

## Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Ορεινές Περιοχές

**Ν. Κατσουλάκος**, Μηχανολόγος Μηχανικός, ΜΔΕ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» Ε.Μ.Π.,  
Υποψήφιος Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

**Δ. Καλιαμπάκος**, Καθηγητής Ε.Μ.Π., Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών

### Περίληψη

Στην παρούσα εργασία, με πεδίο εφαρμογής την περιοχή του Μετσόβου, επιχειρείται η διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στις ορεινές περιοχές, με στόχο την κάλυψη τοπικών ενεργειακών αναγκών.

Αρχικά σκιαγραφείται το «ενεργειακό προφίλ» των ορεινών περιοχών, το οποίο χαρακτηρίζεται σε γενικές γραμμές από ζήτηση υψηλών ποσοτήτων θερμικής ενέργειας και αιχμές ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου σε περιόδους έντονης τουριστικής κίνησης. Γίνεται επίσης μία εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ενεργειακή κατανάλωση.

Επιχειρείται, στη συνέχεια, ο προσδιορισμός του ανανεώσιμου ενεργειακού δυναμικού, το οποίο συνίσταται από το αιολικό δυναμικό, το δυναμικό βιομάζας, το δυναμικό ηλιακής ακτινοβολίας και το δυναμικό υδατοπτώσεων.

Με βάση το ανανεώσιμο ενεργειακό δυναμικό και τις ενεργειακές ανάγκες, εξετάζεται κατά πόσο είναι δυνατή η κάλυψη των ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων με την αξιοποίηση των τοπικά διαθέσιμων ΑΠΕ και διατυπώνονται τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του υφιστάμενου, καθώς και του εναλλακτικού, βασισμένου στις ΑΠΕ, τρόπου κάλυψης των ενεργειακών αναγκών.

Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει για την περιοχή μελέτης είναι ότι τα τοπικά ενεργειακά διαθέσιμα μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές της ανάγκες.

### Εισαγωγή

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) πρέπει να αποτελούν κεντρικό στοιχείο μίας ολοκληρωμένης και φιλικής προς το περιβάλλον αναπτυξιακής πολιτικής. Οι ορεινές περιοχές είναι προικισμένες με σημαντικό ανανεώσιμο ενεργειακό δυναμικό. Οι αέριες μάζες ανέρχονται επιταχυνόμενες στις πλαγιές των βουνών, για να ξεπεράσουν το φυσικό εμπόδιο που αυτά θέτουν στην πορεία τους, με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται υψηλό αιολικό δυναμικό, ειδικά στις κορυφογραμμές. Γενικά, οι βροχοπτώσεις αυξάνονται συναρτήσει του υψομέτρου, στα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Ειδικά στις πλαγιές που δέχονται τις υγρές αέριες μάζες από τη θάλασσα, δημιουργούνται πολλά υδατορρέυματα, με αξιοποιήσιμο δυναμικό υδατοπτώσεων. Τα ορεινά δάση (στην Ελλάδα το 50% των δασών βρίσκεται στα βουνά) αποτελούν πηγές σημαντικών ποσοτήτων δασικής βιομάζας, η ενεργειακή αξιοποίηση των οποίων μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή μεγάλων ποσών θερμικής ενέργειας. Το γεωγραφικό πλάτος της Ελλάδας συντελεί σε υψηλά ποσοστά ηλιοφάνειας ακόμη και στα ορεινά. (Καλιαμπάκος, et. al., 2009)

Η μέχρι τώρα ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα, καθοδηγημένη από την μεγιστοποίηση του ιδιωτικού οφέλους οδηγεί σε σχέδια μεγάλης κλίμακας, με αμφίβολη περιβαλλοντική συμβατότητα στις περιοχές εφαρμογής. Σε αντίθεση με την παραπάνω κατεύθυνση, ο προσανατολισμός προς μικρά, ολοκληρωμένα συστήματα ΑΠΕ, που αξιοποιούν πληρέστερα το δυναμικό ΑΠΕ, με την ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση του ευαίσθητου ορεινού περιβάλλοντος και τη δυνατότητα σημαντικής συμμετοχής των τοπικών κοινωνιών, αποτελεί μία ενδιαφέρουσα εναλλακτική επιλογή.

Μέσω της παρούσας εργασίας επιχειρείται μία πρώτη εκτίμηση της αποτελεσματικότητας αυτής της εναλλακτικής προσέγγισης των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές, με πεδίο εφαρμογής την περιοχή του Μετσόβου.

## Το ενεργειακό προφίλ των ορεινών περιοχών και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης ενέργειας

Η ενεργειακή ταυτότητα των ορεινών περιοχών είναι σαφώς διαφοροποιημένη από την αντίστοιχη των περιοχών με χαμηλότερο υψόμετρο, κυρίως λόγω των μεταβολών των κλιματικών συνθηκών συναρτήσεως του υψομέτρου. Το υψόμετρο, αποτελεί το δεύτερο σε σημαντικότητα παράγοντα διαμόρφωσης του κλίματος μετά το γεωγραφικό πλάτος. Σε γενικές γραμμές, στα ορεινά των μεσογειακών περιοχών, αυξανόμενου του υψομέτρου, μειώνεται η μέση θερμοκρασία, αυξάνονται οι βροχοπτώσεις και μειώνεται η σχετική υγρασία. (Parish, 2002)

### Θερμικά φορτία

Υπολογίζοντας τις βαθμομέρες θέρμανσης αποτυπώνεται η αυξημένη ζήτηση θερμότητας στις ορεινές περιοχές. Οι βαθμομέρες είναι ένα μέτρο της διακύμανσης της εξωτερικής θερμοκρασίας μιας περιοχής και ένας δείκτης για το πόσο δριμύ είναι το κλίμα της. Είναι επίσης ανάλογες της θερμικής ζήτησης και εφ' όσον είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά του κελύφους του κτιρίου και του συστήματος θέρμανσης που χρησιμοποιείται, είναι δυνατός ο υπολογισμός της κατανάλωσης ενέργειας με πολύ μικρά περιθώρια σφάλματος.

Για τον υπολογισμό των βαθμομερών (για κάθε μήνα του χρόνου) χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση:

$$DD_m = \sigma_m (D_m)^{1,5} \left[ \frac{h}{2} + \ln \left( \frac{e^{-\alpha h} + e^{\alpha h}}{2\alpha} \right) \right]$$

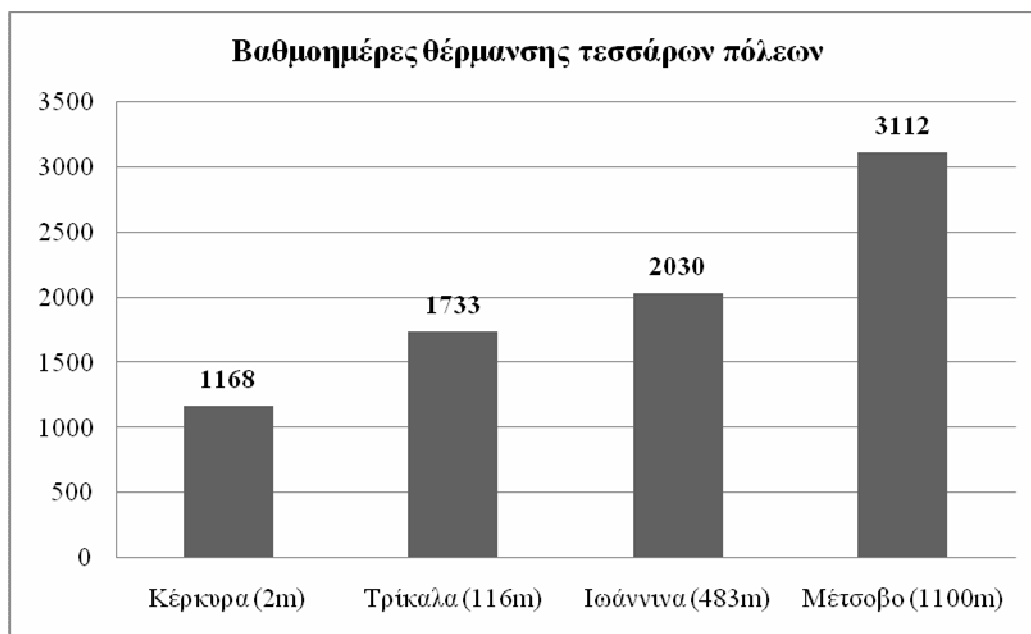
- $h = \frac{T_b - T_a}{\sigma_m D_m^{1/2}}$  ( $T_a$ , η μέση μηνιαία θερμοκρασία,  $T_b$ , η θερμοκρασία βάσης,  $D_m$ , ο αριθμός των ημερών κάθε μήνα)
- $\alpha = 1,698 D_m^{1/2}$
- $\sigma_m = 1.45 - 0.029 \cdot T_a + 0.0664 \cdot \sigma_y$  ( $\sigma_y$ , η τυπική απόκλιση της μέσης θερμοκρασίας κάθε μήνα)

Η θερμοκρασία βάσης, συνήθως, λαμβάνεται ίση με 18°C.

Στην περίπτωση του Μετσόβου, με βάση τα διαθέσιμα μετεωρολογικά στοιχεία για την περιοχή προκύπτει ότι, σε ετήσια βάση:

$$DD_y = 3112 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{days}$$

Παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η σύγκριση, του μεγέθους αυτού με το αντίστοιχο μέγεθος σε περιοχές χαμηλότερου υψομέτρου και παραπλήσιου γεωγραφικού πλάτους.



**Διάγραμμα 1.** Βαθμοημέρες θέρμανσης στην Κέρκυρα, τα Ιωάννινα, το Μέτσοβο και τα Τρίκαλα  
**Chart 1.** Heating degree – days in Kerkyra, Ioannina, Metsovo and Trikala

Είναι αξιοσημείωτο ότι ο αριθμός των βαθμοημερών θέρμανσης στο Μέτσοβο είναι κατά 53% μεγαλύτερος, σε σχέση με τα γειτονικά Ιωάννινα και κατά 166% σε σχέση με την Κέρκυρα.

Η επίδραση του υψομέτρου στον αριθμό των βαθμοημερών θέρμανσης αποτυπώνεται και στο παράδειγμα του ακόλουθου πίνακα:

**Πίνακας 1.** Βαθμοημέρες Θέρμανσης στο Αγρίνιο, το Καρπενήσι και τη Λαμία (Παπακόστας et. al. 2005)

**Table 1.** Heating degree – days in Agrinio, Karpenissi and Lamia

Πόλη	Υψόμετρο	Γεωγραφικό Πλάτος	Βαθμοημέρες Θέρμανσης
Αγρίνιο	46	38,38	1361
Καρπενήσι	980	38,54	2584
Λαμία	143	38,54	1391

Από τα ανωτέρω, γίνεται κατανοητό ότι οι μικρότερες μέσες θερμοκρασίες, που επικρατούν στις ορεινές περιοχές, σε σχέση με τις πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές, συντελούν στην ιδιαίτερα αυξημένη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση κτιριακών χώρων. Αυτό είναι ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών.

Σύμφωνα με το Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια, η κατανάλωση θερμικής ενέργειας στο Δήμο Μετσόβου αποτυπώνεται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 2.** Κατανάλωση θερμικής ενέργειας στο Δήμο Μετσόβου, σε ετήσια βάση  
**Table 2.** Annual thermal energy consumption in the municipality of Metsovo

<b>Κατηγορία χρήσης θερμότητας</b>	<b>Καταναλισκόμενη θερμότητα (kWh)</b>
Κατοικίες προ 1970	9.037.086
Κατοικίες 1970-1985	4.691.756
Κατοικίες 1985-1995	1.536.784
Κατοικίες μετά 1996	243.431
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>15.509.057</b>
Θερμό νερό	927.016

Η καταναλισκόμενη θερμότητα ανά νοικοκυριό προκύπτει ίση με **11.573 kWh** και η καταναλισκόμενη ενέργεια ανά κάτοικο προκύπτει ίση με **3.511 kWh**. Τα μεγέθη αυτά είναι ιδιαίτερα αυξημένα σε σχέση με την πόλη των Ιωαννίνων - όπως ήταν αναμενόμενο με βάση τον υπολογισμό των βαθμοημερών - στην οποία τα αντίστοιχα μεγέθη είναι **6.217 kWh** και **2.222 kWh**. Η αναλογία της ανά κάτοικο καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας είναι περίπου ίση με την αναλογία μεταξύ των βαθμοημερών θέρμανσης των δύο περιοχών<sup>1</sup>.

Οι μειωμένες θερμοκρασίες που επικρατούν στα ορεινά επιβαρύνουν σημαντικά τη θερμική κατανάλωση. Από την άλλη πλευρά, έχουν ευεργετική επίδραση στις ανάγκες ψύξης. Στην περίπτωση του Μετσόβου, οι ανάγκες ψύξης είναι ελάχιστες και η χρήση κλιματιστικών μηχανημάτων ιδιαίτερα περιορισμένη.

### **Ηλεκτρικά φορτία**

Λόγω της ιδιαίτερα περιορισμένης χρήσης κλιματιστικών μηχανημάτων οι μεγάλες αιχμές που παρουσιάζονται στη ζήτηση ενέργειας τους καλοκαιρινούς μήνες, δεν αποτελούν χαρακτηριστικό γνώρισμα των ορεινών περιοχών. Παρουσιάζεται αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρισμού το καλοκαίρι, αλλά αυτό οφείλεται στην αύξηση του πληθυσμού, αφού ιδιαίτερα τον Αύγουστο, πολλοί άνθρωποι που κατάγονται από ορεινές περιοχές, αλλά ζουν σε μεγάλα αστικά κέντρα, επιστρέφουν για λίγες ημέρες στα χωριά τους. Επίσης, η στροφή της οικονομίας των ορεινών περιοχών προς τον τουρισμό, οδηγεί ειδικά κατά τους χειμερινούς μήνες, σε αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Ακολουθώς παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή του Μετσόβου.

<sup>1</sup> Για τη διαμόρφωση μίας περισσότερο ολοκληρωμένης θεώρησης της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας βρίσκεται σε εξέλιξη πρωτογενής έρευνα με ερωτηματολόγια στον οικισμό του Μετσόβου, στο πλαίσιο διπλωματικής εργασίας του ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών».

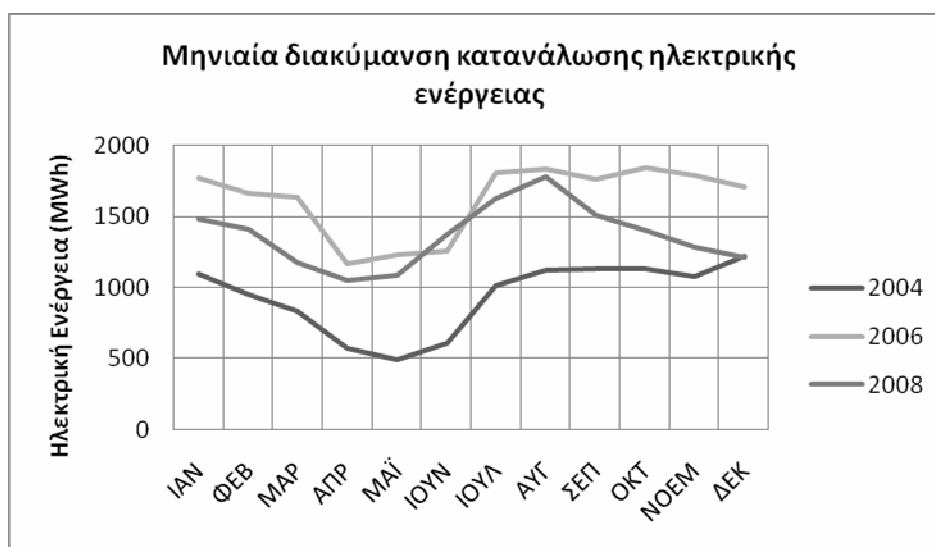


**Διάγραμμα 2.** Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο Μέτσοβο, κατά τα έτη 2003-2008.

**Chart 2.** Total annual electricity consumption in Metsovo between the years 2003 and 2008

Παρατηρείται ότι σε σχέση με το 2003, υπάρχει μία αυξητική τάση στην κατανάλωση ενέργειας, η οποία όμως σταθεροποιείται την τριετία 2007-2009. Τα μεγέθη του διαγράμματος αναφέρονται στο Δήμο Μετσόβου και την Κοινότητα Μηλιάς, που τροφοδοτούνται από τη συγκεκριμένη γραμμή τροφοδοσίας. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τον πληθυσμό των περιοχών, η ανά κάτοικο καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανέρχεται (υπολογίζοντας το μέσο όρο των ετών 2003-2009) σε **3,3 MWh**, ποσό σημαντικά μικρότερο από τις περίπου 5 MWh, του μέσου όρου της χώρας.

Όσον αφορά στην κατανομή της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια του έτους παρουσιάζεται η ακόλουθη εικόνα:



**Διάγραμμα 3.** Μηνιαία διακύμανση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας τα έτη 2004, 2006 και 2008

**Chart 3.** Monthly variation in Metsovo electricity consumption, in the years 2004, 2006 and 2008

Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει αιχμές τις περιόδους έντονης τουριστικής κίνησης. Λόγω της ουσιαστικά μη – χρήσης κλιματιστικών οι αιχμές της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι ιδιαίτερα έντονες. Αναλύοντας τα μηνιαία στοιχεία η μέγιστη ζήτηση ισχύος στη γραμμή του Μετσόβου δεν ξεπερνά μέχρι στιγμής τα **3,5 MW**.<sup>2</sup>

### **Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση ενέργειας**

Η κάλυψη των θερμικών αναγκών στις ορεινές περιοχές, όπως και στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας γίνεται με την καύση πετρελαίου diesel, γεγονός που συνεπάγεται εκπομπές ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Έχοντας καταγράψει την κατανάλωση ενέργειας στην περιοχή του Μετσόβου, είναι δυνατόν να διαμορφωθεί μία σαφής εικόνα για τις περιβαλλοντικές της επιπτώσεις. Με σχετική ασφάλεια μπορεί να εκτιμηθεί ότι το 90% της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση προέρχεται από καύση diesel, αν και το ακριβές ποσοστό θα προκύψει από την ολοκλήρωση της έρευνας στα νοικοκυριά της περιοχής. Αυτό σημαίνει ότι η ετήσια καταναλισκόμενη ποσότητα πετρελαίου εκτιμάται σε περίπου **1.300tn**.

Η περιβαλλοντική διάσταση της καύσης του diesel στην περιοχή δίνεται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 3.** Εκπομπές ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα λόγω καύσης diesel στο Μέτσοβο (Γελεγένης, Αξαόπουλος, 2005)

**Table 3.** Pollutants and carbon dioxide emissions due to diesel oil consumption in Metsovo

	<b>CO<sub>2</sub></b> (3,05kg/kg καυσίμου)	<b>SO<sub>2</sub></b> (0,0007kg/kg καυσίμου)	<b>NO<sub>x</sub></b> (0,024kg/kg καυσίμου)	<b>Σωματίδια</b> (0,0002kg/kg καυσίμου)
Κατανάλωση 1300 tn	<b>3965 tn</b>	<b>0,9 tn</b>	<b>31 tn</b>	<b>260 kg</b>

Ακολουθώντας τις εκτιμήσεις του ερευνητικού προγράμματος EXTERNE, το εξωτερικό κόστος της καύσης diesel, στο Μέτσοβο ανέρχεται σε περίπου **590.000€** ετησίως. Το εξωτερικό κόστος αντιπροσωπεύει την ανηγμένη σε οικονομικές μονάδες ζημία που προκαλείται από την καύση του πετρελαίου στο περιβάλλον και την υγεία των πολιτών.

Όσον αφορά, στην ηλεκτρική ενέργεια, η περιοχή του Μετσόβου καλύπτει τις ανάγκες της μέσω του υδροηλεκτρικού σταθμού του Αώου (ισχύος 2x120MW) και έτσι δεν υπάρχουν αέριες εκπομπές που να οφείλονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Το μικρό υδροηλεκτρικό έργο που λειτουργεί στην περιοχή του Ανθοχωρίου (ισχύος 4,2 MW) συνεισφέρει επίσης ένα μικρό ποσοστό της αναγκαίας ενέργειας.

### **Δυναμικό Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας**

Οι ορεινές περιοχές χαρακτηρίζονται ως σημαντικές αποθήκες ενεργειακών πόρων (Price, 2002). Στη συνέχεια επιχειρείται μία σύντομη επισκόπηση του δυναμικού της περιοχής του Μετσόβου σε ΑΠΕ, η οποία καταδεικνύει τη σημαντική διαθεσιμότητα ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων των ορεινών περιοχών. Παρά τις σημαντικές πληροφορίες, που παρέχονται και διαδικτυακά, από το Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα Ενέργειας, τα στοιχεία για το ενεργειακό δυναμικό και τις ενεργειακές καταναλώσεις κάθε περιοχής της χώρας δεν μπορούν να χαρακτηριστούν πλήρη και γι' αυτό απαιτούνται ειδικότεροι υπολογισμοί και παραδοχές.

<sup>2</sup> Τα στοιχεία για τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στο Μέτσοβο έχουν αντληθεί από το αρχείο του ΥΗΣ Μετσόβου, με την πολύτιμη βοήθεια του διευθυντή του ΥΗΣ κ. Δ. Σπυράκη.

### **Αιολικό Δυναμικό**

Η περιοχή του Δήμου Μετσόβου δε χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα πλούσιο αιολικό δυναμικό σε σχέση με άλλες ορεινές περιοχές όπως η Ευρυτανία ή η Ανατολική Λακωνία, που έχουν χαρακτηριστεί και ως Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας στο Ειδικό Χωροταξικό για τις ΑΠΕ. Οι περιοχές, στις οποίες οι ταχύτητες του ανέμου παρουσιάζουν μεγαλύτερη ένταση είναι κυρίως οι κορυφογραμμές των ορεινών όγκων που περιβάλλουν τους οικισμούς της περιοχής.

Ο ακριβής υπολογισμός του αιολικού δυναμικού και του τεχνικά εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού είναι μία σύνθετη διαδικασία. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας ακολουθείται μία απλοποιημένη μέθοδος, που οδηγεί όμως σε αξιόπιστες εκτιμήσεις.

Η μέθοδος βασίζεται στα ακόλουθα:

1. Εντοπισμός στους χάρτες του Εθνικού Πληροφοριακού Συστήματος για την Ενέργεια των περιοχών με μέσες ετήσιες τιμές ταχύτητας ανέμου μεγαλύτερες των 6 m/sec.
2. Αποκλεισμός των περιοχών, στις οποίες απαγορεύεται να εγκατασταθούν μεγάλες ανεμογεννήτριες, με βάση τις διατάξεις του Ειδικού Χωροταξικού των ΑΠΕ.
3. Προσεγγιστικός υπολογισμός της έκτασης των κατάλληλων περιοχών.
4. Υπολογισμός του αριθμού των τυπικών ανεμογεννητριών που μπορούν να εγκατασταθούν, με βάση τις διατάξεις του Ειδικού Χωροταξικού των ΑΠΕ και της αιολικής ενέργειας που αυτές δεσμεύουν<sup>3</sup>.
5. Εκτίμηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τις τυπικές ανεμογεννήτριες<sup>4</sup>.

Με βάση τα παραπάνω βήματα, για την περιοχή του Μετσόβου προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ✓ Έκταση κατάλληλων για εγκατάσταση ανεμογεννητριών περιοχών: **3430 στρέμματα**
- ✓ Αριθμός τυπικών ανεμογεννητριών που μπορούν να εγκατασταθούν: **3**
- ✓ Αιολική ενέργεια που δεσμεύουν οι τυπικές ανεμογεννήτριες: **38.609.298 kWh / yr**
- ✓ Παραγόμενη σε ετήσια βάση ηλεκτρική ενέργεια: **8.609.873 kWh**

### **Δυναμικό Βιομάζας**

Η ενεργειακά εκμεταλλεύσιμη βιομάζα προέρχεται κατά βάση από τρεις πηγές: το δάσος, τη γεωργία και την κτηνοτροφία.

#### Δασική βιομάζα

Η περιοχή του Μετσόβου καλύπτεται από πλούσια δάση. Σύμφωνα με τη διαχειριστική μελέτη του Δημόσιου Δάσους Βοβούσας – Φλαμπουραρίου – Μετσόβου, η συνολική δασοσκεπής έκταση, που υπάγεται στο δασαρχείο Μετσόβου, ανέρχεται σε **28.044 στρέμματα** και η μερικώς δασοσκεπής έκταση σε **14.194 στρέμματα**. Τα κυριότερα δασικά είδη της περιοχής είναι η μαύρη πεύκη, η ελάτη, η λευκόδερμη πεύκη και η οξιά.

Αξιοποιώντας τα στοιχεία του Δασαρχείου Μετσόβου για τη δασική παραγωγή στην περιοχή ευθύνης του, η παραγωγή τεχνικής ξυλείας και καυσόξυλων αποτυπώνεται στο ακόλουθο διάγραμμα:

<sup>3</sup> Σύμφωνα με το Ειδικό Χωροταξικό των ΑΠΕ, η τυπική ανεμογεννήτρια έχει διάμετρο ρότορα 85m. Σε περιοχές αιολικής καταλληλότητας – όπως η περιοχή του Μετσόβου – μπορούν να εγκατασταθούν 0,66 τυπικές ανεμογεννήτριες ανά 1000 στρέμματα. Η δεσμευόμενη αιολική ενέργεια σε ετήσια βάση υπολογίζεται προσεγγιστικά με βάση τη σχέση:  $E = 10,5 \times A \times V^3$ , όπου V η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου και A η επιφάνεια σάρωσης του ρότορα (Μπεργελές, 2005).

<sup>4</sup> Για την περίπτωση του Μετσόβου, ακολουθώντας τα όσα αναφέρονται στους χάρτες του ΚΑΠΕ, ο συντελεστής μετατροπής της δεσμευόμενης αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική, λαμβάνεται ίσος με 22,3% ([www.cres.gr](http://www.cres.gr)).



**Διάγραμμα 4.** Δασική παραγωγή στην περιοχή του Μετσόβου κατά τα έτη 1988 – 2008  
**Chart 4.** Forest production in Metsovo area between the years 1988 and 2008

Με βάση τα στοιχεία αυτά μπορεί να υπολογιστεί το θερμικό περιεχόμενο της δασικής βιομάζας, χρησιμοποιώντας τους μέσους όρους παραγωγής τεχνικής ξυλείας και καυσόξυλων της εικοσαετίας. Για τους υπολογισμούς είναι απαραίτητα τα ακόλουθα τεχνικά μεγέθη:

- Πυκνότητα ξυλείας ( $d$ ). Λαμβάνεται ίση με:  $670 \text{ kg} / \text{m}^3$
- Θερμογόνος δύναμη ξύλου ( $\Theta_k$ ). Λαμβάνεται ίση με:  $3,833 \text{ kWh} / \text{kg}^5$
- Ποσοστό υπολειμμάτων από τη διαδικασία παραγωγής τεχνικής ξυλείας ( $\pi_v$ ). Λαμβάνεται ίσο με: 4% (Νταλός, 2007)

Τα μεγέθη αυτά αξιοποιούνται στη σχέση που δίνει το θερμικό περιεχόμενο της δασικής βιομάζας:

$$E_{th} = M_{καυσ} \cdot \Theta_k + d \cdot V_{\tau\xi} \cdot \pi_v \cdot \Theta_k$$

( $M_{καυσ}$ : μάζα καυσόξυλων,  $V_{\tau\xi}$ : όγκος τεχνικής ξυλείας)

Ο υπολογισμός του θερμικού περιεχομένου της δασικής βιομάζας γίνεται για δύο σενάρια αξιοποίησης:

1. Αξιοποίηση των υπολειμμάτων από την παραγωγή τεχνικής ξυλείας και πλήρης αξιοποίηση των καυσόξυλων για ενεργειακή παραγωγή. Στην περίπτωση αυτή, προκύπτει δυναμικό θερμικής ενέργειας σε ετήσια βάση: **21.866.466 kWh**
2. Αξιοποίηση των υπολειμμάτων από την παραγωγή τεχνικής ξυλείας και κατά 50% αξιοποίηση των καυσόξυλων για ενεργειακή παραγωγή. Στην περίπτωση αυτή προκύπτει δυναμικό θερμικής ενέργειας σε ετήσια βάση: **12.013.739 kWh**

<sup>5</sup> Τα μεγέθη της πυκνότητας και της θερμογόνου δύναμης διαφοροποιούνται αναλόγως του δασικού είδους και άλλων παραμέτρων. Οι τιμές που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται ευρέως στις τεχνολογικές εφαρμογές.



### Αγροτικά υπολείμματα

Στην περιοχή του Μετσόβου διατηρείται μία σημαντικής κλίμακας αγροτική παραγωγή για τα δεδομένα της ορεινής Ελλάδας. Κύρια προϊόντα της περιοχής είναι το κρασί, τα σταφύλια, οι πατάτες και τα καρύδια.

Ο υπολογισμός του ενεργειακού περιεχομένου των αγροτικών υπολειμμάτων υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη σχέση:

$$E_{th} = M_p \cdot \lambda_v \cdot (1 - w) \cdot \Delta \cdot \Theta_{\kappa}$$

$M_p$ : Ποσότητα παραγόμενου προϊόντος (kg)

$\lambda_v$ : Λόγος υπολείμματος ανά kg παραγόμενου προϊόντος

w: Ποσοστό υγρασίας

$\Delta$ : Συντελεστής διαθεσιμότητας

$\Theta_{\kappa}$ : Θερμογόνος Δύναμη (MJ / kg)

Για τον υπολογισμό των ανωτέρω, αφ' ενός αναζητήθηκαν στο Δήμο Μετσόβου, στοιχεία για την αγροτική παραγωγή και αφ' ετέρου συνδυάστηκαν βιβλιογραφικές αναφορές για την προσέγγιση των τεχνικών μεγεθών (Di Blasi, Tanzi, Lanzetta, 1997 και Παπάζογλου, Κυρίτσης, 2000).

Το ενεργειακό περιεχόμενο των αγροτικών υπολειμμάτων στο Δήμο Μετσόβου είναι: **1.223.535 kWh**

### Κτηνοτροφικά υπολείμματα

Το Μέτσοβο, κατά το παρελθόν, αποτελούσε μείζον κτηνοτροφικό κέντρο. Όμως, η κτηνοτροφική δραστηριότητα στην περιοχή φθίνει, όπως και στο σύνολο της ορεινής Ελλάδας, λόγω της στροφής προς τον τριτογενή τομέα και ιδιαίτερα στον τουρισμό.

Τα κτηνοτροφικά υπολείμματα μπορούν κατά βάση να αξιοποιηθούν με την παραγωγή βιοαερίου, μέσω χώνευσης. Το ενεργειακό περιεχόμενο των κτηνοτροφικών υπολειμμάτων δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$E_{th} = N \cdot m_v \cdot \phi_{bg} \cdot \Delta_{\Sigma} \cdot \Theta_{bg}$$

N: αριθμός ζώων

$m_v$ : παραγόμενη οργανική ύλη κατά κεφαλή (kg)

$\phi_{bg}$ : παραγόμενο βιοαέριο μέσω χώνευσης ανά kg οργανικής ύλης (Nm<sup>3</sup>/kg)

$\Delta_{\Sigma}$ : ποσοστό διαθεσιμότητας (εκφράζει τον αριθμό σταυλισμένων ζώων)

$\Theta_{bg}$ : θερμογόνος δύναμη βιοαερίου

Ο αριθμός των ζώων αναζητήθηκε στο Δήμο Μετσόβου, ενώ τα λοιπά τεχνικά μεγέθη προσδιορίστηκαν με βάση εξειδικευμένες βιβλιογραφικές αναφορές (Karaj et. al., 2010 και Βουρδούμπας, 2002).

Το θερμικό περιεχόμενο του δυνητικά παραγόμενου βιοαερίου από τα κτηνοτροφικά υπολείμματα είναι στο Δήμο Μετσόβου: **2.565.059 kWh**

Με βάση τα παραπάνω στην περιοχή του Μετσόβου, το συνολικά αξιοποιήσιμο ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας είναι:

- Με πλήρη αξιοποίηση των καυσόξυλων: **25.655.060 kWh**

- Με αξιοποίηση των καυσόξυλων κατά 50%: **15.802.333 kWh**

Είναι αξιοσημείωτο ότι και στις δύο περιπτώσεις η δυνητικά αξιοποιήσιμη θερμική ενέργεια προέρχεται σε ποσοστό 76 – 85% από τη δασική βιομάζα.

### **Δυναμικό Ηλιακής Ακτινοβολίας**

Μία εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή του Μετσόβου μπορεί να γίνει με βάση τα στοιχεία από το ερευνητικό πρόγραμμα Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Για το νομό Ιωαννίνων συνολικά, από το συγκεκριμένο πρόγραμμα προκύπτουν τα ακόλουθα δεδομένα:

**Πίνακας 4.** Ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά συστήματα στο νομό Ιωαννίνων

**Table 4.** Yearly global irradiation and photovoltaic energy production potential in the Ioannina Prefecture

<b>Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m<sup>2</sup>)</b>			
	Ελάχιστη	Μέση	Μέγιστη
οριζόντιο επίπεδο	1449	1474	1541
επίπεδο βέλτιστης κλίσης	1596	1634	1733
<b>Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια (kWh/kW<sub>p</sub>)</b>			
	Ελάχιστη	Μέση	Μέγιστη
οριζόντιο επίπεδο	1056	1093	1157
επίπεδο βέλτιστης κλίσης	1165	1206	1293

Ειδικότερα, για την περιοχή του Μετσόβου υπάρχει έλλειψη μακροχρόνιων δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας, οπότε ο παραπάνω πίνακας αποτελεί τον κύριο οδηγό για την εκτίμηση του δυναμικού ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή.

Πρέπει να τονιστεί, ότι οι ανωτέρω τιμές ηλιακής ακτινοβολίας και δυνητικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, είναι σημαντικές, αν και σαφώς μικρότερες από τις αντίστοιχες λ.χ. στα νησιά του Αιγαίου. Όμως, λόγω του ότι η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία κατά το μεγαλύτερο βαθμό εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, η γεωγραφική θέση της Ελλάδας είναι τέτοια, που ακόμη και στις ορεινές περιοχές, η αξιοποιήσιμη ηλιακή ενέργεια κάθε άλλο παρά αμελητέα είναι.

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 19500/2004, κατόπιν έγκρισης της αρμόδιας επιτροπής αρχιτεκτονικού ελέγχου (ΕΠΑΕ) επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε οικίες εντός παραδοσιακών οικισμών. Συνεπώς και στο Μέτσοβο, το οποίο είναι χαρακτηρισμένος παραδοσιακός οικισμός, μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν τα φωτοβολταϊκά συστήματα στον οικιακό τομέα.

### **Υδατικό δυναμικό / Δυναμικό Υδατοπτώσεων**

Η ευρύτερη περιοχή του Μετσόβου έχει χαρακτηριστεί ως η «υδρολογική καρδιά της Ελλάδας». Οι βροχοπτώσεις και η απορροή κυμαίνονται στα υψηλότερα επίπεδα που συναντώνται στην Ελλάδα και είναι συγκρίσιμες ακόμη και με τροπικές περιοχές. Πέντε

μεγάλοι ποταμοί πηγάζουν από την περιοχή - Αλιάκμονας, Άραχθος, Αχελώος, Αώος, Πηνειός. (Κουτσογιάννης, Μαμάσης, 1998)

Οι κατοικημένες περιοχές του Δήμου Μετσόβου, κατά βάση, υπάγονται στη λεκάνη απορροής του ποταμού Μετσοβίτικου, ενός από τους κύριους τροφοδότες του Αράχθου και συγκεκριμένα στη λεκάνη του Άνω Μετσοβίτικου. Η λεκάνη του Άνω Αώου περιλαμβάνεται στην εδαφική επικράτεια του Δήμου και σε αυτήν έχει δημιουργηθεί η τεχνητή λίμνη Πηγών Αώου, που χρησιμοποιείται ως ταμιευτήρας για τον υδροηλεκτρικό σταθμό Αώου, ισχύος 2x120MW.

Ο ακριβής υπολογισμός του διαθέσιμου δυναμικού υδατοπτώσεων είναι μία πολύπλοκη διαδικασία. Χρειάζεται να γίνει προσδιορισμός της λεγόμενης καμπύλης διάρκειας της παροχής με χρήση υδρολογικών μοντέλων, σε συνδυασμό με μία ελάχιστη σειρά μετρήσεων παροχής, στα σημεία που παρουσιάζουν ενδιαφέρον και από πλευράς παροχής και από πλευράς εδαφικής κλίσης. Στο σύνολό της η ανωτέρω διαδικασία πραγματοποιείται συνήθως στις περιπτώσεις εγκατάστασης ενός υδροηλεκτρικού έργου, ενώ τα διαθέσιμα στοιχεία είναι ιδιαίτερα φτωχά. Συνεπώς, στην παρούσα εργασία, δεν είναι δυνατόν να γίνει αναλυτικός υπολογισμός του δυναμικού υδατοπτώσεων στην περιοχή του Μετσόβου, παρά μόνον μία ρεαλιστική εκτίμηση.

Σύμφωνα με στοιχεία από το Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια, στην περιοχή Μετσόβου:

- Πέραν του κυρίως ρου του Άνω Μετσοβίτικου υπάρχουν τέσσερα υδατορρέυματα με μέση ετήσια παροχή μεταξύ 0,15 και 3,15 m<sup>3</sup>/sec.
- Υπάρχουν τουλάχιστον είκοσι μικρά υδατορρέυματα με μέση ετήσια παροχή κάτω των 0,15 m<sup>3</sup>/sec.
- Στην πλειονότητα των υδατορρευμάτων συναντώνται κλίσεις εδάφους άνω των 5°.

Προκειμένου να υπάρξει μία σαφέστερη εικόνα των αποτελεσμάτων των παραπάνω χαρακτηριστικών της υδρολογικής λεκάνης του Άνω Μετσοβίτικου, θα γίνει ένας υπολογισμός της δυναμικής ενέργειας των υδατοπτώσεων των τεσσάρων μεγαλύτερων υδατορρευμάτων με βάση παραδοχές, που μπορούν να προκύψουν από τα διαθέσιμα στοιχεία.

Παραδοχές:

1. Μέση ετήσια παροχή των τεσσάρων μεγαλύτερων υδατορρευμάτων: 1 m<sup>3</sup>/sec.
2. Διαθέσιμο ύψος υδατοπτώσεων: 60m
3. Συντελεστής απόδοσης υδροστροβίλων: 85%

Η υδραυλική ισχύς δίνεται από τη σχέση:

$$P = \eta \cdot Q \cdot H \cdot g$$

Όπου:

$\eta$ : Ο συντελεστής απόδοσης του υδροστροβίλου

$Q$ : Η παροχή σε m<sup>3</sup>/sec

$H$ : Το ύψος υδατόπτωσης σε m

$g$ : Η επιτάχυνση της βαρύτητας

Συνεπώς κάθε μία από τις τέσσερις μονάδες μπορεί να έχει ισχύ: **500kW**

Συνολικά, μπορεί να εγκατασταθεί ισχύς: **2MW**

Αν υποθέσουμε ότι η διαθεσιμότητα των μονάδων θα ανέρχεται σε 60% των ημερών του χρόνου, η παραγόμενη ενέργεια ηλεκτρική ενέργεια προκύπτει ίση με περίπου **10.000MWh**.

## **Δυνατότητες αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την κάλυψη των τοπικών αναγκών**

Η αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας με χρήση ΑΠΕ, βασισμένη σε υποδομές ισχύος που ανταποκρίνεται στις τοπικές ανάγκες αποτελεί μία αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον λύση για τις ορεινές περιοχές. Οι περισσότερες ορεινές περιοχές της Ελλάδας βρίσκονται μακριά από τα μεγάλα ενεργειακά κέντρα, με εξαίρεση τις περιοχές που γειτνιάζουν με μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Η ύπαρξη τοπικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από ΑΠΕ μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της αξιοπιστίας του ενεργειακού εφοδιασμού. Επιπλέον, μικρές ενεργειακές μονάδες που συντείνουν στην ενεργειακή αυτονομία απομονωμένων περιοχών, υποδεικνύουν ένα διαφορετικό μοντέλο ανάπτυξης, που βασίζεται στην αξιοποίηση των τοπικών διαθεσίμων. Αν και δεν είναι δυνατόν να υπάρξει απόρριψη της κατασκευής μεζόνων έργων ΑΠΕ, η μονομερής προσήλωση σε εφαρμογές μεγάλης ισχύος, αλλοιώνει το ίδιο το πνεύμα της ανανεώσιμης ενεργειακής τεχνολογίας, συντελεί στην πρόκληση κοινωνικών αντιδράσεων και συντηρεί το στρεβλό μοντέλο, που θέλει τα ορεινά να τροφοδοτούν τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές με φυσικούς πόρους, χωρίς οι τοπικές κοινωνίες να αποκομίζουν αντίστοιχα οφέλη.

Η διαμόρφωση του βέλτιστου ποσοστού διείσδυσης και μίγματος ΑΠΕ σε μία ορεινή περιοχή αποτελεί υπό έρευνα διαδικασία, η οποία πρέπει να βασίζεται σε ένα αποτελεσματικό σύστημα λήψης απόφασης, που θα υποδεικνύει τη βέλτιστη περιβαλλοντικά και κοινωνικοοικονομικά λύση. Επιπλέον, η προσομοίωση λειτουργίας συνδυασμού συστημάτων ΑΠΕ, για την διερεύνηση της αξιοπιστίας του συστήματος είναι μία απαραίτητη διαδικασία για την εξασφάλιση της απρόσκοπτης λειτουργίας του συστήματος.

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, θα γίνει μία συνοπτική εκτίμηση των δυνατοτήτων της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών του Μετσόβου, μέσω ΑΠΕ, όπως αυτή προκύπτει από όσα έχουν περιγραφεί στις προηγούμενες ενότητες, με στόχο τη διαμόρφωση μίας γενικής εικόνας για την επάρκεια των ανανεώσιμων ενεργειακών διαθεσίμων στην περιοχή.

### **Ανάγκες θερμικής ενέργειας**

#### **Υφιστάμενος τρόπος κάλυψης:**

Χρήση πετρελαίου diesel, περίπου 1300 tn ετησίως

Πλεονεκτήματα:

- + Εύκολη εγκατάσταση και συντήρηση εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης
- + Ανεπτυγμένο δίκτυο προμήθειας πετρελαίου

#### **Εναλλακτικός τρόπος κάλυψης:**

Καύση βιομάζας και θέρμανση κατοικιών με τηλεθέρμανση

Πλεονεκτήματα:

- + Ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- + Μείωση κινδύνου δασικών πυρκαγιών
- + Δυνατότητα ανταγωνιστικών τιμών αγοράς δασικών προϊόντων προς ενεργειακή αξιοποίηση

Μειονεκτήματα:

- Σημαντικό κόστος εγκατάστασης συστήματος τηλεθέρμανσης
- Πιθανές δυσκολίες εγκατάστασης σωλήνων τηλεθέρμανσης λόγω προβληματικού γεωλογικού υποβάθρου

Συνολικές ανάγκες για θέρμανση χώρων και νερού: **16.436.073 kWh**

Διαθέσιμο θερμικό περιεχόμενο βιομάζας: **15.802.332 – 25.655.060 kWh**

Υπάρχει η δυνατότητα έως και πλήρους κάλυψης των θερμικών αναγκών με καύση βιομάζας

### Ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας

#### Υφιστάμενος τρόπος κάλυψης:

Υδροηλεκτρικός σταθμός Πηγών Αώου

Πλεονεκτήματα:

- + Αξιοπιστία παροχής φορτίου
- + Περιβαλλοντικά φιλική τεχνολογία

Μειονεκτήματα:

- Εξάρτηση αποκλειστικά

#### Εναλλακτικός τρόπος κάλυψης:

Ανάπτυξη συνδυασμένου συστήματος αξιοποίησης τοπικών ανανεώσιμων φυσικών διαθεσίμων και επικουρική χρήση ενέργειας από τον ΥΗΣ Πηγών Αώου.

Πλεονεκτήματα:

- + Διαμόρφωση μίας ενεργειακά αυτόνομης ορεινής κοινότητας
- + Βελτίωση αξιοπιστίας ενεργειακού εφοδιασμού
- + Αποδέσμευση σημαντικών ποσών ενέργειας από τον ΥΗΣ Πηγών Αώου και αξιοποίησή τους στο διασυνδεδεμένο σύστημα
- + Δυνατότητες ελέγχου και διαχείρισης από την τοπική κοινωνία

Μειονεκτήματα:

- Σημαντικό κόστος εγκατάστασης νέων συστημάτων
- Πιθανές δυσκολίες δημιουργικής συμμετοχής της τοπικής κοινωνίας στην προσπάθεια

Μέγιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των ετών 2003 και 2009: **19.507 MWh**

Μέγιστη ισχύς γραμμής Μετσόβου: **3,5 MW**

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού με αξιοποίηση τοπικών διαθεσίμων:

- **Ανεμογεννήτριες:** 3x1MW, με δυνατότητα παραγωγής 8,6 MWh
- **Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας με καύση βιομάζας<sup>6</sup>:** 0,4 MW, με δυνατότητα παραγωγής 3 MWh
- **Μικρά υδροηλεκτρικά:** 4x0,5 MW, με δυνατότητα παραγωγής 10 MWh
- **Φωτοβολταϊκές συστοιχίες:** επικουρική λειτουργία, με προτιμότερη την εφαρμογή σε επίπεδο νοικοκυριού

Συνολικές Δυνατότητες Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ: **21,6 MWh, με εγκατεστημένη ισχύ 5,4 MW**

<sup>6</sup> Για την ηλεκτροπαραγωγή με καύση βιομάζας ελήφθη υπ' όψιν βαθμός απόδοσης 15% και διαθεσιμότητα 70%

Υπάρχει η δυνατότητα έως και πλήρους κάλυψης των ηλεκτρικών αναγκών με την εγκατάσταση συνδυασμού συστημάτων ΑΠΕ, με εγκατεστημένη ισχύ 54% μεγαλύτερη της μέγιστης ζήτησης

### **Συμπεράσματα - Προτάσεις**

Σε μία εποχή οικονομικής αβεβαιότητας, η αναζήτηση νέων αναπτυξιακών δρόμων ειδικά σε περιοχές με ιδιαιτερότητες, όπως είναι οι ορεινές, προβάλλει ως αναγκαιότητα. Η κυρίαρχη ρητορική περί πράσινης ανάπτυξης μπορεί να αποδειχθεί αίολη, εφ' όσον δε συνδυαστεί με διάχυση των ωφελημάτων σε ευρύτερα κοινωνικά στρώματα. Στο πλαίσιο αυτό, η αξιοποίηση των ΑΠΕ δεν πρέπει απλώς να στοχεύει στην ικανοποίηση των δεσμεύσεων της χώρας για την επίτευξη του περίφημου στόχου 20-20-20. Ειδικά στις ορεινές περιοχές, η κάλυψη τοπικών ενεργειακών αναγκών με χρήση συστημάτων ΑΠΕ και η συμμετοχή των τοπικών κοινωνιών στις ενεργειακές επενδύσεις, αποτελεί αφ' ενός έναν τεχνολογικά και περιβαλλοντικά αποδοτικό τρόπο παραγωγής ενέργειας και αφ' ετέρου μία πιθανή απάντηση στα αναπτυξιακά προβλήματα των ορεινών περιοχών.

Στην παρούσα εργασία καθίσταται φανερό, μέσα από το παράδειγμα του Μετσόβου, πως οι ορεινές περιοχές, με το πλούσιο δυναμικό τους σε ΑΠΕ, μπορούν να βασιστούν για την κάλυψη έως και του συνόλου των ενεργειακών τους αναγκών σε φιλικά προς το περιβάλλον ενεργειακά συστήματα.

Ιδιαίτερα σημαντικός αναδεικνύεται ο ρόλος της δασικής βιομάζας. Η ενεργειακή της αξιοποίηση στην περίπτωση του Μετσόβου μπορεί να καλύψει το σύνολο των θερμικών αναγκών και περίπου το 15% των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια. Το γεγονός ότι η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας βασίζεται στην καύση προσδίδει σταθερότητα και αξιοπιστία στην παροχή ισχύος. Είναι επίσης αξιοσημείωτο ότι η περίοδος συλλογής της δασικής βιομάζας συμπίπτει με την περίοδο ελάχιστης ζήτησης θερμικής ενέργειας, γεγονός που επιτρέπει τη συσσώρευση καύσιμης ύλης για τη χειμερινή περίοδο, οι αυξημένες θερμικές ανάγκες της οποίας, αποτελούν το κυρίαρχο χαρακτηριστικό της ενεργειακής ταυτότητας των ορεινών περιοχών.

Τα μικρά υδροηλεκτρικά, σε περιοχές με πλούσια νερά, όπως το Μέτσοβο, αποτελούν επίσης σημαντικό τροφοδότη ηλεκτρικής ενέργειας, με επίσης συνεχή στο μεγαλύτερο μέρος του έτους παροχή ισχύος. Οι ανεμογεννήτριες, αν και χαρακτηρίζονται από το σημαντικό μειονέκτημα της ασυνεχούς παραγωγής ενέργειας, μπορούν να παρέχουν σημαντικά ποσά ενέργειας, ειδικά όταν εγκαθίστανται σε κορυφογραμμές, όπου οι ταχύτητες του αέρα είναι μεγάλες. Τα φωτοβολταϊκά και τα θερμικά ηλιακά συστήματα πρέπει επίσης να αξιοποιούνται στις ορεινές περιοχές, κυρίως σε επίπεδο νοικοκυριού, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Η αποτελεσματική διεύθυνση των ΑΠΕ στις ορεινές περιοχές, βασισμένη στη λογική της κάλυψης των τοπικών ενεργειακών αναγκών προϋποθέτει λεπτομερέστερες καταγραφές των τοπικών ενεργειακών διαθεσίμων και των ενεργειακών πόρων. Απαιτεί, όμως, προσεκτική μελέτη και ολοκληρωμένη περιβαλλοντική και κοινωνικοοικονομική προσέγγιση του προβλήματος και όχι απλά παροχή τεχνικών λύσεων. Πάντως, η δημιουργία αποκεντρωμένων ενεργειακών συστημάτων, με σημαντική συμμετοχή των ΑΠΕ, στις ορεινές περιοχές, αποτελεί μια εξαιρετικά σημαντική και ρεαλιστική αναπτυξιακή προοπτική.

### **Βιβλιογραφία**

Di Blasi, C., Tanzi, V., Lanzetta, M., *A study in the production of agricultural residues in Italy*. Biomass and Bioenergy. Vol. 12. No. 5. pp. 321-331, 1997.

- Karaj, Sh., Rehl, T., Leis, H., Mueller, J., *Analysis of biomass residues potential for electrical energy generation in Albania*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 14, 493-499, 2010.
- Parish, R., *Mountain Environments*. Essex: Pearson Education Limited, 2002.
- Price Martin, F., *Mountains. Geology, Natural History & Ecosystems*. Stillwater, USA: Voyageur Press, 2002.
- Βουρδούμπας, Γ., *Εισαγωγή στις Τεχνολογίες της Ενεργειακής Αξιοποίησης της Βιομάζας*. Χανιά: Μεσογειακό Αγρονομικό Ινστιτούτο Χανίων, 2002.
- Γελεγένης, Ι., Αξιάδης, Π., *Πηγές Ενέργειας. Συμβατικές και Ανανεώσιμες*. Αθήνα: Σύγχρονη Εκδοτική, 2005.
- Καλιαμπάκος, Δ., Γιαννακοπούλου, Στ., Κατσουλάκος, Ν., *Περιβάλλον και Κοινωνία των Ορεινών Περιοχών. Εισαγωγή. Σημειώσεις μαθήματος. ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών»*, 2009.
- Κουτσογιάννης, Δ., Μαμάσης, Ν., Μέτσοβο, η υδρολογική καρδιά της Ελλάδας. *Πρακτικά του Πρώτου Διεπιστημονικού Συνεδρίου του ΕΜΠ για το Μέτσοβο*. Δ. Ρόκος (επιμ.). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα, 1998.
- Ματζαράκης, Α., Μπαλαφούτης, Χρ., *Γεωγραφική Κατανομή των Βαθμομερών Θέρμανσης στον Ελληνικό Χώρο για Ενεργειακή Χρήση. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας*. Ιωάννινα, 2002.
- Μπεργελές, Γ., *Ανεμοκινητήρες*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμεών, 2005.
- Νταλός, Γ., *Η χρήση των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων*, 2007.
- Παπάζογλου, Ε., Κυρίτσης, Σπ., *Περιβαλλοντικά Οφέλη από τη Διάθεση των γεωργικών Υπολειμμάτων της Ελλάδας για Παραγωγή Ενέργειας*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2000.
- Παπακόστας, Κ., Τσιλιγκιρίδης, Γ., Κυριάκης, Ν., *Βαθμομέρες Θέρμανσης 50 Ελληνικών Πόλεων*. Τεχνικά Χρονικά. Επιστημονικές Εκδόσεις ΤΕΕ. IV. Τεύχος 1 - 2 ΦΕΚ 2464B/3-12-2008. Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, 2005.
- <http://195.251.42.2/cgi-bin/nisehist.sh>: Ιστοσελίδα του Εθνικού Πληροφοριακού Συστήματος για την Ενέργεια
- [www.cres.gr](http://www.cres.gr): Ιστοσελίδα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

## **Renewable Energy Sources and Mountainous Areas**

**N. Katsoulakos**, Mechanical Engineer, MSc “Environment and Development” N.T.U.A.,  
PhD Student N.T.U.A.

**D. Kaliambakos**, N.T.U.A. Professor, School of Mining and Metallurgical Engineering

### **Abstract**

The aim of this paper is to explore whether utilizing Renewable Energy Sources (RES) in mountainous areas, in order to cover local energy needs, is an efficient choice. A case study in the area of Metsovo, in the range of Pindos, in Greece, is described.

The energy profile of mountainous areas is firstly examined. Particularly high thermal loads during winter and electricity demand peaks in touristic periods are the main characteristics of the mountain energy profile. Moreover, an estimation of the environmental impact of energy consumption takes place.

Thereafter, the renewable energy potential is calculated. Wind, biomass, solar and hydro potential are estimated.

Taking into account the energy needs and the renewable energy potential it is explored, whether it is possible to cover the energy needs by utilizing local RES. Advantages and disadvantages of conventional and alternative ways of covering the energy demand are described.

The main conclusion of the paper is that local RES are able to cover both thermal and electrical loads in the area of Metsovo.