείου ως χώρος ελευθερίας. Στα βουνά λημέριαζαν οι κλέφτες και οι αρματολοί της επανάστασης, ενώ εκεί συγκροτήθηκε και η εθνική αντίσταση στα χρόνια της γερμανικής κατοχής» (Ματσούκα & Αδαμακόπουλος 2008).

Η Ελλάδα είναι μια κατ' εξοχήν ορεινή χώρα. Το ποσοστό του εδάφους της που είναι ορεινό κυμαίνεται σε ποσοστό άνω του 70% της συνολικής της έκτασης, σύμφωνα με τις σχετικές εκτιμήσεις (NORDREGIO 2004, EEA Report 2010). Η «ραχοκοκαλιά» της Ελλάδας είναι η οροσειρά της Πίνδου – συνέχεια των Δυναρικών Άλπεων – που ξεκινά από τα ελληνοαλβανικά σύνορα και διατρέχει, με ΒΔ – ΝΑ προσανατολισμό, όλη την ηπειρωτική χώρα και την Πελοπόννησο, μέχρι το ακρωτήριο Ταίναρο. Επίσης, όλη σχεδόν η βόρεια συνοριακή γραμμή της χώρας διατρέχεται από βουνά όπως και η Κρήτη, τα βουνά της οποίας αποτελούν τμήμα του Δυναροταυρικού τόξου, άρα, κατά κάποιον τρόπο, είναι συνέχεια της Πίνδου. Παρά τη μεγάλη έκτασή τους τα ελληνικά βουνά, πλέον, φιλοξενούν μικρό ποσοστό του πληθυσμού. Υπολογίζεται ότι το 8,5% του ελληνικού πληθυσμού ζει σε ορεινές περιοχές και το 21% σε ημιορεινές (Μπασιούκα 2011).

Ο ορεινός χώρος στην Ελλάδα ξεκινά να εποίκείται μαζικά το 15<sup>ο</sup> αιώνα (Ματσούκα & Αδαμακόπουλος 2008), καθώς αποτελεί καταφύγιο των χριστιανικών πληθυσμών έναντι της καταπίεσης της οθωμανικής διοίκησης. Τα προνόμια που δόθηκαν από τους Οθωμανούς σε πολλές ορεινές περιοχές συνέβαλαν ώστε να αναπτυχθούν ακμαίες κοινότητες με σημαντική κτηνοτροφική, εμπορική αλλά ακόμη και πνευματική δραστηριότητα (Ζαγόρι, Συρράκο, Καλαρρύτες, Άγραφα, Ορεινή Αρκαδία κ.α.). Μετά την εγκαθίδρυση του νεοελληνικού κράτους, ο ορεινός χώρος διατήρησε τον πληθυσμό του μέχρι και τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Έτσι, για μια μακρά χρονική περίοδο της νεότερης ελληνικής ιστορίας η ανθρώπινη δραστηριότητα είχε ως επίκεντρο τα βουνά. Η μείωση της κατοίκησης στα ορεινά είναι αποτέλεσμα τριών «χτυπημάτων» που δέχθηκε, με ιδιαίτερη ένταση, ο ορεινός χώρος τον 20<sup>ο</sup> αιώνα: Β' Παγκόσμιος Πόλεμος, Εμφύλιος, Μετανάστευση (Καλιαμπάκος et al. 2009, Λαφαζάνη 2010).

Η πληθυσμιακή απομείωση που συνέβη στην ορεινή Ελλάδα έθεσε τις ορεινές περιοχές στο περιθώριο. Η ανασυγκρότηση της χώρας από τη δεκαετία του 1950 και έπειτα ουσιαστικά δεν άγγιξε τις ορεινές περιοχές, οι κάτοικοι των οποίων αποτέλεσαν τον κύριο όγκο των μεταναστευτικών ρευμάτων τόσο προς το εξωτερικό όσο και προς τα αστικά κέντρα του εσωτερικού που άρχισαν να συγκεντρώνουν οικονομικές δραστηριότητες. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980, πολλές περιοχές της ορεινής Ελλάδας αντιμετώπιζαν σοβαρά προβλήματα προσβασιμότητας / υποδομών, καθώς και ελλειμματική ενεργειακή τροφοδοσία. Από εκείνη την περίοδο και μετά χρηματοδοτήσεις, κυρίως μέσω ευρωπαϊκών προγραμμάτων (Leader, Interreg, ΚΠΣ κ.α.) αλλά και από τα προγράμματα δημοσίων επενδύσεων, συνέβαλαν στη βελτίωση των υποδομών στις ορεινές περιοχές, με αποσπασματικό, όμως, χαρακτήρα, χωρίς σαφή στρατηγική. Σε κάθε περίπτωση, η κατάσταση στους ορεινούς οικισμούς βελτιώθηκε σημαντικά.

Στο τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα και κατά την πρώτη δεκαετία του 21<sup>ου</sup> αιώνα αναπτύσσεται μια τάση επανακατοίκησης του ελληνικού ορεινού χώρου (Μπασιούκα 2011). Σε μεγάλο βαθμό το φαινόμενο αυτό ωθήθηκε από τη βελτίωση των συνθηκών στους ορεινούς οικισμούς και από την άνοδο του βιοτικού επιπέδου, που οδήγησε πολλούς στην ανακαίνιση και επανάχρηση των παλιών, οικογενειακών κατοικιών τους στα ορεινά. Βέβαια, η τάση επανόδου στον ορεινό χώρο είναι εύθραυστη και η σοβούσα κρίση, σε συνδυασμό με το ισοπεδωτικό για τις ορεινές περιοχές πρόγραμμα διοικητικής μεταρρύθμισης «Καλλικράτης», ενδεχομένως να την εξανεμίσουν εν τη γενέσει της. Όμως από την άλλη πλευρά, οι δυνατότητες που παρέχουν οι ορεινές περιοχές για έναν εναλλακτικό τρόπο ζωής με χαμηλό κόστος διαβίωσης σε σχέση με τα αστικά κέντρα, ίσως καταφέρουν να τις κρατήσουν ζωντανές, καθιστώντας τις ελπίδα για τους ανθρώπους που πλήττονται από την πολυεπίπεδη κρίση, με ιδιαίτερη ένταση στις πόλεις. Άλλωστε, τα βουνά είχαν ανέκαθεν το χαρακτήρα καταφυγίου.

Η επανακατοίκηση των ορεινών περιοχών και η δημιουργία προϋποθέσεων ανάπτυξης σε αυτές περνά μέσα από την αντιμετώπιση χρόνιων προβλημάτων που τις βαραίνουν αλλά και από την απάντηση σε σύγχρονες προκλήσεις. Οι ορεινές περιοχές συνεχίζουν να υποφέρουν από δυσχέρειες στην προσβασιμότητα και μεγάλες ελλείψεις στις κοινωνικές υποδομές. Αυτό αποτελεί, σε μεγάλο βαθμό, αποτρεπτικό παράγοντα για την προσέλκυση νέων κατοίκων, ακόμη και επισκεπτών. Η αντιμετώπιση των ζητημάτων αυτών δυσχεραίνεται από την οικονομική κρίση, ενώ πολλές από τις υπάρχουσες, ισχνές υποδομές και υπηρεσίες συρρικνώνονται περαιτέρω, στο πλαίσιο του «Καλλικράτη». Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι συγχωνεύσεις σχολικών μονάδων, που καθιστούν αναγκαία τη μετακίνηση των μαθητών αρκετών ορεινών οικισμών (π.χ. Ζαγόρι, Άγραφα, Μαστοροχώρια) σε μεγάλες αποστάσεις για να παρακολουθήσουν τα μαθήματά τους.

Τα ενεργειακά θέματα βρίσκονται στον πυρήνα των σύγχρονων προκλήσεων για τις ορεινές περιοχές. Κομβικό στοιχείο για την ποιότητα ζωής αποτελεί η ενεργειακή επάρκεια. Χωρίς ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής κατανάλωσης δεν μπορούν να εξασφαλιστούν αποδεκτές συνθήκες διαβίωσης. Άλλωστε, αυτό φαίνεται να αντανακλάται και στην ίδια την κοινωνική εξέλιξη. Σύμφωνα με τον White, τα μείζονα στάδια της κοινωνικής εξέλιξης είναι τρία (Pimentel & Pimentel 2008):

- Πρωτογονισμός – κυνηγοί και τροφοσυλλέκτες, εξαρτημένοι από την άγρια ζωή
- Βαρβαρισμός – πρώιμες αγροτικές και κτηνοτροφικές κοινότητες
- Πολιτισμός – ανάπτυξη μηχανών και εντατική χρήση ενέργειας για παραγωγή τροφής και άλλων αγαθών

Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με το Πρόγραμμα Ανάπτυξης του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (UNDP), δεν αρκεί μόνο η εξασφάλιση επαρκούς ποσότητας ενέργειας αλλά, για να υπάρξει ένα επαρκές επίπεδο ανάπτυξης, τα νοικοκυριά πρέπει να βρίσκονται στα ανώτερα σκαλοπάτια της «ενεργειακής σκάλας», δηλαδή να έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν υψηλής ποιότητας υγρά και αέρια καύσιμα καθώς και ηλεκτρισμό (UNDP 2000).

Σε μεγάλο βαθμό, τα ορεινά νοικοκυριά στην Ελλάδα έχουν πλήρη πρόσβαση σε ενεργειακές υπηρεσίες, τα περισσότερα διαθέτουν συστήματα κεντρικής θέρμανσης υγρών καυσίμων και σε όλους τους κατοικημένους ορεινούς οικισμούς υπάρχει, πια, πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια. Όμως, για να εξασφαλιστεί η ουσιαστική πρόσβαση σε σύγχρονες ενεργειακές υπηρεσίες – απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατήρηση και το ξαναζωντάνεμα των ορεινών οικισμών – χρειάζεται να αντιμετωπιστούν δυσχέρειες και προβλήματα καθώς και να χρησιμοποιηθούν με ωφέλιμο τρόπο για τις τοπικές κοινωνίες οι ενεργειακοί πόροι.

Υπό συνθήκες οικονομικής κρίσης και υψηλών τιμών στα καύσιμα – λόγω αυξημένης φορολογίας – οι ορεινοί πληθυσμοί αντιμετωπίζουν σοβαρές δυσκολίες ως προς την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Στην ορεινή και με δριμείς χειμώνες Δυτική Μακεδονία, οι σχολικές μονάδες απειλήθηκαν με αναστολή λειτουργίας λόγω αδυναμίας προμήθειας των απαραίτητων ποσοτήτων πετρελαίου θέρμανσης (Τα Νέα 2012). Κατά το 2011, κατασχέθηκαν συνολικά πάνω από 6.500tn λαθραία υλοτομημένων καυσόξυλων σε όλη την ελληνική επικράτεια (Το Βήμα 2012, Econews 2012). Τα παραδείγματα αυτά δείχνουν ότι η επαρκής κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των ορεινών περιοχών κάθε άλλο παρά είναι εξασφαλισμένη, σε περιόδους οικονομικής ύφεσης. Όχι γιατί η τροφοδοσία, στην παρούσα περίοδο, δεν είναι επαρκής. Αλλά γιατί τα ενεργειακά προϊόντα προσφέρονται σε τέτοιες τιμές, που καθιστούν εξαιρετικά προβληματική την άνετη απόλαυσή τους από το μέσο ορεινό νοικοκυριό. Το πρόβλημα αυτό, αναφέρεται στη βιβλιογραφία, ως ενεργειακή φτώχεια. Εξαιτίας της σημασίας του, θα γίνει εκτενέστερη αναφορά στη συνέχεια.

Σε περίπτωση σημαντικού κύματος επιστροφής στον ορεινό χώρο, δεν είναι βέβαιο ότι οι υφιστάμενες ενεργειακές υποδομές επαρκούν. Υπάρχουν, σε πολλές περιοχές, ανεπαρκή δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και τις περιόδους που συγκεντρώνεται πληθυσμός στα ορεινά χωριά, παρατηρούνται συχνά πτώσεις τάσης και διακοπές ηλεκτροδότησης. Η περαιτέρω απελευθέρωση των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας θέτει εν αμφιβόλω τη συνέχιση της συντήρησης και επέκτασης των δικτύων ηλεκτροδότησης στις ορεινές περιοχές, αφού ο ενεργειακός τομέας θα λειτουργεί, σχεδόν αποκλειστικά, με ιδιωτικοοικονομικά κριτήρια (Haselip & Hilson 2005).

Εκτός από τα ζητήματα της ενεργειακής φτώχειας και της εξασφάλισης της ενεργειακής τροφοδοσίας, υπάρχουν και άλλες προκλήσεις, που σχετίζονται με την ενέργεια, στον ελληνικό ορεινό χώρο. Παρατηρείται σημαντικό επενδυτικό ενδιαφέρον για την κατασκευή μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στα ελληνικά βουνά. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι μονάδες αυτές έρχονται σε σύγκρουση με άλλες χρήσεις γης και οικονομικές δραστηριότητες, ενώ τα αντισταθμιστικά οφέλη που δίνονται ως κίνητρα στους τοπικούς πληθυσμούς αποτελούν αντικείμενο έντονης αμφισβήτησης και αντιπαράθεσης. Από την άλλη πλευρά, οι ΑΠΕ αποτελούν μία από τις κύριες πτυχές των πολιτικών αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, η οποία πλήττει έντονα και τον ορεινό χώρο. Συνεπώς, οι ορεινές περιοχές δεν μπορούν να μείνουν αδιάφορες στο θέμα της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής – τις αφορά άμεσα - και είναι αναγκαίο να υπάρχει δράση έναντι της κλιματικής αλλαγής - άρα και χρήση ΑΠΕ - αλλά παραμένει ανοιχτό το ερώτημα για τον τρόπο ανάπτυξης των

περιβαλλοντικά φιλικών ενεργειακών τεχνολογιών. Είναι προτιμότερο να κατασκευάζονται μεγάλα έργα στις ορεινές περιοχές, που παρέχουν αντισταθμιστικά οφέλη στους κατοίκους και καλύπτουν την ενεργειακή ζήτηση αστικών κέντρων μακριά από τα βουνά ή χρειάζεται να υποστηρίζονται, περισσότερο, αποκεντρωμένα, συνδυασμένα συστήματα ενεργειακής παραγωγής από ΑΠΕ για την κάλυψη των αναγκών των ορεινών οικισμών;

Συνεπώς, η ορεινή Ελλάδα, εν μέσω μιας μεταβατικής εποχής, κάθε άλλο παρά αδιάφορα μπορεί να σταθεί απέναντι στα ενεργειακά ζητήματα. Η εξασφάλιση της ενεργειακής τροφοδοσίας, η αντιμετώπιση των επιπτώσεων στις αυξήσεις των τιμών των καυσίμων, ο τρόπος χρήσης των ΑΠΕ, οι εφαρμογές τους στις κατοικίες και τις παραγωγικές δραστηριότητες και η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στα παλιά κτίρια, μέσω επεμβάσεων στα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των κτιριακών κελυφών, συνιστούν αναμφισβήτητα ιδιαίτερης σημασίας ζητήματα για τις προοπτικές των ορεινών περιοχών.

Η σημασία της ενασχόλησης με τα ενεργειακά ζητήματα των ορεινών περιοχών δεν περιορίζεται στη βελτίωση των προοπτικών του ελληνικού ορεινού χώρου. Στα βουνά του λεγόμενου αναπτυσσόμενου κόσμου, το βασικό διακύβευμα δεν είναι η εξασφάλιση της ενεργειακής τροφοδοσίας σε προσιτό κόστος και η μεγιστοποίηση του οφέλους των τοπικών κοινωνιών από την ανάπτυξη των ΑΠΕ, όπως στην Ελλάδα, την Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική. Στην υποσαχάρια Αφρική, στην Ινδία, στο Νεπάλ, στο Περού, στη Βολιβία παραμένει κυρίαρχο ζητούμενο η πρόσβαση των ανθρώπων σε βασικές ενεργειακές υπηρεσίες. Μία ελάχιστη ηλεκτρική ισχύς, της τάξης των 100W κατά κεφαλήν (15% της μέσης κατά κεφαλήν ισχύος στον «ανεπτυγμένο» κόσμο), μπορεί να οδηγήσει σε ριζική βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των νοικοκυριών (Goldemberg et al. 1985). Και δεν είναι μόνο η ποιότητα ζωής και η έξοδος από την απόλυτη φτώχεια. Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας έχει αποδειχθεί ότι παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση, εν γένει, με την οικονομική ανάπτυξη (Ferguson et al. 2000).

Παρ' όλα αυτά, σχεδόν 30 χρόνια μετά τις εκτιμήσεις των Goldemberg et al., υπολογίζεται ότι πάνω από 1,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν έχουν πρόσβαση στην ενέργεια. Οι αγροτικές, απομονωμένες περιοχές (rural areas) στις οποίες εντάσσονται και οι ορεινές περιοχές αποτελούν τις περιοχές που κατ' εξοχήν πλήττονται από έλλειψη πρόσβασης σε ενεργειακές υπηρεσίες. Έτσι, η ανάπτυξη των ορεινών περιοχών του πλανήτη και η έξοδος των πληθυσμών τους από την απόλυτη φτώχεια έχει ως κεντρικό προαπαιτούμενο την ενεργειακή τροφοδοσία. Ένα επιπλέον σημαντικό θέμα είναι η παροχή επαρκών ποσοτήτων ενέργειας στις απομονωμένες ορεινές περιοχές, χωρίς να υπάρξει μεγάλη αύξηση στη χρήση ορυκτών καυσίμων και συνεπώς περαιτέρω ένταση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Οι ΑΠΕ και η αποκεντρωμένη, χωρίς σύνδεση με τα κεντρικά δίκτυα, ενεργειακή παραγωγή θεωρείται σημαντική ευκαιρία για τους πληθυσμούς χωρίς πρόσβαση σε ενέργεια (UNDP 2000, Reddy 2002). Έτσι, οι ορεινές περιοχές στον αναπτυσσόμενο κόσμο επίσης χρειάζονται εξειδικευμένη προσέγγιση ως προς τα ενεργειακά θέματα, για να έχουν ελπίδα να ξεφύγουν από τις συνθήκες φτώχειας που τις καθηλώνουν.

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και η αξία των βουνών συνηγορούν στο ότι είναι αναγκαίο να υπάρξουν προσπάθειες και πολιτικές για την προστασία και ανάπτυξη των ορεινών περιοχών. Από το 1992, με ειδικό κεφάλαιο στην Agenda 21, το γεγονός αυτό έχει ενταχθεί στην παγκόσμια στρατηγική για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Οι δύο βασικοί άξονες που τέθηκαν για την προστασία και ανάπτυξη των ορεινών περιοχών ήταν αφ' ενός η ενίσχυση της γνώσης για την οικολογία και τη βιώσιμη ανάπτυξη των ορεινών οικοσυστημάτων και αφ' ετέρου η προώθηση ολοκληρωμένων πολιτικών διαχείρισης των



υδατικών λεκανών και η δημιουργία ευκαιριών για εναλλακτική οργάνωση των ορεινών κοινοτήτων. Παρά τις προσπάθειες που έγιναν, με βάση εκτιμήσεις οργανισμών (UNDP 2000, ICIMOD 2010) και όπως φάνηκε και από ορισμένα από τα στοιχεία που παρατέθηκαν, οι ορεινές περιοχές συνεχίζουν να αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα, απέχοντας κατά πολύ από τους στόχους της βιώσιμης αναπτυξιακής πολιτικής. Γενικότερα, η βιώσιμη αειφόρος ανάπτυξη, δηλαδή η «ανάπτυξη που καλύπτει τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες» (WCED 1987) φαίνεται ότι δεν έχει επιτύχει τις φιλόδοξες επιδιώξεις που έθεσε το 1987 η επιτροπή Brundtland, η οποία και επεξεργάστηκε το ζήτημα της αλλαγής της παγκόσμιας αναπτυξιακής στρατηγικής από την μονόπλευρη οικονομική μεγέθυνση προς μια περισσότερο ισόρροπη κατεύθυνση. Υπό την απόλυτη κυριαρχία των αγορών, από τους τρεις – θεωρητικά - «πυλώνες» της βιώσιμης ανάπτυξης (οικονομική αποτελεσματικότητα, κοινωνική δικαιοσύνη, προστασία του περιβάλλοντος) εμφανίζεται να προκρίνεται μόνο ο οικονομικός οδηγώντας στη συνέχιση και διεύρυνση των κοινωνικών ανισοτήτων και των περιβαλλοντικών προβλημάτων, ειδικά σε φύσει μη – ανταγωνιστικές περιοχές, όπως οι ορεινές.

Η διαμόρφωση ενός καλύτερου μέλλοντος για τις ορεινές περιοχές του πλανήτη περνά μέσα από την αναδιάρθρωση των κυρίαρχων πολιτικών που έχουν στον πυρήνα τους την ανταγωνιστικότητα και τη μεγιστοποίηση της ιδιωτικής κερδοφορίας. Στη θέση της βιώσιμης ανάπτυξης είναι ανάγκη να διαμορφωθεί ένα διαφορετικό αναπτυξιακό μοντέλο, απελευθερωμένο από την κυριαρχία των δυνάμεων της αγοράς, που θα στοχεύει στην ισόρροπη ανάπτυξη όλων των τομέων της ανθρώπινης δραστηριότητας, με σεβασμό στο φυσικό περιβάλλον. Συνεκτιμώντας ότι η επίτευξη μιας τέτοιας πραγματικής, ουσιαστικής και ισόρροπης ανάπτυξης πρέπει να αποτελεί προϊόν διεπιστημονικής προσέγγισης και συνεργασίας (Ρόκος 1996), τότε ένα σημαντικό τμήμα της συμβολής των τεχνολογικών επιστημών στην ανάπτυξη των ορεινών περιοχών δεν μπορεί παρά να σχετίζεται με τα ενεργειακά θέματα. Ο στόχος μπορεί να είναι διαφορετικός, αναλόγως των συνθηκών. Από την εξασφάλιση της στοιχειώδους πρόσβασης στην ηλεκτρική ενέργεια έως τη διασφάλιση ενός υψηλού επιπέδου παροχής ενεργειακών υπηρεσιών και βελτιστοποίησης χρήσης των ενεργειακών πόρων. Σε κάθε περίπτωση, όμως, η διαμόρφωση ολοκληρωμένων στρατηγικών για το περιβάλλον και την ανάπτυξη των ορεινών περιοχών έχει στον πυρήνα της την ενέργεια και η κοινωνική χρησιμότητα της έρευνας στο αντικείμενο αυτό είναι ιδιαίτερα υψηλή.

Βασικά ζητήματα που χρειάζεται να διερευνηθούν, ώστε να αντιμετωπιστούν με επιτυχία τα ενεργειακά θέματα στις ορεινές περιοχές, είναι αφ' ενός ο εντοπισμός των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών και αφ' ετέρου η βελτιστοποίηση της χρήσης των ενεργειακών πόρων σε αυτές, η οποία θα ανταποκρίνεται στο ιδιαίτερο ενεργειακό προφίλ τους. Μέσω της παρούσας εργασίας πραγματοποιείται μια συστηματική προσέγγιση των βασικών αυτών ζητημάτων, ως συμβολή στην κατεύθυνση της επίτευξης της προσιτής ενεργειακής κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων των ορεινών περιοχών, της μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υφιστάμενων ενεργειακών συστημάτων και της αποδοτικής αξιοποίησης των τοπικών ενεργειακών πόρων και των διαθέσιμων τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας.

## 1.2 Χαρακτηριστικά γνωρίσματα του ορεινού χώρου και ενέργεια

Παρά το ότι – τουλάχιστον εμπειρικά – φαντάζει εύκολο να περιγραφεί μια ορεινή περιοχή, η διατύπωση ενός σαφούς, επιστημονικά τεκμηριωμένου ορισμού αποδεικνύεται σύνθετη διαδικασία. Αρχικά, πέρα από την απλή διαπίστωση ότι ως βουνό ορίζεται μια περιοχή που υψώνεται υπεράνω των γειτονικών της, ο καθορισμός των ορεινών περιοχών βασίστηκε περισσότερο σε πολιτισμικές παραμέτρους. Στην πρώτη συστηματική μελέτη για τον ορεινό χώρο, ο γεωγράφος Roderick Peattie, το 1936, έγραφε: «Σε μεγάλο βαθμό, μία έξαρση του εδάφους χαρακτηρίζεται ως βουνό, λόγω του ρόλου που παίζει στη λαϊκή φαντασία. Μπορεί μία περιοχή να είναι λίγο ψηλότερη από ένα λόφο. Αλλά, εάν τη διακρίνει μία ξεχωριστή σημασία ή παίζει έναν λιγότερο ή περισσότερο συμβολικό ρόλο για τους ανθρώπους, είναι πιθανόν να χαρακτηριστεί ως βουνό».

Χρειάστηκε να περάσουν 60 χρόνια από τη συγγραφή της μονογραφίας του Peattie, προκειμένου τεχνικές και τεχνολογίες, όπως η ανάλυση χώρου και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών να αξιοποιηθούν στην κατεύθυνση της χαρτογράφησης και του τεχνικού προσδιορισμού του ορεινού χώρου. Το μεγάλο χρονικό κενό είναι ενδεικτικό της, σε παγκόσμιο επίπεδο, περιθωριοποίησης των ορεινών περιοχών, οι οποίες σε ελάχιστες περιπτώσεις αποτελούν κέντρα σημαντικής οικονομικής δραστηριότητας, η οποία, δυστυχώς, έλκει και την αντίστοιχη επιστημονική δραστηριότητα. Η αναθέρμανση του ερευνητικού ενδιαφέροντος για τα βουνά οφείλεται στην ένταση της ανησυχίας για τα περιβαλλοντικά ζητήματα και την αναγνώριση της σημασίας των βουνών για την πλανητική ισορροπία.

Το 1997 οι Messerli και Ives χαρτογράφησαν τη γήινη επιφάνεια και αποτύπωσαν με ακρίβεια την κατανομή του εδάφους του πλανήτη σε υψομετρικές ζώνες. Τελικά, στη βάση της έρευνας των Messerli και Ives, με λεπτομερέστερη χαρτογράφηση και συνυπολογίζοντας τον παράγοντα της υψομετρικής διαφοράς, ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) προέκρινε για την οριοθέτηση των ορεινών περιοχών, το 2002, τον ακόλουθο ορισμό: «Για να χαρακτηριστεί μία περιοχή ως ορεινή θα πρέπει να παρατηρείται υψομετρική διαφορά τουλάχιστον 300m σε οριζόντια απόσταση 7km». Με αυτόν τον ορισμό κατέστη δυνατή η συμπερίληψη στις ορεινές περιοχές της γης γεωγραφικών ενοτήτων, με σχετικά χαμηλά υψόμετρα αλλά με πρόδηλα ορεινά χαρακτηριστικά, όπως τα Highlands της Σκωτίας και ορισμένα ελληνικά νησιά.

Η εξειδίκευση πολιτικών για τον ορεινό χώρο δεν μπορεί να βασιστεί στον ανωτέρω ορισμό, αποκλειστικά, αλλά χρειάζεται, αναλόγως των ιδιαίτερων συνθηκών κάθε χώρας, ειδικότερη οριοθέτηση των ορεινών περιοχών. Στην Ελλάδα, με βάση τους ορισμούς και τα κριτήρια της ΕΣΥΕ (νυν ΕΛΣΤΑΤ) και του Υπουργείου Γεωργίας, ισχύουν τα ακόλουθα όσον αφορά στον καθορισμό των ορεινών περιοχών και το χαρακτηρισμό του πληθυσμού ως ορεινού (Παναγιώτου 2007, Μπασσιούκα 2011):

- Ορεινή ζώνη: Μια περιοχή ανήκει στην ορεινή ζώνη, εφ' όσον βρίσκεται πάνω από τα 700-800m υψόμετρο και έχει μέση κλίση μεγαλύτερη του 35%.
- Ορεινός πληθυσμός: Ο πληθυσμός των δημοτικών και κοινοτικών διαμερισμάτων, των οποίων η επιφάνεια είναι κατ' εξοχήν κεκλιμένη και ανώμαλη, διακόπτεται από χαράδρες ή καλύπτεται από απότομους ορεινούς όγκους, οι οποίοι δημιουργούν στο έδαφος βαθιές και πολλαπλές πτυχώσεις με υψομετρικές διαφορές σημείων των δημοτικών ή κοινοτικών διαμερισμάτων πάνω από 400 μέτρα, καθώς επίσης και των δημοτικών ή κοινοτικών διαμερισμάτων των

οποίων ολόκληρη η επιφάνεια ή μεγάλο μέρος αυτής βρίσκεται σε υψόμετρο πάνω από 800 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας

- Ορεινός Δήμος: Ένας Δήμος χαρακτηρίζεται ως ορεινός αναλόγως της τιμής που υπολογίζεται για το δείκτη ΔΧ, ο οποίος ορίζεται ως:

$$\Delta X = 10 \cdot \Pi_{\pi} + 20 \cdot \Pi_{\eta} + 30 \cdot \Pi_{\omicron}$$

$\Pi_{\pi}$ : Ποσοστό έκτασης του Δήμου που ανήκει στην πεδινή ζώνη

$\Pi_{\eta}$ : Ποσοστό έκτασης του Δήμου που ανήκει στην ημιορεινή ζώνη

$\Pi_{\omicron}$ : Ποσοστό έκτασης του Δήμου που ανήκει στην ορεινή ζώνη

Εάν η τιμή του δείκτη ΔΧ κυμαίνεται από 23,4 έως 30, ο Δήμος χαρακτηρίζεται ορεινός.

Με βάση τους ορισμούς αυτούς, προκύπτει ότι το 8,5% του ελληνικού πληθυσμού χαρακτηρίζεται ως ορεινός (απογραφή 2001), το 61,6% των δημοτικών και κοινοτικών διαμερισμάτων είναι ορεινά και καλύπτουν το 71,3% της συνολικής έκτασης της χώρας (ΕΣΥΕ, 1995). Η διοικητική μεταρρύθμιση του «Καλλικράτη» οδήγησε στη μείωση του αριθμού των Δήμων που χαρακτηρίζονται ορεινοί και έτσι μόλις το 9,5% των ελληνικών Δήμων θεωρούνται, πλέον, ορεινοί, γεγονός που έρχεται σε προφανή αντίθεση με τη γεωγραφία της χώρας.

Σε κάθε περίπτωση, η συστηματική προσέγγιση των ζητημάτων που αφορούν στον ελληνικό ορεινό χώρο είναι απαραίτητη εφ' όσον αφορά στα τρία τέταρτα της έκτασης της χώρας και στο ένα δέκατο του πληθυσμού της, ανεξαρτήτως των διοικητικών ρυθμίσεων. Η αναπτυξιακή και πολιτική περιθωριοποίηση της ορεινής Ελλάδας συνοδεύτηκε και από ένα σημαντικό επιστημονικό κενό όσον αφορά στη μελέτη και την έρευνα των ορεινών περιοχών. Η ίδρυση, το 1993, του ΜΕΚΔΕ από το ΕΜΠ, το οποίο έχει ως αντικείμενο έρευνας τον ορεινό χώρο, και στη συνέχεια η λειτουργία, από το 2008, του μεταπτυχιακού προγράμματος «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών», στις εγκαταστάσεις του ΕΜΠ στο Μέτσοβο, αποτελούν σημαντικές κινήσεις στην κατεύθυνση της κάλυψης του επιστημονικού κενού στην έρευνα των ορεινών περιοχών.

Στη συνέχεια συνοψίζονται τα κύρια χαρακτηριστικά της γεωγραφίας και των κοινωνιών του ορεινού χώρου καθώς και η σχέση τους με τον ενεργειακό τομέα.

### **Υψόμετρο**

Το υψόμετρο είναι αναμφισβήτητα η κύρια γεωγραφική παράμετρος του ορεινού χώρου. Συνολικά, στη γη, το 48% του εδάφους απλώνεται σε υψόμετρα άνω των 500m, το 11% σε υψόμετρα άνω των 2000m και το 2% σε υψόμετρα άνω των 4000m (Καλιαμπάκος et al. 2009). Στην Ελλάδα το 20% των οικισμών βρίσκεται πάνω από τα 600m υψόμετρο αλλά οι οικισμοί αυτοί φιλοξενούν μόλις το 6% του πληθυσμού. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι τραχείες συνθήκες που επικρατούν στα μεγάλα υψόμετρα οδηγούν στην εκθετική μείωση του πληθυσμού συναρτήσει του υψομέτρου. Συνολικά, το 12% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε ορεινές περιοχές.

Το υψόμετρο είναι η πλέον καθοριστική για τη διαμόρφωση και άλλων χαρακτηριστικών των ορεινών περιοχών, όπως το κλίμα. Το ορεινό κλίμα χαρακτηρίζεται από δριμείς χειμώνες και σύντομα καλοκαίρια, γεγονός καθοριστικό για τη διαμόρφωση των ενεργειακών αναγκών των ορεινών περιοχών. Λόγω της ιδιαίτερης σημασίας του κλίματος για τη διαμόρφωση των ενεργειακών αναγκών, γίνεται ιδιαίτερη αναφορά σε αυτό στην Ενότητα 1.3. Επίσης, η επίδραση του υψομέτρου στο κλίμα και τα ενεργειακά φορτία προσεγγίζεται αναλυτικά στα Κεφάλαια 3 και 5.

## Κλίση

Όπως φάνηκε και από τους ορισμούς των ορεινών περιοχών, η κλίση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του ορεινού τοπίου. Οι απότομες πλαγιές είναι ταυτισμένες με τα βουνά. Η ύπαρξη μεγάλων εκτάσεων με απότομη κλίση περιορίζει το χώρο που μπορεί να φιλοξενήσει οικισμούς και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες καθώς και υποδομές στα βουνά. Εύστοχα αναφέρεται ότι το πολυτιμότερο αγαθό στον ορεινό χώρο είναι οι επίπεδες εκτάσεις, η ύπαρξη των οποίων διευκολύνει τις καλλιέργειες (Peattie 1936). Ενίοτε, δεν υπάρχει η παραμικρή διαθεσιμότητα επίπεδων εκτάσεων στα βουνά. Τότε, οι ορεινοί πληθυσμοί είναι αναγκασμένοι να αναπτύξουν γεωργικές δραστηριότητες σε απότομες πλαγιές και αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη της καλλιέργειας σε αναβαθμίδες, που συχνά εντυπωσιάζουν με την τεχνική της κατασκευής τους. Ο περιορισμένος χώρος για καλλιέργεια στις ορεινές περιοχές, λόγω της κλίσης, οδηγεί, σε πολλές ορεινές περιοχές του πλανήτη, στην ύπαρξη ενός ιδιαίτερου, εθιμικού χαρακτήρα, πλαισίου κανονισμών για τη χρήση της γης, το κτίσιμο των αναβαθμίδων, τη διέλευση μέσα από αυτές και τη χρήση του νερού για την άρδυσή τους.

Συναρτήσει του υψομέτρου, ο πληθυσμός στη γη μειώνεται εκθετικά. Αν ληφθεί υπ' όψιν η αριθμητική πυκνότητα (πληθυσμός περιοχής μελέτης προς συνολική έκταση περιοχής), τότε ο ορεινός χώρος προκύπτει αραιοκατοικημένος. Όμως, ο πολύ περιορισμένος ζωτικός χώρος στα βουνά συντελεί ώστε πολλές ορεινές περιοχές να είναι, τελικά, πυκνοκατοικημένες παρά τον μικρό, σε απόλυτα μεγέθη πληθυσμό τους. Οι μεγάλες κλίσεις και οι αφιλόξενες συνθήκες που κυριαρχούν σε μεγάλα ποσοστά της έκτασης των βουνών, καθιστούν ένα μικρό τμήμα των ορεινών περιοχών κατοικήσιμο. Για να μελετηθεί η πληθυσμιακή πυκνότητα στις κατοικήσιμες εκτάσεις χρησιμοποιείται ο όρος της φυσιολογικής πυκνότητας, η οποία ουσιαστικά αναφέρεται στο πηλίκο του πληθυσμού μιας γεωγραφικής ενότητας προς την έκταση, η οποία είναι κατάλληλη για αγροτική εκμετάλλευση, έστω και χαμηλής απόδοσης, θεωρώντας ότι ουσιαστικά μόνο στην έκταση αυτή μπορούν να στηριχθούν ανθρώπινες δραστηριότητες (Καλιαμπάκος et al. 2009). Έτσι, με όρους φυσιολογικής πυκνότητας, ειδικά σε περιοχές με ξηρές συνθήκες (οροπέδια Ιμαλαΐων και Άνδεων) η πληθυσμιακή συγκέντρωση είναι μεγάλη.

Η ύπαρξη έντονων κλίσεων αποτελεί αποτρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη ανθρώπινων δραστηριοτήτων, αφού περιορίζει το διαθέσιμο, ζωτικό χώρο. Για παράδειγμα, ενώ στην περιοχή του Παρνασσού βρίσκεται το πλέον πολυσύχναστο κέντρο ορεινού τουρισμού της χώρας, η Αράχωβα, λίγα χιλιόμετρα από αυτήν, στα ανατολικά του βουνού απλώνεται μια εκτεταμένη ζώνη από ορθοπλαγιές (Εικόνα 1.1), η οποία αποτρέπει την ανάπτυξη της παραμικρής ανθρώπινης δραστηριότητας από τα 400 έως τα 2000m υψόμετρο (Ματσούκα & Αδαμακόπουλος 2008). Ο ζωτικός χώρος περιορίζεται ακόμη περισσότερο, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η ύπαρξη έντονων κλίσεων ευνοεί την ανάπτυξη κατολισθητικών φαινομένων (Κουμαντάκης 2011).

Η κρισιμότητα των επίπεδων εκτάσεων για την επιβίωση στις ορεινές περιοχές οδηγεί, συχνά, στην ανάπτυξη των ορεινών οικισμών όχι σε ομαλά οροπέδια αλλά σε απότομες πλαγιές, ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη δυνατή έκταση για καλλιέργειες. Αυτό συντελεί στην ύπαρξη ιδιαίτερων μορφολογικών, πολεοδομικών και οικοδομικών χαρακτηριστικών στους ορεινούς οικισμούς. Στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα υψομετρικών διαφορών και κλίσεων εντός ορεινών οικισμών της Ελλάδας. Οι μεγάλες υψομετρικές διαφορές που ξεπερνούν ενίοτε και τα 400m μπορούν να οδηγήσουν ακόμη και σε διαφοροποίηση των κλιματικών συνθηκών εντός του ίδιου οικισμού. Αλλά και σε επίπεδο Δήμου οι κλίσεις στα ορεινά είναι μεγάλες. Σύμφωνα με τους ορισμούς

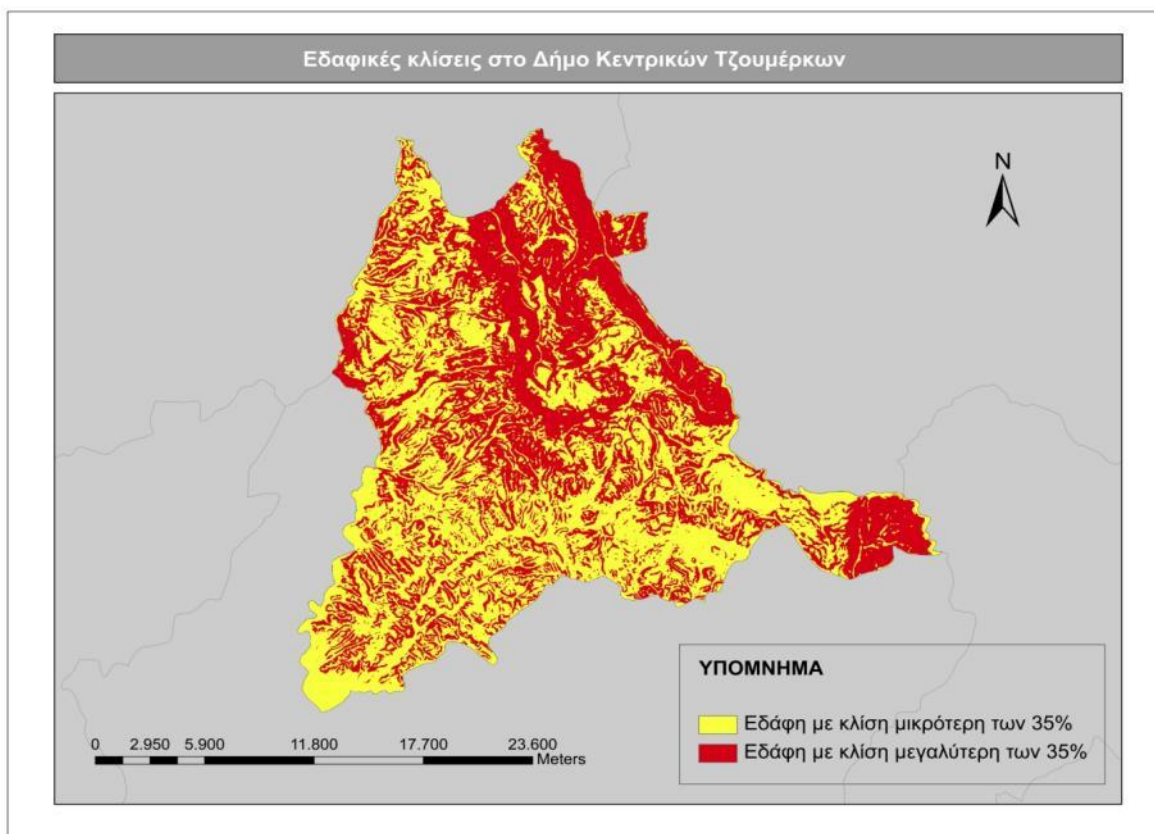
της ΕΛΣΤΑΤ, ένας Δήμος θεωρείται ορεινός όταν βρίσκεται σε υψόμετρο 700-800m και η μέση κλίση του ξεπερνά το 35%. Αυτό το μέγεθος κλίσης είναι μεγάλο αλλά ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα στην πραγματικότητα πολλών από τις ορεινές ενότητες της Ελλάδας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο Δήμος Κεντρικών Τζουμέρκων, στην Περιφερειακή Ενότητα Άρτας, στην Ήπειρο. Ο Δήμος απλώνεται στις δυτικές απολήξεις των Τζουμέρκων, ενός ορεινού συγκροτήματος, με εντυπωσιακές, απότομες πλαγιές. Αναλύοντας το ανάγλυφο της περιοχής, προκύπτει ότι σχεδόν η μισή έκταση του Δήμου (48%) έχει κλίσεις μεγαλύτερες του 35% (Χάρτης 1.1).



**Εικόνα 1.1.** Η περιοχή του ανατολικού Παρνασσού, στην οποία οι απόκρημνες πλαγιές εμποδίζουν την εγκατάσταση οικισμών

**Πίνακας 1.1.** Υψομετρικό εύρος και κλίσεις ορισμένων ορεινών οικισμών στον ελληνικό χώρο

Οικισμός	Ανώτατο υψόμετρο (m)	Κατώτατο υψόμετρο (m)	Απόσταση (m)	Κλίση (%)
Αράχωβα	1.015	874	600	23,5
Καρπενήσι	1.080	836	1.600	15,2
Λαγκάδια	1.085	875	900	23,3
Λάμπεια	985	763	1.000	22,2
Μακρινίτσα	760	320	1.300	33,8
Μέτσοβο	1.250	1003	1.000	24,7
Συρράκο	1.240	1070	420	40,4



**Χάρτης 1.1.** Κατανομή του εδάφους του Καποδιστριακού Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων, αναλόγως των κλίσεων του εδάφους

Η επίδραση του μειωμένου ωφέλιμου χώρου στον ενεργειακό τομέα, σχετίζεται με τη δυσκολία χωροθέτησης ενεργειακών έργων, ιδίως όσων απαιτούν μεγάλες εκτάσεις, όπως τα φωτοβολταϊκά. Σε μελέτες χωροθέτησης ενεργειακών εγκαταστάσεων αναφέρεται ότι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής σε εδάφη με κλίση άνω του 35% καλό είναι να αποφεύγεται (ΚΑΠΕ & Eurotec 2011). Έτσι, οι ορεινοί Δήμοι της χώρας που έχουν μέση κλίση άνω του 35%, εξ' αρχής διαθέτουν περιορισμένες εκτάσεις για εγκατάσταση μεγάλων φωτοβολταϊκών έργων. Επιπλέον, σε πολλούς ορεινούς Δήμους υπάρχουν εκτεταμένες δασικές εκτάσεις (σε ποσοστά άνω του 70% σε περιοχές όπως το Μέτσοβο και το Καρπενήσι). Το γεγονός αυτό επιτείνει το ζήτημα της έλλειψης χώρου για χωροθέτηση ενεργειακών έργων, αφού δεν μπορούν να κατασκευαστούν ενεργειακές μονάδες εντός των δασών. Η χωροθέτηση ενεργειακών έργων στα ορεινά μπορεί να συγκρουστεί και με αγροτικές χρήσεις γης. Οι ελάχιστες επίπεδες, παραγωγικές εκτάσεις είναι πολύτιμες για τους ορεινούς πληθυσμούς και έτσι η εγκατάσταση ενεργειακών μονάδων σε αυτές δεν αποτελεί ορθολογική πρακτική. Στον Πίνακα 1.2 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χρήσεων γης από την περιοχή της ορεινής Ναυπακτίας. Είναι εμφανές ότι αν εξαιρεθούν τα δάση και οι καλλιέργειες, οι κατ' αρχήν διαθέσιμες εκτάσεις χωροθέτησης δραστηριοτήτων περιορίζονται σημαντικά.

**Πίνακας 1.2** Χρήσεις γης στην ορεινή Ναυπακτία

Χρήση	Έκταση (χιλ. στρέμματα)
Καλλιέργειες	70
Βοσκότοποι	38,5
Δάση	410
Ύδατα	4
Οικισμοί	0,5
Άλλες χρήσεις	28

Εκτός από εκτεταμένες μονάδες, όπως τα φωτοβολταϊκά, οι λίγες διαθέσιμες εκτάσεις, σε συνδυασμό με τα κατολισθητικά φαινόμενα που ευνοούνται από τις μεγάλες κλίσεις, ενδέχεται να δημιουργήσουν προβλήματα και στη χωροθέτηση μικρής έκτασης ενεργειακών έργων, όπως μεμονωμένες ανεμογεννήτριες και εγκαταστάσεις βιομάζας.

Από την άλλη πλευρά, η κλίση έχει και μία θετική επίπτωση στον ενεργειακό τομέα. Αποτελεί ευνοϊκό παράγοντα για την ανάπτυξη υδροηλεκτρικών έργων, ιδίως μικρών. Η ενεργειακή παραγωγή μιας υδροηλεκτρικής μονάδας ενισχύεται όταν υπάρχει αυξημένο ύψος υδατόπτωσης. Η παραγόμενη ενέργεια είναι ανάλογη του ύψους υδατόπτωσης. Ενδεικτικά, αν υπάρχει αξιοποιήσιμο υδατικό δυναμικό σε μια ορεινή περιοχή με κλίση 35% και σε μια άλλη περιοχή με κλίση 10%, με ίδια παροχή υδατορεύματος και ίδιο μήκος αγωγού υδροληψίας, τότε η ισχύς της μονάδας στην ορεινή περιοχή θα είναι 3,3 φορές μεγαλύτερη. Επίσης, όταν υπάρχουν αυξημένα ύψη υδραυλικής πτώσης, εκτιμάται ότι το κόστος εγκατάστασης των μικρών υδροηλεκτρικών έργων είναι μειωμένο κατά 15% σε σχέση με τις περιπτώσεις, που το διαθέσιμο ύψος πτώσης είναι περιορισμένο (Παπαντώνης 2008, Τσαλέμης et al. 2012). Συνεπώς, οι αυξημένες κλίσεις ευνοούν την υδροηλεκτρική παραγωγή.

Με βάση τα ανωτέρω, στον ενεργειακό σχεδιασμό των ορεινών περιοχών θα πρέπει να γίνονται συντηρητικές εκτιμήσεις για το διαθέσιμο χώρο εγκατάστασης ενεργειακών έργων, ιδιαίτερα των φωτοβολταϊκών, ώστε να αποτυπώνονται με ρεαλιστικό τρόπο οι δυνατότητες ανάπτυξης και συμβολής τους στα τοπικά ενεργειακά συστήματα. Χρειάζεται να αντιμετωπίζονται με προσοχή οι παραγωγικές δομές του πρωτογενούς τομέα, αποφεύγοντας τη χωροθέτηση έργων σε αγροτικές εκτάσεις και να υπάρχει επαρκής εκτίμηση των κινδύνων από κατολισθήσεις που μπορεί να θέσουν εμπόδια τόσο στην ανάπτυξη των ίδιων των ενεργειακών υποδομών όσο και των συνοδών έργων (δρόμοι πρόσβασης στα αιολικά πάρκα).

### **Απομόνωση**

Το ορεινό ανάγλυφο συντελεί στη γεωγραφική απομόνωση των ορεινών οικισμών και των ορεινών περιοχών γενικότερα. Οι ορεινοί όγκοι λειτουργούν ως φραγμοί και όρια στη μετάβαση από και προς τις ορεινές περιοχές. Είναι χαρακτηριστικό ότι στα βουνά της Νέας Γουϊνέας, τα τελευταία 50 χρόνια, ανακαλύφθηκαν φυλές, των οποίων ο πολιτισμός και η οργάνωση έχει χαρακτηριστικά της λίθινης εποχής, λόγω της πλήρους έλλειψης επαφής με τον υπόλοιπο κόσμο.

Η απομόνωση έχει τόσο φυσικές όσο και κοινωνικές επιπτώσεις. Μια από τις βασικές φυσικές επιπτώσεις είναι το ότι ευνοεί τον ενδημισμό και, συνεπώς, τη βιοποικιλότητα. Θεωρείται ότι τα βουνά αποτελούν «νησιά» βιοποικιλότητας μέσα σε «θάλασσες» αλλοιωμένων από την ανθρώπινη

δραστηριότητα τοπίων και οικοσυστημάτων στα χαμηλότερα υψόμετρα. Η δυσκολία πρόσβασης σε πολλές ορεινές περιοχές προσφέρει ασφαλές καταφύγιο στην άγρια ζωή. Στην Ελλάδα, 8 από τους 10 εθνικούς δρυμούς της χώρας βρίσκονται σε ορεινά συγκροτήματα. Στον Ταϋγέτο, η γεωγραφική θέση του βουνού, σε συνδυασμό με την προστασία από την ανθρώπινη παρουσία πολλών περιοχών του βουνού, συμβάλλουν στην ύπαρξη 33 (πολύ μεγάλος αριθμός) αποκλειστικά ενδημικών του Ταϋγέτου φυτών. Η διατήρηση των ορεινών οικοσυστημάτων έχει κομβική σημασία για την πλανητική ισορροπία, αφού η προστασία της βιοποικιλότητας προσφέρει σταθερότητα στα οικοσυστήματα, τροφοδοτεί τη γεωργία, συντελεί στην προστασία των δασών και αποτελεί τουριστικό πόρο.

Στο κοινωνικό πεδίο, η απομόνωση οδηγεί στην αποκοπή από άλλους πολιτισμούς, ωθεί τις ορεινές κοινωνίες στην προσκόλληση στις παραδοσιακές, τοπικές κουλτούρες και τη διατήρηση της πολιτισμικής κληρονομιάς ενώ, παράλληλα, περιορίζει την οικονομική δραστηριότητα σε αυτές. Στις ορεινές περιοχές έχουν κρατηθεί ζωντανά πολλά στοιχεία της παραδοσιακής κουλτούρας. Σε περιοχές, όπως ο Ινδοκάκασος, οι Άνδεις, τα Ιμαλάια, υπάρχουν πληθυσμοί που ζουν ακόμη με βάση ένα παλιό τρόπο ζωής και κοινωνικής οργάνωσης, πρακτικά ανεπηρέαστοι από τον τεχνολογικό πολιτισμό και τα παγκοσμιοποιημένα πρότυπα ζωής. Στην Ελλάδα, αν και ο τρόπος ζωής στα ορεινά ακολουθεί τα γενικά πρότυπα, οι ορεινές περιοχές συνεχίζουν να αποτελούν κύτταρα διατήρησης παραδοσιακών εθίμων και θύλακες διατήρησης της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής. Σε αρκετές περιπτώσεις (π.χ. Ζαγόρι, Συρράκο) οι ορεινοί ασχολήθηκαν με το εμπόριο, αποκτώντας επαφές με τα μεγάλα αστικά κέντρα της Ευρώπης. Αυτό το στοιχείο, αν και επηρέασε τον πολιτισμό τους (π.χ. εμπλουτισμός των αρχιτεκτονικών μορφών), δεν οδήγησε στην απομάκρυνση από τις παραδόσεις και τα έθιμα. Ίσως, μάλιστα, οι επαφές με άλλους πολιτισμούς και συνήθειες να έδρασαν και ενισχυτικά ως προς το χαρακτηριστικό του «ανήκειν σε ομάδα» που διέπει τους ορεινούς πολιτισμούς.

Βασική επίπτωση της απομόνωσης στον ενεργειακό τομέα είναι οι δυσχέρειες στην ενεργειακή τροφοδοσία. Οι ορεινοί οικισμοί είναι κτισμένοι σε μεγάλη απόσταση από τα αστικά και βιομηχανικά κέντρα και, συνήθως, βρίσκονται μακριά και από τα μεγάλα ενεργειακά κέντρα (π.χ. ατμοηλεκτρικοί σταθμοί). Έτσι, η επέκταση του δικτύου ηλεκτροδότησης και η μεταφορά καυσίμων στις ορεινές περιοχές επιβαρύνονται με ιδιαίτερα μεγάλα κόστη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, εκτεταμένες ορεινές ενότητες του πλανήτη να μην έχουν την παραμικρή πρόσβαση σε ενεργειακές υπηρεσίες. Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις τα δίκτυα ηλεκτροδότησης που υπάρχουν στα ορεινά είναι ανεπαρκή ή παλιά και καθιστούν τους ορεινούς οικισμούς ευάλωτους σε διακοπές της ηλεκτροδότησης, οι οποίες, επιπλέον, λόγω των δυσκολιών στην πρόσβαση, απαιτούν συνήθως μεγαλύτερους χρόνους και υψηλότερα κόστη αποκατάστασης.

Στον Πίνακα 1.3 αποτυπώνονται οι αποστάσεις ορισμένων ορεινών οικισμών στην Ελλάδα από την πρωτεύουσα του νομού, στον οποίο ανήκουν, καθώς και ο απαιτούμενος χρόνος κάλυψης της απόστασης αυτής με αυτοκίνητο. Παρατηρείται ότι, πέρα από την ενίοτε μεγάλη απόσταση από την πρωτεύουσα του νομού, ο απαιτούμενος χρόνος μετάβασης προς αυτήν είναι ιδιαίτερα αυξημένος, συνήθως λόγω της κατάστασης του οδικού δικτύου. Έτσι, το κόστος μεταφοράς αποκτά υπολογισιμό αντίκτυπο στις τιμές των καυσίμων στις ορεινές περιοχές. Την περίοδο του Νοεμβρίου του 2012, οι τιμές της αμόλυβδης βενζίνης στο νομό Ευρυτανίας ήταν 7% υψηλότερες, σε σχέση με την περιοχή της Αθήνας και οι τιμές του πετρελαίου θέρμανσης 5% υψηλότερες.



**Πίνακας 1.3.** Χιλιομετρικές αποστάσεις μεταξύ ορεινών οικισμών και πρωτεύουσας του νομού, στον οποίο υπάγονται και απαιτούμενος χρόνος κάλυψής τους. (Πηγή: ViaMichelin)

Ορεινός Οικισμός	Πρωτεύουσα νομού	Απόσταση (km)	Απαιτούμενος χρόνος
Ομαλός	Χανιά	40	1h 14min
Καλέτζι	Πάτρα	49	1h 20min
Στενή	Χαλκίδα	31	1h 01min
Άγραφα	Καρπενήσι	68	1h 51min
Αρτοτίνα	Άμφισσα	87	2h 32min
Συρράκο	Ιωάννινα	59	1h 29min
Μελισσουργοί	Άρτα	70	2h 01min
Σαμαρίνα	Γρεβενά	51	1h 15min

Οι δυσκολίες που θέτει η απομόνωση στην ενεργειακή τροφοδοσία επιτείνεται και από το σύνηθες μοντέλο ανάπτυξης των ενεργειακών δικτύων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένα κεντρικό, εθνικό δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας αρχίζει να αναπτύσσεται ξεκινώντας από τις μεγάλες ενεργειακές μονάδες και επεκτείνεται, τροφοδοτώντας, κατά προτεραιότητα, οικισμούς και δραστηριότητες που απαιτούν μικρότερα κόστη επένδυσης. Έτσι, οι ορεινές και απομονωμένες περιοχές είναι, συνήθως, οι τελευταίες που ηλεκτροδοτούνται (UNDP, 2000). Είναι χαρακτηριστικό ότι στην Ελλάδα, που ο πληθυσμός της δεν αντιμετωπίζει πλέον σοβαρά προβλήματα πρόσβασης στις ενεργειακές υπηρεσίες, περιοχές όπως τα Άγραφα ηλεκτροδοτήθηκαν στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Εκτός από το κόστος της επέκτασης, η δενδροειδής ανάπτυξη των δικτύων, με αφετηρία μεγάλες, κεντρικές μονάδες προς τις ορεινές περιοχές επιβαρύνεται και από άλλους παράγοντες: μη αποδοτική αξιοποίηση της διαθέσιμης ισχύος λόγω χαμηλής ζήτησης, υψηλές απώλειες ενέργειας στα εκτεταμένα δίκτυα μεταφοράς και διανομής, αιχμιακός χαρακτήρας ηλεκτρικών φορτίων στους μικρούς οικισμούς (Johansson & Goldemberg 2002).

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω, η απομόνωση των ορεινών περιοχών αποτελεί παράγοντα που πρέπει να οδηγήσει στην επανεξέταση του μοντέλου ανάπτυξης των ενεργειακών δικτύων και της ενεργειακής παραγωγής. Η εγκατάσταση αποκεντρωμένων μονάδων παραγωγής ενέργειας και η δημιουργία τοπικών δικτύων διανομής, στις περιπτώσεις των απομονωμένων ορεινών οικισμών, καθίσταται ιδιαίτερα ελκυστική επιλογή. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι η επέκταση του δικτύου ηλεκτροδότησης, σε απόσταση 100km, για την τροφοδοσία 1.500 νοικοκυριών (με δεδομένα ηλεκτρικών καταναλώσεων που αντιστοιχούν στα ελληνικά δεδομένα) έχει το ίδιο κόστος με την εγκατάσταση περίπου 4MW υδροηλεκτρικής ισχύος, που υπερκαλύπτει τα ηλεκτρικά φορτία των συγκεκριμένων νοικοκυριών. Εφ' όσον οι συνθήκες απομόνωσης καθιστούν προτιμότερη την εγκατάσταση αποκεντρωμένων μονάδων, το ζήτημα της επιλογής του βέλτιστου μίγματος ενεργειακών πηγών τίθεται ως επιτακτική ανάγκη για την εξασφάλιση της σταθερής και οικονομικής λειτουργίας του συστήματος. Έτσι, ο ενεργειακός σχεδιασμός αναδεικνύεται ως απαραίτητο εργαλείο για την προετοιμασία της ενεργειακής τροφοδοσίας των απομονωμένων, ορεινών περιοχών.

Εκτός από τα προβλήματα στην ενεργειακή τροφοδότηση που δημιουργεί η απομόνωση, μπορεί να δράσει και αποτρεπτικά στην «εξαγωγή» ενέργειας από τις ορεινές περιοχές. Συγκεκριμένα, εάν μια ορεινή περιοχή διαθέτει πλούσιο ενεργειακό δυναμικό, η εκμετάλλευσή του και η διοχέτευσή της

ενέργειας στο δίκτυο μπορεί να είναι εξαιρετικά προβληματική, αποστερώντας την περιοχή από μία σημαντική παραγωγική ευκαιρία.

Σημειώνεται ότι, όπως και στην περίπτωση των δικτύων ηλεκτροδότησης, η επέκταση των δικτύων φυσικού αερίου είναι ιδιαίτερα περιορισμένη στις ορεινές περιοχές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι ορεινοί οικισμοί, με τις αυξημένες θερμικές ανάγκες, να στερούνται της χρήσης μιας αποδοτικής ενεργειακής πηγής, με μικρότερο κόστος και λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από το πετρέλαιο. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι στο μοντέλο κατοικίας που χρησιμοποιήθηκε στην Ενότητα 5.1, το κόστος κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, εάν υπήρχε η δυνατότητα χρήσης φυσικού αερίου, στα 1000m υψόμετρο, θα ήταν 25% μειωμένο, σε σχέση με την περίπτωση της χρήσης πετρελαίου.

Εν κατακλείδι, η απομόνωση θέτει σοβαρά προβλήματα όσον αφορά στην ενεργειακή τροφοδοσία των ορεινών περιοχών. Αυτό, σε περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου δημιουργεί ιδιαίτερα αρνητικές συνθήκες για το βιοτικό επίπεδο των τοπικών κοινωνιών. Όμως, από την απομόνωση πηγάζει μια πρόκληση που είναι η τροφοδοσία όσων στερούνται ενεργειακές υπηρεσίες με αποκεντρωμένα συστήματα παραγωγής ενέργειας, που μπορούν να τροφοδοτούνται από ΑΠΕ, κάτι που μπορεί να επιλύσει ένα μείζον κοινωνικό πρόβλημα, με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον. Σε απομονωμένες περιοχές με επαρκή ενεργειακή κάλυψη, η αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας αποτελεί επίσης ενδιαφέρουσα προοπτική, διότι μπορεί να συντελέσει στη βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των υφιστάμενων ενεργειακών υποδομών αλλά και να αυξήσει το επίπεδο ενεργειακής ασφάλειας.

#### **Ασθενής παραγωγική βάση - φτώχεια**

Η έλλειψη μεγάλων, παραγωγικών καλλιεργήσιμων εκτάσεων, οι ψυχρές καιρικές συνθήκες καθώς και ο κατακερματισμένος κλήρος δρουν περιοριστικά ως προς τη γεωργική παραγωγή στα ορεινά. Η κτηνοτροφία, ιδιαίτερα ανεπτυγμένη κατά το παρελθόν στα βουνά, πλέον φθίνει, αφού οι μεγάλες, οργανωμένες κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις έχουν εκτοπίσει τον παραδοσιακό ημι-νομαδικό τρόπο εκτροφής των ζώων. Λόγω της απομόνωσης και του μικρού πληθυσμού, η λειτουργία μεταποιητικών μονάδων στις ορεινές περιοχές είναι πολύ περιορισμένη. Στον τριτογενή τομέα, οι εμπορικές δραστηριότητες είναι ελάχιστα ανεπτυγμένες στα ορεινά και ο τουρισμός προβάλλει ως η μόνη σημαντική παραγωγική δραστηριότητα / ευκαιρία.

Γενικώς με βάση τα παραπάνω, η παραγωγική βάση στις ορεινές περιοχές είναι ιδιαίτερα αδύναμη και οι ευκαιρίες απασχόλησης περιορισμένες. Επιπλέον, οι ορεινές περιοχές βρίσκονται στο περιθώριο των πολιτικών και των οικονομικών κέντρων λήψης αποφάσεων και τις περισσότερες φορές οι τοπικές κοινωνίες δεν είναι σε θέση να επηρεάσουν τις αποφάσεις που τις αφορούν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο σημαντικός πλούτος που διαθέτουν οι ορεινές περιοχές από πλευράς φυσικών πόρων να γίνεται αντικείμενο εκμετάλλευσης, με ελάχιστα οφέλη για τους τοπικούς πληθυσμούς. Έτσι, συχνά, ακόμη κι όταν παρουσιάζεται η ευκαιρία για μια μείζονα παραγωγική δραστηριότητα στα ορεινά (π.χ. μεταλλευτική δραστηριότητα), αυτή έχει περιορισμένη επίδραση στην τόνωση της οικονομίας των ορεινών περιοχών.

Η ισχνή παρουσία παραγωγικών δραστηριοτήτων στα ορεινά και η χαμηλή ανταγωνιστικότητα των ορεινών οικονομιών, με τους όρους της παγκοσμιοποιημένης καπιταλιστικής αγοράς, συνθέτει τις προϋποθέσεις για την ύπαρξη συνθηκών φτώχειας σε πολλές ορεινές ενότητες του πλανήτη. Στην Ασία, την Αφρική και τη Λατινική Αμερική, η φτώχεια – που αποτελεί κυρίαρχο κοινωνικό πρόβλημα –

εκδηλώνεται με ιδιαίτερη ένταση στις ορεινές κοινότητες. Περισσότερο από το 60% του αγροτικού πληθυσμού των Άνδεων ζει σε συνθήκες εξαιρετικής φτώχειας. Το ΑΕΠ της περιοχής Himachal Pradesh στα Ιμαλάια είναι λιγότερο από το μισό του μέσου εθνικού. Η ορεινή περιοχή West Mindanao στις Φιλιππίνες εμφανίζει δείκτη ανθρωπίνης ανάπτυξης (Human Development Index) 0,410, όταν ο αντίστοιχος εθνικός είναι 0,871. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Οργανισμού για τα τρόφιμα και τη γεωργία (FAO) του ΟΗΕ, περίπου το 35% του ορεινού πληθυσμού, σε παγκόσμιο επίπεδο, ζει σε συνθήκες φτώχειας. Αλλά και στον «ανεπτυγμένο κόσμο», η φτώχεια και η ανεργία πλήττουν, κατά βάση, τις ορεινές περιοχές. Στην Ελλάδα, η φτωχότερη Περιφέρεια είναι αυτή της Ηπείρου, που παράλληλα είναι και η πιο ορεινή της χώρας. Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ στον ορεινότερο νομό (όταν η διοικητική δομή προέβλεπε την ύπαρξη νομών), το νομό Ευρυτανίας, είναι το χαμηλότερο ανάμεσα στους νομούς της Ελλάδας. Η περιορισμένη οικονομική δραστηριότητα στις ορεινές περιοχές ώθησε την Ευρωπαϊκή Ένωση, ήδη από το 1975 να εκδώσει κοινοτική οδηγία, σχετικά με τη γεωργία στις «ορεινές και μειονεκτικές περιοχές», η οποία τροποποιήθηκε το 1981. Στην αναθεωρημένη οδηγία όλες οι ορεινές περιοχές της Ελλάδας εντάσσονται στις μειονεκτικές περιοχές. Στον Πίνακα 1.4 αποτυπώνονται ορισμένα χαρακτηριστικά μεγέθη που καταδεικνύουν την ιδιαίτερη ένταση των φαινομένων φτώχειας στις ορεινές περιοχές, σε σχέση με τις πεδινές εκτάσεις, για την περίπτωση του Νεπάλ.

**Πίνακας 1.4.** Ποσοτικοί δείκτες σχετικοί με τη φτώχεια σε ορεινές και πεδινές περιοχές του Νεπάλ.  
(Πηγή: ICIMOD 2010)

Δείκτης	Ορεινές περιοχές	Πεδινές εκτάσεις
Ποσοστό νοικοκυριών που υποσιτίζονται (%)	38,3	30,5
Ποσοστό νοικοκυριών φτωχών σε αγαθά πλην της τροφής (%)	49,3	31,0
Ποσοστό νοικοκυριών που ζουν κάτω από το συνολικό όριο της φτώχειας (%)	40,0	27,6

Το εισόδημα των κατοίκων στα ορεινά, στη βάση των ανωτέρω, είναι χαμηλότερο απ' ό,τι στις περιοχές συγκέντρωσης γεωργικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, στην Ελλάδα, το 2010 το εισόδημα των νοικοκυριών, κατά μέσο όρο ήταν 24224€/έτος. Στο Δήμο Καρπενησίου το αντίστοιχο μέγεθος ήταν 18603€/έτος, δηλαδή 25% μικρότερο από τον εθνικό μέσο όρο. Σημειώνεται, μάλιστα, ότι ο Δήμος Καρπενησίου είναι ο πολυπληθέστερος ορεινός Δήμος της χώρας, με ικανοποιητικό επίπεδο υποδομών και μεγάλη τουριστική κίνηση. Το χαμηλό εισόδημα των κατοίκων των ορεινών περιοχών, συνδυαζόμενο με τα υψηλά θερμοκρασιακά φορτία που συνεπάγεται το ορεινό κλίμα οδηγεί σε αύξηση της οικονομικής επιβάρυνσης των ορεινών νοικοκυριών για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Συγκρίνοντας την περιοχή του Καρπενησίου με αυτή της Αθήνας, για μια κατοικία 80m<sup>2</sup>, με ικανοποιητικά θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά<sup>1</sup>, προκύπτει ο Πίνακας 1.5, αναφορικά με τις ενεργειακές καταναλώσεις και την οικονομική τους διάσταση.

<sup>1</sup> Παραδοχές υπολογισμών: Βαθμοημέρες θέρμανσης, Καρπενησίου: 2.125°C\*days, Αθήνας: 834 °C\*days. Βαθμοημέρες ψύξης, Καρπενησίου: 200 °C\*days, Αθήνας: 831 °C\*days. Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας κελύφους: 203,56W/°C. Σύστημα θέρμανσης: λέβητας πετρελαίου με απόδοση 90%. Σύστημα ψύξης: τοπική αντλία θερμότητας με EER=3. Ηλεκτρικές καταναλώσεις για φωτισμό και συσκευές: 3.000kWh/έτος.

**Πίνακας 1.5.** Ενεργειακές καταναλώσεις και οικονομική επιβάρυνση για μια κατοικία, στην Αθήνα και το Καρπενήσι, με τιμή πετρελαίου 1,4€/lit και τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 0,13€/kWh

Περιοχή	Εισόδημα (€/έτος)	Συνολική ζήτηση ενέργειας (kWh/έτος)	Συνολική κατανάλωση ενέργειας (kWh/έτος)	Συνολικές ενεργειακές δαπάνες (€/έτος)	Ποσοστό εισοδήματος για ενεργειακές δαπάνες (%)
Αθήνα	24224	11134	8880	1196	5
Καρπενήσι	18603	14862	14862	2037	11

Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 1.5, οι συνολικές ενεργειακές δαπάνες στο Καρπενήσι είναι κατά 70% μεγαλύτερες απ' ό,τι στην Αθήνα και αυτό αντιστοιχεί σε περίπου 2,2 φορές μεγαλύτερη επιβάρυνση στον οικογενειακό προϋπολογισμό, συνυπολογίζοντας τα μειωμένα εισοδήματα των νοικοκυριών του Καρπενησίου. Το συγκεκριμένο παράδειγμα αντικατοπτρίζει τις δυσκολίες που θέτει το κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον των ορεινών περιοχών ως προς την απρόσκοπτη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων τους, κάτι που καθιστά τους ορεινού πληθυσμούς ιδιαίτερα ευάλωτους απέναντι στην ενεργειακή φτώχεια. Στην ενεργειακή φτώχεια γίνεται ιδιαίτερη μεία στην Ενότητα 2.4, λόγω της κρισιμότητας της όσον αφορά στα ενεργειακά ζητήματα των ορεινών περιοχών.

Μια ακόμη διάσταση της αδύναμης παραγωγικής βάσης των ορεινών περιοχών συνδέεται με τα ενεργειακά ζητήματα. Πρόκειται για την ιδιαίτερη σημασία της δημιουργίας νέων θέσεων. Η ανεργία στις ορεινές περιοχές είναι, γενικώς, αυξημένη λόγω των περιορισμένων οικονομικών δραστηριοτήτων. Από τον Πίνακα 1.6 φαίνεται ότι δύο από τις Περιφέρειες της χώρας που συγκεντρώνουν υψηλά ποσοστά ορεινού πληθυσμού, έχουν και μεγαλύτερα ποσοστά ανεργίας, σε σχέση με το μέσο όρο της χώρας. Μόνη εξαίρεση η διετία 2009-2010, κατά την οποία η Περιφέρεια Ηπείρου εμφανίζει χαμηλότερη ανεργία από τον εθνικό μέσο όρο, γεγονός που χαρακτηρίζεται, μάλλον, συγκυριακό. Έτσι, κάθε ευκαιρία απασχόλησης στις ορεινές περιοχές είναι πολύτιμη για τις τοπικές κοινωνίες και έχει αποφασιστική σημασία για τη διατήρηση και την επανακατοίκηση των οικισμών. Η εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ και η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων αποτελούν δραστηριότητες που συμβάλουν στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Έτσι, οι ΑΠΕ και η εξοικονόμηση ενέργειας (ΕΞΕ) μπορούν να συμβάλουν θετικά σε μία από τις μείζονες κοινωνικές ανάγκες των ορεινών περιοχών, αυτή της τόνωσης της απασχόλησης. Το μέγεθος των κοινωνικών ωφελειών για τις τοπικές κοινωνίες από την εγκατάσταση ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μοντέλο και τη φιλοσοφία λειτουργίας του ενεργειακού τομέα. Σύμφωνα με τον Reddy (2002), η λογική της αγοράς είναι ανεπαρκής για τη διευθέτηση έργων με χαμηλό προεξοφλητικό επιτόκιο, όπως η εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ για την τροφοδότηση τοπικών ενεργειακών αναγκών. Συνεπώς, η τόνωση της απασχόλησης που συνεπάγονται οι ΑΠΕ, για να είναι αποδοτική για τις ορεινές περιοχές, προϋποθέτει τη συνολική εξέταση των αρχών και στόχων της ενεργειακής πολιτικής.

**Πίνακας 1.6.** Ποσοστά ανεργίας στην Περιφέρεια Ηπείρου, στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας και στο σύνολο της χώρας, κατά τα έτη 2005-2010. (Πηγή: Περιφέρεια Ηπείρου 2012)

Περιφέρεια	Ποσοστό ανεργίας					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ηπείρου	11,8	10	7,2	8,0	8,7	10,5
Δυτικής Μακεδονίας	17,5	11,4	13	15,3	9,4	13,9
Σύνολο χώρας	9,9	8,6	7,6	7,1	9,0	12,2

### Ηλικία κτιριακού αποθέματος και παραδοσιακός αρχιτεκτονικός χαρακτήρας

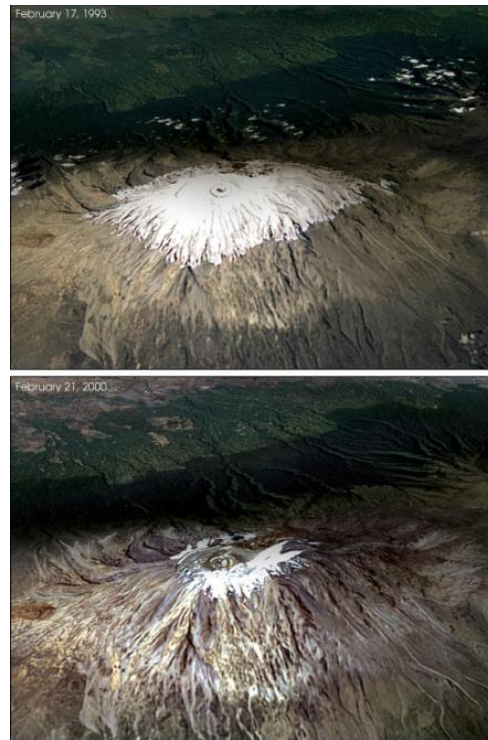
Το γεγονός ότι οι ορεινές περιοχές βρίσκονται συνήθως στο περιθώριο των αναπτυξιακών πολιτικών έχει αντίκτυπο και στο κτιριακό τους απόθεμα, το οποίο είναι γερασμένο. Στον ελληνικό χώρο, οι ορεινοί οικισμοί έχουν αυξημένα ποσοστά κτιρίων, κτισμένων πριν το 1980, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.7. Η μεγάλη ηλικία του κτιριακού αποθέματος έχει αρνητική επίπτωση στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, κατά κανόνα. Στην Ελλάδα, μέχρι το 1980 δεν υπήρχε κανονισμός για τη θερμομονωτική προστασία των κτιρίων και έτσι όσα κτίρια έχουν κτιστεί πριν από την περίοδο αυτή – εκτός από αυτά που έχουν υποστεί επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας – δε διαθέτουν θερμομονωτική προστασία.

**Πίνακας 1.7.** Ποσοστά κτιρίων κτισμένων πριν το 1960 και πριν το 1980 σε ορεινούς οικισμούς της Ελλάδας (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Περιοχή	Αράχωβα	Δημητσάνα	Καλάβρυτα	Καρπενήσι	Λιβάδι Ολύμπου	Μέτσοβο
Ποσοστό κτιρίων κτισμένων πριν το 1960	18%	36%	28%	25%	35%	27%
Ποσοστό κτιρίων κτισμένων πριν το 1980	41%	46%	70%	57%	76%	55%

Σε πολλές περιπτώσεις τα κτίσματα των ορεινών οικισμών έχουν ιδιαίτερο αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον. Οι ελληνικοί παραδοσιακοί οικισμοί είναι συγκεντρωμένοι στο νησιωτικό χώρο και στα ελληνικά βουνά. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι νομοί Αρκαδίας και Ιωαννίνων, οι παραδοσιακοί ορεινοί οικισμοί των οποίων συνιστούν περίπου το ένα δέκατο των παραδοσιακών οικισμών της Ελλάδας (ΥΠΕΚΑ, Αρχείο Παραδοσιακών Οικισμών και Διατηρητέων Κτιρίων). Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική συνιστά αναπόσπαστο χαρακτηριστικό των ορεινών περιοχών και πολύτιμο πολιτισμικό και αναπτυξιακό κεφάλαιο για αυτές. Όμως, η προστασία της αισθητικής ταυτότητας των ορεινών οικισμών θέτει ορισμένους περιορισμούς στον ενεργειακό τομέα. Συγκεκριμένα, η βελτίωση των θερμοτεχνικών χαρακτηριστικών των κτιρίων και η εγκατάσταση τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας π.χ. με αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας προσκρούουν, ενίοτε, στη διατήρηση του παραδοσιακού χαρακτήρα των ορεινών οικισμών.

Μία από τις μείζονες σύγχρονες προκλήσεις για τις ορεινές περιοχές, η οποία έχει σημαντικές αλληλεπιδράσεις με τα ενεργειακά θέματα, είναι η κλιματική αλλαγή. Στις ορεινές περιοχές, γενικώς, παρατηρείται έλλειψη εκτεταμένων χρονοσειρών μετεωρολογικών δεδομένων, καθιστώντας δύσκολη τη μοντελοποίηση και πρόγνωση της εξέλιξης των κλιματικών συνθηκών. Ωστόσο, υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα που αποτελούν σημαντικές ενδείξεις όσον αφορά στην ύπαρξη τάσεων μεταβολής των κλιματικών συνθηκών στα βουνά. Η έρευνα του Nojaron (2010), με βάση στοιχεία από τρεις μετεωρολογικούς σταθμούς σε μεγάλα υψόμετρα στη Βουλγαρία, έδειξε ότι από το 1947 έως το 2008 η μέση βροχόπτωση του Φεβρουαρίου μειώνεται κατά 7,3mm ανά δεκαετία. Στις χιλιανές Άνδεις διαπιστώθηκε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 2,3°C/100 έτη, στην υψομετρική ζώνη άνω των 2500m, σύμφωνα με τους υπολογισμούς του Vergara (2010). Στην Εικόνα 1.2 αποτυπώνεται η μείωση της έκτασης που καλύπτεται από πάγο στο Κιλιμάντζαρο.



**Εικόνα 1.2.** Δορυφορική απεικόνιση της έκτασης που καλύπτεται από πάγο στην κορυφή του Κιλιμάντζαρο το 1993 (επάνω εικόνα) και το 2000 (κάτω εικόνα). (Πηγή: NASA Earth Observatory)

Δεδομένα, όπως τα παραπάνω, καταδεικνύουν ότι το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής αποτελεί ένα σοβαρό κίνδυνο για τις ορεινές περιοχές. Η μελέτη των τάσεων μεταβολής του κλίματος στα ορεινά, των επιπτώσεών τους και των τρόπων αντιμετώπισής τους αποτελεί κεντρικό κομμάτι της έρευνας, όσον αφορά στις ορεινές περιοχές. Το 2010 πραγματοποιήθηκε ειδικό συνέδριο, στο Perth της Σκωτίας, σχετικά με το ζήτημα της επίδρασης των κλιματικών και άλλων, πλανητικής κλίμακας, αλλαγών στις ορεινές περιοχές. Στο συνέδριο - το οποίο υπήρξε η αφορμή για διεύρυνση του προβληματισμού και του διαλόγου όσον αφορά στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής στα βουνά - παρουσιάστηκαν πάνω από 450 εργασίες, καλύπτοντας ένα σημαντικό εύρος τομέων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή (βιοποικιλότητα, υδρολογία, φυσικές καταστροφές, παραγωγικές δραστηριότητες).

Το ερευνητικό ενδιαφέρον για την κλιματική αλλαγή στις ορεινές περιοχές ωθείται, σε σημαντικό βαθμό, από το γεγονός ότι τα βουνά θεωρούνται ιδιαίτερα ευαίσθητα στις αλλαγές των κλιματικών συνθηκών και, μάλιστα, χαρακτηρίζονται ως δείκτες της κλιματικής αλλαγής. Μικρές αλλαγές στο ορεινό κλίμα μπορούν να προκαλέσουν μεγάλου μεγέθους επιπτώσεις στη γεωμορφολογία και την οικολογική κατάσταση (Parish 2002). Για παράδειγμα, λόγω της οριακής επιβίωσης πολλών φυτικών ειδών στις τραχείες συνθήκες των βουνών, μικρές μεταβολές στη θερμοκρασία ή τη βροχόπτωση μπορεί να προκαλέσουν εξαφάνιση ή εξάπλωσή τους. Οι ορεινές περιοχές αντιμετωπίζουν προβλήματα από φυσικές καταστροφές - όπως κατολισθήσεις και χιονοστιβάδες - οι οποίες έχουν έντονη εξάρτηση από τα καιρικά φαινόμενα και συνεπώς, μεταβολές στο κλίμα ενδέχεται να έχουν άμεσες επιπτώσεις στη γεωμορφολογία των ορεινών περιοχών. Γενικότερα, οι κύριες επιπτώσεις των αλλαγών του κλίματος στις ορεινές περιοχές θεωρούνται οι διαφοροποιήσεις στην υψομετρική ζώνωση της βλάστησης καθώς και οι αλλαγές στην ένταση των γεωμορφολογικών διεργασιών.

Οι αλλαγές στο κλίμα και οι βασικές τους επιπτώσεις στον ορεινό χώρο έχουν σημαντικές δευτερογενείς επιδράσεις στη γεωργία, στον τουρισμό και στην ενεργειακή παραγωγή. Η αγροτική παραγωγή στα βουνά ενδεχομένως να ωφεληθεί, εάν αυξηθεί η θερμοκρασία και παράλληλα δε μειωθούν οι βροχοπτώσεις. Από την άλλη πλευρά, βασικός μοχλός ανάπτυξης των πλουσιότερων ορεινών περιοχών του πλανήτη (Άλπεις, Βραχώδη Όρη) είναι ο τουρισμός, με κεντρικό άξονα το χιονοδρομικό τουρισμό. Ήδη έχουν καταγραφεί περιπτώσεις μείωσης των ημερών λειτουργίας των χιονοδρομικών κέντρων λόγω περιορισμού των χιονοπτώσεων. Οι αλλαγές στις χιονοπτώσεις και βροχοπτώσεις έχουν σημαντική επίπτωση και στην υδροηλεκτρική παραγωγή. Γενικώς, με βάση τα υφιστάμενα μοντέλα πρόβλεψης των κλιματικών συνθηκών, εκτιμάται ότι στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη θα υπάρξει αυξητική τάση στην υδροηλεκτρική παραγωγή λόγω της αύξησης των βροχοπτώσεων. Αντίθετα, στα μικρότερα γεωγραφικά πλάτη (π.χ. Μεσόγειος) εκτιμάται ότι οι βροχοπτώσεις θα παρουσιάσουν μείωση, με αποτέλεσμα η υδροηλεκτρική παραγωγή να περιοριστεί (Beniston 2000). Αστάθμητος παράγων, ως προς τη λειτουργία των υδροηλεκτρικών έργων, είναι οι αυξήσεις στην ένταση των φυσικών καταστροφών που μπορεί να προκληθούν από τις κλιματικές αλλαγές.

Είναι απαραίτητο να συνεχιστεί η έρευνα στην κατεύθυνση της προσαρμογής και αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στον ορεινό χώρο. Χρειάζεται να διαμορφωθούν μοντέλα εκτίμησης των κλιματικών συνθηκών σε περιορισμένο γεωγραφικό επίπεδο, ώστε να αναπτυχθούν αποτελεσματικές μέθοδοι και τεχνικές προσαρμογής και αντιμετώπισης. Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο περιορισμός της ενεργειακής κατανάλωσης, η χρήση φιλικών προς το περιβάλλον μορφών ενέργειας καθώς και η ανάπτυξη εναλλακτικών του χιονοδρομικού μορφών τουρισμού αποτελούν σημαντικά στοιχεία για τη διαμόρφωση πολιτικών αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής στις ορεινές περιοχές. Αναφέρεται ότι οι ορεινές περιοχές μπορούν να αποτελέσουν ένα «εργαστήριο αιχμής» όσον αφορά στην έρευνα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (EUROMONTANA 2009). Οι ΑΠΕ και οι ΕΞΕ βρίσκονται στον πυρήνα αυτού του εργαστηρίου και γι' αυτό πρέπει να αποτελέσουν προτεραιότητα στις πολιτικές για την προστασία του περιβάλλοντος και την ανάπτυξη των ορεινών περιοχών.

### 1.3 Ορεινό κλίμα

Στη συνέχεια γίνεται μια ειδικότερη αναφορά στο κλίμα των ορεινών περιοχών, λόγω της σχέσης μεταξύ των κλιματικών συνθηκών και των ενεργειακών αναγκών.

Τα φαινόμενα που συμβαίνουν εντός της γήινης ατμόσφαιρας, δηλαδή η δημιουργία των νεφών, οι κινήσεις των αερίων μαζών κ.ο.κ. καθορίζουν τον καιρό, ο οποίος είναι ουσιαστικά η κατάσταση της ατμόσφαιρας σε συγκεκριμένο τόπο και χρόνο. Οι παράμετροι που συνιστούν τον καιρό είναι:

- Θερμοκρασία
- Ατμοσφαιρική πίεση
- Υγρασία
- Νεφοκάλυψη
- Κατακρημνίσεις (βροχή, χιόνι)
- Ορατότητα
- Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου

Με συστηματική παρατήρηση και καταγραφή των χαρακτηριστικών του καιρού μιας περιοχής για μεγάλες χρονικές περιόδους, εξάγονται συμπεράσματα για το κλίμα της συγκεκριμένης περιοχής. Το κλίμα δεν είναι απλώς ένας μέσος όρος των καιρικών χαρακτηριστικών, όπως αναφερόταν στο παρελθόν (Landsberg et al. 2004). Το κλίμα αντιπροσωπεύει τη μέση κατάσταση των καιρικών φαινομένων, η οποία ενσωματώνει ακραίες τιμές, τάσεις μεταβολής, εξαιρετικά γεγονότα και ποιοτικές εκτιμήσεις. Η έννοια του κλίματος, σύμφωνα με τον Μπαλαφούτη (2005), σχετίζεται με το «τελικό αποτέλεσμα των ατμοσφαιρικών διεργασιών, οι οποίες περιλαμβάνουν τη θερμότητα, την υγρασία και την κίνηση του αέρα σε μεγάλες, προκαθορισμένες χρονικές περιόδους».

Οι παράγοντες που επηρεάζουν και διαμορφώνουν το κλίμα είναι πολλοί. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι (Μπαλαφούτης 2005):

- Ηλιακή ακτινοβολία
- Φύση της επιφάνειας (ξηρά ή θάλασσα)
- Φυτοκάλυψη
- Θαλάσσια κυκλοφορία (θαλάσσια ρεύματα)
- Γεωγραφικοί παράγοντες (ανάγλυφο, προσανατολισμός κ.α.)
- Ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Ο ήλιος αποτελεί τον ενεργειακό τροφοδότη της γης και κατά συνέπεια τη γενεσιουργό αιτία των φαινομένων που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα, τα οποία τελικά διαμορφώνουν και το κλίμα. Γι' αυτό η ηλιακή ακτινοβολία αναδεικνύεται ως ο σημαντικότερος παράγοντας για τον καθορισμό των κλιματικών συνθηκών. Η ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται κάθε τόπος εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του και μάλιστα είναι φθίνουσα συνάρτηση αυτού. Συνεπώς, το γεωγραφικό πλάτος είναι η σημαντικότερη γεωγραφική παράμετρος, όσον αφορά στη συσχέτισή της με το κλίμα. Δεύτερη σε σημαντικότητα γεωγραφική παράμετρος, ως προς τη διαμόρφωση του κλίματος, θεωρείται το υψόμετρο, η πλέον χαρακτηριστική γεωγραφική παράμετρος των ορεινών περιοχών (Funnell et al. 2001).



Τα παραπάνω μπορούν να τεκμηριωθούν και να αποτυπωθούν καλύτερα με βάση την κατάταξη των κλιματικών τύπων της γης. Λόγω της ποικιλίας των κλιματικών συνθηκών και των – ενίοτε – έντονων διαφοροποιήσεων, ακόμη και ανάμεσα σε γειτονικές περιοχές, το ζήτημα της κατάταξης των κλιμάτων χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα και έχει έντονα απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα. Η περισσότερο διαδεδομένη κλιματική κατάταξη είναι αυτή του Wladimir Köppen, που αρχικά παρουσιάστηκε το 1868 και βασίστηκε, σε μεγάλο βαθμό, στις διαφοροποιήσεις της βλάστησης στις διάφορες περιοχές του πλανήτη. Το αρχικό μοντέλο υπέστη διορθώσεις και τροποποιήσεις και αυτό που χρησιμοποιείται σήμερα είναι η μετεξέλιξη της κατάταξης που παρουσίασε ο Köppen το 1918 (Oliver 2004). Οι βασικοί κλιματικοί τύποι είναι οι ακόλουθοι:

- Τύπος Α: Εκφράζει κλίματα τροπικού δάσους
- Τύπος Β: Αφορά σε ξηρά κλίματα, είτε ψυχρά είτε θερμά
- Τύπος C: Εκφράζει τα θερμά, εύκρατα, βροχερά κλίματα, με ήπιους χειμώνες
- Τύπος D: Αντιπροσωπεύει ψυχρά κλίματα δάσους με έντονους χειμώνες
- Τύπος E: Χαρακτηρίζει τα πολικά κλίματα
- Τύπος H: Αναφέρεται στα κλίματα μεγάλων υψομέτρων, ανεξαρτήτως γεωγραφικού πλάτους

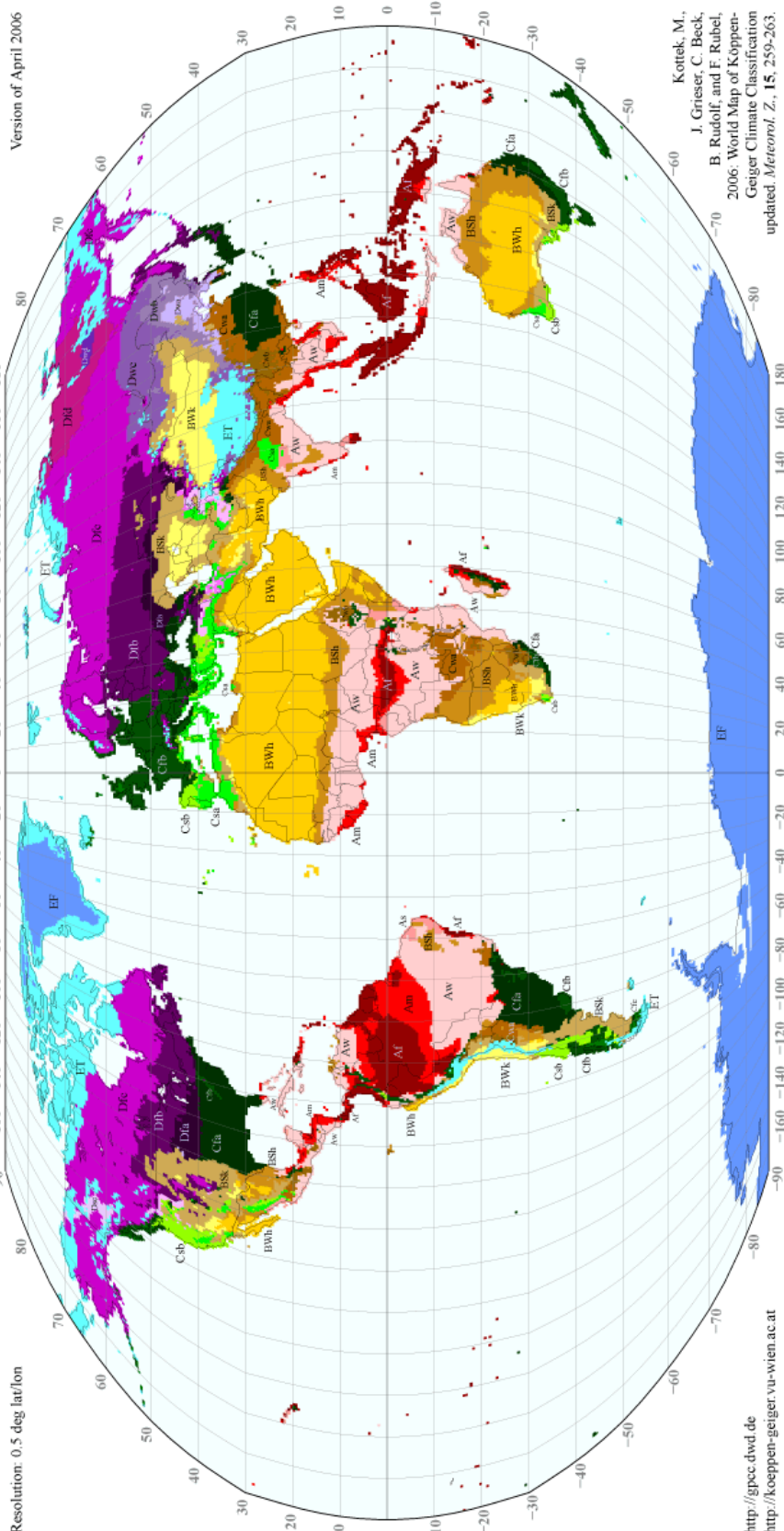
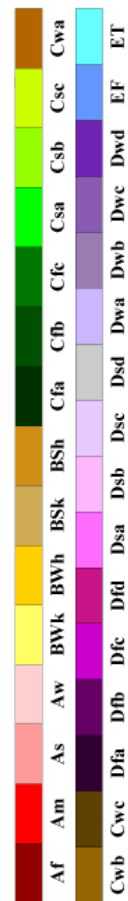
Οι βασικοί κλιματικοί τύποι έχουν επιμέρους υποδιαιρέσεις, ώστε να καλυφθούν λεπτομερέστερα οι κλιματικές συνθήκες που απαντώνται στη γη. Οι υποδιαιρέσεις σχετίζονται με βροχομετρικά και θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά. Τονίζεται ότι υπάρχει ειδικός κλιματικός τύπος (H) για τα κλίματα μεγάλων υψομέτρων, ανεξαρτήτως του γεωγραφικού πλάτους, γεγονός που καταδεικνύει τη σημασία του υψομέτρου στη διαμόρφωση των κλιματικών συνθηκών.

Παρατηρώντας Χάρτη 1.2, είναι εμφανής η συσχέτιση των βασικών κλιματικών τύπων με το γεωγραφικό πλάτος. Σε γενικές γραμμές, κοντά στον ισημερινό και μεταξύ των τροπικών επικρατούν κλίματα τύπου Α. Ξηρά κλίματα, τύπου Β, παρατηρούνται σε γεωγραφικά πλάτη μεταξύ 10° και 30°. Στα μέσα γεωγραφικά πλάτη συναντώνται τα εύκρατα κλίματα, τύπου C. Βορειότερα εμφανίζονται οι ψυχροί κλιματικοί τύποι D και στις ζώνες της Αρκτικής και της Ανταρκτικής επικρατούν τα πολύ ψυχρά, πολικά κλίματα, τύπου E.

Από το Χάρτη 1.2, απουσιάζουν κλιματικές ζώνες τύπου H. Αυτό συμβαίνει διότι, όπως προαναφέρθηκε, κλίμα τύπου H απαντάται σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη. Γενικώς, θεωρείται ότι σε περιοχές με υψόμετρο άνω των 1500m μπορεί η κατάταξη του κλίματος να γίνει στον τύπο H (Μπαλαφούτης 2005). Το κλίμα των βουνών παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις, ακόμη και στην ίδια γεωγραφική ενότητα και συνεπώς, ο κλιματικός τύπος H δεν εκφράζει μια απόλυτα ομοιογενή κατάσταση. Είναι, μάλιστα, οι μεγάλες διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται στις κλιματικές συνθήκες των ορεινών περιοχών που οδήγησαν στην υιοθέτηση της κλιματικής κατηγορίας H, διότι διαφορετικά θα ανέκυπτε πρόβλημα εύρεσης κατάλληλου τρόπου κατάταξης.

## World Map of Köppen–Geiger Climate Classification

updated with CRU TS 2.1 temperature and VASCLimO v1.1 precipitation data 1951 to 2000



<http://gpcr.dwd.de>  
<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at>

Kotték, M.,  
 J. Griseer, C. Beck,  
 B. Rudolf, and F. Rubel,  
 2006: World Map of Köppen-  
 Geiger Climate Classification  
 updated, *Meteorol. Z.*, **15**, 259-263.

Χάρτης 1.2. Παγκόσμιος χάρτης κατάταξης κλιματικών τύπων (πηγή: Vetmed 2006)

Στον Πίνακα 1.8, αποτυπώνονται οι έντονες διαφορές των κλιματικών χαρακτηριστικών που παρατηρούνται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, σε διαφορετικές περιοχές του πλανήτη. Οι

σημαντικότεροι παράγοντες που οδηγούν σε αυτές τις κατά τόπους διαφοροποιήσεις του ορεινού κλίματος είναι το γεωγραφικό πλάτος, ο προσανατολισμός και η απόσταση από τη θάλασσα. Παρά τις διαφοροποιήσεις, όμως, το υψόμετρο επιδρά με συγκεκριμένους τρόπους στις κλιματικές παραμέτρους. Οι επιδράσεις του υψομέτρου στις πιο σημαντικές κλιματικές παραμέτρους αναλύονται στη συνέχεια.

**Πίνακας 1.8.** Μέση μηνιαία θερμοκρασία και μέση μηνιαία βροχόπτωση σε περιοχές μεγάλων υψομέτρων (πηγή: Greenland 2004)

Περιοχή	Υψόμετρο	Ιανουάριος	Μάιος	Αύγουστος
La Paz (Βολιβία) 16°30' N	3658m	11,7°C 165,1mm	10,3°C 12,7mm	9,5°C 12,7mm
Lhasa (Θιβέτ) 29°40' B	3685m	-1,7°C 2,5mm	12,2°C 25,4mm	15,6°C 88,9mm
Longs Peak (ΗΠΑ) 40°15' B	2729m	-5,0°C 17,8mm	5,0°C 61,0mm	12,8°C 55,9mm

### Ηλιακή Ακτινοβολία

Αυξανόμενου του υψομέτρου μεταβάλλονται τόσο η ποσότητα όσο και η ποιότητα της ηλιακής ακτινοβολίας. Γενικώς, στα μεγαλύτερα υψόμετρα η υγρασία είναι μικρότερη, λόγω της συνεχούς κίνησης αερίων μαζών στις βουνοπλαγιές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υφίσταται σκέδαση μικρότερο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, σε σχέση με τις περιοχές χαμηλότερου υψομέτρου, οπότε η ακτινοβολία που φτάνει, τελικώς, στο έδαφος, αυξάνεται συναρτησί του υψομέτρου. Έρευνες του Müller, το 1985, έδειξαν ότι η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται ένας τόπος, αυξάνεται κατά 7 έως 10%, ανά 1000m υψομετρικής αύξησης (Funnell & Parish 2001). Όσον αφορά στην ποιότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, το κλάσμα της υπεριώδους ακτινοβολίας αυξάνεται συναρτησί του υψομέτρου. Γι' αυτό άλλωστε τα φυτά που απαντώνται σε μεγάλα υψόμετρα έχουν αναπτύξει ειδικούς προσαρμοστικούς μηχανισμούς. Έρευνες περιγράφουν αύξηση έως και 120% του κλάσματος της υπεριώδους ακτινοβολίας στα 2.500m σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας (Καλιαμπάκος et al. 2009).

### Θερμοκρασία

Οι χαμηλές θερμοκρασίες που παρατηρούνται στους ορεινούς οικισμούς είναι ένα από τα βασικά τους χαρακτηριστικά, εντυπωμένο, μάλιστα, εμπειρικά στην πλειονότητα του κόσμου. Πράγματι, η θερμοκρασία μειώνεται συναρτησί του υψομέτρου. Αυτό οφείλεται στο ότι η πυκνότητα της ατμόσφαιρας μειώνεται στα μεγάλα υψόμετρα. Η μείωση της ατμοσφαιρικής πυκνότητας προκαλεί, με τη σειρά της, μείωση της θερμοχωρητικότητας της ατμόσφαιρας και έτσι η θερμοκρασία μεταβάλλεται απότομα σε σχέση με την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Δεν πρέπει να παραβλέπεται ότι ο βασικός μηχανισμός θέρμανσης της ατμόσφαιρας είναι η εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας από την επιφάνεια της γης. Άρα, όταν η ατμόσφαιρα έχει μειωμένη θερμοχωρητικότητα, όπως στην περίπτωση των μεγάλων υψομέτρων, δεν μπορεί να συγκρατήσει μεγάλες ποσότητες από την εκπεμπόμενη από το

έδαφος ακτινοβολία και έτσι η επιφανειακή θερμοκρασία μειώνεται. Ο ρυθμός μείωσης της θερμοκρασίας συναρτήσει του υψομέτρου δεν είναι σταθερός. Αλλά, για τα κλιματικά δεδομένα της Ελλάδας μία καλή προσέγγιση είναι ότι για υψομετρική διαφορά 1000m, η θερμοκρασία μειώνεται κατά 6,5°C (γραμμική σχέση), η οποία έχει υιοθετηθεί και για τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων (ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010).

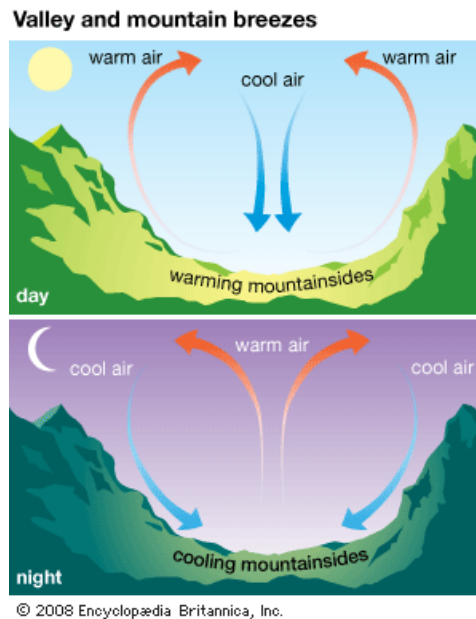
### **Βροχοπτώσεις και Χιονοπτώσεις**

Σύμφωνα με το σχήμα που πρότεινε ο Lauscher το 1976, γενικώς, στις τροπικές περιοχές (και σε μικρότερο βαθμό στις αρκτικές) οι κατακρημνίσεις μειώνονται συναρτήσει του υψομέτρου. Αντίθετα, στα μέσα γεωγραφικά πλάτη, οι κατακρημνίσεις αυξάνονται συναρτήσει του υψομέτρου (Funnell & Parish 2001). Η ίδια η ύπαρξη των ορεινών όγκων αποτελεί τον κεντρικό παράγοντα διαφοροποίησης των βροχοπτώσεων, καθώς αυξάνεται το υψόμετρο, εισάγοντας την ορειογραφική συνιστώσα στις κατακρημνίσεις (Barry 2002). Ο βασικός μηχανισμός της ορειογραφικής κατακρημνίσης έχει ως εξής (Καλιαμπάκος et al. 2009): «Υγρές και θερμές αέριες μάζες, που δημιουργούνται λόγω εξάτμισης στη θάλασσα, συναντούν ορεινούς όγκους και αρχίζουν να ανέρχονται. Κατά την άνοδό τους, σταδιακά, ψύχονται, δημιουργώντας νέφη, τα οποία συμπυκνώνονται οδηγούν σε κατακρημνίσεις. Οι αέριες μάζες συνεχίζουν να κινούνται προς μεγαλύτερα υψόμετρα, αλλά πλέον ψυχρές και χωρίς υγρασία. Αφότου περάσουν την κορυφογραμμή, κατέρχονται και σταδιακά θερμαίνονται και πάλι.»

Οι ορεινές περιοχές δέχονται και σημαντικά μεγαλύτερες χιονοπτώσεις, σε σχέση με τις περιοχές χαμηλότερων υψομέτρων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τμήματα ορεινών όγκων καλύπτονται μόνιμα από χιόνια και πάγο. Αυτό συμβαίνει όταν η μέση ετήσια θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους 0° C, από ένα υψόμετρο και πάνω. Στη Σκανδιναβία από τα 1700m και υψηλότερα υπάρχει μόνιμη χιονοκάλυψη. Στην Κεντρική Ευρώπη, αυτό συμβαίνει από τα 4500m και πάνω.

### **Άνεμοι**

Γενικώς η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται συναρτήσει του υψομέτρου, αφού οι αέριες μάζες, όταν κατά την κίνησή τους συναντήσουν ορεινούς όγκους, ανέρχονται επιταχυνόμενες παράλληλα προς τις πλαγιές τους. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η επίδραση των βουνών στις κινήσεις των αερίων μαζών, με πιο χαρακτηριστικό φαινόμενο τους «ανέμους των κοιλάδων» (Εικόνα 1.3). Παρά τις κατά τόπους διαφοροποιήσεις και τις σημαντικές επιδράσεις της τοπογραφίας, ο γενικός μηχανισμός των ανέμων των κοιλάδων έχει ως εξής: Κατά τη διάρκεια της ημέρας, το έδαφος θερμαίνεται από τον ήλιο. Ο υπερκείμενος αέρας επίσης θερμαίνεται και έτσι δημιουργούνται αναβατικά αέρια ρεύματα στις πλαγιές. Το φαινόμενο αντιστρέφεται κατά τη διάρκεια της νύχτας (Barry 2002). Λόγω του μηχανισμού αυτού στις πλαγιές των βουνών, γενικώς, επικρατεί μια συνεχής κίνηση αερίων μαζών, η οποία συμβάλλει στην ύπαρξη χαμηλών ποσοστών υγρασίας και στην υψηλή διάυγεια της ατμόσφαιρας στις ορεινές περιοχές.



**Εικόνα 1.3.** Ο μηχανισμός κίνησης των αερίων μαζών στις κοιλάδες μεταξύ των ορεινών όγκων (Πηγή: Encyclopaedia Britannica)

Από την ανάλυση που προηγήθηκε, γίνεται φανερό ότι το υψόμετρο επηρεάζει έντονα το κλίμα. Χαρακτηριστική είναι η άποψη ότι οι μεταβολές που συνεπάγεται το υψόμετρο στα κλιματικά χαρακτηριστικά είναι κεφαλαιώδους σημασίας για τη ζωή και την οικονομική δραστηριότητα των ορεινών πληθυσμών (Peattie 1936).

Στον ελληνικό χώρο η παρουσία των ορεινών όγκων είναι καθοριστική, όσον αφορά στη διαμόρφωση του κλίματος των διαφόρων περιοχών της χώρας. Η ανισοκατανομή των βροχοπτώσεων ανάμεσα στη δυτική και ανατολική Ελλάδα είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της γεωγραφίας της χώρας και οφείλεται στην οροσειρά της Πίνδου, η οποία λειτουργεί ως υδροκρίτης του κορμού της ηπειρωτικής Ελλάδας. Ο ορεινός κορμός της Πίνδου ξεκινώντας από τα βόρεια σύνορα με την Αλβανία και τη FYROM και καταλήγοντας στο ακρωτήριο Ταίναρο συντελεί, μέσω του μηχανισμού της ορογραφικής κατακρήμνισης, στην ύπαρξη πλούσιων βροχοπτώσεων στα δυτικά, ενώ στα ανατολικά οι κατακρημνίσεις είναι πολύ λιγότερες. Στην Άρτα η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 1084mm, ενώ στη Λάρισα, η οποία βρίσκεται στο ίδιο περίπου γεωγραφικό πλάτος αλλά από την ανατολική πλευρά της Πίνδου, το αντίστοιχο μέγεθος είναι μόλις 423mm.

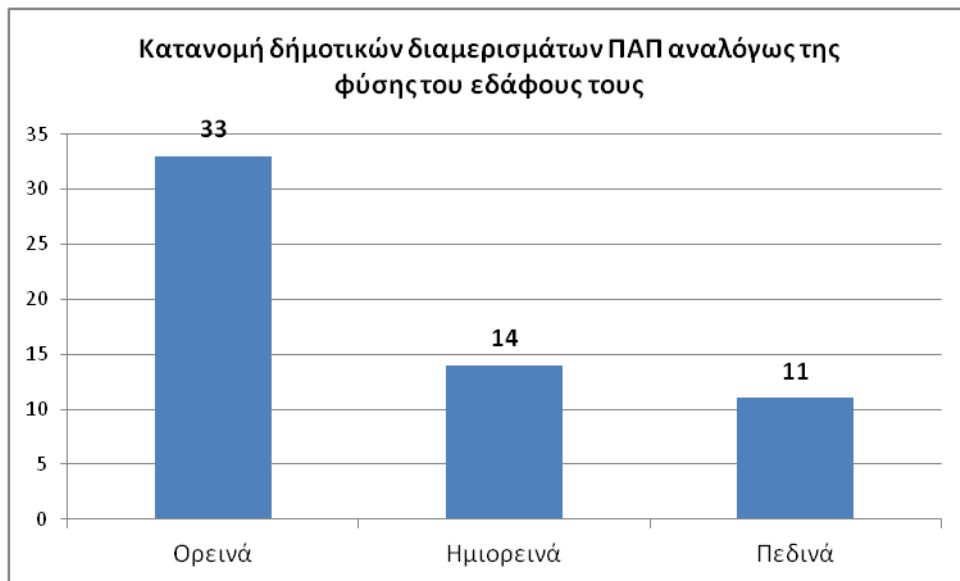
Χαρακτηριστικό παράδειγμα της επίδρασης του υψομέτρου στη διαμόρφωση των κλιματικών συνθηκών είναι και η περίπτωση της Πάρνηθας. Το βουνό απέχει μόλις 40km από το κέντρο της Αθήνας, όμως το αυξημένο υψόμετρο συντελεί στην ύπαρξη ενός διαφορετικού «κλιματικού κόσμου». Συγκεκριμένα, στην Αθήνα σε υψόμετρο 138m, η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 17,6°C και η μέση ετήσια βροχόπτωση 414mm. Σε υψόμετρο 1.000m, στο βουνό της Πάρνηθας, τα αντίστοιχα μεγέθη είναι 11°C και 822mm.

## 1.4 Το ενεργειακό δυναμικό των ορεινών περιοχών

Τα χαρακτηριστικά της ορεινής γεωγραφίας και του ορεινού κλίματος συνιστούν ευνοϊκές συνθήκες για την ύπαρξη ανανεώσιμου ενεργειακού πλούτου στις ορεινές περιοχές. Στη συνέχεια, γίνεται αναλυτικότερη αναφορά στο δυναμικό ΑΠΕ των ορεινών περιοχών.

### Αιολικό δυναμικό

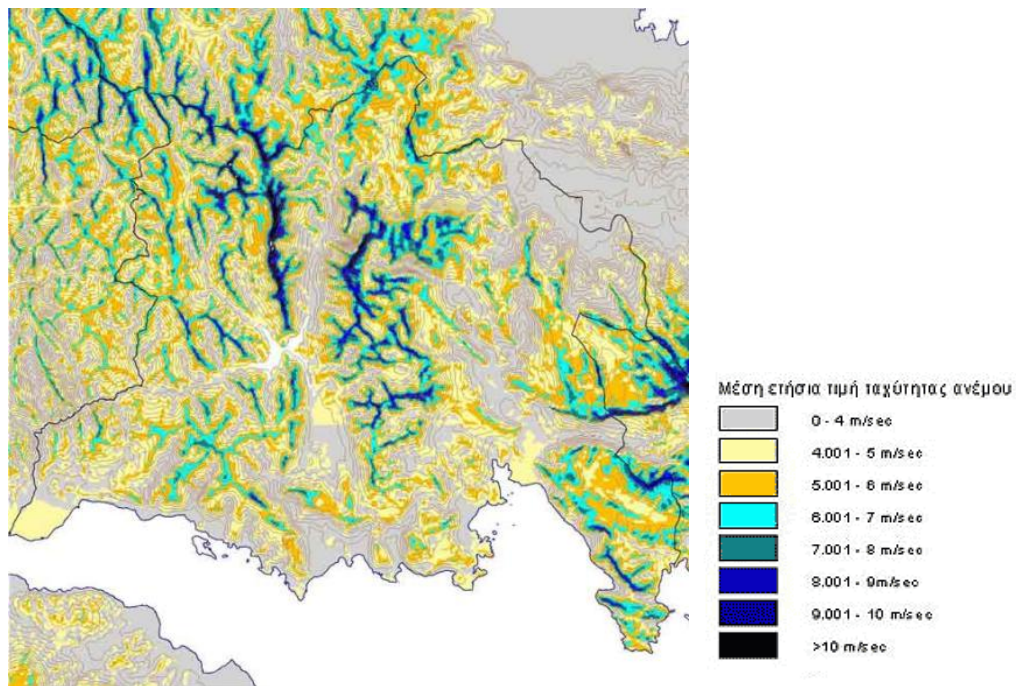
Η αύξηση των ταχυτήτων του ανέμου συναρτήσεται του υψομέτρου και φαινόμενα, όπως οι άνεμοι των κοιλάδων, που περιγράφηκαν στην Ενότητα 1.3, αποτελούν ευνοϊκούς παράγοντες για την ύπαρξη πλούσιου αιολικού δυναμικού στα βουνά. Εξετάζοντας την περίπτωση της Ελλάδας, είναι φανερό ότι οι περιοχές με τις μεγαλύτερες ταχύτητες αέρα είναι οι ορεινές και οι νησιωτικές. Στο Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις ΑΠΕ ορίζονται περιοχές αιολικής προτεραιότητας (ΠΑΠ), οι οποίες συγκεντρώνουν υψηλό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό. Οι ΠΑΠ, κατά κύριο λόγο, περιλαμβάνουν ορεινούς όγκους, στις κορυφογραμμές των οποίων παρατηρούνται μεγάλες ταχύτητες ανέμου. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1.1, από τα δημοτικά διαμερίσματα (δημοτικές ενότητες στο καθεστώς του «Καλλικράτη») που υπάγονται σε ΠΑΠ, το 80% είναι ορεινά και ημιορεινά.



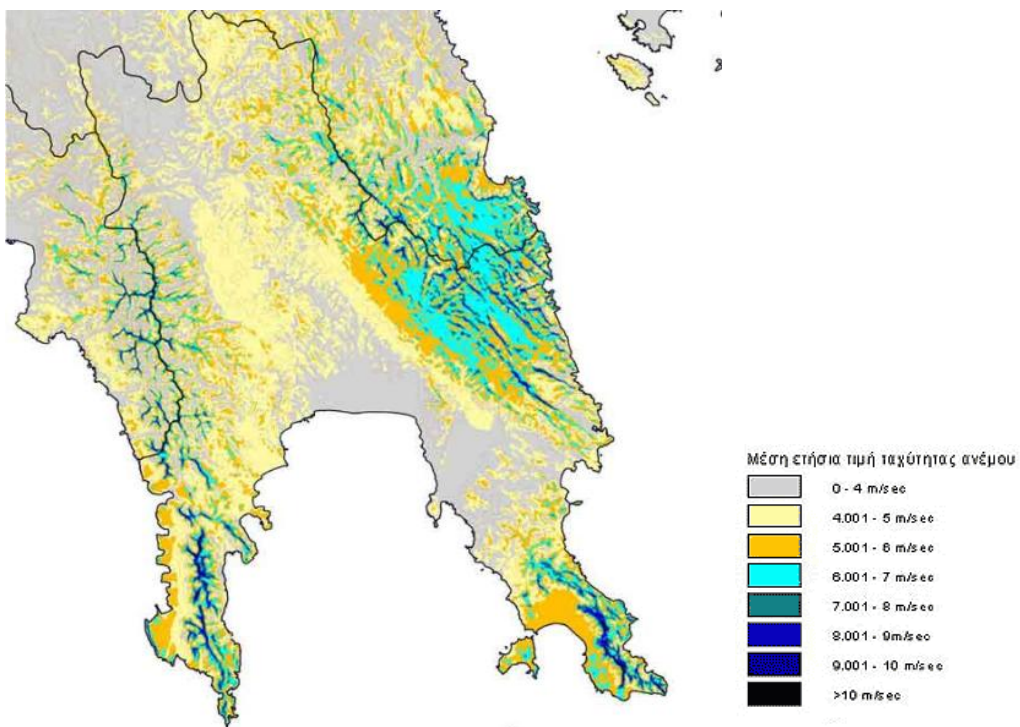
**Διάγραμμα 1.1.** Αριθμός ορεινών, ημιορεινών και πεδινών δημοτικών διαμερισμάτων που υπάγονται σε ΠΑΠ

Το υψηλό αιολικό δυναμικό των ορεινών περιοχών αποτυπώνεται με χαρακτηριστικό τρόπο στους σχετικούς χάρτες του ΚΑΠΕ. Στους Χάρτες 1.3 και 1.4 δίνονται οι ταχύτητες ανέμου για τις περιοχές της Φωκίδας και της Λακωνίας, τμήματα των οποίων περιλαμβάνονται σε ΠΑΠ. Στην περίπτωση της Φωκίδας, οι περιοχές με τις μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου είναι, ουσιαστικά, οι κορυφογραμμές της Γκιώνας και των Βαρδουσιών. Ωστόσο και άλλες περιοχές με εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό (από 6m/sec και πάνω), κατά βάση, βρίσκονται σε υψηλά υψόμετρα. Παρόμοια είναι η εικόνα στη Λακωνία. Στον Πάρνωνα και στις νότιες απολήξεις του οι ταχύτητες του ανέμου, σε μεγάλες εκτάσεις,

είναι ιδιαίτερα υψηλές. Και στις δύο περιοχές που, ενδεικτικά, παρουσιάζονται στους Χάρτες 1.3 και 1.4, έχουν ήδη εγκατασταθεί αιολικές μονάδες (67,4MW στην περιοχή του Πάρνωνα και 70MW στα ορεινά της Φωκίδας) και αρκετές βρίσκονται σε στάδιο αδειοδότησης / κατασκευής.



**Χάρτης 1.3.** Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου στην περιοχή της Φωκίδας



**Χάρτης 1.4.** Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου στην περιοχή της Λακωνίας

Αν και οι ταχύτητες του αέρα είναι μεγάλες στις κορυφογραμμές, δεν μπορεί να αξιοποιηθεί το σύνολο του αιολικού δυναμικού που δημιουργείται. Υπάρχει μία σειρά περιορισμών ως προς την εγκατάσταση αιολικών μονάδων. Σύμφωνα με την ειδική έκθεση του ευρωπαϊκού οργανισμού περιβάλλοντος (ΕΕΑ), στις ορεινές περιοχές θεωρείται ότι η εκμετάλλευση του πλούσιου αιολικού δυναμικού είναι προβληματική λόγω της μικρής πυκνότητας δικτύων υψηλής τάσης που διευκολύνουν τη μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας. Επίσης, σε μεγάλα υψόμετρα (ειδικά από 2000m και υψηλότερα) οι πολύ μεγάλες ταχύτητες ανέμου και οι χαμηλές θερμοκρασίες θέτουν κινδύνους στην ασφάλεια των εγκαταστάσεων. Παρ' όλα αυτά, σε αιολικά πάρκα της Ελβετίας σε υψόμετρα άνω των 2000m, έχει παρατηρηθεί ότι η διακοπή της λειτουργίας τους για λόγους ασφαλείας έχει ελάχιστη επίπτωση στο βαθμό διαθεσιμότητας (ΕΕΑ 2009). Επιπλέον, δεν πρέπει να αγνοείται το ζήτημα της περιβαλλοντικής και αισθητικής όχλησης, το οποίο επιβάλλει την εγκατάσταση αιολικών εγκαταστάσεων στις κορυφογραμμές, με αυστηρά κριτήρια χωροθέτησης.

Σε κάθε περίπτωση, το αιολικό δυναμικό συνιστά ένα σημαντικό ενεργειακό πόρο για τις ορεινές περιοχές. Η αξιοποίησή του μπορεί να αποτελέσει μια σημαντική παραγωγική δραστηριότητα αλλά και να καλύψει ενεργειακές ανάγκες απομονωμένων οικισμών, χωρίς πρόσβαση στο κεντρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

### **Ηλιακό δυναμικό**

Στις ορεινές περιοχές η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας για παραγωγή ενέργειας μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποδοτική, εφ' όσον υπάρχει κατάλληλος προσανατολισμός και ευνοϊκές συνθήκες ως προς τη σκίαση από ορεινούς όγκους, λόγω της αύξησης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας συναρτήσει του υψομέτρου. Ο Χάρτης 1.5 επιβεβαιώνει το γεγονός ότι οι ορεινές περιοχές έχουν αυξημένες δυνατότητες ενεργειακής παραγωγής με αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Είναι εμφανές ότι στις νότιες και νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας, η ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκά μεγιστοποιείται. Παράλληλα, προκύπτει ότι στον ορεινό κορμό της Πίνδου και στην ορεινή Πελοπόννησο η απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι υψηλότερη απ' ό,τι στις παρακείμενες περιοχές χαμηλότερου υψομέτρου. Με βάση τα αριθμητικά δεδομένα του χάρτη, η αύξηση στην ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται από 8 έως 10% στις ορεινές περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας έναντι των γειτονικών τους πεδινών περιοχών.

Η αύξηση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στις ορεινές περιοχές αποδίδεται εκτός της αυξημένης ηλιοφάνειας και στις χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στα βουνά. Αναλυτικότερα, στην απόδοση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου υπεισέρχεται ένας επιμέρους συντελεστής απόδοσης λόγω λειτουργίας σε διαφορετική θερμοκρασία από την πρότυπη θερμοκρασία δοκιμής του πλαισίου. Ο συντελεστής αυτός δίνεται από τη σχέση (Περδίδος 2007):

$$\sigma_{\theta} = 1 - [(t_a + 30) - 25] \cdot 0,004$$

Όπου  $t_a$ , η μέση θερμοκρασία του αέρα, κατά το μήνα μελέτης

Από τη σχέση προκύπτει ότι οι υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, ειδικά το καλοκαίρι, που είναι η περίοδος της μέγιστης ηλιοφάνειας, οδηγούν σε μείωση του θερμοκρασιακού συντελεστή απόδοσης.

Η ισχύς αιχμής μιας συστοιχίας, έστω αυτόνομων φωτοβολταϊκών (που αντιστοιχεί στη μέγιστη αποδιδόμενη ισχύ όταν τα πλαίσια δέχονται ηλιακή ακτινοβολία έντασης  $1\text{kW/m}^2$ ) που καλύπτουν μια συγκεκριμένη ζήτηση ενέργειας, δίνεται από τη σχέση:



$$P_p [kW] = \frac{E_k \left[ \frac{kWh}{day} \right] \cdot 1kW/m^2}{E_{HA} \left[ \frac{kWh}{m^2 \cdot day} \right] \cdot \sigma_\theta \cdot \sigma_\rho \cdot \sigma_\eta}$$

$E_k$ : το φορτίο που καλύπτει το σύστημα

$E_{HA}$ : μέση ημερήσια ένταση ηλιακής ακτινοβολίας

$\sigma_\theta$ : ο μειωτικός συντελεστής απόδοσης λόγω θερμοκρασίας

$\sigma_\rho$ : ο μειωτικός συντελεστής απόδοσης λόγω ρύπανσης της επιφάνειας των πλαισίων

$\sigma_\eta$ : ο συντελεστής ηλεκτρικών απωλειών του συστήματος

Εάν όλες οι παράμετροι, πλην της θερμοκρασίας, σε δύο τοποθεσίες (έστω Α και Β) είναι ίδιες, τότε η διαφορά στην ισχύ αιχμής που απαιτείται για την κάλυψη μιας συγκεκριμένης τιμής ηλεκτρικού φορτίου, θα δίνεται από το λόγο:

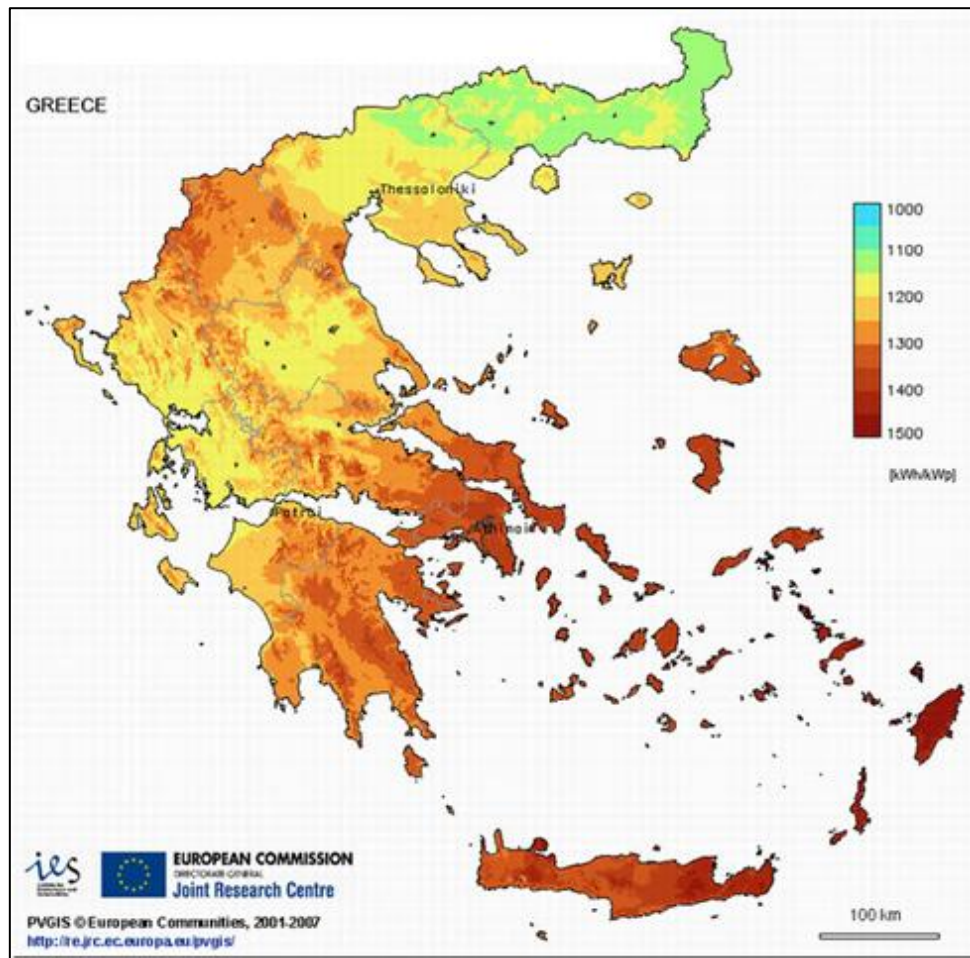
$$\frac{P_{p,A}}{P_{p,B}} = \frac{\sigma_{\theta,B}}{\sigma_{\theta,A}}$$

Από το λόγο προκύπτει ότι εάν στην περιοχή Α, οι θερμοκρασίες είναι υψηλότερες απ' ό,τι στην περιοχή Β (κατά το μήνα που χρησιμοποιείται ως βάση για τους υπολογισμούς), τότε για την κάλυψη του ίδιου φορτίου θα απαιτηθεί μεγαλύτερη ισχύς αιχμής άρα και μεγαλύτερο μέγεθος και κόστος εγκατάστασης. Αν ληφθεί ως παράδειγμα η περιοχή της Λακωνίας, με μήνα αναφοράς τον Ιούλιο, η μέση θερμοκρασία στη Σπάρτη ανέρχεται σε 30,1°C, ενώ στο τουριστικό περίπτερο του Ταυγέτου (υψόμετρο 1300m) σε 20,8°C. Αυτό συνεπάγεται ότι ο μειωτικός συντελεστής λόγω θερμοκρασίας είναι, στη Σπάρτη 0,86 και στον ορεινό όγκο του Ταυγέτου 0,90. Η διαφορά, αν και σε απόλυτες τιμές είναι μικρή, οδηγεί σε απαίτηση αύξησης της ισχύος αιχμής κατά 4,6% στη Σπάρτη.

Τα δεδομένα αυτά ανατρέπουν τη λανθασμένη αίσθηση περί μειωμένης απόδοσης των ηλιακών συστημάτων στις ορεινές περιοχές. Η άποψη αυτή ήταν διαδεδομένη - ειδικά τις προηγούμενες δεκαετίες – επηρεάζοντας και πολλούς μηχανικούς, οι οποίοι δε συνιστούσαν τη χρήση τους, ειδικότερα ηλιοθερμικών συστημάτων, στα ορεινά. Χρειάζεται, προφανώς, να αναθεωρηθούν τέτοιες λανθασμένες πρακτικές που εμποδίζουν τα νοικοκυριά στις ορεινές περιοχές να εξοικονομήσουν ενέργεια. Άλλωστε, έχουν εδώ και αρκετά χρόνια υπάρξει ηλιακές εφαρμογές, ικανές να καλύψουν τις θερμικές ανάγκες κτιρίων, σε συνθήκες πολύ πιο δυσμενείς από αυτές που επικρατούν στον ελληνικό ορεινό χώρο. Χαρακτηριστική είναι η χρήση ηλιοθερμικών συστημάτων κλειστού κυκλώματος για παραγωγή θερμού νερού, τήξη πάγου και θέρμανση της εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων, στο υψηλότερο υψομέτρου ορειβατικό καταφύγιο της Ευρώπης, στα 4550m στις Ιταλικές Άλπεις (Beni et al. 1994).

Από την άλλη πλευρά, το 2011 κυκλοφόρησε ευρέως η άποψη ότι στα πολύ μεγάλα υψόμετρα, στις κορυφογραμμές των Ιμαλαΐων, η ιδιαίτερα αυξημένη ηλιοφάνεια, αποτελεί ευκαιρία για τη μαζική εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων (Roach 2011). Η ιδέα αυτή ξεκίνησε από το National Institute of Industrial Science and Technology της Ιαπωνίας και εκτός από την αυξημένη ηλιοφάνεια στηρίχθηκε στις χαμηλές θερμοκρασίες, που ευνοούν την απόδοση των φωτοβολταϊκών και στην αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε γειτονικές περιοχές των Ιμαλαΐων, την Κίνα και την Ινδία. Η άποψη είναι, σε μεγάλο βαθμό, ακραία. Είναι, όμως, ενδιαφέρον το ότι οι ορεινές περιοχές

βρέθηκαν στο επίκεντρο της δημοσιότητας, σε σχέση με ένα ζήτημα αξιοποίησης του πλούσιου ενεργειακού τους δυναμικού.



**Χάρτης 1.5.** Παραγωγή ηλεκτρισμού από φωτοβολταϊκά πλαίσια ( $\text{kWh/kW}_p \cdot \text{year}$ ), σταθερά τοποθετημένα, υπό βέλτιστη κλίση, στον ελληνικό χώρο (πηγή: PVGIS)

Εκτός από την αξιοποίηση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, είναι κρίσιμη η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή θερμότητας στις ορεινές περιοχές. Η διεύρυνση της χρήσης ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων στους ορεινούς οικισμούς μπορεί να συμβάλει αποφασιστικά στη μείωση των θερμικών φορτίων των κατοικιών και μπορεί να υποστηριχθεί από τα αυξημένα ποσά ηλιοφάνειας που παρατηρούνται στα βουνά. Κερδίζει σταδιακά έδαφος η χρήση ηλιοθερμικών συστημάτων για την υποβοήθηση της κεντρικής θέρμανσης των κτιρίων. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν συλλέκτες κενού που έχουν τη δυνατότητα παραγωγής θερμού νερού με μεγάλη θερμοκρασία. Στη συνέχεια, το θερμό νερό αποθηκεύεται σε δεξαμενές αποθήκευσης και χρησιμοποιείται από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Ένα ηλιοθερμικό σύστημα για την ενίσχυση της κεντρικής θέρμανσης μπορεί να καλύψει έως και το 80% των θερμικών αναγκών μιας κατοικίας. Συνεπώς, τέτοιες εφαρμογές μπορεί να έχουν αποφασιστική σημασία για την κάλυψη, με οικονομικό τρόπο, των θερμικών φορτίων των ορεινών οικισμών.

Οι περιορισμοί στην εκμετάλλευση του πλούσιου δυναμικού ηλιακής ενέργειας των ορεινών περιοχών συνίστανται, κυρίως, στον περιορισμένο διαθέσιμο χώρο λόγω των μεγάλων κλίσεων και στην ανάγκη

προστασίας της αισθητικής των ορεινών οικισμών αλλά και του ορεινού τοπίου εν γένει. Έτσι, ως γενική κατεύθυνση για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στις ορεινές περιοχές προκύπτει η χρήση μικρών, αποκεντρωμένων ηλιακών συστημάτων στις κατοικίες είτε για παραγωγή θερμότητας είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

### **Υδροηλεκτρικό δυναμικό**

Η αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας, μέσω της μετατροπής της σε μηχανική αποτελούσε από τους αρχαίους χρόνους συνήθη πρακτική μέσω κατασκευών μεγάλου μεγέθους και μικρής ισχύος, όπως οι νερόμυλοι για την άλεση σιτηρών (Παπαντώνης 2008). Η δύναμη του νερού χρησιμοποιήθηκε στις παραδοσιακές κοινωνίες και για την πρίση ξύλων (υδροπρίονα), τον καθαρισμό ρούχων και ταπήτων (νεροτριβές) καθώς και σε εφαρμογές βυρσοδεψίας. Η βασική προϋπόθεση για την αξιοποίηση του νερού για όλες αυτές τις χρήσεις είναι η ύπαρξη υδατικού δυναμικού. Ο ορεινός χώρος, κατά κανόνα, είναι πλούσιος σε υδατικό δυναμικό, εξαιτίας της αύξησης των βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων συναρτήσει του υψομέτρου.

Παραδοσιακά, στα ελληνικά βουνά η υδραυλική ενέργεια αξιοποιούνταν εκτενώς σε νερόμυλους, υδροπρίονα, νεροτριβές και άλλες εφαρμογές. Πλούσια υδατορεύματα και αναβλύσεις των βουνών αποτελούσαν για τις παραδοσιακές κοινωνίες βασικό μέσο ανάπτυξης των δραστηριοτήτων τους (Οικονομίδου – Μπότσιου 1998). Σε ορισμένες περιπτώσεις παραδοσιακοί νερόμυλοι και νεροτριβές χρησιμοποιούνται ακόμη και όχι μόνο ως τουριστικά αξιοθέατα. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι ακόμη και πιο σύνθετες διεργασίες μεταποιητικού χαρακτήρα, όπως η βυρσοδεψία, αποτελούσαν σημαντικές οικονομικές δραστηριότητες στον ελληνικό ορεινό χώρο λόγω της ύπαρξης πλούσιων υδατικών πόρων. Στην Αναβρυτή Λακωνίας, στον Ταΰγετο, τα άφθονα πηγαία νερά – από τα οποία προέρχεται και το όνομα του χωριού – κατά το 19<sup>ο</sup> αιώνα συντηρούσαν εκτεταμένη δραστηριότητα στη βυρσοδεψία, με αποτέλεσμα το χωριό να έχει 3.600 κατοίκους (έναντι μόλις 75 το 2001) που διατηρούσαν 15-20000 κεφάλια ζώων (Ματσούκα 2000).

Έτσι, ο ορεινός χώρος διαθέτει εξοικείωση στην εκμετάλλευση της υδραυλικής ενέργειας, η οποία πλέον υλοποιείται κυρίως μέσω της υδροηλεκτρικής παραγωγής ενέργειας. Στις παραδοσιακές εφαρμογές αξιοποίησης της υδραυλικής ενέργειας, πέρα από την ύπαρξη υδατικού δυναμικού, σημαντικός είναι και ο ρόλος της υψομετρικής διαφοράς. Η ύπαρξη μεγάλης υψομετρικής διαφοράς μεταξύ μιας ανάβλυσης νερού και της μονάδας αξιοποίησής του, ως αποτέλεσμα των αυξημένων κλίσεων, συντελεί στην αύξηση της ισχύος της μονάδας που δίνεται από τη σχέση:

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$\rho$ : η πυκνότητα του νερού

$g$ : η επιτάχυνση της βαρύτητας

$Q$ : η παροχή του υδατορεύματος

$H$ : το ύψος της υδατόπτωσης

Στις παραδοσιακές εφαρμογές, με την παροχή δεδομένη, είναι κρίσιμος ο ρόλος του ύψους πτώσης. Στην περίπτωση της υδροηλεκτρικής παραγωγής, η ύπαρξη μεγάλου ύψους πτώσης συμβάλλει στην αύξηση της αποδοτικότητας των επενδύσεων (Παπαντώνης 2008, Τσαλέμης et al. 2012). Όμως, το μειονέκτημα της μικρής υδραυλικής πτώσης, στην περίπτωση των υδροηλεκτρικών έργων, μπορεί να ισοσκελιστεί από μεγάλες τιμές της παροχής που επιτυγχάνονται με τη δημιουργία κατάλληλων

υποδομών ελέγχου της ροής του νερού, όπως τα φράγματα. Για την περίπτωση, όμως, των μικρών υδροηλεκτρικών έργων<sup>2</sup>, τα οποία κατά κανόνα αξιοποιούν υδατορεύματα μικρών παροχών, το ζήτημα της πτώσης παραμένει ιδιαίτερα σημαντικό.

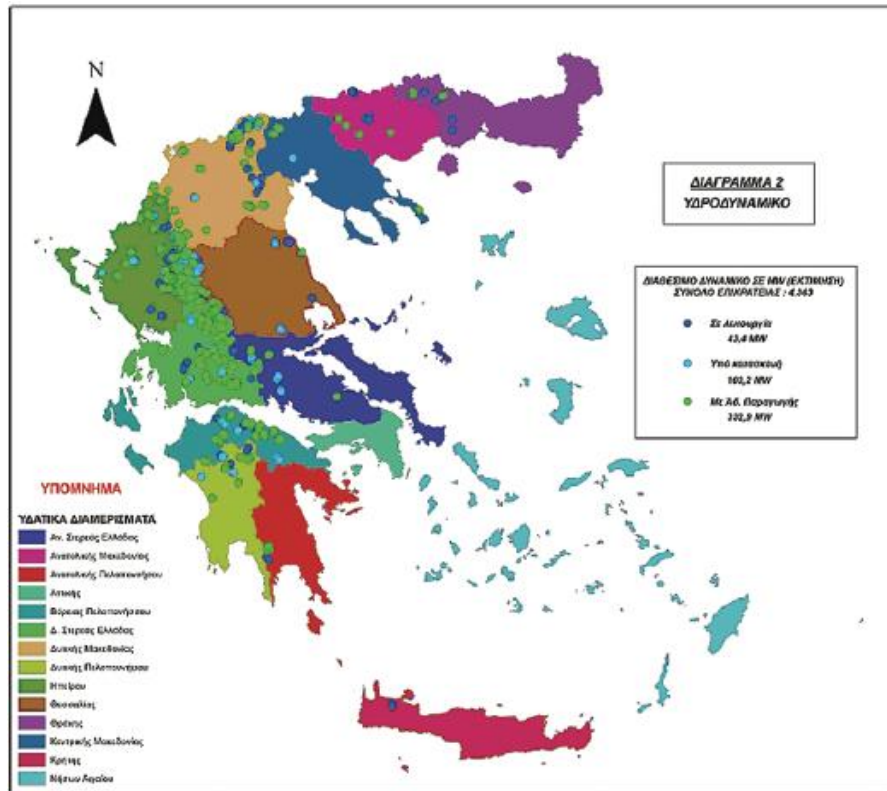
Με βάση τα ανωτέρω, ο ορεινός χώρος συγκεντρώνει τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής παραγωγής, ειδικά με τη μορφή μικρών υδροηλεκτρικών έργων, αφού το ορεινό κλίμα χαρακτηρίζεται από πλούσιες κατακρημνίσεις, που δημιουργούν πλούσιο υδατικό δυναμικό και το ορεινό ανάγλυφο δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για μεγάλα ύψη υδατόπτωσης. Αυτό επιβεβαιώνεται από τα στοιχεία, σχετικά με την υδροηλεκτρική παραγωγή στην Ελλάδα. Με βάση τα στοιχεία της Αρχής Διαχείρισης Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ), από τα περίπου 100 εν λειτουργία μικρά υδροηλεκτρικά έργα, στην Ελλάδα, τα 80 βρίσκονται σε ορεινές περιοχές. Ο Χάρτης 1.6 αποτελεί άλλη μία ένδειξη του πλούσιου υδροδυναμικού των ορεινών περιοχών της Ελλάδας. Η συντριπτική πλειοψηφία των μικρών υδροηλεκτρικών μονάδων λειτουργεί και σχεδιάζεται να λειτουργήσει στα ορεινά. Επιπλέον, μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες, κρίσιμες για τη σταθερότητα του ενεργειακού συστήματος της Ελλάδας και την αποτελεσματική κάλυψη της ζήτησης βρίσκονται σε ορεινές περιοχές, ενώ το σύνολο των μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων της χώρας, ακόμη κι αν βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο, τροφοδοτείται από ποταμούς που πηγάζουν από τα βουνά. Ο Αχελώος, ο Άραχθος, ο Αώος και ο Αλιάκμονας, που πηγάζουν από την ευρύτερη ορεινή ενότητα του Μετσόβου (Κουτσογιάννης & Μαμάσης 1998), τροφοδοτούν υδροηλεκτρικές μονάδες της ΔΕΗ, με συνολική ισχύ 2.186MW. Η ισχύς αυτή αντιστοιχεί στο 17% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της εταιρίας.

Εκτός από την ορεινή Ελλάδα, στα μεγάλα ορεινά συγκροτήματα της γης, το υδατικό δυναμικό δημιουργεί πολύ μεγάλης κλίμακας δυνατότητες ηλεκτροπαραγωγής. Το Νεπάλ είναι μια χώρα με έκταση λίγο μεγαλύτερη της Ελλάδας. Όμως, το συνολικό αξιοποιήσιμο δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής από υδροηλεκτρικά έργα υπολογίζεται σε 42.000MW, ισχύς μεγαλύτερη κατά 3,3 φορές από τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ της ΔΕΗ. Αυτή η εντυπωσιακή τιμή υδροηλεκτρικού δυναμικού αντικατοπτρίζει το ρόλο των Ιμαλαΐων, της μεγαλύτερης οροσειράς της γης, ως υδροκρίτη στην Ινδική υπο-ήπειρο.

Ο βασικότερος περιορισμός στην ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής παραγωγής στις ορεινές περιοχές σχετίζεται με την απομόνωση. Η μεγάλη απόσταση των ορεινών περιοχών από τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να καταστήσει ασύμφορη την εκμετάλλευση του υδατικού δυναμικού. Επιπλέον, τα υδροηλεκτρικά έργα, ακόμη και τα μικρής ισχύος, συνεπάγονται παρεμβάσεις στο τοπίο λόγω των εκτεταμένων τεχνικών έργων που απαιτούνται για την κατασκευή τους. Γι' αυτό, η κατασκευή τους στις ορεινές περιοχές μπορεί να προσκρούσει στην αναγκαιότητα διατήρησης και προστασίας του περιβάλλοντος. Στην περιοχή της Ηπείρου, πολλά σχεδιαζόμενα μικρά υδροηλεκτρικά έργα βρίσκονται εντός περιοχών προστασίας της φύσης (ΚΑΠΕ & Eurotec 2011), γεγονός που έχει κινητοποιήσει κοινωνικές αντιδράσεις και γενικότερο προβληματισμό.

---

<sup>2</sup> Ως μικρά χαρακτηρίζονται, συνήθως, τα υδροηλεκτρικά έργα ισχύος έως 15MW. Αυτής της κλίμακας τα έργα συνιστούν τον κύριο όγκο της ανάπτυξης της εκμετάλλευσης της υδραυλικής ενέργειας, πλέον, στην Ελλάδα. Οι σημαντικές αλλαγές που επιφέρουν στα οικοσυστήματα και στο τοπίο τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα έχουν, γενικότερα, οδηγήσει στο να θεωρούνται τα έργα μικρής ισχύος ως η κύρια έκφραση του ανανεώσιμου τρόπου εκμετάλλευσης της υδραυλικής ενέργειας.



**Χάρτης 1.6.** Μικρά υδροηλεκτρικά έργα στην Ελλάδα (πηγή: ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ)

### Δυναμικό βιομάζας

Η ενεργειακά αξιοποιήσιμη βιομάζα, ως προς την προέλευσή της, μπορεί να χωριστεί σε:

- Προϊόντα και υπολείμματα δασικών εκμεταλλεύσεων
- Προϊόντα και υπολείμματα αγροτικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων

Σε αντίθεση με τις προηγούμενες κατηγορίες ανανεώσιμου ενεργειακού δυναμικού που εξετάστηκαν, για τη βιομάζα δεν μπορεί να προκύψει μία γενικής ισχύος εκτίμηση, όσον αφορά στη διαθεσιμότητά της στις ορεινές περιοχές. Αυτό οφείλεται στο ότι, εκτός από κλιματικές και άλλες φυσικές παραμέτρους, η διαθεσιμότητα βιομάζας προς ενεργειακή αξιοποίηση εξαρτάται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι, ειδικά στον αναπτυσσόμενο κόσμο, οι ορεινοί πληθυσμοί είναι σε πολύ μεγάλο βαθμό εξαρτημένοι από τη βιομάζα για την κάλυψη βασικών τους αναγκών, όπως η θέρμανση και η παρασκευή φαγητού. Το μερίδιο χρήσης της βιομάζας για τις ενεργειακές ανάγκες του οικιακού τομέα, φτάνει και σε ποσοστά άνω του 70%, στις ορεινές περιοχές των Ιμαλαΐων (Khuman et al. 2011). Η αλόγιστη χρήση πόρων, όπως τα καυσόξυλα, αποτελεί ένα σημαντικό περιβαλλοντικό κίνδυνο για τις ορεινές περιοχές, που έχει επισημανθεί εδώ και τριάντα χρόνια (Shresta 1981). Ταυτόχρονα, η καταστροφή δασικών εκτάσεων καθιστά ακόμη πιο επίπονη τη διασφάλιση ενεργειακών πόρων από τους φτωχούς τοπικούς πληθυσμούς.

Περιορίζοντας την ανάλυση στον ελληνικό ορεινό χώρο, γενικώς, διαπιστώνεται ότι διαθέτει πλούσιο δυναμικό δασικής βιομάζας και χαμηλό δυναμικό αγροτικής και κτηνοτροφικής βιομάζας. Αναλυτικότερα, στην Ελλάδα περίπου η μισή έκταση των δασών της χώρας και το σύνολο, σχεδόν, των

παραγωγικών δασών βρίσκεται στα βουνά. Σε αυτό συμβάλλει το ορεινό κλίμα, που ευνοεί την ανάπτυξη του δάσους, αλλά και ο περιορισμός της ανθρώπινης δραστηριότητας, λόγω της πληθυσμιακής συρρίκνωσης του ορεινού χώρου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στον Ταΰγετο, στη ζώνη που τώρα καλύπτεται από μεγάλα δάση κωνοφόρων στην πλευρά της Λακωνίας, μέχρι τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα υπήρχαν καλλιέργειες (Ματσούκα 2000). Σε πολλούς ορεινούς Δήμους της χώρας, το ποσοστό δασοκάλυψης υπερβαίνει ακόμη και το 70% (Πίνακας 1.9). Έτσι, η δασική παραγωγή της Ελλάδας, είναι σε μεγάλο βαθμό συγκεντρωμένη στα ορεινά δάση και αυτό συμβάλλει στην ύπαρξη πλούσιου δυναμικού βιομάζας.

**Πίνακας 1.9.** Δασοκάλυψη σε ορεινούς (Καποδιστριακούς) Δήμους, σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

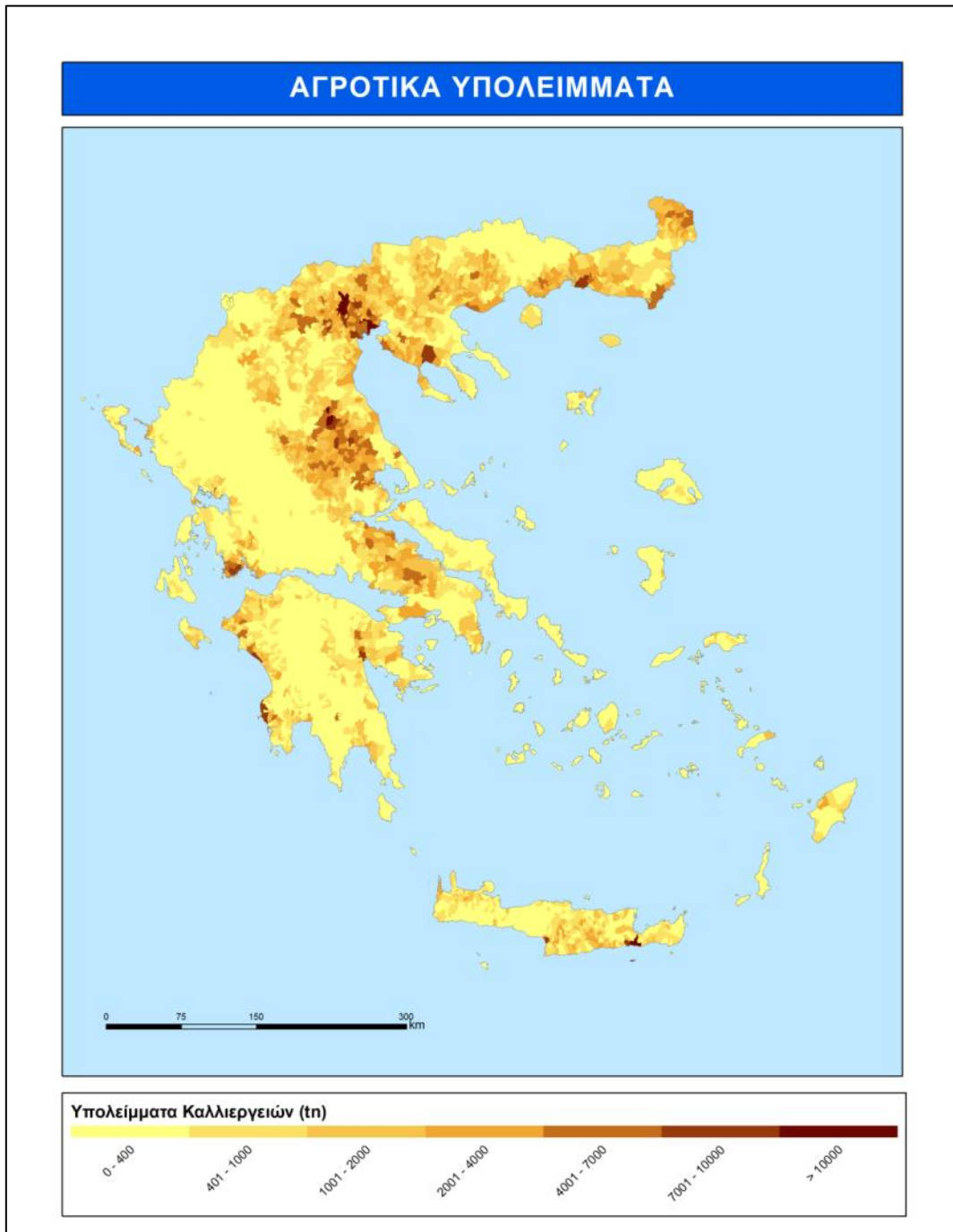
Δήμος	Συνολική έκταση (km <sup>2</sup> )	Δάση (km <sup>2</sup> )	Ποσοστό δασοκάλυψης (%)
Αθαμανίας	306,7	234,0	76%
Ανατολικού Ζαγορίου	269,6	231,2	86%
Ανατολικού Ολύμπου	153,0	100,0	65%
Αποδοτίας	256,2	201,7	79%
Δημητσάνας	111,3	79,7	72%
Ζαγοράς	96,3	75,7	79%
Καλαβρύτων	530,1	295,2	56%
Καρπενησίου	250,6	201,6	80%
Λιδωρικίου	409,8	250,4	61%
Μετσόβου	178,2	107,3	60%
Οινούντος	302,1	228,4	76%
Παρανεστίου	789,3	719,2	91%
Φολόης	174,9	103,2	59%

Στην Περιφέρεια Ηπείρου, η έκταση των εκμεταλλεύσιμων δασών, που κατά την πλειονότητά τους βρίσκονται στα βουνά, έχουν έκταση 285.763 εκτάρια. Το θερμικό περιεχόμενο της διαθέσιμης δασικής βιομάζας ανέρχεται σε 479.325 GJ, ποσότητα ικανή να καλύψει τις θερμικές ανάγκες περίπου του 65% (220.000 κάτοικοι) του πληθυσμού της Περιφέρειας (Eurotec & ΚΑΠΕ 2011). Από το παράδειγμα αυτό, φαίνεται ότι η δασική βιομάζα των ορεινών περιοχών συνιστά ιδιαίτερα σημαντική ενεργειακή πηγή.

Στον αντίποδα, ο περιορισμός των καλλιεργειών και της κτηνοτροφίας στα ορεινά, καθώς και η κυριαρχία της ημι-νομαδικής κτηνοτροφίας, συντελεί στην ύπαρξη περιορισμένου δυναμικού αγροτοκτηνοτροφικών υπολειμμάτων προς ενεργειακή αξιοποίησης. Αυτό αποτυπώνεται χαρακτηριστικά στο Χάρτη 1.7. Στον ορεινό κορμό της Πίνδου, στην ορεινή Πελοπόννησο και στην ορεινή Κρήτη, οι ποσότητες αγροτικών υπολειμμάτων είναι ελάχιστες.

Η ενεργειακή αξιοποίηση της δασικής βιομάζας είναι απαραίτητο να γίνεται στη βάση οργανωμένου σχεδίου, ακολουθώντας τις διαχειριστικές μελέτες των δασικών υπηρεσιών. Ήδη αναφέρθηκε ότι, σε περιοχές της Ινδίας και του Νεπάλ, η απεγνωσμένη αναζήτηση πηγών θερμότητας από τους κατοίκους των ορεινών και απομονωμένων περιοχών οδηγεί σε καταστροφή δασικών οικοσυστημάτων. Το φαινόμενο έχει ενταθεί και στην ορεινή Ελλάδα. Η μεγάλη αύξηση των τιμών στο πετρέλαιο θέρμανσης, σε συνδυασμό με την οικονομική κρίση, έχει πολλαπλασιάσει τα φαινόμενα

λαθροϋλοτομίας (Κεραμιτζόγλου 2012). Το ζήτημα αυτό αποτελεί τον κρισιμότερο παράγοντα ως προς την ενεργειακή αξιοποίηση της δασικής βιομάζας στις ορεινές περιοχές. Η βιώσιμη ενεργειακή πολιτική πρέπει ταυτόχρονα να στοχεύει στην οικονομική ανακούφιση των νοικοκυριών από τα υψηλά ενεργειακά κόστη αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος.



**Χάρτης 1.7.** Αγροτικά υπολείμματα στην Ελλάδα (πηγή: ΚΑΠΕ και ίδια επεξεργασία)

Συνοψίζοντας, αποδεικνύεται ότι οι ορεινές περιοχές, κατά κανόνα, είναι πλούσιες σε αιολικό δυναμικό, ηλιακό δυναμικό, δυναμικό υδατοπτώσεων και δυναμικό δασικής βιομάζας. Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, στον ελληνικό χώρο ένας ορεινός Δήμος είναι πιο πιθανό να έχει, συνολικά,

πλουσιότερο ενεργειακό δυναμικό από ένα πεδινό Δήμο. Αυτό υποδεικνύει μια εσωτερική σχέση μεταξύ του ορεινού χώρου και του ανανεώσιμου ενεργειακού δυναμικού. Έτσι, τα βουνά αποκτούν επιπλέον σημασία για την πλανητική ισορροπία (Price 2002), εφ' όσον τεκμηριώνεται ότι αποτελούν σημαντικούς τροφοδότες ανανεώσιμης ενέργειας, η οποία και αποτελεί ελπίδα για την αναστροφή των μεγάλων περιβαλλοντικών προβλημάτων του πλανήτη.

### 1.5 Η έρευνα σχετικά με τα ενεργειακά ζητήματα των ορεινών περιοχών

Τα σχετικά με την ενέργεια θέματα προκύπτει ότι έχουν ιδιαίτερη σημασία για τις ορεινές περιοχές. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι:

- Οι ενεργειακοί πόροι των ορεινών περιοχών αναφέρονται ως ένας από τους λόγους, για τους οποίους τα βουνά είναι σημαντικά για την ανθρωπότητα (Price 2002, Καλιαμπάκος et al. 2009) και αποδεικνύεται ότι υπάρχει εσωτερική σχέση μεταξύ των ορεινών περιοχών και το δυναμικού ΑΠΕ
- Το ψυχρό ορεινό κλίμα αυξάνει τη ζήτηση θερμικής ενέργειας και συνεπώς το κόστος κάλυψης των ενεργειακών αναγκών για τους ορεινούς πληθυσμούς
- Η επαρκής πρόσβαση σε ενεργειακές υπηρεσίες αποτελεί κομβικό ζήτημα για την έξοδο πολλών ορεινών περιοχών του κόσμου από τις συνθήκες ακραίας φτώχειας που βιώνουν (Coello 2011)
- Η εγκατάσταση ενεργειακών μονάδων στις ορεινές περιοχές αποτελεί μια παραγωγική δραστηριότητα, εν δυνάμει ωφέλιμη για τις τοπικές οικονομίες

Συνεπώς, στο πλαίσιο μιας πολιτικής για την ολοκληρωμένη ανάπτυξη των ορεινών περιοχών, χρειάζεται να ληφθούν υπ' όψιν οι σχέσεις και αλληλεπιδράσεις των χαρακτηριστικών των ορεινών περιοχών με πτυχές του ενεργειακού τομέα και να υπάρχει εξειδικευμένη ενεργειακή στρατηγική για τις περιοχές αυτές. Μέχρι στιγμής, όμως, δεν έχει διαμορφωθεί κάποιο ειδικό πλαίσιο για την ενέργεια και τις ορεινές περιοχές - σε διεθνές επίπεδο - και αυτό επισημαίνεται ως έλλειψη από έναν από τους σημαντικότερους φορείς για τη συνεργασία και την ανάπτυξη των ορεινών περιοχών, την EUROMONTANA. Ο συγκεκριμένος φορέας, που αποτελεί μία ένωση οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης, ερευνητικών ινστιτούτων και περιβαλλοντικών οργανώσεων, το 2009 εξέδωσε κείμενο θέσεων, με τίτλο "Energy in Mountain Areas. Strategy Proposal". Το κείμενο αυτό αποτελεί το μοναδικό επίσημο κείμενο, έως τώρα, σχετικά με τους εξειδικευμένους στόχους και τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει μια βιώσιμη ενεργειακή πολιτική για τις ορεινές περιοχές.

Αρχικά, στην έκθεση της EUROMONTANA, τονίζεται ότι η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν έχει λάβει υπ' όψιν της την ειδική φύση και τους ενεργειακούς πόρους των ορεινών της περιοχών, παρά την ιδιαίτερη σημασία τους. Υποστηρίζεται ότι η εγγύτητα των ορεινών περιοχών στη φύση και η κουλτούρα των κατοίκων τους αποτελούν ιδιαίτερα ευνοϊκούς παράγοντες για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, διατηρώντας ταυτόχρονα υψηλό βιοτικό επίπεδο. Επίσης, οι ορεινές περιοχές θεωρούνται ιδανικός τόπος μεγάλης κλίμακας πειραματισμού για τη χρήση ΑΠΕ. Πρωθώντας την ενεργειακή ανεξαρτησία των ορεινών περιοχών μέσω ΑΠΕ και ΕΞΕ, μπορεί να δοθεί σημαντική



ώθηση στην επίτευξη του κεντρικού στόχου της ευρωπαϊκής ενεργειακής / περιβαλλοντικής πολιτικής, που εκφράζεται με το γνωστό σχήμα «20-20-20»<sup>3</sup>.

Με βάση τις διαπιστώσεις αυτές, τονίζονται οι τέσσερις στόχοι – κλειδιά που πρέπει να τεθούν για την ενεργειακή στρατηγική των ορεινών περιοχών:

- Αύξηση όσο είναι δυνατόν της ενεργειακής αποδοτικότητας
- Παραγωγή ενέργειας από διάφορες, τοπικά διαθέσιμες πηγές, ώστε να αυξηθεί η ενεργειακή ασφάλεια
- Δημιουργία κατάλληλων υποδομών και δικτύων, ώστε οι ορεινές περιοχές να έχουν τη δυνατότητα να «εξάγουν» την ενέργεια που παράγεται στα βουνά
- Ενίσχυση της έρευνας και των πιλοτικών προγραμμάτων και μεταφορά εμπειρίας σε άλλες περιοχές

Στη συνέχεια, το κείμενο θέσεων περιλαμβάνει λεπτομερέστερα στοιχεία και προτάσεις για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων. Αναλύονται ειδικά στοιχεία για κάθε τεχνολογία ΑΠΕ και για την ΕΞΕ, παρουσιάζονται παραδείγματα καλών πρακτικών και τονίζεται η σοβαρότητα των επιπτώσεων που μπορεί να έχει η κλιματική αλλαγή στα βουνά, γεγονός που πρέπει να δημιουργεί εντονότερη κινητοποίηση για αξιοποίηση των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές.

Η EUROMONTANA αποσαφηνίζει ότι οι θέσεις της δεν αποτελούν παρά ένα πρώτο βήμα στην κατεύθυνση της ανάπτυξης εξειδικευμένων ενεργειακών στρατηγικών για τις ορεινές περιοχές της Ευρώπης. Υποστηρίζει ότι χρειάζονται πιο αναλυτικές προσεγγίσεις και ερευνητικές προσπάθειες σχετικά με την προσαρμογή ζητημάτων ενεργειακού δυναμικού, ενεργειακής βελτιστοποίησης, δικτύων διανομής και αποθήκευσης ενέργειας στις ιδιαίτερες συνθήκες των ορεινών περιοχών.

Η μελέτη της βιβλιογραφίας δείχνει ότι οι εξειδικευμένες προσεγγίσεις, που θεωρούνται απαραίτητες από την EUROMONTANA, παρουσιάζουν σημαντικό έλλειμμα. Παρά την ιδιαίτερα πλούσια βιβλιογραφία στον τομέα της ενέργειας, υπάρχει περιορισμένος αριθμός αναφορών που να εξετάζουν τα ενεργειακά θέματα, υπό το πρίσμα των περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων των ορεινών περιοχών.

Δύο από τους μείζονες και πλέον δραστήριους φορείς, στον τομέα της έρευνας και ανάπτυξης των ορεινών περιοχών, το MRI (Mountain Research Initiative) και το ICIMOD (International Center for Integrated Mountain Development) δεν έχουν ασχοληθεί συστηματικά με τα ενεργειακά ζητήματα. Δεν περιλαμβάνουν δημοσιεύσεις σχετικές με την ενέργεια στις ιστοσελίδες τους, αν και αναγνωρίζουν ότι η αναπτυξιακή υστέρηση σε πολλές ορεινές περιοχές του κόσμου συνδέεται με τα προβλήματα του ενεργειακού τομέα.

Στο εξειδικευμένο για τις ορεινές περιοχές επιστημονικό περιοδικό “Mountain Research and Development”, το οποίο εκδίδεται από το 1981, οι δημοσιευμένες εργασίες σχετικές με τα ενεργειακά θέματα των ορεινών περιοχών είναι περίπου 15. Στο επίσης εξειδικευμένο επιστημονικό περιοδικό “Journal of Mountain Science”, οι εργασίες στον τομέα της ενέργειας είναι ελάχιστες. Στα επιστημονικά

---

<sup>3</sup> Το σχήμα «20-20-20» αποτελεί την επιτομή της πολιτικής της Ε.Ε. για το κλίμα και την ενέργεια. Μέχρι το 2020, στην Ε.Ε. πρέπει να επιτευχθεί: α) μείωση κατά 20% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, σε σχέση με το 1990 β) 20% κάλυψη της ενεργειακής κατανάλωσης από ΑΠΕ γ) μείωση κατά 20% της πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας.

περιοδικά του εκδοτικού οίκου Elsevier, τα οποία σχετίζονται με την ενέργεια, οι εργασίες που αντιμετωπίζουν ενεργειακά θέματα ορεινών περιοχών δεν ξεπερνούν τις 30, όταν ο συνολικός αριθμός των σχετικών με την ενέργεια δημοσιεύσεων ξεπερνά τις 300.000, στα περιοδικά του συγκεκριμένου εκδοτικού οίκου. Τα στοιχεία αυτά αποδεικνύουν ότι υπάρχει περιορισμένη ερευνητική δραστηριότητα σχετικά με την ενέργεια στις ορεινές περιοχές.

Οι υφιστάμενες προσεγγίσεις μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Εφαρμογές ΑΠΕ και ΕΞΕ στα ορεινά
- Εκτίμηση δυναμικού ΑΠΕ και κατανάλωσης καυσίμων σε ορεινές περιοχές
- Συσχέτιση ενεργειακών ζητημάτων με άλλα θέματα που απασχολούν τις ορεινές περιοχές

Οι αναφορές που υπάγονται στην πρώτη κατηγορία, περιγράφουν, κυρίως, εφαρμογές συστημάτων ΑΠΕ και μέτρων ΕΞΕ σε ορεινές περιοχές και εκτιμούν τα οφέλη που προκύπτουν. Εργασίες, όπως αυτές των Beni et al. (1994) και Schweizer – Ries (2001), επικεντρώνονται σε μεμονωμένα συστήματα σε κτίρια. Και οι δύο αυτές εργασίες πραγματεύονται το ζήτημα της αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για τροφοδότηση κτιρίων στις ορεινές περιοχές, η πρώτη ενός καταφυγίου και η δεύτερη μιας κατοικίας. Κεντρικό συμπέρασμα και στις δύο περιπτώσεις είναι η χρησιμότητα των αυτόνομων ενεργειακών συστημάτων, σε απομονωμένα μέρη στα ορεινά, όπου η μεταφορά καυσίμων ή η σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο συνεπάγονται μεγάλο κόστος. Προσεγγίσεις, όπως του Rijal (1999), ασχολούνται με τα οφέλη των ΑΠΕ σε ευρύτερο επίπεδο. Περιγράφονται επιτυχημένα παραδείγματα εφαρμογών ΑΠΕ σε ορεινές περιοχές της Ινδίας, της Κίνας, του Νεπάλ και του Πακιστάν. Με βάση αυτά προτείνεται η διεύρυνση της χρήσης των ΑΠΕ στις ορεινές κοινότητες της Ασίας, γεγονός που θα συντελέσει στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Στη δεύτερη κατηγορία, συναντώνται έρευνες, οι οποίες με χρήση διάφορων τεχνικών (π.χ. GIS) προχωρούν στον υπολογισμό και τη χαρτογράφηση του δυναμικού ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές. Στην εργασία των Arnette & Zobel (2011) γίνεται εκτίμηση του δυναμικού ΑΠΕ (βιομάζα, δυνατότητες ηλεκτροπαραγωγής από φωτοβολταϊκά, αιολικό δυναμικό) στην περιοχή των νότιων Αππαλαχίων Ορέων στις ΗΠΑ. Επίσης, υπάρχουν ερευνητικές εργασίες στον τομέα του υπολογισμού της κατανάλωσης καυσίμων σε ορεινές περιοχές. Στην έρευνα των Khuman et al. (2011) αναπτύσσεται ειδική μεθοδολογία για τη μέτρηση της κατανάλωσης καυσόξυλων σε μια περιοχή των Ιμαλαΐων.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ερευνητική προσπάθεια των Bhatt & Sachan (2004), διότι η σχέση της με τις ορεινές περιοχές δεν περιορίζεται απλώς στην περιοχή μελέτης. Στόχος της έρευνας είναι η μελέτη της διαφοροποίησης στην κατανάλωση καυσόξυλων σε διάφορες υψομετρικές ζώνες, στους πρόποδες των Ιμαλαΐων στην Ινδία. Πραγματοποιήθηκαν ζυγίσεις των καυσόξυλων που κατανάλωναν νοικοκυριά σε διάφορους οικισμούς. Έτσι, προέκυψε ότι υπάρχει αύξηση στην κατανάλωση, συναρτήσει του υψομέτρου λόγω των ψυχρότερων κλιματικών συνθηκών.

Τέλος, στην τρίτη κατηγορία υπάρχουν ενδιαφέρουσες προσεγγίσεις, διότι μελετώνται οι αλληλεπιδράσεις των ενεργειακών ζητημάτων με άλλες σημαντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ορεινές περιοχές. Σε χώρες με έντονα προβλήματα φτώχειας η κατανάλωση καυσόξυλων για θέρμανση και άλλες χρήσεις απειλεί τα δασικά οικοσυστήματα. Γι' αυτό, στην περίπτωση του Νεπάλ, προβάλλεται η ιδιαίτερη σημασία της εφαρμογής μέτρων ΕΞΕ για την προστασία των δασών (Chalise 1983). Με αφορμή παρόμοια προβλήματα στην οροσειρά Pamir – Altai, τίθεται το ζήτημα ότι θα πρέπει να αναβαθμιστεί η θέση της ενέργειας ανάμεσα στις προτεραιότητες που προκρίνει η επιστημονική

κοινότητα για τις ορεινές περιοχές, καθώς η ενέργεια έχει σημαντικές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις (Förster et al. 2011). Το ζήτημα της συσχέτισης της κλιματικής αλλαγής με την ηλεκτροπαραγωγή από υδροηλεκτρικές μονάδες στην Ελβετία πραγματεύεται η εργασία του Hauenstein (2005). Σημειώνεται ότι η παραγωγή ενέργειας από υδροηλεκτρικά μπορεί να επηρεαστεί από την κλιματική αλλαγή και ταυτόχρονα αποτελεί μέτρο αποτροπής της. Γι' αυτό, προτείνει την περαιτέρω δημιουργία υδροηλεκτρικών εργοστασίων στην Ελβετία με κατάλληλη, όμως, πολιτική προετοιμασία, ώστε να αποφευχθούν οι συγκρούσεις με άλλες χρήσεις γης αλλά και οι κοινωνικές αντιδράσεις.

Συμπερασματικά, προκύπτει από τη βιβλιογραφία – αλλά και αναγνωρίζεται από τους ερευνητές – ότι δεν έχει αναδειχθεί επαρκώς η σημασία των ενεργειακών ζητημάτων για το περιβάλλον και την ανάπτυξη των ορεινών περιοχών, με αποτέλεσμα η ενέργεια να μην έχει ενταχθεί αποτελεσματικά στις πολιτικές για τις ορεινές περιοχές.

Από τις βιβλιογραφικές αναφορές απουσιάζει μια συστηματοποίηση των χαρακτηριστικών, συνολικά, της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών. Αυτό είναι μια σημαντική έλλειψη, διότι η αποσαφήνιση των χαρακτηριστικών αυτών αποτελεί σημαντικό βήμα ώστε να δημιουργηθεί σαφής άποψη για τα ενεργειακά ζητήματα των ορεινών περιοχών και άρα, να προκύψει εξειδικευμένη και αποτελεσματική ενεργειακή πολιτική για αυτές. Κύριο ζήτημα, όσον αφορά στην ενεργειακή ταυτότητα, είναι η ποσοτικοποίηση των αλλαγών στα μεγέθη και τη σύνθεση των ενεργειακών αναγκών των ορεινών περιοχών σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές, γεγονός καθοριστικό για την ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων. Στην κατεύθυνση αυτή, η μόνη δημοσιευμένη έρευνα είναι αυτή των Bhatt & Sachan (2004). Επίσης, δεν έχει αναδειχθεί επαρκώς το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές, το οποίο λαμβάνει, πλέον, σοβαρές διαστάσεις και στο δυτικό κόσμο και το οποίο αναλύεται στην Ενότητα 2.4.

Όπως αναφέρθηκε, πολλές από τις υφιστάμενες μελέτες σχετίζονται με συγκεκριμένα παραδείγματα εφαρμογής τεχνολογιών ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές. Στο ίδιο πλαίσιο έχουν κινηθεί και ορισμένα ερευνητικά προγράμματα, όπως το “Sustainable Mountains”, που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος Intelligent Energy Europe (IEE), το οποίο είχε ως στόχο την κινητοποίηση τεσσάρων αγροτικών και ορεινών κοινοτήτων στην Ευρώπη για την προώθηση έργων αξιοποίησης ΑΠΕ και ορθολογικής χρήσης ενέργειας. Επίσης, υπάρχουν μελέτες ενεργειακής βελτιστοποίησης, με πεδίο εφαρμογής ορεινές περιοχές, οι οποίες παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2. Όλες αυτές οι προσεγγίσεις, παρά τη χρησιμότητά τους και τις προτάσεις που περιλαμβάνουν, ουσιαστικά μεταφέρουν, απλώς, τεχνικές και μεθοδολογίες στον ορεινό χώρο. Δεν επεξεργάζονται τα ειδικότερα χαρακτηριστικά των ορεινών περιοχών και τις οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές τους αλληλεπιδράσεις με τον ενεργειακό τομέα. Έτσι, έχουν, μάλλον, περιορισμένη συμβολή σε στόχους, όπως αυτοί της EUROMONTANA.

Στην Ελλάδα, η εξειδικευμένη ενασχόληση με τα ενεργειακά θέματα των ορεινών περιοχών είναι ουσιαστικά ανύπαρκτη. Ο ελληνικός ορεινός χώρος φιλοξενεί ιδιαίτερα σημαντικές για το ενεργειακό σύστημα της χώρας ενεργειακές μονάδες, όπως τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα των Κρεμαστών, του Καστρακίου, των πηγών Αώου κ.α. Επίσης, στις ορεινές περιοχές έχουν εγκατασταθεί σημαντικές μονάδες ΑΠΕ και υπάρχει έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον για την εγκατάσταση ακόμη περισσότερων. Όμως, αυτή η δραστηριότητα ελάχιστη επαφή έχει με τις τοπικές κοινωνίες και τα προβλήματά τους και ειδικά κατά το παρελθόν δεν υπήρξε καν μέριμνα για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των

ενεργειακών έργων. Ακόμη, οι υφιστάμενες πολιτικές δε λαμβάνουν υπ' όψιν τις ιδιαιτερότητες των ορεινών περιοχών, σε περιπτώσεις όπως η παροχή κινήτρων για επεμβάσεις ΕΞΕ, η τιμολόγηση των καυσίμων, η επιδοματική πολιτική για το πετρέλαιο θέρμανσης κ.ο.κ (αναλυτική τεκμηρίωση στο Κεφάλαιο 5). Η υιοθέτηση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), το 2010, φαίνεται να είναι το μοναδικό σημείο της ενεργειακής πολιτικής που λαμβάνει υπ' όψιν – σε συνέχεια του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 – το στοιχείο των αυξημένων ενεργειακών καταναλώσεων στις ορεινές περιοχές, θεσπίζοντας αυστηρότερες προδιαγραφές για τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των κτιρίων.

Συνεπώς, σε ελληνικό και διεθνές επίπεδο, φαίνεται ότι το πεδίο ενέργεια και ορεινές περιοχές χρήζει λεπτομερέστερης ανάλυσης και έρευνας. Η συστηματικότερη κατανόηση των χαρακτηριστικών της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών, η προσαρμογή τεχνικών και μεθοδολογικών εργαλείων στις ιδιαίτερες συνθήκες των ορεινών περιοχών, η αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας και η ευρύτερη μελέτη των κοινωνικών επιπτώσεων και αλληλεπιδράσεων του ενεργειακού σχεδιασμού είναι ορισμένοι βασικοί τομείς που πρέπει να ερευνηθούν περαιτέρω.

## Κεφάλαιο 2. Ενεργειακός σχεδιασμός

### 2.1 Εισαγωγικές παρατηρήσεις και βασικές έννοιες

Η λήψη μιας απόφασης αποτελεί ένα από τα πιο συνηθισμένα προβλήματα, το οποίο απασχολούσε ανέκαθεν τον άνθρωπο. Υπάρχουν ζητήματα με απλά χαρακτηριστικά, για τα οποία οι αποφάσεις μπορούν να ληφθούν με βάση απλές σκέψεις, τη διαίσθηση ή την εμπειρία. Όμως, συχνά εμφανίζονται σύνθετα προβλήματα, για τα οποία η αποδοτική λήψη αποφάσεων καθίσταται μια πολύπλοκη διαδικασία που χρειάζεται να υποστηριχθεί με επιστημονικές μεθόδους και υπολογιστικά εργαλεία. Η εξέλιξη της πληροφορικής οδήγησε στην προσέγγιση των σύνθετων προβλημάτων μέσω των «Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων», τα οποία αποσκοπούν με τη βοήθεια υπολογιστικών συστημάτων και χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών, να προάγουν την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών λήψης απόφασης (Σίσκος 2008).

Σύμφωνα με τους Keen & Scott – Morton (1978), τρεις είναι οι βασικές κατηγορίες αποφάσεων:

- **Δομημένες αποφάσεις:** Λαμβάνονται αυτόματα, μέσω αυτοματοποιημένων διαδικασιών, χωρίς τη συμμετοχή του αποφασίζοντος
- **Ημιδομημένες αποφάσεις:** Λαμβάνονται στη βάση ενός συστήματος «ανθρώπου – μηχανής». Ο αποφασίζων κατέχει πρωτεύοντα ρόλο και χρησιμοποιεί για τη διευκόλυνση και τεκμηρίωση των απόψεών του ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα
- **Αδόμητες αποφάσεις:** Πρόκειται για τις αποφάσεις που είτε δεν μπορούν να δομηθούν είτε δεν έχει βρεθεί τρόπος για τη δόμησή τους και λαμβάνονται, κατά βάση, μέσω της ανθρώπινης διαίσθησης

Κατ' εξοχήν πεδίο εφαρμογής τεχνικών υποστήριξης αποφάσεων αποτελεί ο ενεργειακός τομέας. Η σημασία της ενέργειας για την υποστήριξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και οι πολυεπίπεδες διαστάσεις των διαδικασιών παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας επιβάλλουν το σχεδιασμό των ενεργειακών συστημάτων στη βάση αποτελεσματικών αποφάσεων. Οι αποφάσεις που χρειάζεται να λαμβάνονται στον ενεργειακό τομέα είναι ημιδομημένου χαρακτήρα, όσον αφορά στην ανάπτυξη και τον εκσυγχρονισμό των ενεργειακών συστημάτων. Στις περιπτώσεις αυτές, οι αποφασίζοντες θέτουν το πλαίσιο και τους στόχους που πρέπει να ικανοποιηθούν και με τη βοήθεια υπολογιστικών συστημάτων καταλήγουν στις κατάλληλες λύσεις. Σε ζητήματα, όπως η λειτουργία του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, πολλές αποφάσεις έχουν δομημένο χαρακτήρα, π.χ. η ρύθμιση του φορτίου των μονάδων, που πραγματοποιείται με πλήρως αυτοματοποιημένες διατάξεις και συστήματα.

Η λήψη αποφάσεων σχετικά με τη διαμόρφωση ή/και τη βελτίωση των ενεργειακών συστημάτων αποτελεί τον πυρήνα της διαδικασίας του ενεργειακού σχεδιασμού. Ένας περιεκτικός ορισμός που δίνεται στον ενεργειακό σχεδιασμό διατυπώνεται από τους Hiremath et al. (2007) και έχει ως εξής: «Ο ενεργειακός σχεδιασμός περιλαμβάνει την προσπάθεια εύρεσης μιας ομάδας ενεργειακών πηγών και συστημάτων ενεργειακών μετατροπών, με στόχο την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών / απαιτήσεων με το βέλτιστο τρόπο»

Συνεπώς, ο ενεργειακός σχεδιασμός αποτελεί επί της ουσίας ένα κλασικό πρόβλημα επιχειρησιακής έρευνας, τύπου «κατανομής της πίτας», δηλαδή κατανομής περιορισμένων πόρων ή μέσων σε εναλλακτικές και (ενίοτε) ανταγωνιστικές δραστηριότητες κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο (Σίσκος 1998). Η επιχειρησιακή έρευνα αποτελεί τον κύριο κλάδο προπαρασκευής των αποφάσεων, βάσει μαθηματικών μοντέλων (Σίσκος 2008).

Κεντρικό ζήτημα στον ενεργειακό σχεδιασμό, όπως και σε όλα τα προβλήματα επιχειρησιακής έρευνας, είναι αυτό των κριτηρίων. Στον κλάδο της υποστήριξης αποφάσεων ως κριτήριο νοείται κάποιου είδους μέτρο, το οποίο καθορίζει εάν κάποια επιλογή είναι προτιμότερη έναντι μιας άλλης (Belton & Stewart 2001). Ελάχιστες αποφάσεις στηρίζονται σε ένα και μόνο κριτήριο. Ακόμη και σε σχέση με ζητήματα της καθημερινότητας πληθώρα αποφάσεων λαμβάνεται συνυπολογίζοντας περισσότερους του ενός παράγοντες. Παρ' όλα αυτά, μέχρι και την πετρελαϊκή κρίση του 1973, τα προβλήματα ενεργειακού σχεδιασμού αντιμετωπιζόνταν, ουσιαστικά, μονοδιάστατα στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής ενέργειας, στη μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγής και άλλα παρόμοια ζητούμενα. Δηλαδή, ο ενεργειακός σχεδιασμός αποτελούσε μονοκριτήριο πρόβλημα οικονομικού χαρακτήρα.

Η πετρελαϊκή κρίση αλλά και η εντεινόμενη ανησυχία για τα περιβαλλοντικά ζητήματα οδήγησε στον προβληματισμό σχετικά με την αναγκαιότητα της ενεργειακής εξοικονόμησης και της αντικατάστασης των παραδοσιακών ενεργειακών πηγών με ανανεώσιμες (Pohekar & Ramachandran 2004). Έτσι, ο ενεργειακός σχεδιασμός, πλέον, αποτελεί πολυκριτήριο πρόβλημα, το οποίο περιλαμβάνει οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια. Στα πολυκριτήρια προβλήματα δεν υφίσταται η έννοια της «σωστής απάντησης». Η βέλτιστη λύση είναι ουσιαστικά μία από τις εφικτές λύσεις του προβλήματος, όταν δεν υπάρχει άλλη εφικτή λύση για το πρόβλημα που να είναι το ίδιο καλή με βάση όλα τα κριτήρια και καλύτερη, τουλάχιστον, σε ένα από αυτά (Ασημακόπουλος & Αραμπατζής 2002).

Ο ενεργειακός σχεδιασμός, όπως υλοποιείται με ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών μεθοδολογιών δεν αποτελεί ένα τρόπο εύρεσης της απόλυτα ορθής λύσης για τα κρίσιμα ζητήματα που συνθέτουν τον ενεργειακό τομέα. Είναι ένας τρόπος αποσαφήνισης και διαχείρισης της υποκειμενικότητας. Οι κοινωνικές προτεραιότητες είναι αυτές που, σε μεγάλο βαθμό, καθορίζουν το βέλτιστο τρόπο δόμησης των ενεργειακών συστημάτων, άρα και τις επιπτώσεις της λειτουργίας τους σε οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο.

## 2.2 Μεθοδολογίες ενεργειακού σχεδιασμού

Τα εργαλεία, τα οποία χρησιμοποιούνται για την επίλυση των προβλημάτων ενεργειακού σχεδιασμού, είναι ποικίλα, αναλόγως της περίπτωσης που εξετάζεται. Προέρχονται από το χώρο της επιχειρησιακής έρευνας και της υποστήριξης λήψης αποφάσεων, γενικότερα.

Η ταξινόμηση και εξέταση των μοντέλων ενεργειακού σχεδιασμού μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους, ένας εκ των οποίων βασίζεται στα ακόλουθα χαρακτηριστικά (Hiremath et al. 2007):

- Γενικοί και ειδικοί στόχοι
- Δομή και παραδοχές

- Bottom up ή top down προσέγγιση
- Υποκείμενη μεθοδολογία
- Μαθηματική προσέγγιση
- Χωρική έκταση
- Κάλυψη ενεργειακών χρήσεων
- Χρονική κλίμακα
- Απαιτήσεις σε δεδομένα

Στη συνέχεια θα εξεταστούν τα μοντέλα ενεργειακού σχεδιασμού κυρίως υπό το πρίσμα των μεθοδολογιών που χρησιμοποιούν και τη χωρική κλίμακα εφαρμογής τους.

Προσπάθειες βελτιστοποίησης ενεργειακών συστημάτων έχουν πραγματοποιηθεί σε μεγάλο εύρος χωρικών κλιμάκων. Συναντώνται περιπτώσεις με εκτιμήσεις μέχρι και σε πλανητικό επίπεδο αλλά και προσπάθειες βελτιστοποίησης της λειτουργίας μιας μεγάλης αποκεντρωμένης μονάδας παραγωγής ενέργειας, π.χ. σε ένα νοσοκομείο ή ένα ξενοδοχείο. Τα μοντέλα αποκεντρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού (ΑΕΣ) είναι αυτά, τα οποία σχετίζονται περισσότερο με τη φύση της παρούσας έρευνας. Ως προς τη χωρική κλίμακα εντοπίζονται μοντέλα ΑΕΣ (Hiremath et al. 2007):

- σε επίπεδο οικισμού (village level): Πρόκειται για το κάτω όριο όσον αφορά στην εφαρμογή μεθοδολογιών βελτιστοποίησης
- σε επίπεδο ομάδας οικισμών (block level): Συνήθως, ως ομάδες οικισμών αναφέρονται οι στοιχειώδεις αυτοδιοικητικές μονάδες (κοινότητες, δήμοι ή δημοτικά διαμερίσματα)
- σε επίπεδο περιφέρειας (district level): Οι περιφέρειες αποτελούν σύνολα πολλών οικισμών, οργανωμένων σε Δήμους ή άλλες αυτοδιοικητικές μονάδες και αποτελούν το επίπεδο με την πιο περιορισμένη εφαρμογή μοντέλων ΑΕΣ

Η βελτιστοποίηση στις περιπτώσεις ΑΕΣ κυρίως σχετίζεται με στόχους, όπως η ελαχιστοποίηση του συνολικού ετήσιου κόστους της ενέργειας, η ελαχιστοποίηση της χρήσης μη – τοπικών πηγών, η ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, η μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας κ.ο.κ. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές έρευνες ΑΕΣ (ενδεικτικά, Alam et al. 1990 , Biswas et al. 2001 , Hiremath et al. 2011) για περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση σε ενεργειακές υπηρεσίες (απομονωμένες περιοχές της Ινδίας ή του Πακιστάν). Στις περιοχές αυτές ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει διαφορετικό χαρακτήρα απ' ό,τι στο δυτικό κόσμο, αφού αποκτούν πρωταγωνιστικό ρόλο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών και όχι επικουρικό ρόλο για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της ενεργειακής παραγωγής και κατανάλωσης.

Οι μεθοδολογικές προσεγγίσεις που ακολουθούνται προκειμένου να επιλυθούν προβλήματα ενεργειακού σχεδιασμού υπάγονται σε ορισμένες βασικές κατηγορίες. Αναλόγως του προβλήματος που εξετάζεται, οι ερευνητές προχωρούν σε διαφοροποιήσεις ως προς τη διαμόρφωση των μοντέλων και έτσι προκύπτει μια πληθώρα επιμέρους μεθοδολογιών, οι οποίες, όμως, δεν παύουν να υπάγονται σε μεγάλες οικογένειες τεχνικών υποστήριξης αποφάσεων και βελτιστοποίησης. Οι βασικές μεθοδολογικές κατηγορίες είναι:

- Πολυκριτήριες μέθοδοι λήψης αποφάσεων
  - Μέθοδος σταθμισμένου αθροίσματος (Weighted Sum Method – WSM)
  - Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process - AHP)
  - Μέθοδοι υπεροχής (ELECTRE και PROMETHEE)

– Multi Attribute Utility Theory (MAUT)

- Μονοκριτήριος γραμμικός (ή μη γραμμικός) προγραμματισμός ή μονοκριτήρια βελτιστοποίηση
- Πολυκριτήριος γραμμικός (ή μη γραμμικός) προγραμματισμός ή πολυκριτήρια βελτιστοποίηση

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες μεθοδολογίες είναι η μονοκριτήρια και η πολυκριτήρια βελτιστοποίηση, οι οποίες και θα αναλυθούν στη συνέχεια, για τις περιπτώσεις γραμμικών προβλημάτων.

Η μονοκριτήρια βελτιστοποίηση υλοποιείται στις περισσότερες περιπτώσεις μέσω του γραμμικού προγραμματισμού, που είναι αναμφισβήτητο το πιο δημοφιλές μοντέλο στο χώρο της επιχειρησιακής έρευνας (Σίσκος 1998, Κολέτσος 2006). Στόχος είναι η βελτιστοποίηση (μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση) μιας γραμμικής συνάρτησης με άγνωστες πραγματικές μεταβλητές, των οποίων το πεδίο τιμών οριοθετείται έμμεσα από γραμμικούς περιορισμούς. Η προς βελτιστοποίηση συνάρτηση ονομάζεται αντικειμενική συνάρτηση. Οι μεταβλητές, που χρειάζεται να προσδιοριστούν, καθορίζουν το αντικείμενο της απόφασης και γι αυτό ονομάζονται μεταβλητές απόφασης. Στην περίπτωση της πολυκριτήριας βελτιστοποίησης αντί για μία αντικειμενική συνάρτηση, υπάρχουν περισσότερες.

Η μαθηματική διατύπωση ενός μονοκριτήριου προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού έχει ως εξής:

Χρειάζεται να προσδιοριστούν οι τιμές των μεταβλητών  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , που μεγιστοποιούν ή ελαχιστοποιούν την αντικειμενική συνάρτηση:

$$f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

υπό τους περιορισμούς:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq \text{ή} = \text{ή} \geq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq \text{ή} = \text{ή} \geq b_2$$

.....

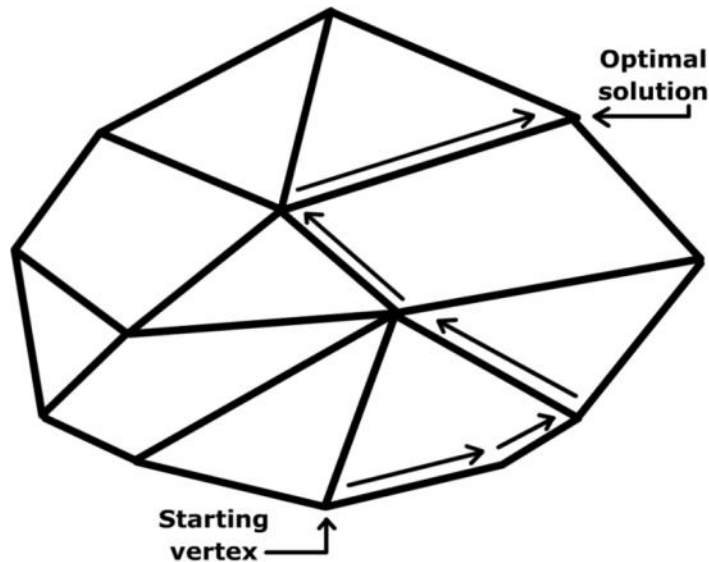
$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq \text{ή} = \text{ή} \geq b_m$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Οι περιορισμοί ουσιαστικά αποτελούν τη μοντελοποίηση της φυσικής σημασίας των μεταβλητών απόφασης.

Ο κύριος τρόπος επίλυσης των προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού είναι η μέθοδος simplex, η οποία ανακαλύφθηκε το 1947 από τον Αμερικανό George Dantzig. Οι γραμμικοί περιορισμοί του προβλήματος συνιστούν ένα πολύεδρο, το οποίο οριοθετεί τις ικανές λύσεις. Η μέθοδος simplex έχει ως βασική φιλοσοφία τη μετάβαση από τη μία κορυφή του πολυέδρου στην άλλη, βελτιώνοντας σε κάθε βήμα την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης (Εικόνα 2.1). Επειδή το πολύεδρο είναι ένα κυρτό σύνολο, θα υπάρξει κάποια κορυφή πέραν της οποίας δεν υπάρχει περαιτέρω βελτίωση στην αντικειμενική συνάρτηση. Αυτή η κορυφή αντιστοιχεί στη βέλτιστη λύση του προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού (Μπότσαρης et al. 2004).





**Εικόνα 2.1.** Σχηματική απεικόνιση της φιλοσοφίας της μεθόδου simplex

Η πολυκριτήρια βελτιστοποίηση ή πολυκριτήριος γραμμικός προγραμματισμός αποτελεί γενίκευση του απλού, μονοκριτηρίου γραμμικού προγραμματισμού. Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει κάποια λύση που να βελτιστοποιεί ταυτόχρονα όλες τις αντικειμενικές συναρτήσεις. Αν υπάρχουν  $m$  αντικειμενικές συναρτήσεις με  $n$  μεταβλητές απόφασης και  $p$  περιορισμούς, τότε υπάρχει ένα χωρίο ( $S$ ), εντός του οποίου βρίσκονται οι εφικτές λύσεις του προβλήματος.

Μία λύση  $x'$  του προβλήματος πολυκριτηρίου προγραμματισμού ονομάζεται κατά Pareto άριστη λύση αν και μόνο αν  $x' \in S$  και δεν υπάρχει άλλη λύση  $x \in S$ , τέτοια ώστε  $f_i(x) \geq f_i(x')$  για κάθε  $i=1,2,\dots,p$  και  $f_i(x) > f_i(x')$  για τουλάχιστον ένα  $i$ . Δηλαδή, μια κατά Pareto άριστη λύση δεν είναι αντικειμενικά χειρότερη από καμία άλλη εφικτή λύση του προβλήματος (Αλιβιζάτος 2011). Το σύνολο των κατά Pareto άριστων λύσεων ορίζεται ως το σύνολο Pareto (Pareto set) και είναι αυτό που έχει σημασία για τον αποφασίζοντα. Έτσι, με τον όρο επίλυση, στον πολυκριτήριο προγραμματισμό, νοείται η διαδικασία εξεύρεσης της περισσότερο ικανοποιητικής λύσης, ανάμεσα στο σύνολο Pareto, αναλόγως των προτεραιοτήτων που θέτει ο αποφασίζων (Σίσκος 1998).

Η επίλυση των προβλημάτων πολυκριτηρίου προγραμματισμού γίνεται με διάφορες μεθόδους (global criterion method, goal programming, displaced ideal). Κοινό στοιχείο των περισσότερων μεθόδων αποτελεί η αναγκαιότητα απόδοσης συντελεστών βαρύτητας (βαρών) στα διάφορα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στο πρόβλημα. Αυτή η διαδικασία είναι απαραίτητη για την εξεύρεση της ικανοποιητικής λύσης, η οποία και μπορεί να διαφοροποιείται σημαντικά αναλόγως της κατανομής των βαρών στα κριτήρια.

Τα προβλήματα ενεργειακού σχεδιασμού χρειάζεται να ανταποκρίνονται σε περισσότερα του ενός κριτήρια. Έτσι, προφανώς, μπορούν να προσεγγιστούν μέσω πολυκριτηρίου γραμμικού προγραμματισμού. Για να επιλυθούν μέσω μονοκριτηρίου γραμμικού προγραμματισμού, χρειάζεται όλα τα κριτήρια να εκφραστούν σε ενιαία βάση. Με τον τρόπο αυτόν, οι αντικειμενικές συναρτήσεις μπορούν να συμπυκνωθούν σε μία, χωρίς το πρόβλημα να απωλέσει την πολυκριτήρια φύση του. Συνήθως, η ενιαία έκφραση των κριτηρίων γίνεται σε μονεταριστική βάση, η οποία έχει ως βασικό πλεονέκτημα την αμεσότητα και ευκολία στην κατανόηση, ενώ οι εκφρασμένες σε οικονομική βάση

παράμετροι μπορούν να εντάσσονται αποτελεσματικότερα στη λήψη αποφάσεων (Mirasgedis & Diakoulaki 1997). Η οικονομική αποτίμηση των περιβαλλοντικών – κυρίως – και άλλων παραμέτρων γίνεται, κατά βάση, με δύο τρόπους: Μέσω της προσέγγισης της ζημιόγνου συνάρτησης (damage function approach), η οποία αποτιμά τις εξωτερικότητες της ενεργειακής παραγωγής στο περιβάλλον και μέσω τεχνικών άμεσης περιβαλλοντικής αποτίμησης, κυρίως της μεθόδου υποθετικής αξιολόγησης (contingent valuation method – CVM). Τα ζητήματα αυτά αναλύονται στην ενότητα 2.3.

Για την υλοποίηση της προσέγγισης της ζημιόγνου συνάρτησης χρειάζεται να πραγματοποιηθούν περιβαλλοντικές αποτιμήσεις είτε μέσω της CVM είτε μέσω άλλων έμμεσων ή άμεσων τεχνικών. Όμως, από ερευνητικά προγράμματα, σε διεθνές επίπεδο, υπάρχουν βιβλιογραφικά δεδομένα, σε σχέση με τα εξωτερικά κόστη που συνεπάγεται η παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, σε μία εφαρμογή ενεργειακού σχεδιασμού τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαμόρφωση της αντικειμενικής συνάρτησης. Εναλλακτικά ή συμπληρωματικά μπορούν να πραγματοποιηθούν έρευνες περιβαλλοντικής αποτίμησης για την υπό μελέτη περίπτωση.

Από όσα προαναφέρθηκαν, μπορούν να αναδειχθούν τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μονοκριτήριας και πολυκριτήριας βελτιστοποίησης στον ενεργειακό σχεδιασμό.

### **Μονοκριτήρια βελτιστοποίηση**

#### Πλεονεκτήματα

- Ευκολότερη μοντελοποίηση
- Αμεσότητα και σαφήνεια αποτελεσμάτων
- Μεγαλύτερη ευελιξία

#### Μειονεκτήματα

- Αβεβαιότητες στην οικονομική αποτίμηση περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων
- Αδυναμία αναγωγής όλων των δυνατικών κριτηρίων σε οικονομική βάση

### **Πολυκριτήρια βελτιστοποίηση**

#### Πλεονεκτήματα

- Δυνατότητα συνυπολογισμού μεγάλου αριθμού κριτηρίων
- Ακρίβεια προσέγγισης περιβαλλοντικών παραμέτρων

#### Μειονεκτήματα

- Εντονότερος υποκειμενισμός λόγω της απόδοσης βαρών από τον αποφασίζοντα
- Περίπλοκη μοντελοποίηση

Στην παρούσα εργασία επελέγη η χρήση του μονοκριτήριου προγραμματισμού για την αντιμετώπιση του ενεργειακού σχεδιασμού στις ορεινές περιοχές, με αναγωγή περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων σε οικονομική βάση.

Στη βιβλιογραφία πολλές από τις δημοσιεύσεις στον τομέα του ΑΕΣ, αφορούν στη βελτιστοποίηση ενεργειακών συστημάτων σε απομονωμένες περιοχές – μεταξύ των οποίων και ορεινές - στο γεωγραφικό χώρο Ινδίας – Πακιστάν - Νεπάλ, όπως ήδη αναφέρθηκε. Αυτό οφείλεται στο ότι οι

περιοχές αυτές έχουν είτε ελάχιστη είτε καθόλου πρόσβαση σε ενεργειακές υπηρεσίες. Λόγω της μεγάλης απόστασής τους από τα ενεργειακά δίκτυα και τα βιομηχανικά κέντρα, η χρήση αποκεντρωμένων ενεργειακών συστημάτων αποτελεί ίσως τη μοναδική ρεαλιστική εναλλακτική λύση για την ενεργειακή τους τροφοδοσία. Η αποτελεσματική λειτουργία των αποκεντρωμένων ενεργειακών συστημάτων, που βασίζονται κυρίως σε ΑΠΕ, προϋποθέτει την εφαρμογή μεθοδολογιών ενεργειακής βελτιστοποίησης για τη διαστασιολόγησή τους.

Παράδειγμα εφαρμογής του μονοκριτήριου γραμμικού προγραμματισμού για τον ενεργειακό σχεδιασμό, σε επίπεδο οικισμού αποτελεί η εργασία των Joshi et al. (1992). Στόχος της έρευνας ήταν η εύρεση του κατάλληλου μίγματος ενεργειακών πηγών για την ενεργειακή τροφοδοσία του οικιακού τομέα και των αρδευτικών συστημάτων, σε ένα χωριό της Ινδίας. Το μοντέλο δε συμπεριλαμβάνει περιβαλλοντικές ή άλλες παραμέτρους στην αντικειμενική συνάρτηση, ούτε σχετικούς περιορισμούς. Η βελτιστοποίηση συνίσταται στην ελαχιστοποίηση του ετήσιου κόστους λειτουργίας του τοπικού ενεργειακού συστήματος.

Μετά την ολοκλήρωση των ερευνητικών προγραμμάτων EXTERNE, για τον υπολογισμό του εξωτερικού κόστους των διάφορων τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας, κατέστη δυνατή η εύκολη ενσωμάτωση στα μοντέλα μονοκριτήριου προγραμματισμού της οικονομικής διάστασης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι Cormio et al. (2002) στοχεύοντας στη βελτιστοποίηση του τοπικού ενεργειακού συστήματος της Απουλίας στην Ιταλία και τη διεύρυνση τη χρήσης των ΑΠΕ, χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο μονοκριτήριου προγραμματισμού, με ενσωμάτωση συνιστωσών εξωτερικού κόστους στην αντικειμενική συνάρτηση. Ανάλογη προσέγγιση ακολουθείται και στην εργασία των Dicoratto et al. (2008), στην οποία επιχειρείται η βελτιστοποίηση ενός τοπικού ενεργειακού συστήματος στην Ιταλία, με μονοκριτήριο προγραμματισμό και εισαγωγή στην αντικειμενική συνάρτηση της παραμέτρου του περιβαλλοντικού κόστους.

Η χρήση μοντέλων πολυκριτήριας βελτιστοποίησης σε περιπτώσεις ΑΕΣ είναι μάλλον συχνότερη. Για το σχεδιασμό της ενεργειακής τροφοδοσίας της αγροτικής παραγωγής σε μια ομάδα οικισμών στη Δυτική Βεγγάλη της Ινδίας, χρησιμοποιήθηκαν έξι αντικειμενικές συναρτήσεις. Επιδιώχθηκε η ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας του ενεργειακού συστήματος, η ελαχιστοποίηση της χρήσης μη-τοπικών πόρων, η ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης που είναι απαραίτητη για την κάλυψη της ζήτησης, η μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγής, η μεγιστοποίηση της αξίας των προϊόντων και η μεγιστοποίηση της χρήσης της καλλιεργήσιμης γης (Jana & Chattopadhyay 2005). Στην εργασία των Hiremath et al. (2010) με χρήση πολυκριτήριας βελτιστοποίησης επιδιώκεται η πλήρης κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του οικιακού και του αγροτικού τομέα σε μια αγροτική περιοχή της Ινδίας. Στο μοντέλο εισάγονται εννιά αντικειμενικές συναρτήσεις και, με ιδιαίτερη βαρύτητα στα αναπτυξιακά κριτήρια, προκύπτει ότι κυρίως χρειάζεται να προωθηθεί η χρήση της βιομάζας.

Στον ελληνικό χώρο και συγκεκριμένα στο νησιωτικό χώρο έχουν υπάρξει δύο μελέτες ενεργειακού σχεδιασμού από την ίδια ερευνητική ομάδα, η πρώτη με χρήση πολυκριτήριας και η δεύτερη με χρήση μονοκριτήριας βελτιστοποίησης. Στην περίπτωση της πολυκριτήριας βελτιστοποίησης, που στοχεύει στην ενεργειακή βελτιστοποίηση στη Λέσβο, χρησιμοποιούνται τέσσερις αντικειμενικές συναρτήσεις: κόστος λειτουργίας, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, παραγωγή ηλεκτρισμού και παραγωγή θερμότητας (Koroneos et al. 2004). Στην περίπτωση της μονοκριτήριας βελτιστοποίησης, που στοχεύει στην ενεργειακή βελτιστοποίηση στη Νίσυρο, η αντικειμενική συνάρτηση δεν περιλαμβάνει περιβαλλοντικά

κόστη. Η περιβαλλοντική διάσταση εισέρχεται στο πρόβλημα αποκλειστικά μέσω των περιορισμών του προβλήματος (Koroneos et al 2005).

Προσπάθεια των ερευνητών που ασχολούνται με τον ενεργειακό σχεδιασμό είναι η διαρκής βελτίωση και ανάπτυξη των μοντέλων που χρησιμοποιούν. Υπάρχουν εργασίες σχετικά με την αντιμετώπιση αβεβαιοτήτων, διακυμάνσεων στη ζήτηση και στις τιμές των καυσίμων (π.χ. Manrotas et al. 2008, Manrotas et al. 2010) καθώς και μελέτες με αντικείμενο την εφαρμογή ή βελτίωση μεθοδολογιών που χρησιμεύουν στον ΑΕΣ (π.χ. Lahdelma & Hakonen 2003, Morais et al. 2010).

Από την πλούσια βιβλιογραφία στο θέμα του ενεργειακού σχεδιασμού και ανάμεσα στην πληθώρα των μοντέλων ενεργειακής βελτιστοποίησης, προκύπτει ότι δεν έχει υπάρξει κάποια ερευνητική προσπάθεια είτε στην κατεύθυνση της προσαρμογής των μοντέλων στις ιδιαιτερότητες των ορεινών περιοχών είτε στη διερεύνηση των αλλαγών που μπορεί να επιφέρουν τα ειδικά χαρακτηριστικά των ορεινών περιοχών στις βέλτιστες λύσεις.

## 2.3 Η περιβαλλοντική διάσταση στον ενεργειακό σχεδιασμό

Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, για το 2010, ποσοστό 38,2% των εκπομπών CO<sub>2</sub> στα 27 κράτη – μέλη της Ε.Ε. προέρχεται από τον ενεργειακό τομέα. Αντίστοιχη είναι η εικόνα και σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι εκτιμήσεις του International Energy Agency (IEA) συντείνουν στο ότι το 41% των εκπομπών CO<sub>2</sub> από ανθρωπογενείς δραστηριότητες οφείλεται στις ενεργειακές βιομηχανίες. Άρα, η βελτίωση του μίγματος καυσίμων που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας με περαιτέρω διεύθυνση της χρήσης των ΑΠΕ, έχει ιδιαίτερη σημασία για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Γι' αυτό και η περιβαλλοντική συνιστώσα αποτελεί, πλέον, αναπόσπαστο στοιχείο του ενεργειακού σχεδιασμού και χρησιμοποιείται στα μοντέλα είτε ως αντικειμενική συνάρτηση είτε ως περιορισμός είτε συνδυαστικά.

Εφ' όσον επιλέγεται η επίλυση ενός προβλήματος ενεργειακού σχεδιασμού μέσω μονοκριτήριας βελτιστοποίησης με τη συγκέντρωση περισσότερων κριτηρίων σε ένα, εκφρασμένα σε οικονομικούς όρους, πρέπει να εφαρμοστούν μεθοδολογίες οι οποίες ανάγουν τις περιβαλλοντικές διαστάσεις των παρεμβάσεων στο υπό μελέτη ενεργειακό σύστημα σε μονεταριστική βάση. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι αρχές των βασικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την αναγωγή των περιβαλλοντικών παραμέτρων σε οικονομικούς όρους.

### 2.3.1 Αρχές περιβαλλοντικής οικονομίας

Τα οικονομικά του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων αποτελούν έναν ιδιαίτερο κλάδο της οικονομικής επιστήμης, ο οποίος έχει διατρέξει παράλληλη πορεία με τη γενικότερη οικονομική θεωρία από τον 18<sup>ο</sup> αιώνα. Η δυναμική, όμως, ανάπτυξη του συγκεκριμένου κλάδου των οικονομικών ξεκινά από τη δεκαετία του 1960, οπότε και εμφανίζεται στις ΗΠΑ το πρώτο σημαντικό κύμα οικολογικής ευαισθητοποίησης και ανησυχίας (Καλιαμπάκος & Δαμίγος 2000).

Τα οικονομικά του περιβάλλοντος (Environmental Economics) έχουν ως αντικείμενο τη μελέτη των περιβαλλοντικών προβλημάτων υπό το πρίσμα και τις αναλυτικές τεχνικές της οικονομίας. Τα οικονομικά των φυσικών πόρων (Natural Resource Economics) στοχεύουν στη βελτιστοποίηση της χρήσης των ανανεώσιμων και μη – ανανεώσιμων πόρων υπό το πρίσμα της οικονομίας (Field 1994).

Οι κλασικοί οικονομολόγοι τόνιζαν ότι η αγορά είναι σε θέση να κινητοποιεί την ανάπτυξη και την καινοτομία, αλλά είχαν μια απαισιόδοξη οπτική σε σχέση με τις μακροπρόθεσμες προοπτικές της ανάπτυξης. Ο Adam Smith θεωρούσε ότι η ανάπτυξη της οικονομίας θα συνεχίζεται μέχρι την εξάντληση των φυσικών πόρων, η οποία θα προκαλέσει μείωση των δυνατοτήτων παραγωγής και συνεπώς του βιοτικού επιπέδου, αποτελώντας έτσι το «όριο» της ανάπτυξης. Ο Thomas Malthus διατύπωσε την περίφημη πρόταση ότι, ενώ τα αποθέματα τροφής αυξάνονται με αριθμητική πρόοδο, εάν δεν υπάρχει κάποια μορφή έλεγχος, ο πληθυσμός αυξάνεται με γεωμετρική πρόοδο και συνεπώς επεκτείνεται η ανέχεια και η δυστυχία. Οι απόψεις του David Ricardo συνέτειναν στο ότι η οικονομική ανάπτυξη επιβραδύνεται λόγω της σπανιότητας των φυσικών πόρων, κυρίως λόγω της διαφοροποίησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών της διαθέσιμης γης και του γεγονότος ότι η κοινωνία είναι εξαναγκασμένη να καλλιεργεί ολοένα και λιγότερο παραγωγικές εκτάσεις (Pearce & Turner 1990, Ψαρρέας 2008).

Οι ιδέες του Karl Marx συντείνουν στο ότι ο καπιταλιστικός τρόπος παραγωγής δεν είναι βιώσιμος, λόγω του ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα αναπαραγωγής του συνολικού κεφαλαίου. Μέρος αυτού του προβλήματος οφείλεται στην καταστροφή του περιβάλλοντος και την υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων, λόγω των χαρακτηριστικών της καπιταλιστικής παραγωγής. Περαιτέρω, ακολουθώντας τη γενικότερη κατεύθυνση της σκέψης του Marx, οι ταξικές διαφορές εμφανίζονται και ως προς την κατανομή των βαρών από τη ρύπανση, η οποία σε μεγάλο βαθμό προκαλείται από τον ανταγωνισμό των κεφαλαιοκρατών – παραγωγών. Έτσι, οι επιπτώσεις στην υγεία των εργατών από την καταστροφή του περιβάλλοντος αποτελούν επιπλέον παράγοντα απαισιοδοξίας για την εξέλιξη του βιοτικού τους επιπέδου τους στο πλαίσιο του καπιταλισμού (Pearce & Turner 1990).

Βασικό χαρακτηριστικό της νεοκλασικής οικονομικής σχολής υπήρξε η θεώρηση ότι η αξία των αγαθών και των εμπορευμάτων καθορίζεται με βάση τη χρησιμότητα που απολαμβάνει κάποιος από αυτά. Ο άνθρωπος στο πλαίσιο της οικονομίας θεωρείται ως ένα ορθολογικό υποκείμενο, το οποίο έχοντας επίγνωση των αναγκών του και καθοδηγούμενο από αυτές και από το όφελος που αντλεί από την ικανοποίησή τους, οδηγείται στις επιλογές του. Η αξία παράγεται, σύμφωνα με το Jean Baptiste Say και από τους τρεις συντελεστές παραγωγής, δηλαδή την εργασία, τους φυσικούς πόρους και τα μέσα παραγωγής. Η σπανιότητα των φυσικών πόρων και η σταδιακή εξάντλησή τους, οδηγεί, έτσι, σε αύξηση στις τιμές των εμπορευμάτων (Ψαρρέας 2008).

Οι ανωτέρω αναφορές δείχνουν ότι το ζήτημα των φυσικών πόρων είχε απασχολήσει τους θεμελιωτές των μεγάλων ρευμάτων οικονομικής σκέψης. Έμμεσα δε (και σε κάποιες περιπτώσεις πιο άμεσα) και το θέμα του περιβάλλοντος. Όμως, μόλις τη δεκαετία του 1960 το ζήτημα των ορίων της ανάπτυξης τέθηκε και πάλι επιτακτικά στο προσκήνιο λόγω τόσο των αυξανόμενων κρουσμάτων ρύπανσης όσο και μιας σταδιακής συνειδητοποίησης των ολοένα και αυξανόμενων ρυθμών με τους οποίους ο άνθρωπος εξαντλεί τα φυσικά αποθέματα (Λέσχη της Ρώμης)<sup>4</sup>. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά τα

---

<sup>4</sup> Η λέσχη της Ρώμης ιδρύθηκε τον Απρίλιο του 1968 από τον Ιταλό βιομήχανο Peccei και το Σκωτσέζο χημικό King. Η έκθεση της με τίτλο «Τα όρια στην αύξηση» μεταφράστηκε σε 30 γλώσσες και πωλήθηκαν πάνω από 30 εκατ. αντίτυπά της. Κεντρικό πόρισμα της έκθεσης ήταν ότι η οικονομική ανάπτυξη δεν μπορεί να συνεχιστεί επ'

κρούσματα ρύπανσης τροφοδότησαν θεωρήσεις με πυρήνα την από-ανάπτυξη ή τη μη-οικονομοκεντρική ανάπτυξη. Από την δεκαετία του 1970, όμως, πολλοί οικονομολόγοι υποστήριξαν ότι η οικονομική ανάπτυξη μπορεί να συνεχιστεί, αρκεί να υπάρξει ένα αποτελεσματικό σύστημα, το οποίο θα έχει τη δυνατότητα να δεχθεί ακόμη μεγαλύτερα επίπεδα οικονομικής δραστηριότητας, διατηρώντας ταυτόχρονα ένα ελάχιστο επίπεδο περιβαλλοντικής ποιότητας. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω της τεχνολογικής εξέλιξης, της επανάχρησης υλικών, της αύξησης της παραγωγικότητας της εργασίας και της αποδοτικότερης χρήσης του κεφαλαίου (Pearce & Turner 1990).

Ο προβληματισμός γύρω από τα ζητήματα αυτά, σε συνδυασμό με την παγίωση σε διεθνές επίπεδο απόψεων υποστηρικτικών προς την αναγκαιότητα της περιβαλλοντικής προστασίας για την επιβίωση του πλανήτη, προς τα τέλη της δεκαετίας του 1970, οδήγησαν τελικά στην ανάπτυξη των κλάδων των οικονομικών του περιβάλλοντος.

Στην οικονομία ορίζονται ως ελεύθερα τα αγαθά, τα οποία λόγω υπερεπάρκειας μπορούν να αποκτηθούν σε απεριόριστες ποσότητες χωρίς κάποια παραγωγική διαδικασία. Αντίθετα όταν χρειάζεται κάποια παραγωγική διαδικασία, κάποια θυσία για να αποκτηθούν ορισμένα αγαθά, αυτά ορίζονται ως οικονομικά αγαθά, αλλιώς προϊόντα. Στην οικονομική επιστήμη η αξία των αγαθών έχει κατά κύριο λόγο ταυτιστεί με την οικονομική τους αξία, η οποία προκύπτει, σύμφωνα με τη νεοκλασική σχολή, λόγω της σπανιότητας και της χρησιμότητάς τους. Αυτή η θεώρηση της αξίας – στην οποία είχαν ασκήσει κριτική μεγάλοι θεωρητικοί όπως ο Ricardo (Ricardo 1817) – οδηγεί σε στρεβλώσεις ως προς τα περιβαλλοντικά αγαθά. Μια βασική, κοινή εν πολλοίς διαπίστωση είναι ότι το γεγονός ότι, συχνά, τα περιβαλλοντικά αγαθά είναι εκτός αγοράς, έχει οδηγήσει στην υποτίμηση και υπερεκμετάλλευση τους.

Η συνολική αξία των περιβαλλοντικών αγαθών, η οποία επιδιώκεται να αποτιμηθεί μέσα από τις μεθόδους της περιβαλλοντικής οικονομίας, θεωρείται ότι είναι το άθροισμα της αξίας χρήσης και της αξίας μη χρήσης των αγαθών αυτών, σύμφωνα με το σχήμα που πρότειναν οι Pearce και Turner (Σχήμα 2.1).

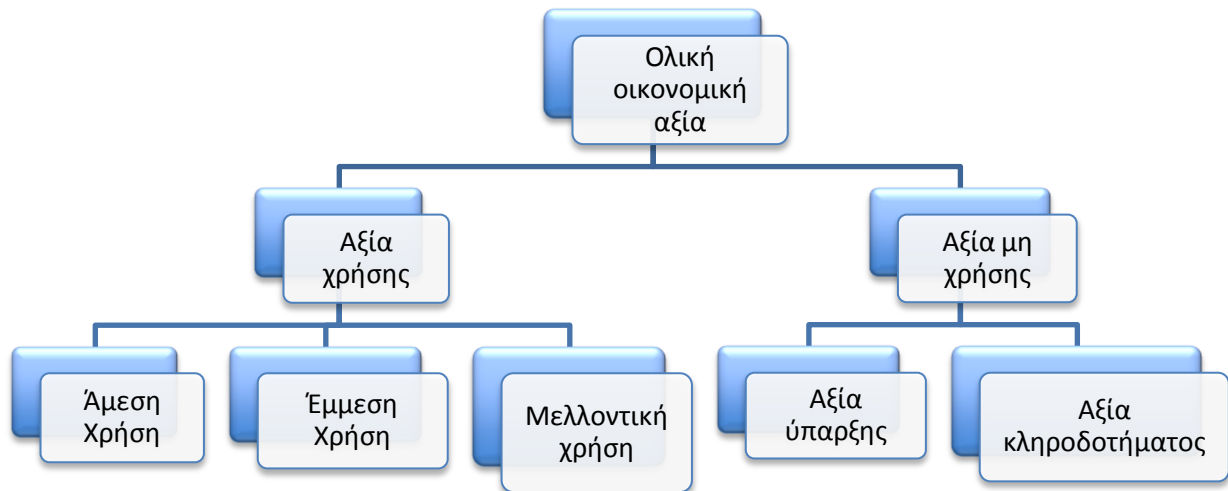
Ως αξία χρήσης αναφέρεται η οικονομική αξία που προκύπτει από την πραγματική χρήση ενός αγαθού. Επιμέρους διαιρείται στην άμεση και έμμεση αξία χρήσης. Η άμεση αξία χρήσης συνδέεται με την οικονομική αξία που προκύπτει από την κατανάλωση του αγαθού (π.χ. απολαβές από την αλιεία). Η έμμεση αξία χρήσης περιλαμβάνει την οικονομική αξία που προκύπτει από υπηρεσίες που παρέχονται από το περιβάλλον (π.χ. αναψυχή σε ένα τοπίο φυσικού κάλλους).

Η αξία μη χρήσης συνδέεται με τα ευρύτερα οφέλη που προκύπτουν από ένα περιβαλλοντικό αγαθό και δεν έχουν άμεσο οικονομικό αντίκτυπο. Επιμερίζεται σε αξία ύπαρξης και αξία κληροδοτήματος. Η αξία ύπαρξης εκφράζει την προθυμία κάποιου να συνεισφέρει κάποιο ποσό, ώστε να προστατεύσει απλώς ένα περιβαλλοντικό αγαθό, χωρίς να προσβλέπει στη χρησιμοποίησή του. Η αξία κληροδοτήματος σχετίζεται με την προθυμία διατήρησης ενός περιβαλλοντικού αγαθού, προκειμένου να μπορούν να ωφεληθούν από αυτό οι μελλοντικές γενιές.

---

αόριστον λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας των φυσικών πόρων και ειδικά των καυσίμων, όπως το πετρέλαιο. Η λέσχη συνεχίζει να υπάρχει και να λειτουργεί. Αποτελείται από επιστήμονες, πολιτικούς και επιχειρηματίες, οι οποίοι «μοιράζονται κοινές ανησυχίες για το μέλλον της ανθρωπότητας και του πλανήτη» ( ). Υπάρχουν ενστάσεις για τον τρόπο, με τον οποίο λειτουργεί, πλέον, ο φορέας αυτός. Διατυπώνεται κριτική από ορισμένους σχετικά με τους πραγματικούς του στόχους και τον τρόπο επιλογής των μελών και των συμμετεχόντων.

Οι Pearce και Turner εντάσσουν στην αξία χρήσης και τη μελλοντική αξία, την οποία άλλοι ερευνητές (Coller et al. 1995) κατατάσσουν στην αξία μη – χρήσης. Η μελλοντική αξία εκφράζει την προθυμία διατήρησης ενός περιβαλλοντικού αγαθού, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί άμεσα ή έμμεσα στο μέλλον.



**Σχήμα 2.1.** Η συνολική οικονομική αξία ενός περιβαλλοντικού αγαθού (Πηγή: Καλιαμπάκος & Δαμίγος 2000)

Μία άλλη σημαντική έννοια, χρήσιμη για την κατανόηση της σύνδεσης της οικονομίας και του περιβάλλοντος, είναι αυτή του εξωτερικού κόστους. Ως εξωτερικό κόστος ορίζεται το κόστος μιας δραστηριότητας, το οποίο δεν επιβαρύνει την ίδια αλλά εξωτερικεύεται, μετακυλιέται προς άλλες δραστηριότητες (Καλιαμπάκος & Δαμίγος 2000). Έτσι, για παράδειγμα, η θερμική ρύπανση ενός ποταμού από έναν ατμοηλεκτρικό σταθμό δεν επιβαρύνει οικονομικά την ηλεκτροπαραγωγή αλλά ενδέχεται να μειώνει μια αλιευτική παραγωγή στα κατάντι του σταθμού. Μέσω των μεθόδων αποτίμησης των περιβαλλοντικών αγαθών μπορεί να εκτιμηθεί το εξωτερικό κόστος που συνεπάγονται οι παραγωγικές ή άλλες δραστηριότητες στο περιβάλλον. Έτσι, είναι δυνατή όχι απλώς η ιδιωτικοοικονομική αλλά η κοινωνικοοικονομική ανάλυση κόστους οφέλους, που συμπεριλαμβάνει τα περιβαλλοντικά κόστη ή οφέλη ενός έργου. Με τον τρόπο αυτόν, καθίσταται δυνατή μια περισσότερο ολοκληρωμένη θεώρηση των πραγματικών διαστάσεων της οικονομικής ανάπτυξης και των διάφορων τεχνολογιών (Diakoulaki et al. 2007, Longo et al. 2008, Koundouri et al. 2009). Σταδιακά, ο συνυπολογισμός (εσωτερίκευση) του εξωτερικού κόστους ιδιαίτερα των σημαντικών δραστηριοτήτων καθίσταται υποχρεωτικός από τη νομοθεσία. Όμως, ακόμη χρειάζεται να διανυθεί σημαντική απόσταση, προκειμένου οι εξωτερικότητες να ενσωματωθούν πλήρως, και με αποτελεσματικό τρόπο, στη λήψη αποφάσεων, σε όλα τα επίπεδα.

Στη βάση των ανωτέρω, ο κλάδος της περιβαλλοντικής οικονομίας έχει συμβάλει καθοριστικά στις προσπάθειες για την προστασία του περιβάλλοντος και την ολοκληρωμένη οικονομική αξιολόγηση διάφορων επενδυτικών δραστηριοτήτων. Η οικονομική αποτίμηση των περιβαλλοντικών αγαθών

ενέχει σφάλματα και αβεβαιότητες. Όμως, η εξέλιξη και ευρύτερη εφαρμογή της στη βάση της καλύτερης κατανόησης των αλληλεπιδράσεων οικονομίας και περιβάλλοντος αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την υιοθέτηση ισόρροπων αναπτυξιακών λύσεων, που θα σέβονται το περιβάλλον και θα συντελούν στη διατήρησή του.

### 2.3.2 Μέθοδοι περιβαλλοντικής αποτίμησης

Από τη στιγμή που η πλειονότητα των περιβαλλοντικών αγαθών δεν εντάσσεται στην αγορά, άρα δεν υπάρχουν καμπύλες ζήτησης και τιμές για αυτά, ο μηχανισμός της αγοράς καθίσταται αναποτελεσματικός για την αποτίμηση της αξίας τους. Γι' αυτό και στο πλαίσιο των οικονομικών του περιβάλλοντος έχουν αναπτυχθεί τεχνικές, εκτός του πλαισίου της αγοράς (non-market methods) για την αποτίμηση των περιβαλλοντικών αγαθών. Οι προσπάθειες περιβαλλοντικής αποτίμησης σε μεγάλο βαθμό εδράστηκαν στη θεωρία των οικονομικών της ευημερίας (welfare economics), απ' όπου αναδεικνύεται, ως κριτήριο για το υπολογισμό της αξίας των περιβαλλοντικών αγαθών και του κόστους των επεμβάσεων στο περιβάλλον, η μεταβολή στην ανθρώπινη ευημερία (Δημαρας & Μαστρογιάννης 2010).

Η κεντρική ιδέα, όσον αφορά στην αποτίμηση των αξιών του περιβάλλοντος, μπορεί να περιγραφεί με το ακόλουθο μοντέλο (Καλιαμπάκος & Δαμίγος 2010):

Έστω ένα νοικοκυριό, το οποίο χαρακτηρίζεται από μια έμμεση συνάρτηση ωφέλειας:

$$V = U[x(p,y,z), z] = V(p,y,z)$$

Το άνωσυμα  $x$  αναλύεται ως  $x(p,y,z) = [x_1(p,y,z), \dots, x_n(p,y,z)]$ , δηλαδή αποτελεί ένα γραμμικό πίνακα των καμπυλών ζήτησης για τα οικονομικά αγαθά, η απαιτούμενη ποσότητα των οποίων είναι συνάρτηση των τιμών τους ( $p$ ), του εισοδήματος ( $y$ ) και της παροχής των περιβαλλοντικών αγαθών ( $z$ ).

Εάν συμβεί μια παρέμβαση στην ποιότητα του περιβάλλοντος, από την αρχική κατάσταση (0) σε μια νέα κατάσταση (1) - η οποία για λόγους απλότητας δεν επηρεάζει το εισόδημα του νοικοκυριού ούτε τις τιμές των άλλων αγαθών - τότε η αλλαγή στην ωφέλεια του νοικοκυριού θα είναι:

$$\Delta V = V(p,y,z_1) - V(p,y,z_0)$$

Η αποτίμηση αυτής της μεταβολής αποτελεί το κεντρικό αντικείμενο των διάφορων μεθόδων και τεχνικών που έχουν αναπτυχθεί στον κλάδο της περιβαλλοντικής οικονομίας.

Οι μέθοδοι περιβαλλοντικής αποτίμησης κατά βάση διακρίνονται σε άμεσες και έμμεσες. Οι πρώτες, αφότου καθορίσουν το όφελος που πηγάζει από κάποιο περιβαλλοντικό αγαθό - π.χ. καλή ποιότητα αέρα, αναβαθμισμένη θέα - στοχεύουν στην απευθείας εκτίμηση της οικονομικής του αξίας, ρωτώντας τους καταναλωτές εάν είναι πρόθυμοι να συνεισφέρουν οικονομικά για τη διατήρηση ή απόκτησή του. Η δεύτερη κατηγορία τεχνικών βασίζεται στη μελέτη και παρατήρηση της αγοράς οικονομικών αγαθών, προκειμένου να εξαγάγει τις αξίες των περιβαλλοντικών αγαθών.

#### Έμμεσες τεχνικές αποτίμησης περιβαλλοντικών αγαθών

Η βασική λογική των μεθόδων αυτών πηγάζει από την ακόλουθη σκέψη: εάν η τιμή ενός όχι βασικού οικονομικού αγαθού, το οποίο συνδέεται άμεσα με το περιβαλλοντικό αγαθό που επιχειρείται να



αποτιμηθεί, αυξηθεί στο άπειρο, θεωρώντας ως δεδομένες και σταθερές τις τιμές των άλλων οικονομικών αγαθών, τότε μπορεί να προσδιοριστεί το πεπερασμένο όφελος καταναλωτή (consumer surplus). Εάν το πείραμα επαναληφθεί, σε ένα διαφορετικό επίπεδο περιβαλλοντικής ποιότητας, θα ληφθεί μια νέα τιμή για το όφελος καταναλωτή. Η διαφορά μεταξύ των δύο τιμών οφείλεται στην μεταβολή της περιβαλλοντικής ποιότητας, αφού παραμένουν σταθερές οι άλλες παράμετροι. (Καλιαμπάκος & Δαμίγος 2000)

Οι δύο, κύριες, έμμεσες τεχνικές αποτίμησης περιβαλλοντικών αγαθών είναι η Ανάλυση Αγορών Ωφέλιμων Χαρακτηριστικών (Hedonic Pricing Method – HPM) και η Ανάλυση Κόστους Ταξιδιού (Travel Cost Method – TCM).

Η Ανάλυση Αγορών Ωφέλιμων Χαρακτηριστικών εκτιμά την αξία του περιβάλλοντος κάποιας περιοχής αναλύοντας τις αξίες διάφορων αγαθών που επηρεάζονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει εφαρμοστεί στις αγορές κατοικίας και εργασίας, προκειμένου να μελετηθεί πως αυτές διαφοροποιούνται, αναλόγως περιβαλλοντικών παραμέτρων, εκτιμώντας έτσι έμμεσα την αξία των τελευταίων.

Στην περίπτωση των κατοικιών, θεωρείται ότι οι τιμές τους (PP) εξαρτώνται βασικά από τέσσερις παράγοντες: τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά (C), την προσβασιμότητα (A), τα κοινωνικά και άλλα χαρακτηριστικά της περιοχής (N) και τον παράγοντα «περιβάλλον» (E).

$$PP=f(C,A,N,E)$$

Εάν μελετηθούν οι τιμές κατοικιών σε διαφορετικές περιοχές με περίπου ίδιους τους παράγοντες C,A και N, τότε οι ενδεχόμενες διαφορές των τιμών, πιθανότατα, θα σχετίζονται με τις διαφορές στον παράγοντα E, δηλαδή στις περιβαλλοντικές συνθήκες (Pearce & Turner 1990).

Η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει την ανάλυση δεδομένων από αγοραπωλησίες ακινήτων σε διάφορες χρονικές περιόδους, αξιοποιώντας μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης. Το πιο απλό μοντέλο προτείνεται από τους Pearce & Turner (1990) και συνίσταται σε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση των λογαριθμικών τιμών των παραμέτρων.

$$\ln PP = a \ln C + b \ln A + c \ln N + d \ln E$$

Το ζητούμενο στην περίπτωση αυτή είναι ο προσδιορισμός του συντελεστή d, ο οποίος εκφράζει τη μεταβολή των τιμών των ακινήτων, συναρτήσει των αλλαγών στο περιβάλλον.

Η Ανάλυση Κόστους Ταξιδιού χρησιμοποιείται εκτεταμένα για την εκτίμηση της ζήτησης των υπηρεσιών αναψυχής που προσφέρουν φυσικοί χώροι, όπως δάση, πάρκα, λίμνες κ.ο.κ. Συχνά, οι χώροι αυτοί έχουν ελεύθερη πρόσβαση, ενώ ακόμη και στην περίπτωση ύπαρξης κάποιας μορφής εισιτηρίου, αυτό έχει, τις περισσότερες φορές, συμβολικό ύψος, το οποίο δεν αντανακλά το πραγματικό όφελος που απολαμβάνουν οι επισκέπτες. Έτσι, θεωρείται ότι το κόστος που συνεπάγεται η μετάβαση στο χώρο αναψυχής (καύσιμα, εισιτήρια μέσω μεταφοράς, διόδια κλπ.) αντανακλά την περιβαλλοντική και ψυχαγωγική του αξία (Καλιαμπάκος & Δαμίγος 2000, Ψαρρέας 2008).

Η εφαρμογή της μεθόδου βασίζεται σε συνεντεύξεις μεταξύ των επισκεπτών του υπό μελέτη χώρου. Οι βασικές πληροφορίες αφορούν στην περιοχή απ' όπου προέρχονται οι επισκέπτες, το μέσο μετάβασης, τη χρονική διάρκεια του ταξιδιού τους, το κόστος του ταξιδιού τους, τις εναλλακτικές τους επιλογές

καθώς και δημογραφικά χαρακτηριστικά. Αναλύοντας τις πληροφορίες, οι οποίες συλλέγονται από τους επισκέπτες μπορεί να εξαχθεί μια συνάρτηση επισκέψεων με γενική μορφή:

$$E=f(KT, KO, Π, E, X)$$

E: αριθμός επισκέψεων στο χώρο ατόμου ή νοικοκυριού

KT: κόστος ταξιδιού

KO: κοινωνικο-οικονομικά δεδομένα (εισόδημα, ηλικία, εκπαίδευση, κ.λ.π.)

Π: ποιοτικά χαρακτηριστικά του φυσικού χώρου αναψυχής

E: διαθεσιμότητα και ποιοτικά χαρακτηριστικά των εναλλακτικών χώρων αναψυχής

X: μήτρα άλλων επεξηγηματικών μεταβολών

Από τη συνάρτηση αυτή μπορεί να κατασκευαστεί η καμπύλη ζήτησης για το χώρο αναψυχής. Ένας τρόπος κατασκευής της καμπύλης ζήτησης είναι να υποθεθεί ότι οι επισκέπτες θα αντιδράσουν κατά τον ίδιο τρόπο σε μια επιβολή αντίτιμου εισόδου και σε μια μεταβολή, κατά την ίδια χρηματική ποσότητα, του κόστους ταξιδιού (Βλάχου 2001). Από την υπόθεση προκύπτει το σημείο μηδενικής επιβάρυνσης εισόδου, στο οποίο αντιστοιχεί ο συνολικός αριθμός επισκέψεων στην υπό μελέτη περιοχή. Εάν επιβληθεί επιβάρυνση εισόδου με κάποιο αντίτιμο, τότε από τη συνάρτηση επισκέψεων θα προκύψει ο μειωμένος αριθμός επισκεπτών.

Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί, προκειμένου να εκτιμηθούν τα οφέλη από ενδεχόμενες παρεμβάσεις περιβαλλοντικής αναβάθμισης σε ένα χώρο αναψυχής. Στην περίπτωση αυτή, χρειάζεται να κατασκευαστούν δύο καμπύλες ζήτησης, η μία για την αρχική κατάσταση του χώρου και η δεύτερη για την περίπτωση της αναβάθμισης.

### **Άμεσες τεχνικές αποτίμησης περιβαλλοντικών αγαθών**

Η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη άμεση τεχνική περιβαλλοντικής αποτίμησης είναι αυτή της υποθετικής αξιολόγησης (Contingent Valuation Method – CVM). Μια από τις βασικές της διαφοροποιήσεις, σε σχέση με τις έμμεσες μεθόδους, είναι το γεγονός ότι δεν αντλεί δεδομένα από υπάρχουσες αγορές αλλά από υποθετικές, οι οποίες περιγράφονται από τους ερευνητές που την εφαρμόζουν. Στο πλαίσιο της υποθετικής αγοράς τα άτομα καλούνται να εκφράσουν τις προτιμήσεις τους για τις μεταβολές στην ποιότητα περιβάλλοντος, ώστε έτσι, τελικά, να αποτιμηθούν τα περιβαλλοντικά αγαθά σε χρηματικούς όρους. Η τεχνική της υποθετικής αξιολόγησης εφαρμόστηκε και στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, γι' αυτό και θα παρουσιαστεί αναλυτικότερα σε σχέση με τις άλλες μεθόδους περιβαλλοντικής αποτίμησης.

Η κεντρική ιδέα άμεσης αποτίμησης περιβαλλοντικών αγαθών, μέσω της υποθετικής αξιολόγησης, έχει να κάνει με τη μέτρηση της μεταβολής στην ποιότητα ή στην παροχή ενός περιβαλλοντικού αγαθού, η οποία μπορεί να γίνει μέσω της αντισταθμιστικής μεταβολής (compensating variation), η οποία συμβολίζεται με AM. Η αντιστάθμιση εκφράζει ένα χρηματικό ποσό, το οποίο είναι απαραίτητο προκειμένου ένα νοικοκυριό να παραμείνει στην ίδια κατάσταση ευημερίας, στην οποία βρισκόταν πριν πραγματοποιηθεί η αλλαγή στο περιβαλλοντικό αγαθό (Καλιαμπάκος & Δαμίγος 2000). Δηλαδή, θα πρέπει με βάση τα όσα εκτέθηκαν στην αρχή της ενότητας 2.3.2 να ισχύει:

$$V(p, y-AM, z_1) = V(p, y, z_0)$$

Έτσι, η μέθοδος υποθετικής αξιολόγησης στοχεύει, ειδικότερα, στο να αποτυπώσει τη διάθεση του κοινού να πληρώσει προκειμένου είτε να συνεισφέρει (Willingness to Pay – WTP) για την απόκτηση / βελτίωση ενός περιβαλλοντικού αγαθού είτε να αποζημιωθεί (Willingness to Accept – WTA) για την απώλεια του περιβαλλοντικού αγαθού. Μέσω της αποτύπωσης της προθυμίας πληρωμής είναι δυνατή – τουλάχιστον θεωρητικά – η εκτίμηση της ολικής οικονομικής αξίας ενός περιβαλλοντικού αγαθού. Η μέθοδος υποθετικής αξιολόγησης αποτελεί, δηλαδή, έναν τρόπο υπολογισμού και των αξιών μη-χρήση, εκτός από τις αξίες χρήσης (Bateman et al. 1997).

Η υλοποίηση μιας έρευνας, βασισμένης στην υποθετική αξιολόγηση, γίνεται μέσω συνεντεύξεων και συμπλήρωσης κατάλληλων ερωτηματολογίων. Ένα σημαντικό ζήτημα είναι ο τρόπος, με τον οποίο οι ερωτώμενοι καλούνται να δηλώσουν το ποσό που επιθυμούν να συνεισφέρουν για τη βελτίωση του περιβάλλοντος. Διακρίνονται πέντε περιπτώσεις ως προς την ερώτηση για το διατιθέμενο ποσό (Bateman et al. 1999):

- ελεύθερη μορφή (open-ended) - ο ερωτώμενος προσδιορίζει ελεύθερα το ποσό των χρημάτων
- απλή προκαθορισμένη επιλογή (single-bound dichotomous-choice) – ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει εάν θα προσέφερε ένα συγκεκριμένο, προκαθορισμένο ποσό
- διπλή προκαθορισμένη επιλογή (double-bound dichotomous-choice) – εφ’ όσον σε ερώτηση απλής, προκαθορισμένης επιλογής υπάρξει θετική ανταπόκριση, ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει εάν θα πρόσφερε ένα μεγαλύτερο ποσό, ενώ εάν στην αρχική ερώτηση η απάντηση είναι αρνητική, ερωτάται εάν επιθυμεί να συνεισφέρει κάποιο μικρότερο ποσό
- τριπλή προκαθορισμένη επιλογή (triple-bound dichotomous-choice) - επέκταση κατά ένα γύρο της προηγούμενης περίπτωσης
- επαναληπτική προσφορά (iterative bidding) - ο ερωτώμενος καλείται να επιλέξει ολοένα και υψηλότερα ποσά συνεισφοράς έως ότου δηλώσει άρνηση πληρωμής

Σημειώνεται ότι στις περιπτώσεις των προκαθορισμένων επιλογών πρέπει να τίθεται επιπλέον και ανοικτή ερώτηση.

Το ερωτηματολόγιο πλαισιώνεται και με ερωτήσεις, οι οποίες αποτυπώνουν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτωμένων καθώς και τις απόψεις τους για ζητήματα συναφή με το υπό μελέτη αντικείμενο. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα να γίνει ανάλυση παλινδρόμησης, ώστε να συσχετιστεί το ποσό συνεισφοράς με τα χαρακτηριστικά και τις απόψεις των ερωτωμένων. Κάτι τέτοιο, πέραν της αποτίμησης της αξίας κάποιου περιβαλλοντικού αγαθού μπορεί να είναι ευρύτερα χρήσιμο για την άσκηση περιβαλλοντικής πολιτικής (Καλιαμπάκος & Δαμίγος 2000).

Το ίδιο το αντικείμενο των οικονομικών του περιβάλλοντος συνεπάγεται έντονο υποκειμενισμό και παρουσία σφαλμάτων / σημείων αναξιοπιστίας στις έρευνες. Γι’ αυτό και πολλά ζητήματα παραμένουν ανοικτά και υπό συζήτηση μεταξύ των ερευνητών, ιδίως αναφορικά με μεθόδους ευρείας εφαρμογής, όπως αυτή της υποθετικής αξιολόγησης. Στη συνέχεια θα αναφερθούν ορισμένα από τα βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου και θα παρουσιαστούν κάποια από τα πιο σημαντικά σημεία αντιπαράθεσης γύρω από αυτήν.

Εκτός από τα προβλήματα που μπορεί να δημιουργήσει σε μια έρευνα ένας εξ’ αρχής λανθασμένος σχεδιασμός ή προβλήματα όσον αφορά στα διαθέσιμα τεχνικά και οικονομικά μέσα για την υλοποίησή της, τα βασικά ζητήματα που επηρεάζουν την ακρίβειά της κατηγοριοποιούνται ως ακολούθως (Pearce & Turner 1990, Καλιαμπάκος & Δαμίγος 2000):

- Στρεβλώσεις στρατηγικής (strategic biases): Σχετίζονται με το γεγονός ότι οι ερωτώμενοι, συχνά, υποβαθμίζουν ή αυξάνουν το ποσό που διατίθενται να συνεισφέρουν, θεωρώντας ότι έτσι μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της έρευνας προς όφελός τους.
- Στρεβλώσεις υπόθεσης (hypothetical biases): Επειδή η μέθοδος βασίζεται σε ένα σενάριο ύπαρξης μιας υποθετικής αγοράς, τίθεται εν αμφιβόλω το ενδεχόμενο της πληρωμής για το περιβαλλοντικό αγαθό σε περίπτωση ύπαρξης μιας πραγματικής αγοράς γι' αυτό.
- Στρεβλώσεις πληροφορίας (information biases): Ανακύπτουν λόγω της μη- εξοικείωσης των ερωτωμένων με το υπό μελέτη ζήτημα ή της έλλειψης εμπιστοσύνης προς την έρευνα.
- Στρεβλώσεις του τρόπου πληρωμής (vehicle biases): Η προθυμία πληρωμής, ενδεχομένως, διαφοροποιείται, αναλόγως της μεθόδου που προτείνεται (π.χ. άμεση ή έμμεση μέσω λογαριασμού)

Επιπλέον, ένα από τα βασικά σημεία προβληματισμού γύρω από τη μέθοδο υποθετικής αξιολόγησης είναι το ζήτημα της επιλογής μεταξύ προθυμίας πληρωμής (WTP) και επιθυμίας αποζημίωσης (WTA), καθώς και των διαφοροποιήσεων που παρουσιάζονται στις έρευνες αναλόγως του ποια από τις δύο περιπτώσεις επιλέγεται. Αν και σύμφωνα με την οικονομική θεωρία, δε θα έπρεπε για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα η WTP να διαφέρει σημαντικά από τη WTA, στην πράξη οι αποκλίσεις είναι μεγάλες και συνήθως η WTA είναι μεγαλύτερη (Pearce & Turner 1990). Τα αίτια του ζητήματος αποδίδονται σε διάφορους παράγοντες. Μία εξήγηση αποτελεί το γεγονός ότι στην ανθρώπινη ψυχολογία η απώλεια ενός αγαθού αξιολογείται ως σημαντικότερη από την απόκτηση ενός νέου (Kahneman & Tversky 1979). Αρκετοί ερευνητές και φορείς – π.χ. ο εθνικός φορέας για τους ωκεανούς και την ατμόσφαιρα των ΗΠΑ (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA) - προτείνουν οι έρευνες να μη βασίζονται στη WTA, αλλά να σχεδιάζονται στη βάση της WTP (Venkatachalam 2004).

Σχετική με τις στρεβλώσεις του τρόπου πληρωμής είναι η ενασχόληση των ερευνητών αναφορικά με το ποια είναι η πλέον κατάλληλη μορφή ερώτησης σχετικά με το ποσό συνεισφοράς. Το 2002 πραγματοποιήθηκε μία έρευνα, κατά την οποία διερευνήθηκε η προθυμία πληρωμής των νοικοκυριών, σε κάποια περιοχή των ΗΠΑ, προκειμένου να αυξηθεί η συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή (Cameron et al. 2002). Επελέγησαν επτά διαφορετικές μορφές ερώτησης για το ποσό συνεισφοράς και «έτρεξαν» παράλληλα επτά ερωτηματολόγια. Το βασικό αποτέλεσμα της έρευνας ήταν ότι, όταν συνδυάστηκαν τα αποτελέσματα από τις διάφορες μορφές ερωτήσεων, οι συναρτήσεις για τέσσερις από τις επτά περιπτώσεις προέκυψαν όμοιες. Γενικώς, κάθε περίπτωση έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και πρέπει να επιλέγεται αναλόγως της περίπτωσης που ερευνάται (Venkatachalam 2004).

Ορισμένοι θέτουν υπό αμφισβήτηση και το κεντρικό χαρακτηριστικό της μεθόδου υποθετικής αξιολόγησης, δηλαδή τη δυνατότητά της να αποτιμά αξίες μη-χρήσης. Η κριτική εδράζεται στις στρεβλώσεις υπόθεσης (Bateman & Langford 1997). Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν περιπτώσεις, κατά τις οποίες οι έρευνες υποθετικής αξιολόγησης συνοδεύτηκαν από πραγματικές απαιτήσεις πληρωμών και συλλέχθηκαν ποσά που αντιστοιχούσαν στο 70 έως 90% αυτών που είχαν υποθετικά δηλωθεί (Καλιαμπάκος & Δαμίγος 2000). Πάνω στο θέμα αυτό, δηλαδή κατά πόσο ο υποθετικός χαρακτήρας της μεθόδου αποτελεί εγγενή και αξεπέραστη αδυναμία, νέα στοιχεία έδωσε πρόσφατη εργασία (Γιαννακοπούλου 2012), η οποία αξιολόγησε πολλαπλές εφαρμογές της μεθόδου για την αποτίμηση του ίδιου αγαθού, και μάλιστα σε συνθήκες εντός και εκτός οικονομικής κρίσης. Από την έρευνα προέκυψε ότι η μέθοδος διαθέτει υψηλή αξιοπιστία.

Παρά τα μειονεκτήματα που υπάρχουν και την ανοιχτή συζήτηση γύρω από την αποτελεσματικότητα και την ακρίβεια της περιβαλλοντικής οικονομίας, εν γένει, η μέθοδος της υποθετικής αξιολόγησης συγκεντρώνει μια σειρά πλεονεκτημάτων, στα οποία συντείνουν διάφορες αναφορές (Pearce & Turner 1990, Hanemann 1994, Kniivila 2006), καθιστώντας την ισχυρό εργαλείο στο κρίσιμο ζήτημα της αποτίμησης των περιβαλλοντικών αγαθών:

- Η δυνατότητα υπολογισμού της ολικής οικονομικής αξίας ενός περιβαλλοντικού αγαθού
- Το ευρύ πεδίο εφαρμογής
- Η δυνατότητα ex ante εφαρμογής για την αξιολόγηση προτεινόμενων επεμβάσεων
- Η ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων, όσον αφορά στην εκτίμηση των διαφορετικών τύπων αξιών ενός αγαθού, υπό κατάλληλες προϋποθέσεις

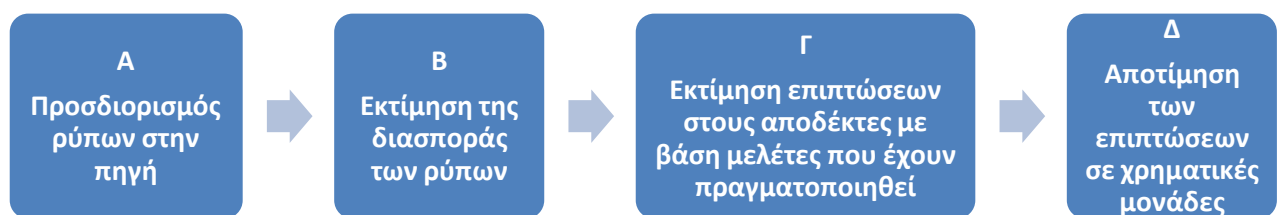
Τα χαρακτηριστικά της μεθόδου υποθετικής αξιολόγησης την καθιστούν ιδιαίτερα χρήσιμη σε εφαρμογές σχετικές με τον ενεργειακό σχεδιασμό.

### 2.3.3 Η προσέγγιση της ζημιογόνου συνάρτησης

Η προσέγγιση της ζημιογόνου συνάρτησης (damage function approach) αποτελεί τη βάση για την εκτίμηση των επιπτώσεων και του εξωτερικού κόστους των διάφορων συστημάτων παραγωγής ενέργειας. Η εκτίμηση αυτή, κατά το μεγαλύτερο μέρος, υλοποιήθηκε μέσω ενός συνόλου ερευνητικών προγραμμάτων υπό το γενικό τίτλο External Costs of Energy – EXTERNE που διενεργήθηκαν από το 1990 μέχρι το 2005, ώστε να προσδιοριστεί, με οικονομικούς όρους, η ζημία που προκαλείται από τις τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στην παρούσα έρευνα, εκτός από την πραγματοποίηση ερευνών περιβαλλοντικής αποτίμησης με τη μέθοδο της υποθετικής αξιολόγησης, αξιοποιήθηκαν και τα αποτελέσματα του προγράμματος EXTERNE, σε συνδυασμό με άλλες σχετικές έρευνες, ώστε να ποσοτικοποιηθεί η οικονομική διάσταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της χρήσης ενεργειακών συστημάτων.

Η βασική λογική που διέπει την προσέγγιση EXTERNE παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.2. (Διακουλάκη et al. 2007):



**Σχήμα 2.2.** Στάδια μεθοδολογικής προσέγγισης EXTERNE

Η ανάλυση που υιοθετείται στην προσέγγιση της ζημιογόνου συνάρτησης στηρίζεται στη λογική του «κύκλου του καυσίμου». Δηλαδή, λαμβάνεται υπ' όψιν το σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που δημιουργούνται από την εξαγωγή / παραγωγή του καυσίμου, μέχρι τη χρήση του για παραγωγή ενέργειας. Στην περίπτωση των ΑΠΕ, επειδή τροφοδοτούνται από φυσικούς ενεργειακούς πόρους, οι

περιβαλλοντικές επιπτώσεις αφορούν στη διαδικασία παραγωγής του απαραίτητου εξοπλισμού (Mirasgedis & Diakoulaki 1997).

Στο στάδιο Δ της μεθοδολογίας, δηλαδή για την αποτίμηση των επιπτώσεων σε χρηματικές μονάδες, για τα μεν εμπορεύσιμα αγαθά γίνεται χρήση των τιμών της αγοράς, για δε τα μη εμπορεύσιμα αγαθά χρειάζεται να εφαρμοστούν τεχνικές περιβαλλοντικής αποτίμησης. Έτσι, στο στάδιο αυτό η προσέγγιση της ζημιολόγου συνάρτησης αξιοποιεί τις διάφορες τεχνικές περιβαλλοντικής αποτίμησης, οι οποίες, όμως, υπενθυμίζεται ότι σε προβλήματα ενεργειακού σχεδιασμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν και αυτοτελώς.

Οι εκτιμήσεις των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τα ορυκτά και τα πυρηνικά καύσιμα έχουν υπερτοπικό χαρακτήρα, ενώ στην περίπτωση των ΑΠΕ ο κύριος όγκος των επιπτώσεων εντοπίζεται κοντά στην περιοχή που λειτουργούν οι σχετικές εγκαταστάσεις. Αυτό επεκτείνεται και στη χρονική κλίμακα, δηλαδή στην περίπτωση των ορυκτών και πυρηνικών καυσίμων η ανάλυση λαμβάνει υπ όψιν τις επιπτώσεις σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου. Η εκτίμηση της διασποράς των ρύπων βασίζεται σε απλά μοντέλα για αποστάσεις έως 50km και σε σύνθετες μελέτες για περιπτώσεις ευρύτερης κλίμακας, που περιλαμβάνει το σύνολο της Ευρώπης στην περίπτωση των προγραμμάτων EXTERNE (Mirasgedis & Diakoulaki 1997).

Η χρήση της προσέγγισης της ζημιολόγου συνάρτησης εμπεριέχει σημαντικές αβεβαιότητες και περιθώρια σφάλματος. Αυτό συμβαίνει:

- Λόγω της αδυναμίας ακριβούς πρόβλεψης της διασποράς των ρύπων σε μεγάλη κλίμακα, αφού υπεισέρχονται τυχαίες μετεωρολογικές παράμετροι
- Λόγω της αδυναμίας εκτίμησης της ακριβούς διάστασης των επιπτώσεων σε όλο το φάσμα του περιβάλλοντος και των οικονομικών δραστηριοτήτων
- Λόγω του χαρακτήρα και της λογικής των μεθόδων περιβαλλοντικής αποτίμησης

Ωστόσο, μέσω των αποτελεσμάτων των προγραμμάτων EXTERNE δόθηκε η δυνατότητα διευρυμένης χρήσης των κοινωνικοοικονομικών αναλύσεων κόστους – οφέλους για τα ενεργειακά έργα. Αυτό συνετέλεσε στην προώθηση έργων ΑΠΕ, τα οποία σε πολλές περιπτώσεις εμφανίζονται ως μη βιώσιμα με βάση ιδιωτικοοικονομικές αναλύσεις κόστους – οφέλους.

#### 2.3.4 Ενέργεια και περιβαλλοντική οικονομία

Πολλές τεχνολογίες ανάπτυξης των ΑΠΕ είναι ώριμες και χρησιμοποιούνται επιτυχώς εδώ και πολλά χρόνια. Ταυτόχρονα, τα κινήματα οικολογικής ευαισθητοποίησης συνεχίζουν να αναπτύσσονται, η ανησυχία του κοινού για το περιβάλλον είναι σημαντική και παράλληλα το επιχειρηματικό ενδιαφέρον σχετικά με τις ΑΠΕ είναι ισχυρό. Κι όμως, υπό αυτές τις συνθήκες, η διείδυση των ΑΠΕ στα ενεργειακά συστήματα παραμένει χαμηλή. Υπό το πρίσμα της πολιτικής οικονομίας, η ερμηνεία του γεγονότος αυτού αποδίδεται στη λειτουργία της αγοράς με γνώμονα τη μεγιστοποίηση του ιδιωτικού κέρδους και τη συστηματική αποφυγή εσωτερίκευσης του εξωτερικού κόστους της καύσης ορυκτών καυσίμων που αποτελεί τη βάση της ενεργειακής βιομηχανίας (Anderson 2010).

Εφόσον επιδιώκεται ο ενεργειακός σχεδιασμός να μη βασίζεται στη μεγιστοποίηση του ιδιωτικού οικονομικού οφέλους αλλά του κοινωνικού οφέλους, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των διάφορων

ενεργειακών τεχνολογιών πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν, ώστε, σε συνδυασμό με άλλα κριτήρια και περιορισμούς, να διαμορφώνεται ένα βέλτιστο ενεργειακό μίγμα με σημαντική διείσδυση των ΑΠΕ. Στο πλαίσιο αυτό τα οικονομικά του περιβάλλοντος έχουν, δυνητικά, έναν ιδιαίτερα κρίσιμο ρόλο (Diakoulaki et al. 2001).

Η συχνότητα και ευρύτητα εφαρμογής των τεχνικών της περιβαλλοντικής οικονομίας στον ενεργειακό τομέα είναι μεγάλες και υπάρχει πληθώρα σχετικών αναφορών. Στη συνέχεια αναφέρονται ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Μια περίπτωση, που η περιβαλλοντική οικονομία αποτέλεσε ένα χρήσιμο εργαλείο και για την αποτίμηση σχεδίων ανάπτυξης ΑΠΕ, αλλά και για την αποτύπωση των προτιμήσεων του κοινού σε σχέση με διαφορετικές διαθέσιμες λύσεις, αποτελεί η έρευνα των Hanley και Nevin (1999). Στόχος ήταν η αποτίμηση τριών εναλλακτικών σχεδίων εγκατάστασης μονάδων ΑΠΕ (αιολικό πάρκο με τρεις ανεμογεννήτριες, μικρό υδροηλεκτρικό έργο, εγκατάσταση αξιοποίησης βιομάζας) σε μια περιοχή ιδιαίτερου κάλλους, στη Σκωτία. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος υποθετικής αξιολόγησης και για τα τρία σχέδια, για να αποτυπώσει την προθυμία πληρωμής των κατοίκων σε έναν υποθετικό φορέα, ο οποίος θα ήταν ελεγχόμενος από την τοπική κοινότητα. Επιπλέον, ρωτήθηκαν οι επισκέπτες της περιοχής για το κατά πόσο θα επηρέαζε την επιθυμία τους να επισκεφθούν την περιοχή η ανάπτυξη των ΑΠΕ σε αυτήν. Προέκυψε ότι το σχέδιο για το μικρό υδροηλεκτρικό έργο συγκέντρωσε τη μεγαλύτερη υποστήριξη και από τους κατοίκους και από τους επισκέπτες. Ποσοστό 82% των κατοίκων δήλωσε πρόθυμο να συνεισφέρει οικονομικά στον υποθετικό φορέα για την προώθηση του μικρού υδροηλεκτρικού.

Η μέθοδος της υποθετικής αξιολόγησης χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της ολικής οικονομικής αξίας συγκεκριμένων σχεδίων ανάπτυξης των ΑΠΕ, προκειμένου αυτά να αξιολογηθούν μέσω κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης κόστους – οφέλους. Για την περίπτωση ενός αιολικού πάρκου με έξι ανεμογεννήτριες στη Ρόδο, ποσοστό περίπου 70% των κατοίκων δήλωσε πρόθυμο να συνεισφέρει για την κατασκευή του, μέσω επιβάρυνσης στο λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος. Η ολική οικονομική αξία του έργου προέκυψε ίση με περίπου 2.000.000€/έτος, τη στιγμή που τα έσοδα από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας προϋπολογίστηκαν σε 1.500.000€/έτος (Koundouri et al. 2009). Τα ευρήματα της έρευνας είναι ενδεικτικά της ιδιαίτερης σημασίας της αποτίμησης της αξίας των περιβαλλοντικών αγαθών.

Εκτός από συγκεκριμένα έργα, έχει επιχειρηθεί και η αποτίμηση της ολικής οικονομικής αξίας, κατευθύνσεων στην ενεργειακή πολιτική, μέσω της μεθόδου υποθετικής αξιολόγησης. Ένα παράδειγμα αποτελεί η προσπάθεια εκτίμησης της προθυμίας πληρωμής του κοινού για διαφορετικά ποσοστά διείσδυσης των ΑΠΕ στο συνολικό ενεργειακό μίγμα. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Νέο Μεξικό των ΗΠΑ, οι ερωτώμενοι δήλωσαν πρόθυμοι να δεχθούν 14% αύξηση στους λογαριασμούς τους για να υπάρξει 10% συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα ή 36% αύξηση στους λογαριασμούς τους για να υπάρξει 20% συμμετοχή των ΑΠΕ (Mozumder et al. 2011).

Μια άλλη ενδιαφέρουσα περίπτωση εφαρμογής της περιβαλλοντικής οικονομίας στον ενεργειακό σχεδιασμό είναι αυτή, κατά την οποία αναζητείται η προθυμία πληρωμής του κοινού γενικά για την ανάπτυξη των ΑΠΕ σε κάποια περιοχή, χωρίς κάποιο συγκεκριμένο σχέδιο ή στόχο. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί η έρευνα των Zografakis et al. , που πραγματοποιήθηκε τη διετία 2006-2007 στην Κρήτη. Από την έρευνα αυτή προέκυψε ότι η μέση προθυμία πληρωμής για την προώθηση των ΑΠΕ στο νησί είναι περίπου 18€ ανά κάτοικο, ανά έτος.

Εκτός από την πραγματοποίηση ερευνών περιβαλλοντικής οικονομίας, σχετικών με τις ΑΠΕ, μεταξύ των κατοίκων μιας περιοχής, συχνά ο πληθυσμός ενδιαφέροντος αποτελείται από τους τουρίστες, που επισκέπτονται κάποια περιοχή. Στην έρευνα των Hanley και Nevin (1999) διερευνήθηκε εάν οι επισκέπτες της περιοχής ανάπτυξης των ΑΠΕ θα επηρεαστούν από τα έργα αυτά όσον αφορά στην επιθυμία τους να ταξιδεύουν στη συγκεκριμένη περιοχή. Δεν αναζητήθηκε, όμως, η προθυμία συνεισφοράς τους για τις ΑΠΕ στην περιοχή. Σε άλλες περιπτώσεις, ερευνάται η προθυμία πληρωμής των τουριστών, προκειμένου να διαμείνουν σε καταλύματα εξοπλισμένα με συστήματα ΑΠΕ και ΕΞΕ. Σε έρευνα στην Κρήτη, 75% των τουριστών, δήλωσε ότι θα δεχόταν να πληρώσει μεγαλύτερο ποσό ανά διανυκτέρευση, εφ' όσον το ξενοδοχείο διέθετε συστήματα ΑΠΕ (Tsagarakis et al. 2011).

Η χρήση των ερευνητικών εργαλείων της περιβαλλοντικής οικονομίας στον ενεργειακό σχεδιασμό μπορεί να αποδειχθεί ακόμη πιο χρήσιμη σε περιπτώσεις εφαρμογής σε ορεινές περιοχές. Αναγνωρίζεται ότι τα βουνά αποτελούν σημαντικές πηγές αγαθών και οφέλους, μη ενταγμένων στο μηχανισμό της αγοράς (Crabtree et al. 2002). Τα σημαντικότερα μη αγοραία αγαθά που προέρχονται από τις ορεινές περιοχές ή απαντώνται σε αυτές, είναι: βιοποικιλότητα, τοπία ιδιαίτερου κάλους, δυνατότητες αναψυχής, πολιτισμική κληρονομιά, υδατικοί πόροι. Η έκθεση των Crabtree et al. (2002), καταλήγει αναφέροντας ότι η συστηματική προσπάθεια οικονομικής αποτίμησης των περιβαλλοντικών και πολιτισμικών αγαθών των ορεινών περιοχών αποτελεί σημαντική προϋπόθεση στην ορθή λήψη αποφάσεων για τις περιοχές αυτές, οι οποίες γενικά χαρακτηρίζονται από ευαίσθητες κοινωνικοοικονομικές δομές και πολύτιμους περιβαλλοντικούς πόρους. Η συγκεκριμένη προσέγγιση παραβλέπει εντελώς το ζήτημα της ενέργειας.

Παρ' όλα αυτά ένας από τους καθοριστικούς παράγοντες, που αναφέρονται στη σημαντικότητα των ορεινών περιοχών για την ανθρωπότητα έχει να κάνει με το ότι τα βουνά αποτελούν «αποθήκες ενεργειακών πόρων» (Price 2002), όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 1. Η μη ορθολογική αξιοποίηση των πόρων αυτών συνεπάγεται πολλαπλές αρνητικές συνέπειες για τις ορεινές περιοχές. Μία από αυτές μπορεί να είναι η σύγκρουση με τα βασικά μη-αγοραία αγαθά που συναντώνται στα βουνά, π.χ. μέσω της κατασκευής μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων που συνεπάγονται αλλοιώσεις στο φυσικό τοπίο. Γι' αυτό και σε μεταγενέστερη έκθεση από αυτήν των Crabtree et al. (2002), γύρω από το ζήτημα των θετικών εξωτερικοτήτων των ορεινών περιοχών γίνεται, έστω μια σύντομη, αναφορά στα ενεργειακά θέματα (Robinson 2007).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας δεν έχουν, μέχρι στιγμής, πραγματοποιηθεί έρευνες περιβαλλοντικής οικονομίας, σε σχέση με τα ενεργειακά ζητήματα, πλην αυτών που διενεργήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Το γεγονός αυτό αποτελεί έλλειψη, λαμβάνοντας υπ' όψιν το πλούσιο ενεργειακό δυναμικό των ορεινών περιοχών της χώρας και τη χρησιμότητα της αποτίμησης των περιβαλλοντικών αγαθών στα ορεινά, όπως εκτέθηκε παραπάνω.

Εν κατακλείδι η βελτιστοποίηση ενός τοπικού ενεργειακού συστήματος, όταν τα κριτήρια συγκεντρώνονται σε ένα, με διαστάσεις κόστους, καθιστά ουσιαστικά υποχρεωτική τη χρήση κάποιας τεχνικής περιβαλλοντικής αποτίμησης. Η ευρύτερη χρήση τέτοιων μεθόδων, παρά τις αβεβαιότητες που παρουσιάζει, αποτελεί σημαντικό βήμα στην προσπάθεια ορθολογικοποίησης της ενεργειακής παραγωγής και εσωτερίκευσης του εξωτερικού κόστους που αυτή συνεπάγεται.



## 2.4 Η κοινωνική διάσταση στον ενεργειακό σχεδιασμό

Το θέμα ενέργεια έχει βαθιές κοινωνικές διαστάσεις, κάτι που για πολλές δεκαετίες είχε παραμεληθεί στον ενεργειακό σχεδιασμό με την κυριαρχία της επιλογής των βέλτιστων τεχνοοικονομικά λύσεων. Η υιοθέτηση της βιώσιμης ανάπτυξης ως κεντρικής αναπτυξιακής στρατηγικής από τα περισσότερα κράτη δημιούργησε προσδοκίες ότι, παράλληλα με την οικονομική ανάπτυξη, θα προωθούνταν πολιτικές μείωσης των κοινωνικών ανισοτήτων. Όμως, κάτι τέτοιο δεν επετεύχθη, τουλάχιστον σε βαθμό που να ανταποκρίνεται στις διακηρύξεις και τους στόχους των διεθνών οργανισμών και των σχετικών fora. Ειδικότερα στον ενεργειακό τομέα, οι διαδικασίες παραγωγής, διανομής και χρήσης ενέργειας απέχουν σημαντικά από το να χαρακτηριστούν βιώσιμες (Vera & Langlois 2007):

- Σε πολλές περιοχές του πλανήτη δεν υπάρχει ασφαλής και αξιόπιστη ενεργειακή τροφοδοσία, γεγονός που αποτελεί τροχοπέδη στην οικονομική ανάπτυξη
- Η υπερεκμετάλλευση και μη-αποδοτική χρήση ορυκτών πρώτων υλών για παραγωγή ενέργειας έχει συντελέσει στην περιβαλλοντική υποβάθμιση πολλών περιοχών
- Σχεδόν το ένα τρίτο του παγκόσμιου πληθυσμού βασίζεται ακόμη στη δύναμη των ζώων και σε αναξιόπιστα καύσιμα για την παραγωγή ενέργειας, παραμένοντας έτσι σε συνθήκες χαμηλής κοινωνικής ανάπτυξης, φτώχειας και υψηλού υγειονομικού κινδύνου

Είναι, προφανώς, αναγκαίο να γίνει συντονισμένη προσπάθεια αντιμετώπισης προβλημάτων, όπως τα ανωτέρω, γεγονός που άρχισε να συζητείται συστηματικά από το 1997, όταν και ο ΟΗΕ αναγνώρισε την ανάγκη να οδηγηθεί ο ενεργειακός τομέας σε μια βιώσιμη πορεία. Για να επιτευχθεί αυτό, οπωσδήποτε, απαιτούνται πολιτικές πρωτοβουλίες, σε διεθνές και εθνικό επίπεδο, ενώ η ένταξη της ενέργειας στο μηχανισμό της ελεύθερης αγοράς, δημιουργεί ερωτηματικά για το εάν οι πολίτες θα έχουν την δυνατότητα απρόσκοπτης και οικονομικά προσιτής κάλυψης των ενεργειακών τους αναγκών (Barton 1999 , Bahce & Taymaz 2008).

Εκτός, όμως, από τη διάσταση της πολιτικής, η αλλαγή του ενεργειακού τοπίου προς μια πραγματικά βιώσιμη κατεύθυνση πρέπει να υποστηριχθεί και σε επιστημονικό επίπεδο. Ο ενεργειακός σχεδιασμός θα πρέπει να συμπεριλάβει τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές διαστάσεις των διάφορων τεχνολογιών. Οι περιβαλλοντικές και οικονομικές διαστάσεις της ενεργειακής παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης είναι εφικτό να ποσοτικοποιηθούν με διάφορους τρόπους - όπως αναλύθηκε και στην ενότητα 2.3 - και να υποστηρίξουν τη λήψη αποφάσεων. Από την άλλη πλευρά, η φύση και η ευρύτητα των κοινωνικών παραμέτρων που σχετίζονται με τα ενεργειακά ζητήματα, καθιστούν τον καθορισμό και την ποσοτικοποίησή τους μια πολύπλοκη διαδικασία.

Η σύνθετη φύση των κοινωνικών ζητημάτων, η δυσκολία ποσοτικοποίησής τους και η ελλιπής εξοικείωση των μηχανικών με αυτά έχει οδηγήσει στη συχνή παράλειψή τους σε μοντέλα ενεργειακού σχεδιασμού. Κάποιες φορές, αναπτύσσεται σε γενική μορφή ένα μοντέλο ενεργειακής βελτιστοποίησης, το οποίο περιλαμβάνει κάποια κοινωνική παράμετρο αλλά αυτή στη συνέχεια, σε επίπεδο εφαρμογής / case study απλοποιείται ή παραλείπεται. Η παράβλεψη της κοινωνικής συνιστώσας παρατηρείται σε διάφορων τύπων μοντέλα ενεργειακής βελτιστοποίησης: μονοκριτήρια βελτιστοποίηση, πολυκριτήρια βελτιστοποίηση, πολυκριτήρια ανάλυση κ.ο.κ. (Cormio et al. 2003, Koroneos et al. 2004, Koroneos et al. 2005, Sadeghi & Hosseini 2006, Akella et al 2007).

Η μη συμπερίληψη κοινωνικών παραμέτρων σε μοντέλα ενεργειακής βελτιστοποίησης, πέρα από τις τεχνικές δυσκολίες που παρουσιάζει, σε σημαντικό βαθμό ανάγεται και στην πληθώρα των παραγόντων που πρέπει να συνυπολογιστούν. Η κατάσταση περιπλέκεται επιπλέον, προϊόντος του χρόνου, εξαιτίας του γεγονότος ότι νέες κοινωνικές ανάγκες και προτεραιότητες αναδύονται στο προσκήνιο.

Οι κύριες επιδράσεις των ενεργειακών έργων στην κοινωνία, μπορεί να θεωρηθεί ότι εντάσσονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- Αποδοχή ή μη σχεδίων ανάπτυξης ενεργειακών τεχνολογιών από το κοινό
- Συμβολή των ενεργειακών έργων στη δημιουργία θέσεων εργασίας
- Επιπτώσεις των ενεργειακών τεχνολογιών στην υγεία και το περιβάλλον
- Εξασφάλιση, μέσω παρεμβάσεων στο ενεργειακό σύστημα, επαρκούς και οικονομικά προσιτής ενεργειακής τροφοδοσίας

Υπάρχουν, βέβαια, και άλλες πλευρές, βαθύτερης αλληλεπίδρασης της κοινωνίας και του μοντέλου παραγωγής και κατανάλωσης της ενέργειας. Έτσι, για παράδειγμα, ένα ενεργειακό μοντέλο που στηρίζεται στην πυρηνική ενέργεια απαιτεί και προωθεί μια περισσότερο στρατιωτικοποιημένη κοινωνία, αφού τα θέματα ασφάλειας της ενεργειακής παραγωγής γίνονται μέγιστα και συσχετίζονται άμεσα με θέματα κοινωνικής σταθερότητας. Αλλά, η παρούσα ανάλυση περιορίζεται στην επισήμανση ορισμένων άμεσων επιπτώσεων.

Η τρίτη κατηγορία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα των λεπτών διαχωριστικών γραμμών ανάμεσα στις κατηγορίες κριτηρίων που λαμβάνονται υπ' όψιν στον ενεργειακό σχεδιασμό, γεγονός που αντικατοπτρίζει τη γενικότερη αλληλεπίδραση των συνιστωσών του φυσικού και κοινωνικοοικονομικού περιβάλλοντος.

Το ζήτημα της κοινωνικής αποδοχής απέναντι στα ενεργειακά έργα και των προτιμήσεων του κοινού όσον αφορά στις διάφορες τεχνολογίες, είναι αυτό που εμφανίζεται συχνότερα στη βιβλιογραφία. Τα έργα ΑΠΕ, κυρίως τα αιολικά πάρκα και οι υδροηλεκτρικές μονάδες, έχουν αποτελέσει την αφορμή για έντονες κοινωνικές αντιδράσεις, που έχουν συντελέσει έως και στη ματαίωση κατασκευής τους. Είτε εντάσσονται στο σύνδρομο NIMBY (Not In My BackYard)<sup>5</sup> είτε όχι, οι κοινωνικές αντιδράσεις και, ευρύτερα, η στάση του κοινού δεν μπορεί να αγνοηθεί όταν επιχειρείται η εγκατάσταση ενεργειακών μονάδων. Ξεφεύγει από τους στόχους της έρευνας η αναλυτική αναφορά στα πολύπλευρα αίτια και προεκτάσεις του NIMBY και των εναντιώσεων στα ενεργειακά έργα. Σημειώνεται, όμως, πως από διάφορες έρευνες προκύπτει ότι η επίτευξη συναίνεσης στην πραγματοποίηση έργων ΑΠΕ υποβοηθείται σημαντικά από την αποτύπωση των απόψεων όλων των εμπλεκόμενων σε αυτά καθώς και από την όσο το δυνατόν πιο προσεκτική και αντικειμενική χωροθέτηση των μονάδων (Koundourgi et al. 2009, Upham & Shackley 2011).

Παρά τις διαφορετικές προσεγγίσεις των ερευνών σχετικά με τη συμμετοχή του κοινού στη λήψη αποφάσεων στον ενεργειακό τομέα, κοινό χαρακτηριστικό τους παραμένει η προσπάθεια αποτύπωσης της κοινής γνώμης στη βάση είτε ποσοτικών είτε ποιοτικών είτε συνδυαστικών μεθοδολογιών. Το 2011

---

<sup>5</sup> Ως σύνδρομο NIMBY (Not in my backyard) περιγράφεται το φαινόμενο της ανάπτυξης κοινωνικών αντιδράσεων απέναντι στην κατασκευή έργων (διαφόρων τύπων και βαθμού όχλησης), οι οποίες κυρίως υποκινούνται από την άρνηση των κατοίκων να δεχθούν κοντά στον τόπο κατοικία τους μια νέα δραστηριότητα θεωρώντας ότι θα υποβαθμίσει το επίπεδο ζωής τους.

δημοσιεύτηκαν τα αποτελέσματα μιας έρευνας μεταξύ των κατοίκων της Κωνσταντινούπολης, σχετικά με το επίπεδο ενημέρωσης, κατανόησης και αποδοχής από μέρους τους του όλου θέματος της «καθαρής ενέργειας». Προέκυψε ότι η πλειοψηφία των ερωτηθέντων έχουν αποδεχθεί την αναγκαιότητα χρήσης ενεργειακών τεχνολογιών με μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα αλλά είναι απαραίτητο να υπάρξει περισσότερη πληροφόρηση προκειμένου να προχωρήσουν στην ευρύτερη χρήση τέτοιων τεχνολογιών στις κατοικίες τους (Erbil 2011).

Το ζήτημα ενός τρόπου ανάπτυξης των ΑΠΕ με απευθείας συμμετοχή των πολιτών στα χρηματοδοτικά / ιδιοκτησιακά σχήματα των έργων αποτελεί σημαντικό τρόπο διοχέτευσης των ωφελειών από τη χρήση τους σε ευρύτερα κοινωνικά στρώματα. Ταυτόχρονα, θεωρείται ως ένας τρόπος αντιμετώπισης των αντιδράσεων ενάντια στην ανάπτυξη των ΑΠΕ. Αυτό επιβεβαιώθηκε από έρευνα σε μια περιοχή της Γερμανίας, όπου οι κάτοικοι ρωτήθηκαν σχετικά με τη στάση τους απέναντι στην επέκταση χρήσης της αιολικής ενέργειας και επιπλέον, διερευνήθηκε αν η στάση τους διαφοροποιείται σε περίπτωση που οι ανεμογεννήτριες ανήκουν σε μια εταιρία λαϊκής βάσης. Προέκυψε ότι η στάση του κοινού γίνεται σημαντικά πιο ευνοϊκή απέναντι στις ΑΠΕ εάν κατασκευαστούν σε συμμετοχική βάση (Mussal & Kuik 2011).

Οι παραπάνω περιπτώσεις είναι αντιπροσωπευτικές των πρακτικών, που συνήθως ακολουθούνται, προκειμένου να προσεγγιστούν οι τάσεις της κοινής γνώμης απέναντι στις ΑΠΕ είτε σε γενικό επίπεδο είτε σχετικά με επιμέρους ζητήματα. Υπάρχουν ερευνητές, οι οποίοι υποστηρίζουν ότι είναι περισσότερο παραγωγικό να ερωτώνται για θέματα, όπως η ανάπτυξη των ΑΠΕ, όχι όλοι οι εμπλεκόμενοι αλλά οι ειδικοί, αφού συχνά το ευρύ κοινό δεν είναι εξοικειωμένο με τέτοια ζητήματα (Ribeiro et al. 2011). Κάτι τέτοιο, μπορεί να διευκολύνει την υποστήριξη λήψης αποφάσεων αλλά, μάλλον, η θέση περί μη εξοικείωσης του κοινού με τα ενεργειακά θέματα δεν είναι ιδιαίτερα εύστοχη, σε μια εποχή ταχείας και ευρείας διάδοσης των πληροφοριών μέσω του διαδικτύου. Επιπλέον, η μη-εξοικείωση με διάφορες τεχνικές λεπτομέρειες δεν αποκλείει την ύπαρξη ισχυρής κοινωνικής πεποίθησης, συνήθως ενάντια σε ένα ενεργειακό έργο, και τις κοινωνικές αντιδράσεις.

Το ζήτημα της αποδοχής ενός σχεδίου ανάπτυξης των ΑΠΕ από το κοινό, το οποίο μπορεί να είναι κρίσιμο για την υλοποίηση του σχεδίου, είναι ασφαλέστερο να διερευνάται στη βάση ερευνών στο σύνολο του πληθυσμού. Οι συνεντεύξεις με ειδικούς μπορούν να βοηθήσουν σημαντικά στην ορθολογική λήψη αποφάσεων αλλά δεν μπορούν να υποκαταστήσουν τη γενικότερη στάση των πολιτών. Γι' αυτό και πολύ συχνά αναφέρεται στη βιβλιογραφία ο όρος stakeholder analysis, που σχετίζεται με την αποτύπωση των θέσεων μιας ευρείας ομάδας εμπλεκόμενων στα υπό μελέτη έργα, ως βέλτιστη επιλογή στην προσπάθεια ανάλυσης της στάσης του κοινού (del Rio & Burguillo 2008).

Η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων από τις έρευνες κοινής γνώμης στη λήψη αποφάσεων στα ενεργειακά ζητήματα, τις περισσότερες φορές, υλοποιείται μέσω μεθοδολογιών πολυκριτήριας ανάλυσης / αξιολόγησης, ώστε:

- Να γίνει συγκριτική αξιολόγηση εναλλακτικών τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας
- Να επιλεγεί κάποια πολιτική / σχέδιο μεταξύ διάφορων εναλλακτικών
- Να αξιολογηθούν συγκεκριμένα εναλλακτικά έργα αξιοποίησης ΑΠΕ
- Να επισπευτεί η υλοποίηση σχεδίων και αποφάσεων (Gamboa & Munda 2007)

Έτσι, σε περιπτώσεις επιλογής μεταξύ εναλλακτικών τεχνολογιών, συνήθως υπάρχει ένα κριτήριο σχετικό με την κοινωνική αποδοχή, στο οποίο αποδίδεται κάποια συγκεκριμένη βαρύτητα. Με αυτόν τον τρόπο εντάσσεται η στάση της κοινής γνώμης στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Σε άλλες εφαρμογές, στις οποίες επιδιώκεται η βελτιστοποίηση ενός ενεργειακού συστήματος και χρησιμοποιείται η πολυκριτήρια βελτιστοποίηση, μία από τις αντικειμενικές συναρτήσεις επιλέγεται να σχετίζεται με την κοινωνική αποδοχή, για την οποία επιδιώκεται η μεγιστοποίησή της. Η αποτύπωση της στάσης του κοινού στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα προκύπτει με βάση τις απαντήσεις των πολιτών όσον αφορά στις επιμέρους ενεργειακές τεχνολογίες, σε συνδυασμό με τη βαρύτητα που αποδίδεται στην αντικειμενική συνάρτηση της κοινωνικής αποδοχής (Deshmukh & Deshmukh 2009). Εάν αντί της πολυκριτήριας βελτιστοποίησης χρησιμοποιείται ο μονοκριτήριος γραμμικός προγραμματισμός, οι προτιμήσεις του κοινού, σε σχέση με τις διάφορες ενεργειακές τεχνολογίες, εντάσσονται στη λήψη απόφασης με τη μορφή περιορισμού (Iniyah et al., 2000).

Η δεύτερη βασική κατηγορία κοινωνικών προεκτάσεων του ενεργειακού σχεδιασμού έχει να κάνει με τη συμβολή των ενεργειακών έργων στην απασχόληση. Η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για την εξασφάλιση της κοινωνικής συνοχής. Ιδανική περίπτωση αποτελεί η τόνωση της απασχόλησης μέσω επενδύσεων σε φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες. Οι ΑΠΕ, γενικώς, αποτελούν επενδύσεις έντασης κεφαλαίου αλλά συνεπάγονται, συνήθως, περισσότερες θέσεις εργασίας από τις επενδύσεις σε συμβατικές μορφές ενέργειας για ίδιο μέγεθος εγκατεστημένου ισχύος (del Rio & Burguillo 2008). Σύμφωνα με τους Hillebrand et al. (2006), οι ΑΠΕ προκαλούν δύο μορφές επιπτώσεων στην απασχόληση:

- **Θετικές** (αναφέρονται ως expansion effect), οι οποίες προέρχονται από την κατασκευή και λειτουργία των έργων
- **Αρνητικές** (αναφέρονται ως contraction effect), λόγω της αύξησης στις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας που συνεπάγεται η αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, που με τη σειρά της συνεπάγεται αύξηση του κόστους παραγωγής στη βιομηχανία, προκαλώντας μείωση στις θέσεις εργασίας

Οι σκεπτικιστές αναφορικά με τη χρήση των ΑΠΕ θεωρούν ότι οι αρνητικές επιπτώσεις στην απασχόληση, ενδεχομένως σε μακροπρόθεσμη βάση να υπερκαλύπτουν τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Από την άλλη πλευρά, οι πιο ένθερμοι υποστηρικτές των ΑΠΕ και της πράσινης ανάπτυξης, όπως οι οικολογικές οργανώσεις<sup>6</sup>, επικαλούνται αποτελέσματα ερευνών, σύμφωνα με τα οποία οι επενδύσεις στις ΑΠΕ συνεπάγονται τη δημιουργία περισσότερων θέσεων εργασίας, σε σχέση με επενδύσεις αύξησης της ιδιωτικής κατανάλωσης ή επέκτασης της αγοράς πετρελαιοειδών (Ψωμάς 2009). Σε κάθε περίπτωση, η τόνωση της απασχόλησης – έστω και σε μικρό βαθμό – είναι μία από τις θετικές εξωτερικότητες των ΑΠΕ, θέτοντας το ζήτημα με οικονομικούς όρους.

Οι επιπτώσεις της ανάπτυξης των ΑΠΕ στη δημιουργία θέσεων εργασίας μπορούν να ποσοτικοποιηθούν με αποτελεσματικούς τρόπους, όσον αφορά στα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Ορισμένοι χρήσιμοι δείκτες για την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων των ενεργειακών έργων στην απασχόληση είναι:

---

<sup>6</sup> Ενίοτε οικολογικές οργανώσεις και κινήσεις, αν και σε επίπεδο αρχών υποστηρίζουν την ανάπτυξη των ΑΠΕ, στην πράξη εναντιώνονται σε σχέδια κατασκευής μονάδων, ειδικά μεγάλου μεγέθους. Τέτοιες περιπτώσεις είναι ενδεικτικές της πολυπλοκότητας των κοινωνικών ζητημάτων που υπεισέρχονται στον ενεργειακό σχεδιασμό.

- Ο αριθμός προσωρινών και μόνιμων θέσεων εργασίας που προκύπτει από την κατασκευή και λειτουργία ενεργειακών μονάδων
- Ο αριθμός ωρών εργασίας που απαιτείται για την κατασκευή μονάδων παραγωγής ενέργειας
- Η οικονομική αποτίμηση της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας λόγω εγκατάστασης ενεργειακών μονάδων

Ο αριθμός θέσεων εργασίας ή οι ώρες εργασίας αποτελούν μεγέθη, τα οποία αντλούμενα από τη σχετική βιβλιογραφία, μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις εφαρμογής πολυκριτηριακής ανάλυσης. Οι Begic και Afgan (2007), προκειμένου να αξιολογήσουν οκτώ εναλλακτικές δυνατότητες σχετικά με την ανακατασκευή μιας ενεργειακής μονάδας ισχύος 110MW στη Βοσνία, χρησιμοποίησαν ως δείκτη κοινωνικών επιπτώσεων τον αριθμό ωρών εργασίας που απαιτούνται ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας. Το κριτήριο αυτό εντάχθηκε σε μια μεθοδολογία βασισμένη στην πολυκριτήρια ανάλυση, προκειμένου να υποδειχθεί η βέλτιστη εναλλακτική. Αντίστοιχη φιλοσοφία χαρακτηρίζει και την έρευνα των Gamboa και Munda (2007), με στόχο την επιλογή του βέλτιστου σχεδίου όσον αφορά στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας σε κάποια περιοχή της Ισπανίας. Ο παράγων απασχόληση εντάχθηκε στην πολυκριτηριακή ανάλυση, στη βάση του αριθμού των θέσεων εργασίας που δημιουργούνται από κάθε εναλλακτικό σχέδιο. Και οι δύο προσεγγίσεις βασίστηκαν για την εκτίμηση των επιπτώσεων στην απασχόληση σε βιβλιογραφικές αναφορές και σε εκτιμήσεις ειδικών.

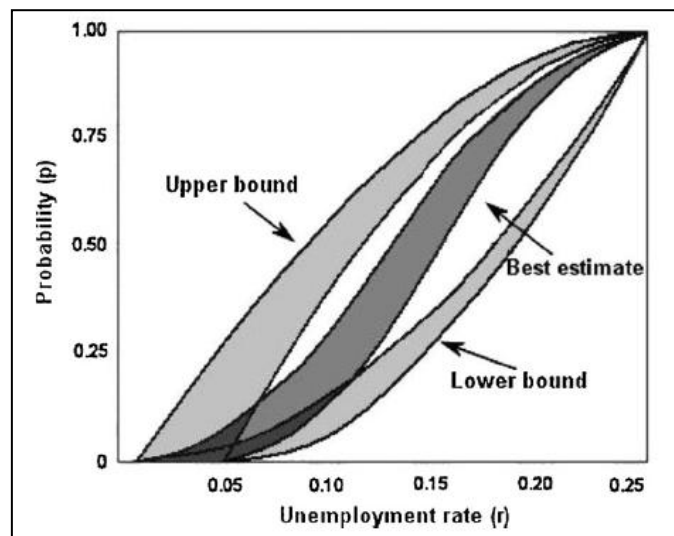
Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αναγωγή των ωφελειών από την αύξηση της απασχόλησης, λόγω της χρήσης ΑΠΕ σε μονεταριστική βάση, δηλαδή η οικονομική αποτίμηση του εξωτερικού οφέλους από τη χρήση τους, σε κοινωνικό επίπεδο. Αυτή η προσέγγιση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν χρησιμοποιείται ο μονοκριτήριος γραμμικός προγραμματισμός στον ενεργειακό σχεδιασμό, όπως στην παρούσα έρευνα.

Η αναγωγή των ωφελειών από την τόνωση της απασχόλησης σε οικονομικές διαστάσεις βασίζεται στην κευνσιανή θεωρία των πολλαπλασιαστών εισοδήματος. Ο όρος «πολλαπλασιαστής εισοδήματος» εκφράζει την κατάσταση, κατά την οποία μια αρχική αύξηση της ζήτησης κάποιων αγαθών σε μια περιοχή, έχει ως αποτέλεσμα μια παραπάνω από αναλογική αύξηση στο εισόδημα ή / και την απασχόληση σε τομείς που καλούνται να καλύψουν την αυξημένη ζήτηση αγαθών (Krajnc & Domac 2007). Η εφαρμογή της θεωρίας αυτής στην περίπτωση των ΑΠΕ, σε αδρές γραμμές, υποδεικνύει ότι οι αυξημένες δαπάνες σε μια περιοχή για την ανάπτυξη μονάδων ΑΠΕ συντελούν στην αύξηση της απασχόλησης, του εισοδήματος και του κέρδους στους τομείς της οικονομίας της περιοχής, οι οποίοι θα υποστηρίξουν την ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Η εγκαθίδρυση μιας νέας παραγωγικής δραστηριότητας, όπως οι μονάδες ΑΠΕ, σε κάποια περιοχή συνεπάγεται άμεσες επιπτώσεις (direct effects), έμμεσες επιπτώσεις (indirect effects) και λανθάνουσες επιπτώσεις (induced effects). Οι άμεσες επιπτώσεις σχετίζονται με τις θέσεις εργασίας, που είναι απαραίτητες προκειμένου να εγκατασταθεί, να λειτουργεί και να συντηρείται μια ενεργειακή μονάδα. Οι έμμεσες επιπτώσεις προκύπτουν λόγω της αύξησης της ζήτησης σε αγαθά και υπηρεσίες προκειμένου να κατασκευαστεί και στη συνέχεια να λειτουργήσει η μονάδα. Τέλος, οι λανθάνουσες επιπτώσεις αποτελούν το αποτέλεσμα της γενικότερης αύξησης της ζήτησης λόγω της αύξησης των εισοδημάτων που προκύπτει από τη δημιουργία της μονάδας. Η αναγωγή των ανωτέρω σε μια ενιαία οικονομική βάση, ανηγγένη, μάλιστα, ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος ή ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας από κάποια μονάδα ΑΠΕ είναι μια σχετικά σύνθετη διαδικασία, για την οποία έχουν

προταθεί διάφορες προσεγγίσεις. Η έρευνα των Tourkolias & Mirasgedis (2011) αποτελεί μία ολοκληρωμένη απόπειρα οικονομικής αποτίμησης των ωφελειών που συνεπάγονται οι ΑΠΕ στην αγορά εργασίας, προσαρμοσμένη στα ελληνικά δεδομένα, το μεθοδολογικό υπόβαθρο της οποίας, στηρίζεται στην ακόλουθη προσέγγιση:

- Καθορισμός των άμεσων, έμμεσων και λανθανουσών επιπτώσεων στην απασχόληση από τη δημιουργία πέντε κατηγοριών μονάδων ΑΠΕ (αιολικά, φωτοβολταϊκά, υδροηλεκτρικά, γεωθερμία, βιομάζα), με βάση πίνακες εισροών – εκροών, για τη ροή προϊόντων και υπηρεσιών στους διάφορους τομείς της ελληνικής οικονομίας και μοντέλα υπολογισμού πολλαπλασιαστών απασχόλησης.
- Οι οικονομικές ωφέλειες από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας εστιάζονται μόνο σε όσους ξεκινούν να εργάζονται στον τομέα των ΑΠΕ, ενώ προηγουμένως ήταν άνεργοι. Με βάση τα ποσοστά ανεργίας των περιφερειών, εξάγεται η πιθανότητα αυτοί που θα καλύψουν τις θέσεις εργασίας στον τομέα των ΑΠΕ, να ήταν προηγουμένως άνεργοι, ακολουθώντας συγκεκριμένο μοντέλο, που έχει διατυπωθεί από τους Havemann και Krutilla (1968).



**Διάγραμμα 2.1.** Κατανομή της πιθανότητας ένας νέος εργαζόμενος να βρισκόταν προηγουμένως σε καθεστώς ανεργίας, σύμφωνα με τους Havemann και Krutilla (πηγή: Tourkolias & Mirasgedis 2011)

- Το οικονομικό όφελος εκτιμάται μέσω της σχέσης:  $B = P \cdot (CI - PI - L + H)$ . P: Η πιθανότητα οι θέσεις να καλύπτονται από άνεργους, CI: Το εισόδημα του εργαζομένου ως αποτέλεσμα της νέας του δουλειάς, PI: Η απώλεια εισοδήματος που ενδεχομένως υπάρχει λόγω αλλαγής εργασιακού καθεστώτος, L: Η οικονομική αξία του χρόνου που είχε κάποιος στη διάθεση του λόγω καθεστώτος ανεργίας, H: Το οικονομικό βάρος που σχετίζεται με προβλήματα υγείας, συνδεδεμένα με την ανεργία. Ο παράγοντας CI βασίστηκε σε υπολογισμούς προηγούμενων ερευνών (Tourkolias et al. 2009). Η οικονομική αξία του μη – εργασιακού χρόνου θεωρήθηκε ίση με το 15% των αποδοχών. Ο παράγοντας H υπολογίστηκε θεωρώντας ότι ο ρυθμός θανάτων μεταξύ του πληθυσμού, που είναι άνεργος, ανέρχεται σε 1,69 θανάτους ανά 1000 ανθρώπους και ότι η στατιστική αξία της ζωής (value of statistical life) είναι 1.000.000€.

Είναι προφανές ότι, όπως και στην περίπτωση της εκτίμησης του εξωτερικού κόστους των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οι παραπάνω προσεγγίσεις ενέχουν σημαντικά περιθώρια σφάλματος που προέρχονται από έντονες διαφοροποιήσεις μεταξύ των έργων ακόμη και ίδιας τεχνολογίας, από σφάλματα και παραδοχές των πινάκων εισροών – εκροών, από το επίπεδο ακρίβειας του μοντέλου υπολογισμού της πιθανότητας οι νέοι εργαζόμενοι να ήταν προηγουμένως άνεργοι κλπ. Παρ' όλα αυτά, η αναγωγή των ωφελημάτων των ΑΠΕ στην αγορά εργασίας σε οικονομική βάση αποτελεί, σε συνδυασμό με τα εξωτερικά περιβαλλοντικά οφέλη, ένα ισχυρό εργαλείο στην προσπάθεια περαιτέρω διεύθυνσης τους στο ενεργειακό σύστημα και έναν πρόσφορο τρόπο βελτίωσης της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. (Krajnc & Domac 2007, Tourkolias & Mirasgedis 2011)

Η τελευταία από τις σημαντικές κοινωνικές διαστάσεις του ενεργειακού σχεδιασμού που εξετάζεται στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, σχετίζεται με την επάρκεια της ενεργειακής τροφοδοσίας των νοικοκυριών σε προσιτό κόστος. Η απρόσκοπτη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ενός νοικοκυριού αποτελεί βασική προϋπόθεση για την εξασφάλιση της υγείας και της ποιότητας ζωής των μελών του. Αυτή η απρόσκοπτη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, όμως, δεν είναι συχνά διασφαλισμένη, δημιουργώντας αρνητικές κοινωνικές επιπτώσεις. Μια ενεργειακή πολιτική, εδρασμένη σε ένα κοινωνικοοικονομικά βελτιστοποιημένο ενεργειακό σχεδιασμό, είναι απαραίτητο να περιλαμβάνει το στόχο της διασφάλισης της επαρκούς και προσιτής τροφοδοσίας των νοικοκυριών με ενέργεια.

Η ανεπαρκής κάλυψη των αναγκών σε θερμότητα και ηλεκτρισμό συνιστά τον πυρήνα του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή (European Economic and Social Committee - EESC), το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας εμφανίζεται όταν:

«ένα νοικοκυριό δυσκολεύεται / αδυνατεί να εξασφαλίσει επαρκή θέρμανση του χώρου κατοικίας, σε προσιτό κόστος (...) και να έχει πρόσβαση σε άλλες υπηρεσίες, σχετιζόμενες με την ενέργεια, όπως φωτισμό, μετακινήσεις και ηλεκτρισμό για άλλες χρήσεις, σε λογικό κόστος»

Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η θέρμανση της κατοικίας, προκειμένου να θεωρηθεί επαρκής και αποδοτική, οφείλει να γίνεται με τρόπους ασφαλείς για την υγεία των ενοίκων και το περιβάλλον. Η ενεργειακή φτώχεια είναι ένα ιδιαίτερα εκτεταμένο φαινόμενο, το οποίο θεωρείται ότι πλήττει το ένα τρίτο του παγκόσμιου πληθυσμού (Sagar 2005). Βασικές της επιπτώσεις είναι:

- Κοπιώδης και χρονοβόρα προσπάθεια για την εξεύρεση καυσίμων (ξύλα, ζωικά απόβλητα κ.α.): Στην υποσαχάρια Αφρική πολλές γυναίκες χρειάζεται να μεταφέρουν 20 kg καυσόξυλων διανύοντας απόσταση πάνω από 5km κάθε ημέρα
- Σοβαρά προβλήματα υγείας: Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας περίπου 1,6 εκατομμύρια θάνατοι, ετησίως, αποδίδονται σε μολυσμένο εσωτερικό αέρα από χρήση βιομάζας και κάρβουνων, γεγονός που αποτελεί την έκτη κατά σειρά αιτία θανάτου στις αναπτυσσόμενες χώρες
- Αρνητικές περιβαλλοντικές συνέπειες: Καταστροφή δασικών εκτάσεων για την εξασφάλιση καυσόξυλων

Συχνά, ακολουθώντας την προσέγγιση που γίνεται στη Μεγάλη Βρετανία, θεωρείται ότι ένα νοικοκυριό είναι ενεργειακά φτωχό όταν δαπανά πάνω από 10% του εισοδήματός του για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών. Τέτοιου είδους απλοί δείκτες είναι εύχρηστοι. Το γεγονός, όμως, ότι η

ενεργειακή φτώχεια είναι ένα πολυδιάστατο πρόβλημα έχει αρχίσει να κινητοποιεί τους ερευνητές στην κατεύθυνση δημιουργίας σύνθετων δεικτών για την απόδοση του φαινομένου. Ένας τέτοιος σύνθετος δείκτης προτάθηκε το 2012, με την ονομασία MEPI – Multidimensional Energy Poverty Index και εφαρμόστηκε για την ποσοτικοποίηση της ενεργειακής φτώχειας στην Αφρική (Nussbaumer et al. 2012). Ο δείκτης αυτός προσεγγίζει την ενεργειακή φτώχεια μέσω μιας σειράς μεταβλητών που σχετίζονται με αυτήν. Για την περίπτωση που μελετήθηκε από τους Nussbaumer et al., οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- ο τύπος του καυσίμου που χρησιμοποιείται για παρασκευή φαγητού
- παρασκευή φαγητού σε κλειστή ή ανοικτή εστία (εφ' όσον χρησιμοποιούνται καύσιμα εκτός ηλεκτρισμού, φυσικού αερίου, LPG)
- πρόσβαση σε ηλεκτρισμό
- κατοχή και χρήση ψυγείου
- κατοχή και χρήση ραδιοφώνου ή τηλεόρασης
- πρόσβαση σε τηλεφωνικό δίκτυο (σταθερή ή κινητή τηλεφωνία)

Τέτοιες προσεγγίσεις υπάρχουν ελάχιστες στη βιβλιογραφία και εμφανίζονται μόλις από το 2011 και μετά, γεγονός που συνεπάγεται ότι χρειάζεται να γίνουν περαιτέρω σημαντικά βήματα στην εννοιολογική αποσαφήνιση και ποσοτικοποίηση των σχετικών με την ενεργειακή φτώχεια παραμέτρων.

Το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας αποτελεί, κυρίως, απειλή για τους πληθυσμούς των φτωχών, αναπτυσσόμενων κρατών. Όμως, φαίνεται ότι ακόμη και στις ανεπτυγμένες χώρες, το πρόβλημα, όχι απλώς κάνει την εμφάνισή του, αλλά εντείνεται. Αυτό οφείλεται στις αυξανόμενες τιμές των καυσίμων και στο υφεσιακό κλίμα που έχει επικρατήσει από το 2007 και μετά σε πολλές οικονομίες. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2001 στην Ιρλανδία, πάνω από 20% των νοικοκυριών υπολογίστηκε ότι απειλούνται από την ενεργειακή φτώχεια, με βάση το ποσοστό του εισοδήματος που δαπανούν για τις ενεργειακές τους ανάγκες (Healy & Clinch 2002). Το εύρημα είναι ανησυχητικό, συνυπολογίζοντας ότι την περίοδο διεξαγωγής της έρευνας η ιρλανδική οικονομία αναπτυσσόταν με ταχείς ρυθμούς, ενώ από το 2009 και έπειτα βρίσκεται σε κατάσταση κρίσης.

Αν και το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας είναι γνωστό και μάλλον εντεινόμενο, σε μεγάλο βαθμό έχει αγνοηθεί στο διάλογο όσον αφορά στον ενεργειακό σχεδιασμό και στις σχετικές με την ενέργεια δημοσιεύσεις (Sovacool et al. 2012). Στην εργασία των Ribeiro et al. (2011), η οποία αποτελεί ανασκόπηση των τρόπων συμπερίληψης κοινωνικών παραμέτρων στον ενεργειακό σχεδιασμό, ανάμεσα σε 19 έρευνες που περιείχαν 101 κοινωνικές διαστάσεις της ενεργειακής διαδικασίας, δεν εμφανίζεται το ζήτημα της αντιμετώπισης της ενεργειακής φτώχειας. Εύστοχα, λοιπόν, ο Sagar παρατηρεί, από το 2005, ότι η ενεργειακή φτώχεια και η αντιμετώπισή της αποτελούν τον «ελλείποντα κρίκο» των πολιτικών που υιοθετήθηκαν για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Η σοβαρότητα του ζητήματος της ενεργειακής φτώχειας έχει ωθήσει την Ευρωπαϊκή Ένωση και τον ΟΗΕ να διαμορφώσουν προτάσεις για την αντιμετώπισή της. Όμως, πέρα από το επίπεδο της πολιτικής, η προσπάθεια συμπερίληψης της ενεργειακής φτώχειας στις μεθοδολογίες ενεργειακής βελτιστοποίησης – που ουσιαστικά απουσιάζει από τη βιβλιογραφία – αποτελεί σημαντικό βήμα για την ολοκληρωμένη προσέγγιση του προβλήματος.



Οι βασικές αλληλεπιδράσεις των ενεργειακών έργων με την κοινωνία έχουν αυξημένη σημασία στις ορεινές περιοχές, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των περιοχών αυτών. Τα γνωρίσματα της κουλτούρας των ορεινών περιοχών, οι περιβαλλοντικές συνθήκες στα μεγάλα υψόμετρα, η ασθενής παραγωγική βάση των βουνών και η απομόνωση αποτελούν ορισμένες από τις πιο σημαντικές παραμέτρους, οι οποίες καθιστούν επιβεβλημένη την αποδοτική ενσωμάτωση της κοινωνικής παραμέτρου στον ενεργειακό σχεδιασμό στα ορεινά.

Ο κλειστός χαρακτήρας των ορεινών κοινωνιών και η προσκόλληση στις παραδοσιακές αξίες δημιουργούν, συχνά, καχυποψία απέναντι στις αλλαγές. Έτσι, νέες τεχνολογίες, όπως οι ΑΠΕ, προκειμένου να ευδοκιμήσουν στις ορεινές περιοχές πρέπει να βασιστούν στην κοινωνική αποδοχή, τη συνεργασία των κατοίκων και την εξασφάλιση της μη-αλλοίωσης των τοπικών χαρακτηριστικών. Γι' αυτό το ζήτημα της στάσης της κοινωνίας απέναντι στις ενεργειακές τεχνολογίες και των απόψεων του κοινού είναι κρίσιμος παράγοντας στον ενεργειακό σχεδιασμό στις ορεινές περιοχές, τις περισσότερες φορές σε μεγαλύτερο βαθμό απ' ό,τι σε αστικές περιοχές ή αγροτικές περιοχές χαμηλότερου υψομέτρου. Ο σχεδιασμός μονάδων ΑΠΕ που στηρίζεται απλώς στις μετρήσεις του αξιοποιήσιμου δυναμικού και την οικονομικότητα της πρόσβασης και της σύνδεσης στο διασυνδεδεμένο σύστημα, χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψιν τις τάσεις της τοπικής κοινωνίας, συχνά συναντά αντιδράσεις, οι οποίες στα ορεινά ενδέχεται να είναι εντονότερες (Οι Ορεινοί 2012, Πρώτο Θέμα 2012). Η περιβαλλοντική οικονομία αποκτά, έτσι, διπλή χρησιμότητα στα ορεινά. Η εφαρμογή μεθόδων, όπως η υποθετική αξιολόγηση ή τα πειράματα επιλογής, εκτός από την αποτίμηση της περιβαλλοντικής διάστασης του ενεργειακού σχεδιασμού μπορούν να παράσχουν πολύτιμες πληροφορίες για τη στάση του κοινού απέναντι σε ενεργειακές τεχνολογίες και πολιτικές, μέσω κατάλληλου σχεδιασμού των ερωτηματολογίων.

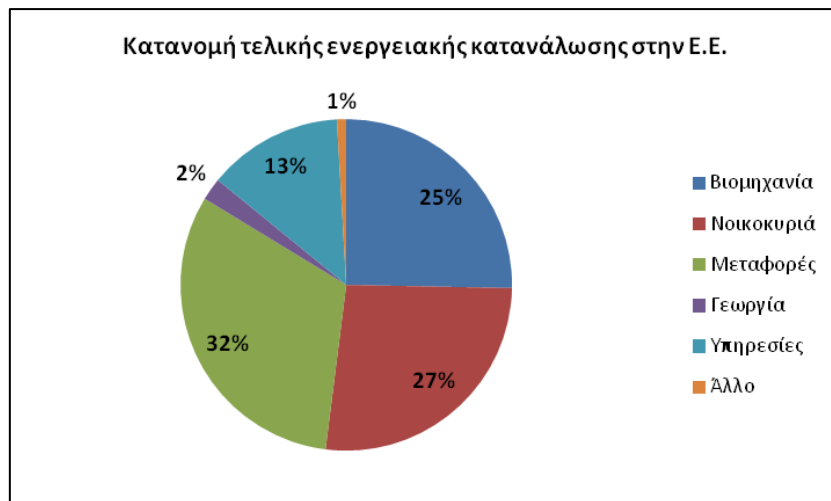
Ο ορεινός χώρος χρειάζεται τόνωση της παραγωγικής του βάσης και νέες θέσεις εργασίας προκειμένου να συγκρατηθούν οι τοπικοί πληθυσμοί και να βελτιωθεί το βιοτικό τους επίπεδο. Η εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ, η οποία συνεπάγεται τη δημιουργία θέσεων εργασίας, ενέχει, συνεπώς, μια ιδιαίτερα σημαντική κοινωνική διάσταση για τις ορεινές περιοχές και χρειάζεται να εντάσσεται στον ενεργειακό σχεδιασμό των περιοχών αυτών. Με τον τρόπο αυτόν, το ιδιαίτερα κρίσιμο ζήτημα της δημιουργίας νέων ευκαιριών απασχόλησης στις ορεινές περιοχές μπορεί να ενταχθεί στη λήψη αποφάσεων, συντελώντας στην επιλογή λύσεων με θετικές διαστάσεις για τις τοπικές κοινωνίες. Η εξασφάλιση της αποδοτικής ενδυνάμωσης της παραγωγικής βάσης των ορεινών περιοχών, μέσω επενδύσεων στον ενεργειακό τομέα, ενδεχομένως, να χρειάζεται και ένα κατάλληλο νομικό / ρυθμιστικό πλαίσιο αλλά κάτι τέτοιο δεν αποτελεί άμεσο αντικείμενο της ενεργειακής βελτιστοποίησης. Τα δεδομένα της βιβλιογραφίας (Ψωμάς 2009, Tourkolias & Mirasgedis 2011) δείχνουν ότι, μεταξύ των διάφορων ενεργειακών τεχνολογιών ΑΠΕ, οι τεχνολογίες βιομάζας και τα φωτοβολταϊκά έχουν τις ευνοϊκότερες επιπτώσεις στην τόνωση της απασχόλησης. Η χρήση της βιομάζας, εκτός από τις άμεσες, έμμεσες και λανθάνουσες θετικές επιπτώσεις στην απασχόληση, μπορεί να έχει και σημαντικές, δευτερογενείς ευνοϊκές επιδράσεις στην ενδυνάμωση παραδοσιακών παραγωγικών δραστηριοτήτων των ορεινών περιοχών, όπως η δασοκομία και η κτηνοτροφία. Για παράδειγμα, στην περίπτωση εγκατάστασης μιας μονάδας βιοαερίου, μπορεί να υπάρξει μηχανισμός παροχής κινήτρων στους κτηνοτρόφους για τη συλλογή των αποβλήτων, τονώνοντας έτσι το εισόδημά τους.

Η αδύναμη παραγωγική βάση των ορεινών περιοχών, σε συνδυασμό με τα ψυχρά κλιματικά τους χαρακτηριστικά, τις αυξητικές τάσεις στις τιμές των καυσίμων και τη μεγάλη απόσταση των ορεινών οικισμών από τα μείζονα ενεργειακά κέντρα, συνιστούν ένα επικίνδυνο μίγμα για τους ορεινούς

πληθυσμούς, αναφορικά με τη δυνατότητα επαρκούς κάλυψης των ενεργειακών τους αναγκών (Katsoulakos 2011). Συνεπώς, μια ενεργειακή πολιτική, η οποία περιλαμβάνει την εξειδικευμένη αντιμετώπιση των ορεινών περιοχών, δεν μπορεί παρά να έχει ως κεντρικό στόχο την προσπάθεια αντιμετώπισης της ενεργειακής φτώχειας στις περιοχές αυτές. Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας (ενδεικτικά Deshmukh & Deshmukh 2009, Hiremath et al. 2010) δείχνει ότι το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας δεν έχει ενταχθεί συστηματικά στις προσπάθειες ενεργειακής βελτιστοποίησης σε ορεινές και άλλες απομονωμένες, αγροτικές περιοχές. Το γεγονός αυτό αποτελεί μια σημαντική έλλειψη, η οποία δεν περιορίζεται στο επιστημονικό / ερευνητικό επίπεδο αλλά χαρακτηρίζει και την ενεργειακή πολιτική, οδηγώντας στην παράβλεψη μιας καίριας κοινωνικής παραμέτρου του ενεργειακού σχεδιασμού για τις ορεινές περιοχές.

### Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή ανάλυση κτιρίων με τη μέθοδο των βαθμομερών

Στο Διάγραμμα 3.1 δίνεται η κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στα 27 κράτη – μέλη της Ε.Ε., ανά τομέα χρήσης της ενέργειας. Στον οικιακό και στον τριτογενή τομέα το σύνολο, σχεδόν, της ενεργειακής κατανάλωσης προέρχεται από τη θέρμανση, την ψύξη, τον αερισμό και το φωτισμό των κτιρίων. Άρα, με βάση το διάγραμμα, το 40% της ενεργειακής κατανάλωσης στην Ε.Ε. αποδίδεται στον κτιριακό τομέα.



**Διάγραμμα 3.1.** Ποσοστιαία κατανομή τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ε.Ε. ανά τομέα χρήσης ενέργειας (πηγή: ΕΕΑ)

Όμοια είναι και η εικόνα στην Ελλάδα, όπου, σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης. Την εικοσαετία 1990-2010, τα μερίδια του κτιριακού τομέα (οικιακού και τριτογενούς) και των μεταφορών στην τελική ενεργειακή κατανάλωση παρουσίασαν μεγάλη αύξηση, ενώ η κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία μειώθηκε. Αυτό αποδίδεται στην τριτογενοποίηση της παραγωγής στη χώρα και τον περιορισμό των ενεργοβόρων βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Γι' αυτό και ένας από τους κεντρικούς στόχους που τέθηκαν στον Εθνικό Ενεργειακό Σχεδιασμό με ορίζοντα το 2050 είναι αυτός της εξοικονόμησης ενέργειας και της αύξησης της ενεργειακής αποδοτικότητας στον κτιριακό τομέα. Στις ορεινές περιοχές, ο ρόλος του κτιριακού τομέα ως προς την ενεργειακή κατανάλωση είναι ακόμη σημαντικότερος, αφού η βιομηχανική δραστηριότητα είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Στο νομό Ευρυτανίας (100% ορεινό έδαφος) το ποσοστό απασχόλησης στο δευτερογενή τομέα είναι περίπου το μισό σε σχέση με το μέσο όρο της χώρας.

Συνεπώς, ο ενεργειακός σχεδιασμός στις ορεινές περιοχές είναι λογικό να έχει στον πυρήνα του τη μελέτη των ενεργειακών φορτίων στον κτιριακό τομέα. Γι' αυτό στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι αρχές της ενεργειακής ανάλυσης των κτιρίων, με έμφαση στη μέθοδο των βαθμομερών, η οποία επιπλέον μπορεί να συμβάλει στη διερεύνηση των μεταβολών της ενεργειακής κατανάλωσης συναρτήσει του υψομέτρου.

### 3.1 Μέθοδοι ενεργειακής ανάλυσης κτιρίων

Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων είναι ποικίλα. Μία από τις βασικές τους διακρίσεις σχετίζεται με το επίπεδο της προσομοίωσής τους, ως προς τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας των κτιρίων. Έτσι, χωρίζονται σε μοντέλα πλήρους προσομοίωσης (δυναμικής κατάστασης), μοντέλα σταθερής κατάστασης και μοντέλα ημισταθερής κατάστασης (Ορλάντο 2012). Τα μοντέλα πλήρους προσομοίωσης – που είναι και τα πλέον περίπλοκα – στοχεύουν στο συνυπολογισμό των μεταβατικών φαινομένων (π.χ. επιπτώσεις διακοπτόμενης λειτουργίας συστημάτων θέρμανσης, λειτουργία κτιριακού κελύφους ως «αποθήκης» θερμότητας) που συμβαίνουν, κατά την ανταλλαγή θερμικών φορτίων μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος καθώς και μεταξύ των κτιριακών χώρων. Στην κατηγορία των δυναμικών μοντέλων εντάσσονται και συστήματα real – time προσομοίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων. Στον αντίποδα, τα μοντέλα σταθερής κατάστασης δε λαμβάνουν υπ' όψιν τέτοιου είδους φαινόμενα, ενώ τα μοντέλα ημισταθερής κατάστασης τα συνυπολογίζουν εν μέρει στη βάση απλοποιητικών παραδοχών.

Μία επιπλέον σημαντική διάκριση των μοντέλων γίνεται ως προς τον τρόπο προσέγγισης που χρησιμοποιούν για τον προσδιορισμό των ενεργειακών φορτίων των κτιρίων. Τα μοντέλα διακρίνονται σε εμπρόσθια προσέγγιση και ανάστροφη προσέγγιση (Ορλάντο 2012). Στην πρώτη περίπτωση στο μοντέλο εισάγονται κλιματικά δεδομένα, θερμοφυσικές και γεωμετρικές ιδιότητες του κτιριακού κελύφους, χαρακτηριστικά των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων και άλλες παράμετροι και έτσι υπολογίζονται οι ενεργειακές ανάγκες και οι ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων. Στα ανάστροφα μοντέλα εισάγονται στοιχεία πραγματικών ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου, κλιματολογικά δεδομένα και ωράρια χρήσης του κτιρίου και μέσω εμπειρικών και στατιστικών σχέσεων υπολογίζονται τα ενεργειακά φορτία του κτιρίου. Στην περίπτωση των ανάστροφων μοντέλων γίνεται εύκολη και ταχεία εκτίμηση των ενεργειακών φορτίων αλλά, συχνά, με σημαντικές αποκλίσεις. Γι' αυτό, συνήθως, οι ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων εκτιμώνται με μοντέλα εμπρόσθιας προσέγγισης. Σημειώνεται, πάντως, ότι σε περιπτώσεις εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας είναι χρήσιμη η παράλληλη χρήση και των δύο κατηγοριών προσεγγίσεων, προκειμένου να γίνεται επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι ενεργειακής ανάλυσης είναι οι ακόλουθες:

- Σταθερής κατάστασης: Μέθοδος βαθμομερών
- Ημισταθερής κατάστασης: Απλοποιημένη μέθοδος ισορροπίας θερμότητας, μηνιαίου βήματος. Πρόκειται για τη μεθοδολογία, μέσω της οποίας γίνεται η εκτίμηση των ενεργειακών μεγεθών των κτιρίων στην Ελλάδα, μετά την υιοθέτηση του ΚΕΝΑΚ<sup>7</sup> το 2010.
- Δυναμικής κατάστασης: Δυναμική μέθοδος εμπρόσθιας προσέγγισης

Αναλόγως του προβλήματος και των στόχων κάθε μελετητικής – ερευνητικής προσπάθειας, επιλέγεται η κατάλληλη μεθοδολογία ενεργειακής ανάλυσης κτιρίων. Είναι προφανές ότι οι μέθοδοι δυναμικής κατάστασης δίνουν τα πλέον ακριβή αποτελέσματα, αλλά έχουν ως κύριο μειονέκτημα την έντονη

---

<sup>7</sup> Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) αποτελεί την ουσιαστική ενσωμάτωση της ευρωπαϊκής οδηγίας 2002/91, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, στην ελληνική νομοθεσία. Οι τεχνικές οδηγίες για την εφαρμογή του (ΤΟΤΕΕ) αποτελούν μια καλή προσπάθεια στην κατεύθυνση της εμπέδωσης μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας υπολογισμού των ενεργειακών καταναλώσεων και της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

πολυπλοκότητα. Γι' αυτό, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες επιδιώκεται η μελέτη των τάσεων των ενεργειακών φορτίων ή η σύγκριση ενεργειακών συστημάτων προτιμώνται οι πιο απλές μέθοδοι, που δίνουν ταχύτερα και πιο εύκολα διαχειρίσιμα αποτελέσματα (Μόσχου 2011).

Η μέθοδος που στηρίζεται στις βαθμομέρες είναι από τις πλέον αξιόπιστες, επαρκώς τεκμηριωμένες και απλές στο χειρισμό τους μεθοδολογίες ενεργειακής ανάλυσης, σταθερής κατάστασης (Ματζαράκης et al. 2002, Büyükalaca et al. 2001). Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για τη μελέτη των θερμικών φορτίων, ενώ θεωρείται μειωμένης αξιοπιστίας για περιπτώσεις μελέτης ψυκτικών φορτίων που δεν είναι γραμμικές συναρτήσεις της θερμοκρασιακής διαφοράς εξωτερικού – εσωτερικού χώρου (Μόσχου 2011, Ορλάντο 2012). Τέτοιες περιπτώσεις ψυκτικών φορτίων συναντώνται σε μεγάλα κτίρια πολύπλοκης γεωμετρίας, όπως είναι τα εμπορικά κέντρα.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται η μέθοδος των βαθμομερών για την προσέγγιση των διαφοροποιήσεων των ενεργειακών αναγκών στις ορεινές περιοχές (Κεφάλαιο 5).

### 3.2 Η έννοια των βαθμομερών

Ως βαθμομέρα ορίζεται το μέγεθος που εκφράζει την αθροιστική θερμοκρασία του περιβάλλοντος, δηλαδή το μέτρο της ποσότητας και της διάρκειας, που η εξωτερική θερμοκρασία γίνεται μικρότερη ή μεγαλύτερη από ένα καθορισμένο όριο (Matzarakis et al. 2004). Το καθορισμένο θερμοκρασιακό όριο είναι γνωστό ως θερμοκρασία βάσης. Στην περίπτωση που η εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία βάσης, υπάρχει ανάγκη θέρμανσης του κτιρίου και έτσι οι βαθμομέρες χαρακτηρίζονται ως βαθμομέρες θέρμανσης. Αντίστοιχα, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία βάσης, χρειάζεται να υπάρξει ψύξη του κτιρίου και οι βαθμομέρες κατατάσσονται ως βαθμομέρες ψύξης.

Η μαθηματική περιγραφή των βαθμομερών θέρμανσης σε ετήσια βάση έχει ως εξής (Gelezenis 2009):

$$HDD = N_Y \cdot \int_{T_{\min}}^{T_b} (T_b - T) \cdot P(T) \cdot dT \quad (3.1)$$

HDD: Οι βαθμομέρες θέρμανσης, οι οποίες μετρώνται σε degrees\*days και εφ' όσον η θερμοκρασία μετρείται σε κλίμακα Κελσίου, η μονάδα γίνεται °C\*days

$N_Y$ : Ο αριθμός των ημερών του χρόνου (λαμβάνεται, συνήθως, ίσος με 365,25)

$T_b$ : Η θερμοκρασία βάσης

$T_{\min}$ : Η ελάχιστη παρατηρούμενη θερμοκρασία

$P(T)$ : Η συνάρτηση κατανομής πυκνότητας πιθανότητας για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η σχέση 3.1 είναι δύσχρηστη για τις τεχνικές εφαρμογές, διότι προϋποθέτει την ύπαρξη ιδιαίτερα λεπτομερών, συνεχών μετεωρολογικών δεδομένων θερμοκρασίας. Στην πράξη, η ολοκλήρωση αντικαθίσταται από άθροιση διακριτών θερμοκρασιακών τιμών. Αναλόγως των διαθέσιμων στοιχείων και του επιθυμητού επιπέδου ανάλυσης επιλέγεται το χρονικό βήμα. Η American Society of Heating,

Refrigeration and Air-Conditioning (ASHRAE) προτείνει ο καθορισμός των βαθμομερών να γίνεται με βάση τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες. Εάν επιδιώκεται να γίνει ταχύτερος υπολογισμός μπορούν να χρησιμοποιηθούν και δεδομένα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας, χωρίς να καθίστανται αναξιόπιστα τα αποτελέσματα.

Η σχέση που δίνει τις βαθμομέρες θέρμανσης, στην περίπτωση που έχουμε διακριτές τιμές της θερμοκρασίας, είναι (Gelegenis 2009):

$$HDD = \frac{N_Y}{N} \cdot \sum_{j=1}^N (T_b - T_j)^+ \quad (3.2)$$

N: ο διαθέσιμος αριθμός των θερμοκρασιακών τιμών (πρέπει να έχουν ληφθεί με το ίδιο χρονικό βήμα)

Το πρόσημο (+) στο άθροισμα υποδηλώνει ότι για τον υπολογισμό λαμβάνονται υπ' όψιν μόνο θετικές τιμές της διαφοράς  $T_b - T_j$ .

Η πλειονότητα των μετεωρολογικών δεδομένων που είναι διαθέσιμα για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας δίνονται σε μηνιαία βάση. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει τρόπος υπολογισμού των βαθμομερών, σημαντικά ταχύτερος από τον υπολογισμό σε ημερήσια βάση, αλλά ταυτόχρονα αξιόπιστος, ώστε η χρήση του να δίνει ακριβή αποτελέσματα για τις ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων. Αυτός ο τρόπος υπολογισμού βασίζεται στην αξιοποίηση των τυπικών αποκλίσεων των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών, από τις οποίες προκύπτει, με βάση εμπειρικές, στατιστικές σχέσεις, η τυπική απόκλιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας του μήνα. Αυτό το μέγεθος χρησιμεύει για τον υπολογισμό της μέσης ημερήσιας διακύμανσης του μήνα, ώστε τελικά να καθοριστεί ο αριθμός των βαθμομερών. Εάν  $T_{yr}$  είναι η μέση ετήσια θερμοκρασία,  $T_m$  η μέση μηνιαία θερμοκρασία,  $T_b$  η θερμοκρασία βάσης και  $N_m$ , ο αριθμός των ημερών του μήνα, τότε η μαθηματική διατύπωση των ανωτέρω έχει ως εξής (Erbs et al. 1983):

- Τυπική απόκλιση των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών από τη μέση ετήσια:

$$\sigma_{yr} = \left[ \frac{1}{12} \cdot \sum_{n=1}^{12} (T_m - T_{yr})^2 \right]^{0,5}$$

- Τυπική απόκλιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας του μήνα:

$$\sigma_m = 1,45 - 0,029 \cdot T_m + 0,0664 \cdot \sigma_{yr}$$

- Μέση ημερήσια διακύμανση του μήνα:

Στην περίπτωση θέρμανσης:

$$h = \frac{T_b - T_m}{\sigma_m \cdot \sqrt{N_m}}$$

Στην περίπτωση ψύξης:

$$h = \frac{T_m - T_b}{\sigma_m \cdot \sqrt{N_m}}$$

- Βαθμομέρες θέρμανσης ή ψύξης:

$$DD = \sigma_m \cdot N_m^{1,5} \cdot \left[ \frac{h}{2} + \ln \left( \frac{e^{-a \cdot h} + e^{a \cdot h}}{2 \cdot a} \right) \right] \quad (3.3)$$

Η παράμετρος α λαμβάνεται ίση με 1,698

Το μοντέλο υπολογισμού βαθμομερών κατά Erbs αποτελεί εξέλιξη της μεθοδολογίας, που είχε προταθεί από τον Thom το 1954. Ο υπολογισμός των συντελεστών της εξίσωσης που δίνει την τυπική απόκλιση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας πραγματοποιήθηκε με επεξεργασία μακρόχρονων κλιματικών δεδομένων από διάφορες περιοχές των ΗΠΑ. Το μοντέλο του Erbs έχει χρησιμοποιηθεί και για τον υπολογισμό βαθμομερών στην Ελλάδα, χωρίς σημαντικές αποκλίσεις (Παπακώστας 2005). Θα ήταν χρήσιμο, βέβαια, να γίνει προσέγγιση των εμπειρικών συντελεστών με επεξεργασία μετεωρολογικών δεδομένων από περιοχές της Ελλάδας, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ακόμη ακριβέστερης προσέγγισης των βαθμομερών στον ελληνικό χώρο, αξιοποιώντας αυτό το απλοποιημένο μοντέλο.

Η θερμοκρασία βάσης είναι ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρος για τον καθορισμό των βαθμομερών και έχει απασχολήσει αρκετά τους ερευνητές. Η θερμοκρασία αυτή δεν ταυτίζεται με την επιθυμητή θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου, η οποία εξαρτάται από την κατηγορία χρήσης του. Η θερμοκρασία βάσης, επιπλέον, εξαρτάται από τις κατασκευαστικές προδιαγραφές του κτιρίου και για την περίπτωση της θέρμανσης εκφράζεται από τη σχέση (Matzarakis et al. 2004):

$$T_b = T_{in} - \frac{Q_g}{H} \quad (3.4)$$

$T_{in}$ : επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία (°C)

$Q_g$ : μέσο ενεργειακό κέρδος (W)

H: Συνολική αγωγιμότητα κτιρίου (W/°C), αλλιώς συντελεστής μεταφοράς θερμότητας κτιρίου

Στην περίπτωση της ψύξης το πηλίκο προστίθεται στην επιθυμητή θερμοκρασία.

Ο όρος «ενεργειακό κέρδος» εκφράζει το ενεργειακό όφελος που έχει ένα κτίριο από την ηλιακή ακτινοβολία (ηλιακό κέρδος), καθώς και εσωτερικές πηγές θερμότητας (εσωτερικό κέρδος). Τα ηλιακά κέρδη εξαρτώνται από τη γεωγραφική θέση, τον προσανατολισμό του κτιρίου και την επιφάνεια των ανοιγμάτων. Τα εσωτερικά κέρδη εξαρτώνται, κατά βάση, από τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται στο κτίριο και από τις συσκευές που λειτουργούν. Κατά την περίοδο ψύξης το ενεργειακό κέρδος έχει αρνητικό ρόλο διότι δημιουργεί επιπλέον ανάγκες ψύξης στο κτίριο.

Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, του κτιρίου (ο οποίος εξετάζεται αναλυτικότερα στην Ενότητα 3.3), εκφράζει το πόσο εύκολα πραγματοποιούνται συναλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Υψηλές τιμές της συνολικής αγωγιμότητας σημαίνουν κακή θερμομονωτική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους.

Συνεπώς, η θερμοκρασία βάσης είναι φθίνουσα συνάρτηση της αγωγιμότητας του κτιρίου (αύξουσα για την ψύξη). Έτσι, ένα κτίριο με χαμηλή αγωγιμότητα έχει λιγότερες βαθμομέρες θέρμανσης και λιγότερες βαθμομέρες ψύξης από ένα κτίριο με υψηλή αγωγιμότητα. Ο μικρότερος αριθμός βαθμομερών που χαρακτηρίζει ένα ενεργειακά αποδοτικό κτίριο εκφράζει το γεγονός, ότι στο κτίριο αυτό απαιτείται τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης να λειτουργούν για λιγότερο χρονικό διάστημα, σε σχέση με ένα κτίριο μειωμένης ενεργειακής απόδοσης.

Για τις βαθμομέρες θέρμανσης η συνηθέστερη θερμοκρασία βάσης είναι αυτή των 18°C, ενώ οι βαθμομέρες ψύξης υπολογίζονται, στις περισσότερες εφαρμογές με θερμοκρασία βάσης τους 22°C. Υπάρχουν αναφορές που υποδεικνύουν ότι οι τιμές αυτές πρέπει να χρησιμοποιούνται με επιφύλαξη (Kreider et al. 1994). Γι' αυτό, συχνά δημιουργούνται πίνακες βαθμομερών, με τις τελευταίες να υπολογίζονται για διάφορες θερμοκρασίες βάσης, ώστε να μπορεί να γίνεται προσαρμογή της ενεργειακής ανάλυσης αναλόγως της περίπτωσης. (Büyükalaca et al. 2001, Παπακώστας et al. 2005)

Σημειώνεται ότι, με βάση τους ορισμούς που παρουσιάστηκαν, οι βαθμομέρες υπολογίζονται με σταθερή θερμοκρασία βάσης, γι' αυτό και οι μέθοδοι υπολογισμού χαρακτηρίζονται ως προσεγγίσεις σταθερής βάσης. Οι προσεγγίσεις αυτές είναι οι συνηθέστερες, διότι με τη μέθοδο των βαθμομερών επιδιώκεται η ποσοτικοποίηση των θερμικών / ψυκτικών αναγκών σε επίπεδο γεωγραφικής περιοχής, κάτι που θα ήταν αδύνατον αν έπρεπε να εφαρμόζεται η σχέση 3.4, η οποία διαφοροποιείται από κτίριο σε κτίριο.

Η σχέση 3.4 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση μελέτης των ενεργειακών αναγκών ενός συγκεκριμένου κτιρίου, με π.χ. μηνιαίο βήμα. Όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία βάσης από μήνα σε μήνα, η προσέγγιση χαρακτηρίζεται ως προσέγγιση μεταβλητής βάσης. Αυτός ο τρόπος υπολογισμού δίνει ακριβέστερα αποτελέσματα για τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου και γι' αυτό και το πρότυπο EN 13790, το οποίο αποτελεί τη βάση για τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων στην Ε.Ε., μετά την έκδοση της οδηγίας 2002/91 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων ενσωματώνει τη φιλοσοφία της μεταβλητής βάσης στη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης, την οποία προτείνει. Πάντως, αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση προσεγγίσεων σταθερής βάσης για μεμονωμένα κτίρια, δεν οδηγεί σε εκτιμήσεις με μεγάλο σφάλμα και ενίοτε μπορεί να πλεονεκτεί των προσεγγίσεων μεταβλητού βήματος. Συγκεκριμένα, σε μελέτη για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών κτιρίου, που έγινε με προσεγγίσεις σταθερής και μεταβλητής βάσης, στην περιοχή της Λάρισας (Τζαχάνης & Καμπανάς 2007), τα αποτελέσματα ήταν τα ακόλουθα:

- Πραγματική κατανάλωση με βάση θερμοδομητητές: 114789 kWh
- Πρόβλεψη με βάση προσέγγιση σταθερής βάσης ( $T_b=18^\circ\text{C}$ ): 107136 kWh
- Πρόβλεψη με βάση προσέγγιση μεταβλητής βάσης: 90033 kWh

Παρατηρείται ότι η προσέγγιση σταθερής βάσης είναι σημαντικά καλύτερη, παρουσιάζοντας σχετικό σφάλμα 6,7%, έναντι σχετικού σφάλματος 21,6% της προσέγγισης μεταβλητής βάσης. Αυτό το φαινομενικά παράδοξο αποτέλεσμα οφείλεται στο ότι η προσέγγιση μεταβλητής βάσης, για να δίνει ακριβή αποτελέσματα, θα πρέπει στο υπό μελέτη κτίριο να υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης του ενεργειακού κέρδους. Στη συγκεκριμένη μελέτη, το κτίριο διέθετε ένα απλό σύστημα θέρμανσης, χωρίς δυνατότητα προσαρμογής στα δεδομένα του εξωτερικού περιβάλλοντος (έλλειψη κυκλώματος αντιστάθμισης), οπότε η προσέγγιση μεταβλητής βάσης οδήγησε σε υποεκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Σύμφωνα, με τους Erbs et al. (1983), οι οποίοι και εισηγήθηκαν το πλέον ταχύ μοντέλο



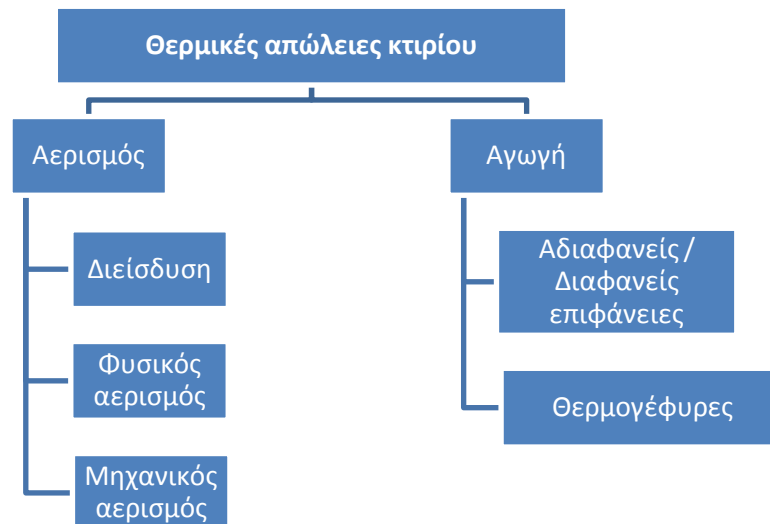
υπολογισμού των βαθμομερών μέσω της σχέσης 3.3, οι αποκλίσεις που παρουσιάζονται σε σχέση με τις μεθόδους μεταβλητής βάσης, δεν ξεπερνούν το 5%, για την πλειονότητα των περιπτώσεων.

### 3.3 Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας κτιριακού κελύφους

Οι βαθμομέρες είναι το τεχνικό μέγεθος, που αντιπροσωπεύει τις μετεωρολογικές συνθήκες στην ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων. Τα χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους, που είναι ο δεύτερος παράγοντας διαμόρφωσης των ενεργειακών αναγκών, εισάγονται στους υπολογισμούς μέσω του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου. Είναι απαραίτητο να περιγραφούν ορισμένες βασικές έννοιες εφαρμοσμένης θερμοδυναμικής, ώστε να παρουσιαστούν με πληρότητα τα χαρακτηριστικά του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας των κτιρίων.

Για την περιγραφή των αρχών της θερμοδυναμικής συμπεριφοράς των κτιρίων θα ακολουθηθεί η προσέγγιση που γίνεται στα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά των κτιρίων μέσω της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ) 20701-2/2010 και του προτύπου DIN 4701/77. Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας εξέδωσε το 2010 τέσσερις ΤΟΤΕΕ (20701-1, 20701-2, 20701-3, 20701-4), ώστε να υπάρξει η δυνατότητα υλοποίησης του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ). Εφ' όσον υπάρχει, πλέον, συγκεκριμένο πρότυπο για τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων, πολλές από τις απαραίτητες παραμέτρους για τις αναλύσεις που πραγματοποιούνται στην παρούσα έρευνα βασίζονται στις προβλέψεις του προτύπου αυτού.

Ένα κτίριο συναλλάσσει θερμότητα με το εξωτερικό περιβάλλον λόγω της διαφοράς εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη της εξωτερικής, ποσά θερμότητας μεταφέρονται από το κτίριο προς το περιβάλλον, τα οποία χαρακτηρίζονται ως θερμικές απώλειες. Το καλοκαίρι, όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη της εξωτερικής, θερμική ενέργεια μεταφέρεται από το περιβάλλον προς το κτίριο. Οι συναλλαγές θερμότητας κτιρίου – περιβάλλοντος οφείλονται στην αγωγή μέσω των δομικών στοιχείων και στον αερισμό, όπως αποτυπώνεται στο Σχήμα 3.1.



**Σχήμα 3.1.** Κατηγοριοποίηση θερμικών απωλειών κτιρίου

Αρχικά, εξετάζονται οι θερμικές απώλειες λόγω αγωγής που αποτελούν και το βασικό μηχανισμό συναλλαγής θερμότητας του κτιρίου με το περιβάλλον.

Κατά απλοποιητική παραδοχή η ροή θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατο μέγεθος, με διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια του δομικού στοιχείου. Επίσης, οι συναλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος θεωρούνται ανεξάρτητες από το χρόνο. Τέλος τα δομικά υλικά θεωρούνται ομογενή και ισότροπα, με σταθερά – ανεξάρτητα της θερμοκρασίας – θερμοφυσικά χαρακτηριστικά (ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010).

Με βάση τις ανωτέρω παραδοχές, η αντίσταση που προβάλλει μία στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας δίνεται από τον τύπο:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \left[ \frac{m^2 \cdot C}{W} \right] \quad (3.5)$$

d: το πάχος της στρώσης (m)

λ: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της στρώσης (W/(m\*°C))

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας είναι χαρακτηριστική, φυσική ιδιότητα των υλικών και εκφράζει την ευκολία ή δυσκολία ροής της θερμότητας διαμέσου αυτών. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας εξαρτάται από τη θερμοκρασία και συνδέεται με αυτήν με σχεδόν γραμμικό τρόπο. Αυτό που διευκολύνει τη μοντελοποίηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων είναι ότι, στο σύνηθες θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας των κτιρίων, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας μεταβάλλεται ελάχιστα. Έτσι, η παραδοχή ότι είναι σταθερός δε δημιουργεί σημαντικές αποκλίσεις από την πραγματικότητα.

Προφανώς, εάν ένα δομικό στοιχείο αποτελείται από j στρώσεις, τότε η συνολική αντίσταση που θα παρουσιάζει στη ροή θερμότητας θα είναι:

$$R_{tot} = \sum_j R_j \quad (3.6)$$

Για την εκτίμηση του βαθμού θερμομονωτικής προστασίας ενός δομικού στοιχείου, που αποτελεί μέτρο της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιριακού κελύφους, χρησιμοποιείται ο συντελεστής θερμοπερατότητας, ο οποίος ορίζεται ως το αντίστροφο της θερμικής αντίστασης του δομικού στοιχείου.

$$U = \frac{1}{R} \quad \left[ \frac{W}{m^2 \cdot C} \right] \quad (3.7)$$

Εκτός από τις στρώσεις του δομικού στοιχείου, αντίσταση στη ροή θερμότητας προβάλλουν και τα επιφανειακά στρώματα αέρα που περικλείουν το δομικό στοιχείο. Αυτές οι θερμικές αντιστάσεις ορίζονται ως αντιστάσεις θερμικής μετάβασης. Έτσι, ο αναλυτικός υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου γίνεται με βάση τη σχέση (ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010):

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j}} \quad (3.8)$$

$R_i$ : Η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

$R_a$ : Η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον

Η θερμότητα που μεταφέρεται από το εσωτερικό του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον (ή το αντίστροφο) μέσω ενός δομικού στοιχείου δίνεται από τη σχέση:

$$q = U \cdot A \cdot \Delta\theta \quad [W] \quad (3.9)$$

$A$ : Η επιφάνεια του δομικού στοιχείου που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον ( $m^2$ )

$\Delta\theta$ : Η διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού εξωτερικού περιβάλλοντος ( $^{\circ}C$ )

Το γινόμενο  $U \cdot A$ , το οποίο συχνά συμβολίζεται με  $H$ , ορίζεται ως συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του δομικού στοιχείου και εκφράζει πόση θερμότητα μεταφέρεται μέσω του δομικού στοιχείου, που βρίσκεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, για διαφορά θερμοκρασίας  $1^{\circ}C$ .

Η ανάλυση που προηγήθηκε ισχύει για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία (τοιχοί, φέροντα στοιχεία, οροφές, δάπεδα). Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας των διαφανών δομικών στοιχείων (κουφώματα) βασίζεται στις ίδιες αρχές και διαφέρει ελαφρώς η μαθηματική του έκφραση, προκειμένου να συνυπολογιστούν οι ιδιότητες του πλαισίου και του υαλοπίνακα. Η αναλυτική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός απλού κουφώματος είναι (ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010):

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + I_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g} \quad (3.10)$$

$U_f$ : Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου του κουφώματος

$U_g$ : Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος

Af: Η επιφάνεια του πλαισίου του κουφώματος

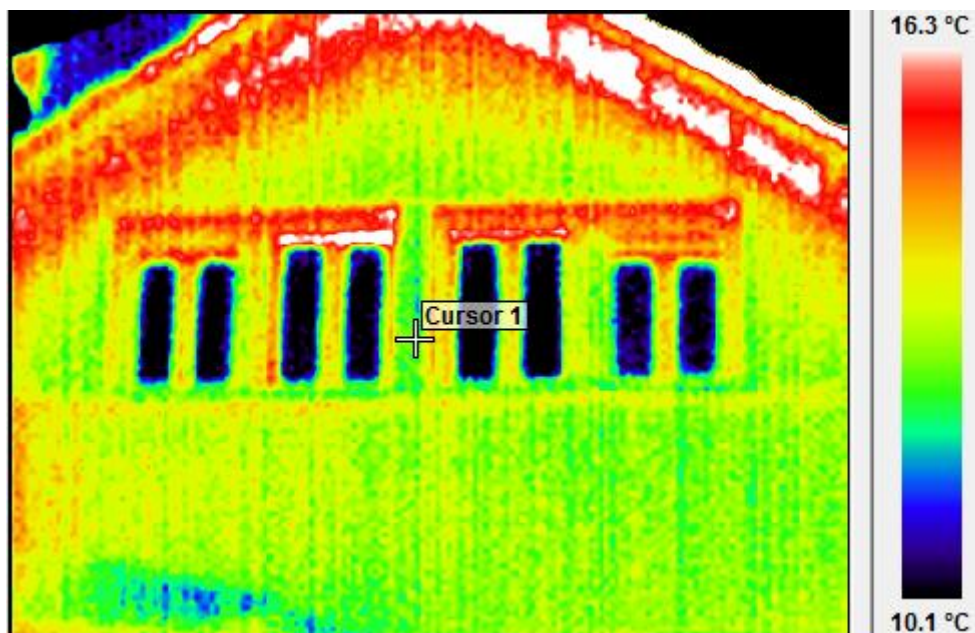
Ag: Η επιφάνεια του υαλοπίνακα του κουφώματος

lg: Το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος, δηλαδή η περίμετρος του υαλοπίνακα

Ψg: Ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ )

Σημειώνεται ότι οι ΤΟΤΕΕ περιέχουν τιμές των μεγεθών που εμφανίζονται στις εξισώσεις για μια μεγάλη γκάμα υλικών. Οι τιμές που περιέχουν οι ΤΟΤΕΕ προέρχονται, κατά βάση, από πρότυπα του ΕΛΟΤ για υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των κτιρίων.

Πριν τη σύνθεση του προτύπου EN 13790, η μελέτη των θερμικών απωλειών, λόγω αγωγής, ολοκληρωνόταν με τον υπολογισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων. Αυτό που έχει, πλέον, προστεθεί είναι ο συνυπολογισμός των θερμογεφυρών. Ως θερμογέφυρες ορίζονται οι θέσεις στο κτιριακό κέλυφος, στις οποίες εμφανίζεται, σε σχέση με τις γειτονικές τους, διαφοροποίηση στη θερμική αντίσταση των δομικών στοιχείων. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε λόγω ασυνέχειας στις στρώσεις του μονωτικού στοιχείου είτε λόγω αλλαγής της γεωμετρίας της διατομής είτε λόγω διαφοροποίησης του υλικού κατά μήκος του δομικού στοιχείου. Το αποτέλεσμα της ύπαρξης θερμογεφυρών είναι η μεταβολή στις ροές θερμότητας, που λειτουργεί επιβαρυντικά στη θερμική προστασία του κτιρίου. Ο συνυπολογισμός των θερμογεφυρών στην ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων που εισάγεται με το EN 13790 και τον KENAK στα ελληνικά δεδομένα, συντελεί στην προσέγγιση της πραγματικότητας με πολύ καλύτερη ακρίβεια.



**Εικόνα 3.1.** Θερμική φωτογραφία κατοικίας με παρουσία θερμογέφυρας

Στην Εικόνα 3.1 είναι εμφανής η παρουσία θερμογέφυρας στην επαφή στέγης και τοιχοποιίας. Κατά μήκος της συναρμογής των δύο δομικών στοιχείων η θερμοκρασία που έχει καταγραφεί στη θερμική κάμερα είναι αισθητά μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία της τοιχοποιίας, γεγονός που υποδηλώνει

έντονες ροές θερμότητας και συνεπώς, πρόβλημα στη θερμομονωτική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους.

Εάν κάποια θερμογέφυρα έχει μήκος  $l$ , τότε ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας της θερμογέφυρας είναι:

$$H = l \cdot \Psi \quad \left[ \frac{W}{^{\circ}C} \right] \quad (3.11)$$

Ο συντελεστής  $\Psi$ , που εμφανίζεται και στη σχέση 3.10, είναι συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας (σε αντίθεση με το συντελεστή  $U$  που αναφέρεται σε επιφάνειες) και ορίζεται στα τεχνικά πρότυπα, αναλόγως του τύπου της εμφανιζόμενης θερμογέφυρας.

Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (ολική αγωγιμότητα) του κτιριακού κελύφους, λόγω αγωγής, προκύπτει αθροίζοντας τους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας των αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων με τους συντελεστές μεταφοράς θερμότητας των θερμογεφυρών.

$$H_{tr} = \sum_i A_i \cdot U_i + \sum_j l_j \cdot \Psi_j \quad (3.12)$$

Η δεύτερη αιτία μεταφοράς θερμότητας από και προς το κτίριο είναι ο αερισμός. Σύμφωνα με το Σχήμα 3.1, οι βασικοί μηχανισμοί που οδηγούν σε θερμικές απώλειες λόγω αερισμού είναι η διείσδυση, ο φυσικός αερισμός και ο τεχνητός αερισμός. Οι απώλειες διείσδυσης – αλλιώς απώλειες αθέλητου αερισμού – οφείλονται στις εισροές αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων. Οι απώλειες φυσικού αερισμού σχετίζονται με τις εισροές αέρα από καπνοδόχους, θυρίδες εξαερισμού κ.α., ενώ οι απώλειες τεχνητού αερισμού εμφανίζονται όταν υπάρχει κάποιο μηχανικό σύστημα αερισμού (π.χ. αξονικός ανεμιστήρας), προκειμένου να υπάρχει επαρκής αερισμός του κτιρίου.

Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω διείσδυσης είναι:

$$H_{pen} = \rho_a \cdot c_a \sum_k (l \cdot a)_k \cdot R \cdot H \quad (3.13)$$

$\rho_a$ : Η πυκνότητα του αέρα (λαμβάνεται συνήθως ίση με  $1,23 \text{ kg/m}^3$ )

$c_a$ : Η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα (λαμβάνεται συνήθως ίση με  $1008 \text{ J/(kg}^{\circ}\text{C)}$ )

$l$ : Το συνολικό μήκος των χαραμάδων του κουφώματος  $k$  (m)

$a$ : Ο συντελεστής διείσδυσης αέρα από χαραμάδες, ο οποίος εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου και το εάν ο υαλοπίνακας είναι μονός ή διπλός

$R$ : Ο συντελεστής διεισδυτικότητας, που εξαρτάται από το υλικό του πλαισίου

$H$ : Ο συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης, που εξαρτάται από το πόσο εκτεθειμένο είναι το κτίριο στον άνεμο

Όσον αφορά στο φυσικό και τεχνητό αερισμό, ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας είναι:

$$H_{ve} = \rho_a \cdot c_a \cdot (V_n + V_a) \quad (3.14)$$

$V_n$ : Η παροχή αέρα στο κτίριο λόγω φυσικού αερισμού ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )

$V_a$ : Η παροχή αέρα στο κτίριο λόγω τεχνητού αερισμού ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )

Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω αερισμού, με βάση τα παραπάνω θα δίνεται από τη σχέση:

$$H_{air} = \rho_a \cdot c_a \sum_k (l \cdot a)_k \cdot R \cdot H + \rho_a \cdot c_a \cdot (V_n \dot{+} V_a \dot{+}) \quad (3.15)$$

Συνεπώς, ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου, είναι το άθροισμα του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας λόγω αγωγής και του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας λόγω αερισμού.

$$H_{tot} = H_{tr} + H_{ve}$$

$$H_{tot} = \sum_i A_i \cdot U_i + \sum_j l_j \cdot \Psi_j + \rho_a \cdot c_a \sum_k (l \cdot a)_k \cdot R \cdot H + \rho_a \cdot c_a \cdot (V_n \dot{+} V_a \dot{+}) \quad (3.16)$$

Ο υπολογισμός του συνολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας γίνεται, στην πράξη, μέσω κατάλληλων εφαρμογών λογισμικού, αφού η διαδικασία μπορεί να γίνει αρκετά χρονοβόρα, ειδικά σε κτίρια με περίπλοκη γεωμετρία και πολλά ανοίγματα.

### 3.4 Εκτίμηση ενεργειακών αναγκών και καταναλώσεων κτιρίων

Έχοντας αναλύσει τις δύο βασικές συνιστώσες, οι οποίες είναι απαραίτητες για την ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων, δηλαδή τις βαθμοημέρες και το συντελεστή μεταφοράς θερμότητας, μπορεί να περιγραφεί ο τρόπος εκτίμησης των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων. Κατ' αρχήν θα πρέπει να διασαφηνιστούν ορισμένες έννοιες, απαραίτητες για την ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων.

- **Ενεργειακές ανάγκες ή ενεργειακή ζήτηση:** Αναλόγως των μετεωρολογικών συνθηκών, των χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους, της χρήσης του κτιρίου [τεχνικές παράμετροι], αλλά και παραγόντων που σχετίζονται με το βιοτικό επίπεδο και τα πολιτισμικά πρότυπα [παράμετροι συμπεριφοράς] (Jeong et al. 2011), διαμορφώνεται η ζήτηση σε θέρμανση, ψύξη και ηλεκτρική ενέργεια στον κτιριακό τομέα. Συνήθως, η ενεργειακή ανάλυση, όσον αφορά στη ζήτηση θέρμανσης και ψύξης βασίζεται μόνο στις τεχνικές παραμέτρους, ενώ η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει με αναλύσεις στατιστικών δεδομένων, τα οποία – σε μεγάλο βαθμό – διαμορφώνονται από τις παραμέτρους συμπεριφοράς.
- **Ενεργειακή κατανάλωση:** Προκειμένου να καλυφθεί η ενεργειακή ζήτηση είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν καύσιμα ή άλλες μορφές ενέργειας, π.χ. πετρέλαιο θέρμανσης ή φυσικό αέριο για τις ανάγκες θέρμανσης και ηλεκτρισμός για τις ανάγκες ψύξης, τον φωτισμό και άλλες χρήσεις. Η χρήση διαφόρων μορφών ενέργειας για την κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης των κτιρίων, συνιστά την ενεργειακή κατανάλωση και ειδικότερα την **τελική ενεργειακή κατανάλωση**, όπως ορίζεται και στα σχετικά πρότυπα (KENAK).
- **Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας:** Η τελική ενεργειακή κατανάλωση βασίζεται σε μορφές ενέργειας / καυσίμων που προέρχονται από επεξεργασία πηγών ενέργειας, οι οποίες υπάρχουν στη φύση. Οι τελευταίες ονομάζονται και πρωτογενείς πηγές ενέργειας ή απλώς πρωτογενής ενέργεια. Η τελική ενεργειακή κατανάλωση μπορεί να αναχθεί σε κατανάλωση πρωτογενούς

ενέργειας και αυτό είναι χρήσιμο για την εκτίμηση των επιπτώσεων της ενεργειακής κατανάλωσης στην κατανάλωση φυσικών πόρων. Η ενεργειακή βαθμονόμηση των κτιρίων γίνεται με βάση την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, σε συμφωνία και με το στόχο «20-20-20», που προβλέπει 20% μείωση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μέχρι το 2020.

- **Συντελεστής απόδοσης ενεργειακού συστήματος:** Είναι ο λόγος της αποδιδόμενης ωφέλιμης ενέργειας προς την ενέργεια που χρησιμοποιεί και καταναλώνει το σύστημα για τη λειτουργία του (KENAK).

Η μετατροπή των πρωτογενών μορφών ενέργειας σε εκμεταλλεύσιμα καύσιμα (π.χ. παραγωγή πετρελαίου θέρμανσης από αργό πετρέλαιο) καθώς και η κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης με κατάλληλο εξοπλισμό (π.χ. κάλυψη ζήτησης θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου), είναι διαδικασίες κατά τις οποίες υπάρχουν απώλειες. Η επιδίωξη περιορισμού των απωλειών αυτών έχει σημαντικές, θετικές επιπτώσεις, τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο. Γι' αυτό είναι απαραίτητο, κυρίως οι συσκευές θέρμανσης – ψύξης αλλά και οι ηλεκτρικές συσκευές να έχουν υψηλό συντελεστή απόδοσης.

Επιστρέφοντας στο ζήτημα της ενεργειακής ανάλυσης των κτιρίων, ο μαθηματικός τύπος που δίνει την ετήσια ζήτηση θερμότητας σε ένα κτίριο είναι:

$$Q_h = H_{tot} \cdot HDD \cdot \frac{24}{1000} \quad [kWh] \quad (3.17)$$

$H_{tot}$ : Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του κτιρίου ( $W/^\circ C$ )

HDD: Οι βαθμοημέρες θέρμανσης ( $^\circ C \cdot days$ )

Αντίστοιχα, αν CDD είναι οι βαθμοημέρες ψύξης, η ετήσια ζήτηση για ψύξη είναι:

$$Q_c = H_{tot} \cdot CDD \cdot \frac{24}{1000} \quad [kWh] \quad (3.18)$$

Τονίζεται ότι για τον υπολογισμό των αναγκών σε θέρμανση και ψύξη, ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν στους υπολογισμούς είναι ο συνολικός, δηλαδή συμπεριλαμβανομένου του αερισμού, διότι σε ορισμένες αναφορές – π.χ. (Martinaitis et al. 2010) – αυτό δεν είναι ιδιαίτερα σαφές. Εάν δεν συνυπολογιστεί ο αερισμός θα υπάρχει σημαντική υποεκτίμηση των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου.

Για την κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης θα χρησιμοποιηθούν συστήματα παραγωγής θερμότητας, έστω με συντελεστή απόδοσης  $\eta_h$  και συστήματα παραγωγής ψύξης, έστω με συντελεστή απόδοσης  $\eta_c$ . Η απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση για την κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης, είναι τότε:

$$E_h = \frac{H_{tot}}{\eta_h} \cdot HDD \cdot \frac{24}{1000} \quad [kWh] \quad (3.19)$$

$$E_c = \frac{H_{tot}}{\eta_c} \cdot HDD \cdot \frac{24}{1000} \quad [kWh] \quad (3.20)$$

Οι σχέσεις 3.17 και 3.18, δείχνουν ότι η ζήτηση θέρμανσης και ψύξης είναι ανάλογες τόσο των χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους, όπως αυτά εκφράζονται μέσω του συνολικού συντελεστή

μεταφοράς θερμότητας όσο και των βαθμομερών. Τα χαρακτηριστικά των κτιριακών κελυφών παρουσιάζουν έντονες διαφοροποιήσεις και δεν ακολουθούν συγκεκριμένα πρότυπα. Έτσι, το μέτρο για τον προσδιορισμό της μεταβολής των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων από περιοχή σε περιοχή μπορούν να είναι οι βαθμομέρες, ως μέγεθος που εκφράζει τις θερμοκρασιακές συνθήκες. Συνεπώς, η διαφοροποίηση των ενεργειακών φορτίων στις ορεινές περιοχές – βασικό βήμα για τον εξειδικευμένο ενεργειακό σχεδιασμό σε αυτές – είναι δυνατόν να εκτιμηθεί εφ’ όσον εντοπιστεί ένα πρότυπο μεταβολής των βαθμομερών στα ορεινά, σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές.

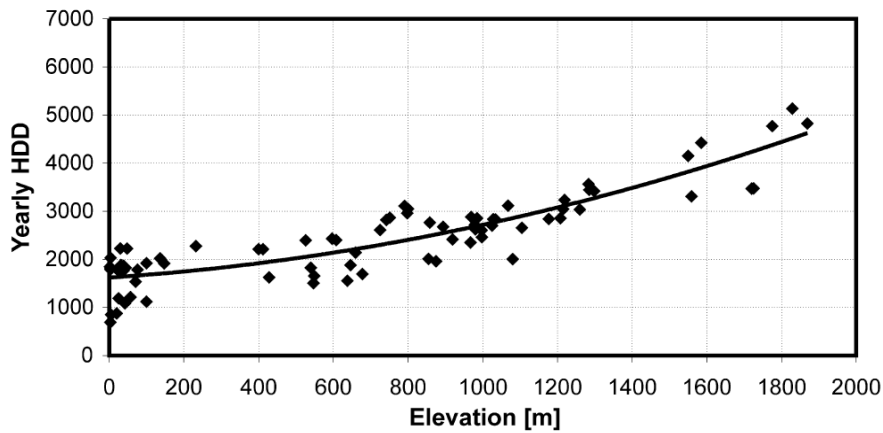
### 3.5 Βαθμομέρες και υψόμετρο

Οι βιβλιογραφικές πηγές που άπτονται του ζητήματος των βαθμομερών μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη έχει να κάνει με έρευνες, οι οποίες αποσκοπούν στον ποσοτικό προσδιορισμό των βαθμομερών σε κάποια γεωγραφική ενότητα (συνήθως χώρα), ώστε να δημιουργηθεί μια βάση για τους ενεργειακούς υπολογισμούς. Σε αυτήν την κατηγορία συναντώνται αναφορές σχετικά με το ρόλο του υψομέτρου. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν εργασίες που ασχολούνται με την βελτιστοποίηση των μαθηματικών και στατιστικών μοντέλων υπολογισμού των βαθμομερών, προκειμένου είτε να δημιουργηθούν απλούστεροι τρόποι υπολογισμού είτε να βελτιωθεί η ακρίβεια των αποτελεσμάτων υπολογισμού των υφιστάμενων μοντέλων. Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει έρευνες, οι οποίες χρησιμοποιούν τις βαθμομέρες ως βάση για τη μοντελοποίηση προβλημάτων που σχετίζονται με την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων καθώς και διερεύνηση τάσεων αλλαγών στις βαθμομέρες, λόγω μεταβολών στο κλίμα. Παράλληλα, υπάρχουν τεχνικά κείμενα, οδηγίες και προδιαγραφές – με νομοθετική συνήθως ισχύ – που περιέχουν αποτελέσματα υπολογισμού βαθμομερών.

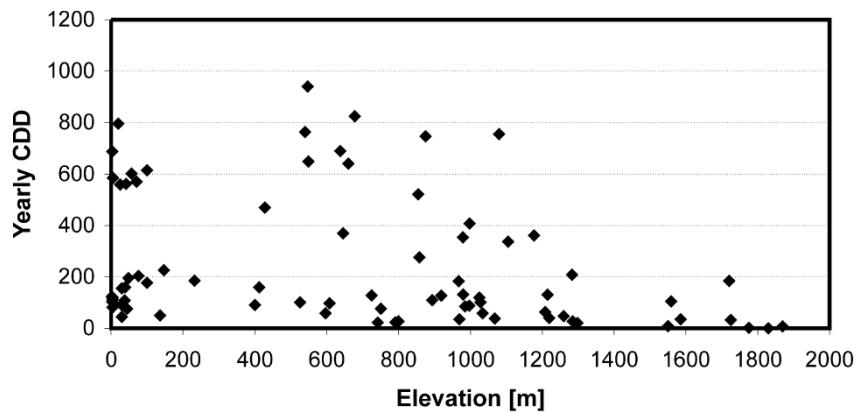
Η πιο ενδιαφέρουσα κατηγορία βιβλιογραφικών πηγών, σε σχέση με τους στόχους της παρούσας εργασίας, είναι η πρώτη. Παρουσιάζονται, στη συνέχεια, ορισμένες σημαντικές εργασίες που ανήκουν στην κατηγορία αυτή.

Στην εργασία των Büyükalaca et al. (2001) γίνεται υπολογισμός των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης για την Τουρκία. Ως βάση υπολογισμού χρησιμοποιούνται δεδομένα από 78 μετεωρολογικούς σταθμούς, με περιόδους μέτρησης από 8 έως 18 έτη. Οι βαθμομέρες υπολογίζονται για θερμοκρασίες βάσης από 14 έως 22 °C, όσον αφορά στη θέρμανση και από 18 έως 28 °C, όσον αφορά στην ψύξη. Στην εργασία αναφέρεται ότι είναι εμφανής η συσχέτιση μεταξύ βαθμομερών θέρμανσης και υψομέτρου και οι βαθμομέρες θέρμανσης αυξάνονται συναρτήσει του υψομέτρου. Παρουσιάζεται σχετικό γράφημα, χωρίς όμως να αναφέρονται περαιτέρω στοιχεία της συγκεκριμένης συσχέτισης (Διάγραμμα 3.2). Αντίθετα, όσον αφορά στις βαθμομέρες ψύξης, αναφέρεται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ αυτών και του υψομέτρου (Διάγραμμα 3.3).





**Διάγραμμα 3.2.** Βαθμοημέρες θέρμανσης, συναρτήσεϊ του υψομέτρου στην Τουρκία (πηγή: Büyükalaca et al. 2001)



**Διάγραμμα 3.3.** Βαθμοημέρες ψύξης, συναρτήσεϊ του υψομέτρου στην Τουρκία (πηγή: Büyükalaca et al. 2001)

Στις βόρειες περιοχές της Τουρκίας (μεγάλα γεωγραφικά πλάτη), οι βαθμοημέρες θέρμανσης φαίνεται να είναι, γενικά, περισσότερες και οι βαθμοημέρες ψύξης λιγότερες. Ακόμη, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις των βαθμοημερών στα διάφορα γεωγραφικά μήκη και αναφέρεται ότι οι περιοχές κοντά στη θάλασσα παρουσιάζουν μικρότερο αριθμό βαθμοημερών θέρμανσης, σε σχέση με τις περιοχές στο εσωτερικό της χώρας. Η μεγάλη γεωγραφική έκταση της Τουρκίας, οδηγεί στην ύπαρξη σημαντικής ποικιλίας κλιματικών τύπων και διαφοροποιήσεων στα πρότυπα κατανομής των βαθμοημερών.

Το 2009 δημοσιεύτηκε άλλη μία εργασία, με αντικείμενο τον υπολογισμό των βαθμοημερών στην Τουρκία (Dombayc 2009). Η εργασία αυτή περιείχε επικαιροποιημένα μετεωρολογικά δεδομένα και οι υπολογισμοί έγιναν για διαφορετικές θερμοκρασίες βάσης, σε σχέση με την προσέγγιση των Büyükalaca et al (2001). Αν και στους χάρτες που προέκυψαν από τους υπολογισμούς φαίνεται αυξητική τάση στις βαθμοημέρες σε περιοχές που καταλαμβάνονται από ορεινούς όγκους, δεν υπάρχει κάποια σαφής αναφορά στο ρόλο του υψομέτρου.

Ο ρόλος του υψομέτρου στη διαμόρφωση των βαθμομερών είναι φανερός και σε έρευνα με αντικείμενο τη δημιουργία άτλαντα βαθμομερών θέρμανσης για το Ιράν (Mehrabi et al. 2011). Αν και δεν αναφέρεται σαφώς η μαθηματική του έκφραση, το μοντέλο πολλαπλής παλλινδρόμησης, το οποίο δημιουργήθηκε για να κατασκευαστούν οι χάρτες των βαθμομερών συμπεριλαμβάνει την παράμετρο του υψομέτρου. Οι υψηλότερες τιμές των βαθμομερών θέρμανσης παρατηρούνται σε περιοχές με υψηλά υψόμετρα στην οροσειρά του Zagros.

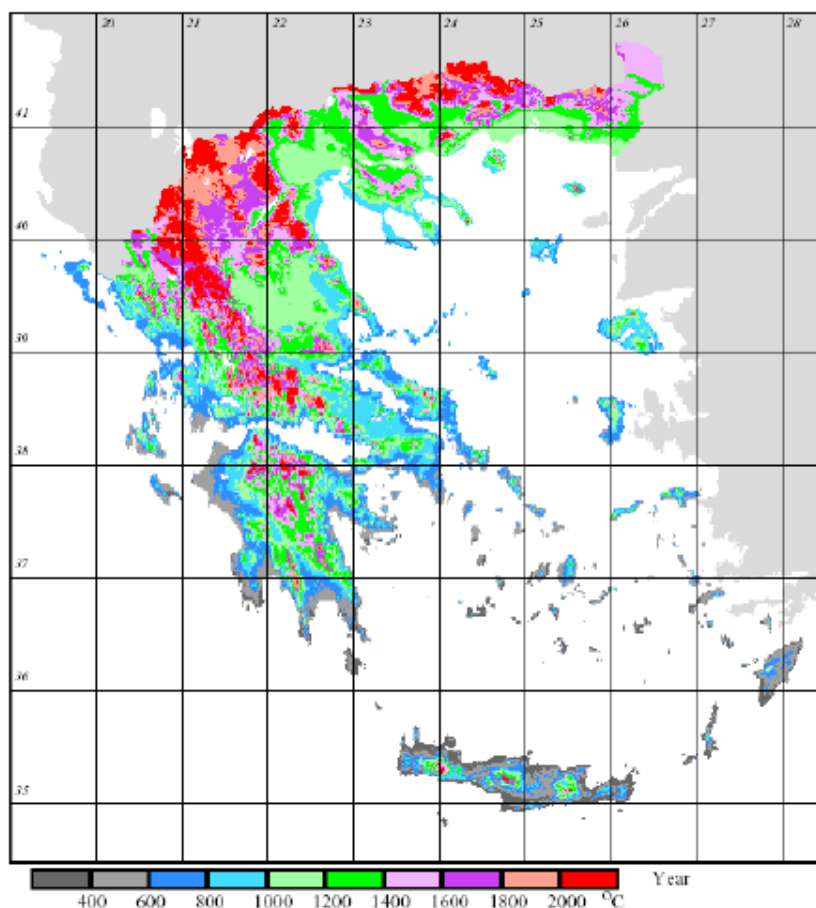
Όσον αφορά στην Ελλάδα, ουσιαστικά η πρώτη βάση δεδομένων βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης ολοκληρώθηκε το 1986, προκειμένου να δημιουργηθεί το κατάλληλο τεχνικό υπόβαθρο για την εκπόνηση μελετών φορτίων κλιματισμού κτιριακών χώρων (TOTEE 2425/1986). Με βάση το βασικό δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών της EMY υπολογίστηκαν για διάφορες θερμοκρασίες βάσης οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης. Στις παρατηρήσεις που συνοδεύουν τους πίνακες της συγκεκριμένης TOTEE αναφέρεται ότι σε περιοχές που δεν υπάρχουν μετεωρολογικοί σταθμοί και στοιχεία θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν τα στοιχεία των κλιματικά συγγενέστερων σταθμών, οι οποίοι δεν είναι αναγκαστικά οι πλησιέστεροι. Ως παράμετρος συγγένειας αναφέρεται, μεταξύ άλλων, το υψόμετρο, χωρίς όμως να υπάρχει κάποιος ποσοτικός προσδιορισμός.

Αρκετά αργότερα από την έκδοση της TOTEE 2425/86, δημοσιεύτηκαν σημαντικές εργασίες, με στόχο την καλύτερη προσέγγιση των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης και την προσπάθεια γεωγραφικής κατανομής τους σε όλο τον ελληνικό χώρο. Η πιο ενδιαφέρουσα προσέγγιση είναι αυτή των Ματζαράκη & Μπαλαφούτη, η οποία έχει δημοσιευτεί το 2002 και στη συνέχεια, με μικρές διαφοροποιήσεις το 2004. Στόχος της συγκεκριμένης έρευνας είναι να δημιουργηθεί μια γεωγραφική κατανομή των βαθμομερών θέρμανσης στην Ελλάδα. Η θερμοκρασία βάσης έχει ληφθεί ίση με 14°C, ενιαία σε όλον το γεωγραφικό χώρο της Ελλάδας. Η χαρτογραφική απόδοση των δεδομένων έγινε με μοντέλο πολλαπλής παλλινδρόμησης, στο οποίο οι ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος, το υψόμετρο, η απόσταση από τη θάλασσα και το ποσοστό ξηράς – θάλασσας των στοιχείων του γεωγραφικού καννάβου (Matzarakis & Balafoutis 2004). Η συνάρτηση της πολλαπλής παλλινδρόμησης δεν αναφέρεται αλλά από τα αποτελέσματα, προκύπτουν ορισμένες σημαντικές παρατηρήσεις για την κατανομή των βαθμομερών στον ελληνικό χώρο:

- Υπάρχει σημαντική διαφορά του μεγέθους των βαθμομερών θέρμανσης ανάμεσα στα ακραία σημεία του ελληνικού χώρου (Φλώρινα – Ρόδος)
- Η ενδοχώρα παρουσιάζει μεγαλύτερες θερμικές απαιτήσεις από τα παράλια
- Η δυτική Μακεδονία παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές βαθμομερών θέρμανσης, αποτελώντας τον «ψυχρό πόλο» της Ελλάδας
- Στις ορεινές περιοχές παρατηρούνται αυξημένες τιμές των βαθμομερών θέρμανσης

Στον χάρτη που προέκυψε από την έρευνα (Χάρτης 3.1) αποτυπώνονται τα ανωτέρω συμπεράσματα. Παρατηρείται ότι ο ορεινός κορμός της χώρας, ακόμη και στις νότιες περιοχές, παρουσιάζει υψηλές τιμές βαθμομερών θέρμανσης.

Το 2005, δημοσιεύτηκε μια εργασία, η οποία είχε ως κύριο στόχο τον υπολογισμό των βαθμομερών θέρμανσης σε 50 ελληνικές πόλεις με βάση το μοντέλο του Erbs, το οποίο αναφέρθηκε στην Ενότητα 3.1. Από την εργασία προκύπτει ότι το μοντέλο του Erbs μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια στον ελληνικό χώρο, δίνοντας αξιόπιστα αποτελέσματα (Παπακώστας et al. 2005).



**Χάρτης 3.1.** Κατανομή βαθμομερών θέρμανσης στην Ελλάδα, για θερμοκρασία βάσης 14°C, για όλη την ψυχρή περίοδο (πηγή: Ματζαράκης & Μπαλαφούτης 2002)

Το 2010 η υιοθέτηση του KENAK συνοδεύτηκε από ειδική ΤΟΤΕΕ για τις κλιματικές παραμέτρους στην Ελλάδα. Η παράμετρος του κλίματος και του υψομέτρου έχει συμπεριληφθεί στις διατάξεις του KENAK, ουσιαστικά, μέσα από τα ακόλουθα:

- Η χώρα χωρίζεται σε τέσσερις θερμικές ζώνες (Α,Β,Γ,Δ), έναντι τριών ζωνών που προέβλεπε ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) του 1979. Η ζώνη Α είναι η θερμότερη και η ζώνη Δ η ψυχρότερη. Σε συμφωνία με τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών (Μπαλαφούτης et al. 2002), η Δυτική Μακεδονία και μέρος της Ανατολικής Μακεδονίας, λόγω των ιδιαίτερα ψυχρών καιρικών συνθηκών έχουν ενταχθεί στη ζώνη Δ.
- Αναγνωρίζεται ότι το υψόμετρο συντελεί στην ύπαρξη ψυχρότερων κλιματικών συνθηκών και έτσι οι περιοχές με υψόμετρο άνω των 500m κατατάσσονται στην αμέσως δυσμενέστερη ζώνη από αυτών που ανήκουν γεωγραφικά (άρθρο 6, παρ. 2).
- Εάν στην υπό μελέτη περιοχή δεν υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός και αυτή διαφέρει υψομετρικά πάνω από 200m, σε σχέση με την πλησιέστερη περιοχή, όπου υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός η μηνιαία θερμοκρασία σχεδιασμού λαμβάνεται από τον τύπο (ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010):

$$T_{a1} = T_a - 6,5 \cdot \frac{A_1 - A}{1000}$$

$T_{α1}$ : Η μηνιαία θερμοκρασία σχεδιασμού της υπό μελέτη περιοχής

$T_α$ : Η αντίστοιχη θερμοκρασία της πλησιέστερης περιοχής, όπου υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός

$A_1$ : Το υψόμετρο της περιοχής μελέτης

$A$ : Το υψόμετρο που βρίσκεται ο μετεωρολογικός σταθμός

- Στις ζώνες Γ και Δ, στις οποίες ανήκει η πλειονότητα των ορεινών περιοχών της χώρας, οι προδιαγραφές σχετικά με τις θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιριακού κελύφους, είναι ιδιαίτερα αυστηρές, ώστε να αντιμετωπιστούν οι αυξημένες θερμικές απώλειες που παρατηρούνται στις κλιματικές ζώνες αυτές.

Όσον αφορά στη δεύτερη κατηγορία από τη σχετική με τις βαθμομέρες βιβλιογραφία, το ενδιαφέρον των ερευνητών, κυρίως, εστιάζεται στην προσπάθεια εύρεσης αξιόπιστων τρόπων υπολογισμού των βαθμομερών. Κάνοντας την υπόθεση ότι οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες ακολουθούν κανονική κατανομή, αποδεικνύεται ότι οι βαθμομέρες εξαρτώνται μόνο από τις στατιστικές παραμέτρους της κατανομής (Aceituno 1979). Σύμφωνα με τον Martinaitis (1998), είναι καλύτερο για την ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων να εισάγονται στις μεθόδους υπολογισμού των βαθμομερών οι θερμοκρασιακές τιμές που καθορίζουν τα όρια της περιόδου θέρμανσης. Έχει επίσης αναπτυχθεί αξιόπιστο μοντέλο υπολογισμού των βαθμομερών θέρμανσης για οποιαδήποτε θερμοκρασία βάσης, εφ' όσον είναι γνωστές οι βαθμομέρες για κάποια συγκεκριμένη θερμοκρασία βάσης καθώς και η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής μελέτης (Gelegenis 2009). Η παράμετρος του υψομέτρου δεν έχει απασχολήσει τις έρευνες που στοχεύουν στην ανάπτυξη εργαλείων υπολογισμού των βαθμομερών.

Τέλος, από την τρίτη κατηγορία πηγών, διαπιστώνεται ότι οι βαθμομέρες θέρμανσης αποτελούν ένα εργαλείο, με σημαντική χρησιμότητα, όχι μόνο στην κλασική ενεργειακή ανάλυση και τις άμεσες εφαρμογές της. Συγκεκριμένα, οι Martinaitis et al (2010) χρησιμοποιούν τις βαθμομέρες για την εξεργειακή ανάλυση κτιρίων. Ως εξέργεια ορίζεται το μέγιστο ωφέλιμο έργο που μπορεί να πραγματοποιήσει ένα σύστημα σε συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος (Dincer & Rosen 2007). Η εξεργειακή ανάλυση, ουσιαστικά, διαφέρει από την ενεργειακή στο ότι λαμβάνει υπ' όψιν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των διαφόρων ενεργειακών μορφών, μέσω του δεύτερου νόμου της θερμοδυναμικής. Προκύπτει ότι οι βαθμομέρες είναι και στην περίπτωση της εξεργειακής ανάλυσης το βασικό υπόβαθρο για τους υπολογισμούς (Martinaitis et al. 2010). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εργασία του Sahal (2006), ο οποίος χρησιμοποιεί τις βαθμομέρες για να καθορίσει κλιματικές ζώνες στην Τουρκία, οι οποίες θα βοηθήσουν στο σχεδιασμό των κτιρίων, ώστε αυτά να μην παρουσιάζουν προβλήματα επιφανειακής συμπύκνωσης υδρατμών στην τοιχοποιία. Σημειώνεται ότι και σε αυτήν την κατηγορία της βιβλιογραφίας δεν εμφανίζονται αναφορές που να βασίζονται στις βαθμομέρες για την αντιμετώπιση των ιδιαιτεροτήτων του ενεργειακού σχεδιασμού στις ορεινές περιοχές.

Βάσει της σχετικής βιβλιογραφίας, προκύπτει το βασικό συμπέρασμα πως έχει αναγνωρισθεί το γεγονός ότι η παράμετρος του υψομέτρου επηρεάζει το μέγεθος των βαθμομερών. Τα μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης που χρησιμοποιούνται για την χαρτογραφική απόδοση των βαθμομερών περιέχουν, ως μια από τις ανεξάρτητες μεταβλητές, το υψόμετρο. Σε μία εργασία (Büyükalaca et al. 2001) υπάρχουν και εξειδικευμένα διαγράμματα συσχέτισης βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης με το υψόμετρο, χωρίς να αναφέρονται οι σχετικές στατιστικές παράμετροι. Όσον αφορά στη μελέτη των βαθμομερών για τον ελληνικό χώρο, οι υπάρχουσες προσεγγίσεις για την γεωγραφική τους κατανομή συμπεριλαμβάνουν την παράμετρο του υψομέτρου και υπάρχουν αναφορές για αυξημένες ανάγκες θέρμανσης στις ορεινές περιοχές της χώρας. Η παράμετρος του υψομέτρου φαίνεται ότι έχει ληφθεί

υπ' όψιν στον ΚΕΝΑΚ, ο οποίος επιβάλλει πολύ χαμηλές τιμές θερμικής αγωγιμότητας στα κτιριακά κελύφη των κτιρίων στις ψυχρές κλιματικές ζώνες.

Παρά τις αναφορές της βιβλιογραφίας και τις προβλέψεις της νομοθεσίας, υπάρχουν σημαντικά κενά όσον αφορά στη συσχέτιση των βαθμοημερών και των ενεργειακών αναγκών με το υψόμετρο. Πιο συγκεκριμένα:

- Για τον ελληνικό χώρο δεν έχουν δημοσιευθεί συσχετίσεις βαθμοημερών και υψομέτρου
- Δεν έχουν δημοσιευθεί τα μοντέλα παλινδρόμησης που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη γεωγραφική κατανομή των βαθμοημερών στην Ελλάδα και έτσι δεν έχει καταστεί σαφές πόσο σημαντική είναι η επίδραση του υψομέτρου σε αυτές, συγκριτικά με άλλους παράγοντες.
- Δεν υπάρχουν αναφορές για τη συσχέτιση υψομέτρου και βαθμοημερών ψύξης για τον ελληνικό χώρο.
- Δεν έχουν γίνει υπολογισμοί σε σχέση με τη διαφοροποίηση της σύνθεσης του μίγματος θερμικών – ηλεκτρικών αναγκών στις ορεινές περιοχές, η οποία συνδέεται με τη μεταβολή των βαθμοημερών λόγω υψομέτρου. Οι αναφορές στις αυξημένες θερμικές ανάγκες των ορεινών οικισμών παραμένουν σε ποιοτικό επίπεδο και δεν υπάρχουν αναφορές που να περιέχουν συγκεκριμένες ποσοτικοποιήσεις.

Τα ανωτέρω σημεία είναι απαραίτητο να αποσαφηνιστούν για να υπάρξει ολοκληρωμένη προσέγγιση του ενεργειακού σχεδιασμού στις ορεινές περιοχές. Η βάση, ώστε να μπορέσει να πραγματοποιηθεί εξειδικευμένη ενεργειακή βελτιστοποίηση για τις ορεινές περιοχές, είναι η ποσοτικοποίηση των ενεργειακών τους φορτίων καθώς και του μίγματος θερμικών – ηλεκτρικών φορτίων. Έτσι, οι υφιστάμενες προσεγγίσεις δεν είναι επαρκείς - παρά το γεγονός ότι προκύπτει από αυτές ότι το υψόμετρο επηρεάζει τις βαθμοημέρες - και δεν μπορεί να στηριχθεί σε αυτές η διαμόρφωση εξειδικευμένων ενεργειακών στρατηγικών για τις ορεινές περιοχές, στο πνεύμα των προτάσεων της EUROMONTANA (2009). Η αποτελεσματική μελέτη των ενεργειακών ζητημάτων στα ορεινά προϋποθέτει τη σαφή ποσοτικοποίηση του ρόλου του υψομέτρου, της πλέον καθοριστικής γεωγραφικής παραμέτρου των βουνών, ως προς τη διαμόρφωση των βαθμοημερών και συνεπώς, των ενεργειακών αναγκών.



## **Β' ΜΕΡΟΣ**

---





## Κεφάλαιο 4. Αντικείμενο και μεθοδολογία της έρευνας

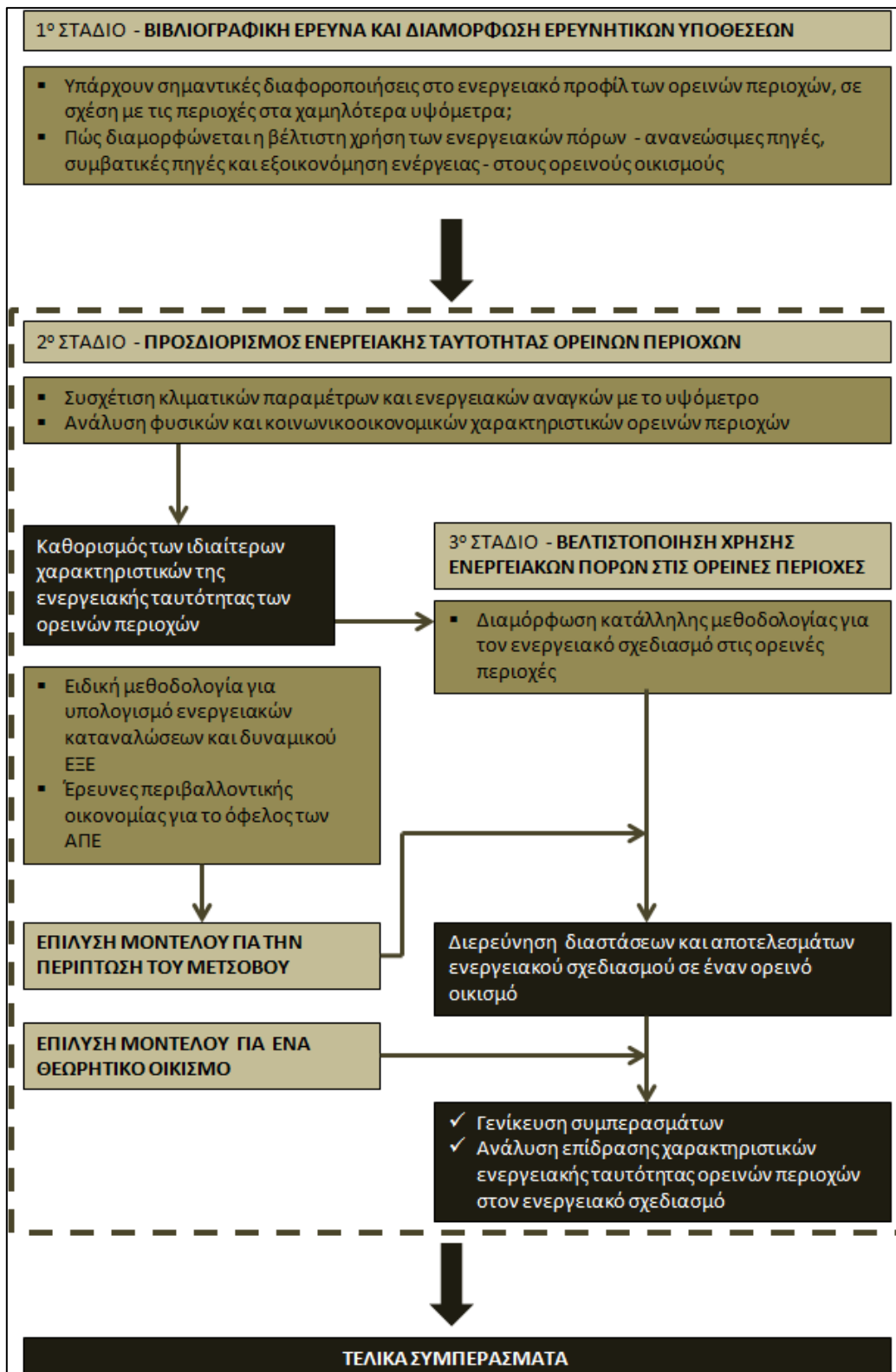
### 4.1 Αντικείμενο της έρευνας

**Αντικείμενο** της εργασίας αποτελεί η βελτιστοποίηση των τοπικών ενεργειακών συστημάτων των ορεινών περιοχών. Βελτιστοποίηση, βασισμένη στη μελέτη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών και των επιπτώσεών της σε οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο. Ο εξειδικευμένος ενεργειακός σχεδιασμός στις ορεινές περιοχές είναι απαραίτητο εργαλείο, ώστε οι ενεργειακοί πόροι των περιοχών αυτών να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά προς όφελος των τοπικών κοινωνιών και να μην αποτελέσουν, απλώς, αντικείμενο επιχειρηματικής εκμετάλλευσης στο πλαίσιο μιας πλήρως απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας.

**Στόχος** της εργασίας είναι η τεκμηρίωση του ρόλου των ανανεώσιμων πηγών και της εξοικονόμησης ενέργειας ως κεντρικού στοιχείου μιας ολοκληρωμένης αναπτυξιακής πολιτικής για τις ορεινές περιοχές. Η ενέργεια δεν αποτελεί κύρια προτεραιότητα της έρευνας για το περιβάλλον και την ανάπτυξη των ορεινών περιοχών. Η αναγνώριση της σημασίας της είναι απαραίτητη για την ουσιαστική βελτίωση της ποιότητας ζωής των ορεινών κοινωνιών και την ορθολογική αξιοποίηση των φυσικών πόρων των βουνών. Παράλληλα, η εργασία επιδιώκει να προχωρήσει την υφιστάμενη γνώση για τη χρήση τεχνικών αποτίμησης περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων στον ενεργειακό σχεδιασμό, να αναδείξει την ωφελιμότητα της αποκεντρωμένης ανάπτυξης των ΑΠΕ για κάλυψη τοπικών ενεργειακών αναγκών και να βελτιώσει τις μεθόδους εκτίμησης των δυνατοτήτων ΕΞΕ σε επίπεδο οικισμού.

## 4.2 Μεθοδολογία της έρευνας

Η διάρθρωση της μεθοδολογικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε στην παρούσα έρευνα αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 4.1.



Διάγραμμα 4.1. Μεθοδολογία της έρευνας

#### 4.2.1 Προσδιορισμός της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών

Για να προσδιοριστεί το ενεργειακό προφίλ των ορεινών περιοχών, αρχικά εντοπίστηκαν τα χαρακτηριστικά του ορεινού χώρου που, δυνητικά, έχουν επίδραση στον ενεργειακό τομέα, τα οποία είναι:

##### **Γεωγραφικά χαρακτηριστικά**

- Υψόμετρο
- Κλίση
- Απομόνωση

##### **Κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά**

- Ασθενής παραγωγική βάση και χαμηλά εισοδήματα
- Μεγάλη ηλικία κτιριακού αποθέματος και παραδοσιακός αρχιτεκτονικός χαρακτήρας

Ήδη στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάστηκαν στοιχεία για τη σύνδεση των ανωτέρω παραμέτρων με τα ενεργειακά ζητήματα. Επιπλέον, αναλύθηκε το μέγεθος του ανανεώσιμου ενεργειακού δυναμικού των ορεινών περιοχών, μέσω συγκεκριμένων μεγεθών και παραδειγμάτων, καθώς και οι περιορισμοί που θέτουν στην εκμετάλλευση των ΑΠΕ τα χαρακτηριστικά των ορεινών περιοχών.

Ο ρόλος του υψομέτρου, λόγω της ιδιαίτερης σημασίας του, παρουσιάζεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5. Πραγματοποιήθηκε διερεύνηση της σχέσης του υψομέτρου και των ενεργειακών αναγκών. Αρχικά διευκρινίστηκε η συσχέτιση των βαθμομερών με το υψόμετρο και πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί, με βάση δεδομένα από 100 περιοχές, σε όλη την ελληνική επικράτεια. Οι υπολογισμοί έγιναν για θερμοκρασίες βάσης 16, 18 και 20°C, όσον αφορά στις βαθμομέρες θέρμανσης και 18, 20 και 22°C, όσον αφορά στις βαθμομέρες ψύξης. Χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία του Erbs, με βάση μηνιαία θερμοκρασιακά δεδομένα. Οι πίνακες με τις τιμές των βαθμομερών, όπως υπολογίστηκαν για τις 100 περιοχές παρουσιάζονται στο Παράρτημα. Η σύνδεση των βαθμομερών και των ενεργειακών αναγκών με το υψόμετρο αποτελεί κεντρικό στοιχείο της όλης μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία. Με βάση τη διαδικασία αυτή δίνεται η δυνατότητα μελέτης της διαφοροποίησης των ενεργειακών φορτίων στις ορεινές περιοχές, η οποία και καθορίζει, σε μεγάλο βαθμό, τα αποτελέσματα του ενεργειακού σχεδιασμού σε αυτές.

Το βασικό δίκτυο των μετεωρολογικών σταθμών της χώρας ήταν μέχρι και τη δεκαετία του '80 αρκετά περιορισμένο. Από τότε άρχισαν σταδιακά να προστίθενται περισσότεροι σταθμοί, ενώ την τελευταία πενταετία έχει ξεκινήσει μια ενδιαφέρουσα προσπάθεια, η οποία συνίσταται στη δημιουργία ενός μεγάλου δικτύου σταθμών, οι οποίοι εγκαθίστανται από φορείς ή ιδιώτες που ενδιαφέρονται, υπό την επίβλεψη του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Οι βιβλιογραφικές αναφορές, σε σχέση με τις βαθμομέρες για την Ελλάδα, έχουν βασιστεί στο δίκτυο των 40 βασικών μετεωρολογικών σταθμών της ΕΜΥ, ορισμένοι από τους οποίους λειτουργούν ήδη από τη δεκαετία του '50. Στον ΚΕΝΑΚ έχουν συμπεριληφθεί μερικοί ακόμη σταθμοί, που προσέθεσε η ΕΜΥ τις δεκαετίες του '80 και του '90 (συνολικός αριθμός σταθμών 62) και τα μετεωρολογικά δεδομένα, έχουν ληφθεί με βάση την περίοδο 1993-2003.

Το πρόβλημα που προκύπτει και έχει επισημανθεί από τους ερευνητές, είναι ότι το δίκτυο των σταθμών περιορίζεται σε χαμηλά υψόμετρα. Συγκεκριμένα, το δίκτυο σταθμών που μπορούσαν να

χρησιμοποιήσουν οι Matzarakis & Balafoutis (2004) διέθετε μόνον τρεις σταθμούς άνω των 600m, με μέγιστο υψόμετρο τα 650m και μόνον ένα σταθμό στην υψομετρική ζώνη 400-600m. Τα προβλήματα αυτά δεν εμπόδισαν τους ερευνητές από το να καταλήξουν σε αξιόπιστες εκτιμήσεις σε σχέση με τα χρονικά όρια των περιόδων θέρμανσης στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Όμως, το αραιό δίκτυο των σταθμών που είχαν στη διάθεσή τους και η, επί της ουσίας, ανυπαρξία μετεωρολογικών δεδομένων για τις ορεινές περιοχές δημιούργησε σημαντικά εμπόδια, όσον αφορά στην εκτίμηση του ακριβούς ρόλου του υψομέτρου στη διαμόρφωση των τιμών των βαθμοημερών. Επιπλέον, το ερευνητικό ενδιαφέρον για τις ορεινές περιοχές, γενικότερα, δεν ήταν ιδιαίτερα έντονο, με αποτέλεσμα να απουσιάζουν εστιασμένες προσπάθειες στο ζήτημα της διαφοροποίησης των βαθμοημερών και των ενεργειακών αναγκών στα βουνά.

Με τη βοήθεια του Εργαστηρίου Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ, αποκτήθηκε πρόσβαση σε μια ευρύτερη βάση μετεωρολογικών δεδομένων της ΕΜΥ, η οποία αριθμεί συνολικά 130 μετεωρολογικούς σταθμούς. Παρ' όλα αυτά και πάλι η εκτεταμένη αυτή βάση παρουσιάζει σημαντική ανισοκατανομή ως προς τα υψόμετρα, που βρίσκονται οι σταθμοί. Υπάρχουν 14 σταθμοί σε περιοχές με υψόμετρο άνω των 600m, εκ των οποίων οι 5 σε περιοχές άνω των 800m. Στην υψομετρική ζώνη 400-600m (ημιορεινές περιοχές) υπάρχουν μετρήσεις μόνο από 4 σταθμούς.

Συνεπώς, προκειμένου να υπάρξει καλύτερη εικόνα για το ρόλο του υψομέτρου, κρίθηκε απαραίτητος ο εμπλουτισμός της βάσης μετεωρολογικών δεδομένων με περισσότερα στοιχεία, από μετεωρολογικούς σταθμούς στη ζώνη 400-600m, στη ζώνη 600-800m, καθώς και πάνω από τα 800m. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από σταθμούς που έχουν ενταχθεί στο δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Ένα μειονέκτημα εντοπίζεται στο γεγονός ότι οι σταθμοί αυτοί έχουν λειτουργήσει για μικρές χρονικές περιόδους, από 1-5 χρόνια και αυτό συνεπάγεται αποκλίσεις από την πραγματική κατάσταση. Εντούτοις, στη βιβλιογραφία επισημαίνεται ότι, όσον αφορά στη θερμοκρασία του αέρα, η οποία και καθορίζει τις βαθμοημέρες, δεδομένα από βραχείες χρονικές περιόδους για μια περιοχή δίνουν αξιόπιστη και αντιπροσωπευτική εικόνα για τα πρότυπα που ακολουθεί η θερμοκρασία στη συγκεκριμένη περιοχή (Court 1974). Η αναφορά αυτή επαληθεύτηκε, υπολογίζοντας βαθμοημέρες θέρμανσης σε 20 περιοχές, αρχικά με βάση δεδομένα από σταθμούς, με περίοδο λειτουργίας 1 έως 5 έτη και στη συνέχεια με βάση δεδομένα από σταθμούς με περίοδο λειτουργίας άνω των 20 ετών. Η μέση σχετική απόκλιση, υπολογίστηκε σε 8,3%. Εξάλλου, οι υπάρχουσες μελέτες γεωγραφικής κατανομής των βαθμοημερών στην Ελλάδα (Matzarakis & Balafoutis 2004) έχουν βασιστεί σε δεδομένα, διάρκειας 4 ετών. Συνεπώς, η προσπάθεια αποσαφήνισης του ρόλου του υψομέτρου χρησιμοποιώντας θερμοκρασιακά δεδομένα τόσο μεγάλης όσο και μικρής χρονικής κλίμακας θεωρείται ότι είναι αντιπροσωπευτική της πραγματικής κατάστασης.

#### 4.2.2 Βελτιστοποίηση χρήσης ενεργειακών πόρων στις ορεινές περιοχές

Προκειμένου να διερευνηθεί το ζήτημα της βελτιστοποίησης της χρήσης των ενεργειακών πόρων στις ορεινές περιοχές και των επιδράσεων των χαρακτηριστικών της ενεργειακής τους ταυτότητας στον ενεργειακό σχεδιασμό, ακολουθήθηκε μία πορεία από το ειδικό στο γενικό. Συγκεκριμένα, διαμορφώθηκε ένα μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού, το οποίο σε πρώτη φάση εφαρμόστηκε στην ορεινή πόλη του Μετσόβου, ώστε, πρώτον, να ελεγχθεί η αξιοπιστία του μοντέλου και, δεύτερον, να προκύψει ένα πρώτο σύνολο συμπερασμάτων, με βάση ένα πραγματικό παράδειγμα. Σε δεύτερη φάση, προκειμένου να γενικευθούν τα συμπεράσματα αλλά και για να πραγματοποιηθεί ανάλυση

ευαισθησίας των αποτελεσμάτων της ενεργειακής βελτιστοποίησης συναρτήσει παραμέτρων της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών, το μοντέλο εφαρμόστηκε σε ένα θεωρητικό οικισμό, με χαρακτηριστικά ανάλογα «μιας μέσης κατάστασης» των ελληνικών οικισμών.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τη διαμόρφωση του μοντέλου ενεργειακού σχεδιασμού, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι αυτή του μονοκριτήριου γραμμικού προγραμματισμού. Η αντικειμενική συνάρτηση επελέγη να είναι μια συνάρτηση «ολικού κόστους», στην οποία περιλαμβάνονται τέσσερις επιμέρους συναρτήσεις κόστους – οφέλους:

- Συνάρτηση κόστους εγκατάστασης ενεργειακών τεχνολογιών
- Συνάρτηση κόστους συντήρησης και λειτουργίας ενεργειακών τεχνολογιών
- Συνάρτηση εξωτερικού κόστους λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία των ενεργειακών τεχνολογιών
- Συνάρτηση εξωτερικού οφέλους λόγω της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας για την κατασκευή και συντήρηση των ενεργειακών τεχνολογιών

Η βέλτιστη λύση είναι αυτή που ελαχιστοποιεί την αντικειμενική συνάρτηση, της οποίας η γενική μορφή έχει ως εξής:

$$C_{total} = \sum_i C_i - \sum_i B_i = \sum_{i=1}^n C_{i,inst} + \sum_{i=1}^n C_{i,o/m} + \sum_{i=1}^n C_{i,env} - \sum_{i=1}^n B_{i,soc} \quad (4.1)$$

$C_{i,inst}$ : Το ετήσιο ισοδύναμο κόστος εγκατάστασης κάθε ενεργειακής πηγής

$C_{i,o/m}$ : Το ετήσιο ισοδύναμο κόστος συντήρησης και λειτουργίας κάθε ενεργειακής πηγής

$C_{i,env}$ : Το ετήσιο ισοδύναμο εξωτερικό κόστος που προκαλείται στο περιβάλλον από την ενεργειακή κατανάλωση κάθε ενεργειακής πηγής

$B_{i,soc}$ : Το ετήσιο ισοδύναμο οικονομικό όφελος που προκύπτει από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας κάθε ενεργειακής πηγής

Οι μεταβλητές απόφασης του συστήματος γραμμικού προγραμματισμού είναι τα ποσά ενέργειας που παρέχει η  $i$  πηγή σε ετήσια βάση ( $X_i$ ). Εφ' όσον οι συναρτήσεις κόστους – οφέλους είναι γραμμικές, η σχέση 4.1 αναλυτικότερα γράφεται:

$$C_{total} = \sum_i a_i X_i = \sum_{i=1}^n (a_{i,inst} + a_{i,o/m} + a_{i,env} - a_{i,soc}) X_i \quad (4.2)$$

Ο προσδιορισμός της αντικειμενικής συνάρτησης ανάγεται στον υπολογισμό των συντελεστών που αναφέρονται στη σχέση 4.2. Οι συντελεστές εκτιμήθηκαν αφ' ενός με βάση τη σχετική βιβλιογραφία και αφ' ετέρου μέσω έρευνας στην αγορά ενεργειακών προϊόντων και υπηρεσιών, ώστε να αποτυπωθεί μια ρεαλιστική εικόνα. Αναλυτικότερα περιγράφεται ο προσδιορισμός των συντελεστών στα Κεφάλαια 6 και 7, αναλόγως της περίπτωσης εφαρμογής.

Η επίλυση του μοντέλου απαιτεί την ύπαρξη περιορισμών. Στα Κεφάλαια 6 και 7 περιγράφονται επιμέρους στοιχεία που διαμορφώνουν τους περιορισμούς, με βάση τα ειδικά χαρακτηριστικά των επιλύσεων. Το γενικό πλαίσιο των περιορισμών του μοντέλου έχει ως εξής:

### Φυσικός περιορισμός

Οι μεταβλητές απόφασης θα πρέπει να παίρνουν θετικές ή μηδενικές τιμές.

$$X_i \geq 0, \forall i$$

### Περιορισμοί δυναμικότητας

Οι τιμές των μεταβλητών απόφασης δεν μπορούν να ξεπερνούν τη δυναμικότητα της ενεργειακής πηγής ( $D_i$ ), στην οποία αντιστοιχούν

$$X_i \leq D_i, \forall i$$

### Περιορισμός κάλυψης ζήτησης

Η βέλτιστη λύση θα πρέπει να οδηγεί στην πλήρη κάλυψη των ηλεκτρικών ( $N_{el}$ ) και θερμικών ( $N_{th}$ ) φορτίων του οικισμού.

$$\sum_j X_j \geq N_{el}$$

j: οι μεταβλητές απόφασης που αντιστοιχούν σε τεχνολογίες κάλυψης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας

$$\sum_k X_k \geq N_{th}$$

k: Οι μεταβλητές απόφασης που αντιστοιχούν σε τεχνολογίες κάλυψης της ζήτησης θερμικής ενέργειας

### Περιβαλλοντικός περιορισμός

Εφ' όσον στόχος του ενεργειακού σχεδιασμού είναι, μεταξύ άλλων, η βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του ενεργειακού συστήματος, χρειάζεται το περιβαλλοντικό κόστος της βέλτιστης λύσης (που εκφράζει στο μοντέλο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις) να είναι μικρότερο από το περιβαλλοντικό κόστος της υφιστάμενης κατάστασης ( $C_{env,0}$ ). Περαιτέρω, τίθεται ως ελάχιστο κατώφλι μείωσης του περιβαλλοντικού κόστους ένα ποσοστό 20%, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Το ποσοστό αυτό δεν είναι μια αυθαίρετη επιλογή αλλά επιλέγεται ακολουθώντας τη λογική του στόχου «20-20-20» της ενεργειακής και κλιματικής πολιτικής της Ε.Ε.

$$C_{env} = \sum_i a_{i,env} X_i \leq 0,8 \cdot C_{env,0}$$

### Περιορισμός λειτουργικού κόστους

Προκειμένου το βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα να συνεπάγεται μικρότερη οικονομική επιβάρυνση για τους χρήστες του, τίθεται ως περιορισμός, το λειτουργικό κόστος να είναι μικρότερο του αντίστοιχου της υφιστάμενης κατάστασης ( $C_{o/m,0}$ ).

$$C_{o/m} = \sum_i a_{i,o/m} X_i < C_{o/m,0}$$

Στην περίπτωση του Μετσόβου τίθενται ειδικότεροι περιορισμοί για να εξασφαλίζεται η αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας στον οικισμό.

### Περιορισμός εξοικονόμησης ενέργειας

Αναγνωρίζοντας την ιδιαίτερη σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης τίθεται ως κατώφλι συμμετοχής των τεχνικών παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας, στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα, ποσοστό 20% επί της ζήτησης για θέρμανση χώρων ( $N_{th,sp}$ )

Το μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού επιλύθηκε με τη μέθοδο Simplex, μέσω του λογισμικού Microsoft Office Excel 2010.

#### 4.2.3 Μέθοδος εκτίμησης ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης και δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας στο Μέτσοβο

Στη συνέχεια, γίνεται αναλυτικότερη αναφορά στον τρόπο προσέγγισης επιμέρους παραμέτρων για τον οικισμό του Μετσόβου, με στόχο τον ακριβή προσδιορισμό των στοιχείων, σχετικά:

- Με τα χαρακτηριστικά των κτιριακών κελυφών των κατοικιών και των χρησιμοποιούμενων συστημάτων παραγωγής ενέργειας
- Με τις ενεργειακές δαπάνες των νοικοκυριών
- Με τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, μέσω αναβάθμισης της ενεργειακής απόδοσης των κατοικιών

Η αναγκαιότητα αναλυτικής προσέγγισης των ανωτέρω στοιχείων κρίθηκε σκόπιμη, λόγω της ανεπάρκειας των στατιστικών δεδομένων, η οποία θα οδηγούσε σε λανθασμένα αποτελέσματα την προσπάθεια ενεργειακής βελτιστοποίησης. Συγκεκριμένα, το βασικό εργαλείο για τη μελέτη της ενεργειακής ζήτησης των κτιρίων, στην Ελλάδα, είναι το Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια (ΕΠΣΕ), διαθέσιμο στο κοινό μέσω διαδικτύου. Ο χρήστης μπορεί να βρει πληροφορίες για τη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση χώρων και νερού των ελληνικών οικισμών. Η ζήτηση κατηγοριοποιείται σε ηλικιακές κατηγορίες κτιρίων (προ 1970, 1971-1985, 1986-1995, μετά 1995) και σε τυπολογία κτιρίων (μονοκατοικίες, διπλοκατοικίες, πολυκατοικίες). Το πρόβλημα είναι ότι, αφ' ενός οι ηλικιακές κατηγορίες είναι κατηγοριοποιημένες, έτσι ώστε κατοικίες με και χωρίς μόνωση να συμπεριλαμβάνονται στην ίδια κατηγορία (1971-1985) και αφ' ετέρου δεν υπάρχουν στοιχεία για τα χρησιμοποιούμενα συστήματα παραγωγής ενέργειας, ώστε να προσδιοριστούν οι ενεργειακές καταναλώσεις.

Επιπλέον, οι υφιστάμενες ερευνητικές προσεγγίσεις για την εκτίμηση του δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας, σε επίπεδο οικισμού δεν είναι επαρκείς για την πραγματοποίηση αξιόπιστων εκτιμήσεων όταν επιχειρείται αποκεντρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός σε επίπεδο οικισμού. Για την εκτίμηση των δυνατοτήτων ΕΞΕ, οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται, χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: “top-down” και “bottom-up” προσεγγίσεις (Swan et al. 2009).

Οι top-down τεχνικές αντιμετωπίζουν τον κτιριακό τομέα ως μια σημαντική πηγή κατανάλωσης ενέργειας και δεν ξεχωρίζουν τις ενεργειακές καταναλώσεις, αναλόγως των διάφορων χρήσεων. Στοχεύουν στον προσδιορισμό των επιπτώσεων μεγάλων αλλαγών ή μεταβάσεων στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα, προκειμένου να μπορούν – σε επίπεδο χώρας συνήθως – να

καθορίζονται οι απαιτήσεις του κτιριακού τομέα σε ενέργεια. Το πλεονέκτημα των top-down προσεγγίσεων έγκειται στο ότι μπορούν να βασιστούν σε συνολικά στατιστικά δεδομένα ενεργειακών καταναλώσεων, τα οποία είναι – συνήθως – εύκολα διαθέσιμα και με σχετικά απλό τρόπο να προχωρήσουν στις εκτιμήσεις των δυνατοτήτων μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης. Οι top-down προσεγγίσεις είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για τον καθορισμό των στρατηγικών στόχων της ενεργειακής πολιτικής αλλά δεν είναι επαρκείς σε περιπτώσεις ενεργειακής βελτιστοποίησης σε τοπικό επίπεδο.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής μιας top-down προσέγγισης στον ελληνικό χώρο είναι η προσπάθεια των Balaras et al. (2007), που είχε ως στόχο την εμπειρική εκτίμηση του ελληνικού κτιριακού αποθέματος, της ενεργειακής του κατανάλωσης και των δυνατοτήτων ΕΞΕ. Οι ερευνητές προσπάθησαν μέσω κατάλληλων παραδοχών να συνθέσουν τα διάσπαρτα στατιστικά δεδομένα για το κτιριακό απόθεμα στην Ελλάδα. Διαχώρισαν το συνολικό αριθμό κτιρίων στην Ελλάδα ανά κατηγορία χρήσης (κατοικίες, σχολεία, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, γραφεία κ.ο.κ.), ανά περίοδο κατασκευής και ανά περιοχή, με βάση τα κλιματικά χαρακτηριστικά. Στηριζόμενοι στα ισοζύγια ενέργειας του Υπουργείου Ανάπτυξης καθώς και σε μελέτες και μοντέλα για την ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων στην Ελλάδα, προχώρησαν στον καθορισμό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση, περίοδο κατασκευής και κλιματική ζώνη. Οι κλιματικές ζώνες που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία ήταν τέσσερις, σχεδόν όμοιες με αυτές που υιοθετήθηκαν στον ΚΕΝΑΚ, το 2010. Στη συνέχεια, οι ερευνητές εκτίμησαν την επίδραση 14 μέτρων ΕΞΕ στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης ανά κατηγορία κτιρίων. Η εργασία αυτή, που δημοσιεύθηκε το 2007, είναι η πιο ολοκληρωμένη προσπάθεια, όσον αφορά στην εκτίμηση των χαρακτηριστικών της ενεργειακής κατανάλωσης και των δυνατοτήτων ΕΞΕ στα ελληνικά κτίρια.

Από την άλλη πλευρά, οι bottom-up τεχνικές αναπτύχθηκαν για να αποσαφηνιστεί η συνεισφορά κάθε χρήσης ενέργειας στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα, ώστε τελικά να βελτιωθεί η κατανόηση των χαρακτηριστικών και των λεπτομερειών της (Swan et al. 2009). Κεντρική ιδέα των bottom-up προσεγγίσεων είναι ο αναλυτικός υπολογισμός των ενεργειακών καταναλώσεων μεμονωμένων κτιρίων ή ομάδων κτιρίων και έπειτα η προβολή τους σε περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο, με βάση την αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος που μοντελοποιήθηκε. Υπάρχουν δύο βασικές υποδιαιρέσεις των bottom-up τεχνικών: Οι στατιστικές και οι τεχνολογικές μέθοδοι.

Οι στατιστικές μέθοδοι βασίζονται στην αξιοποίηση στοιχείων ενεργειακής κατανάλωσης από ένα δείγμα κτιρίων σε συνδυασμό με κάποια τεχνική παλινδρόμησης, ώστε να βρεθεί η σχέση μεταξύ των τελικών χρήσεων και της ενεργειακής κατανάλωσης. Οι τεχνολογικές μέθοδοι στηρίζονται σε πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των κτιρίων και των τελικών χρήσεων, προκειμένου να υπολογίσουν την ενεργειακή κατανάλωση στη βάση των αρχών της εφαρμοσμένης θερμοδυναμικής.

Χρήση στατιστικής προσέγγισης για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης σε κτίρια κατοικιών, με χρήση νευρωνικών δικτύων, γίνεται στην έρευνα των Mihalakakou et al (2002). Στην έρευνα αυτή επιχειρήθηκε η πρόβλεψη των χρονοσειρών της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου κατοικίας στην Αθήνα. Μετρήθηκαν για διάστημα έξι ετών δύο κλιματικές παράμετροι, η θερμοκρασία και η ηλιακή ακτινοβολία, σε ωριαία βάση. Οι κλιματικές αυτές παράμετροι αποτέλεσαν την είσοδο στο νευρωνικό δίκτυο και η έξοδος ήταν η ζήτηση ισχύος σε W. Οι εκτιμώμενες τιμές της ζήτησης ισχύος προέκυψαν πολύ κοντά στις πραγματικές τιμές με συντελεστές συσχέτισης μεταξύ 0,96 και 0,98.

Οι Nishio et al. (2006) ανέπτυξαν μια τεχνολογική προσέγγιση, προκειμένου να υπολογίσουν την ενεργειακή κατανάλωση σε κατοικίες και να εκτιμήσουν τις δυνατότητες ΕΞΕ. Οι ερευνητές



αξιοποίησαν μεγάλο όγκο στοιχείων από την Ιαπωνία για να αποσαφηνίσουν τις κατανομές και τα μεγέθη σημαντικών μεταβλητών όσον αφορά στην ενεργειακή κατανάλωση των κατοικιών. Τα στοιχεία εισάγονται σε μία «γεννήτρια τύπων κατοικιών» με βάση την τεχνική Monte Carlo. Έτσι, προκύπτουν τιμές για τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των διάφορων τύπων κατοικιών που, στη συνέχεια, χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθούν πρότυπα ενεργειακής κατανάλωσης.

Όσον αφορά στον ελληνικό χώρο, ενδιαφέρον παρουσιάζουν δύο ακόμη εργασίες. Η πρώτη δημοσιεύτηκε το 2011 από τους Theodoridou et al. και κινείται στην κατεύθυνση της αποσαφήνισης των χαρακτηριστικών του ελληνικού κτιριακού αποθέματος, ώστε να υπάρξει η δυνατότητα εκτίμησης της ενεργειακής του απόδοσης και των δυνατοτήτων ΕΞΕ. Πρόκειται, ουσιαστικά, για μια bottom-up στατιστική προσέγγιση. Οι ερευνητές πραγματοποίησαν συνεντεύξεις, με τη βοήθεια κατάλληλου ερωτηματολογίου σε 772 κατοικίες στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, ώστε να αποτυπώσουν τα δομικά και θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των κατοικιών, τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού, τα κόστη κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, καθώς και τις ενδεχόμενες επεμβάσεις ΕΞΕ. Κατόπιν πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των ερωτηματολογίων και συσχετίσεις της ενεργειακής κατανάλωσης με διάφορες παραμέτρους. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι τέτοιου είδους προσεγγίσεις είναι χρήσιμες για την κατανόηση των μέτρων ΕΞΕ που μπορούν να συντελέσουν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στις κατοικίες.

Η δεύτερη εργασία δημοσιεύτηκε, επίσης το 2011, από τους Dascalaki et al. και αποτελεί μια top-down προσέγγιση με στόχο τον καθορισμό των τυπολογιών των ελληνικών κτιρίων, με στόχο τη διευκόλυνση της εκτίμησης της ενεργειακής τους συμπεριφοράς. Η έρευνα αποτελεί, κατά κάποιον τρόπο, συνέχεια της εργασίας των Balaras et al (2007). Πραγματοποιείται εκτίμηση των χαρακτηριστικών του ελληνικού κτιριακού αποθέματος με τη βοήθεια ενός μοντέλου που αναπτύχθηκε για την εκτίμηση των τυπολογιών των κτιρίων σε επίπεδο Ε.Ε. με την ονομασία TABULA. Στη συνέχεια υπολογίζονται οι δυνατότητες ΕΞΕ στην Ελλάδα, ακολουθώντας τις τυπολογίες που προκύπτουν από τη βάση δεδομένων TABULA.

Από τις υφιστάμενες έρευνες και τα εργαλεία ανάλυσης που υπάρχουν, προκύπτει ότι:

- Οι 'από-πάνω-προς-τα-κάτω' (top-down) προσεγγίσεις αφορούν σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο και ειδικά όσον αφορά στην Ελλάδα αποτελούν, έως τώρα, τις μοναδικές πηγές πληροφόρησης για τις δυνατότητες ΕΞΕ στον κτιριακό τομέα στο σύνολο της χώρας
- Οι 'από-κάτω-προς-τα-πάνω' (bottom-up) προσεγγίσεις μπορούν να δώσουν λεπτομερέστερα αποτελέσματα, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ευρύτερο επίπεδο, μόνο εάν η υπό μελέτη περιοχή ανταποκρίνεται στα χαρακτηριστικά του δείγματος κτιρίων της αντίστοιχης bottom-up προσέγγισης

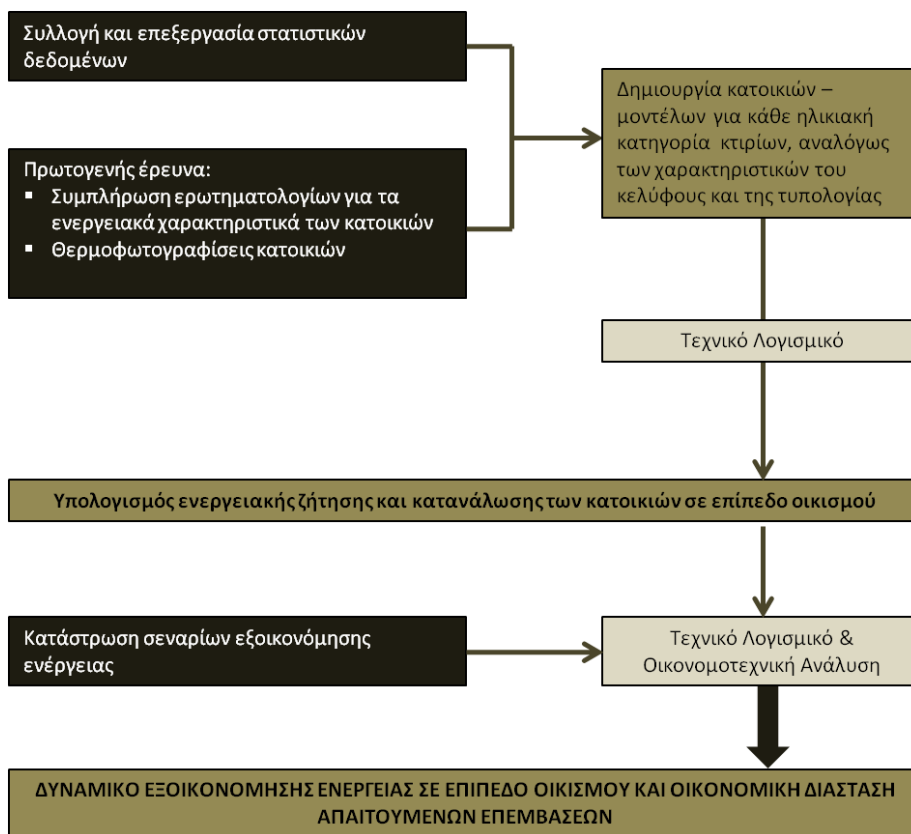
Έτσι, για την περίπτωση του Μετσόβου η διαμόρφωση μιας ειδικότερης μεθοδολογίας κρίθηκε απαραίτητη για τους σκοπούς της έρευνας. Η μεθοδολογία αποτελεί, κατά βάση, μία top-down προσέγγιση αλλά σε τοπική κλίμακα. Παράλληλα, εμπεριέχει στοιχεία που χαρακτηρίζουν τις bottom-up προσεγγίσεις. Περιλαμβάνει ανάλυση στατιστικών δεδομένων σχετικών με το κτιριακό απόθεμα, πρωτογενή έρευνα σε δείγμα κατοικιών και ενεργειακή ανάλυση συγκεκριμένων τύπων κτιρίων. Οδηγεί στον υπολογισμό της ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης σε επίπεδο οικισμού, υπολογίζει με σημαντική ακρίβεια τα αποτελέσματα των επεμβάσεων ΕΞΕ, δίνοντας, επιπλέον, τη δυνατότητα αξιολόγησης της οικονομικής απόδοσης αυτών των επεμβάσεων. Η μεθοδολογία, που αναπτύχθηκε, είναι περισσότερο απαιτητική και σύνθετη από μια αμιγώς top-down προσέγγιση, αλλά λιγότερο

περίπλοκη από αρκετές bottom-up προσεγγίσεις (Mihalakakou et al. 2002 , Fracastoro et al. 2011 , Theodoridou et al. 2011).

Τα βήματα της προσέγγισης έχουν ως ακολούθως:

1. Συλλογή και ανάλυση στατιστικών δεδομένων: Συγκεντρώθηκαν για την περιοχή μελέτης τα μετεωρολογικά δεδομένα καθώς και τα στοιχεία σχετικά με το κτιριακό απόθεμα από τις απογραφές της ΕΛΣΤΑΤ. Έγινε, επίσης, προσπάθεια να καθοριστεί ο αριθμός των «ενεργών» νοικοκυριών, δηλαδή όσων λειτουργούν όλο το χρόνο
2. Πρωτογενής έρευνα για τα ενεργειακά χαρακτηριστικά των νοικοκυριών: Πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις με συμπλήρωση κατάλληλα δομημένων ερωτηματολογίων σε δείγμα των νοικοκυριών της περιοχής μελέτης. Ζητήθηκαν πληροφορίες για τα δομικά χαρακτηριστικά των κατοικιών, των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης που διαθέτουν, καθώς και για τις ετήσιες δαπάνες κάλυψης ενεργειακών αναγκών. Παράλληλα, συλλέχθηκαν πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των χρηστών. Η πρωτογενής έρευνα συμπληρώθηκε με θερμοφωτογράφιση κατοικιών, για να διαπιστωθεί η θερμική συμπεριφορά των κτιριακών κελυφών.
3. Δημιουργία μοντέλων κατοικιών: Με βάση τα ηλικιακά, γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των κτιρίων, αυτά χωρίστηκαν σε κατηγορίες. Για κάθε κατηγορία δημιουργήθηκε ένα «κτίριο - μοντέλο», το οποίο είχε διαστάσεις που αντιστοιχούσαν στο μέσο όρο της κατηγορίας στην οποία ανήκε, ενώ τα χαρακτηριστικά του κελύφους του ανταποκρίνονταν στα χαρακτηριστικά του κελύφους της πλειονότητας των κτιρίων της κατηγορίας του. Τα αποτελέσματα της πρωτογενούς έρευνας προσδιόρισαν τα χαρακτηριστικά των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων των κτιρίων - μοντέλων. Ο προσανατολισμός των κτιρίων – μοντέλων θεωρήθηκε όμοιος με το γενικό προσανατολισμό του Μετσόβου.
4. Υπολογισμός ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης: Τα κτίρια – μοντέλα εισήχθησαν σε λογισμικό ενεργειακής ανάλυσης (Epa-cad της εταιρίας Ti-soft, έκδοση 12.6.1) και έτσι προέκυψε η ενεργειακή τους ζήτηση. Η συνολική ζήτηση ενέργειας του οικισμού υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας την ενεργειακή ζήτηση των κτιρίων μοντέλων κάθε κατηγορίας με τον αριθμό των κτιρίων που υπάγονται στη συγκεκριμένη κατηγορία. Με βάση τα αποτελέσματα της πρωτογενούς έρευνας για τις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται, για την κάλυψη των φορτίων, έγινε εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης στον οικισμό και του απαιτούμενου κόστους με βάση τις τιμές της ενέργειας.
5. Κατάστρωση σεναρίων ΕΞΕ: Διαμορφώθηκαν κατάλληλα σεναρία ΕΞΕ και μέσω έρευνας αγοράς και επισκόπησης της σχετικής βιβλιογραφίας καθορίστηκαν οι οικονομικές διαστάσεις των επεμβάσεων ΕΞΕ.
6. Υπολογισμός των αποτελεσμάτων των μέτρων ΕΞΕ: Εισήχθησαν στο λογισμικό τα κτίρια – μοντέλα, με βελτιωμένα χαρακτηριστικά, αναλόγως των σεναρίων ΕΞΕ και υπολογίστηκε η ενεργειακή ζήτηση και κατανάλωση μετά την εφαρμογή των μέτρων ΕΞΕ.

Η μεθοδολογία αποδίδεται σχηματικά στο Διάγραμμα 4.2.



**Διάγραμμα 4.2.** Μεθοδολογία εκτίμησης δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας στον οικισμό του Μετσόβου

Η μαθηματική διατύπωση της μεθοδολογίας, όσον αφορά στο κομμάτι της θέρμανσης, το οποίο και είναι το σημαντικότερο στους ορεινούς οικισμούς παρουσιάζεται στη συνέχεια.

#### Αρχική κατάσταση του οικισμού

Συνολική ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση:

$$E_{d,tot} = \sum_{i=1}^n E_{d,i,m} \cdot N_i \quad (4.3)$$

$E_{d,i,m}$ : Η ενεργειακή ζήτηση της κατοικίας – μοντέλου της  $i$  κατηγορίας

$N_i$ : Ο αριθμός των κτιρίων της  $i$  κατηγορίας

Μέσος συντελεστής απόδοσης συστημάτων παραγωγής θερμότητας:

$$\eta_m = \sum_{i=1}^l \eta_i \cdot \Pi_i \quad (4.4)$$

$\eta_i$ : Ο συντελεστής απόδοσης του  $i$  συστήματος παραγωγής θερμότητας

$\Pi_i$ : Το ποσοστό των νοικοκυριών που χρησιμοποιεί το  $i$  σύστημα παραγωγής θερμότητας

Συνολική ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση:

$$E_{c,tot} = \frac{E_{d,tot}}{\eta_m} \quad (4.5)$$

Μέσο κόστος κάλυψης θερμικών φορτίων ανά MWh:

$$K_m = \sum_{i=1}^l K_i \cdot \Pi_i \quad (4.6)$$

$K_i$ : Το κόστος λειτουργίας ανά MWh παραγόμενης ενέργειας του  $i$  συστήματος παραγωγής θερμότητας

$\Pi_i$ : Το ποσοστό των νοικοκυριών που χρησιμοποιεί το  $i$  σύστημα παραγωγής θερμότητας

Συνολικό κόστος κάλυψης θερμικών αναγκών:

$$K_{tot} = E_{c,tot} \cdot K_m \quad (4.7)$$

#### Μετά την εφαρμογή μέτρων ΕΞΕ

Αν στον οικισμό μπορούν να πραγματοποιηθούν, συνολικά,  $k$  επεμβάσεις ΕΞΕ, τότε η ζήτηση ενέργειας, που κατ' αρχήν θα αλλάξει, θα δίνεται από τη σχέση:

$$E_{d,tot}' = E_{d,tot} - \sum_{j=1}^k \Delta E_{d,j} \quad (4.8)$$

$\Delta E_{d,j}$ : Η μείωση στην ενεργειακή ζήτηση που συνεπάγεται η  $j$  επέμβαση ΕΞΕ

Ο όρος άθροισμα στη σχέση (4.8) αντιστοιχεί στο δυναμικό εξοικονόμησης ζητούμενης ενέργειας του οικισμού

Αν ο μέσος συντελεστής απόδοσης των συστημάτων παραγωγής θέρμανσης μετά την εφαρμογή των επεμβάσεων ΕΞΕ γίνει  $\eta_m'$ , τότε η συνολική κατανάλωση ενέργειας θα είναι:

$$E_{c,tot}' = \frac{E_{d,tot}'}{\eta_m'} \quad (4.9)$$

Το δυναμικό εξοικονόμησης καταναλισκόμενης ενέργειας του οικισμού θα είναι η διαφορά:

$$E_{EEX_{tot}} = E_{c,tot} - E_{c,tot}' \quad (4.10)$$

#### 4.2.4 Μεθοδολογικό πλαίσιο αποτίμησης περιβαλλοντικού οφέλους από τη χρήση ΑΠΕ στο Μέτσοβο

Στο Μέτσοβο πραγματοποιήθηκαν δύο έρευνες υποθετικής αξιολόγησης, ώστε να υπάρχει μία, επιπλέον, πρωτογενής προσέγγιση, όσον αφορά στην αποτίμηση της περιβαλλοντικής διάστασης του ενεργειακού σχεδιασμού, εκτός από αυτήν της ζημιόγону συνάρτησης, για την οποία μπορούν να αντληθούν στοιχεία από τη βιβλιογραφία.

Η πρώτη έρευνα είχε ως στόχο την αποτύπωση της προθυμίας οικονομικής συνεισφοράς των κατοίκων του οικισμού σε έναν υποθετικό φορέα, ο οποίος θα έχει ως στόχο την αξιοποίηση του ανανεώσιμου ενεργειακού δυναμικού της περιοχής.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια κατάλληλα δομημένου ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε μέσω προσωπικών συνεντεύξεων με τους ερωτώμενους είτε στις κατοικίες τους είτε σε χώρους συνάθροισης κοινού. Το τελικό ερωτηματολόγιο προέκυψε κατόπιν δοκιμών, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στη βάση ενός αρχικού σχεδίου ερωτηματολογίου. Οι συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν κατά το διάστημα Οκτωβρίου 2011 – Φεβρουαρίου 2012.

Το ερωτηματολόγιο δομήθηκε σε πέντε μέρη. Το πρώτο περιείχε ερωτήσεις, οι οποίες στόχευαν στην αποσαφήνιση του επιπέδου ενημέρωσης των κατοίκων για την ενέργεια, τις ΑΠΕ και την ΕΞΕ. Το δεύτερο μέρος αποσκοπούσε στην αποτύπωση των απόψεων των ερωτωμένων για τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση των διάφορων τεχνολογιών ΑΠΕ, καθώς και της γενικότερης στάσης τους σε σχέση με τις ΑΠΕ. Το τρίτο μέρος αφορούσε στην καταγραφή λεπτομερειών σχετικά με τα ενεργειακά συστήματα και τις σχετικές δαπάνες των νοικοκυριών.. Στο τέταρτο μέρος τέθηκε η ερώτηση σχετικά με την προθυμία πληρωμής. Οι απαραίτητες δημογραφικές πληροφορίες συλλέχθηκαν στο πέμπτο μέρος του ερωτηματολογίου.

Οι περισσότερες ερωτήσεις ήταν κλειστές, ώστε να είναι ευκολότερο για τους ερωτώμενους να ανταποκριθούν και να μπορεί να γίνει καλύτερη επεξεργασία. Οι δύο αρχικές ερωτήσεις, οι οποίες λειτουργούσαν και ως ερωτήσεις «ζεστάματος» (Κουτσόπουλος 2000) είχαν ανοιχτή μορφή για να διαπιστωθεί μέσω της ελεύθερης έκφρασης των ερωτωμένων το επίπεδο γνώσεών τους για τον ενεργειακό τομέα. Επίσης, όσοι από τους ερωτώμενους απάντησαν θετικά στο αν έχουν ακούσει ή διαβάσει κάτι για τις ΑΠΕ, κλήθηκαν να απαντήσουν (σε μια ερώτηση με λειτουργία «φίλτρου») τι ακριβώς έχουν ακούσει ή διαβάσει. Η μορφή της ερώτησης αυτής, εκ των πραγμάτων, επελέγη να είναι ανοιχτή.

Η ερώτηση σχετικά με το διατιθέμενο χρηματικό ποσό ήταν ανοικτού τύπου (open ended). Υπάρχουν επιφυλάξεις για τη χρήση ερώτησης ανοικτού τύπου, με το σκεπτικό ότι οι ερωτώμενοι οδηγούνται στο να αναφέρουν το κόστος και όχι την πραγματική αξία. Από την άλλη, αυτή η μορφή είναι απλή στην κατανόηση, θεωρείται ότι οδηγεί σε οικονομικότερα ακριβέστερα αποτελέσματα και συντελεί σε σχετικά συντηρητικές εκτιμήσεις (Venkatachalam 2004, Hoyos & Mariel 2010). Το γεγονός ότι με αυτή τη μορφή η ερώτηση είναι εύληπτη είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την υπό μελέτη περίπτωση, κατά την οποία ο πληθυσμός ενδιαφέροντος δεν είναι εξοικειωμένος με τέτοιου είδους έρευνες και επιπλέον ερωτάται για ένα ζήτημα (ΑΠΕ και ενέργεια) που είναι αρκετά περίπλοκο. Επιπλέον, η συντηρητικότητα στην εκτίμηση θεωρείται επιθυμητή, ώστε να μην ενισχυθούν υπερ-αισιόδοξα σενάρια ανάπτυξης των ΑΠΕ.

Η δεύτερη έρευνα υποθετικής αξιολόγησης είχε, επί της ουσίας, τις ίδιες κεντρικές επιδιώξεις με την πρώτη έρευνα με ουσιαστική διαφορά τον πληθυσμό ενδιαφέροντος. Αποτυπώθηκε η προθυμία πληρωμής των επισκεπτών του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή και υπολογίστηκε η δυναμική οικονομική τους συνεισφορά. Η αποτύπωση της προθυμίας οικονομικής συνεισφοράς των επισκεπτών, σε σχέση με το ενδεχόμενο της ανάπτυξης των ΑΠΕ, παρουσιάζει ενδιαφέρον, ειδικά σε έναν τουριστικό προορισμό όπως το Μέτσοβο. Μια περιοχή, στην οποία το ενεργειακό σύστημα λειτουργεί με όσο το δυνατόν φιλικότερο προς το περιβάλλον τρόπο, περιλαμβάνει μια λανθάνουσα οικονομική αξία, λόγω των βελτιωμένων περιβαλλοντικών συνθηκών αλλά και του πρότυπου /

παραδειγματικού χαρακτήρα που αποκτά. Συνεπώς, εάν επιδιώκεται ο υπολογισμός της ολικής οικονομικής αξίας της ανάπτυξης των ΑΠΕ, θα πρέπει η λανθάνουσα αυτή οικονομική αξία να αποτιμηθεί.

Άλλωστε, η αποτίμηση της αξίας ενός πολιτισμικού πόρου της περιοχής του Μετσόβου, της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής έχει μελετηθεί με βάση την προθυμία πληρωμής τόσο των κατοίκων όσο των επισκεπτών (Τολίδης 2009, Γιαννακοπούλου & Καλιαμπρακος 2010, Γιαννακοπούλου 2012) για τη διατήρησή της. Συνεπώς και η αποτίμηση των περιβαλλοντικών ωφελειών από μια τεχνολογική παρέμβαση - οι οποίες εν δυνάμει επηρεάζουν θετικά το τουριστικό προφίλ της περιοχής και επιπλέον έχουν υπερτοπική σημασία για το περιβάλλον - είναι βάσιμο να στηριχθεί σε έρευνες και στις δύο κοινωνικές ομάδες.

Η έρευνα υποθετικής αξιολόγησης, μεταξύ των επισκεπτών, πραγματοποιήθηκε το διάστημα Απριλίου – Μαΐου του 2012 στο Μέτσοβο. Συμπληρώθηκαν κατάλληλα δομημένα ερωτηματολόγια, κατόπιν προσωπικών συνεντεύξεων με τους ερωτώμενους. Το ερωτηματολόγιο, στην περίπτωση αυτή, περιελάμβανε τέσσερα μέρη. Στο πρώτο υπήρχαν ερωτήσεις σχετικές με κάποια βασικά στοιχεία του προφίλ των επισκεπτών. Στη συνέχεια οι ερωτώμενοι καλούνταν να απαντήσουν μια σειρά ερωτήσεων, σχετικών με τις ΑΠΕ και την ενέργεια, γενικότερα, καθώς και να διατυπώσουν τις γνώμες τους για τα μέτρα περιβαλλοντικής προστασίας στους τουριστικούς προορισμούς. Το τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου περιείχε την ερώτηση προθυμίας πληρωμής και τους λόγους αποδοχής ή άρνησης πληρωμής. Τα απαραίτητα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτώμενων συγκεντρώθηκαν στο τέταρτο μέρος του ερωτηματολογίου.

Το σύνολο των ερωτήσεων ήταν κλειστού τύπου, ώστε να είναι ευχερέστερη η επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Προκειμένου να είναι δυνατή η αντιπαραβολή των πορισμάτων της έρευνας μεταξύ των επισκεπτών και της έρευνας μεταξύ των κατοίκων, η ερώτηση σχετικά με το διατιθέμενο χρηματικό ποσό επελέγη να είναι ανοικτού τύπου (open – ended).

## Κεφάλαιο 5. Ένταξη της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών στον ενεργειακό σχεδιασμό

### 5.1 Διαφοροποίηση των ενεργειακών αναγκών στις ορεινές περιοχές

Το κεντρικό ζήτημα, σχετικά με τη συμπερίληψη των χαρακτηριστικών του ενεργειακού προφίλ των ορεινών περιοχών στον ενεργειακό σχεδιασμό, αφορά στη μεταβολή των ενεργειακών φορτίων υπό την επίδραση του υψομέτρου. Εφ' όσον το υψόμετρο επηρεάζει τις μετεωρολογικές συνθήκες, οι οποίες και αποτελούν βασικό παράγοντα διαμόρφωσης των ενεργειακών αναγκών, μέσω της διερεύνησης της επίδρασής του στις βαθμομέρες, μπορεί να δοθεί σαφής (και αξιοποιήσιμη στον ενεργειακό σχεδιασμό) διάσταση στις διαπιστώσεις σχετικά με την αύξηση των θερμικών φορτίων στις ορεινές περιοχές που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 1.

#### 5.1.1 Συσχέτιση βαθμομερών θέρμανσης και υψομέτρου

Οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης υπολογίστηκαν με βάση τη μεθοδολογία του Erbs για διάφορες θερμοκρασίες βάσης, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 4. Εκτός από τις τιμές των βαθμομερών που προέκυψαν απευθείας από τη μεθοδολογία του Erbs, έγινε και ένας επιπλέον υπολογισμός, ανταποκρινόμενος στα δεδομένα έναρξης και λήξης των περιόδων θέρμανσης και ψύξης, όπως αυτές ορίζονται στη βιβλιογραφία και τη νομοθεσία (Ματζαράκης & Μπαλαφούτης 2002, KENAK). Τα όρια των περιόδων θέρμανσης και ψύξης έχουν ως εξής:

- Για τις κλιματικές ζώνες Α και Β: Θέρμανση από 1 Νοεμβρίου έως 15 Απριλίου και ψύξη από 15/5 έως 15 Σεπτεμβρίου
- Για τις κλιματικές ζώνες Γ και Δ: Θέρμανση από 15 Οκτωβρίου έως 30 Απριλίου και ψύξη από 1 Ιουνίου έως 31 Αυγούστου

Διορθώνοντας τις βαθμομέρες, με χρήση των ορίων αυτών, προκύπτουν μικρότερες ενεργειακές ανάγκες στα κτίρια, οι οποίες προσεγγίζουν, σε ορισμένες περιπτώσεις, καλύτερα την πραγματικότητα αλλά σε άλλες περιπτώσεις οδηγούν σε υποεκτιμήσεις. Γι' αυτό, γίνονται συσχετίσεις όχι μόνον με μια συγκεκριμένη κατηγορία τιμών βαθμομερών αλλά με περισσότερες. Όσον αφορά στις βαθμομέρες θέρμανσης γίνεται επεξεργασία, με βάση:

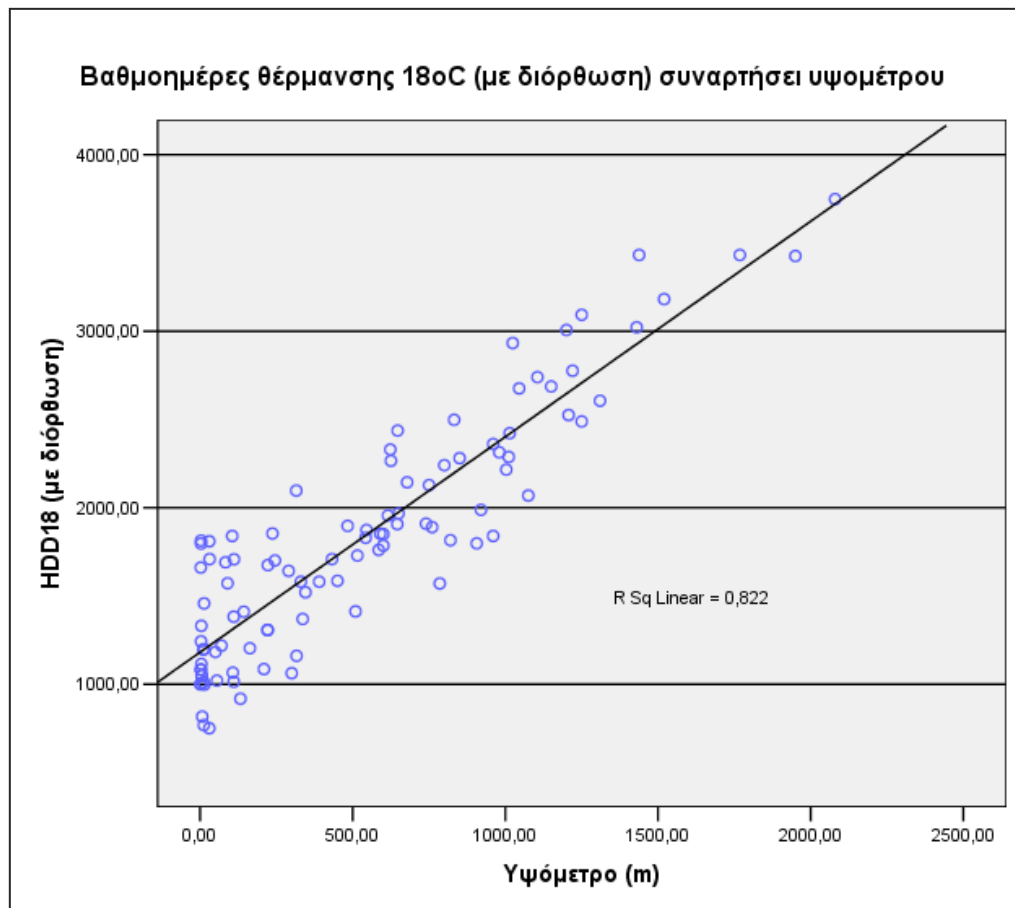
- Τις διορθωμένες βαθμομέρες θέρμανσης, για θερμοκρασία βάσης 18°C
- Τις βαθμομέρες θέρμανσης, χωρίς διόρθωση, για θερμοκρασία βάσης 18°C
- Τις βαθμομέρες θέρμανσης, χωρίς διόρθωση, για θερμοκρασία βάσης 16°C

#### **Βαθμομέρες θέρμανσης, με διόρθωση, για θερμοκρασία βάσης 18°C**

Οι βαθμομέρες θέρμανσης, για θερμοκρασία βάσης 18°C, χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στους ενεργειακούς υπολογισμούς. Αποτελούν καλή προσέγγιση της πραγματικής κατάστασης, οδηγώντας σε μικρού βαθμού υπερεκτίμηση των ενεργειακών αναγκών στις κλιματικές ζώνες Α και Β και σε μικρού

βαθμού υποεκτίμηση των ενεργειακών αναγκών για τις κλιματικές ζώνες Γ και Δ, ειδικά σε υψόμετρα μεγαλύτερα των 600m.

Η συσχέτισή τους με το υψόμετρο αποδεικνύεται ισχυρή και στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%. Ο συντελεστής συσχέτισης (Pearson) παίρνει την τιμή  $r=0,907$ . Ο συντελεστής προσαρμογής ( $R^2$ ), για την περίπτωση της γραμμικής παλινδρόμησης, είναι περίπου 82%. Η διασπορά των τιμών των διορθωμένων βαθμοημερών, συναρτήσει του υψομέτρου για τις 100 περιοχές που μελετήθηκαν, δίνεται στο Διάγραμμα 5.1.



**Διάγραμμα 5.1.** Μεταβολή διορθωμένων βαθμοημερών θέρμανσης, για θερμοκρασία βάσης 18°C, συναρτήσει του υψομέτρου, στον ελληνικό χώρο

Για τις 100 τοποθεσίες, από τις οποίες συγκεντρώθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα, καταγράφηκαν το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος, η απόσταση από τη θάλασσα και η ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, προκειμένου να διερευνηθεί η συσχέτιση των βαθμοημερών και με αυτούς τους παράγοντες και να συγκριθεί η επιρροή τους με την επιρροή του υψομέτρου. Στατιστικά σημαντική, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, προέκυψε η συσχέτιση των βαθμοημερών με το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος και την απόσταση από τη θάλασσα. Δεν παρουσιάζεται συσχέτιση με την ηλιακή ακτινοβολία. Οι συντελεστές συσχέτισης παίρνουν τις τιμές:

- 0,350 για τη συσχέτιση βαθμοημερών – γεωγραφικού πλάτος
- -0,279 για τη συσχέτιση βαθμοημερών – γεωγραφικού μήκους



- 0,668 για τη συσχέτιση βαθμομερών – απόστασης από τη θάλασσα

Είναι εμφανές ότι το υψόμετρο έχει μεγαλύτερη επίδραση στη διαμόρφωση των βαθμομερών σε σχέση με τις άλλες γεωγραφικές παραμέτρους, αφού ο συντελεστής συσχέτισης στην περίπτωση συσχέτισης μεταξύ αυτού και των βαθμομερών είναι σημαντικά μεγαλύτερος από τις παραπάνω τιμές.

Τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ βαθμομερών και υψόμετρου δίνονται στο Πλαίσιο 5.1. Η εξίσωση που προκύπτει με βάση τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης γραμμικής παλινδρόμησης, εάν συμβολιστεί με  $h$  το υψόμετρο σε  $m$ , είναι:

$$HDD(18) = 1,221 \cdot h + 1181,855 \quad (5.1)$$

Model Summary					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	
1	,907 <sup>a</sup>	,822	,820	284,75279	

a. Predictors: (Constant), Υψόμετρο

ANOVA <sup>b</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	36645863	1	36645863,37	451,949	,000 <sup>a</sup>
	Residual	7946247	98	81084,151		
	Total	44592110	99			

a. Predictors: (Constant), Υψόμετρο  
b. Dependent Variable: HDD18 (με διόρθωση)

Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1181,855	41,658		28,370	,000
	Υψόμετρο	1,221	,057	,907	21,259	,000

a. Dependent Variable: HDD18 (με διόρθωση)

**Πλαίσιο 5.1.** Αποτελέσματα μοντέλου γραμμικής, πολλαπλής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τις βαθμομέρες θέρμανσης 18°C, με διόρθωση και ανεξάρτητη μεταβλητή το υψόμετρο

Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο είναι οι κύριοι παράγοντες διαμόρφωσης των κλιματικών συνθηκών πραγματοποιήθηκε γραμμική, πολλαπλή παλινδρόμηση, με ανεξάρτητες μεταβλητές το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο και εξαρτημένη μεταβλητή τις διορθωμένες βαθμομέρες θέρμανσης, τα αποτελέσματα της οποίας συνοψίζονται στο Πλαίσιο 5.2. Στην περίπτωση αυτή ο συντελεστής προσαρμογής βελτιώνεται, όπως και το σφάλμα στην εκτίμηση.

Η εξίσωση υπολογισμού των βαθμομερών που προκύπτει με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, εάν συμβολιστεί με *lat* το γεωγραφικό πλάτος και με *h* το υψόμετρο, είναι:

$$HDD(18) = 151,092 \cdot lat + 1,199 \cdot h - 4680,334 \quad (5.2)$$

#### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,956 <sup>a</sup>	,914	,912	198,92557

a. Predictors: (Constant), Υψόμετρο, Γεωγραφικό πλάτος

#### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	40753686	2	20376843,12	514,939	,000 <sup>a</sup>
	Residual	3838424	97	39571,381		
	Total	44592110	99			

a. Predictors: (Constant), Υψόμετρο, Γεωγραφικό πλάτος

b. Dependent Variable: HDD18 (με διόρθωση)

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-4680,334	576,102		-8,124	,000
	Γεωγραφικό πλάτος	151,092	14,830	,304	10,189	,000
	Υψόμετρο	1,199	,040	,891	29,862	,000

a. Dependent Variable: HDD18 (με διόρθωση)

**Πλαίσιο 5.2.** Αποτελέσματα μοντέλου γραμμικής, πολλαπλής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τις βαθμομέρες θέρμανσης 18°C, με διόρθωση και ανεξάρτητες μεταβλητές το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο

Εάν γίνει γραμμική, πολλαπλή παλινδρόμηση, κατά την οποία ανεξάρτητες μεταβλητές είναι και οι τέσσερις παράγοντες που έχουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τις βαθμομέρες θέρμανσης, η ακρίβεια του μοντέλου δε βελτιώνεται σημαντικά. Ο συντελεστής προσαρμογής αυξάνεται μόλις κατά 1%. Η απόσταση από τη θάλασσα, αν και παρουσιάζει υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης με τις βαθμομέρες ( $r=0,668$ ) από το γεωγραφικό πλάτος ( $r=0,350$ ) και από το γεωγραφικό μήκος ( $-0,279$ ) έχει μικρότερη σημασία στη διαμόρφωση του μοντέλου πολλαπλής παλινδρόμησης έναντι των παραμέτρων αυτών, όπως προκύπτει από τις τιμές της μεταβλητής *t*. Τα χαρακτηριστικά της πολλαπλής παλινδρόμησης παρουσιάζονται στο Πλαίσιο 5.3. Αν συμβολιστεί με *long* το γεωγραφικό μήκος και με *sea* η απόσταση από τη θάλασσα, η εξίσωση προσέγγισης των βαθμομερών με το συνυπολογισμό των τεσσάρων γεωγραφικών παραμέτρων είναι:

$$HDD(18) = 142,661 \cdot lat + 1,158 \cdot h + 50,189 \cdot long + 2,754 \cdot sea - 5540,094 \quad (5.3)$$

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,963 <sup>a</sup>	,927	,924	185,11056

a. Predictors: (Constant), Απόσταση από θάλασσα, Γεωγραφικό πλάτος, Γεωγραφικός μήκος, Υψόμετρο

### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	41336848	4	10334211,98	301,589	,000 <sup>a</sup>
	Residual	3255262	95	34265,918		
	Total	44592110	99			

a. Predictors: (Constant), Απόσταση από θάλασσα, Γεωγραφικό πλάτος, Γεωγραφικός μήκος, Υψόμετρο

b. Dependent Variable: HDD18 (με διόρθωση)

### Coefficients<sup>a</sup>

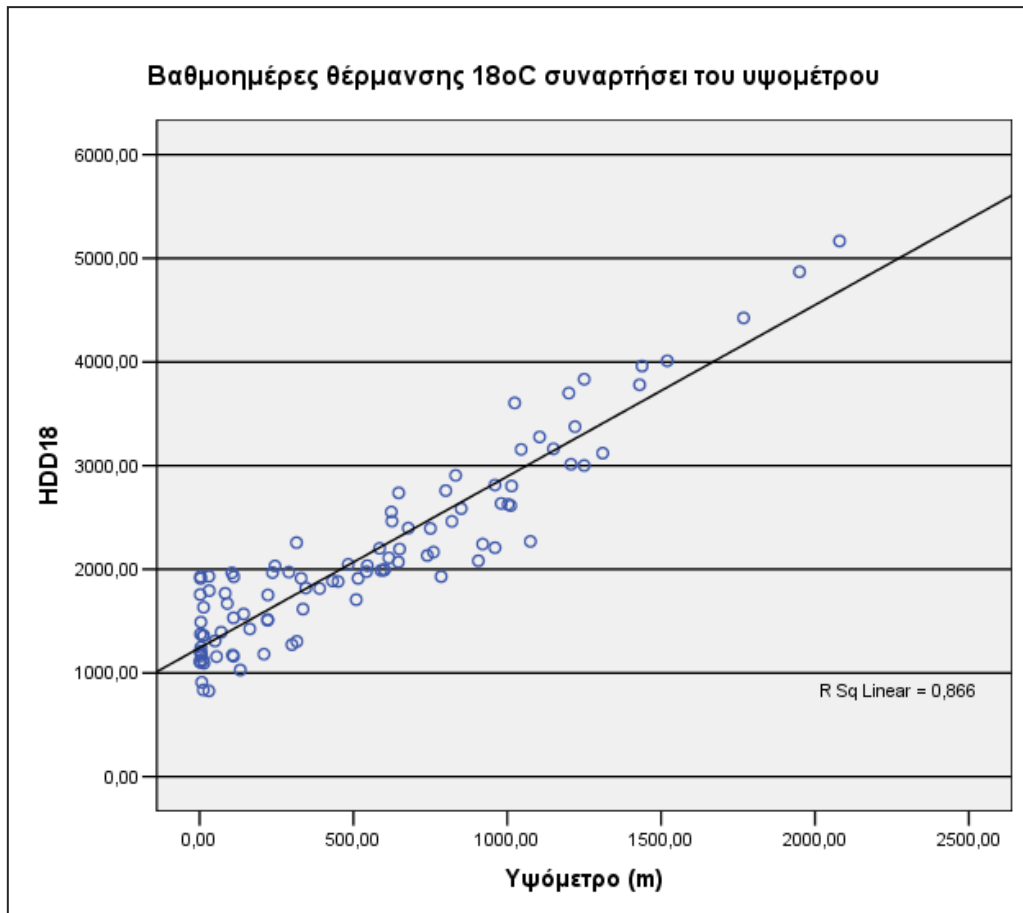
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-5540,094	698,547		-7,931	,000
	Γεωγραφικό πλάτος	142,661	15,542	,287	9,179	,000
	Υψόμετρο	1,158	,047	,860	24,704	,000
	Γεωγραφικός μήκος	50,189	13,524	,119	3,711	,000
	Απόσταση από θάλασσα	2,754	,932	,119	2,955	,004

a. Dependent Variable: HDD18 (με διόρθωση)

**Πλαίσιο 5.3.** Αποτελέσματα μοντέλου γραμμικής, πολλαπλής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τις βαθμομέρες θέρμανσης 18°C, με διόρθωση και ανεξάρτητες μεταβλητές το γεωγραφικό πλάτος, το υψόμετρο, το γεωγραφικό μήκος και την απόσταση από τη θάλασσα

### Βαθμομέρες θέρμανσης, χωρίς διόρθωση, για θερμοκρασία βάσης 18°C

Στην περίπτωση που δε γίνει διόρθωση των βαθμομερών, υπάρχει ελαφρώς μεγαλύτερη συσχέτιση μεταξύ αυτών και του υψομέτρου και μικρότερη συσχέτιση μεταξύ αυτών και του γεωγραφικού πλάτους. Οι μη διορθωμένες βαθμομέρες θέρμανσης, για θερμοκρασία βάσης 18°C, οδηγούν σε μέτριου βαθμού υπερεκτίμηση των αναγκών θέρμανσης για τις κλιματικές ζώνες Α και Β και σε μικρού βαθμού υπερεκτίμηση για τις κλιματικές ζώνες Γ και Δ. Σε περιοχές πάνω από τα 800m, οι βαθμομέρες χωρίς διόρθωση πλησιάζουν περισσότερο την πραγματική κατάσταση, σε σχέση με τις βαθμομέρες με διόρθωση. Στο Διάγραμμα 5.2 αποτυπώνεται η μεταβολή των βαθμομερών θέρμανσης, για θερμοκρασία βάσης 18°C χωρίς διόρθωση, συναρτήσει του υψομέτρου και η αντίστοιχη ευθεία της γραμμικής παλινδρόμησης.



**Διάγραμμα 5.2.** Μεταβολή βαθμομερών θέρμανσης, για θερμοκρασία βάσης 18°C, συναρτήσεϊ του υψομέτρου, στον ελληνικό χώρο

Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ βαθμομερών και υψομέτρου, η εξίσωση εκτίμησης είναι:

$$HDD(18) = 1,654 \cdot h + 1242,003 \quad (5.4)$$

Ο συντελεστής προσαρμογής του μοντέλου από 86,4% βελτιώνεται σε 92%, εάν γίνει πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με ανεξάρτητες μεταβλητές το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος. Η εξίσωση εκτίμησης, στην περίπτωση αυτή γίνεται:

$$HDD(18) = 155,735 \cdot lat + 1,632 \cdot h - 4800,317 \quad (5.5)$$

Όπως και στην περίπτωση των βαθμομερών με διόρθωση, η ακρίβεια του μοντέλου δε βελτιώνεται σημαντικά, εάν προστεθούν ως ανεξάρτητες μεταβλητές στην πολλαπλή παλινδρόμηση το γεωγραφικό μήκος και η απόσταση από τη θάλασσα. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής προσαρμογής αυξάνεται σε 93% από 92%, αύξηση που είναι πρακτικά αμελητέα. Σημειώνεται ότι σε αυτήν την περίπτωση η παράμετρος της απόστασης από τη θάλασσα, προκύπτει ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική στο μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης, το οποίο παρουσιάζεται στο Πλαίσιο 5.4. Η τιμή της στατιστικής σημαντικότητας (p-value) του όρου, που σχετίζεται με την απόσταση από τη θάλασσα, στο μοντέλο

πολλαπλής παλινδρόμησης είναι 0,076, τιμή μεγαλύτερη από το όριο του 0,05, το οποίο συνεπάγεται στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

#### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,965 <sup>a</sup>	,930	,927	238,77809

a. Predictors: (Constant), Απόσταση από θάλασσα, Γεωγραφικό πλάτος, Γεωγραφικός μήκος, Υψόμετρο

#### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	72315759	4	18078939,67	317,091	,000 <sup>a</sup>
	Residual	5416423	95	57014,975		
	Total	77732181	99			

a. Predictors: (Constant), Απόσταση από θάλασσα, Γεωγραφικό πλάτος, Γεωγραφικός μήκος, Υψόμετρο

b. Dependent Variable: HDD18

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-6119,956	901,071		-6,792	,000
	Γεωγραφικό πλάτος	154,387	20,047	,235	7,701	,000
	Γεωγραφικός μήκος	58,429	17,445	,105	3,349	,001
	Υψόμετρο	1,618	,060	,910	26,752	,000
	Απόσταση από θάλασσα	2,154	1,202	,071	1,792	,076

a. Dependent Variable: HDD18

**Πλαίσιο 5.4.** Αποτελέσματα μοντέλου γραμμικής, πολλαπλής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τις βαθμομημέρες θέρμανσης 18°C, χωρίς διόρθωση και ανεξάρτητες μεταβλητές το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος, το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα

#### Βαθμομημέρες θέρμανσης, χωρίς διόρθωση, για θερμοκρασία βάσης 16°C

Οι υπολογισμοί βαθμομερών θέρμανσης των Ματζαράκη & Μπαλαφούτη (2004), έγιναν με θερμοκρασία βάσης τους 14°C, εκτιμώντας ότι η υψηλή ηλιοφάνεια της Ελλάδας και η ύπαρξη σημαντικού αριθμού κτιρίων, με – έστω – στοιχειώδη θερμομόνωση έχει αυξηθεί σημαντικά από το 1980 και έπειτα. Έτσι, η κλασική θερμοκρασία βάσης των 18°C προτάθηκε ότι θα οδηγούσε σε υπερεκτίμηση των αναγκών θέρμανσης. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν αναφορές, ότι στα συνήθη κτίρια η θερμοκρασία βάσης των 14°C είναι μάλλον μικρή (Παπακώστας et al. 2005), ενώ υπάρχει συμφωνία σε σχέση με τις υπερεκτιμήσεις, στις οποίες οδηγεί η χρήση της θερμοκρασίας των 18°C με τους Ματζαράκη & Μπαλαφούτη. Συνδυάζοντας αυτές τις αναφορές της βιβλιογραφίας, εκτιμήθηκε ότι η καλύτερη προσέγγιση των βαθμομερών θέρμανσης, σε σχέση με την πραγματική κατάσταση θα

είναι αυτή, κατά την οποία οι υπολογισμοί γίνονται για θερμοκρασία βάσης 16°C χωρίς να γίνει διόρθωση, με βάση τα χρονικά όρια των περιόδων θέρμανσης και ψύξης. Γι' αυτό και στους υπολογισμούς των ενεργειακών φορτίων, που πραγματοποιούνται στη συνέχεια της παρούσας έρευνας, χρησιμοποιείται αυτή η περίπτωση υπολογισμού των βαθμοημερών.

Και στην περίπτωση των βαθμοημερών θέρμανσης, για θερμοκρασία βάσης 16°C, η στατιστική ανάλυση δίνει παρόμοια αποτελέσματα με την περίπτωση των βαθμοημερών για θερμοκρασία βάσης 18°C. Η υψηλότερη συσχέτιση εμφανίζεται μεταξύ των βαθμοημερών και του υψομέτρου, ενώ στατιστικά σημαντικές, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, είναι οι συσχετίσεις μεταξύ των βαθμοημερών και του γεωγραφικού πλάτους, του γεωγραφικού μήκους και της απόστασης από τη θάλασσα. Οι συντελεστές συσχέτισης παίρνουν τις τιμές:

- 0,926 για τη συσχέτιση βαθμοημερών – υψομέτρου
- 0,294 για τη συσχέτιση βαθμοημερών – γεωγραφικού πλάτος
- -0,269 για τη συσχέτιση βαθμοημερών – γεωγραφικού μήκους
- 0,637 για τη συσχέτιση βαθμοημερών – απόστασης από τη θάλασσα

Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ βαθμοημερών θέρμανσης και των ανωτέρω τεσσάρων γεωγραφικών παραμέτρων έχει συντελεστή προσαρμογής 92,8%. Η παράμετρος της απόστασης από τη θάλασσα εμφανίζεται και πάλι να μην έχει στατιστικά σημαντική συμμετοχή στη διαμόρφωση του γραμμικού μοντέλου (Πλαίσιο 5.5). Αυτό οφείλεται στη συσχέτιση της παραμέτρου αυτής με άλλες παραμέτρους του μοντέλου. Σε ένα μοντέλο γραμμικής, πολλαπλής παλινδρόμησης πρέπει οι ανεξάρτητες μεταβλητές να μη συσχετίζονται μεταξύ τους. Η απόσταση από τη θάλασσα εμφανίζεται να έχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε επίπεδο 99% και με το γεωγραφικό πλάτος και με το γεωγραφικό μήκος και με το υψόμετρο. Οι συντελεστές συσχέτισης είναι μεγαλύτεροι από 0,4 και στις τρεις περιπτώσεις. Άρα, η παράμετρος της απόστασης από τη θάλασσα εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τις υπόλοιπες παραμέτρους, οι οποίες αποτελούν τις ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου γραμμικής, πολλαπλής παλινδρόμησης και αυτό εξηγεί το ότι δεν επηρεάζει, ουσιαστικά, το μοντέλο.

**Πίνακας 5.1.** Συσχετίσεις μεταξύ των γεωγραφικών παραμέτρων που επηρεάζουν τις βαθμοημέρες

		<b>Correlations</b>			
		Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο	Γεωγραφικός μήκος	Απόσταση από θάλασσα
Γεωγραφικό πλάτος	Pearson Correlation	1	,052	-,248*	,403**
	Sig. (2-tailed)		,608	,013	,000
	N	100	100	100	100
Υψόμετρο	Pearson Correlation	,052	1	-,311**	,571**
	Sig. (2-tailed)	,608		,002	,000
	N	100	100	100	100
Γεωγραφικός μήκος	Pearson Correlation	-,248*	-,311**	1	-,493**
	Sig. (2-tailed)	,013	,002		,000
	N	100	100	100	100
Απόσταση από θάλασσα	Pearson Correlation	,403**	,571**	-,493**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	
	N	100	100	100	100

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Η μαθηματική σχέση της πολλαπλής παλινδρόμησης μεταξύ βαθμομερών θέρμανσης, για θερμοκρασία βάσης 16°C, και των παραμέτρων του γεωγραφικού πλάτους, του υψόμετρου, του γεωγραφικού μήκους και της απόστασης από τη θάλασσα είναι:

$$HDD(16) = 144,450 \cdot lat + 1,449 \cdot h + 55,329 \cdot long + 2,093 \cdot sea - 6019,097 \quad (5.6)$$

#### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,964 <sup>a</sup>	,928	,925	218,03401

a. Predictors: (Constant), Απόσταση από θάλασσα, Γεωγραφικό πλάτος, Γεωγραφικός μήκος, Υψόμετρο

#### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	58634696	4	14658674,10	308,352	,000 <sup>a</sup>
	Residual	4516189	95	47538,831		
	Total	63150885	99			

a. Predictors: (Constant), Απόσταση από θάλασσα, Γεωγραφικό πλάτος, Γεωγραφικός μήκος, Υψόμετρο

b. Dependent Variable: HDD16

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-6019,097	822,790		-7,315	,000
	Γεωγραφικό πλάτος	144,450	18,306	,244	7,891	,000
	Υψόμετρο	1,449	,055	,904	26,233	,000
	Γεωγραφικός μήκος	55,329	15,929	,110	3,473	,001
	Απόσταση από θάλασσα	2,093	1,098	,076	1,907	,060

a. Dependent Variable: HDD16

**Πλαίσιο 5.5.** Αποτελέσματα μοντέλου γραμμικής, πολλαπλής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τις βαθμομέρες θέρμανσης 16°C, χωρίς διόρθωση και ανεξάρτητες μεταβλητές το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος, το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα

Το μοντέλο εκτίμησης των βαθμομερών με βάση τους δύο σημαντικότερους παράγοντες διαμόρφωσης του κλίματος, το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο, δίνεται από την εξίσωση:

$$HDD(16) = 146,154 \cdot lat + 1,464 \cdot h - 4785,600 \quad (5.7)$$

Στην περίπτωση αυτή ο συντελεστής προσαρμογής είναι μόλις μία ποσοστιαία μονάδα μικρότερος απ' ό,τι στην πολλαπλή παλινδρόμηση με τις τέσσερις γεωγραφικές παραμέτρους ( $R^2=0,917$ ). Στο Πλαίσιο 5.6 δίνονται τα στατιστικά μεγέθη της παλινδρόμησης μεταξύ των βαθμομερών θέρμανσης και των

παραμέτρων του γεωγραφικού πλάτους και του υψόμετρου. Τα μεγέθη που αναφέρονται έχουν προκύψει με τη μέθοδο της βηματικής πολλαπλής παλινδρόμησης, ώστε να αποτυπωθεί η επίδραση που έχουν στο μοντέλο του υψόμετρου και του γεωγραφικού πλάτους.

#### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,926 <sup>a</sup>	,858	,857	302,40241
2	,959 <sup>b</sup>	,919	,917	229,70417

a. Predictors: (Constant), Υψόμετρο

b. Predictors: (Constant), Υψόμετρο, Γεωγραφικό πλάτος

#### ANOVA<sup>c</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	54189058	1	54189057,89	592,572	,000 <sup>a</sup>
	Residual	8961827	98	91447,219		
	Total	63150885	99			
2	Regression	58032777	2	29016388,50	549,928	,000 <sup>b</sup>
	Residual	5118108	97	52764,004		
	Total	63150885	99			

a. Predictors: (Constant), Υψόμετρο

b. Predictors: (Constant), Υψόμετρο, Γεωγραφικό πλάτος

c. Dependent Variable: HDD16

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	885,010	44,241		20,004	,000
	Υψόμετρο	1,484	,061	,926	24,343	,000
2	(Constant)	-4785,600	665,239		-7,194	,000
	Υψόμετρο	1,464	,046	,914	31,561	,000
	Γεωγραφικό πλάτος	146,154	17,124	,247	8,535	,000

a. Dependent Variable: HDD16

**Πλαίσιο 5.6.** Αποτελέσματα μοντέλου βηματικής, γραμμικής, πολλαπλής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τις βαθμομέρες θέρμανσης 16°C, χωρίς διόρθωση και ανεξάρτητες μεταβλητές το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο

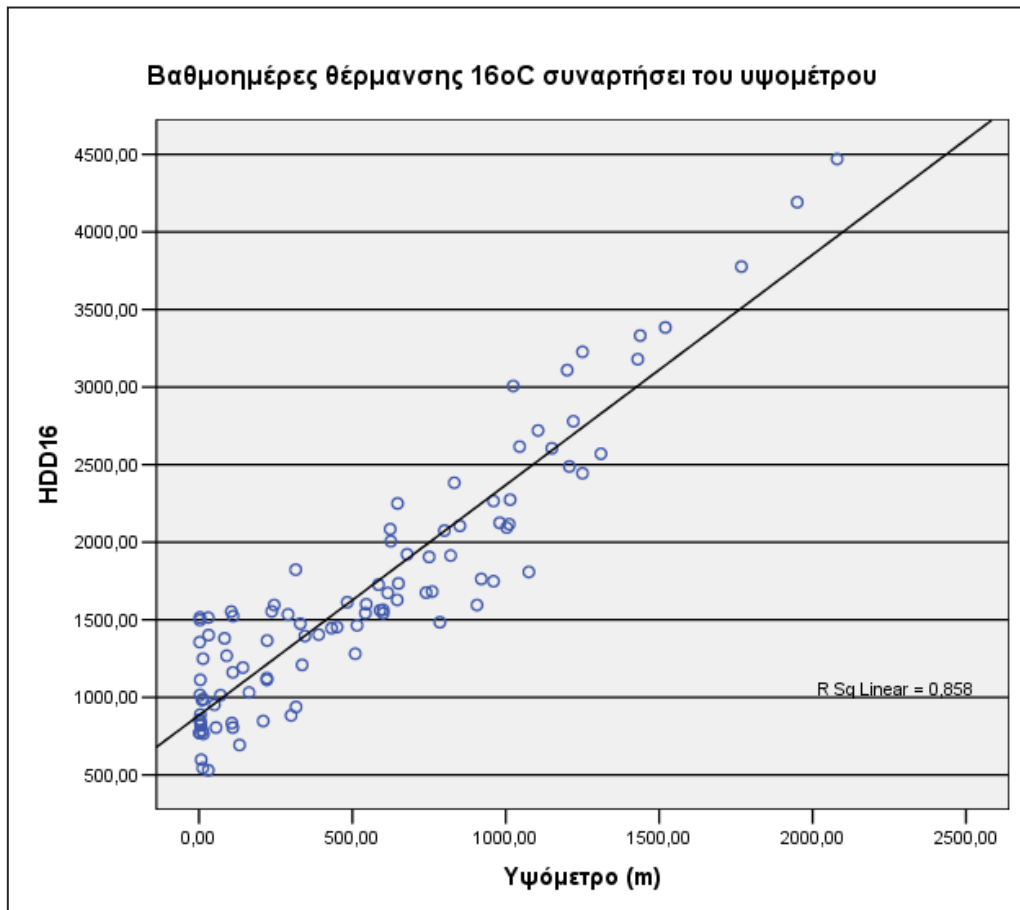
Υπολογίζεται ότι η προσθήκη του γεωγραφικού πλάτους στο μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης βελτιώνει το συντελεστή προσαρμογής κατά 6,1%. Αυτό, σε συνέχεια και των παρατηρήσεων που έγιναν για τις βαθμομέρες με θερμοκρασία βάσης 18°C, τεκμηριώνει τη σημασία του υψόμετρου ως προς τη διαμόρφωση των βαθμομερών στον ελληνικό χώρο. Ένα μοντέλο απλής παλινδρόμησης μεταξύ των βαθμομερών και του υψόμετρου έχει συντελεστή προσαρμογής 85,8%. Συνεπώς, εφ' όσον επιδιώκεται η μελέτη της μεταβολής των ενεργειακών φορτίων στις ορεινές περιοχές, αυτό μπορεί να γίνει μόνο συναρτήσει του υψόμετρου, για όλη την ελληνική επικράτεια, χωρίς σημαντική απώλεια



αξιοπιστίας. Το μοντέλο εκτίμησης των βαθμομερών συναρτήσει του υψομέτρου, δίνεται από την εξίσωση:

$$HDD(16) = 1,484 \cdot h + 885,010 \quad (5.8)$$

Στο Διάγραμμα 5.3 αποτυπώνεται η μεταβολή των βαθμομερών θέρμανσης, για θερμοκρασία βάσης 16°C, συναρτήσει του υψομέτρου και η ευθεία της αντίστοιχης γραμμικής παλινδρόμησης.



**Διάγραμμα 5.3.** Μεταβολή βαθμομερών θέρμανσης, για θερμοκρασία βάσης 16°C, συναρτήσει του υψομέτρου, στον ελληνικό χώρο

Συμπερασματικά, οι βαθμομέρες θέρμανσης, στον ελληνικό χώρο φαίνεται να επηρεάζονται κατά το μεγαλύτερο βαθμό από το υψόμετρο. Αυτό το εύρημα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αν ληφθεί υπ' όψιν ότι οι υπολογισμοί έγιναν, με βάση δεδομένα απ' όλη την επικράτεια της Ελλάδας, στην οποία παρατηρούνται σημαντικές κλιματικές διαφοροποιήσεις. Η επίδραση του γεωγραφικού πλάτους είναι, επίσης, σημαντική αλλά λόγω της μικρής γεωγραφικής έκτασης της χώρας, η παράμετρος αυτή εμφανίζεται να επηρεάζει λιγότερο τις τιμές των βαθμομερών, συγκριτικά με το υψόμετρο. Ενδεικτικά στην περίπτωση των βαθμομερών θέρμανσης με θερμοκρασία βάσης 16°C, η σημασία της επίδρασης του υψομέτρου έναντι του γεωγραφικού πλάτους τεκμηριώνεται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Γραμμική παλινδρόμηση βαθμομερών / υψομέτρου: Συντελεστής προσαρμογής 86%, τιμή μεταβλητής *t* (Student) 24,343 για το συντελεστή της μεταβλητής του υψομέτρου

- Γραμμική παλινδρόμηση βαθμομερών / γεωγραφικού πλάτους: Συντελεστής προσαρμογής 9%, τιμή μεταβλητής  $t$  (Student) 3,050 για το συντελεστή της μεταβλητής του γεωγραφικού πλάτους

Από τους υπολογισμούς και τις συσχετίσεις που έγιναν, επιβεβαιώνεται ότι στη βόρεια Ελλάδα, οι κλιματικές συνθήκες είναι πιο ψυχρές, σε σχέση με τη νότια και κεντρική Ελλάδα. Ταυτόχρονα, η ανάλυση καταδεικνύει ότι η ορεινή Ελλάδα – πρακτικά οι περιοχές με υψόμετρο πάνω από 600m – έχει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε θερμική ενέργεια.

Εάν η ανάλυση γίνει σε επιμέρους γεωγραφικές περιφέρειες, ο ρόλος του υψομέτρου γίνεται ακόμη πιο ισχυρός. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Πελοπόννησος, που χαρακτηρίζεται από έντονες κλιματικές διαφοροποιήσεις (τρεις κλιματικές ζώνες, Α: Αργολίδα, παράλια Αρκαδίας, Λακωνία, Μεσσηνία, Β: Κορινθία, Αχαΐα, Ηλεία, Γ: ορεινή Αρκαδία) και εκτείνεται σε 2° γεωγραφικού πλάτους. Το υψόμετρο αποδεικνύεται ότι αποτελεί το βασικό παράγοντα διαμόρφωσης των βαθμομερών θέρμανσης στην περιοχή. Παρουσιάζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τις βαθμομέρες με συντελεστή συσχέτισης  $r=0,941$ .

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει, επίσης, το ότι στις περιοχές, οι οποίες υπάγονται στον ορεινό όγκο της Πίνδου, το υψόμετρο εμφανίζεται να είναι η μόνη παράμετρος, που παρουσιάζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τις βαθμομέρες θέρμανσης. Περιορίζοντας την ανάλυση στις περιοχές της Ηπείρου, της Θεσσαλίας, της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου, οι οποίες θεωρούνται ότι ανήκουν ορογραφικά στον κορμό της Πίνδου, παρατηρείται ότι οι βαθμομέρες θέρμανσης στατιστικά συσχετίζονται μόνο με το υψόμετρο, με συντελεστή  $r=0,932$ .

Τα ανωτέρω παραδείγματα δείχνουν ότι σε μικρές γεωγραφικές ενότητες, το υψόμετρο αναδεικνύεται σε κύριο παράγοντα διαμόρφωσης των θερμοκρασιακών συνθηκών και συνεπώς και των αναγκών σε θέρμανση των νοικοκυριών.

Στον ελληνικό χώρο, οι θερμικές ανάγκες των κτιρίων, διαμορφώνονται κατά βάση από το υψόμετρο. Οι περιοχές της Κρήτης και των Δωδεκανήσων (νότιες), που παρουσιάζουν μικρές θερμικές ανάγκες και οι περιοχές της Μακεδονίας και Θράκης (βόρειες) που παρουσιάζουν αυξημένες θερμικές ανάγκες, είναι αυτές που ουσιαστικά καθιστούν στατιστικά σημαντική παράμετρο το γεωγραφικό πλάτος, όσον αφορά στη διαμόρφωση των βαθμομερών στον ελληνικό χώρο.

Τέλος, η σημασία του υψομέτρου (της κατακόρυφης μετακίνησης) έναντι του γεωγραφικού πλάτους (οριζόντια μετακίνηση) τεκμηριώνεται με βάση τη σχέση 5.7 και τις γεωγραφικές θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών, από τους οποίους αντλήθηκαν δεδομένα για τη διερεύνηση που προηγήθηκε. Το εύρος του γεωγραφικού πλάτους στο δείγμα ανέρχεται σε  $5,93^\circ$  και του υψομέτρου σε 2078m. Βάσει των δεδομένων αυτών η επίδραση του υψομέτρου στις βαθμομέρες θέρμανσης, μέσω της σχέσης 5.7, προκύπτει κατά περίπου 350% ισχυρότερη από την επίδραση του γεωγραφικού πλάτους. Εφ' όσον κάθε μοίρα γεωγραφικού πλάτους αντιστοιχεί σε περίπου 111km στον άξονα βορά – νότου (στο γεωγραφικό χώρο της Ελλάδας), προκύπτει ότι η επίδραση που έχει 1m κατακόρυφης μετακίνησης στις βαθμομέρες θέρμανσης αντιστοιχεί στην επίδραση που έχουν 1110m οριζόντιας μετακίνησης από νότο προς βορά, στον ελληνικό χώρο. Η αναλογία αυτή είναι εντυπωσιακή ένδειξη της ισχυρής επίδρασης του υψομέτρου στις θερμοκρασιακές συνθήκες. Αναλογίες με αυτό το εύρημα μπορεί να βρεθούν πολλές περιπτώσεις στον κόσμο. Αναφέρεται, χαρακτηριστικά, ότι από τους πρόποδες μέχρι την κορυφή του Κιλιμάντζαρο συναντά κανείς όλους τους κλιματικούς τύπους της γης

(από τροπικό κλίμα μέχρι πολικές συνθήκες με μόνιμους παγετώνες). Λαμβάνοντας υπ' όψιν το υψόμετρο του Κιλιμάντζαρο (5895m) και την απόσταση μεταξύ αυτού και του αρκτικού κύκλου (7400km), προκύπτει ότι η θερμοκρασιακές αλλαγές για κάθε μέτρο ανάβασης στο Κιλιμάντζαρο αντιστοιχούν σε απόσταση 1255m, στον άξονα βορά νότου. Αυτή η σχέση είναι αρκετά κοντά, ως τάξη μεγέθους, στους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν στο ελληνικό χώρο και αυτό αποτελεί ένδειξη για έναν γενικής ισχύος κανόνα αναφορικά με το λόγο της επίδρασης της κατακόρυφης και της οριζόντιας απόστασης στις θερμοκρασιακές συνθήκες.

### 5.1.2 Συσχέτιση βαθμομερών ψύξης και υψομέτρου

Για τον ελληνικό χώρο, οι αναφορές στις βαθμομέρες ψύξης είναι ελάχιστες. Δεν έχουν υπάρξει προσπάθειες γεωγραφικής κατανομής τους (άρα και συσχετίσεις με γεωγραφικές παραμέτρους), ενώ μόνο στην ΤΟΤΕΕ 2425/86, υπάρχουν συγκεντρωμένες τιμές βαθμομερών ψύξης για διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

Η συνηθέστερη θερμοκρασία βάσης για τον υπολογισμό των βαθμομερών ψύξης είναι αυτή των 22°C. Και στην περίπτωση των βαθμομερών ψύξης πραγματοποιήθηκε, επιπλέον, διόρθωση των τιμών με βάση τα όρια της περιόδου ψύξης, που αναφέρονται στον ΚΕΝΑΚ. Επειδή δεν υπάρχουν σημαντικές ενστάσεις, όσον αφορά στη βασική θερμοκρασία των 22°C, για την περίπτωση της ψύξης, θα παρουσιαστούν οι συσχετίσεις για δύο περιπτώσεις:

- Τις διορθωμένες βαθμομέρες ψύξης, για θερμοκρασία βάσης 22°C
- Τις βαθμομέρες ψύξης, χωρίς διόρθωση, για θερμοκρασία βάσης 22°C

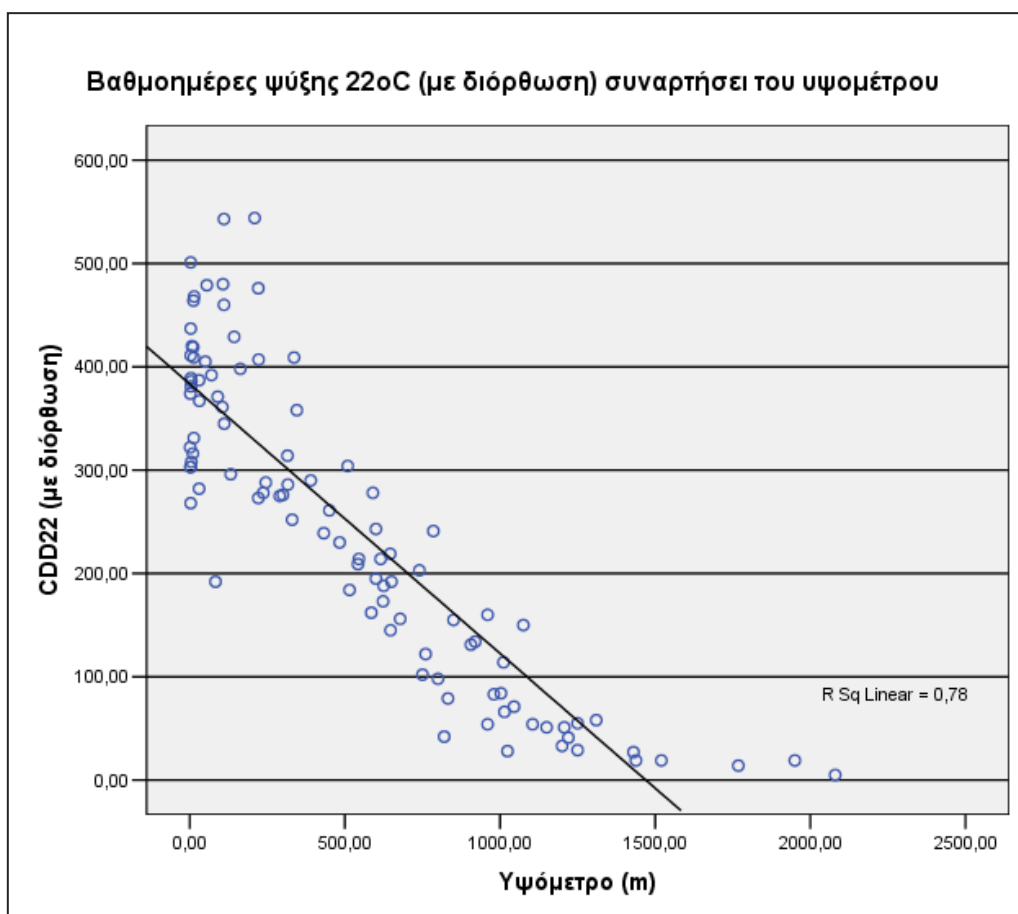
Η πρώτη περίπτωση ανταποκρίνεται καλύτερα στην πραγματικότητα, παρουσιάζοντας μικρή υπο – εκτίμηση των ψυκτικών αναγκών στις κλιματικές ζώνες Α και Β. Η δεύτερη περίπτωση οδηγεί σε υπερεκτίμηση των ψυκτικών αναγκών, εντονότερη στις κλιματικές ζώνες Γ και Δ.

#### **Βαθμομέρες ψύξης, με διόρθωση, για θερμοκρασία βάσης 22°C**

Το μέγεθος αυτό εμφανίζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μόνο με το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα. Η γραμμική παλινδρόμηση βαθμομερών ψύξης / υψομέτρου αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 5.4. Ο συντελεστής συσχέτισης με το υψόμετρο είναι 0,883. Οι συσχετίσεις με το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος και την ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Η απόσταση από τη θάλασσα παρουσιάζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τις βαθμομέρες ψύξης. Λόγω, όμως, της συσχέτισής της με το υψόμετρο, το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος, το μοντέλο γραμμικής, πολλαπλής παλινδρόμησης, δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντικούς συντελεστές στην ανεξάρτητη μεταβλητή της απόστασης από τη θάλασσα. Οπότε, όσον αφορά στις βαθμομέρες ψύξης, το μοναδικό μοντέλο εκτίμησης με στατιστικά σημαντικούς συντελεστές στις ανεξάρτητες μεταβλητές έχει ως μοναδική ανεξάρτητη μεταβλητή το υψόμετρο και δίνεται από την εξίσωση:

$$CDD(22) = -0,261 \cdot h + 383,352 \quad (5.9)$$

Ο συντελεστής προσαρμογής της συγκεκριμένης εκτίμησης ανέρχεται σε 78%, μόλις κατά 1% μειωμένος σε σχέση με το μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης.



**Διάγραμμα 5.4.** Μεταβολή βαθμομερών ψύξης, για θερμοκρασία βάσης 22°C, με διόρθωση, συναρτήσει του υψόμετρου, στον ελληνικό χώρο

#### **Βαθμομέρες ψύξης, χωρίς διόρθωση, για θερμοκρασία βάσης 22°C**

Στην περίπτωση αυτή η εικόνα είναι σχετικά όμοια με την προηγούμενη (Διάγραμμα 5.5). Το μόνο μοντέλο εκτίμησης των βαθμομερών, με στατιστικά σημαντικούς συντελεστές στις ανεξάρτητες μεταβλητές, είναι αυτό που έχει ως μοναδική ανεξάρτητη μεταβλητή το υψόμετρο. Ο συντελεστής προσαρμογής είναι και πάλι 78% και η εξίσωση εκτίμησης των βαθμομερών ψύξης δίνεται από τον τύπο:

$$CDD(22) = -0,297 \cdot h + 441,861 \quad (5.10)$$

Σε περίπτωση γραμμικής, πολλαπλής παλινδρόμησης με συμπερίληψη των στατιστικά μη σημαντικών μεταβλητών το σφάλμα της εκτίμησης βελτιώνεται μόλις κατά 1,3% (Πλαίσιο 5.7).

Τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των μετεωρολογικών δεδομένων δείχνουν ότι οι βαθμομέρες ψύξης παρουσιάζουν ασθενέστερη (έως καθόλου) συσχέτιση με τις διάφορες γεωγραφικές παραμέτρους, σε σχέση με τις βαθμομέρες θέρμανσης, γεγονός που υποδηλώνει σημαντικές διαφοροποιήσεις, αναλόγως των τοπικών συνθηκών. Το γεγονός ότι το υψόμετρο εμφανίζει την ισχυρότερη συσχέτιση με τις βαθμομέρες ψύξης, σε σχέση με τις άλλες παραμέτρους,

αποτελεί άλλη μια σημαντική ένδειξη ότι οι θερμοκρασιακές συνθήκες στον ελληνικό χώρο (και κατά συνέπεια οι ενεργειακές ανάγκες) διαμορφώνονται, σε πολύ μεγάλο βαθμό από αυτό.

#### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,891 <sup>a</sup>	,795	,786	77,43325

a. Predictors: (Constant), Απόσταση από θάλασσα, Γεωγραφικό πλάτος, Γεωγραφικός μήκος, Υψόμετρο

#### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2202694	4	550673,437	91,842	,000 <sup>a</sup>
	Residual	569611,3	95	5995,908		
	Total	2772305	99			

a. Predictors: (Constant), Απόσταση από θάλασσα, Γεωγραφικό πλάτος, Γεωγραφικός μήκος, Υψόμετρο

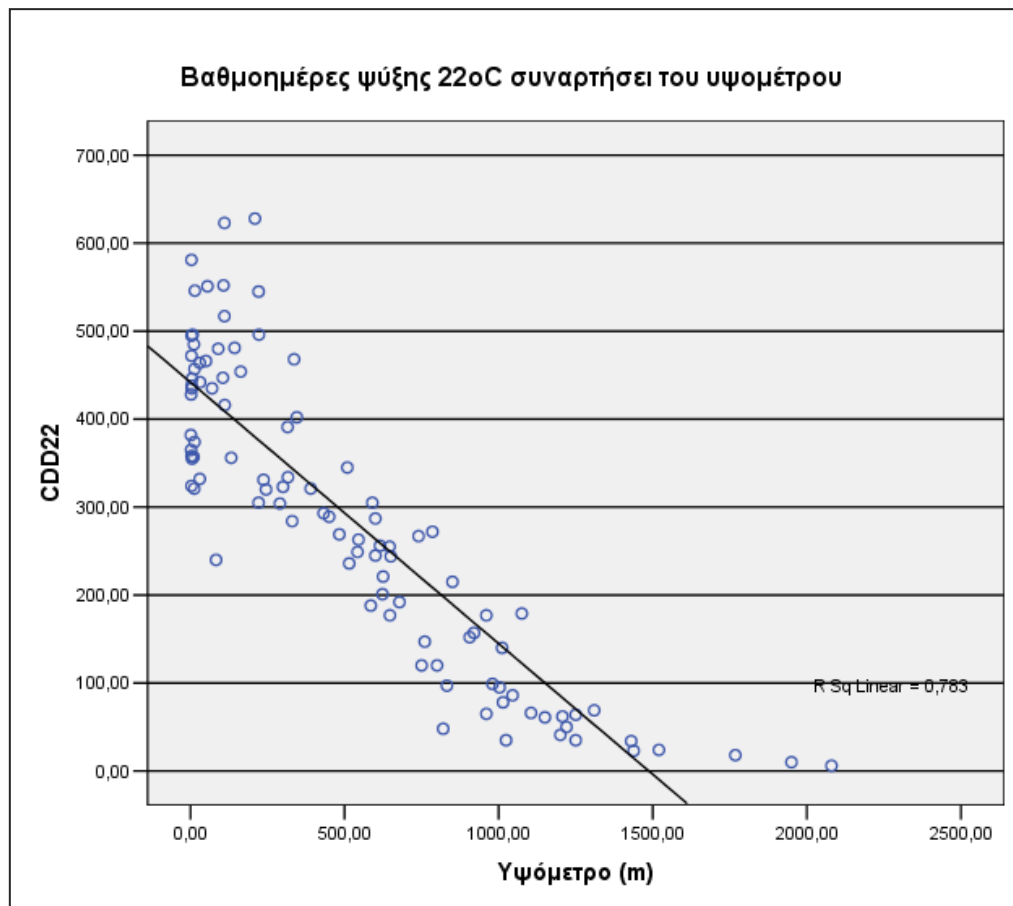
b. Dependent Variable: CDD22

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1007,411	292,208		3,448	,001
	Γεωγραφικό πλάτος	-8,966	6,501	-,072	-1,379	,171
	Γεωγραφικός μήκος	-9,281	5,657	-,088	-1,640	,104
	Υψόμετρο	-,294	,020	-,877	-15,013	,000
	Απόσταση από θάλασσα	-,317	,390	-,055	-,813	,418

a. Dependent Variable: CDD22

**Πλαίσιο 5.7.** Αποτελέσματα μοντέλου γραμμικής, πολλαπλής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τις βαθμομέρες ψύξης 22°C, χωρίς διόρθωση και ανεξάρτητες μεταβλητές το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος, το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα



**Διάγραμμα 5.5.** Μεταβολή βαθμομερών ψύξης, για θερμοκρασία βάσης 22°C, χωρίς διόρθωση, συναρτήσσει του υψομέτρου, στον ελληνικό χώρο

Ανακεφαλαιώνοντας, τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν σε σχέση με το ρόλο του υψομέτρου στη διαμόρφωση των βαθμομερών έχουν ως εξής:

- Στον ελληνικό χώρο, προκύπτει ότι η συσχέτιση βαθμομερών θέρμανσης και υψομέτρου είναι ισχυρή και στατιστικά σημαντική. Ο συντελεστής συσχέτισης κινείται σταθερά σε τιμές άνω του 90%. Εάν γίνει γραμμική παλινδρόμηση με μοναδική ανεξάρτητη μεταβλητή το υψόμετρο, ο συντελεστής προσαρμογής ( $R^2$ ) είναι πάνω από 82%. Ο ρόλος του γεωγραφικού πλάτους, του γεωγραφικού μήκους και της απόστασης από τη θάλασσα προκύπτει επίσης στατιστικά σημαντικός ως προς η διαμόρφωση των βαθμομερών. Όμως, η επίδραση του υψομέτρου είναι πολύ εντονότερη, σε σχέση με τις υπόλοιπες παραμέτρους.
- Οι βαθμομέρες ψύξης παρουσιάζουν έντονες διαφοροποιήσεις στον ελληνικό χώρο. Η μοναδική γεωγραφική παράμετρος που έχει στατιστικά σημαντικά ρόλο στη διαμόρφωσή ενός μοντέλου παλινδρόμησης για τις βαθμομέρες ψύξης είναι το υψόμετρο. Ο συντελεστής μεταβλητότητας στο μοντέλο παλινδρόμησης βαθμομερών ψύξης / υψομέτρου προκύπτει ίσος με 78%. Η τιμή αυτή είναι μικρότερη από την περίπτωση των βαθμομερών θέρμανσης. Όμως, επαρκεί για να τεκμηριωθεί η ποιοτική διαπίστωση των ήπιων, δροσερών καλοκαιριών στις ορεινές περιοχές. Πρακτικά, από τα 800m υψόμετρο και ψηλότερα, οι τιμές των βαθμομερών ψύξης είναι ιδιαίτερα χαμηλές.

### 5.1.3 Διαφοροποίηση των αναγκών σε θέρμανση και ψύξη συναρτήσει του υψομέτρου

Οι σχέσεις 3.17 και 3.18, που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3, δείχνουν ότι οι ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και ψύξης των κτιρίων είναι ανάλογες των βαθμομερών και των χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους. Σε ένα συγκεκριμένο κτίριο, η αναλογία θερμικών – ψυκτικών αναγκών θα είναι ίση με την αναλογία βαθμομερών θέρμανσης προς βαθμομέρες ψύξης.

$$\frac{Q_h}{Q_c} = \frac{HDD}{CDD} \quad (5.11)$$

Συνεπώς, εάν ένα συγκεκριμένο, υποθετικό κτίριο «μετακινείται» σε διάφορους τόπους, με βάση τη σχέση 5.11, μπορεί να υπολογιστεί η διαφοροποίηση της αναλογίας θερμικών – ψυκτικών αναγκών σε σχέση με την περιοχή, στην οποία βρίσκεται το κτίριο. Αξιοποιώντας τα μοντέλα εκτίμησης των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης, συναρτήσει του υψομέτρου, μπορεί να υπολογιστεί η αναλογία θερμικών – ψυκτικών αναγκών σε διάφορα υψόμετρα. Εάν για τις βαθμομέρες θέρμανσης επιλεγεί η περίπτωση της θερμοκρασίας βάσης των 16°C χωρίς διόρθωση (σχέση 5.8) και για τις βαθμομέρες ψύξης η θερμοκρασία βάσης των 22°C χωρίς διόρθωση (σχέση 5.10) προκύπτει ο Πίνακας 5.2, ως προς την αναλογία θερμικών – ψυκτικών αναγκών. Είναι εμφανές ότι στις ορεινές περιοχές οι ψυκτικές ανάγκες είναι ιδιαίτερα περιορισμένες και αυξάνεται σημαντικά το μερίδιο των θερμικών αναγκών.

**Πίνακας 5.2.** Αναλογία θερμικών και ψυκτικών αναγκών κτιρίων συναρτήσει του υψομέτρου, στην Ελλάδα

Υψόμετρο	Ποσοστό θερμικών αναγκών (%)	Ποσοστό ψυκτικών αναγκών (%)
0	66,7	33,3
200	75,2	24,8
400	81,4	18,6
600	86,2	13,8
800	89,9	10,1
1.000	92,9	7,1
1.200	95,4	4,6
1.400	97,5	2,5
1.600	99,3	0,7

### 5.1.4 Μίγμα θερμικών και ηλεκτρικών αναγκών και καταναλώσεων συναρτήσει του υψομέτρου

Οι διαφοροποιήσεις που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 5.2 επηρεάζουν σημαντικά και το μίγμα θερμικών – ηλεκτρικών αναγκών ενός κτιρίου. Για να οριστεί ακριβέστερα το μίγμα αυτό, θα πρέπει να οριστούν τα χαρακτηριστικά του κτιριακού κελύφους και να εκτιμηθούν οι ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια, για χρήσεις πέραν της ψύξης. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να υπολογιστούν και οι ανάγκες σε θερμότητα και ηλεκτρισμό και οι αντίστοιχες καταναλώσεις, με βάση συγκεκριμένες παραδοχές.

Το κτίριο, που χρησιμοποιείται ως μοντέλο για τους υπολογισμούς, έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Δύο ορόφους (ισόγειο και πρώτο όροφο), με συνολική επιφάνεια 80m<sup>2</sup> και συνολικό όγκο 240m<sup>3</sup>. Τα μεγέθη αυτά ανταποκρίνονται αρκετά καλά στη μέση κατάσταση του κτιριακού αποθέματος στην Ελλάδα (Federcasa 2006). Η κατοικία επιλέχθηκε ως χρήση του κτιρίου.
- Συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, οι οποίοι ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις για την κλιματική ζώνη Β, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ.

**Πίνακας 5.3.** Μέγιστοι συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για την κλιματική ζώνη Β (πηγή: KENAK 2010)

Δομικό Στοιχείο	Τοίχοι	Οροφές	Δάπεδα	Ανοίγματα
Μέγιστος συντελεστής θερμοπερατότητας ( $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ )	0,50	0,45	0,90	3,00

- Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, οι οποίες ανταποκρίνονται, κατά το μεγαλύτερο βαθμό, στις ελάχιστες προδιαγραφές του KENAK, όπως αυτές ορίζονται μέσω των απαιτήσεων του κτιρίου αναφοράς (TOTEE 20701-1/2010).
  - Κάλυψη θερμικών αναγκών με λέβητα πετρελαίου
  - Συνολικός συντελεστής απόδοσης συστήματος θέρμανσης 90%
  - Κάλυψη ψυκτικών αναγκών με τοπικές ηλεκτρικές αντλίες θερμότητας
  - Παράμετρος απόδοσης τοπικών αντλιών θερμότητας, EER = 2
  - Κάλυψη αναγκών σε ζεστό νερό με θερμικά ηλιακά συστήματα και επικουρική χρήση λέβητα πετρελαίου

Για τον υπολογισμό των ενεργειακών χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ενεργειακής ανάλυσης Era-Cad της εταιρίας Ti-Soft, το οποίο υπολογίζει την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων σύμφωνα με τον KENAK. Το λογισμικό αξιοποιήθηκε για τον υπολογισμό του συνολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας του κτιριακού κελύφους.

Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε μια κατοικία σχετίζεται με τις ανάγκες ψύξης – θέρμανσης, με το φωτισμό και τις διάφορες άλλες απαραίτητες συσκευές. Θεωρείται ότι το κτίριο – μοντέλο, που μελετάται, δεν καλύπτει ανάγκες θέρμανσης με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και συνεπώς, χρειάζεται ηλεκτρισμό για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων και των υπόλοιπων αναγκών του. Αυτή είναι μια γενικότερη παραδοχή που χρησιμοποιείται και στη συνέχεια της παρούσας έρευνας.

Το ζήτημα του καθορισμού των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια για χρήσεις πέραν της ψύξης είναι σχετικά πολύπλοκο, αφού οι πηγές στατιστικών δεδομένων συμπεριλαμβάνουν τις καταναλώσεις για ψύξη / θέρμανση. Έγινε συνδυασμός δύο πηγών δεδομένων, προκειμένου να προκύψει μια ασφαλέστερη εικόνα για το ζήτημα αυτό. Κατ' αρχήν, με βάση στοιχεία του ΚΑΠΕ, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για συσκευές και φωτισμό (δηλαδή χρήσεις εκτός ψύξης – θέρμανσης) εκτιμάται, στην Ελλάδα, σε 2.750 kWh/νοικοκυριό/έτος και αντιστοιχεί περίπου στο 75% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των νοικοκυριών (Γιακουμή 2010). Σύμφωνα με στοιχεία πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας σε καταναλωτές χαμηλής τάσης της ΔΕΗ, προκύπτει ότι η μέση κατανάλωση ανά νοικοκυριό είναι 3266 kWh/νοικοκυριό/έτος. Από την τιμή αυτή σε συσκευές και φωτισμό αντιστοιχούν οι 2.450 kWh/νοικοκυριό/έτος, με βάση το ποσοστό 75%. Η μέση τιμή των δύο εκτιμήσεων ανέρχεται σε 2.600 kWh/νοικοκυριό/έτος. Τελικώς, ως αντιπροσωπευτική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενός νοικοκυριού για χρήσεις πέραν ψύξης – θέρμανσης λαμβάνεται η τιμή αυτή αυξημένη κατά 15%, ήτοι οι 3.000 kWh/νοικοκυριό/έτος. Προτιμήθηκε να χρησιμοποιηθεί μια ελαφρώς αυξημένη τιμή, ώστε η προσέγγιση να καλύπτει μια δυσμενέστερη, από πλευράς μεγέθους κατανάλωσης περίπτωση. Επειδή, οι διάφορες ηλεκτρικές συσκευές έχουν γενικά υψηλό συντελεστή



απόδοσης, θεωρείται ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ταυτίζεται με τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια.

Οι συντελεστές μεταφοράς θερμότητας του κτιριακού κελύφους, όπως υπολογίστηκαν για το κτίριο – μοντέλο με τη βοήθεια του λογισμικού Era-Cad, έχουν ως εξής:

- Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω αγωγής:  $H_{tr}=170,08 \text{ W/}^\circ\text{C}$
- Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας λόγω αερισμού:  $H_{ve}=33,48 \text{ W/}^\circ\text{C}$
- Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας κτιρίου:  $H_{tot}=203,56 \text{ W/}^\circ\text{C}$

Οι σχέσεις υπολογισμού των αναγκών σε θέρμανση και ψύξη του συγκεκριμένου κτιρίου – μοντέλου συναρτήσει του υψομέτρου, προκύπτουν συνδυάζοντας τις σχέσεις 3.17, 3.18, 5.8 και 5.10. Στην περίπτωση αυτή οι βαθμομέρες θέρμανσης υπολογίζονται για θερμοκρασία βάσης  $16^\circ\text{C}$  και οι βαθμομέρες ψύξης για θερμοκρασία βάσης  $22^\circ\text{C}$ . Αν  $h$  είναι το υψόμετρο, οι σχέσεις υπολογισμού των ενεργειακών αναγκών είναι:

$$Q_h = 7,249 \cdot h + 4323,274 \quad \left[ \text{kWh}/\text{έτος} \right] \quad (5.12)$$

$$Q_c = -1,451 \cdot h + 2157,509 \quad \left[ \text{kWh}/\text{έτος} \right] \quad (5.13)$$

Η σχέση 5.10 δίνει τις θερμικές ανάγκες μιας κατοικίας, με συγκεκριμένα δομικά χαρακτηριστικά συναρτήσει του υψομέτρου. Οι ανάγκες της κατοικίας αυτής σε ηλεκτρική ενέργεια προκύπτει εάν οι ψυκτικές ανάγκες διαιρεθούν με την παράμετρο απόδοσης των τοπικών αντλιών θερμότητας (EER) και στο πηλίκο προστεθεί το μέγεθος των 3000 kWh, που αντιστοιχεί στη μέση, ετήσια κατανάλωση ηλεκτρισμού ενός νοικοκυριού για φωτισμό, συσκευές και άλλες χρήσεις.

$$E_{el} = -0,726 \cdot h + 4078,755 \quad \left[ \text{kWh}/\text{έτος} \right] \quad (5.14)$$

Αξιοποιώντας τις σχέσεις 5.12 και 5.14 μπορεί να υπολογιστεί το μίγμα θερμικών / ηλεκτρικών αναγκών μιας κατοικίας σε σχέση με το υψόμετρο, το οποίο αποτελεί σημαντικό γνώρισμα της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών οικισμών.

Από τον Πίνακα 5.4 συνάγεται ότι το υψόμετρο συμβάλλει σημαντικά στη διαφοροποίηση των ποσοστών θερμότητας και ηλεκτρισμού στο μίγμα των ενεργειακών αναγκών μιας κατοικίας. Οι ορεινοί οικισμοί παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερη ζήτηση θερμότητας απ' ό,τι ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Στο επίπεδο της θάλασσας η αναλογία θερμικών προς ηλεκτρικά φορτία είναι 1,1:1, ενώ στα 1000m υψόμετρο η αναλογία γίνεται 3,4:1. Λαμβάνοντας υπ' όψιν την παραδοχή που έχει γίνει, σχετικά με το συντελεστή απόδοσης του συστήματος θέρμανσης στην κατοικία – μοντέλο, μπορεί να υπολογιστεί και η διαφοροποίηση του μίγματος καταναλώσεων θερμικής – ηλεκτρικής ενέργειας συναρτήσει του υψομέτρου (Πίνακας 5.5), η οποία ακολουθεί το πρότυπο των αναγκών. Στο επίπεδο της θάλασσας η αναλογία θερμικών προς ηλεκτρικές καταναλώσεις είναι 1,2:1, ενώ στα 1000m υψόμετρο η αναλογία γίνεται, περίπου, 4:1.

**Πίνακας 5.4.** Αναλογία θερμικών και ηλεκτρικών αναγκών κατοικίας συναρτήσει του υψόμετρου

Υψόμετρο	Ποσοστό θερμικών αναγκών (%)	Ποσοστό ηλεκτρικών αναγκών (%)
0	51,5	48,5
200	59,5	40,5
400	65,6	34,4
600	70,4	29,6
800	74,3	25,7
1.000	77,5	22,5
1.200	80,2	19,8
1.400	82,5	17,5

**Πίνακας 5.5.** Αναλογία θερμικών και ηλεκτρικών καταναλώσεων κατοικίας συναρτήσει του υψόμετρου

Υψόμετρο	Ποσοστό θερμικών καταναλώσεων (%)	Ποσοστό ηλεκτρικών καταναλώσεων (%)
0	54,1	45,9
200	62,0	38,0
400	67,9	32,1
600	72,6	27,4
800	76,3	23,7
1.000	79,3	20,7
1.200	81,9	18,1
1.400	84,0	16,0

Με βάση τις σχέσεις 5.12 έως 5.14 και τα χαρακτηριστικά του υποθετικού μοντέλου κατοικίας, που κατασκευάστηκε, μπορούν να υπολογιστούν και τα απόλυτα μεγέθη της θερμικής και συνολικής ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης, συναρτήσει του υψόμετρου. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών, που αποτυπώνονται στον Πίνακα 5.6, καταδεικνύουν ότι η αύξηση των θερμικών αναγκών στα μεγάλα υψόμετρα (270% μεγαλύτερες στα 1.000m έναντι του επιπέδου της θάλασσας), τελικά, συμβάλλει και στην αύξηση της συνολικής ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης στις ορεινές περιοχές. Σε υψόμετρο 1.000m, η συνολική ζήτηση ενέργειας εκτιμάται ότι είναι 77% μεγαλύτερη από την αντίστοιχη στο επίπεδο της θάλασσας. Για να καλυφθεί η ζήτηση αυτή, απαιτείται οι χρήστες της υποθετικής κατοικίας στα 1.000m να καταναλώνουν 83% περισσότερη ενέργεια απ' ό,τι στην επιφάνεια της θάλασσας. Αυτό σημαίνει ότι οι ορεινοί πληθυσμοί επιβαρύνονται με ιδιαίτερα αυξημένο κόστος κάλυψης των ενεργειακών τους αναγκών (Πίνακας 5.7). Επιπλέον, η αναγωγή της κατανάλωσης ενέργειας σε κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (σύμφωνα με τους συντελεστές που υιοθετεί ο ΚΕΝΑΚ), δείχνει ότι στα 1.000m η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας μιας κατοικίας είναι 40% μεγαλύτερη απ' ό,τι στην επιφάνεια της θάλασσας. Αυτό συνεπάγεται ότι, λόγω των αυξημένων ενεργειακών αναγκών, η κατανάλωση φυσικών πόρων για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών είναι μεγαλύτερη στα ορεινά. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ενεργειακής κατανάλωσης φαίνεται με μεγαλύτερη σαφήνεια στον Πίνακα 5.8. Συνολικά, με τις υποθέσεις που έχουν γίνει, οι εκπομπές CO<sub>2</sub>, που προκαλούνται από τις ενεργειακές καταναλώσεις μιας κατοικίας στα 1.000m είναι κατά 30% μεγαλύτερες, σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας, ενώ οι εκπομπές σωματιδίων είναι αυξημένες κατά 270%.

**Πίνακας 5.6.** Συνολική ζήτηση, κατανάλωση και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας συναρτήσει του υψόμετρου

Υψόμετρο	Συνολική ζήτηση θερμότητας (KWh/έτος)	Συνολική κατανάλωση θερμότητας (KWh/έτος)	Συνολική ζήτηση ενέργειας (kWh/έτος)	Συνολική κατανάλωση ενέργειας (kWh/έτος)	Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/έτος)
0	4.323	4.804	8.402	8.882	17.112
200	5.773	6.415	9.707	10.348	18.463
400	7.223	8.025	11.011	11.814	19.814
600	8.673	9.636	12.316	13.279	21.165
800	10.122	11.247	13.620	14.745	22.516
1.000	11.572	12.858	14.925	16.211	23.867
1.200	13.022	14.469	16.230	17.677	25.218
1.400	14.472	16.080	17.534	19.142	26.569

**Πίνακας 5.7.** Κόστος κάλυψης ενεργειακών αναγκών συναρτήσει του υψόμετρου για την υποθετική κατοικία για δύο περιπτώσεις τιμών του πετρελαίου θέρμανσης

Υψόμετρο	Κόστος κάλυψης ενεργειακών αναγκών - πετρέλαιο 1€/lit (€/έτος)	Κόστος κάλυψης ενεργειακών αναγκών – πετρέλαιο 1,2 €/lit (€/έτος)
0	991	1.086
200	1.133	1.259
400	1.275	1.432
600	1.417	1.606
800	1.559	1.779
1.000	1.701	1.953
1.200	1.842	2.126
1.400	1.984	2.299

**Πίνακας 5.8.** Περιβαλλοντική διάσταση ενεργειακής κατανάλωσης τυπικής κατοικίας, συναρτήσει του υψόμετρου.

Υψόμετρο	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/έτος)	Εκπομπές σωματιδίων (kg/έτος)
0	5.302	0,192
200	5.584	0,257
400	5.866	0,321
600	6.147	0,385
800	6.429	0,450
1.000	6.711	0,514
1.200	6.993	0,579
1.400	7.274	0,643

Εάν οι υπολογισμοί της ενεργειακής κατανάλωσης γίνουν για κατοικία χωρίς καλές προδιαγραφές κτιριακού κελύφους, η αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης συναρτήσει του υψομέτρου παρουσιάζεται εντονότερη. Συγκεκριμένα, στα 1.000m σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας, η ζήτηση ενέργειας είναι αυξημένη κατά 74%, η κατανάλωση ενέργειας κατά 100% και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατά 54%, σύμφωνα με τον Πίνακα 5.9. Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζει τη σημασία της ενεργειακής αποδοτικότητας για τους ορεινούς οικισμούς.

**Πίνακας 5.9.** Συνολική ζήτηση, κατανάλωση και κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας συναρτήσει του υψομέτρου για λίθινη αμόνωτη κατοικία

Υψόμετρο	Συνολική ζήτηση ενέργειας (kWh/έτος)	Συνολική κατανάλωση ενέργειας (kWh/έτος)	Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/έτος)
0	16.075	14.656	25.097
200	18.406	17.602	27.813
400	20.737	20.548	30.529
600	23.068	23.494	33.245
800	25.399	26.440	35.962
1.000	27.730	29.386	38.678
1.200	30.061	32.332	41.394
1.400	32.392	35.278	44.110

Εν κατακλείδι, η συμβολή του υψομέτρου στη διαμόρφωση της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών συνοψίζεται στα ακόλουθα σημεία:

- Ο παράγοντας του υψομέτρου αποδεικνύεται ότι επηρεάζει κατά το μεγαλύτερο βαθμό τις τιμές των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης στον ελληνικό χώρο. Ο ρόλος του γεωγραφικού πλάτους, αν και σημαντικός, εμφανίζεται λιγότερο ισχυρός από το υψόμετρο, λόγω της μικρής γεωγραφικής έκτασης της χώρας μας.
- Στις ορεινές περιοχές, οι ενεργειακές ανάγκες είναι σημαντικά μεγαλύτερες απ' ό,τι στα χαμηλότερα υψόμετρα και κυριαρχεί η ζήτηση θερμικής ενέργειας έναντι της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα τα ψυκτικά φορτία είναι πρακτικά αμελητέα σε περιοχές με υψόμετρο άνω των 800m.
- Οι οικονομικές και περιβαλλοντικές διαστάσεις των ενεργειακών καταναλώσεων σε είναι δυσμενέστερες στις ορεινές περιοχές, σε σχέση με τα χαμηλότερα υψόμετρα και η σημασία της καλής ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων σε αυτές παρουσιάζεται αυξημένη.

Η διερεύνηση που προηγήθηκε επιτρέπει την ένταξη του υψομέτρου, με σαφή ποσοτική διάσταση ως προς τη διαφοροποίηση των ενεργειακών αναγκών, στα μοντέλα ενεργειακού σχεδιασμού. Για τον ενεργειακό σχεδιασμό σε έναν θεωρητικό οικισμό (Κεφάλαιο 7) χρησιμοποιούνται οι σχέσεις 5.8 και 5.10, που δίνουν τις βαθμομέρες θέρμανσης (για θερμοκρασία βάσης 16°C) και ψύξης (για θερμοκρασία βάσης 22°C) συναρτήσει του υψομέτρου. Έτσι, σε συνδυασμό με παραδοχές που γίνονται για τα κτιριακά κελύφη, υπολογίζονται οι ενεργειακές ανάγκες του θεωρητικού οικισμού σε διάφορα υψόμετρα και με τον τρόπο αυτόν καθίσταται δυνατή η ποσοτικοποίηση της επίδρασης του υψομέτρου στη βελτιστοποίηση των τοπικών ενεργειακών συστημάτων.

### 5.1.5 Αύξηση θερμικών φορτίων, ενεργειακή φτώχεια και υφιστάμενες πολιτικές

Οι εκτιμήσεις που έγιναν, όσον αφορά στη συσχέτιση των ενεργειακών αναγκών με το υψόμετρο, μπορούν να οδηγήσουν σε μια σαφέστερη εικόνα και για το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας στον ορεινό χώρο. Στην Ενότητα 1.2 και στην Ενότητα 2.4 έχει αναφερθεί το ότι οι ορεινοί πληθυσμοί είναι περισσότερο ευάλωτοι στην ενεργειακή φτώχεια εξαιτίας, αφ' ενός των αυξημένων θερμικών αναγκών και, αφ' ετέρου, των χαμηλών εισοδημάτων στα ορεινά. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τη μέση κατάσταση του ελληνικού κτιριακού αποθέματος (αναλυτική παρουσίαση στο Κεφάλαιο 7), τα συστήματα ενεργειακής παραγωγής που χρησιμοποιούν τα ελληνικά νοικοκυριά, την κατανομή του εισοδήματος των νοικοκυριών σε κατηγορίες για το 2011 (σύμφωνα με τη Γενική Γραμματεία Πληροφοριακών Συστημάτων του Υπουργείου Οικονομικών) και τις συσχετίσεις βαθμομερών / υψομέτρου μπορεί να προσεγγιστεί το ζήτημα των ενεργειακών δαπανών των νοικοκυριών, συναρτήσει του υψομέτρου. Ο Πίνακας 5.10 περιλαμβάνει τις μέσες ενεργειακές δαπάνες των ελληνικών νοικοκυριών σε διάφορα υψόμετρα και το ποσοστό των νοικοκυριών που είναι ενεργειακά φτωχά. Αν και η αύξηση στις τιμές του πετρελαίου συνδυαζόμενη με τη μείωση των εισοδημάτων λόγω της οικονομικής κρίσης οδηγεί σε σημαντική παρουσία της ενεργειακής φτώχειας συνολικά στη χώρα, στις ορεινές περιοχές το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα έντονο. Οι εκτιμήσεις που αποτυπώνονται στον Πίνακα 5.10 είναι, μάλιστα, συντηρητικές όσον αφορά στην ενεργειακή φτώχεια στις ορεινές περιοχές, διότι τα στοιχεία, σχετικά με το εισόδημα, ανταποκρίνονται στο μέσο όρο της χώρας.

**Πίνακας 5.10.** Ενεργειακά φτωχά νοικοκυριά συναρτήσει του υψομέτρου

Υψόμετρο (m)	Ενεργειακές δαπάνες ανά νοικοκυριό (€/έτος)	Απαιτούμενο εισόδημα νοικοκυριού για την ασφαλή κάλυψη των ενεργειακών αναγκών (€/έτος)	Ποσοστό ενεργειακά φτωχών νοικοκυριών (%)
50	1.923	19.230	72,5
200	2.154	21.535	76,2
400	2.461	24.609	81,9
600	2.768	27.682	84,2
800	3.076	30.756	86,0
1.000	3.383	33.829	88,4
1.200	3.690	36.903	91,9
1.500	4.151	41.513	93,4
2.000	5.022	50.217	96,2

Εάν το ζήτημα προσεγγιστεί χρησιμοποιώντας τις εκτιμήσεις της ΕΛΣΤΑΤ για το μέσο εισόδημα των ελληνικών νοικοκυριών για το 2011 (21.590,07€), τότε προκύπτει ότι, κατά μέσο όρο, στην υψομετρική ζώνη από τα 800 έως τα 1.000m, οι κάτοικοι απαιτείται να δαπανούν το 15% του ετήσιου εισοδήματός τους για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Εάν δεν υπάρξουν αλλαγές στα συστήματα θέρμανσης, στα ενεργειακά χαρακτηριστικά των κατοικιών και στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, μόνο αν το πετρέλαιο θέρμανσης επανέλθει στα προ οικονομικής κρίσης επίπεδα τιμών (0,6€/lit όπως το 2008), φαίνεται να παρουσιάζεται μια σχετική ανακούφιση στους ορεινούς πληθυσμούς, με βάση το μέσο εισόδημα των ελληνικών νοικοκυριών.

Ενώ, αποδεικνύεται από τα παραπάνω ότι υπάρχουν ιδιαίτερες ανάγκες στήριξης των ορεινών περιοχών απέναντι στον κίνδυνο της ενεργειακής φτώχειας, οι υφιστάμενες πολιτικές δε συμβάλλουν προς την κατεύθυνση αυτή. Το μοναδικό σημείο του ενεργειακού σχεδιασμού στην Ελλάδα, στο οποίο λαμβάνεται υπ' όψιν το ψυχρό κλίμα των ορεινών περιοχών, είναι η πρόβλεψη του ΚΕΝΑΚ για υπαγωγή των περιοχών με υψόμετρο άνω των 500m στην αμέσως δυσμενέστερη κλιματική ζώνη, από αυτήν στην οποία ανήκει ο νομός στον οποίο βρίσκονται. Αυτή ρύθμιση της τεχνικής νομοθεσίας στοχεύει στην κατασκευή κτιρίων με καλύτερα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά στις ορεινές περιοχές, ώστε να περιορίζονται οι συναλλαγές θερμότητας μεταξύ του εσωτερικού των κτιρίων και του περιβάλλοντος, τις οποίες ευνοούν οι χαμηλές θερμοκρασίες των βουνών.

Εκτός, όμως, από το σχεδιασμό των νέων κτιρίων η ενεργειακή ταυτότητα των ορεινών περιοχών δεν έχει απασχολήσει την πολιτεία. Η μεγάλη αύξηση στις τιμές του πετρελαίου θέρμανσης, χωρίς καμία διαφοροποίηση στις ορεινές και ψυχρές περιοχές δείχνει ότι οι ιδιαίτερες ανάγκες των ορεινών πληθυσμών έχουν αγνοηθεί. Το Υπουργείο Οικονομικών, μετά τη μεγάλη αύξηση στη φορολογία του πετρελαίου θέρμανσης, θέσπισε το 2012 πολιτική επιδότησης του κόστους θέρμανσης για τα νοικοκυριά στη βάση τεχνικών και εισοδηματικών κριτηρίων. Και στην περίπτωση αυτή, το ιδιαίτερο ενεργειακό προφίλ των ορεινών οικισμών έχει αγνοηθεί παντελώς.

Αναλυτικότερα, για τη χορήγηση του επιδόματος θέρμανσης η Ελλάδα χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες. Ενώ θα μπορούσε να υιοθετηθεί ο διαχωρισμός σε κλιματικές ζώνες που ορίζεται στον ΚΕΝΑΚ, ακολουθείται η ακόλουθη κατανομή:

#### ΖΩΝΗ Α (δυσμενέστερη)

Νομοί Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Δράμας, Ευρυτανίας

#### ΖΩΝΗ Β

Νομοί Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Αρκαδίας, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών, Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου

#### ΖΩΝΗ Γ

Νομοί Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας

#### ΖΩΝΗ Δ

Νομοί Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού

Αυτός ο χωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες, χωρίς ειδικότερες προβλέψεις για περιοχές υψηλών υψομέτρων, οδηγεί σε στρεβλή εικόνα για τις ενεργειακές ανάγκες των διάφορων περιοχών. Αν και στην κλιματική ζώνη Α έχουν ενταχθεί ορισμένες από τις ψυχρότερες περιοχές της Ελλάδας, η ένταξη ολόκληρων νομών σε ευμενέστερες κλιματικές ζώνες είναι λανθασμένη. Για παράδειγμα, ο νομός Φωκίδας εντάσσεται στη ζώνη Γ, όταν πάνω από το 70% της έκτασής του είναι ορεινό και πολυάριθμοι οικισμοί του, στη Γκίωνα, τα Βαρδούσια και τα όρη Ναυπακτίας έχουν ιδιαίτερα ψυχρό κλίμα. Χαρακτηριστική περίπτωση το Λιδωρίκι, στο οποίο οι βαθμομέρες θέρμανσης είναι κατά 74% περισσότερες απ' ότι στην Αθήνα κι όμως εντάσσεται στην ίδια κλιματική κατηγορία με το νομό Αττικής.

Η στρέβλωση από τη λανθασμένη κατάταξη της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες επιτείνεται από τα ανώτατα όρια κατανάλωσης πετρελαίου, τα οποία επιδοτούνται. Συγκεκριμένα, για κατοικίες μέχρι 120m<sup>2</sup> (ανώτατη επιφάνεια κατοικίας που δικαιούται επίδομα θέρμανσης), η ανώτατη κατανάλωση πετρελαίου δίνεται στον Πίνακα 5.11.

**Πίνακας 5.10.** Ανώτατη κατανάλωση πετρελαίου, που επιδοτείται, ανά κλιματική ζώνη

Κλιματική ζώνη	Ανώτατη κατανάλωση λίτρων ανά m <sup>2</sup>	Συνολική ανώτατη κατανάλωση λίτρων
A	25	3.000
B	15	1.800
Γ	8	960
Δ	5	600

Με βάση τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν στην Ενότητα 5.1.4 και λαμβάνοντας, επιπλέον, υπ' όψιν τη μέση κατάσταση του ελληνικού κτιριακού αποθέματος, η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης σε διάφορα υψόμετρα δίνεται στον Πίνακα 5.12.

**Πίνακας 5.12.** Κατανάλωση πετρελαίου, ανά μονάδα επιφάνειας κατοικίας, σε διάφορα υψόμετρα, σύμφωνα με τους υπολογισμούς του διδακτορικού

Υψόμετρο	Κατανάλωση πετρελαίου ανά m <sup>2</sup> (lit)
50	12
200	15
400	19
600	22
800	26
1.000	30
1.200	34

Η σύγκριση των Πινάκων 5.11 και 5.12 οδηγεί στο ότι, ακόμη και στα χαμηλά υψόμετρα, η κατανάλωση πετρελαίου είναι μεγαλύτερη από τα όρια που μπορούν να επιδοτηθούν. Ειδικά στις ορεινές περιοχές οι διαφορές είναι μεγάλες. Οι πραγματικές καταναλώσεις για την κάλυψη των θερμικών αναγκών μιας κατοικίας είναι ακόμη και διπλάσιες των καταναλώσεων που επιδοτούνται. Για παράδειγμα, στη Βυτίνα Αρκαδίας, η οποία κατατάσσεται στην κλιματική ζώνη Β, το ανώτατο όριο επιδοτούμενης κατανάλωσης είναι 15 lit/m<sup>2</sup>, ενώ από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι η πραγματική κατανάλωση είναι διπλάσια, δηλαδή 30 lit/m<sup>2</sup>. Στην περίπτωση του Μετσόβου, που επίσης κατατάσσεται στην κλιματική ζώνη Β, η μέση κατανάλωση πετρελαίου υπολογίστηκε σε 35 lit/m<sup>2</sup> (με βάση την αναλυτική εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης της πόλης, η οποία παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 6). Αυτό σημαίνει ότι, κατά μέσο όρο, επιδοτείται το 42% της ενεργειακής κατανάλωσης των κατοικιών της περιοχής.

Οι λανθασμένες εκτιμήσεις που συγκροτούν την επιδοματική πολιτική για το πετρέλαιο θέρμανσης, τελικά, αποδεικνύονται ανεπαρκείς για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας. Ειδικά στις ορεινές περιοχές, για τις οποίες όπως τεκμηριώθηκε η ενεργειακή φτώχεια αποτελεί κεντρική κοινωνική παράμετρο της ενεργειακής τους ταυτότητας, η οικονομική ελάφρυνση που επιτυγχάνεται

μέσω της επιδότησης στην τιμή του πετρελαίου είναι αναποτελεσματική. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του Μετσόβου, με την τιμή του πετρελαίου στα 1,4€/lit, το επιδοτούμενο ποσό στα 0,28€/lit και την επιδοτούμενη κατανάλωση να είναι έως 1800lit, το ποσοστό του εισοδήματος που διατίθεται για θέρμανση, κατά μέσο όρο, μειώνεται από το 18% στο 16%. Αυτού του μεγέθους η οικονομική ελάφρυνση είναι ανεπαρκέστατη και σε καμία περίπτωση δεν οδηγεί στην αντιμετώπιση του κινδύνου της ενεργειακής φτώχειας.

## **5.2 Συμπερίληψη παραμέτρων του ενεργειακού προφίλ των ορεινών περιοχών, πλην του υψομέτρου, στον ενεργειακό σχεδιασμό**

Για την αποτελεσματική επίτευξη των στόχων της παρούσας έρευνας έγινε συμπεριλήφθηκαν σε ένα βαθμό στα μοντέλα ενεργειακής βελτιστοποίησης που χρησιμοποιήθηκαν στα Κεφάλαια 6 και 7, και άλλες σημαντικές παράμετροι της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών, πέραν της αύξησης των θερμικών φορτίων, συναρτήσε του υψομέτρου. Πιο συγκεκριμένα, η επίδραση της κλίσης και της απομόνωσης, η χρησιμότητα των μέτρων ΕΞΕ, η αναγκαιότητα αντιμετώπισης της ενεργειακής φτώχειας και της τόνωσης της παραγωγικής βάσης ελήφθησαν υπ' όψιν στον ενεργειακό σχεδιασμό.

### **Κλίση**

Για τη διαμόρφωση του μοντέλου ενεργειακής βελτιστοποίησης στον οικισμό του Μετσόβου (Κεφάλαιο 6) ελήφθη υπ' όψιν το γεγονός του περιορισμένου χώρου που συνεπάγονται οι μεγάλες κλίσεις. Έτσι, από τις κατάλληλες περιοχές για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων, αποκλείστηκαν εκτός από τα δάση και οι γεωργικές εκτάσεις, ενώ από τα βοσκοτόπια θεωρήθηκε ότι μόνο το 1% είναι κατάλληλο για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων.

### **Απομόνωση**

Όσον αφορά στον παράγοντα της απομόνωσης, στην περίπτωση του ενεργειακού σχεδιασμού σε έναν θεωρητικό οικισμό (Κεφάλαιο 7) πραγματοποιήθηκαν επιλύσεις του μοντέλου ενεργειακής βελτιστοποίησης, υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι υπολογίστηκε η απόσταση από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία επιφέρει σημαντική αλλαγή στη δομή του βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος.

### **Εξοικονόμηση ενέργειας**

Τεκμηριώθηκε ότι, γενικώς, στις ορεινές περιοχές υπάρχει σημαντικό δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Όμως, εξίσου σημαντικές είναι οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στους ορεινούς οικισμούς καθώς και τα οφέλη που αυτές συνεπάγονται. Οι ορεινές περιοχές, για να αντιμετωπίσουν επιτυχώς το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας και για να μειώσουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ενεργειακών τους συστημάτων, κατ' εξοχήν χρειάζονται μέτρα αύξησης της ενεργειακής αποδοτικότητας. Αυτός είναι και ο πρώτος στόχος της ενεργειακής στρατηγικής που θα πρέπει να έχουν οι ορεινές περιοχές, σύμφωνα με την EUROMONTANA.

Οι ορεινές κοινωνίες, παραδοσιακά, διακρίνονταν για την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων. Ο λιτός τρόπος ζωής των ορεισίβιων, ο προγραμματισμός και ο σεβασμός όσον αφορά στη χρήση των



περιορισμένων διαθέσιμων πόρων των βουνών, υπήρξε ένα από τα κοινωνικά χαρακτηριστικά που συνέβαλαν στην επιτυχή προσαρμογή των ορεινών πληθυσμών στις τραχείες συνθήκες του ορεινού χώρου (Funell & Parish 2001). Παράλληλα, η στενότητα των φυσικών πόρων στα βουνά ωθούσε τις παραδοσιακές κοινωνίες στην ανάπτυξη ενός συστήματος αυστηρών κανόνων ως προς τη χρήση και την κατανομή των πόρων στα μέλη κάθε κοινότητας (Καλιαμπάκος et al. 2009). Συνεπώς, η ΕΞΕ αποτελεί μια διαδικασία, συμβατή με τα χαρακτηριστικά των ορεινών κοινωνιών. Μπορεί να αποτελέσει τη γέφυρα μεταξύ της τεχνολογικής καινοτομίας και της παραδοσιακής φυσιογνωμίας των ορεινών κοινωνιών. Μια κατοικία, εξοπλισμένη με τεχνικές ΕΞΕ, εξασφαλίζει ποιότητα ζωής και ανέσεις στους ενοίκους της, ενώ παράλληλα καταναλώνει πολύ μικρότερες ποσότητες καυσίμων και δεν επιβαρύνει το περιβάλλον όσο μια κατοικία με μικρή ενεργειακή αποδοτικότητα. Συνεπώς, ένας τρόπος ζωής, απαλλαγμένος από την υπερκατανάλωση και βασισμένος στην ποιότητα, που εκφράζει το πνεύμα των ορεινών περιοχών, μπορεί να βασιστεί σε σημαντικό βαθμό στη διάδοση των τεχνολογιών ΕΞΕ.

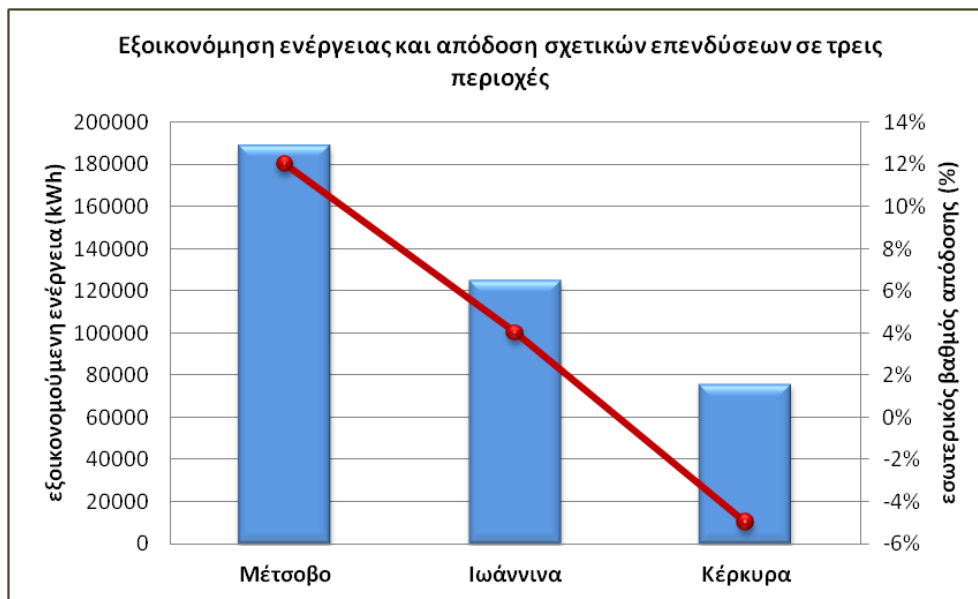
Εκτός από τη συμβατότητα της ΕΞΕ με την κουλτούρα των ορεινών περιοχών, η εφαρμογή της είναι ιδιαίτερα αποδοτική στις ορεινές περιοχές, από οικονομικής πλευράς. Τα μεγάλα θερμικά φορτία και το γεγονός ότι τα πιο διαδεδομένα συστήματα θέρμανσης λειτουργούν με συντελεστή απόδοσης μικρότερο του 100% καθιστούν τα μέτρα περιορισμού της ενεργειακής κατανάλωσης στον κτιριακό τομέα ιδιαίτερα ελκυστικά στις ορεινές περιοχές. Σε περιοχές με μεγάλα ψυκτικά φορτία και περιορισμένα θερμικά φορτία, το γεγονός ότι τα συστήματα παραγωγής ψύξης λειτουργούν με παράμετρο απόδοσης (EER) μεγαλύτερη του 100% συντελούν ώστε η ΕΞΕ να έχει χαμηλότερη οικονομική απόδοση, τουλάχιστον στον οικιακό τομέα.

Στο Διάγραμμα 5.9 αποτυπώνεται η εξοικονομούμενη ενέργεια και ο εσωτερικός βαθμός των απαιτούμενων επενδύσεων για την περίπτωση των κτιριακών εγκαταστάσεων του ΕΜΠ στο Μέτσοβο (ΜΕΚΔΕ). Επίσης αποτυπώνονται τα ίδια μεγέθη, εάν το κτίριο βρισκόταν στα Ιωάννινα και στην Κέρκυρα, περιοχές με το ίδιο γεωγραφικό πλάτος με το Μέτσοβο, αλλά σε χαμηλότερα υψόμετρα (Ιωάννινα 483m, Κέρκυρα 2m). Αποδεικνύεται ότι οι μεγαλύτερες ποσότητες εξοικονομούμενης ενέργειας στο Μέτσοβο καθιστούν τις επενδύσεις ελκυστικές οικονομικά – ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι διπλάσιος του επιτοκίου προεξόφλησης που είχε χρησιμοποιηθεί. Σημειώνεται ότι το κτίριο του ΜΕΚΔΕ, με βάση τον ΚΕΝΑΚ, κατατάσσεται στην ενεργειακή κλάση Γ. Στις περιπτώσεις αυτές, που η ενεργειακή απόδοση είναι σχετικά καλή, συνήθως οι επεμβάσεις ΕΞΕ δεν έχουν ιδιαίτερα ελκυστική οικονομική απόδοση. Όμως, στο Μέτσοβο η οικονομική απόδοση, λόγω των μεγάλων θερμικών φορτίων που συνεπάγεται το ιδιαίτερα ψυχρό κλίμα, είναι υψηλή (Κατσουλάκος, 2011).

Η χρησιμότητα της ΕΞΕ στις ορεινές περιοχές, εκτός από τις μετεωρολογικές συνθήκες, έγκειται και στην παλαιότητα και χαμηλή ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιριακού αποθέματος, στοιχείο που χαρακτηρίζει πολλούς ορεινούς οικισμούς και έχει αποτυπωθεί στον Πίνακα 1.7.

Οι βασικοί περιορισμοί που μπορεί να τίθενται στην ΕΞΕ, στις ορεινές περιοχές, πηγάζουν από το αρχιτεκτονικό ύψος των παραδοσιακών ορεινών οικισμών και την ανάγκη διατήρησής του. Έχει ήδη αναφερθεί ότι υπάρχουν προσεγγίσεις σχετικά με το ζήτημα αυτό, οι οποίες εφαρμόζονται στο εξωτερικό και πρέπει να αποτελέσουν σημείο προβληματισμού και στη χώρα μας. Το ζητούμενο είναι να βρεθεί η «χρυσή τομή» μεταξύ της διατήρησης ενός συστατικού στοιχείου του πολιτισμού του ορεινού χώρου και του εκσυγχρονισμού των κτιρίων προς όφελος της ποιότητας ζωής και της οικονομικής κατάστασης των κατοίκων.

Γενικώς, οι ορεινές περιοχές αποτελούν ιδανικό πεδίο για την εφαρμογή τεχνικών περιορισμού της ενεργειακής κατανάλωσης. Η ΕΞΕ θα πρέπει να βρίσκεται στον πυρήνα της ενεργειακής στρατηγικής για τον ορεινό χώρο.



**Διάγραμμα 5.9.** Εξοικονομούμενη ενέργεια και εσωτερικός βαθμός απόδοσης για επεμβάσεις ΕΞΕ σε κτίριο με τα χαρακτηριστικά του κτιρίου του ΜΕΚΔΕ του ΕΜΠ, στο Μετσόβο, για τρεις περιπτώσεις μετεωρολογικών συνθηκών. (πηγή: Κατσουλάκος 2011)

Παρά τη σημασία της ΕΞΕ και το γεγονός ότι έχει ενταχθεί στους στόχους της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής η συμπερίληψη των τεχνικών περιορισμού της ενεργειακής κατανάλωσης σε μοντέλα ενεργειακής βελτιστοποίησης δε συναντάται συχνά στη βιβλιογραφία (Dicorato et al. 2008). Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα ανωτέρω, οι τεχνικές παθητικής ΕΞΕ εντάχθηκαν ως ιδιαίτερες μεταβλητές απόφασης στα μοντέλα ενεργειακού σχεδιασμού, τόσο στην περίπτωση του Μετσόβου όσο και στην περίπτωση του θεωρητικού οικισμού. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα ενεργειακού σχεδιασμού αξιοποιώντας και το λανθάνον ενεργειακό δυναμικό που προκύπτει από τη βελτίωση των θερμοτεχνικών χαρακτηριστικών των κτιριακών κελυφών.

### Ενεργειακή φτώχεια

Για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας, στην περίπτωση του Μετσόβου, τέθηκαν ειδικοί περιορισμοί, όσον αφορά στο λειτουργικό κόστος που θα πρέπει να έχει το βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα για τους κατοίκους της περιοχής. Όπως αναφέρθηκε στην Ενότητα 2.4, το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας δεν έχει ενταχθεί συστηματικά στις ερευνητικές προσπάθειες, όσον αφορά στον ενεργειακό σχεδιασμό. Στην παρούσα εργασία, η απρόσκοπτη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών δε θα μπορούσε να αγνοηθεί, εφ' όσον το ενεργειακό προφίλ των ορεινών περιοχών είναι συνυφασμένο με την ενεργειακή φτώχεια.

### **Τόνωση της απασχόλησης**

Η ενίσχυση της αδύναμης παραγωγικής βάσης των ορεινών περιοχών μέσω της αναμόρφωσης των ενεργειακών τους συστημάτων, εντάχθηκε στα μοντέλα ενεργειακού σχεδιασμού, στην παρούσα εργασία, μέσω κατάλληλων περιορισμών που αναλύονται στα Κεφάλαια 6 και 7. Έτσι επιδιώχθηκε, αφ' ενός ο ενεργειακός σχεδιασμός να συνεισφέρει σε αυτήν τη σημαντική για τις ορεινές περιοχές κοινωνική παράμετρο και, αφ' ετέρου, να αναλυθεί η επίδραση της απαίτησης για αυξημένες νέες θέσεις εργασίας στη δομή και τα χαρακτηριστικά των βέλτιστων ενεργειακών λύσεων.



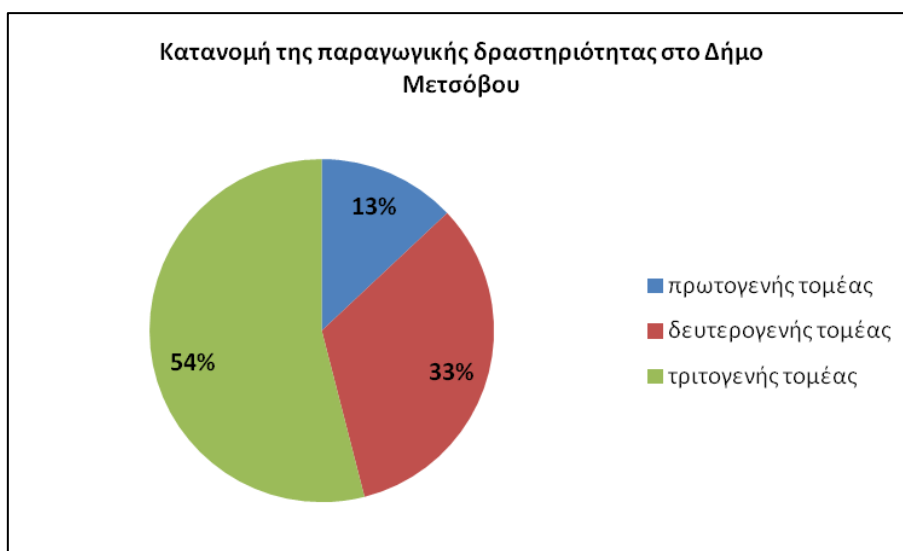
## Κεφάλαιο 6. Ενεργειακός σχεδιασμός στο Μέτσοβο

Κρίθηκε σκόπιμο, αρχικά, να προσεγγιστεί το ζήτημα της βελτιστοποίησης της χρήσης ενεργειακών πόρων, με βάση μια συγκεκριμένη περιοχή μελέτης. Εφαρμόζοντας τη μεθοδολογία ενεργειακού σχεδιασμού για τις ορεινές περιοχές που διαμορφώθηκε, σε μια πραγματική περίπτωση μελέτης μπορεί να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα και η αξιοπιστία της. Έτσι, επελέγη να εφαρμοστεί το μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού στον ορεινό οικισμό του Μετσόβου. Θεωρήθηκε χρήσιμο η περιοχή εφαρμογής να διαθέτει μόνιμο πληθυσμό, ώστε η ενεργειακή βελτιστοποίηση να απαντά σε πραγματικά προβλήματα. Αυτός ήταν ένας βασικός λόγος για την επιλογή του Μετσόβου ως πεδίου εφαρμογής του μοντέλου ενεργειακής βελτιστοποίησης, αφού πρόκειται για έναν από τους ζωντανούς, με σημαντικό μόνιμο πληθυσμό, οικισμούς στην υψηλότερη υψομετρική ζώνη ανάπτυξης οικισμών στην Ελλάδα. Ακόμη, η ευρύτερη περιοχή του Μετσόβου χαρακτηρίζεται από αρκετά πλούσιο ενεργειακό δυναμικό ΑΠΕ (Κατσουλάκος & Καλιαμπάκος 2010) και συνεπώς, παρουσιάζει ενδιαφέρον αναφορικά με την αξιοποίηση και βελτιστοποίηση της χρήσης των συγκεκριμένων ενεργειακών πόρων. Τέλος, λόγω της λειτουργίας του ΔΠΜΣ του ΕΜΠ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών» στο Μέτσοβο, υπήρχαν οι κατάλληλες προϋποθέσεις για τη διευκόλυνση της έρευνας.

### 6.1 Βασικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης

Το Μέτσοβο βρίσκεται στην καρδιά της Πίνδου, στη γέφυρα μεταξύ του βόρειου και του νότιου τμήματος της οροσειράς. Η πλατεία της πόλης βρίσκεται σε υψόμετρο 1.150m. Η πλαγιά στην οποία είναι κτισμένος ο οικισμός έχει μεγάλη κλίση και έτσι το συνολικό υψομετρικό εύρος κυμαίνεται από τα 1.000m έως τα 1.250m. Η περιοχή κατοικείται από το 2<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. και γνώρισε ιδιαίτερη άνθιση από το 17<sup>ο</sup> έως το 19<sup>ο</sup> αιώνα. Είναι αξιοσημείωτο ότι το Μέτσοβο διατήρησε τον πληθυσμό του, κατά τη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα. και ένα σημαντικό επίπεδο οικονομικής δραστηριότητας, σε αντίθεση με την πλειονότητα των ελληνικών ορεινών οικισμών (Γιαννακοπούλου 2012). Αποτέλεσμα της διαρκούς κατοίκησης του Μετσόβου είναι η ύπαρξη σημαντικού αριθμού παλαιών κτιρίων. Επιπλέον ο οικισμός είναι χαρακτηρισμένος ως παραδοσιακός και υπάρχουν ειδικοί κανόνες δόμησης. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγεται και η απαγόρευση εγκατάστασης ηλιακών συστημάτων στα κτίρια.

Στο Μέτσοβο η οικονομική δραστηριότητα είναι σημαντική, σε αντίθεση με την πλειονότητα των ορεινών οικισμών της Ελλάδας. Η ανάπτυξη του ορεινού τουρισμού στην περιοχή οδηγεί στην κυριαρχία του τριτογενούς τομέα. Υπάρχει σχετικά έντονη μεταποιητική δραστηριότητα, για τα δεδομένα των ορεινών περιοχών, στον τομέα της παραγωγής τροφίμων και προϊόντων ξύλου, η οποία αξιοποιεί προϊόντα της πρωτογενούς παραγωγής τόσο του Δήμου όσο και των γειτονικών περιοχών. Στο Διάγραμμα 6.1 αποτυπώνεται η συμμετοχή των τομέων παραγωγής στην οικονομική δραστηριότητα της περιοχής.



**Διάγραμμα 6.1.** Ποσοστιαία συμμετοχή τομέων δραστηριότητας στη συνολική παραγωγή στο Δήμο Μετσόβου (πηγή: Καχριμάνη, 2011)

Το κλίμα του Μετσόβου κατατάσσεται, με βάση την κατά Köppen κατηγοριοποίηση, στην κατηγορία Cbf (Σούλης 1994). Η κατηγορία αυτή περιγράφεται ως εξής: «Κλίμα εύκρατο βροχερό με μέση θερμοκρασία του θερμότερου 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 ξηρότερος μήνας δέχεται βροχή μεγαλύτερη των 40mm.»

Όσον αφορά στα ειδικότερα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής, για τη θερμοκρασία χρειάστηκε να γίνει συνδυασμός πηγών και μετρήσεων, διότι ο σταθμός της ΕΜΥ στην περιοχή έπαψε να λειτουργεί, ενώ παράλληλα λειτουργούσε σταθμός του ΕΘΙΑΓΕ, με αρκετά προβλήματα. Έτσι, προέκυψε ο Πίνακας 6.1, στον οποίο υπάρχουν θερμοκρασιακά δεδομένα για όσες χρονιές υπήρχαν πλήρη στοιχεία, δηλαδή για συνολικά 28 έτη από το 1961 έως το 2009. Από τα δεδομένα προκύπτει ότι η περιοχή του Μετσόβου διακρίνεται για τις ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες της. Από το Νοέμβριο μέχρι και το Μάρτιο, η μέση θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους 10° C. Η μέση ετήσια θερμοκρασία στην περιοχή ανέρχεται σε μόλις 10°C, τιμή ιδιαίτερα χαμηλή για τα ελληνικά δεδομένα. Η επίδραση του υψομέτρου και της θέσης του Μετσόβου βαθιά στον ορεινό όγκο της Πίνδου συντελούν στη διαμόρφωση αυτών των ιδιαίτερα ψυχρών συνθηκών.

Οι βροχοπτώσεις είναι άφθονες στην περιοχή του Μετσόβου και βασικά οφείλονται στην ορογραφική κατακρήμνιση. Οι υδρατμοί που παράγονται στο Ιόνιο συμπυκνώνονται συναντώντας το εμπόδιο της Πίνδου και δίνουν μεγάλα βροχομετρικά ύψη. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στο Μέτσοβο ανέρχεται σε 1453mm, με βάση δεδομένα διάρκειας 52 ετών. Είναι χαρακτηριστική η διαφορά με τις περιοχές ανατολικά της Πίνδου, όπως στη Λάρισα, όπου η βροχή δεν ξεπερνά τα 423mm. Οι πλούσιες βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις, σε συνδυασμό με τις γεωλογικές δομές συμβάλλουν ώστε από την ευρύτερη περιοχή του Μετσόβου να πηγάζουν πέντε ποταμοί: Ο Αλιάκμονας (ο μεγαλύτερος σε μήκος ποταμός της Ελλάδας), ο Άραχθος, ο Αχελώος (ο μεγαλύτερος σε όγκο νερού ποταμός της Ελλάδας), ο Αώος και ο Πηνειός. Εύστοχα, λοιπόν, το Μέτσοβο έχει χαρακτηριστεί ως η υδρολογική καρδιά της Ελλάδας (Κουτσογιάννης & Μαμάσης 1998).

Αποτέλεσμα των πλούσιων βροχοπτώσεων στο Μέτσοβο είναι και η ύπαρξη εκτεταμένων δασικών εκτάσεων. Συνολικά, σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, η έκταση των δασών στην περιοχή ανέρχεται σε 107.300 στρέμματα. Η οξιά και η μαύρη πεύκη αποτελούν τα κυρίαρχα δασικά είδη. Οι άφθονες βροχοπτώσεις, σε συνδυασμό με τη γεωλογική δομή της περιοχής δημιουργούν έντονα προβλήματα κατολισθήσεων.

**Πίνακας 6.1.** Μέση μηνιαία θερμοκρασία στο Μέτσοβο, για 28 χρονιές μεταξύ του 1961 και του 2009 (πηγή: μετρήσεις σταθμών ΕΜΥ, ΕΘΙΑΓΕ και ίδια επεξεργασία)

Μέση μηνιαία θερμοκρασία στο Μέτσοβο												
ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥ	ΙΟΥ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
1961	1,2	1,0	5,7	10,7	13,1	18,0	20,9	21,1	17,4	10,9	9,0	3,4
1962	4,0	0,3	4,5	8,8	15,4	17,6	21,8	23,2	17,4	11,2	8,4	1,3
1963	0,5	2,1	3,4	8,6	12,6	18,3	21,5	22,6	18,5	10,8	10,2	5,7
1964	0,7	1,3	5,6	9,0	13,2	18,3	20,0	20,0	15,7	12,2	8,1	3,6
1965	2,1	-1,0	4,9	7,9	13,7	18,6	25,9	20,0	19,0	11,6	7,0	4,5
1966	0,2	5,5	2,9	8,4	11,7	16,7	19,7	20,8	16,2	17,8	7,0	2,8
1972	1,0	2,1	5,2	8,8	13,2	19,4	18,3	18,3	15,1	7,6	7,2	1,4
1973	0,8	1,5	1,2	6,5	15,8	17,4	17,4	18,7	16,9	10,8	6,0	4,0
1974	1,0	2,3	4,7	6,4	11,6	16,7	20,0	20,2	16,3	10,8	5,9	2,2
1975	2,3	0,6	6,0	9,7	13,9	16,3	19,4	18,0	18,1	10,8	5,3	3,9
1977	2,0	5,6	7,2	9,1	15,0	18,4	23,4	20,2	14,1	10,7	8,4	0,3
1978	0,1	4,1	5,9	6,9	11,7	16,4	20,6	19,8	13,5	9,1	2,5	4,4
1981	-2,2	1,2	7,1	9,5	12,0	19,1	19,3	18,9	16,6	13,4	4,3	3,7
1982	2,7	0,3	2,8	7,5	13,7	18,5	20,1	20,1	17,7	11,2	6,7	2,6
1983	2,3	-0,6	4,8	10,9	14,3	14,9	19,6	18,2	15,7	10,5	5,6	2,9
1984	2,5	1,3	2,2	6,4	14,2	16,9	20,6	19,7	15,9	13,9	6,6	1,8
1985	1,3	1,2	3,2	9,1	14,8	17,7	20,6	20,7	17,4	10,3	8,2	4,8
1986	1,4	1,4	4,3	10,3	13,5	17,2	19,4	21,1	17,0	11,2	6,0	1,4
1987	2,1	2,9	-1,1	7,7	11,6	18,0	22,5	21,2	20,3	10,7	6,5	4,7
1988	4,1	0,8	2,5	8,0	13,9	17,4	23,6	21,4	16,2	10,6	3,9	2,7
1989	1,9	2,7	7,0	11,5	11,5	14,7	18,5	19,5	16,4	10,4	5,3	3,2
1992	2,2	2,1	3,8	8,8	12,6	17,0	19,4	22,6	16,8	14,3	8,7	2,8
1993	2,1	1,8	4,6	9,2	13,7	19,6	22,0	22,5	16,8	14,9	5,5	5,2
1997	0,6	-0,9	-0,2	-0,2	10,8	15,2	16,4	13,8	11,9	5,8	3,3	-1,1
1998	-0,7	1,3	-2,2	5,6	8,6	14,4	17,7	17,6	10,9	8,4	2,0	-3,0
1999	-1,5	-4,3	0,0	4,1	10,4	14,0	15,7	17,2	12,0	8,9	2,9	0,3
2000	-5,9	-2,3	-0,1	6,6	10,5	14,7	17,6	17,8	11,8	7,9	6,0	0,7
2009	1,8	-0,4	3,0	7,7	13,9	16,0	19,7	18,9	14,5	10,0	7,8	6,0
<b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>3,5</b>	<b>8,0</b>	<b>12,9</b>	<b>17,1</b>	<b>20,1</b>	<b>19,8</b>	<b>15,9</b>	<b>11,0</b>	<b>6,2</b>	<b>2,7</b>

## 6.2 Δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην περιοχή του Μετσόβου

Όπως προαναφέρθηκε, στο Μέτσοβο υπάρχει πλούσιο δυναμικό ΑΠΕ. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις για το μέγεθος του δυναμικού αυτού. Όσον αφορά στο αιολικό, το ηλιακό και το υδροηλεκτρικό δυναμικό, οι εκτιμήσεις που έγιναν ενδέχεται να εμπεριέχουν σφάλματα λόγω της ανεπάρκειας των διαθέσιμων στοιχείων. Γι' αυτό οι υπολογισμοί βασίστηκαν σε σχετικά συντηρητικές παραδοχές. Στην περίπτωση της βιομάζας, για την οποία υπήρχαν επαρκή στοιχεία, οι υπολογισμοί παρέχουν ιδιαίτερα ακριβή εικόνα της κατάστασης.

### 6.2.1 Αιολικό δυναμικό

Οι εκτιμήσεις για το αιολικό δυναμικό βασίστηκαν στο ΕΠΣΕ και στις πληροφορίες που περιέχονται στο ενσωματωμένο γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών και αφορούν στη μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου στην Ελλάδα. Αναζητήθηκαν οι περιοχές του Δήμου Μετσόβου και του γειτονικού Δήμου Εγνατίας (σύμφωνα με τη διοικητική διαίρεση του προγράμματος «Καποδίστριας»), στις οποίες η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι από 6m/sec και πάνω. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η έκταση των περιοχών, με τη βοήθεια των εργαλείων που παρέχονται από το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών του ΕΠΣΕ. Επιδιώχθηκε οι περιοχές που επελέγησαν να μη βρίσκονται εντός προστατευόμενων εκτάσεων.

**Πίνακας 6.2.** Έκταση περιοχών κατάλληλων για εγκατάσταση ανεμογεννητριών και ταχύτητες ανέμου

Ταχύτητα ανέμου (m/sec)	Έκταση περιοχής (στρέμματα)
6,5	3.275
7,5	2.854
8,5	933
9,5	450

Από τα στοιχεία του Πίνακα 6.2, υπολογίζεται ότι η συνολική, κατάλληλη έκταση για την εγκατάσταση αιολικών συστημάτων είναι 7.512 στρέμματα. Η μέση ετήσια ταχύτητα αέρα ανέρχεται σε 7,3m/sec. Προτιμήθηκε η ανάπτυξη των αιολικών συστημάτων να είναι ήπια και να εναρμονίζεται με το πλούσιο φυσικό περιβάλλον και το ιδιαίτερης αισθητικής τοπίο του Μετσόβου. Γι' αυτό το κριτήριο της μέγιστης πυκνότητας αιολικών μονάδων που θέτει του ΕΠΧΣΑΑ για τις ΑΠΕ, σε επίπεδο ΟΤΑ, εφαρμόστηκε στην υπό μελέτη περίπτωση στην έκταση των 7.512 στρεμμάτων που είναι κατάλληλη για εγκατάσταση ανεμογεννητριών.

Για τη ζώνη Β, εκτός ΠΑΠ, επιτρέπεται η εγκατάσταση 0,66 τυπικών ανεμογεννητριών ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Ως τυπικές θεωρούνται οι ανεμογεννήτριες με διάμετρο ρότορα 85m και ισχύ 2MW. Εφαρμόζοντας το κριτήριο αυτό στην έκταση των 7.512 στρεμμάτων, προκύπτει ότι μπορούν να εγκατασταθούν 5 τυπικές ανεμογεννήτριες, συνολικής ισχύος 10MW. Όταν τα διαθέσιμα ανεμολογικά στοιχεία είναι σε επίπεδο μέσης ετήσιας ταχύτητας, για την εκτίμηση της δεσμευόμενης ενέργειας από το ρότορα μιας ανεμογεννήτριας, σε kWh, χρησιμοποιείται η ακόλουθη εμπειρική σχέση (Μπεργελές 1995):



$$E = 10,5 \cdot A \cdot V^3 \quad (6.1)$$

A: Η επιφάνεια σάρωσης του ρότορα ( $m^2$ )

V: Η μέση ετήσια ταχύτητα του αέρα (m/sec)

Η ωφέλιμη ηλεκτρική ενέργεια προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τη δεσμευόμενη ενέργεια με το συντελεστή χρησιμοποίησης, ο οποίος για την περίπτωση του Μετσόβου λαμβάνεται ίσος με 21%, βάσει μελέτης για το ενεργειακό δυναμικό της Ηπείρου (ΚΑΠΕ & Eurotec 2011). Για τον υπολογισμό της ωφέλιμης ενέργειας από τις ανεμογεννήτριες στην περιοχή του Μετσόβου θεωρείται ότι χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 500kW. Οι ανεμογεννήτριες των 500kW έχουν μικρότερη πυκνότητα ισχύος από τις τυπικές αλλά είναι μικρότερες σε μέγεθος και έτσι μπορούν να ενταχθούν καλύτερα στο τοπίο. Η διάμετρος του ρότορα μιας ανεμογεννήτριας των 500kW είναι, συνήθως, 40m. Με βάση τις διατάξεις του ΕΠΧΣΑΑ, στην περίπτωση χρήσης ανεμογεννητριών 500kW, μπορούν να χρησιμοποιηθούν 11 ανεμογεννήτριες, στη διαθέσιμη έκταση στην περιοχή του Μετσόβου. Έτσι, η συνολική ωφέλιμη ενέργεια ανέρχεται σε 11.218MWh/έτος.

### 6.2.2 Ηλιακό Δυναμικό

Τα ελλιπή μετεωρολογικά δεδομένα για την περιοχή του Μετσόβου καθιστούν την πλέον αξιόπιστη πηγή για την εκτίμηση της ποσότητας ηλιακής ακτινοβολίας το ερευνητικό πρόγραμμα PVGIS της Ευρωπαϊκής Ένωσης, βάσει του οποίου εκτιμήθηκε η ηλιακή ακτινοβολία και η παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά πλαίσια στην Ευρώπη και την Αφρική.

Από τα στοιχεία του PVGIS, προκύπτει ότι:

- Η μέση ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο είναι  $4090Wh/m^2$
- Η μέση ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε επίπεδο υπό βέλτιστη κλίση ( $31^\circ$  για το Μέτσοβο) είναι  $4.560Wh/m^2$

Για την εκτίμηση της δυνατότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αρχικά υπολογίστηκε η έκταση των κατάλληλων εκτάσεων για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Από τη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων αποκλείονται οι περιοχές όπου υπάρχουν δάση, οικισμοί, γεωργικές εκτάσεις (λόγω της περιορισμένης έκτασής τους και της χρησιμότητάς τους για τους κατοίκους της περιοχής) και υδάτινες επιφάνειες. Από τα βοσκοτόπια θεωρείται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί το 1%. Το μικρό ποσοστό που υιοθετείται ως κατάλληλο προς αξιοποίηση οφείλεται στο ότι τα βοσκοτόπια της περιοχής αν και έχουν ήπιες κλίσεις, βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο 1.500-1.700m, σε περιοχή, στην οποία παρατηρούνται έντονες χιονοπτώσεις. Επιπλέον υπάρχει σημαντικός όγκος ζωικού κεφαλαίου στην περιοχή και τα βοσκοτόπια, σε μεγάλο βαθμό, είναι χρήσιμα για την κτηνοτροφία. Οπότε τελικά, η συνολικά διαθέσιμη γη για φωτοβολταϊκά έχει εμβαδόν 102 στρέμματα, εφ' όσον τα βοσκοτόπια καλύπτουν έκταση 10150 στρέμματα (Δαμάτη et al. 2008).

Εκτιμάται ότι, ανά  $15m^2$  μπορεί να εγκαθίσταται φωτοβολταϊκή ισχύς μεγέθους 1 kW (ΚΑΠΕ & Eurotec 2011). Άρα, στη διαθέσιμη έκταση μπορούν να εγκατασταθούν 6.800 kW φωτοβολταϊκών πλαισίων. Ο συντελεστής χρησιμοποίησης των φωτοβολταϊκών στην Περιφέρεια Ηπείρου λαμβάνεται ίσος με 15%. Συνεπώς, η ετήσια ωφέλιμη ενέργεια ανέρχεται σε 8.935MWh.

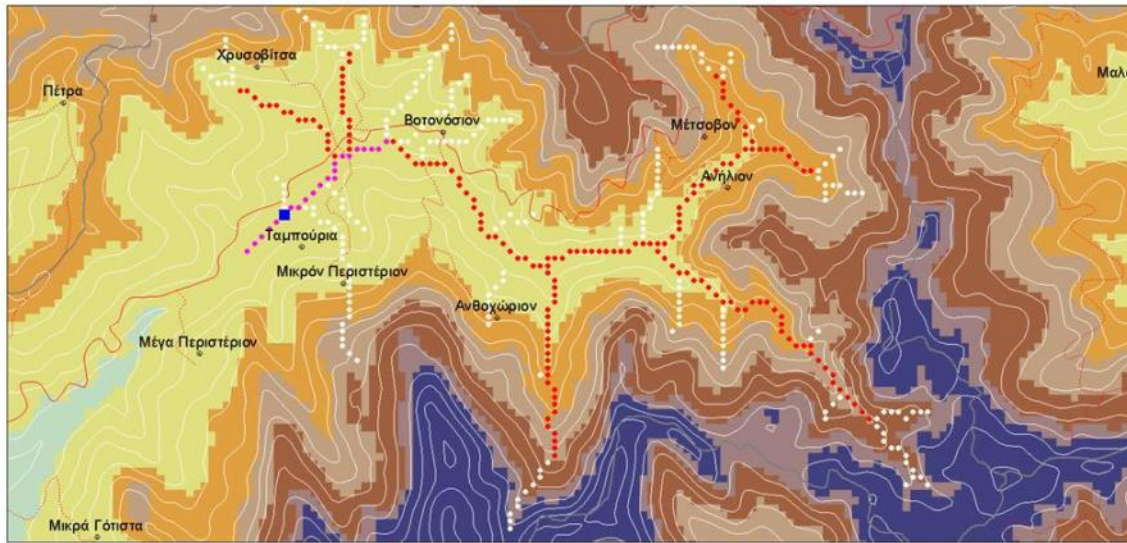
Επίσης, παρακάμπτοντας τους υφιστάμενους περιορισμούς στη δόμηση, μπορούν να εγκατασταθούν φωτοβολταϊκά πλαίσια στις στέγες των κατοικιών. Υποτίθεται ότι η μισή έκταση των στεγών έχει κατάλληλο προσανατολισμό. Για να μην υπάρχει μεγάλη αισθητική επιβάρυνση, υποτίθεται ότι από την κατάλληλη έκταση η μισή μπορεί να καταληφθεί από φωτοβολταϊκά. Έτσι, το 25% των στεγών είναι, εν τέλει, κατάλληλο για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων. Από τα διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία, προκύπτει ότι έκταση που αντιστοιχεί στο ποσοστό αυτό είναι  $11.063\text{m}^2$ . Θεωρείται ότι για κάθε kW φωτοβολταϊκής ισχύος στις στέγες απαιτούνται  $8\text{m}^2$  (ΚΑΠΕ & Eurotec 2011). Άρα η συνολική ισχύς που μπορεί να εγκατασταθεί ανέρχεται σε  $1.383\text{kW}$ . Για τα φωτοβολταϊκά στις στέγες ο συντελεστής χρησιμοποίησης προτείνεται να λαμβάνεται μειωμένος κατά 1,5 ποσοστιαίες μονάδες σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά πάρκα (Τσαλέμης et al. 2011). Άρα τελικά, η ωφέλιμη ισχύς από τα φωτοβολταϊκά στις στέγες υπολογίζεται σε  $1.636\text{MWh}/\text{έτος}$ .

Όσον αφορά στα θερμικά ηλιακά συστήματα, θεωρείται ότι θα γίνει εγκατάσταση συστημάτων βεβιασμένης κυκλοφορίας. Μόνο οι συλλέκτες θα τοποθετηθούν στις οροφές, για την προστασία της αισθητικής του οικισμού. Τοποθετώντας θερμαντήρα με ισχυρή μόνωση και μεγάλη χωρητικότητα, γίνεται η παραδοχή ότι τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να καλύψουν έως και 80% των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης κάθε κατοικίας.

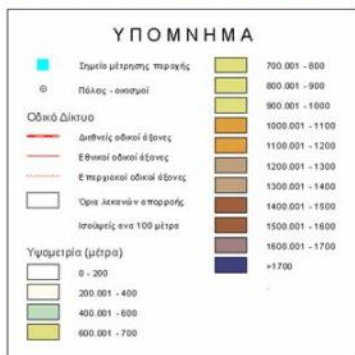
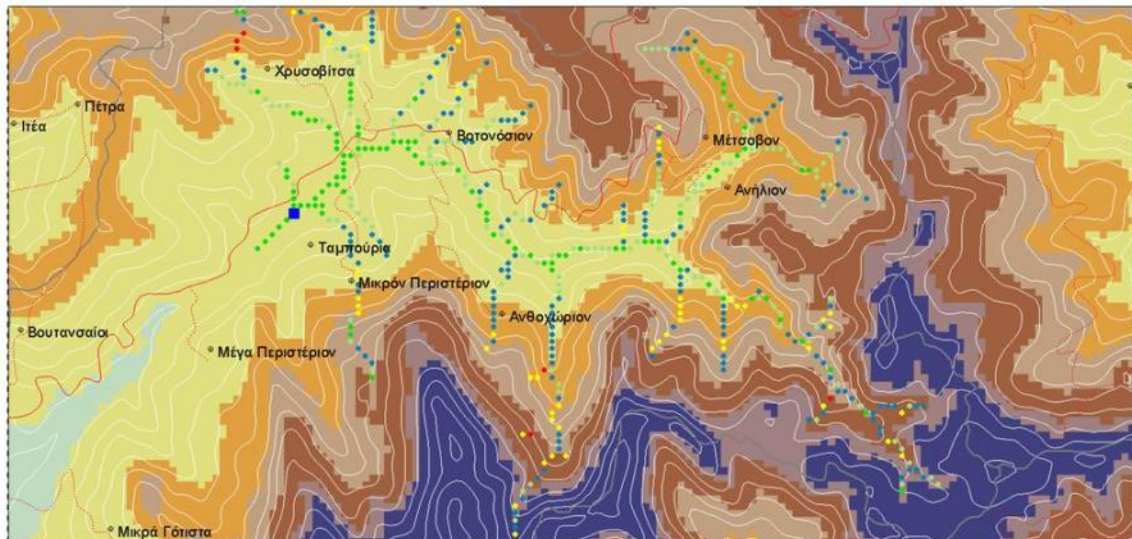
### 6.2.3 Υδροηλεκτρικό δυναμικό

Τα δεδομένα σε σχέση με την παροχή των υδατορευμάτων είναι λίγα και ανεπαρκή. Παρ' όλα αυτά, χρησιμοποιώντας το χάρτη του ΚΑΠΕ για τη λεκάνη του Άνω Μετσοβίτικου (Χάρτης 6.1) μπορεί να γίνει μια κατ' αρχήν εκτίμηση για τις δυνατότητες ανάπτυξης μικρών υδροηλεκτρικών έργων στην περιοχή. Στη λεκάνη του Άνω Μετσοβίτικου μπορεί να γίνει αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού, χωρίς σημαντικές συγκρούσεις με άλλες χρήσεις γης και ζητήματα προστασίας του περιβάλλοντος. Επιπλέον, η συγκεκριμένη υδατική λεκάνη έχει άμεση γειτνίαση με την πόλη του Μετσόβου και έτσι η ενεργειακή τροφοδότηση του οικισμού γίνεται από τοπικούς πόρους, χωρίς παρεμβάσεις σε άλλες περιοχές, σε μεγαλύτερες αποστάσεις από το Μέτσοβο. Σε άμεση γειτνίαση με τον οικισμό του Μετσόβου βρίσκεται και η λεκάνη του Άνω Αώου, αλλά εκεί έχει ήδη αναπτυχθεί το μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο των πηγών Αώου και επιπλέον, πολλά υδατορεύματα βρίσκονται στον Εθνικό Δρυμό της Βάλια Κάλντα και θεωρείται ότι η ενεργειακή αξιοποίησή τους είναι καλύτερο να αποφευχθεί.

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης των μικρών υδροηλεκτρικών λαμβάνεται, συνήθως ίσος με 40% (ΚΑΠΕ & Eurotec 2011, Τσαλέμης et al. 2012). Συνεπώς, από τη διαθέσιμη ισχύ, που αποτυπώνεται στον Πίνακα 6.3 μπορούν σε ετήσια βάση  $32650\text{MWh}$  ωφέλιμης ενέργειας.



2. Χάρτης κλίσεων εδάφους κατά τη ροή του υδατορέματος



1000 0 1000 2000 Meters



**Χάρτης 6.1.** Στοιχεία παροχών και κλίσεων στη λεκάνη του Άνω Μετσοβίτικου (πηγή: ΚΑΠΕ)

**Πίνακας 6.3.** Χαρακτηριστικά υδατικού δυναμικού και δυνατότητες εγκατάστασης μικρών υδροηλεκτρικών στη λεκάνη του Άνω Μετσοβίτικου (πηγή: ΚΑΠΕ)

Παροχή υδατορρεύματος (m <sup>3</sup> /sec)	Κλίση (°)	Ύψος Πτώσης (m)	Ισχύς (kW)
1,65	5	100	1.165
1,65	5	100	1.165
1,65	12	200	2.329
1,65	10	200	2.329
1,65	5	100	1.165
1,65	5	100	1.165
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ: 9.318 kW</b>			

#### 6.2.4 Δυναμικό βιομάζας

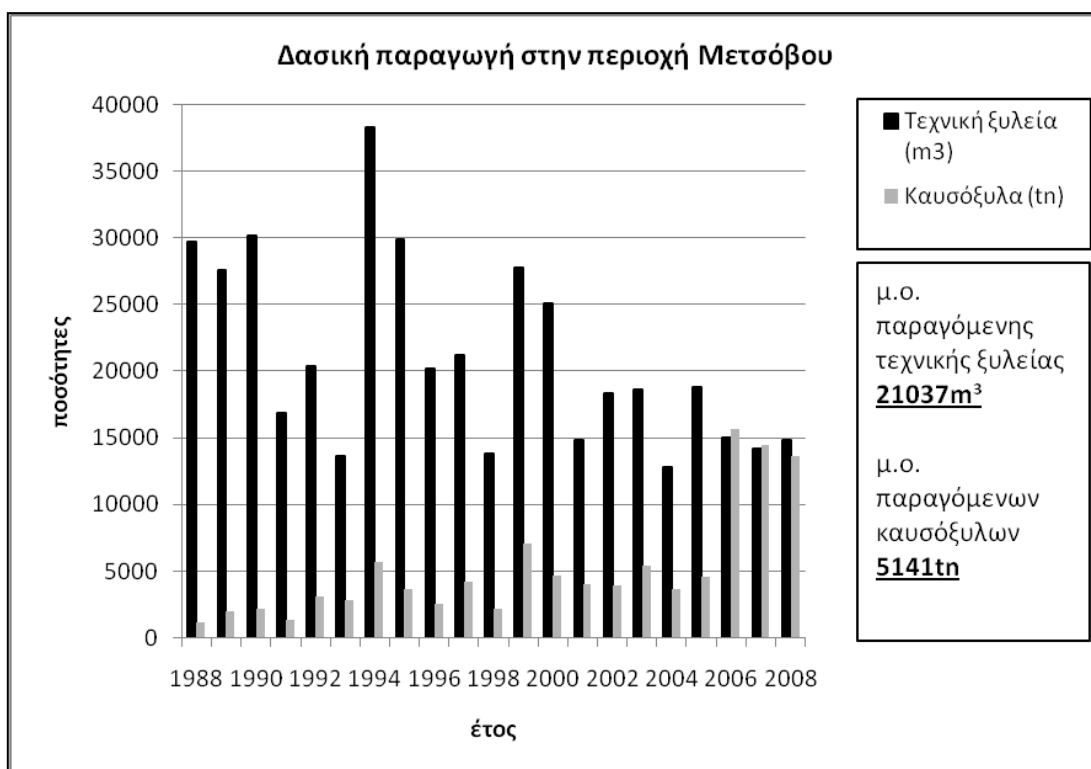
Για τον υπολογισμό του δυναμικού βιομάζας, κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία που περιέχονται στο ΕΠΣΕ, μόνο για την περίπτωση των υπολειμμάτων πριονιδίου από τα εργαστήρια ξύλου της περιοχής. Για το υπόλοιπο φάσμα πηγών βιομάζας στην περιοχή του Μετσόβου υπήρχαν διαθέσιμα πρωτογενή δεδομένα. Το δυναμικό βιομάζας στην περιοχή εντάσσεται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Δασική βιομάζα (στρογγυλή ξυλεία και καυσόξυλα)
- Υπολείμματα πριονιδίου από εργαστήρια
- Αγροτικά υπολείμματα
- Κτηνοτροφικά υπολείμματα
- Οργανικά υπολείμματα δραστηριοτήτων
- Οργανικό κλάσμα αποβλήτων

#### Δασική βιομάζα

Όσον αφορά στη δασική βιομάζα, θεωρήθηκε δυναμικά ενεργειακά αξιοποιήσιμο μόνο το τμήμα των καυσόξυλων και των δασικών υπολειμμάτων. Το δυναμικό της στρογγυλής ξυλείας προτιμήθηκε να μην ενταχθεί στους υπολογισμούς για ενεργειακή αξιοποίηση, θεωρώντας ότι η στρογγυλή ξυλεία μπορεί να υποστηρίξει μία ανεξάρτητη παραγωγική δραστηριότητα στην περιοχή.

Για τον υπολογισμό του θερμικού περιεχομένου των καυσόξυλων και των υπολειμμάτων της δασικής παραγωγής, θεωρείται ότι η θερμογόνος δύναμη του ξύλου είναι 4.000 kWh/kg και ότι η περιεχόμενη υγρασία είναι 20% κ.β (Γελεγενής & Αξαόπουλος 2005). Επίσης, η αξιοποιήσιμη ποσότητα των υπολειμμάτων εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 4% επί της παραγωγής στρογγυλής ξυλείας (Νταλός 2007). Σύμφωνα με τον Απολογισμό των Δραστηριοτήτων των Δασικών Υπηρεσιών 1 tn στρογγυλής ξυλείας αντιστοιχεί σε 1,6 m<sup>3</sup>. Με βάση τα δεδομένα του Διαγράμματος 5.2, το θερμικό περιεχόμενο των καυσόξυλων και των υπολειμμάτων της δασικής παραγωγής εκτιμάται σε 18.555MWh/έτος.



**Διάγραμμα 6.2.** Παραγωγή δασικών προϊόντων στο Μέτσοβο από το 1988 έως το 2008 (πηγή: Μπουτέτσιου 2010)

### Πριονίδι από εργαστήρια

Το συνολικά διαθέσιμο θερμικό περιεχόμενο ανέρχεται σε 2.062.517 KWh, σύμφωνα με τα στοιχεία του ΕΠΣΕ.

### Αγροτικά υπολείμματα, κτηνοτροφικά υπολείμματα, υπολείμματα δραστηριοτήτων και οργανικό κλάσμα αποβλήτων

Για αυτές τις κατηγορίες βιομάζας έγινε η παραδοχή ότι αξιοποιούνται σε ένα σύστημα αναερόβιας χώνευσης και παραγωγής βιοαερίου.

Από τα στοιχεία που καταγράφει σε ετήσια βάση ο Δήμος Μετσόβου για τις καλλιέργειες στην περιοχή, διαμορφώθηκε ο Πίνακας 6.4, στον οποίο επιπλέον περιέχονται οι ποσότητες των υπολειμμάτων των καλλιεργειών, που συνολικά ανέρχονται σε 910tn/έτος. Τα μεγέθη για τον υπολογισμό της αξιοποιήσιμης ποσότητας υπολειμμάτων βασίστηκαν σε σχετική βιβλιογραφία και χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές που οδηγούν σε συντηρητικές εκτιμήσεις (Παπάζογλου & Κυρίτσης 2000, Di Blasi et al. 2007).

Όσον αφορά στα κτηνοτροφικά απόβλητα, αυτά προέρχονται κυρίως από τα πτηνοτροφεία της περιοχής. Στον Πίνακα 6.5 αναφέρεται το ζωικό κεφάλαιο του Δήμου Μετσόβου, και τα υπολείμματα που προκύπτουν από αυτό, βάσει σχετικών ερευνών. Έχουν ληφθεί μειωμένοι κατά 50% οι συντελεστές διαθεσιμότητας των κτηνοτροφικών αποβλήτων, πλην της περίπτωσης των πουλερικών, λόγω της ειδικής μορφής της συγκεκριμένης κτηνοτροφικής δραστηριότητας.

**Πίνακας 6.4.** Καλλιέργειες και παραγόμενα υπολείμματα στο Δήμο Μετσόβου κατά το έτος 2009 (πηγή: Δήμος Μετσόβου και ίδια επεξεργασία)

Είδος καλλιέργειας	Παραγωγή (tn/έτος)	Υπόλειμμα / καρπός	Υγρασία (%)	Διαθεσιμότητα (%)	Ποσότητα υπολειμμάτων (tn/έτος)
Σίκαλη	10	0,9	15	50	3,83
Αραβόσιτος	43	0,97	15	60	21,27
Σανό	2.432	0,7	20	50	680,96
Φασόλια	13,65	0,3	60	50	0,82
Πατάτες	1042	0,4	60	50	83,36
Λάχανα	8	0,3	60	50	0,48
Πράσα	9,6	0,4	50	50	0,96
Κρεμμύδια	47,8	0,4	50	60	5,74
Τομάτες	29,5	0,3	80	40	0,71
Φασολάκια	9,65	0,3	60	50	0,58
Λοιπά λαχανικά	16,65	0,4	50	60	2,00
Μήλα	41,7	0,1	40	70	1,75
Αχλάδια	8,7	0,79	40	70	2,89
Κεράσια	18,2	0,83	40	70	6,34
Βερίκοκα	0,2	0,4	40	80	0,04
Ροδάκινα	2,27	0,4	40	80	0,44
Αμύγδαλα	5	3,57	40	70	7,50
Καρύδια	60	1,9	40	70	47,88
Αμπέλια	116,3	0,83	45	80	42,47
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>3914,22</b>				<b>910,00</b>

**Πίνακας 6.5.** Ζωικό κεφάλαιο και αξιοποιήσιμα κτηνοτροφικά υπολείμματα στο Δήμο Μετσόβου

Είδος ζώων	Αριθμός	Παραγόμενα απόβλητα ανά ζώο (kg/ημέρα)	Διαθεσιμότητα (%)	Αξιοποιήσιμα υπολείμματα (tn/έτος)
Πρόβατα	20.539	0,45	30	603,92
Αίγες	5.911	0,45	30	198,68
Βοοειδή	3.535	3, 5	40	1.028,35
Όρνιθες	1.490.670	0,029	75	1.635,64
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>3.466,59</b>

Τα υπολείμματα των δραστηριοτήτων αφορούν στα τυροκομεία και τα οινοποιεία της περιοχής. Υπολογίστηκε ότι το ξηρό βάρος των υπολειμμάτων από αυτές τις μονάδες ανέρχεται, ετησίως, σε 800tn και 80tn, αντίστοιχα. Τέλος, το αξιοποιήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων εκτιμήθηκε σε 40tn/έτος (Λιαντινιώτη 2011).

Στον Πίνακα 6.6 συνοψίζεται η παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου, που προέρχεται από την αναερόβια χώνευση των υπολειμμάτων του Δήμου Μετσόβου και το θερμικό της περιεχόμενο. Για τον υπολογισμό των ποσοτήτων βιοαερίου έχει ληφθεί υπ' όψιν η περιεκτικότητά τους σε ολικά στερεά και πηκτικά

στερεά (Σιούλας 2009, Λιαντινιώτη 2011). Η θερμότητα δύναμη του βιοαερίου έχει θεωρηθεί ίση με  $6,8\text{kWh/m}^3$ .

**Πίνακας 6.6.** Δυνητικά παραγόμενο βιοαέριο στο Δήμο Μετσόβου

Είδος υπολειμμάτων	Παραγόμενο βιοαέριο ( $\text{m}^3/\text{έτος}$ )	Θερμικό περιεχόμενο (MWh/έτος)
Αγροτικά	436.800	2.970
Κτηνοτροφικά	699.972	4.760
Δραστηριοτήτων	51.773	352
Αστικά	21.455	146
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1.210.000</b>	<b>8.228</b>

Συνδυάζοντας όσα προαναφέρθηκαν, διαμορφώθηκε ο Πίνακας 6.7, που περιέχει συγκεντρωμένα τα στοιχεία του ανανεώσιμου ενεργειακού δυναμικού της περιοχής του Μετσόβου.

**Πίνακας 6.7.** Δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην περιοχή του Μετσόβου

Πηγή ενέργειας	Ωφέλιμη ενέργεια (MWh/έτος)
Αιολική	11.218
Ηλιακή	10.571
Υδροηλεκτρική	32.650
Δασική βιομάζα	18.555
Ξυλώδης βιομάζα από εργαστήρια	2.063
Βιοαέριο από υπολείμματα	8.228

### 6.3 Ενεργειακές καταναλώσεις και δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας

Οι ενεργειακές καταναλώσεις στο Μέτσοβο και οι δυνατότητες ΕΞΕ στον οικιακό τομέα προέκυψαν με βάση τη μεθοδολογία, η οποία περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 4. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν στα διάφορα στάδια της μεθοδολογίας παρουσιάζονται στη συνέχεια.

#### 6.3.1 Ανάλυση στατιστικών στοιχείων

Τα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής του Μετσόβου έχουν παρουσιαστεί στην Ενότητα 6.1.

Όσον αφορά στον αριθμό των νοικοκυριών, με βάση τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, αυτός ανέρχεται σε 945 νοικοκυριά. Όμως, ο αριθμός των ενεργών νοικοκυριών είναι μικρότερος, αφού πολλά από τα νοικοκυριά που εμφανίζονται στην απογραφή είναι είτε ανενεργά είτε κατοικούνται περιστασιακά. Τελικώς, διασταυρώνοντας τα αρχεία υδροδότησης του Δήμου Μετσόβου, στα οποία τα ενεργά νοικοκυριά εμφανίζουν κατανάλωση όλο το χρόνο, με τις εκτιμήσεις των τοπικών αρχών, προέκυψε ότι ο αριθμός των κατοικιών, που στεγάζουν ενεργά νοικοκυριά στον οικισμό του Μετσόβου είναι περίπου 750.

Αναζητήθηκαν στοιχεία σχετικά με την κατανομή των κατοικιών στο Μέτσοβο, αναλόγως της περιόδου, κατά την οποία χτίστηκαν. Με βάση την απογραφή του 2001 της ΕΛΣΤΑΤ., δημιουργήθηκε ο Πίνακας 6.8. Το 62% των κατοικιών στο Μέτσοβο έχει κατασκευαστεί πριν το 1980, δηλαδή πριν την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων, γεγονός αρνητικό όσον αφορά στην ενεργειακή απόδοση.

**Πίνακας 6.8.** Αριθμός κατοικιών ανά ηλικιακή κατηγορία στον οικισμό του Μετσόβου

Ηλικιακές κατηγορίες	Αριθμός κατοικιών
Πριν το 1960	294
1961-1970	106
1971-1980	67
1981-1995	247
Μετά το 1995	36

Από την απογραφή του 2001 μπορούν να αντληθούν πληροφορίες για το εμβαδόν, τον αριθμό ορόφων και τα υλικά κατασκευής των κατοικιών στο Μέτσοβο. Οι Πίνακες 6.9, 6.10, 6.11 περιέχουν τις πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των κατοικιών του Μετσόβου. Οι πίνακες αυτοί αναφέρονται στο συνολικό αριθμό κατοικιών στο Μέτσοβο, ο οποίος περιλαμβάνει και τα μη – ενεργά νοικοκυριά. Σημειώνεται ότι, ιδανικά, θα έπρεπε να συμπεριληφθούν στη μελέτη και τα κτίρια με χρήσεις διαφορετικές από κατοικίας. Κάτι τέτοιο δεν κατέστη δυνατόν, διότι τα στατιστικά στοιχεία για τα κτίρια αυτά (γενικώς αναφερόμενα ως κτίρια τριτογενούς τομέα) είναι ουσιαστικά ανύπαρκτα και οι πρωτογενείς έρευνες που έγιναν στο Μέτσοβο, δεν ήταν – για τεχνικούς λόγους – δυνατόν να τα συμπεριλάβουν.

**Πίνακας 6.9.** Μέσος όρος εμβαδού κατοικιών, ανά ηλικιακή κατηγορία στο Μέτσοβο

Ηλικιακές κατηγορίες	Μέσος όρος εμβαδού (m <sup>2</sup> )
Πριν το 1960	75
1961-1970	75
1971-1980	72
1981-1995	85
Μετά το 1995	73



**Πίνακας 6.10.** Αριθμός κατοικιών με 1,2,3 ή 4 ορόφους, ανά ηλικιακή κατηγορία στο Μέτσοβο

Ηλικιακή Κατηγορία	Ισόγειες	Διώροφες	Τριώροφες	Τετραόροφες
Πριν το 1960	290	102	1	0
1961-1970	74	69	5	0
1971-1980	24	47	18	1
1981-1995	42	220	67	2
Μετά το 1995	3	36	11	0

**Πίνακας 6.11.** Ποσοστό κατοικιών, αναλόγως του βασικού υλικού κατασκευής του φέροντα οργανισμού των κτιρίων, ανά ηλικιακή κατηγορία, στο Μέτσοβο

Ηλικιακή Κατηγορία	Μπετόν	Ξύλο	Πέτρα	Φέρουσα τοιχοποιία από τούβλα
Πριν το 1960	-	1%	98%	1%
1961-1970	14%	6%	72%	8%
1971-1980	51%	5%	30%	14%
1981-1995	87%	2%	7%	4%
Μετά το 1995	83%	3%	10%	4%

### 6.3.2 Μοντέλα κατοικιών στο Μέτσοβο

Συνδυάζοντας τα στοιχεία της προηγούμενης ενότητας και ανάγοντάς τα στον αριθμό των κατοικιών που στεγάζουν ενεργά νοικοκυριά στο Μέτσοβο, προκύπτουν οι κατοικίες – μοντέλα που αποτελούν τη βάση για τον υπολογισμό της ενεργειακής ζήτησης στον οικισμό και οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.12.

Συνολικά δημιουργήθηκαν 17 τυπολογίες κατοικιών και αντίστοιχα 17 κατοικίες – μοντέλα, ώστε να υπολογιστεί η ενεργειακή ζήτηση του οικιακού τομέα στο Μέτσοβο. Ο αριθμός των κτιρίων ανά κατηγορία ποικίλει από 7 έως 217. Η κατηγορία των ισόγειων κατοικιών, χτισμένων πριν το 1960 είναι αυτή με το μεγαλύτερο πλήθος κτιρίων (217). Για όλες τις κατοικίες θεωρήθηκε ότι η επιφάνεια των ανοιγμάτων αντιστοιχεί στο 15% της συνολικής παράπλευρης επιφάνειάς τους, γεγονός που ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στην πραγματικότητα του Μετσόβου. επίσης, έγινε η παραδοχή ότι οι προσόψεις των κατοικιών έχουν νότιο προσανατολισμό, γεγονός που επίσης ανταποκρίνεται αρκετά καλά στην πραγματικότητα της πλειονότητας των κατοικιών του οικισμού.

**Πίνακας 6.12.** Τυπολογίες κατοικιών στο Μέτσοβο

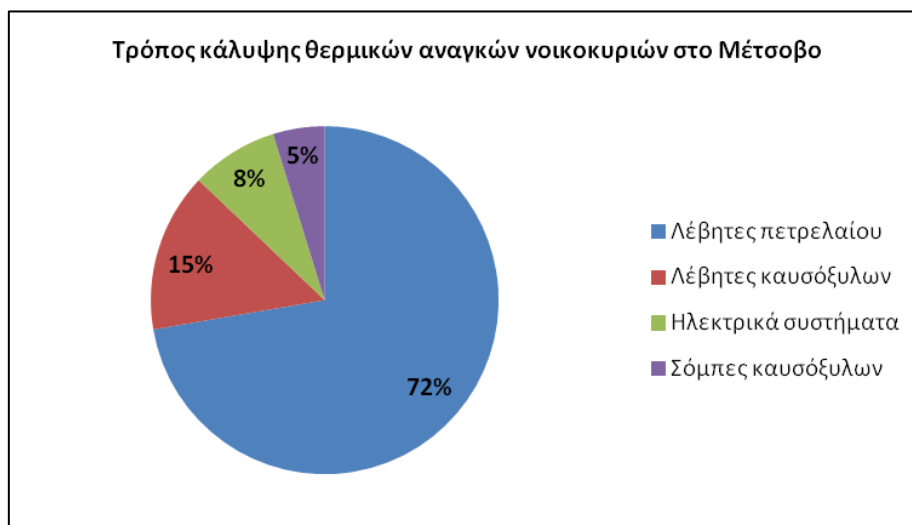
Ηλικιακές κατηγορίες	Βασικά Υλικά	Αριθμός ορόφων	Μέσος όρος εμβαδού (m <sup>2</sup> )	α/α μοντέλου κατοικίας	Αριθμός κατοικιών
<b>Πριν το 1960</b>	Πέτρα χωρίς μόνωση	1	75	1	<b>217</b>
		2	75	2	<b>77</b>
<b>1961-1970</b>	Πέτρα χωρίς μόνωση	1	75	3	<b>39</b>
		2	75	4	<b>36</b>
	Μπετόν με τούβλο χωρίς μόνωση	1	75	5	<b>17</b>
		2	75	6	<b>15</b>
<b>1971-1980</b>	Μπετόν με τούβλο χωρίς μόνωση	1	72	7	<b>9</b>
		2	72	8	<b>17</b>
		3	96	9	<b>7</b>
	Πέτρα χωρίς μόνωση	1	85	10	<b>9</b>
		2	85	11	<b>17</b>
		3	94	12	<b>7</b>
<b>1981-1995</b>	Μπετόν με τούβλο με μόνωση	1	85	13	<b>31</b>
	Μπετόν με τούβλο με μόνωση & επένδυση πέτρας στο ισόγειο	2	85	14	<b>165</b>
	Μπετόν με τούβλο με μόνωση & επένδυση πέτρας στο ισόγειο	3	94	15	<b>51</b>
<b>Μετά το 1995</b>	Μπετόν με τούβλο με μόνωση & επένδυση πέτρας στο ισόγειο	2	74	16	<b>27</b>
		3	102	17	<b>9</b>

### 6.3.3 Συστήματα παραγωγής θερμότητας στις κατοικίες του Μετσόβου

Ο καθορισμός των συστημάτων παραγωγής θερμικής ενέργειας βασίστηκε σε δύο πρωτογενείς έρευνες πεδίου, που πραγματοποιήθηκαν στο Μέτσοβο. Η πρώτη ολοκληρώθηκε το 2010 και η δεύτερη το 2012. Η πλειοψηφία των νοικοκυριών χρησιμοποιεί λέβητες πετρελαίου, τόσο για τη θέρμανση των χώρων όσο και για τη θέρμανση του νερού χρήσης. Σε μικρότερο βαθμό χρησιμοποιούνται λέβητες καυσόξυλων. Πολύ περιορισμένη είναι η χρήση των τοπικών αντλιών θερμότητας για την κάλυψη θερμικών αναγκών. Ουσιαστικά, δεν υπάρχει χρήση συστημάτων ψύξης, λόγω των ιδιαίτερων κλιματικών συνθηκών της περιοχής και αυτό οδήγησε στη μη συμπερίληψη των ενεργειακών

καταναλώσεων για ψύξη στον υπολογισμό της ενεργειακής ταυτότητας του οικισμού του Μετσόβου. Σημειώνεται ότι οι μεγάλες αυξήσεις στην τιμή του πετρελαίου θέρμανσης, που παρατηρήθηκαν στο διάστημα μεταξύ των δύο ερευνών, οδήγησαν σε σημαντική αύξηση της χρήσης λεβήτων καυσόξυλων στη διετία 2010-2012.

Η ποσοστιαία κατανομή της χρήσης των διάφορων ενεργειακών τεχνολογιών για παραγωγή θερμικής ενέργειας – που παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 6.3 - προτιμήθηκε να ληφθεί συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των δύο ερευνών. Αυτό συντελεί στο να υπάρχει μια περισσότερο αντικειμενική εκτίμηση, αφού αλλαγές, όπως η αύξηση της χρήσης λεβήτων καυσόξυλων, σε μεγάλο βαθμό, πραγματοποιούνται λόγω της δυσμενούς οικονομικής συγκυρίας και ενδεχομένως έχουν παροδικό χαρακτήρα.



**Διάγραμμα 6.3.** Ποσοστά χρήσης ενεργειακών τεχνολογιών για κάλυψη θερμικών αναγκών των νοικοκυριών στο Μέτσοβο

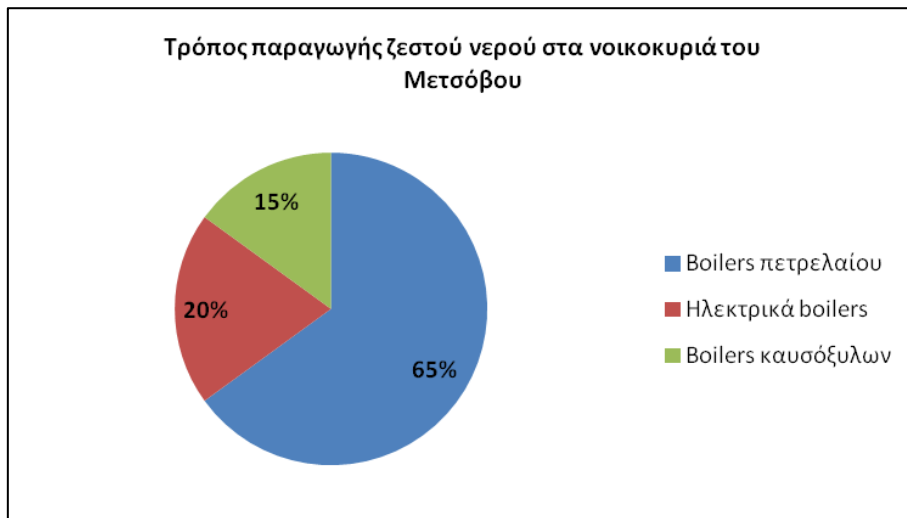
Οι βαθμοί απόδοσης των ενεργειακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στο Μέτσοβο θεωρείται ότι παίρνουν τις ακόλουθες τιμές:

- Λέβητες πετρελαίου: 90% (Συνολικός βαθμός απόδοσης, συμπεριλαμβανομένου δικτύου διανομής: 82,2%)
- Λέβητες καυσόξυλων: 75% (Συνολικός βαθμός απόδοσης: 66,3%)
- Ηλεκτρικά συστήματα (τοπικές αντλίες θερμότητας): COP = 2,5
- Σόμπες καυσόξυλων: 55%

Ο μέσος συντελεστής απόδοσης παραγωγής θερμότητας για θέρμανση χώρων στο Μέτσοβο προκύπτει ίσος με 0,918, βάσει των ανωτέρω και της σχέσης 4.4.

Όσον αφορά στα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού, η εκτίμηση γίνεται και πάλι με βάση τις δύο έρευνες πεδίου, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν (Διάγραμμα 6.4). Και σε αυτήν την περίπτωση κυριαρχεί η χρήση των θερμαντήρων (boilers) πετρελαίου και ακολουθούν οι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες και τα boilers καυσόξυλων. Όπως ειπώθηκε, στο Μέτσοβο δε

χρησιμοποιούνται ηλιακοί συλλέκτες για παραγωγή ζεστού νερού, λόγω της πολεοδομικής νομοθεσίας για την προστασία του παραδοσιακού χαρακτήρα του οικισμού.



**Διάγραμμα 6.4.** Ποσοστά χρήσης ενεργειακών τεχνολογιών για κάλυψη αναγκών σε ζεστό νερό των νοικοκυριών στο Μέτσοβο

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τους συντελεστές απόδοσης που αναφέρθηκαν παραπάνω για τους λέβητες πετρελαίου και τους λέβητες ξύλων, καθώς και το γεγονός ότι οι ηλεκτρικοί θερμαντήρες νερού λειτουργούν πρακτικά χωρίς απώλειες, ο μέσος βαθμός απόδοσης για την παραγωγή ζεστού νερού στις κατοικίες του Μετσόβου προκύπτει ίσος με 0,834.

#### 6.3.4 Ενεργειακή ζήτηση και κατανάλωση των κατοικιών στο Μέτσοβο

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής ζήτησης των μοντέλων κατοικιών του οικισμού του Μετσόβου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Era-cad της εταιρίας Ti-soft, έκδοση 12.6.1. Το συγκεκριμένο λογισμικό χρησιμοποιεί, για τον υπολογισμό της ενεργειακής ζήτησης των κτιρίων, τη μεθοδολογία ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος, όπως αυτή διατυπώνεται μέσω του ευρωπαϊκού προτύπου EN 13790. Στο Era-cad δημιουργείται, με τη βοήθεια σχεδιογράφου, ένα γεωμετρικό μοντέλο του υπό μελέτη κτιρίου, σε κάτοψη. Κάθε πολυγραμμή, που κατασκευάζεται με το σχεδιογράφο, αντιστοιχεί σε μία «όψη», στην οποία εισάγονται τα γεωμετρικά και θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων. Επίσης, στην κάτοψη που δημιουργείται με το σχεδιογράφο, ορίζονται οι περίμετροι των οροφών και των δαπέδων. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού σκιάσεων από προβόλους και όμορα κτίρια.

Έχοντας υπολογίσει την ενεργειακή ζήτηση, με τη βοήθεια του λογισμικού, χρησιμοποιώντας τη σχέση 4.5 και το μέσο συντελεστή απόδοσης των συστημάτων παραγωγής θερμικής ενέργειας, προκύπτει και η ενεργειακή κατανάλωση των κατοικιών στο Μέτσοβο. Κατόπιν, η σχέση 4.7 μπορεί να χρησιμοποιηθεί, προκειμένου να υπολογιστεί το κόστος, το οποίο συνεπάγονται οι ενεργειακές καταναλώσεις.

Όμοια διαδικασία πραγματοποιείται και για τον υπολογισμό των σχετικών με την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης μεγεθών. Γίνεται η παραδοχή ότι οι υπό μελέτη κατοικίες έχουν τον ίδιο αριθμό ενοίκων και συνεπώς η ζήτηση για ζεστό νερό χρήσης θεωρείται για κάθε μοντέλο κατοικίας ίση με 27,71 kWh/m<sup>2</sup>, όπως υπολογίζεται από το λογισμικό με βάση το πρότυπο EN 13790 και τις αντίστοιχες διατάξεις του ΚΕΝΑΚ.

Τα αποτελέσματα του υπολογισμού της ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης στον οικισμό του Μετσόβου συνοψίζονται στον Πίνακα 6.13. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση των κατοικιών ανέρχεται σε 20.542.141 kWh. Αυτή η ποσότητα ενέργειας είναι ιδιαίτερα μεγάλη και αντικατοπτρίζει τις ιδιαίτερα ψυχρές κλιματικές συνθήκες της περιοχής και το γερασμένο κτιριακό απόθεμα.

Υποθέτοντας ότι η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης είναι 1,2€/lit, η τιμή των καυσόξυλων είναι 120€/tn και η τιμή της ηλεκτρικής κιλοβατώρας είναι 0,126€, το συνολικό κόστος κάλυψης των θερμικών αναγκών των νοικοκυριών ξεπερνά τα 2Μ€. Τα ποσά αυτά είναι πολύ υψηλά για έναν οικισμό των 3.000 κατοίκων και καταδεικνύουν το μέγεθος της οικονομικής επιβάρυνσης των ορεινών νοικοκυριών για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών.

**Πίνακας 6.13.** Ζήτηση και κατανάλωση ενέργειας στα νοικοκυριά του Μετσόβου

Ηλικιακές κατηγορίες	α/α μοντέλου κατοικίας	Ειδική ζήτηση θερμότητας (kWh/m <sup>2</sup> )	Συνολική ζήτηση κατηγορίας (kWh)	Συνολική κατανάλωση κατηγορίας (kWh)	Συνολική κατανάλωση για ζεστό νερό (kWh)
<b>Πριν το 1960</b>	1	378,95	6.167.411	693.330	52.562
	2	392,67	2.267.669	254.928	18.651
<b>1961-1970</b>	3	378,95	1.108.429	124.608	9.447
	4	392,67	1.060.209	119.187	8.720
	5	434,64	554.166	61.833	4.118
	6	442,94	498.308	55.815	3.633
<b>1971-1980</b>	7	409,01	265.038	29.795	2.093
	8	452,33	553.652	62.241	3.953
	9	437,12	293.745	33.022	2.170
	10	392,89	300.561	33.789	2.471
	11	414,92	599.559	67.401	4.667
	12	403,99	265.825	29.884	2.125
<b>1981-1995</b>	13	216,33	570.030	64.082	8.510
	14	204,48	2.867.832	322.397	45.296
	15	197,63	947.438	106.509	15.483
<b>Μετά το 1995</b>	16	190,91	381.438	42.881	6.453
	17	176,83	162.330	18.249	2.965
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>			<b>18.857.685</b>	<b>20.542.141</b>	<b>193.317</b>

### 6.3.5 Εφαρμογή μέτρων και εκτίμηση δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας

Τρεις κατηγορίες μέτρων ΕΞΕ εξετάστηκαν στο πλαίσιο του υπολογισμού των δυνατοτήτων βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των νοικοκυριών του Μετσόβου:

- Επεμβάσεις στο κέλυφος, για βελτίωση των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων
- Προσθήκη αυτοματισμών για βελτίωση της λειτουργίας των Η/Μ συστημάτων
- Χρήση ηλιακών συλλεκτών για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης

Από την ανάλυση των στατιστικών δεδομένων, τις πρωτογενείς έρευνες, τις φωτογραφίες και θερμοφωτογραφίες των κατοικιών του Μετσόβου (σχετικές θερμοφωτογραφίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα) κατέστη σαφές ότι η πλειονότητα των κτιρίων χρήζει επεμβάσεων στο κτιριακό κέλυφος, αφού οι απώλειες ενέργειας είναι ιδιαίτερα υψηλές. Τα μεγαλύτερα προβλήματα συναντώνται, όπως ήταν αναμενόμενο, στις κατοικίες, που είναι κτισμένες πριν το 1980.

Έτσι, η πρώτη κατηγορία μέτρων εξειδικεύεται μέσω των ακόλουθων σεναρίων ΕΞΕ:

1. Θερμομόνωση στεγών – οροφών, στα κτίρια που έχουν κτισθεί πριν το 1980
2. Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων, στα κτίρια που έχουν κτισθεί πριν το 1980
3. Αντικατάσταση κουφωμάτων με ενεργειακά αποδοτικά, στα κτίρια που έχουν κτισθεί μέχρι το 1995
4. Συνδυασμός των ανωτέρω

Όσον αφορά στην εγκατάσταση αυτοματισμών, αυτή περιλαμβάνει τοποθέτηση θερμοστατικών διακοπών στα θερμαντικά σώματα, εγκατάσταση κυκλώματος αντιστάθμισης και ψηφιακών θερμοστατών. Θεωρείται, για λόγους ασφάλειας των υπολογισμών και προκειμένου να υπάρχει συντηρητική εκτίμηση, ότι οι αυτοματισμοί μπορούν να εγκατασταθούν στις κατοικίες που διαθέτουν λέβητα πετρελαίου. Η εγκατάσταση αυτοματισμών σε περίπτωση χρήσης βιομάζας έχει αποτέλεσμα μόνο στην περίπτωση χρήσης λεβήτων pellets αυτόματης τροφοδοσίας αλλά η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας λεβήτων είναι ιδιαίτερα περιορισμένη στο Μέτσοβο.

Σχετικά με το ζεστό νερό χρήσης, γίνεται η υπόθεση ότι στα νοικοκυριά που χρησιμοποιούν boiler πετρελαίου και ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες εγκαθίστανται επίπεδοι, επιλεκτικοί ηλιακοί συλλέκτες. Θεωρείται ότι θα διαθέτουν σύστημα βεβιασμένης κυκλοφορίας, χωρίς boiler στην οροφή, προκειμένου να προστατεύεται η αισθητική ταυτότητα του οικισμού και να αυξάνεται η απόδοση του συστήματος.

#### **Επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος**

Στους πίνακες 6.14, 6.15 και 6.16 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που προκύπτουν από βελτιωτικές επεμβάσεις στο κέλυφος των κατοικιών του Μετσόβου και συγκεκριμένα από τη θερμομόνωση των οροφών, των τοίχων και την αντικατάσταση των κουφωμάτων με ενεργειακά αποδοτικά. Για τη θερμομόνωση των οροφών θεωρείται ότι τοποθετείται θερμομονωτικό υλικό πάχους 0,03m, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,027 W/(m\*K). Όσον αφορά στη θερμομόνωση των τοίχων, γίνεται η παραδοχή ότι επέμβαση συνίσταται στην τοποθέτηση στρώσης 0,04m θερμομονωτικού υλικού με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,029 W/(m\*K). Τα ενεργειακά

αποδοτικά κουφώματα θεωρείται ότι είναι κατασκευασμένα από συνθετικό πλαίσιο και ότι έχουν διπλό υαλοπίνακα με διάκενο 12mm, χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πλαισίου των κουφωμάτων λαμβάνεται ίσος με 1,3 W/(m<sup>2</sup>\*K) και του υαλοπίνακα ίσος με 2,7 W/(m<sup>2</sup>\*K).

**Πίνακας 6.14.** Αποτελέσματα εφαρμογής θερμομόνωσης στις στέγες / οροφές των κατοικιών του Μετσόβου

Ηλικιακές κατηγορίες	α/α μοντέλου κατοικίας	Ειδική ζήτηση θερμότητας (kWh/m <sup>2</sup> )	Συνολική ζήτηση κατηγορίας (kWh)	Συνολική κατανάλωση κατηγορίας (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση (%)
Πριν το 1960	1	352,26	5.733.032	6.245.132	473.181	7,0%
	2	374,48	2.162.622	2.355.797	114.431	4,6%
1961-1970	3	352,26	1.030.361	1.122.397	85.042	7,0%
	4	374,48	1.011.096	1.101.412	53.500	4,6%
	5	394,26	502.682	547.583	51.569	8,6%
	6	423,47	476.404	518.958	21.887	4,0%
1971-1980	7	360,85	233.831	254.718	33.995	11,8%
	8	428,21	524.129	570.947	32.160	5,3%
	9	421,55	283.282	308.586	11.398	3,6%
	10	351,70	269.051	293.083	34.325	10,5%
	11	394,47	570.009	620.925	32.190	4,9%
	12	391,89	257.864	280.897	8.673	3,0%
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΙΚΙΣΜΟΥ (kWh)</b>			<b>952.350</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ (%)</b>	<b>6,3%</b>	



**Πίνακας 6.15.** Αποτελέσματα εφαρμογής θερμομόνωσης στους εξωτερικούς τοίχους των κατοικιών του Μετσόβου

Ηλικιακές κατηγορίες	α/α μοντέλου κατοικίας	Ειδική ζήτηση θερμότητας (kWh/m <sup>2</sup> )	Συνολική ζήτηση κατηγορίας (kWh)	Συνολική κατανάλωση κατηγορίας (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση (%)
<b>Πριν το 1960</b>	1	278,43	4.531.448	4.936.218	1.782.095	26,5%
	2	257,25	1.485.619	1.618.321	851.907	34,5%
<b>1961-1970</b>	3	278,43	814.408	887.154	320.284	26,5%
	4	257,25	694.575	756.618	398.294	34,5%
	5	289,02	368.501	401.417	197.736	33,0%
	6	269,99	303.739	330.870	209.975	38,8%
<b>1971-1980</b>	7	281,47	182.393	198.685	90.028	31,2%
	8	320,03	391.717	426.707	176.400	29,2%
	9	279,67	187.938	204.726	115.258	36,0%
	10	291,23	222.791	242.692	84.717	25,9%
	11	271,17	391.841	426.842	226.273	34,6%
	12	253,57	166.849	181.753	107.817	37,2%
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΙΚΙΣΜΟΥ (kWh)</b>			<b>4.560.785</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ (%)</b>		<b>30,1%</b>

**Πίνακας 6.16.** Αποτελέσματα αντικατάστασης κουφωμάτων στις κατοικίες του Μετσόβου

Ηλικιακές κατηγορίες	α/α μοντέλου κατοικίας	Ειδική ζήτηση θερμότητας (kWh/m <sup>2</sup> )	Συνολική ζήτηση κατηγορίας (kWh)	Συνολική κατανάλωση κατηγορίας (kWh)	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh)	Ποσοστιαία εξοικονόμηση (%)
Πριν το 1960	1	309,97	5.044.762	5.495.383	1.222.930	18,2%
	2	300,15	1.733.366	1.888.199	582.029	23,6%
1961-1970	3	309,97	906.662	987.650	219.789	18,2%
	4	300,15	810.405	882.794	272.118	23,6%
	5	368,54	469.889	511.861	87.292	14,6%
	6	350,89	394.751	430.012	110.833	20,5%
1971-1980	7	343,59	222.646	242.534	46.179	16,0%
	8	372,43	455.854	496.573	106.533	17,7%
	9	341,42	229.434	249.928	70.055	21,9%
	10	326,34	249.650	271.950	55.458	16,9%
	11	372,43	538.161	586.232	66.882	10,2%
	12	302,84	199.269	217.068	72.502	25,0%
1981-1995	13	185,29	488.239	531.851	89.096	14,3%
	14	159,36	2.235.024	2.434.667	689.333	22,1%
	15	150,46	721.305	785.736	246.332	23,9%
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΙΚΙΣΜΟΥ (kWh)</b>			<b>3.937.363</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ</b>	<b>19,7%</b>	

Με βάση τα αποτελέσματα, των Πινάκων 6.14, 6.15 και 6.16, μπορεί να εκτιμηθεί και η συνολική εξοικονομούμενη ενέργεια στα νοικοκυριά του Μετσόβου, μέσω επεμβάσεων στο κέλυφος των κατοικιών. Συγκεκριμένα, μέσω θερμομόνωσης οροφών και τοίχων και αντικατάστασης κουφωμάτων με ενεργειακά αποδοτικά, μπορεί να επιτευχθεί σε ετήσια βάση αποφυγή κατανάλωσης **9.450.498 kWh**, ποσότητα που αντιστοιχεί σε ποσοστιαία εξοικονόμηση **46%**.

#### **Εγκατάσταση αυτοματισμών**

Όπως προαναφέρθηκε, γίνεται η παραδοχή ότι η βελτίωση της απόδοσης των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων με χρήση συστημάτων αυτομάτου ελέγχου, πραγματοποιείται στις κατοικίες οι οποίες

χρησιμοποιούν λέβητες πετρελαίου για τη θέρμανση των χώρων. Η ΕΞΕ, η οποία επιτυγχάνεται στην περίπτωση αυτή σύμφωνα με τα υπολογιστικά πρότυπα του ΚΕΝΑΚ, κυμαίνεται από 10 έως 15%. Επιλέγοντας τη μέση τιμή των ποσοστών ΕΞΕ, δηλαδή ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης 12,5%, υπολογίζονται τα αποτελέσματα από την εφαρμογή συστημάτων αυτομάτου ελέγχου στα συστήματα θέρμανσης των κατοικιών του Μετσόβου.

- Κατανάλωση ενέργειας από συστήματα λεβήτων πετρελαίου στην υφιστάμενη κατάσταση: 16.586.504 kWh
- Εξοικονόμηση ενέργειας: 2.073.313 kWh
- Ποσοστιαία εξοικονόμηση ενέργειας επί του συνόλου της ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση: 10%

### Θερμικά ηλιακά συστήματα για παραγωγή θερμού νερού χρήσης

Η ανηγμένη ανά μονάδα επιφάνειας ζήτηση ζεστού νερού χρήσης, στις κατοικίες του Μετσόβου, υπολογίζεται ότι είναι 27,71 kWh/m<sup>2</sup>. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι ο μέσος βαθμός απόδοσης για την παραγωγή ζεστού νερού στον οικισμό είναι 0,834, η συνολική ετήσια κατανάλωση που απαιτείται είναι 1789968 kWh. Για τον υπολογισμό των δυνατοτήτων ΕΞΕ, όσον αφορά στην παραγωγή ζεστού νερού, γίνεται η παραδοχή ότι τοποθετούνται συστήματα επίπεδων ηλιακών συλλεκτών στις κατοικίες, οι οποίες χρησιμοποιούν boiler πετρελαίου και ηλεκτρικούς θερμοσίφωνες. Τα αποτελέσματα της εγκατάστασης θερμικών ηλιακών συστημάτων παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.17 και 6.18.

**Πίνακας 6.17.** Εξοικονόμηση ενέργειας με χρήση επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, επιφάνειας 2 m<sup>2</sup>, για τη θέρμανση ζεστού νερού χρήσης στα νοικοκυριά του Μετσόβου

Τύπος συστήματος παραγωγής ζεστού νερού	Συνολική κατανάλωση (KWh)	Κατανάλωση με χρήση ηλιακών συλλεκτών	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας
Boiler πετρελαίου	1.180.465	531.209	649.256	55%
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	298.567	101.513	197.054	66%
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>1.479.032</b>	<b>632.722</b>	<b>846.310</b>	<b>57,2%</b>

**Πίνακας 6.18.** Εξοικονόμηση ενέργειας με χρήση επίπεδων ηλιακών συλλεκτών, επιφάνειας 4 m<sup>2</sup>, για τη θέρμανση ζεστού νερού χρήσης στα νοικοκυριά του Μετσόβου

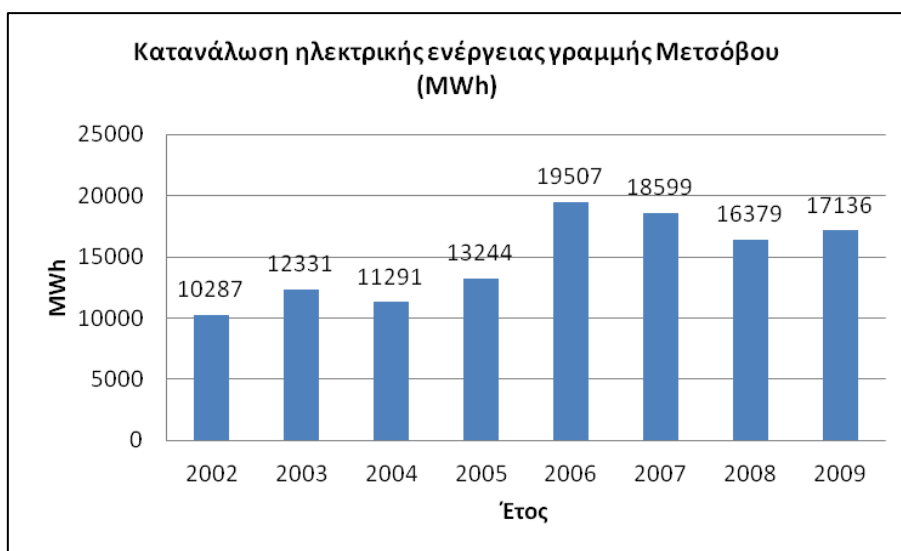
Τύπος συστήματος παραγωγής ζεστού νερού	Συνολική κατανάλωση (KWh)	Κατανάλωση με χρήση ηλιακών συλλεκτών	Εξοικονόμηση Ενέργειας (kWh)	Ποσοστιαία Εξοικονόμηση Ενέργειας
Boiler πετρελαίου	1.180.465	200.679	979.786	83%
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα	298.567	38.814	259.753	87%
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>1.479.032</b>	<b>259.659</b>	<b>1.219.373</b>	<b>82,4%</b>

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των ενοτήτων 6.3.1 έως 6.3.5, μπορεί να εκτιμηθεί το συνολικό δυναμικό ΕΞΕ στον οικιακό τομέα στον οικισμό του Μετσόβου, στη βάση των προτεινόμενων επεμβάσεων. Το συνολικό ποσό ενέργειας που είναι δυνατόν να εξοικονομηθεί σε ετήσια βάση κυμαίνεται από 12.370.121 έως 12.743.184 kWh, αναλόγως της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών, που θα χρησιμοποιηθούν. Αυτές οι τιμές αντιστοιχούν σε ποσοστιαία ΕΞΕ 55,4% έως 57,1% επί της αρχικής συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του οικισμού για θέρμανση χώρων και νερού. Τα μεγέθη είναι αξιοσημείωτα και αποδεικνύουν, στη βάση ενός πραγματικού παραδείγματος, τη σημασία όσων αναφέρθηκαν για τη χρησιμότητα της ΕΞΕ στους ορεινούς οικισμούς στο Κεφάλαιο 5. Τα νοικοκυριά του Μετσόβου μπορούν να καλύπτουν τις ανάγκες τους καταναλώνοντας λιγότερη από τη μισή ενέργεια, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, εφαρμόζοντας μέτρα ΕΞΕ.

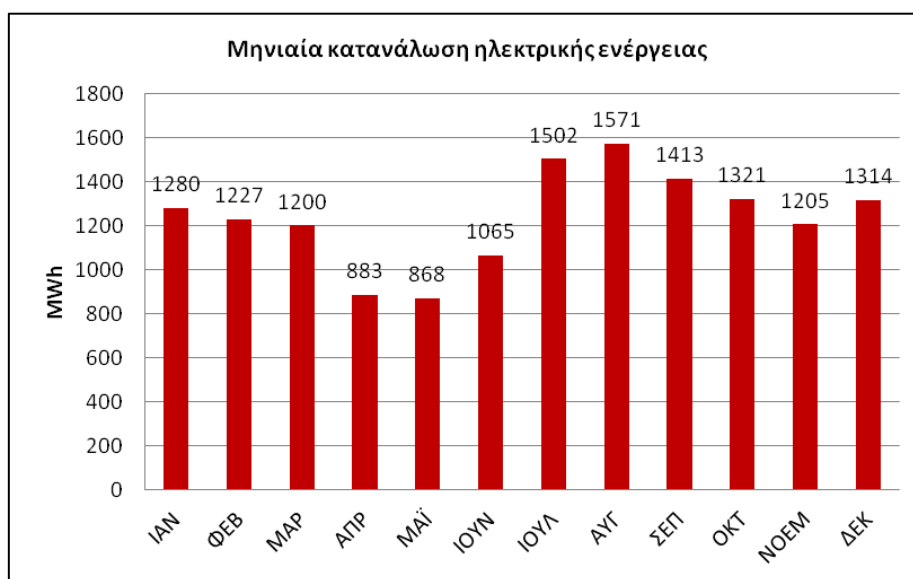
Τέλος, μέσα από τους υπολογισμούς για την ενεργειακή κατανάλωση στον οικισμό του Μετσόβου προκύπτει ότι τόσο η προσέγγιση που έγινε για τη συσχέτιση βαθμομερών / υψομέτρου όσο και η μεθοδολογία εκτίμησης των καταναλώσεων και του δυναμικού ΕΞΕ που αναπτύχθηκε, είναι αξιόπιστες. Αναλυτικότερα, αν οι ενεργειακές καταναλώσεις στο Μέτσοβο βασιστούν στο μοντέλο συσχέτισης βαθμομερών / υψομέτρου (Ενότητα 5.1), αντί στα αναλυτικά μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής, η απόκλιση που προκύπτει είναι 3%. Οι δύο πρωτογενείς έρευνες που προηγήθηκαν αποτελούν τον ασφαλέστερο δείκτη για την εκτίμηση της πραγματικότητας, όσον αφορά στις ενεργειακές καταναλώσεις. Από αυτές προκύπτει (για τιμή πετρελαίου 1€/lit) ότι κατά μέσο όρο τα νοικοκυριά του Μετσόβου δαπανούν 2.420€/έτος για θέρμανση. Η μεθοδολογία που διαμορφώθηκε για την ενεργειακή μοντελοποίηση του οικισμού εκτιμά ότι η μέση ετήσια δαπάνη για θέρμανση είναι 2.438€. Η απόκλιση μεταξύ των δύο τιμών είναι μόλις 0,75%.

### 6.3.6 Ηλεκτρικές καταναλώσεις στην περιοχή του Μετσόβου

Χάρη στη λειτουργία του μεγάλου υδροηλεκτρικού έργου της ΔΕΗ στις πηγές Αώου, υπήρχε η δυνατότητα άντλησης ικανοποιητικού επιπέδου στοιχείων, όσον αφορά στις ηλεκτρικές καταναλώσεις του Καποδιστριακού Δήμου Μετσόβου. Με βάση τα στοιχεία της ΔΕΗ, ο μέσος όρος της ετήσιας κατανάλωσης είναι 14.847MWh, τη χρονική περίοδο από το 2002 έως το 2009. Την ίδια περίοδο η μέγιστη ετήσια κατανάλωση ανήλθε σε 19.507MWh. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει μέγιστες τιμές κατά την περίοδο του καλοκαιριού λόγω της αύξησης του αριθμού των επισκεπτών στην περιοχή. Η μέση ζήτηση ισχύος σε ετήσια βάση ανέρχεται σε περίπου 1,3MW. Το «κατώφλι» της ζητούμενης ισχύος κυμαίνεται στα 0,5MW, ενώ οι αιχμές κινούνται στην περιοχή των 2,4MW. Τα στοιχεία για τις ηλεκτρικές καταναλώσεις αποτυπώνονται στα Διαγράμματα 6.5 και 6.6.



**Διάγραμμα 6.5.** Ηλεκτρικές καταναλώσεις στην περιοχή του Μετσόβου από το 2002 έως το 2009 σε ετήσια βάση



**Διάγραμμα 6.6.** Ηλεκτρικές καταναλώσεις στην περιοχή του Μετσόβου από το 2002 έως το 2009 σε μηνιαία βάση

### 6.3.7 Σύνοψη ενεργειακών φορτίων Μετσόβου

Ο αποκεντρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στην περιοχή του Μετσόβου στοχεύει στη κάλυψη των ηλεκτρικών και των θερμικών φορτίων της πόλης. Τα θερμικά φορτία αντιστοιχούν στη ζήτηση θερμότητας για θέρμανση χώρων και στη ζήτηση θερμότητας για θέρμανση νερού χρήσης, στον οικιακό τομέα. Όσον αφορά στα ηλεκτρικά φορτία, επιδιώχθηκε η κάλυψη του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών της περιοχής, όπως προκύπτει από τα στοιχεία της ΔΕΗ. Αυτό κρίθηκε σκόπιμο, προκειμένου να υπάρξει επέκταση των ωφελειών από την ενεργειακή βελτιστοποίηση στην περιοχή και πέρα από τα νοικοκυριά της πόλης του Μετσόβου, τουλάχιστον ως προς το κομμάτι της ηλεκτρικής

ενέργειας. Ο ενεργειακός σχεδιασμός, όσον αφορά στα ηλεκτρικά φορτία, βασίστηκε στη μέγιστη τιμή της ηλεκτρικής κατανάλωσης, κατά την περίοδο 2002-2009.

Συνεπώς, το μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού για την περιοχή του Μετσόβου, απαιτείται να καλύψει τις ακόλουθες ενεργειακές ανάγκες:

- Θερμότητα: 20.351MWh (18.858MWh για θέρμανση χώρων και 1.493MWh για θέρμανση νερού χρήσης)
- Ηλεκτρισμός: 19.507MWh

Το συνολικό κόστος για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του Μετσόβου, με την υφιστάμενη δομή του ενεργειακού συστήματος, ανέρχεται συνολικά σε 4.771.148€/έτος. Αυτό προκύπτει θεωρώντας ότι το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι 126€/MWh και με βάση τις σχέσεις 4.6 και 4.7, αναφορικά με τα θερμικά φορτία.

#### 6.4 Συναρτήσεις κόστους και αντικειμενική συνάρτηση

Στην περίπτωση του Μετσόβου, η αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου ενεργειακής βελτιστοποίησης αποτελείται από 17 μεταβλητές απόφασης, οι οποίες εκφράζουν τα ετήσια ποσά ενέργειας που συνεισφέρουν στο ενεργειακό σύστημα οι ενεργειακές τεχνολογίες που αντιστοιχούν σε αυτές τις μεταβλητές. Στις μεταβλητές απόφασης συμπεριελήφθησαν και οι υφιστάμενοι λέβητες πετρελαίου και καυσόξυλων. Στον Πίνακα 6.19 είναι συγκεντρωμένες οι ενεργειακές τεχνολογίες που αντιστοιχούν στις μεταβλητές απόφασης του προβλήματος.

Για τον υπολογισμό των συναρτήσεων κόστους εγκατάστασης είναι απαραίτητο, κατ' αρχήν, να προσδιοριστεί το επιτόκιο προεξόφλησης. Μέσω του επιτοκίου προεξόφλησης γίνεται η αναγωγή του συνολικού επενδυτικού κόστους σε ετήσια βάση, θεωρώντας, επιπλέον, ότι ο σχεδιασμός γίνεται για διάστημα 20 ετών. Διακρίθηκαν δύο περιπτώσεις για το επιτόκιο προεξόφλησης και συνυπολογίστηκαν δεδομένα από τη βιβλιογραφία (Florio et al., 2003 , Θεοφανοπούλου et al., 2007) και τη σχετική νομοθεσία (ΦΕΚ Α 58/2003):

1. Κεντρικές ενεργειακές μονάδες: Γίνεται η παραδοχή ότι οι μονάδες που εγκαθίστανται και παράγουν ενέργεια προς διανομή στους καταναλωτές, δημιουργούνται όχι για να μεγιστοποιηθεί το επιχειρηματικό κέρδος αλλά για να καλυφθούν με οικονομικά προσιτό και περιβαλλοντικά φιλικό τρόπο οι ενεργειακές ανάγκες του θεωρητικού οικισμού. Γι' αυτό επιλέγεται μια χαμηλή τιμή προεξοφλητικού επιτοκίου για την περίπτωση αυτή, ίση με 5%.
2. Αποκεντρωμένα συστήματα στα νοικοκυριά: Στις περιπτώσεις ενεργειακών συστημάτων / τεχνολογιών με εφαρμογή σε οικιακό επίπεδο (λέβητες, εξοικονόμηση ενέργειας) το επιτόκιο προεξόφλησης λαμβάνεται ίσο με 10%, ώστε να εκφραστεί η προσδοκία όσων εγκαθιστούν τα συστήματα αυτά για ταχεία περίοδο επανέσπραξης του κεφαλαίου που επενδύθηκε.

**Πίνακας 6.19.** Ενεργειακές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στον ενεργειακό σχεδιασμό του θεωρητικού οικισμού και αρίθμηση αντίστοιχων μεταβλητών απόφασης

Ενεργειακή Τεχνολογία	Κατηγορία	Χρήση	Αριθμός αντίστοιχης μεταβλητής απόφασης
Αιολική ενέργεια	ΑΠΕ	Ηλεκτρισμός	1
Υδροηλεκτρική ενέργεια	ΑΠΕ	Ηλεκτρισμός	2
Φωτοβολταϊκά	ΑΠΕ	Ηλεκτρισμός	3
Φωτοβολταϊκά στις στέγες	ΑΠΕ	Ηλεκτρισμός	4
Ηλεκτροπαραγωγή από συμπαραγωγή με καύση ξυλώδους βιομάζας	ΑΠΕ	Ηλεκτρισμός	5
Ηλεκτροπαραγωγή από συμπαραγωγή με καύση βιοαερίου	ΑΠΕ	Ηλεκτρισμός	6
Θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες	ΑΠΕ	Θερμότητα	7
Λέβητες καυσόξυλων	ΑΠΕ	Θερμότητα	8
Λέβητες pellets	ΑΠΕ	Θερμότητα	9
Τηλεθέρμανση από καύση ξυλώδους βιομάζας	ΑΠΕ	Θερμότητα	10
Τηλεθέρμανση από καύση βιοαερίου	ΑΠΕ	Θερμότητα	11
Θερμομόνωση οροφών	ΑΠΕ	Θερμότητα	12
Θερμομόνωση τοίχων	ΕΞΕ	Θερμότητα	13
Αντικατάσταση κουφωμάτων	ΕΞΕ	Θερμότητα	14
Διασυνδεδεμένο δίκτυο ηλεκτρισμού	Συμβατική	Ηλεκτρισμός	15
Λέβητες πετρελαίου (υφιστάμενοι)	Συμβατική	Θερμότητα	16
Λέβητες καυσόξυλων (υφιστάμενοι)	ΑΠΕ	Θερμότητα	17

#### 6.4.1 Συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης

Η διαμόρφωση των συναρτήσεων για το κόστος εγκατάστασης των διάφορων ενεργειακών συστημάτων βασίστηκε σε εκτενή βιβλιογραφική έρευνα καθώς και σε έρευνα στην αγορά των ενεργειακών προϊόντων και υπηρεσιών, προκειμένου να υπάρχει μια ρεαλιστική εικόνα του απαιτούμενου κόστους.

#### Αιολική ενέργεια

Για να εκτιμηθεί η συνάρτηση κόστους για την περίπτωση των ανεμογεννητριών, αφ' ενός χρειάζεται το ανηγμένο ανά μονάδα ισχύος κόστος εγκατάστασης μιας αιολικής μονάδας και αφ' ετέρου το τυπικό μέγεθος ισχύος ανεμογεννήτριας και η μέση τιμή της ετήσιας ταχύτητας ανέμου, ώστε να είναι δυνατή η αναγωγή του κόστους ανά μονάδα ενέργειας. Το κόστος εγκατάστασης για την περίπτωση της αιολικής ενέργειας, με βάση τα δεδομένα της ενεργειακής αγοράς και σχετικές αναφορές (Tourkolias & Mirasgedis 2011, Τσαλέμης et al. 2012), θεωρήθηκε ίσο με 1.300€/kW. Η μονάδα ισχύος αναφέρεται σε ονομαστική ισχύ ανεμογεννητριών.

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής παραγωγής, θεωρήθηκε ότι η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου είναι 7,3m/sec, σύμφωνα με τους υπολογισμούς της Ενότητας 6.2, η ονομαστική ισχύς των ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούνται είναι 500kW (διάμετρος του ρότορα 40m) και ο συντελεστής χρησιμοποίησης (capacity factor) είναι 21%. Για τον υπολογισμό της ωφέλιμης ενέργειας που

παράγεται από κάθε ανεμογεννήτρια, χρησιμοποιήθηκε η σχέση (6.1). Από αυτήν προέκυψε ότι από μία ανεμογεννήτρια των 500kW παράγονται 1020 MWh ωφέλιμης ηλεκτρικής ενέργειας, σε ετήσια βάση.

Έτσι, για μια ανεμογεννήτρια, ισχύος 500kW και ταχύτητα ανέμου 7,3m/sec η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης θα είναι ίση με  $K_{inst,1}=50,98X_1$ . (Υπενθυμίζεται ότι με  $X_i$ , στο μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού συμβολίζεται η ετήσια ποσότητα ενέργειας που προέρχεται από την πηγή  $i$ , σε MWh)

### **Υδροηλεκτρική ενέργεια**

Το κόστος εγκατάστασης των μικρών υδροηλεκτρικών έργων, εκτιμήθηκε στα 2.100€/kW (Παπαντώνης 2008, Tourkolias & Mirasgedis 2011, Τσαλέμης et al. 2012). Το μέγεθος αυτό ανήκει στα άνω όρια των εκτιμήσεων και χρησιμοποιήθηκε για να καλυφθούν οι δύσκολες γεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Η μονάδα ισχύος αναφέρεται στην εγκατεστημένη ισχύ των υδροστροβίλων.

Από τον Πίνακα 6.3 προκύπτει ότι το μέσο μέγεθος μιας τυπικής μονάδας στο Μέτσοβο είναι 1.553kW. Οπότε, με συντελεστή χρησιμοποίησης 40%, η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι 5.442MWh.

Συνεπώς, η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης μιας μικρής υδροηλεκτρικής μονάδας θα είναι:  $K_{inst,2}=47,94X_2$ .

### **Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πλαίσια**

Η εύρεση του κόστους εγκατάστασης μιας φωτοβολταϊκής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, βασίστηκε σε στοιχεία από την αγορά φωτοβολταϊκών. Λόγω της πτωτικής τάσης του κόστους των φωτοβολταϊκών, υπολογίστηκε το κόστος εγκατάστασης με βάση ορισμένες από τις πλέον χαμηλές τιμές που εμφανίζονται στην αγορά. Από στοιχεία τιμοκαταλόγων του Ιανουαρίου 2012, ο μέσος όρος κόστους εγκατάστασης - ανάμεσα σε 6 ευρωπαϊκές εταιρίες κατασκευής πλαισίων και 3 ευρωπαϊκές εταιρίες κατασκευής αντιστροφών / inverters – υπολογίστηκε σε 1300€/kW<sup>8</sup>. Στη τιμή αυτή περιλαμβάνεται κόστος εργασιών εγκατάστασης ίσο με 140€/kW. Η ισχύς μιας τυπικής μονάδας θεωρήθηκε ίση με 150kW.

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής παραγωγής ελήφθη, για το Μέτσοβο συντελεστής χρησιμοποίησης των φωτοβολταϊκών ίσος με 15% (ΚΑΠΕ και Eurotec 2011). Συνεπώς, η συνάρτηση κόστους των φωτοβολταϊκών πλαισίων διαμορφώνεται ως  $K_{inst,3}=71,89X_3$ .

Για την περίπτωση των φωτοβολταϊκών στις στέγες θεωρείται ότι τα φωτοβολταϊκά εγκαθίστανται για κάλυψη ίδιων αναγκών και όχι για διοχέτευση ενέργειας στο δίκτυο. Το κόστος εγκατάστασης λαμβάνεται ίσο με 2500€/kW, ο συντελεστής χρησιμοποίησης μειωμένος κατά 1,5 ποσοστιαία μονάδα και έτσι η συνάρτηση κόστους γίνεται ίση με  $K_{inst,4}=169,06X_4$ .

### **Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καύσης ξυλώδους βιομάζας**

---

<sup>8</sup> Κατά τη διάρκεια της συγγραφής της διατριβής παρατηρήθηκαν περαιτέρω μειώσεις στις τιμές των φωτοβολταϊκών πλαισίων, ειδικά από κινεζικές εταιρίες κατασκευής. Προτιμήθηκε, όμως, να διατηρηθεί το επίπεδο τιμών του Ιανουαρίου του 2012 για να υπάρχει μια βάση αναφοράς, εφ' όσον η κατάσταση ως προς την τιμολόγηση των πλαισίων μεταβάλλεται διαρκώς.



Στις περιπτώσεις αξιοποίησης βιομάζας σε κεντρικές μονάδες, στην παρούσα εργασία, έχει υποθεθεί ότι η εκμετάλλευση γίνεται μέσω συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Στην περίπτωση της ξυλώδους βιομάζας έχει θεωρηθεί ότι η εγκατεστημένη, ονομαστική ισχύς της τυπικής μονάδας είναι 1MW. Το τμήμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας απαιτεί κόστος 3.250€/kW για την εγκατάστασή του (Tourkolias & Mirasgedis 2011, Τσαλέμης et al. 2012). Αυτή η τιμή είναι επίσης σχετικά αυξημένη για να καλυφθούν οι δυσκολίες χωροθέτησης της μονάδας στην περιοχή του Μετσόβου.

Ακολουθώντας τα στοιχεία που περιέχονται σε φυλλάδια τεχνικών χαρακτηριστικών μονάδων συμπαραγωγής (TURBODEN), έγιναν οι ακόλουθες βασικές παραδοχές, ώστε να προσδιοριστούν τα μεγέθη της τυπικής μονάδας και η ενεργειακή της παραγωγή:

- Συνολικός βαθμός απόδοσης μονάδας ( $\eta$ ): 80%
- Βαθμός απόδοσης ηλεκτροπαραγωγής ( $\eta_e$ ): 17,4%
- Συντελεστής χρησιμοποίησης μονάδας: 80%

Έτσι, η ισχύς του τμήματος ηλεκτροπαραγωγής της τυπικής μονάδας προκύπτει ίση με 174kW, ενώ η ενεργειακή της παραγωγή ανέρχεται σε 1.219MWh/έτος. Συνεπώς, η συνάρτηση κόστους που αντιστοιχεί στην ηλεκτροπαραγωγή, με καύση ξυλώδους βιομάζας, είναι:  $K_{inst,4}=37,11X_4$ .

#### **Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καύσης βιοαερίου**

Στην περίπτωση του βιοαερίου το κόστος του τμήματος ηλεκτροπαραγωγής θεωρείται ότι είναι ίσο με 3200€/kW (Λιαντινιώτη 2011, Τσαλέμης et al. 2012). Η τυπική μονάδα θεωρείται ότι έχει συνολική ισχύ 2MW. Ο βαθμός απόδοσης του ηλεκτρικού τμήματος λαμβάνεται ίσος με 17,5%. Έτσι, η ισχύς ηλεκτροπαραγωγής είναι 350kW. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι ο συντελεστής χρησιμοποίησης είναι και σε αυτήν την περίπτωση 80%, η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται σε 2.453MWh.

Άρα, η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης για ηλεκτροπαραγωγή μέσω καύσης βιοαερίου είναι:  $K_{inst,6}=36,53X_6$ .

Συνοψίζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα και θεωρώντας ότι η χρήση του διασυνδεδεμένου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, από τη στιγμή που ήδη υπάρχει, δεν απαιτεί κόστος εγκατάστασης, διαμορφώνεται ο Πίνακας 6.20.

**Πίνακας 6.20.** Κόστος εγκατάστασης για τις τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής

Μεταβλητή απόφασης	Ενεργειακή Τεχνολογία	Κόστος εγκατάστασης (€/MWh*έτος)
1	Αιολική ενέργεια	50,98
2	Υδροηλεκτρική ενέργεια	47,94
3	Φωτοβολταϊκοί σταθμοί	79,15
4	Αυτόνομα φωτοβολταϊκά στις στέγες	169,06
5	Ηλεκτροπαραγωγή μέσω καύσης ξυλώδους βιομάζας	37,11
6	Ηλεκτροπαραγωγή μέσω καύσης βιοαερίου	36,53
15	Διασυνδεδεμένο σύστημα	0,00

### Θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες για θέρμανση νερού χρήσης

Με βάση τιμοκαταλόγους για το 2012 από εταιρίες κατασκευής ηλιοθερμικών συστημάτων (Calrak, Ηλιοακμή), προκύπτει ότι για ένα ισχυρό σύστημα βεβαιωμένης κυκλοφορίας, με επίπεδους συλλέκτες, επιλεκτικής επίστρωσης και boiler 200lit, το κόστος είναι 1.940€. Θεωρείται ότι το σύστημα μπορεί να καλύψει έως και το 80% των ετήσιων αναγκών σε θερμό νερό χρήσης, εφ' όσον έχει μεγάλης χωρητικότητας boiler. Έτσι, η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης για τα θερμικά ηλιακά συστήματα προκύπτει:  $K_{inst,7}=141,53X_7$ .

### Αποκεντρωμένα συστήματα θέρμανσης (λέβητες ξύλων, λέβητες pellets, λέβητες πετρελαίου)

Το κόστος εγκατάστασης ενός λέβητα καυσόξυλων, σύγχρονων προδιαγραφών, με υψηλή απόδοση και χαμηλές εκπομπές σωματιδίων, μαζί με τα απαραίτητα εξαρτήματα (κυκλοφορητής, βαλβίδες ασφαλείας, δοχείο διαστολής, boiler ζεστού νερού κ.α.) εκτιμήθηκε σε 3.520€. Οι λέβητες που χρησιμοποιούν συσσωματώματα ξυλείας (pellets) απαιτούν μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης από τους αντίστοιχους των καυσόξυλων, της τάξης των 5.280€, σύμφωνα με τα δεδομένα της αγοράς ενεργειακών προϊόντων το χειμώνα του 2012. Θεωρήθηκε ότι το ποσό ενέργειας που θα χρειαστεί να καλυφθεί από λέβητες πετρελαίου θα βασιστεί στα υφιστάμενα συστήματα, δηλαδή δε θα γίνει εκ νέου εγκατάσταση λεβήτων πετρελαίου.

Συνοπλοποιώντας τα δεδομένα του Πίνακα 6.13 προκύπτει το ανηγμένο κόστος εγκατάστασης των συστημάτων ανά μονάδα ενέργειας, δηλαδή οι συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης, που είναι:

- Λέβητες καυσόξυλων:  $K_{inst,8}=15,98X_8$
- Λέβητες pellets:  $K_{inst,9}=23,96X_9$

## Κεντρικές μονάδες τηλεθέρμανσης με αξιοποίηση βιομάζας

Στην περίπτωση της ξυλώδους βιομάζας έχει θεωρηθεί ότι ο δείκτης συμπαραγωγής, δηλαδή το πηλίκο ηλεκτρικής προς θερμική ισχύ είναι 22%, με βάση τα τεχνικά εγχειρίδια των συστημάτων που εξετάστηκαν. Έτσι, εφ' όσον η ηλεκτρική ισχύς είναι 174kW, η ωφέλιμη θερμική ισχύς ανέρχεται σε 800kW, από τα οποία προκύπτουν, σε ετήσια βάση, 5.613MWh. Όταν η μονάδα στηρίζεται στο βιοαέριο, ο δείκτης συμπαραγωγής λαμβάνεται ίσος με 30% και έτσι προκύπτει ότι η αξιοποιήσιμη θερμική παραγωγή της τυπικής μονάδας είναι 8227MWh. Και στις δύο περιπτώσεις το κόστος εγκατάστασης έχει ληφθεί ίσο με 3.000€/kW (Tourkolias & Mirasgedis 2011, Τσαλέμης et al. 2012). Η μονάδα ισχύος αναφέρεται στη συνολική ισχύ των μονάδων.

Οπότε, οι συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης για τις δύο αυτές περιπτώσεις διαμορφώνονται ως εξής:

- Τηλεθέρμανση με ξυλώδη βιομάζα:  $K_{inst,10}=35,32X_{10}$
- Τηλεθέρμανση με βιοαέριο:  $K_{inst,11}=46,48X_{11}$

## Τεχνικές παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας

Στο μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού περιλαμβάνονται οι επεμβάσεις ΕΞΕ στα κτιριακά κελύφη. Το κόστος πραγματοποίησης των μέτρων ΕΞΕ, ανά μονάδα επιφάνειας επεμβάσεων, βασίστηκε στις ακόλουθες εκτιμήσεις:

- Θερμομόνωση οροφών 30€/m<sup>2</sup>
- Θερμομόνωση τοίχων: 35€/m<sup>2</sup>
- Ενεργειακά αποδοτικά κουφώματα: 220€/m<sup>2</sup>

Από την ανάλυση που έγινε για το κτιριακό απόθεμα της περιοχής και με βάση τις δυνατότητες ΕΞΕ που υπολογίστηκαν στους Πίνακες 6.14, 6.15, 6.16, προκύπτουν οι συναρτήσεις κόστους για κάθε επέμβαση:

- Θερμομόνωση οροφών:  $K_{inst,12}=103,88X_{12}$
- Θερμομόνωση τοίχων:  $K_{inst,13}=62,32X_{13}$
- Ενεργειακά αποδοτικά κουφώματα:  $K_{inst,14}=95,10X_{14}$

### 6.4.2 Συναρτήσεις κόστους συντήρησης και λειτουργίας

Ο προσδιορισμός των συναρτήσεων κόστους συντήρησης και λειτουργίας βασίστηκε, όσον αφορά στις κεντρικές μονάδες ΑΠΕ (αιολικά, φωτοβολταϊκά πάρκα, υδροηλεκτρικά, συμπαραγωγή με καύση βιομάζας ή βιοαερίου), σε μια εναλλακτική προσέγγιση της λειτουργίας της ενεργειακής αγοράς που εν πολλοίς αντικατοπτρίζει και μια διαφορετική φιλοσοφία ως προς την ανάπτυξη των ΑΠΕ, γενικότερα. Στη συνέχεια θα αναπτυχθεί το σκεπτικό της προσέγγισης, που υιοθετήθηκε, με στόχο την υψηλότερη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα του Μετσόβου και την οικονομική ελάφρυνση των καταναλωτών. Η λεπτομερής ανάλυση των χαρακτηριστικών του ενεργειακού συστήματος δεν εντάσσεται στους στόχους της παρούσας εργασίας γι' αυτό και θα παρουσιαστούν εν συντομία τα αίτια που ώθησαν στην υιοθέτηση της εναλλακτικής προσέγγισης για τη χρήση των ΑΠΕ.

Το υφιστάμενο μοντέλο ανάπτυξης των ΑΠΕ βασίζεται στη δημιουργία, κυρίως, μεγάλης ισχύος μονάδων, οι οποίες διαθέτουν ενέργεια στο δίκτυο. Για να καταστούν ελκυστικές οι επενδύσεις και να

επιτευχθούν οι στόχοι της χώρας, όσον αφορά στη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα, παρέχονται κίνητρα στους επενδυτές. Αυτά περιλαμβάνουν επιδοτήσεις στη φάση εγκατάστασης των μονάδων αλλά και υψηλές τιμές αγοράς της παραγόμενης ενέργειας. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6.21, η τιμή απορρόφησης της ηλεκτρικής ενέργειας, που προβλέπεται από τη νομοθεσία για τις ΑΠΕ (στον Πίνακα 6.21 αναφέρονται ορισμένες μόνο περιπτώσεις), από το Λειτουργό Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΗΕ) είναι ιδιαίτερα υψηλή<sup>9</sup>. Υπάρχουν περιπτώσεις, στις οποίες οι τιμές απορρόφησης της ενέργειας των ΑΠΕ (feed in tariffs) είναι έως και διπλάσιες του κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος για τους οικιακούς καταναλωτές χαμηλής τάσης (κατά μέσο όρο 130€/MWh).

**Πίνακας 6.21.** Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τεχνολογίες ΑΠΕ, σύμφωνα με το Ν. 3851/2010

Τεχνολογία	Τιμή ενέργειας (€/MWh)
Αιολικά άνω των 50kW	87,85 – 99,45
Αιολικά έως 50kW	250
Ηλιοθερμικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	264,85
Βιομάζα (εκτός αστικών αποβλήτων) έως 1MW	200
Βιοαέριο έως 3MW	220

Τα ισχυρά κίνητρα αποδείχθηκαν αποτελεσματικά ως προς τη δημιουργία επενδυτικού ενδιαφέροντος για την εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ. Όμως, εξ' αρχής εμφανίστηκαν στρεβλώσεις, με πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα την περίπτωση των φωτοβολταϊκών. Βάσει του Ν. 3468/2006, ο οποίος αποτέλεσε το πρώτο νομοθετικό εργαλείο για την επιτάχυνση της διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας, για τις επενδύσεις σε φωτοβολταϊκά πάρκα έως 150kW, παρεχόταν εγγυημένη τιμή 450€/MWh για 20 έτη. Αυτό κινητοποίησε την υποβολή πληθώρας αιτήσεων για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών αλλά σύντομα αποδείχθηκε ότι μια τόσο υψηλή τιμή απορρόφησης της ενέργειας ήταν προβληματική και έτσι το 2010 η νομοθεσία αναθεωρήθηκε, στην κατεύθυνση της αποκλιμάκωσης αυτών των τιμών. Αν η φιλοσοφία ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα βασιζόταν κυρίως σε αποκεντρωμένα οικιακά συστήματα και δευτερευόντως σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς - που βασίστηκαν σε υπεραποδόσεις στις επενδύσεις - θα μπορούσε να έχει εγκατασταθεί συνολικά πολύ μεγαλύτερη ισχύς με το ίδιο κόστος (Δούλος & Κατσουλάκος 2008), γεγονός που δείχνει ότι εναλλακτικές προσεγγίσεις θα μπορούσαν να είναι αποδοτικές.

Παράλληλα, η οικονομική κρίση που εκδηλώθηκε με ένταση από το 2009 και έπειτα, οδήγησε σε μείωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με στοιχεία του ΑΔΜΗΕ, το 2011 η πτώση στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, σε σχέση με το 2008 ήταν της τάξης του 6% και οι αιχμές του φορτίου περιορίστηκαν σημαντικά. Το γεγονός αυτό συνέβαλε στο να υπάρχει επάρκεια ισχύος, με βάση τις υφιστάμενες μονάδες παραγωγής ενέργειας και οι ΑΠΕ, που κατ' εξοχήν είναι κατάλληλες για την κάλυψη των αιχμών του φορτίου, να έχουν περιορισμένη ουσιαστική συμβολή στην οικονομικότερη λειτουργία του διασυνδεδεμένου συστήματος. Το βάρος της διείσδυσης των ΑΠΕ στο δίκτυο, σε σημαντικό βαθμό καλύφθηκε και καλύπτεται από τους ίδιους τους καταναλωτές, οι οποίοι πληρώνουν

<sup>9</sup> Από την έρευνα προέκυψε ότι οι τιμές αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ που αναφέρονται τόσο στο Ν. 3851/2010 όσο και στον προγενέστερο Ν. 3468/2006 δεν έχουν βασιστεί σε κάποια συγκεκριμένη αιτιολογία. Αυτή η παράλειψη (ή προχειρότητα) καταδεικνύει ότι στην ελληνική πραγματικότητα, σε πρώτο στάδιο, η ανάπτυξη των ΑΠΕ δε στηρίχθηκε σε κάποιο ορθολογικό οικονομικό σχεδιασμό.

σχετικό ειδικό τέλος στους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας (περίπου 5% του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας στη χαμηλή τάση προκύπτει από το τέλος ΑΠΕ). Περαιτέρω οφέλη από τη διείσδυση των ΑΠΕ στο δίκτυο, όπως η πώληση δικαιωμάτων εκπομπών CO<sub>2</sub>, ακόμη δεν έχουν λειτουργήσει αποτελεσματικά, ώστε να καλυφθεί το υψηλό κόστος ανάπτυξης των ΑΠΕ.

Αποτέλεσμα των ανωτέρω – καθώς και του μηχανισμού ανάκτησης μεταβλητού κόστους που αυξάνει το κόστος συμμετοχής των μονάδων φυσικού αερίου στο δίκτυο – είναι να έχει εμφανιστεί ένα διογκούμενο έλλειμμα στο ΛΑΓΗΕ. Σύμφωνα, με τους ισολογισμούς, το 2011 ο ΛΑΓΗΕ παρουσίασε ζημίες της τάξης των 105000000€. Το έλλειμμα του φορέα, το καλοκαίρι του 2012, έφτανε τα 370000000€. Το μεγάλο αυτό πρόβλημα έχει επιχειρηθεί να καλυφθεί με έκτακτες εισφορές στους παραγωγούς ΑΠΕ και με περαιτέρω αυξήσεις στο κόστος διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές.

Επιπλέον, τα προβλεπόμενα από τη νομοθεσία για εκπτώσεις στους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας των καταναλωτών σε περιοχές όπου εγκαθίστανται μονάδες ΑΠΕ δεν έχουν εφαρμοστεί και γενικότερα τα αντισταθμιστικά οφέλη είναι περιορισμένα και συνήθως πρόχειρα συμφωνημένα μεταξύ των ΟΤΑ και των παραγωγών ενέργειας, με αποτέλεσμα μια φιλική και πολύτιμη για το περιβάλλον τεχνολογία να κινδυνεύει να χάσει τα κοινωνικά της οφέλη. Η κατάσταση μοιάζει αδιέξοδη, συνυπολογίζοντας ότι αντίστοιχα προβλήματα έχουν παρουσιαστεί και σε άλλες χώρες.

Οι στρεβλώσεις που εμφανίζονται στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας επιβεβαιώνουν την κριτική στάση ορισμένων ερευνητών, σε σχέση με την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας και τη μη – στροφή σε αποκεντρωμένη, τοπική ανάπτυξη ενεργειακών συστημάτων (όπως Bahce & Taymaz 2008, Yadoo & Cruickshank 2010). Τα προβλήματα στην ανάπτυξη των ΑΠΕ και στον ενεργειακό τομέα, γενικότερα, έχουν ιδιαίτερα αρνητικές συνέπειες στις απομονωμένες περιοχές, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται και οι ορεινές, αφού έτσι δυσχεραίνεται περαιτέρω η ενεργειακή τους τροφοδοσία και επιβαρύνονται οι τοπικοί πληθυσμοί με μεγάλα ενεργειακά κόστη, που επιτείνουν το πρόβλημα της ενεργειακής φτώχειας.

Γι' αυτό, ο ενεργειακός σχεδιασμός στην ορεινή περιοχή του Μετσόβου συμπεριλαμβάνει μια διαφορετική προσέγγιση για την ανάπτυξη των ΑΠΕ, με πυρήνα την αποκεντρωμένη παραγωγή. Ειδικότερα, η φιλοσοφία ανάπτυξης των ΑΠΕ στην περιοχή του Μετσόβου βασίζεται σε δύο άξονες:

- Την κάλυψη τοπικών ενεργειακών αναγκών, με έργα μικρής κλίμακας, αρμονικά ενταγμένα στο ορεινό τοπίο
- Οι απαιτούμενες ενεργειακές επενδύσεις θα έχουν χαρακτήρα κοινής ωφέλειας και όχι επιχειρηματική στόχευση

Έτσι, η ανάπτυξη των διάφορων μονάδων ΑΠΕ, που είναι αναγκαίες για τη βελτίωση του ενεργειακού συστήματος της περιοχής, στοχεύει στη διάθεση της παραγόμενης ενέργειας απευθείας στους κατοίκους της περιοχής. Η τιμολόγηση, με βάση το χαρακτήρα κοινής ωφέλειας, γίνεται με τρόπο ώστε να καλύπτονται τα έξοδα συντήρησης και λειτουργίας των μονάδων, χωρίς να επιδιώκεται υψηλή κερδοφορία. Για να βρεθεί η τιμή διάθεσης της ενέργειας στους κατοίκους του Μετσόβου, για τις διάφορες ενεργειακές πηγές, χρησιμοποιείται το ανηγμένο κόστος ενέργειας (levelized cost of energy), το οποίο – εφ' όσον θεωρείται ότι τα έργα γίνονται χωρίς δανειοδότηση για λόγους απλοποίησης - δίνεται από τη σχέση:

$$LCOE = \frac{C_{inv} - \sum_n^N \frac{DP_n}{(1+r)^n} \cdot TR + \sum_n^N \frac{C_{n,o/m}}{(1+r)^n} \cdot (1 - TR)}{\sum_n^N \frac{E_{p,n}}{(1+r)^n} \cdot (1 - TR)} \quad (6.2)$$

$C_{inv}$ : Το κόστος εγκατάστασης

$DP_n$ : Η απόσβεση κατά το έτος n

$C_{n,o/m}$ : Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας κατά το έτος n

TR: Ο φορολογικός συντελεστής (20% στην υπό μελέτη περίπτωση)

$E_{p,n}$ : Η παραγόμενη ενέργεια κατά το έτος n

r: Το επιτόκιο προεξόφλησης (5% στην υπό μελέτη περίπτωση)

N: Ο χρόνος ζωής της επένδυσης (20 έτη στην υπό μελέτη περίπτωση)

Το μοντέλο που προτείνεται είναι μια ρεαλιστική εναλλακτική προσέγγιση για τη διαμόρφωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Εξασφαλίζει τη βιωσιμότητα των ενεργειακών μονάδων μειώνοντας, παράλληλα, το κόστος κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των καταναλωτών, γεγονός ιδιαίτερα κρίσιμο στις ορεινές περιοχές. Υπάρχουν αναφορές που συνηγορούν ότι η λειτουργία συνεργατικών σχημάτων με χαρακτήρα κοινής ωφέλειας στο χώρο της ενέργειας είναι εφικτή και μπορεί να έχει σημαντικά οφέλη για τους τοπικούς πληθυσμούς (Khan 2003, Coello 2011).

### Μονάδες ηλεκτροπαραγωγής από αιολική, υδροηλεκτρική και ηλιακή ενέργεια

Το κόστος συντήρησης των μονάδων αυτών, συνήθως, εκτιμάται ως ποσοστό του κόστους εγκατάστασης. Οι σχετικές αναφορές (Περδίδος 2007, Παπαντώνης 2008, Tourkolias & Mirasgedis 2011, Τσαλέμης et al. 2012) συντείνουν στη διαμόρφωση του κόστους συντήρησης των μονάδων, χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα ποσοστά επί του κόστους εγκατάστασης:

- Αιολικά: 3%
- Υδροηλεκτρικά: 4%
- Φωτοβολταϊκά 2%

Χρησιμοποιώντας αυτά τα ποσοστά και εφαρμόζοντας τη σχέση 6.2, προκύπτει το απαιτούμενο κόστος διάθεσης της ενέργειας. Στο τελικό κόστος που θα επιβαρύνει τους καταναλωτές έχει προστεθεί και το ποσόν των 7,33€/MWh, που αντιστοιχεί στο τέλος χρήσης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτό είχε τιμολογηθεί για το 2012.

Έτσι, οι συναρτήσεις κόστους συντήρησης και λειτουργίας διαμορφώνονται ως εξής:

- Αιολικά:  $K_{o/m,1}=106,00X_1$
- Υδροηλεκτρικά:  $K_{o/m,2}=100,12X_2$
- Φωτοβολταϊκά:  $K_{o/m,3}=160,09X_3$

Όσον αφορά στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά, θεωρείται ότι το κόστος που απαιτείται για τη συντήρηση και τη λειτουργία τους, ανέρχεται σε 0,5% επί του κόστους εγκατάστασης, οπότε η συνάρτηση είναι:  $K_{o/m,4}=10,57X_4$

## Μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας

Το λειτουργικό κόστος αυτών των μονάδων διαμορφώνεται, σε μεγάλο βαθμό, από το κόστος αγοράς και μεταφοράς της πρώτης ύλης, προς ενεργειακή αξιοποίηση. Συνδυάζοντας το κόστος αυτό (ενδεικτικές τιμές: 60€/tn για τα καυσόξυλα, 35€ για κάθε ωφέλιμη MWh βιοαερίου) με εκτιμήσεις που συνήθως γίνονται για τις δαπάνες συντήρησης (Λιαντινιώτη 2011 , Τσαλέμης et al 2012), προκύπτει ότι για τις μονάδες βιομάζας μια ρεαλιστική προσέγγιση του ετήσιου κόστους συντήρησης και λειτουργίας, είναι ποσοστό 16% επί του κόστους εγκατάστασης. Χρησιμοποιώντας τη σχέση 6.2, οι συναρτήσεις κόστους συντήρησης και λειτουργίας γίνονται:

- Ηλεκτροπαραγωγή με ξυλώδη βιομάζα:  $K_{o/m,5}=80,77X_5$
- Ηλεκτροπαραγωγή με βιοαέριο:  $K_{o/m,6}=81,90X_6$

## Θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες για θέρμανση νερού χρήσης

Η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες είναι μια διαδικασία με ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης. Θεωρείται ότι, ανά έτος, χρειάζονται περίπου 20€ για να γίνουν μικροεπισκευές και τοποθετήσεις ανταλλακτικών στο σύστημα. Συνδυάζοντας αυτό με την ετήσια ενεργειακή παραγωγή προκύπτει ότι η συνάρτηση κόστους συντήρησης και λειτουργίας για τα θερμικά ηλιακά συστήματα είναι  $K_{o/m,7}=12,58X_7$ .

## Αποκεντρωμένα συστήματα θέρμανσης

Στην περίπτωση των οικιακών μονάδων παραγωγής θερμικής ενέργειας, το λειτουργικό κόστος, κατά το μεγαλύτερο βαθμό, διαμορφώνεται από το κόστος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου σε συνδυασμό με τη θερμογόνο ικανότητά του και την απόδοση του συστήματος. Στον Πίνακα 6.22 φαίνονται τα χαρακτηριστικά των καυσίμων που εντάσσονται στον ενεργειακό σχεδιασμό του Μετσόβου.

**Πίνακας 6.22.** Χαρακτηριστικά καυσίμων οικιακών συστημάτων παραγωγής θερμικής ενέργειας

Καύσιμο	Θερμογόνος ικανότητα	Κόστος	Παρατηρήσεις
Καυσόξυλα	4kWh/kg	120€/tn	Θεωρείται ότι τα καυσόξυλα έχουν υγρασία 20% κ.β.
Pellets	5kWh/kg	250€/tn	-
Πετρέλαιο	10,06kWh/kg	1,2€/lit	-

Όσον αφορά στο βαθμό απόδοσης των συστημάτων, αυτός συνίσταται από το γινόμενο του βαθμού απόδοσης της συσκευής παραγωγής ενέργειας ( $\eta_{gen}$ ) επί το βαθμό απόδοσης του δικτύου διανομής ( $\eta_d$ ) επί το βαθμό απόδοσης των τερματικών μονάδων εκπομπής ( $\eta_{em}$ ). Θεωρώντας ότι, σε όλες τις περιπτώσεις, το δίκτυο διανομής είναι μονωμένο και ότι οι μονάδες εκπομπής είναι σώματα καλοριφέρ, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ οι τιμές για το  $\eta_d$  και το  $\eta_{em}$  είναι 0,95 και 0,91, αντίστοιχα. Έτσι, ο συνολικός βαθμός απόδοσης διαφοροποιείται αναλόγως του  $\eta_{gen}$  και τα στοιχεία δίνονται στον Πίνακα 6.23.

**Πίνακας 6.23.** Βαθμός απόδοσης οικιακών συστημάτων παραγωγής θερμότητας

Τύπος συστήματος παραγωγής	$\eta_{gen}$	Συνολικός βαθμός απόδοσης
Λέβητες καυσόξυλων	0,80	0,707
Λέβητες pellets	0,90	0,795
Υφιστάμενοι λέβητες πετρελαίου	0,93	0,822
Υφιστάμενοι λέβητες καυσόξυλων	0,75	0,663

Επιπλέον, για κάθε σύστημα θεωρείται ότι υπάρχει ένα σταθερό κόστος συντήρησης, της τάξης των 100€/έτος.

Με βάση τα ανωτέρω υπολογίζεται το ετήσιο κόστος συντήρησης και λειτουργίας των συστημάτων και σε συνδυασμό με τις ενεργειακές ανάγκες που καλύπτονται (Πίνακας 6.13), ανάγεται σε μονάδες ωφέλιμης ενέργειας.

- Λέβητες καυσόξυλων:  $K_{o/m,8}=56,97X_8$
- Λέβητες pellets:  $K_{o/m,9}=66,81X_9$
- Υφιστάμενοι λέβητες πετρελαίου:  $K_{o/m,15}=149,03X_{10}$
- Υφιστάμενοι λέβητες καυσόξυλων:  $K_{o/m,16}=60,47X_{11}$

#### **Κεντρικές μονάδες τηλεθέρμανσης με αξιοποίηση βιομάζας**

Στην περίπτωση αυτή, θεωρείται ότι το κόστος συντήρησης και λειτουργίας ανέρχεται στο 20% του κόστους εγκατάστασης, ποσοστό μεγαλύτερο από το τμήμα ηλεκτροπαραγωγής ώστε να καλυφθούν και οι ανάγκες συντήρησης και επισκευών στο δίκτυο τηλεθέρμανσης, που στην περίπτωση του Μετσόβου με τις μεγάλες κλίσεις ενδεχομένως να παρουσιάζει ιδιαίτερες απαιτήσεις. Οπότε, οι τελικές συναρτήσεις, οι οποίες εκφράζουν την απαραίτητη ελάχιστη τιμή διάθεσης της ενέργειας στους καταναλωτές διαμορφώνονται ως εξής:

- Για την περίπτωση της ξυλώδους βιομάζας:  $K_{o/m,10}=72,11X_{10}$
- Για την περίπτωση του βιοαερίου:  $K_{o/m,11}=94,70X_{11}$

#### **Τεχνικές παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας**

Οι εφαρμογές ΕΞΕ θεωρείται ότι έχουν μηδενικό κόστος συντήρησης και λειτουργίας.

#### **6.4.3 Συναρτήσεις περιβαλλοντικού κόστους**

Η παράμετρος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τον βιώσιμο ενεργειακό σχεδιασμό. Στην υπό μελέτη περίπτωση, η περιβαλλοντική διάσταση της ενεργειακής κατανάλωσης εισάγεται στο μοντέλο ενεργειακής βελτιστοποίησης με οικονομικούς όρους. Για να αποδοθεί με μορφή κόστους η παράμετρος του περιβάλλοντος, αξιοποιούνται ερευνητικά αποτελέσματα υπολογισμού του εξωτερικού κόστους, που συνεπάγονται οι διάφορες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας. Ο προσδιορισμός του περιβαλλοντικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής βασίστηκε, κατά το μεγαλύτερο βαθμό, στα αποτελέσματα του ερευνητικού προγράμματος EXTERNE. Τα αποτελέσματα της προσέγγισης EXTERNE του 1997 για το ελληνικό ενεργειακό σύστημα



συνδυάστηκαν με τρεις μεταγενέστερες έρευνες (Butti et al. 2008, Georgakellos 2007, 2012), ώστε οι υπολογισμοί να είναι ακριβέστεροι. Έτσι, προκύπτουν τα ακόλουθα δεδομένα για το περιβαλλοντικό κόστος των διάφορων περιπτώσεων ηλεκτροπαραγωγής:

- Λιγνιτικές μονάδες: 67€/MWh
- Πετρελαϊκές μονάδες: 47€/MWh
- Μονάδες φυσικού αερίου: 12€/MWh
- Υδροηλεκτρικοί σταθμοί (μεγάλα υδροηλεκτρικά): 5,3€/MWh
- Μεγάλα αιολικά πάρκα: 2,1€/MWh

Το Μέτσοβο τροφοδοτείται από το διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Η βασική περίπτωση επίλυσης βασίζεται στο ότι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στο Μέτσοβο ταυτίζεται με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του διασυνδεδεμένου δικτύου. Προκειμένου να υπολογιστεί το μίγμα τεχνολογιών που συμμετέχουν στην ηλεκτροπαραγωγή, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία του Ανεξάρτητου Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ), όσον αφορά στον τρόπο κάλυψης της ζήτησης του διασυνδεδεμένου συστήματος, μεταξύ Αυγούστου 2011 και Ιουλίου 2012. Τα στοιχεία παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.24.

**Πίνακας 6.24.** Ποσοστά (%) κάλυψης ενεργειακής ζήτησης στο διασυνδεδεμένο σύστημα από διάφορες πηγές (πηγή: ΑΔΜΗΕ)

Μήνας	Λιγνίτης	Πετρέλαιο	Φυσικό Αέριο	Υδροηλεκτρικά	ΑΠΕ	Διασυνδέσεις
8/11	52,34	0	26,30	8,15	4,97	8,23
9/11	53,02	0	30,26	6,86	5,35	4,51
10/11	53,47	0	29,63	5,18	6,95	4,76
11/11	55,65	0	29,18	4,96	5,43	4,77
12/11	55,70	0	26,73	5,44	6,10	6,02
1/12	53,96	0	31,43	4,88	6,32	3,41
2/12	49,08	1,52	34,12	7,33	5,50	2,44
3/12	53,77	0	32,82	4,87	5,20	3,34
4/12	56,81	0	24,01	7,66	9,25	2,27
5/12	55,99	0	27,88	9,23	5,77	1,13
6/12	55,18	0	23,11	9,11	6,18	6,42
7/12	50,41	0	26,66	9,65	4,48	8,80
<b>ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ</b>	<b>53,78</b>	<b>0,13</b>	<b>28,51</b>	<b>6,94</b>	<b>5,96</b>	<b>4,68</b>

Για λόγους απλοποίησης, θεωρείται ότι το ποσοστό των ΑΠΕ καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από μεγάλες αιολικές μονάδες. Επίσης, γίνεται η παραδοχή ότι το ποσοστό που προέρχεται από διασυνδέσεις βασίζεται κατά 50% σε λιγνίτη, κατά 30% σε φυσικό αέριο, κατά 10% σε υδροηλεκτρικά και κατά 10% σε μεγάλα αιολικά. Με βάση τις παραδοχές αυτές και τα δεδομένα του Πίνακα 6.24, υπολογίζεται το περιβαλλοντικό κόστος της χρήσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο προκύπτει ίσο με 40,7€/MWh.

Όσον αφορά στις τεχνολογίες ΑΠΕ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ηλεκτροπαραγωγή, ακολουθώντας τα πορίσματα από τις έρευνες που προαναφέρθηκαν, εκτιμάται ότι η οικονομική διάσταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της χρήσης τους έχει ως εξής:

- Ανεμογεννήτριες: 2,1€/MWh
- Μικρά υδροηλεκτρικά: 1,1€/MWh
- Φωτοβολταϊκά: 0,3€/MWh
- Βιομάζα: 4€/MWh

Για τις τεχνολογίες παραγωγής θερμότητας, η προσέγγιση του εξωτερικού τους κόστους βασίζεται στις εκτιμήσεις των επιμέρους ζημιολόγων παραγόντων (damage factors), που προκαλούνται από τις αέριες εκπομπές της καύσης για παραγωγή θερμικής ενέργειας. Οι ουσίες που λαμβάνονται υπ' όψιν είναι το CO<sub>2</sub>, τα NO<sub>x</sub>, το SO<sub>2</sub>, τα PM<sub>10</sub> και τα PM<sub>2,5</sub>. Σύμφωνα με τους Butti et al. (2008), οι παράγοντες βλάβης που συνεπάγονται οι ρύποι δίνονται στον Πίνακα 6.25.

**Πίνακας 6.25.** Παράγοντες βλάβης για διάφορες αέριες ουσίες

Ουσία	Παράγοντας βλάβης (€/kg)
CO <sub>2</sub>	0,022
NO <sub>x</sub>	3,365
SO <sub>2</sub>	3,401
PM <sub>10</sub>	13,567
PM <sub>2,5</sub>	22,612

Για τον υπολογισμό των αέριων εκπομπών από τις διάφορες τεχνολογίες παραγωγής θερμικής ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν, κατά βάση, συντελεστές εκπομπής από εγχειρίδια του International Energy Agency – IEA και ορισμένες λεπτομέρειες για τις τεχνολογίες βιομάζας αντλήθηκαν από ειδικές μελέτες για την ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας (Johansson et al. 2004, Caserini et al. 2010). Σημειώνεται ότι για τις τεχνολογίες βιομάζας γίνεται η παραδοχή ότι δεν έχουν εκπομπές CO<sub>2</sub>, καθώς το ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα θεωρείται ουδέτερο ή θετικό στη περίπτωση αυτή.

Η ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας, σε αποκεντρωμένο / οικιακό επίπεδο, παρουσιάζει αυξημένες εκπομπές σωματιδίων, σε σχέση με τεχνολογίες όπως η καύση πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Το ζήτημα αυτό αποτελεί το κεντρικό πρόβλημα της καύσης βιομάζας σε μεγάλα αστικά κέντρα. Οι περιβαλλοντικές προδιαγραφές λεβήτων βρίσκονται υπό συνεχή βελτίωση αλλά και πάλι η οικιακή καύση καυσόξυλων, μαζικά, μπορεί να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα. Η ενεργειακή αξιοποίηση ξυλώδους βιομάζας ή βιοαερίου σε κεντρικές μονάδες είναι σαφώς προτιμότερη, από άποψη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στον Πίνακα 6.26 παρουσιάζεται το συνολικό περιβαλλοντικό κόστος των τεχνολογιών παραγωγής θερμότητας και τα επιμέρους κόστη που ανταποκρίνονται στους εκπεμπόμενους ρύπους και στα αέρια του θερμοκηπίου. Οι τεχνολογίες ΕΞΕ θεωρείται ότι δεν έχουν περιβαλλοντικό κόστος κατά τη χρήση τους. Προφανώς, στον κύκλο ζωής των μονωτικών υλικών, των κουφωμάτων κλπ υπάρχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά αυτές δεν επηρεάζουν τον τρόπο προσέγγισης του προβλήματος που έχει επιλεγεί στην παρούσα εργασία. Επίσης, μηδενικό θεωρείται το περιβαλλοντικό κόστος κατά τη λειτουργία των θερμικών ηλιακών συστημάτων.

**Πίνακας 6.26.** Συνιστώσες περιβαλλοντικού κόστους και συνολικό περιβαλλοντικό κόστος τεχνολογιών παραγωγής θερμικής ενέργειας (πηγή: IEA 2012 και ίδια επεξεργασία)

Τεχνολογία	CO <sub>2</sub> (€/MWh)	NO <sub>x</sub> (€/MWh)	SO <sub>2</sub> (€/MWh)	PM <sub>10</sub> (€/MWh)	PM <sub>2,5</sub> (€/MWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€/MWh)
Λέβητας diesel	5,70	7,00	0,20	0,60	Αμελητέο	<b>13,50</b>
Λέβητας ξύλων	0	1,80	0,20	3,70	6,20	<b>11,90</b>
Λέβητας pellets	0	1,30	0,20	2,00	3,30	<b>6,60</b>
Καύση ξυλώδους βιομάζας σε κεντρική μονάδα	0	1,20	0,10	1,20	1,00	<b>3,50</b>
Καύση βιοαερίου σε κεντρική μονάδα	0	1,90	Αμελητέο	0,10	Αμελητέο	<b>2,00</b>

Στον Πίνακα 6.27 έχουν συγκεντρωθεί τα περιβαλλοντικά κόστη των ενεργειακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται στον ενεργειακό σχεδιασμό του Μετσόβου. Τα κόστη αυτά αποτελούν τις συνιστώσες των συντελεστών των μεταβλητών απόφασης του προβλήματος ενεργειακής βελτιστοποίησης, ως προς την παράμετρο του περιβάλλοντος.

**Πίνακας 6.27.** Συγκεντρωτικά στοιχεία περιβαλλοντικού κόστους ενεργειακών πηγών που χρησιμοποιούνται στο θεωρητικό οικισμό

Πηγή ενέργειας	Περιβαλλοντικό κόστος (€/MWh)
Αιολικά	2,1
Μικρά Υδροηλεκτρικά	1,1
Φωτοβολταϊκά	0,3
Βιομάζα για ηλεκτροπαραγωγή	4,0
Διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας	40,7
Λέβητας diesel	13,5
Λέβητας ξύλων	11,9
Λέβητας pellets	6,6
Καύση ξυλώδους βιομάζας σε κεντρική μονάδα	3,5
Καύση βιοαερίου σε κεντρική μονάδα	2,0

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της ΔΕΗ, η περιοχή του Δήμου Μετσόβου, σε ποσοστά έως και 90%, καλύπτεται όσον αφορά στα ηλεκτρικά της φορτία από τον υδροηλεκτρικό σταθμό πηγών Αώου. Εάν αυτή η εκτίμηση ληφθεί υπ' όψιν, τότε η συνάρτηση περιβαλλοντικού κόστους από τη χρήση του διασυνδεδεμένου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι:  $K_{env,15}=13,07X_{15}$ . Η προσέγγιση αυτή έχει χρησιμοποιηθεί σε μία εναλλακτική περίπτωση επίλυσης.

Αναλόγως των παραδοχών, αναφορικά με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του διασυνδεδεμένου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, το περιβαλλοντικό κόστος του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου, υπό τις υφιστάμενες συνθήκες υπολογίζεται σε 574.780€ έως 1.144.150€.

#### 6.4.4 Συναρτήσεις κοινωνικού οφέλους

Στην παρούσα έρευνα - στην οποία τα πολλαπλά κριτήρια του ενεργειακού σχεδιασμού συγκεντρώνονται σε ένα, με οικονομική διάσταση – τμήμα της κοινωνικής παραμέτρου εντάσσεται στο μοντέλο επίλυσης μέσω της μετάφρασης σε οικονομικό όφελος των θέσεων εργασίας που δημιουργούνται λόγω της εγκατάστασης και λειτουργίας ενεργειακών συστημάτων. Βασικός οδηγός για τη δημιουργία συναρτήσεων κοινωνικού οφέλους υπήρξε η προσέγγιση των Tourkolias & Mirasgedis (2011). Στην εργασία τους, που έχει παρουσιαστεί αναλυτικά στην Ενότητα 2.4, υπάρχουν αναλυτικές εκτιμήσεις για τα οικονομικά οφέλη από τη δημιουργία θέσεων εργασίας που συνεπάγονται οι ΑΠΕ (αιολικά, φωτοβολταϊκά, βιομάζα, γεωθερμία, υδροηλεκτρικά). Οι εκτιμήσεις αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.28.

**Πίνακας 6.28.** Οικονομική διάσταση κοινωνικού οφέλους από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, για διάφορες τεχνολογίες ΑΠΕ

Τεχνολογία	Οικονομικό όφελος νέων θέσεων εργασίας (€/MWh)
Αιολική ενέργεια	1,94
Μικρά υδροηλεκτρικά	1,81
Ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα	4,40
Φωτοβολταϊκά	4,85

Για να εκτιμηθούν τα οφέλη που προκαλούνται στην απασχόληση από την ΕΞΕ, τα θερμικά ηλιακά και τους αποκεντρωμένους λέβητες βιομάζας που συμμετέχουν στον ενεργειακό σχεδιασμό του Μετσόβου και δεν περιλαμβάνονται στην έρευνα των Tourkolias & Mirasgedis, αναζητήθηκαν στοιχεία για τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας από τις επενδύσεις στις τεχνολογίες αυτές. Το οικονομικό όφελος προσεγγίστηκε χρησιμοποιώντας στοιχεία από την εργασία των Tourkolias & Mirasgedis, στη βάση απλοποιητικών παραδοχών. Από τη μελέτη της βιβλιογραφίας προκύπτουν τα στοιχεία του Πίνακα 6.29, όσον αφορά στη δημιουργία θέσεων εργασίας από επενδύσεις σε ΕΞΕ, θερμικά ηλιακά συστήματα και αποκεντρωμένους λέβητες βιομάζας. (Ψωμάς 2003, PELLCERT 2012, IRENA 2012)

**Πίνακας 6.29.** Νέες θέσεις εργασίας ανά μονάδα ενέργειας, σε ετήσια βάση, για διάφορες τεχνολογίες.

Τεχνολογία	Νέες θέσεις εργασίας ανά μονάδα ενέργειας (MWh)
Λέβητες ξύλων	0,0001
Λέβητες pellets	0,0003
Αναβάθμιση κτιριακού κελύφους	0,0003
Θερμικά ηλιακά συστήματα	0,0003

Το οικονομικό όφελος που προκύπτει ανά θέση εργασίας σε ετήσια βάση, για τις διάφορες τεχνολογίες ΑΠΕ, που περιλαμβάνονται στην εργασία των Tourkolias & Mirasgedis, αναφέρεται στον Πίνακα 6.30.

**Πίνακας 6.30.** Εκτιμώμενο οικονομικό όφελος ανά θέση εργασίας που δημιουργείται από την εγκατάσταση διαφορετικών τεχνολογιών ΑΠΕ, σε ετήσια βάση

Τεχνολογία	Οικονομικό όφελος ανά θέση εργασίας (€/έτος)
Αιολικά	3.300
Φωτοβολταϊκά	3.233
Υδροηλεκτρικά	5.262
Βιομάζα (κεντρικές μονάδες)	5.183

Η απλοποιητική παραδοχή που γίνεται συνίσταται στην αντιστοίχιση των τεχνολογιών του Πίνακα 6.29 με τις περιπτώσεις του Πίνακα 6.30, ώστε να εξαχθεί το οικονομικό όφελος. Έτσι, θεωρείται ότι οι θέσεις εργασίας που συνεπάγονται τα θερμικά ηλιακά συστήματα έχουν το ίδιο όφελος με αυτές των φωτοβολταϊκών και οι θέσεις εργασίας που δημιουργούνται από την εγκατάσταση αποκεντρωμένων συστημάτων βιομάζας έχουν το ίδιο όφελος με την αξιοποίηση βιομάζας σε κεντρικές μονάδες. Επειδή δεν υπάρχει κάτι συγγενές με την ΕΞΕ, το όφελος από τις θέσεις εργασίας στην περίπτωση αυτή θεωρείται ότι είναι αντίστοιχο με το μέσο όρο των τεχνολογιών που αναφέρονται στον Πίνακα 6.30. Με βάση τις παραδοχές αυτές συμπληρώθηκε ο Πίνακας 6.31 με τα οικονομικά οφέλη των νέων θέσεων εργασίας που δημιουργούνται από τις ενεργειακές τεχνολογίες. Επιπλέον, έχει αποδοθεί και μία διάσταση κοινωνικού οφέλους για τα φωτοβολταϊκά στις στέγες, περιορίζοντας τις αντίστοιχες προσεγγίσεις για τα φωτοβολταϊκά πάρκα μόνο στο τμήμα που αφορά στη συντήρηση των συστημάτων. Οι πίνακες 6.28 και 6.31 περιέχουν τους συντελεστές των μεταβλητών απόφασης του υπό μελέτη προβλήματος, όσον αφορά στη διάσταση του κοινωνικού οφέλους.

**Πίνακας 6.31.** Οικονομική διάσταση κοινωνικού οφέλους από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, για διάφορες τεχνολογίες ΑΠΕ και ΕΞΕ

Τεχνολογία	Οικονομικό όφελος νέων θέσεων εργασίας (€/MWh)
Λέβητες ξύλων	0,52
Λέβητες pellets	1,55
Αναβάθμιση κτιριακού κελύφους	1,24
Θερμικά ηλιακά συστήματα	0,96
Φωτοβολταϊκά στις στέγες	1,18

Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε μπορεί να παρουσιαστεί, συνολικά, η αντικειμενική συνάρτηση που χρησιμοποιείται στο μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού στο Μέτσοβο και της οποίας επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση.

Σενάριο 1:

$$C_{total} = 157,14X_1 + 147,35X_2 + 234,69X_3 + 178,45X_4 + 117,48X_5 + 118,03X_6 + 153,15X_7 + 84,33X_8 + 95,82X_9 + 106,53X_{10} + 138,68X_{11} + 102,64X_{12} + 61,08X_{13} + 93,86X_{14} + 166,67X_{15} + 162,33X_{16} + 72,37X_{17}$$

Σενάριο 2:

Μεταβάλλεται μόνο ο όρος που σχετίζεται με το διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και γίνεται:

$$139,07X_{15}$$

## 6.5 Περιορισμοί μοντέλου και σενάρια επίλυσης

Ο ενεργειακός σχεδιασμός για τον οικισμό του Μετσόβου πραγματοποιείται μέσω δύο σεναρίων.

- **Σενάριο 1:** Γίνεται η παραδοχή ότι το περιβαλλοντικό κόστος του διασυνδεδεμένου ηλεκτρικού δικτύου είναι όμοιο με το μέσο όρο της χώρας. Αυτή είναι και η βασική περίπτωση επίλυσης του προβλήματος ενεργειακής βελτιστοποίησης στο Μέτσοβο.
- **Σενάριο 2:** Στο δεύτερο σενάριο θεωρείται ότι η τροφοδοσία του Μετσόβου με ηλεκτρική ενέργεια γίνεται κατά 90% από το μεγάλο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο των πηγών Αώου.

Στόχος του ενεργειακού σχεδιασμού στο Μέτσοβο είναι η αξιοποίηση τοπικών ενεργειακών πηγών για κάλυψη των φορτίων του οικισμού. Στην περίπτωση της βιομάζας, η αξιοποίηση του τοπικά διαθέσιμου δυναμικού στηρίζεται στην υπόθεση ότι ακόμη και τα pellets που ενδεχομένως θα χρησιμοποιηθούν στο βέλτιστο ενεργειακό σύστημα, θα προέρχονται από μεταποίηση της ξυλώδους βιομάζας που παράγεται στην περιοχή.

Το βασικό πλαίσιο περιορισμών του προβλήματος είναι αυτό που αναφέρθηκε στην Ενότητα 4.2.2. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ιδιαίτερες συνθήκες στο οικισμό του Μετσόβου και με στόχο την πιο πιστή μοντελοποίηση της πραγματικότητας έχουν προστεθεί και ορισμένοι περισσότεροι εξειδικευμένοι περιορισμοί. Συνολικά, οι περιορισμοί του μοντέλου έχουν ως εξής:

### Φυσικός περιορισμός

Οι μεταβλητές απόφασης θα πρέπει να παίρνουν θετικές ή μηδενικές τιμές.

$$X_i \geq 0, \forall i$$

### Περιορισμοί δυναμικότητας

Οι τιμές των μεταβλητών απόφασης δεν μπορούν να ξεπερνούν τη δυναμικότητα της ενεργειακής πηγής ( $D_i$ ), στην οποία αντιστοιχούν.

$$X_i \leq D_i, \forall i$$

Από τα χαρακτηριστικά των ενεργειακών συστημάτων που συμμετέχουν στο ενεργειακό μίγμα προκύπτει ότι η ποσότητα ξυλώδους βιομάζας που απαιτείται, για να παραχθεί 1 MWh ωφέλιμης θερμικής ενέργειας, είναι:

- Για τους νέους λέβητες καυσόξυλων: 0,44tn
- Για τους λέβητες pellets: 0,25tn
- Για την τηλεθέρμανση με καύση βιομάζας: 0,53tn
- Για τους υφιστάμενους λέβητες καυσόξυλων: 0,47tn

Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η συνολική ποσότητα ξυλώδους βιομάζας στην περιοχή ανέρχεται σε 5155 ξηρούς τόνους, τίθεται ο ακόλουθος επιπλέον περιορισμός, σχετικά με το δυναμικό βιομάζας:

$$0,44 \cdot X_8 + 0,25 \cdot X_9 + 0,53 \cdot X_{10} + 0,47 \cdot X_{11} \leq 5.155$$

### Περιορισμός κάλυψης ζήτησης

Η βέλτιστη λύση θα πρέπει να οδηγεί στην πλήρη κάλυψη των ηλεκτρικών ( $N_{el}$ ) και θερμικών ( $N_{th}$ ) φορτίων του οικισμού.

$$\sum_{i=1}^6 X_i + X_{15} \geq N_{el}$$

$$\sum_{i=7}^{14} X_i + X_{16} + X_{17} \geq N_{th}$$

### Περιβαλλοντικός περιορισμός

Το περιβαλλοντικό κόστος της βέλτιστης λύσης απαιτείται να είναι τουλάχιστον 20% μικρότερο από το αντίστοιχο της υφιστάμενης κατάστασης.

$$C_{env} = \sum_{i=1}^{17} \alpha_{i,env} X_i \leq 0,8 \cdot C_{env,0}$$

### Περιορισμός λειτουργικού κόστους

Προκειμένου το βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα να συνεπάγεται μικρότερη οικονομική επιβάρυνση για τους χρήστες του, τίθεται ως περιορισμός, το λειτουργικό κόστος να είναι μικρότερο του αντίστοιχου της υφιστάμενης κατάστασης ( $C_{o/m,0}$ ). Ειδικότερα, για να είναι αποτελεσματική αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας, με βάση τα στοιχεία των καταναλώσεων στο Μέτσοβο και το εισόδημα των κατοίκων, τέθηκε επιπλέον ο περιορισμός το κόστος κάλυψης των θερμικών αναγκών να μην υπερβαίνει το 7% του εισοδήματος των νοικοκυριών.

$$C_{o/m} = \sum_{i=1}^{17} \alpha_{i,o/m} X_i < C_{o/m,0}$$

$$\sum_{i=7}^{14} \alpha_{i,o/m} X_i + X_{16} + X_{17} \leq 1.010.625$$

## Περιορισμός εξοικονόμησης ενέργειας

Τίθεται ως κατώφλι συμμετοχής των τεχνικών παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας, στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα, ποσοστό 20% επί της ζήτησης για θέρμανση χώρων ( $N_{th,sp}$ ).

$$X_{12} + X_{13} + X_{14} \geq 0,2 \cdot N_{th,sp}$$

## Τεχνικοί περιορισμοί

Είναι απαραίτητο το μοντέλο επίλυσης να τροφοδοτηθεί με ορισμένους επιπλέον περιορισμούς, οι οποίοι συμβάλουν στην αποφυγή παράδοξων / μη ρεαλιστικών λύσεων. Μια τέτοια μη ρεαλιστική περίπτωση είναι η εύρεση ενός βέλτιστου μίγματος, όπου η κάλυψη των θερμικών φορτίων των χώρων γίνεται π.χ. με ένα λέβητα αερίου και η κάλυψη των φορτίων για το ζεστό νερό χρήσης με τηλεθέρμανση. Για να αποφευχθούν τέτοιου είδους προβλήματα, απαιτήθηκε η χρήση οποιουδήποτε συστήματος θέρμανσης να συμβάλει στην κάλυψη τόσο της ζήτησης για θέρμανση χώρων όσο και της ζήτησης για ζεστό νερό χρήσης, σε μια κατοικία. Μαθηματικά, ο περιορισμός αυτός εκφράζεται ως ισότητα μεταξύ δύο κλασμάτων. Το πρώτο κλάσμα είναι η αναλογία φορτίων θέρμανσης χώρων και φορτίων θέρμανσης νερού χρήσης, κατά μέσο όρο στο Μέτσοβο. Το δεύτερο κλάσμα είναι η αναλογία της ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση χώρων και της ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση νερού χρήσης από κάθε σύστημα παραγωγής θερμικής ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα, αν:

$X_{i,sp}$ , είναι η ενέργεια που διατίθεται από το  $i$  σύστημα παραγωγής θερμότητας για θέρμανση χώρων

$X_{i,w}$ , είναι η ενέργεια που διατίθεται από το  $i$  σύστημα παραγωγής θερμότητας για θέρμανση νερού χρήσης

$N_{th,sp}$ , είναι οι ανάγκες για θέρμανση χώρων στον οικισμό

$N_{th,w}$ , είναι οι ανάγκες για θέρμανση νερού χρήσης στον οικισμό

η διατύπωση του περιορισμού θα είναι:

$$X_{i,sp} \cdot N_{th,w} - X_{i,w} \cdot N_{th,sp} = 0, i \in \{8,9,10,11,16,17\}$$

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε κεντρικές μονάδες γίνεται μέσω συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Έχοντας καταστρώσει τις συναρτήσεις κόστους των μονάδων συμπαραγωγής, θεωρώντας ότι ο δείκτης συμπαραγωγής για την ξυλώδη βιομάζα είναι 22% και για το βιοαέριο 30%, τίθενται περιορισμοί που επιβάλλουν οι μονάδες να λειτουργούν με τις συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Η μαθηματική έκφραση των περιορισμών αυτών έχει ως εξής:

$$X_5 - 0,22 \cdot X_{10} = 0$$

$$X_6 - 0,30 \cdot X_{11} = 0$$

Ένας επιπλέον τεχνολογικός περιορισμός αφορά στη διείσδυση των ΑΠΕ στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Θεωρήθηκε ότι τα αιολικά, τα φωτοβολταϊκά και τα υδροηλεκτρικά μπορούν να διεισδύσουν στην ηλεκτροπαραγωγή έως και 40%.

$$X_1, X_2, X_3 \leq 0,4 \cdot N_{el}$$



Μπορεί να θεωρηθεί ως τεχνικός περιορισμός του προβλήματος και το ότι για την κάλυψη των θερμικών φορτίων δε χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια, ούτε μέσω αντλιών θερμότητας.

### **Κοινωνικός περιορισμός**

Εφ' όσον η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας από τις ενεργειακές επενδύσεις αποτελεί κρίσιμη παράμετρο του ενεργειακού σχεδιασμού για τις ορεινές περιοχές, στο μοντέλο τίθεται ένα ελάχιστο κατώφλι κοινωνικού οφέλους, προκειμένου το βέλτιστο ενεργειακό σύστημα να έχει θετική επίδραση στην τόνωση της απασχόλησης. Τίθεται ως στόχος η βελτιστοποίηση του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου να δημιουργήσει τέτοιο αριθμό νέων θέσεων εργασίας ώστε η ανεργία στον οικισμό να μειωθεί κατά μία ποσοστιαία μονάδα. Αυτό, σύμφωνα με τα δεδομένα της περιοχής (1100 άτομα οικονομικά ενεργός πληθυσμός, με βάση την απογραφή του 2001 και 12% ανεργία, με βάση τα πορίσματα των πρωτογενών ερευνών που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή – Ενότητα 6.7), συνεπάγεται ότι χρειάζεται να δημιουργηθούν τουλάχιστον δέκα νέες θέσεις εργασίας. Αυτό, κατά μέσο όρο (Πίνακας 6.30) αντιστοιχεί σε οικονομικό όφελος 45000€/έτος. Συνεπώς, ο περιορισμός διατυπώνεται ως εξής:

$$\sum_{i=1}^{17} a_{i,soc} X_i \geq 45.000$$

Στη συνέχεια παρατίθεται ο Πίνακας 6.32, στον οποίο συγκεντρώνονται οι περιορισμοί του προβλήματος.

**Πίνακας 6.32.** Σύνοψη περιορισμών επίλυσης μοντέλου αποκεντρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού στο Μέτσοβο

Κατηγορία περιορισμών	Περιγραφή	Μαθηματική διατύπωση
Φυσικοί	Μη αρνητικές μεταβλητές απόφασης	$X_i \geq 0, \forall i$
Δυναμικότητας	Μεταβλητές απόφασης μικρότερες δυναμικότητας	$X_i \leq D_i, \forall i$
	Η συνολική χρήση βιομάζας από τις τεχνολογίες που βασίζονται σε αυτήν να μην ξεπερνά το δυναμικό	$0,44 \cdot X_8 + 0,25 \cdot X_9 + 0,53 \cdot X_{10} + 0,47 \cdot X_{11} \leq 5.155$
Κάλυψης ζήτησης	Να υπερκαλύπτονται τα φορτία ηλεκτρισμού και θερμότητας του οικισμού	$\sum_{i=1}^6 X_i + X_{15} \geq N_{el}$ $\sum_{i=7}^{14} X_i + X_{16} + X_{17} \geq N_{th}$
Περιβαλλοντικοί	Περιβαλλοντικό κόστος βέλτιστης λύσης μειωμένο κατά 20% σε σχέση με το υφιστάμενο	$C_{env} = \sum_{i=1}^{17} \alpha_{i,env} X_i \leq 0,8 \cdot C_{env,0}$
Εξοικονόμησης ενέργειας	Τουλάχιστον 20% των θερμικών φορτίων να καλύπτονται από μέτρα παθητικής ΕΞΕ	$X_{12} + X_{13} + X_{14} \geq 0,2 \cdot N_{th,sp}$
Λειτουργικού κόστους	Κόστος συντήρησης / λειτουργίας βέλτιστης λύσης μικρότερο από το υφιστάμενο	$C_{o/m} = \sum_{i=1}^{17} \alpha_{i,o/m} X_i < C_{o/m,0}$
	Αντιμετώπιση ενεργειακής φτώχειας	$\sum_{i=7}^{14} \alpha_{i,o/m} X_i + X_{16} + X_{17} \leq 1.010.625$
Τεχνικοί περιορισμοί	Κάθε κατοικία καλύπτει θέρμανση χώρων και νερού χρήσης με το ίδιο βασικό σύστημα	$X_{i,sp} \cdot N_{th,w} - X_{i,w} \cdot N_{th,sp} = 0, i \in \{8,9,10,11,16,17\}$
	Λειτουργία κεντρικών μονάδων βιομάζας με δείκτη συμπαραγωγής 22% (ξυλώδης βιομάζα) και 30% (βιοαέριο)	$X_5 - 0,22 \cdot X_{10} = 0$ $X_6 - 0,30 \cdot X_{11} = 0$
Κοινωνικός περιορισμός	Οι νέες θέσεις εργασίας να οδηγούν σε μείωση της ανεργίας κατά μία μονάδα	$\sum_{i=1}^{17} a_{i,soc} X_i \geq 45.000$

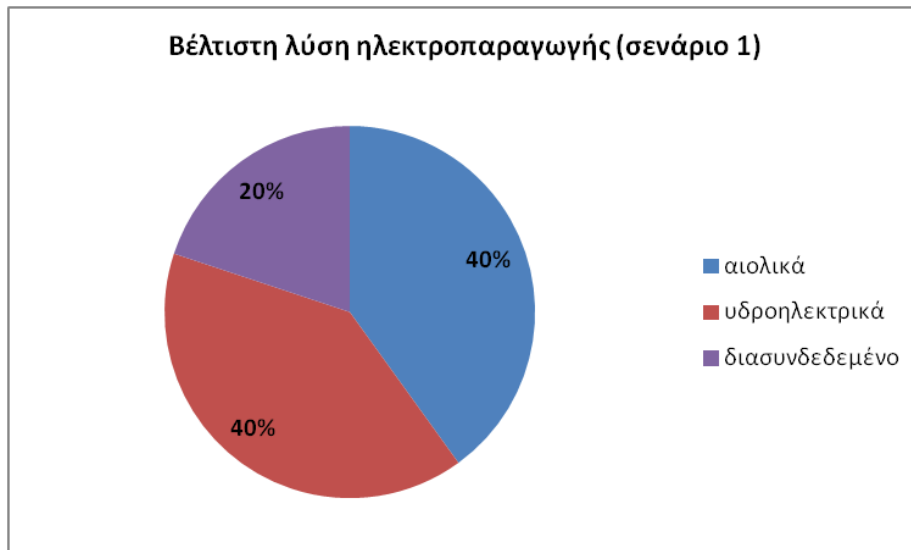
## 6.6 Επίλυση μοντέλου και ανάλυση αποτελεσμάτων

### 6.6.1 Δομή, κόστος και οφέλη του βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος

Η επίλυση του μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού για τον ενεργειακό σχεδιασμό της περιοχής του Μετσόβου, όσον αφορά στο τμήμα της ηλεκτροπαραγωγής, οδηγεί σε δύο μορφές λύσεων. Στο σενάριο 1, εξαντλούνται οι δυνατότητες χρήσης ΑΠΕ και το υπολειπόμενο ποσοστό καλύπτεται από το διασυνδεδεμένο δίκτυο. Καθοριστικός παράγων στην περίπτωση αυτή αναδεικνύεται το γεγονός ότι η χρήση του δικτύου θεωρείται ότι έχει μεγάλο περιβαλλοντικό κόστος. Στο σενάριο 2, όπου το διασυνδεδεμένο δίκτυο έχει πολύ βελτιωμένο περιβαλλοντικό προφίλ, κυριαρχεί η χρήση του σε συντριπτικό ποσοστό. Δεν γίνεται χρήση των φωτοβολταϊκών και της συμπαραγωγής με καύση βιοαερίου σε κανένα από τα σενάρια. Στον Πίνακα 6.33 παρουσιάζονται τα ετήσια ποσά ενέργειας που συνεισφέρει κάθε ενεργειακή παραγωγή στο βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα, για την περίπτωση του ηλεκτρισμού. Στα Διαγράμματα 6.7 και 6.8 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των ποσών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού στο βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα, ανά ενεργειακή πηγή.

**Πίνακας 6.33.** Τιμές μεταβλητών απόφασης (MWh/έτος), για τα δύο σενάρια επίλυσης στον οικισμό του Μετσόβου, όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή

Περίπτωση επίλυσης	Αιολικά	Υδροηλεκτρικά	Βιομάζα συμπαραγωγή	Διασυνδεδεμένο δίκτυο
1 <sup>ο</sup> σενάριο	7.803	7.803	0	3.877
2 <sup>ο</sup> σενάριο	0	0	1.252	18.255



**Διάγραμμα 6.7.** Ποσοστιαία κατανομή πηγών για ηλεκτροπαραγωγή στη βέλτιστη λύση του σεναρίου 1

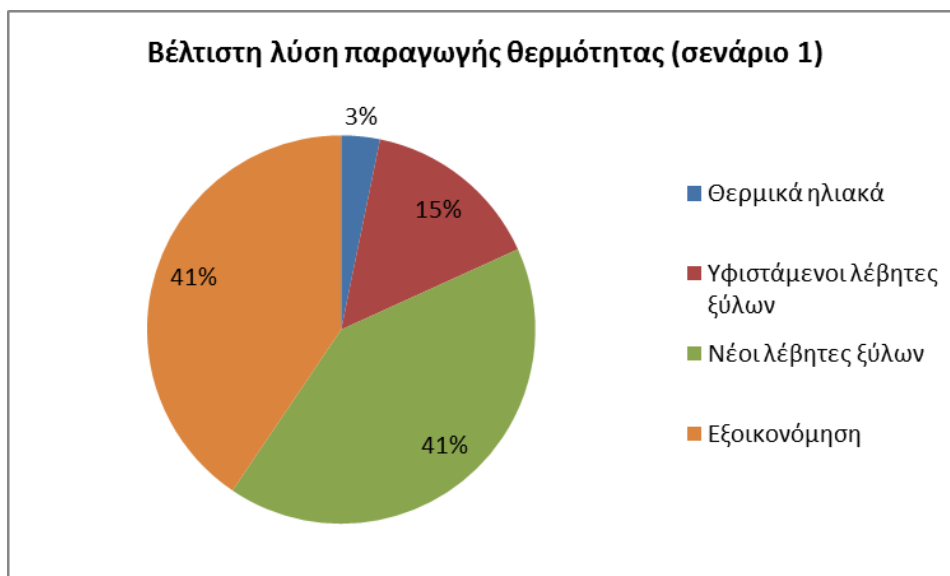


**Διάγραμμα 6.8.** Ποσοστιαία κατανομή πηγών για ηλεκτροπαραγωγή στη βέλτιστη λύση του σεναρίου 2

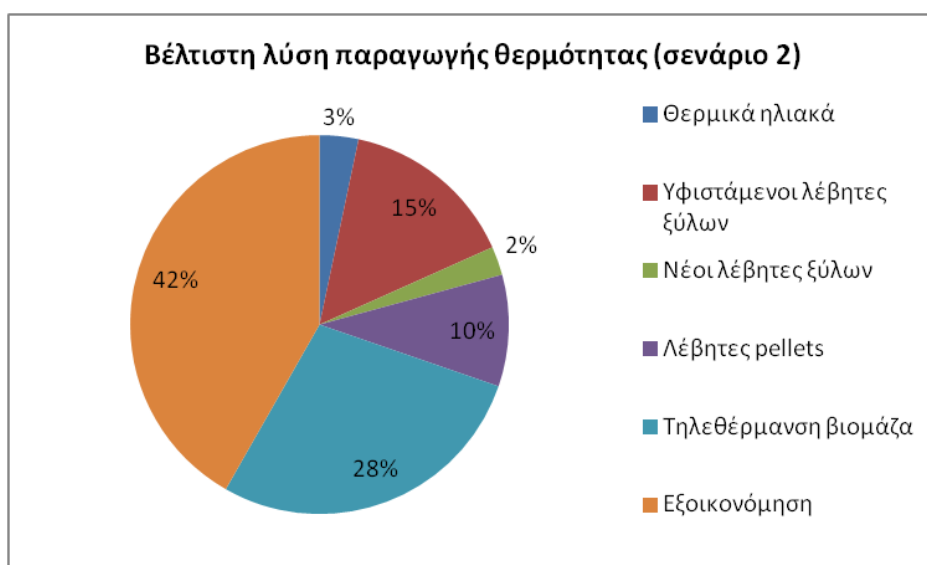
Όσον αφορά στην παραγωγή θερμικής ενέργειας, χρησιμοποιείται όλο το διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας. Επίσης, στο βέλτιστο μίγμα περιλαμβάνεται το σύνολο του δυναμικού ΕΞΕ, εκτός από την περίπτωση της θερμομόνωσης οροφών, η οποία δεν αποδεικνύεται ιδιαίτερα ανταγωνιστική, από οικονομικής άποψης. Η υψηλή τιμή του πετρελαίου θέρμανσης συντελεί ώστε οι λέβητες πετρελαίου να μην αποτελούν τμήμα της βέλτιστης λύσης. Ειδικότερα, η εκμετάλλευση της βιομάζας, στο πρώτο σενάριο, γίνεται αποκλειστικά μέσω λεβήτων καυσόξυλων. Στο δεύτερο σενάριο κυριαρχεί η τεχνολογία της συμπαραγωγής μέσω καύσης βιομάζας και ένα σημαντικό ποσοστό καλύπτεται από λέβητες pellets. Οι υφιστάμενοι λέβητες καυσόξυλων, που καλύπτουν το 15% της ζήτησης θερμότητας, συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται και στις βέλτιστες λύσεις. Δεν προκύπτει χρήση του βιοαερίου στο βέλτιστο μίγμα. Στον Πίνακα 6.34 περιλαμβάνονται τα ενεργειακά ποσά που λαμβάνονται από κάθε πηγή στο βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα, ως προς την παραγωγή θερμότητας και στα Διαγράμματα 6.9 και 6.10 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή τους.

**Πίνακας 6.34.** Τιμές μεταβλητών απόφασης (MWh/έτος), για τα τρία σενάρια επίλυσης στον οικισμό του Μετσόβου, όσον αφορά στην παραγωγή θερμικής ενέργειας

Περίπτωση επίλυσης	Θερμικά ηλιακά	Υφιστάμενοι λέβητες ξύλων	Νέοι λέβητες ξύλων	Λέβητες pellets	Τηλεθέρμανση βιομάζα	Εξοικονόμηση
1 <sup>ο</sup> σενάριο	653	3.053	8.395	0	0	8.250
2 <sup>ο</sup> σενάριο	673	3.053	498	1.938	5.692	8.498



**Διάγραμμα 6.9.** Ποσοστιαία κατανομή πηγών για παραγωγή θερμότητας στη βέλτιστη λύση του σεναρίου 1



**Διάγραμμα 6.10.** Ποσοστιαία κατανομή πηγών για παραγωγή θερμότητας στη βέλτιστη λύση του σεναρίου 2

Από τα ανωτέρω στοιχεία καταδεικνύεται ότι οι λύσεις που προκύπτουν μέσω του μοντέλου ενεργειακού σχεδιασμού, συνιστούν ενεργειακά συστήματα, με εκτεταμένη διείσδυση των ΑΠΕ. Η χρήση των ΑΠΕ στο συνολικό μίγμα θερμότητας και ηλεκτρισμού κυμαίνεται σε ποσοστά από 70% και πάνω. Από κοινού ΑΠΕ και ΕΞΕ καλύπτουν έως και 90% της ενεργειακής κατανάλωσης. Αυτό έχει ως συνέπεια το περιβαλλοντικό κόστος να είναι μικρότερο, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, ιδιαίτερα στην περίπτωση του πρώτου σεναρίου. Τα λειτουργικά κόστη είναι επίσης πολύ περιορισμένα, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Το κοινωνικό όφελος των βέλτιστων λύσεων αντιστοιχεί, κατά μέσο όρο, σε 10 νέες θέσεις εργασίας. Ο αριθμός αυτός δεν είναι χωρίς σημασία για

μια πόλη, στην οποία ο οικονομικά ενεργός πληθυσμός ανέρχεται σε περίπου 1.100 άτομα (Επιχειρησιακό Δήμου Μετσόβου 2011). Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ότι οι βέλτιστες λύσεις κρίνονται βιώσιμες, τόσο στο πλαίσιο κοινωνικοοικονομικής όσο και στο πλαίσιο ιδιωτικοοικονομικής ανάλυσης κόστους οφέλους, αφού τα απαιτούμενα επενδυτικά κόστη είναι μικρότερα από τα οφέλη που αυτές συνεπάγονται. Αυτό σημαίνει ότι η αναδιάρθρωση του ενεργειακού συστήματος της περιοχής του Μετσόβου είναι μια ρεαλιστική επιλογή, με βάση τις προϋποθέσεις που έχουν περιγραφεί στην Ενότητα 6.4. Το επενδυτικό κόστος είναι σαφώς μικρότερο στο δεύτερο σενάριο, διότι η καλή περιβαλλοντική απόδοση, που έχει υποτεθεί ότι έχει το διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, οδηγεί σε ευρεία χρήση του και μείωση των αναγκών για νέες ενεργειακές πηγές. Αναλυτικά τα μεγέθη που σχετίζονται με τα κόστη και τα οφέλη του βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.35 και 6.36. Το συνολικό κοινωνικό κόστος (άθροισμα λειτουργικού και περιβαλλοντικού κόστους) είναι κατά 35% (σενάριο 1) έως 48% (σενάριο 2) μειωμένο στο βέλτιστο ενεργειακό σύστημα σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση στο Μέτσοβο. Συνεπώς, από το μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού προκύπτουν λύσεις, οι οποίες συνεπάγονται πολύ σημαντική βελτίωση των συνθηκών της ενεργειακής πραγματικότητας του Μετσόβου.

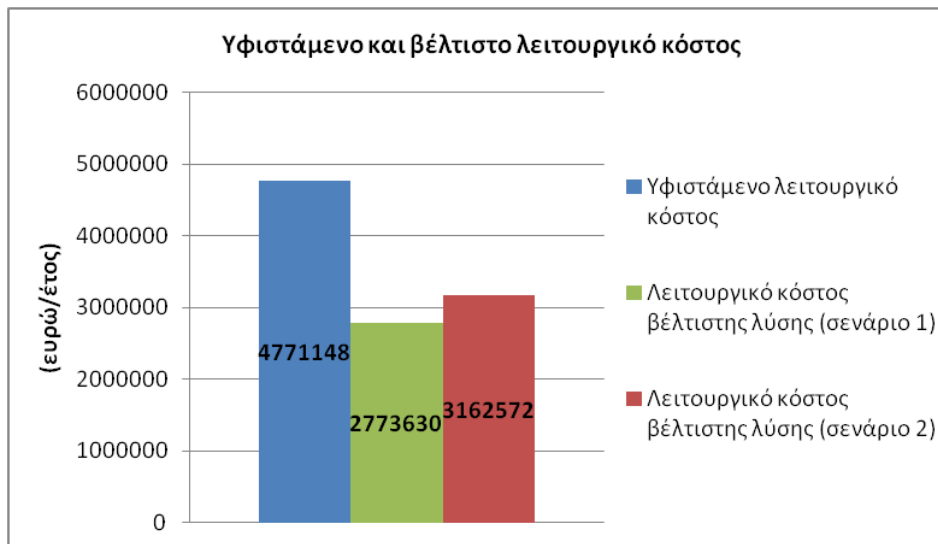
**Πίνακας 6.35.** Κόστος και όφελος (€/έτος) βέλτιστων ενεργειακών λύσεων

Περίπτωση επίλυσης	Λειτουργικό κόστος	Περιβαλλοντικό κόστος	Κοινωνικό Όφελος	Επενδυτικό κόστος	Συνολικό κόστος (αντικειμενική συνάρτηση)
Σενάριο 1	2.773.630	318.464	45.000	1.633.537	4.680.631
Σενάριο 2	3.162.572	318.561	45.000	1.054.331	4.490.464

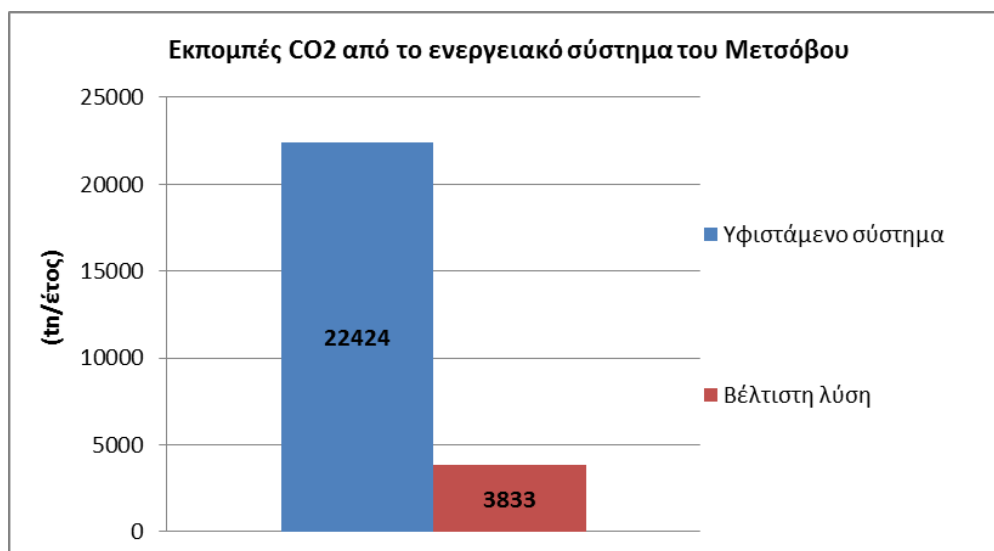
**Πίνακας 6.36.** Οφέλη (€/έτος) από την εφαρμογή των βέλτιστων ενεργειακών λύσεων και βιωσιμότητα επενδύσεων

Περίπτωση επίλυσης	Λειτουργικό όφελος	Περιβαλλοντικό όφελος	Ιδιωτικοοικονομικό όφελος	Κοινωνικοοικονομικό όφελος
Σενάριο 1	1.997.518	825.686	364.009	1.234.695
Σενάριο 2	1.608.576	256.223	554.244	855.467

Προκειμένου να υπάρχει πληρέστερη εικόνα για τη βελτίωση του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου μέσω των λύσεων που προτείνονται, οι Πίνακες 6.35 και 6.36 συμπληρώνονται από τα Διαγράμματα 6.11 και 6.12. Στο Διάγραμμα 6.11 παρουσιάζεται το υφιστάμενο λειτουργικό κόστος του ενεργειακού συστήματος και το λειτουργικό κόστος των βέλτιστων λύσεων. Στο Διάγραμμα 6.12 παρουσιάζονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub> της υφιστάμενης κατάστασης και τα αντίστοιχα μεγέθη στην περίπτωση του βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος. Το Διάγραμμα 6.12 περιορίζεται στο σενάριο 1. Η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> λόγω της εκτεταμένης διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα του Μετσόβου, στην περίπτωση της βελτιστοποίησής του, ξεπερνά το 80%.



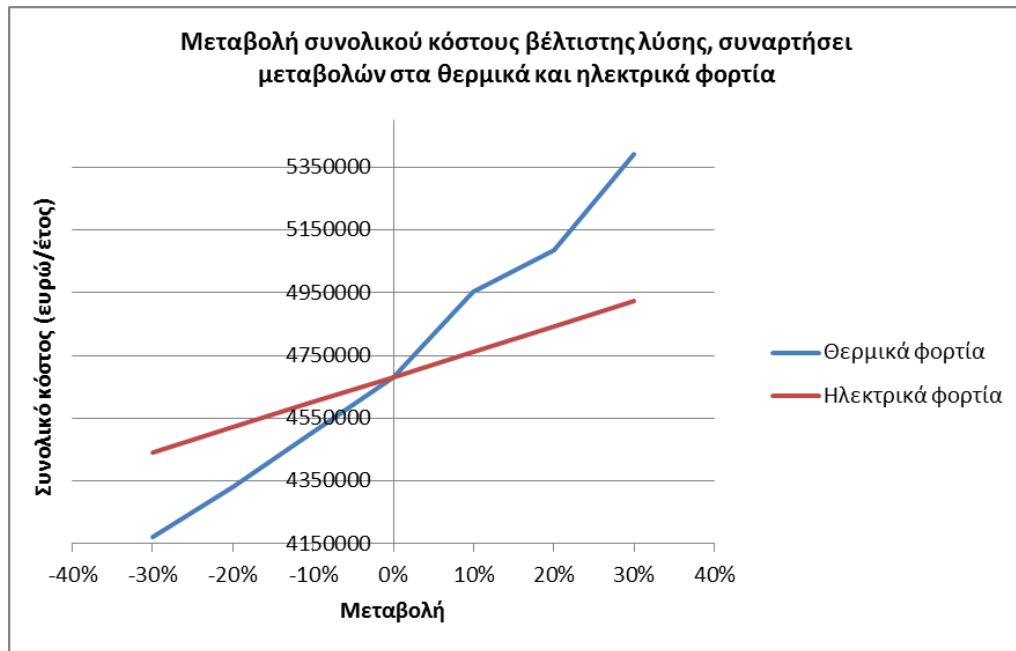
**Διάγραμμα 6.11.** Λειτουργικό κόστος υφιστάμενου και βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος στο Μέτσобо



**Διάγραμμα 6.12.** Εκπομπές CO<sub>2</sub> υφιστάμενου και βελτιστοποιημένου (σενάριο 1) ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου

### 6.6.2 Ανάλυση χαρακτηριστικών βέλτιστων λύσεων

Από το παράδειγμα του Μετσόβου επιβεβαιώνονται οι εκτιμήσεις σχετικά με την κρισιμότητα των θερμικών φορτίων για τους ορεινούς οικισμούς. Οι αυξομειώσεις των θερμικών φορτίων επηρεάζουν το συνολικό κόστος της βέλτιστης λύσης εντονότερα από τις μεταβολές των ηλεκτρικών φορτίων. Ενδεικτικά, αύξηση 20% στα θερμικά φορτία προκαλεί διπλάσια αύξηση στο συνολικό κόστος και εξαπλάσια αύξηση στο επενδυτικό κόστος, σε σχέση με ίδιας τάξης μεταβολή στα ηλεκτρικά φορτία. Στο Διάγραμμα 6.13 αποτυπώνεται η ευαισθησία του συνολικού κόστους της βέλτιστης λύσης έναντι των μεταβολών στη ζήτηση ηλεκτρισμού και θερμότητας.



**Διάγραμμα 6.13.** Ανάλυση ευαισθησίας συνολικού κόστους βέλτιστης λύσης έναντι μεταβολών στη ζήτηση ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Αποτέλεσμα της σημασίας των αυξημένων θερμικών φορτίων είναι και ο ιδιαίτερα σημαντικός ρόλος της ΕΞΕ στη διαμόρφωση του βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος. Όπως προαναφέρθηκε, οι βέλτιστες λύσεις περιλαμβάνουν την εξάντληση των δυνατοτήτων περιορισμού της ενεργειακής κατανάλωσης μέσω θερμομόνωσης τοίχων και αντικατάστασης κουφωμάτων με ενεργειακά αποδοτικά. Σε περίπτωση που οι δυνατότητες ΕΞΕ δεν ληφθούν υπ' όψιν στον ενεργειακό σχεδιασμό, με τις προϋποθέσεις του σεναρίου 1, το μοντέλο βελτιστοποίησης δεν συγκλίνει σε λύση. Στην περίπτωση του σεναρίου 2, η προκύπτουσα λύση έχει λειτουργικό κόστος κατά 20% αυξημένο σε σχέση με την επίλυση που συμπεριλαμβάνει τεχνικές ΕΞΕ. Στο βέλτιστο ενεργειακό σύστημα, το 55% της μείωσης του λειτουργικού κόστους οφείλεται στην εφαρμογή μέτρων ΕΞΕ. Τα στοιχεία αυτά επιβεβαιώνουν τις εκτιμήσεις για τη σημασία της ΕΞΕ στους ορεινούς οικισμούς, στη βάση ενός πραγματικού παραδείγματος.

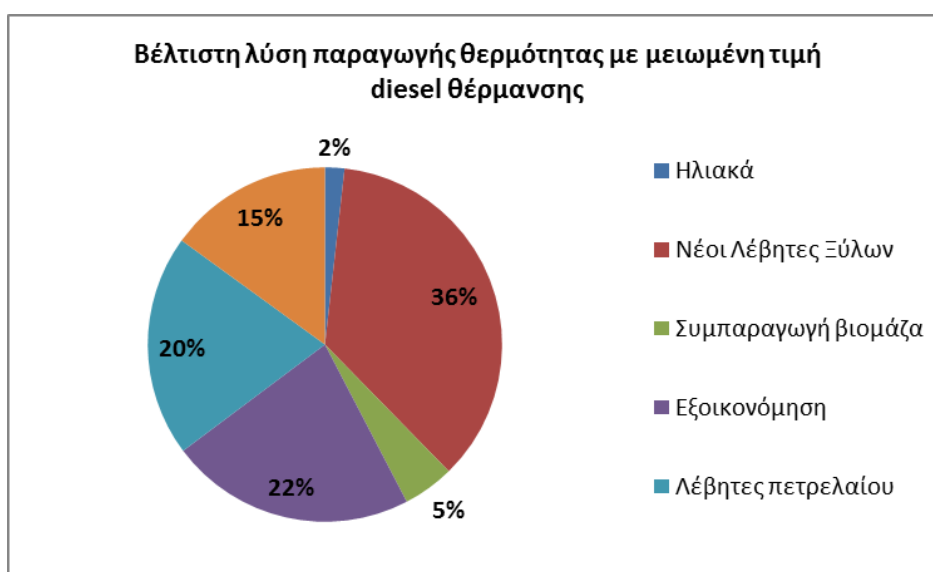
Η βελτιστοποίηση του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου συμβάλλει μέσω της διεύρυνσης της χρήσης ΕΞΕ και συστημάτων βιομάζας και δευτερευόντως λόγω της αναδιάρθρωσης στον τρόπο λειτουργίας της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας στην περιοχή, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6.37. Υπό τις παρούσες συνθήκες, κατά μέσο όρο, τα νοικοκυριά του Μετσόβου είναι ενεργειακά φτωχά και μάλιστα δαπανούν για ενεργειακές ανάγκες ποσοστό εισοδήματος σχεδόν διπλάσιο από το όριο της ενεργειακής φτώχειας. Η βελτίωση του τοπικού ενεργειακού συστήματος δρα ανακουφιστικά για τους οικογενειακούς προϋπολογισμούς και καθιστά προσιτή την πρόσβαση στην ενέργεια.



**Πίνακας 6.37.** Διατιθέμενο ποσοστό ετήσιου εισοδήματος των νοικοκυριών για κάλυψη ενεργειακών αναγκών στο Μέτσοβο

Ποσοστό εισοδήματος για ενεργειακές δαπάνες	Υφιστάμενη κατάσταση	Βέλτιστη λύση (σενάριο 1)	Βέλτιστη λύση (σενάριο 2)
	18%	7%	8%

Για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας και τη βελτιστοποίηση του συστήματος, γενικότερα, είναι απαραίτητη η εξάντληση των δυνατοτήτων χρήσης της τοπικά διαθέσιμης βιομάζας, εφ' όσον η τιμή του πετρελαίου κυμαίνεται στα 1,4€/lit. Το γεγονός αυτό κρίνεται ότι έχει αρνητική επίδραση στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού και μπορεί να έχει και αρνητικές περιβαλλοντικές συνέπειες, μέσω υπερεκμετάλλευσης των δασικών οικοσυστημάτων και έτσι, είναι προτιμότερο ένα μέρος των θερμικών φορτίων να καλύπτεται με ορυκτά καύσιμα. Όμως, μέσω του μοντέλου αποδεικνύεται ότι για να ενταχθούν στο βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα οι λέβητες πετρελαίου χρειάζεται η τιμή του diesel θέρμανσης να μειωθεί στα 0,6€/lit, στα προ οικονομικής κρίσης επίπεδα. Στο Διάγραμμα 6.14 παρουσιάζεται η βέλτιστη δομή του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου, ως προς την παραγωγή θερμότητας, στην περίπτωση που η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης κυμαίνεται στα 0,6€/lit.



**Διάγραμμα 6.14.** Ποσοστιαία κατανομή πηγών για παραγωγή θερμότητας στο βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα του Μετσόβου, εφ' όσον η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης είναι 0,6€/lit

Ένα επιπλέον σημείο ενδιαφέροντος αποτελεί η μελέτη της διαφοροποίησης των βέλτιστων λύσεων εφ' όσον επιδιώκεται η επίλυση του προβλήματος όχι με στόχο την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους αλλά με στόχο τη βελτιστοποίηση των επιμέρους συναρτήσεων κόστους – οφέλους. Στους Πίνακες 6.38 και 6.39 αποτυπώνονται τα κόστη / οφέλη του βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος, για τα δύο σενάρια επίλυσης, αναλόγως του στόχου της επίλυσης. Τέτοιοι πίνακες αναφέρονται και ως πίνακες πληρωμών (pay – off tables) και μπορούν να υποβοηθήσουν τη λήψη

αποφάσεων, αποτυπώνοντας μια εικόνα των «ακραίων» εφικτών λύσεων, οι οποίες ανταποκρίνονται σε διαφορετικές προτεραιότητες της πολιτικής ή σε συμφέροντα κοινωνικών ομάδων.

**Πίνακας 6.38.** Πίνακας πληρωμών για το σενάριο 1

Στόχος επίλυσης	Συνολικό κόστος	Επενδυτικό κόστος	Λειτουργικό κόστος	Περιβαλλοντικό κόστος	Κοινωνικό όφελος
Ελαχιστοποίηση συνολικού κόστους	4680.631	1.633.537	2.773.630	318.464	45.000
Ελαχιστοποίηση επενδυτικού κόστους	5.024.489	813.180	3.413.436	842.873	45.000
Ελαχιστοποίηση λειτουργικού κόστους	4.761.989	2.074.109	2.498.865	237.922	48.907
Ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικού κόστους	5.690.509	2.643.968	3.122.322	46.560	122.340
Μεγιστοποίηση κοινωνικού οφέλους	6.027.608	2.793.429	3.307.456	63.468	136.745

**Πίνακας 6.39.** Πίνακας πληρωμών για το σενάριο 2

Στόχος επίλυσης	Συνολικό κόστος	Επενδυτικό κόστος	Λειτουργικό κόστος	Περιβαλλοντικό κόστος	Κοινωνικό όφελος
Ελαχιστοποίηση συνολικού κόστους	4.490.465	1.054.331	3.162.572	318.561	45.000
Ελαχιστοποίηση επενδυτικού κόστους	5.731.005	569.502	4.771.148	435.355	45.000
Ελαχιστοποίηση λειτουργικού κόστους	4.699.464	2.074.109	2.498.865	175.397	48.907
Ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικού κόστους	5.690.509	2.643.968	3.122.322	46.560	122.340
Μεγιστοποίηση κοινωνικού οφέλους	7.621.926	2.793.429	4.771.148	196.058	138.709

Παρατηρείται ότι στην περίπτωση που επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού κόστους οι λύσεις που προκύπτουν στα δύο σενάρια επίλυσης είναι όμοιες, καθώς η ελάχιστη δυνατή τιμή του περιβαλλοντικού κόστους είναι κοινή, ανεξαρτήτως των παραδοχών που έχουν γίνει για το διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, η μεγιστοποίηση του περιβαλλοντικού οφέλους επιτυγχάνει τα ίδια, περίπου, ευνοϊκά αποτελέσματα στην απασχόληση με την επίλυση που στοχεύει στη μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους.

Τέλος, επισημαίνεται ότι ο ενεργειακός σχεδιασμός στον οικισμό του Μετσόβου, επιβεβαιώνει ότι η μεθοδολογία βελτιστοποίησης που διαμορφώθηκε, ενσωματώνει αποτελεσματικά τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές παραμέτρους. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι η συμμετοχή των ΑΠΕ και της ΕΞΕ στο συνολικό ενεργειακό μίγμα υπολογίζεται:

- Σε 91%, όταν η αντικειμενική συνάρτηση περιλαμβάνει οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνιστώσες
- Σε 55%, όταν η αντικειμενική συνάρτηση περιλαμβάνει οικονομικές και κοινωνικές συνιστώσες
- Σε 51%, όταν η αντικειμενική συνάρτηση εκφράζει αποκλειστικά την οικονομική διάσταση

Εκτός από την αποτελεσματικότητα της μεθόδου, τα στοιχεία αυτά καταδεικνύουν ότι η επίδραση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών κριτηρίων στον ενεργειακό σχεδιασμό, κάθε άλλο παρά αμελητέα είναι. Έτσι, επιβεβαιώνεται ότι μια προσπάθεια ενεργειακής βελτιστοποίησης, με αποκλειστικά οικονομικές και τεχνικές διαστάσεις, είναι ελλιπής, στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης ενεργειακής πολιτικής.

## **6.7 Ενεργειακός σχεδιασμός με βάση τις έρευνες αποτίμησης περιβαλλοντικού οφέλους από τη χρήση ΑΠΕ στο Μέτσοβο**

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ενεργειακής βελτιστοποίησης στο Μέτσοβο, με χρήση άμεσων τεχνικών αποτίμησης για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού οφέλους από τη βελτίωση του ενεργειακού συστήματος της περιοχής. Αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ερευνών περιβαλλοντικής οικονομίας που πραγματοποιήθηκαν στο Μέτσοβο και στη συνέχεια η διαμόρφωση του βέλτιστου ενεργειακού συστήματος στη βάση αυτών.

### **6.7.1 Αποτελέσματα έρευνας αποτίμησης περιβαλλοντικού οφέλους από τη χρήση ΑΠΕ με πληθυσμό ενδιαφέροντος τους κατοίκους του Μετσόβου**

Στη συγκεκριμένη έρευνα το ενδιαφέρον εστιάζεται στα νοικοκυριά του οικισμού του Μετσόβου. Θεωρείται, δηλαδή, ότι η ενδεχόμενη οικονομική συνεισφορά στην εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ, προέρχεται, όχι από τους μεμονωμένους κατοίκους του Μετσόβου, αλλά από κάθε οικογένεια. Έτσι, ο πληθυσμός ενδιαφέροντος είναι τα νοικοκυριά της Δημοτικής Ενότητας Μετσόβου του Δήμου Μετσόβου.

Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ (απογραφή 2001), ο αριθμός των νοικοκυριών του Μετσόβου ανέρχεται σε 955. Από τα νοικοκυριά αυτά, προέκυψε με βάση έρευνα στα αρχεία υδροδότησης του Δήμου

Μετσόβου, ότι περίπου 750 είναι ενεργά. Συνεπώς, προκειμένου η προσέγγιση να είναι περισσότερο ρεαλιστική, επιλέγεται ως μέγεθος πληθυσμού ενδιαφέροντος αυτό των 750 νοικοκυριών.

Το μέγεθος του δείγματος, το οποίο είναι αναγκαίο για να προκύπτουν στατιστικώς αποδεκτά δεδομένα, δίνεται από τη σχέση:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2}$$

Z: Η τιμή της κανονικής κατανομής, που καθορίζεται από το επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης

p: Η πιθανότητα επιλογής ενός στοιχείου στον πληθυσμό

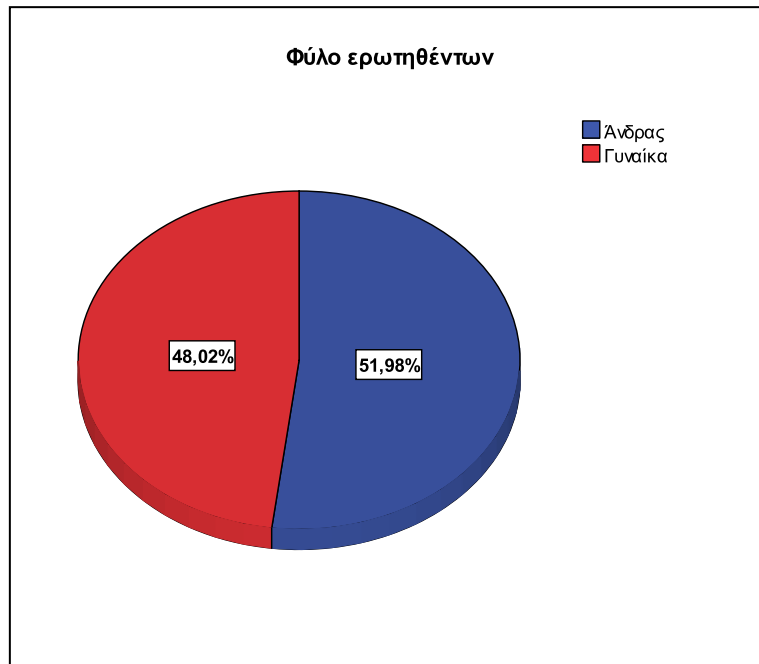
e: Το περιθώριο σφάλματος

Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και περιθώριο σφάλματος 5%, το απαιτούμενο μέγεθος δείγματος προκύπτει ίσο με 255. Για διάφορους λόγους δεν κατέστη δυνατή η συλλογή 255 ερωτηματολογίων, παρά το σημαντικό χρονικό διάστημα το οποίο διατέθηκε για την έρευνα. Το κυριότερο πρόβλημα, το οποίο αντιμετωπίστηκε κατά τη συλλογή των ερωτηματολογίων, ήταν η άρνηση αρκετών κατοίκων να απαντήσουν. Επιπλέον, σε πολλές κατοικίες δεν υπήρξε η δυνατότητα συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων, διότι οι ενήλικες ένοικοι απουσίαζαν. Τελικά, συγκεντρώθηκαν 202 ερωτηματολόγια. Αυτό το μέγεθος δείγματος, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, δίνει περιθώριο σφάλματος 5,90% και, συνεπώς, θεωρείται ότι δεν επηρεάζεται σοβαρά η ποιότητα των αποτελεσμάτων.

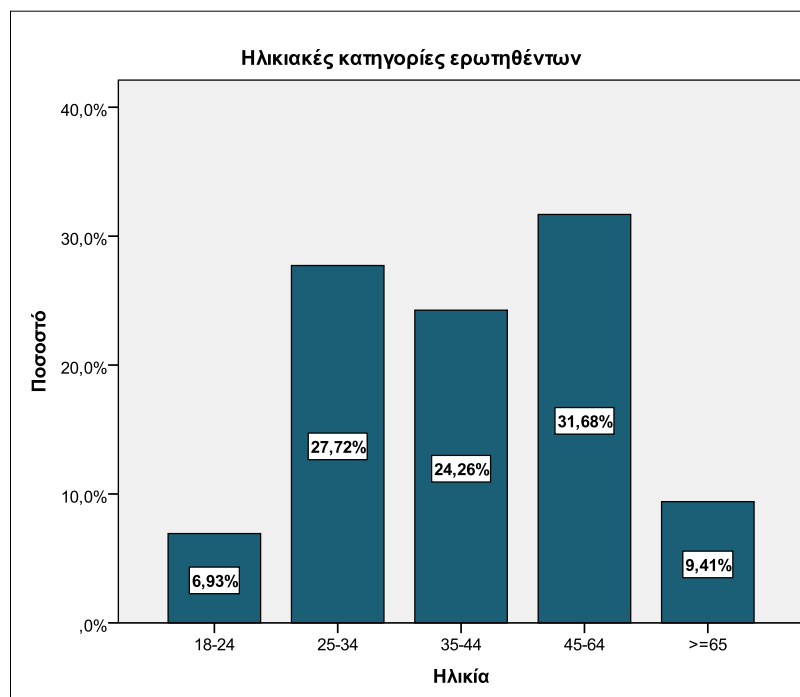
Όσον αφορά στην τεχνική της δειγματοληψίας, χρησιμοποιήθηκε η απλή τυχαία δειγματοληψία, αφού θεωρήθηκε ότι μέσω της τεχνικής αυτής το δείγμα θα χαρακτηρίζεται από τη μεγαλύτερη δυνατή αντιπροσωπευτικότητα. Η στατιστική επεξεργασία των ερωτηματολογίων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού στατιστικής ανάλυσης. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που, κυρίως, έχουν ενδιαφέρον για τον ενεργειακό σχεδιασμό. Στο παράρτημα αναφέρονται επιπλέον στοιχεία που προέκυψαν από την έρευνα.

### **Δημογραφικά χαρακτηριστικά**

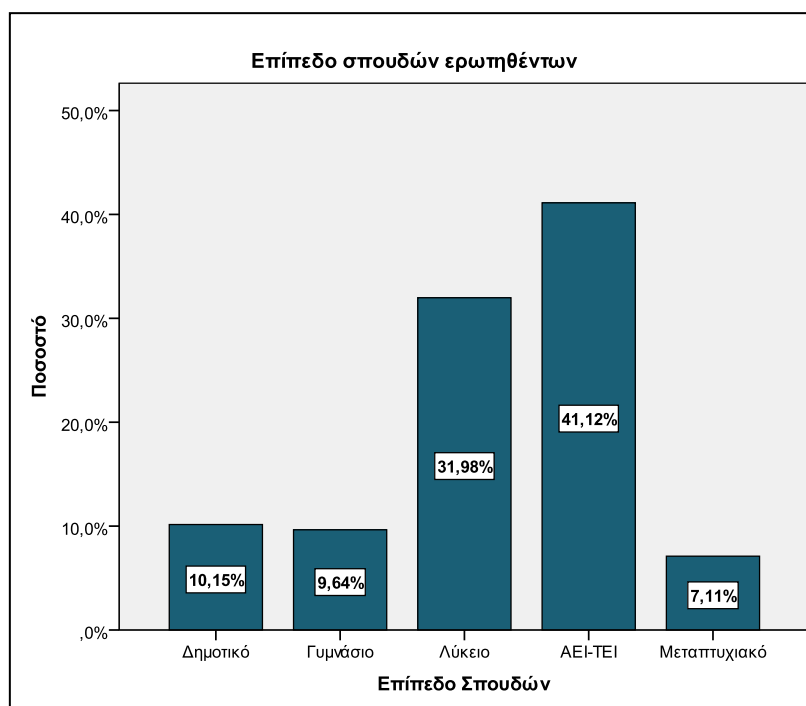
Κατ' αρχήν, αναφέρονται τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτηθέντων. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.14, το δείγμα είναι ισορροπημένο ως προς το φύλο των ερωτηθέντων. Η μικρή υπεροχή των ανδρών οφείλεται στο ότι σε χώρους συνάθροισης κοινού, όπου συμπληρώθηκαν ορισμένα από τα ερωτηματολόγια, κυρίως σύχναζαν άνδρες, αλλά δεν είναι στατιστικά σημαντική ώστε να επηρεάζει τα αποτελέσματα. Οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες ανήκουν στην ηλικιακή κατηγορία 45-64 και ακολουθούν οι κατηγορίες 25-34 και 35-44. Από την ηλικιακή κατανομή των ερωτηθέντων φαίνεται ότι το Μέτσοβο παραμένει ένας ζωντανός ορεινός οικισμός με σημαντικό αριθμό ανθρώπων σε παραγωγικές ηλικίες (Διάγραμμα 6.15).



**Διάγραμμα 6.14.** Κατανομή ερωτηθέντων κατά φύλο



**Διάγραμμα 6.15.** Ποσοστιαία κατανομή ερωτηθέντων σε ηλικιακές κατηγορίες

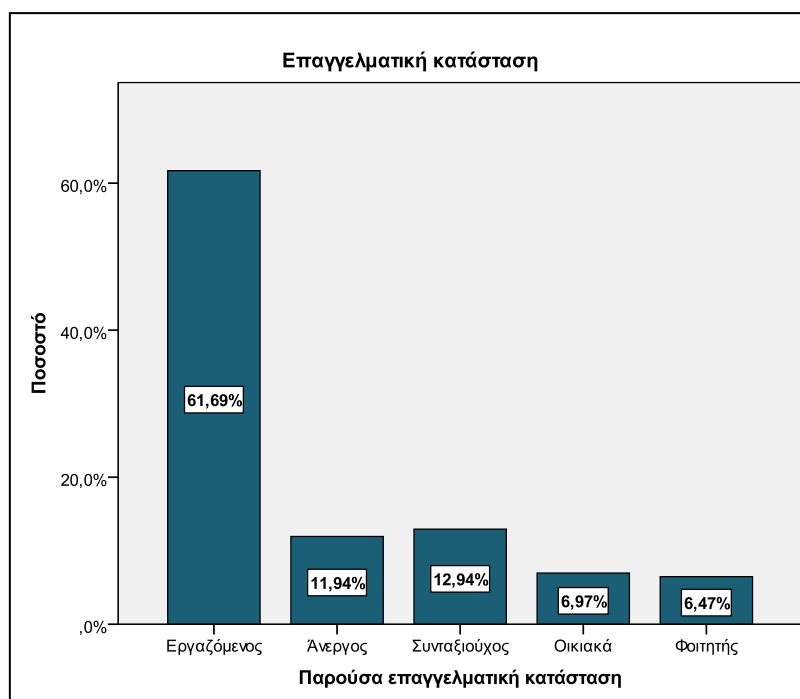


**Διάγραμμα 6.16.** Ποσοστιαία κατανομή ερωτηθέντων αναλόγως επιπέδου σπουδών

Από το Διάγραμμα 6.16 προκύπτει ότι ένα σημαντικό ποσοστό του δείγματος (48,23%) έχει υψηλό επίπεδο μόρφωσης. Αυτό αποτελεί ακόμη μία ένδειξη για το ότι το Μέτσοβο έχει παραμείνει στη διάρκεια του χρόνου ένας ενεργός οικισμός, στον οποίο, μάλιστα, φαίνεται ότι το ανθρώπινο δυναμικό έχει ανανεωθεί ποιοτικά.

Όσον αφορά στην επαγγελματική κατάσταση των ερωτηθέντων (Διάγραμμα 6.17), το μεγαλύτερο ποσοστό, πάνω από 60%, είναι εργαζόμενοι και ακολουθούν οι συνταξιούχοι. Σημαντικό είναι το ποσοστό των ανέργων, το οποίο ανέρχεται σχεδόν στο 12%. Αν και στο δείγμα υπήρχε αντιπροσωπευτικός αριθμός γυναικών, μόλις το 7% δήλωσε ότι ασχολείται με τα οικιακά, γεγονός που επίσης δείχνει ότι η δομή της κοινωνίας έχει αλλάξει, σε σημαντικό βαθμό, ακολουθώντας τη γενικότερη κοινωνική εξέλιξη.

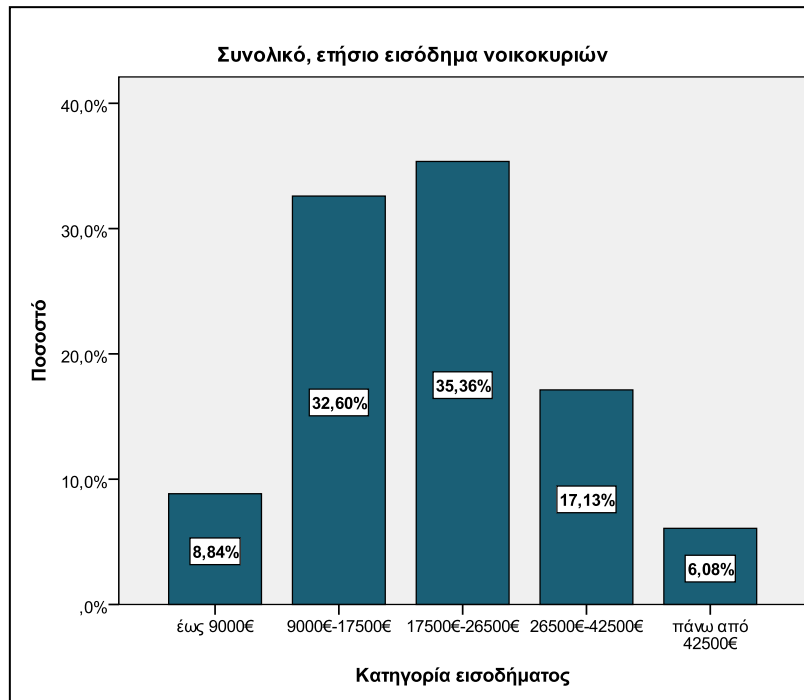
Οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες δήλωσαν ελεύθεροι επαγγελματίες και ακολουθούν οι ιδιωτικοί υπάλληλοι και οι δημόσιοι υπάλληλοι. Αυτή η κατανομή βρίσκεται σε αρμονία με την πραγματικότητα του Μετσόβου, στο οποίο ο ανεπτυγμένος τουριστικός τομέας και οι ακόμη ισχυροί τομείς της γεωργίας – κτηνοτροφίας και επεξεργασίας του ξύλου συντελούν στην ύπαρξη πολλών, κυρίως μικρών, επιχειρήσεων. Επιπλέον, στην περιοχή του Μετσόβου υπάρχει περιορισμένος αριθμός δημόσιων υπηρεσιών (δημαρχείο, δασαρχείο, κέντρο υγείας, αστυνομία και πυροσβεστικός σταθμός).



**Διάγραμμα 6.17.** Ποσοστιαία κατανομή ερωτηθέντων αναλόγως της επαγγελματικής τους κατάστασης

Η συντριπτική πλειονότητα των ερωτηθέντων αποτελείται από μόνιμους κατοίκους του Μετσόβου σε ποσοστό 81,7%. Η μέση τιμή του αριθμού μελών κάθε νοικοκυριού προκύπτει ίση με 3,63, ενώ η διάμεσος ίση με 4.

Τέλος, όσον αφορά στο συνολικό, ετήσιο εισόδημα των νοικοκυριών, όπως αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 6.18, ποσοστό 35,36% ανήκει στην κατηγορία 17500€-26500€ και ακολουθεί με ποσοστό 32,60% η κατηγορία 9000€-17500€. Το μέσο εισόδημα ανά νοικοκυριό προκύπτει ίσο με 19250€. Η τιμή αυτή είναι μικρότερη, σε σχέση με τα ευρήματα έρευνας, η οποία είχε πραγματοποιηθεί το 2009, σε σχέση με την ενεργειακή ταυτότητα των νοικοκυριών. Από την έρευνα του 2009 το μέσο εισόδημα ανά νοικοκυριό εκτιμήθηκε στα 22700€ (Μπαλαμπέκος 2009). Η μείωση του εισοδήματος των νοικοκυριών είναι περίπου 15%. Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στους κατοίκους του Μετσόβου αποτυπώνουν τα αποτελέσματα της οικονομικής κρίσης, η οποία εντάθηκε την τριετία 2010-2012.



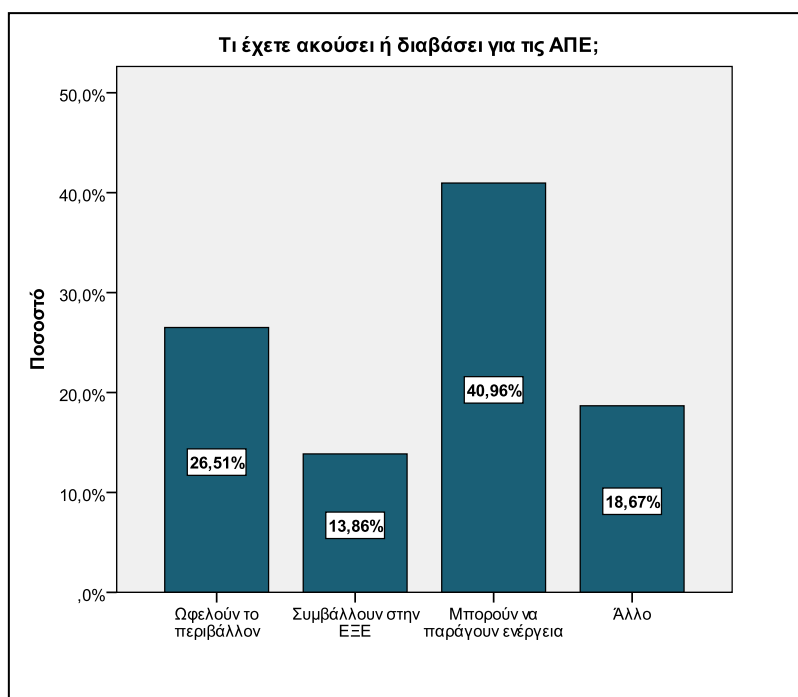
**Διάγραμμα 6.18.** Ποσοστιαία κατανομή δείγματος ανά εισοδηματική κατηγορία

#### Απόψεις για τα ενεργειακά ζητήματα

Οι δύο πρώτες ερωτήσεις που τέθηκαν κατά τη διεξαγωγή της έρευνας, αποσκοπούσαν στο να ελεγχθεί το επίπεδο πληροφόρησης των κατοίκων του Μετσόβου σχετικά με τον ενεργειακό τομέα. Γι' αυτό ρωτήθηκαν για το ποιες πιστεύουν ότι είναι οι κύριες πηγές παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας στη χώρα μας. Οι απαντήσεις που δόθηκαν ήταν κοντά στην πραγματικότητα (Διαγράμματα 6.19 και 6.20). Ποσοστό 66,83% απάντησε ότι η κύρια πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι ο λιγνίτης και ποσοστό 75,25% ότι η κύρια πηγή ενέργειας για την παραγωγή θερμότητας είναι το πετρέλαιο. Ένα σημαντικό ποσοστό των ερωτηθέντων (19,31%) απάντησε ότι η κύρια πηγή για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια, γεγονός που δικαιολογείται από το ότι στην περιοχή του Μετσόβου λειτουργεί ο υδροηλεκτρικός σταθμός του Αώου που έχει καταστήσει οικείο αυτόν τον τρόπο παραγωγής ενέργειας στους κατοίκους. Τα ποσοστά στην ερώτηση σχετικά με την κύρια πηγή θερμότητας (75,25% πετρέλαιο και 16,34% καυσόξυλα), πλησιάζουν κατά πολύ τα ποσοστά χρήσης των συγκεκριμένων καυσίμων από τα νοικοκυριά του Μετσόβου ως κύρια συστήματα θέρμανσης. Τα νοικοκυριά της περιοχής κατά 72% χρησιμοποιούν πετρέλαιο και κατά 15% καυσόξυλα για θέρμανση.

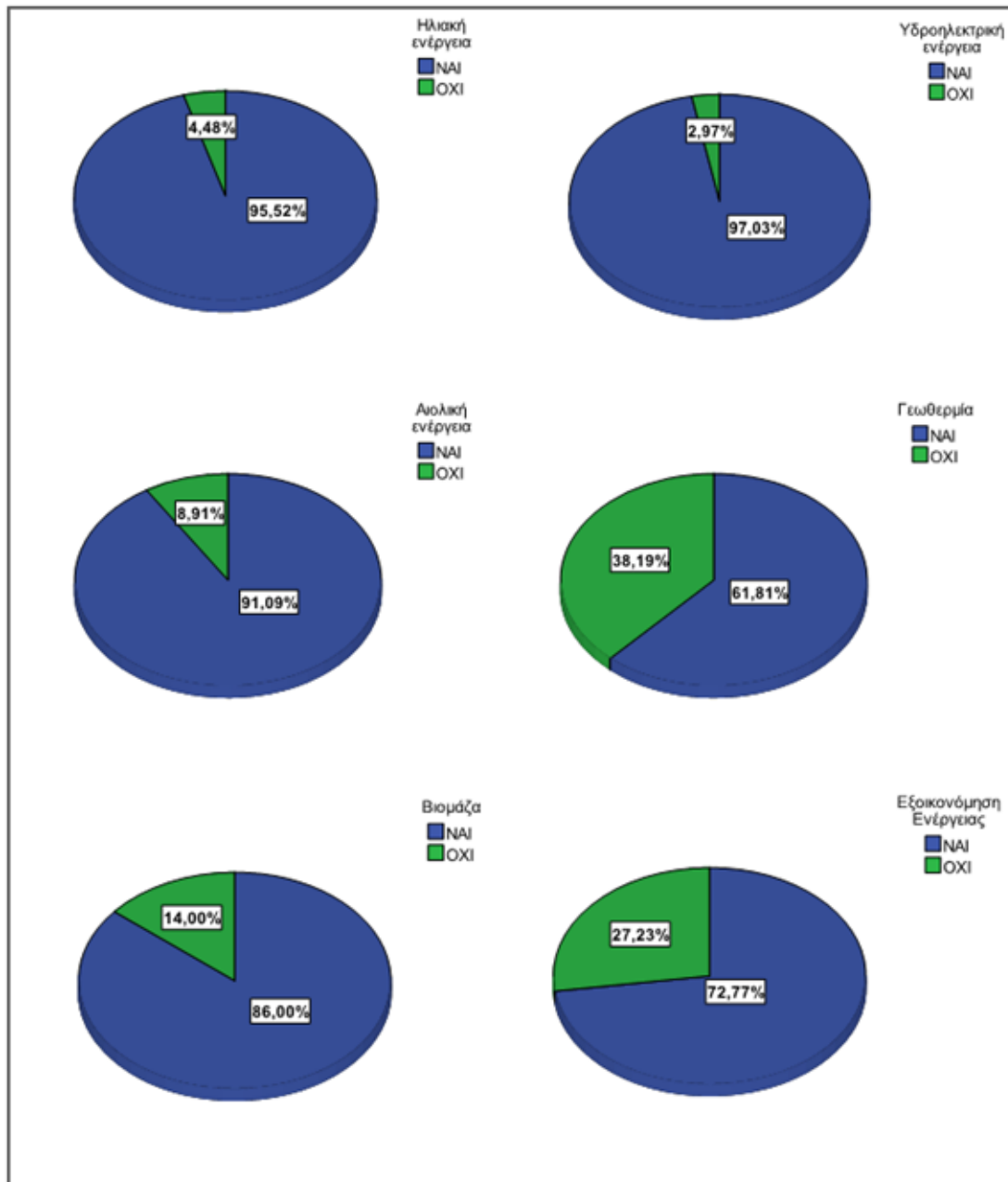
Όσον αφορά στο επίπεδο ενημέρωσης, σχετικά με τις ΑΠΕ (Διάγραμμα 6.19), το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος απάντησε ότι έχει ακούσει ή διαβάσει κάτι σχετικά με τις ΑΠΕ. Η πλειονότητα (40,96%) δήλωσε ότι αυτό που γνωρίζει για τις ΑΠΕ είναι ότι αποτελούν πηγές ενέργειας και ένα ποσοστό της τάξης του 26,51% απάντησε ότι η βασική του πληροφόρηση για τις ΑΠΕ έχει να κάνει με το γεγονός ότι ωφελούν το περιβάλλον. Οι απαντήσεις που αναφέρονται ως «άλλο», σε σημαντικό βαθμό (συνολικό ποσοστό περίπου 10% των ερωτηθέντων) περιείχαν λανθασμένες ή συγκεχυμένες τοποθετήσεις.





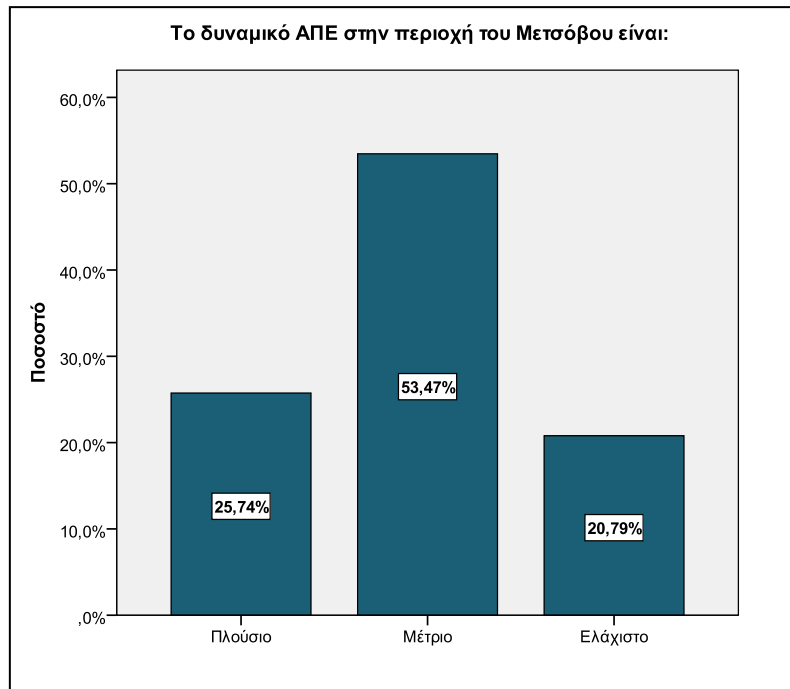
**Διάγραμμα 6.19.** Περιεχόμενο πληροφόρησης ερωτηθέντων για τις ΑΠΕ

Στο Διάγραμμα 6.20 παρουσιάζονται έξι επιμέρους διαγράμματα, τα οποία αποτυπώνουν το αν οι ερωτηθέντες γνωρίζουν ή όχι κάτι σχετικά με τις επιμέρους τεχνολογίες ΑΠΕ, καθώς και την ΕΞΕ. Το μεγαλύτερο ποσοστό θετικών απαντήσεων συγκεντρώνει η υδροηλεκτρική ενέργεια. Πολύ μεγάλα είναι και τα ποσοστά των κατοίκων που γνωρίζουν κάτι σχετικά με την ηλιακή και την αιολική ενέργεια. Ελαφρώς μικρότερα είναι τα ποσοστά όσον αφορά στη βιομάζα, ενώ πάνω από το 1/3 των ερωτηθέντων δεν έχουν ακούσει κάτι σχετικά με τη γεωθερμία. Ενδιαφέρον εύρημα αποτελεί το γεγονός ότι σχεδόν ένας στους τέσσερις δεν γνωρίζει κάτι για την ΕΞΕ. Σημειώνεται ότι οι θετικές απαντήσεις σχετικά με την ενημέρωση ή μη για την ηλιακή, την αιολική και την υδροηλεκτρική ενέργεια είναι πολύ περισσότερες από τις αντίστοιχες όσον αφορά στις ΑΠΕ, γενικά. Αυτό, μάλλον δείχνει ελλιπή εξοικείωση με τον όρο «ανανεώσιμες πηγές ενέργειας».



**Διάγραμμα 6.20.** Ποσοστά ενημέρωσης ερωτηθέντων για τις διάφορες τεχνολογίες ΑΠΕ και την ΕΞΕ

Οι τοποθετήσεις των κατοίκων του Μετσόβου σχετικά με το δυναμικό ΑΠΕ της περιοχής (Διάγραμμα 6.21) δείχνουν ότι, μάλλον, δεν έχουν επαρκώς συνειδητοποιήσει τον ενεργειακό πλούτο της περιοχής τους. Οι περισσότεροι 53,47% θεωρούν ότι είναι μέτριο / επαρκές και το 26,47% θεωρεί ότι είναι πλούσιο. Περίπου ένας στους πέντε πιστεύει ότι το δυναμικό ΑΠΕ στην περιοχή είναι ελάχιστο.



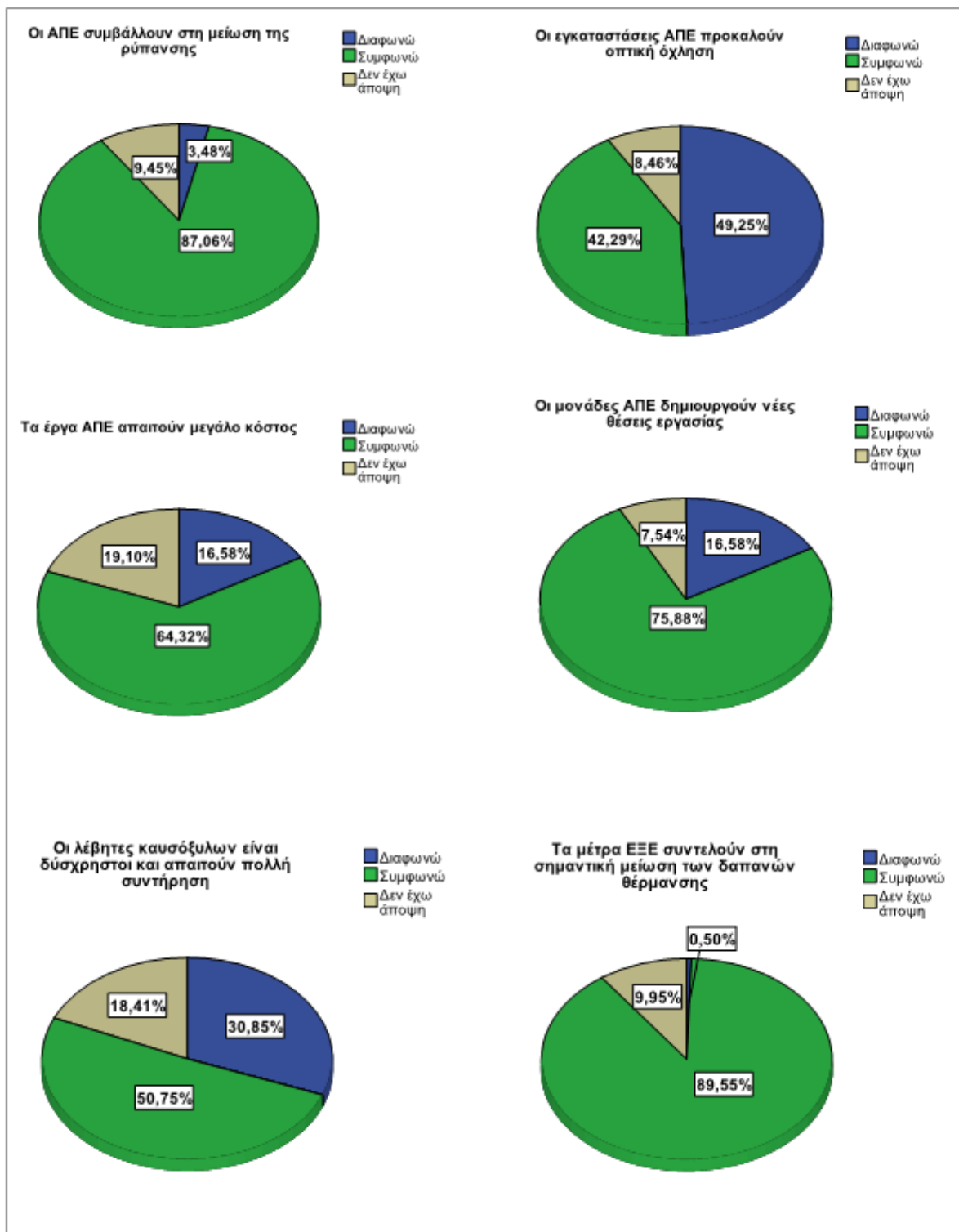
**Διάγραμμα 6.21.** Απόψεις ερωτηθέντων για το πόσο πλούσιο είναι το δυναμικό ΑΠΕ της περιοχής του Μετσόβου

Αναφορικά με το εάν θα ήταν να πρόθυμοι να εγκαταστήσουν κάποια σύγχρονη, φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή τεχνολογία στις κατοικίες τους, σχεδόν το σύνολο των ερωτηθέντων απάντησε θετικά, σε ποσοστό 97,51%.

Οι κάτοικοι του Μετσόβου θεωρούν ότι τα περισσότερα οφέλη για το περιβάλλον προκύπτουν από τη χρήση της ηλιακής ενέργειας, ενώ τα λιγότερα από τη χρήση της βιομάζας. Μειωμένα είναι και τα ποσοστά όσων θεωρούν ότι η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει πολλά περιβαλλοντικά οφέλη, γεγονός που και πάλι αποδίδεται στην ένταση που υπήρξε κατά την κατασκευή του φράγματος του Αώου αλλά και στο γεγονός ότι στην Ήπειρο υπάρχει έντονο ενδιαφέρον κατασκευής υδροηλεκτρικών έργων, τα οποία σε πολλές περιπτώσεις έχουν προκαλέσει μεγάλες αντιδράσεις. Γενικά, οι απαντήσεις καταδεικνύουν ότι το κοινό έχει μια καλή αίσθηση για όσα έχουν να κάνουν με τον ενεργειακό τομέα. Είναι αξιοσημείωτο το εξής: Οι κάτοικοι του Μετσόβου θεωρούν ότι τα περισσότερα περιβαλλοντικά οφέλη προκύπτουν, κατά φθίνουσα σειρά, από την ηλιακή ενέργεια, την αιολική ενέργεια, την υδροηλεκτρική ενέργεια και τη βιομάζα, κάτι που ουσιαστικά ταυτίζεται με τα ευρήματα όσον αφορά στο εξωτερικό κόστος των διάφορων ενεργειακών τεχνολογιών για την Ελλάδα, σύμφωνα με τα ερευνητικά προγράμματα EXTERNE.

Από τους κατοίκους του Μετσόβου ζητήθηκε, επίσης, να τοποθετηθούν πάνω σε συγκεκριμένες προτάσεις που σχετίζονται με τις ΑΠΕ. Οι απόψεις τους αποτυπώνονται στο Διάγραμμα 6.22. Πολύ μεγάλη μερίδα των ερωτηθέντων (87,06%) συμφωνεί με το ότι οι ΑΠΕ συμβάλλουν στη μείωση της ρύπανσης. Επίσης, πάνω από τρεις στους τέσσερις συμφωνούν με το ότι οι μονάδες ΑΠΕ δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας. Ποσοστό 64,32% συμφωνεί με το ότι οι ΑΠΕ απαιτούν μεγάλο κόστος εγκατάστασης. Διχασμένοι εμφανίζονται οι κάτοικοι, σχετικά με το ζήτημα της οπτικής όχλησης, καθώς και σχετικά με το ότι οι λέβητες καυσόξυλων είναι δύσχρηστοι και περισσότερο απαιτητικοί σε

συντήρηση, σε σχέση με τους αντίστοιχους πετρελαίου. Επιπλέον, σχεδόν 9 στους 10 συμφωνούν με το ότι τα μέτρα ΕΞΕ στον οικιακό τομέα, μπορούν να μειώσουν σημαντικά τα έξοδα θέρμανσης



**Διάγραμμα 6.22.** Τοποθέτηση ερωτηθέντων αναφορικά με προτάσεις σχετικές με τις ΑΠΕ και την ΕΞΕ

Από τις απαντήσεις που ελήφθησαν στις ερωτήσεις γνώμης και γνώσης σχετικά με τα ενεργειακά ζητήματα, προκύπτει ότι οι κάτοικοι του Μετσόβου:

- Έχουν υψηλό επίπεδο ενημέρωσης για τις ΑΠΕ και εμφανίζονται να έχουν μια γενικά καλή αίσθηση για τα ενεργειακά ζητήματα, τις τεχνολογίες ΑΠΕ και τις περιβαλλοντικές τους διαστάσεις
- Σχεδόν στο σύνολο τους είναι θετικοί στην εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ στις κατοικίες τους
- Θεωρούν ότι η ηλιακή ενέργεια έχει τα περισσότερα περιβαλλοντικά οφέλη, ενώ είναι σχετικά επιφυλακτικοί για τη χρήση βιομάζας (παρ' όλα αυτά καταφεύγουν σε αυτήν λόγω των υψηλών τιμών του πετρελαίου θέρμανσης)
- Μοιρασμένες είναι οι γνώμες σε σχέση με το εάν οι ΑΠΕ προκαλούν οπτική όχληση, γεγονός που αποτελεί συχνά αφορμή για κοινωνικές αντιδράσεις στην εγκατάσταση τέτοιων ενεργειακών μονάδων
- Οι περισσότεροι συμφωνούν ότι οι ΑΠΕ μπορούν να δημιουργήσουν νέες θέσεις εργασίας, κάτι που πιθανόν αποτελεί ένδειξη αναφορικά με τη σημασία που αποδίδουν οι ερωτηθέντες στην τόνωση της απασχόλησης στην περιοχή

Συνεπώς, το κλίμα για τις ΑΠΕ στην περιοχή κρίνεται γενικά ευνοϊκό, με τον πληθυσμό να έχει θετική γνώμη για τα οφέλη από τη χρήση τους. Το γεγονός αυτό είναι χρήσιμο για τον ενεργειακό σχεδιασμό, όσον αφορά στο ζήτημα της κοινωνικής αποδοχής, η οποία και αποτελεί σε κάθε περίπτωση σημαντική παράμετρο του ενεργειακού σχεδιασμού. Τα πορίσματα της έρευνας αποτελούν ισχυρή ένδειξη ότι οι κάτοικοι του Μετσόβου είναι δεκτικοί στην ανάπτυξη ενεργειακών υποδομών στην περιοχή τους.

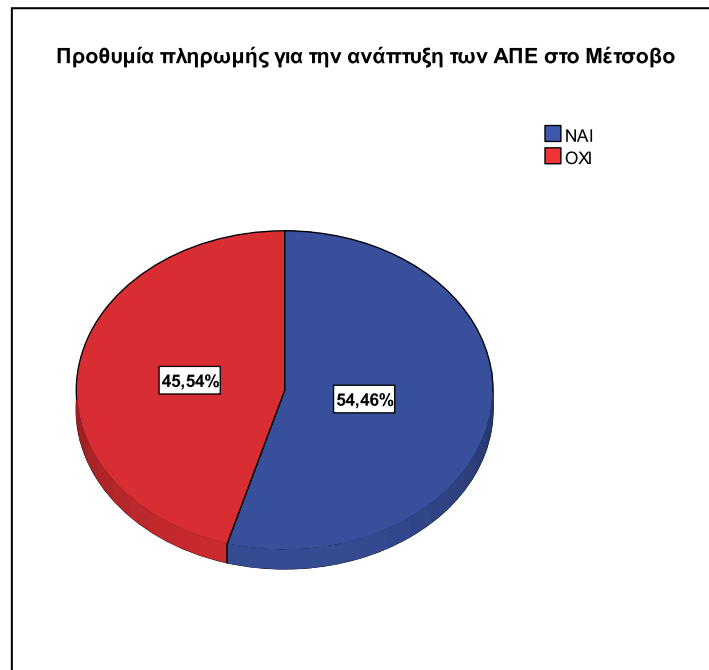
#### **Προθυμία πληρωμής σε φορέα για την προώθηση των ΑΠΕ στο Μέτσοβο**

Η θετική στάση απέναντι στο ενδεχόμενο πληρωμής σε έναν φορέα, ο οποίος θα αναλάμβανε την επέκταση των ΑΠΕ στην περιοχή του Μετσόβου υπερτερεί, με ποσοστό 54,46%, έναντι της αρνητικής στάσης, η οποία αντιστοιχεί σε ποσοστό 45,54%. Το εύρημα αυτό είναι σημαντικό, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η έρευνα διεξήχθη σε περίοδο οικονομικής κρίσης. Η κατανομή των απαντήσεων στην κεντρική ερώτηση της έρευνας αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 6.23.

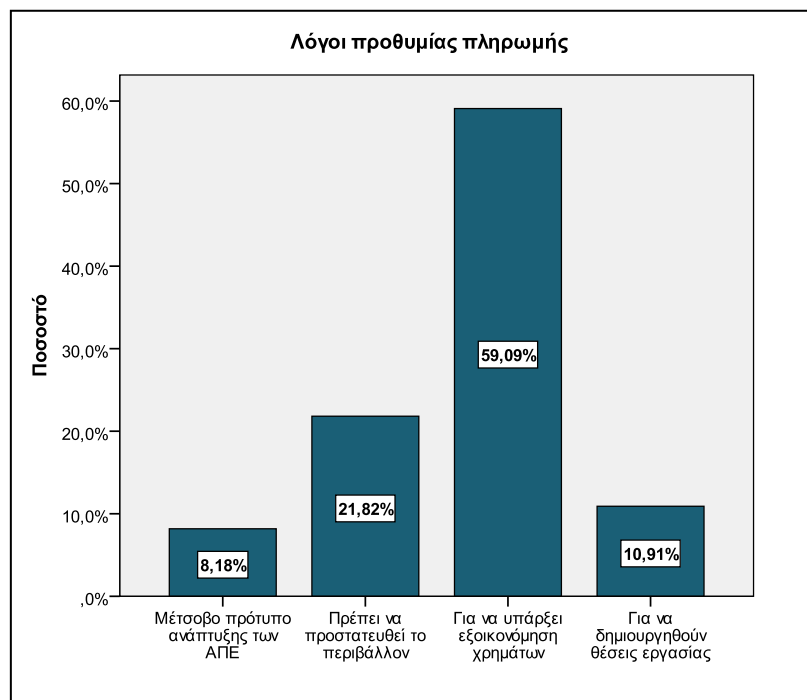
Αυτοί που ήταν πρόθυμοι να πληρώσουν (Διάγραμμα 6.24), σε πολύ μεγάλο ποσοστό (59,09%) δήλωσαν ότι το κάνουν διότι θεωρούν ότι η επέκταση των ΑΠΕ στην περιοχή θα οδηγήσει σε εξοικονόμηση χρημάτων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών. Ποσοστό 21,82% προθυμοποιήθηκε να συνεισφέρει οικονομικά, ώστε να προστατευθεί το περιβάλλον. Μικρότερα ποσοστά των ερωτηθέντων θα πλήρωναν προκειμένου να δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας και προκειμένου το Μέτσοβο να αποτελέσει πρότυπο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Η δύσκολη οικονομική συγκυρία επηρεάζει σημαντικά τη στάση του κοινού. Σε ποσοστό 70% οι λόγοι προθυμίας πληρωμής είναι οικονομικοί και μόνο σε ποσοστό 30% σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος. Άρα, μπορεί να θεωρηθεί ότι η προθυμία πληρωμής των κατοίκων του Μετσόβου ανάγεται κατά την προαναφερθείσα αναλογία σε αξίες χρήσης και σε αξίες μη – χρήσης.

Στο Διάγραμμα 6.25 αποτυπώνονται οι λόγοι άρνησης πληρωμής που επικαλέστηκαν οι κάτοικοι του Μετσόβου. Οι συνηθέστερες απαντήσεις σχετίζονταν με την αδυναμία πληρωμής λόγω χαμηλού εισοδήματος (30,43%) και με το ότι οι ερωτηθέντες θεωρούσαν ότι το κόστος της επέκτασης των ΑΠΕ πρέπει να καλυφθεί από το Δήμο ή άλλο φορέα (29,35%). Σημαντικό ποσοστό (26,09%) θεωρεί ότι τα χρήματα δεν θα διατεθούν τελικά για τον σκοπό αυτό. Σχετικά λίγοι (6,52%) δηλώνουν ότι δεν τους

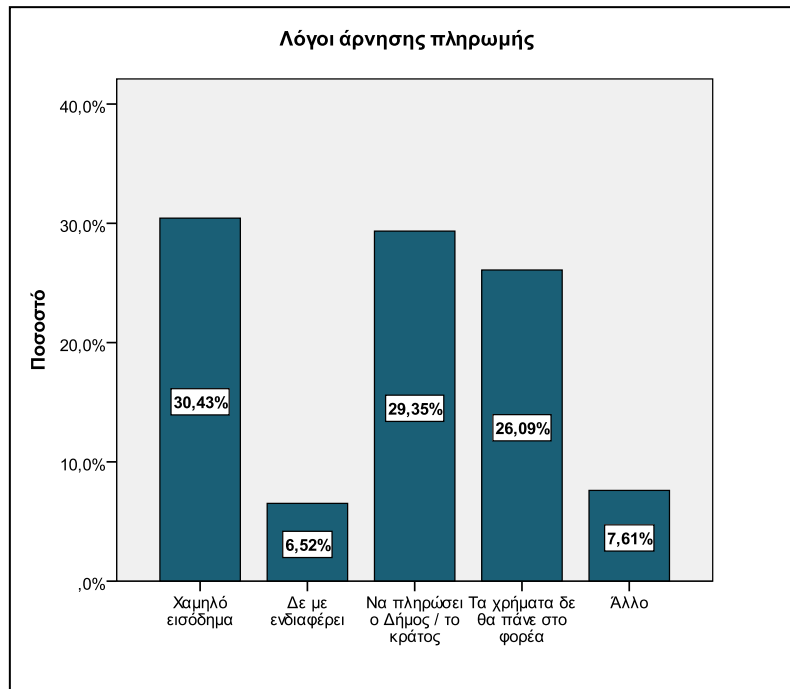
ενδιαφέρει το ζήτημα. Συνεπώς, η πλειοψηφία των απαντήσεων έχει να κάνει με αρνήσεις διαμαρτυρίας (συνολικά 55,44%), ενώ οι πραγματικές αρνήσεις φτάνουν συνολικά σε ποσοστό 36,95%.



**Διάγραμμα 6.23.** Προθυμία πληρωμής των κατοίκων του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή



**Διάγραμμα 6.24.** Λόγοι προθυμίας πληρωμής των κατοίκων του Μετσόβου



**Διάγραμμα 6.25.** Λόγοι άρνησης πληρωμής των κατοίκων του Μετσόβου

#### **Υπολογισμός οικονομικής συνεισφοράς των κατοίκων για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στο Μέτσοβο**

Η εκτίμηση του ύψους της οικονομικής συνεισφοράς των κατοίκων του Μετσόβου σε έναν υποθετικό φορέα, για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή έγινε με τρεις τρόπους: απλή στατιστική επεξεργασία, μη – παραμετρική στατιστική επεξεργασία, με μετασχηματισμό των δεδομένων μέσω μαθηματικής συνάρτησης και παραμετρική στατιστική επεξεργασία. Το ύψος της οικονομικής συνεισφοράς αντιστοιχεί στην οικονομική διάσταση του περιβαλλοντικού οφέλους της ανάπτυξης των ΑΠΕ στην περιοχή (από την πλευρά των κατοίκων). Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εκτίμησης του ύψους της οικονομικής συνεισφοράς. Ο τρόπος υπολογισμού αναφέρεται λεπτομερώς στο παράρτημα.

**Πίνακας 6.40.** Ποσό συνεισφοράς στον υποθετικό φορέα, βάσει απλής στατιστικής επεξεργασίας

Δείκτης	Σύνολο ερωτηθέντων	Θετικές απαντήσεις
Μέση τιμή	98,3	190,7
Διάμεσος	20,0	100,0
Ελάχιστη τιμή	0,0	9,0
Μέγιστη τιμή	1000,0	1000,0
Τυπική απόκλιση	172,4	200,4

Η απλή στατιστική επεξεργασία αποτελεί επαρκή τρόπο εκτίμησης της οικονομικής συνεισφοράς, εφ' όσον το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή. Στην υπό μελέτη περίπτωση το δείγμα δεν ακολουθεί κανονική κατανομή. Οι λογαριθμικές τιμές του δείγματος τείνουν να ακολουθήσουν κανονική κατανομή και με τον τρόπο αυτόν μπορεί να αποτιμηθεί ασφαλέστερα το περιβαλλοντικό όφελος.

**Πίνακας 6.41.** Περιγραφικοί στατιστικοί δείκτες μη – παραμετρικής στατιστικής επεξεργασίας (λογαριθμικές τιμές ποσού συνεισφοράς)

Δείκτης	Θετικές απαντήσεις
Μέση τιμή	4,82
Διάμεσος	4,61
Ελάχιστη τιμή	2,20
Μέγιστη τιμή	6,91
Τυπική απόκλιση	0,94

Η μέση τιμή του ποσού συνεισφοράς που προκύπτει βάσει του Πίνακα 6.41, είναι 124€ και η διάμεσος είναι 100€.

Το μοντέλο παραμετρικής εκτίμησης που προκύπτει από τα αποτελέσματα της έρευνας, εκτιμά σε 121€ το ποσό συνεισφοράς, με βάση τις μέσες τιμές των ερμηνευτικών μεταβλητών και σε 136€, με βάση τις διαμέσους.

Έχει γίνει η παραδοχή ότι τα ενεργά νοικοκυριά του οικισμού του Μετσόβου είναι 750, τιμή η οποία χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς. Με βάση τον Πίνακα 6.42, η συνολική, δυνητική οικονομική συνεισφορά των κατοίκων του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ κυμαίνεται από περίπου 50.000€ έως περίπου 78.000€, εάν η ανάλυση βασιστεί στη μέση τιμή. Αν η ανάλυση γίνει με βάση τη διάμεσο η οικονομική συνεισφορά κυμαίνεται από 15000€ έως περίπου 55500€. Σημειώνεται, ότι τα ανωτέρω χρηματικά ποσά αναφέρονται σε ετήσια, όχι εφάπαξ, οικονομική συνεισφορά των κατοίκων. Εξαιρώντας τα αποτελέσματα της απλής στατιστικής επεξεργασίας, λόγω του ότι το δείγμα δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή, εκτιμάται ότι η τιμή των 50.000€ αποτελεί μια ασφαλή εκτίμηση του περιβαλλοντικού οφέλους από την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή του Μετσόβου, με βάση την έρευνα, με πληθυσμό ενδιαφέροντος τους κατοίκους.

**Πίνακας 6.42.** Συνολική οικονομική συνεισφορά των κατοίκων του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή

Τρόπος προσέγγισης	Με βάση τη μέση τιμή	Με βάση τη διάμεσο
Απλή στατιστική επεξεργασία (σύνολο δείγματος)	73.725 €	15.000 €
Απλή στατιστική επεξεργασία (θετικές απαντήσεις)	78.014 €	40.845 €
Μη παραμετρική επεξεργασία	50.634 €	41.043 €
Παραμετρική στατιστική επεξεργασία	49.422 €	55.549 €

#### 6.7.2 Αποτελέσματα έρευνας αποτίμησης περιβαλλοντικού οφέλους από τη χρήση ΑΠΕ με πληθυσμό ενδιαφέροντος τους επισκέπτες του Μετσόβου

Ο πληθυσμός ενδιαφέροντος στην έρευνα αυτή ήταν ο αριθμός των επισκεπτών που επισκέπτονται σε ετήσια βάση το Μέτσοβο και πιο συγκεκριμένα ο αριθμός των «ανεξάρτητων παρεών» που



επισκέπτονται την περιοχή. Ο αριθμός των παρεών προτιμάται σε σχέση με το συνολικό αριθμό των επισκεπτών, διότι οδηγεί σε μια πιο μετριοπαθή / ρεαλιστική εκτίμηση της προθυμίας πληρωμής. Αυτό συμβαίνει επειδή, όταν επισκέπτεται την περιοχή π.χ. μια οικογένεια, είναι πιο λογικό να υποτεθεί ότι δε θα συνεισφέρουν οικονομικά όλα τα μέλη της, αλλά θα δοθεί ένα χρηματικό ποσό εκ μέρους όλης της οικογένειας. Επίσης, μια περαιτέρω χρήσιμη διάκριση είναι αυτή των ανεξάρτητων παρεών που επισκέπτονται μια φορά το χρόνο το Μέτσοβο, αφού εάν το επισκέπτονται περισσότερες φορές δεν είναι λογικό να συνεισφέρουν κάποιο ποσό σε κάθε επίσκεψη.

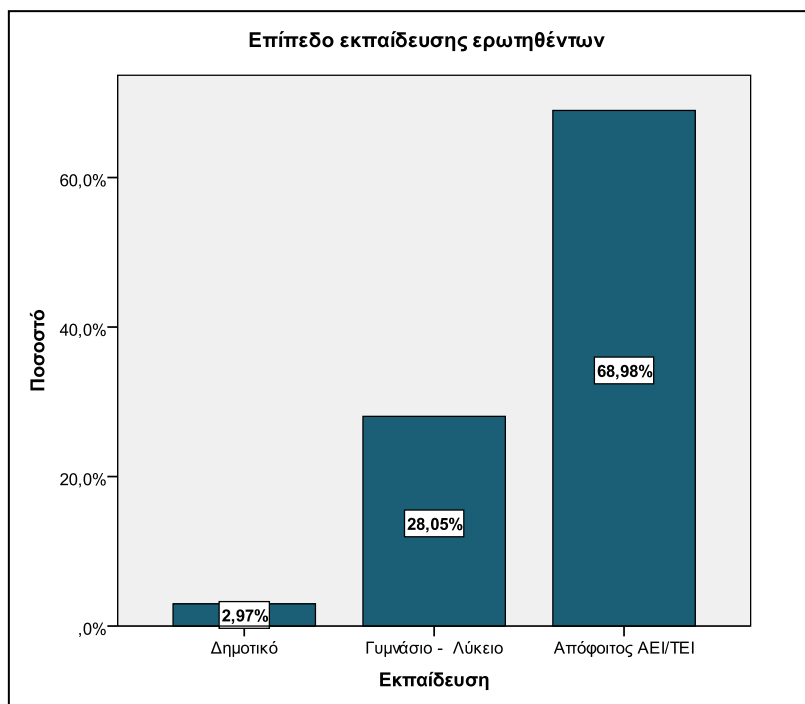
Ο καθορισμός του πληθυσμού, στην περίπτωση των επισκεπτών του Μετσόβου, δεν είναι μια εύκολη διαδικασία, διότι δεν υπάρχουν συγκεκριμένα στατιστικά στοιχεία για την τουριστική κίνηση στην περιοχή. Έτσι, η εκτίμηση γίνεται στη βάση πληροφοριών που έχουν αντληθεί από τους επιχειρηματίες του τουριστικού τομέα στην περιοχή. Σε έρευνα που είχε πραγματοποιηθεί το 2009 στην περιοχή με θέμα την αποτίμηση της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής στο πλαίσιο σχετικής διδακτορικής διατριβής (Γιαννακοπούλου 2012), ο συνολικός ετήσιος αριθμός επισκεπτών στο Μέτσοβο είχε θεωρηθεί ίσος με 300.000 άτομα, σύμφωνα με τα στοιχεία των ξενοδόχων της περιοχής. Με βάση την επεξεργασία που είχε γίνει, οι ανεξάρτητες παρέες, οι οποίες επισκέπτονται μια φορά το χρόνο το Μέτσοβο εκτιμήθηκαν σε περίπου 67.000 (Ανδρεόπουλος et al. 2010). Σύμφωνα με τις τοπικές αρχές και τους επιχειρηματίες του τουρισμού στην περιοχή, η οικονομική κρίση που εντάθηκε από το 2009 και έπειτα έχει συντελέσει σε πτώση της τουριστικής κίνησης, τουλάχιστον κατά 30%, σε ετήσια βάση. Συνεπώς, στη βάση των εκτιμήσεων αυτών, μπορεί να θεωρηθεί ότι ο πληθυσμός ενδιαφέροντος ανέρχεται σε περίπου 47.000 ανεξάρτητες παρέες.

Κατέστη δυνατή η συλλογή 305 ερωτηματολογίων, γεγονός που συντελεί σε ελαφρά αυξημένο – αλλά αποδεκτό - περιθώριο σφάλματος της τάξης του 5,59%, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

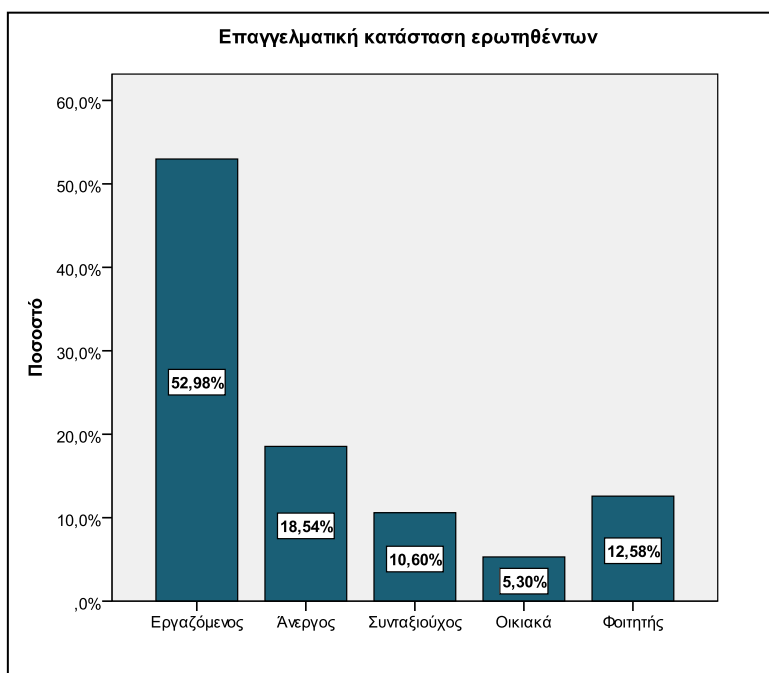
Πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις σε επισκέπτες που βρίσκονταν σε χώρους εστίασης, που περπατούσαν στην πόλη του Μετσόβου καθώς και σε επισκέπτες που αποβιβάζονταν από τουριστικά λεωφορεία. Συνεπώς, μπορεί να θεωρηθεί ότι προσεγγίστηκε η μορφή της απλής τυχαίας δειγματοληψίας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κυριότερα αποτελέσματα της έρευνας και στο παράρτημα αναφέρονται λεπτομερέστερα στοιχεία όσον αφορά στη στατιστική επεξεργασία.

### **Δημογραφικά στοιχεία**

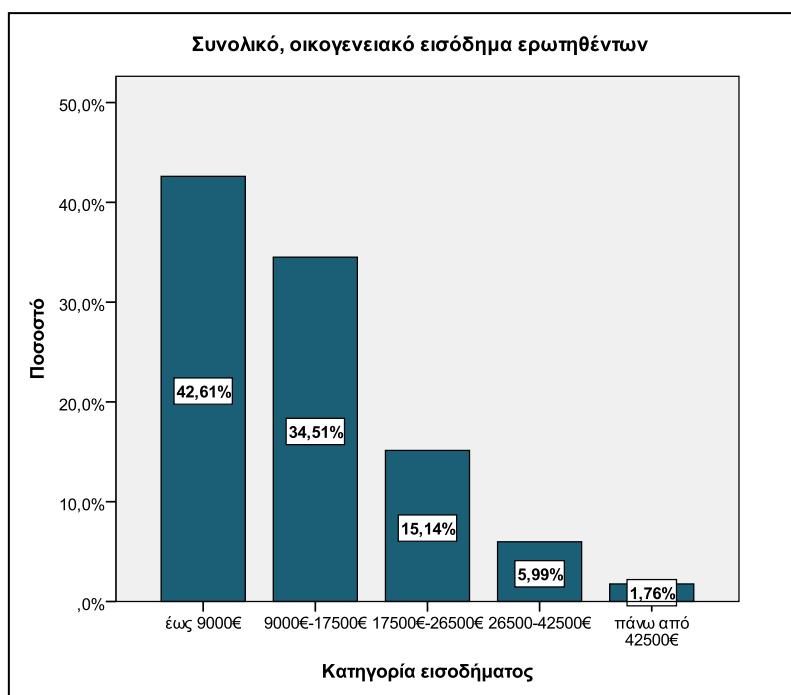
Οι ερωτηθέντες, σε ποσοστό 53,62% ήταν άνδρες. Το επίπεδο εκπαίδευσης των επισκεπτών προκύπτει υψηλό, αφού περίπου επτά στους 10 δήλωσαν απόφοιτοι ΑΕΙ / ΤΕΙ (Διάγραμμα 6.26). Η πλειοψηφία του δείγματος (56,62%) είχε ηλικία έως 34 έτη. Περίπου ένας στους τέσσερις επισκέπτες είχε ηλικία άνω των 45 ετών. Σε ποσοστό 52,98% οι ερωτηθέντες δήλωσαν εργαζόμενοι. Σημαντικό ήταν το ποσοστό των επισκεπτών που δήλωσαν άνεργοι (18,54%), ενώ περίπου ένας στους δέκα επισκέπτες ανήκε στην κατηγορία των συνταξιούχων (Διάγραμμα 6.27). Οι περισσότεροι από τους επισκέπτες (ποσοστό 42,61%) ανέφεραν ότι το ετήσιο εισόδημα τους δεν ξεπερνά τα 9.000€, ενώ μόλις ένα ποσοστό της τάξης του 22,89% απάντησε ότι έχει ετήσιο εισόδημα από 17.500€ και πάνω (Διάγραμμα 6.28).



**Διάγραμμα 6.26.** Ποσοστιαία κατανομή ερωτηθέντων αναλόγως επιπέδου σπουδών



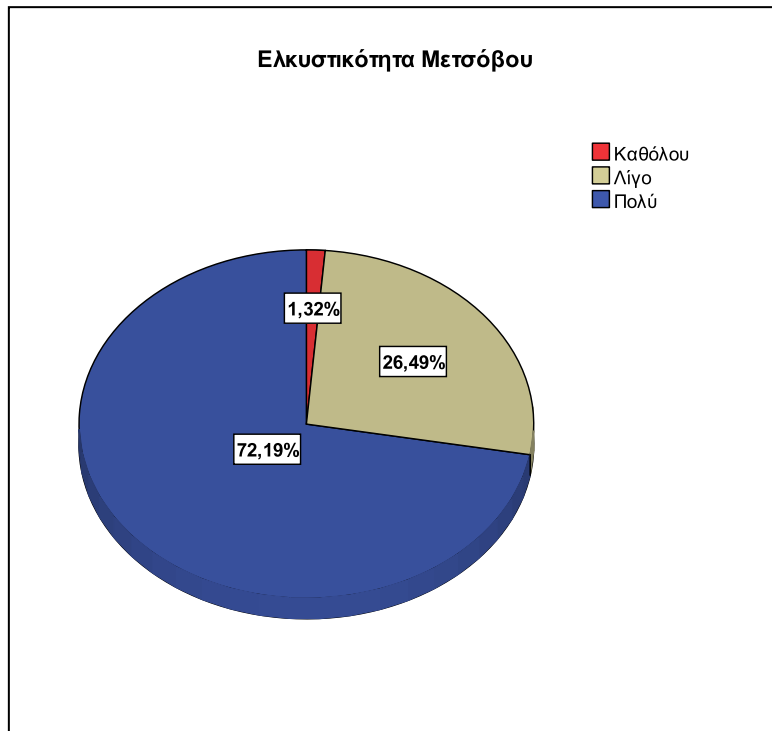
**Διάγραμμα 6.27.** Ποσοστιαία κατανομή ερωτηθέντων αναλόγως της επαγγελματικής τους κατάστασης



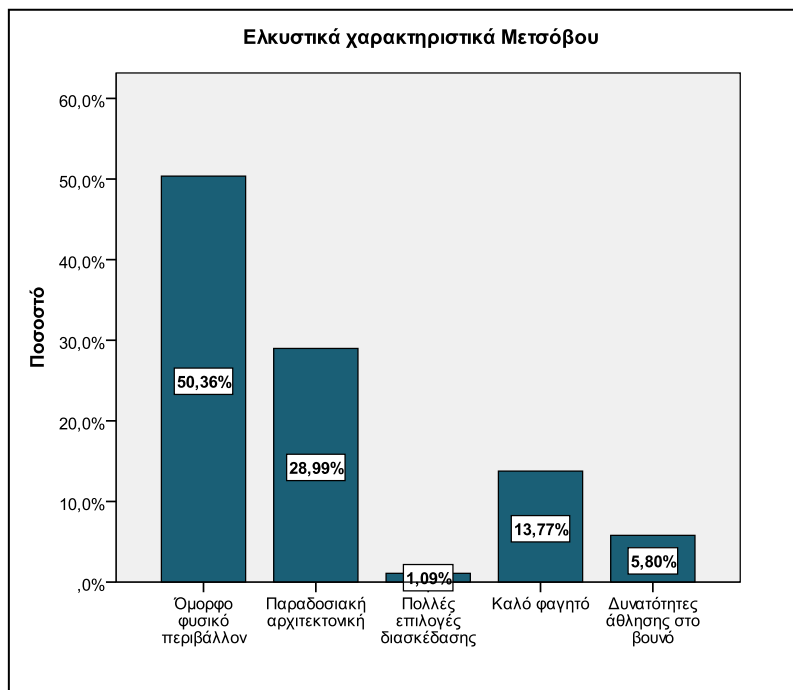
**Διάγραμμα 6.28.** Ποσοστιαία κατανομή δείγματος ανά εισοδηματική κατηγορία

### Άποψη ερωτηθέντων για το Μέτσοβο

Οι περισσότεροι από τους επισκέπτες θεωρούν, σε ποσοστό 72,19%, ότι το Μέτσοβο είναι ένας πολύ ελκυστικός τουριστικός προορισμός και μόνο περίπου ένας στους 100 επισκέπτες δήλωσε ότι το Μέτσοβο δεν είναι καθόλου ελκυστικό. Η κατανομή των απαντήσεων όσον αφορά στο εάν το Μέτσοβο είναι ελκυστικός τουριστικός προορισμός αναφέρονται στο Διάγραμμα 6.29. Σχεδόν οι μισοί από τους ερωτηθέντες ανέφεραν ότι το πιο ελκυστικό χαρακτηριστικό του Μετσόβου είναι το φυσικό του περιβάλλον. Ποσοστό 28,99% δήλωσε ότι το πιο ελκυστικό χαρακτηριστικό του Μετσόβου είναι η παραδοσιακή αρχιτεκτονική (Διάγραμμα 6.30). Το μεγάλο ποσοστό που συγκεντρώνει το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον του Μετσόβου ως παράγων ελκυστικότητας (σχεδόν 80%) αποτελεί ισχυρή ένδειξη της αξίας που επέχει η διατήρησή του, προκειμένου η περιοχή να συνεχίσει να κινητοποιεί το τουριστικό ενδιαφέρον. Τα ευρήματα από προηγούμενες έρευνες στην περιοχή, επίσης, συντείνουν στο ότι οι επισκέπτες της περιοχής θεωρούν το περιβάλλον της ως ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα ελκυστικότητας (Giannakourouli & Kaliampakos 2010). Με τον τρόπο αυτόν, επιβεβαιώνεται η αναγκαιότητα πραγματοποίησης μελετών αποτίμησης των περιβαλλοντικών αγαθών και της ένταξης των αποτελεσμάτων τους στη λήψη αποφάσεων, ειδικά στις ορεινές περιοχές.



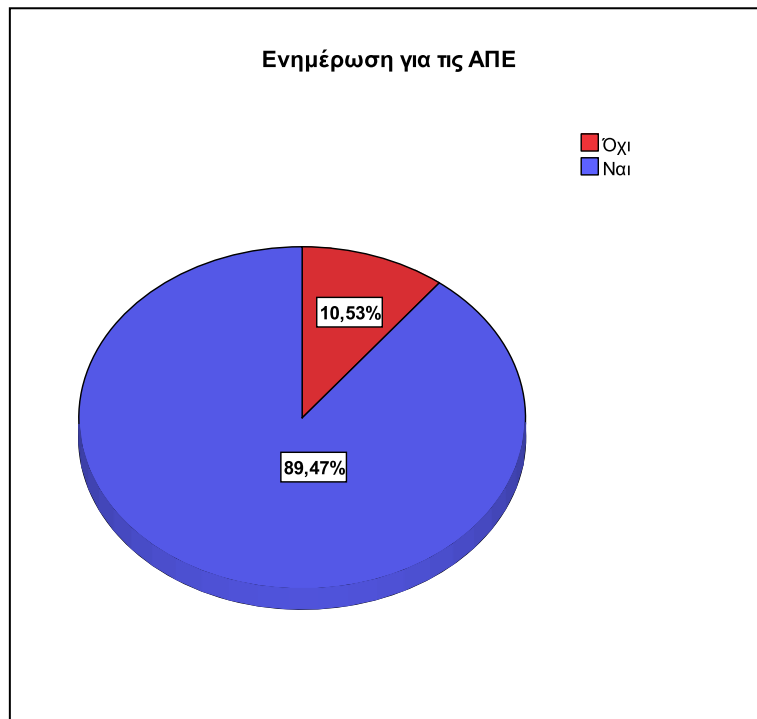
**Διάγραμμα 6.29.** Απόψεις επισκεπτών για την ελκυστικότητα του Μετσόβου ως τουριστικού προορισμού



**Διάγραμμα 6.30.** Απόψεις ερωτηθέντων αναφορικά με το πλέον ελκυστικό χαρακτηριστικό του Μετσόβου

## Απόψεις και γνώσεις των ερωτηθέντων για τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά ζητήματα

Όπως και στην περίπτωση των κατοίκων του Μετσόβου, έτσι και στην έρευνα μεταξύ των επισκεπτών, η αποτύπωση των απόψεων του κοινού για τα ενεργειακά ζητήματα αποτελούν χρήσιμο βοήθημα για τον ενεργειακό σχεδιασμό, διότι παρέχουν ένα σύνολο ποιοτικών πληροφοριών, οι οποίες μπορούν να συντελέσουν στην αποτελεσματική συμπερίληψη των τάσεων της κοινής γνώμης στη λήψη αποφάσεων. Κατ' αρχάς, προκύπτει ότι οι περισσότεροι από τους επισκέπτες του Μετσόβου έχουν ακούσει ή διαβάσει κάτι για τις ΑΠΕ. Τα ποσοστά είναι παραπλήσια με τα αντίστοιχα των κατοίκων και περίπου εννιά στους δέκα από τους ερωτηθέντες δήλωσαν ότι είναι ενημερωμένοι για τις ΑΠΕ, όπως αποτυπώνεται και στο Διάγραμμα 6.31.



**Διάγραμμα 6.31.** Ποσοστά ενημέρωσης ερωτηθέντων σχετικά με τις ΑΠΕ

Οι επισκέπτες ρωτήθηκαν σε ποιο βαθμό είναι ενημερωμένοι για τις διάφορες τεχνολογίες ΑΠΕ και επίσης κλήθηκαν να εκφράσουν την άποψή τους, μέσω μιας πενταβάθμιας κλίμακας, για το πόσο φιλικές θεωρούν προς το περιβάλλον τις διάφορες ΑΠΕ. Μέσω της ίδιας κλίμακας τους ζητήθηκε να αξιολογήσουν τις περιβαλλοντικές διαστάσεις της χρήσης λιγνίτη και πετρελαίου. Αυτό το σημείο, πέραν της αποτύπωσης της στάσης του κοινού απέναντι στα ορυκτά καύσιμα, είχε και το χαρακτήρα «φίλτρου», για τον έλεγχο της συνέπειας των απαντήσεων.

Στον Πίνακα 6.43 συνοψίζονται τα αποτελέσματα όσον αφορά στο επίπεδο ενημέρωσης των ερωτηθέντων για τις τεχνολογίες ΑΠΕ. Το επίπεδο ενημέρωσης των ερωτηθέντων για την ηλιακή ενέργεια είναι το υψηλότερο ανάμεσα στις διάφορες τεχνολογίες, ενώ στον αντίποδα κινείται το επίπεδο ενημέρωσης για τη γεωθερμία. Καλά ενημερωμένοι, σε ποσοστά της τάξης του 40%, εμφανίζονται οι ερωτηθέντες για την αιολική και την υδροηλεκτρική ενέργεια, ενώ το ποσοστό των καλά ενημερωμένων για τη βιομάζα κυμαίνεται κάτω του 30%. Η εικόνα σχετικά με το επίπεδο ενημέρωσης των επισκεπτών του Μετσόβου για τις διάφορες τεχνολογίες ΑΠΕ είναι παρόμοια με

αυτήν των κατοίκων. Η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο γνωστή στο κοινό ενεργειακή τεχνολογία. Αυτό οφείλεται, σε μεγάλο βαθμό, στο ότι τεχνολογίες όπως τα φωτοβολταϊκά έχουν συστηματικά προβληθεί και διαφημιστεί από το 2008 και έπειτα στην Ελλάδα, αλλά, κυρίως, γιατί ήδη από τη δεκαετία του '80 το πλατύ κοινό είναι πλήρως εξοικειωμένο με τη χρήση της ηλιακής ενέργειας, μέσω της χρήσης ηλιακών θερμοσυσσωρευτών για τη θέρμανση του νερού. Το χαμηλό επίπεδο ενημέρωσης για τη γεωθερμία αποδίδεται στη μικρή της, έως τώρα, διάδοση. Η γνώση της χρήσης της βιομάζας είναι, επίσης, χαμηλή. Περίπου 45% των επισκεπτών έχουν ελάχιστη ή και καθόλου ενημέρωση για τη βιομάζα. Αντίθετα, μόνο το 14% των κατοίκων δήλωσε ότι δεν έχει ακούσει ή διαβάσει κάτι για τη βιομάζα. Αυτή η διαφορά οφείλεται στο ότι στην περιοχή του Μετσόβου η χρήση των καυσόξυλων για θέρμανση αποτελούσε και συνεχίζει να αποτελεί αρκετά διαδεδομένη πρακτική.

**Πίνακας 6.43.** Επίπεδο ενημέρωσης επισκεπτών του Μετσόβου για διάφορες τεχνολογίες ΑΠΕ

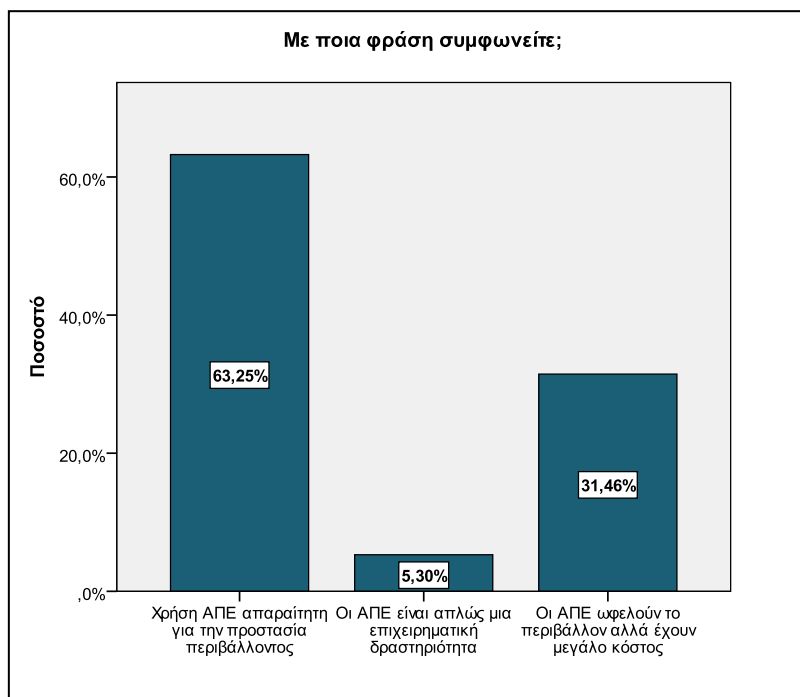
Επίπεδο ενημέρωσης	Ηλιακή ενέργεια	Αιολική ενέργεια	Υδροηλεκτρική ενέργεια	Βιομάζα	Γεωθερμία
Σχεδόν καθόλου (%)	6,4	11,9	15,8	22,2	40,6
Ελάχιστα (%)	9,3	19,8	16,8	23,2	26,7
Αρκετά (%)	24,0	27,7	25,7	25,6	14,4
Καλά (%)	31,4	20,3	23,3	13,3	8,9
Πλήρως (%)	28,9	20,3	18,3	15,8	9,4

Αναφορικά με την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των διάφορων ενεργειακών τεχνολογιών, χρησιμοποιήθηκε μια πενταβάθμια κλίμακα, στην οποία η τιμή 1 αντιστοιχούσε σε καθόλου φιλική προς το περιβάλλον επίδοση και η τιμή 5 σε απόλυτα φιλική προς το περιβάλλον επίδοση. Στον Πίνακα 6.43 αποτυπώνονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των ερωτηθέντων, με διαφορετική κωδικοποίηση (μη φιλική – ουδέτερη – φιλική προς το περιβάλλον απόδοση) για να είναι περισσότερο εύληπτα. Η ηλιακή ενέργεια θεωρείται ως η περισσότερο φιλική μορφή ΑΠΕ προς το περιβάλλον και ακολουθεί η αιολική ενέργεια. Οι περισσότεροι (55,7%) θεωρούν φιλική προς το περιβάλλον την υδροηλεκτρική ενέργεια αλλά ένα σημαντικό ποσοστό (16,5%) πιστεύει ότι δεν είναι ιδιαίτερα φιλική προς το περιβάλλον, πιθανόν λόγω της συζήτησης που γίνεται για τις επιπτώσεις των μεγάλων φραγμάτων. Ανησυχίες υπάρχουν για τις περιβαλλοντικές επιδόσεις της βιομάζας (ποσοστό 27,8%), ενώ υψηλή είναι η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδόσεων της γεωθερμίας. Τα ορυκτά καύσιμα, σε ποσοστά πάνω από 95%, θεωρούνται μη φιλικά προς το περιβάλλον, γεγονός που αντικατοπτρίζει το ότι τα περιβαλλοντικά ζητήματα έχουν καταστεί κομμάτι της συνείδησης του κοινού.

**Πίνακας 6.43.** Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων ερωτηθέντων ως προς την αξιολόγηση των περιβαλλοντική επιδόσεων διάφορων πηγών ενέργειας

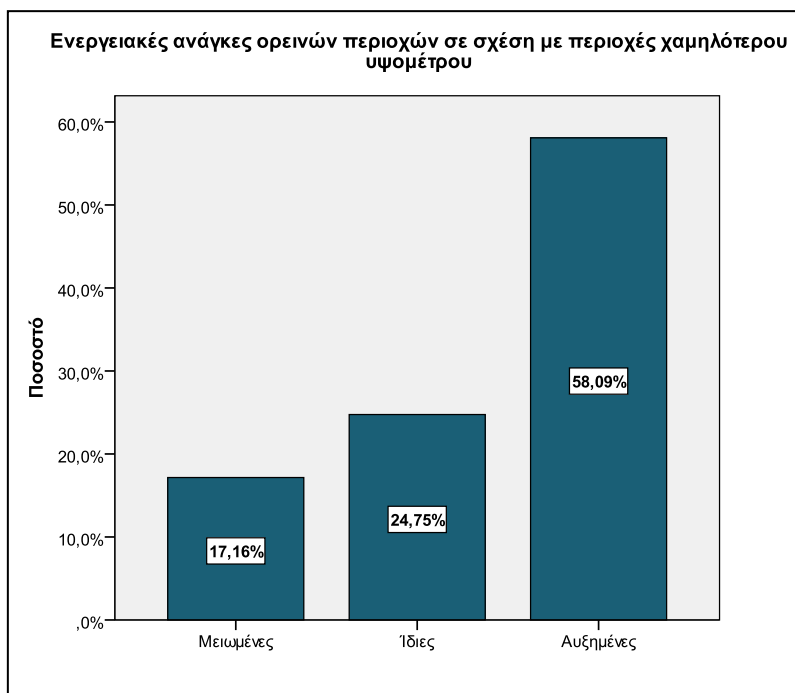
Αξιολόγηση απόδοσης προς το περιβάλλον	Ηλιακή ενέργεια	Αιολική ενέργεια	Υδροηλεκτρική ενέργεια	Βιομάζα	Γεωθερμία	Πετρέλαιο	Λιγνίτης
Μη φιλική (%)	5,8	7,5	16,5	27,8	13,7	97,0	96,3
Ουδέτερη (%)	6,2	14,0	27,6	31,5	17,8	1,1	2,6
Φιλική (%)	88,0	78,5	55,7	40,7	68,5	1,8	1,1

Στους ερωτώμενους παρουσιάστηκαν τρεις φράσεις σχετικά με τις ΑΠΕ, στις οποίες κλήθηκαν να τοποθετηθούν (Διάγραμμα 6.32). Η πλειοψηφία (63,23%) συμφώνησε με τη φράση ότι η χρήση των ΑΠΕ είναι απαραίτητη προκειμένου να προστατευθεί το φυσικό περιβάλλον. Ποσοστό 31,46% ταυτίστηκε με την άποψη ότι οι ΑΠΕ ωφελούν μεν το περιβάλλον, αλλά απαιτούν μεγάλα κόστη για την εγκατάστασή τους. Μόλις 5,3% των ερωτηθέντων συμφώνησε με την άποψη ότι οι ΑΠΕ αποτελούν απλώς μία επιχειρηματική δραστηριότητα. Είναι εμφανές ότι στο κοινό κυριαρχεί η περιβαλλοντική διάσταση των ΑΠΕ.

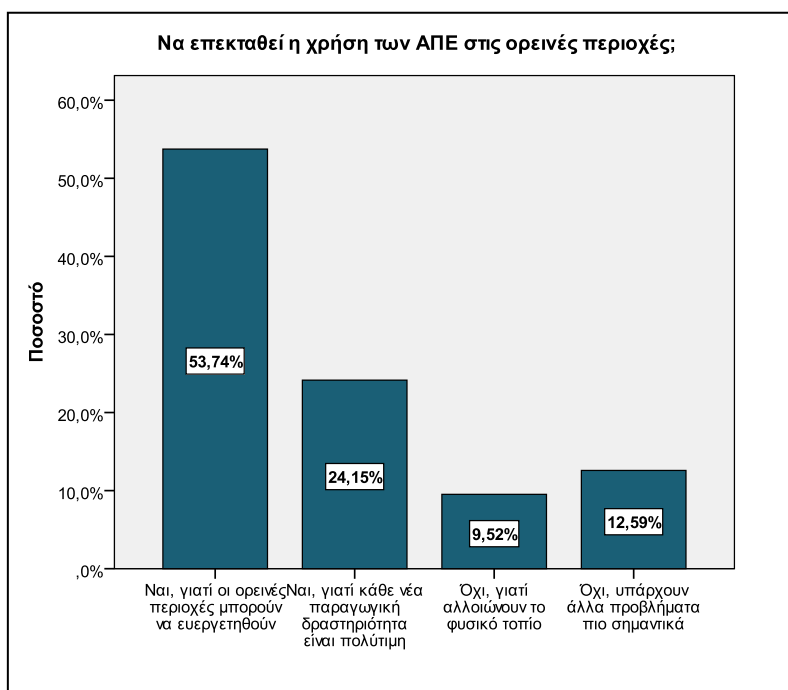


**Διάγραμμα 6.32.** Ποσοστιαία κατανομή τοποθετήσεων των επισκεπτών του Μετσόβου σε προτάσεις σχετικές με τις ΑΠΕ

Οι ερωτώμενοι κλήθηκαν να απαντήσουν σε δύο ερωτήσεις, οι οποίες σχετίζονταν ειδικότερα με το ζήτημα της ενέργειας στις ορεινές περιοχές (Διάγραμμα 6.33). Σε ποσοστό 58,09%, οι ερωτηθέντες ανέφεραν ότι οι ενεργειακές ανάγκες των ορεινών οικισμών είναι αυξημένες σε σχέση με περιοχές χαμηλότερων υψομέτρων. Αυτό δείχνει ότι η κύρια αίσθηση που υπάρχει στο κοινό για το μέγεθος των ενεργειακών αναγκών στα ορεινά ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Κατά μεγάλο ποσοστό (77,89%) οι επισκέπτες του Μετσόβου συμφωνούν με την επέκταση των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές. Από αυτούς οι περισσότεροι (53,74%) υποστηρίζουν την ανάπτυξη των ΑΠΕ, διότι θεωρούν ότι οι ορεινές περιοχές με αυτόν τον τρόπο μπορούν γενικά να ωφεληθούν, ενώ 24,15% των ερωτηθέντων εστιάζουν στον οικονομικό τομέα, αναφέροντας ότι ο λόγος που συμφωνούν με την επέκταση των ΑΠΕ είναι το ότι κάθε παραγωγική δραστηριότητα στα ορεινά είναι πολύτιμη. Μόλις ένας στους δέκα θεωρεί ότι οι ΑΠΕ αλλοιώνουν το φυσικό τοπίο, γι' αυτό και διαφωνούν με την επέκτασή τους. Ποσοστό 12,59% διαφωνεί με την επέκταση των ΑΠΕ στα ορεινά, αναφέροντας ότι υπάρχουν σημαντικότερες προτεραιότητες που πρέπει να προκριθούν έναντι των ΑΠΕ. Η κατανομή των απαντήσεων αναφορικά με την επέκταση των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 6.34.



**Διάγραμμα 6.33.** Απόψεις δείγματος επισκεπτών για το μέγεθος των ενεργειακών αναγκών στις ορεινές περιοχές



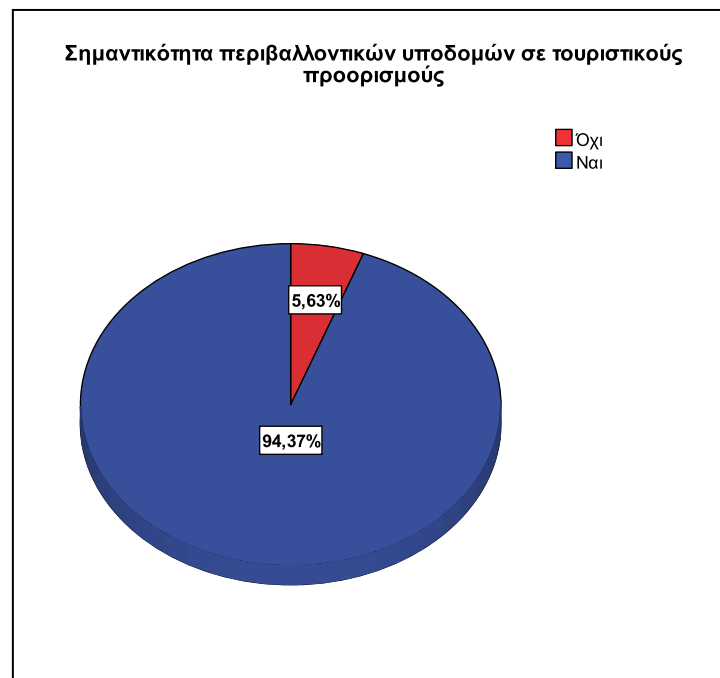
**Διάγραμμα 6.34.** Απόψεις ερωτηθέντων για την επέκταση των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές



Συνολικά, προκύπτει από τα παραπάνω ότι οι επισκέπτες του Μετσόβου είναι καλά ενημερωμένοι για τις ΑΠΕ, κυρίως όσον αφορά στην ηλιακή ενέργεια, την οποία και θεωρούν ως τη φιλικότερη προς το περιβάλλον μορφή ενέργειας. Επιπλέον, θεωρούν ότι οι ΑΠΕ είναι αναπόσπαστο στοιχείο στην προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος και συμφωνούν με την επέκτασή τους στις ορεινές περιοχές. Ξέρουν, επίσης, ότι οι ενεργειακές ανάγκες των ορεινών περιοχών είναι αυξημένες. Συνεπώς, οι ερωτηθέντες είναι θετικοί στην ανάπτυξη των ΑΠΕ τόσο σε γενικό επίπεδο όσο και ειδικότερα στις ορεινές περιοχές, προκρίνοντας την περιβαλλοντική τους διάσταση.

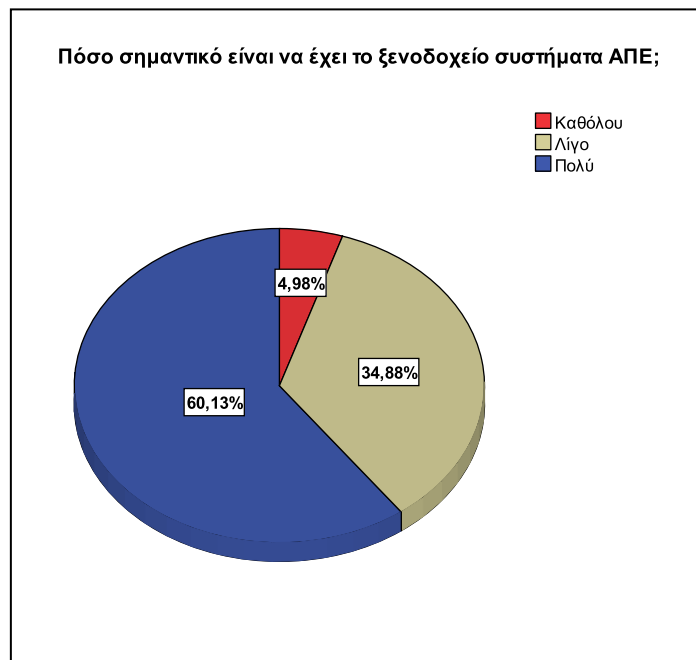
Εκτός από τις απόψεις των επισκεπτών του Μετσόβου για τα ενεργειακά θέματα, αποτυπώθηκαν και οι γνώμες τους για τις περιβαλλοντικές υποδομές στους τουριστικούς προορισμούς. Η συντριπτική πλειονότητα των ερωτηθέντων (94,37%), όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 6.35, θεωρούν ότι είναι σημαντικό οι τουριστικοί προορισμοί να διαθέτουν υποδομές προστασίας του περιβάλλοντος. Όσον αφορά στην αξιολόγηση της ύπαρξης διάφορων μέτρων περιβαλλοντικής προστασίας σε τουριστικούς προορισμούς, με βάση τις απαντήσεις των ερωτηθέντων, προκύπτει η ακόλουθη κατάταξη, με φθίνουσα σειρά σημαντικότητας:

1. Επεξεργασία υγρών αποβλήτων
2. Προστασία δασών
3. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
4. Ανακύκλωση
5. Περιορισμός χρήσης ΙΧ
6. Χρήση οικολογικών υλικών



**Διάγραμμα 6.35.** Αξιολόγηση σημασίας ύπαρξης υποδομών προστασίας του περιβάλλοντος σε τουριστικούς προορισμούς

Ειδικότερα, για τα τουριστικά καταλύματα και πάλι οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες, σε ποσοστό 60,13%, θεωρούν πολύ σημαντικό να διαθέτουν συστήματα ΑΠΕ και ΕΞΕ, ενώ μόλις 4,98% των επισκεπτών δεν αποδίδει σημασία στο ζήτημα αυτό (Διάγραμμα 6.36).

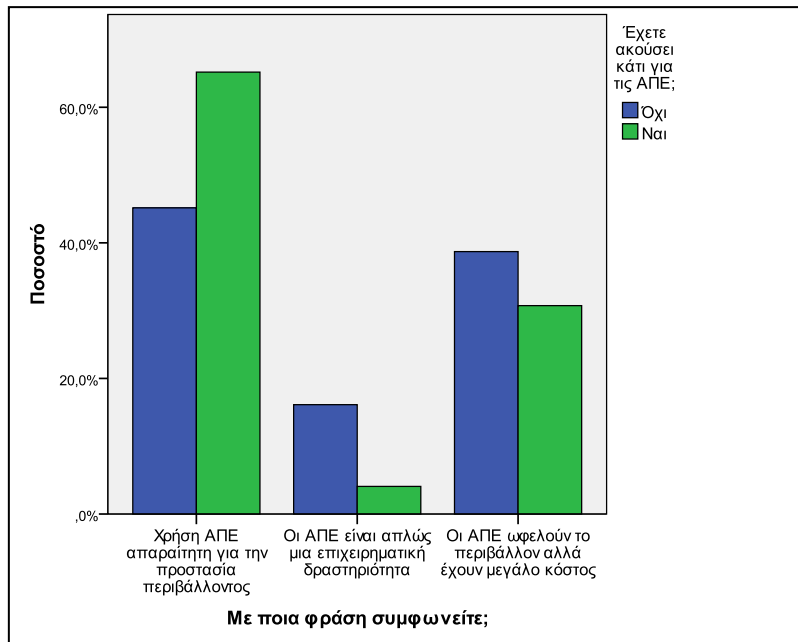


**Διάγραμμα 6.36.** Αξιολόγηση σημασίας ύπαρξης συστημάτων ΑΠΕ στα τουριστικά καταλύματα

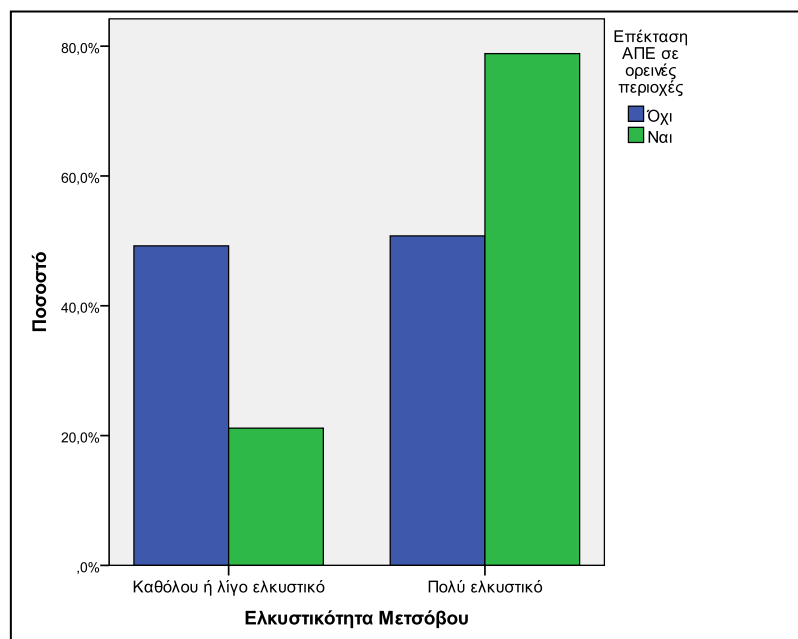
Γίνεται φανερό από τις τοποθετήσεις των ερωτηθέντων ότι η πλειονότητα αξιολογεί ως ιδιαίτερα σημαντικό το να λειτουργούν οι τουριστικοί προορισμοί και τα καταλύματα με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον. Μεγαλύτερη σημασία αποδίδεται στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων και την προστασία των δασών, χωρίς να παραβλέπεται η σπουδαιότητα των ΑΠΕ.

Ανάμεσα σε όσους δεν είναι ενημερωμένοι για τις ΑΠΕ κυριαρχεί η άποψη ότι αυτές αποτελούν απλώς μια οικονομική δραστηριότητα. Πάνω από έξι στους δέκα από τους ερωτηθέντες, οι οποίοι δηλώνουν ενημερωμένοι για τις ΑΠΕ, προκρίνουν τις ευνοϊκές τους επιδράσεις στο περιβάλλον. Σημειώνεται ότι η συσχέτιση μεταξύ της ενημέρωσης για τις ΑΠΕ και της άποψης για αυτές είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%. Η συσχέτιση του επιπέδου ενημέρωσης για τις ΑΠΕ και της άποψης για αυτές αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 6.37.

Οι επισκέπτες που θεωρούν πολύ ελκυστικό το Μέτσοβο είναι πολύ πιο θετικοί στην επέκταση των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές, σε σχέση με αυτούς που το θεωρούν λίγο ή καθόλου ελκυστικό και αυτό παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 6.38. Αυτό αποτελεί μια σημαντική ένδειξη ότι η κοινή γνώμη δεν θεωρεί την επέκταση των ΑΠΕ ασύμβατη με την ελκυστικότητα ενός τουριστικού προορισμού. Και σε αυτήν την περίπτωση η συσχέτιση μεταξύ της ελκυστικότητας του Μετσόβου και της άποψης για την επέκταση των ΑΠΕ στα ορεινά είναι στατιστικά σημαντική, σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%.



**Διάγραμμα 6.37.** Απόψεις για τις ΑΠΕ σε συνδυασμό με την ενημέρωση ή μη για αυτές

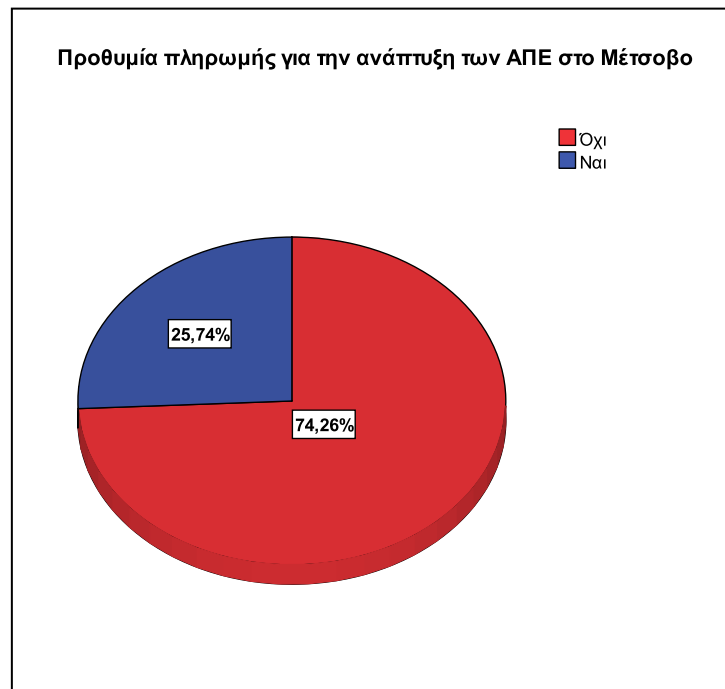


**Διάγραμμα 6.38.** Άποψη για την επέκταση των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές αναλόγως γνώμης για την ελκυστικότητα του Μετσόβου ως τουριστικού προορισμού

### Προθυμία πληρωμής των επισκεπτών του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή

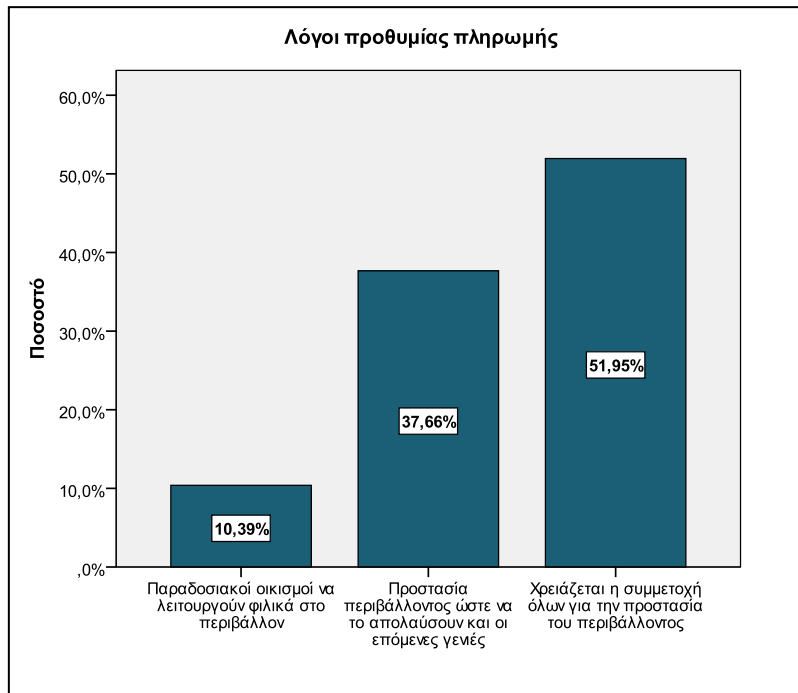
Στο κεντρικό ερώτημα της έρευνας, όσον αφορά στην προθυμία πληρωμής σε έναν υποθετικό φορέα, ο οποίος θα αναλάβει την ανάπτυξη των ΑΠΕ στο Μέτσοβο, οι επισκέπτες που ανταποκρίνονται θετικά αντιπροσωπεύουν ποσοστό 25,74% του δείγματος, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.39. Το ποσοστό είναι μικρό και αποδίδεται κυρίως στην εν εξελίξει κατά τη διάρκεια της έρευνας οικονομική κρίση.

Ενδεχομένως και το ίδιο το θέμα της έρευνας να σχετίζεται με το μικρό ποσοστό θετικών απαντήσεων. Αν και οι επισκέπτες είναι θετικοί απέναντι στις ΑΠΕ και συμφωνούν με την επέκτασή τους στις ορεινές περιοχές, στην περίπτωση ανάπτυξής τους στην περιοχή του Μετσόβου, τα άμεσα αντιληπτά οφέλη για αυτούς συνδέονται σχεδόν αποκλειστικά με αξίες μη χρήσης.

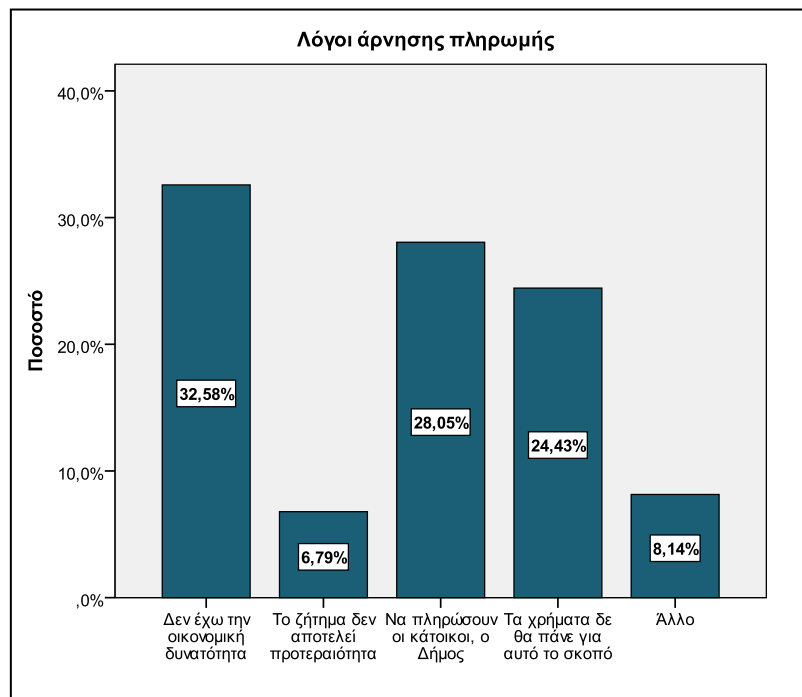


**Διάγραμμα 6.39.** Προθυμία πληρωμής των επισκεπτών του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή

Εξετάζοντας τους λόγους που κινητοποιούν όσους είναι πρόθυμοι να πληρώσουν (Διάγραμμα 6.40), προκύπτει ότι πάνω από τους μισούς δέχονται να συνεισφέρουν θεωρώντας ότι η προστασία του περιβάλλοντος απαιτεί τη συνολική συμμετοχή της κοινωνίας. Ο δεύτερος σε συχνότητα λόγος (ποσοστό 37,66%) προθυμίας πληρωμής έχει να κάνει με την αναγκαιότητα προστασίας του περιβάλλοντος ώστε να μπορούν να το απολαύσουν και οι επόμενες γενιές. Περίπου ένας στους δέκα προθυμοποιείται να συνεισφέρει επειδή πιστεύει ότι οι παραδοσιακοί οικισμοί πρέπει να λειτουργούν με τρόπο όσο γίνεται φιλικό προς το περιβάλλον. Όσοι αρνούνται να συνεισφέρουν επικαλούνται σε ποσοστό 32,58% αδυναμία λόγω περιορισμένων οικονομικών δυνατοτήτων και σε ποσοστό 28,05% θεωρούν ότι για το ζήτημα αυτό πρέπει να πληρώσουν οι κάτοικοι και ο Δήμος, σύμφωνα με όσα αποτυπώνονται στο Διάγραμμα 6.41. Ποσοστό 24,43% συγκεντρώνει η άποψη ότι τα χρήματα δεν θα διατεθούν στο φορέα για την ανάπτυξη των ΑΠΕ, η οποία εκφράζει καχυποψία. Μικρότερο ποσοστό (6,79%) όσων αρνούνται να συνεισφέρουν αναφέρουν ότι το ζήτημα δεν τους ενδιαφέρει. Συνολικά, οι αρνήσεις διαμαρτυρίας υπερτερούν με ποσοστό 52,48%, όμως το γεγονός ότι περίπου ένας στους τρεις δηλώνει οικονομική αδυναμία, αποτελεί μια σαφή ένδειξη της επιρροής της οικονομικής κρίσης στην προθυμία πληρωμής.



**Διάγραμμα 6.40.** Λόγοι προθυμίας πληρωμής των επισκεπτών του Μετσόβου



**Διάγραμμα 6.41.** Λόγοι άρνησης πληρωμής των επισκεπτών του Μετσόβου

## Υπολογισμός οικονομικής συνεισφοράς των επισκεπτών του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή

Όπως και στην περίπτωση των κατοίκων, προκειμένου η προσέγγιση να είναι περισσότερο ρεαλιστική, στους υπολογισμούς συμπεριελήφθησαν μόνο τα ποσά πληρωμής, τα οποία αντιστοιχούν σε ποσοστό μικρότερο του 4% του εισοδήματος των ερωτηθέντων. Στο σύνολο του δείγματος η μέση τιμή της προθυμίας πληρωμής ανέρχεται σε 17,6€, ενώ η διάμεσος έχει μηδενική τιμή. Λαμβάνοντας υπ' όψιν μόνο τις θετικές απαντήσεις η μέση τιμή προκύπτει ίση με 83€ και η διάμεσος ίση με 20€. Οι στατιστικοί δείκτες αναφέρονται στον Πίνακα 6.44. Τα ποσά που διατίθενται να προσφέρουν οι επισκέπτες του Μετσόβου, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα των κατοίκων είναι αρκετά μικρότερα.

**Πίνακας 6.44.** Περιγραφικοί στατιστικοί δείκτες απλής στατιστικής επεξεργασίας

Δείκτης	Σύνολο ερωτηθέντων	Θετικές απαντήσεις
Μέση τιμή	17,6	83,0
Διάμεσος	0,0	20,0
Ελάχιστη τιμή	0,0	1,0
Μέγιστη τιμή	1.100,0	1.100,0
Τυπική απόκλιση	95,9	196,4

Το δείγμα και σε αυτήν την έρευνα δεν ακολουθεί την κατανομή. Γι' αυτό και πραγματοποιήθηκε εκτίμηση του ποσού συνεισφοράς με βάση μη – παραμετρική στατιστική επεξεργασία των λογαριθμικών τιμών των ποσών συνεισφοράς. Η μέση τιμή των λογαριθμικών τιμών των ποσών συνεισφοράς ανέρχεται σε 3,29, τιμή που αντιστοιχεί σε 26,8€. Η διάμεσος είναι ίση με 3, αντιστοιχεί, δηλαδή, σε 20€. Η τιμή της διαμέσου προκύπτει ίδια με την περίπτωση της απλής στατιστικής επεξεργασίας. Οι στατιστικοί δείκτες αποτυπώνονται στον Πίνακα 6.45.

**Πίνακας 6.45.** Περιγραφικοί στατιστικοί δείκτες μη – παραμετρικής στατιστικής επεξεργασίας

Δείκτης	Θετικές απαντήσεις
Μέση τιμή	4,82
Διάμεσος	4,61
Ελάχιστη τιμή	2,20
Μέγιστη τιμή	6,91
Τυπική απόκλιση	0,94

Πραγματοποιώντας στατιστική επεξεργασία της οικονομικής συνεισφοράς των επισκεπτών με παραμετρικό μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης, το ποσό που προσφέρουν υπολογίζεται σε 27€, με βάση τις μέσες τιμές των ερμηνευτικών μεταβλητών και σε 48€, με βάση τις διαμέσους τους.

Στον Πίνακα 6.46 συνοψίζονται τα αποτελέσματα του υπολογισμού της συνολικής οικονομικής συνεισφοράς των επισκεπτών του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή, η οποία αντιστοιχεί στην αποτίμηση του περιβαλλοντικού οφέλους από την ανάπτυξη των συγκεκριμένων τεχνολογιών. Οι εκτιμήσεις παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές, λόγω της απόκλισης του δείγματος από την κανονική κατανομή. Εάν αγνοηθεί η απλή στατιστική επεξεργασία, η δυνητική, οικονομική συνεισφορά των επισκεπτών του Μετσόβου κυμαίνεται σε 330.000€ περίπου, συνεκτιμώντας τα κοινά

αποτελέσματα της μη-παραμετρικής και της παραμετρικής επεξεργασίας, με βάση τη μέση τιμή. Σημειώνεται ότι η οικονομική συνεισφορά μπορεί να θεωρηθεί ότι πραγματοποιείται σε ετήσια βάση, αφού οι υπολογισμοί έχουν γίνει στη βάση των ανεξάρτητων παρεών (περίπου 47.000 – Κεφάλαιο 4) που επισκέπτονται την περιοχή και με την προϋπόθεση ότι οι επισκέπτες πληρώνουν μία φορά στον υποθετικό φορέα που αναλαμβάνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ.

**Πίνακας 6.46.** Συνολική οικονομική συνεισφορά των επισκεπτών του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή

Τρόπος προσέγγισης	Με βάση τη μέση τιμή	Με βάση τη διάμεσο
Απλή στατιστική επεξεργασία (σύνολο δείγματος)	827.200 €	0 €
Απλή στατιστική επεξεργασία (θετικές απαντήσεις)	993.585 €	239.418 €
Μη παραμετρική επεξεργασία	323.214 €	239.418 €
Παραμετρική στατιστική επεξεργασία	323.214 €	574.603 €

Συνδυάζοντας τις εκτιμήσεις για το ποσοτικό σκέλος της προθυμίας πληρωμής, προκύπτει ότι σε ετήσια βάση η συνολική, δυνητική συνεισφορά κατοίκων και επισκεπτών είναι **380.000€**. Το μέγεθος αυτό εκφράζει τις θετικές εξωτερικότητες που συνεπάγεται η ανάπτυξη των ΑΠΕ στο περιβάλλον, για την περιοχή του Μετσόβου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εναλλακτικά των προσεγγίσεων με βάση τη μέθοδο της ζημιολόγου συνάρτησης, στον ενεργειακό σχεδιασμό για την ένταξη της περιβαλλοντικής διάστασης, με οικονομικούς όρους, στην αντικειμενική συνάρτηση.

### 6.7.3 Αποτελέσματα μοντέλου ενεργειακής βελτιστοποίησης με χρήση των αποτελεσμάτων των δύο ερευνών αποτίμησης περιβαλλοντικού οφέλους

Στην Ενότητα 6.4.3 παρουσιάστηκε ο τρόπος υπολογισμού της επιμέρους συνάρτησης περιβαλλοντικού κόστους, η οποία εντάχθηκε στην αντικειμενική συνάρτηση ενεργειακής βελτιστοποίησης για το Μέτσοβο. Η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων των ερευνών άμεσης αποτίμησης, διαφοροποιεί τον τρόπο προσέγγισης της περιβαλλοντικής διάστασης, η οποία προσεγγίζεται μέσω συνάρτησης περιβαλλοντικού οφέλους και όχι περιβαλλοντικού κόστους. Αναλυτικότερα, εφ' όσον αναζητήθηκε η προθυμία πληρωμής των κατοίκων και των επισκεπτών του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή, τα οικονομικά μεγέθη που υπολογίστηκαν αντιστοιχούν σε όφελος για το περιβάλλον και όχι σε ζημία, όπως στην προσέγγιση της ζημιολόγου συνάρτησης, η οποία αποτιμά το εξωτερικό κόστος της ενεργειακής παραγωγής στο περιβάλλον.

Αυτό σημαίνει ότι η αντικειμενική συνάρτηση θα έχει τη μορφή:

$$C_{total} = \sum_{i=1}^n (a_{i,inst} + a_{i,o/m} - a_{i,env} - a_{i,soc}) X_i$$

Οι συντελεστές  $\alpha_{i,inst}$ ,  $\alpha_{i,o/m}$ ,  $\alpha_{i,soc}$  (που αναφέρονται στο κόστος επένδυσης, στο κόστους συντήρησης και λειτουργίας και στο όφελος από τη δημιουργία θέσεων εργασίας) παραμένουν ίδιοι με την προηγούμενη περίπτωση επίλυσης. Ο προσδιορισμός των συντελεστών  $\alpha_{i,env}$ , που σχετίζονται με το περιβάλλον βασίζεται στην ακόλουθη λογική:

Τόσο στην περίπτωση των κατοίκων όσο και στην περίπτωση των επισκεπτών του Μετσόβου, η αναζήτηση της προθυμίας πληρωμής βασίστηκε σε υποθετικά σενάρια, κατά τα οποία η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή στοχεύει στη μεγιστοποίηση των περιβαλλοντικών ωφελειών. Συνεπώς, μπορεί να υποθεθεί ότι η συνολική προθυμία πληρωμής αντιστοιχεί στην πλήρη αξιοποίηση των ΑΠΕ και της ΕΞΕ στο ενεργειακό σύστημα του Μετσόβου. Αν και υπήρχαν ερωτήσεις αξιολόγησης της περιβαλλοντικής απόδοσης των διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ, οι απαντήσεις σε αυτές δεν μπορούν με ασφάλεια να λειτουργήσουν ως κριτήρια προτίμησης. Άρα, οι συντελεστές  $\alpha_{i,env}$  δεν διαφοροποιούνται και εκφράζονται από μια ενιαία τιμή, η οποία μπορεί να προσεγγιστεί ως εξής:

$$\alpha_{env} = \frac{WTP}{E_{tot}}$$

WTP: Η συνολική προθυμία πληρωμής κατοίκων και επισκεπτών (€)

$E_{tot}$ : Η συνολική ενεργειακή ζήτηση στην περιοχή του Μετσόβου που επιδιώκεται να καλυφθεί (MWh)

Εφ' όσον η συνολική προθυμία πληρωμής εκτιμήθηκε σε 380.000€ και το σύνολο των προς κάλυψη ενεργειακών φορτίων είναι ίσο με 39858MWh, ο συντελεστής περιβαλλοντικού οφέλους για τις τεχνολογίες ΑΠΕ και ΕΞΕ υπολογίζεται σε 9,53€/MWh.

Έτσι, η αντικειμενική συνάρτηση στην περίπτωση αυτή έχει ως εξής:

$$C_{total} = 145,51X_1 + 136,72X_2 + 224,86X_3 + 168,92X_4 + 102,81X_5 + 104,50X_6 + 143,62X_7 + 62,90X_8 + 79,69X_9 + 93,50X_{10} + 127,15X_{11} + 93,11X_{12} + 51,55X_{13} + 84,33X_{14} + 126,00X_{15} + 148,33X_{16} + 50,94X_{17}$$

Οι περιορισμοί επίλυσης παραμένουν οι ίδιοι (Πίνακας 6.32). Η μόνη διαφοροποίηση έγκειται στον περιβαλλοντικό περιορισμό. Εφ' όσον, πλέον, η περιβαλλοντική διάσταση εκφράζεται μέσω περιβαλλοντικού οφέλους και όχι περιβαλλοντικού κόστους, ο σχετικός περιορισμός που αναφέρεται στον Πίνακα 6.32 δε βρίσκει εφαρμογή. Τίθεται ως περιορισμός η συνάρτηση περιβαλλοντικού οφέλους να είναι ίση με τη συνολική προθυμία πληρωμής κατοίκων και επισκεπτών.

$$C_{env} = \sum_{i=1}^{14} \alpha_{env} X_i + X_{17} = 380.000$$

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επίλυσης του μοντέλου με χρήση της νέας αντικειμενικής συνάρτησης.

### Δομή, κόστη και οφέλη του βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος

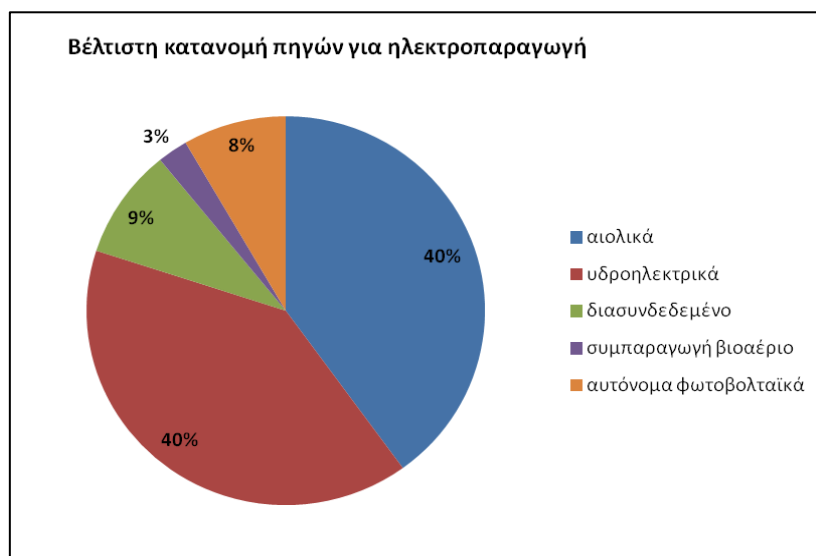
Όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή, εξαντλούνται οι δυνατότητες χρήσης της αιολικής και της υδροηλεκτρικής ενέργειας, που καλύπτουν το 80% των ηλεκτρικών φορτίων. Το υπολειπόμενο ποσοστό καλύπτεται, από το διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, από τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα και από συμπαραγωγή με χρήση βιοαερίου. Στον Πίνακα 6.47



παρουσιάζονται τα ποσά ενέργειας που συνεισφέρει κάθε ενεργειακή πηγή στο βελτιστοποιημένο σύστημα και στο Διάγραμμα 6.42 αποτυπώνεται η ποσοστιαία κατανομή των ενεργειακών πηγών στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα, ως προς το σκέλος της ηλεκτροπαραγωγής.

**Πίνακας 6.47.** Τιμές μεταβλητών απόφασης (MWh/έτος), όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή

Αιολικά	Υδροηλεκτρικά	Αυτόνομα φωτοβολταϊκά	Βιοαέριο συμπαγωγή	Διασυνδεδεμένο δίκτυο
7.803	7.803	1.636	484	1.782

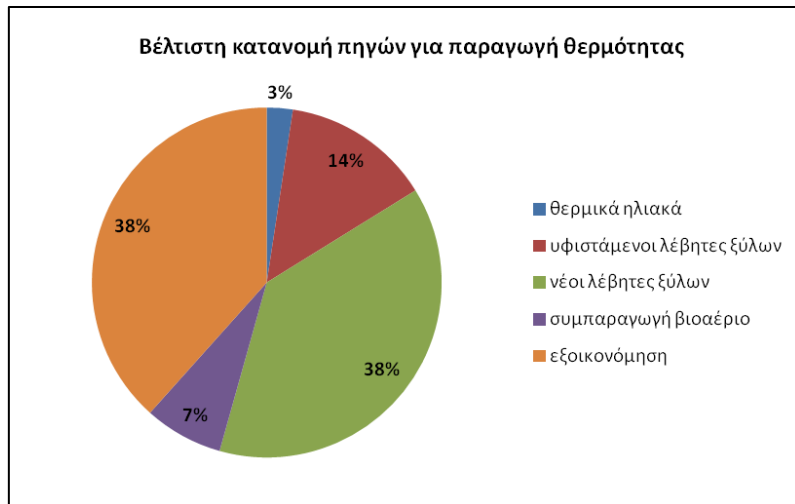


**Διάγραμμα 6.42.** Ποσοστιαία κατανομή πηγών για ηλεκτροπαραγωγή στο βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα

Για την παραγωγή θερμότητας εξαντλούνται οι δυνατότητες χρήσης βιομάζας μέσω των υφιστάμενων και νέων οικιακών συστημάτων καύσης ξύλων. Αξιοποιείται το σύνολο των δυνατοτήτων ΕΞΕ, μέσω θερμομόνωσης τοίχων και αντικατάστασης κουφωμάτων. Επίσης, ένα σημαντικό ποσό θερμικής ενέργειας προκύπτει από τηλεθέρμανση μέσω καύσης βιοαερίου. Στον Πίνακα 6.48 παρουσιάζονται τα ποσά ενέργειας που συνεισφέρει κάθε ενεργειακή πηγή στο βελτιστοποιημένο σύστημα και στο Διάγραμμα 6.43 αποτυπώνεται η ποσοστιαία κατανομή των ενεργειακών πηγών στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα, ως προς το σκέλος της παραγωγής θερμότητας. Σημειώνεται ότι το μοντέλο, σε αυτήν την περίπτωση επίλυσης, οδηγεί σε παραγωγή περίσσειας θερμικής ενέργειας, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της επίλυσης. Κάτι τέτοιο είναι συμβατό με τους περιορισμούς του προβλήματος.

**Πίνακας 6.48.** Τιμές μεταβλητών απόφασης (MWh/έτος), όσον αφορά στην παραγωγή θερμότητας

Θερμικά ηλιακά	Υφιστάμενοι λέβητες ξύλων	Νέοι λέβητες ξύλων	Τηλεθέρμανση βιοαέριο	Εξοικονόμηση
530	3.053	8.455	1.613	8.498



**Διάγραμμα 6.43.** Ποσοστιαία κατανομή πηγών για παραγωγή θερμότητας στο βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα

Για να επιτευχθούν οι αλλαγές στο ενεργειακό σύστημα του Μετσόβου που υποδεικνύονται από την επίλυση του μοντέλου βελτιστοποίησης, απαιτείται να πραγματοποιηθούν επενδύσεις ετήσιου ισοδύναμου κόστους περίπου 2.000.000€. Η εξοικονόμηση στο ετήσιο λειτουργικό κόστος είναι της ίδιας τάξης. Το περιβαλλοντικό όφελος έχει προσδιοριστεί στις 380.000€, ενώ δημιουργούνται 12 νέες θέσεις εργασίας που αντιστοιχούν σε ετήσιο οικονομικό όφελος της τάξης των 55.000€. Με βάση τα δεδομένα αυτά, οι απαιτούμενες επενδύσεις είναι οριακά βιώσιμες, με ιδιωτικοοικονομικά κριτήρια και απόλυτα αποδεκτές στη βάση κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης κόστους – οφέλους. Τα μεγέθη αποτυπώνονται αναλυτικά στον Πίνακα 6.49 και στο Διάγραμμα 6.44.

**Πίνακας 6.49.** Κόστος και όφελος (€/έτος) βέλτιστης ενεργειακής λύσης

Λειτουργικό κόστος	Περιβαλλοντικό όφελος	Κοινωνικό Όφελος	Επενδυτικό κόστος	Συνολικό κόστος (αντικειμενική συνάρτηση)
2.715.373	380.000	55.858	2.009.729	4.289.244



**Διάγραμμα 6.44.** Ιδιωτικοοικονομικό και κοινωνικοοικονομικό όφελος επενδύσεων βελτιστοποίησης του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου

Οι ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> του βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος είναι κατά 92% λιγότερες από την υφιστάμενη κατάσταση. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη διείσδυση των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα που φτάνει το 75% της συνολικής ενεργειακής ζήτησης. Οι τεχνολογίες ΑΠΕ και ΕΞΕ αθροιστικά καλύπτουν το 96% της ενεργειακής ζήτησης.

#### **Σύγκριση μεταξύ άμεσης περιβαλλοντικής αποτίμησης και της προσέγγισης της ζημιόγνου συνάρτησης**

Τα αποτελέσματα της ενεργειακής βελτιστοποίησης που παρουσιάζονται στην παρούσα ενότητα συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του πρώτου σεναρίου ενεργειακού σχεδιασμού που παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 6.7. Η αποτίμηση του περιβαλλοντικού οφέλους βασίστηκε στο υποθετικό σενάριο της αλλαγής του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου προς την κατεύθυνση πλήρους αξιοποίησης των τοπικών ΑΠΕ. Αυτό περιλαμβάνει το μη-συνυπολογισμό της συμβολής του υδροηλεκτρικού εργοστασίου του Αώου στο ενεργειακό σύστημα της περιοχής, διότι σε μια τέτοια περίπτωση θα έπρεπε να διαμορφωθεί ένα πολύπλοκο υποθετικό σενάριο, με αμφίβολη εφαρμοσιμότητα σε μια έρευνα κοινής γνώμης μεταξύ μη-ειδικών.

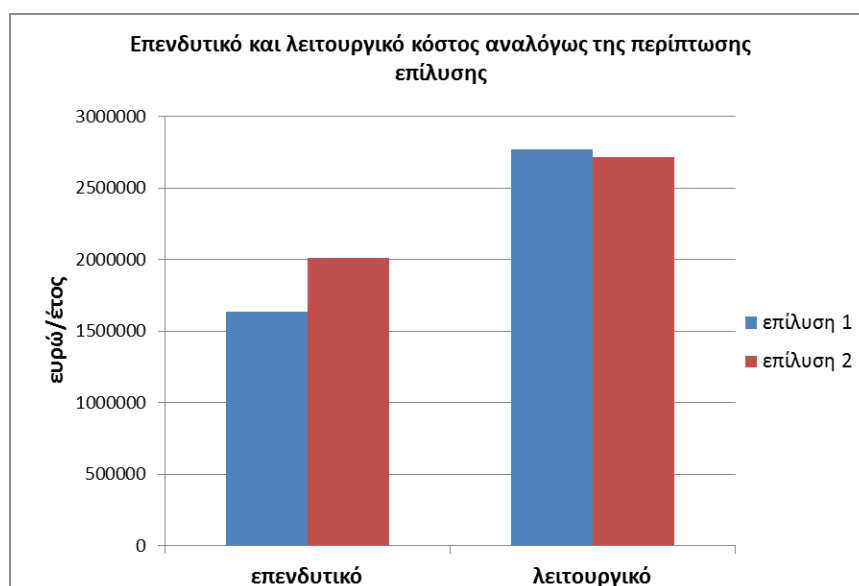
Για τη διευκόλυνση της περιγραφής ακολουθείται η ακόλουθη κωδικοποίηση:

- Ενεργειακός σχεδιασμός βάσει της προσέγγισης της ζημιόγνου συνάρτησης: Επίλυση 1
- Ενεργειακός σχεδιασμός βάσει της άμεσης περιβαλλοντικής αποτίμησης: Επίλυση 2

Το βασικό συμπέρασμα που ανακύπτει συγκρίνοντας τις δύο περιπτώσεις, είναι ότι ο πυρήνας των βέλτιστων λύσεων δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις. Ως προς το τμήμα ηλεκτροπαραγωγής το μοντέλο οδηγείται και στις δύο επιλύσεις στην πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων χρήσης αολικής και υδροηλεκτρικής ενέργειας. Αθροιστικά οι δύο αυτές μορφές ενέργειας προσφέρουν το 80% της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα. Οι διαφορές έγκεινται στην κάλυψη του υπολειπόμενου 20% της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται. Στην Επίλυση 1 το ποσοστό αυτό καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από το διασυνδεδεμένο σύστημα. Στην Επίλυση 2 συμμετέχουν στην κάλυψη του ποσοστού αυτού και τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

(στις στέγες) και η συμπαραγωγή μέσω καύσης βιοαερίου. Αναφορικά με το σκέλος της παραγωγής θερμικής ενέργειας, η μόνη διαφορά συνίσταται στο ότι στην επίλυση 2 ένα ποσοστό 7% της απαιτούμενης ενέργειας καλύπτεται από συμπαραγωγή μέσω καύσης βιοαερίου. Αυτή η διαφοροποίηση οδηγεί και σε μικρές αλλαγές στα ποσοστά συμμετοχής των άλλων τεχνολογικών στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα. Κοινά χαρακτηριστικά των επιλύσεων αποτελούν η πλήρης αξιοποίηση των δυνατοτήτων ΕΞΕ και η εξάντληση των δυνατοτήτων χρήσης ξυλώδους βιομάζας μέσω των υφιστάμενων και νέων λεβήτων καυσόξυλων.

Ο κοινός πυρήνας των δύο επιλύσεων αποτυπώνεται και στις συναρτήσεις κόστους / οφέλους. Η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης (συνολικό κόστος) διαφέρει κατά 8,4% μεταξύ των δύο επιλύσεων. Στο Διάγραμμα 6.45 αποτυπώνονται οι διαφορές στο επενδυτικό και το λειτουργικό. Το επενδυτικό κόστος διαφέρει κατά 18% και το λειτουργικό κόστος κατά 2%. Στην Επίλυση 2 δημιουργείται μία επιπλέον θέση εργασίας. Η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στο επενδυτικό κόστος και αυτό οφείλεται στο ότι οι συνθήκες και οι περιορισμοί της Επίλυσης 2 απαιτούν την πραγματοποίηση επιπλέον επενδύσεων (φωτοβολταϊκά στις στέγες).



**Διάγραμμα 6.45.** Επενδυτικό και λειτουργικό κόστος βέλτιστων λύσεων στις δύο περιπτώσεις επίλυσης του μοντέλου ενεργειακής βελτιστοποίησης στο Μέτσοβο

Συνεπώς, αν και σε απόλυτες τιμές το περιβαλλοντικό όφελος όπως υπολογίζεται από τις δύο μεθόδους περιβαλλοντικής αποτίμησης παρουσιάζει σημαντική απόκλιση (825.000€ στην Επίλυση 1 και 380.000€ στην Επίλυση 2), το τελικό αποτέλεσμα ως προς τον ενεργειακό σχεδιασμό δεν διαφέρει σημαντικά. Αυτό οφείλεται, σε σημαντικό βαθμό, στις θεμελιώδεις διαφορές των δύο προσεγγίσεων. Πάντως, το γεγονός ότι, χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικές μεθόδους αποτίμησης, οι βασικές κατευθύνσεις του ενεργειακού σχεδιασμού δεν μεταβάλλονται, αποτελεί ενθαρρυντικό στοιχείο για την αξιοπιστία χρήσης μονοκριτήριων μεθόδων βελτιστοποίησης, μονεταριστικής βάσης, αφού δίνει ευελιξία στην εφαρμογή των μεθόδων χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στη βέλτιστη λύση, τουλάχιστον στην περίπτωση αυτή.

## 6.8 Σύνοψη αποτελεσμάτων ενεργειακού σχεδιασμού στο Μέτσοβο

Το βασικό πλαίσιο συμπερασμάτων που προκύπτει με βάση όσα παρουσιάστηκαν στις Ενότητες 6.6 και 6.7, αναφορικά με τον ενεργειακό σχεδιασμό στην ορεινή πόλη του Μετσόβου έχει ως εξής:

### Ως προς τη δομή του βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος

Η συμμετοχή των ΑΠΕ στο βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα είναι ιδιαίτερα διευρυμένη, σε ποσοστά άνω του 70%. Αξιοποιούνται σχεδόν συνολικά οι δυνατότητες ΕΞΕ που προκύπτουν από την αναβάθμιση των θερμοτεχνικών χαρακτηριστικών των κτιρίων. Εξαντλούνται τα περιθώρια χρήσης της τοπικά διαθέσιμης βιομάζας. Αξιοποιείται στο μέγιστο δυνατό βαθμό η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια. Τα φωτοβολταϊκά αποτελούν τμήμα της βέλτιστης λύσης μόνο στην περίπτωση της Επίλυσης 2 και υπό τη μορφή αυτόνομων συστημάτων.

### Ως προς τα κόστη των βέλτιστων λύσεων

Για την αναδόμηση του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου απαιτούνται επενδύσεις με ετήσιο ισοδύναμο κόστος της τάξης των 1.500.000€ (μέσος όρος των περιπτώσεων επίλυσης). Η βελτιστοποίηση συνεπάγεται σημαντική μείωση στο ετήσιο κόστος συντήρησης και λειτουργίας του ενεργειακού συστήματος (κατά μέσο όρο 40% σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση). Έτσι, προκύπτει ότι οι απαιτούμενες επενδύσεις είναι βιώσιμες με το ετήσιο οικονομικό όφελος να κυμαίνεται, κατά μέσο όρο, στα 320.000€.

### Ως προς τη βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος του ενεργειακού συστήματος

Η διευρυμένη συμμετοχή των ΑΠΕ και της ΕΞΕ, που προκύπτει από την επίλυση του μοντέλου βελτιστοποίησης, συνεπάγεται συνολική αναβάθμιση της περιβαλλοντικής απόδοσής του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου. Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> μειώνονται σε ποσοστά άνω του 80%. Σε μονεταριστική βάση αυτό εκφράζεται σε ετήσιο όφελος της τάξης των 600.000€ (μέσος όρος των περιπτώσεων επίλυσης).

### Ως προς την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας

Η βελτιστοποίηση του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου οδηγεί στην αποφυγή του κινδύνου της ενεργειακής φτώχειας. Συγκεκριμένα, ενώ τα νοικοκυριά της περιοχής χρειάζεται, κατά μέσο όρο, να δαπανούν 18% του εισοδήματός τους για ενεργειακές δαπάνες, εάν αναδομηθεί το ενεργειακό σύστημα της περιοχής το ποσοστό αυτό θα μειωθεί στο 7%. Η μείωση των ενεργειακών δαπανών των νοικοκυριών κατά 55% προκύπτει από την εφαρμογή τεχνικών ΕΞΕ. Σημειώνεται ότι είναι χρήσιμο να μειωθούν οι τιμές του πετρελαίου θέρμανσης σε σχέση με τα επίπεδα του 2012, προκειμένου η αποφυγή της ενεργειακής φτώχειας να μη βασίζεται αποκλειστικά στην ΕΞΕ και τη βιομάζα, η εκτεταμένη χρήση της οποίας μπορεί να έχει δευτερογενείς αρνητικές επιπτώσεις στα δάση της περιοχής καθώς και στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού των κατοίκων.

### Ως προς την τόνωση της απασχόλησης

Οι ενεργειακές επενδύσεις οδηγούν στη δημιουργία ικανού αριθμού θέσεων εργασίας (συνολικά έως 12 νέες θέσεις εργασίας), ώστε να μειωθεί κατά μία μονάδα η ανεργία στην περιοχή, η οποία ανερχόταν σε 12%, σύμφωνα με τις πρωτογενείς έρευνες που πραγματοποιήθηκαν.

### **Ως προς τη στάση του κοινού απέναντι στα ενεργειακά ζητήματα**

Από τις δύο έρευνες υποθετικής αξιολόγησης που διενεργήθηκαν στην περιοχή για την αποτίμηση του περιβαλλοντικού οφέλους από τη χρήση των ΑΠΕ, προέκυψε ότι η κοινή γνώμη στέκεται υποστηρικτικά απέναντι στο ενδεχόμενο ανάπτυξής τους στην περιοχή. Συγκεκριμένα, οι κάτοικοι του Μετσόβου θεωρούν ότι οι ΑΠΕ είναι ωφέλιμες για την προστασία του περιβάλλοντος και δέχονται, σχεδόν συνολικά, να εγκαταστήσουν κάποια φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή τεχνολογία στην κατοικία τους. Κατά πλειοψηφία θα στήριζαν οικονομικά την προσπάθεια ανάπτυξης των ΑΠΕ στην περιοχή με στόχο την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διείσδυσή τους στο τοπικό ενεργειακό σύστημα. Οι επισκέπτες του Μετσόβου θεωρούν ότι η ανάπτυξη των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές είναι συμβατή με τη φυσιογνωμία τους και θεωρούν ιδιαίτερα σημαντικό οι τουριστικοί προορισμοί να διαθέτουν υποδομές προστασίας του περιβάλλοντος και τα τουριστικά καταλύματα να διαθέτουν συστήματα ΑΠΕ και ΕΞΕ.

## Κεφάλαιο 7. Ενεργειακός σχεδιασμός σε ένα θεωρητικό μοντέλο οικισμού

Η ανάλυση της επίδρασης των χαρακτηριστικών της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών, καθώς και η επέκταση / γενίκευση των συμπερασμάτων που προέκυψαν από τον ενεργειακό σχεδιασμό στο Μέτσοβο, στηρίχθηκαν στη βελτιστοποίηση της χρήσης ενεργειακών πόρων σε ένα θεωρητικό μοντέλο οικισμού.

### 7.1 Διαμόρφωση του θεωρητικού οικισμού

Ο θεωρητικός οικισμός σχεδιάστηκε, ώστε να έχει χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν σε μια «μέση κατάσταση» των ελληνικών οικισμών, προκειμένου να αντικατοπτρίζεται με το καλύτερο δυνατό τρόπο η πραγματικότητα της χώρας. Έτσι, τα κύρια στοιχεία που συνιστούν το θεωρητικό οικισμό επελέγησαν ως ακολούθως:

- **Πληθυσμός, αριθμός νοικοκυριών:** Αν και στον ελληνικό χώρο παρατηρείται υπερσυγκέντρωση του πληθυσμού στην περιοχή της Αττικής και δευτερευόντως στη Θεσσαλονίκη, η μεγάλη πλειονότητα των ελληνικών οικισμών έχουν λιγότερους από 10.000 κατοίκους (ΕΣΥΕ 2009). Συνδυάζοντας το στοιχείο αυτό με το ότι οι μεγάλες, «ζωντανές» δημοτικές ενότητες σε υψόμετρα άνω των 800m, έχουν κατά μέσο όρο 6.000 κατοίκους (Μπασσιούκα 2011), επιλέγεται ο οικισμός - μοντέλο να έχει 6.000 κατοίκους. Θεωρώντας ότι το μέσο νοικοκυριό έχει 4 μέλη, ο αριθμός νοικοκυριών του θεωρητικού οικισμού λαμβάνεται ίσος με 1.500.
- **Ηλικιακή κατανομή των κατοικιών:** Η ηλικιακή κατανομή των κτιρίων του θεωρητικού οικισμού θεωρείται ίδια με το μέσο όρο της χώρας, όπως προκύπτει από την απογραφή του 2001.



**Διάγραμμα 7.1.** Ποσοστιαία κατανομή κατοικιών θεωρητικού οικισμού σε ηλικιακές κατηγορίες

- **Μέγεθος των κατοικιών:** Θεωρήθηκε ότι οι κατοικίες του θεωρητικού οικισμού έχουν εμβαδόν 80m<sup>2</sup>, τιμή που θεωρείται ότι αντιστοιχεί στη μέση ελληνική κατοικία, σύμφωνα με τις απογραφές και άλλες μελέτες (Federcasa 2006).
- **Εισόδημα νοικοκυριών:** Σύμφωνα με έκθεση της ΕΛΣΤΑΤ, για το 2010 το μέσο εισόδημα των νοικοκυριών στην Ελλάδα ανερχόταν σε 24.224,38€<sup>10</sup>. Αυτό το μέγεθος θεωρήθηκε ότι ανταποκρίνεται στο μέσο εισόδημα των νοικοκυριών του θεωρητικού οικισμού.

Για τον υπολογισμό των ενεργειακών καταναλώσεων θεωρήθηκε ότι τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά των κτιρίων είναι όμοια με τις εκτιμήσεις που έχουν γίνει για το κτιριακό απόθεμα της Ελλάδας σε μελέτες, όπως των Balaras et al. (2007). Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα ερευνών με την υπολογιστική προσομοίωση μιας τυπικής κατοικίας 80m<sup>2</sup> στο ενεργειακό λογισμικό Era-Cad της εταιρίας Ti-soft, προέκυψαν οι συνολικοί συντελεστές μεταφοράς θερμότητας του κτιριακού κελύφους για τις διάφορες ηλικιακές κατηγορίες των κατοικιών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.1.

**Πίνακας 7.1.** Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας κατοικιών θεωρητικού οικισμού

Ηλικιακή κατηγορία	Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (W/°C)
προ 1960	433,35
1960 - 1970	443,85
1970 - 1981	434,19
1981 - 1995	259,58
μετά 1995	242,59

Ο υπολογισμός των θερμικών και ψυκτικών αναγκών έγινε με τη μέθοδο των βαθμομερών. Υποτέθηκε ότι ο θεωρητικός οικισμός βρίσκεται σε διάφορα υψόμετρα (από 50m έως 1500m) και αξιοποιήθηκε η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ βαθμομερών και υψόμετρου που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 5 για τον υπολογισμό των βαθμομερών σε κάθε υψόμετρο. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών αποτυπώνονται στον Πίνακα 7.2. Ο υπολογισμός της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας των νοικοκυριών θεωρήθηκε ότι είναι το άθροισμα των ηλεκτρικών καταναλώσεων για την κάλυψη των ψυκτικών αναγκών και των ηλεκτρικών καταναλώσεων για την τροφοδοσία των ηλεκτρικών συσκευών. Έγινε η παραδοχή ότι δεν χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια για παραγωγή θερμότητας. Ακολουθώντας τις προσεγγίσεις που έχουν παρουσιαστεί και στο Κεφάλαιο 5, θεωρήθηκε ότι για χρήσεις εκτός ψύξης / θέρμανσης, κατά μέσο όρο, απαιτούνται 3MWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως σε κάθε νοικοκυριό. Η ηλεκτρική κατανάλωση για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος θεωρήθηκε ότι πραγματοποιείται με αντλίες θερμότητας με παράμετρο απόδοσης (EER) ίση με 2. Αυτή η τιμή είναι χαμηλή, τη στιγμή που οι περισσότερες αντλίες θερμότητας λειτουργούν με EER τουλάχιστον 3, εφ' όσον είναι υψηλής ενεργειακής κλάσης. Όμως, προτιμήθηκε μια χαμηλή τιμή για το EER, ώστε να καλυφθεί μια δυσμενέστερη περίπτωση όσον αφορά στο ύψος της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

<sup>10</sup> Από το 2007 το ΑΕΠ της Ελλάδας βρίσκεται σε καθοδική τροχιά με αποτέλεσμα, κάθε χρόνο, να παρουσιάζεται μείωση των εισοδημάτων των νοικοκυριών. Το 2011, για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία, το εισόδημα των νοικοκυριών ήταν μειωμένο κατά 11% σε σχέση με το 2010. Παρ' όλα αυτά, για τη διαμόρφωση του θεωρητικού οικισμού κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί το εισόδημα του 2010, ώστε να υπάρχει μια πιο ισορροπημένη εικόνα.



**Πίνακας 7.2.** Βαθμομημέρες θέρμανσης και ψύξης, ζήτηση θέρμανσης και ψύξης στο θεωρητικό οικισμό, συναρτήσεις του υψομέτρου

Υψόμετρο	Βαθμομημέρες θέρμανσης	Βαθμομημέρες ψύξης	Ανάγκες θέρμανσης οικισμού (MWh)	Ανάγκες ψύξης οικισμού (MWh)
50	959	676	13.139	9.261
200	1.182	610	16.188	8.362
400	1.479	523	20.253	7.163
600	1.775	435	24.318	5.964
800	2.072	348	28.384	4.765
1.000	2.369	260	32.449	3.566
1.200	2.666	173	36.514	2.367
1.500	3.111	41	42.613	568

Επιπλέον, προτιμήθηκε ο ενεργειακός σχεδιασμός στο θεωρητικό οικισμό να συμπεριλάβει και τα ηλεκτρικά φορτία του τριτογενούς τομέα, όπως και στην περίπτωση του Μετσόβου. Ένας οικισμός των 6.000 κατοίκων, με τα ελληνικά δεδομένα, διαθέτει σημαντική υποδομή σε υπηρεσίες και εμπορικά καταστήματα και περιορισμένη βιοτεχνική – βιομηχανική δραστηριότητα. Έτσι, έγινε η παραδοχή ότι στο θεωρητικό οικισμό, εκτός από τον οικιακό τομέα, υπάρχει ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και στον τριτογενή τομέα, η οποία και πρέπει να καλυφθεί από το ενεργειακό σύστημα προς βελτιστοποίηση. Με βάση τα στοιχεία της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), για το 2008, το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στον οικιακό τομέα είναι 30,8% και στον τριτογενή τομέα 27,4%. Τα ποσοστά αυτά αξιοποιήθηκαν για να υπολογιστούν τα συνολικά ηλεκτρικά φορτία του θεωρητικού οικισμού, τα οποία αναφέρονται στον Πίνακα 7.3.

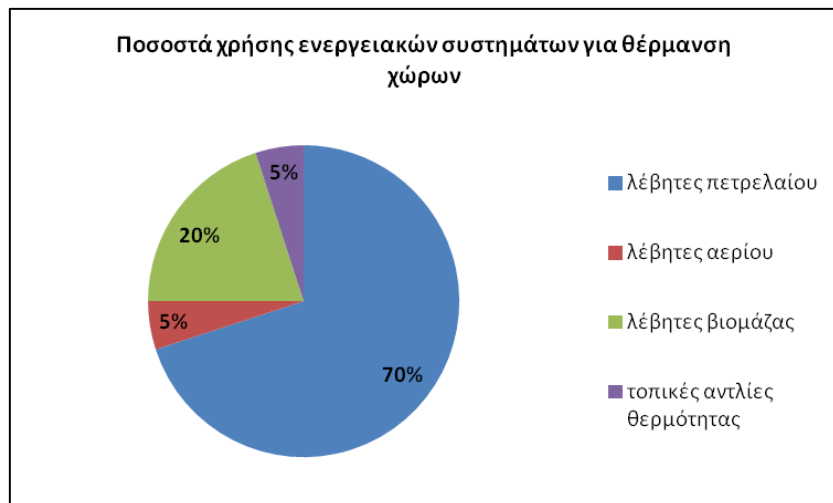
**Πίνακας 7.3.** Ζήτηση ηλεκτρισμού στον οικιακό και τον τριτογενή τομέα, στον θεωρητικό οικισμό, αναλόγως του υψομέτρου

Υψόμετρο	Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα (MWh)	Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στον τριτογενή τομέα (MWh)	Συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)
50	9.131	8.123	17.253
200	8.681	7.723	16.404
400	8.082	7.189	15.271
600	7.482	6.656	14.138
800	6.882	6.123	13.005
1.000	6.283	5.589	11.872
1.200	5.683	5.056	10.739
1.500	4.784	4.256	9.040

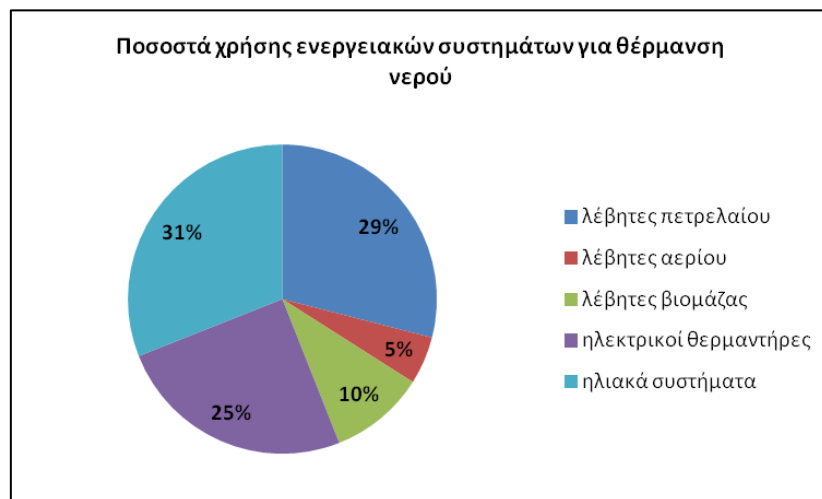
Όσον αφορά στις ανάγκες ζεστού νερού χρήσης, αυτές υπολογίστηκαν με βάση τα προβλεπόμενα στον ΚΕΝΑΚ και τις σχετικές ΤΟΤΕΕ, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι κάθε νοικοκυριό έχει 4 μέλη. Για λόγους απλοποίησης, θεωρήθηκε ότι η θερμοκρασία του νερού του δικτύου δε μεταβάλλεται, στα διάφορα

υψόμετρα και χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές θερμοκρασίας που αντιστοιχούν στη Β' κλιματική ζώνη. Έτσι, προέκυψε ότι η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης για το θεωρητικό οικισμό ανάγεται σε 3.000MWh θερμικής ενέργειας, σε ετήσια βάση.

Για να εκτιμηθεί το κόστος κάλυψης των ενεργειακών αναγκών του θεωρητικού οικισμού θεωρήθηκε ότι οι ανάγκες σε ηλεκτρισμό βασίζονται στο διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο καλύπτει όλη την ηπειρωτική Ελλάδα και την Εύβοια και ότι τα θερμικά φορτία καλύπτονται με τον τρόπο που παρουσιάζεται στα Διαγράμματα 7.2 και 7.3.



**Διάγραμμα 7.2.** Ποσοστιαία συμμετοχή ενεργειακών τεχνολογιών στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση χώρων (Πηγή: Γιακουμή & Ιατρίδης 2009 και ίδια επεξεργασία)



**Διάγραμμα 7.3.** Ποσοστιαία συμμετοχή ενεργειακών τεχνολογιών στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση χώρων (Πηγή: Γιακουμή & Ιατρίδης 2009 και ίδια επεξεργασία)

Το κόστος λειτουργίας του ενεργειακού συστήματος του θεωρητικού οικισμού υπολογίζεται ακολουθώντας τα Διαγράμματα 7.2 και 7.3 και θεωρώντας ότι οι τιμές των καυσίμων είναι:

- Πετρέλαιο θέρμανσης: 1,2€/lit<sup>11</sup>
- Καυσόξυλα: 120€/tn
- Ηλεκτρισμός: 126€/MWh
- Φυσικό αέριο: 1,024€/m<sup>3</sup>

Επίσης, με βάση την κατανομή των τεχνολογιών κάλυψης των ενεργειακών αναγκών και τα περιβαλλοντικά κόστη που έχουν αναφερθεί στο Κεφάλαιο 6, προκύπτει και το περιβαλλοντικό κόστος από τη λειτουργία του υφιστάμενου ενεργειακού συστήματος του θεωρητικού οικισμού. Το λειτουργικό και περιβαλλοντικό κόστος του ενεργειακού συστήματος που ανταποκρίνεται στην υφιστάμενη κατάσταση αναφέρονται στον Πίνακα 7.4.

**Πίνακας 7.4.** Λειτουργικό κόστος κάλυψης ενεργειακών αναγκών του θεωρητικού οικισμού, αναλόγως του υψόμετρου

Υψόμετρο	Λειτουργικό κόστος (€/έτος)	Περιβαλλοντικό κόστος (€/έτος)
50	4.185.271	946.283
200	4.456.288	955.793
400	4.816.615	968.472
600	5.176.241	981.151
800	5.535.433	993.830
1.000	5.894.340	1.006.509
1.200	6.253.049	1.019.188
1.500	6.790.855	1.038.207

Με βάση την εργασία των Balaras et al. (2007) και διαπιστώσεις από την εμπειρία του γράφοντος στις ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων διαφόρων ηλικιακών κατηγοριών, έγινε η εκτίμηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας στα νοικοκυριά του θεωρητικού οικισμού, με επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος. Τα δυνητικά ποσοστά εξοικονόμησης ως προς την τελική ενεργειακή κατανάλωση δίνονται στον Πίνακα 7.5.

**Πίνακας 7.5.** Ποσοστά μείωσης ενεργειακής κατανάλωσης μέσω επεμβάσεων στο κτιριακό κέλυφος, αναλόγως της ηλικιακής κατηγορίας των κτιρίων

Ηλικία κτιρίων	ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΞΕ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ		
	Θερμομόνωση τοίχων	Θερμομόνωση οροφών	Αντικατάσταση κουφωμάτων
προ 1960	45%	15%	20%
1960 - 1970	45%	15%	25%
1970 - 1981	35%	6%	15%
1981 - 1995	20%	3%	15%
μετά 1995	15%	3%	10%

<sup>11</sup> Όπως και για την περίπτωση των εισοδημάτων των νοικοκυριών, για να υπάρχει μια πιο ισορροπημένη εκτίμηση, η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης δε θεωρήθηκε ίση με την τιμή του χειμώνα του 2012 (1,4€/lit), η οποία είναι εξαιρετικά διογκωμένη, τόσο λόγω της υψηλής φορολογίας όσο και των γενικά αυξημένων διεθνών τιμών των καυσίμων

Όσον αφορά στο δυναμικό ΑΠΕ του θεωρητικού οικισμού έγιναν δύο βασικές υποθέσεις για την επίλυση του μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού. Κατά την πρώτη θεωρήθηκε ότι υπάρχει αφθονία δυναμικού ΑΠΕ, ενώ κατά τη δεύτερη – και πιο ρεαλιστική προσέγγιση – θεωρήθηκε ότι το δυναμικό είναι περιορισμένο. Το μέγεθος του δυναμικού ΑΠΕ θεωρήθηκε ότι πρέπει να ανταποκρίνεται σε ένα μέσο μέγεθος αξιοποιήσιμου δυναμικού των διάφορων τεχνολογιών ΑΠΕ στην Ελλάδα, το οποίο προκύπτει από το εθνικό σχέδιο δράσης για τις ΑΠΕ και διάφορες τεχνικές εκθέσεις. Όσον αφορά στο δυναμικό βιομάζας για παραγωγή θερμότητας συνεκτιμήθηκαν τα δεδομένα από τον Απολογισμό των Δασικών Υπηρεσιών για το 2008 (που δίνουν το ενεργειακό περιεχόμενο των παραγόμενων στην Ελλάδα καυσόξυλων), από υπολογισμούς για το δυναμικό των υπολειμμάτων βιομάζας και τα στοιχεία της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας στον οικιακό τομέα. Έτσι, υπολογίστηκε το ποσοστό κάλυψης των θερμικών αναγκών της χώρας που μπορεί, κατά μέσο όρο, να καλυφθεί από βιομάζα.

Πιο συγκεκριμένα, το εθνικό σχέδιο δράσης για τις ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, θέτει ως στόχο την παραγωγή του 40% της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, μέχρι το 2020. Συνδυάζοντας το ποσοστό αυτό με τους στόχους για τις επιμέρους τεχνολογίες ΑΠΕ, καθώς και άλλες εκτιμήσεις (Παπαντώνης 2008, ΕΛΕΤΑΕΝ 2009, ΥΠΑΝ 2009, Τσελεπής 2010) για τις δυνατότητες αξιοποίησης των ΑΠΕ στην Ελλάδα, εκτιμήθηκαν τα ποσοστά της ηλεκτρικής ζήτησης που μπορούν να καλυφθούν από διάφορες μορφές ΑΠΕ:

- 25% από αιολική ενέργεια
- 18% από μικρά υδροηλεκτρικά
- 10% από φωτοβολταϊκά

Το ποσό ενέργειας, στο οποίο αναφέρονται τα ανωτέρω ποσοστά, προκειμένου να προκύψουν συγκεκριμένες τιμές δυναμικού για το θεωρητικό οικισμό, υπολογίστηκε, ακολουθώντας τις εκτιμήσεις της ΡΑΕ για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας συνολικά στη χώρα και στους διάφορους τομείς δραστηριότητας. Έτσι, για έναν οικισμό 6.000 κατοίκων, όπως ο θεωρητικός οικισμός που δημιουργήθηκε, μια αντιπροσωπευτική τιμή για τη συνολική κατανάλωση ενέργειας προέκυψε αυτή των 17.300MWh/έτος.

Με ανάλογο τρόπο εκτιμήθηκε και η δυναμικότητα των τεχνολογιών βιομάζας για παραγωγή θερμότητας. Αναζητήθηκαν στοιχεία για το συνολικό δυναμικό βιομάζας της Ελλάδας το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά είτε μέσω καύσης είτε μέσω παραγωγής βιοαερίου. Για την ξυλώδη βιομάζα, κατάλληλη για καύση, με βάση στοιχεία του ΚΑΠΕ και του Απολογισμού των Δασικών Υπηρεσιών του 2008, προκύπτει ότι μπορεί να καλύψει περίπου το 20% των θερμικών αναγκών του οικιακού τομέα της χώρας. Τα διαθέσιμα στοιχεία για το συνολικό δυναμικό του βιοαερίου (Σιούλας 2009), υποδεικνύουν ότι η αξιοποίηση του για παραγωγή θερμικής ενέργειας, μπορεί να καλύψει το 5% των αναγκών του οικιακού τομέα. Ως τιμή αναφοράς για τις θερμικές ανάγκες χρησιμοποιήθηκε αυτή των 18.800MWh/έτος, η οποία ανταποκρίνεται στη μέση ζήτηση για έναν οικισμό 6.000 κατοίκων, με βάση τις γενικές εκτιμήσεις για το ενεργειακό σύστημα της χώρας (ΥΠΑΝ 2009).

Αν επιπλέον θεωρηθεί ότι, μέσω τεχνολογιών συμπαραγωγής με συντελεστή συμπαραγωγής 22% για την ξυλώδη βιομάζα και 30% για το βιοαέριο, παράγεται και ηλεκτρική ενέργεια από την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας, τότε οι δυναμικότητες, που τελικά προκύπτουν για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας από τις διάφορες ΑΠΕ, στο θεωρητικό οικισμό δίνονται από τον Πίνακα 7.6.

**Πίνακας 7.6.** Δυναμικότητα παραγωγής ενέργειας από τις διάφορες τεχνολογίες ΑΠΕ στο θεωρητικό οικισμό

Πηγή ενέργειας	Δυναμικότητα ηλεκτρισμού (MWh)	Δυναμικότητα θερμότητας (MWh)
Αιολικά	4.325	-
Μικρά υδροηλεκτρικά	3.114	-
Φωτοβολταϊκά	1.730	-
Ξυλώδης βιομάζα	827	3.760
Βιοαέριο	280	940

## 7.2 Συναρτήσεις κόστους και αντικειμενική συνάρτηση

Στην περίπτωση του ενεργειακού σχεδιασμού στο θεωρητικό οικισμό, η αντικειμενική συνάρτηση αποτελείται από 16 μεταβλητές απόφασης, οι οποίες εκφράζουν τα ετήσια ποσά ενέργειας που συνεισφέρουν στο ενεργειακό σύστημα οι ενεργειακές τεχνολογίες που αντιστοιχούν σε αυτές τις μεταβλητές. Στον Πίνακα 7.7. αναφέρονται οι ενεργειακές τεχνολογίες που λαμβάνονται υπ' όψιν στο ενεργειακό σχεδιασμό, η κατηγοριοποίησή τους (ΑΠΕ, ΕΞΕ, συμβατικές) και η ενεργειακή χρήση για την οποία αξιοποιούνται.

Το επιτόκιο προεξόφλησης, για την αναγωγή των συναρτήσεων κόστους σε ετήσια βάση, όπως και στην περίπτωση του Μετσόβου λαμβάνεται ίσο με 5% για τις κεντρικές ενεργειακές μονάδες και 10% για τις ενεργειακές επενδύσεις σε επίπεδο κατοικίας.

**Πίνακας 7.7.** Ενεργειακές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στον ενεργειακό σχεδιασμό του θεωρητικού οικισμού και αρίθμηση αντίστοιχων μεταβλητών απόφασης

Ενεργειακή Τεχνολογία	Κατηγορία	Χρήση	Αριθμός αντίστοιχης μεταβλητής απόφασης
Αιολική ενέργεια	ΑΠΕ	Ηλεκτρισμός	1
Υδροηλεκτρική ενέργεια	ΑΠΕ	Ηλεκτρισμός	2
Φωτοβολταϊκά	ΑΠΕ	Ηλεκτρισμός	3
Ηλεκτροπαραγωγή από συμπαραγωγή με καύση ξυλώδους βιομάζας	ΑΠΕ	Ηλεκτρισμός	4
Ηλεκτροπαραγωγή από συμπαραγωγή με καύση βιοαερίου	ΑΠΕ	Ηλεκτρισμός	5
Θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες	ΑΠΕ	Θερμότητα	6
Συστοιχία θερμικών ηλιακών συλλεκτών για υποβοήθηση κεντρικής θέρμανσης	ΑΠΕ	Θερμότητα	7
Λέβητες καυσόξυλων	ΑΠΕ	Θερμότητα	8
Λέβητες pellets	ΑΠΕ	Θερμότητα	9
Τηλεθέρμανση από καύση ξυλώδους βιομάζας	ΑΠΕ	Θερμότητα	10
Τηλεθέρμανση από καύση βιοαερίου	ΑΠΕ	Θερμότητα	11
Θερμομόνωση τοίχων / οροφών	ΕΞΕ	Θερμότητα	12
Αντικατάσταση κουφωμάτων	ΕΞΕ	Θερμότητα	13
Διασυνδεδεμένο δίκτυο ηλεκτρισμού	Συμβατική	Ηλεκτρισμός	14
Λέβητες πετρελαίου	Συμβατική	Θερμότητα	15
Λέβητες φυσικού αερίου	Συμβατική	Θερμότητα	16

### 7.2.1 Συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης

Η διαμόρφωση των συναρτήσεων για το κόστος εγκατάστασης ακολούθησε την ίδια λογική και βασίστηκε, κατά το μεγαλύτερο μέρος, στα ίδια στοιχεία με την περίπτωση του ενεργειακού σχεδιασμού στο Μέτσοβο, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 6.

#### Αιολική ενέργεια

Έγινε η παραδοχή ότι εγκαθίστανται ανεμογεννήτριες με ονομαστική ισχύ 500kW. Η μέση ετήσια ταχύτητα του αέρα ελήφθη ίση με 7m/sec και ο συντελεστής χρησιμοποίησης ίσος με 25%. Υπολογίστηκε ότι από κάθε ανεμογεννήτρια παράγονται 1432MWh ωφέλιμης ηλεκτρικής ενέργειας, σε ετήσια βάση (σχέση 6.1). Έτσι, η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης, με κόστος εγκατάστασης 1.300€/kW, είναι  $K_{inst,1}=36,31X_1$ .

## Υδροηλεκτρική ενέργεια

Όσον αφορά στην αξιοποίηση των υδατοπτώσεων, γίνεται κατ' αρχήν η παραδοχή ότι αυτή πραγματοποιείται μέσω μικρών υδροηλεκτρικών έργων, στο πλαίσιο της φιλοσοφίας ήπιας ανάπτυξης του τοπικά διαθέσιμου δυναμικού, όπως και στην περίπτωση του Μετσόβου. Σημειώνεται ότι ως μικρά νοούνται, στις περισσότερες περιπτώσεις, τα υδροηλεκτρικά έργα τα οποία έχουν ισχύ κάτω των 10MW (Παπαντώνης 2008).

Το κόστος εγκατάστασης των μικρών υδροηλεκτρικών έργων, εάν το ύψος της υδατόπτωσης είναι μεγαλύτερο από 20m, εκτιμάται στα 1.700€/kW, όπως και στην περίπτωση του Μετσόβου. Η μονάδα ισχύος αναφέρεται στην εγκατεστημένη ισχύ των υδροστροβίλων.

Για τον υπολογισμό της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής, γίνονται οι ακόλουθες παραδοχές:

- Μέση ετήσια παροχή υδατορεύματος: 1,4m<sup>3</sup>/sec
- Υδραυλική πτώση: 100m
- Συνολικός βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης: 72%
- Συντελεστής χρησιμοποίησης: 40%

Έτσι, η ωφέλιμη ισχύς της εγκατάστασης προκύπτει ίση με 1MW και η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι 3500MWh. Συνεπώς, η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης μιας μικρής υδροηλεκτρικής μονάδας θα είναι:  $K_{inst,2}=38,86X_2$ .

## Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πλαίσια

Όπως και στο Κεφάλαιο 6, το κόστος εγκατάστασης θεωρήθηκε πως ανέρχεται σε 1.300€/kW. Η ισχύς μιας τυπικής μονάδας υποτέθηκε ότι είναι 150kW. Όσον αφορά στην ενεργειακή παραγωγή έγινε η παραδοχή ότι στην Ελλάδα, κατά μέσο όρο, από 1kW φωτοβολταϊκής ισχύος παράγονται 1,4MWh ωφέλιμης ηλεκτρικής ενέργειας, ακολουθώντας τα δεδομένα του PVGIS και εφ' όσον η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι αυτή του πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Οπότε, η συνάρτηση κόστους των φωτοβολταϊκών πλαισίων διαμορφώνεται ως  $K_{inst,3}=71,89X_3$ .

## Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καύσης ξυλώδους βιομάζας

Στις περιπτώσεις αξιοποίησης βιομάζας σε κεντρικές μονάδες έχει υποτεθεί ότι η εκμετάλλευση γίνεται μέσω συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, όπως και στο Μέτσοβο. Το τυπικό μέγεθος της μονάδας υποτέθηκε ότι είναι 1MW και το κόστος εγκατάστασής του 3.000€/kW. Με τις παραδοχές που έχουν γίνει στο Κεφάλαιο 6, η ισχύς του τμήματος ηλεκτροπαραγωγής της τυπικής μονάδας προκύπτει ίση με 174kW, ενώ η ενεργειακή της παραγωγή ανέρχεται σε 1.219MWh/έτος.

Συνεπώς, η συνάρτηση κόστους που αντιστοιχεί στην ηλεκτροπαραγωγή, με καύση ξυλώδους βιομάζας, προκύπτει:  $K_{inst,4}=34,26X_4$ .

## Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καύσης βιοαερίου

Στην περίπτωση του βιοαερίου το κόστος του τμήματος ηλεκτροπαραγωγής θεωρήθηκε ίσο με 3.500€/kW (Λιαντινιώτη 2011). Η ισχύς ηλεκτροπαραγωγής προέκυψε ίση με 350kW, για την τυπική μονάδα και η ετήσια ηλεκτροπαραγωγή 2.453MWh.

Έτσι, η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης για ηλεκτροπαραγωγή μέσω καύσης βιοαερίου είναι:  
 $K_{inst,5}=39,95X_5$ .

Συνοψίζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα και θεωρώντας ότι η χρήση του διασυνδεδεμένου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, εφ' όσον υπάρχει, δεν απαιτεί κόστος εγκατάστασης, διαμορφώνεται ο Πίνακας 7.8.

**Πίνακας 7.8.** Κόστος εγκατάστασης για τις τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής

Μεταβλητή απόφασης	Ενεργειακή Τεχνολογία	Κόστος εγκατάστασης (€/MWh*έτος)
1	Αιολική ενέργεια	36,31
2	Υδροηλεκτρική ενέργεια	38,86
3	Φωτοβολταϊκά πλαίσια	71,89
4	Ηλεκτροπαραγωγή μέσω καύσης ξυλώδους βιομάζας	34,26
5	Ηλεκτροπαραγωγή μέσω καύσης βιοαερίου	39,95
14	Διασυνδεδεμένο σύστημα	0,00

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης των συστημάτων που καλύπτουν τα θερμικά φορτία του θεωρητικού οικισμού. Εκτός από τα θερμικά ηλιακά συστήματα που καλύπτουν τις ανάγκες ζεστού νερού χρήσης, τα υπόλοιπα αποκεντρωμένα συστήματα διαφοροποιούνται ως προς τις συναρτήσεις κόστους εγκατάστασής τους στα διάφορα υψόμετρα. Αυτό συμβαίνει λόγω των μεταβολών των θερμικών αναγκών συναρτήσει του υψομέτρου, γεγονός που μεταβάλλει το αποτέλεσμα της αναγωγής του ετήσιου ισοδύναμου κόστους εγκατάστασης ανά μονάδα ενέργειας. Για τα αποκεντρωμένα συστήματα παραγωγής θερμικής ενέργειας (λέβητες βιομάζας, πετρελαίου, αερίου) γίνεται η παραδοχή ότι καλύπτουν τόσο τη ζήτηση για θέρμανση χώρων όσο και τη ζήτηση για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

#### **Θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες για θέρμανση νερού χρήσης**

Το κόστος εγκατάστασης έχει ληφθεί ίσο με 1.200€/kW, με βάση τιμοκαταλόγους εταιριών κατασκευής ηλιακών συστημάτων (Ηλιοακμή, Calpak), για θερμοσιφωνικά συστήματα κλειστού κυκλώματος. Η μονάδα ισχύος αναφέρεται στην ωφέλιμη θερμική ισχύ του συστήματος. Θεωρώντας ότι ένα τυπικό σύστημα έχει ωφέλιμη θερμική ισχύ ίση με 1 kW, τότε, παρά τις κατά τόπους διαφοροποιήσεις, μια αντιπροσωπευτική τιμή ετήσιας ενεργειακής παραγωγής για τις συνθήκες ηλιοφάνειας της Ελλάδας είναι αυτή των 1,4MWh, η οποία αντιστοιχεί στο 70% των αναγκών σε ζεστό νερό της τυπικής κατοικίας του θεωρητικού οικισμού

Άρα, η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης για τα απλά, θερμικά ηλιακά συστήματα, είναι:  
 $K_{inst,6}=99,43X_6$ .



## Συστοιχίες ηλιακών συλλεκτών για υποβοήθηση συστημάτων κεντρικής θέρμανσης και θέρμανση νερού χρήσης

Είναι δυνατή η υποβοήθηση των συστημάτων κεντρικής θέρμανσης μέσω συστοιχιών ηλιακών συλλεκτών που θερμαίνουν σε υψηλές θερμοκρασίες νερό, το οποίο στη συνέχεια αποθηκεύεται σε ταμειυτήρες (boilers) και διοχετεύεται σε θερμαντικά σώματα. Στις περιπτώσεις αυτές, συνήθως, χρησιμοποιούνται ηλιακοί συλλέκτες κενού, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα θέρμανσης του νερού σε υψηλές θερμοκρασίες.

Με βάση τα δεδομένα της ενεργειακής αγοράς για το 2012, εκτιμήθηκε ότι το κόστος εγκατάστασης ενός ολοκληρωμένου ηλιακού συστήματος θέρμανσης χώρων και νερού χρήσης, για μια κατοικία, με το μέγεθος των κατοικιών του θεωρητικού οικισμού, ανέρχεται 10.500€. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να καλύψει το 80% των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης μιας κατοικίας και ποσοστό των αναγκών για θέρμανση χώρων αναλόγως των μετεωρολογικών συνθηκών. Στην υπό μελέτη περίπτωση, θεωρήθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό κάλυψης των θερμικών απωλειών είναι 60% και μειώνεται συναρτήσει του υψόμετρου, λόγω αύξησης των φορτίων και των απωλειών προς το περιβάλλον (Πίνακας 7.9).

**Πίνακας 7.9.** Κόστος εγκατάστασης ηλιοθερμικών συστημάτων για θέρμανση χώρων και νερού χρήσης, στα διάφορα υψόμετρα

Υψόμετρο (m)	Ποσοστό κάλυψης αναγκών θέρμανσης χώρων (%)	Κόστος εγκατάστασης (€/MWh*έτος)
50	60	177,67
200	58	154,98
400	56	132,95
600	53	119,50
800	50	110,11
1.000	47	103,51
1.200	44	98,94
1.500	41	91,94

## Αποκεντρωμένα συστήματα θέρμανσης (λέβητες ξύλων, λέβητες pellets, λέβητες πετρελαίου, λέβητες αερίου)

Η εγκατάσταση ενός πλήρους συστήματος θέρμανσης, το οποίο θα χρησιμοποιεί ως καύσιμο πετρέλαιο, με υψηλή απόδοση, απαιτεί 2.930€. Το αντίστοιχο κόστος για ένα σύστημα, το οποίο θα βασίζεται σε λέβητα συμπυκνωμάτων με καύσιμο φυσικό αέριο, είναι 3.070€. Στο Κεφάλαιο 6 αναφέρθηκε ότι τα κόστη εγκατάστασης για τους λέβητες καυσόξυλων και τους λέβητες pellets είναι 3.520€ και 5.280€, αντίστοιχα. Συνδυάζοντας τα δεδομένα αυτά με τον Πίνακα 7.3, προκύπτουν οι συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης, των συστημάτων, στα διάφορα υψόμετρα, οι οποίες και συνοψίζονται στον Πίνακα 7.10.

**Πίνακας 7.10.** Κόστος εγκατάστασης αποκεντρωμένων συστημάτων θέρμανσης στα διάφορα υψόμετρα

Υψόμετρο (m)	Κόστος εγκατάστασης (€/MWh*έτος)			
	Λέβητες καυσόξυλων	Λέβητες pellets	Λέβητες πετρελαίου	Λέβητες αερίου
50	37,95	56,93	31,59	33,10
200	31,92	47,88	26,57	27,84
400	26,34	39,51	21,92	22,97
600	22,42	33,63	18,66	19,55
800	19,52	29,27	16,24	17,02
1.000	17,28	25,92	14,38	15,07
1.200	15,50	23,25	12,90	13,52
1.500	13,43	20,14	11,18	11,71

### Κεντρικές μονάδες τηλεθέρμανσης με αξιοποίηση βιομάζας

Στην περίπτωση της ξυλώδους βιομάζας, έχει θεωρηθεί ότι ο δείκτης συμπαραγωγής, δηλαδή το πηλίκο ηλεκτρικής προς θερμική ισχύ είναι 22%, με βάση τα τεχνικά εγχειρίδια των συστημάτων που εξετάστηκαν. Έτσι, εφ' όσον η ηλεκτρική ισχύς είναι 174kW, η ωφέλιμη θερμική ισχύς ανέρχεται σε 800kW, από τα οποία προκύπτουν, σε ετήσια βάση, 5.613MWh. Όταν η μονάδα στηρίζεται στο βιοαέριο, ο δείκτης συμπαραγωγής λαμβάνεται ίσος με 30% και έτσι προκύπτει ότι η αξιοποιήσιμη θερμική παραγωγή της τυπικής μονάδας είναι 8227MWh.

Οπότε, οι συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης για τις δύο αυτές περιπτώσεις διαμορφώνονται ως εξής:

- Τηλεθέρμανση με ξυλώδη βιομάζα:  $K_{inst,10}=99,43X_{10}$
- Τηλεθέρμανση με βιοαέριο:  $K_{inst,11}=99,43X_{11}$

### Τεχνικές παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας

Κύριο στοιχείο του εφαρμοζόμενου μοντέλου αποκεντρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού είναι η συμπερίληψη στο μοντέλο, ως μεταβλητών απόφασης, των ενεργειακών ποσών που μπορούν να εξοικονομηθούν με επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος. Οι επεμβάσεις περιλαμβάνουν θερμομόνωση τοίχων – οροφών και αντικατάσταση κουφωμάτων με ενεργειακά αποδοτικά.

Το κόστος πραγματοποίησης των μέτρων ΕΞΕ, ανά μονάδα επιφάνειας επεμβάσεων, έχει θεωρηθεί ίσο με 35€/m<sup>2</sup> για τη θερμομόνωση τοίχων και οροφών και 220€/m<sup>2</sup> για την αντικατάσταση κουφωμάτων.

Συνδυάζοντας τα κόστη αυτά με τους Πίνακες 7.3 και 7.5., διαμορφώνεται ο πίνακας 7.11, στον οποίο περιέχονται οι συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης για τις τεχνικές παθητικής ΕΞΕ.

**Πίνακας 7.11.** Κόστος πραγματοποίησης επεμβάσεων ΕΞΕ στο κτιριακό κέλυφος, στα διάφορα υψόμετρα

Υψόμετρο (m)	Κόστος πραγματοποίησης (€/MWh*έτος)	
	Θερμομόνωση	Κουφώματα
50	216,56	239,50
200	173,92	204,54
400	139,01	171,22
600	115,77	147,23
800	99,19	129,14
1.000	86,76	115,00
1.200	77,10	103,66
1.500	66,07	90,30

### 7.2.2 Συναρτήσεις κόστους συντήρησης και λειτουργίας

Για τη λειτουργία των κεντρικών ενεργειακών μονάδων έχει ακολουθηθεί η ίδια λογική με την περίπτωση του Μετσόβου, δηλαδή θεωρείται ότι η λειτουργία τους γίνεται με όρους κοινής ωφέλειας. Επίσης, έχουν γίνει οι ίδιες παραδοχές ως προς τις απαιτήσεις συντήρησης των μονάδων.

#### Μονάδες ηλεκτροπαραγωγής από αιολική, υδροηλεκτρική και ηλιακή ενέργεια

Το κόστος συντήρησης των μονάδων αυτών, εκτιμήθηκε ως ποσοστό επί του κόστους εγκατάστασης (Tourkolias & Mirasgedis 2011, Τσαλέμης et al. 2012):

- Αιολικά: 3%
- Υδροηλεκτρικά: 4%
- Φωτοβολταϊκά 2%

Έτσι, οι συναρτήσεις κόστους συντήρησης και λειτουργίας διαμορφώνονται ως εξής (σχέση 6.2):

- Αιολικά:  $K_{o/m,1}=77,61X_1$
- Υδροηλεκτρικά:  $K_{o/m,2}=82,78X_2$
- Φωτοβολταϊκά:  $K_{o/m,3}=146,01X_3$

#### Μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας

Η προσέγγιση του ετήσιου κόστους συντήρησης και λειτουργίας αυτών των μονάδων έγινε θεωρώντας ότι ανέρχεται στο 16% επί του κόστους εγκατάστασης. Οι συναρτήσεις κόστους συντήρησης και λειτουργίας είναι:

- Ηλεκτροπαραγωγή με ξυλώδη βιομάζα:  $K_{o/m,4}=76,42X_1$
- Ηλεκτροπαραγωγή με βιοαέριο:  $K_{o/m,5}=87,90X_2$

#### Θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες για θέρμανση νερού χρήσης

Θεωρήθηκε ότι ανά διετία, χρειάζονται περίπου 50€, προκειμένου να γίνουν μικροεπισκευές και τοποθετήσεις ανταλλακτικών στο σύστημα. Συνδυάζοντας αυτό με την ετήσια ενεργειακή παραγωγή (1,4MWh), προέκυψε ότι η συνάρτηση κόστους συντήρησης και λειτουργίας για τους απλούς συλλέκτες θέρμανσης νερού χρήσης είναι  $K_{o/m,6}=17,86X_6$ .

## Συστοιχίες ηλιακών συλλεκτών για υποβοήθηση συστημάτων κεντρικής θέρμανσης και θέρμανση νερού χρήσης

Σε ετήσια βάση, χρειάζεται ένα ποσό της τάξης των 100€, προκειμένου να συντηρείται από εξειδικευμένο τεχνίτη η εγκατάσταση και να τοποθετηθούν ανταλλακτικά εξαρτημάτων. Τα κόστη συντήρησης και λειτουργίας, ανηγμένα ανά μονάδα ωφέλιμης ενέργειας, δίνονται στον Πίνακα 7.12.

**Πίνακας 7.12.** Κόστος συντήρησης και λειτουργίας για τα ολοκληρωμένα ηλιακά συστήματα θέρμανσης χώρων και νερού χρήσης, στα διάφορα υψόμετρα

Υψόμετρο (m)	Κόστος συντήρησης και λειτουργίας (€/MWh*έτος)
50	14,59
200	12,72
400	10,92
600	9,81
800	9,04
1.000	8,50
1.200	8,12
1.500	7,55

## Αποκεντρωμένα συστήματα θέρμανσης (λέβητες ξύλων, λέβητες pellets, λέβητες πετρελαίου, λέβητες αερίου)

Στην περίπτωση των οικιακών μονάδων παραγωγής θερμικής ενέργειας, το λειτουργικό κόστος, κατά το μεγαλύτερο βαθμό, διαμορφώνεται από το κόστος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου σε συνδυασμό με τη θερμογόνο δύναμή του και την απόδοση του συστήματος (Πίνακας 7.13).

**Πίνακας 7.13.** Χαρακτηριστικά καυσίμων οικιακών συστημάτων παραγωγής θερμικής ενέργειας

Καύσιμο	Θερμογόνος δύναμη	Κόστος	Παρατηρήσεις
Καυσόξυλα	4kWh/kg	180€/tn 135€/tn, πάνω από τα 800m, λόγω μεγάλης δασικής παραγωγής και μικρής απόστασης μεταφοράς	Θεωρείται ότι τα καυσόξυλα έχουν υγρασία 20% κ.β.
Pellets	5kWh/kg	250€/tn	-
Πετρέλαιο	10,06kWh/lit	1,2€/lit	-
Φυσικό Αέριο	11,5kWh/m <sup>3</sup>	1,02€/m <sup>3</sup>	Η τιμή του φυσικού αερίου είναι κατά περίπου 20% φθηνότερη σε σχέση με αυτήν του πετρελαίου

Όσον αφορά στο βαθμό απόδοσης των συστημάτων, αυτός συνίσταται από το γινόμενο του βαθμού απόδοσης της συσκευής παραγωγής ενέργειας ( $\eta_{gen}$ ) επί το βαθμό απόδοσης του δικτύου διανομής ( $\eta_d$ ) επί το βαθμό απόδοσης των τερματικών μονάδων εκπομπής ( $\eta_{em}$ ). Θεωρώντας ότι, σε όλες τις περιπτώσεις, το δίκτυο διανομής είναι μονωμένο και ότι οι μονάδες εκπομπής είναι σώματα

καλοριφέρ, σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ οι τιμές για το  $\eta_d$  και το  $\eta_{em}$  είναι 0,95 και 0,91, αντίστοιχα. Έτσι, ο συνολικός βαθμός απόδοσης διαφοροποιείται αναλόγως του  $\eta_{gen}$  και τα στοιχεία δίνονται στον Πίνακα 7.14.

**Πίνακας 7.14.** Βαθμός απόδοσης οικιακών συστημάτων παραγωγής θερμότητας

Τύπος συστήματος παραγωγής	$\eta_{gen}$	Συνολικός βαθμός απόδοσης
Λέβητας καυσόξυλων	0,80	0,707
Λέβητας pellets	0,90	0,795
Λέβητας πετρελαίου	0,93	0,822
Λέβητας αερίου, συμπυκνωμάτων	1,08	0,954

Επιπλέον, για κάθε σύστημα θεωρήθηκε ότι υπάρχει ένα σταθερό κόστος συντήρησης, της τάξης των 100€/έτος. Με βάση τα ανωτέρω υπολογίστηκε το ετήσιο κόστος συντήρησης και λειτουργίας των συστημάτων και σε συνδυασμό με τις ενεργειακές ανάγκες που καλύπτονται έγινε η αναγωγή σε μονάδες ωφέλιμης ενέργειας (Πίνακας 7.15).

**Πίνακας 7.15.** Κόστος συντήρησης και λειτουργίας οικιακών συστημάτων παραγωγής θερμικής ενέργειας, στα διάφορα υψόμετρα

Υψόμετρο (m)	Κόστος συντήρησης και λειτουργίας (€/MWh*έτος)			
	Λέβητες καυσόξυλων	Λέβητες pellets	Λέβητες πετρελαίου	Λέβητες αερίου
50	88,88	72,19	154,41	102,59
200	87,40	70,71	152,93	101,11
400	86,03	69,34	151,57	99,74
600	85,07	68,38	150,61	98,78
800	64,47	67,67	149,89	98,07
1.000	63,92	67,12	149,35	97,52
1.200	63,48	66,69	148,91	97,09
1.500	62,98	66,18	148,40	96,58

### Κεντρικές μονάδες τηλεθέρμανσης με αξιοποίηση βιομάζας

Στην περίπτωση αυτή, όπως έχει αναφερθεί, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας ανέρχεται στο 16% του κόστους εγκατάστασης. Έτσι, οι τελικές συναρτήσεις, οι οποίες εκφράζουν την απαραίτητη, ελάχιστη τιμή διάθεσης της ενέργειας στους καταναλωτές διαμορφώνονται:

- Για την περίπτωση της ξυλώδους βιομάζας:  $K_{o/m,10}=71,22X_{10}$
- Για την περίπτωση του βιοαερίου:  $K_{o/m,11}=93,54X_{11}$

### Τεχνικές παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας

Οι εφαρμογές ΕΞΕ θεωρείται ότι έχουν μηδενικό κόστος συντήρησης και λειτουργίας.

### 7.2.3 Συναρτήσεις περιβαλλοντικού κόστους

Χρησιμοποιούνται τα ίδια δεδομένα με το Κεφάλαιο 5. Η μόνη προσθήκη είναι οι λέβητες αερίου. Στον Πίνακα 7.16 δίνονται οικονομικές διαστάσεις των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία λεβήτων φυσικού αερίου (IEA 2012). Για τις υπόλοιπες ενεργειακές τεχνολογίες ισχύει ο Πίνακας 6.26. Τα ηλιακά συστήματα υποβοήθησης της κεντρικής θέρμανσης θεωρείται ότι δεν έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη λειτουργία τους.

**Πίνακας 7.16.** Περιβαλλοντικό κόστος λεβήτων αερίου

Τεχνολογία	CO <sub>2</sub> (€/MWh)	NO <sub>x</sub> (€/MWh)	SO <sub>2</sub> (€/MWh)	PM10 (€/MWh)	PM2,5 (€/MWh)	Συνολικό περιβαλλοντικό κόστος (€/MWh)
Λέβητας αερίου	4,35	0,85	0,01	0,09	Αμελητέο	5,20

### 7.2.4 Συναρτήσεις κοινωνικού οφέλους

Ακολουθείται η προσέγγιση που αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 6 για την περίπτωση του Μετσόβου. Επιπλέον, προστέθηκαν δεδομένα όσον αφορά στα ηλιοθερμικά συστήματα υποβοήθησης κεντρικής θέρμανσης, για τους λέβητες πετρελαίου και για τους λέβητες αερίου. Για τα ηλιοθερμικά συστήματα γίνεται η παραδοχή ότι το κοινωνικό όφελος από την τόνωση της απασχόλησης είναι όμοιο με τους απλούς ηλιακούς συλλέκτες. Αυτό σημαίνει ότι δημιουργούνται από την εφαρμογή τους 0,0003 νέες θέσεις εργασίας ανά MWh και η συνάρτηση οικονομικού οφέλους που αντιστοιχεί σε αυτήν την τόνωση της απασχόλησης είναι:  $B_{soc,7}=0,96X_7$

Όσον αφορά στους λέβητες πετρελαίου και αερίου, στη βάση της έρευνας των Tourkolias et al. (2009), θεωρήθηκε ότι συμβάλουν στη δημιουργία 0,00005 νέων θέσεων εργασίας ανά MWh. Οι συναρτήσεις εξωτερικού οφέλους είναι:

- Λέβητες πετρελαίου:  $B_{soc,15}=0,20X_{15}$
- Λέβητες αερίου:  $B_{soc,16}=0,40X_{16}$

Για τις υπόλοιπες συναρτήσεις κοινωνικού οφέλους χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των Πινάκων 6.28 και 6.31.

## 7.3 Περιορισμοί μοντέλου και σενάρια επίλυσης

Η επίλυση του μοντέλου ενεργειακής βελτιστοποίησης, στην περίπτωση του θεωρητικού οικισμού, πραγματοποιήθηκε στη βάση τριών σεναρίων, που έχουν τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

- **Σενάριο 1:** Θεωρείται ότι υπάρχει αφθονία δυναμικού για όλες τις πηγές ενέργειας, πλην της εξοικονόμησης, το δυναμικό της οποίας έχει υπολογιστεί στην Ενότητα 7.1. Επιπλέον, θεωρείται ότι υπάρχει διαθέσιμο φυσικό αέριο, καθώς και εγκατεστημένο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας

- **Σενάριο 2:** Στην περίπτωση αυτή γίνεται η υπόθεση ότι το διαθέσιμο δυναμικό ΑΠΕ ανταποκρίνεται στο επίπεδο του εκμεταλλεύσιμου δυναμικού σε επίπεδο χώρας (Ενότητα 7.1). Όπως και στο πρώτο σενάριο υπάρχει διαθεσιμότητα φυσικού αερίου και δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.
- **Σενάριο 3:** Το τρίτο σενάριο βασίζεται στην ίδια παραδοχή με το δεύτερο, σε σχέση με το δυναμικό ΑΠΕ, περιλαμβάνει διαθεσιμότητα δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας αλλά δεν περιλαμβάνει διαθεσιμότητα φυσικού αερίου.

Οι περιορισμοί του μοντέλου είναι, κατ' αρχήν, αυτοί που περιγράφηκαν στην 4.2.2. Με βάση τις ιδιαίτερες συνθήκες του προβλήματος, προστέθηκαν επιπλέον κάποιοι εξειδικευμένοι περιορισμοί, απαραίτητοι για τη σύγκλιση του μοντέλου, καθώς και για τη ρεαλιστική μοντελοποίηση της πραγματικότητας. Αναλυτικότερα, οι περιορισμοί του προβλήματος έχουν ως εξής:

### Φυσικός περιορισμός

Οι μεταβλητές απόφασης θα πρέπει να παίρνουν θετικές ή μηδενικές τιμές.

$$X_i \geq 0, \forall i$$

### Περιορισμοί δυναμικότητας

Οι τιμές των μεταβλητών απόφασης δεν μπορούν να ξεπερνούν τη δυναμικότητα της ενεργειακής πηγής ( $D_i$ ), στην οποία αντιστοιχούν. Στην περίπτωση του σεναρίου 1, αυτός ο περιορισμός δεν έχει κάποιο πρακτικό αντίκρισμα, λόγω της υπόθεσης περί αφθονίας ενεργειακού δυναμικού.

$$X_i \leq D_i, \forall i$$

Στα σενάρια 2 και 3, που υπάρχει περιορισμένο δυναμικό, χρειάζεται να τεθεί ένας επιπλέον περιορισμός, ως προς την εκμετάλλευση της βιομάζας για θερμικά φορτία. Συγκεκριμένα, εάν το συνολικό δυναμικό της διαθέσιμης βιομάζας είναι  $DB$  MWh/έτος, τότε τα ποσά ενέργειας που προέρχονται από λέβητες καυσόξυλων, λέβητες pellets και τηλεθέρμανση από συμπαραγωγή ξυλώδους βιομάζας θα πρέπει αθροιστικά να μην ξεπερνούν την τιμή αυτή.

$$X_8 + X_9 + X_{10} \leq DB$$

### Περιορισμός κάλυψης ζήτησης

Η βέλτιστη λύση θα πρέπει να οδηγεί στην πλήρη κάλυψη των ηλεκτρικών ( $N_{el}$ ) και θερμικών ( $N_{th}$ ) φορτίων του οικισμού.

$$\sum_{i=1}^5 X_i + X_{14} \geq N_{el}$$

$$\sum_{i=6}^{13} X_i + X_{15} + X_{16} \geq N_{th}$$

### Περιβαλλοντικός περιορισμός

Το περιβαλλοντικό κόστος της βέλτιστης λύσης απαιτείται να είναι τουλάχιστον 20% μικρότερο από το αντίστοιχο της υφιστάμενης κατάστασης.

$$C_{env} = \sum_{i=1}^{16} \alpha_{i,env} X_i \leq 0,8 \cdot C_{env,0}$$

Για το σενάριο 3, το  $i$  παίρνει τιμές από 1 έως 15, διότι δεν υπάρχει η επιλογή των λεβήτων αερίου, άρα οι μεταβλητές απόφασης είναι μειωμένες κατά μία.

### Περιορισμός λειτουργικού κόστους

Προκειμένου το βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα να συνεπάγεται μικρότερη οικονομική επιβάρυνση για τους χρήστες του, τίθεται ως περιορισμός το λειτουργικό κόστος να είναι μικρότερο του αντίστοιχου της υφιστάμενης κατάστασης ( $C_{o/m,0}$ ).

$$C_{o/m} = \sum_{i=1}^{16} \alpha_{i,o/m} X_i < C_{o/m,0}$$

### Περιορισμός εξοικονόμησης ενέργειας

Αναγνωρίζοντας την ιδιαίτερη σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης και σε συμφωνία με το στόχο «20-20-20», στην υπό μελέτη περίπτωση τίθεται ως κατώφλι συμμετοχής των τεχνικών παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα ποσοστό 20% επί της ζήτησης για θέρμανση χώρων ( $N_{th,sp}$ ).

$$X_{12} + X_{13} \geq 0,2 \cdot N_{th,sp}$$

### Τεχνικοί περιορισμοί

Όπως και στην περίπτωση του Μετσόβου, τίθεται η απαίτηση τα φορτία θέρμανσης χώρων και ζεστού νερού να καλύπτονται από την ίδια πηγή.

Έτσι, αν:

$X_{i,sp}$ , είναι η ενέργεια που διατίθεται από το  $i$  σύστημα παραγωγής θερμότητας για θέρμανση χώρων

$X_{i,w}$ , είναι η ενέργεια που διατίθεται από το  $i$  σύστημα παραγωγής θερμότητας για θέρμανση νερού χρήσης

$N_{th,sp}$ , είναι οι ανάγκες για θέρμανση χώρων στον οικισμό

$N_{th,w}$ , είναι οι ανάγκες για θέρμανση νερού χρήσης στον οικισμό

τότε η διατύπωση του περιορισμού θα είναι:

$$X_{i,sp} \cdot N_{th,w} - X_{i,w} \cdot N_{th,sp} = 0, i \in \{8,9,10,11,15,16\}$$

Για την περίπτωση των ηλιοθερμικών συστημάτων θέρμανσης χώρων και νερού, ο περιορισμός γράφεται ειδικότερα:



$$0,8 \cdot X_{7,sp} \cdot N_{th,w} - p \cdot X_{7,w} \cdot N_{th,sp} = 0$$

Ο συντελεστής 0,8 εκφράζει το ότι αυτά τα συστήματα καλύπτουν έως 80% των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης. Ο συντελεστής  $p$  εκφράζει το ποσοστό των αναγκών θέρμανσης χώρων που καλύπτεται από τα συστήματα, αναλόγως του υψομέτρου και δίνεται στον Πίνακα 7.9.

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας, σε κεντρικές μονάδες, επιλέγεται να γίνεται μέσω συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Έχοντας καταστρώσει τις συναρτήσεις κόστους των μονάδων συμπαραγωγής, θεωρώντας ότι ο δείκτης συμπαραγωγής για την ξυλώδη βιομάζα είναι 22% και για το βιοαέριο 30%, τίθενται περιορισμοί, που επιβάλλουν οι μονάδες να λειτουργούν με τις συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Η μαθηματική έκφραση των περιορισμών αυτών έχει ως εξής:

$$X_4 - 0,22 \cdot X_{10} = 0$$

$$X_5 - 0,30 \cdot X_{11} = 0$$

Σημειώνεται ότι, όσον αφορά στον περιορισμό του λειτουργικού κόστους, δεν τέθηκε ειδικότερη συνθήκη για την ενεργειακή φτώχεια, ώστε να διαπιστωθεί το επίπεδο αντιμετώπισης του προβλήματος από τις βέλτιστες λύσεις που προκύπτουν, με βάση το αρχικό σύνολο περιορισμών. Επίσης, στους τεχνολογικούς περιορισμούς δεν τέθηκαν περιορισμοί διείσδυσης των ΑΠΕ στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, για να αποτυπωθούν οι τάσεις που προκύπτουν από το μοντέλο ως προς τη χρήση των ΑΠΕ. Στη συνέχεια παρατίθεται ο πίνακας 7.17, στον οποίο συγκεντρώνονται οι περιορισμοί του προβλήματος.

**Πίνακας 7.17.** Σύνοψη περιορισμών επίλυσης μοντέλου αποκεντρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού στο θεωρητικό οικισμό

Κατηγορία περιορισμών	Περιγραφή	Μαθηματική διατύπωση
Φυσικοί	Μη αρνητικές μεταβλητές απόφασης	$X_i \geq 0, \forall i$
Δυναμικότητας	Μεταβλητές απόφασης μικρότερες δυναμικότητας	$X_i \leq D_i, \forall i$
	Στα σενάρια 2 και 3 η ενέργεια από καυσόξυλα, pellets και τηλεθέρμανση συνολικά μικρότερη από το δυναμικό βιομάζας	$X_8 + X_9 + X_{10} \leq DB$
Κάλυψης ζήτησης	Να υπερκαλύπτονται τα φορτία ηλεκτρισμού και θερμότητας του οικισμού	$\sum_{i=1}^5 X_i + X_{14} \geq N_{el}$ $\sum_{i=6}^{13} X_i + X_{15} + X_{16} \geq N_{th}$
Περιβαλλοντικοί	Περιβαλλοντικό κόστος βέλτιστης λύσης μειωμένο κατά 20% σε σχέση με το υφιστάμενο	$C_{env} = \sum_{i=1}^{16} \alpha_{i,env} X_i \leq 0,8 \cdot C_{env,0}$
Εξοικονόμησης ενέργειας	Τουλάχιστον 20% των θερμικών φορτίων να καλύπτονται από μέτρα παθητικής ΕΞΕ	$X_{12} + X_{13} \geq 0,2 \cdot N_{th,sp}$
Λειτουργικού κόστους	Κόστος συντήρησης / λειτουργίας βέλτιστης λύσης μικρότερο από το υφιστάμενο	$C_{o/m} = \sum_{i=1}^{16} \alpha_{i,o/m} X_i < C_{o/m,0}$
Τεχνικοί περιορισμοί	Κάθε κατοικία καλύπτει θέρμανση χώρων και νερού χρήσης με το ίδιο βασικό σύστημα	$X_{i,sp} \cdot N_{th,w} - X_{i,w} \cdot N_{th,sp} = 0,$ $i \in \{8,9,10,11,15,16\}$ $0,8 \cdot X_{7,sp} \cdot N_{th,w} - p \cdot X_{7,w} \cdot N_{th,sp} = 0$
	Λειτουργία κεντρικών μονάδων βιομάζας με δείκτη συμπαράγωγής 22% (ξυλώδης βιομάζα) και 30% (βιοαέριο)	$X_4 - 0,22 \cdot X_{10} = 0$ $X_5 - 0,30 \cdot X_{11} = 0$

## 7.4 Επίλυση μοντέλου και ανάλυση αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση του μοντέλου ενεργειακής βελτιστοποίησης για το θεωρητικό οικισμό. Αρχικά, για κάθε σενάριο επίλυσης, δίνεται η σύνθεση των βέλτιστων λύσεων σε όλα τα υψόμετρα. Επίσης, αναφέρονται τα κόστη των βέλτιστων λύσεων. Κατόπιν, αναλύεται η επίδραση των χαρακτηριστικών της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών στις βέλτιστες λύσεις.

### 7.4.1 Βέλτιστη δομή και κόστη ενεργειακού μίγματος για το σενάριο 1

Η αφθονία δυναμικού ΑΠΕ επηρεάζει καίρια τις βέλτιστες λύσεις που προκύπτουν για το πρώτο σενάριο. Συγκεκριμένα, η παραγωγή θερμότητας βασίζεται αποκλειστικά στη χρήση βιομάζας και την εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ η παραγωγή ηλεκτρισμού στηρίζεται στα αιολικά πάρκα και τη

συμπαραγωγή με καύση βιομάζας. Το μέσο επενδυτικό κόστος ανέρχεται στα 1.850.000€/έτος, το λειτουργικό κόστος στα 2.345.000 €/έτος και το περιβαλλοντικό κόστος στα 210.000€/έτος. Το κοινωνικό όφελος που προκύπτει, αντιστοιχεί, κατά μέσο όρο, στη δημιουργία 17 νέων θέσεων εργασίας.

Όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή, οι βέλτιστες τιμές των μεταβλητών απόφασης, περιλαμβάνονται στον Πίνακα 7.18, ενώ στον Πίνακα 7.19 περιέχονται οι βέλτιστες τιμές των μεταβλητών απόφασης για την παραγωγή θερμικής ενέργειας.

**Πίνακας 7.18.** Τιμές μεταβλητών απόφασης (MWh/έτος), για το σενάριο 1, σε όλα τα υψόμετρα, όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή

Υψόμετρο	Αιολικά	Συμπαραγωγή βιομάζα
50	13.638	3.615
200	12.106	4.298
400	10.062	5.209
600	8.019	6.119
800	13.005	0
1.000	11.872	0
1.200	10.739	0
1.500	9.040	0

**Πίνακας 7.19.** Τιμές μεταβλητών απόφασης (MWh/έτος), για το σενάριο 1, σε όλα τα υψόμετρα, όσον αφορά στην παραγωγή θερμότητας

Υψόμετρο	Ηλιακά απλά	Λέβητες ξύλων	Συμπαραγωγή βιομάζα	ΕΞΕ
50	600	0	12.911	2.628
200	600	0	15.350	3.238
400	600	0	18.602	4.051
600	600	0	21.854	4.864
800	600	25.107	0	5.677
1.000	1.171	21.616	0	12.662
1.200	1.171	24.094	0	14.249
1.500	1.171	27.714	0	16.228

Στον πίνακα 7.20 δίνονται οι βέλτιστες τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης και τα επιμέρους κόστη και οφέλη των βέλτιστων λύσεων.

**Πίνακας 7.20.** Κόστος και όφελος (€/έτος) βέλτιστων ενεργειακών λύσεων, για το σενάριο 1, σε όλα τα υψόμετρα

Υψόμετρο	Λειτουργικό κόστος	Περιβαλλοντικό κόστος	Κοινωνικό όφελος	Επενδυτικό κόστος	Συνολικό κόστος (αντικειμενική συνάρτηση)
50	2.264.955	88.289	103.008	1.703.803	3.954.039
200	2.371.971	96.341	114.529	1.751.736	4.105.519
400	2.514.563	107.074	129.888	1.823.581	4.315.330
600	2.657.155	117.807	145.247	2.008.451	4.638.166
800	2.638.695	326.086	45.901	1.585.044	4.503.924
1.000	2.324.011	282.166	51.097	2.019.555	4.574.635
1.200	2.383.869	309.274	52.155	1.978.395	4.619.383
1.500	1.612.695	349.975	53.744	1.916.797	3.825.723

Με βάση τα δεδομένα του Πίνακα 7.4 υπολογίζονται τα οφέλη, όσον αφορά στο λειτουργικό και το περιβαλλοντικό κόστος, εάν το ενεργειακό σύστημα λειτουργεί με τη δομή των βέλτιστων λύσεων, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Τα υπολογιζόμενη οφέλη δίνονται στον Πίνακα 7.21.

**Πίνακας 7.21.** Οφέλη (€/έτος) από την εφαρμογή των βέλτιστων ενεργειακών λύσεων, για το σενάριο 1, σε όλα τα υψόμετρα και βιωσιμότητα επενδύσεων

Υψόμετρο	Λειτουργικό όφελος	Περιβαλλοντικό όφελος	Ιδιωτικοοικονομικό όφελος	Κοινωνικοοικονομικό όφελος
50	1.920.316	857.994	216.513	1.177.515
200	2.084.317	859.451	332.581	1.306.562
400	2.302.053	861.398	478.472	1.469.757
600	2.519.086	863.344	510.635	1.519.226
800	2.896.738	667.744	1.311.694	2.025.339
1.000	3.570.329	724.343	1.550.774	2.326.215
1.200	3.869.180	709.914	1.890.785	2.652.854
1.500	5.178.159	688.232	3.261.362	4.003.339

Η εξ' ολοκλήρου κάλυψη των φορτίων από ΑΠΕ, που προκύπτει στις βέλτιστες λύσεις, λόγω της αφθονίας δυναμικού και της έλλειψης τεχνικών περιορισμών διεύθυνσης, σε συνδυασμό με το μοντέλο λειτουργίας των ενεργειακών έργων με λογική κοινής ωφέλειας, οδηγεί σε ιδιαίτερα μεγάλα οφέλη, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

#### 7.4.2 Βέλτιστη δομή και κόστη ενεργειακού μίγματος για το σενάριο 2

Στην περίπτωση αυτή και πάλι οι βέλτιστες λύσεις περιλαμβάνουν πλήρη αξιοποίηση της διαθέσιμης βιομάζας, καθώς και πλήρη αξιοποίηση του αιολικού και υδροηλεκτρικού δυναμικού. Η παραγωγή θερμότητας συμπληρώνεται με χρήση λεβήτων αερίου, ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και

τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρισμού που δεν μπορεί να καλυφθεί από αιολικά, υδροηλεκτρικά και βιομάζα, βασίζεται στο διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Το σενάριο 2, γενικώς, απαιτεί μεγαλύτερα επενδυτικά κόστη από το πρώτο σενάριο, της τάξης των 2.400.000€/έτος, κατά μέσο όρο. Το μέσο λειτουργικό κόστος είναι παραπλήσιο με το σενάριο 1 και ανέρχεται σε 2.435.000€/έτος, ενώ πρακτικά ίδιο είναι το περιβαλλοντικό κόστος των δύο σεναρίων. Ο μέσος αριθμός νέων θέσεων εργασίας που δημιουργείται ανέρχεται σε 12.

Όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή, οι βέλτιστες τιμές των μεταβλητών απόφασης, περιλαμβάνονται στον Πίνακα 7.22, ενώ στον Πίνακα 7.23 περιέχονται οι βέλτιστες τιμές των μεταβλητών απόφασης για την παραγωγή θερμικής ενέργειας.

**Πίνακας 7.22.** Τιμές μεταβλητών απόφασης (MWh/έτος), για το σενάριο 2, σε όλα τα υψόμετρα, όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή

Υψόμετρο	Αιολικά	Υδροηλεκτρικά	Συμπαραγωγή βιομάζα	Συμπαραγωγή βιοαέριο	Δίκτυο
50	4.325	3.114	827	280	8.707
200	4.325	3.114	827	280	7.858
400	4.325	3.114	827	280	6.725
600	4.325	3.114	827	0	5.872
800	4.325	3.114	827	0	4.739
1.000	4.325	3.114	0	0	4.433
1.200	4.325	3.114	0	0	3.300
1.500	4.325	3.114	0	0	1.601

**Πίνακας 7.23.** Τιμές μεταβλητών απόφασης (MWh/έτος), για το σενάριο 2, σε όλα τα υψόμετρα, όσον αφορά στην παραγωγή θερμότητας

Υψόμετρο	Ηλιακά απλά	Ηλιακά compact	Λέβητες ξύλων	Συμπαραγωγή βιομάζα	Συμπαραγωγή βιοαέριο	ΕΞΕ	Λέβητες αερίου
50	600	0	0	3.760	933	2.628	8.218
200	600	0	0	3.760	933	3.238	10.657
400	600	0	0	3.760	933	4.051	13.909
600	1.171	0	0	3.760	0	9.490	12.897
800	433	13.597	0	3.760	0	11.076	2.517
1.000	307	15.390	3.760	0	0	12.662	3.330
1.200	1.008	10.712	3.760	0	0	19.891	4.143
1.500	906	12.372	3.760	0	0	23.213	5.363

Στον Πίνακα 7.24 δίνονται οι βέλτιστες τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης και τα επιμέρους κόστη και οφέλη των βέλτιστων λύσεων.

**Πίνακας 7.24.** Κόστος και όφελος (€/έτος) βέλτιστων ενεργειακών λύσεων, για το σενάριο 2, σε όλα τα υψόμετρα

Υψόμετρο	Λειτουργικό κόστος	Περιβαλλοντικό κόστος	Κοινωνικό όφελος	Επενδυτικό κόστος	Συνολικό κόστος (αντικειμενική συνάρτηση)
50	2.987.213	428.812	46.667	1.394.520	<b>4.763.877</b>
200	3.114.702	406.967	48.399	1.413.200	<b>4.886.470</b>
400	3.281.697	377.798	50.708	1.435.981	<b>5.044.769</b>
600	2.959.197	334.859	52.257	2.126.938	<b>5.368.737</b>
800	1.899.019	234.806	62.417	3.120.987	<b>5.192.395</b>
1.000	1.853.364	254.857	48.084	3.115.322	<b>5.175.458</b>
1.200	1.755.133	213.005	53.555	3.235.879	<b>5.150.463</b>
1.500	1.659.474	150.250	59.658	3.312.090	<b>5.062.156</b>

Με βάση τα δεδομένα του Πίνακα 7.4 υπολογίζονται τα οφέλη, όσον αφορά στο λειτουργικό και το περιβαλλοντικό κόστος, εάν το ενεργειακό σύστημα λειτουργεί με τη δομή των βέλτιστων λύσεων, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Τα υπολογιζόμενα οφέλη δίνονται στον Πίνακα 7.25.

**Πίνακας 7.25.** Οφέλη (€/έτος) από την εφαρμογή των βέλτιστων ενεργειακών λύσεων, για το σενάριο 2, σε όλα τα υψόμετρα και βιωσιμότητα επενδύσεων

Υψόμετρο	Λειτουργικό όφελος	Περιβαλλοντικό όφελος	Ιδιωτικοοικονομικό όφελος	Κοινωνικοοικονομικό όφελος
50	1.198.058	517.471	-196.461	367.677
200	1.341.586	548.826	-71.614	525.611
400	1.534.918	590.673	98.937	740.318
600	2.217.044	646.292	90.105	788.655
800	3.636.415	759.024	515.427	1.336.868
1.000	4.040.977	751.652	925.655	1.725.392
1.200	4.497.916	806.183	1.262.037	2.121.775
1.500	5.131.381	887.957	1.819.291	2.766.906

Είναι φανερό ότι ο ανασχεδιασμός του ενεργειακού συστήματος οδηγεί σε σημαντικά οφέλη, όσον αφορά στο λειτουργικό και το περιβαλλοντικό κόστος και σε μια ρεαλιστικότερη προσέγγιση από το σενάριο 1, με περιορισμένο ανανεώσιμο ενεργειακό δυναμικό. Παράλληλα, οι απαιτούμενες επενδύσεις αποδεικνύονται και στο σενάριο 2 βιώσιμες, στη συντριπτική πλειονότητα των περιπτώσεων.

#### 7.4.3 Βέλτιστη δομή και κόστη ενεργειακού μίγματος για το σενάριο 3

Η απουσία των λεβήτων φυσικού αερίου από το τρίτο σενάριο, πέρα από τη βιομάζα και την εξοικονόμηση ενέργειας, οδηγεί στην πλήρη αξιοποίηση των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης, για την

παραγωγή θερμικής ενέργειας. Αυτό συμβαίνει, διότι η χρήση των λεβήτων πετρελαίου, λόγω των πολύ αυξημένων τιμών του πετρελαίου, οδηγεί σε λύσεις με μεγάλο λειτουργικό κόστος και έτσι, το μοντέλο επιδιώκει τον όσο το δυνατόν ευρύτερο περιορισμό της χρήσης τους στο βέλτιστο ενεργειακό σύστημα. Όσον αφορά στην ηλεκτρική ενέργεια η εικόνα είναι όμοια με το σενάριο 2. Το επενδυτικό κόστος στην περίπτωση αυτή είναι μεγαλύτερο απ' ότι στις δύο προηγούμενες και κυμαίνεται στα 3.075.000€/έτος, όπως και το περιβαλλοντικό κόστος που είναι 265.000€/έτος, κατά μέσο όρο. Αντίθετα, το λειτουργικό κόστος είναι το μικρότερο μεταξύ των τριών σεναρίων και ανέρχεται σε 2.010.000€. Οι λύσεις που προκύπτουν από το τρίτο σενάριο δημιουργούν, κατά μέσο όρο, 14 νέες θέσεις εργασίας.

Όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή, οι βέλτιστες τιμές των μεταβλητών απόφασης, περιλαμβάνονται στον Πίνακα 7.26, ενώ στον Πίνακα 7.27 περιέχονται οι βέλτιστες τιμές των μεταβλητών απόφασης για την παραγωγή θερμικής ενέργειας.

**Πίνακας 7.26.** Τιμές μεταβλητών απόφασης (MWh/έτος), για το σενάριο 3, σε όλα τα υψόμετρα, όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή

Υψόμετρο	Αιολικά	Υδροηλεκτρικά	Συμπαραγωγή βιομάζα	Συμπαραγωγή βιοαέριο	Δίκτυο
50	4.325	3.114	827	280	8.707
200	4.325	3.114	827	280	7.858
400	4.325	3.114	827	280	6.725
600	4.325	3.114	827	280	5.592
800	4.325	3.114	827	280	4.459
1.000	4.325	3.114	0	280	4.153
1.200	4.325	3.114	0	280	3.020
1.500	4.325	3.114	0	280	1.321

**Πίνακας 7.27.** Τιμές μεταβλητών απόφασης (MWh/έτος), για το σενάριο 3, σε όλα τα υψόμετρα, όσον αφορά στην παραγωγή θερμότητας

Υψόμετρο	Ηλιακά απλά	Ηλιακά compact	Λέβητες ξύλων	Συμπαραγωγή βιομάζα	Συμπαραγωγή βιοαέριο	ΕΞΕ	Λέβητες πετρελαίου
50	91	8.727	0	3.760	933	2.628	0
200	0	11.132	0	3.760	933	3.363	0
400	646	10.093	0	3.760	933	7.904	0
600	546	11.820	0	3.760	933	9.490	770
800	433	13.598	0	3.760	933	11.076	1.583
1.000	307	15.390	3.760	0	933	12.662	2.397
1.200	1.008	10.712	3.760	0	933	19.891	3.210
1.500	906	12.372	3.760	0	933	23.213	4.429

Στον Πίνακα 7.28 δίνονται οι βέλτιστες τιμές της αντικειμενικής συνάρτησης και τα επιμέρους κόστη και οφέλη των βέλτιστων λύσεων.

**Πίνακας 7.28.** Κόστος και όφελος (€/έτος) βέλτιστων ενεργειακών λύσεων, για το σενάριο 3, σε όλα τα υψόμετρα

Υψόμετρο	Λειτουργικό κόστος	Περιβαλλοντικό κόστος	Κοινωνικό όφελος	Επενδυτικό κόστος	Συνολικό κόστος (αντικειμενική συνάρτηση)
50	2.262.375	386.079	51.269	2.548.585	5.145.770
200	2.168.047	351.550	54.402	2.721.688	5.186.884
400	2.004.537	305.471	59.576	2.924.140	5.174.571
600	1.982.620	269.791	63.337	3.293.948	5.483.022
800	1.966.178	234.695	67.066	3.158.434	5.292.241
1.000	1.963.190	261.493	52.570	3.154.170	5.326.283
1.200	1.907.466	226.390	57.879	3.275.838	5.351.815
1.500	1.875.493	173.759	63.737	3.353.380	5.338.895

Με βάση τα δεδομένα του Πίνακα 7.4 υπολογίζονται τα οφέλη, όσον αφορά στο λειτουργικό και το περιβαλλοντικό κόστος, εάν το ενεργειακό σύστημα λειτουργεί με τη δομή των βέλτιστων λύσεων, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Τα υπολογιζόμενα οφέλη δίνονται στον Πίνακα 7.29.

**Πίνακας 7.29.** Οφέλη (€/έτος) από την εφαρμογή των βέλτιστων ενεργειακών λύσεων, για το σενάριο 2, σε όλα τα υψόμετρα και βιωσιμότητα επενδύσεων

Υψόμετρο	Λειτουργικό όφελος	Περιβαλλοντικό όφελος	Ιδιωτικοοικονομικό όφελος	Κοινωνικοοικονομικό όφελος
50	1.922.896	560.204	-625.689	-14.216
200	2.288.241	604.242	-433.447	225.197
400	2.812.079	663.001	-112.061	610.516
600	3.193.621	711.360	-100.328	674.370
800	3.569.255	759.136	410.821	1.237.023
1.000	3.931.151	745.016	776.981	1.574.566
1.200	4.345.583	792.799	1.069.745	1.920.422
1.500	4.915.361	864.449	1.561.981	2.490.167

Και στο τρίτο σενάριο επίλυσης, τα οφέλη από τη βελτιστοποίηση του ενεργειακού συστήματος του θεωρητικού οικισμού είναι πολύ σημαντικά και στις περισσότερες περιπτώσεις οι απαιτούμενες επενδύσεις κρίνονται βιώσιμες.

#### 7.4.4 Επίδραση του υψόμετρου στις βέλτιστες λύσεις

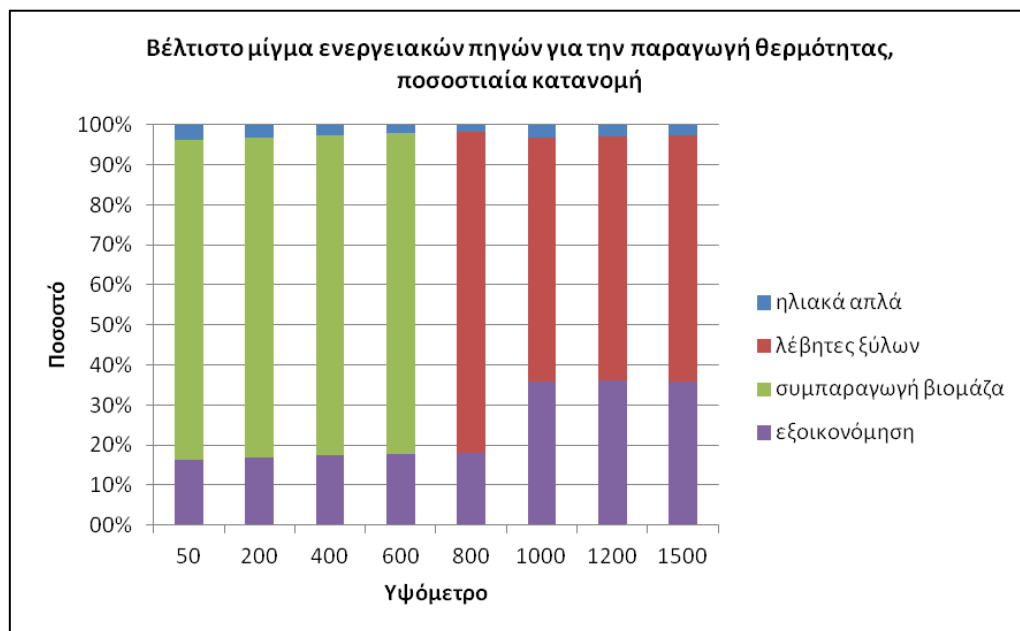
Μόνο από την ταυτότητα των βέλτιστων λύσεων στα τρία σενάρια επίλυσης, καθίσταται εμφανές ότι το υψόμετρο, λόγω της επίδρασής του στη διαμόρφωση των ενεργειακών αναγκών, συμβάλλει στην έντονη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων του μοντέλου ενεργειακού σχεδιασμού. Εξετάζοντας τις λύσεις που προέκυψαν, παρατηρείται ότι η συμμετοχή των τεχνολογιών ΕΞΕ στο βέλτιστο ενεργειακό



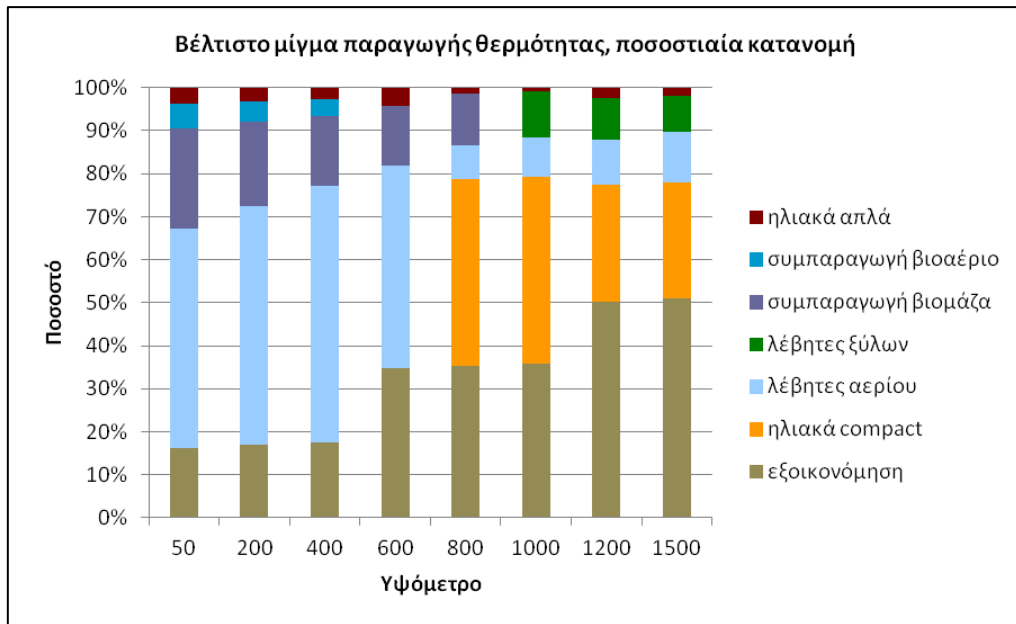
μίγμα αυξάνεται στα μεγαλύτερα υψόμετρα. Είναι χαρακτηριστικό ότι μέχρι τα 400m υψόμετρο, στο 2<sup>ο</sup> σενάριο, η ΕΞΕ εισέρχεται στο μίγμα μόνο λόγω του σχετικού περιορισμού, ενώ από αυτό το υψόμετρο και υψηλότερα η συμμετοχή της αυξάνει σημαντικά. Ακόμη και στο σενάριο 1, με την αφθονία δυναμικού, από τα 1.000m και πάνω η συμμετοχή της ΕΞΕ στο βέλτιστο μίγμα διπλασιάζεται.

Στα μεγαλύτερα υψόμετρα η τεχνολογία βιομάζας που συμμετέχει στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα για παραγωγή θερμότητας είναι οι λέβητες καυσόξυλων, οι οποίοι αντικαθιστούν τη συμπαραγωγή, εφ' όσον στις ορεινές περιοχές η τιμή των καυσόξυλων είναι χαμηλή, λόγω της εγγύτητάς τους στα δασικά συμπλέγματα, όπου και παράγεται η ξυλεία. Επίσης, στο σενάριο 2, λόγω των αυξημένων τιμών στο πετρέλαιο θέρμανσης και των αυξημένων θερμικών αναγκών στα ορεινά, ο ρόλος των ηλιακών συστημάτων θέρμανσης ενισχύεται συναρτήσει του υψομέτρου.

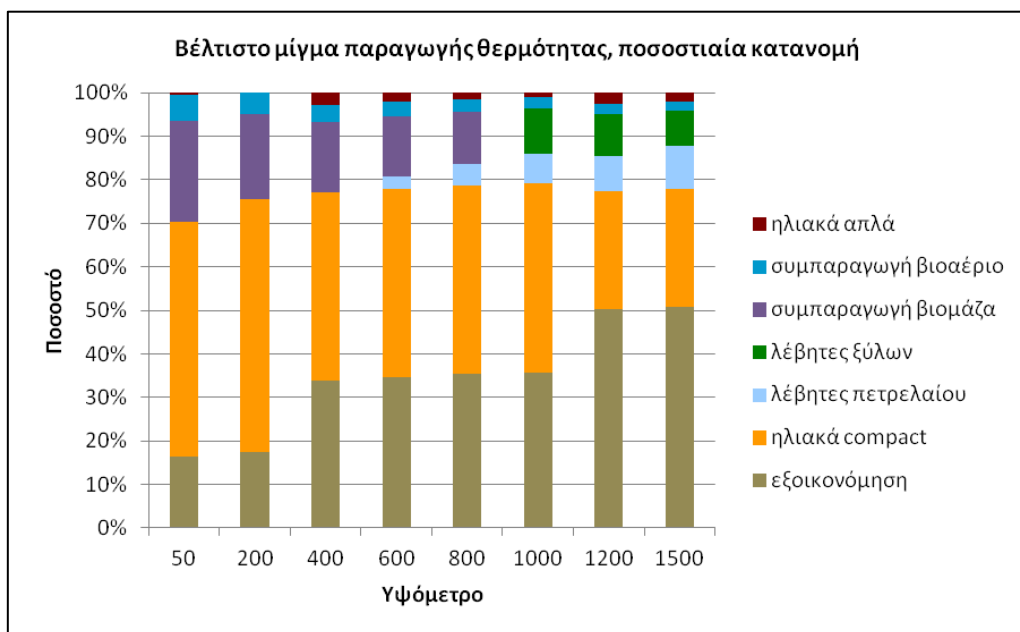
Στα Διαγράμματα 7.4, 7.5 και 7.6 παρουσιάζεται η ποσοστιαία σύνθεση των βέλτιστων λύσεων, όσον αφορά στο σκέλος της παραγωγής θερμότητας, συναρτήσει του υψομέτρου, για τα τρία σενάρια επίλυσης.



**Διάγραμμα 7.4.** Ποσοστιαία κατανομή ενεργειακών πηγών, στο βέλτιστο μίγμα παραγωγής θερμότητας, συναρτήσει του υψομέτρου, για το σενάριο 1



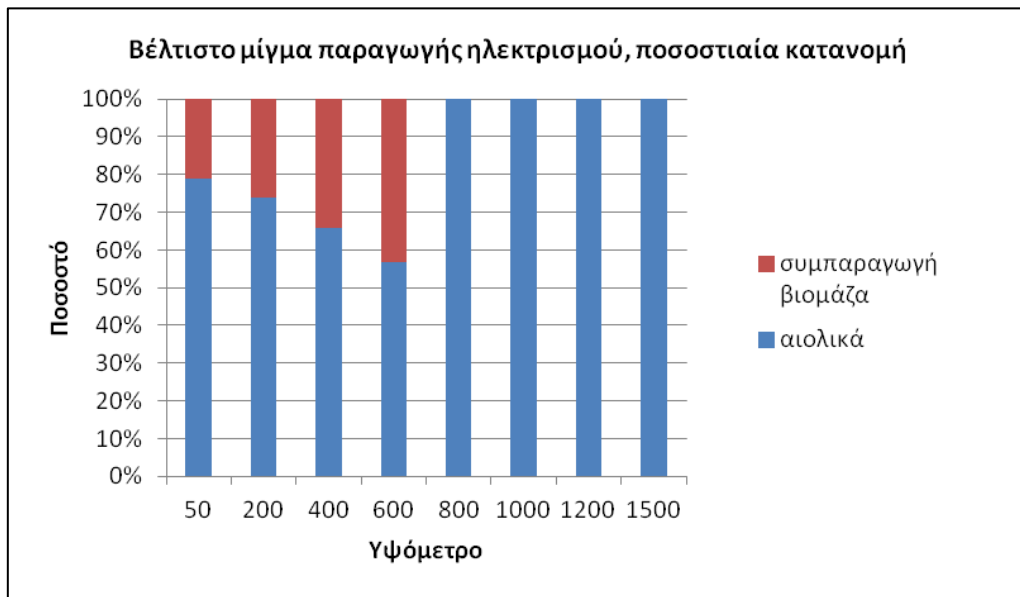
**Διάγραμμα 7.5.** Ποσοστιαία κατανομή ενεργειακών πηγών, στο βέλτιστο μίγμα παραγωγής θερμότητας, συναρτήσει του υψομέτρου, για το σενάριο 2



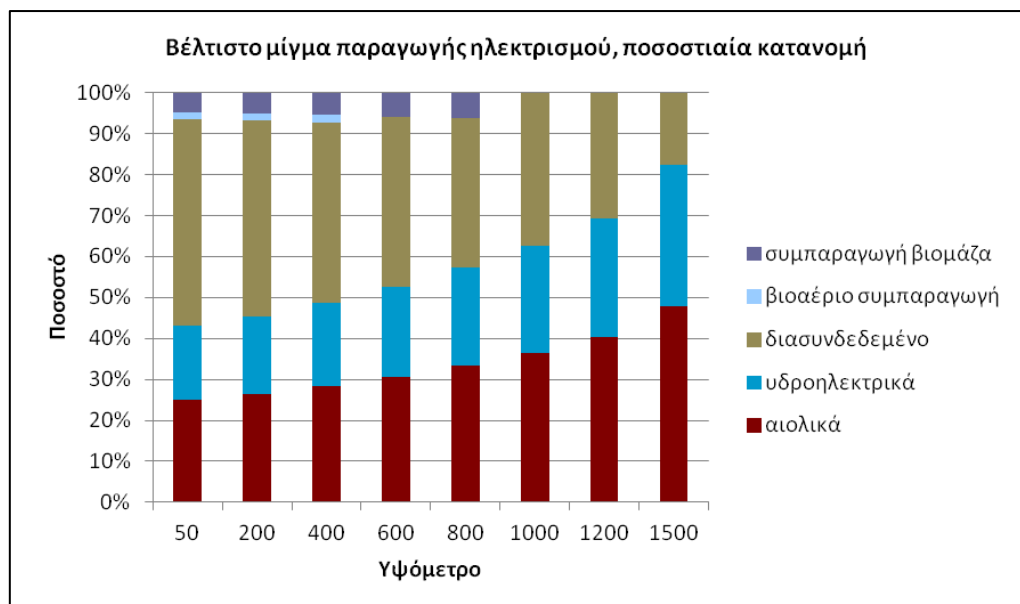
**Διάγραμμα 7.6.** Ποσοστιαία κατανομή ενεργειακών πηγών, στο βέλτιστο μίγμα παραγωγής θερμότητας, συναρτήσει του υψομέτρου, για το σενάριο 3

Όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή, το υψηλό κόστος χρήσης του διασυνδεδεμένου δικτύου αποτελεί κρίσιμο παράγοντα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι το μοντέλο αξιοποίησης των ΑΠΕ με χαρακτηριστικά κοινής ωφέλειας, που επελέγη, συνεπάγεται μείωση του κόστους για τους καταναλωτές, οδηγούν στη συμμετοχή του υφιστάμενου δικτύου στο βέλτιστο μίγμα, μόνο εφ' όσον δεν επαρκούν οι άλλες, εναλλακτικές πηγές. Η μείωση των ηλεκτρικών φορτίων, συναρτήσει του

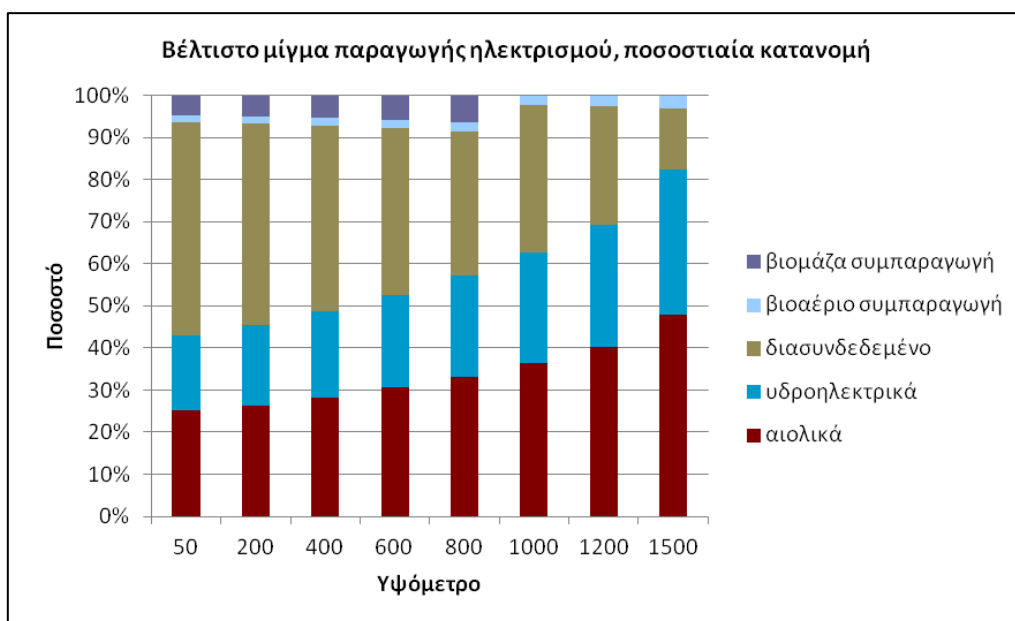
υψομέτρου οδηγεί και στην αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ, στο βέλτιστο μίγμα ηλεκτροπαραγωγής. Είναι αξιοσημείωτο ότι, όπως και στην περίπτωση του Μετσόβου, δεν προκύπτει συμμετοχή των φωτοβολταϊκών στο βέλτιστο μίγμα (σε κανένα υψόμετρο) και αυτό οφείλεται στο, εν τέλει, υψηλό συνολικό κόστος της χρήσης τους, λόγω του ότι είναι ιδιαίτερα χαμηλή η απόδοση των συγκεκριμένων ενεργειακών συστημάτων. Η εικόνα αυτή μπορεί να αντιστραφεί εφ' όσον συνεχιστεί η πτωτική τάση στις τιμές των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Στα Διαγράμματα 7.7, 7.8 και 7.9 παρουσιάζεται η ποσοστιαία σύνθεση των βέλτιστων λύσεων για την ηλεκτροπαραγωγή, συναρτήσει του υψομέτρου, για κάθε σενάριο επίλυσης.



**Διάγραμμα 7.7.** Ποσοστιαία κατανομή ενεργειακών πηγών, στο βέλτιστο μίγμα ηλεκτροπαραγωγής, συναρτήσει του υψομέτρου, για το σενάριο 1



**Διάγραμμα 7.8.** Ποσοστιαία κατανομή ενεργειακών πηγών, στο βέλτιστο μίγμα ηλεκτροπαραγωγής, συναρτήσει του υψομέτρου, για το σενάριο 2

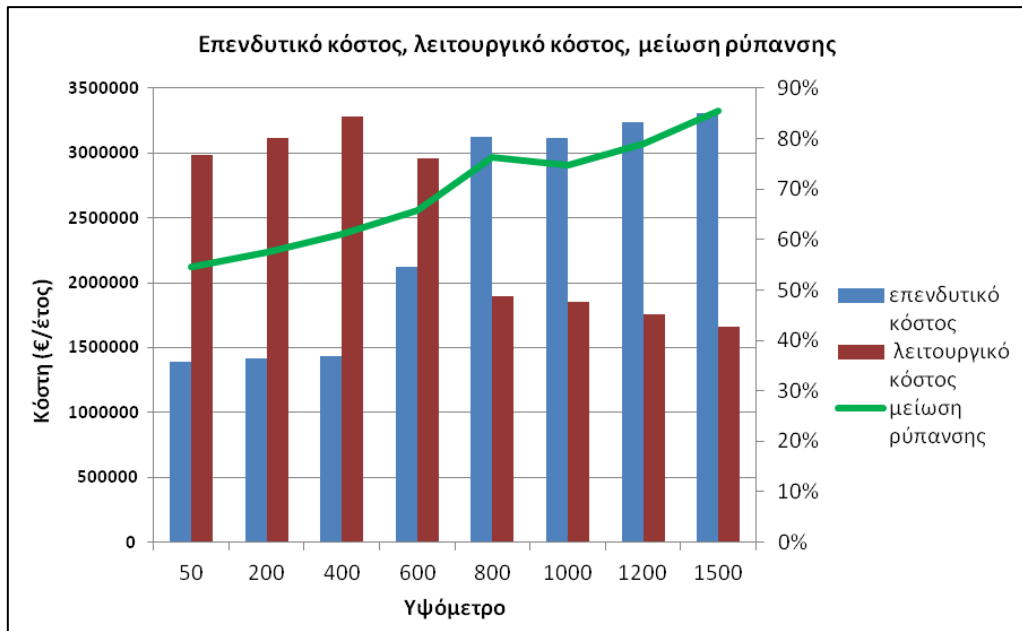


**Διάγραμμα 7.9.** Ποσοστιαία κατανομή ενεργειακών πηγών, στο βέλτιστο μίγμα ηλεκτροπαραγωγής, συναρτήσει του υψομέτρου, για το σενάριο 3

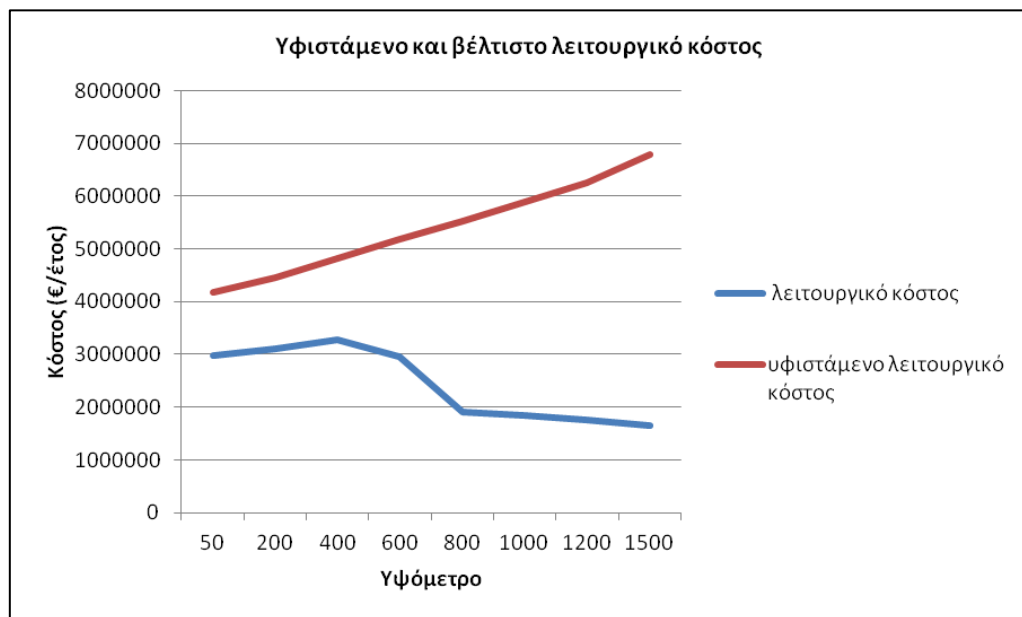
Εστιάζοντας στα κόστη και τα οφέλη των βέλτιστων λύσεων, με βάση τις Ενότητες 7.4.1 έως 7.4.3, παρατηρείται, σε γενικές γραμμές, ότι συναρτήσει του υψομέτρου:

- Το επενδυτικό κόστος αυξάνεται
- Το λειτουργικό κόστος μειώνεται
- Το περιβαλλοντικό κόστος μειώνεται
- Το κοινωνικό όφελος αυξάνεται

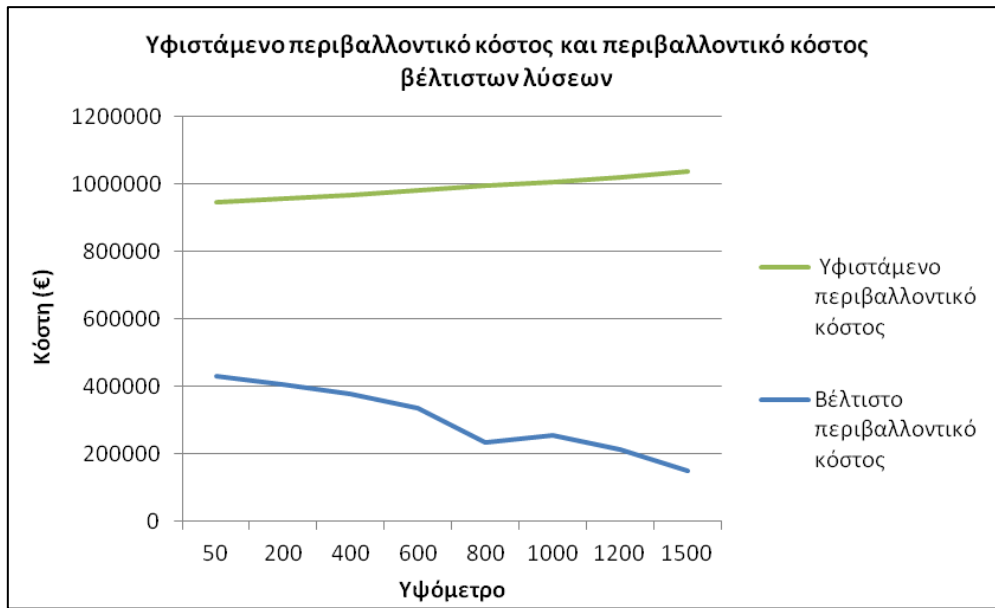
Αυτό το σχήμα μεταβολής των συναρτήσεων κόστους – οφέλους, συναρτήσει του υψομέτρου, συνεπάγεται αυξανόμενο όφελος, τόσο από πλευράς ιδιωτικοοικονομικής όσο και από πλευράς κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης. Συνεπώς, τα αυξημένα φορτία των ορεινών περιοχών απαιτούν, μεν, μεγαλύτερες και ακριβότερες επενδύσεις για τη βελτιστοποίηση των ενεργειακών συστημάτων αλλά ταυτόχρονα συνεπάγονται μεγαλύτερα οφέλη για τα νοικοκυριά, το περιβάλλον και την απασχόληση. Συνεπώς, η ενεργειακή βελτιστοποίηση – στη βάση του μοντέλου που διαμορφώθηκε – οδηγεί σε ιδιαίτερα συμβατές λύσεις τόσο με την ενεργειακή όσο και με τη γενικότερη φυσιογνωμία των ορεινών περιοχών. Στη συνέχεια, παρατίθενται Διαγράμματα (7.10, 7.11, 7.12, 7.13) που αποτυπώνουν τις παρατηρήσεις, σχετικά με τα κόστη και τα οφέλη. Επειδή και στα τρία σενάρια η εικόνα είναι παρόμοια, παρατίθενται διαγράμματα, μόνο για το σενάριο 2.



**Διάγραμμα 7.10.** Επενδυτικό κόστος, λειτουργικό κόστος και μείωση περιβαλλοντικής επιβάρυνσης βέλτιστων λύσεων συναρτήσει του υψομέτρου, για το σενάριο 2



**Διάγραμμα 7.11.** Λειτουργικό κόστος βέλτιστων λύσεων και υφιστάμενο λειτουργικό κόστος, συναρτήσει του υψομέτρου, για το σενάριο 2



**Διάγραμμα 7.12.** Περιβαλλοντικό κόστος βέλτιστων λύσεων και υφιστάμενο περιβαλλοντικό κόστος, συναρτήσει του υψομέτρου, για το σενάριο 2



**Διάγραμμα 7.13.** Κοινωνικό όφελος και αριθμός νέων θέσεων εργασίας που συνεπάγονται οι βέλτιστες λύσεις, συναρτήσει του υψομέτρου, για το σενάριο 2

#### 7.4.5 Επίδραση της απομόνωσης στις βέλτιστες λύσεις

Η κύρια επίδραση της απομόνωσης στην ενεργειακή ταυτότητα των ορεινών περιοχών είναι η δυσκολία επέκτασης του δικτύου ηλεκτροδότησης, λόγω του ιδιαίτερα αυξημένου κόστους που απαιτείται. Για να διερευνηθεί το ζήτημα, στην υπό μελέτη περίπτωση, θεωρήθηκε ότι στα 1.000m υψόμετρο δεν υπάρχει ενεργειακό δίκτυο και τροποποιήθηκαν οι συνθήκες επίλυσης του

προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε το κόστος κατασκευής δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδότηση του θεωρητικού οικισμού αναλόγως της απόστασης, την οποία έχει ο οικισμός από το πλησιέστερο σημείο με διαθέσιμο ηλεκτρικό δίκτυο. Οι συναρτήσεις κόστους των κεντρικών μονάδων ΑΠΕ διαφοροποιήθηκαν, ώστε να περιλαμβάνουν και τη δημιουργία ενός τοπικού δικτύου διανομής. Επιπλέον, θεωρήθηκε ότι η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή δε γίνεται μέσω φωτοβολταϊκών πάρκων αλλά μέσω αυτόνομων συστημάτων στα νοικοκυριά. Το κόστος επέκτασης του δικτύου εκτιμήθηκε στη βάση των ακόλουθων παραδοχών, κατόπιν έρευνας στην αγορά ηλεκτρολογικού εξοπλισμού:

- Η τροφοδοσία του οικισμού γίνεται με γραμμές 20kV. Στην περίπτωση που το διασυνδεδεμένο δίκτυο απέχει πάνω από 70km από τον οικισμό απαιτείται να κατασκευαστούν και γραμμές 150kV, για το τμήμα πέραν των 70km από αυτόν.
- Το κόστος των γραμμών 20kV εκτιμήθηκε στα 20.000€/km και το κόστος των γραμμών 150kV στα 60.000€/km.
- Το δίκτυο διανομής στις κατοικίες του οικισμού έχει τάση 400V και το κόστος κατασκευής του είναι 25€/m.
- Το κόστος των μετασχηματιστών (και των λοιπών απαραίτητων διατάξεων, όπως πίνακες, ηλεκτρονικά συστήματα κ.ο.κ.) 150kV/20kV ανέρχεται σε 600.000€, ενώ οι μετασχηματιστές 20kV/0,4kV έχουν κόστος 20.000€.
- Για έναν οικισμό με 1.500 κατοικίες απαιτούνται 30 μετασχηματιστές χαμηλής τάσης (20kV/0,4kV) για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στον Πίνακα 7.30 αναφέρονται αναλυτικά οι απαιτούμενες επενδύσεις επέκτασης του δικτύου ηλεκτροδότησης συναρτήσει της απόστασης από αυτό. Στον Πίνακα 7.31, παρουσιάζονται οι συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης διάφορων ενεργειακών τεχνολογιών, όπως αυτές μεταβάλλονται προκειμένου να ενσωματώσουν το κόστος επέκτασης του ενεργειακού δικτύου.

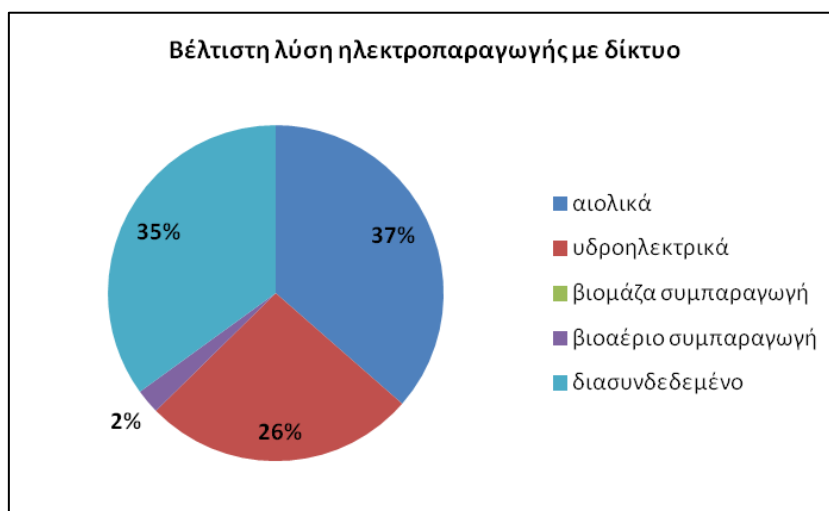
**Πίνακας 7.30.** Κόστος επέκτασης δικτύου και ενεργειακής τροφοδοσίας νοικοκυριών, αναλόγως της απόστασης από το υπάρχον δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας

Απόσταση από δίκτυο	Κόστος δικτύου 20kV	Κόστος δικτύου 150kV	Κόστος δικτύου διανομής χαμηλής τάσης	Κόστος μετασχηματιστών	ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ
10	200.000	-	625.000	1.200.000	2.025.000
30	600.000	-	625.000	1.200.000	2.425.000
50	1.000.000	-	625.000	1.200.000	2.825.000
70	1.400.000	-	625.000	1.200.000	3.225.000
90	1.400.000	1.200.000	625.000	1.800.000	5.025.000
110	1.400.000	2.400.000	625.000	1.800.000	6.225.000
150	1.400.000	4.800.000	625.000	1.800.000	8.625.000

**Πίνακας 7.31.** Κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας κεντρικών μονάδων ΑΠΕ, στην περίπτωση που χρειάζεται να δημιουργηθεί και δίκτυο διανομής, χαμηλής τάσης

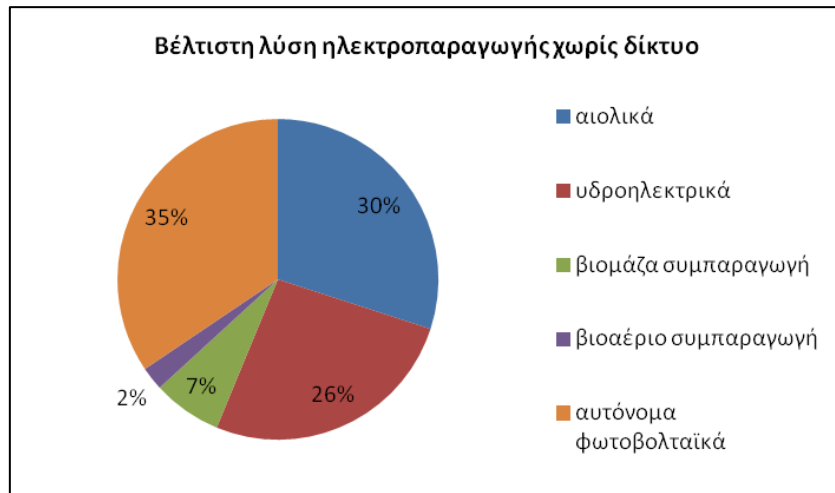
Ενεργειακή τεχνολογία	Κόστος εγκατάστασης (€/MWh)	Κόστος συντήρησης και λειτουργίας (€/MWh)
Αιολικά	40,52	78,43
Υδροηλεκτρικά	43,07	83,62
Φωτοβολταϊκά	71,89	10,57
Βιομάζα Ηλεκτροπαραγωγή	37,11	74,85
Βιομάζα Θερμότητα	35,32	81,54
Βιοαέριο Ηλεκτροπαραγωγή	40,43	71,22
Βιοαέριο Θερμότητα	46,38	93,54

Κατόπιν των αλλαγών στο μοντέλο επίλυσης, προέκυψε ότι σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 90km από το δίκτυο είναι προτιμότερο η ενεργειακή τροφοδοσία να βασιστεί σε αποκεντρωμένα συστήματα ΑΠΕ και τοπικά δίκτυα. Έτσι, με δεδομένα ηλεκτρικής κατανάλωσης που ανταποκρίνονται στα μεγέθη του ελληνικού ενεργειακού συστήματος - άρα σε ένα σχετικά υψηλό βιοτικό επίπεδο - επιβεβαιώνονται οι εκτιμήσεις του Coello (2011), σχετικά με τη σκοπιμότητα αλλαγής της φιλοσοφίας των ενεργειακών συστημάτων, προκειμένου να υπάρξει αποτελεσματική τροφοδοσία των ορεινών και απομονωμένων περιοχών, που δεν έχουν πρόσβαση σε ενεργειακές υπηρεσίες. Σημειώνεται ότι η μείωση των ηλεκτρικών φορτίων καθιστά ακόμη πιο ελκυστικές τις αποκεντρωμένες ενεργειακές λύσεις, στη βάση τοπικών συστημάτων ΑΠΕ. Στο Διάγραμμα 7.14 παρουσιάζεται η βέλτιστη λύση ηλεκτροπαραγωγής όταν υπάρχει δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, στα 1.000m και στο Διάγραμμα 7.15 αποτυπώνεται η βέλτιστη λύση όταν δεν υπάρχει ηλεκτρικό δίκτυο.



**Διάγραμμα 7.14.** Βέλτιστη κατανομή ενεργειακών πηγών για ηλεκτροπαραγωγή, στα 1.000m υψόμετρο, με διαθεσιμότητα δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας

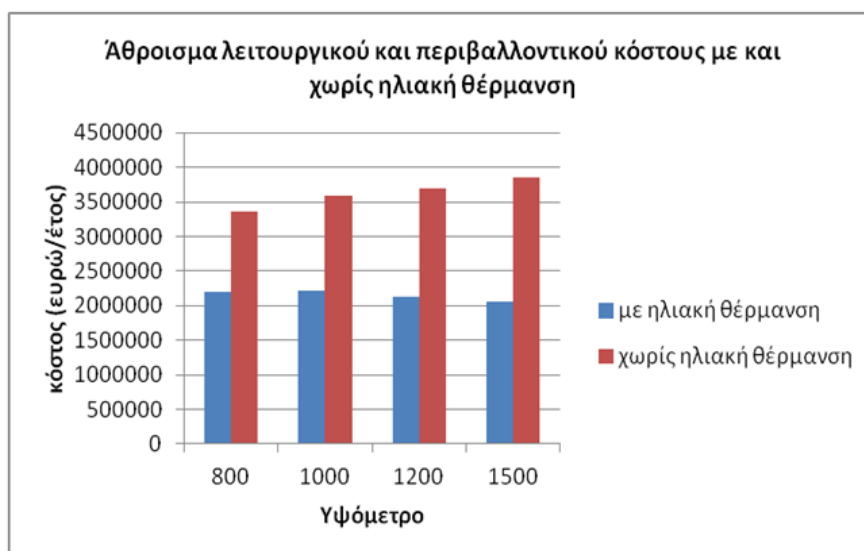




**Διάγραμμα 7.15.** Βέλτιστη κατανομή ενεργειακών πηγών για ηλεκτροπαραγωγή, στα 1.000m υψόμετρο, σε απόσταση 90km από το ηλεκτρικό δίκτυο

#### 7.4.6. Επίδραση χωρικών και αισθητικών περιορισμών στις βέλτιστες λύσεις

Η κλίση, όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 5, θέτει χωρικούς περιορισμούς στην ανάπτυξη των ενεργειακών έργων. Επίσης, η ιδιαίτερη αρχιτεκτονική ταυτότητα πολλών ορεινών οικισμών μπορεί, για λόγους αισθητικής, να οδηγεί στον περιορισμό της έκτασης των ενεργειακών συστημάτων. Στην περίπτωση του Μετσόβου αποδείχθηκε ότι η απαγόρευση εγκατάστασης θερμικών ηλιακών συστημάτων (λόγω των περιορισμών στη δόμηση) στερεί την τοπική κοινωνία από σημαντικές δυνατότητες ενεργειακής εξοικονόμησης. Αντίστοιχα, εάν στο θεωρητικό οικισμό θεωρηθεί ότι είτε λόγω έλλειψης χώρου είτε για αισθητικούς λόγους δεν υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης ηλιοθερμικών συστημάτων υποβοήθησης της κεντρικής θέρμανσης (που απαιτούν αρκετά μεγάλη επιφάνεια), το λειτουργικό κόστος της βέλτιστης λύσης αυξάνεται περίπου κατά 60% και το περιβαλλοντικό κόστος κατά 45%, όταν δεν υπάρχει διαθέσιμο δίκτυο φυσικού αερίου (Διάγραμμα 7.16). Συνεπώς, οι περιορισμοί στην ανάπτυξη των ενεργειακών τεχνολογιών που παρουσιάζονται στους ορεινούς οικισμούς αποτελούν, εν δυνάμει, σημαντικό εμπόδιο στην οικονομική ελάφρυνση των κατοίκων τους καθώς και ανασταλτικό παράγοντα όσον αφορά στην περιβαλλοντική αναβάθμιση των τοπικών ενεργειακών συστημάτων.

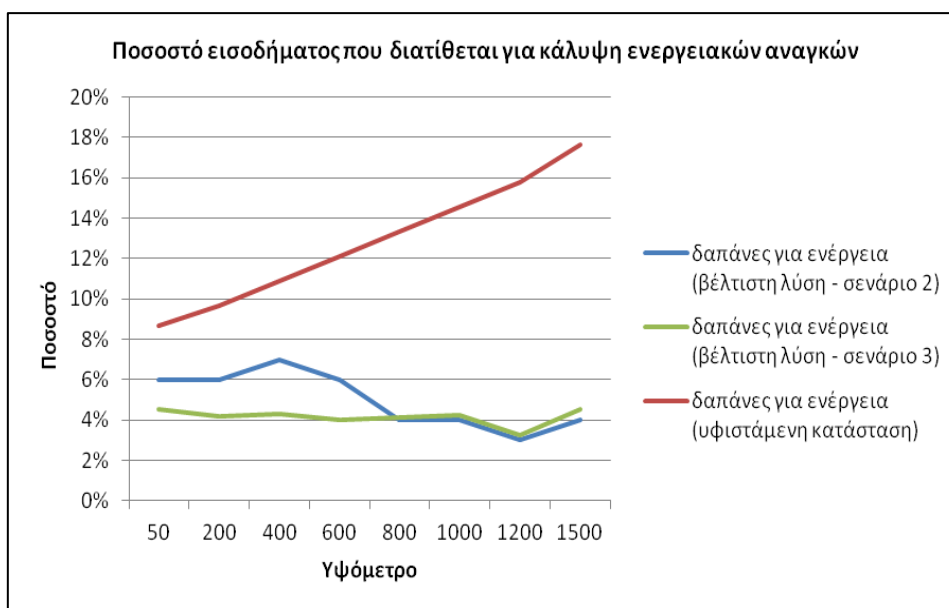


**Διάγραμμα 7.16.** Συνολικό κοινωνικό κόστος βέλτιστης λύσης (σενάριο 2) με και χωρίς συμπερίληψη ηλιοθερμικών συστημάτων

#### 7.4.7 Αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας

Το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας, ειδικά υπό συνθήκες πολύ αυξημένων τιμών στο πετρέλαιο θέρμανσης, είναι πια πραγματικότητα για τις ορεινές περιοχές. Μεταξύ των 800 και 1.000m, δηλαδή στην υψηλή ζώνη κατοίκησης της Ελλάδας, με εισοδηματικά δεδομένα, που αναλογούν στο μέσο όρο της χώρας, τα νοικοκυριά πρέπει να δαπανούν πάνω από το 13% του εισοδήματός τους για κάλυψη ενεργειακών αναγκών. Εάν ληφθεί υπ' όψιν ότι, κατά κανόνα, στις ορεινές περιοχές τα εισοδήματα είναι μειωμένα το ποσοστό αυτό αυξάνεται σημαντικά.

Στο μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού υπήρχε απλώς η απαίτηση το βέλτιστο λειτουργικό κόστος να είναι μικρότερο από το υφιστάμενο. Αποδείχθηκε ότι ο περιορισμός χρήσης ακριβών καυσίμων (μέσω ευρείας χρήσης βιομάζας και τεχνολογιών ΕΞΕ, κυρίως) και το μοντέλο χρήσης των ΑΠΕ που χρησιμοποιήθηκε είναι επαρκείς παράγοντες για τη μείωση του λειτουργικού κόστους, σε τέτοια επίπεδα που να αντιμετωπίζεται επαρκώς το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας. Το ποσοστό του εισοδήματος των νοικοκυριών, που απαιτείται να δαπανάται για ενεργειακές ανάγκες, πέφτει έως και στο 3%. Συνεπώς, οι ορεινές περιοχές, μπορούν, υπό τις κατάλληλες προϋποθέσεις, να ξεπεράσουν ένα μείζον κοινωνικό πρόβλημα, μέσω της βελτιστοποίησης των τοπικών ενεργειακών συστημάτων. Η βελτιστοποίηση των ενεργειακών συστημάτων προϋποθέτει την πραγματοποίηση επενδύσεων, σημαντικού ύψους, και στο σημείο αυτό οι ορεινές κοινωνίες χρειάζεται να υποβοηθηθούν αποτελεσματικά με κατάλληλους μηχανισμούς, γεγονός που δεν έχει συμβεί έως τώρα (Κεφάλαιο 5). Στο Διάγραμμα 7.17 και στον Πίνακα 7.32 παρουσιάζεται το ποσοστό του εισοδήματος που πρέπει να δαπανώνται από τα νοικοκυριά του θεωρητικού οικισμού για ενεργειακές δαπάνες στην υφιστάμενη κατάσταση και υπό συνθήκες βελτιστοποίησης του ενεργειακού συστήματος.

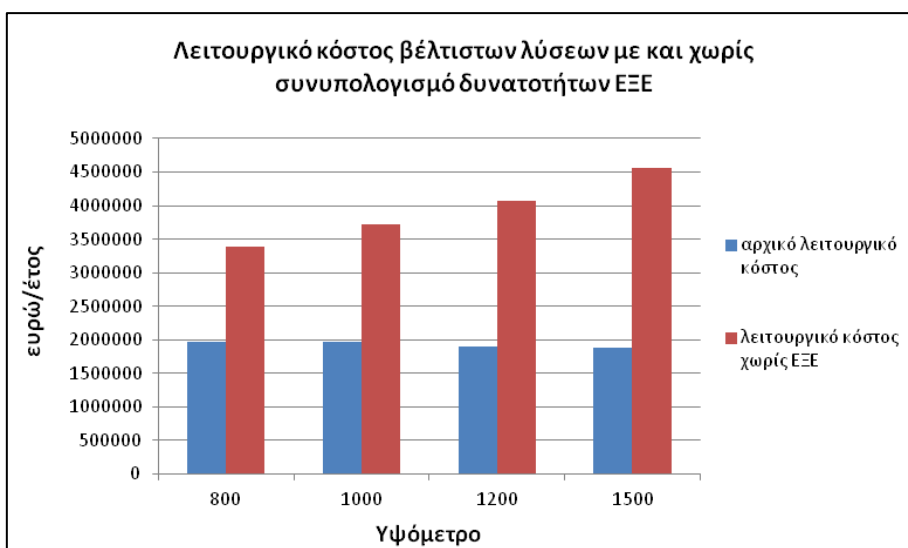


**Διάγραμμα 7.17.** Ποσοστό εισοδήματος νοικοκυριών που δαπανάται για ενεργειακές ανάγκες, στην υφιστάμενη κατάσταση και στο βέλτιστο ενεργειακό σύστημα, για την περίπτωση των σεναρίων 2 και 3

**Πίνακας 7.32.** Ποσοστό εισοδήματος νοικοκυριών που διατίθεται για κάλυψη ενεργειακών αναγκών, στα σενάρια 2 και 3

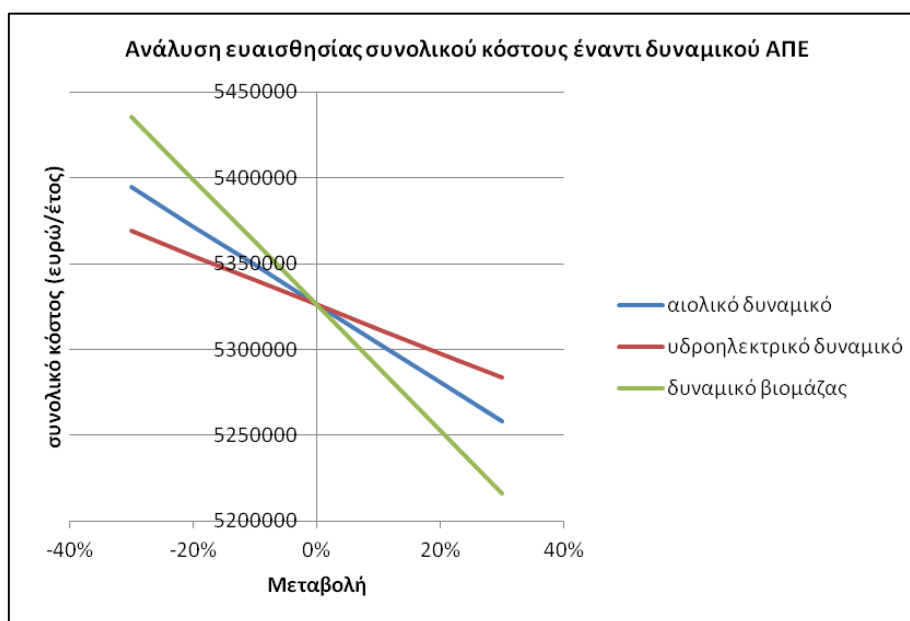
Υψόμετρο	Δαπάνες για ενέργεια (σενάριο 2)	Δαπάνες για ενέργεια (σενάριο 3)
50	6%	5%
200	6%	4%
400	7%	4%
600	6%	4%
800	4%	4%
1.000	4%	4%
1.200	3%	3%
1.500	4%	5%

Ο ρόλος της εξοικονόμησης ενέργειας αποδεικνύεται ιδιαίτερα σημαντικός για τη μείωση του λειτουργικού κόστους (Διάγραμμα 7.18). Σε περίπτωση απουσίας μέτρων ΕΞΕ, στις ορεινές περιοχές, το λειτουργικό κόστος των βέλτιστων λύσεων προκύπτει έως και υπερδιπλάσιο, καθιστώντας την αποτελεσματική αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας επισφαλή. Ιδιαίτερη σημασία έχουν και τα ηλιακά συστήματα υποβοήθησης κεντρικής θέρμανσης, ειδικά όταν δεν υπάρχει δίκτυο φυσικού αερίου. Η μεγάλη μείωση που επιτυγχάνεται στο λειτουργικό κόστος, μέσω των ηλιακών συστημάτων, όπως έχει ήδη αναφερθεί πρέπει να κινητοποιήσει τη συζήτηση για τη χρήση τους στους ορεινούς οικισμούς με κατάλληλες μεθόδους ένταξης στα κτίρια, εφ' όσον τίθεται ζήτημα προστασίας του αρχιτεκτονικού χαρακτήρα.



**Διάγραμμα 7.18.** Λειτουργικό κόστος βελτιστοποιημένων ενεργειακών συστημάτων, σε διάφορα υψόμετρα, σε ορεινές περιοχές, αναλόγως του εάν συμπεριλαμβάνεται στον ενεργειακό σχεδιασμό η ΕΞΕ, για το σενάριο 3.

Κρίσιμος είναι και ο ρόλος της διαθεσιμότητας βιομάζας για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές. Η ανάλυση ευαισθησίας του συνολικού κόστους του βελτιστοποιημένου ενεργειακού συστήματος έναντι του δυναμικού ΑΠΕ, που παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 7.19, δείχνει ότι η επίδραση του δυναμικού βιομάζας είναι η πιο έντονη, όσον αφορά στη διαμόρφωση του συνολικού κόστους.



**Διάγραμμα 7.19.** Επίδραση αιολικού δυναμικού, υδροηλεκτρικού δυναμικού και δυναμικού βιομάζας στο συνολικό κόστος των βέλτιστων λύσεων, στα 1.000m υψόμετρο, για το σενάριο 3.

Όπως έχει αναφερθεί και για την περίπτωση του Μετσόβου, είναι απαραίτητο να αποκλιμακωθούν οι τιμές του πετρελαίου θέρμανσης, κατά προτεραιότητα στις ορεινές περιοχές. Αυτό θα έχει ευεργετική

επίδραση στην ασφάλεια και σταθερότητα του ενεργειακού εφοδιασμού, διότι η έντονη εξάρτηση από τη βιομάζα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα. Εάν αλλάξουν τα δεδομένα διαθεσιμότητας της βιομάζας θα απαιτηθεί ανασχεδιασμός της ενεργειακής τροφοδοσίας, ενώ η υπάρχουσα εμπειρία καταδεικνύει ότι η ανταγωνιστική τιμή της βιομάζας έναντι του πετρελαίου έχει αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις τόσο λόγω της λαθροϋλοτομίας όσο και λόγω της καύσης σε ανοικτές εστίες.

#### 7.4.8 Τόνωση της παραγωγικής βάσης μέσω των ενεργειακών επενδύσεων

Ένα από τα κύρια κοινωνικά προβλήματα των ορεινών περιοχών είναι η ασθενής παραγωγική βάση που συνεπάγεται μειωμένες ευκαιρίες εργασίας. Γι' αυτό, όπως αναλύθηκε στα Κεφάλαια 1 και 5, το γεγονός ότι η εγκατάσταση ενεργειακών συστημάτων συνεπάγεται τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τις ορεινές κοινωνίες.

Κατ' αρχήν, σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα του μοντέλου δείχνουν τάση δημιουργίας μεγαλύτερου αριθμού νέων θέσεων εργασίας, στα υψηλότερα υψόμετρα. Αυτό, γενικά, οφείλεται στην αυξημένη χρήση των ΑΠΕ και της ΕΞΕ, λόγω των μεγάλων θερμικών φορτίων σε αυτές. Παράλληλα, το γεγονός ότι οι βέλτιστες λύσεις στις ορεινές περιοχές περιλαμβάνουν περισσότερες νέες θέσεις εργασίας, αποτελεί μια επιπλέον ένδειξη για τη συμβατότητα των ΑΠΕ και της ΕΞΕ με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ορεινών περιοχών. Εξάρτηση αποτελεί το σενάριο 1, στο οποίο οι ενεργειακές ανάγκες καλύπτονται αποκλειστικά από ΑΠΕ και έτσι η κάλυψη των αυξημένων ηλεκτρικών φορτίων στα χαμηλά υψόμετρα δημιουργεί μεγάλο αριθμό θέσεων εργασίας μέσω των αιολικών πάρκων και της συμπαραγωγής βιομάζας (Πίνακας 7.33).

**Πίνακας 7.33.** Αριθμός νέων θέσεων εργασίας στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα, για τις τρεις περιπτώσεις επίλυσης

Υψόμετρο	Θέσεις εργασίας σενάριο 1	Θέσεις εργασίας σενάριο 2	Θέσεις εργασίας σενάριο 3
50	20	8	11
200	21	8	12
400	23	9	13
600	25	10	14
800	12	14	15
1.000	13	15	16
1.200	13	16	17
1.500	13	15	16

Στην υπό μελέτη περίπτωση, προκειμένου να διαπιστωθεί η επίδραση του ζητήματος της δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα των ορεινών περιοχών, τέθηκε στα μοντέλα επίλυσης ένας επιπλέον περιορισμός. Συγκεκριμένα, με βάση τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 6, το μέσο ετήσιο οικονομικό όφελος που υπολογίζεται ότι προκύπτει από μία νέα θέση εργασίας στον ενεργειακό τομέα, είναι της τάξης των 4.500€. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι το ποσοστό του οικονομικά ενεργού πληθυσμού στην Ελλάδα είναι περίπου 34%, στο θεωρητικό οικισμό των 6.000

κατοίκων που έχει δημιουργηθεί, οι οικονομικά ενεργοί κάτοικοι είναι 2040. Κάνοντας την παραδοχή ότι η ανεργία ανέρχεται στο υψηλό ποσοστό του 25%, τότε οι άνεργοι στον θεωρητικό οικισμό είναι 510. Εάν υποθεθεί ότι με την εγκατάσταση των ενεργειακών συστημάτων, άρα την προώθηση μιας νέας οικονομικής δραστηριότητας, τίθεται ο στόχος να μειωθεί τουλάχιστον κατά μία ποσοστιαία μονάδα η ανεργία, θα πρέπει να δημιουργηθούν τουλάχιστον 20 νέες θέσεις εργασίας, που αντιστοιχούν σε οικονομικό όφελος 90.000€/έτος. Αυτός, ακριβώς, είναι ο νέος περιορισμός που τέθηκε στο μοντέλο επίλυσης. Απαιτείται, δηλαδή η συνάρτηση οφέλους να παίρνει τιμές μεγαλύτερες ή ίσες των 90.000€.

Εστιάζοντας στις περιοχές από τα 800m και πάνω, η βασική αλλαγή που συντελείται, όταν υπάρχει ελάχιστη απαίτηση για δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, είναι η ένταξη των φωτοβολταϊκών στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα. Αυτό γίνεται διότι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων έχει ιδιαίτερα σημαντικά οφέλη ως προς τη δημιουργία θέσεων εργασίας (Tourkolias & Mirasgedis, 2011). Αντίστοιχα μεγάλα οφέλη στην απασχόληση προκύπτουν και από τις εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης βιομάζας και βιοαερίου, με συνέπεια να έχουν και αυτές παρουσία στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα. Τέλος, δε χρησιμοποιούνται λέβητες ξύλων, αλλά λέβητες pellets, οι οποίοι έχουν πιο θετική συμβολή στην απασχόληση, λόγω της ανάγκης μεταποίησης του καυσίμου, που έχει υποθεθεί ότι γίνεται σε παραγωγικές μονάδες με έδρα τον θεωρητικό οικισμό.

Οι ανωτέρω παρατηρήσεις ισχύουν για τα σενάρια 2 και 3. Στην περίπτωση του άφθονου δυναμικού, που περιλαμβάνεται στο πρώτο σενάριο, η κατάσταση είναι ελαφρώς διαφορετική. Δεν συμπεριλαμβάνονται τα φωτοβολταϊκά στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα, αλλά μεγιστοποιείται η χρήση βιομάζας, με βάση τεχνολογίες συμπαραγωγής. Στο υψόμετρο των 1500m, η χρήση της βιομάζας γίνεται μέσω λεβήτων pellets.

Η απαίτηση για τη δημιουργία τουλάχιστον 20 νέων θέσεων εργασίας επιφέρει αλλαγές και στις βέλτιστες τιμές των συναρτήσεων κόστους. Όταν υπάρχει αφθονία δυναμικού, η αύξηση του κόστους κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, εκτός από την περίπτωση των 1.500m, που φτάνει στο επίπεδο του 25% (Πίνακας 7.34). Σε όλες τις περιπτώσεις οι επενδύσεις είναι βιώσιμες είτε με ιδιωτικοοικονομικά είτε με κοινωνικοοικονομικά κριτήρια.

**Πίνακας 7.34.** Σύγκριση τιμών συναρτήσεων κόστους – οφέλους μεταξύ της επίλυσης της αρχικής επίλυσης και της επίλυσης με απαίτηση για δημιουργία 20 νέων θέσεων εργασίας, για το σενάριο 1

Υψόμετρο	Μεταβολή συναρτήσεων κόστους - οφέλους σε σχέση με την αρχική επίλυση του σεναρίου 1				
	Συνολικό κόστος	Επενδυτικό κόστος	Λειτουργικό κόστος	Περιβαλλοντικό κόστος	Κοινωνικό όφελος
800	2,0%	9,3%	2,3%	-23,3%	96,1%
1.000	2,2%	7,4%	2,6%	-23,7%	76,1%
1.200	2,5%	8,1%	2,6%	-21,1%	72,6%
1.500	25,9%	11,4%	59,6%	-43,7%	67,5%

Στα σενάρια 2 και 3, η ένταξη των φωτοβολταϊκών στο βέλτιστο μίγμα συντελεί στην αύξηση του συνολικού κόστους, του επενδυτικού κόστους και του λειτουργικού κόστους. Ιδιαίτερα στο τρίτο σενάριο, στο οποίο δεν υπάρχει διαθέσιμο φυσικό αέριο, οι αυξήσεις στο κόστος είναι μεγαλύτερες και στην περίπτωση των 800m δεν είναι δυνατόν να βρεθεί λύση, που να ικανοποιεί ταυτόχρονα όλους τους περιορισμούς. Παρουσιάζει ενδιαφέρον το γεγονός ότι η αύξηση του συνολικού κόστους βαίνει

μειούμενη συναρτήσει του υψόμετρου. Στα 1.200m και τα 1.500m υψόμετρο οι απαιτούμενες επενδύσεις για τη βελτιστοποίηση του ενεργειακού συστήματος συνεχίζουν να είναι βιώσιμες (με ιδιωτικοοικονομικούς όρους). Στα 1.000m οι επενδύσεις κρίνονται βιώσιμες με κοινωνικοοικονομικά κριτήρια, για την περίπτωση του σεναρίου 2, και μη-βιώσιμες για το τρίτο σενάριο. Στους Πίνακες 7.35 και 7.36 αναφέρονται οι μεταβολές στις τιμές των συναρτήσεων κόστους στην περίπτωση απαίτησης αυξημένων νέων θέσεων εργασίας, για τα σενάρια 2 και 3, σε σχέση με τις αρχικές επιλύσεις.

**Πίνακας 7.35.** Σύγκριση τιμών συναρτήσεων κόστους – οφέλους μεταξύ της επίλυσης της αρχικής επίλυσης και της επίλυσης με απαίτηση για δημιουργία 20 νέων θέσεων εργασίας, για το σενάριο 1

Υψόμετρο	Μεταβολή συναρτήσεων κόστους - οφέλους σε σχέση με την αρχική επίλυση του σεναρίου 2				
	Συνολικό κόστος	Επενδυτικό κόστος	Λειτουργικό κόστος	Περιβαλλοντικό κόστος	Κοινωνικό κόστος
800	53,6%	43,5%	78,4%	-12,5%	51,8%
1.000	27,9%	34,4%	24,6%	-42,4%	42,4%
1.200	12,8%	22,0%	3,0%	-66,0%	31,1%
1.500	7,5%	10,2%	9,9%	-61,4%	50,9%

**Πίνακας 7.36.** Σύγκριση τιμών συναρτήσεων κόστους – οφέλους μεταξύ της επίλυσης της αρχικής επίλυσης και της επίλυσης με απαίτηση για δημιουργία 20 νέων θέσεων εργασίας, για το σενάριο 3

Υψόμετρο	Μεταβολή συναρτήσεων κόστους - οφέλους σε σχέση με την αρχική επίλυση του σεναρίου 3				
	Συνολικό κόστος	Επενδυτικό κόστος	Λειτουργικό κόστος	Περιβαλλοντικό κόστος	Κοινωνικό κόστος
1.000	54,0%	35,6%	86,8%	26,5%	33,0%
1.200	13,4%	22,5%	3,7%	-53,1%	23,3%
1.500	8,5%	11,2%	9,8%	-45,4%	41,2%

Συνοψίζοντας, εάν δοθεί προτεραιότητα στη δημιουργία θέσεων εργασίας, παρατηρείται αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα. Αυτό, γενικά, συνεπάγεται σημαντική αύξηση στα κόστη, η οποία θέτει σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα των επενδύσεων. Στα υψηλά υψόμετρα των 1.200m και 1.500m, η βιωσιμότητα των επενδύσεων δεν επηρεάζεται. Εάν υπάρχει διαθέσιμο μεγαλύτερο δυναμικό βιομάζας, τότε η αύξηση στα κόστη είναι μικρότερη και υπό προϋποθέσεις, οι επενδύσεις είναι βιώσιμες σε όλη την υψομετρική περιοχή από τα 800m έως τα 1.500m. Συνεπώς, η επέκταση της χρήσης των ΑΠΕ, που συνεπάγεται αύξηση θέσεων εργασίας και ευνοϊκές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μπορεί να είναι αποτελεσματική στις ορεινές περιοχές. Επιβεβαιώνεται και από αυτήν την παρατήρηση η συμβατότητα των φιλικών προς το περιβάλλον ενεργειακών τεχνολογιών με μια ευεργετική για τις ορεινές περιοχές αναπτυξιακή πολιτική.

#### 7.4.9 Συγκεντρωτικές παρατηρήσεις

Τα αποτελέσματα του μοντέλου ενεργειακού σχεδιασμού σε ένα θεωρητικό οικισμό είναι χρήσιμα για τη διατύπωση ορισμένων ευρύτερων συμπερασμάτων – σε σύγκριση με την ειδική μελέτη στην περίπτωση του Μετσόβου – για τον ενεργειακό σχεδιασμό στις ορεινές περιοχές.

##### **Ως προς τη σύνθεση των βέλτιστων ενεργειακών λύσεων**

Οι βέλτιστες λύσεις περιλαμβάνουν εκτεταμένη συμμετοχή των ΑΠΕ και της ΕΞΕ. Η διείσδυση των ΑΠΕ, από περίπου 20% στην υφιστάμενη κατάσταση αυξάνεται σε 70% στις βέλτιστες λύσεις. Όπως και στην περίπτωση του Μετσόβου, εξαντλούνται οι δυνατότητες χρήσης των ΑΠΕ και της ΕΞΕ και μόνο για τα ποσά ενέργειας που δεν είναι δυνατόν να καλυφθούν χρησιμοποιούνται συμβατικές πηγές ενέργειας. Αυτό είναι αποτέλεσμα τόσο της υψηλής τιμής των καυσίμων όσο και της φιλοσοφίας που υιοθετήθηκε για την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Έτσι, επιβεβαιώνεται ότι ένα αποκεντρωμένο μοντέλο επέκτασης των ΑΠΕ για κάλυψη τοπικών αναγκών, με όρους κοινής ωφέλειας μπορεί να είναι αποτελεσματικό και να συντελέσει στην αποτελεσματική και φιλική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των ορεινών περιοχών. Όπως και στην περίπτωση του Μετσόβου, δεν περιλαμβάνονται τα φωτοβολταϊκά στις βέλτιστες ενεργειακές λύσεις, λόγω του μεγάλου τους κόστους.

##### **Ως προς τα κόστη των βέλτιστων ενεργειακών λύσεων**

Η βελτιστοποίηση των ενεργειακών συστημάτων απαιτεί σημαντικά επενδυτικά κόστη. Αποδεικνύεται, όμως, ότι οι επενδύσεις μπορούν να είναι βιώσιμες, σε μεγάλο ποσοστό ακόμη και με ιδιωτικοοικονομικά κριτήρια. Ταυτόχρονα, επιτυγχάνονται μεγάλες μειώσεις στο περιβαλλοντικό και το λειτουργικό κόστος των ενεργειακών συστημάτων, γεγονός με ιδιαίτερη σημασία για τις ορεινές περιοχές.

##### **Ως προς την επίδραση του υψομέτρου**

Τεκμηριώνεται ότι η αύξηση των θερμικών αναγκών που συνεπάγεται το υψόμετρο έχει αποφασιστική σημασία στη διαμόρφωση των βέλτιστων ενεργειακών λύσεων. Ως προς τη δομή των βέλτιστων ενεργειακών συστημάτων, συναρτήσει του υψομέτρου αυξάνεται η συμμετοχή της ΕΞΕ και των ηλιοθερμικών συστημάτων. Ως προς τα χαρακτηριστικά των βέλτιστων λύσεων, αυξανόμενου του υψομέτρου διευρύνονται τα οφέλη από τη βελτίωση των ενεργειακών συστημάτων και οι αποδόσεις των σχετικών επενδύσεων. Επίσης, στις ορεινές περιοχές η τόνωση της απασχόλησης είναι εντονότερη, ως συνέπεια της βελτιστοποίησης των ενεργειακών συστημάτων.

##### **Ως προς την επίδραση των χωρικών και αισθητικών περιορισμών**

Από το μοντέλο ενεργειακής βελτιστοποίησης τεκμηριώνεται ότι, τυχόν περιορισμοί στο διαθέσιμο χώρο εγκατάστασης ενεργειακών συστημάτων λόγω αυξημένων κλίσεων είτε περιορισμοί για την προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς περιορίζουν σημαντικά τα οφέλη των βέλτιστων λύσεων. Ειδικά στην περίπτωση μη – διαθεσιμότητας δικτύου φυσικού αερίου (η συνήθης πραγματικότητα των ορεινών περιοχών) το λειτουργικό κόστος των βελτιστοποιημένων ενεργειακών συστημάτων μπορεί να είναι έως και 60% μεγαλύτερο σε περιπτώσεις ύπαρξης χωρικών ή αισθητικών περιορισμών, σε σχέση με την περίπτωση που υπάρχει η δυνατότητα πλήρους ανάπτυξης ενεργειακών τεχνολογιών.



### **Ως προς την επίδραση της απομόνωσης**

Αποδεικνύεται ότι εάν κάποια περιοχή απέχει περίπου 100km από το διασυνδεδεμένο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι προτιμότερο να ηλεκτροδοτηθεί από αποκεντρωμένα συστήματα ΑΠΕ και τοπικά δίκτυα. Έτσι, επιβεβαιώνεται ότι οι ΑΠΕ μπορούν να έχουν ιδιαίτερο ρόλο στην αντιμετώπιση ενός μείζονος προβλήματος των ορεινών περιοχών, που είναι η προβληματική ενεργειακή τροφοδοσία.

### **Ως προς την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας**

Επιβεβαιώνεται ότι, όπως και στο Μέτσοβο, η βελτιστοποίηση των ενεργειακών συστημάτων οδηγεί σε αποτελεσματική αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας. Τη στιγμή που τα νοικοκυριά από τα 400m και υψηλότερα αντιμετωπίζουν άμεσα το φάσμα της ενεργειακής φτώχειας, οι βέλτιστες λύσεις οδηγούν σε λύσεις ώστε το ποσοστό του εισοδήματος των νοικοκυριών που διατίθεται για ενεργειακές ανάγκες να υποχωρεί σε επίπεδα κάτω του 5%. Στην κατεύθυνση αυτή κρίσιμος είναι ο ρόλος της ΕΞΕ, χωρίς την παρουσία της οποίας, υπάρχουν περιπτώσεις που δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με ασφάλεια η ενεργειακή φτώχεια, γεγονός που παρατηρήθηκε και στο Μέτσοβο.

### **Ως προς την τόνωση της απασχόλησης**

Θέτοντας ιδιαίτερα υψηλές απαιτήσεις για την αύξηση των θέσεων εργασίας, μέσω της εγκατάστασης νέων ενεργειακών συστημάτων, στις ορεινές περιοχές, το μοντέλο συνεχίζει να παράγει εφικτές λύσεις. Συνεπώς, επιβεβαιώνεται ότι οι ΑΠΕ αποτελούν μια ευκαιρία για την τόνωση της παραγωγικής βάσης των ορεινών περιοχών.



## Κεφάλαιο 8. Ανακεφαλαίωση και συμπεράσματα

### 8.1 Συμπεράσματα διατριβής

#### 8.1.1 Ενεργειακή ταυτότητα των ορεινών περιοχών

Η διαμόρφωση μιας ενεργειακής πολιτικής καθώς και η βελτιστοποίηση της χρήσης των ενεργειακών πόρων προϋποθέτουν την αποτύπωση της ενεργειακής φυσιογνωμίας κάθε περιοχής. Η διαπίστωση αυτή ισχύει ακόμη περισσότερο για τις ορεινές περιοχές, δεδομένου ότι, όπως αποδείχθηκε, η ενεργειακή τους ταυτότητα είναι ιδιαίτερη.

Η μελέτη της βιβλιογραφίας δείχνει ότι απουσιάζει η συστηματική προσέγγιση των χαρακτηριστικών της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών και των επιπτώσεών τους. Το μοναδικό, έως τώρα, επίσημο κείμενο για την ενεργειακή πολιτική των ορεινών περιοχών, που εξέδωσε η EUROMONTANA, το 2009, παρά τις χρήσιμες προτάσεις που περιέχει, δεν βασίζεται σε μια αναγνώριση των ιδιαιτεροτήτων του ενεργειακού προφίλ των ορεινών οικισμών, πέρα από την αναφορά στα υψηλά θερμικά τους φορτία.

Μέσω της παρούσας εργασίας προσδιορίστηκε η επίδραση χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των ορεινών περιοχών στον ενεργειακό τομέα. Πιο συγκεκριμένα, ανιχνεύθηκε και εκτιμήθηκε η επίδραση τόσο γεωγραφικών παραμέτρων (υψόμετρο, κλίση, απομόνωση) όσο και κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων (χαμηλά εισοδήματα, κτιριακό απόθεμα, αδύναμη παραγωγική βάση). Επιπλέον, συστηματοποιήθηκαν τα χαρακτηριστικά του δυναμικού ΑΠΕ των ορεινών περιοχών και η σχέση τους με τη γεωγραφία των βουνών.

#### Ορεινή γεωγραφία και ενέργεια

##### Υψόμετρο

Το υψόμετρο είναι εξ ορισμού η πλέον χαρακτηριστική γεωγραφική παράμετρος του ορεινού χώρου. Η επίδρασή του στο κλίμα είναι έντονη. Αυξανόμενου του υψομέτρου, η θερμοκρασία μειώνεται, οι βροχοπτώσεις αυξάνονται (στα εύκρατα και μέσα γεωγραφικά πλάτη), η ηλιακή ακτινοβολία αυξάνεται και η σχετική υγρασία μειώνεται. Η μείωση της θερμοκρασίας, συναρτήσει του υψομέτρου είναι αρκετά έντονη (1-2°C ανά 300m) και συντελεί στην αύξηση των θερμικών απαιτήσεων στους ορεινούς οικισμούς, όπως αποδείχθηκε.

Η αναλυτική παρουσίαση της προσέγγισης που υιοθετήθηκε για την ποσοτικοποίηση της αύξησης των θερμικών αναγκών, συναρτήσει του υψομέτρου, πραγματοποιείται στο Κεφάλαιο 5. Βασικός της κορμός υπήρξε ο υπολογισμός των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης σε 100 περιοχές του ελληνικού χώρου, από τη Θράκη μέχρι τα Δωδεκάνησα και σε υψόμετρα από το επίπεδο της θάλασσας έως και πάνω από τα 2000m. Οι βαθμομέρες εκφράζουν τη χρονική διάρκεια, εντός ενός έτους, κατά την οποία η εξωτερική θερμοκρασία γίνεται μικρότερη ή μεγαλύτερη από ένα καθορισμένο όριο και είναι ανάλογες των θερμικών και ψυκτικών αναγκών των κτιρίων, για τις συνήθεις περιπτώσεις κατασκευών. Ο υπολογισμός των βαθμομερών στηρίζεται στα θερμοκρασιακά δεδομένα της υπό μελέτη περιοχής.

Οι θερμοκρασίες που επικρατούν σε μια περιοχή, επηρεάζονται από πολλές μεταβλητές (γεωγραφικό πλάτος, υψόμετρο, ανάγλυφο, προσανατολισμός, βλάστηση, θαλάσσια κυκλοφορία, ανθρωπογενής δραστηριότητα κ.ά.). Αποδείχθηκε ότι η θεμελιώδης παράμετρος για τον υπολογισμό των θερμικών και ψυκτικών ενεργειακών αναγκών μπορεί να υπολογιστεί με μεγάλη ακρίβεια για τις ελληνικές συνθήκες κάνοντας χρήση μόνο των μεταβλητών του γεωγραφικού πλάτους και του υψομέτρου. Μάλιστα, για μικρές μεταβολές του γεωγραφικού πλάτους, όπως αυτές που αντιστοιχούν στην ελληνική επικράτεια αποδείχθηκε ότι οι βαθμομέρες (θέρμανσης ή ψύξης) εξαρτώνται πρακτικά μόνο από το υψόμετρο. Το εύρημα αυτό αποτέλεσε τη βάση για μια σειρά συμπεράσματα, που δίνουν ποσοτική βάση στην διάχυτη αίσθηση των υψηλότερων θερμικών αναγκών των ορεινών περιοχών.

Αναλυτικότερα, προέκυψε ότι:

- Οι βαθμομέρες θέρμανσης (για θερμοκρασία βάσης 16°C) στην Ελλάδα μπορούν να εκτιμηθούν από την συνάρτηση:

$$HDD(16) = 146,154 \cdot lat + 1,464 \cdot h - 4785,600 \quad (8.1)$$

lat: το γεωγραφικό πλάτος (σε μοίρες)

h: το υψόμετρο (σε μέτρα)

Ο συντελεστής προσαρμογής ( $R^2$ ) της γραμμικής παλινδρόμησης εκτίμησης των βαθμομερών, με ανεξάρτητες μεταβλητές το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος είναι υψηλός, με τιμή 92%.

- Ο προσδιορισμός των βαθμομερών θέρμανσης, με μοναδική ανεξάρτητη μεταβλητή το υψόμετρο δίνεται από τη σχέση

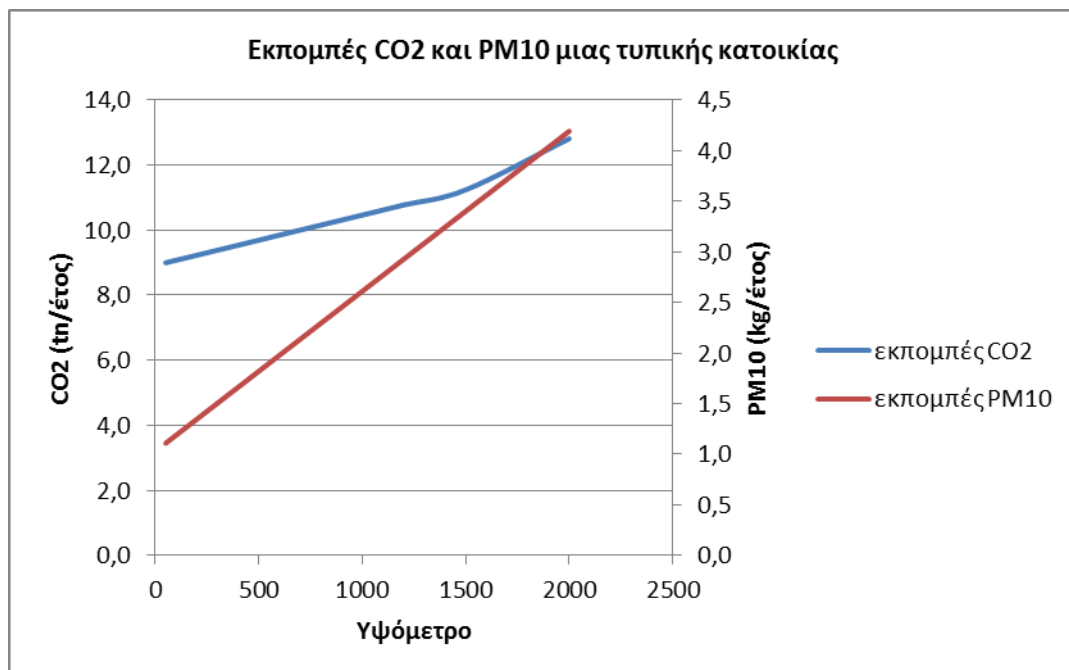
$$HDD(16) = 1,484 \cdot h + 885,010 \quad (8.2)$$

Ο συντελεστής προσαρμογής στην περίπτωση της παλινδρόμησης βαθμομερών / υψομέτρου είναι 86%. Συνεπώς, η προσθήκη της παραμέτρου του γεωγραφικού πλάτους στο μοντέλο, αυξάνει την ακρίβεια μόλις κατά 6%. Αυτό σημαίνει ότι για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών στην ελληνική επικράτεια μπορεί, με ασφάλεια, να χρησιμοποιηθεί η απλή γραμμική παλινδρόμηση βαθμομερών / υψομέτρου.

- Με βάση τα παραπάνω αποδεικνύεται ότι, σε ένα γεωγραφικό χώρο με το κλίμα και την έκταση της Ελλάδας, **το υψόμετρο είναι ο κύριος παράγοντας διαμόρφωσης των βαθμομερών θέρμανσης, άρα και των θερμικών ενεργειακών αναγκών**, οι οποίες και αποτελούν άξουσα συνάρτησή του. Το γεωγραφικό πλάτος, στα όρια της Ελλάδας, επιδρά, αλλά κατά τρόπο λιγότερο σημαντικό από το υψόμετρο. Με βάση τα χαρακτηριστικά του δείγματος δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση και τη σχέση 8.1, υπολογίζεται ότι η επίδραση του υψομέτρου στη διαμόρφωση των βαθμομερών, στον ελληνικό χώρο, είναι κατά 350% εντονότερη από αυτήν του υψομέτρου. Αυτό σημαίνει πως - αν επιπλέον ληφθεί υπ' όψιν η αντιστοιχία μοιρών γεωγραφικού πλάτους και απόστασης στον άξονα βορά νότου - ότι 1m κατακόρυφης μετακίνησης επιδρά στις βαθμομέρες όσο 1.100m οριζόντιας μετακίνησης στον άξονα βορά - νότου. Αναδεικνύεται, έτσι, η σημασία του υψομέτρου στη διαμόρφωση των ενεργειακών αναγκών και κατ' επέκταση της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών.
- Οι βαθμομέρες ψύξης παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις στον ελληνικό χώρο, χωρίς κάποιο σαφές πρότυπο. Το υψόμετρο αποδείχθηκε ότι αποτελεί τη μοναδική γεωγραφικό παράμετρο που επηρεάζει, κατά στατιστικά σημαντικό τρόπο, τις βαθμομέρες ψύξης. Αυξανόμενου του υψομέτρου οι βαθμομέρες ψύξης μειώνονται και, πρακτικά, **από τα 800m και πάνω οι ανάγκες ψύξης είναι αμελητέες.**

Τα συμπεράσματα, σχετικά με τη μεταβολή των βαθμομερών συναρτήσει του υψόμετρου, συνδυαζόμενα με τα χαρακτηριστικά μιας υποθετικής κατοικίας, που ανταποκρίνεται στη μέση κατάσταση του ελληνικού κτιριακού αποθέματος, οδηγούν στα ακόλουθα ευρήματα:

- Στα 800m υψόμετρο, μια μέση κατοικία έχει κατά 50% υψηλότερες συνολικές ενεργειακές ανάγκες και διπλάσιες, περίπου, θερμικές ανάγκες απ' ό,τι αν βρισκόταν στο επίπεδο της θάλασσας.
- Οι αυξανόμενες θερμικές ανάγκες και οι μειούμενες ψυκτικές ανάγκες, συναρτήσει του υψόμετρου συμβάλλουν και στη σημαντική διαφοροποίηση της αναλογίας θερμικών – ηλεκτρικών αναγκών στις ορεινές περιοχές. **Στο επίπεδο της θάλασσας η αναλογία θερμικών – ηλεκτρικών φορτίων, στον οικιακό τομέα, είναι της τάξης 1,2:1. Σε υψόμετρο 1000m, η αναλογία γίνεται 4:1.**
- **Οι αυξημένες ενεργειακές ανάγκες των ορεινών οικισμών συνεπάγονται και μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις συναρτήσει του υψόμετρου.** Οι εκπομπές CO<sub>2</sub>, που προκαλούνται από την ενεργειακή κατανάλωση του μέσου ελληνικού νοικοκυριού αυξάνονται συναρτήσει του υψόμετρου. Υπολογίστηκε ότι στα 1.000m εκλύονται περίπου 20% μεγαλύτερες ποσότητες CO<sub>2</sub>, σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας. Στις ορεινές περιοχές οι εκπομπές σωματιδίων από τα συστήματα θέρμανσης είναι διπλάσιες από το επίπεδο της θάλασσας. Το εξωτερικό κόστος, που συνεπάγεται η ενεργειακή κατανάλωση του μέσου νοικοκυριού στο περιβάλλον, εκτιμήθηκε ότι στα 1.000m υψόμετρο είναι 30% μεγαλύτερο, σε σχέση με τις παράκτιες περιοχές.



**Διάγραμμα 8.1.** Εκπομπές CO<sub>2</sub> και PM<sub>10</sub>, μιας τυπικής κατοικίας, με βάση το χρησιμοποιούμενο μίγμα καυσίμων στην Ελλάδα, συναρτήσει του υψόμετρου.

- **Η αξιοπιστία των προσεγγίσεων που έγιναν, αναφορικά με τη σχέση βαθμομερών – υψόμετρου επαληθεύτηκε από το παράδειγμα του Μετσόβου.** Μέσω του αναλυτικού υπολογισμού της ζήτησης θερμότητας στα νοικοκυριά του Μετσόβου (χρησιμοποιώντας μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής, τα δεδομένα των κτιρίων του οικισμού και μια

υπολογιστική μέθοδο ημι-σταθερής κατάστασης, ακριβέστερη σε σχέση με την μέθοδο των βαθμομερών) προκύπτει ότι, κατά μέσο όρο, κάθε κατοικία χρειάζεται 25,14MWh/έτος. Εάν, με τα δεδομένα του κτιριακού αποθέματος του Μετσόβου, χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των βαθμομερών και βασιστεί, αντί σε εξειδικευμένα μετεωρολογικά στοιχεία, στη στατιστική εκτίμηση των βαθμομερών θέρμανσης συναρτήσει του υψομέτρου, οι θερμικές ανάγκες κάθε κατοικίας υπολογίζονται σε 25,87MWh/έτος. Η απόκλιση μεταξύ των δύο εκτιμήσεων είναι μόλις 3%.

### Κλίση

Η γεωγραφική παράμετρος της κλίσης αποτελεί, επίσης, χαρακτηριστικό γνώρισμα των ορεινών περιοχών. Αποτελεί άλλωστε τη δεύτερη κύρια παράμετρο, που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό τους μετά το υψόμετρο. **Η κλίση θέτει περιορισμούς στην ανάπτυξη ενεργειακών έργων στις ορεινές περιοχές.** Συγκεκριμένα, οι έντονες κλίσεις περιορίζουν το ζωτικό χώρο στα βουνά. Γι αυτό, εξάλλου, παρά την φαινόμενη αφθονία του χώρου σε σχέση με τον πληθυσμό τα ορεινά χωριά είναι εξαιρετικά πυκνοκατοικημένα. Για τον ελάχιστο πραγματικά διαθέσιμο χώρο που απομένει ανταγωνίζονται πολλές χρήσεις, όπως μια ζωτικής προτεραιότητας μικρή γεωργική παραγωγή ή η κτηνοτροφία. Έτσι, ενεργειακές τεχνολογίες, όπως τα φωτοβολταϊκά, που απαιτούν μεγάλη έκταση για την εγκατάσταση υψηλών τιμών ισχύος, συναντούν σημαντικά εμπόδια στην εγκατάστασή τους στα ορεινά. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι η χωροθέτηση φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων αποφεύγεται, σε περιπτώσεις, όπου η εδαφική κλίση είναι μεγαλύτερη από 35%. Αυτή η τιμή της κλίσης αντιστοιχεί στη μέση κλίση που πρέπει να έχει μια περιοχή για να χαρακτηριστεί ως ορεινή, σύμφωνα με τα κριτήρια της ΕΣΥΕ (νυν ΕΛΣΤΑΤ). Έτσι, οι ορεινές περιοχές στην Ελλάδα έχουν, εξ' ορισμού, εδαφική διαμόρφωση που καθιστά προβληματική την ανάπτυξη μεγάλης έκτασης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Επιπλέον, οι εκτεταμένες δασικές εκτάσεις (ακόμη και σε ποσοστά άνω του 70% της συνολικής έκτασης των Δήμων, όπως στο Καρπενήσι και το Μέτσοβο), και, δευτερευόντως, οι εκτάσεις που καλύπτονται από οικισμούς, υδάτινα σώματα και καλλιέργειες, περιορίζουν ακόμη περισσότερο τις διαθέσιμες εκτάσεις για χωροθέτηση ενεργειακών μονάδων.

Τέλος, σημειώνεται ότι οι αυξημένες κλίσεις αποτελούν ευνοϊκό παράγοντα για την εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων, που χαρακτηρίζουν πολλές περιοχές στον ορεινό χώρο. Οι κατολισθήσεις καθιστούν επισφαλή την ανάπτυξη υποδομών και εν γένει ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Αυτό έχει ως συνέπεια να περιορίζονται οι κατάλληλες περιοχές, στα ορεινά, ακόμη και για χωροθέτηση ενεργειακών έργων που δεν απαιτούν μεγάλες εκτάσεις, όπως μεμονωμένες ανεμογεννήτριες ή μονάδες βιομάζας.

### Απομόνωση

Η απομόνωση είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του ορεινού χώρου. Η θέση των ορεινών οικισμών, μακριά από τα αστικά κέντρα και τα μεγάλα ενεργειακά κέντρα (π.χ. ΑΗΣ), σε περιοχές με ελλειπές οδικό δίκτυο, διαμορφώνει προβληματικές συνθήκες, ως προς την ενεργειακή τους τροφοδοσία. **Η επέκταση του δικτύου ηλεκτροδότησης, όπως και η μεταφορά καυσίμων στους πλέον απομονωμένους ορεινούς οικισμούς συνεπάγεται ιδιαίτερα αυξημένα κόστη.** Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις τα δίκτυα ηλεκτροδότησης που υπάρχουν στα ορεινά είναι ανεπαρκή και καθιστούν τους ορεινούς οικισμούς ευάλωτους σε διακοπές της ηλεκτροδότησης, οι οποίες, επιπλέον, λόγω της απομόνωσης μπορεί να απαιτήσουν μεγαλύτερους χρόνους και υψηλότερα κόστη αποκατάστασης.

Στις περισσότερες ορεινές περιοχές της Ελλάδας, το ζήτημα της ενεργειακής τροφοδοσίας έχει επιλυθεί, αν και σε περιοχές, όπως τα Άγραφα, η ηλεκτροδότηση ολοκληρώθηκε μόλις στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Όμως, σε πολλές ορεινές περιοχές του πλανήτη (π.χ. Ιμαλάια, Άνδεις) η πρόσβαση σε σύγχρονες και ασφαλείς πηγές ενέργειας παραμένει κυρίαρχο ζητούμενο, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι συνθήκες ακραίας φτώχειας που βιώνουν οι περιοχές αυτές και να υπάρξουν προοπτικές ανάπτυξης. Η επέκταση των δικτύων ηλεκτροδότησης στις περιοχές αυτές και η μεταφορά πετρελαίου και φυσικού αερίου, λόγω της απομόνωσης και της μικρής πληθυσμιακής πυκνότητας έχει πολύ αυξημένο, έως απαγορευτικό, κόστος ανά κάτοικο. Έτσι, ως λύση για την ενεργειακή τροφοδοσία των απομονωμένων περιοχών προβάλλει μια ριζικά διαφορετική δομή στο σύνθετο ενεργειακό μοντέλο. Η εγκατάσταση αυτόνομων, τοπικών μονάδων που θα τροφοδοτούνται από ΑΠΕ φαίνεται να έχει σαφή πλεονεκτήματα έναντι της επέκτασης υποδομών και δικτύων. Στην περίπτωση της εγκατάστασης αυτόνομων ενεργειακών συστημάτων χρειάζεται προσεκτική επιλογή του μίγματος ΑΠΕ, ώστε να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία και ασφάλεια στην παροχή ισχύος.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το κόστος επέκτασης του δικτύου ηλεκτροδότησης, σε απόσταση 100km, για την τροφοδοσία 1500 νοικοκυριών είναι της ίδιας τάξης με αυτό της εγκατάστασης περίπου 4MW υδροηλεκτρικής ισχύος.

#### **Κοινωνικά χαρακτηριστικά του ορεινού χώρου και ενέργεια**

Οι ορεινές περιοχές χαρακτηρίζονται από αναπτυξιακή υστέρηση, με αποτέλεσμα το επίπεδο εισοδήματος των κατοίκων τους να είναι στις περισσότερες περιπτώσεις χαμηλότερο σε σχέση με τις πεδινές περιοχές που συγκεντρώνουν τις παραγωγικές δραστηριότητες. Παράλληλα, οι οικισμοί των βουνών, γενικά, διαθέτουν πεπαλαιωμένα κτίρια. Αυτά τα χαρακτηριστικά των ορεινών κοινωνιών σε συνδυασμό με τις ψυχρές κλιματικές συνθήκες έχουν ως κύρια συνέπεια την αύξηση της σχετικής οικονομικής επιβάρυνσης των ορεινών πληθυσμών για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Έτσι, **η ενεργειακή φτώχεια** – δηλαδή η αδυναμία κάλυψης των ενεργειακών αναγκών με εύλογο / προσιτό κόστος (οριζόμενο διεθνώς στο 10% του εισοδήματος) – **συνιστά βασικό στοιχείο του ενεργειακού τοπίου στα ορεινά**. Ειδικές συνθήκες που συνιστούν την παρούσα κατάσταση, όπως η οικονομική ύφεση και οι αυξήσεις στις τιμές των καυσίμων, επιδεινώνουν το πρόβλημα, δημιουργώντας ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις στο βιοτικό επίπεδο των κατοίκων των ορεινών περιοχών. Με βάση την κατανομή των εισοδημάτων των ελληνικών νοικοκυριών για το 2011, το μίγμα και τις τιμές χρησιμοποιούμενων καυσίμων της περιόδου αυτής, **αποδείχθηκε ότι από τα 800m και υψηλότερα, περίπου 9 στα 10 νοικοκυριά είναι ενεργειακά φτωχά**. Στην υψηλή υψομετρική ζώνη κατοίκησης στην Ελλάδα (800m έως 1000m) αποδείχθηκε ότι τα νοικοκυριά πρέπει να διαθέτουν το 15% του εισοδήματος τους για κάλυψη ενεργειακών αναγκών, κατά μέσο όρο. Σημειωτέον, οι εκτιμήσεις είναι ιδιαίτερα συντηρητικές διότι έχουν χρησιμοποιηθεί τα οικονομικά στοιχεία για το σύνολο των νοικοκυριών της χώρας και όχι το πραγματικό εισόδημα των νοικοκυριών των ορεινών περιοχών, αφού δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία. Μια καλύτερη προσέγγιση της πραγματικής κατάστασης δίνει το παράδειγμα του Δήμου Καρπενησίου, μιας τυπικής ορεινής περιοχής: Στην περίπτωση αυτή, το ποσοστό του εισοδήματος των νοικοκυριών που διατίθεται για ενεργειακές δαπάνες αγγίζει το 17%. Σε κάθε περίπτωση, προκύπτει ότι ο συνδυασμός της μείωσης των εισοδημάτων και της αύξησης των τιμών του πετρελαίου προκαλεί δριμύτατη επιδείνωση των συνθηκών διαβίωσης στις ορεινές περιοχές της χώρας.

Από το υψηλό κόστος κάλυψης των ενεργειακών αναγκών στις ορεινές περιοχές πηγάζουν, δευτερογενώς, αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι πιο αδύναμοι οικονομικά κάτοικοι των ορεινών περιοχών αναγκάζονται να χρησιμοποιούν παλιάς τεχνολογίας συσκευές παραγωγής θερμικής ενέργειας καθώς και αμφίβολης ποιότητας καύσιμα. Επίσης, πολλοί είναι αυτοί που εξωθούνται στην παράνομη υλοτομία για την εξασφάλιση καύσιμης ύλης, δημιουργώντας πιέσεις στα δασικά οικοσυστήματα που είχαν ελεγχθεί εδώ και δεκαετίες.

Είναι τέτοια η ένταση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στον ορεινό χώρο έτσι ώστε οποιαδήποτε προσπάθεια ενεργειακού σχεδιασμού στις ορεινές περιοχές αγνοεί το ζήτημα οδηγεί σε μη ρεαλιστικά αποτελέσματα. Η αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας χρειάζεται να εντάσσεται ως βασική παράμετρος στον ενεργειακό σχεδιασμό των ορεινών περιοχών (γεγονός που ουσιαστικά απουσιάζει από τη σχετική βιβλιογραφία), εφ' όσον επιδιώκεται η διαμόρφωση βιώσιμων ενεργειακών πολιτικών. Επιπλέον, **αποδείχθηκε ότι η πολιτική που υιοθετήθηκε για την επιδότηση του πετρελαίου θέρμανσης είναι αναποτελεσματική για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές.** Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις συσχετίσεις βαθμομερών θέρμανσης / υψομέτρου, υπολογίστηκε ότι στο μεγαλύτερο τμήμα της ορεινής Ελλάδας επιδοτείται μόλις το 40-50% της πραγματικής κατανάλωσης πετρελαίου, γεγονός που δεν οδηγεί στην ανακούφιση των ορεινών πληθυσμών από τα υπέρογκα έξοδα θέρμανσης, λόγω της μεγάλης ανόδου στις τιμές του πετρελαίου.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του κτιριακού αποθέματος σε πολλούς ορεινούς οικισμούς είναι ο παραδοσιακός χαρακτήρας. Η ιδιαίτερη αρχιτεκτονική ταυτότητα αποτελεί όχι μόνο σημαντικό πολιτισμικό αλλά και αναπτυξιακό κεφάλαιο για τις ορεινές περιοχές. Όμως, η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων – συχνά απόλυτα απαραίτητη για τον ενεργειακό εξορθολογισμό, μπορεί να έρχεται σε αντίθεση, να προσκρούει στη διατήρηση του χαρακτήρα του κτιριακού αποθέματος. Τεχνολογίες, όπως η εξωτερική θερμομόνωση ή τα θερμικά ηλιακά συστήματα, είναι πιθανόν να μην μπορούν να ενταχθούν αρμονικά στην αισθητική ενός παραδοσιακού ορεινού οικισμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η απαγόρευση εγκατάστασης θερμικών ηλιακών συστημάτων στον οικισμό του Μετσόβου, λόγω του παραδοσιακού χαρακτήρα του οικισμού. Η χρήση θερμικών ηλιακών συστημάτων στο Μέτσοβο θα μπορούσε να καλύψει, τουλάχιστον το 60% των αναγκών των κατοικιών σε θερμό νερό χρήσης. Με βάση τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην περιοχή για την παραγωγή θερμού νερού χρήσης εκτιμάται ότι η μη χρήση ηλιακών συστημάτων εμποδίζει την εξοικονόμηση έως και 140.000€ ετησίως και παράγει, πρόσθετα, έως και 345tn CO<sub>2</sub>.

Η παραγωγική βάση των ορεινών περιοχών έχει συρρικνωθεί σημαντικά. Η δημιουργία ευκαιριών απασχόλησης αποκτά ιδιαίτερη σημασία στις ορεινές περιοχές. Η κατασκευή και στη συνέχεια η λειτουργία και η συντήρηση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αν και δεν αποτελεί δραστηριότητα υψηλής έντασης εργασίας στην περίπτωση των ΑΠΕ, εντούτοις συμβάλει στη δημιουργία και προσωρινών και μόνιμων θέσεων εργασίας. Συνεπώς, η επέκταση της χρήσης των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές, μπορεί να λειτουργήσει ευεργετικά στην τόνωση της παραγωγικής βάσης και του εισοδήματος στις περιοχές αυτές.

### **Εξοικονόμηση ενέργειας και ορεινές περιοχές**

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί στοιχείο της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής. Μάλιστα, ένας από τους τρεις κεντρικούς στόχους για το 2020 αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας (μείωση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας) κατά 20%. Οι ορεινές περιοχές χαρακτηρίζονται από γερασμένο κτιριακό δυναμικό, αποτέλεσμα της κοινωνικής παράλυσης στην οποία περιέπεσε το μεγαλύτερο



μέρος της ορεινής Ελλάδας το δεύτερο μισό του προηγούμενου αιώνα. Το κτιριακό δυναμικό αυτό είναι εξαιρετικά ευάλωτο ενεργειακά, όπως πρόσφατες έρευνες έχουν αποδείξει, σε αντίθεση με τρέχουσες κοινωνικές αντιλήψεις. Για το λόγο αυτό η βελτιστοποίηση της χρήσης των ενεργειακών πόρων στις ορεινές περιοχές πρέπει να έχει ως βασική συνιστώσα μέτρα ενεργειακής θωράκισης του κτιριακού δυναμικού. Έτσι, η εξοικονόμηση ενέργειας (ΕΞΕ) θα πρέπει να αποτελεί τη βάση για την αναβάθμιση των τοπικών ενεργειακών συστημάτων των ορεινών περιοχών. Επίσης, η οικονομοτεχνική απόδοση των μέτρων ΕΞΕ είναι μεγαλύτερη στους ορεινούς οικισμούς, σε σχέση με τις άλλες περιοχές, λόγω των υψηλών ενεργειακών φορτίων, γεγονός που αποτελεί επιπλέον κίνητρο για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων. Σε ορεινούς οικισμούς, όπως το Μέτσοβο, το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας εκτιμάται σε πάνω από 40% της υφιστάμενης ενεργειακής κατανάλωσης, με την οικονομική αποδοτικότητα των σχετικών επενδύσεων να είναι έως και τριπλάσια απ' ό,τι σε παρακείμενες χαμηλού υψομέτρου περιοχές.

Οι περιορισμοί που τίθενται στις δράσεις ΕΞΕ από τη δεδομένη ανάγκη προστασίας της παραδοσιακής φυσιογνωμίας των ορεινών οικισμών, πρέπει να αποτελέσουν αντικείμενο εξειδικευμένης έρευνας. Το ζητούμενο είναι να βρεθεί η χρυσή τομή μεταξύ της διατήρησης ενός συστατικού στοιχείου του πολιτισμού του ορεινού χώρου και του εκσυγχρονισμού των κτιρίων προς όφελος της ποιότητας ζωής.

#### **Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ορεινές περιοχές**

Η χρήση των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές ευνοείται από την ύπαρξη πλούσιου ενεργειακού δυναμικού σε αυτές, το οποίο δημιουργείται από την ιδιαίτερη γεωγραφία και τις κλιματικές συνθήκες των βουνών. Αν και υπάρχουν σποραδικές αναφορές και επισημάνσεις για την ύπαρξη δυναμικού ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές, η διαπίστωση ότι οι ορεινές περιοχές **εγγενώς**, και όχι κατά περίπτωση, διαθέτουν πλούσιο δυναμικό ΑΠΕ δεν έχει συναντηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Στην παρούσα εργασία, στο Κεφάλαιο 5, εντοπίστηκε και αναλύθηκε η εσωτερική σχέση μεταξύ ορεινών περιοχών και δυναμικού ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για τις διάφορες κατηγορίες ΑΠΕ. Το βασικό συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι, **λόγω της ιδιαίτερης γεωγραφίας του ορεινού χώρου, μια ορεινή περιοχή είναι πιθανότερο να έχει συνολικά μεγαλύτερο αξιοποίησιμο δυναμικό ΑΠΕ, σε σχέση με μια αντίστοιχη πεδινή έκταση.**

Πιο συγκεκριμένα:

#### Αιολικό Δυναμικό

Γενικά, αυξανόμενου του υψομέτρου, οι τιμές των ταχυτήτων του ανέμου αυξάνονται. Επιπλέον, στις κοιλάδες που σχηματίζονται μεταξύ των ορεινών όγκων, οι θερμοκρασιακές αλλαγές στα στρώματα του αέρα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, δημιουργούν διαρκή κίνηση αερίων μαζών. Έτσι, στις ορεινές περιοχές, παρατηρείται αξιόλογο αιολικό δυναμικό. Για το λόγο αυτό στο Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις ΑΠΕ, οι περιοχές αιολικής προτεραιότητας (ΠΑΠ) που ορίζονται, είναι κατά βάση ορεινές.

Είναι γνωστό ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες και ειδικότερα οι συνθήκες παγετού μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα στις αιολικές μηχανές. Όμως, οι εκτιμήσεις που έχουν γίνει σε ευρωπαϊκό επίπεδο δείχνουν ότι τα αιολικά πάρκα που έχουν χωροθετηθεί σε βουνά (ακόμη και σε υψόμετρα άνω των 2000m στην Ελβετία), τίθενται εκτός λειτουργίας για λόγους ασφαλείας, για ελάχιστα μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, σε σχέση με αιολικές εγκαταστάσεις που λειτουργούν σε ηπιότερες συνθήκες.

Αν και η παροχή ενέργειας από τις εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας παρουσιάζει ασυνέχειες, οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες έχουν μεγάλη πυκνότητα ισχύος. Έτσι, μικρός αριθμός ανεμογεννητριών ή ακόμη και μεμονωμένες ανεμογεννήτριες έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν σημαντικό τμήμα της απαιτούμενης ισχύος σε ένα τοπικό ενεργειακό σύστημα. Το γεγονός αυτό συνδυαζόμενο με την ευελιξία χωροθέτησης μεμονωμένων αιολικών μηχανών, μπορεί να έχει αποφασιστική συμβολή στην ενεργειακή τροφοδοσία απομονωμένων περιοχών, όπως οι ορεινές.

### Ηλιακό Δυναμικό

Οι δριμείς χειμώνες των ορεινών περιοχών δημιουργούν την αίσθηση ότι οι ώρες ηλιοφάνειας στα βουνά είναι μειωμένες. Όμως, η πραγματικότητα είναι διαφορετική. Στα μεγαλύτερα υψόμετρα, η μειωμένη σχετική υγρασία (στα 2.000m η υγρασία είναι 50% μικρότερη απ' ό,τι στο επίπεδο της θάλασσας) συμβάλει στη μείωση της σκέδασης που υφίσταται η ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι, η συνολική ποσότητα ακτινοβολίας, που τελικώς προσπίπτει στο έδαφος, είναι μεγαλύτερη στις ορεινές περιοχές. Η αυξημένη προσπίπτουσα ακτινοβολία, καθώς και οι χαμηλότερες θερμοκρασίες που επικρατούν στις ορεινές περιοχές, οδηγούν στην αυξημένη παραγωγικότητα των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Οι σχετικές αναφορές δείχνουν ότι στον ορεινό κορμό της Πίνδου και στην ορεινή Πελοπόννησο, η απόδοση των φωτοβολταϊκών (ωφέλιμη ενέργεια ανά εγκατεστημένη μονάδα ισχύος αιχμής) είναι κατά 8 έως 10% αυξημένη σε σχέση με τις γειτονικές πεδινές περιοχές.

Το μείζον ζήτημα στις ορεινές περιοχές είναι τα υψηλά θερμικά φορτία. Γι' αυτό θα πρέπει να αξιοποιηθεί με κάθε τρόπο η ηλιακή ακτινοβολία που, μέσω παθητικών και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στον περιορισμό των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων. Η αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία στα βουνά, με τη βοήθεια του κατάλληλου προσανατολισμού, είναι μια σημαντική πηγή θερμότητας. Είναι ανάγκη να υποχωρήσουν οι δισταγμοί αξιοποίησής της στους ορεινούς οικισμούς, δισταγμοί που βασίζονται περισσότερο σε εμπειρισμό και λιγότερο σε τεκμηριωμένες αντιλήψεις.

### Υδροηλεκτρικό δυναμικό

Υδροηλεκτρικό δυναμικό σημαίνει ύπαρξη υδατικού δυναμικού και σημαντικές υψομετρικές διαφορές. Οι ορεινές περιοχές χαρακτηρίζονται εν γένει και από τα δύο, ειδικά στην Ελλάδα. Οι πλούσιες βροχοπτώσεις χαρακτηρίζουν το ορεινό κλίμα και απ' ετέρου συναντώνται μεγάλες κλίσεις, οι οποίες δημιουργούν προϋποθέσεις για σημαντικά υδραυλικά ύψη υδατόπτωσης. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στις σημαντικές δυνατότητες αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού, μέσω μικρών υδροηλεκτρικών έργων, τα οποία και αποτελούν προτεραιότητα ως προς την ενεργειακή αξιοποίηση των υδατοπτώσεων. Στην περίπτωση των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, αν και το ορεινό ανάγλυφο διευκολύνει τη δημιουργία τους, μπορούν να υπάρξουν μεγάλης ισχύος εγκαταστάσεις και σε χαμηλότερα υψόμετρα, οι οποίες βασίζονται λιγότερο στο ύψος της υδραυλικής πτώσης και περισσότερο στις μεγάλες τιμές της παροχής. Αλλά, σε κάθε περίπτωση, η γέννηση των μεγάλων ποταμών πραγματοποιείται στα βουνά, τα οποία και χαρακτηρίζονται ως οι «δεξαμενές νερού» του πλανήτη. Έτσι, η υδροηλεκτρική παραγωγή είναι κατ' εξοχήν συνυφασμένη με τον ορεινό χώρο.

Το γεγονός ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις ευνοείται στις ορεινές περιοχές, αποτυπώνεται στο ότι η συντριπτική πλειονότητα των λειτουργούντων και υπό κατασκευή μικρών υδροηλεκτρικών έργων, στην Ελλάδα, βρίσκονται σε ορεινές περιοχές. Από τα περίπου 100 μικρά υδροηλεκτρικά έργα που λειτουργούν, τα 80 βρίσκονται στον ορεινό χώρο.

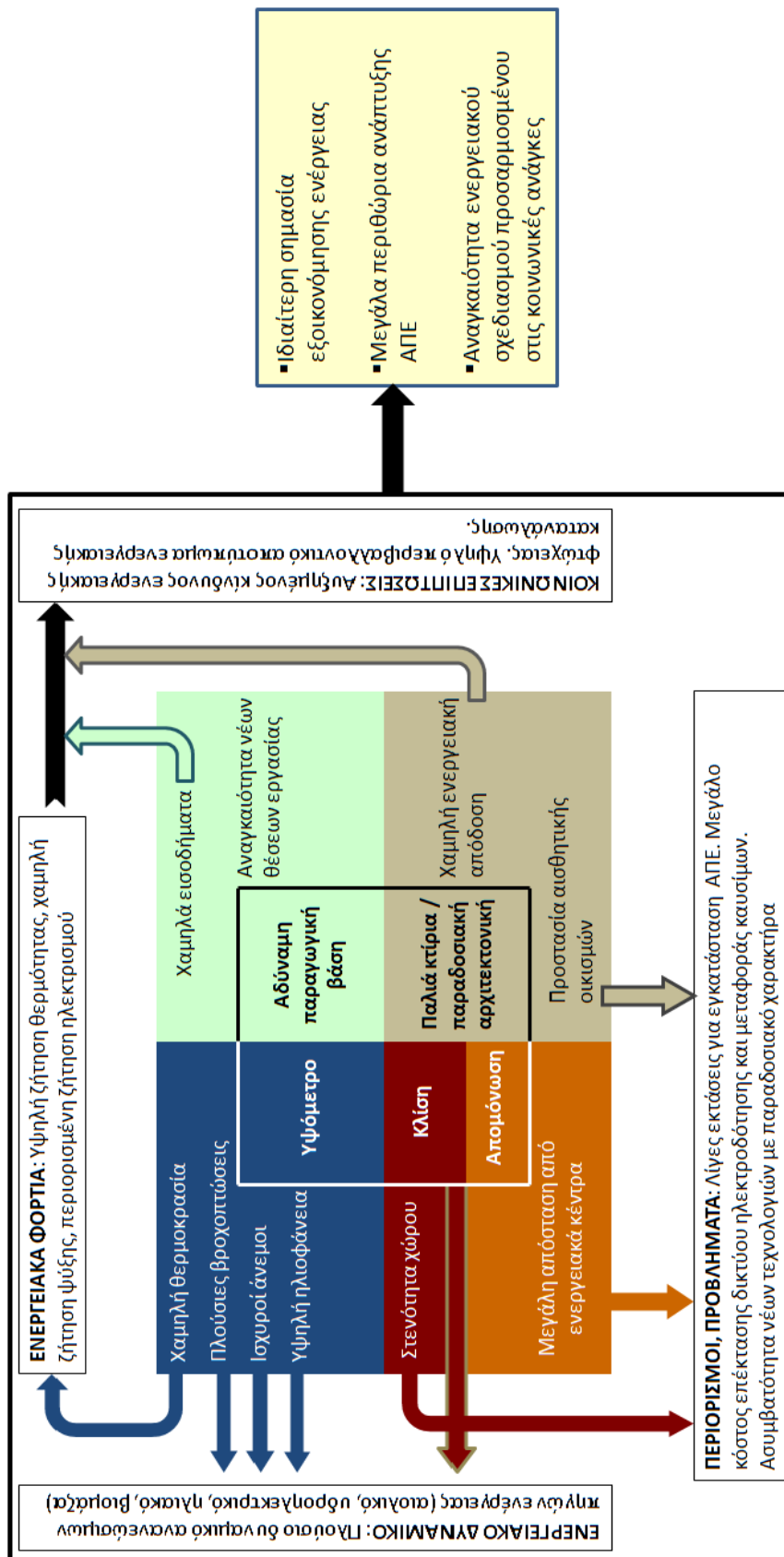
## Δυναμικό Βιομάζας

Οι κλιματικές συνθήκες των βουνών και ο σταδιακός περιορισμός της ανθρωπογενούς δραστηριότητας σε αυτές συντελούν στην ύπαρξη μεγάλων δασικών εκτάσεων στα βουνά. Έτσι, οι ορεινές περιοχές συνιστούν σημαντικές πηγές δασικής βιομάζας και υπολειμμάτων δασικών εκμεταλλεύσεων προς ενεργειακή αξιοποίηση. Στην Ελλάδα πολλοί ορεινοί Δήμοι, από τη νότια Πελοπόννησο μέχρι τα βόρεια σύνορα, χαρακτηρίζονται από ποσοστά δασοκάλυψης άνω του 60%. Από την άλλη πλευρά, η συρρίκνωση των παραγωγικών δραστηριοτήτων στον ορεινό χώρο δεν ευνοεί την ύπαρξη σημαντικών ποσοτήτων οργανικών υπολειμμάτων προς ενεργειακή αξιοποίηση, εκτός από μεμονωμένες περιπτώσεις.

Η βιομάζα αποτελεί κρίσιμη ενεργειακή πηγή για τους ορεινούς οικισμούς, αφού μαζί με τα ηλιακά συστήματα αποτελούν τις μοναδικές περιπτώσεις ΑΠΕ, που μπορούν απευθείας να παράγουν θερμότητα. Η ενεργειακή αξιοποίηση της δασικής βιομάζας είναι απαραίτητο να γίνεται στη βάση οργανωμένων σχεδίων, ακολουθώντας τις διαχειριστικές μελέτες των δασικών υπηρεσιών. Σε διαφορετική περίπτωση, χάνεται ο ανανεώσιμος χαρακτήρας της συγκεκριμένης ενεργειακής πηγής και τίθενται σε κίνδυνο οι λοιπές, ιδιαίτερα σημαντικές, λειτουργίες και ιδιότητες του δάσους.

Οι ποσότητες ενέργειας που μπορούν να προκύψουν από την ενεργειακή αξιοποίηση της δασικής βιομάζας στις ορεινές περιοχές είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Στην Περιφέρεια Ηπείρου, η ωφέλιμη ενέργεια που μπορεί να αντληθεί από τη δασική βιομάζα, η οποία προέρχεται εξ' ολοκλήρου από τις ορεινές περιοχές, αντιστοιχεί στο 60%, περίπου, της συνολικής ζήτησης θερμικής ενέργειας της Περιφέρειας.

Στο Σχήμα 8.1 συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών και οι βασικές κατευθύνσεις που προκύπτουν από αυτήν.



Σχήμα 8.1. Διαμόρφωση της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών

### 8.1.2. Μεθοδολογική προσέγγιση ενεργειακού σχεδιασμού στις ορεινές περιοχές

Τα προβλήματα ενεργειακού σχεδιασμού αποτελούν, ουσιαστικά, προβλήματα επιχειρησιακής έρευνας τύπου κατανομής. Οι δύο βασικότεροι τρόποι αντιμετώπισης τέτοιων προβλημάτων είναι ο μονοκριτήριος γραμμικός (ή μη) προγραμματισμός και η πολυκριτήρια ανάλυση / βελτιστοποίηση.

Στην παρούσα εργασία επελέγη η προσέγγιση του προβλήματος με τη χρήση μονοκριτήριου γραμμικού προγραμματισμού. Προκειμένου η μεθοδολογία να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά σε περισσότερα κριτήρια, που πρέπει να ικανοποιεί ο σχεδιασμός ενός ενεργειακού συστήματος, η συνάρτηση κόστους επεκτάθηκε ώστε να περιλαμβάνει περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια. Αναλυτικότερα, η παράμετρος του περιβάλλοντος προσεγγίστηκε μέσω της αποτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ενεργειακής κατανάλωσης. Μια πλευρά της κοινωνικής διάστασης (το σύνολό της είναι εξαιρετικά δύσκολο να περιγραφεί και, κυρίως, να ποσοτικοποιηθεί) εισήχθη στο μοντέλο μέσω της αποτίμησης των ωφελειών που συνεπάγεται η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Οι νέες θέσεις εργασίας αποτελούν μια χειροπιαστή κοινωνική συμβολή της εγκατάστασης ενεργειακών τεχνολογιών σε μια περιοχή, ιδιαίτερα μάλιστα σε μια ορεινή περιοχή.

Η αντικειμενική συνάρτηση «ολικού κόστους» που διαμορφώθηκε ανάγει τα διάφορα κριτήρια του ενεργειακού σχεδιασμού σε ένα. Αποτιμά, δηλαδή, τις διαφόρους παραμέτρους σε ενιαία βάση, την οικονομική. Το βασικό πλεονέκτημα της χρήσης μιας αντικειμενικής συνάρτησης είναι ότι προσδίδει σαφήνεια στα αποτελέσματα του μοντέλου. Παράλληλα, η αναγωγή των παραμέτρων του ενεργειακού σχεδιασμού σε οικονομική βάση, καθιστά άμεσα συγκρίσιμες τις επιμέρους συναρτήσεις και τα συνολικά αποτελέσματα. Επίσης, μέσω της μεθοδολογίας του μονοκριτήριου γραμμικού προγραμματισμού αποφεύγεται σε σημαντικό βαθμό η κύρια αδυναμία της πολυκριτηριακής ανάλυσης, η εισαγωγή έντονου υποκειμενισμού, μέσω της απόδοσης βαρών στο πρόβλημα. Σημειωτέον, ο υποκειμενισμός ή καλύτερα η αβεβαιότητα δεν εκλείπει και στο μονοκριτήριο προγραμματισμό, κυρίως εξαιτίας του εύρους των εκτιμήσεων που υπεισέρχονται στην αποτίμηση περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων.

Για την υπό μελέτη περίπτωση, η αντικειμενική συνάρτηση που αναπτύχθηκε, προς ελαχιστοποίηση, έχει τη γενική μορφή:

$$C_{total} = \sum_i C_i - \sum_i B_i = \sum_{i=1}^n C_{i,inst} + \sum_{i=1}^n C_{i,o/m} + \sum_{i=1}^n C_{i,env} - \sum_{i=1}^n B_{i,soc} \quad (8.1)$$

$C_{i,inst}$ : Το ετήσιο ισοδύναμο κόστος εγκατάστασης κάθε ενεργειακής πηγής

$C_{i,o/m}$ : Το ετήσιο ισοδύναμο κόστος συντήρησης και λειτουργίας κάθε ενεργειακής πηγής

$C_{i,env}$ : Το ετήσιο ισοδύναμο εξωτερικό κόστος που προκαλείται στο περιβάλλον από την ενεργειακή κατανάλωση κάθε ενεργειακής πηγής

$B_{i,soc}$ : Το ετήσιο ισοδύναμο οικονομικό όφελος που προκύπτει από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας κάθε ενεργειακής πηγής

Οι μεταβλητές απόφασης του συστήματος γραμμικού προγραμματισμού είναι τα ποσά ενέργειας που παρέχει η  $i$  πηγή σε ετήσια βάση ( $X_i$ ). Εφ' όσον οι συναρτήσεις κόστους – οφέλους είναι γραμμικές, η σχέση 8.1 αναλυτικότερα γράφεται:

$$C_{total} = \sum_i \alpha_i X_i = \sum_{i=1}^n (a_{i,inst} + a_{i,o/m} + a_{i,env} - a_{i,soc}) X_i \quad (8.2)$$

Ο προσδιορισμός της αντικειμενικής συνάρτησης ανάγεται, ουσιαστικά, στον υπολογισμό των συντελεστών που αναφέρονται στη σχέση 8.2. Οι συντελεστές που προτείνονται προέκυψαν μέσω έρευνας στην τρέχουσα αγορά ενεργειακών προϊόντων και υπηρεσιών, ιδιαίτερα στην ελληνική πραγματικότητα. Οι συντελεστές αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν με αρκετή ασφάλεια για μια πρώτη προσέγγιση και σε άλλες, εκτός Ελλάδας, περιπτώσεις. Για μεγαλύτερη ακρίβεια, προφανώς, θα πρέπει να ληφθούν οι εκάστοτε τοπικές συνθήκες της ενεργειακής αγοράς. Μεθοδολογικά, όμως, δεν αλλάζει κάτι ουσιαστικά.

Όσον αφορά στον υπολογισμό των συντελεστών κόστους συντήρησης και λειτουργίας, έγινε η παραδοχή ότι η ενεργειακή αγορά λειτουργεί με γνώμονα το κοινωνικό συμφέρον και όχι το επιχειρηματικό κέρδος. Γι' αυτό, υπολογίστηκε το ανηγμένο κόστος ηλεκτρικής / θερμικής ενέργειας (levelized cost of energy – LCOE), για κάθε τεχνολογία ΑΠΕ και θεωρήθηκε ότι σε αυτήν την τιμή θα διατίθεται η ενέργεια στα νοικοκυριά. Έτσι, το αποκεντρωμένο μοντέλο ανάπτυξης των ΑΠΕ που προτείνεται για την κάλυψη τοπικών αναγκών, λειτουργεί με χαρακτηριστικά «κοινής ωφέλειας», αμβλύνοντας στρεβλώσεις που παρατηρούνται στην ενεργειακή αγορά, λόγω σημαντικών περιθωρίων κέρδους, σε ορισμένες περιπτώσεις, των παραγωγών ΑΠΕ.

Στην υπό μελέτη περίπτωση ο αριθμός των μεταβλητών απόφασης είναι n=16. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει δίκτυο φυσικού αερίου, είναι n=15. Οι μεταβλητές απόφασης αντιστοιχούν σε ενεργειακές τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον ελληνικό χώρο και αντιπροσωπεύουν ένα ευρύ σύνολο, που αποτελείται από ΑΠΕ, συμβατικές τεχνολογίες και τεχνικές ΕΞΕ.

Όπως επισημάνθηκε, στο σύνολό τους οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές διαστάσεις του ενεργειακού σχεδιασμού δεν μπορούν να αποδοθούν με διαστάσεις κόστους με ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την ακρίβεια ή την εφαρμοσιμότητα. Παρ' όλα αυτά, η διεύρυνση της αντικειμενικής συνάρτησης, με τις προτεινόμενες περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνιστώσες, αποδείχθηκε ότι επιδρά, σε κάποιες μάλιστα περιπτώσεις ισχυρά στις βέλτιστες λύσεις.

Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι σε μία από τις επιλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, στο παράδειγμα του οικισμού του Μετσόβου, η συμμετοχή των ΑΠΕ και της ΕΞΕ στο συνολικό ενεργειακό μίγμα υπολογίζεται:

- Σε 91%, όταν η αντικειμενική συνάρτηση περιλαμβάνει οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνιστώσες
- Σε 55%, όταν η αντικειμενική συνάρτηση περιλαμβάνει οικονομικές και κοινωνικές συνιστώσες
- Σε 51%, όταν η αντικειμενική συνάρτηση εκφράζει αποκλειστικά την οικονομική διάσταση

Συνεπώς, η επίδραση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών κριτηρίων στον ενεργειακό σχεδιασμό, κάθε άλλο παρά αμελητέα είναι.

### 8.1.3 Αποκεντρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός για τον οικισμό του Μετσόβου

Στην περίπτωση του Μετσόβου, προηγήθηκε της εφαρμογής του μοντέλου, λεπτομερής καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης, όσον αφορά στην ενεργειακή πραγματικότητα της πόλης και των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν. Επίσης, με στόχο τη ρεαλιστική αποτύπωση των δυνατοτήτων ΕΞΕ στον οικισμό, διαμορφώθηκε κατάλληλη, ειδική μεθοδολογία.. Το μοντέλο ενεργειακής βελτιστοποίησης επιλύθηκε στη βάση δύο σεναρίων:

**Σενάριο 1:** Το περιβαλλοντικό κόστος του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται ίσο με το μέσο όρο της Ελλάδας

**Σενάριο 2:** Το περιβαλλοντικό κόστος του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται μειωμένο, υποθέτοντας ότι το 90% των ηλεκτρικών φορτίων του Μετσόβου καλύπτεται από το υδροηλεκτρικό έργο του Αώου

Οι λύσεις που προέκυψαν από το προτεινόμενο μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού συνιστούν ένα ιδιαίτερα βελτιωμένο ενεργειακό σύστημα, από οικονομικής, περιβαλλοντικής και κοινωνικής πλευράς σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση (Πίνακας 8.1). Αξιοποιούνται αποτελεσματικά, προς όφελος της τοπικής κοινωνίας, οι ενεργειακοί πόροι της περιοχής, αναβαθμίζεται η ενεργειακή απόδοση του κτιριακού αποθέματος και δημιουργούνται πρόσθετες ευκαιρίες απασχόλησης.

Αναλυτικότερα, σημειώνονται τα ακόλουθα:

- **Η διείσδυση των ΑΠΕ, στο συνολικό ενεργειακό μίγμα ηλεκτρισμού – θερμότητας της περιοχής, αυξάνεται κατά πολύ.** Στην υφιστάμενη κατάσταση, η συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα κυμαίνεται από 12,5% έως 52%, στην περίπτωση που υποτίθεται ότι το διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας τροφοδοτείται από το υδροηλεκτρικό έργο του Αώου. Στις βέλτιστες λύσεις η συμμετοχή των ΑΠΕ είναι 70% και 74%. Εάν ληφθεί υπ' όψιν και η ΕΞΕ, το μερίδιο της «καθαρής ενέργειας» στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα κυμαίνεται από 91% έως 95%.
- **Οι βέλτιστες λύσεις συνεπάγονται μεγάλη μείωση του λειτουργικού κόστους και συνεπώς αντιμετώπιση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας.** Συγκεκριμένα, το ετήσιο κόστος για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μπορεί να μειωθεί κατά 1.715.000€. Αυτό αντιστοιχεί σε μεγάλη οικονομική ελάφρυνση για τα νοικοκυριά. Με την αύξηση στις τιμές του πετρελαίου θέρμανσης, χρειάζεται να διαθέτουν, κατά μέσο όρο, 18% του ετήσιου εισοδήματός τους για κάλυψη ενεργειακών αναγκών. Το ποσοστό αυτό πέφτει στο 7% με τη μείωση του λειτουργικού κόστους που συνεπάγονται οι βέλτιστες λύσεις.
- **Η περιβαλλοντική απόδοση του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου βελτιώνεται.** Η αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ που προκύπτει από το προτεινόμενο μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού, οδηγεί σε σημαντική μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της ενεργειακής κατανάλωσης στο Μέτσοβο. Αναλυτικότερα, υπολογίστηκε ότι, σε ετήσια βάση, η βελτιστοποίηση του ενεργειακού συστήματος της περιοχής που προκύπτει με τη χρήση του προτεινόμενου μοντέλου οδηγεί σε μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, της τάξης των 19000tn. Η οικονομική διάσταση της βελτίωσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος ανέρχεται έως και τις 825000€/έτος.
- **Η εφαρμογή των βέλτιστων λύσεων οδηγεί, επίσης, σε τόνωση της απασχόλησης στην περιοχή.** Το κοινωνικό όφελος που προκύπτει από την επίλυση του μοντέλου ενεργειακού

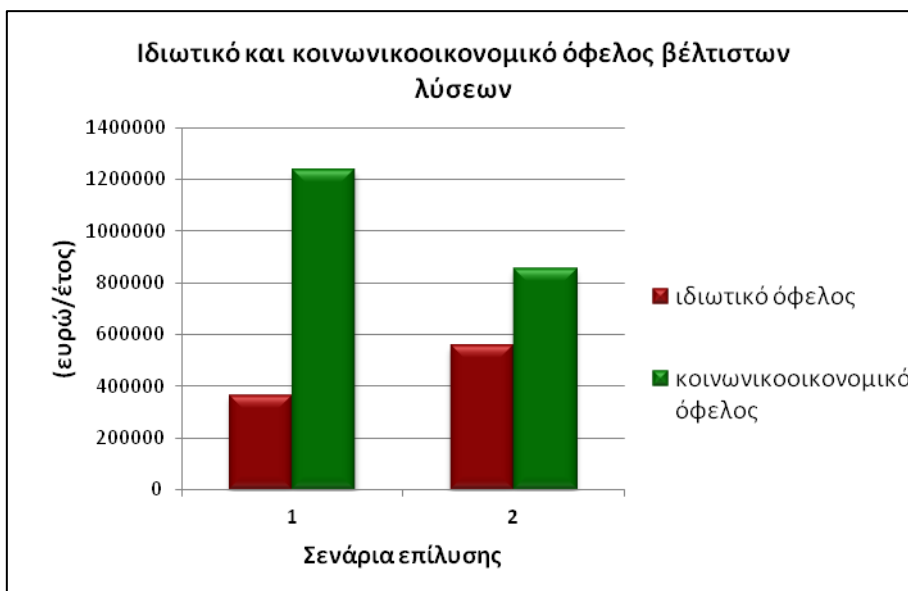
σχεδιασμού, αντιστοιχεί στη δημιουργία 8 έως 11 νέων, μόνιμων θέσεων εργασίας στο Μέτσοβο. Ο αριθμός αυτός δεν είναι χωρίς σημασία για τα δεδομένα της περιοχής.

**Πίνακας 8.1.** Κύρια μεγέθη υφιστάμενου ενεργειακού συστήματος και βέλτιστων λύσεων

Περίπτωση μελέτης	Διείσδυση ΑΠΕ στο ενεργειακό μίγμα (%)	Συνολικό λειτουργικό κόστος (€/έτος)	Ποσοστό εισοδήματος για ενεργειακές ανάγκες (%)	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (tn/έτος)	Νέες θέσεις εργασίας
Υφιστάμενη κατάσταση	12,5	4.771.148	18	22.424	-
Σενάριο 1	70	2.773.630	7	3.450	11
Σενάριο 2	74	3.162.572	8	1.805	8

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των λύσεων που προκύπτουν από το μοντέλο ενεργειακής βελτιστοποίησης για το Μέτσοβο, οδηγούν στις ακόλουθες παρατηρήσεις:

- Οι προκύπτουσες λύσεις είναι βιώσιμες στο πλαίσιο τόσο μιας κοινωνικοοικονομικής όσο και της ιδιωτικοοικονομικής ανάλυσης κόστους οφέλους.** Η μεγάλη μείωση του λειτουργικού κόστους που χαρακτηρίζει τις βέλτιστες λύσεις (Πίνακας 8.2) συντελεί στην υπερκάλυψη των επενδυτικών δαπανών που απαιτούνται για την εφαρμογή τους. Έτσι, ακόμη και με ιδιωτικοοικονομικά κριτήρια οι λύσεις είναι αποδεκτές, όπως αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 8.2. Εάν συνυπολογιστεί η περιβαλλοντική και κοινωνική διάσταση, τότε το συνολικό όφελος από τη βελτιστοποίηση του ενεργειακού συστήματος αυξάνεται κατά πολύ. Το εύρημα αυτό συνεπάγεται ότι, υπό κατάλληλες συνθήκες, η βελτιστοποίηση της λειτουργίας ενός τοπικού ενεργειακού συστήματος, μιας ορεινής περιοχής αποτελεί ένα ρεαλιστικό, εφαρμόσιμο σχέδιο και όχι μια ουτοπική προοπτική.



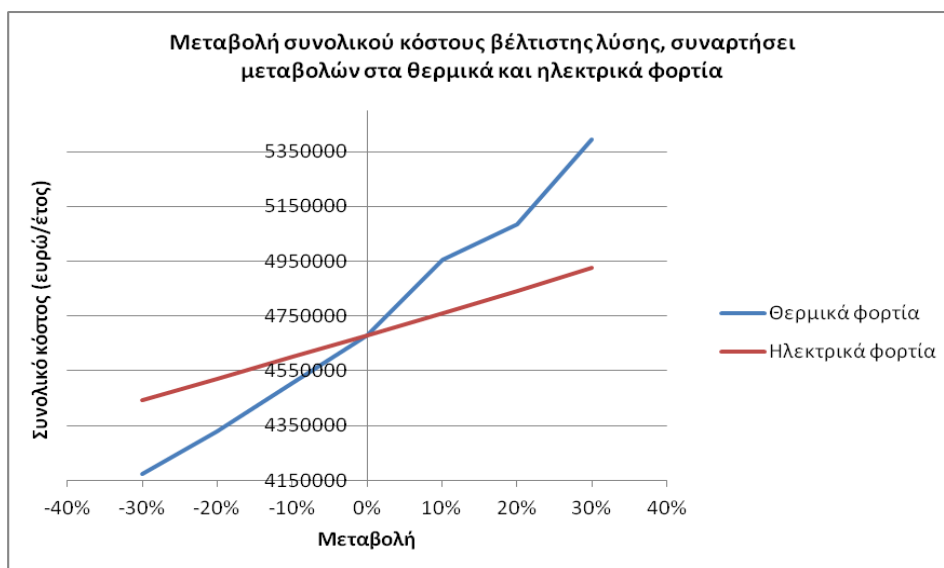
**Διάγραμμα 8.2.** Ιδιωτικό και κοινωνικοοικονομικό όφελος βέλτιστων λύσεων, για το ενεργειακό σύστημα του Μετσόβου



**Πίνακας 8.2.** Επενδυτικό κόστος, όφελος από μείωση λειτουργικού κόστος και όφελος από βελτίωση περιβαλλοντικής απόδοσης και δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στο βελτιστοποιημένο ενεργειακό σύστημα του Μετσόβου

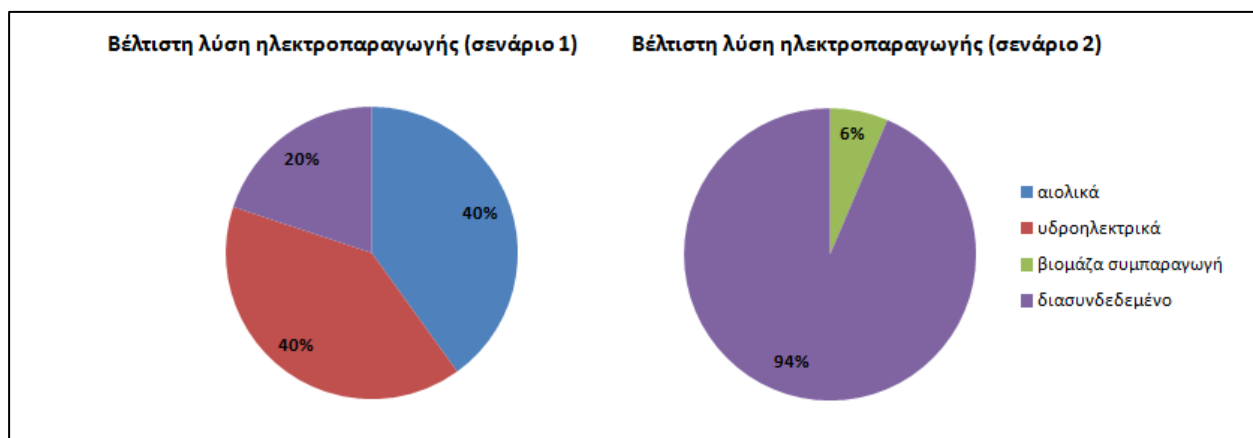
Σενάριο Επίλυσης	Επενδυτικό Κόστος (€/έτος)	Μείωση λειτουργικού κόστους (€/έτος)	Περιβαλλοντικό και κοινωνικό όφελος (€/έτος)
1	1.633.509	1.997.518	870.686
2	1.054.331	1.608.576	301.223

- Οι τεχνικές ΕΞΕ έχουν ιδιαίτερη συμβολή στη διαμόρφωση του βέλτιστου ενεργειακού μίγματος.** Το ψυχρό ορεινό κλίμα και η γενικά κακή θερμική συμπεριφορά των κτιρίων του Μετσόβου αυξάνουν τα θερμικά φορτία. Αυτό καθιστά τα μέτρα ΕΞΕ ιδιαίτερα αποτελεσματικά τόσο από πλευράς μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης όσο και από πλευράς οικονομικής αποδοτικότητας. Ως εκ τούτου, το μοντέλο οδηγεί στην αξιοποίηση σχεδόν του συνόλου των δυνατοτήτων παθητικής ΕΞΕ στο Μέτσοβο. Αυτό αντιστοιχεί στο 40% των θερμικών αναγκών του οικισμού. Σημειώνεται ότι, σε περίπτωση μη ένταξης των τεχνικών παθητικής ΕΞΕ ως μεταβλητών απόφασης στην αντικειμενική συνάρτηση, δεν μπορεί να βρεθεί λύση που να ικανοποιεί τους περιορισμούς του μοντέλου. Έτσι, αναδεικνύεται η σημασία του ρόλου της ΕΞΕ στις ορεινές περιοχές και η χρησιμότητα συμπερίληψής της στα μοντέλα ενεργειακού σχεδιασμού. Η κρισιμότητα του περιορισμού των ενεργειακών καταναλώσεων επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι τα θερμικά φορτία εμφανίζονται ως ο κρισιμότερος παράγοντας διαμόρφωσης του κόστους των βέλτιστων λύσεων, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 8.3. Ενδεικτικά, άνοδος της τάξης του 20% στα θερμικά φορτία του Μετσόβου, σε σχέση με αντίστοιχη μεταβολή στα ηλεκτρικά φορτία, προκαλεί διπλάσια αύξηση στο λειτουργικό κόστος και εξαπλάσια αύξηση στο επενδυτικό κόστος του βέλτιστου ενεργειακού συστήματος.

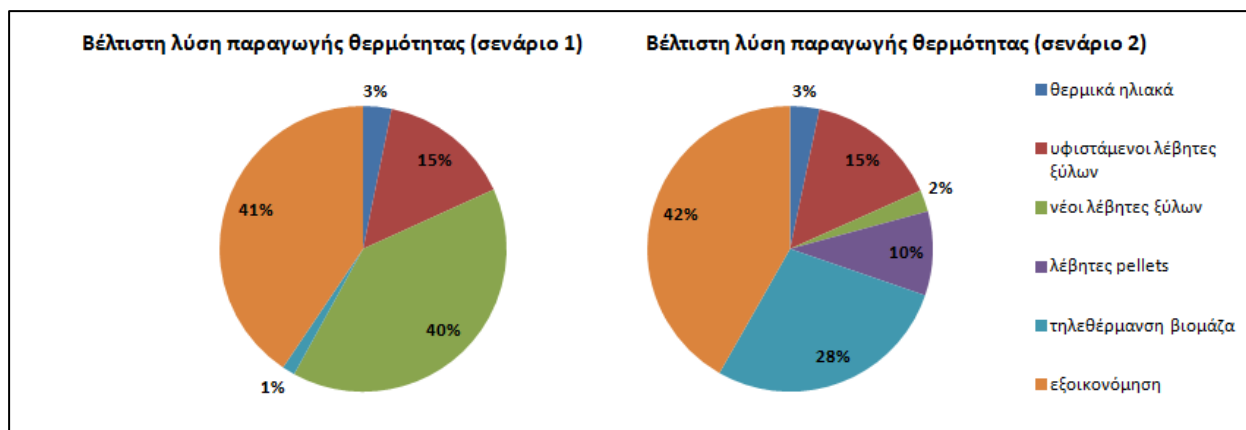


**Διάγραμμα 8.3:** Ανάλυση ευαισθησίας συνολικού κόστους βέλτιστης λύσης έναντι μεταβολών στη ζήτηση ηλεκτρισμού και θερμότητας.

- **Εξαντλούνται οι δυνατότητες αξιοποίησης του τοπικά διαθέσιμου δυναμικού βιομάζας.** Η αυξημένη τιμή του πετρελαίου θέρμανσης οδηγεί το μοντέλο στην αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων για την κάλυψη των θερμικών φορτίων. Έτσι, πέρα από την αξιοποίηση των δυνατοτήτων ΕΞΕ, εξαντλούνται και οι δυνατότητες χρήσης της βιομάζας. Η συμμετοχή λεβήτων πετρελαίου στο βέλτιστο μίγμα προκύπτει μόνο εάν η τιμή του πετρελαίου υποχωρήσει κάτω από 0,6€/lit, δηλαδή στα επίπεδα του 2008. Συνεπώς, η βιομάζα αναδεικνύεται σε κρίσιμη παράμετρο για τον ενεργειακό σχεδιασμό στα ορεινά, αφού είναι απαραίτητη για την κάλυψη των μεγάλων θερμικών αναγκών με προσιτό τρόπο και ταυτόχρονα απαιτεί αυστηρό έλεγχο στην παραγωγή και διαχείρισή της.
- **Το περιβαλλοντικό προφίλ του διασυνδεδεμένου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των βέλτιστων λύσεων.** Στην περίπτωση που το δίκτυο έχει περιβαλλοντικό κόστος αντίστοιχο με το μέσο όρο της Ελλάδας, από το μοντέλο προκύπτει ότι η ηλεκτρική ζήτηση καλύπτεται κατά προτεραιότητα από ΑΠΕ και το ποσοστό της ζήτησης που δεν μπορεί να καλυφθεί από ΑΠΕ βασίζεται στο δίκτυο. Αντίθετα, αν υποθεθεί ότι το δίκτυο τροφοδοτείται, βασικά, από την υδροηλεκτρική μονάδα πηγών Αώου, η συμβολή του δικτύου αποκτά κυρίαρχο μερίδιο στο βέλτιστο μίγμα, έως και 94%. Αυτή η σημαντική διαφοροποίηση στη βέλτιστη λύση, όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή, επηρεάζει και το μίγμα των πηγών που χρησιμοποιούνται για παραγωγή θερμικής ενέργειας, στο οποίο εντάσσονται, επιπλέον, η τηλεθέρμανση μέσω καύσης βιομάζας και οι λέβητες pellets, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου. Οι διαφοροποιήσεις στις βέλτιστες λύσεις παρουσιάζονται στα Διαγράμματα 8.4 και 8.5.



**Διάγραμμα 8.4:** Ποσοστιαία κατανομή πηγών για βελτιστοποίηση της ηλεκτροπαραγωγής στο Μέτσοβο, αναλόγως της θεώρησης για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας



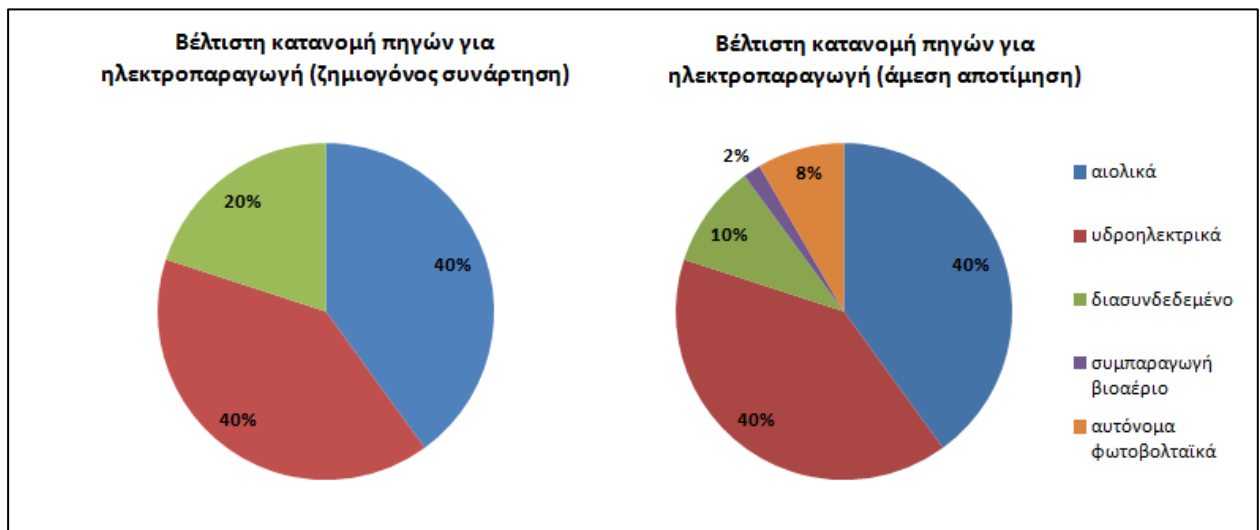
**Διάγραμμα 8.5:** Ποσοστιαία κατανομή πηγών για βελτιστοποίηση της θερμικής παραγωγής στο Μέτσοβο, αναλόγως της θεώρησης για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Οι δύο βασικοί τρόποι υλοποίησης της αποτίμησης των περιβαλλοντικών αγαθών ή επιπτώσεων είναι η προσέγγιση της ζημιογόνου συνάρτησης (Damage Function Approach) και οι άμεσες τεχνικές αποτίμησης. Οι λύσεις που παρουσιάστηκαν στα διαγράμματα 8.4 και 8.5, προέκυψαν βάσει της πρώτης προσέγγισης. Για λόγους σύγκρισης, στο Μέτσοβο πραγματοποιήθηκε, επιπλέον, άμεση αποτίμηση του περιβαλλοντικού οφέλους που προκύπτει από τις ΑΠΕ, μέσω της εφαρμογής της μεθόδου της υποθετικής αξιολόγησης (Contingent Valuation Method - CVM).

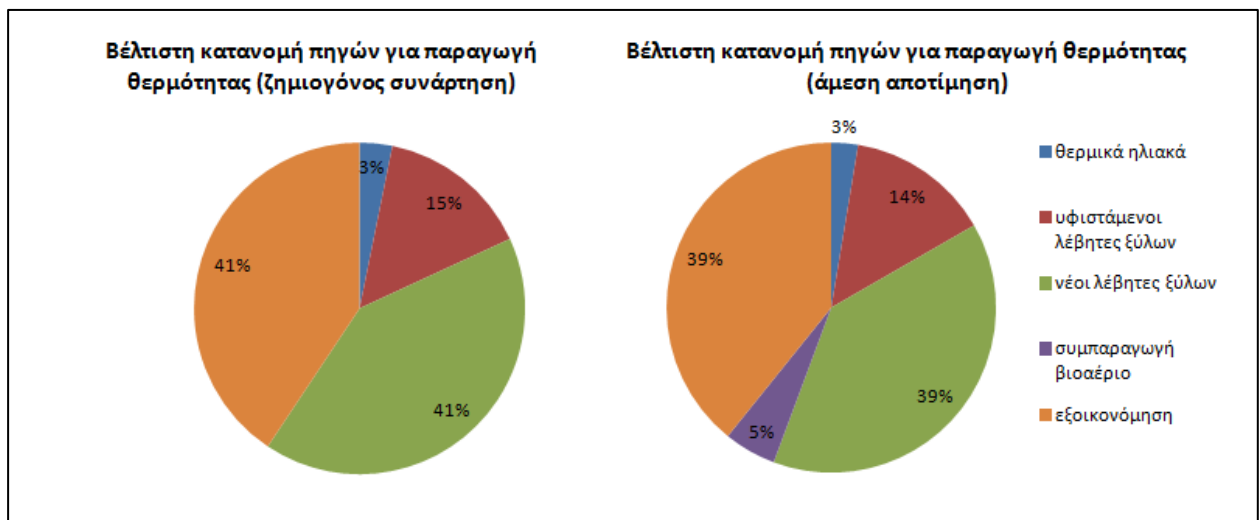
Εισάγοντας στο μοντέλο τα δεδομένα που προέκυψαν από τις δύο έρευνες υποθετικής αξιολόγησης, που διενεργήθηκαν στο Μέτσοβο, προκύπτει ότι **η διαφοροποίηση της σύνθεσης των βέλτιστων λύσεων δεν είναι έντονη**, όπως φαίνεται στα Διαγράμματα 8.6 και 8.7. Συγκεκριμένα, προκύπτει το ίδιο πρότυπο όταν για τον υπολογισμό του περιβαλλοντικού κόστους ακολουθείται η ζημιογόνος συνάρτηση, με κάποιες επιμέρους αλλαγές. Στην περίπτωση της ηλεκτροπαραγωγής, το μερίδιο των αιολικών και των υδροηλεκτρικών παραμένει σταθερό και αθροιστικά οι δύο αυτές πηγές ενέργειας προσφέρουν το 80% της ενέργειας. Όταν χρησιμοποιείται η προσέγγιση της ζημιογόνου συνάρτησης, το υπολειπόμενο 20% καλύπτεται από το διασυνδεδεμένο σύστημα. Κατά την προσέγγιση της άμεσης αποτίμησης, το υπολειπόμενο ποσοστό καλύπτεται από το διασυνδεδεμένο σύστημα, αυτόνομες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις και κατά ένα μικρό ποσοστό από ηλεκτροπαραγωγή με καύση βιοαερίου. Όσον αφορά στην παραγωγή θερμότητας, η διαφορά, όταν χρησιμοποιείται η προσέγγιση της άμεσης αποτίμησης, έγκειται στη συμμετοχή στο βέλτιστο μίγμα της τηλεθέρμανσης από καύση βιοαερίου, σε ποσοστό 5%. Η ΕΞΕ, οι υφιστάμενοι λέβητες ξύλων και οι νέοι λέβητες ξύλων έχουν μικρές διαφοροποιήσεις στη συμμετοχή τους, σε σχέση με την αρχική επίλυση. Η μικρή διαφοροποίηση της δομής των βέλτιστων λύσεων οδηγεί και σε περιορισμένες αποκλίσεις, αναφορικά με το επενδυτικό και το λειτουργικό κόστος τους (Διάγραμμα 8.8).

Με βάση τα ανωτέρω, συνολικά, **οι δύο διαφορετικές προσεγγίσεις περιβαλλοντικής αποτίμησης, φαίνεται να μη μεταβάλλουν σε σημαντικό βαθμό τον ενεργειακό σχεδιασμό**. Παρά το γεγονός ότι, στη συγκεκριμένη περίπτωση, το περιβαλλοντικό όφελος εμφανίζεται να παρουσιάζει σημαντική απόκλιση, μεταξύ των δύο προσεγγίσεων – 825.000€ με την προσέγγιση της ζημιογόνου συνάρτησης και 380.000€ με την εφαρμογή της CVM - αυτό δεν μεταβάλλει τη γενική μορφή του ενεργειακού

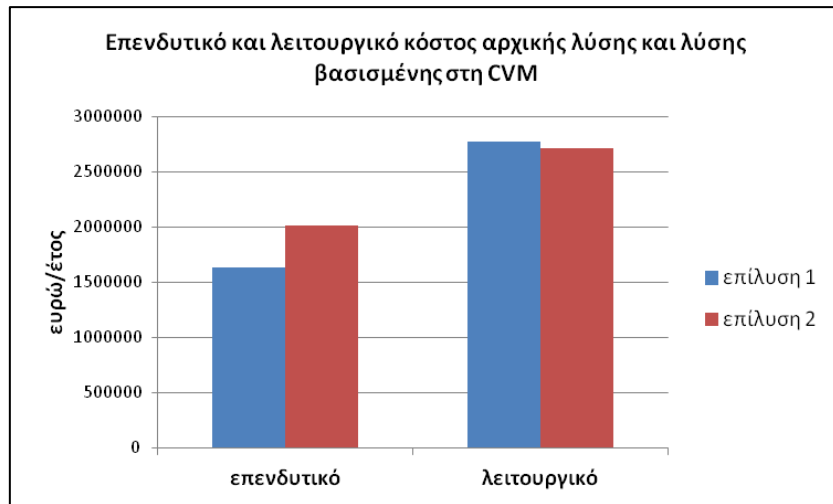
μοντέλου που προτείνεται ως βέλτιστη, προκαλεί όμως διαφοροποιήσεις. Το γεγονός ότι οι λύσεις που προκύπτουν έχουν πολλά κοινά στοιχεία δίνει ευελιξία στη χρήση των μεθοδολογιών περιβαλλοντικής αποτίμησης στον ενεργειακό σχεδιασμό, τουλάχιστον για περιπτώσεις του μεγέθους που εξετάζεται.



**Διάγραμμα 8.6:** Βέλτιστη κατανομή πηγών για ηλεκτροπαραγωγή, στο Μέτσοβο, αναλόγως της προσέγγισης για την αποτίμηση της περιβαλλοντικής διάστασης



**Διάγραμμα 8.7:** Βέλτιστη κατανομή πηγών για παραγωγή θερμότητας, στο Μέτσοβο, αναλόγως της προσέγγισης για την αποτίμηση της περιβαλλοντικής διάστασης



**Διάγραμμα 8.8:** Επενδυτικό και λειτουργικό κόστος των βέλτιστων λύσεων που προκύπτουν για το Μέτσοβο, από την προσέγγιση της ζημιογόνου συνάρτησης και από την προσέγγιση της άμεσης αποτίμησης

Εκτός από το ζήτημα της περιβαλλοντικής αποτίμησης, η πραγματοποίηση των ερευνών περιβαλλοντικής οικονομίας συνέβαλε και στην εξαγωγή ορισμένων χρήσιμων συμπερασμάτων όσον αφορά στη στάση του κοινού απέναντι στις ΑΠΕ, η αποτύπωση της οποίας – ειδικά στις ορεινές περιοχές – έχει ιδιαίτερη σημασία για την επιτυχία του ενεργειακού σχεδιασμού. Τόσο οι κάτοικοι όσο και οι επισκέπτες του Μετσόβου έχουν γενικά θετική στάση απέναντι στις ΑΠΕ. Ειδικότερα, οι κάτοικοι θεωρούν ότι οι ΑΠΕ έχουν σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη και συμβάλλουν στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Οι επισκέπτες του Μετσόβου θεωρούν, κατά τη μεγάλη τους πλειονότητα, ότι η επέκταση των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές είναι συμβατή με το χαρακτήρα τους και ωφέλιμη για αυτές. Φαίνεται, έτσι, ότι η ανάπτυξη των ΑΠΕ στα ορεινά δεν υποστηρίζεται μόνο από τα τεχνοοικονομικά μεγέθη αλλά μπορεί να εδραιωθεί και σε ένα ευνοϊκό κοινωνικό έδαφος. Για παράδειγμα, οι επισκέπτες του Μετσόβου, σε ποσοστό 60%, θεωρούν ιδιαίτερα σημαντικό το κατάλυμα που διαμένουν να διαθέτει συστήματα ΑΠΕ. Επίσης, πάνω από τα τρία τέταρτα των επισκεπτών αποδίδουν σημασία στην εν γένει λειτουργία τεχνολογιών ΑΠΕ σε έναν τουριστικό προορισμό. Τεκμηριώνεται έτσι ότι η χρήση των ΑΠΕ μπορεί να λειτουργήσει θετικά και ως προς τον τουρισμό στις ορεινές περιοχές, ο οποίος και αποτελεί βασικό μοχλό ανάπτυξής τους.

Για τη μελέτη του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου πραγματοποιήθηκαν έρευνες πεδίου και αναπτύχθηκε ειδικός τρόπος για την εκτίμηση των ενεργειακών φορτίων, των καταναλώσεων και των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας στον οικισμό. Αποδείχθηκε ότι:

- **Τα διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία δεν επαρκούν για την ακριβή αποτύπωση της ενεργειακής πραγματικότητας των οικισμών.** Με βάση τις δύο έρευνες πεδίου που πραγματοποιήθηκαν, η χρήση στατιστικών στοιχείων για τις ενεργειακές καταναλώσεις των νοικοκυριών του Μετσόβου οδηγεί σε απόκλιση της τάξης του 40 %.
- **Η εκτίμηση του δυναμικού ΕΞΕ, με επαρκή ακρίβεια, σε επίπεδο οικισμού, απαιτεί λεπτομερή προσέγγιση και δεν μπορεί να βασιστεί σε υφιστάμενες μελέτες.** Οι έρευνες που έχουν γίνει για το ελληνικό κτιριακό απόθεμα, επειδή κινούνται σε μεγάλη γεωγραφική κλίμακα, περιλαμβάνουν υπολογισμούς με μεγάλο εύρος όσον αφορά στα αποτελέσματα των

διαφόρων τεχνικών ΕΞΕ. Άρα, η βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης, ειδικά στις ορεινές περιοχές, απαιτεί εξειδικευμένη μελέτη των ιδιαίτερων συνθηκών του κτιριακού αποθέματος κάθε οικισμού, ώστε το κρίσιμο ζήτημα του δυναμικού ΕΞΕ να μπορεί να προσεγγιστεί αποτελεσματικά.

#### 8.1.4 Γενίκευση των συμπερασμάτων για τον ενεργειακό σχεδιασμό στις ορεινές περιοχές

Για τη γενίκευση των συμπερασμάτων που προέκυψαν από τη βελτιστοποίηση του ενεργειακού συστήματος του Μετσόβου και τη διερεύνηση της επίδρασης συγκεκριμένων παραμέτρων της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών δημιουργήθηκε ένας θεωρητικός οικισμός. Τα χαρακτηριστικά του επελέγησαν έτσι ώστε να ανταποκρίνονται σε μια «μέση κατάσταση» των ελληνικών οικισμών και κατόπιν εφαρμόστηκε, με κατάλληλες τροποποιήσεις, το μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού που διαμορφώθηκε. Για να αποτυπωθεί η επίδραση του υψόμετρου στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα, η οποία και αποτελεί βασικό ζητούμενο της παρούσας έρευνας, το μοντέλο επιλύθηκε υποθέτοντας ότι ο οικισμός βρίσκεται σε διάφορα υψόμετρα (50m, 200m, 400m, 600m, 800m, 1.000m, 1.200m, 1.500m). Οι επιλύσεις βασίστηκαν σε τρία σενάρια:

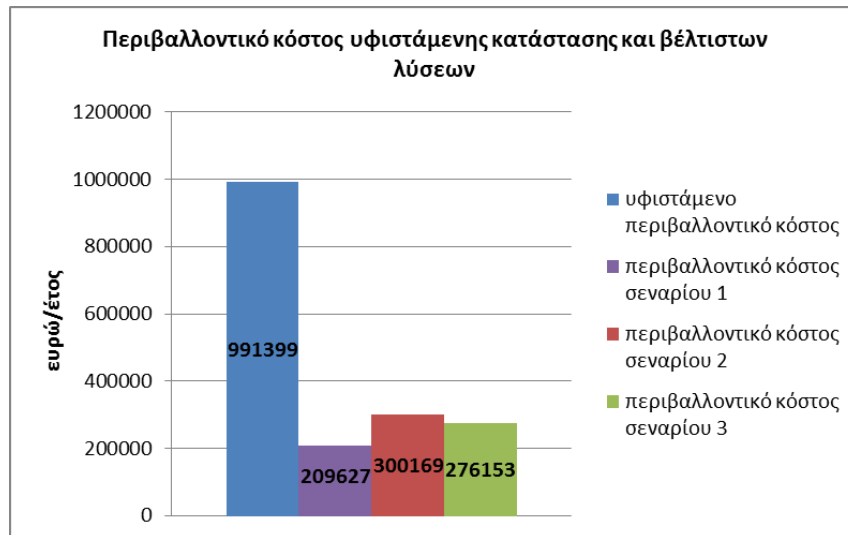
**Σενάριο 1:** Αφθονία δυναμικού ΑΠΕ και διαθεσιμότητα δικτύου φυσικού αερίου

**Σενάριο 2:** Περιορισμένο δυναμικό ΑΠΕ και διαθεσιμότητα δικτύου φυσικού αερίου

**Σενάριο 3:** Περιορισμένο δυναμικό ΑΠΕ και μη διαθεσιμότητα δικτύου φυσικού αερίου

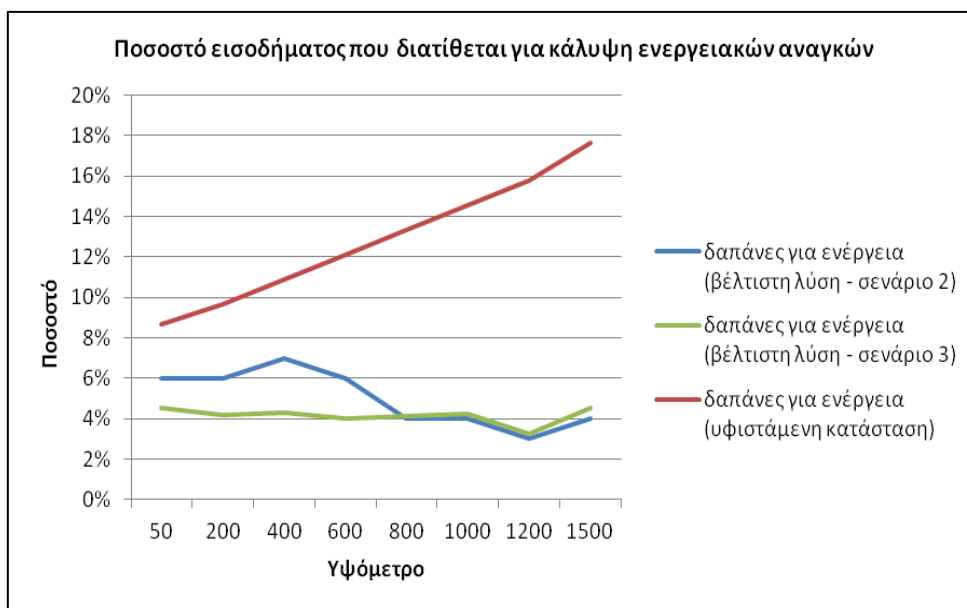
Με τη βοήθεια της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε γίνεται δυνατός ο σχεδιασμός ενεργειακών συστημάτων, με σημαντική βελτίωση στα χαρακτηριστικά και τις επιπτώσεις της λειτουργίας τους Αναλυτικότερα:

- **Οι βέλτιστες λύσεις περιλαμβάνουν αυξημένα ποσοστά διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.** Η μέση συμμετοχή των ΑΠΕ στο συνολικό μίγμα ηλεκτρισμού – θερμότητας, στην υφιστάμενη κατάσταση εκτιμάται, κατά μέσο όρο, ότι αντιστοιχεί σε ποσοστό το πολύ 20% (με βάση τη δομή του ενεργειακού συστήματος του θεωρητικού οικισμού που αντιστοιχεί στο μέσο όρο της χώρας). Στα βελτιστοποιημένα ενεργειακά συστήματα, το ποσοστό των ΑΠΕ κυμαίνεται στο 70%. Αυτό συνεπάγεται μεγάλη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των ενεργειακών συστημάτων, που αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 8.9.



**Διάγραμμα 8.9.** Περιβαλλοντικό κόστος υφιστάμενης κατάστασης, βέλτιστης λύσης με χρήση φυσικού αερίου (σενάριο 2) και βέλτιστης λύσης χωρίς δυνατότητα χρήσης φυσικού αερίου (σενάριο 3)

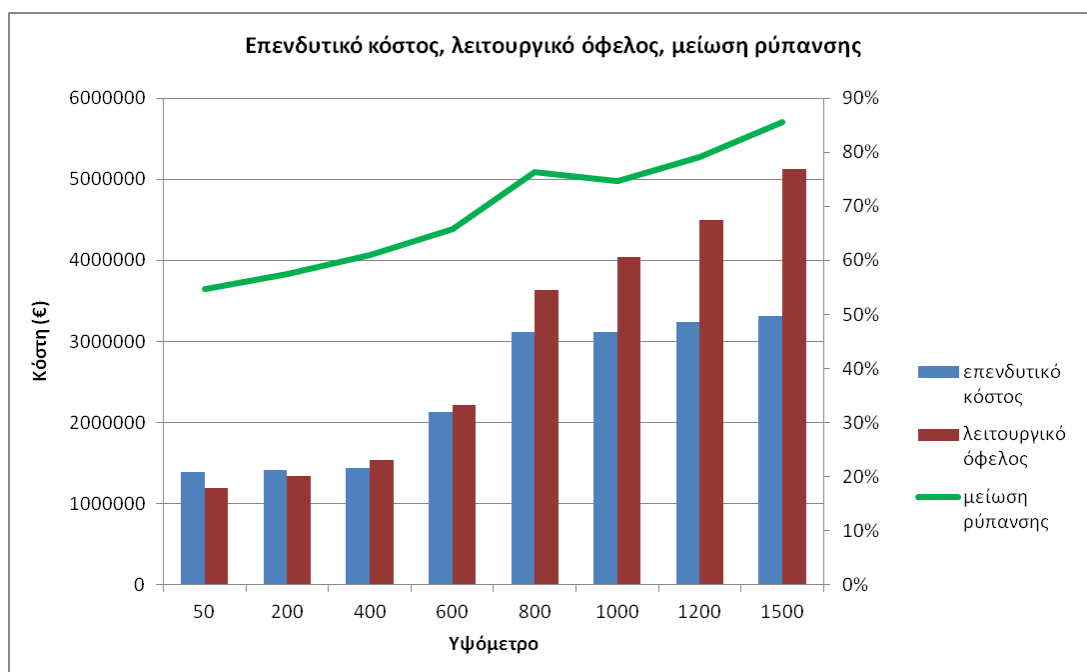
- **Επιτυγχάνεται αποτελεσματική αντιμετώπιση του ζητήματος της ενεργειακής φτώχειας..** Οι βέλτιστες ενεργειακές λύσεις που προκύπτουν οδηγούν τους ορεινούς πληθυσμούς στην αντιμετώπιση του προβλήματος της ενεργειακής φτώχειας. Το ποσοστό του εισοδήματος των νοικοκυριών που διατίθεται για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, εφ' όσον είναι δυνατή η λειτουργία των ενεργειακών συστημάτων με βέλτιστο τρόπο, φτάνει ακόμη και κάτω από 4% (Διάγραμμα 8.10). Συνεπώς, μέσω της εφαρμογής του μοντέλου βελτιστοποίησης που προτείνεται, προκύπτουν λύσεις, που προσφέρουν σημαντικά περιθώρια ασφαλείας της ορεινούς πληθυσμούς, έναντι της ενεργειακής φτώχειας.



**Διάγραμμα 8.10.** Ποσοστό εισοδήματος που διατίθεται για κάλυψη ενεργειακών αναγκών, στην υφιστάμενη κατάσταση και στο βέλτιστο σύστημα, συναρτήσει του υψομέτρου

- **Προκύπτουν σημαντικά κοινωνικά οφέλη, όσον αφορά στην τόνωση της απασχόλησης.** Η εκτεταμένη διείσδυση ΑΠΕ, συνεπάγεται, κατά μέσο όρο, τη δημιουργία 14 νέων θέσεων εργασίας στις ορεινές περιοχές για τα μεγέθη του θεωρητικού οικισμού.

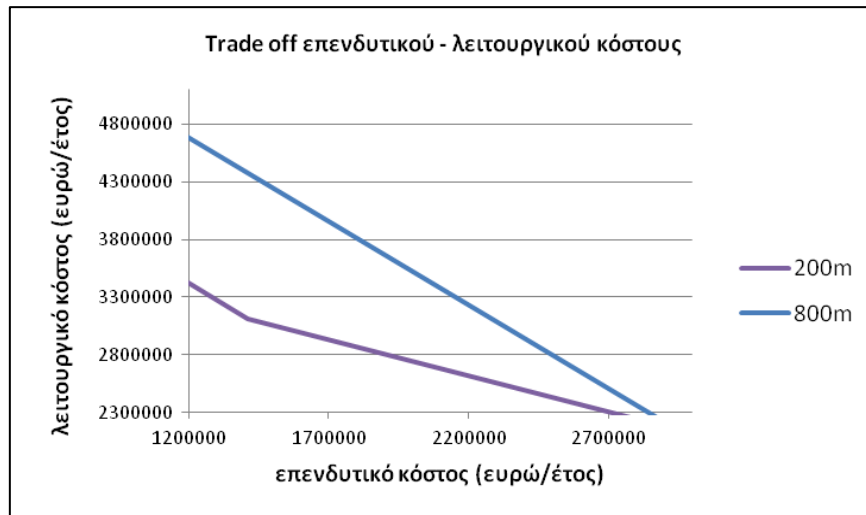
Οι ανωτέρω παρατηρήσεις, συνοψίζονται στο ότι η **βελτιστοποίηση των τοπικών ενεργειακών συστημάτων, στις ορεινές περιοχές, απαιτεί ακριβές επενδύσεις, τα οφέλη των οποίων, όμως, είναι μεγαλύτερα απ' ό,τι σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο.** Το μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού οδηγεί σε βέλτιστες λύσεις, οι οποίες παρουσιάζουν αυξανόμενο επενδυτικό κόστος, μειούμενο λειτουργικό κόστος και μειούμενο περιβαλλοντικό κόστος συναρτήσει του υψομέτρου. Το κοινωνικό όφελος παρουσιάζει αυξητική τάση συναρτήσει του υψομέτρου αλλά με ορισμένες διακυμάνσεις, αναλόγως των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται. Οι παρατηρήσεις αυτές αποτυπώνονται στο Διάγραμμα 8.11.



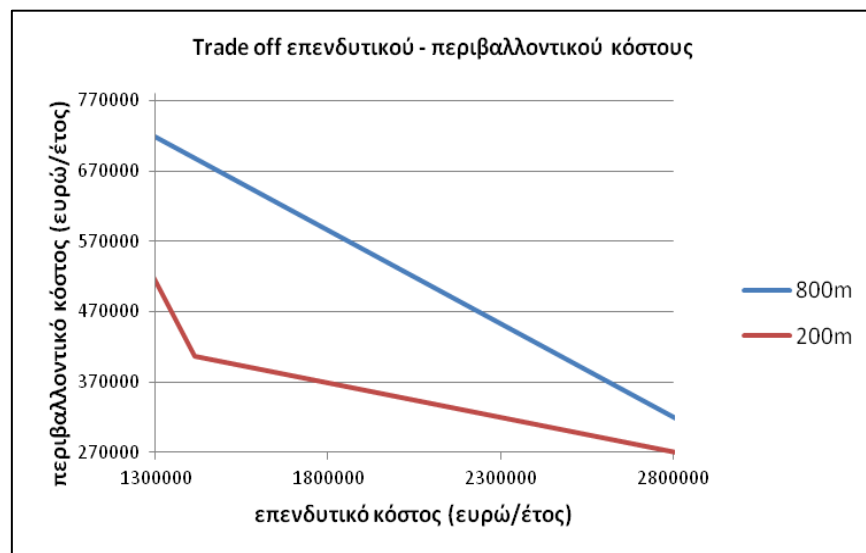
**Διάγραμμα 8.11.** Επενδυτικό κόστος, όφελος από τη μείωση του λειτουργικού κόστους και ποσοστιαία μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, για τις βέλτιστες λύσεις, συναρτήσει του υψομέτρου

Η αύξηση των ωφελειών για τις τοπικές κοινωνίες από την ενεργειακή βελτιστοποίηση στα μεγαλύτερα υψόμετρα φαίνεται και από τα Διαγράμματα (8.12 και 8.13) ικανών λύσεων (trade off) επενδυτικού – λειτουργικού κόστους και επενδυτικού – περιβαλλοντικού κόστους. Η μείωση του λειτουργικού και περιβαλλοντικού κόστους είναι εντονότερη στα 800m υψόμετρο, σε σχέση με τα 200m, για την ίδια μεταβολή στο επενδυτικό κόστος.





**Διάγραμμα 8.12.** Καμπύλες trade off μεταξύ επενδυτικού και λειτουργικού κόστους βέλτιστων λύσεων, σε υψόμετρο 200 και 800m (σενάριο 2)



**Διάγραμμα 8.13.** Καμπύλες trade off μεταξύ επενδυτικού και περιβαλλοντικού κόστους βέλτιστων λύσεων, σε υψόμετρο 200 και 800m (σενάριο 2)

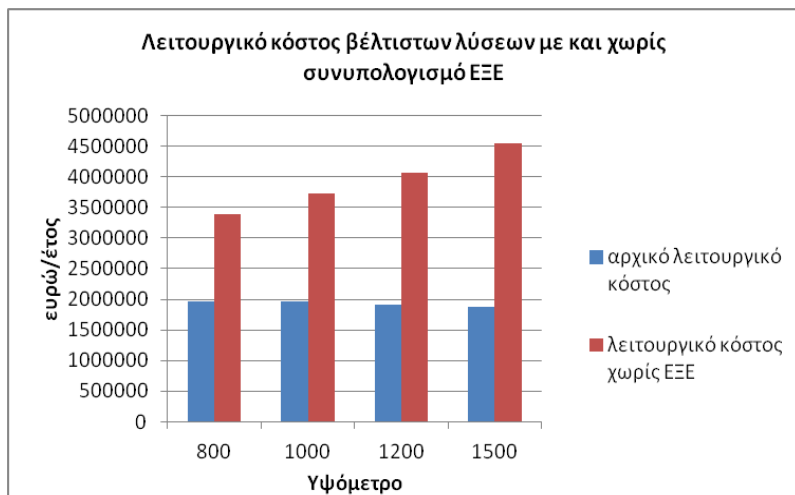
Με τη βοήθεια της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε, εξετάστηκε η επίδραση παραμέτρων του ενεργειακού προφίλ των ορεινών περιοχών στον ενεργειακό σχεδιασμό. Πιο συγκεκριμένα:

- **Η αύξηση των θερμικών φορτίων στα ορεινά, οδηγεί στη διεύρυνση της χρήσης τεχνολογιών ΕΞΕ συναρτήσει του υψομέτρου, στοιχείο απαραίτητο και για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας.** Επιβεβαιώνεται, όπως και στο παράδειγμα του Μετσόβου, ότι η ΕΞΕ αποτελεί κομβικό παράγοντα για τη βελτιστοποίηση των ενεργειακών συστημάτων στις ορεινές περιοχές (Διάγραμμα 8.14). Μέσω της ΕΞΕ επιτυγχάνεται μεγάλη μείωση στο λειτουργικό κόστος, η οποία είναι επιπλέον απαραίτητη στα μεγαλύτερα υψόμετρα για την ικανοποίηση του περιορισμού σχετικά με την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας, που έχει εισαχθεί στο

μοντέλο. Η αύξηση του λειτουργικού κόστους, σε περίπτωση μη συνυπολογισμού των δυνατοτήτων ΕΞΕ, στις ορεινές περιοχές, μπορεί να είναι και υπερδιπλάσια σε σχέση με τις περιπτώσεις που η ΕΞΕ εντάσσεται ως μέρος της βέλτιστης λύσης, όπως αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 8.15. Έτσι, στην υψομετρική ζώνη των 1.000m, σε αντιστοιχία και με την επίλυση για την περίπτωση του Μετσόβου, δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με ασφάλεια το ζήτημα της ενεργειακής φτώχειας, αν δεν ληφθούν μέτρα ΕΞΕ.

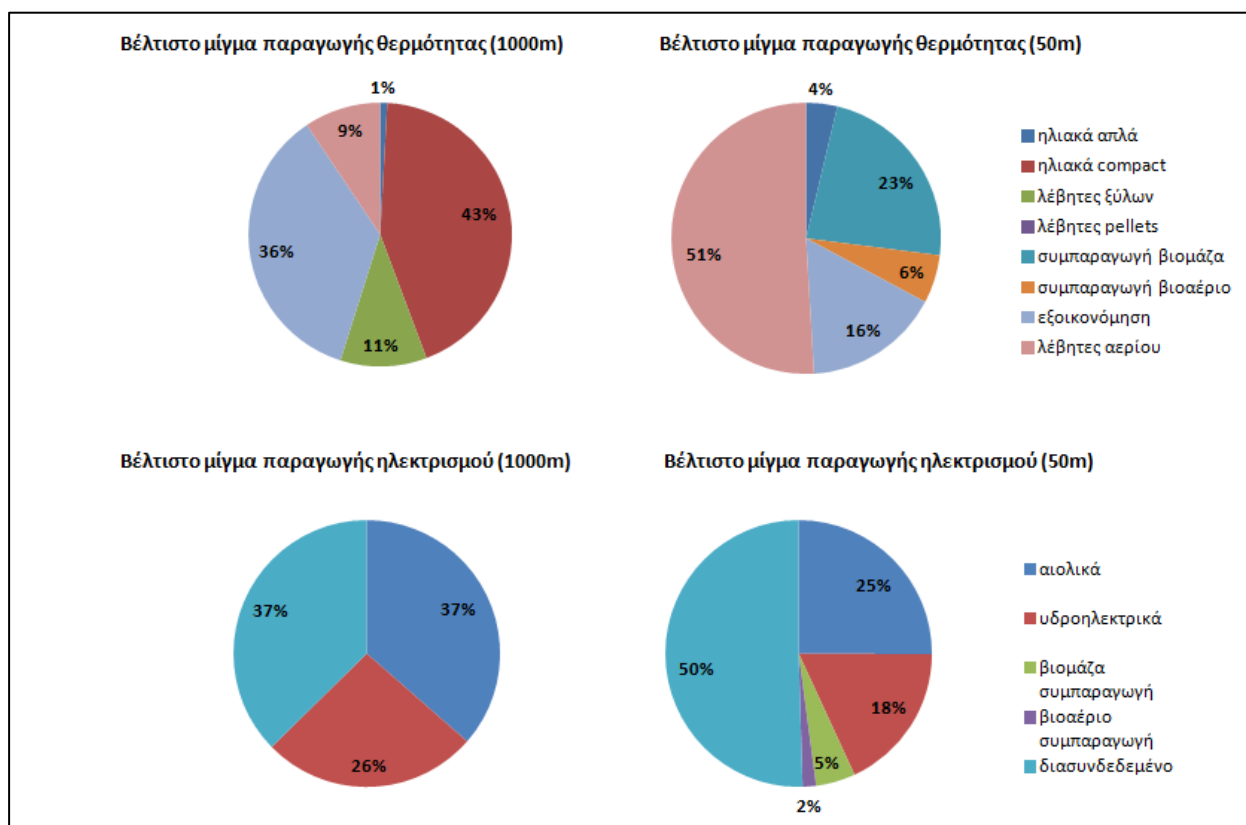


**Διάγραμμα 8.14.** Ποσοστιαία συμμετοχή τεχνολογιών ΕΞΕ στο συνολικό βέλτιστο ενεργειακό μίγμα (θερμότητα και ηλεκτρισμός), συναρτήσεως του υψομέτρου, για την περίπτωση του σεναρίου 2



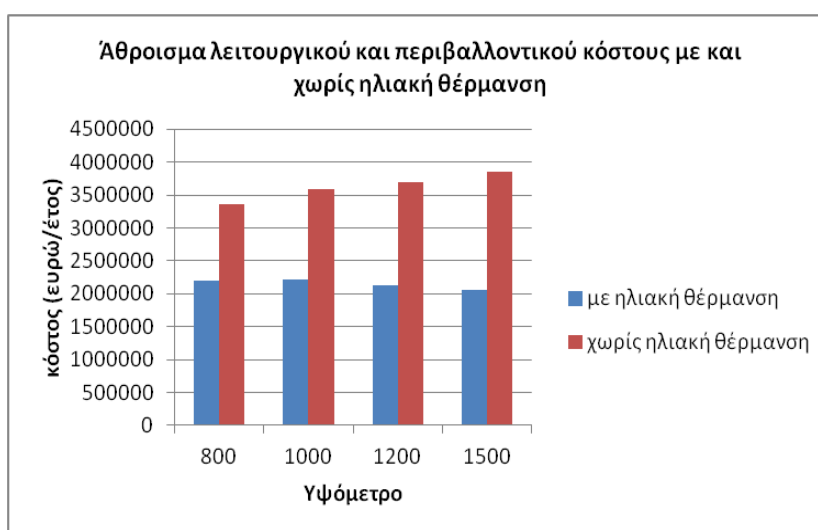
**Διάγραμμα 8.15.** Λειτουργικό κόστος βελτιστοποιημένων ενεργειακών συστημάτων, σε διάφορα υψόμετρα, σε ορεινές περιοχές, αναλόγως του εάν συμπεριλαμβάνεται στον ενεργειακό σχεδιασμό η ΕΞΕ, για την περίπτωση του σεναρίου 2.

- Οι μεταβολές στο μέγεθος και τη σύνθεση της ενεργειακής ζήτησης, συναρτήσει του υψομέτρου, οδηγούν σε σημαντικές διαφοροποιήσεις των βέλτιστων ενεργειακών λύσεων (Διάγραμμα 8.16).** Αυξανόμενου του υψομέτρου μειώνονται τα ηλεκτρικά φορτία και αυξάνονται τα θερμικά φορτία. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις που τίθενται στο μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού, για μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και του λειτουργικού κόστους, συντελεί στη διαφοροποίηση του μίγματος των πηγών ενέργειας που χρησιμοποιείται στα βελτιστοποιημένα ενεργειακά συστήματα. Όπως και στην περίπτωση του Μετσόβου, προκύπτει ότι στις ορεινές περιοχές εξαντλούνται οι δυνατότητες χρήσης της βιομάζας, λόγω των αυξημένων θερμικών φορτίων και της υψηλής τιμής του πετρελαίου θέρμανσης. Η, επίσης, σχετικά υψηλή τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, σε συνδυασμό με τα αυξημένα ηλεκτρικά φορτία στα χαμηλότερα υψόμετρα (λόγω μεγαλύτερων ψυκτικών αναγκών) οδηγεί στην αναζήτηση εναλλακτικών επιλογών για την ηλεκτροδότηση. Έτσι, πάλι εξαντλούνται οι δυνατότητες χρήσης της βιομάζας, αυτή τη φορά με βασική αιτία τον περιορισμό της χρήσης του διασυνδεδεμένου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, από το μοντέλο προκύπτει ότι στα 1000m υψόμετρο, σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας βιομάζας το συνολικό λειτουργικό κόστος έναντι της αρχικής επίλυσης προκύπτει κατά 20% αυξημένο. Η αντίστοιχη αύξηση στα 50m υψόμετρο είναι 10%. Συνεπώς, γενικεύεται η παρατήρηση που έγινε για την περίπτωση του Μετσόβου, σύμφωνα με την οποία η βιομάζα ανάγεται σε κρίσιμο παράγοντα για την κάλυψη, με προσιτό οικονομικά τρόπο, των θερμικών φορτίων στις ορεινές περιοχές.



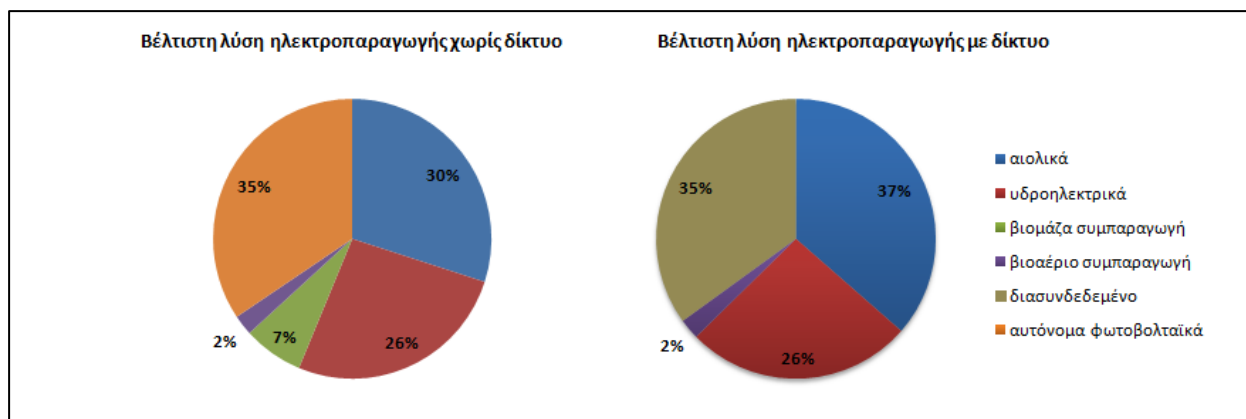
**Διάγραμμα 8.16.** Βέλτιστες λύσεις ηλεκτροπαραγωγής και παραγωγής θερμότητας, στα 1.000m και στα 50m, για την περίπτωση που υπάρχει διαθέσιμο δίκτυο φυσικού αερίου

- Χωρικοί ή αισθητικοί περιορισμοί συντελούν στην αύξηση του λειτουργικού κόστους και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που χαρακτηρίζουν τις βέλτιστες λύσεις.** Η προστασία της αρχιτεκτονικής ταυτότητας ή ο περιορισμένος χώρος μπορεί να λειτουργήσουν αποτρεπτικά στην εγκατάσταση νέων ενεργειακών τεχνολογιών και αυτό αποτελεί σημαντικό περιορισμό που πηγάζει από το ενεργειακό προφίλ των ορεινών περιοχών. Αποτέλεσμα αυτού είναι τεχνολογίες, όπως η ηλιακή θέρμανση, ενίοτε να αποκλείονται στους ορεινούς οικισμούς, γεγονός που τους αποστερεί από έναν αποδοτικό τρόπο κάλυψης θερμικών φορτίων. Υπολογίστηκε ότι, χωρίς τεχνολογίες ηλιακής θέρμανσης – για υποβοήθηση συστημάτων κεντρικής θέρμανσης – το λειτουργικό κόστος των βέλτιστων λύσεων στις ορεινές περιοχές, καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις παρουσιάζουν αύξηση, όπως αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 8.17. Η αύξηση είναι σημαντική, της τάξης του 60% στο λειτουργικό κόστος και του 45% στο περιβαλλοντικό κόστος.



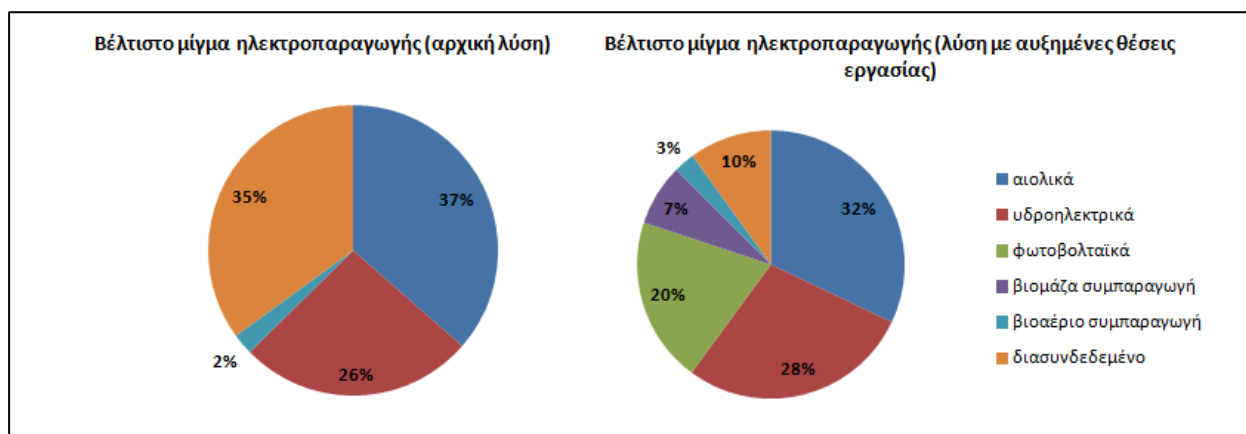
**Διάγραμμα 8.17.** Άθροισμα λειτουργικού και περιβαλλοντικού κόστους βέλτιστων λύσεων, στις ορεινές περιοχές, με και χωρίς συμμετοχή συστημάτων ηλιακής θέρμανσης, για την περίπτωση του σεναρίου 3.

- Η απομόνωση των ορεινών περιοχών αποτελεί, εν δυνάμει, ευνοϊκό παράγοντα για την επέκταση της χρήσης των ΑΠΕ σε αυτές.** Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει δίκτυο ηλεκτροδότησης, η χρήση ΑΠΕ γίνεται ελκυστική τεχνικοοικονομικά, όντας, ταυτόχρονα, φιλική προς το περιβάλλον. Αποδείχθηκε ότι, με τα ελληνικά δεδομένα ενεργειακών καταναλώσεων, περιοχές στα 1.000m υψόμετρο, που απέχουν πάνω από 100 km από το δίκτυο ηλεκτροδότησης είναι προτιμότερο να βασιστούν για την ηλεκτροδότησή τους στις ΑΠΕ. Το μοντέλο επίλυσης προκρίνει, έναντι της επέκτασης του δικτύου, ένα τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, σε συνδυασμό με αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα. Στο Διάγραμμα 8.18, φαίνεται η διαφοροποίηση της βέλτιστης λύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στα 1.000m υψόμετρο, αναλόγως της ύπαρξης ή μη δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Παρατηρείται ότι το μερίδιο του διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας έχει αντικατασταθεί από τη χρήση αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων στις κατοικίες.



**Διάγραμμα 8.18.** Βέλτιστη κατανομή πηγών, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στο θεωρητικό οικισμό, στα 1.000m υψόμετρο, αναλόγως της ύπαρξης ή μη δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας

- Ο προσανατολισμός του ενεργειακού σχεδιασμού στην τόνωση, παράλληλα, της απασχόλησης οδηγεί σε διαφοροποίηση των βέλτιστων λύσεων και την ενίσχυση της συμμετοχής των ΑΠΕ. Η αναγκαιότητα ενδυνάμωσης της παραγωγικής βάσης των ορεινών περιοχών εντάχθηκε στο μοντέλο ενεργειακού σχεδιασμού με τη μορφή ειδικού περιορισμού, ώστε να μελετηθεί η επίδρασή της στα αποτελέσματα. Απαιτήθηκε η συνάρτηση κοινωνικού οφέλους να είναι συνεπάγεται μείωση της ανεργίας κατά μία ποσοστιαία μονάδα, εφ' όσον το αρχικό ποσοστό ανεργίας θεωρηθεί ίσο με 25%. Αυτό είχε ως συνέπεια την είσοδο των φωτοβολταϊκών στο βέλτιστο ενεργειακό μίγμα και την εν γένει αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ σε αυτό (Διάγραμμα 8.19), αφού μέσω της εγκατάστασης και λειτουργίας μονάδων ΑΠΕ δίνεται η ευκαιρία για δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.



**Διάγραμμα 8.19.** Βέλτιστη κατανομή πηγών για ηλεκτροπαραγωγή, στα 1.000m. Αρχική λύση και λύση με απαίτηση για αυξημένες θέσεις εργασίας

Από την ανάλυση που προηγήθηκε, καθίσταται σαφές ότι οι ιδιαιτερότητες της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών επηρεάζουν σημαντικά τον ενεργειακό σχεδιασμό. Τα υψηλά θερμικά φορτία, η αναγκαιότητα αντιμετώπισης της ενεργειακής φτώχειας και η σημασία δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας, οδηγούν στη διευρυμένη χρήση των ΑΠΕ (δεδομένης της, όπως αποδείχθηκε,

σχετικά προνομιακής παρουσίας τους στις ορεινές περιοχές) και την αξιοποίηση κάθε δυνατότητας ΕΞΕ στα κτίρια. Συχνά, η εγκατάσταση των απαραίτητων ενεργειακών τεχνολογιών μπορεί να προσκρούσει σε χωρικούς ή αισθητικούς περιορισμούς, γεγονός που απαιτεί εξειδικευμένη αντιμετώπιση και πιθανόν ανάπτυξη ειδικά προσαρμοσμένων στις ανάγκες των ορεινών οικισμών ενεργειακών συστημάτων. Οι υψηλές αυτές απαιτήσεις αυξάνουν το απαιτούμενο επενδυτικό κόστος για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων στα ορεινά. Όμως, το διευρυμένο περιβαλλοντικό και κοινωνικό όφελος που προκύπτει από τις επεμβάσεις – σε σχέση με τις περιοχές χαμηλών υψομέτρων – καθιστά τις επενδύσεις αποδοτικές και απαραίτητες για τη βιώσιμη ανάπτυξη των ορεινών περιοχών. Τέλος, η επέκταση της χρήσης των ΑΠΕ αποτελεί κλειδί για την έξοδο από συνθήκες ακραίας φτώχειας πολλών ορεινών περιοχών του πλανήτη που στερούνται πρόσβασης σε βασικές ενεργειακές υπηρεσίες.

### 8.3 Η Συμβολή της διδακτορικής διατριβής. Στοιχεία καινοτομίας και πρωτοτυπίας.

Τα καινοτομικά και πρωτότυπα στοιχεία που συνιστούν τη συμβολή της διδακτορικής διατριβής στην ανάπτυξη της επιστήμης είναι τα εξής:

**Προσδιορίστηκαν τα χαρακτηριστικά της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών.** Τα γνωρίσματα του φυσικού και κοινωνικοοικονομικού περιβάλλοντος των ορεινών περιοχών συνθέτουν μια ιδιαίτερη ενεργειακή ταυτότητα, η οποία επιδρά καθοριστικά στην ενεργειακή πολιτική που πρέπει να εφαρμοστεί στις περιοχές που φιλοξενούν το 12% του παγκόσμιου πληθυσμού. Η ταυτότητα αυτή δεν έχει μελετηθεί σε βάθος ούτε στην Ελλάδα, που αποτελεί μια από τις πιο ορεινές χώρες της Ευρώπης, ούτε στον κόσμο, ως αποτέλεσμα της σημαντικής υστέρησης της έρευνας για τις ορεινές περιοχές γενικότερα. Συγκεκριμένα:

- Αναπτύχθηκε ένα μοντέλο υπολογισμού των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών βασισμένο στη μέθοδο των βαθμομερών, που παίρνει υπόψη του μόνο το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος μιας περιοχής της ελληνικής επικράτειας. Αποδείχθηκε ότι, παρά το γεγονός ότι οι παράμετροι που επιδρούν στις κλιματικές συνθήκες είναι πολλές και η επίδρασή τους σύνθετη, το απλό αυτό μοντέλο μπορεί να εκτιμά με μεγάλη ακρίβεια τις ενεργειακές ανάγκες ενός νοικοκυριού, στις συνθήκες της ελληνικής επικράτειας. Για την περίπτωση του Μετσόβου το μοντέλο έδωσε αποτελέσματα που απείχαν κατά 3% των προβλέψεων άλλων, πολυπλοκότερων μεθόδων, που απαιτούν πραγματικές μετρήσεις.
- Αποδείχθηκε ότι, στα όρια του γεωγραφικού πλάτους της ελληνικής επικράτειας, το υψόμετρο αποτελεί τον κύριο παράγοντα διαμόρφωσης των θερμικών και ψυκτικών αναγκών. Ειδικότερα, οι βαθμομέρες θέρμανσης υπολογίστηκε ότι εξαρτώνται κατά βάση από το υψόμετρο και δευτερευόντως από το γεωγραφικό πλάτος, ενώ το υψόμετρο είναι η μόνη, στατιστικά σημαντική, γεωγραφική παράμετρος, που επηρεάζει τις βαθμομέρες ψύξης.
- Με βάση τα παραπάνω, ποσοτικοποιήθηκε η επίδραση του υψομέτρου στο ενεργειακό προφίλ των ελληνικών ορεινών περιοχών. Η ποσοτικοποίηση αυτή έδωσε τη δυνατότητα προσδιορισμού του κινδύνου της ενεργειακής φτώχειας με γεωγραφικά κριτήρια, αποδεικνύοντας ότι το σύνολο της ορεινής ελληνικής επικράτειας πλήττεται από αυτή, ειδικά υπό τις παρούσες συνθήκες οικονομικής κρίσης και των αυξημένων τιμών στα καύσιμα. Επίσης,

έδωσε τη δυνατότητα προσδιορισμού και μελέτης της αναλογίας των θερμικών / ηλεκτρικών φορτίων που τις συνιστούν, υπολογίζοντας την έντονη μεταβολή υπέρ των πρώτων, αυξανόμενου του υψομέτρου.

- Αποδείχτηκε ότι και άλλες γεωγραφικές παράμετροι του ορεινού χώρου όπως η κλίση και η απομόνωση επιδρούν στα χαρακτηριστικά της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών. Επίσης, αποδείχθηκε ότι το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ορεινών οικισμών είναι μεγαλύτερο, σε σχέση με τις περιοχές χαμηλότερων υψομέτρων, λόγω των έντονα αυξημένων θερμικών φορτίων.
- Εντοπίστηκε η εσωτερική σχέση μεταξύ ορεινών περιοχών και δυναμικού ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αν και υπάρχουν σποραδικές αναφορές και επισημάνσεις για την ύπαρξη σημαντικού δυναμικού ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές, η διαπίστωση ότι οι ορεινές περιοχές εγγενώς, και όχι κατά περίπτωση, διαθέτουν πλούσιο δυναμικό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν έχει συναντηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι, λόγω της ιδιαίτερης γεωγραφίας του ορεινού χώρου, μια ορεινή περιοχή είναι πιθανότερο να έχει συνολικά μεγαλύτερο αξιοποιήσιμο δυναμικό ΑΠΕ, σε σχέση με μια αντίστοιχη πεδινή έκταση.
- Το κτιριακό απόθεμα των ορεινών οικισμών είναι, συνήθως, παλιό. Αυτό αποτελεί επιπλέον επιβαρυντικό παράγοντα για τις ενεργειακές καταναλώσεις, σε συνδυασμό με τις ψυχρές κλιματικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό αποτελεί σημαντικό στοιχείο της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών, αφού ωθεί στη συστηματική χρήση των έργων ΕΞΕ. Από την αντίθετη οπτική γωνία, η αγνόηση του γεγονότος αυτού παγιδεύει την ενεργειακή βελτιστοποίηση των ορεινών σε μια διαρκή αναζήτηση αυξημένων ποσών ενέργειας, η οποία πολλές φορές δεν είναι δυνατό να ικανοποιηθεί αν δεν αντιμετωπισθεί, κατ' αρχήν, το πρόβλημα του ευάλωτου ενεργειακά κτιριακού δυναμικού.
- Η ενεργειακή φτώχεια αποτελεί ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών. Προκύπτει ως αποτέλεσμα της συνδυασμένης επίδρασης των αυξημένων ενεργειακών αναγκών και της αναπτυξιακής υστέρησης, που αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα του συνόλου σχεδόν των ορεινών περιοχών του πλανήτη, ως προϊόν της ανισόμετρης καπιταλιστικής ανάπτυξης. Οποιαδήποτε διαδικασία ενεργειακής βελτιστοποίησης στις ορεινές περιοχές, η οποία αγνοεί το δεδομένο της ενεργειακής φτώχειας στερείται ρεαλιστικής βάσης.
- Η προαναφερθείσα αναπτυξιακή υστέρηση έχει τις αντανάκλασεις της σε κάθε τομέα της κοινωνικής ζωής των ορεινών περιοχών. Η σημαντικότερη, ίσως, είναι η αδύναμη παραγωγική βάση και τα συνεπαγόμενα προβλήματα απασχόλησης. Η ενεργειακή βελτιστοποίηση των ορεινών περιοχών, συχνά προϋποθέτει την υλοποίηση σημαντικών επενδύσεων. Οι επενδύσεις αυτές πρέπει οπωσδήποτε να συνεκτιμώνται ως προς τις ευκαιρίες απασχόλησης που δημιουργούν, μιας που το ενεργειακό πρόβλημα των ορεινών περιοχών και η αδύνατη παραγωγική τους βάση είναι προβλήματα στενά συνδεδεμένα. Έτσι, η αναγκαιότητα δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας συνιστά αιτία αναπροσαρμογής των στόχων του ενεργειακού σχεδιασμού στις ορεινές περιοχές, με γνώμονα την εξασφάλιση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ενίσχυσης του παραγωγικού τους ιστού μέσα από τη δημιουργία ενεργειακών υποδομών.

**Για τη μελέτη των βέλτιστων ενεργειακών λύσεων στις ορεινές περιοχές διαμορφώθηκε μια ειδική μεθοδολογία μονοκριτήριας βελτιστοποίησης με καινοτομικά χαρακτηριστικά:**

- Ως προς το πεδίο εφαρμογής και το αντικείμενο της έρευνας πρόκειται για την πρώτη περίπτωση ενεργειακής βελτιστοποίησης στην ορεινή Ελλάδα και την πρώτη, διεθνώς, προσπάθεια ενεργειακού σχεδιασμού, θεωρητικοποιώντας τα βασικά χαρακτηριστικά του ορεινού χώρου.
- Ως προς τα χαρακτηριστικά του μοντέλου επίλυσης: Η θεμελιώδης καινοτομία είναι η ανάπτυξη μιας βάσης για τη μελέτη τόσο του μεγέθους όσο και του τύπου των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών συναρτήσει του υψομέτρου, της πλέον χαρακτηριστικής και μετρήσιμης παραμέτρου των ορεινών περιοχών. Ταυτόχρονα, η ενσωμάτωση και άλλων βασικών γεωγραφικών και κοινωνικών χαρακτηριστικών των ορεινών περιοχών, τα οποία υπεισέρχονται στη βασική συνάρτηση είτε με τη μορφή απαιτήσεων είτε με τη μορφή περιορισμών, βελτίωσε περαιτέρω τις δυνατότητες έρευνας της επίδρασης της ορεινότητας στο ενεργειακό προφίλ αλλά και στις ενεργειακές λύσεις που αποδίδουν βέλτιστα στις ορεινές περιοχές. Πιο συγκεκριμένα:
  - Συμπερίληψη ορισμένων διαστάσεων της κοινωνικής πραγματικότητας, ιδιαίτερα σημαντικών για τις ορεινές περιοχές όπως η προστασία από την ενεργειακή φτώχεια και η ενίσχυση του παραγωγικού ιστού των ορεινών περιοχών με το συνυπολογισμό του οφέλους που απορρέει από τη δημιουργία θέσεων εργασίας .
  - Ένταξη παθητικών τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας ως μεταβλητών απόφασης. Παρά το γεγονός ότι οι σύγχρονες περιβαλλοντικές πολιτικές προωθούν μια αναβάθμιση του ρόλου της εξοικονόμησης ενέργειας στον ενεργειακό σχεδιασμό, ελάχιστα είναι τα μοντέλα βελτιστοποίησης τα οποία ενσωματώνουν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, ειδικά παθητικού χαρακτήρα.
  - Για την πληρέστερη αποτίμηση του δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας, αναπτύχθηκε ειδικός τρόπος υπολογισμού του. Η μεθοδολογία που προτείνεται είναι εφαρμόσιμη και σε κάθε άλλη ελληνική ορεινή περιοχή, ενώ είναι εύκολα επεκτάσιμη και σε άλλες ορεινές περιοχές του κόσμου.
- Ως προς την αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κατανάλωσης ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν τόσο εκτιμήσεις των εξωτερικοτήτων με βάση την προσέγγιση ζημιολόγου συνάρτησης – EXTERNE όσο και πρωτογενής έρευνα, με χρήση της Μεθόδου Υποθετικής Αξιολόγησης (CVM), πράγμα που έδωσε τη δυνατότητα συγκριτικής ανάλυσης και των μεθόδων εκτίμησης αλλά και του πεδίου εφαρμογής τους.

Η μεθοδολογία ενεργειακής βελτιστοποίησης, που αναπτύχθηκε, ελέγχθηκε ως προς την αξιοπιστία της στην ορεινή πόλη του Μετσόβου. Η βέλτιστη λειτουργία του τοπικού ενεργειακού συστήματος που προτείνεται περιλαμβάνει κάλυψη των 3/4 της ενεργειακής ζήτησης στην περιοχή από τοπικά διαθέσιμες, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς και εξάντληση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Προκύπτει, επομένως, ένα μοντέλο κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, θεμελιωδώς διαφορετικό από το υφιστάμενο, το οποίο βασίζεται σχεδόν εξ ολοκλήρου στις συμβατικές μορφές παραγωγής ενέργειας, ειδικά στη ρεαλιστικότερη περίπτωση κατά την οποία δεν συνυπολογίζεται η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας από το φράγμα του Αώου. Το νέο μοντέλο που προτείνεται είναι συνολικά πιο αποδοτικό από το υφιστάμενο.

**Τεκμηριώθηκε ότι τα ιδιαίτερα γνωρίσματα των ορεινών περιοχών έχουν σημαντική επίδραση στον ενεργειακό σχεδιασμό. Ή, από την αντίθετη σκοπιά: οι προσπάθειες βελτιστοποίησης της κατάστασης οι οποίες αγνοούν ή υποτιμούν τα γνωρίσματα αυτά δεν είναι δυνατόν να είναι αποτελεσματικές.** Εφαρμόζοντας τη μεθοδολογία βελτιστοποίησης σε ένα θεωρητικό μοντέλο



οικισμού, ο οποίος «τοποθετήθηκε» σε διάφορα υψόμετρα, δόθηκε η δυνατότητα περαιτέρω ανάλυσης και γενίκευσης των συμπερασμάτων που αφορούν τον ενεργειακό σχεδιασμό των ορεινών περιοχών. Συγκεκριμένα, αποδείχθηκε ότι:

- Η αποδοτικότητα των παρεμβάσεων βελτιστοποίησης των τοπικών ενεργειακών συστημάτων παρουσιάζεται αυξημένη στις ορεινές περιοχές, γεγονός που καταδεικνύει ότι διεύρυνση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών και της εξοικονόμησης ενέργειας στα ορεινά είναι μια εφικτή και βιώσιμη επιλογή, συμβατή με τα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες των ορεινών οικισμών.
- Λόγω των αυξανόμενων θερμικών φορτίων συναρτήσει του υψομέτρου, οι τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας αποτελούν εξαιρετικά αποδοτικά μέτρα στην κατεύθυνση της ενεργειακής βελτιστοποίησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, από μόνη της η εξοικονόμηση ενέργειας είναι αρκετή για την ανακούφιση των τοπικών πληθυσμών από τα υψηλά κόστη κάλυψης των ενεργειακών αναγκών, χωρίς να απαιτείται συνολική αλλαγή του ενεργειακού μοντέλου, η οποία και απαιτεί μεγάλα επενδυτικά κόστη.
- Η απομόνωση αποτελεί εν δυνάμει ευνοϊκό παράγοντα για την επέκταση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αφού, σε περιπτώσεις μη διαθεσιμότητας δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, η ενεργειακή τροφοδοσία απομονωμένων ορεινών οικισμών με αυτόνομα ενεργειακά συστήματα αποδεικνύεται αποτελεσματική και οικονομικά ανταγωνιστική. Οι περιορισμοί στην ανάπτυξη ενεργειακών τεχνολογιών (χωρικοί ή αισθητικοί) που χαρακτηρίζουν τις ορεινές περιοχές έχουν σημαντική επίπτωση στα χαρακτηριστικά λειτουργίας των τοπικών ενεργειακών συστημάτων και αποτελούν, συχνά, φραγμό στην πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων ενεργειακού εξορθολογισμού των ορεινών οικισμών.
- Η αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας στις ορεινές περιοχές περνά μέσα από τη συνολική αναδιάρθρωση και βελτιστοποίηση των τοπικών ενεργειακών συστημάτων. Εκτός από τις τεχνικές παθητικής εξοικονόμησης ενέργειας, κρίσιμος αναδεικνύεται ο ρόλος των ηλιοθερμικών συστημάτων και της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, προκειμένου οι ορεινοί πληθυσμοί να μπορούν να απολαμβάνουν υψηλής ποιότητας ενεργειακή κάλυψη σε προσιτό κόστος.
- Η αναγκαιότητα τόνωσης της παραγωγικής βάσης των ορεινών περιοχών αποτελεί πρόσθετο λόγο προς την ευρύτερη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

**Η έρευνα αποτελεί συμβολή στη διαμόρφωση ειδικής ενεργειακής πολιτικής για τις ορεινές περιοχές, στοιχείο απαραίτητο για την αναζωογόνησή τους.** Τόσο ο προσδιορισμός της ιδιαίτερης ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών όσο και οι επιδράσεις του στην ενεργειακή βελτιστοποίηση συνιστούν σημαντική συμβολή στην απαραίτητη προσπάθεια διαμόρφωσης ειδικής ενεργειακής πολιτικής που θα προστατεύει των τοπικούς ορεινούς πληθυσμούς έναντι της ενεργειακής φτώχειας. Μέσω των ευρημάτων της έρευνας γίνεται δυνατό να ελεγχθούν τα αποτελέσματα πλευρών της ενεργειακής πολιτικής που αφορούν στις ορεινές περιοχές. Πιο συγκεκριμένα, αποδείχθηκε ότι η επιδοματική πολιτική για το πετρέλαιο θέρμανσης είναι αναποτελεσματική για τις ορεινές περιοχές, γιατί θέτει πολύ χαμηλά όρια στην ανώτατη επιδοτούμενη ποσότητα, υποτιμώντας την πραγματική επίδραση του υψομέτρου στις θερμικές ανάγκες. Ή, ακόμη, ο υφιστάμενος μηχανισμός προώθησης της ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών («Εξοικονομώ κατ' οίκον») δε λαμβάνει υπ' όψιν τις κλιματικές συνθήκες και την ένταση των θερμικών φορτίων, παρά βασίζεται αποκλειστικά σε εισοδηματικά κριτήρια. Ως αποτέλεσμα αυτού, οι ορεινές περιοχές -στις οποίες η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί βασική ανάγκη, σύμφωνα με τα εκτεθέντα- δεν απολαμβάνουν κανένα πρόσθετο κίνητρο την παραμικρή επιπλέον προμολογία για την επίτευξη της ενεργειακής αναβάθμισης του

κτιριακού τους αποθέματος. Προκύπτει, επομένως, σαφώς η ανάγκη επαναπροσδιορισμού των μέτρων στην κατεύθυνση του ορθού συνυπολογισμού της ορεινότητας στην ενεργειακή πολιτική.

**Η έρευνα συνιστά σημαντική συνεισφορά στην προστασία του περιβάλλοντος και την ανάπτυξη των ορεινών περιοχών.** Μια συζήτηση για την αναγέννηση των ορεινών περιοχών πρέπει να έχει στο κέντρο της το θέμα της κάλυψης με προσιτό τρόπο των σύγχρονων ενεργειακών αναγκών, τόσο των νοικοκυριών όσο και των παραγωγικών δραστηριοτήτων. Η βελτιστοποίηση των τοπικών ενεργειακών συστημάτων των ορεινών οικισμών αποτελεί, συνεπώς, σημαντικό εργαλείο στην κατεύθυνση της προστασίας του ευαίσθητου φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος των ορεινών περιοχών, της παραγωγικής επανεκκίνησής τους, της διάρρηξης του κλοιού της κοινωνικής αποεξοχίωσης. Η παρούσα εργασία αποτελεί συμβολή σε αυτή την κατεύθυνση. Η διεύρυνση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η γενικότερη προσπάθεια βελτιστοποίησης των ενεργειακών συστημάτων που τροφοδοτούν τις ορεινές περιοχές της χώρας, αποτελούν διέξοδο από την ενεργειακή ασφυξία στην οποία υποβάλλονται, δυστυχώς ολοένα και περισσότερο, τα νοικοκυριά της ορεινής Ελλάδας.

#### 8.4 Προτάσεις για τη συνέχιση της έρευνας (Follow up)

Μεταξύ των θεμάτων που προκύπτουν από την παρούσα έρευνα προς περαιτέρω διερεύνηση, κρίνονται ως περισσότερο ενδιαφέροντα τα ακόλουθα:

- Εκτίμηση του ρόλου του υψομέτρου στη διαμόρφωση των ενεργειακών αναγκών σε ευρύτερο γεωγραφικό επίπεδο. Χρήση πολυωνυμικών μοντέλων παλινδρόμησης και ανάλυση σε ομάδες (cluster analysis). Γενίκευση των συμπερασμάτων σε ευρύτερες ορεινές γεωγραφικές ενότητες (Βαλκάνια, Άλπεις, μεγάλες ορεινές ενότητες της Ασίας κλπ).
- Περαιτέρω εξέταση της σχέσης μεταξύ ορεινών περιοχών και ανανεώσιμου ενεργειακού δυναμικού. Ποσοτικοποίηση του πλεονεκτήματος, ως προς τη διαθεσιμότητα των ΑΠΕ, μιας ορεινής περιοχής σε σχέση με μια αντίστοιχη πεδινή.
- Ενεργειακή βελτιστοποίηση σε ορεινούς οικισμούς με χρήση πολυκριτήριων μοντέλων και σύγκριση με τα αποτελέσματα των μονοκριτήριων βελτιστοποιήσεων. Προσαρμογή των πολυκριτήριων μεθοδολογιών στα χαρακτηριστικά της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών.
- Διερεύνηση των βέλτιστων τεχνικών αξιοποίησης της υπερεπάρκειας δυναμικού ηλεκτροπαραγωγής (αιολικό και υδροηλεκτρικό κυρίως) που υπάρχει σε πολλές ορεινές περιοχές. Η χρήση αντλιών θερμότητας για κάλυψη θερμικών φορτίων στους ορεινούς οικισμούς, η ανάπτυξη της αντλησιοταμίευσης και άλλων τεχνικών αποθήκευσης ενέργειας αποτελούν ενδεχόμενους τρόπους αποδοτικής αξιοποίησης του πλούσιου ενεργειακού δυναμικού και χρειάζεται να μελετηθεί η ένταξή τους στον αποκεντρωμένο και υπερτοπικό ενεργειακό σχεδιασμό.
- Η ενεργειακή τροφοδοσία των απομονωμένων ορεινών οικισμών με αυτόνομα ενεργειακά συστήματα καθιστά ιδιαίτερα σημαντική τη μελέτη των δυνατοτήτων ανάπτυξης «έξυπνων» μικρο-δικτύων διανομής ενέργειας στους οικισμούς αυτούς για την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση των τοπικών ενεργειακών πηγών.

## Βιβλιογραφία

### Βιβλιογραφία στα ελληνικά

Αλιβιζάτος Σ. (2011). *Εφαρμογές Πολυκριτηριακού Μαθηματικού Προγραμματισμού με τη χρήση της γλώσσας μοντελοποίησης GAMS*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Χημικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Επιβλέπων επ. καθ. Γ. Μαυρωτάς.

Ανδρεόπουλος Δ., Γιαννακοπούλου Στ. & Δαμίγος Δ. (2010). Η σημασία της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του Μετσόβου για τους επισκέπτες του: Εφαρμογή της μεθόδου υποθετικής αξιολόγησης - CVM. *Η ολοκληρωμένη ανάπτυξη των ορεινών περιοχών*. 16-19/9/2010, Μέτσοβο.

Ασημακόπουλος Δ. & Αραμπατζής Γ. (2002). *Τεχνικές Ανάλυσης Δεδομένων και Λήψης Αποφάσεων. Με χρήση Microsoft Excel*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Βλάχου Α. (2001). *Περιβάλλον και Φυσικοί Πόροι - Οικονομική Θεωρία και Πολιτική*. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.

Γελεγενής Ι. Ι. & Αξαόπουλος Π. Ι. (2005). *Πηγές Ενέργειας. Συμβατικές και Ανανεώσιμες*. Αθήνα: Σύγχρονη Εκδοτική.

Γιακουμή Α. (2010). Εξοικονόμηση Ηλεκτρικής Ενέργειας στον Κτιριακό Τομέα. *Τρόποι ενσωμάτωσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Τοπικό Επίπεδο*. Κερατέα: ΚΑΠΕ.

Γιακουμή Α. & Ιατρίδης Μ. (2009). *Παρούσα κατάσταση της αγοράς θέρμανσης και ψύξης στην Ελλάδα*. Παραδοτέο D3 του έργου RES-H Policy, ΚΑΠΕ - Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Γιαννακοπούλου Στ. (2012). *Αποτίμηση της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής των ορεινών περιοχών με μεθόδους περιβαλλοντικής οικονομίας*. Διδακτορική Διατριβή. ΕΜΠ Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών. Επιβλέπων καθ. Δ. Καλιαμπάκος .

Δαμάτη Α., Θεοχαρόπουλος Δ., & Ματθόπουλος Δ. (2007). Ανάπτυξη ορεινών περιοχών με αξιοποίηση των φυσικών πόρων. Η περίπτωση του Μετσόβου. *Παιδεία Έρευνα Τεχνολογία. Από το Χθες στο Αύριο*. 5ο Διαπανεπιστημιακό Διεπιστημονικό Συνέδριο του ΕΜΠ και του ΜΕΚΔΕ του ΕΜΠ. Μέτσοβο 27-30 Σεπτεμβρίου 2007.

Δημαρας Α. & Μαστρογιάννη, Φ. (2010). *Αποτίμηση του κόστους ρύπανσης του Ασωπού ποταμού*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών ΕΜΠ. Επιβλέπων επ. καθ. Δ. Δαμίγος.

Δήμος Μετσόβου (2011). *Επιχειρησιακό Σχέδιο Δήμου Μετσόβου 2012-2014. Φάση Α' Σχέδιο Στρατηγικού Σχεδιασμού*.

Διακουλάκη Δ., Καλιαμπάκος Δ. & Δαμίγος Δ. (2007). Αποτίμηση και εσωτερίκευση περιβαλλοντικού κόστους. Προϋπόθεση για Βιώσιμη Ανάπτυξη. *Το Ε.Μ.Π. στην πρωτοπορία της έρευνας και της τεχνολογίας*. Συμπόσιο. Αθήνα 3-4 Δεκεμβρίου 2007.

Δούλος Η., & Κατσουλάκος Ν. (2008). Μελέτη αυτόνομου και διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος – Προτάσεις αναμόρφωσης του υφιστάμενου νομικού πλαισίου ενίσχυσης επενδύσεων σε

φωτοβολταϊκά συστήματα. *Δημοκρατία και Κρατικές Πολιτικές στην Ελλάδα*. 11ο Συνέδριο του Ιδρύματος «Σάκης Καράγιωργας». Αθήνα, 6-8/11/2008.

ΕΛΕΤΑΕΝ. (2009). 2010-2020. Η δεκαετία του ανέμου. 10.000MW. Έκδοση της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας για την Παγκόσμια Ημέρα Ανέμου 2009. Πικέρμι: Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας.

ΕΛΣΤΑΤ. (2012). *Συνθήκες διαβίωσης στην Ελλάδα*. Πειραιάς: Ελληνική Στατιστική Αρχή.

ΕΣΥΕ. (2009). *Απογραφή πληθυσμού - κατοικιών. 18 Μαρτίου 2001*. Πειραιάς: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος.

ΕΣΥΕ. (1995). *Κατανομή της εκτάσεων της Ελλάδας σε βασικές κατηγορίες χρήσεως*. Πειραιάς: Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος.

Ζήμερας Σ. (2003). *Στατιστικά Πακέτα Ι*. Σημειώσεις μαθήματος. Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Τμήμα Στατιστικής και Αναλογιστικής Επιστήμης. 5ο εξάμηνο.

Θεοδώρου Α. (2012). Εξοικονόμηση ενέργειας στην πόλη της Κόνιτσας. Στο Δ. Καλιαμπάκος (Επιμ.), *Η συμβολή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη του Δήμου Κόνιτσας* (σσ. 22-33). Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Θεοδώρου, Α. (2011). Η εξοικονόμηση ενέργειας στον οικισμό του Μετσόβου, ως μέσο για την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας. Στο Δ. Καλιαμπάκος (Επιμ.), *Η συμβολή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη του Δήμου Μετσόβου* (σσ. 50-63). Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Θεοφανοπούλου Γ., Τουρκολιάς Χ., Γεωργίου Π., Διακουλάκη Δ. & Θεοφύλακτος Κ. (2007). Τεχνικο-οικονομική ανάλυση και ανάλυση κόστους οφέλους συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας σε βιομηχανία τροφίμων. *6ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής*. Αθήνα 31/5-2/6/2007.

Καλιαμπάκος Δ., Γιαννακοπούλου Σ., & Κατσουλάκος Ν. (2009). *Εισαγωγή στο Περιβάλλον και την Κοινωνία των Ορεινών Περιοχών*. Σημειώσεις μαθήματος "Εισαγωγή στο Περιβάλλον και την Κοινωνία των Ορεινών Περιοχών", ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών" ΕΜΠ.

ΚΑΠΕ & Eurotec. (2011). *Εκτίμηση του Θεωρητικού και Διαθέσιμου Δυναμικού των ΑΠΕ*. Μελέτη αποτύπωσης ενεργειακού χάρτη (ισοζυγίου) της Περιφέρειας Ηπείρου και των αποθεμάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Κατσάνος Χ. (2008). Στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης πειραματικών δεδομένων. Στο Ν. Αβούρης, Χ. Καραγιαννίδης & Β. Κόμης (Επιμ.), *Συνεργατική τεχνολογία. Συστήματα και μοντέλα συνεργασίας για εργασία, μάθηση, κοινότητες πρακτικής και δημιουργίας γνώσης*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.

Κατσουλάκος Ν. (2011). Αναβάθμιση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων στις ορεινές περιοχές. Η περίπτωση του ΜΕΚΔΕ. Στο Δ. Καλιαμπάκος (Επιμ.), *Η συμβολή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη του Δήμου Μετσόβου* (σσ. 227-238). Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

- Κατσουλάκος, Ν., & Καλιαμπάκος, Δ. (2010). *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ορεινές περιοχές. Η ολοκληρωμένη ανάπτυξη των ορεινών περιοχών*. 6ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του ΕΜΠ και του ΜΕΚΔΕ του ΕΜΠ. Μέτσοβο 16-19 Σεπτεμβρίου 2010.
- Καχριμάνη, Μ. Π. (2011). *Η ολοκληρωμένη ανάπτυξη στο νέο Δήμο Μετσόβου*. Διπλωματική εργασία. ΔΠΜΣ ΕΜΠ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών". Επιβλέπουσα επ. καθ. Ε. Δημοπούλου.
- Κολέτσος Ι. (2006). *Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα. Γραμμικός προγραμματισμός*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Κουμαντάκης Ι. (2011). *Τα κατολισθητικά φαινόμενα του Μετσόβου. Προτάσεις βελτίωσης συνθηκών*.
- Κουτσογιάννης Δ. & Μαμάσης, Ν. (1998). Μέτσοβο: η υδρολογική καρδιά της Ελλάδας. Στο Δ. Ρόκος (Επιμ.), *Πρακτικά του Πρώτου Διεπιστημονικού Συνεδρίου του ΕΜΠ για το Μέτσοβο*. (σσ. 209-229). Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.
- Κουτσόπουλος Κ. (2000). *Γεωγραφία: Μεθοδολογία και Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου*. Αθήνα: Παπαδάμης.
- Λαφαζάνη Π. (2010). Περιφερειακές διαφοροποιήσεις στο γεωγραφικό χώρο του ορεινού πληθυσμού της Ελλάδας. *Η ολοκληρωμένη ανάπτυξη των ορεινών περιοχών*. 6ο συνέδριο του ΕΜΠ και του ΜΕΚΔΕ του ΕΜΠ. Μέτσοβο, 16-19 Σεπτεμβρίου 2010.
- Λιαντινιώτη Κ. (2011). *Διερεύνηση δυνατοτήτων παραγωγής και αξιοποίησης βιοαερίου στην περιοχή του Μετσόβου*. Διπλωματική εργασία. ΔΠΜΣ ΕΜΠ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών" ΕΜΠ. Επιβλέπων: Καθ. Δ. Καλιαμπάκος.
- Ματζαράκης Α. & Μπαλαφούτης Χ. (2002). Γεωγραφική κατανομή Βαθμομερών Θέρμανσης στον Ελληνικό Χώρο για Ενεργειακή Χρήση. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας (σσ. 156-163). Ιωάννινα: Β. Δ. Κατσούλης.
- Ματσούκα Π. (2000). *Ταΰγετος. Οδηγός στη φύση και τον πολιτισμό. Διαδρομές και μονοπάτια*. Αθήνα: Ανάβαση.
- Ματσούκα Π., & Αδαμακόπουλος Τ. (2008). Τα ελληνικά βουνά: Περιβάλλον - κατοίκηση - ορεινός τουρισμός. Στο Συλλογικό, *Ορεινός Χώρος και Δάση*. Αθήνα: Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ).
- Μόσχου Χ. (2011). *Υπολογισμός ενεργειακών φορτίων για τον ενεργειακό σχεδιασμό κτιρίων με τη χρήση μαθηματικού προγραμματισμού*. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών. Επιβλέπων: Επ. Καθ. Γ. Μαυρωτάς.
- Μπασιούκα, Α. (2011). *Η δημογραφική ταυτότητα των ορεινών περιοχών της Ελλάδας*. Διπλωματική εργασία. ΔΠΜΣ ΕΜΠ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών". Επιβλέπων: Καθ. Δ. Καλιαμπάκος.
- Μπεργελές Γ. (1995). *Ανεμοκινητήρες*. Αθήνα: Συμεών.
- Μπότσαρης Χ. Ε., Τσάντας Ν., & Γεωργίου Α. Κ. (2004). *Σημειώσεις Γραμμικού Προγραμματισμού*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Μπαλαμπέκος (2010). Το ενεργειακό αποτύπωμα των ορεινών περιοχών: Η περίπτωση του Μετσόβου. Διπλωματική εργασία. ΔΠΜΣ ΕΜΠ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών». Επιβλέπων καθ. Δ. Καλιαμπάκος.

Μπουτέτσιου, Ε. (2010). *Ενεργειακή αξιοποίηση δασικής βιομάζας - Η περίπτωση του Μετσόβου*. Διπλωματική εργασία. ΔΠΜΣ ΕΜΠ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών». Επιβλέπουσα καθ. Μ. Λοϊζίδου.

Νταλός, Γ. (2007). Η χρήση των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Οικονόμου-Μπότσιου Φ. (1988). Υδροκίνηση: μαντάνια, νεροτριβές, υδροπρίονα. Μια πρώτη προσέγγιση σε εργαστήρια του Β. Ελλαδικού χώρου. *Ιστορία της Νεοελληνικής Τεχνολογίας. Α΄ Τριήμερο Εργασίας*. Πάτρα, 21-23 Οκτωβρίου.

Ορλάντο Μ. (2012). *Μελέτη ενεργειακής συμπεριφοράς τυπικών πολυκατοικιών με χρήση δυναμικού και στατικού υπολογιστικού μοντέλου*. Διπλωματική Εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών. Επιβλέπων: Καθ. Α. Παπαδόπουλος.

Παναγιώτου Ι. (2007). *Ανάπτυξη στην περιοχή της ορεινής Ναυπακτίας*. Διπλωματική εργασία. ΠΜΣ "Βιώσιμη Ανάπτυξη". Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Επιβλέπων Καθ. Κ. Αποστολόπουλος.

Παπάζογλου Ε. & Κυρίτσης Σ. (2000). *Περιβαλλοντικά οφέλη από τη διάθεση των αγροτικών υπολειμμάτων της Ελλάδας για παραγωγή ενέργειας*. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο.

Παπακώστας Κ., Τσιλιγκιρίδης Γ. & Κυριάκης Ν. (2005). Βαθμομημέρες θέρμανσης 50 ελληνικών πόλεων. *Τεχνικά Χρονικά*, IV, σσ. 51-65.

Παπαντώνης Δ. (2008). *Μικρά υδροηλεκτρικά έργα*. Αθήνα: Συμεών.

Περιφέρεια Ηπείρου. (2011). *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρειας Ηπείρου 2012-2014. Ενότητα Α. Στρατηγικός Σχεδιασμός της Περιφέρειας Ηπείρου*. Ιωάννινα: Περιφέρεια Ηπείρου.

Περδίας Σ. (2007). *Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια - Αθλητικά Κέντρα - Βιομηχανίες - Μεταφορές* (Τόμ. Β). Αθήνα: Σελκα - 4μ Τεκδοτική.

Ρόκος Δ. (2003). Η διεπιστημονικότητα στην ολοκληρωμένη προσέγγιση και ανάλυση της ενότητας της φυσικής και κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας. Στο Δ. Ρόκος, *Από τη "βιώσιμη" ή "αιεφόρο" στην αξιοβίωτη ολοκληρωμένη ανάπτυξη*. Αθήνα: Εκδοτικός Οργανισμός Λιβάνη.

Σιούλας Κ. (2009). Πακέτο εργασίας 2. Βιοαέριο στην Ελλάδα. Συνοπτική έκθεση. *Παραδοτέο 2.2. του έργου BigEast - Biogas for Eastern Europe*. (ΚΑΠΕ, Επιμ.) Πικέρμι: ΚΑΠΕ - Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Σίσκος Γ. (1998). *Γραμμικός προγραμματισμός. Μεθοδολογία Υποστήριξης Αποφάσεων. Πολυκριτήρια βελτιστοποίηση. 40 Προβλήματα Επιχειρήσεων. Πακέτα Λογισμικού και Επίλυση στο Excel*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Σίσκος Γ. (2008). *Μοντέλα Αποφάσεων. Μεθοδολογία Επιχειρησιακής Έρευνας. Θεωρία Πολυκριτηριακής Ανάλυσης. Εφαρμογές σε Επιχειρήσεις και Οργανισμούς*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Σούλης Ν. Β. (1994). *Το κλίμα της Ηπείρου*. Ιωάννινα: Σούλης.

Τζαχάνης Α. & Καμπανάς Β. (2007). Ενεργειακή Βαθμονόμηση Κτιρίων μη Χρήση Μοντέλων Βαθμομερών Θέρμανσης. *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Η θέση τους στο Νέο Ενεργειακό Τοπίο της Χώρας και στην Περιοχή της Θεσσαλίας*. Λάρισα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Περιφερειακό Τμήμα Κεντρικής και Δυτικής Θεσσαλίας.

Τολίδης, Κ. (2009). *Εκτίμηση της προθυμίας πληρωμής των κατοίκων του Μετσόβου για τη διατήρηση της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής*. Διπλωματική εργασία. ΔΠΜΣ ΕΜΠ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών". Επιβλέπων καθ. Δ. Καλιαμπάκος.

Τσαλέμης Δ., Μαυράκη Δ., Δούλος Η., Οικονόμου Α., Περράκης Κ., Τίγκας Κ. και συν. (2012). *Έκθεση για τον τομέα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ στο πλαίσιο του σχεδιασμού αναμόρφωσης του μηχανισμού στήριξης*. Αθήνα: ΥΠΕΚΑ.

Τσελεπής Σ. (2010). Η συμμετοχή των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην επίτευξη του εθνικού στόχου ηλεκτροπαραγωγής το 2020. *4ο Εθνικό Συνέδριο: Η Εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας προς ένα Φιλόφοξο και Αξιοπίστο Εθνικό Πρόγραμμα Δράσης*. Αθήνα 10-12 Μαΐου 2010.

ΥΠΑΝ. (2009). *Το ελληνικό ενεργειακό σύστημα*. Έκθεση στο πλαίσιο του έργου "Ολοκληρωμένο Σύστημα Άσκησης Ενεργειακής Πολιτικής". (ΚΑΠΕ, Επιμ.) Αθήνα: Υπουργείο Ανάπτυξης.

ΥΠΕΚΑ. (2010). *Απολογισμός Δραστηριοτήτων Δασικών Υπηρεσιών Έτους 2008*. (Κ. Βούλγαρης, Επιμ.) Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Υφαντόπουλος Γ. & Νικολαΐδου Κ. (2008). *Στατιστική στην κοινωνική έρευνα*. Αθήνα: Gutenberg.

Ψαρρέας Π. (2008). *Θεωρίες για τη σχέση οικονομίας και περιβάλλοντος. Μια κριτική προσέγγιση*. Διπλωματική εργασία. ΔΠΜΣ ΕΜΠ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη". Επιβλέπων καθ. Δ. Καλιαμπάκος.

Ψωμάς Σ. (2009). *Πράσινη ανάπτυξη και νέες θέσεις εργασίας*. Έκθεση του ελληνικού γραφείου της Greenpeace . Αθήνα: Greenpeace.

Calprak. (2012). *Ολοκληρωμένα ηλιακά συστήματα Calprak*. Τιμοκατάλογος 2012. Αθήνα: Calprak.

Florio M., Finzi U., Genco M., Levarlet F., Maffii S., Tracogna A., και συν. (2003). *Οδηγός ανάλυσης κόστους - ωφέλειας των επενδυτικών σχεδίων*. Διαρθρωτικά Ταμεία, ΕΤΠΑ, Ταμείο Συνοχής.

## **Νομοθετικά κείμενα - Κανονισμοί**

Οδηγία του Συμβουλίου 75/268. *Περί της ορεινής γεωργία και της γεωργίας σε ορισμένες περιοχές*.

Οδηγία του Συμβουλίου 81/645. *Περί του κοινοτικού καταλόγου των μειονεκτικών γεωργικών περιοχών κατά την έννοια της οδηγίας 75/268 ΕΟΚ (Ελλάς)*.

TOTEE-2425/1986. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. *Εγκαταστάσεις σε κτίρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτιριακών χώρων.*

TOTEE 20701-1/2010. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. *Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων.*

TOTEE 20701-2/2010. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. *Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας των Κτιρίων.*

TOTEE 20701-3/2010. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. *Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών.*

ΦΕΚ. Α 58/5-3-2003. *Έγκριση Εθνικού Προγράμματος μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (2000-2010).*

ΦΕΚ 407/2010. *Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK).*

### **Ξενόγλωσση βιβλιογραφία**

Abdullah S., & Jeanty P. W. (2011). Willingness to pay for renewable energy: Evidence from a contingent valuation survey in Kenya. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 15, σσ. 2974-2983

Aceituno P. (1979). Statistical Formula to Estimate Heating or Cooling Degree - Days. *Agricultural Meteorology* , 20, 227-232.

Akella A. K., Sharma M. P. & Saini R. P. (2007). Optimum utilization of renewable energy sources in a remote area. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 11, σσ. 894-908.

Alam M. S., Huq A. M., & Bala B. K. (1990). An integrated rural energy model for a village in Bangladesh. *Energy* , 15, σσ. 131-139.

Anderson D. A. (2010). *Environmental Economics and Natural Resource Management* (3rd edition). New York: Routledge.

Arnette A., & Zobel C. (2011). Spatial analysis of renewable energy potential in the greater southern Appalachian mountains. *Renewable Energy* , 36, σσ. 2785-2798.

Bahce S., & Taymaz E. (2008). The impact of electricity market liberalization in Turkey "Free consumer" and distributional monopoly cases. *Energy Economics* , 30, σσ. 1603-1624.

Balaras C., Gaglia A., Georgopoulou E., Mirasgedis S., Sarafidis Y., & Lalas D. (2007). European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. *Building and Environment* , 42, σσ. 1298-1314.

Barry R. G. (2002). *Mountain Weather and Climate* (2η εκδ.). London: Routledge.

Barton B. (1999). Risk and promise in energy market liberalization: consumer choice in buying electricity. *Applied Energy* , 64, σσ. 275-288.



- Bateman I. J., & Langford I. H. (1997). Non users' willingness to pay for a National Park: An application and critique of the contingent valuation method. *Regional Studies* , 31.6, σσ. 571-582.
- Bateman I., Langford I. & Rashbash J. (1999). Willingness-to-Pay question format effects in Contingent Valuation studies. Στο I. Bateman, & K. Willis (Επιμ.), *Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation method in the US, EU and Developing countries*. New York: Oxford University Press.
- Begic F., & Afgan N. H. (2007). Sustainability assessment tool for the decision making in selection of energy system - Bosnian case. *Energy* , 32, σσ. 1979-1985.
- Belton V., & Stewart J. (2001). *Multiple Criteria Decision Analysis. An Integrated Approach*. UK: Kluwer Academic Publishing.
- Beni G., Friesen R., & Olmo M. (1994). Utilization of solar thermal energy in mountain refuges through an innovative system. *Solar Energy* , 2, σσ. 221-224.
- Beniston M. (2000). *Environmental Change in Mountains and Uplands*. UK: Arnold.
- Biswas W. K., Bryce P. & Diesendorf M. (2001). Model for empowering rural poor through renewable energy technologies in Bangladesh. *Environmental Science Policy* , 4, σσ. 333-344
- Butti G., Papaemmanouil A. & Andersson G. (2008). External Costs of Power Production in South Eastern Europe. *2nd WSEAS/IASME International Conference on Renewable Energy Sources*. Corfu.
- Büyükalaca O., Hüsamettin B. & Yilmaz T. (2001). Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey. *Applied Energy* , 69, 269-283.
- Cameron T. A., Poe G. L., Ethier R. G. & Schulze W. D. (2002). Alternative non-market value-elicitation methods: are the underlying preferences the same? *Journal of Environmental Economics and Management* , 44, σσ. 89-124.
- Caserini S., Livio S., Giugliano M., Grosso M. & Rigamonti L. (2010). LCA of domestic and centralized biomass combustion: The case of Lombardy (Italy). *Biomass and Bioenergy* , 34, σσ. 474-482.
- Chalise S. R. (1983). Energy efficiency and conservation in Nepal. *Energy* , 8, σσ. 133-136.
- Coello J. (2011). Green Rural Electrification in Mountains. *Mountain Forum Bulletin 2011: Mountains and Green Economy* .
- Coller M. & Harisson G. H. (1995). On the Use of the Contingent Valuation Method to Estimate Environmental Costs. Στο P. Reckers (Επιμ.), *Advances in Accounting* (Τόμ. 13). Greenwich: JAP Press.
- Cormio C., Dicorato M. Minoia, A. & Trovato M. (2003). A regional energy planning methodology including renewable energy sources and environmental constraints. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 7, σσ. 99-130.
- Court A. (1974). The climate of the conterminous United States. Στο R. Bryson, & F. Hare (Επιμ.), *World Survey of Climatology* (Τόμ. 11, σσ. 193-261). New York: Elsevier.

- Crabtree B., Macdonald D. & Hanley N. (2002). *Non-market Benefits Associated with Mountain Regions. Report for Highlands and Islands Enterprise and Scottish Natural Heritage*. Aberdeen: CJC consulting.
- Dascalaki E., Droutsas K., Balaras C. & Kontoyannidis S. (2011). Building typologies as a tool for assessing the energy performance of residential buildings - A case study for the Hellenic building stock. *Energy and Buildings*, 43, σσ. 3400-3409.
- del Rio P. & Burguillo M. (2008). Assessing the impact of renewable energy deployment on local sustainability: Towards a theoretical framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, σσ. 1325-1344.
- Deshmukh S. S. & Deshmukh M. K. (2009). A new approach to micro-level energy planning-A case of northern parts of Rajasthan, India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, σσ. 634-642.
- Di Blasi C., Tanzi V. & Lanzetta M. (1997). A Study on the Production of Agricultural Residues in Italy. *Biomass and Bioenergy Journal*, 12, σσ. 321-331.
- Diakoulaki D., Zervos A., Sarafidis J, Mirasgedis S. (2001). Cost benefit analysis for solar water heating systems. *Energy Conversion and Management*, 42, σσ. 1727-1739.
- Diakoulaki D., Mirasgedis S., Tourkolias C. (2007). Assessment and exploitation of energy – related externalities in the industrial sector. *Energy Policy*, 35, σσ. 2925-2938.
- Dicorato M., Forte G., & Trovato M. (2008). Environmental-constrained energy planning using energy-efficiency and distributed-generation facilities. *Renewable Energy*, 33, σσ. 1297-1313.
- Dincer I. & Rosen M. (2007). *Exergy. Energy, Environment and Sustainable Development*. Oxford: Elsevier.
- Dombayc A. (2009). Degree-days maps of Turkey for various base temperatures. *Energy*, 34, σσ. 1807-1812.
- Duffie J. & Beckman W. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes* (2η έκδοση). New York: John Wiley and Sons Inc.
- EEA. (2009). *Europe's onshore and offshore wind energy potential. An assessment of environmental and economic constraints*. Copenhagen: European Environmental Agency.
- EEA. (2010). *Europe's ecological backbone: Recognizing the true value of our mountains*. Report No 6. Copenhagen: European Environmental Agency.
- EESC. (2011). *Energy poverty in the context of liberalisation and the economic crisis (exploratory opinion)*. Opinion of the European Economic and Social Committee .
- English Heritage (2008). Small scale solar thermal energy and traditional buildings. Technical Guide* . (J. King, Επμ.) London: English Heritage.
- Erbil A. O. (2011). Social acceptance of the clean energy concept: Exploring the clean energy understanding of Istanbul residents. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, σσ. 4498-4506.

- Erbs D., Klein S. & Beckman, W. (1983). Estimation of Degree-Days and Ambient Temperature Bin Data from Monthly-Average Temperatures. *ASHRAE Journal* , 25.
- Euromontana. (2010). *Energy in Mountain Areas. Strategy Proposal. Position Paper of Euromontana*. Bruxelles: Euromontana.
- FederCasa & Infrastructure (2006). *Housing Statistics in the European Union 2005/2006*. (I. H. FederCasa, Επμ.) Rome.
- Ferguson R., Wilkinson W. & Hill R. (2000). Electricity use and economic development. *Renewable Energy* , 28, σσ. 923-934.
- Field B. C. (1994). *Environmental Economics: An introduction*. Singapore: McGraw Hill International.
- Foerster H. & Pachova N. (2010). Energy and Land Use in the Pamir Altai Mountains. *Global Change and the World's Mountains* . Perth.
- Foerster H., Pachova N. & Renaud F. G. (2011). Energy and land use in the Pamir-Alai mountains. *Mountain Research and Development* , 31, σσ. 305-314.
- Funnell D. & Parish R. (2001). *Mountain Environments and Communities*. London: Routledge.
- Gaglia A. G., Balaras C. A., Mirasgedis S., Georgopoulou E., Sarafidis Y., & Lalas D. P. (2007). Empirical Assessment of the Hellenic Non-Residential Building Stock, Energy Consumption, Emissions and Potential Energy Savings. *Energy Conversion and Management* , 48, σσ. 1160-1175.
- Gamboa G. & Munda G. (2007). The problem of windfarm location: A social multi-criteria evaluation framework. *Energy Policy* , 35, σσ. 1564-1583.
- Gelegenis J. J. (2009). A simplified quadratic expression for the approximate estimation of heating degree days to any base temperature. *Applied Energy* , 86, 1986-1994.
- Georgakellos, D. A. (2012). Climate Change external cost appraisal of electricity generation from life cycle perspective: the case of Greece. *Journal of Cleaner Production* , 32, σσ. 124-140.
- Georgakellos D. A. (2007). External Cost of air pollution from thermal power plants: case of Greece. *International Journal of Energy Sector Management* , 1, σσ. 257-272.
- Giannakopoulou S., & Kaliampakos D. (2010). Valuing vernacular architecture: An innovative tool in sustainable. *International Conference on Global Change and the World's Mountains*. 26-30/9/2010. Perth, Scotland.
- Goldemberg J., Johansson T., Reddy A., & Williams R. (1985). Basic Needs and Much More with One Kilowatt per Capita. *Ambio* , 14, σσ. 190-200.
- Greenland D. (2004). Mountain Climates. Στο J. Oliver (Επμ.), *Encyclopedia of World Climatology* (σσ. 517-523). Dordrecht: Springer.
- Hanemann M. W. (1994). Valuing the Environment through Contingent Valuation. *Journal of Economic Perspectives* , 8, σσ. 19-43.

- Hanley N. & Nevin C. (1999). Appraising renewable energy developments in remote communities: The case of the North Assynt Estate, Scotland. *Energy Policy* , 27, σσ. 527-547.
- Haselip J., & Hilson G. (2005). Winners and losers from industry reforms in the developing world: experiences from the electricity and mining sectors. *Resources Policy* , 30, σσ. 87-100.
- Hauenstein, W. (2005). Hydropower and climate change - a reciprocal relation: Institutional energy issues in Switzerland. *Mountain Research and Development* , 25, σσ. 321-325.
- Havemann R. H. & Krutilla, J. V. (1968). *Unemployment, Idle Capacity and the Evaluation of Public Expenditures: National and Regional Analyses, Resources for the Future*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Healy J. D. & Clinch, J. P. (2002). Fuel poverty, thermal comfort and occupancy: results of a national household-survey in Ireland. *Applied Energy* , 73, σσ. 329-343.
- Hillebrand B., Buttermann, H. Behringer, J. & Bleuel, M. (2006). The expansion of renewable energies and employment effects in Germany. *Energy Policy* , 12, σσ. 1325-1344.
- Hiremath B., Kumar B., Balachandra P., & Ravindranath N. H. (2010). Bottom-up approach for decentralised energy planning :Case study of Tumkur district in India. *Energy Policy* , 38, σσ. 862-874.
- Hiremath R. B., Kumar B., Balachandra P. & Ravindranath, N. H. (2011). Implications of Decentralised Energy Planning for Rural India. *Journal of Sustainable Energy & Environment* , 2, σσ. 31-40.
- Hiremath R. B., Shikha S. & Ravindranath, N. H. (2007). Decentralized energy planning; modeling and application - a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 11, 729-752.
- Hoyos D. & Mariel P. (2010). Contingent Valuation: Past, Present and Future. *Prague Economic Papers*, 4, 329-343.
- IEA. (2012). *IEA Statistics. CO2 Emissions from Fuel Combustion.Highlights*. Paris: International Energy Agency.
- Iniyani S., Suganthi L., Jagadeesan T. R., & Samuel A. A. (2000). Reliability based socio economic optimal renewable energy model for India. *Renewable Energy* , 19, σσ. 291-297.
- IRENA. (2012). *Renewable Energy Job & Access*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Jana C. & Chattopadhyay R. N. (2005). Direct energy optimization for sustainable agricultural operation - a fuzzy linear programming approach. *Energy for Sustainable Development* , IX, σσ. 5-12.
- Jeong J., Kim C. S. & Le, J. (2011). Household electricity and gas consumption for heating homes. *Energy Policy* , 39, σσ. 2679-2687.
- Johansson L., Leckner B., Gustavsson L., Cooper D., Tullin C. & Potter A. (2004). Emission characteristics of modern and old-typed residential boilers fired with wood logs and wood pellets. *Atmospheric Environment* , 38, σσ. 4183-4195.
- Johansson T. B. & Goldemberg J. (2002). Overview and a Policy Agenda. Στο T. B. Johansson, & J. Goldemberg (Επιμ.), *Energy for Sustainable Development*. New York: UNDP.

- Joshi B., Bhatti T. S. & Bansal N. K. (1992). Decentralized energy planning model for a typical village in India. *Energy* , 17, σσ. 869-876.
- Kahneman D. & Tversky A. (1979). Prospect theory: an analysis of decisions under risk. *Econometrica* , 47, σσ. 263-291.
- Karaj S., Rehl T., Leis H. & Muller J. (2010). Analysis of biomass residues potential for electrical energy generation in Albania. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 14, σσ. 493-499.
- Katsoulakos N. (2011). Combating energy poverty in mountainous areas through energy-saving interventions: Insights from Metsovo, Greece. *Mountain Research and Development* , 31, σσ. 284-292.
- Katsoulakos N., & Kaliampakos D. (2010). Optimizing Biomass Use in Mountainous Areas. *Global Change and the World's Mountains* . Perth, Scotland 26-30 September 2010.
- Keen P. G., & Scott-Morton M. S. (1978). *Decision support systems: An organizational perspective*. Reading: Addison - Wesley.
- Khan S. I. (2003). Protecting the poor in the era of utility privatization. *Energy for Sustainable Development* , VII, σσ. 49-56.
- Khuman Y. S., Pande, R. & Rao, K. S. (2011). Fuelwood consumption patterns in Fakot watershed, Garwhal Himalaya, Uttarakhand. *Energy* , 36, σσ. 4769-4776.
- Kniivila M. (2006). Users and non-users of conservation areas: Are there differences in WTP, motives and the validity of responses in CVM surveys? *Ecological Economics* , 59, σσ. 530-539.
- Koroneos C., Michailidis M. & Moussiopoulos N. (2004). Multi-objective optimization in energy systems: the case study of Lesvos Island, Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 8, σσ. 91-100.
- Koroneos C., Zairis N., Charaklias P. & Moussiopoulos N. (2005). Optimization of energy production system in the Dodecanese Islands. *Renewable Energy* , 30, σσ. 195-210.
- Koundouri P., Kountouris Y., & Remoundou K. (2009). Valuing a wind farm construction: A contingent valuation study in Greece. *Energy Policy* , 37, σσ. 1939-1944.
- Krajnc N. & Domac J. (2007). How to model different socio-economic and environmental aspects of biomass utilisation: Case study in selected regions in Slovenia and Croatia. *Energy Policy* , 35, σσ. 6010-6020.
- Kreider J. & Rabl A. (1994). *Heating and Cooling of Buildings*. New York: Mc Graw Hill.
- Kubica K., Paradiz B., Dilara P., Klimont Z., Kakareka S. Debsk, B. και συν. (2009). EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009. *Small combustion* . (M. Trozzi, Επ.μ.) Copenhagen: European Environmental Agency.
- Lahdelma R. & Hakonen H. (2003). An efficient linear programming algorithm for combined heat and power production. *European Journal of Operational Research* , 148, σσ. 141-151.
- Landsberg H. E. & Oliver J. E. (2004). Climatology. Στο J. E. Oliver (Επ.μ.), *Encyclopedia of World Climatology* (σσ. 272-282). Dordrecht: Springer.

- Lavelle M. (2010). The solvable problem of energy poverty. *National Geographic News* .
- Longo A., Markandya A. & Petrucci M. (2008). The internalization of externalities in the production of externalities: Willingness to pay for the attributes of a policy for renewable energy. *Ecological Economics* , 67, σσ. 140-152.
- Martinaitis V. (1998). Analytic calculation of degree-days for the regulated heating season. *Energy and Buildings* , 28, σσ. 185-189.
- Martinaitis V., Bieska D. & Miseviciute V. (2010). Degree-days for the exergy analysis of buildings. *Energy and Buildings* , 42, 1063-1069.
- Matzarakis A. & Balafoutis C. (2004). Heating degree days over Greece as an index of energy consumption. *International Journal of Climatology* , 24, 1817-1828.
- Mavrotas G. Diakoulaki D., Florios K. & Georgiou P. (2008). A mathematical programming framework for energy planning in services' sector buildings under uncertainty in load demand: The case of a hospital in Athens. *Energy Policy* , 36, σσ. 2415-2429.
- Mavrotas G., Florios K. & Vlachou D. (2010). Energy planning of a hospital using Mathematical Programming and Monte Carlo simulation for dealing with uncertainty in the economic parameters. *Energy Conversion and Management* , 51, σσ. 722-731.
- Mehrabi M., Kaabi-Nejadian A., & Asadi M. (2011). Providing a Heating Degree Days (HDDs) Atlas across Iran Entire Zones. *World Renewable Energy Congress*. Linkoping, Sweden.
- Messerli D. & Ives J. D. (1997). *Mountains of the World. A global priority*. Carnforth: Parthenon.
- Mihalakakou G., Santamouris M. & Tsangrassoulis A. (2002). On the energy consumption in residential buildings. *Energy and Buildings* , 34, σσ. 727-736.
- Mirasgedis S. & Diakoulaki D. (1997). Multicriteria analysis vs. externalities assessment for the comparative evaluation of electricity generation systems. *European Journal of Operational Research* , 102, σσ. 364-379.
- Morais H., Kadar P., Faria P., Vale Z. A. & Khodr H. M. (2010). Optimal scheduling of a renewable micro-grid in an isolated load area using mixed-integer linear programming. *Renewable Energy* , 35, σσ. 151-156.
- Mozumder P., Vasquez W. & Marathe A. (2011). Consumers' preference for renewable energy in the southwest USA. *Energy Economics* , 33, σσ. 1119-1126.
- Mussal F. D. & Kuik O. (2011). Local acceptance of renewable energy - A case study from southeast Germany. *Energy Policy* , 39, σσ. 3252-3260.
- Nishio K. & Asano H. (2006). A residential end-use demand model for analyzing the energy conservation potential of new energy efficient technologies. *Proceedings of energy efficiency in domestic appliances and lighting*.

Nojarov P. (2010). Variations in precipitation and atmosphere circulation in high mountainous parts of Bulgaria for the period 1947-2008. *Global Change and the Worlds Mountains*. Perth, Scotland 26-30 September 2010.

NORDREGIO. (2004). Mountain Areas in Europe. Analysis of mountain areas in EU member states, acceding and other European countries. *Final Report* .

Nussbaumer P., Bazilian M. & Modi V. (2012). Measuring energy poverty: Focusing on what matters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 16, σσ. 231-243.

Oliver J. E. (2004). Climate Classification. Στο J. E. Oliver (Επιμ.), *Encyclopedia of World Climatology* (σσ. 218-227). Dordrecht: Springer.

Parish R. (2002). *Mountain Environments*. Edinburgh: Pearson Education Ltd.

Pearce D. W. & Turner R. K. (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Baltimore: The John Hopkins University Press.

Peattie R. (1936). *Mountain Geography - A Critique and Field Study*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

PELLCERT. (2012). European Pellet Report. *Pellcert Project. Intelligent Energy Europe* .

Pimentel D. & Pimentel M. (2008). *Food, energy and society*. Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group.

Pohekar S. D. & Ramachandran M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 8, 365-381.

Price M. F. (2002). *Mountain Geology, Natural History and Ecosystems*. Stillwater, USA: Voyageur Press.

Reddy A. K. (2002). Energy Technologies and Policies for Rural Development. Στο T. Johansson, & J. Goldemberg (Επιμ.), *Energy for Sustainable Development*. New York: UNDP.

Rentz O., Oertel D., Woodfield M. & Stewart, R. (2009). EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009. *Energy industries* . (M. Trozzi, Επιμ.) Copenhagen: European Environmental Agency.

Ribeiro F., Ferreira P. & Araujo M. (2011). The inclusion of social aspects in power planning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 15, σσ. 4361-4369.

Ricardo D. (1817). *Αρχές πολιτικής οικονομίας και φορολογίας* (2002 εκδ.). (N. Σταματάκης, Επιμ., & N. Σταματάκης, Μεταφρ.) Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Rijal K. (1999). Renewable Energy Policy Options for Mountain Communities: Experiences from China, India, Nepal and Pakistan. *Renewable Energy* , 16, σσ. 1138-1142.

Robinson R. (2007). *Positive mountain externalities*. Fortrose, UK: Richard Robinson Consulting.

Sadeghi M. & Hosseini H. (2006). Energy supply planning in Iran by using fuzzy linear programming approach (regarding uncertainties of investment costs). *Energy Policy* , 34, σσ. 993-1003.

Sagar A. D. (2005). Alleviating energy poverty for the world's poor. *Energy Policy* , 33, σσ. 1367-1372.

- Sagar D. A. (2005). Alleviating energy poverty for the world's poor. *Energy Policy* (33), σσ. 1367-1372.
- Sahal N. (2006). Proposed approach for defining climate regions for Turkey based on annual driving rain index and heating degree-days for building envelope design. *Building and Environment* , 41, σσ. 520-526.
- Schweizer-Ries P. (2001). Decentralized energy use in mountain regions. Solar electric stand alone systems. *Mountain Research and Development* , 21, σσ. 25-29.
- Shresta K. L. (1981). Nepal's Energy Situation. *Energy* , 6, σσ. 817-821.
- Sovacool B. J., Cooper C., Bazilian M., Johnson K., Zoppo D., Clarke S. και συν. (2012). What moves and works: Broadening the consideration of energy poverty. *Energy Policy* , 42, σσ. 715-719.
- Swan L. & Ugursal V. (2009). Modeling of end use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 13, σσ. 1819-1835.
- Theodoridou I., Papadopoulos A., & Hegger M. (2011). Statistical analysis of the Greek residential building stock. *Energy and Buildings* , 43, σσ. 2422-2428.
- Tourkolias C. & Mirasgedis S. (2011). Quantification and monetization of employment benefits associated with renewable energy technologies in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 15, σσ. 2876-2886.
- Tourkolias C., Mirasgedis S., Damigos D. & Diakoulaki D. (2009). Employment benefits of electricity generation: A comparative assessment of lignite and natural gas power plants in Greece. *Energy Policy* , 37, σσ. 4155-4166.
- Tsagarakis K. P., Bounialetou F., Gillas K., Profylienou M., Pollaki A., & Zografakis N. (2011). Tourists' attitudes for selecting accommodation with investments in renewable energy and energy saving systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 15, σσ. 1335-1342.
- UNDP. (2000). Energy and the challenge of sustainability. *World Energy Assessment* . New York: United Nations Development Programme.
- Upham P. & Shackley S. (2011). The case of a proposed 21.5 MWe biomass gasifier in Winkleigh, Devon: implications for governance of renewable energy planning. *Energy Policy* , 15, σσ. 4361-4369.
- Venkatachalam L. (2004). The contingent valuation method: a review. *Environmental Impact Assessment Review* , 24, σσ. 89-124.
- Vera I. & Langlois L. (2007). Energy indicators for sustainable development. *Energy* , 32, σσ. 875-882.
- Vergara J. A. (2010). Climate Change and the Chile Andes Mountains. *Global Change and the World's Mountains*. Perth, Scotland 26-30 September 2010.
- Walker G. (2008). Decentralised systems and fuel poverty: Are there any links or risks? *Energy Policy* (36), σσ. 4514-4517.
- WCED. (1987). *Our Common Future. The World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press.



Yadoo A. & Cruickshank H. (2010). The value of cooperatives in rural electrification. *Energy Policy*, 38, σσ. 2941-2947

### Διαδικτυακές Πηγές

Καλιαμπάκος Δ. & Δαμίγος Δ. (2000). Σημειώσεις μαθήματος περιβαλλοντικής οικονομίας ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη" του ΕΜΠ. Ανάκτηση από την Ιστοσελίδα ΔΠΜΣ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη" του ΕΜΠ.:

[http://www.survey.ntua.gr/environ/6419/simeioseis\\_periv\\_oikonomias.pdf](http://www.survey.ntua.gr/environ/6419/simeioseis_periv_oikonomias.pdf)

Κεραμιτζόγλου Γ. (2012). Έως 4 φορές πάνω η λαθροϋλοτομία στη Βόρεια Ελλάδα. Ανάκτηση από την Ιστοσελίδα του ραδιοτηλεοπτικού σταθμού ΣΚΑΪ:

<http://www.skai.gr/news/environment/article/215045/eos-4-fores-pano-i-lathroulotomia-sti-v-ellada/>

Μπαλαφούτης Χ. (2005). Σημειώσεις μαθήματος Γενικής Κλιματολογίας. Ανάκτηση από την Ιστοσελίδα του Τμήματος Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης:

<http://www.geo.auth.gr/431/th/Climatology.pdf>

Οι Ορεινοί. (2012). Σύλλογος Θεοδωριαντών Άρτας. Οι Ορεινοί. Ανάκτηση από την Ιστοσελίδα του Συλλόγου "Οι Ορεινοί":

<http://www.theodoriana.com/content/view/462/1/lang,el/>

Πρώτο Θέμα (2013). Σπάρτη: Αντιδράσεις για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Ανάκτηση από την Ιστοσελίδα της εφημερίδας "Πρώτο Θέμα":

<http://www.protothema.gr/greece/article/?aid=247689>

Τα Νέα. (2012). Λουκέτο από 7 Ιανουαρίου. Κλείνουν 300 σχολεία στη Δυτική Μακεδονία λόγω της έλλειψης πετρελαίου θέρμανσης. Ανάκτηση από την ενημερωτική ιστοσελίδα «Τα Νέα online»:

<http://www.tanea.gr/latestnews/article/?aid=4777248>

Το Βήμα (2012). Η παράνομη υλοτομία «φέρνει» δασικές περιπολίες. Θα πραγματοποιούνται από τις αρμόδιες υπηρεσίες έως και τον Νοέμβριο. Ανάκτηση από την Ιστοσελίδα της εφημερίδας "Το Βήμα":

<http://www.tovima.gr/ecology/article/?aid=454952>

Britannica. (2012). *Encyclopedia Britannica Mobile*. Ανάκτηση από την Ιστοσελίδα της Εγκυκλοπαίδειας Britannica:

<http://m.eb.com/assembly/111214>

EU. (2006). *EXTERNE - Externalities of Energy Production. A research project of the European Commission*. Ανάκτηση από την Ιστοσελίδα του ερευνητικού προγράμματος EXTERNE της Ευρωπαϊκής Ένωσης:

[http://www.externe.info/externe\\_2006/](http://www.externe.info/externe_2006/)

Econews. (2012). Δράσεις για την αντιμετώπιση της παράνομης υλοτομίας στην Ήπειρο. Ανάκτηση από την Ειδησεογραφική ιστοσελίδα για θέματα περιβάλλοντος Econews.gr.:

<http://www.econews.gr/2012/03/15/paranomi-ulotomia-3/>

JRC. (2012). *Joint Research Center (JRC) - Institute for Energy and Transport. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*. Ανάκτηση από την Ιστοσελίδα του ευρωπαϊκού ερευνητικού

προγράμματος PVGIS, γεωγραφικής βάσης δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας και απόδοσης φωτοβολταϊκών, για χώρες της Ευρώπης και της Αφρικής:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>

NASA Earth Observatory (2002). *Snow and Ice on Kilimanjaro*. Ανάκτηση από την Ιστοσελίδα του παρατηρητηρίου της NASA.

<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=3054>

Roach J. (2011). *Himalayas: The future of solar?* Ανάκτηση από το Διαδικτυακό τόπο του ειδησεογραφικού δικτύου NBC:

<http://www.nbcnews.com/technology/futureoftech/himalayas-future-solar-120044>

Vetmed. (2006). *World Maps of Koppen - Geiger Climate Classification*. Ανάκτηση από την Ιστοσελίδα του Πανεπιστημίου της Βιέννης:

<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**ΠΙΝΑΚΕΣ ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ**

Περιοχή	Υψόμετρο	HDD(16°C) με διόρθωση	HDD (18°C) με διόρθωση	HDD (20°C) με διόρθωση	HDD (16°C) χωρίς διόρθωση	HDD (18°C) χωρίς διόρθωση	HDD (20°C) χωρίς διόρθωση	CDD (18°C) με διόρθωση	CDD (20°C) με διόρθωση	CDD (22°C) με διόρθωση	CDD (18°C) χωρίς διόρθωση	CDD (20°C) χωρίς διόρθωση	CDD (22°C) χωρίς διόρθωση
<b>Οροπέδιο Λασιθίου</b>	820	1491	1816	2145	1914	2462	3076	194	96	42	225	110	48
<b>Δρυμός Σαμαριάς</b>	1250	2444	3001	3612	2444	3001	3612	209	114	55	255	136	64
<b>Ρόδος</b>	12	513	769	1062	544	836	1196	907	677	464	798	532	321
<b>Σπάρτη</b>	209	798	1086	1395	847	1181	1568	992	761	544	1245	919	628
<b>Γαργαλιάνοι</b>	300	768	1063	1378	883	1273	1725	659	453	276	823	545	323
<b>Τουριστικό Ταϊγέτου</b>	1310	2570	3120	3724	2570	3120	3724	219	120	58	271	145	69
<b>Καλαμάτα</b>	5	759	1047	1358	819	1166	1573	809	586	386	1030	708	446
<b>Κορομηλιά Μεσσηνίας</b>	509	1101	1413	1735	1281	1707	2178	682	480	304	815	556	345
<b>Τρίπολη</b>	646	1539	1907	2288	1628	2070	2564	524	360	219	673	437	255
<b>Ικαρία</b>	515	1360	1729	2111	1464	1912	2408	469	313	184	649	416	236
<b>Κρανίδι</b>	110	726	1014	1325	805	1161	1574	979	754	543	1211	894	623
<b>Ελάτη Αρκαδίας</b>	1207	2139	2525	2914	2488	3013	3652	201	108	51	254	133	62
<b>Μεγαλόπολη</b>	432	1343	1709	2089	1446	1887	2375	542	380	239	728	486	293
<b>Βυτίνα</b>	1014	2039	2422	2810	2274	2804	3395	243	135	66	302	162	78
<b>Φολόη</b>	600	1417	1786	2168	1541	1996	2498	479	324	195	651	422	245
<b>Στεφάνι</b>	960	1519	1840	2167	1748	2208	2724	468	293	160	544	330	177
<b>Ζάκυνθος</b>	7	552	817	1115	598	910	1292	851	626	420	1126	777	496

<b>Νεμέα</b>	290	1325	1642	1967	1535	1973	2457	640	442	275	746	500	304
<b>Κόρινθος</b>	14	716	998	1484	764	1094	1484	908	680	468	1168	828	546
<b>Καλέντζι</b>	906	1427	1798	2181	1595	2082	2627	378	238	131	478	287	152
<b>Υμηττός</b>	1011	1905	2288	2676	2116	2614	3162	346	213	114	451	268	140
<b>Αθήνα</b>	107	781	1066	1375	834	1173	1569	921	692	480	1165	831	552
<b>Κάτω Βλασία Αχαΐας</b>	800	1859	2241	2628	2075	2759	3136	314	188	98	410	237	120
<b>Καλάβρυτα</b>	750	1752	2128	2513	1905	2394	2945	332	198	102	419	239	120
<b>Άγιος Πέτρος</b>	450	1270	1586	1911	1453	1882	2360	629	429	261	737	486	289
<b>Άραξος</b>	11	729	1013	1322	785	1125	1526	847	623	419	1083	754	485
<b>Πάρνηθα</b>	1220	2388	2776	3176	2779	3376	4005	168	88	41	208	107	50
<b>Καπαρέλλι</b>	345	1206	1521	1844	1395	1820	2286	752	543	358	888	624	402
<b>Ζάρακες Ευβοίας</b>	163	901	1204	1523	1031	1425	1870	806	592	398	979	694	454
<b>Χίος</b>	4	822	1115	1428	889	1246	1662	802	580	381	1003	690	435
<b>Αλιάρτος</b>	110	1080	1383	1470	1161	1531	1950	894	668	460	1089	778	517
<b>Αντίκυρα</b>	336	1061	1370	1691	1209	1616	2067	817	602	409	985	706	468
<b>Δεσφίνα</b>	590	1488	1853	2231	1561	1989	2466	650	448	278	757	505	305
<b>Χιονοδρομικό Παρνασσού</b>	1950	4191	4870	5573	4191	4870	5573	45	21	19	49	22	10
<b>Γαβαλού Αιτ/νίας</b>	55	735	1021	1330	805	1157	1569	909	685	479	1135	817	551
<b>Λιδορίκι</b>	600	1488	1851	2229	1564	1994	2476	556	389	243	729	481	287
<b>Κύμη</b>	221	1003	1308	1626	1112	1507	1962	654	448	273	792	518	305

<b>Αμφίκλεια</b>	245	1382	1701	2026	1595	2032	2514	657	457	288	769	520	320
<b>Αράχωβα</b>	1075	1697	2069	2452	1808	2269	2786	421	269	150	545	332	179
<b>Λαμία</b>	143	1106	1411	1729	1192	1569	1995	856	632	429	1038	734	481
<b>Καρπενήσι</b>	980	1935	2314	2701	2125	2635	3205	286	165	83	360	200	99
<b>Λευκάδα Φθιώτιδας</b>	390	1269	1581	1904	1404	1814	2278	674	466	290	798	532	321
<b>Ωρεοί</b>	4	1027	1331	1648	1113	1490	1920	806	586	389	984	684	438
<b>Κάντζα</b>	221	1001	1307	1626	1124	1517	1956	897	677	476	1086	795	545
<b>Μυτιλήνη</b>	3	795	1083	1393	850	1195	1598	841	615	411	1065	738	472
<b>Σκόπελος</b>	10	898	1196	1511	982	1355	1790	719	503	316	887	591	357
<b>Δομοκός</b>	615	1589	1956	2336	1673	2110	2598	520	355	214	683	441	256
<b>Άρτα</b>	50	889	1183	1497	952	1308	1720	830	607	405	1044	726	466
<b>Λαύκος Μαγνησίας</b>	330	1264	1581	1906	1475	1913	2398	612	416	252	722	478	284
<b>Βουργαρέλι</b>	760	1519	1890	2273	1682	2166	2709	352	220	122	463	276	147
<b>Βόλος</b>	3	947	1243	1558	1015	1375	1789	865	641	437	1072	756	495
<b>Δερβίζιανα</b>	585	1441	1761	2087	1726	2202	2732	421	277	162	533	333	188
<b>Πορταριά</b>	678	1765	2144	2530	1922	2397	2920	419	272	156	552	345	192
<b>Καταράκτης Άρτας</b>	920	1615	1988	2372	1763	2243	2781	380	241	134	484	292	157
<b>Μακρινίτσα</b>	850	1899	2281	2669	2105	2585	3105	412	268	155	587	377	215
<b>Ελευθεροχώρι Θεσπρωτίας</b>	650	1595	1968	2352	1734	2195	2701	470	318	192	642	418	244

Γαρδίκι Τρικάλων	1105	2353	2740	3130	2720	3277	3888	203	111	54	257	138	66
Ηγουμενίτσα	70	919	1219	4535	1014	1393	1824	806	588	392	946	670	435
Κέρκυρα	2	792	1083	1395	857	1210	1625	791	571	374	998	682	428
Ιωάννινα	483	1532	1897	2276	1613	2048	2537	536	372	230	697	455	269
Ζίτσα	740	1539	1910	2293	1675	2133	2636	484	332	203	674	446	267
Μέτσοβο	1240	2362	2687	3076	2605	3162	3776	200	108	51	244	128	61
Κονισκός Τρικάλων	832	2114	2498	2886	2383	2906	3484	270	156	79	347	195	97
Βοβούσα	1024	2544	2933	3324	3007	3605	4256	127	63	28	156	76	35
Πάπιγκο	1003	1838	2216	2602	2094	2627	3216	276	163	84	328	187	95
Σκοτίνα	3	1439	1797	2172	1498	1911	2377	590	420	268	798	534	324
Χιονοδρομικό Βασιλίτσας	1768	3776	4425	5110	3776	4425	5110	67	32	14	84	40	18
Σαμαρίνα	1430	3179	3780	4432	3179	3780	4432	120	59	27	152	74	34
Κοζάνη	625	1892	2266	2649	2006	2464	2974	472	316	188	606	386	221
Πολύγυρος	545	1510	1874	2252	1600	2035	2521	520	355	214	698	453	263
Κόνιτσα	542	1466	1830	2208	1543	1977	2465	510	347	209	674	432	249
Σαμοθράκη	90	1215	1572	1946	1268	1670	2115	712	536	371	1008	723	480
Καστοριά	623	1954	2330	2714	2084	2553	3072	451	297	173	567	357	201
Εορδαία Βλάστη	1200	2618	3007	3397	3109	3700	4342	141	72	33	176	88	41
Χιονοδρομικό Σελίου	1520	3384	4011	4682	3384	4011	4682	89	43	19	112	54	24
Θεσσαλονίκη	31	1358	1709	2080	1401	1794	2235	711	534	367	970	681	442

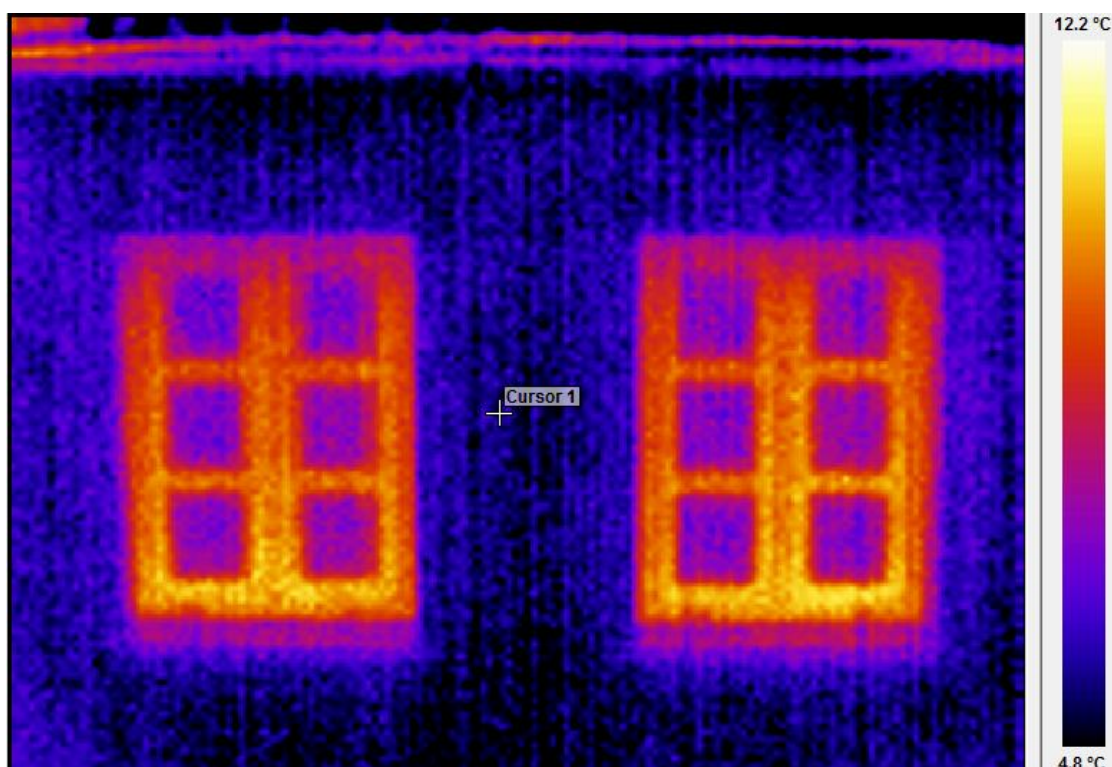


<b>Χιονοδρομικό 3-5 πηγάδια</b>	1438	3332	3961	4633	3332	3961	4633	88	42	19	110	52	23
<b>Βεγορίτιδα</b>	647	2055	2437	2824	2250	2737	3272	396	255	145	515	319	177
<b>Αλεξανδρούπολη</b>	3	1435	1814	2190	1515	1929	2393	632	459	303	838	572	358
<b>Βέροια</b>	105	1479	1840	2216	1553	1966	2419	700	525	361	958	681	447
<b>Πρώτη Σερρών</b>	315	1726	2097	2497	1823	2257	2729	638	468	314	864	606	391
<b>Χιονοδρομικό Καϊμακτσαλαν</b>	2080	4470	5167	5881	4470	5167	5881	23	11	5	29	13	6
<b>Κομοτηνή</b>	30	1450	1810	2186	1514	1932	2401	608	436	282	800	539	332
<b>Ξάνθη</b>	83	1342	1691	2061	1380	1768	2204	486	326	192	678	426	240

**ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΣΜΟ ΤΟΥ ΜΕΤΣΟΒΟΥ**



**Εικόνα Π.1.** Άποψη τμήματος πρόσοψης κατοικίας κτισμένης μετά το 1990

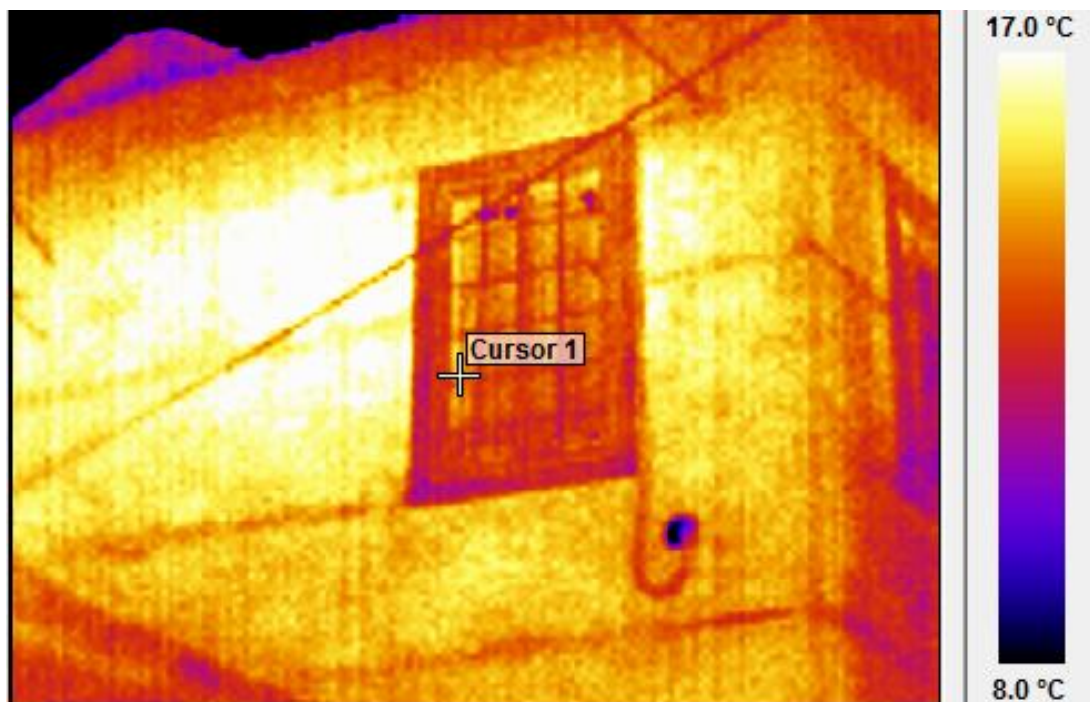


**Εικόνα Π.2.** Θερμική φωτογραφία του τμήματος του κτιρίου που απεικονίζεται στην Εικόνα Π.1.

Στην κατοικία που απεικονίζεται στις Εικόνες Π1 και Π2, αντιπροσωπευτική των «νέων», μετά το 1990 κτιρίων του Μετσόβου, φαίνεται ότι υπάρχει περιορισμένη θερμορροή μέσα από τους τοίχους λόγω θερμομόνωσης, ενώ οι απώλειες από τα κουφώματα είναι αυξημένες.



**Εικόνα Π.3.** Άποψη κατοικίας, κτισμένης με φέρουσα λιθοδομή



**Εικόνα Π.4.** Θερμική φωτογραφία της κατοικίας που απεικονίζεται στην Εικόνα Π.3.

Στην κατοικία που απεικονίζεται στις εικόνες Π.3 και Π.4 και η οποία αποτελεί χαρακτηριστική περίπτωση παλιάς πέτρινης κατοικίας του Μετσόβου, προκύπτει ότι ο μεγάλος συντελεστής θερμοπερατότητας της πέτρας οδηγεί σε μεγάλες θερμορροές από τους τοίχους προς το περιβάλλον, ακόμη μεγαλύτερες και από τις αντίστοιχες των κουφωμάτων.

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ  
ΤΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΟΥΣ ΤΟΥ ΜΕΤΣΟΒΟΥ**



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ  
ΣΤΟ Δ.Δ. ΜΕΤΣΟΒΟΥ**

Κωδικός ερωτηματολογίου

--	--	--

Αγαπητέ κύριε-α, είμαι μεταπτυχιακός φοιτητής / φοιτήτρια στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Κάνω μία έρευνα σχετικά με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και τον Ενεργειακό Σχεδιασμό στο Δ.Δ. Μετσόβου.

Το ερωτηματολόγιο απευθύνεται σε όλους τους κατοίκους της περιοχής και η επιλογή σας έγινε τυχαία. Ελπίζω ότι θα αφιερώσετε λίγο από το χρόνο σας για να απαντήσετε σε ορισμένες ερωτήσεις, γιατί η επιτυχία και η ακρίβεια της έρευνας μου εξαρτάται από εσάς.

Σας ευχαριστώ εκ των προτέρων για τη συνεργασία σας.

1. Από όσα γνωρίζετε/έχετε ακούσει, ποια πιστεύετε ότι είναι, στην Ελλάδα, η κύρια πηγή ενέργειας για την παραγωγή

- i. Ηλεκτρισμού.....
- ii. Θερμότητας.....

2. Έχετε ακούσει ή διαβάσει κάτι σχετικά με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας;

- i. ΝΑΙ
- ii. ΟΧΙ


Τι έχετε ακούσει ή διαβάσει σχετικά;

.....  
.....

3. Ποιες από τις παρακάτω μορφές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας γνωρίζετε;  
(συμπληρώνουμε όσες μας πει)

	ΝΑΙ	ΟΧΙ
i. Ηλιακή ενέργεια		
ii. Αιολική ενέργεια		
iii. Υδροηλεκτρική ενέργεια		
iv. Βιομάζα (π.χ. καυσόξυλα, υπολείμματα τεχνικής ξυλείας, βιοαέριο)		
v. Γεωθερμία		

4. Πιστεύετε ότι το δυναμικό ΑΠΕ στην περιοχή του Μετσόβου είναι:

i. Πολύ πλούσιο	
ii. Αρκετά πλούσιο	
iii. Ελάχιστο	

5. Είστε ενημερωμένος/η για τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στις κατοικίες;

i ΝΑΙ	
ii ΟΧΙ	

Παρακαλώ να αναφέρετε κάποιο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας για το οποίο έχετε πληροφόρηση

.....  
 .....  
 6. Θα ήσασταν θετικός/η στη χρήση κάποιας μορφής ΑΠΕ στην κατοικία σας για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση ή/και ηλεκτρικό ρεύμα;

i. ΝΑΙ

ii. ΟΧΙ

7. Κατά τη γνώμη σας ποιες από τις παρακάτω ενεργειακές τεχνολογίες παρουσιάζουν τα περισσότερα οφέλη για το περιβάλλον;

(Θεωρείστε το 1 ως το μικρότερο όφελος και το 5 ως το μεγαλύτερο όφελος)

	1	2	3	4	5	Δεν έχω άποψη / Δεν γνωρίζω
i. Ηλιακή ενέργεια						
ii. Αιολική ενέργεια						
iii. Υδροηλεκτρική ενέργεια						
iv. Βιομάζα						
v. Γεωθερμία						
vi. Εξοικονόμηση ενέργειας / βιοκλιματικός σχεδιασμός						

8. Παρακαλώ εκφράστε την άποψή σας σχετικά με τις παρακάτω προτάσεις:

i. Η χρήση ΑΠΕ συμβάλλει στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων από την καύση ορυκτών καυσίμων

ii. Οι ανεμογεννήτριες, τα φωτοβολταϊκά και οι άλλες εγκαταστάσεις ΑΠΕ προκαλούν οπτική όχληση

	Συμφωνώ απόλυτα	Συμφωνώ εν μέρει	Διαφωνώ εν μέρει	Διαφωνώ απόλυτα	Δεν έχω άποψη / Δεν γνωρίζω
i.					
ii.					



- iii. Η εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ απαιτεί υψηλό κόστος
- iv. Η λειτουργία μονάδων ΑΠΕ δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας
- v. Οι λέβητες καυσόξυλων ή pellets είναι λιγότερο εύχρηστοι και απαιτούν περισσότερη συντήρηση από τους λέβητες πετρελαίου
- vi. Η εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να συμβάλει στη σημαντική μείωση των ετήσιων δαπανών θέρμανσης ενός νοικοκυριού


9. Ποιο είναι το κύριο σύστημα θέρμανσης που χρησιμοποιείτε στην κατοικία σας;

- i. Καλοριφέρ – Λέβητας πετρελαίου
- ii. Καλοριφέρ – Λέβητας με ξύλα
- iii. Ξυλόσομπες
- iv. Σόμπες πετρελαίου
- v. Ηλεκτρικά καλοριφέρ – Θερμοσυσσωρευτές
- vi. Τζάκι


Άλλο (προσδιορίστε).....

10. Πότε κατασκευάστηκε η κατοικία σας;

- i. Προ του 1970
- ii. 1971 - 1985
- iii. 1986 – 1995
- iv. Μετά το 1996


11. Κατά μέσο όρο ποια είναι η ετήσια δαπάνη που απαιτείται:

- Για τη θέρμανση της κατοικίας σας.....
- Για ηλεκτρικό ρεύμα.....

12. Τι σύστημα χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζεστού νερού;

i. Boiler πετρελαίου

ii. Ηλεκτρικό boiler

iii. Boiler ξύλων

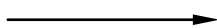

Άλλο (προσδιορίστε): \_\_\_\_\_

Η περιοχή του Μετσόβου διαθέτει σημαντικό δυναμικό ΑΠΕ (Αιολικό δυναμικό, υδροηλεκτρικά, μεγάλη παραγωγή καυσόξυλων κ.α.). Με την κατάλληλη αξιοποίηση του δυναμικού αυτού, ο οικισμός του Μετσόβου μπορεί σε μεγάλο ποσοστό να γίνει ενεργειακά αυτόνομος. Κάτι τέτοιο μπορεί να έχει σημαντικά οφέλη για το φυσικό περιβάλλον και να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας στην περιοχή, αλλά συνεπάγεται και σημαντικό κόστος επένδυσης.

Υποθέτουμε ότι δημιουργείται ένας φορέας, ο οποίος θα αναλάβει την προσπάθεια αξιοποίησης του δυναμικού ΑΠΕ για παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας στο Μέτσοβο.

13. Θα ήσασταν διατεθειμένος/η να συνεισφέρετε σε ετήσια βάση, για ένα διάστημα δεκαετίας, κάποιο ποσό για το σκοπό αυτό;

i. ΝΑΙ



_____ €
---------

ii. ΟΧΙ



<b>Γιατί;</b> [Ερώτηση 15]
----------------------------

14. Για ποιους λόγους δέχεστε να συνεισφέρετε οικονομικά για το συγκεκριμένο πρόγραμμα;  
(μία απάντηση)

- i. Θέλω η περιοχή που διαμένω να αποτελεί πρότυπο για την ανάπτυξη των ΑΠΕ
- ii. Η προώθηση των καθαρών ενεργειακών τεχνολογιών είναι απαραίτητη για την προστασία του περιβάλλοντος.
- iii. Η ανάπτυξη των ΑΠΕ μπορεί σε βάθος χρόνου να αποφέρει σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων στο κάθε νοικοκυριό.
- iv. Πιστεύω ότι θα δημιουργηθούν νέες ευκαιρίες απασχόλησης στην περιοχή λόγω της κατασκευής των έργων ΑΠΕ


Άλλο:.....  
.....

15. Για ποιους λόγους κυρίως αρνείστε να συνεισφέρετε οικονομικά στην προσπάθεια αυτή;  
(μία απάντηση)

- i. Συμφωνώ με το σχέδιο αλλά δεν μπορώ να διαθέσω χρήματα για το σκοπό αυτό λόγω χαμηλού εισοδήματος
- ii. Δεν αποτελεί το συγκεκριμένο ζήτημα προτεραιότητα κατά την άποψή μου / Δεν με ενδιαφέρει
- iii. Θεωρώ ότι η ανάπτυξη των ΑΠΕ δεν έχει ιδιαίτερο όφελος για το περιβάλλον
- iv. Θα έπρεπε να πληρώσει το Κράτος/ ο Δήμος.
- v. Πιστεύω ότι τα χρήματα δεν θα πάνε για το συγκεκριμένο σκοπό
- vi. Πιστεύω ότι ένα τέτοιο πρόγραμμα δεν θα είναι αποδοτικό στην περιοχή


Άλλο:.....  
.....

Δημογραφικά στοιχεία

1. Φύλο

<input type="checkbox"/>	Άνδρας
<input type="checkbox"/>	Γυναίκα

2. Ηλικία

- i. 18 – 24.....
- ii. 25 – 34.....
- iii. 35 – 44.....
- iv. 45 – 64.....
- v. > 65.....

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

3. Από πόσα μέλη αποτελείται το νοικοκυριό σας;

Απάντηση: \_\_\_\_\_

4. Ποιο είναι το ανώτερο επίπεδο σπουδών που έχετε ολοκληρώσει;

- i. Δεν έχω πάει σχολείο.....
- ii. Απόφοιτος/Τελειόφοιτος Δημοτικού.....
- iii. Απόφοιτος/Τελειόφοιτος Γυμνασίου.....
- iv. Απόφοιτος/Τελειόφοιτος Λυκείου.....
- v. Απόφοιτος/Τελειόφοιτος Σχολής επαγγελματικής κατάρτισης....

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

- vi. Απόφοιτος/Τελειόφοιτος ΤΕΙ/ΚΑΤΕΕ.....
- vii. Απόφοιτος/Τελειόφοιτος ΑΕΙ.....
- viii. Απόφοιτος/Τελειόφοιτος Μεταπτυχιακού κύκλου σπουδών.....


5. Ποια είναι η παρούσα επαγγελματική σας κατάσταση;

- i. Εργαζόμενος.....
- ii. Άνεργος.....
- iii. Συνταξιούχος.....
- iv. Οικιακά.....
- v. Φοιτητής.....
- vi. Άλλο (προσδιορίστε): \_\_\_\_\_


6. Ποιο είναι το επάγγελμά σας;

.....

7. Μένετε μόνιμα στην περιοχή;


Ναι. Πόσα χρόνια;.....

Όχι. Για πόσο διάστημα;.....

8. Ποιο είναι το συνολικό εισόδημα που έλαβε το νοικοκυριό σας από όλα τα ενήλικα μέλη του το περασμένο έτος;

- i. Κάτω από 9.000 €.....
- ii. 9.000 € - 13.000 €.....
- iii. 13.001 € - 17.500 €.....
- iv. 17.501 € - 21.500 €.....
- v. 21.501 € - 26.500 €.....
- vi. 26.501 € - 33.500 €.....
- vii. 33.501 € - 42.500 €.....


viii. Άνω των 42.500 €.....

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ  
ΤΟΥΣ ΕΠΙΣΚΕΠΤΕΣ ΤΟΥ ΜΕΤΣΟΒΟΥ**



## ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



### ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

**Ερωτηματολόγιο προς τους επισκέπτες του Μετσόβου σε σχέση με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

**Κωδικός ερωτηματολογίου .....**

Είμαι μεταπτυχιακός /η φοιτητής / τρια του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και κάνω μια έρευνα σχετικά με τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ορεινές περιοχές. Η συμβολή σας είναι πολύτιμη για την επιτυχία της έρευνας. Θα ήθελα να σας διευκρινίσω ότι δεν υπάρχουν σωστές και λάθος απαντήσεις. Η έρευνα είναι μια σπουδαστική εργασία που στοχεύει στην ενίσχυση των ορεινών περιοχών.

#### Ερωτήσεις

**1) Επισκέπτεστε για πρώτη φορά το Μέτσοβο;**

- Ναι
- Όχι, έρχομαι για:       
2<sup>η</sup> 3<sup>η</sup> 4<sup>η</sup> 5<sup>η</sup> >5<sup>η</sup> φορά

**2) Πιστεύετε ότι το Μέτσοβο είναι ελκυστικός τουριστικός προορισμός;**

- Καθόλου  Λίγο  Πολύ

**3) Ποιο χαρακτηριστικό της περιοχής του Μετσόβου θεωρείτε περισσότερο ελκυστικό;**

- Όμορφο φυσικό περιβάλλον
- Παραδοσιακή αρχιτεκτονική
- Πολλές επιλογές διασκέδασης
- Καλό φαγητό
- Δυνατότητες για άθληση στο βουνό (π.χ. σκι, ορειβασία)



**4) Έχετε ακούσει ή διαβάσει κάτι σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ);**

Ναι

Όχι

*Οι ΑΠΕ είναι ήπιες μορφές ενέργειας που προέρχονται από φυσικές διεργασίες (π.χ. άνεμος, κυκλοφορία του νερού, ακτινοβολία του ήλιου) και οι οποίες είναι εναλλακτικές των παραδοσιακών μορφών ενέργειας (π.χ. πετρέλαιο, άνθρακας). Η αξιοποίηση των ΑΠΕ για παραγωγή ενέργειας, επειδή δεν γίνεται καύση ορυκτών καυσίμων, έχει μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αφού δεν συνεπάγεται έκλυση αέριων ρύπων.*

**5) Σε ποιο βαθμό είστε ενημερωμένος σε σχέση με τις παρακάτω τεχνολογίες ΑΠΕ; (Θεωρήστε ότι το 1 αντιστοιχεί σε ελάχιστη ενημέρωση και το 5 σε καλή γνώση)**

Ηλιακή Ενέργεια (π.χ. φωτοβολταϊκά, ηλιακοί συλλέκτες)

Αιολική Ενέργεια (π.χ. ανεμογεννήτριες)

Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Βιομάζα (π.χ. pellets, βιοαέριο, καυσόξυλα)

Γεωθερμία

**6) Ποια από τις παρακάτω φράσεις σε σχέση με τις ΑΠΕ σας εκφράζει περισσότερο;**

Η χρήση των ΑΠΕ είναι απαραίτητη για να προστατεύσουμε το περιβάλλον και πρέπει άμεσα να προωθηθεί

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ δεν είναι παρά μια επιχειρηματική δραστηριότητα, με ελάχιστα οφέλη για το φυσικό περιβάλλον

Η χρήση των ΑΠΕ έχει θετικά αποτελέσματα για το περιβάλλον, αλλά απαιτεί μεγάλο κόστος

**7) Με βάση αυτά που γνωρίζετε, ποιες από τις παρακάτω ενεργειακές τεχνολογίες (συμβατικές και ΑΠΕ) είναι περισσότερο φιλική προς το περιβάλλον;**

(Θεωρήστε ότι στο 1 αντιστοιχούν οι λιγότερο φιλικές και στο 5 οι περισσότερο φιλικές )

Τεχνολογία	1	2	3	4	5	Δεν έχω άποψη / δε γνωρίζω
Ηλιακή Ενέργεια						
Αιολική Ενέργεια						
Υδροηλεκτρική Ενέργεια						
Βιομάζα						
Γεωθερμία						
Καύση λιγνίτη						

**8) Κατά τη γνώμη σας, οι ενεργειακές ανάγκες των ορεινών περιοχών, σε σχέση με τις πεδινές περιοχές, είναι:**

- Μειωμένες
- Ίδιες
- Αυξημένες

**9) Πιστεύετε ότι πρέπει να επεκταθεί η χρήση των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές;**

- Ναι, γιατί οι ορεινές περιοχές μπορούν να ευεργετηθούν μέσω της εκμετάλλευσης του πλούσιου δυναμικού ΑΠΕ που έχουν
- Ναι, γιατί κάθε καινούρια παραγωγική δραστηριότητα είναι πολύτιμη για την ενίσχυση των ορεινών περιοχών
- Όχι, γιατί αλλοιώνουν το φυσικό τοπίο που είναι το κύριο πλεονέκτημα των ορεινών περιοχών
- Όχι, υπάρχουν άλλα πιο σημαντικά προβλήματα στις ορεινές περιοχές με τα οποία με μεγαλύτερη προτεραιότητα

**10) Θεωρείτε σημαντικό ένας τουριστικός προορισμός να έχει υποδομές που συμβάλλουν στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος;**

- Ναι
- Όχι

**11) Κατά τη γνώμη σας, ποια από τα παρακάτω μέτρα που προστατεύουν το περιβάλλον είναι σημαντικό να υπάρχουν σε έναν τουριστικό προορισμό;**  
(Θεωρήστε ότι το 1 αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη σημασία και το 6 στη μικρότερη)

- Επεξεργασία αποβλήτων – βιολογικός καθαρισμός
- Ανακύκλωση
- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας / Εξοικονόμηση Ενέργειας
- Λιγότερη χρήση αυτοκινήτου
- Χρήση οικοδομικών υλικών φιλικών στο περιβάλλον
- Μέτρα για την προστασία των δασών

**12) Θεωρείτε σημαντικό το ξενοδοχείο / ο ξενώνας που θα μένετε να έχει εγκατεστημένα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας ή / και ΑΠΕ;**

- Καθόλου     Λίγο     Πολύ



Υποθέτουμε ότι στην περιοχή του Μετσόβου δημιουργείται ένας φορέας, ο οποίος θα αναλάβει την αξιοποίηση του δυναμικού ΑΠΕ της περιοχής για παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, με σκοπό να περιοριστούν στο ελάχιστο οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κατανάλωση ενέργειας του οικισμού.

**13) Θα ήσασταν διατεθειμένος / η να προσφέρετε εθελοντικά κάποιο ποσό στο φορέα αυτό, κατά την επίσκεψή σας στο Μέτσοβο;**

Ναι .....€

Όχι

**13α) Για ποιους λόγους δέχεστε να συνεισφέρετε οικονομικά για την ενίσχυση του συγκεκριμένου φορέα; (μία απάντηση)**

Οι παραδοσιακοί οικισμοί είναι καλό να λειτουργούν με τρόπο όσο το δυνατόν πιο φιλικό προς το περιβάλλον

Πρέπει να προστατεύσουμε το φυσικό περιβάλλον, ώστε να μπορούν να το απολαύσουν και οι επόμενες γενιές

Για να πετύχουν οι προσπάθειες προστασίας του περιβάλλοντος χρειάζεται η συμμετοχή όλων μας

Άλλο.....

**13β) Για ποιο λόγο αρνείστε να συνεισφέρετε οικονομικά στην προσπάθεια αυτή; (μία απάντηση)**

Δεν έχω την οικονομική δυνατότητα να συνεισφέρω

Το συγκεκριμένο ζήτημα δεν αποτελεί προτεραιότητα, κατά την άποψή μου

Θα πρέπει να πληρώσουν οι κάτοικοι / ο Δήμος

Πιστεύω ότι τα χρήματα δε θα πάνε για το συγκεκριμένο σκοπό

Άλλο

.....

### **Δημογραφικά Στοιχεία**

**1) Φύλλο**

Άνδρας

Γυναίκα

**2) Ηλικία**

- 18-24
- 25-34
- 35-44
- 45-64
- πάνω από 65

**3) Επίπεδο σπουδών**

- Δημοτικό
- Γυμνάσιο
- Λύκειο
- ΑΕΙ / ΤΕΙ

**4) Επαγγελματική Κατάσταση**

- Εργαζόμενος
- Άνεργος
- Συνταξιούχος
- Οικιακά
- Φοιτητής

**5) Επαγγελματική ειδικότητα**  
.....**6) Κατηγορία εισοδήματος**

- κάτω από 9000€
- 9000€-13000€
- 13001€-17500€
- 17501€-21500€
- 21501€-26500€
- 26501€-33500€
- 33501€-42500€
- πάνω από 42500€

**ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΣΤΟ ΜΕΤΣΟΒΟ**

## 1. ΕΡΕΥΝΑ ΜΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΤΟΥΣ ΚΑΤΟΙΚΟΥΣ ΤΟΥ ΜΕΤΣΟΒΟΥ

### 1.1 Συσχετίσεις της προθυμίας πληρωμής με άλλες μεταβλητές

Εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος  $\chi^2$ , προκειμένου να διαπιστωθεί ποιοι παράγοντες συσχετίζονται με την προθυμία πληρωμής των κατοίκων του Μετσόβου. Στον πίνακα 1 συνοψίζονται οι μεταβλητές, οι οποίες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την προθυμία πληρωμής σε επίπεδα εμπιστοσύνης 99%, 95% και 90%. Από τις μεταβλητές των δημογραφικών ερωτήσεων, η προθυμία πληρωμής προκύπτει ότι σχετίζεται με το επίπεδο σπουδών των ερωτηθέντων, τον αριθμό μελών των νοικοκυριών, τη μονιμότητα διαμονής στο Μέτσοβο, καθώς και το εισόδημα των νοικοκυριών. Από τις υπόλοιπες ερωτήσεις, ξεχωρίζει η στατιστικά σημαντική συσχέτιση της ενημέρωσης για τις ΑΠΕ με την προθυμία πληρωμής. Οι άλλες μεταβλητές, οι οποίες εμφανίζουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση, έχουν να κάνουν με τις γνώμες των ερωτηθέντων για τα περιβαλλοντικά οφέλη της βιομάζας, της γεωθερμίας και της ΕΞΕ, καθώς και με το εάν είναι ενημερωμένοι για αυτές τις τεχνολογίες ή όχι.

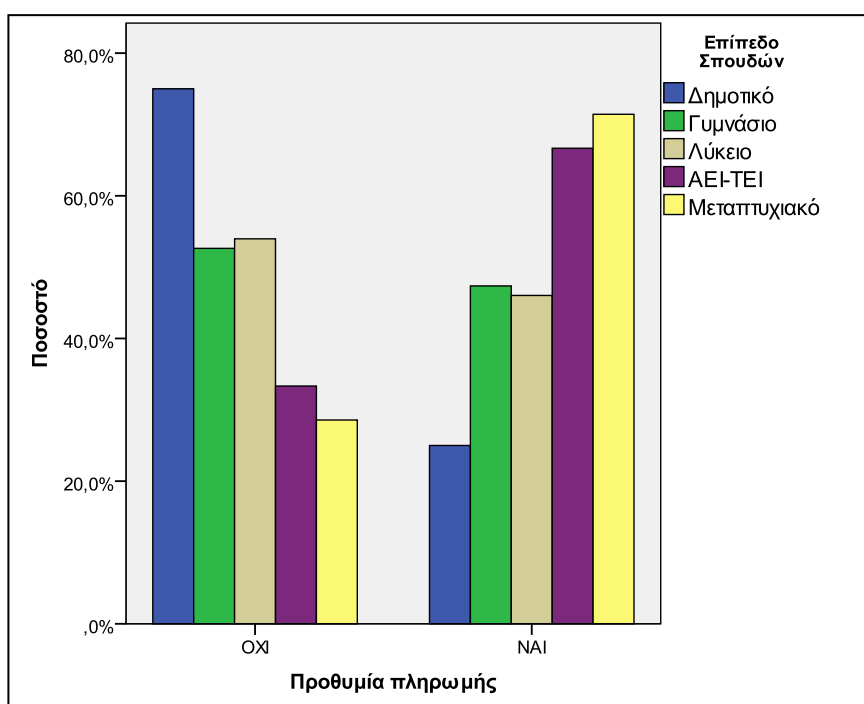
Έγινε απόπειρα να δημιουργηθεί ένα μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης για την προθυμία πληρωμής. Η λογιστική παλινδρόμηση είναι χρήσιμη στην περίπτωση που επιθυμείται να προβλεφθεί η τιμή μιας μεταβλητής, η οποία λαμβάνει δύο διακριτές τιμές, όπως η προθυμία πληρωμής. Το μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης, το οποίο κατασκευάστηκε, δεν ήταν ικανοποιητικό για την υπό μελέτη περίπτωση. Αναλυτικότερα, δεν προέκυψε κάποιο μοντέλο, του οποίου οι προβλέψεις να είναι συνολικά στατιστικά σημαντικές. Επιπλέον, οι μεταβλητές που εμφανίζονται στον πίνακα 1, δεν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές στο μοντέλο, ενώ εισάγοντας και άλλες μεταβλητές σε αυτό, η κατάσταση δε μεταβάλλεται.

**Πίνακας 1.** Αποτελέσματα του ελέγχου  $\chi^2$  για τη συσχέτιση της προθυμίας πληρωμής των κατοίκων του Μετσόβου με άλλες μεταβλητές

Κωδικός μεταβλητής	Ονομασία μεταβλητής	p-value
<b>Μεταβλητές δημογραφικών ερωτήσεων</b>		
Δ3	Επίπεδο σπουδών	0,003*
Δ4	Μέλη νοικοκυριού	0,050**
Δ7	Μόνιμη διαμονή στο Μέτσοβο	0,076***
Δ10	Εισόδημα νοικοκυριού	0,028**
<b>Μεταβλητές ερωτήσεων γνώμης και γνώσης</b>		
E3	Ενημέρωση για τις ΑΠΕ	0,016**
E4d	Ενημέρωση για τη βιομάζα	0,010*
E4e	Ενημέρωση για τη γεωθερμία	0,000*
E4f	Ενημέρωση για την εξοικονόμηση ενέργειας	0,027**
E8d	Περιβαλλοντικά οφέλη βιομάζας	0,024**
E8e	Περιβαλλοντικά οφέλη γεωθερμίας	0,099***
E8f	Περιβαλλοντικά οφέλη εξοικονόμησης ενέργειας	0,038**
*	Στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%	
**	Στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%	
***	Στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 90%	

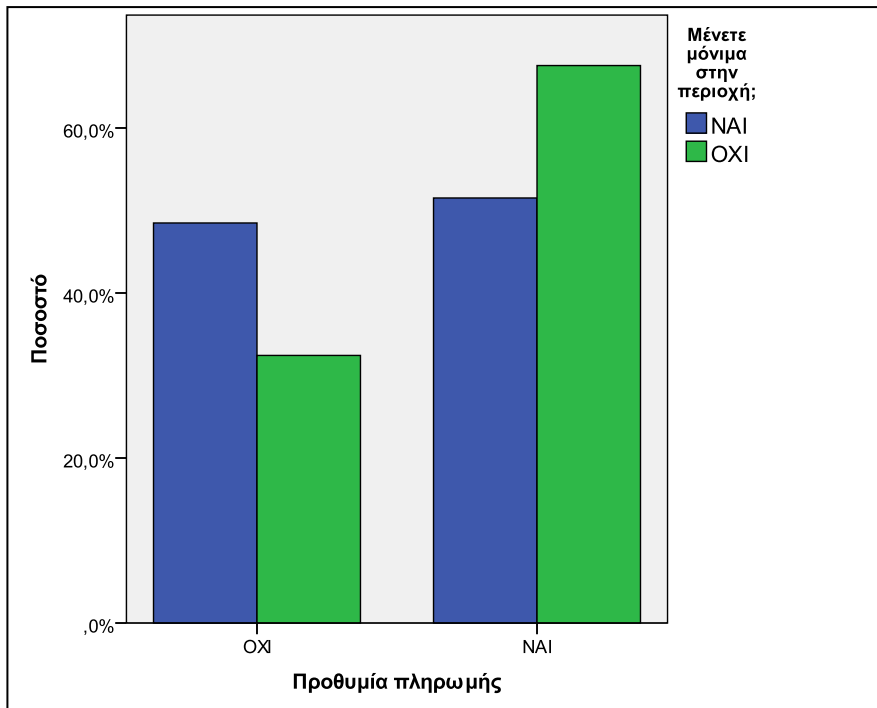
Στα Διαγράμματα 1 έως 4 αποτυπώνεται ο συνδυασμός της προθυμίας πληρωμής με τις μεταβλητές του επιπέδου σπουδών, της μόνιμης διαμονής στην περιοχή, του εισοδήματος των νοικοκυριών και της ενημέρωσης σχετικά με τις ΑΠΕ. Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι:

- Όσοι έχουν πανεπιστημιακή εκπαίδευση κατά πλειοψηφία (περίπου 70%) δέχονται να συνεισφέρουν, ενώ οι απόφοιτοι δημοτικού κατά πλειοψηφία (75%) δεν δέχονται να συνεισφέρουν.
- Ένας στους δύο μόνιμους κατοίκους δέχεται να συνεισφέρει, ενώ ανάμεσα στους μη μόνιμους κατοίκους η προθυμία πληρωμής είναι πολύ μεγαλύτερη (70% θετικές απαντήσεις)
- Όσοι ανήκουν σε υψηλότερες εισοδηματικές κατηγορίες παρουσιάζουν μεγαλύτερη προθυμία πληρωμής
- Οι ενημερωμένοι σχετικά με τις ΑΠΕ είναι περισσότερο πιθανόν να συνεισφέρουν, σε σχέση με τους μη ενημερωμένους

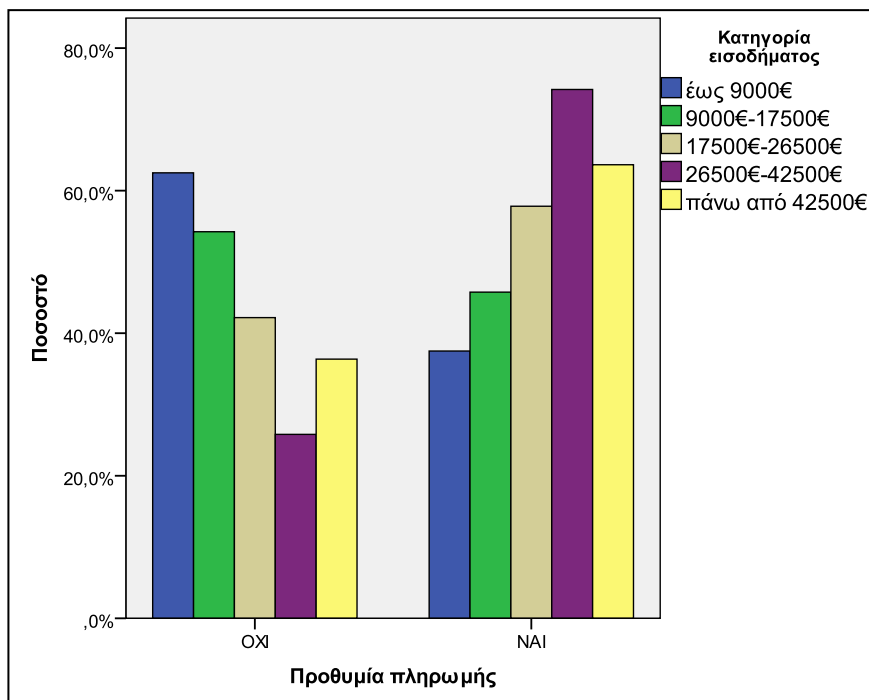


**Διάγραμμα 1.** Προθυμία πληρωμής σε σχέση με το επίπεδο σπουδών των ερωτηθέντων

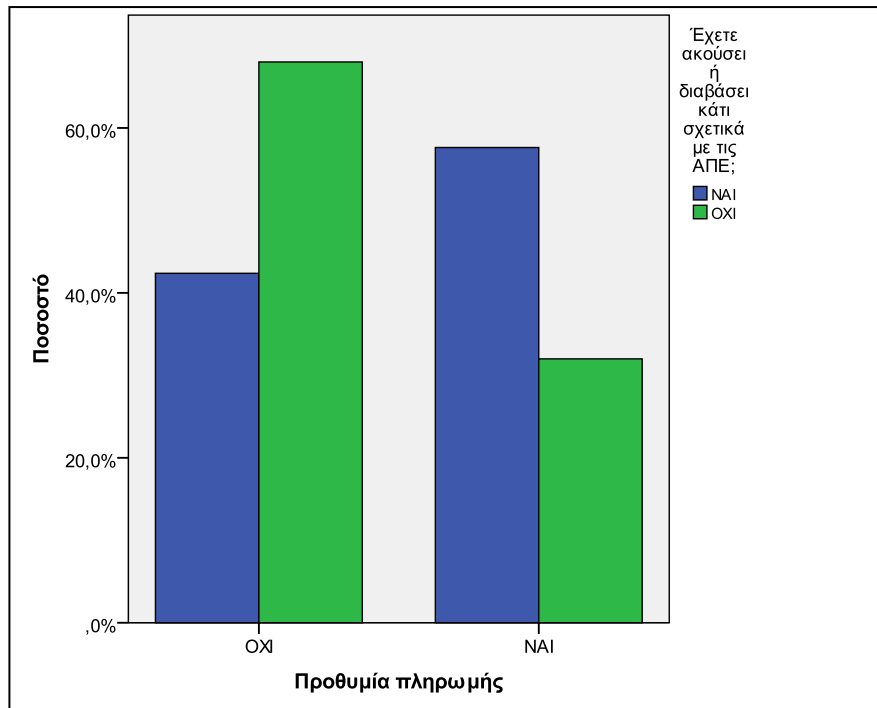




**Διάγραμμα 2.** Προθυμία πληρωμής σε σχέση με τη μονιμότητα διαμονής στο Μέτσοβο



**Διάγραμμα 3.** Προθυμία πληρωμής σε σχέση με το εισόδημα των νοικοκυριών

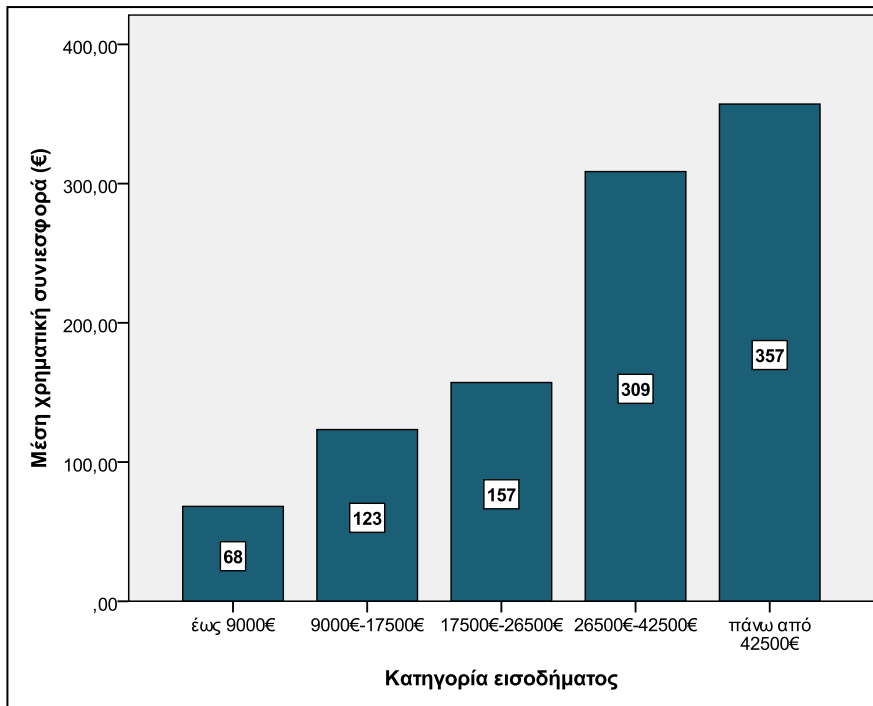


**Διάγραμμα 4.** Προθυμία πληρωμής σε σχέση με την ενημέρωση για τις ΑΠΕ

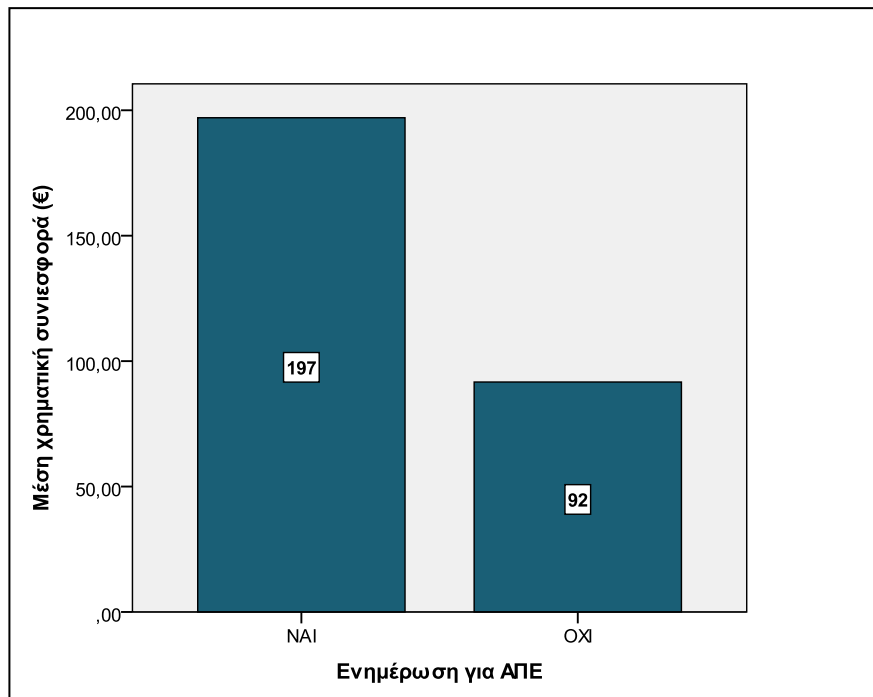
## 1.2 Συνδυασμός του ποσού συνεισφοράς με άλλες μεταβλητές

Συνδυάζοντας το ποσό συνεισφοράς με δημογραφικές και άλλες μεταβλητές προκύπτει ότι:

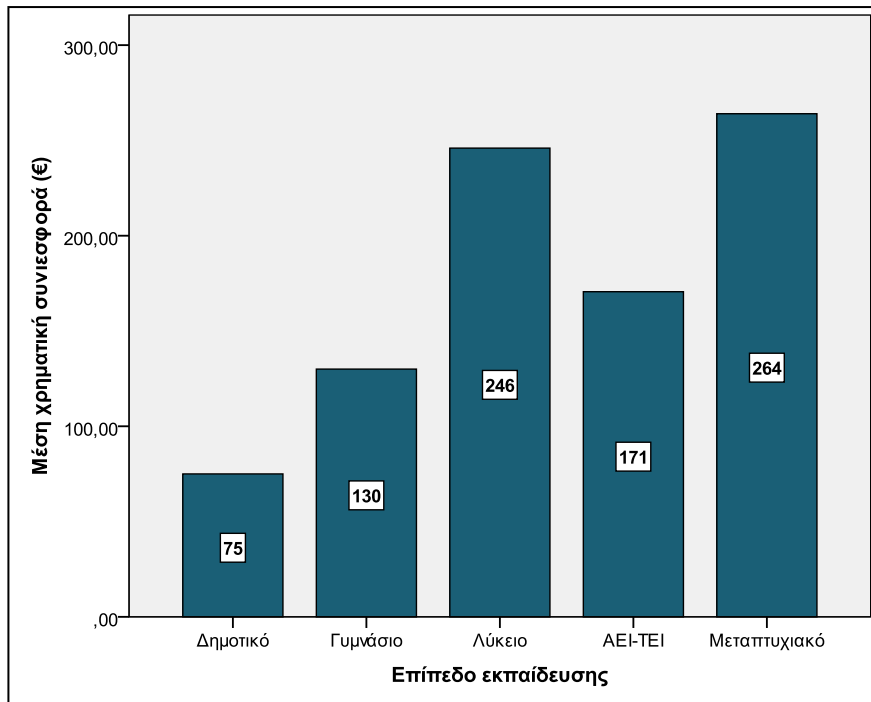
- Όσοι ανήκουν σε υψηλότερη κατηγορία εισοδήματος προσφέρουν περισσότερα χρήματα
- Οι ενημερωμένοι σχετικά με τις ΑΠΕ προσφέρουν, κατά μέσο όρο, πάνω από τα διπλάσια χρήματα σε σχέση με αυτούς που δεν είναι ενημερωμένοι
- Εμφανίζεται μια τάση αύξησης του ποσού συνεισφοράς σε όσους έχουν υψηλότερο μορφωτικό επίπεδο, με μιας μορφής ασυνέχεια στην κατηγορία αποφοίτων ΑΕΙ – ΤΕΙ, που προσφέρουν λιγότερα χρήματα από τους αποφοίτους λυκείου



**Διάγραμμα 5.** Μέσες τιμές χρηματικής συνεισφοράς αναλόγως του εισοδήματος των νοικοκυριών



**Διάγραμμα 6.** Μέσες τιμές χρηματικής συνεισφοράς αναλόγως της ενημέρωσης σχετικά με τις ΑΠΕ



**Διάγραμμα 7.** Μέσες τιμές χρηματικής συνεισφοράς αναλόγως του επιπέδου εκπαίδευσης

### 1.3 Επεξεργασία και υπολογισμός του ποσού συνεισφοράς

#### Απλή στατιστική επεξεργασία

Αυτού του είδους η επεξεργασία περιλαμβάνει τον υπολογισμό των περιγραφικών στατιστικών δεικτών σχετικά με το ποσό που διατίθενται να συνεισφέρουν οι κάτοικοι του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Ο βασικός δείκτης που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό της κεντρικής τάσης σε ένα δείγμα δεδομένων είναι η μέση τιμή του δείγματος. Λόγω, όμως, της φύσης της έρευνας, θεωρήθηκε χρήσιμο ο υπολογισμός της συνολικής οικονομικής συνεισφοράς των κατοίκων να γίνει στη βάση, όχι μόνο της μέσης τιμής, αλλά και της διαμέσου του. Η μέση τιμή αποτελεί τον πλέον αντιπροσωπευτικό στατιστικό δείκτη της κεντρικής τάσης μιας κατανομής. Όμως, η διάμεσος θεωρείται χρήσιμη για περιπτώσεις ασύμμετρων κατανομών με διακριτές τιμές (Κατσάνος, 2008).

Για λόγους καλύτερης προσέγγισης του προβλήματος, σε περιπτώσεις που η οικονομική συνεισφορά είναι μεγαλύτερη από το 4% του ετήσιου εισοδήματος των νοικοκυριών, εξαιρείται από τους υπολογισμούς.

Στο σύνολο του δείγματος (θετικές και αρνητικές απαντήσεις ως προς την προθυμία πληρωμής), η μέση τιμή προθυμίας πληρωμής προκύπτει ίση με 98,3€ και η διάμεσος ίση με 20€. Εάν οι υπολογισμοί γίνουν μόνο για όσους έχουν θετική στάση τα αντίστοιχα μεγέθη εκτιμώνται σε 190,7€ και 100€.

**Πίνακας 2.** Περιγραφικοί στατιστικοί δείκτες απλής στατιστικής επεξεργασίας

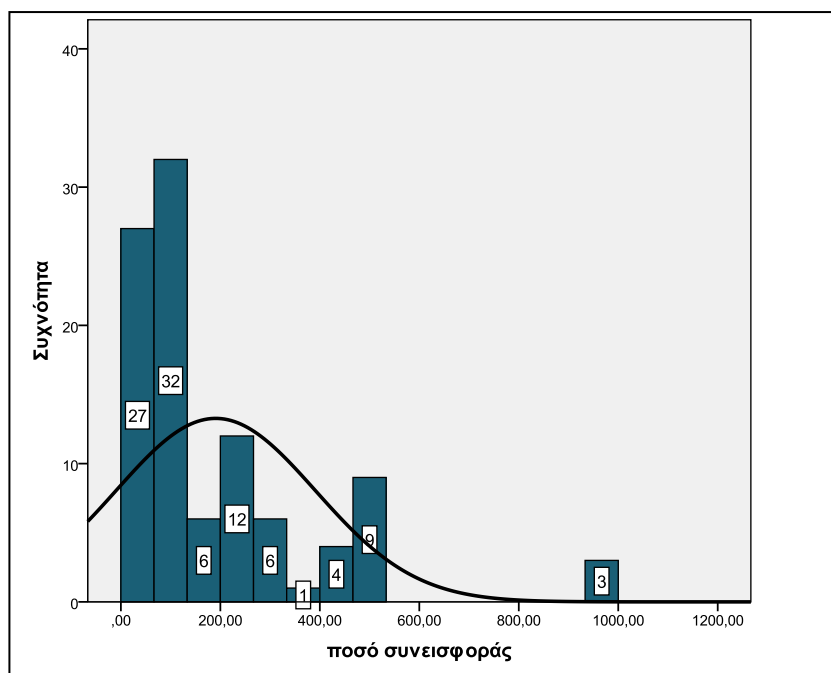
Δείκτης	σύνολο ερωτηθέντων	θετικές απαντήσεις
Μέση τιμή	98,3	190,7
Διάμεσος	20,0	100,0
Ελάχιστη τιμή	0,0	9,0
Μέγιστη τιμή	1000,0	1000,0
Τυπική απόκλιση	172,4	200,4

### Μη παραμετρική στατιστική επεξεργασία

Η απλή στατιστική επεξεργασία είναι απόλυτα επαρκής εφ' όσον το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή. Σε περίπτωση που αυτή η συνθήκη δεν ισχύει είναι προτιμότερο να γίνει μη παραμετρική στατιστική επεξεργασία – στη συγκεκριμένη περίπτωση του ποσού συνεισφοράς – μετασχηματίζοντας τα δεδομένα με μαθηματική συνάρτηση.

Ο έλεγχος για το αν το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Στην υπό μελέτη περίπτωση ο έλεγχος γίνεται με τρεις τρόπους (Υφαντόπουλος & Νικολαΐδου, 2008):

- Οπτικά με βάση το ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων του ποσού συνεισφοράς, σε σύγκριση με την αντίστοιχη καμπύλη της κανονικής κατανομής
- Με το μη παραμετρικό τεστ Kolmogorov – Smirnov. Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, στην περίπτωση που η τιμή της σημαντικότητας της υπολογιζόμενης από το τεστ παραμέτρου Z είναι μικρότερη από 0,05, το δείγμα δεν ακολουθεί κανονική κατανομή
- Με βάση το λόγο λ, ο οποίος παίρνει ως ακραίες τιμές το πηλίκο του δείκτη στρεβλότητας διά το αντίστοιχο στατιστικό σφάλμα και το πηλίκο του δείκτη κύρτωσης διά το αντίστοιχο στατιστικό σφάλμα. Εάν οι τιμές του λόγου αυτού κυμαίνονται στο διάστημα (-2,2) το δείγμα μπορεί να θεωρηθεί ότι ακολουθεί κανονική κατανομή



**Διάγραμμα 8.** Ιστόγραμμα συχνοτήτων των διάφορων τιμών ποσών συνεισφοράς

Είναι εμφανές από το Διάγραμμα 8, στο οποίο η μαύρη καμπύλη αντιπροσωπεύει την κανονική κατανομή, ότι τα ποσά συνεισφοράς που προκύπτουν από το δείγμα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Αυτό επιβεβαιώνεται με βάση το μη παραμετρικό τεστ Κολμογορον - Σμιρνον, από το οποίο προκύπτει ότι η στατιστική σημαντικότητα της παραμέτρου Z είναι μικρότερη από 0,05.

**Πίνακας 3.** Αποτελέσματα του μη παραμετρικού τεστ Κολμογορον – Σμιρνον για τα ποσά συνεισφοράς

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		Προθυμία πληρωμής
N		100
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	,99
	Std. Deviation	,100
Most Extreme Differences	Absolute	,530
	Positive	,460
	Negative	-,530
Kolmogorov-Smirnov Z		5,298
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

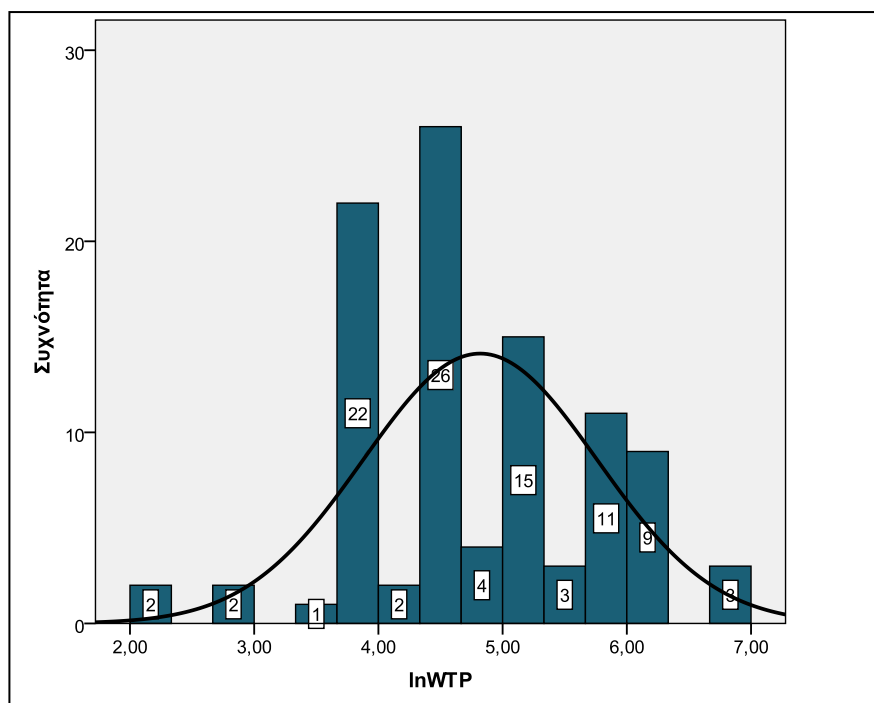
Η ίδια εικόνα προκύπτει και από τον υπολογισμό του λόγου λ, ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 9,53 και 12,94.

**Πίνακας 4.** Αποτελέσματα υπολογισμών στρεβλότητας και κύρτωσης της κατανομής των ποσών συνεισφοράς

Statistics		
WTP με μηδενικές		
N	Valid	100
	Missing	0
	Skewness	2,296
	Std. Error of Skewness	,241
	Kurtosis	6,184
	Std. Error of Kurtosis	,478

Συνεπώς, η κατανομή των ποσών συνεισφοράς απέχει από το να μπορεί να θεωρηθεί κανονική και χρειάζεται να γίνει κάποιος μετασχηματισμός, προκειμένου οι εκτιμήσεις να είναι ασφαλέστερες. Η μετατροπή των ποσών συνεισφοράς σε λογαριθμικές τιμές συντελεί ώστε η κατανομή να προσεγγίσει σε πολύ καλύτερο βαθμό την κανονική.

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9, η κατανομή των λογαριθμικών τιμών των ποσών συνεισφοράς προσεγγίζει καλύτερα την κανονική κατανομή (μαύρη καμπύλη), σε σχέση με τις αρχικές τιμές.



**Διάγραμμα 9.** Ιστόγραμμα συχνοτήτων των λογαριθμικών τιμών των ποσών συνεισφοράς

Εφαρμόζοντας το μη-παραμετρικό τεστ Kolmogorov – Smirnov, προκύπτει ότι κατανομή των λογαριθμικών τιμών και πάλι δεν προσεγγίζει την κανονική κατανομή, αφού η τιμή της σημαντικότητας της παραμέτρου Z είναι 0,04.

**Πίνακας 5.** Αποτελέσματα του μη παραμετρικού τεστ Kolmogorov – Smirnov για τις λογαριθμικές τιμές των ποσών συνεισφοράς

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		InWTP
N		100
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	4,8191
	Std. Deviation	,94151
Most Extreme Differences	Absolute	,140
	Positive	,140
	Negative	-,118
Kolmogorov-Smirnov Z		1,399
Asymp. Sig. (2-tailed)		,040

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Ο λόγος λ, από την άλλη πλευρά, κυμαίνεται εντός των αποδεκτών ορίων, μεταξύ των τιμών -0,03 και 0,2.

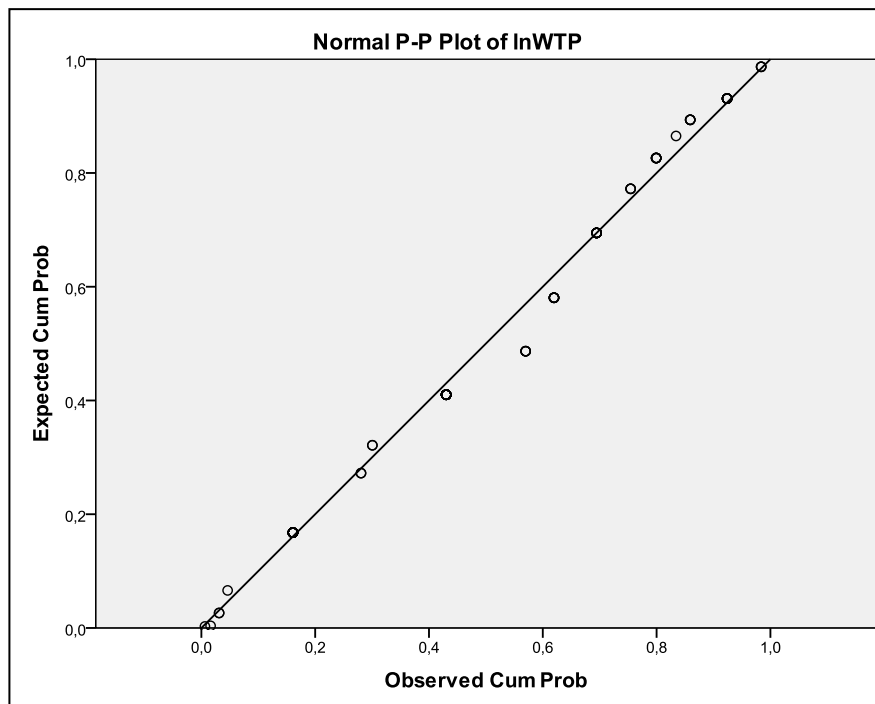
**Πίνακας 6.** Αποτελέσματα υπολογισμών στρεβλότητας και κύρτωσης της κατανομής των λογαριθμικών τιμών των ποσών συνεισφοράς

Statistics		
InWTP		
N	Valid	100
	Missing	0
Skewness		-,007
Std. Error of Skewness		,241
Kurtosis		,097
Std. Error of Kurtosis		,478

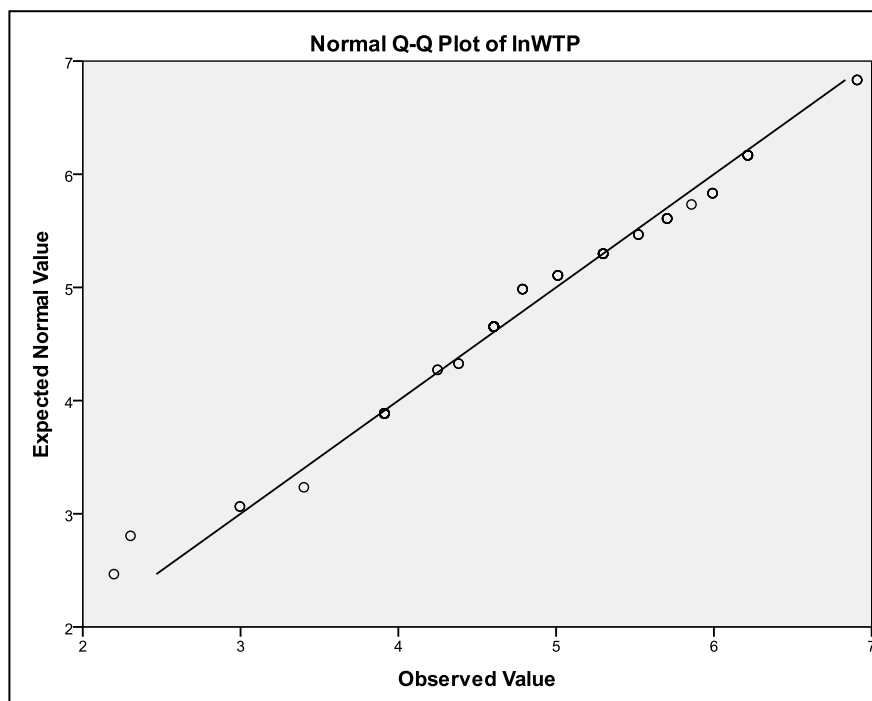
Προκειμένου να αποσαφηνιστεί το ζήτημα που προκύπτει από τη διαφορετική εικόνα που δίνουν για την κατανομή των λογαριθμικών τιμών του δείγματος το τεστ Kolmogorov – Smirnov και ο υπολογισμός του λόγου λ, κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα P-P και Q-Q. Το διάγραμμα P-P αποτυπώνει τη συσχέτιση μεταξύ των παρατηρηθεισών τιμών της πιθανότητας εμφάνισης των διάφορων τιμών του InWTP και των αντίστοιχων τιμών, οι οποίες προκύπτουν από την κανονική κατανομή. Το διάγραμμα Q-Q αποτυπώνει τη συσχέτιση μεταξύ των τιμών του InWTP του δείγματος και των αντίστοιχων, αναμενόμενων από την κανονική κατανομή τιμών (Ζήμερας, 2003). Παρατηρώντας τα δύο διαγράμματα, είναι εμφανές ότι οι λογαριθμικές τιμές των ποσών συνεισφοράς προσεγγίζουν απόλυτα ικανοποιητικά την κανονική κατανομή και συνεπώς μπορεί



βάσει αυτών να γίνει μη – παραμετρική ανάλυση της οικονομική συνεισφοράς των κατοίκων του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ.



**Διάγραμμα 10.** Γράφημα P-P των λογαριθμικών τιμών των ποσών συνεισφοράς



**Διάγραμμα 11.** Γράφημα Q-Q των λογαριθμικών τιμών των ποσών συνεισφοράς

Η μέση τιμή της λογαριθμοκανονικής κατανομής των ποσών συνεισφοράς προκύπτει ίση με 4,82, ποσότητα που αντιστοιχεί σε 124€. Η διάμεσος είναι ίση με 4,61, δηλαδή 100€, ποσό που ταυτίζεται με αυτό της απλής στατιστικής επεξεργασίας επί των θετικών απαντήσεων ως προς την προθυμία πληρωμής.

**Πίνακας 7.** Περιγραφικοί στατιστικοί δείκτες μη – παραμετρικής στατιστικής επεξεργασίας

Δείκτης	Θετικές απαντήσεις
Μέση τιμή	4,82
Διάμεσος	4,61
Ελάχιστη τιμή	2,20
Μέγιστη τιμή	6,91
Τυπική απόκλιση	0,94

### Παραμετρική στατιστική επεξεργασία

Στόχος της παραμετρικής στατιστικής επεξεργασίας είναι η ερμηνεία του ποσού που διατίθεται να καταβάλει το δείγμα, στη βάση ερμηνευτικών μεταβλητών. Δημιουργήθηκε ένα μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για τη λογαριθμική τιμή των ποσών συνεισφοράς, το οποίο έχει τη δυνατότητα να εκτιμά το ύψος της οικονομικής συνεισφοράς των κατοίκων του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ, αναλόγως ορισμένων δημογραφικών μεταβλητών και μεταβλητών ερωτήσεων γνώμης και γνώσης.

Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση αποτελεί μια επέκταση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η μεταβλητή που επιθυμείται να προβλεφθεί, ενώ οι ερμηνευτικές μεταβλητές αποτελούν τις ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου. Η γενική μορφή ενός μοντέλου πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης έχει ως εξής:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_i$$

$y$ : Η εξαρτημένη μεταβλητή

$\beta_0$ : Η σταθερά (constant) της εξίσωσης

$\beta_i$ : Οι μερικοί συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης (partial regression coefficients)

$x_i$ : Οι ανεξάρτητες μεταβλητές

Αν  $y_i$  είναι η πραγματική τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, η οποία αντιστοιχεί σε δεδομένες τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών και  $y_{i,e}$  η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκύπτει από την εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης για τις ίδιες τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών, ορίζεται ως σφάλμα η ποσότητα:

$$e_i = y_i - y_{i,e}$$

Η κατασκευή της εξίσωσης παλινδρόμησης δημιουργείται με στόχο την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των τετραγώνων των σφαλμάτων.

Ιδανικά, οι ανεξάρτητες μεταβλητές θα πρέπει να μην παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ τους. Όταν εμφανίζεται συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών αυξάνεται το σφάλμα στην πρόβλεψη, που πραγματοποιείται μέσω του μοντέλου.

Προκειμένου, να βρεθεί ένα παραμετρικό μοντέλο εκτίμησης του ποσού συνεισφοράς των κατοίκων του Μετσόβου, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές. Το «βέλτιστο» μοντέλο παλινδρόμησης, το οποίο τελικά επελέγη, επιδιώχθηκε να παρουσιάζει την υψηλότερη δυνατή τιμή του συντελεστή προσαρμογής ( $R^2$ ) και να έχει στατιστικά σημαντικούς μερικούς συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης (σε επίπεδο εμπιστοσύνης από 90% και υψηλότερα). Επίσης, οι ερμηνευτικές μεταβλητές του μοντέλου επελέγησαν με γνώμονα να έχει το μοντέλο μια στοιχειώδη λογική συνάφεια.

Το τελικό μοντέλο αποτελείται από έξι ερμηνευτικές μεταβλητές. Τρεις από αυτές είναι δημογραφικές (επίπεδο εκπαίδευσης, μέλη νοικοκυριού, εισόδημα), δύο σχετίζονται με το επίπεδο ενημέρωσης για τα ενεργειακά ζητήματα (ενημέρωση ή μη για την εξοικονόμηση ενέργειας, γνώμη για την κύρια πηγή ενέργειας για την παραγωγή θερμότητας) και μία έχει να κάνει με την προθυμία χρήσης κάποιας μορφής ΑΠΕ στην κατοικία του ερωτώμενου. Οι μερικοί συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης είναι όλοι στατιστικά σημαντικοί σε επίπεδο εμπιστοσύνης άνω του 90%, πλην του συντελεστή της μεταβλητής που σχετίζεται με το επίπεδο εκπαίδευσης. Ο συντελεστής προσαρμογής του μοντέλου παίρνει την τιμή 32,3%.

Το μοντέλο περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\ln WTP = 3,209 - 0,203 \cdot A - 0,163 \cdot B + 0,411 \cdot \Gamma + 0,522 \cdot \Delta - 0,301 \cdot E + 1,345 \cdot Z$$

A: Επίπεδο εκπαίδευσης ερωτώμενου

B: Μέλη νοικοκυριού

Γ: Κατηγορία εισοδήματος νοικοκυριού

Δ: Ενημέρωση για την εξοικονόμηση ενέργειας

E: Γνώμη για την κύρια πηγή ενέργειας για παραγωγή θερμότητας

Z: Προθυμία εγκατάστασης συστήματος ΑΠΕ στην κατοικία

Αν στην εξίσωση 3.2 χρησιμοποιηθούν για τις ανεξάρτητες μεταβλητές οι μέσες τιμές τους, η λογαριθμική τιμή του ποσού συνεισφοράς θα προκύψει ίση με 4,8. Αυτή η ποσότητα αντιστοιχεί σε 121€, τιμή που πλησιάζει το αποτέλεσμα της μη – παραμετρικής εκτίμησης. Εάν χρησιμοποιηθούν οι διάμεσοι των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών το χρηματικό ποσό που προκύπτει ως κεντρική τάση, με βάση το παραμετρικό μοντέλο είναι 136€.

**Πίνακας 8.** Συντελεστές παραμετρικού μοντέλου εκτίμησης του ποσού συνεισφοράς, τυπικό σφάλμα και στατιστική σημαντικότητα αυτών

Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Sig.
		B	Std. Error	
1	(Constant)	3,209	,668	,000
	Επίπεδο εκπαίδευσης	-,203	,165	,222
	Μέλη νοικοκυριού	-,163	,096	,094
	Κατηγορία εισοδήματος	,411	,094	,000
	Είστε ενημερωμένος για τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στις κατοικίες;	,522	,208	,014
	Προθυμία χρήσης ΑΠΕ στην κατοικία	1,345	,582	,023
	Κύρια πηγή ενέργειας για την παραγωγή θερμότητας	-,301	,115	,011

a. Dependent Variable: lnWTP

**Πίνακας 9.** Συντελεστής προσαρμογής και τυπικό σφάλμα πρόβλεψης του μοντέλου

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,609	,370	,323	,78590

Επιχειρώντας μια ερμηνεία του παραμετρικού μοντέλου εκτίμησης των ποσών συνεισφοράς των νοικοκυριών, φαίνεται πως η σημαντικότερη παράμετρος είναι η προθυμία ή μη εγκατάστασης κάποιου συστήματος ΑΠΕ στην κατοικία του ερωτώμενου. Ακολουθούν από πλευράς βαρύτητας η ενημέρωση του ερωτώμενου για την ΕΞΕ και το εισόδημα του νοικοκυριού. Οι κάτοικοι με υψηλότερο μορφωτικό επίπεδο φαίνεται να συνεισφέρουν μικρότερα χρηματικά ποσά, όπως και οι ερωτώμενοι που ανήκουν σε πολυμελή νοικοκυριά.

#### **Υπολογισμός συνολικής οικονομικής συνεισφοράς των κατοίκων του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ**

Συνοψίζοντας όσα παρουσιάστηκαν ανωτέρω, μπορεί να εκτιμηθεί το συνολικό ποσό που είναι πρόθυμοι να διαθέσουν οι κάτοικοι του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή τους, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι τα ενεργά νοικοκυριά του Μετσόβου είναι 750.

**Πίνακας 10.** Συνολική οικονομική συνεισφορά των κατοίκων του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή

Τρόπος προσέγγισης	Με βάση τη μέση τιμή	Με βάση τη διάμεσο
Απλή στατιστική επεξεργασία (σύνολο δείγματος)	73.725 €	15.000 €
Απλή στατιστική επεξεργασία (θετικές απαντήσεις)	78.014 €	40.845 €
Μη παραμετρική επεξεργασία	50.634 €	41.043 €
Παραμετρική επεξεργασία	49.422 €	55.549 €

Αν εξαιρεθούν τα αποτελέσματα της απλής στατιστικής επεξεργασίας, λόγω μεγάλης απόκλισης του δείγματος από την κανονική κατανομή, μπορεί να θεωρηθεί ότι η πλέον αντιπροσωπευτική κεντρική τάση της οικονομικής συνεισφοράς των κατοίκων του Μετσόβου κινείται στην περιοχή των **50.000€ ανά έτος**.

## 2. ΕΡΕΥΝΑ ΜΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΤΟΥΣ ΕΠΙΣΚΕΠΤΕΣ ΤΟΥ ΜΕΤΣΟΒΟΥ

### 2.1. Συσχετίσεις της προθυμίας πληρωμής με άλλες μεταβλητές

Στον Πίνακα 11 συνοψίζονται οι μεταβλητές, οι οποίες εμφανίζουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την προθυμία πληρωμής. Από τις μεταβλητές των δημογραφικών ερωτήσεων μόνο αυτή της ηλικίας εμφανίζει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τη προθυμία πληρωμής. Οι υπόλοιπες μεταβλητές που επηρεάζουν την προθυμία πληρωμής είναι: ο αριθμός των επισκέψεων στο Μέτσοβο, η ενημέρωση για τις ΑΠΕ, η συμφωνία ή διαφωνία επέκτασης των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές, η σημασία που αποδίδεται στο να διαθέτει το ξενοδοχείο συστήματα ΑΠΕ και η ελκυστικότητα του Μετσόβου ως τουριστικού προορισμού.

**Πίνακας 11.** Αποτελέσματα του ελέγχου  $\chi^2$  για τη συσχέτιση της προθυμίας πληρωμής των επισκεπτών του Μετσόβου με άλλες μεταβλητές

Κωδικός μεταβλητής	Ονομασία μεταβλητής	p-value
<b>Μεταβλητές δημογραφικών ερωτήσεων</b>		
Δ2	Ηλικιακή κατηγορία	0,090***
<b>Μεταβλητές λοιπών ερωτήσεων</b>		
E1α	Αριθμός επισκέψεων στο Μέτσοβο	0,082***
E4	Ενημέρωση για τις ΑΠΕ	0,025**
E9	Επέκταση ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές	0,002*
E12	Σημασία να έχει το ξενοδοχείο ΑΠΕ	0,035**
E2	Ελκυστικότητα Μετσόβου	0,000*
*	Στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99%	
**	Στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%	
***	Στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 90%	

Με βάση τις μεταβλητές που εμφανίζουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την προθυμία πληρωμής, αλλά και πραγματοποιώντας επιπλέον δοκιμές με την προσθήκη και άλλων μεταβλητών, έγινε προσπάθεια δημιουργίας ενός μοντέλου λογιστικής παλινδρόμησης σχετικά με την προθυμία πληρωμής. Η λογιστική παλινδρόμηση χρησιμοποιείται στην περίπτωση που επιθυμείται να προβλεφθεί η τιμή που λαμβάνει μια δίτιμη μεταβλητή, συναρτήσει άλλων παραγόντων. Τα μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης στοχεύουν στο να υπολογίσουν τα odds, που ορίζονται από τη σχέση:

$$odds = \frac{p}{1 - p}$$

p: Η πιθανότητα εμφάνισης ενός ενδεχομένου

Επειδή, όταν η πιθανότητα εμφάνισης ενός ενδεχομένου τείνει στο ένα, ο λόγος τείνει στο άπειρο, τα μοντέλα βασίζονται στον υπολογισμό της λογαριθμικής τιμής των odds. Έτσι, η τελική μορφή ενός μοντέλου λογιστικής παλινδρόμησης εκφράζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\ln(odds) = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_i$$

Στην ουσία, πρόκειται για ένα γραμμικό μοντέλο, ανάλογο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Η διαφορά έγκειται στο ότι ο υπολογισμός δεν γίνεται με στόχο την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των τετραγώνων των σφαλμάτων, αλλά με βάση τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας, κατά την οποία οι τιμές των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών κάνουν τις παρατηρηθείσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής πιο πιθανές, βάσει του συνόλου των ανεξάρτητων μεταβλητών που περιλαμβάνονται στο μοντέλο (Υφαντόπουλος & Νικολαΐδου, 2008).

Στην υπό μελέτη περίπτωση, το μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης, το οποίο εμφανίζει τη μεγαλύτερη αξιοπιστία ως προς την πρόβλεψη της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\ln(odds) = -5,040 - 0,540 \cdot A + 1,953 \cdot B + 1,115 \cdot \Gamma + 0,811 \cdot \Delta$$

A: Αριθμός επισκέψεων στο Μέτσοβο

B: Ελκυστικότητα Μετσόβου

Γ: Ενημέρωση για τις ΑΠΕ

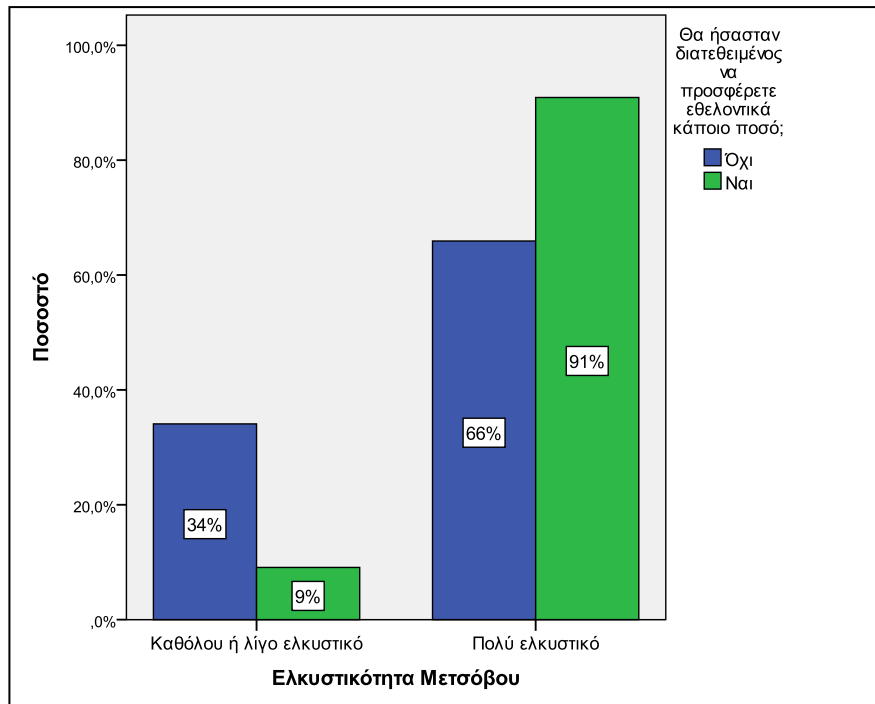
Δ: Επέκταση ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές

Με βάση το μοντέλο, το οποίο περιγράφεται από τη σχέση (4.1), φαίνεται ότι ο σημαντικότερος παράγων, που καθορίζει τη θετική στάση του ερωτώμενου απέναντι στο ενδεχόμενο πληρωμής σε υποθετικό φορέα, είναι η άποψή του για το εάν το Μέτσοβο είναι ελκυστικός προορισμός ή όχι. Η δεύτερη σε σημασία παράμετρος είναι το εάν ο ερωτώμενος είναι ενημερωμένος ή όχι για τις ΑΠΕ.

**Πίνακας 12.** Στατιστικές παράμετροι του μοντέλου λογιστικής παλινδρόμησης

		Variables in the Equation				
		B	S.E.	Wald	Sig.	Exp(B)
Step 1	E9new	,811	,497	2,664	,103	2,251
	E2new	1,953	,559	12,212	,000	7,047
	E1α	-,540	,205	6,938	,008	,583
	E4	1,115	,777	2,063	,151	3,051
	Constant	-5,040	1,345	14,045	,000	,006

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 12, μόλις ένας στους δέκα από τους επισκέπτες που δε βρίσκουν ελκυστικό το Μέτσοβο δέχονται να πληρώσουν για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή. Αντίθετα, το ποσοστό των θετικών απαντήσεων ανάμεσα σε όσους θεωρούν ελκυστικό το Μέτσοβο ανέρχεται σε 34%, ποσοστό μεγαλύτερο κατά δέκα, περίπου, ποσοστιαίες μονάδες από την προθυμία πληρωμής του δείγματος.



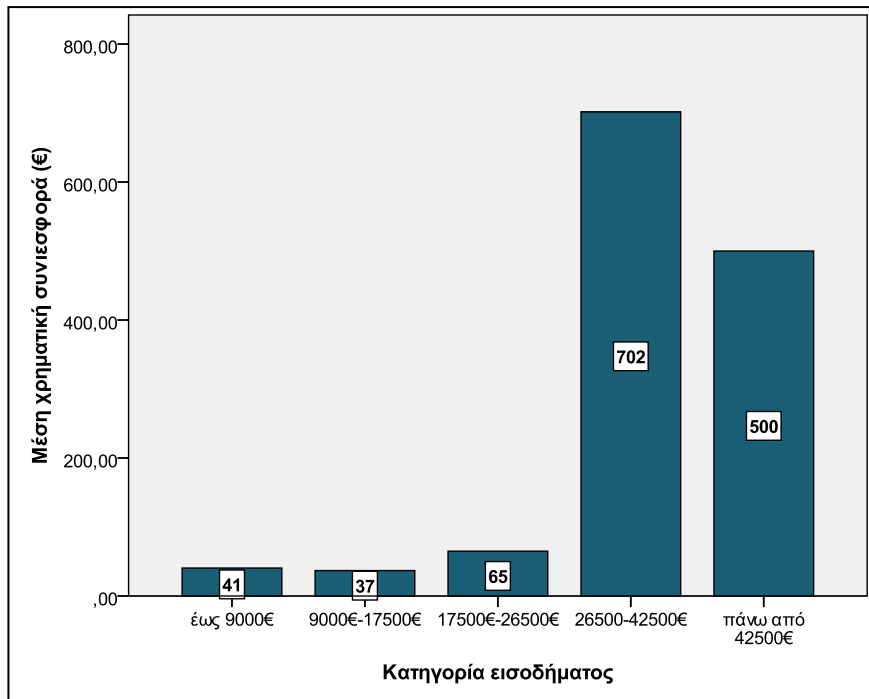
**Διάγραμμα 12.** Προθυμία πληρωμής αναλόγως της άποψης των επισκεπτών για το Μέτσοβο

## 2.2.Συσχετίσεις του ποσού συνεισφοράς με άλλες μεταβλητές

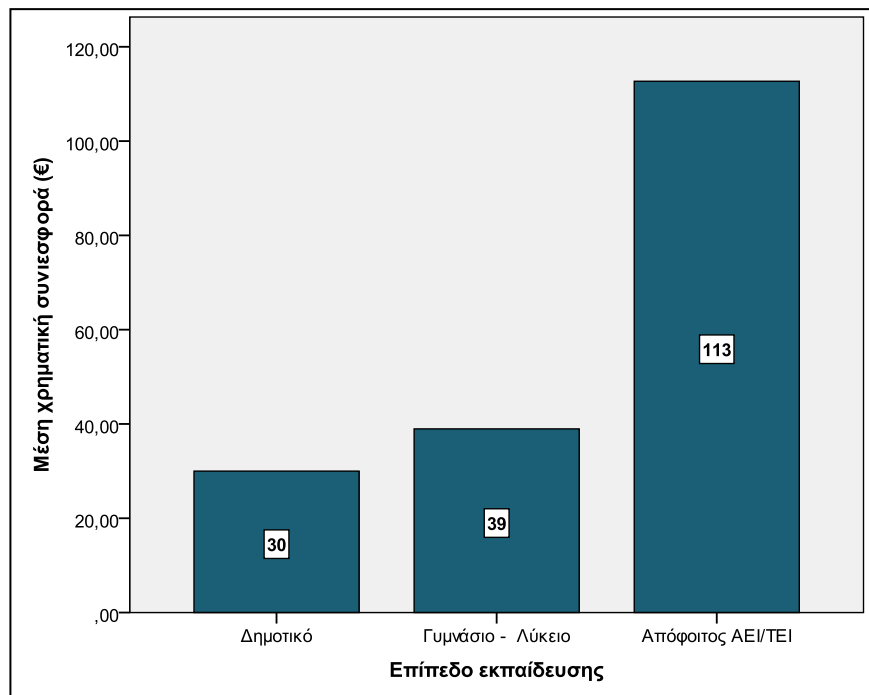
Συνδυάζοντας τα ποσά πληρωμής με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτηθέντων και άλλες μεταβλητές, διαπιστώθηκε ότι:

- Τα ποσά συνεισφοράς αυξάνονται στις υψηλότερες εισοδηματικές κατηγορίες (Διάγραμμα 13)
- Όσοι έχουν υψηλότερο επίπεδο εκπαίδευσης προσφέρουν μεγαλύτερα ποσά (Διάγραμμα 14)
- Οι ενημερωμένοι σχετικά με τις ΑΠΕ είναι πρόθυμοι να προσφέρουν περισσότερα χρήματα (Διάγραμμα 15)

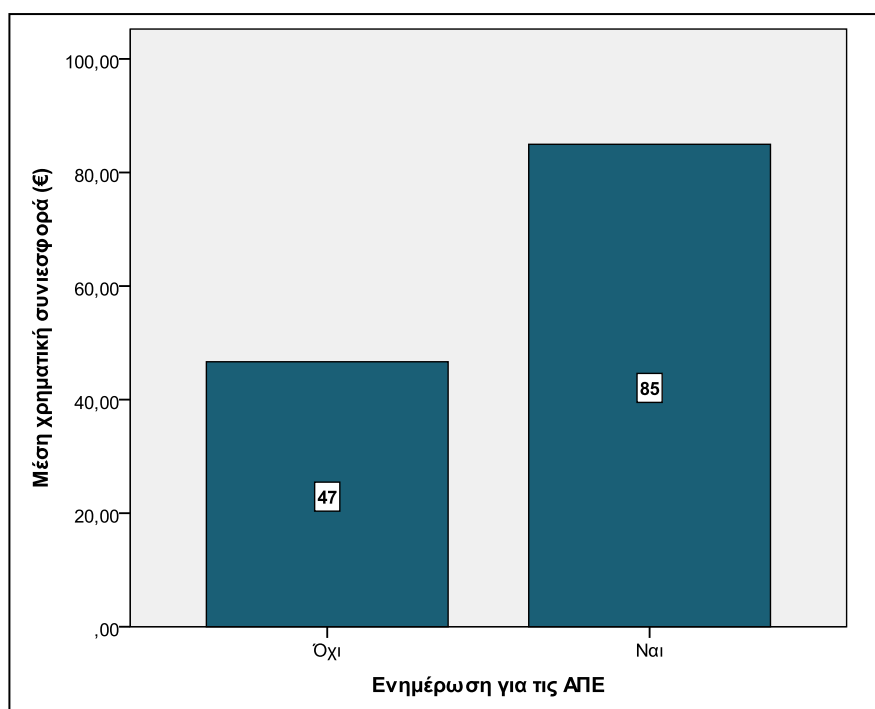




**Διάγραμμα 13.** Μέσες τιμές χρηματικής συνεισφοράς αναλόγως εισοδήματος



**Διάγραμμα 14.** Μέσες τιμές χρηματικής συνεισφοράς αναλόγως του επιπέδου εκπαίδευσης



**Διάγραμμα 15.** Μέσες τιμές χρηματικής συνεισφοράς αναλόγως ενημέρωσης ή μη για τις ΑΠΕ

### 2.3. Επεξεργασία και υπολογισμός του ποσού συνεισφοράς

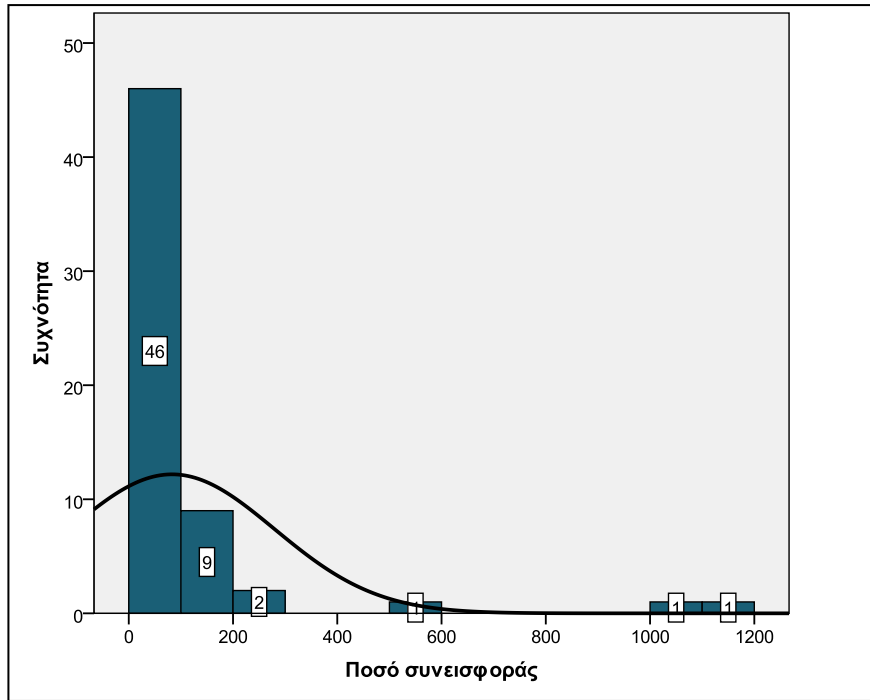
Όπως και στην περίπτωση των κατοίκων, προκειμένου η προσέγγιση να είναι περισσότερο ρεαλιστική, στους υπολογισμούς συμπεριλήφθηκαν μόνο τα ποσά πληρωμής, τα οποία αντιστοιχούσαν σε ποσοστό μικρότερο του 4% του εισοδήματος των ερωτηθέντων. Στον Πίνακα 13, περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα της απλής στατιστικής επεξεργασίας.

**Πίνακας 13.** Περιγραφικοί στατιστικοί δείκτες απλής στατιστικής επεξεργασίας

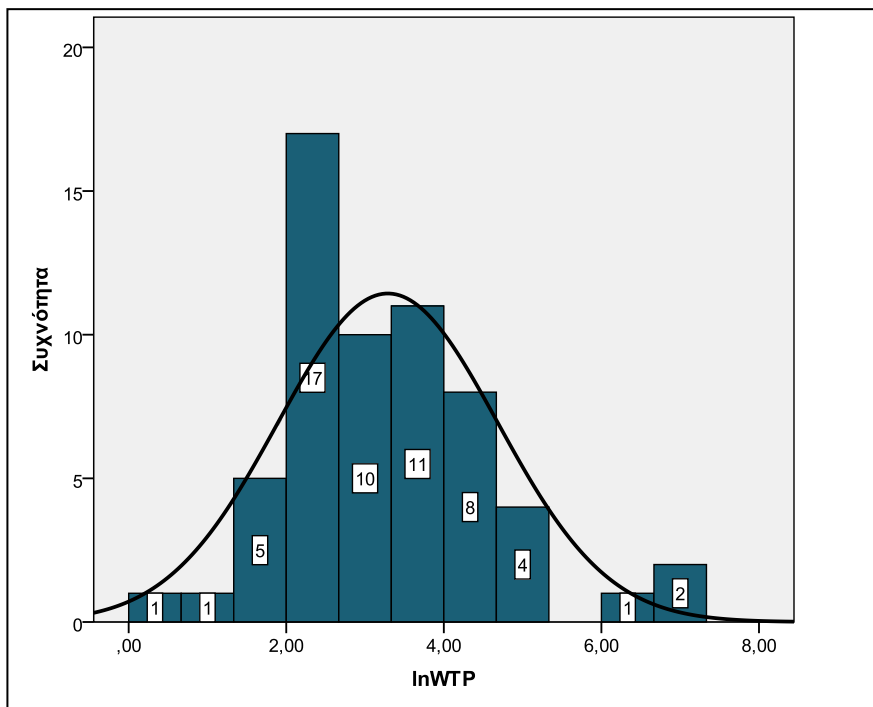
Δείκτης	σύνολο ερωτηθέντων	Θετικές απαντήσεις
Μέση τιμή	17,6	83,0
Διάμεσος	0,0	20,0
Ελάχιστη τιμή	0,0	1,0
Μέγιστη τιμή	1100,0	1100,0
Τυπική απόκλιση	95,9	196,4

### Μη παραμετρική στατιστική επεξεργασία

Η κατανομή των συχνοτήτων των ποσών συνεισφοράς απέχει από το να μπορεί να θεωρηθεί κανονική. Ο έλεγχος Κομογορον – Smirnov καταλήγει σε παράμετρο Z, με τιμή σημαντικότητας μικρότερη του 0,05 και ο λόγος λ κινείται στην περιοχή 14,12 έως 32,29. Στο Διάγραμμα 16 αποτυπώνεται γραφικά η διαφορά της κατανομής των συχνοτήτων των ποσών συνεισφοράς με την κανονική κατανομή.



**Διάγραμμα 16.** Κατανομή των ποσών συνεισφοράς των επισκεπτών του Μετσόβου



**Διάγραμμα 17.** Κατανομή των λογαριθμικών τιμών των ποσών συνεισφοράς των επισκεπτών του Μετσόβου

Μετατρέποντας τα ποσά συνεισφοράς σε λογαριθμικές τιμές, η κατανομή πλησιάζει σημαντικά την κανονική. Η τιμή του λόγου λ κυμαίνεται μεταξύ 0,715 και 1,57, δηλαδή εντός της περιοχής (-2,2). Επιπλέον, η παράμετρος Z που προκύπτει από τον έλεγχο Kolmogorov – Smirnov έχει τιμή σημαντικότητας μεγαλύτερη από 0,05. Συνεπώς, με ασφάλεια, μπορεί να θεωρηθεί ότι οι λογαριθμικές τιμές των ποσών συνεισφοράς ακολουθούν κανονική κατανομή.

**Πίνακας 14.** Στρεβλότητα και κύρτωση κατανομής λογαριθμικών τιμών ποσών συνεισφοράς των επισκεπτών του Μετσόβου

Statistics		
lnWTP		
N	Valid	60
	Missing	0
	Skewness	,487
	Std. Error of Skewness	,309
	Kurtosis	,435
	Std. Error of Kurtosis	,608

**Πίνακας 15.** Αποτελέσματα ελέγχου Kolmogorov – Smirnov για τις λογαριθμικές τιμές των ποσών συνεισφοράς των επισκεπτών του Μετσόβου

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		lnWTP
N		60
Normal Parameters	Mean	3,2895
	Std. Deviation	1,39562
Most Extreme Differences	Absolute	,160
	Positive	,160
	Negative	-,123
Kolmogorov-Smirnov Z		1,241
Asymp. Sig. (2-tailed)		,092

Η μέση τιμή των λογαριθμικών τιμών των ποσών συνεισφοράς ανέρχεται σε 3,29, τιμή που αντιστοιχεί σε 26,8€. Η διάμεσος είναι ίση με 3, αντιστοιχεί, δηλαδή, σε 20€. Η τιμή της διαμέσου προκύπτει ίδια με την περίπτωση της απλής στατιστικής επεξεργασίας.

**Πίνακας 16.** Περιγραφικοί στατιστικοί δείκτες μη – παραμετρικής στατιστικής επεξεργασίας

Δείκτης	Θετικές απαντήσεις
Μέση τιμή	4,82
Διάμεσος	4,61
Ελάχιστη τιμή	2,20
Μέγιστη τιμή	6,91
Τυπική απόκλιση	0,94

### Παραμετρική στατιστική επεξεργασία

Το πλέον κατάλληλο μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, για την πρόβλεψη του ποσού συνεισφοράς, που προέκυψεκατόπιν δοκιμών, εκφράζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\ln WTP = -1,961 + 0,682 \cdot A + 0,303 \cdot B + 0,835 \cdot \Gamma - 0,959 \cdot \Delta$$

A: Επίπεδο εκπαίδευσης

B: Εισοδηματική κατηγορία

Γ: Άποψη για τη σημασία ύπαρξης συστημάτων ΑΠΕ στα ξενοδοχεία

Δ: Πρώτη φορά στο Μέτσοβο

Ο συντελεστής προσαρμογής του μοντέλου έχει τιμή 24,1%. Εκτός από το σταθερό όρο, οι υπόλοιποι συντελεστές είναι στατιστικά σημαντικοί σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Θέτοντας τις μεταβλητές του μοντέλου ίσες με τις μέσες τιμές τους, προκύπτει ότι η λογαριθμική τιμή του ποσού συνεισφοράς είναι 3,28. Αυτό αντιστοιχεί σε 27€, τιμή ουσιαστικά ίδια με την περίπτωση της μη-παραμετρικής επεξεργασίας. Αν στην εξίσωση (4.2) χρησιμοποιηθούν οι διάμεσοι των ανεξάρτητων μεταβλητών, προκύπτει ως αποτέλεσμα το χρηματικό ποσό των 48€.

**Πίνακας 17.** Συντελεστές παραμετρικού μοντέλου εκτίμησης του ποσού συνεισφοράς, τυπικό σφάλμα και στατιστική σημαντικότητα αυτών

		Coefficients <sup>a</sup>		
Model		Unstandardized Coefficients		Sig.
		B	Std. Error	
1	(Constant)	-1,961	1,738	,264
	Εκπαίδευση	,682	,322	,039
	Κατηγορία εισοδήματος	,303	,096	,003
	Σημαντικό να έχει το ξενοδοχείο ΑΠΕ / ΕΞΕ	,835	,351	,021
	Πρώτη φορά στο Μέτσοβο	-,959	,398	,020

a. Dependent Variable: lnWTP

## Υπολογισμός συνολικής οικονομικής συνεισφοράς των επισκεπτών του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ

Στον πίνακα 18 συνοψίζονται τα αποτελέσματα του υπολογισμού της συνολικής οικονομικής συνεισφοράς των επισκεπτών του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή. Η μεγάλη απόκλιση της κατανομής των συχνοτήτων των ποσών συνεισφοράς από την κανονική κατανομή, καθιστά προτιμότερο να αγνοηθούν οι εκτιμήσεις της απλής στατιστικής επεξεργασίας. Με βάση τη μη-παραμετρική και την παραμετρική εκτίμηση των ποσών συνεισφοράς, φαίνεται ότι η συνολική, δυνητική οικονομική συνεισφορά των επισκεπτών του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή κινείται στην περιοχή των **330.000€**. Σημειώνεται ότι η οικονομική συνεισφορά μπορεί να θεωρηθεί ότι πραγματοποιείται σε ετήσια βάση, αφού οι υπολογισμοί έχουν γίνει λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ανεξάρτητες παρέες που επισκέπτονται την περιοχή και με την προϋπόθεση ότι οι επισκέπτες πληρώνουν μία φορά στον υποθετικό φορέα που αναλαμβάνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ.

**Πίνακας 18.** Συνολική οικονομική συνεισφορά των επισκεπτών του Μετσόβου για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην περιοχή

Τρόπος προσέγγισης	Με βάση τη μέση τιμή	Με βάση τη διάμεσο
Απλή στατιστική επεξεργασία (σύνολο δείγματος)	827.200 €	0 €
Απλή στατιστική επεξεργασία (θετικές απαντήσεις)	993.585 €	239.418 €
Μη παραμετρική επεξεργασία	323.214 €	239.418 €
Παραμετρική επεξεργασία	323.214 €	574.603 €

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ  
ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ**

K. Sbonias, N. Katsoulakos, D. Kaliampakos. **“Energy planning in mountainous areas: An important step towards sustainable mountain policy”**. Planet under Pressure. London, UK, 26-29/3/2012.

N. Katsoulakos. **“Encountering energy poverty in mountainous areas through energy saving interventions: Insights from Metsovo, Greece”**. Mountain Research and Development. 31 (4): 284-292. Focus issue on global energy crisis.

N. Katsoulakos, A. Theodorou, D. Kaliampakos. **“Renewable Energy Sources in Mountainous Areas under the Influence of the Economic Crisis”**. 6<sup>th</sup> Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. Dubrovnik, Croatia, 25-29/9/2011.

N. Katsoulakos, D. Damigos, D. Kaliampakos. **“Utilization of Analytical Hierarchy Process to Evaluate Improvement Options for a Local Energy System”**. 2nd International Exergy, Life Cycle Assessment, and Sustainability Workshop & Symposium. Nisyros, Greece, 19-21/6/2011.

N. Κατσουλάκος. **«Αναβάθμιση της Ενεργειακής Συμπεριφοράς των Κτιρίων στις Ορεινές Περιοχές. Η περίπτωση του ΜΕΚΔΕ»**. Η συμβολή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη του Δήμου Μετσόβου. Επιστημονική Διημερίδα, Μέτσοβο και Μηλιά Ιωαννίνων, 1-2/7/2011.

N. Katsoulakos, D. Kaliampakos. **“Optimizing biomass use in mountainous areas”**. Global Change and the World’s Mountains. Perth, Scotland, 26-30/9/2010.

N. Κατσουλάκος, Δ. Καλιαμπάκος. **«Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Ορεινές Περιοχές»**. Η Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών. 6<sup>ο</sup> Διεπιστημονικό – Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του ΜΕΚΔΕ και του ΜΕΚΔΕ του ΕΜΠ. Μέτσοβο, 16-19/9/2010.

Ε. Μπουτέτσιου, Ν. Κατσουλάκος. **«Ενεργειακή Αξιοποίηση Δασικής Βιομάζας: Η περίπτωση του Μετσόβου»**. 6<sup>ο</sup> Διεπιστημονικό – Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του ΜΕΚΔΕ και του ΜΕΚΔΕ του ΕΜΠ. Μέτσοβο, 16-19/9/2010.

Μ. Μέγα, Σπ. Μπαλαμπέκος, Ν. Κατσουλάκος. **«Αποτίμηση της Αξίας του Μετσόβου ως Τουριστικού Προορισμού με Χρήση της Μεθόδου Ανάλυσης Κόστους Ταξιδιού»**. 6<sup>ο</sup> Διεπιστημονικό – Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του ΜΕΚΔΕ και του ΜΕΚΔΕ του ΕΜΠ. Μέτσοβο, 16-19/9/2010.

N. Κατσουλάκος. **«Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε παραδοσιακά κτίρια. Η περίπτωση του ξενώνα «Ναπολέων» στους Καλαρρύτες»**. Η συμβολή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη των Τζουμέρκων. Επιστημονική ημερίδα, Συρράκο Ιωαννίνων, 17/7/2010.

N. Κατσουλάκος, Η. Δούλος, Α. Γουλιάμου, Δ. Τσάτσης **«Ο ρόλος της περιβαλλοντικής οικονομίας στον ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό»**. Ενέργεια: Σημερινή Εικόνα – Σχεδιασμός – Προοπτικές. Συνέδριο ΤΕΕ, Αθήνα, 8-10/3/2010.

Η Δούλος, Ν. Κατσουλάκος **«Μελέτη αυτόνομου και διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος – Προτάσεις αναμόρφωσης του υφιστάμενου νομικού πλαισίου ενίσχυσης επενδύσεων σε φωτοβολταϊκά συστήματα»**, Δημοκρατία και Κρατικές Πολιτικές στην Ελλάδα. 11ο Συνέδριο του Ιδρύματος «Σάκης Καράγιωργας», Αθήνα, 6-8/11/2008.