



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

«Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές»

Μαρία Καραγκούνη
Φυσικός

Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται για εκπλήρωση των
απαιτήσεων για το Διεπιστημονικό – Διατμηματικό
Δίπλωμα Ειδίκευσης
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ. Πολυτεχνείου
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

Επιβλέπων: Καθηγητής Δ. Καλιαμπάκος

Επιτροπή παρακολούθησης:
Δ. Καλιαμπάκος, Καθηγητής
Δ. Δαμίγος, Επ. καθηγητής
Χρ. Κορωναίος, Επ. καθηγητής

**Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη**

Αθήνα, Νοέμβριος 2012

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

«Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές»

Μαρία Καραγκούνη
Φυσικός

Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται για εκπλήρωση των απαιτήσεων
για το Διεπιστημονικό – Διατμηματικό Δίπλωμα Ειδίκευσης
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ. Πολυτεχνείου
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε επιτυχώς.

Η τριμελής επιτροπή

.....
Δ. Καλιαμπάκος,
Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

.....
Δ. Δαμίγος, Επ.
καθηγητής
Ε.Μ.Π.

.....
Χρ. Κορωναίος, Επ.
καθηγητής
Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2012

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έχει τίτλο «Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές». Εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Ε.Μ. Πολυτεχνείου "Περιβάλλον και Ανάπτυξη".

Η εργασία εστιάζει σε θέματα ενεργειακής διαχείρισης στις ορεινές περιοχές, με πεδίο εφαρμογής το δημοτικό διαμέρισμα Καρπενησίου. Στόχος της είναι ο προσδιορισμός του βέλτιστου ποσοστού διείσδυσης ΑΠΕ και του βέλτιστου ενεργειακού μείγματος συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών σε θερμότητα και ηλεκτρισμό του δ.δ. Καρπενησίου, έχοντας ως κριτήριο την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους. Διαθέτει στοιχεία βιβλιογραφικής έρευνας σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, την επιστήμη λήψης αποφάσεων, τις ορεινές περιοχές και το δυναμικό τους, ενώ το κύριο στοιχείο της είναι το μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού που αναπαριστά το προς επίλυση πρόβλημα.

Ευχαριστώ θερμά τους καθηγητές Δ. Καλιαμπάκο και Δ. Δαμίγο γιατί με ενέπνευσαν να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα αλλά και τον Ν. Κατσουλάκο για τη θερμή υποστήριξη και την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη στήριξη και αγάπη που με συντροφεύουν στη μέχρι τώρα πορεία μου.

Αθήνα, Νοέμβριος 2012

Μαρία Καραγκούνη

Περίληψη

Η ενέργεια είναι καταναλωτικό αγαθό ευρείας χρήσης και συντελεστής παραγωγής σε όλες τις παραγωγικές δραστηριότητες. Η μείωση των αποθεμάτων σε συμβατικά καύσιμα, η συνειδητοποίηση του μεγέθους της υποβάθμισης του περιβάλλοντος από τη χρήση τους, καθώς και η αυξανόμενη ανησυχία για το μέλλον του συντέλεσαν στο να αποτελεί πλέον η ενέργεια έναν από τους κρισιμότερους παράγοντες της ανάπτυξης.

Η εθνική ενεργειακή πολιτική, παραμένοντας συμμορφωμένη στις ευρωπαϊκές επιταγές, έχει αναδείξει ως θέματα υψίστης προτεραιότητας και σημασίας τον περιορισμό της χρήσης των συμβατικών πηγών ενέργειας, την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, την προώθηση της ενεργειακής αυτονομίας, την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και εξοικονόμησης, την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με το περιβάλλον αλλά και την πρόληψη τους.

Υπό την ομπρέλα της βιώσιμης ανάπτυξης ενισχύεται η ολοκληρωμένη εκμετάλλευση, όπου είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτό, εγχώριων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως φραγμός της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και μοχλός ανάπτυξης, σύμφωνα με νέα πρότυπα. Ειδικά σε περιοχές με ιδιαιτερότητες όπως οι ορεινές περιοχές όπου το ανανεώσιμο δυναμικό είναι πλούσιο, η εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ αποτελεί ένα μέσο τόνωσης της τοπικής οικονομίας και διασφάλισης της ενεργειακής επάρκειας με έναν φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο.

Στην παρούσα εργασία με χωρικό πεδίο μελέτης το δημοτικό διαμέρισμα (δ.δ.) Καρπενησίου και επιμέρους, τοπικούς στόχους τον περιορισμό της χρήσης συμβατικών πηγών ενέργειας, τη μείωση εκπομπής των επιβλαβών ρύπων, την αύξηση συμμετοχής των Α.Π.Ε. και τέλος τη μείωση του συνολικού κόστους που αντιστοιχεί στην κάλυψη των υπάρχουσων ενεργειακών αναγκών (σε ηλεκτρισμό & των ιδιαίτερα μεγάλων θερμικών), αναζητήθηκε το βέλτιστο ενεργειακό μείγμα μεταξύ των συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Αντιμετωπίζοντας την πολυπλοκότητα των θεμάτων ενεργειακής διαχείρισης επιχειρήθηκε η οικονομική αποτίμηση όλων των συνιστωσών του προβλήματος (ιδιωτικά κόστη, περιβαλλοντικό κόστος, κοινωνικό όφελος) και η αναγωγή τους σε μια κοινή βάση. Κατά τη διαδικασία της εύρεσης της βέλτιστης λύσης, εφαρμόστηκε η μεθοδολογία του γραμμικού προγραμματισμού, θέτοντας ως μοναδικό κριτήριο την

ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους (K_{tot}). Το κόστος αυτό περιλαμβάνει τα ιδιωτικά κόστη εγκατάστασης και λειτουργίας-συντήρησης, το περιβαλλοντικό κόστος που προκύπτει από τη λειτουργία κάθε μονάδας ενέργειας, καθώς και το κοινωνικό όφελος που προκύπτει από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στις μονάδες των Α.Π.Ε. Με αυτόν τον τρόπο κατέστη δυνατός ο μετασχηματισμός ενός πολυκριτηριακού περιβαλλοντικού προβλήματος σε μονοκριτηριακό. Τέλος, μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας αποτιμήθηκε η βαρύτητα των παραμέτρων του προβλήματος και προσδιορίστηκαν οι σχέσεις και ο βαθμός αλληλεξάρτησης τους.

Abstract

Energy is a widely used consumer good and an input in all production activities. The reduction in fossil fuel reserves, the realization of the magnitude of the environmental degradation from their use, as well as the growing concern for the future has helped energy to become one of the most critical factors of development.

The national energy policy, while remaining compliant to European requirements, has made setting limits in the use of conventional energy sources, while supporting energy security, promoting energy independence, increasing energy efficiency and conservation, and preventing problems associated with the environment.

Under the 'umbrella' of sustainable development, where technically and economically feasible, the integrated exploitation of domestic renewable energy sources is strengthened given that they act both as a barrier to environmental degradation and as growth engine, according to new standards. Especially in areas with special features such as mountainous regions where renewable resources are rich, the installation of renewable energy systems is a means of stimulating the local economy and ensuring energy efficiency with an eco-friendly manner.

An optimal energy blend between conventional and renewable energy sources has been sought in this work using as case study the Karpenisi municipal district. More specifically, this blend aims at the reduction in the use of conventional sources of energy, the reduction in the emission of harmful pollutants, the increasing participation of renewable energy sources (RES) and, finally, the reduction in the total cost corresponding to the coverage of the existing energy needs (electricity and the very large thermal).

An economic evaluation of all components of the problem (financial costs, environmental costs, and social benefits) and their reduction in a common base has been attempted facing the complexity of energy management. In the process of finding the optimal solution, a linear programming model has been developed, using as criterion the minimizing of the total cost (K_{tot}). This cost includes the financial costs of installation and operation-maintenance, the environmental cost resulting from the operation of energy units, and the social benefits derived from the creation of new jobs in the RES units. In this way, a multicriteria problem was transformed into a single objective function. Finally, the severity of the parameters of the problem assessed and the relationships and the degree of their interdependence were identified with sensitivity analysis.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	3
Περίληψη	5
Abstract	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – το παρόν και το μέλλον τους	21
1.1 Εισαγωγή – Στόχος της εργασίας	23
1.2 Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης	25
1.3 Η έννοια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας – Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης τους.....	29
1.4 Μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	32
1.4.1 Υδραυλική ενέργεια	32
1.4.2 Ηλιακή ενέργεια	37
1.4.3 Αιολική ενέργεια	42
1.4.4 Γεωθερμία	50
1.4.5 Υδρογόνο	54
1.4.6 Ενέργεια παλιρροιών	55
1.4.7 Ενέργεια από κύματα	56
1.4.8 Βιομάζα	57
1.5 Εξέλιξη του ευρωπαϊκού θεσμικού πλαισίου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	62
1.6 Εξέλιξη του εθνικού θεσμικού πλαισίου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ...	70
(Πηγή: ΥΠΕΚΑ).....	74
1.7 Το παρόν και οι τάσεις για τις ΑΠΕ στον Ευρωπαϊκό και Ελλαδικό χώρο ..	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Οι ορεινές περιοχές και το ενεργειακό δυναμικό τους.....	85

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

2.1	Εισαγωγή	87
2.2	Κατηγοριοποιήσεις οικισμών – Βασικοί ορισμοί.....	87
2.3	Τα φυσικά, κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των ορεινών περιοχών	91
2.4	Οι ορεινοί οικισμοί σε αριθμούς	94
2.5	Οι ενεργειακές καταναλώσεις στις ορεινές περιοχές	101
2.6	Το ανανεώσιμο ενεργειακό δυναμικό των ορεινών περιοχών	103
2.7	Ενεργειακό κτηματολόγιο.....	108
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Λήψη αποφάσεων		111
3.1	Εισαγωγή – Η έννοια της απόφασης	113
3.2	Τύποι αποφάσεων.....	115
3.3	Στάδια λήψης αποφάσεων.....	116
3.4	Τύποι μοντέλων λήψης αποφάσεων.....	118
3.5	Η επιχειρησιακή έρευνα (Operations Research) στη λήψη αποφάσεων ..	119
3.6	Μαθηματικός προγραμματισμός.....	120
3.7	Γραμμικός προγραμματισμός	125
3.8	Προϋποθέσεις εφαρμογής του γραμμικού προγραμματισμού.....	128
3.9	Μεθοδολογία και διαδικασία μοντελοποίησης.....	129
3.10	Γραφική επίλυση προβλημάτων (μοντέλων) γραμμικού προγραμματισμού (γ.π.)	131
3.11	Επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού (π.γ.π.) με τη μέθοδο Simplex.....	133
3.12	Πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων	134
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Η περιοχή μελέτης		139
4.1	Γενικά χαρακτηριστικά.....	141

4.2	Φυσικό περιβάλλον	142	
4.3	Δημογραφικά στοιχεία	148	
4.4	Οικονομικά στοιχεία.....	152	
4.5	Στοιχεία απασχόλησης	155	
4.6	Τομείς παραγωγής	158	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Εφαρμογή των μεθοδολογικών εργαλείων του γραμμικού προγραμματισμού στο υπό μελέτη πρόβλημα			167
5.1	Δόμηση του μοντέλου αναπαράστασης του προβλήματος.....	169	
5.1.1	Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας	169	
5.1.2	Συναρτήσεις κόστους.....	171	
5.1.3	Περιβαλλοντικό κόστος.....	176	
5.1.4	Λειτουργικό κόστος.....	178	
5.1.5	Υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση - Δυναμικότητα	179	
5.1.6	Περιορισμοί του προβλήματος.....	182	
5.2	Εισαγωγή του μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού στο υπολογιστικό λογισμικό	183	
5.3	Βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης	187	
5.4	Ανάλυση ευαισθησίας.....	190	
5.5	Συμπληρωματικά σενάρια	196	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Συμπεράσματα – Διαπιστώσεις			207
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....			213

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Σύγκριση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά πηγή ενέργειας	53
Πίνακας 2: Επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α.Π.Ε.	74
Πίνακας 3: Εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων Α.Π.Ε. σε MW έως Σεπτέμβριο 2009	78
Πίνακας 4: Η Κατανομή του πληθυσμού σε οικισμούς διαφόρων μεγεθών	95
Πίνακας 5: Η κατανομή του πληθυσμού σε μικρούς οικισμούς.....	95
Πίνακας 6: Αστικός και αγροτικός πληθυσμός έναντι του συνολικού	98
Πίνακας 7: Ορεινός πληθυσμός έναντι του συνολικού	98
Πίνακας 8: Βαθμομέρες Θέρμανσης στο Αγρίνιο, το Καρπενήσι και τη Λαμία	103
Πίνακας 9: Οι καλλικρατικοί δήμοι του Ν. Ευρυτανίας	142
Πίνακας 10: Η κατανομή της έκτασης της Ευρυτανίας ανάλογα με την υψομετρική διαβάθμιση	143
Πίνακας 11: Πληθυσμιακή εξέλιξη του Ν. Ευρυτανίας την περίοδο 1961-2001	148
Πίνακας 12: Πληθυσμιακή πυκνότητα και μέσος σταθμικός υψομέτρου ανά δήμο .	149
Πίνακας 13: Μεταβολή του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. από το 2005 έως 2009 στη χώρα, την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας και τους Νομούς	153
Πίνακας 14: Οικονομικά ενεργός και μη πληθυσμός του Νομού Ευρυτανίας σε σύγκριση με το σύνολο της χώρας (Έτος 1991).....	155
Πίνακας 15: Οικονομικά ενεργός και μη πληθυσμός του Νομού Ευρυτανίας σε σύγκριση με το σύνολο της χώρας (Έτος 2001).....	156
Πίνακας 16: Απασχόληση-Ανεργία τα έτη 1991 και 2001 στο Νομό Ευρυτανίας	156
Πίνακας 17: Ανεργία στην Περιφέρεια Στ. Ελλάδας και την Ελλάδα	157
Πίνακας 18: Διάρθρωση της απασχόλησης σε ιδιωτικές επιχειρήσεις στο Νομό Ευρυτανίας κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας	160

Πίνακας 19: Ζήτηση θέρμανσης στο δ.δ. Καρπενησίου	170
Πίνακας 20: Πωληθείσα ηλεκτρική ενέργεια στη Χ.Τ. στο Ν. Ευρυτανίας	170
Πίνακας 21: Συγκεντρωτικά στοιχεία για τη μονάδα συμπαραγωγής.....	175
Πίνακας 22: Επιμέρους (υπάρχοντα) περιβαλλοντικά κόστη για την παραγωγή θερμότητας	178
Πίνακας 23: Επιμέρους (υπάρχοντα) λειτουργικά κόστη για την παραγωγή θερμότητας	178
Πίνακας 24: Επιμέρους (υπάρχοντα) λειτουργικά κόστη για την παραγωγή ηλ. ενέργειας	179
Πίνακας 25: Στοιχεία που προέκυψαν από το ερευνητικό πρόγραμμα PVGIS για την περιοχή του Καρπενησίου	180
Πίνακας 26: Διαθέσιμη ενέργεια προερχόμενη από τις δενδρώδεις και τις αρότραιες καλλιέργειες.....	181
Πίνακας 27: Η τωρινή τιμή, η βέλτιστη και το ποσοστό μεταβολής για το λειτουργικό και περιβαλλοντικό κόστος	187
Πίνακας 28: Το ενεργειακό μείγμα κατά τη βέλτιστη λύση	187
Πίνακας 29: Αρχικές συνθήκες για τη ζήτηση σε ηλεκτρισμό, τη ζήτηση σε θέρμανση χώρων και την τιμή πετρελαίου, pellets, ΔΕΗ, ξύλου	192
Πίνακας 30: Η συμμετοχή ενεργειακών πηγών υπό μεταβλητές συνθήκες.....	193
Πίνακας 31: Ενεργειακό μείγμα με μεταβλητή συμμετοχή των Α.Π.Ε.	196
Πίνακας 32: Κόστη με μεταβλητή συμμετοχή των Α.Π.Ε.	197
Πίνακας 33: Ενεργειακό μείγμα με μεταβλητή χρήση της ποσότητας ξυλείας.....	197
Πίνακας 34: Βέλτιστο ενεργειακό μείγμα με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού	198
Πίνακας 35: Βέλιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού.....	199

Πίνακας 36: Βέλτιστο ενεργειακό μείγμα με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης	200
Πίνακας 37: Βέλτιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης.....	201
Πίνακας 38: Βέλτιστο ενεργειακό μείγμα με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού	202
Πίνακας 39: Ποσοστό συμμετοχής των πηγών στο βέλτιστο ενεργειακό μείγμα με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού	203
Πίνακας 40: Βέλτιστα Κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού.....	203
Πίνακας 41: Βέλτιστο ενεργειακό μείγμα με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης	204
Πίνακας 42: Βέλτιστα Κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης.....	205
Πίνακας 43: Η βέλτιστη πρόταση για το ενεργειακό μείγμα με τις ισχύουσες συνθήκες	209

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Οι τρεις πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης.....	28
Εικόνα 2: Σχηματική παράσταση ενός υδροηλεκτρικού σταθμού	33
Εικόνα 3: Κατανομή επενδυτικού ενδιαφέροντος για μικρά υδροηλεκτρικά έργα.....	36
Εικόνα 4: Διάταξη φωτοβολταϊκού συστήματος.....	39
Εικόνα 5: Τύποι ανεμογεννητριών	43
Εικόνα 6: Θερμοκρασιακή διαβάθμιση σε βάθος 5Km	50
Εικόνα 7: Χρήση γεωθερμίας για θέρμανση και κλιματισμό	52
Εικόνα 8: Διατάξεις αξιοποίησης υδρογόνου.....	55
Εικόνα 9: Διάταξη εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων.....	56
Εικόνα 10: Ο ενεργειακός κύκλος της βιομάζας	58
Εικόνα 11: Εκτίμηση της κατανομής των πιθανών εγκαταστάσεων για αξιοποίηση στερεής βιομάζας στην Ελλάδα	61
Εικόνα 12: Ο Γεωγραφικός Χώρος του Ορεινού Πληθυσμού Ελλάδας.....	96
Εικόνα 13: Γεωγραφική κατανομή των βαθμομερών θέρμανσης.....	102
Εικόνα 14: Φάσεις που ακολουθούνται για τη λήψη αποφάσεων.....	117
Εικόνα 15: Κατηγοριοποίηση προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού	124
Εικόνα 16: Παράδειγμα γραφικής επίλυσης π.γ.π.....	132
Εικόνα 17: Ταξινόμηση μεθόδων ΠΚΛΑ.....	135
Εικόνα 18: Ο Ν. Ευρυτανίας και οι γειτονικοί νομοί	141
Εικόνα 19: Το Βελούχι	143
Εικόνα 20: Η λίμνη των Κρεμαστών.....	145
Εικόνα 21: Περιοχές Natura 2000 στην περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας.....	146
Εικόνα 22: Το κλίμα στον Ελλαδικό χώρο.....	147

Εικόνα 23: Το μοντέλο σε περιβάλλον λογισμικού Microsoft Excel 183

Εικόνα 24: Το παράθυρο του Solver και τα επιμέρους φίλτρα..... 186

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Μέση ετήσια ηλιακή ενέργεια ανά μονάδα επιφανείας	37
Χάρτης 2: Εκτίμηση «εν δυνάμει» δυναμικού ανά δήμο	49
Χάρτης 3: Εκτίμηση του γεωθερμικού δυναμικού στην Ελλάδα.....	54
Χάρτης 4: Εκτίμηση του γεωθερμικού δυναμικού στην ΕλλάδαΚατανομή του ΓΧΟΠΕ στις Περιφέρειες της Χώρας.....	97
Χάρτης 5: Δημογραφική δυναμική (I)	99
Χάρτης 6: Δημογραφική δυναμική (II)	100
Χάρτης 7: Κατανομή του πληθυσμού στους δήμους του Ν. Ευρυτανίας	150
Χάρτης 8: Κατανομή ανά δήμο του πληθυσμού ηλικιών άνω των 65	151
Χάρτης 9: Ποσοστιαία κατανομή του ΑΕΠ της Ελλάδας ανά Νομό	153
Χάρτης 10: Οικονομικά ενεργός και ανενεργός πληθυσμός του Ν. Ευρυτανίας	158
Χάρτης 11: Οικονομικά ενεργός και ανενεργός πληθυσμός του Ν. Ευρυτανίας	161
Χάρτης 12: Μεταβολή του εργατικού δυναμικού στον πρωτογενή τομέα την περίοδο 1991-2001	162
Χάρτης 13: Ποσοστιαία κατανομή του δευτερογενούς οικονομικού τομέα της Ελλάδας ανά Νομό.....	163
Χάρτης 14: Μεταβολή του εργατικού δυναμικού στο δευτερογενή τομέα την περίοδο 1991-2001	164
Χάρτης 15: Ποσοστιαία κατανομή του τριτογενούς οικονομικού τομέα της Ελλάδας ανά Νομό.....	165
Χάρτης 16: Μεταβολή του εργατικού δυναμικού στον τριτογενή τομέα την περίοδο 1991-2001	166

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Εξέλιξη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας συνολικά και κατά τομέα για την περίοδο 1990-2010	23
Διάγραμμα 2: Εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα	41
Διάγραμμα 3: Αναμενόμενη εξέλιξη τα επόμενα χρόνια	42
Διάγραμμα 4: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα ανά έτος	48
Διάγραμμα 5: Εγκατεστημένη ισχύς (MW) ανά περιοχή τον Μάιο 2012	48
Διάγραμμα 6: Τάσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (TWh) από διάφορες πηγές ενέργειας βάσει των στοιχείων του 2009	76
Διάγραμμα 7: Τάσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (TWh) από διάφορες μορφές Α.Π.Ε. βάσει των στοιχείων του 2009.....	77
Διάγραμμα 8: Επιμερισμός της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος Α.Π.Ε. (290 MW) για το 2010	79
Διάγραμμα 9: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος αιολικών πάρκων	80
Διάγραμμα 10: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών σταθμών.....	80
Διάγραμμα 11: Προγραμματισμός για το ενεργειακό σύστημα μέχρι το 2020.....	81
Διάγραμμα 12: Ηλικιακή κατανομή του πληθυσμού του Ν. Ευρυτανίας (1991)	150
Διάγραμμα 13: Ηλικιακή κατανομή του πληθυσμού του Ν. Ευρυτανίας (2001)	151
Διάγραμμα 14: Μεταβολή του κατά κεφαλή Α.Ε.Π. από το 2005 έως 2009 στη χώρα, την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας και το Νομό Ευρυτανίας	154
Διάγραμμα 15: Μεταβολή του κατά κεφαλή Α.Ε.Π. από το 2005 έως 2009 ανά Νομό στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας.....	154
Διάγραμμα 16: Ανεργία-Απασχόληση στο Ν. Ευρυτανίας (1991&2001).....	157
Διάγραμμα 17: Οικονομικά ενεργός πληθυσμός της Στερεάς Ελλάδας ανά τομέα παραγωγής (Έτος 2001).....	159
Διάγραμμα 18: Οικονομικά ενεργός πληθυσμός του Ν. Ευρυτανίας ανά τομέα παραγωγής (Έτος 2001).....	159

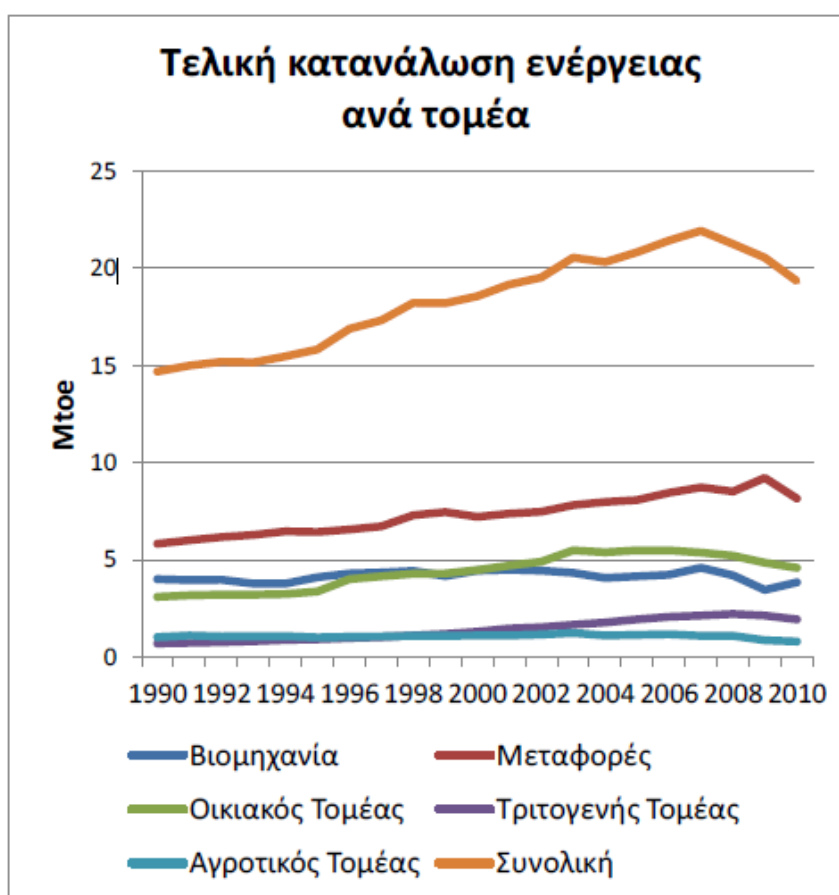
Διάγραμμα 19: Ποσοστιαία συμμετοχή των πηγών στο βέλτιστο ενεργειακό μείγμα	188
Διάγραμμα 20: Ποσοστιαία συμμετοχή πηγών για την παραγωγή ηλεκτρισμού	189
Διάγραμμα 21: Ποσοστιαία συμμετοχή πηγών για την παραγωγή θερμότητας	189
Διάγραμμα 22: Ηλ. Ενέργεια προερχόμενη από Α/Μ και το δίκτυο της ΔΕΗ υπό μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού.....	193
Διάγραμμα 23: Βέλτιστο λειτουργικό κόστος υπό μεταβλητή ενεργειακή ζήτηση και τιμή καυσίμου	194
Διάγραμμα 24: Βέλτιστο περιβαλλοντικό κόστος υπό μεταβλητή ενεργειακή ζήτηση και τιμή καυσίμου.....	195
Διάγραμμα 25: Βέλτιστο συνολικό κόστος υπό μεταβλητή ενεργειακή ζήτηση και τιμή καυσίμου	195
Διάγραμμα 26: Παραγόμενη ηλ. ενέργεια με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού	199
Διάγραμμα 27: Βέλτιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού.....	200
Διάγραμμα 28: Βέλτιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης.....	201
Διάγραμμα 29: Βέλτιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού.....	204
Διάγραμμα 30: Παραγωγή θερμότητας από λέβητες πετρελαίου με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θερμότητας.....	205
Διάγραμμα 31: Βέλτιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης.....	206

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – το παρόν και το μέλλον τους

1.1 Εισαγωγή – Στόχος της εργασίας

Η ενέργεια είναι καταναλωτικό αγαθό ευρείας χρήσης και συντελεστής παραγωγής σε όλες τις παραγωγικές δραστηριότητες. Η μείωση των αποθεμάτων σε συμβατικά καύσιμα, η συνειδητοποίηση του μεγέθους της υποβάθμισης του περιβάλλοντος από τη χρήση τους, καθώς και η αυξανόμενη ανησυχία για το μέλλον του συντέλεσαν στο να αποτελεί πλέον η ενέργεια έναν από τους κρισιμότερους παράγοντες της ανάπτυξης.

Στην Ελλάδα, τα συμβατικά καύσιμα χρησιμοποιούνται σε υψηλό ποσοστό σε όλους τους τομείς. Στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας κυρίαρχα στοιχεία είναι οι εισαγόμενοι υδρογονάνθρακες, με βασικότερα τα πετρελαϊκά προϊόντα και σε μικρότερο βαθμό το φυσικό αέριο. Σε ότι αφορά τα εγχώρια συμβατικά καύσιμα, ο λιγνίτης, παρά τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλεί, αποτελεί τη βασική επιλογή.



Διάγραμμα 1: Εξέλιξη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας συνολικά και κατά τομέα για την περίοδο 1990-2010

(Πηγή: Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός οδικός χάρτης για το 2050)

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που ανακύπτουν από τη συνεχιζόμενη χρήση των συμβατικών πηγών είναι μεγάλα και εντεινόμενα. Ο μεγάλος βαθμός εξάρτησης της χώρας από τα εισαγόμενα καύσιμα, καθώς και οι συνεχείς και εκτός ελέγχου μεταβολές της τιμής τους, δημιουργούν αστάθεια και αβεβαιότητα σχετικά με τον ενεργειακό ανεφοδιασμό και την επάρκεια. Η οικονομική κρίση και οι συνεπαγόμενες αλλαγές επηρέασαν καταλυτικά την ενεργειακή κατανάλωση τροποποιώντας το προφίλ της ενεργειακής αγοράς. Όπως αποκαλύπτουν τα στοιχεία (Διάγραμμα 1) τα τελευταία χρόνια σημειώνεται σημαντική μείωση της κατανάλωσης. Η πλειοψηφία των μεθόδων και των τεχνολογιών που εφαρμόζονται σε όλους τους τομείς χαρακτηρίζονται από μικρή ενεργειακή απόδοση.

Η εθνική ενεργειακή πολιτική, παραμένοντας συμμορφωμένη στις ευρωπαϊκές επιταγές, έχει αναδείξει ως θέματα υψίστης προτεραιότητας και σημασίας τον περιορισμό της χρήσης των συμβατικών πηγών ενέργειας, την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, την προώθηση της ενεργειακής αυτονομίας, την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και εξοικονόμησης, την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με το περιβάλλον και ειδικότερα με την κλιματική αλλαγή.

Ο μετριασμός και η πρόληψη σε δεύτερο στάδιο της κλιματικής αλλαγής υπαγορεύουν την εγκατάλειψη του σημερινού ενεργειακού μοντέλου και τη δόμηση ενός νέου, με κύριο γνώμονα τη μείωση των εκπομπών άνθρακα, καθώς και τον εξορθολογισμό του ενεργειακού συστήματος προκειμένου να περιοριστούν οι καταναλώσεις. Ο αναβρασμός που επικρατεί σε παγκόσμιο επίπεδο, κυρίως σε χώρες που παράγουν πετρέλαιο αλλά και η επιβάρυνση που αυτό προκαλεί στον εθνικό οικονομικό προϋπολογισμό εν μέσω κρίσης, καθιστούν επιβεβλημένη τη σταδιακή απεξάρτηση από τις ενεργειακές εισαγωγές με ταυτόχρονη διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού.

Υπό την ομπρέλα της βιώσιμης ανάπτυξης ενισχύεται η ολοκληρωμένη εκμετάλλευση, όπου είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτό, εγχώριων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως φραγμός της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και μοχλός ανάπτυξης, σύμφωνα με νέα πρότυπα, σε όλες τις διαστάσεις της. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, το παραδοσιακό συγκεντρωτικό μοντέλο παραγωγής ενέργειας αντικαθίσταται σιγά-σιγά από ένα αποκεντρωμένο σύστημα αποτελούμενο από μικρές μονάδες αξιοποίησης των τοπικών ενεργειακών πόρων.

Σε εθνικό επίπεδο, επισημαίνεται ότι παρά το πλούσιο δυναμικό της χώρας μας και τη δυναμική παρουσία των ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια, το μερίδιο που τους αναλογεί στη συνολικά παραγόμενη ενέργεια είναι μικρό. Το γεγονός αυτό

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

αποδίδεται κατά κύριο λόγο στην έλλειψη ευέλικτων μηχανισμών, έχοντας στον αντίποδα την ογκώδη ελληνική γραφειοκρατία που επιβραδύνει τις διαδικασίες αδειοδότησης και εγκατάστασης τους, όπως επίσης και τις οικονομικές σκοπιμότητες που στηρίζουν τη διατήρηση του ισχύοντος ενεργειακού συστήματος.

Ωστόσο, οι δυσμενείς περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες ωθούν προς επιτάχυνση της υιοθέτησης νέων πολιτικών. Η μη εντατική και ισόρροπη αξιοποίηση των τοπικών πόρων, ανθρωπινων και μη, μπορεί να οδηγήσει σε μια αιφόρο ανάπτυξη. Δεδομένης της τοπικής κλίμακας εφαρμογής των ΑΠΕ αλλά και του συνεχιζόμενου μαρασμού των ορεινών περιοχών, η αύξηση του ποσοστού διείσδυσης των ΑΠΕ σε αυτές φαντάζει ως αποδοτική εναλλακτική ανόρθωσης. Για τον επανασχεδιασμό του ενεργειακού συστήματος των ορεινών περιοχών απαιτείται προσεκτική μελέτη και ολοκληρωμένη προσέγγιση του προβλήματος προς αποφυγή περαιτέρω αλλοίωσης του πολιτισμού, υποβάθμισης του περιβάλλοντος και εξάντλησης των πόρων.

1.2 Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης

Για την επιστήμη και την πολιτική, η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί τα τελευταία χρόνια ένα από τα πρωτεύοντα θέματα. Η ανάδειξη της σε κύριο ζητούμενο των κοινωνιών έγινε μετά τη διαπίστωση ότι η ανάπτυξη που συντελέσθηκε τον περασμένο αιώνα ήταν μονομερής. Στην πραγματικότητα πρόκειται για μια οικονομική μεγέθυνση που πραγματοποιήθηκε χωρίς κοινωνική μέριμνα και σε βάρος του φυσικού περιβάλλοντος. Ως εκ τούτου, η ανάγκη επαναπροσανατολισμού προς μια ανάπτυξη με ισόρροπη και ταυτόχρονη την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική της διάσταση κρίθηκε άμεση. Η βιώσιμη / αιφόρος ανάπτυξη αποτελεί την κυρίαρχη, πλέον, αναπτυξιακή στρατηγική σε διεθνές επίπεδο, με στόχο τον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων της οικονομικής μεγέθυνσης.

Σύμφωνα με τον κλασικό ορισμό, αιφόρος ανάπτυξη είναι «η ανάπτυξη που καλύπτει τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να θέτει σε κίνδυνο τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες».¹

¹ http://europa.eu/legislation_summaries/environment/sustainable_development/index_el.htm

Σημεία αναφοράς για τη διαμόρφωση και τον καθορισμό του περιεχομένου της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης αποτελούν: Η πρώτη παγκόσμια στρατηγική για τη διατήρηση δημοσιεύτηκε το 1980 από την Παγκόσμια Ένωση Διατήρησης (World Conservation Union) και σε αυτήν τονίζεται η αναγκαιότητα διατήρησης της βιοποικιλότητας και της διαφύλαξης των οικοσυστημάτων. Το 1987 η Παγκόσμια Επιτροπή για το περιβάλλον και την ανάπτυξη (World Commission on Environment and Development) στην έκθεση της με τίτλο «Το Κοινό μας Μέλλον», που ονομάστηκε επίσης και έκθεση Brundtland, αποδίδει μια πιο ανθρωποκεντρική διάσταση στη βιώσιμη ανάπτυξη κάνοντας λόγο για ανάπτυξη που ικανοποιεί τις τρέχουσες ανθρώπινες ανάγκες χωρίς να διακυβεύεται η δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες. Τη δεκαετία του 90 το περιεχόμενο της έννοιας διευρύνεται αφού δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα κοινωνικά θέματα και αξιώνεται η επίτευξη οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών αντικειμενικών στόχων. Στη διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών στο Ρίο το 1992, κατέληξαν στην Ατζέντα 21, στη δήλωση του Ρίο για το περιβάλλον και την ανάπτυξη, στη δήλωση αρχών για τη βιώσιμη διαχείριση των δασών και στις νομικά δεσμευτικές συμβάσεις για τη βιοποικιλότητα και την κλιματική αλλαγή. Η «Agenda 21» ομαδοποιεί τις σχετικές με τη βιώσιμη ανάπτυξη δραστηριότητες σε έξι κατηγορίες: ποιότητα της ζωής, αποδοτική χρήση των φυσικών πόρων, προστασία του κοινού πλούτου, βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη, διαχείριση της συγκέντρωσης του ανθρώπινου πληθυσμού, διαχείριση των αποβλήτων.

Ειδικά για τη "βιώσιμη ορεινή ανάπτυξη" ορίστηκε ότι (Byers 1995, United Nations Commission on Sustainable Development 1995),

η βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων περιλαμβάνει την ενσωμάτωση του κοινωνικού και περιβαλλοντικού κόστους στην αξία τους (π.χ. από την απώλεια της βιοποικιλότητας, την καταστροφή των πνευματικών τόπων, κ.τ.λ.) και τη διαχείρισή τους από τοπικές ομάδες, έτσι ώστε ένα μέρος των οφελών να διανέμεται στους ντόπιους κατοίκους ως αποζημίωση ή/και ως κέρδος. (Παπαδημάτου, Ρόκος, 2001)

Τον Δεκέμβριο του 1997, υιοθετήθηκε στη διεθνή διάσκεψη του Κιότο ένα πρωτόκολλο για τις κλιματικές αλλαγές. Το πρωτόκολλο του Κιότο υποχρεώνει τις βιομηχανικές χώρες να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, για το χρονικό διάστημα 2008 έως 2012. Με ελάχιστα καταγεγραμμένα βήματα προς την υλοποίηση των

Δ.Π.Μ.Σ. "Περιβάλλον και ανάπτυξη"

αποφάσεων της Διάσκεψης του Ρίο, πραγματοποιήθηκε η διάσκεψη κορυφής του Γιοχάνεσμπουργκ το 2002. Εκτός από την επιτάχυνση της υλοποίησης της Αντζέντα-21, υιοθετήθηκαν στόχοι με ενισχυμένη την κοινωνική και περιβαλλοντική συνιστώσα της ανάπτυξης όπως τη μείωση του πληθυσμού που δεν έχει πρόσβαση σε βασικές υποδομές υγιεινής, της φτώχειας και του ρυθμού μείωσης της βιοποικιλότητας

Παράλληλα διαγράφεται και η εξελικτική πορεία της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το Άρθρο 2 της Συνθήκης του Μάαστριχτ (1992) χωρίς να κάνει σαφή αναφορά στη βιώσιμη ανάπτυξη, ορίζει ως κύρια αποστολή της Ε.Ε. την προαγωγή της αρμονικής και ισόρροπης ανάπτυξης των οικονομικών δραστηριοτήτων. Στο Άρθρο 2 της Συνθήκης του Άμστερνταμ (1997) αναγνωρίζονται οι τρεις διαστάσεις (οικονομική, κοινωνική, περιβαλλοντική) της βιώσιμης ανάπτυξης. Το 2000, στη Λισσαβόνα τέθηκε ως στρατηγικός στόχος η Ευρώπη το 2010 να είναι «...η πλέον ανταγωνιστική και η πλέον δυναμική οικονομία της γνώσης στον κόσμο». Τον Ιούνιο του 2001, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Γκέτεμποργκ κατέληξε σε μια στρατηγική για την αειφόρο ανάπτυξη προσθέτοντας στη στρατηγική της Λισσαβόνας και περιβαλλοντική συνιστώσα. Η Ε.Ε. αναθεωρώντας τη στρατηγική της αειφόρου ανάπτυξης εκδίδει την ανακοίνωση «Επανεξέταση της στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αειφόρο ανάπτυξη 2005: Πρώτος απολογισμός και μελλοντικές κατευθύνσεις» [COM(2005) 37]. Σε αυτή γίνεται εκτίμηση της προόδου που σημειώθηκε από το 2001, επανεξετάζεται και αναπτύσσεται περαιτέρω η στρατηγική του 2001, προκειμένου να ενσωματωθούν αποτελεσματικότερα οι εγχώριες και διεθνείς διαστάσεις της αειφόρου ανάπτυξης. Μετά την επανεξέταση της κοινοτικής στρατηγικής, τον Ιούνιο του 2006 εγκρίθηκε μια νέα στρατηγική ο κύριος άξονας της οποίας είναι η οργάνωση και η στήριξη δράσεων ώστε η Ε.Ε. να επιτύχει τη συνεχή βελτίωση της ποιότητας ζωής τόσο για τις τωρινές όσο και για τις μελλοντικές γενιές².

² http://circa.europa.eu/irc/opoce/fact_sheets/info/data/policies/environment/article_7294_el.htm



Εικόνα 1: Οι τρεις πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης

(Πηγή: <http://elladitsamas.blogspot.gr/2008/09/blog-post.html>)

Η βιώσιμη ανάπτυξη έχει τρεις πυλώνες: την κοινωνία, το περιβάλλον και την οικονομία. Με γνώμονα την αειφορία, θεωρεί τη διατήρηση των φυσικών πρώτων υλών απαραίτητη συνθήκη για την ανθρώπινη πρόοδο και ανάπτυξη. Συγκεκριμένα, ορίζει ότι η αξιοποίηση των φυσικών πόρων πρέπει να γίνεται προσεκτικά ώστε να υπάρχει ισότιμη κατανομή, και με πρότυπα χρήσης συμβατά με μακροπρόθεσμους κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς σκοπούς. Στρέφεται προς παραγωγικές διαδικασίες και τρόπους χρήσης και κατανάλωσης των προϊόντων που χαρακτηρίζονται ως ήπιοι προς το φυσικό περιβάλλον.

Κατ' ουσίαν ο απώτερος στόχος της αειφορίας είναι μια δυναμική ισορροπία μεταξύ των κοινωνικών, πολιτισμικών και οικονομικών απαιτήσεων που απορρέουν από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και της ανάγκης διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος. Η πρόκληση που τίθεται είναι κατά πολλούς ανέφικτη αφού απαιτεί τη συμφιλίωση διαφορετικών, συχνά συγκρουόμενων απαιτήσεων.

Η ενέργεια είναι μέρος του προβληματισμού γύρω από τη βιώσιμη ανάπτυξη. Οι μηχανισμοί διαχείρισης της ενέργειας, καθώς και οι επιλογές για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών έχουν άμεσο αντίκτυπο σε όλες τις διαστάσεις της πραγματικότητας. Η απόδοση ισότιμης βαρύτητας στους τρεις πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης προϋποθέτει την ευαισθητοποίηση των τοπικών κοινωνιών για το

ενεργειακό ζήτημα και την αναγνώριση της εξοικονόμησης / ορθολογικής χρήσης της ενέργειας, της ανάπτυξης μίας νέας ενεργειακής κουλτούρας και της αλλαγής των προτύπων ενεργειακής παροχής και κατανάλωσης ως θέματα πρωτεύουσας σημασίας.

1.3 Η έννοια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας –

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης τους

Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με αυτή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η συνεχώς αυξανόμενη ευαισθησία των κοινωνιών για το περιβάλλον καθώς και τα μικρά, σχετικά, χρονικά περιθώρια για περαιτέρω εκμετάλλευση πηγών ενέργειας όπως ο άνθρακας και οι υδρογονάνθρακες, συντέλεσαν στο να αποτελέσουν οι Α.Π.Ε. ένα από τα βασικά στοιχεία της βιώσιμης ανάπτυξης. Αν υπήρχε η δυνατότητα να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το σύνολο του ενεργειακού δυναμικού των Α.Π.Ε., τότε θα υπερκαλύπτονταν η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας.

Ο όρος "ανανεώσιμες πηγές ενέργειας" ή "ήπιες πηγές ενέργειας" αποδίδεται σε προς εκμετάλλευση μορφές ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, ο ήλιος, η κυκλοφορία του νερού. Ο χαρακτηρισμός τους ως "ήπιες" οφείλεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Πρώτον, η εκμετάλλευσή τους γίνεται αξιοποιώντας τη φυσική, υπάρχουσα ροή ενέργειας χωρίς να απαιτείται ουσιαστική, εξωτερική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση, κάτι που συμβαίνει με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας. Δεύτερον, πρόκειται για μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον. Σε αντίθεση με τις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα, δεν αποδεδεσμύουν υδρογονάνθρακες, τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα ή διοξείδιο του άνθρακα. Ο δε χαρακτηρισμός τους ως "ανανεώσιμες πηγές" θεωρείται μάλλον καταχρηστικός αφού μερικές από αυτές, όπως η γεωθερμική ενέργεια, δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. (ανανεώνεται μέσω φυσικών φαινομένων μόνιμου κύκλου).

Οι Α.Π.Ε. διακρίνονται για την ευελιξία της χρήσης τους αφού μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε απευθείας, κυρίως για θέρμανση, είτε αφού πρώτα μετατραπούν σε άλλες μορφές ενέργειας, κυρίως μηχανική ή ηλεκτρική ενέργεια. Οι ανανεώσιμες μορφές που αξιοποιούνται ευρέως είναι η αιολική, η ηλιακή (τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, τα παθητικά ηλιακά και τα

φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα), η γεωθερμική, η υδροηλεκτρική και η ενέργεια από βιομάζα.

Οι πετρελαϊκές κρίσεις του 1973 και 1979 ενέτειναν το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση των ΑΠΕ σε ευρύτερο πλαίσιο. Επιπλέον παράγοντες που έστρεψαν τις κοινωνίες στην αξιοποίηση των ΑΠΕ ήταν η συνεχής υποβάθμιση του περιβάλλοντος από την αλόγιστη χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας, η μείωση των αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων (άνθρακας, φυσικό αέριο, πετρέλαιο) που στη χώρα μας επαρκούν μόνο για μερικές δεκαετίες, η κατακόρυφη αύξηση της τιμής του πετρελαίου, η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Τα παραπάνω έστρεψαν τις σύγχρονες κοινωνίες προς τεχνικές εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης της ενέργειας, καθιστώντας τις Α.Π.Ε. καθοριστικό παράγοντα για τη χάραξη της ενεργειακής πολιτικής στις αναπτυσσόμενες και αναπτυγμένες χώρες. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια για εξέλιξη των τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους με ταυτόχρονη μείωση του κόστους επένδυσης και παραγωγής, και αύξηση της αξιοπιστίας τους.

Οι ΑΠΕ φαντάζουν ολοένα πιο ανταγωνιστικές και ελκυστικές αφού ικανοποιούν αιτήματα σχετικά με την επάρκεια των ενεργειακών αποθεμάτων, την άμεση ανταπόκριση σε πιθανές αυξομειώσεις της ζήτησης ενέργειας, την προστασία του περιβάλλοντος και την ασφάλεια ανεφοδιασμού. Επιπλέον, η χρήση τους συντελεί στη βελτίωση των περιβαλλοντικών δεικτών και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Ειδικότερα, σε περιπτώσεις οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών είναι πιθανό να αποτελέσουν μοχλό για την ανάκαμψη της τοπικής οικονομίας και την αποτελεσματική προώθηση σχετικών επενδύσεων.

Σε μεγαλύτερη κλίμακα, η προώθηση των Α.Π.Ε. στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά διασφαλίζει την ενεργειακή αυτονομία μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών οδηγώντας στη σταδιακή, μερική ή ολική, απεξάρτηση τους από χώρες με μεγάλα αποθέματα στις πρωταρχικές μορφές ενέργειας. Αυτό θα έχει σαν συνεπακόλουθο την αποδυνάμωση της πολιτικής και οικονομικής πίεσης που ασκείται στις μικρές και αναπτυσσόμενες χώρες, μέσω των ενεργειακών αποθεμάτων.

Επιπλέον, οι Α.Π.Ε. δεν είναι ευέλικτες μόνο ως προς τον τρόπο αλλά και ως προς την κλίμακα εφαρμογής τους. Είναι χωρικά διάσπαρτες, με αποτέλεσμα την ενεργειακή αποκέντρωση. Οι ΑΠΕ μπορούν να προσαρμοστούν στα μεγέθη και τις ανάγκες της κοινωνίας που τις υιοθετούν. Οι μεγάλες μονάδες παραγωγής ενέργειας αντικαθίστανται από μικρότερες που παράγουν ενέργεια ανάλογη με τη ζήτηση του τοπικού πληθυσμού ενώ καταργείται η μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

αποστάσεις. Συνέπεια αυτών, αποτελεί η μείωση του κόστους επέκτασης του δικτύου διανομής και των απωλειών μεταφοράς.

Αξιοσημείωτα είναι και τα τεχνικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι ΑΠΕ. Συγκεκριμένα, η απλότητα στην κατασκευή του εξοπλισμού τους, σε συνδυασμό με τις μικρές απαιτήσεις συντήρησης, το μηδενικό κόστος πρώτης ύλης αντισταθμίζουν σε μεγάλο βαθμό το αυξημένο κόστος εγκατάστασης των μονάδων εκμετάλλευσής τους. Συμπληρωματικά, το λειτουργικό κόστος τους είναι χαμηλό και δεν είναι άμεσα επηρεαζόμενο από τις διακυμάνσεις που σημειώνονται στη διεθνή οικονομία.

Οι μορφές των ΑΠΕ που αξιοποιούνται σε κάθε περιοχή ή χώρα καθορίζονται από φυσικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς περιορισμούς. Παράγοντες όπως το αιολικό δυναμικό, η μέγιστη ηλιακή ενέργεια ανά μονάδα επιφανείας θέτουν τους φυσικούς περιορισμούς αφού κάθε ενεργειακός πόρος πρέπει να υπερβαίνει ένα κατώφλι για να είναι αποδοτικός. Τα οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια για την επιλογή των κατάλληλων μορφών ΑΠΕ είναι τα ακόλουθα (Δημητρακοπούλου, 2009):

- Οικονομικός ανταγωνισμός (κόστος KWh)
- Κοινωνική αποδοχή
- Ευαισθησία στις τιμές των πρώτων υλών (πετρέλαιο και άλλα ορυκτά)
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Επιπτώσεις στην απασχόληση

Αν και οι Α.Π.Ε. μπορούν και πρέπει να διαδραματίσουν στο μέλλον σημαντικό ρόλο στο χώρο της ενέργειας, εν τούτοις αξιοποιείται μόνο ένα μέρος του δυναμικού τους. Πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που επιθυμούν τη διατήρηση της ισχύος του υπάρχοντος ενεργειακού μοντέλου, η υψηλή μέχρι πρόσφατα, τιμή των αντίστοιχων εξοπλισμών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής επιβραδύνουν την ανάπτυξη τους.

Προς το παρόν, οι Α.Π.Ε. εμφανίζονται ακριβότερες ως προς τις συμβατικές πηγές αφού οι τελευταίες υποκοστολογούνται. Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας όπως η υδροηλεκτρική ενέργεια και οι παραδοσιακές ενεργειακές εφαρμογές του ξύλου κρίνονται οικονομικά ισότιμες με συμβατικές μορφές ενέργειας. Αντίθετα, ανανεώσιμες μορφές ενέργειας όπως η ηλεκτρική ενέργεια από βιομάζα και τα βιοκαύσιμα έχουν υψηλότερο κόστος. Αν όμως αποτιμηθούν σε μια κοινή βάση,

ενσωματώνοντας στο συνολικό κόστος και το εξωτερικό, τότε τα κόστη για τις Α.Π.Ε. είναι πολύ μικρότερα έναντι των συμβατικών καυσίμων.

Γεωγραφικοί, τεχνικοί και φυσικοί παράγοντες περιορίζουν την αποδοτική εκμετάλλευση των ήπιων μορφών ενέργειας. Η χρήση γης για την παραγωγή βιομάζας είναι ανταγωνιστική ως προς τη γεωργία. Ο μικρός αριθμός κατάλληλων κοιλάδων δεν επαρκεί για τη συστηματική εκμετάλλευση του υδροηλεκτρικού δυναμικού. Το αιολικό και ηλιακό δυναμικό παρουσιάζει έντονη χωρική διακύμανση. Η διασπορά του δυναμικού τους δημιουργεί δυσκολίες στη συγκέντρωση, τη μεταφορά και την αποθήκευση μεγάλης ισχύος. Επιπλέον, λόγω της χαμηλής πυκνότητας ισχύος απαιτούνται εκτεταμένες εγκαταστάσεις. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από αιολική και ηλιακή ενέργεια σημειώνει διακύμανση στη διαθεσιμότητα του αφού η ισχύς του ανέμου και η ηλιοφάνεια είναι διακοπτόμενη και απρόβλεπτη. Έντονα καιρικά φαινόμενα είναι δυνατό να προξενήσουν μεταβολή της ποσότητας της βιομάζας και της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως, σε αυτές τις περιπτώσεις είναι απαραίτητη η χρήση εφεδρικών συμβατικών πηγών ενέργειας.

1.4 Μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Σύμφωνα με το άρθρο 2 του Ν. 3468/2006 ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ορίζονται «οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η βιομάζα, τα αέρια που εκλύονται από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, τα βιοαέρια, η γεωθερμική ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς».

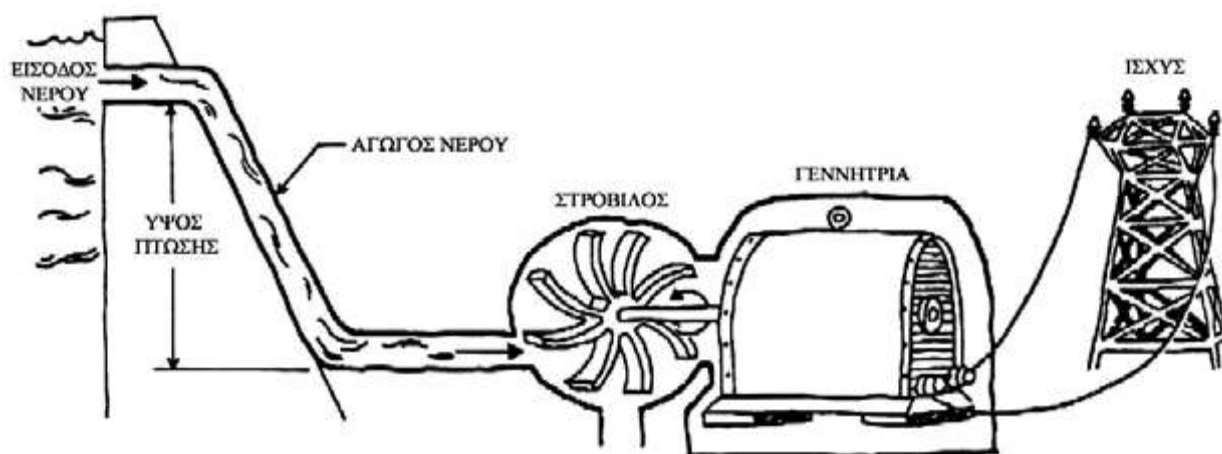
1.4.1 Υδραυλική ενέργεια

Πρόκειται για μια αποκεντρωμένη μορφή ενέργειας η οποία αποδίδεται μέσω της αέναης κίνησης των υδάτινων μαζών. Στο πέρασμα του χρόνου έχει συνδεθεί με διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η άντληση, το άλεσμα, το πλύσιμο των ρούχων. Στις μέρες μας, αξιοποιείται, κυρίως, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (υδροηλεκτρική ενέργεια) προερχόμενη από την κινητική ενέργεια του νερού των ποταμών και της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται από ένα σύνολο διατάξεων και έργων (Υδροηλεκτρικό Έργο – Υ.Η.Ε.). Η πλήρης ανάπτυξη των υδροηλεκτρικών έργων

στη χώρα μας θα απέφερε ηλεκτρική ενέργεια που αντιστοιχεί στο 20% των αναγκών μας σε ηλεκτρική ενέργεια καλύπτοντας ταυτόχρονα και άλλες ανάγκες όπως άρδευση, ύδρευση.

Μία υδροηλεκτρική μονάδα αποτελείται από:

- Το σύστημα προσαγωγής του νερού που περιλαμβάνει σήραγγα ή σωλήνωση ή και τα δύο.
- Το φράγμα ή υδατοφράκτης, μέσω του οποίου αυξάνεται το ύψος πτώσης και δημιουργείται ο ταμιευτήρας νερού.
- Το εργοστάσιο στο οποίο βρίσκεται ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός όπως στρόβιλοι, εναλλακτήρες.
- Τη διώρυγα φυγής του νερού, μετά τη χρήση του, από το εργοστάσιο στο ποτάμι.
- Τις γραμμές μεταφοράς της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 2: Σχηματική παράσταση ενός υδροηλεκτρικού σταθμού

(Πηγή: Σημειώσεις Χρ.Κορωναίου – Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας)

Η προγραμματισμένη αποδέσμευση ποσοτήτων νερού που συγκεντρώνονται στη λίμνη, φυσική ή τεχνητή, ενός σταθμού είναι η αρχή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαδικασία παραγωγής αποτελείται από δυο φάσεις. Στην πρώτη, η κινητική ενέργεια του νερού μετατρέπεται, μέσω των πτερυγίων του υδροστροβίλου, σε περιστροφική κινητική ενέργεια του άξονα της πτερωτής. Στη δεύτερη, με τη χρήση γεννήτριας, η ενέργεια περιστροφής μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Ο διαχωρισμός των υδροηλεκτρικών έργων, ανάλογα με το μέγεθος τους, γίνεται σε μικρά και μεγάλα. Μικρά υδροηλεκτρικά θεωρούνται εκείνα των οποίων η

ονομαστική ισχύς είναι μικρότερη των 10MW ενώ αντίστοιχα μεγάλα εκείνων των οποίων η ισχύς υπερβαίνει τα 10MW. Σε πολλά σημεία της Ελλάδας έχουν εγκατασταθεί μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί, αξιοποιώντας το δυναμικό των χιλιάδων μικρών ή μεγαλύτερων υδατορρευμάτων και πηγών, παράγουν ηλεκτρική ενέργεια εξασφαλίζοντας ενεργειακή αυτονομία στην τοπική κοινωνία. Χαρακτηρίζονται ως έργα "συνεχούς ροής" αφού σε αυτά γίνεται συγκέντρωση μικρών σχετικά ποσοτήτων νερού χωρίς να απαιτείται η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων.

Κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους, τα υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα που εστιάζονται στην ομαλή παραγωγή ενέργειας, τη συνεπή λειτουργία τους στο πέρασμα του χρόνου, τη δυνατότητα άμεσης σύνδεσης - απόξευξης στο δίκτυο, ή την αυτόνομη λειτουργία τους, τη μεγάλη διάρκεια ζωής, την υψηλή απόδοση των υδροστροβίλων, με τιμές να υπερβαίνουν, μερικές φορές, το 90%, το χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας, με μηδενικό κόστος για την πρώτη ύλη, την ελάχιστη προκαλούμενη ρύπανση, την προσαρμοστικότητα στις αυξομειώσεις της ενεργειακής ζήτησης, την κάλυψη συμπληρωματικών δραστηριοτήτων (ύδρευση, άρδευση). Ειδικά για τα μικρά υδροηλεκτρικά, αποδίδονται λειτουργικά και αισθητικά χαρακτηριστικά συμβατά με το περιβάλλον τους, ενώ συντελούν στη δημιουργία νέων υδροβιοτόπων μικρής κλίμακας στα ανάντη των μικρών ταμιευτήρων. Επιπλέον, κατά την κατασκευή τους γίνονται μικρές περιβαλλοντικές παρεμβάσεις γεγονός που περιορίζει τις κοινωνικές αντιδράσεις.

Εκτός όμως των παραπάνω, υπάρχουν παράγοντες που περιορίζουν την ελκυστικότητα της χρήσης των υδροηλεκτρικών έργων. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι: η σπανιότητα των βροχοπτώσεων, η ανάγκη, σε πολλές περιπτώσεις, κατασκευής μεγάλων εγκαταστάσεων λόγω της μικρής ειδικής ενεργειακής πυκνότητας του νερού (kW/kg), η διακύμανση της υδραυλικότητας και της παραγόμενης ισχύος κατά τη διάρκεια του έτους, ο μεγάλος χρόνος απόσβεσης του αρχικού υψηλού κόστους. Εκτός αυτών, τα υδροηλεκτρικά έργα κατηγορούνται για έκλυση μεθανίου καθώς αποσυντίθενται τα φυτά που βρίσκονται κάτω απ' το νερό, ενισχύοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Σε ότι αφορά τους μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς, η κατασκευή τους συνοδεύεται από σημαντικές επιπτώσεις τόσο στο τοπικό όσο και στο ευρύτερο οικοσύστημα (η διατάραξη της σεισμικότητας, η αλλοίωση της χλωρίδας και της πανίδας, η πιθανή μετακίνηση πληθυσμού). Παρ' όλα αυτά, εάν προηγηθεί προσεκτική μελέτη και σχεδιασμός, είναι δυνατόν να μειωθεί το μέγεθος των

προβλημάτων και να αμβλυνθούν οι όποιες αντιδράσεις. Εκτός τούτου, δεν εκλείπουν οι περιπτώσεις, όπως αυτή του σταθμού στη λίμνη πλαστήρα, όπου μεγάλα έργα αποτελούν μέσο ανάπτυξης.

Υδροηλεκτρικό δυναμικό

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του Κ.Α.Π.Ε.3 η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η πιο ώριμη μορφή των Α.Π.Ε. αφού το 2004 από τις 700.000MW εγκατεστημένης ισχύος παγκοσμίως παράχθηκε το 16% της ηλεκτρικής ενέργειας στην ίδια κλίμακα. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, την ίδια χρονιά τα υδροηλεκτρικά έργα απέδωσαν το 11% της ηλεκτρικής ενέργειας, περιορίζοντας τη ρύπανση κατά 40 εκατ. tn CO₂ ανά έτος. Από το 2004, 16800 μικρά υδροηλεκτρικά ήταν σε λειτουργία στην Ευρώπη των 27 με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 11GW.⁴

Το 2006 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μικρά υδροηλεκτρικά έργα συμμετείχε κατά 3%, περίπου, στη συνολική παραγωγή στην Ευρώπη. Στην έκθεση του Renewable Energy Policy Network for the 21th century (REN 21) με τίτλο Renewables 2012 Global Status report⁵, υπογραμμίζεται η αύξηση των μεγάλων υδροηλεκτρικών κατά το 2009. Με χωρητικότητα 190.000 MW (εκ των οποίων 140.000 στα 27 κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης), το 2009 η υδροηλεκτρική ενέργεια υπερέβη τα 552 δισεκατομμύρια kWh, αντιπροσωπεύοντας το 17% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην Ευρώπη και το 69% από τις ανανεώσιμες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι χώρες με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ είναι η Ιταλία, η Γαλλία και η Ισπανία ενώ σε χώρες όπως η Πολωνία η ισχύς από νέους σταθμούς αυξάνεται συνεχώς.

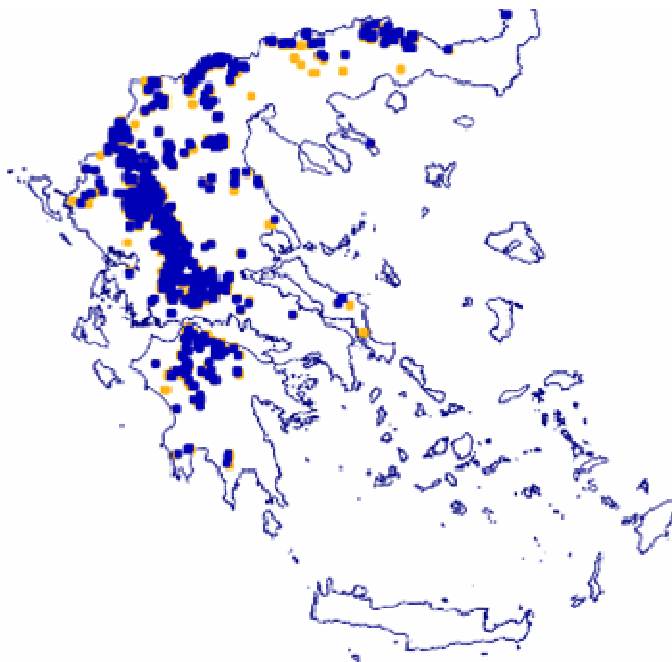
Στον Ελλαδικό χώρο, από μελέτες που έχουν εκπονηθεί από τη ΔΕΗ Α.Ε. και επενδυτές εκτιμάται ότι το αξιοποιήσιμο τεχνικοοικονομικό δυναμικό μπορεί να στηρίξει την εγκατάσταση μεγάλων υδροηλεκτρικών (Υ/Η) έργων της τάξης των 4,5-5GW. Παρόμοιες μελέτες έχουν γίνει και για μικρά υδροηλεκτρικά. Το εκμεταλλεύσιμο δυναμικό εντοπίζεται σε λεκάνες της ζώνης της Πίνδου, της βόρειας Πελοποννήσου, αλλά και στα βόρεια σύνορα της χώρας με συνολική ισχύ της τάξης των 1000-1200MW. Στον χάρτη αποτυπώνεται η γεωγραφική κατανομή του δυναμικού για

³ http://www.cres.gr/kape/education/web_dynitiko%20xristes.pdf

⁴ http://ec.europa.eu/research/energy/eu/research/hydropower/background/index_en.htm

⁵ <http://www.ren21.net/REN21Activities/Publications/GlobalStatusReport/tabid/5434/Default.aspx>

μικρά υδροηλεκτρικά έργα λαμβάνοντας υπόψη βασικές τεχνικές παραμέτρους (υδατική παροχή, ύψος πτώσης).



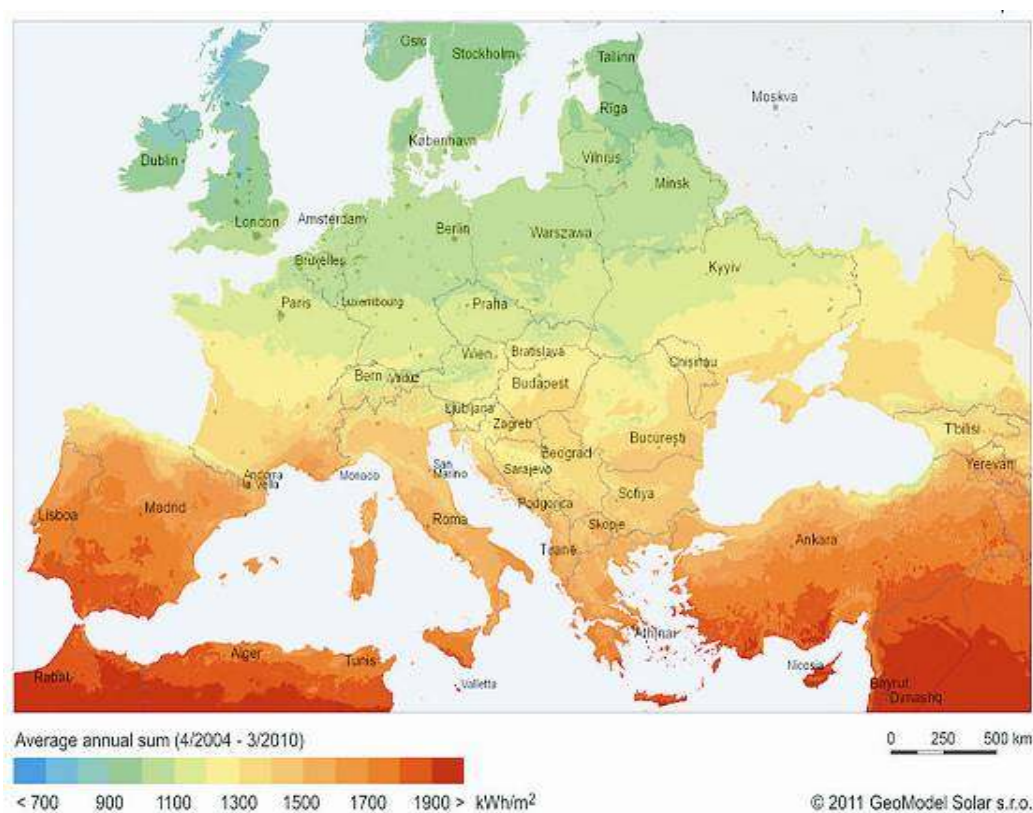
Εικόνα 3: Κατανομή επενδυτικού ενδιαφέροντος για μικρά υδροηλεκτρικά έργα
(Πηγή: ΡΑΕ 2010)

Στην επικράτεια, η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς υπερβαίνει τις 3.000 MW ενώ η μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας είναι 4.000-5.000 GWh. Το παραπάνω ποσό συνεισφέρει το 8-10% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια που προέρχεται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς χρησιμοποιείται για την κάλυψη ηλεκτρικών φορτίων σε ώρες αιχμής. Τα τρία μεγαλύτερα υδροηλεκτρικά έργα έχουν κατασκευαστεί στα Κρεμαστά (437 MW), στο Θησαυρό (384 MW) και στο Πολύφυτο (375 MW)⁶ Η συνολική ισχύς των μικρών υδροηλεκτρικών υπολογίζεται περίπου σε 200MW.

⁶ http://itia.ntua.gr/nikos/ydatiko/ene_yhs_10.pdf

1.4.2 Ηλιακή ενέργεια

Ο όρος ηλιακή ενέργεια αποδίδεται στο σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο. Ο ήλιος εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και θερμότητα, που απορροφούνται από ενώσεις στη Γη και μετασχηματίζονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Το ποσό της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στην επιφάνεια της γης παρουσιάζει έντονη διακύμανση εξαρτώμενη από την εποχή, τη γεωγραφική θέση, την ημέρα και τη νεφοκάλυψη. Αξιοποιούμε μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στην επιφάνεια της γης, στηριζόμενοι σε τρία είδη συστημάτων: τα ενεργητικά ηλιακά, τα παθητικά ηλιακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα.



Χάρτης 1: Μέση ετήσια ηλιακή ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας

(Πηγή: <http://www.tovima.gr/science/article/?aid=467879>)

Ενεργητικά Ηλιακά συστήματα

Στην κατηγορία των ενεργητικών ηλιακών ανήκουν όσα συστήματα σε πρώτη φάση συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και ακολούθως τη μετατρέπουν σε θερμότητα, την αποθηκεύουν και τη διανέμουν, με μέσο μεταφοράς κάποιο ρευστό ή τον αέρα. Η εφαρμογή τους, όπου απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης, είναι ευρεία και η τεχνολογία στον τομέα αυτό είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη. Μεταξύ των Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

άλλων χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, αγροτικές εφαρμογές, αφαλάτωση, βιομηχανικές διεργασίες. Η πλέον γνωστή μορφή τους είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες για την παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης. Πλέον, πάνω 1.000.000 ελληνικές οικογένειες έχουν εγκαταστήσει στο σπίτι τους ηλιακό θερμοσίφωνα και καλύπτουν έτσι το μεγαλύτερο μέρος των ετησίων αναγκών τους σε ζεστό νερό. Στον ευρωπαϊκό χώρο, κυρίως τα τελευταία χρόνια, έχει εξαπλωθεί ο συνδυασμός παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων με ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Για τα ελληνικά κλιματικά δεδομένα, ο συνδυασμός αυτός κρίνεται ιδιαίτερα επωφελής, αρκεί να συνοδευτεί από προσεκτικό σχεδιασμό του κτιρίου και σωστή επιλογή των λειτουργικών συστημάτων του.

Παθητικά ηλιακά συστήματα και Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν την αρχή της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και έχουν ως στόχο την αποδοτική διαχείριση των δομικών στοιχείων του κτιρίου για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. Συναντώνται σχεδόν σε όλους τους τύπους κτιρίων, τόσο σε νεοαναγειρόμενα, όσο και σε ήδη υπάρχοντα κτίρια. Ο τρόπος λειτουργίας τους στηρίζεται στους νόμους μεταφοράς θερμότητας και οι κύριες διαδικασίες που εκτελούν είναι η συλλογή ηλιακής ενέργειας, η αποθήκευση της σε μορφή θερμότητας και η διανομή της στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας είναι κατ' ουσίαν ένα παράδειγμα του φαινομένου του θερμοκηπίου αφού η ηλιακή ακτινοβολία μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού εισέρχεται στο χώρο και η θερμότητα εγκλωβίζεται στο εσωτερικό του. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τεχνικές φυσικού φωτισμού και τεχνικές για το φυσικό δροσισμό κτιρίων.

Σε εθνικό επίπεδο, το 40% της συνολικής κατανάλωσης προέρχεται από τα κτίρια, με μορφή είτε θερμότητας είτε ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης σε αυτά κρίνεται κρίσιμη. Η μείωση αυτή επιτυγχάνεται με την υιοθέτηση των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Στα πλαίσια αυτής, ο σχεδιασμός κτιρίων και χώρων γίνεται συνυπολογίζοντας την ιδιαιτερότητα του τοπικού κλίματος, τις περιβαλλοντικές πηγές ενέργειας και ενσωματώνοντας παθητικά ηλιακά συστήματα για την αξιοποίηση τους.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα δε διαθέτουν μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

- Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού
- Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα είναι ικανά να μετατρέψουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Πρόκειται για μια τεχνολογία που εμφανίστηκε στις αρχές του 1970 στα διαστημικά προγράμματα των ΗΠΑ. Από την προοπτική στα Φ/Β συστήματα ηλιακή ενέργεια μόλις το 14% περίπου μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική. Τα κύρια μέρη ενός τυπικού Φ/Β συστήματος είναι: το Φ/Β πλαίσιο (ή ηλιακή γεννήτρια ρεύματος) και τα ηλεκτρονικά συστήματα που αναλαμβάνουν τη διαχείριση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικά στα αυτόνομα συστήματα, εκτός των άλλων, υπάρχει και σύστημα για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας. Σε μεγάλους σχηματισμούς, μία τυπική Φ/Β συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια τα οποία συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους.



Εικόνα 4: Διάταξη φωτοβολταϊκού συστήματος

(**Πηγή:** <http://www.24h.gr/section/periballon/triplasiastike-i-paragogi-energeias-apo-fotovoltaika>)

Κατηγορίες Φ/Β Συστημάτων

Οι κυριότερες κατηγορίες εφαρμογών Φ/Β συστημάτων είναι οι ακόλουθες:

- Καταναλωτικά προϊόντα (1mWp–100 Wp) - Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ισχύος μικρής κλίμακας (σκάφη αναψυχής, εξωτερικός φωτισμός κήπων, μικροί φορητοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές).
- Αυτόνομα ή απομονωμένα συστήματα (100 Wp –200k Wp) - Συναντώνται σε κατοικίες και μικρούς οικισμούς χωρίς να υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο και ενσωματώνονται σε συστήματα άντλησης νερού, εξωτερικού φωτισμού δρόμων, πάρκων, σηματοδότησης οδικής κυκλοφορίας, ναυτιλίας, αφαλάτωσης νερού.
- Μεγάλα Διασυνδεδεμένα στο Δίκτυο Φ/Β Συστήματα (50kWp έως μερικά MWp) - Συνδέονται απευθείας με το δίκτυο και η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται σε αυτό.
- Διασυνδεδεμένα Φ/Β Συστήματα – Οικιακός Τομέας (1,5kWp έως 20kWp) - Κατέχουν το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας αγοράς Φ/Β . Εγκαθίστανται σε στέγες ή προσόψεις κατοικιών και τροφοδοτούν άμεσα τις καταναλώσεις του κτιρίου. Η πλεονάζουσα ενέργεια διοχετεύεται απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Χαρακτηριστικά Φ/Β Συστημάτων

Κατά τη λειτουργία των Φ/Β εντοπίζονται τα ακόλουθα θετικά χαρακτηριστικά:

- Εύχρηστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σε πολύ μικρή αλλά και σε μεγάλη κλίμακα.
- Αθόρυβη λειτουργία με μηδενική εκπομπή ρύπων.
- Δυνατότητα συνδυαστικής λειτουργίας με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- Μικρό κόστος συντήρησης.
- Ανταπόκριση στην αύξηση των αναγκών των χρηστών με δυνατότητα μεταγενέστερης επέκτασης του αρχικού έργου.
- Αξιόπιστη λειτουργία με μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Σημαντική συνεισφορά στην απεξάρτηση από το πετρέλαιο

- Ουσιαστική συμμετοχή στη 'Διάσπαρτη Παραγωγή Ενέργειας', το νέο μοντέλο ανάπτυξης σύγχρονων ενεργειακών συστημάτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ,Π,Ε,Κ.Α.), το 2011 η ισχύς των φωτοβολταϊκών που λειτουργούν στην Ελλάδα υπερτριπλασιάστηκε, σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά. Αριθμητικά, από 198 MW το 2010 έφθασαν τα 626 MW στο τέλος του 2011, άνοδος 215 %.

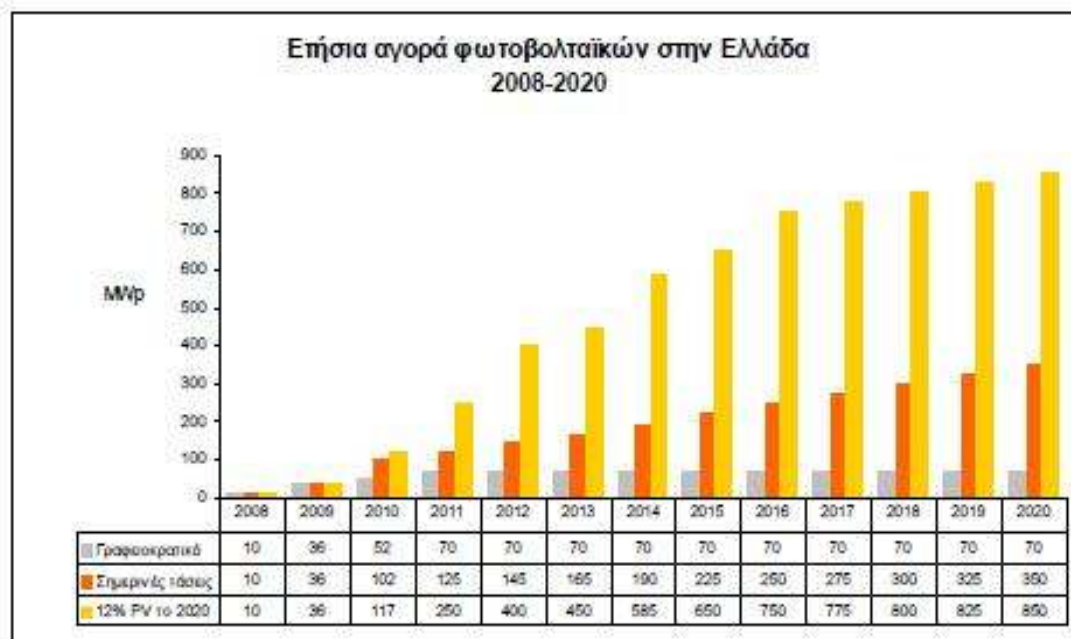
Αντίθετα, όπως προκύπτει από την έκθεση "Προοπτικές για την Παγκόσμια Αγορά Φωτοβολταϊκών μέχρι το 2016 (Global Market Outlook for Photovoltaics)⁷ που συντάχθηκε για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης Φωτοβολταϊκών Βιομηχανιών (European Photovoltaic Industry Association- EPIA) ο κλάδος των φωτοβολταϊκών στην Ευρώπη διανύει περίοδο αβεβαιότητας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών ανήλθε σε 21,9GW το 2011 έναντι 13,4GW το 2010. Η ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά αντιστοιχεί στο 2% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση ενώ το μέγιστο ποσό, στις περιόδους αιχμής, στο 4%. Ωστόσο, Θα πρέπει να επισημανθεί το γεγονός ότι παρά τις βραχυπρόθεσμες συντηρητικές προβλέψεις, οι μακροπρόθεσμες προοπτικές θεωρούνται θετικές, υπό την προϋπόθεση ότι θα γίνει άνοιγμα σε νέες αγορές.



Διάγραμμα 2: Εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα

(Πηγή: Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών)

⁷ <http://www.epia.org/index.php?id=18>



Διάγραμμα 3: Αναμενόμενη εξέλιξη τα επόμενα χρόνια

(Πηγή: Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών)

1.4.3 Αιολική ενέργεια

Υπεύθυνη για την παραγωγή αιολικής ενέργειας είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Λόγω της ανομοιόμορφης θέρμανσης της επιφάνειας της γης, μεγάλες αέριες μάζες μετακινούνται, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό τους ανέμους. Στις μέρες μας, η αξιοποίηση της γίνεται, κυρίως, μέσω των ανεμογεννητριών (Α/Γ). Σύμφωνα με μελέτες, στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι με ταχύτητα επαρκή προς εκμετάλλευση (μέση ετήσια ταχύτητα πάνω από 5,1m/sec, σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος). Εκτιμάται, ότι αν αξιοποιηθεί το σύνολο του αιολικού δυναμικού της γης, στη διάρκεια ενός έτους θα παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια που θα υπερκαλύπτει τις ετήσιες παγκόσμιες ανάγκες. Το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει πλέον μειωθεί σημαντικά, κάτι που καθιστά πλέον την αιολική ενέργεια ανταγωνιστική έναντι των συμβατικών μορφών ενέργειας.

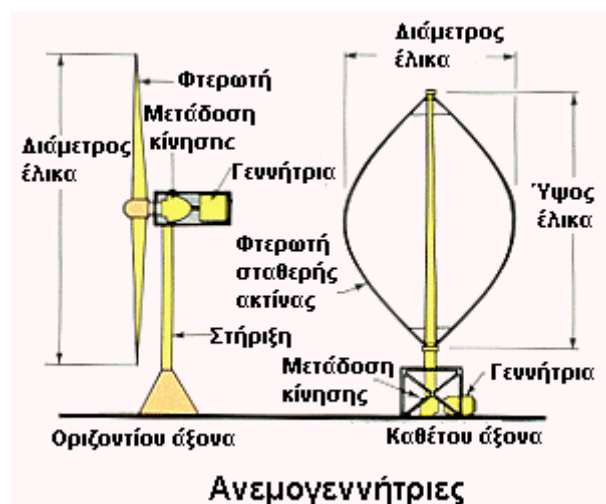
Στη χώρα μας, το αιολικό δυναμικό είναι αξιόλογο. Η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς σε περιοχές με ανάλογο δυναμικό όπως Άνδρο, Λέσβο, Χίο, Σάμο, Εύβοια, Λήμνο, και στην Κρήτη ξεπερνά τις 30MW. Στις περιοχές αυτές συναντώνται τα

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

περισσότερα αιολικά πάρκα. Πρόκειται για συστοιχίες ανεμογεννητριών τοποθετημένες σε βέλτιστη διάταξη για την καλύτερη δυνατή απόδοση.

Οι ανεμογεννήτριες είναι διατάξεις μέσω των οποίων η αιολική ενέργεια μετατρέπεται σταδιακά σε ηλεκτρική ενέργεια. Αρχικά, η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε κινητική ενέργειας περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στη συνέχεια, μέσω μιας γεννήτριας, γίνεται η τελική μετατροπή σε ηλεκτρική. Οι ανεμογεννήτριες ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες :

- Οριζοντίου άξονα: ο δρομέας είναι τύπου έλικα με την κατεύθυνση του άξονα συνεχώς παράλληλη σε αυτή του ανέμου και του εδάφους. Οι Α/Μ οριζόντιου άξονα έχουν επικρατήσει στην αγορά.
- Κατακόρυφου άξονα: ο άξονας παραμένει σταθερός με κατεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του εδάφους



Εικόνα 5: Τύποι ανεμογεννητριών

(Πηγή: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/technologie.htm>)

Η αποδοτικότητα μιας ανεμογεννήτριας καθορίζεται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου. Για να παραχθεί ηλεκτρισμός θα πρέπει η ταχύτητα του ανέμου να είναι μεγαλύτερη από 15Kph. Η ισχύς της ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt. Οι τυπικές διαστάσεις είναι: διάμετρος δρομέα 40 μέτρα και ύψος 40-50 μέτρα (ανεμογεννήτρια 500 kW) και 80 και 80–100 μέτρα αντίστοιχα (ανεμογεννήτρια 3 MW).

Οι Α/Μ χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Σε απομονωμένες περιοχές ή σε περιοχές με μικρές

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

ενεργειακές ανάγκες, μικρές A/M λειτουργούν αυτόνομα σε συνδυασμό με συστοιχία συσσωρευτών για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας και τη μετέπειτα χρήση της σε περιόδους άπνοιας. Στις περισσότερες εγκαταστάσεις περιλαμβάνεται ντιζελογεννήτρια για τη διασφάλιση της συνεχούς παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Εάν η ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγάλη τότε αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άντληση ύδατος και την συγκέντρωση του σε ταμιευτήρες το οποίο στη συνέχεια αποδίδει τη δυναμική ενέργεια του ως ηλεκτρική. Εκτός από την αυτόνομη λειτουργία, το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να διοχετευτεί στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Αυτή η εφαρμογή απαιτεί την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου χωρίς όμως να χρειάζεται η κατασκευή ενός νέου συστήματος για τη διαχείριση της ενέργειας που παράγεται.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενη από την αιολική συνοδεύεται από παρατηρήσεις που ενθαρρύνουν την εντατικοποίηση της. Ορισμένοι από αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Η Αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ήπιας ενέργειας φιλική προς το περιβάλλον, τεχνολογικά ώριμη και οικονομικά ανταγωνιστική.
- Το καύσιμο που χρησιμοποιεί, ο αέρας, είναι μηδενικού κόστους και ανεξάντλητο.
- Συμβάλλει τόσο στην ενεργειακή ανεξαρτησία, σε τοπικό αλλά και εθνικό επίπεδο όσο και στην ενεργειακή αποκέντρωση που συνοδεύεται από μείωση των απωλειών μεταφοράς ενέργειας.
- Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την αιολική αντικαθιστά ενέργεια προερχόμενη από τις συμβατικές πηγές. Έτσι, περιορίζεται η ρύπανση της ατμόσφαιρας από ρύπους του θερμοκηπίου. Έχει υπολογισθεί ότι η ετήσια παραγωγή ηλεκτρισμού από μία ανεμογεννήτρια ισχύος 550KW ισούται με την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2.700 βαρελιών πετρελαίου, αποτρέποντας την εκπομπή 735tn CO₂ και 2tn άλλων ρύπων.

Η αύξηση της ηλεκτρικής ισχύος των A/M που έχουν εγκατασταθεί στη χώρα μας εγείρει συχνά κοινωνικές αντιδράσεις φοβούμενοι τις πιθανές επιπτώσεις. Οι A/M έχουν χρεωθεί με επιβλαβή γεγονότα όπως:

Η παραγωγή θορύβου από τις Α/Μ

Ο θόρυβος που παράγεται κατά τη λειτουργία των Α/Μ, ανάλογα με την προέλευση του, διαχωρίζεται σε δυο είδη: το μηχανικό που προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα και τον αεροδυναμικό που προέρχεται από την περιστροφή των πτερυγίων. Τα τελευταία χρόνια δίδεται ιδιαίτερη μέριμνα ώστε να περιορισθεί η επίδραση του θορύβου. Μέτρα αντιμετώπισης του θορύβου λαμβάνονται είτε στην πηγή είτε στη διαδρομή του. Αναλυτικότερα, ο προσεκτικός σχεδιασμός των Α/Μ έχει προσθέσει σε αυτές τεχνικά στοιχεία (γρανάζια πλάγιας οδόντωσης, εσωτερική ηχομονωτική επένδυση στο κέλυφος της κατασκευής) που μειώνουν την παραγωγή μηχανικών θορύβων. Επιπλέον, κατά τη διαδρομή του ο μηχανικός θόρυβος περιορίζεται από ηχομονωτικά πετάσματα και αντικραδασμικά πέλματα στήριξης. Ανάλογες τεχνικές υιοθετούνται και για τον έλεγχο του αεροδυναμικού θορύβου.

Αν η χωροθέτηση των Α/Μ είναι σύμφωνη με το νομοθετημένο κριτήριο της εγκατάστασής τους, σε ελάχιστη απόσταση 500 μέτρων από τους οικισμούς και σε συνδυασμό με τα παραπάνω, τότε αυτές δεν προκαλούν έκθεση ανθρώπων σε υψηλή στάθμη θορύβου και αύξηση της υπάρχουσας στάθμης θορύβου εκτός των ορίων τους.

Παρεμβολή σε ηλεκτρομαγνητικά σήματα

Στις Α/Μ έχουν αποδοθεί παρεμβολές, λόγω της θέσης τους, σε σήματα προερχόμενα από υπάρχοντες σταθμούς τηλεόρασης ή ραδιόφωνου και αφετέρου εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από τις ίδιες. Στην πρώτη περίπτωση, το πρόβλημα δημιουργείται από τα πτερύγια των Α/Μ τα οποία καθώς κινούνται προκαλούν αυξομείωση σήματος λόγω ανάκλασης. Στις σύγχρονες Α/Μ με πτερύγια από συνθετικό υλικό το φαινόμενο καταγράφεται εξασθενημένο. Περαιτέρω μείωση των παρεμβολών είναι εφικτή με τη χωροθέτηση των Α/Μ σύμφωνα με τα κριτήρια που έχουν ορισθεί από την Ελληνική νομοθεσία και τη λήψη διορθωτικών μέτρων (εγκατάσταση επιπλέον αναμεταδοτών).

Τέλος, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την ίδια την Α/Μ αξιολογείται ως ιδιαίτερα ασθενής. Η ηλεκτρογεννήτρια και ο μετασχηματιστής μέσης τάσης είναι τα τμήματα της Α/Μ που εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Δε συντρέχει όμως λόγος ανησυχίας από την ακτινοβολία αφού η ένταση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου της ηλεκτρογεννήτριας είναι μικρή και εκτείνεται σε πολύ μικρή απόσταση γύρω από το κέλυφος της γεννήτριας. Το ίδιο ισχύει και για το

μετασχηματιστή που είναι κλεισμένος σε μεταλλικό υπόστεγο ή περιβάλλεται πάντα από περίφραξη ασφαλείας, τοποθετημένη σε τέτοια απόσταση ώστε να ελαχιστοποιεί την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Αισθητική υποβάθμιση και προσβολή του φυσικού τοπίου

Δεν έχουν θεσμοθετηθεί κριτήρια σχετικά με την οπτική όχληση αφού είναι ένα θέμα καθαρά υποκειμενικό. Επειδή όμως δε μπορεί να παραβλεφθεί το γεγονός ότι οι Α/Μ είναι ορατές από απόσταση, θα πρέπει κατά την επιλογή του τόπου εγκατάστασης να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες του και ο σχεδιασμός του αιολικού πάρκου να είναι τέτοιος ώστε να αφομοιώνεται στο μέγιστο βαθμό από το φυσικό περιβάλλον τους.

Παρεμπόδιση των γεωργικών και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων

Το αιολικό πάρκο καταλαμβάνει μόλις το 1% της έκτασης που το φιλοξενεί. Στηριζόμενοι σε αυτό γίνεται φανερό ότι ο χώρος εγκατάστασης του πάρκου είναι διαθέσιμος και για άλλες χρήσεις. Μπορούμε να κατανοήσουμε ότι οι κτηνοτροφικές και οι γεωργικές δραστηριότητες δεν παρεμποδίζονται.

Μείωση του πληθυσμού των πουλιών

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει σε ευρωπαϊκές χώρες προκύπτει ότι μόνο ένας μικρός αριθμός πουλιών σκοτώνονται ετησίως (20 θάνατοι) εξαιτίας των ανεμογεννητριών (για εγκατεστημένη ισχύ 1000MW). Αντίθετα, μεγάλος είναι ο αριθμός των θανάτων (1.500) που οφείλονται σε κυνηγούς και σε πρόσκρουση με οχήματα και τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (2.000). Ωστόσο, ιδιαίτερη ευαισθησία θα πρέπει να επιδεικνύεται κατά τη χωροθέτηση για την προστασία του πληθυσμού των πουλιών κοντά σε οικολογικά ευαίσθητες και προστατευόμενες περιοχές.

Αιολικό δυναμικό

Από το 1995, η βιομηχανία της αιολικής ενέργειας σημειώνει συνεχώς μέση ετήσια άνοδο 15,6%. Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση του Ευρωπαϊκού συνδέσμου αιολικής

ενέργειας (European Wind Energy Association-EWEA)⁸, το 2011 εγκαταστάθηκαν νέα αιολικά πάρκα με συνολική ισχύ 9.616 MW. Για το ίδιο έτος, η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς ανήλθε σε 93.957 MW που αντιστοιχεί στο 6,3% των αναγκών για ηλεκτρισμό της ευρωπαϊκής ένωσης.

Η Γερμανία παραμένει η ευρωπαϊκή χώρα με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ και ακολουθούν η Ισπανία, η Γαλλία, η Ιταλία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Η ανάπτυξη νέων αγορών όπως αυτή της Ρουμανίας, η αύξηση του αριθμού των χερσαίων αιολικών εγκαταστάσεων στη Γερμανία και στη Σουηδία και η ανάπτυξη των θαλάσσιων αιολικών πάρκων στο Ηνωμένο Βασίλειο αντισταθμίζουν την ύφεση που καταγράφεται σε χώρες όπως η Γαλλία και η Ισπανία.

Σύμφωνα με την ίδια αρχή, στο χρονικό διάστημα 2007 έως 2010 το μερίδιο της Αιολικής Ενέργειας στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν της Ευρωπαϊκής Ένωσης αυξήθηκε κατά 33%⁹. Κατά τη διάρκεια του 2010, η ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας ήταν διπλάσια από αυτή του ευρωπαϊκού ΑΕΠ, προσφέροντας 32 δισ. Ευρώ στην ευρωπαϊκή οικονομία ενώ η αξία των εξαγωγών προϊόντων και υπηρεσιών του κλάδου ανήλθε σε 5,7 δισ. Ευρώ. Η εγκατεστημένη αιολική ισχύς στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2009 ανέρχονταν σε 74.767 MW, με τη Γερμανία και την Ισπανία να πρωτοστατούν και να συγκεντρώνουν το 60,1% της συνολικής ισχύος.

Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα αντιμετωπίζει μια σειρά από ανασταλτικούς παράγοντες όπως τεχνικές ελλείψεις, το νομοθετικό καθεστώς και το μονοπωλιακό μοντέλο της οικονομίας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η συνεχής αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος που σημειώνεται τα τελευταία χρόνια κρίνεται μικρή δεδομένου του πλούσιου αιολικού δυναμικού της χώρας μας. Χαρακτηριστικά, ενώ ο στόχος για την ηλεκτροπαραγωγή από αιολική ενέργεια το 2010 ήταν 3500MW (εγκατεστημένης ισχύος), τελικά αυτή ανήλθε μόλις στα 1320 MW. Στο τέλος του 2009 ήταν εγκατεστημένες 1.245 ανεμογεννήτριες (ισχύος από 105 kW έως 3,0 MW) σε 73 αιολικά πάρκα, με συνολική παραγωγή 2.107 GWh (περίπου 75,5 % της συνολικής παραγωγής από ΑΠΕ). Ο μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης την περίοδο 1998-2009 υπολογίζεται στο 41% για την εγκατεστημένη ισχύ σε MW και 54% για την ετήσια παραγωγή σε TWh. Το 2011, η Ελλάδα κατέλαβε

⁸

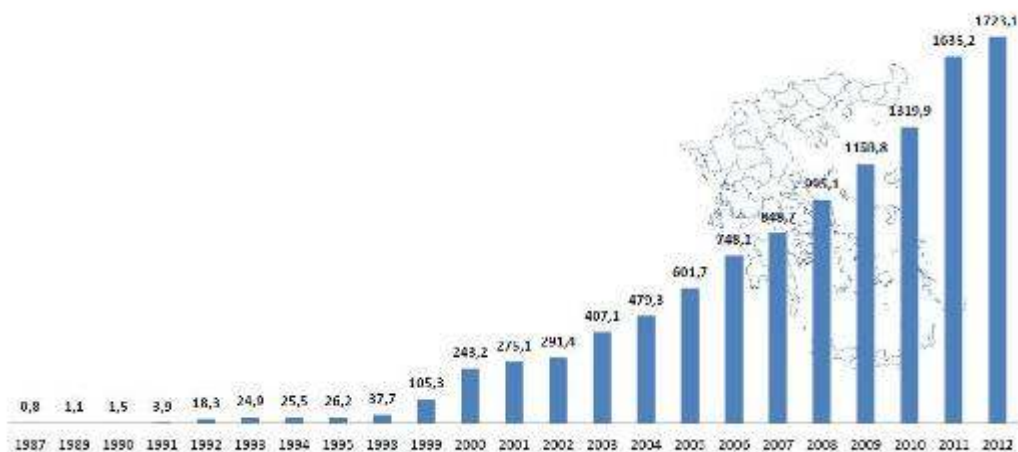
http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/EWEA_Annual_Report_2011.pdf

⁹ <http://www.ewea.org/index.php?id=1926>

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

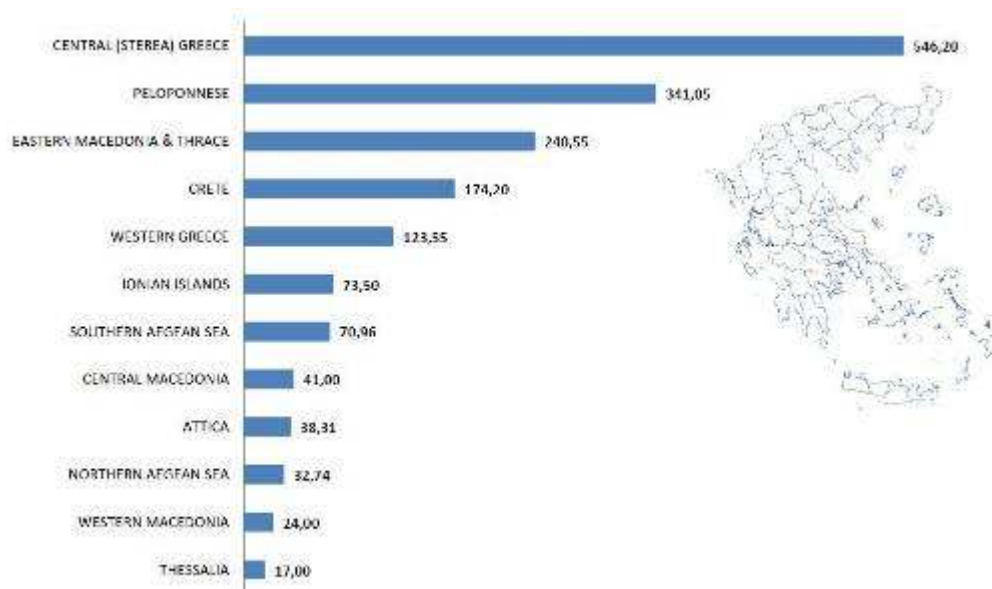
τη δέκατη θέση της κατάταξης, βάσει των νέων εγκαταστάσεων αιολικών MW, μεταξύ των 27 κρατών μελών της Ε.Ε.. Την ίδια χρονιά εγκαταστάθηκαν νέα αιολικά πάρκα με συνολική ισχύ 311MW.

Τα τελευταία στοιχεία που παρουσίασε η Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ), ο ελληνικός εκπρόσωπος της EWEA, για το πρώτο πεντάμηνο του 2012 δηλώνουν ότι 1723,06MW βρίσκονται σε εμπορική ή δοκιμαστική λειτουργία.



Διάγραμμα 4: Συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα ανά έτος

(Πηγή: *European Wind Energy Association-EWEA*)

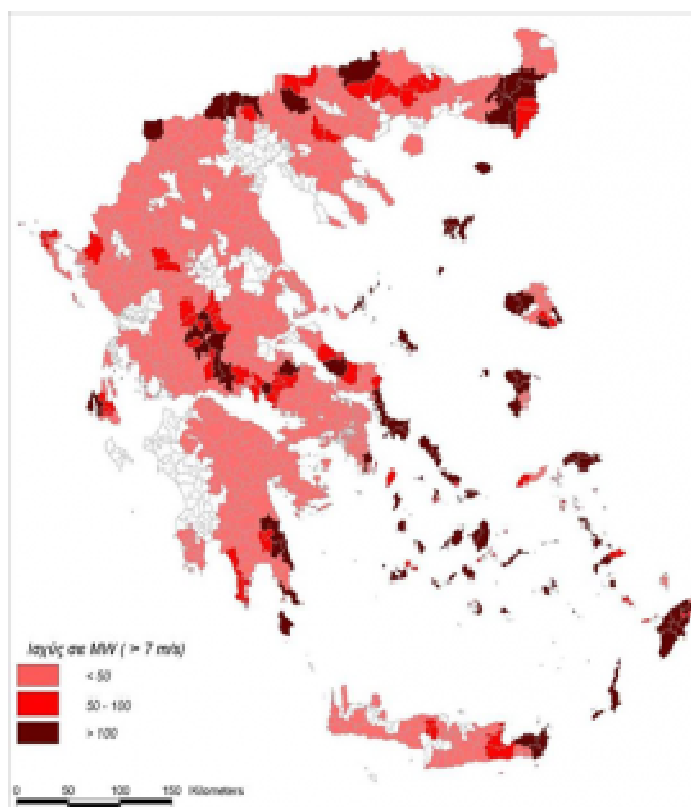


Διάγραμμα 5: Εγκατεστημένη ισχύς (MW) ανά περιοχή τον Μάιο 2012

(Πηγή: *European Wind Energy Association-EWEA*)

Ένας αριθμός μελετών έχουν διεξαχθεί από διάφορους φορείς (Κ.Α.Π.Ε., ΥΠ.ΑΝ., ΔΕΗ, ΕΜΠ) προκειμένου να υπολογιστεί το δυναμικό της Αιολικής Ενέργειας στις διάφορες περιφέρειες της χώρας. Με τη χρήση του αιολικού χάρτη φυσικού δυναμικού και λαμβάνοντας συμπληρωματικά υπόψη τεχνικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους που σχετίζονται με την μορφολογία του εδάφους, τη χρήση της γης, τα κριτήρια χωροθέτησης και την οικονομικότητα των αναμενόμενων επενδύσεων υπολογίζεται ότι η χώρα μας διαθέτει τεχνικά εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό της τάξης των 11.000-14.000 MW, ενώ αν συνυπολογιστούν και οι off shore δυνατότητες, υπερβαίνει τα 22.000 MW.

Με απώτερο χρονικό ορίζοντα το 2050, προβλέπεται η διασύνδεση των – έως τώρα – μη διασυνδεδεμένων νησιών της χώρας με το ηπειρωτικό σύστημα. Από επιμέρους νησιωτικά συμπλέγματα πρόκειται να μεταφερθεί η ισχύς των αιολικών πάρκων μέσω υποβρυχίων και υπόγειων καλωδιακών γραμμών υψηλής τάσης.

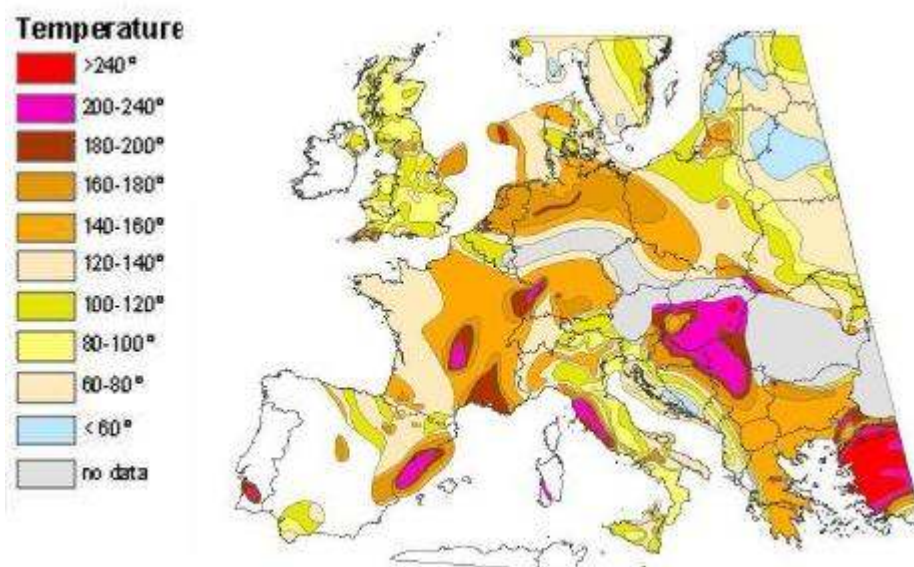


Χάρτης 2: Εκτίμηση «εν δυνάμει» δυναμικού ανά δήμο

(Πηγή: Μελέτη για την προετοιμασία του εθνικού χωροταξικού σχεδίου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ΚΑΠΕ)

1.4.4 Γεωθερμία

Όπως έχει αποκαλυφθεί μέσω των θερμικών πηγών, των ηφαιστείων και μετρήσεων σε γεωτρήσεις, καθώς κινούμαστε από την επιφάνεια της γης προς το εσωτερικό της η θερμοκρασία αυξάνεται. Η αύξηση αυτή σε συνάρτηση με το βάθος ονομάζεται γεωθερμική βαθμίδα. Η υψηλότερη θερμοκρασία σημειώνεται στον πυρήνα, όπου εκεί υπερβαίνει τους 5000 °C. Η μέση τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας, κοντά στην επιφάνεια της γης, είναι περίπου 30 °C/Km. Υπάρχουν όμως περιοχές (γεωθερμικά πεδία) στις οποίες η γεωθερμική βαθμίδα είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη μέση γήινη. Φαινόμενα όπως η ηφαιστειακή δραστηριότητα σε πρόσφατη γεωλογική περίοδο, η άνοδος ζεστού νερού από μεγάλα βάθη μέσω ρηγμάτων είναι υπεύθυνα για αυτή την αύξηση, με αποτέλεσμα σε μικρό σχετικά βάθος να σχηματίζονται υδροφόροι ορίζοντες που περιέχουν νερό ή ατμό υψηλής θερμοκρασίας. Ο εντοπισμός γεωθερμικών περιοχών γίνεται συχνά μέσω ατμού που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή την παρουσία θερμών πηγών.



Εικόνα 6: Θερμοκρασιακή διαβάθμιση σε βάθος 5Km

(Πηγή: Genter A. et al, 2004)

Η γεωθερμική ενέργεια είναι θερμότητα που έχει την πηγή της στο εσωτερικό της γης και φέρεται από ατμό ή θερμό νερό. Απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξη μιας από τις δυο μορφές είναι ο σχηματισμός υπόγειου ταμιευτήρα αποθήκευσης

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

νερού κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Το νερό αυτό κατά τις βροχοπτώσεις διείσδυσε σε βαθύτερους ορίζοντες της γης και στη συνέχεια, αφού θερμανθεί, ανεβαίνει προς την επιφάνεια. Τα θερμικά ρευστά εκτός από την «αυθόρμητη» μετακίνησή τους προς στην επιφάνεια της γης συχνά αντλούνται με γεώτρηση για να αξιοποιηθεί η θερμότητα που φέρουν και στη συνέχεια γίνεται επανέγχυση του ρευστού στο έδαφος με δεύτερη γεώτρηση. Η ηφαιστειότητα καθώς και οι τοπικές γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την ποσότητα της διαθέσιμης γεωθερμικής ενέργειας στην περιοχή.

Η θερμοκρασία των θερμικών ρευστών είναι ο καθοριστικότερος παράγοντας για τον τρόπο αξιοποίησης της γεωθερμίας και αυτή κυμαίνεται από 25ο C μέχρι 360ο C. Στη χώρα μας, η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για τη θέρμανση θερμοκηπίων. Μια άλλη αρκετά διαδεδομένη χρήση της γεωθερμίας είναι αυτή της θέρμανσης οικισμών. Η απαιτούμενη θερμότητα αφού δεσμευθεί από τη γεωθερμική πηγή, φθάνει στους χρήστες με την βοήθεια ενός δικτύου αγωγών (τηλεθέρμανση). Επιπρόσθετα, εκμεταλλεόμενοι το γεγονός ότι πολλά είδη υδροβίων οργανισμών αναπτύσσονται γρηγορότερα σε θερμοκρασίες 25 έως 30οC, γίνεται εφαρμογή της γεωθερμίας στις υδατοκαλλιέργειες. Στην περίπτωση άνυδρων νησιωτικών και παραθαλάσσιων περιοχών, η γεωθερμία μπορεί να προσφέρει μια ευέλικτη λύση με τη θερμική αφαλάτωση θαλασσινού νερού. Με τη ραγδαία πρόοδο της τεχνολογίας γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση της θερμότητας πετρωμάτων μικρού βάθους (3-5Km), όπως επίσης και υπόγειων ή και επιφανειακών υδάτων χαμηλής θερμοκρασίας για θέρμανση και κλιματισμό. Τέλος, με τη βοήθεια ρευστών των οποίων η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 150οC παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Κατά τη διαδικασία παραγωγής, γεωτρήσεις μεταφέρουν ζεστό νερό από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές δεξαμενές, το οποίο ακολούθως με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό. Εκτός από ενεργειακούς σκοπούς, η γεωθερμία χρησιμοποιείται και για θεραπευτικούς σκοπούς στις δεκάδες ιαματικές πηγές που είναι διεσπαρμένες στον ελληνικό χώρο.



Εικόνα 7: Χρήση γεωθερμίας για θέρμανση και κλιματισμό

(Πηγή: Geothermal Education office)

Τα οφέλη που προέρχονται από τη συστηματική εκμετάλλευση της γεωθερμίας είναι πολλαπλά.

1. Εξοικονόμηση των φυσικών, περιορισμένων πόρων.
2. Ενεργειακή αυτονομία με μείωση των εισαγωγών πετρελαίου και εξοικονόμηση συναλλάγματος.
3. Περιορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, συγκεκριμένα μείωση της παραγόμενης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα και του διοξειδίου του θείου. Αξίζει να αναφερθεί ότι η εκπομπή ρύπων κατά την παραγωγή μιας μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενης από τη γεωθερμία είναι μικρότερη του αντίστοιχου ποσού κατά την παραγωγή από συμβατική πηγή.
4. Μικρή απαίτηση γης για τις εγκαταστάσεις αξιοποίησης και μη διακοπτόμενη, από την αλλαγή των καιρικών συνθηκών, παραγωγή ενέργειας.
5. Μεγαλύτερη απόδοση ενός γεωθερμικού συστήματος κατά τρεις έως πέντε φορές έναντι ενός συμβατικού. Ειδικότερα τα γεωθερμικά συστήματα κλιματισμού μειώνουν κατά 55% μέχρι και 70% την ετήσια δαπάνη σε σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης και δροσισμού .

Εκτός όμως από τα θετικά χαρακτηριστικά της γεωθερμίας υπάρχουν και αρνητικά. Ενδεικτικά, τα γεωθερμικά ρευστά περιέχουν διαλυμένες ουσίες που συνδέονται με περιβαλλοντικά προβλήματα κατά την απόρριψη των ρευστών στο περιβάλλον. Επίσης, δύσσομα αέρια, κυρίως το υδρόθειο, στους ταμειυτήρες προκαλούν περιβαλλοντική υποβάθμιση. Συχνή είναι και η εμφάνιση διαβρώσεων και καταλάτωσης στους σωλήνες μεταφοράς των θερμικών ρευστών εξαιτίας των ουσιών που προαναφέρθηκαν.

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

Πίνακας 1: Σύγκριση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά πηγή ενέργειας

(Πηγή: Δημητρακοπούλου)

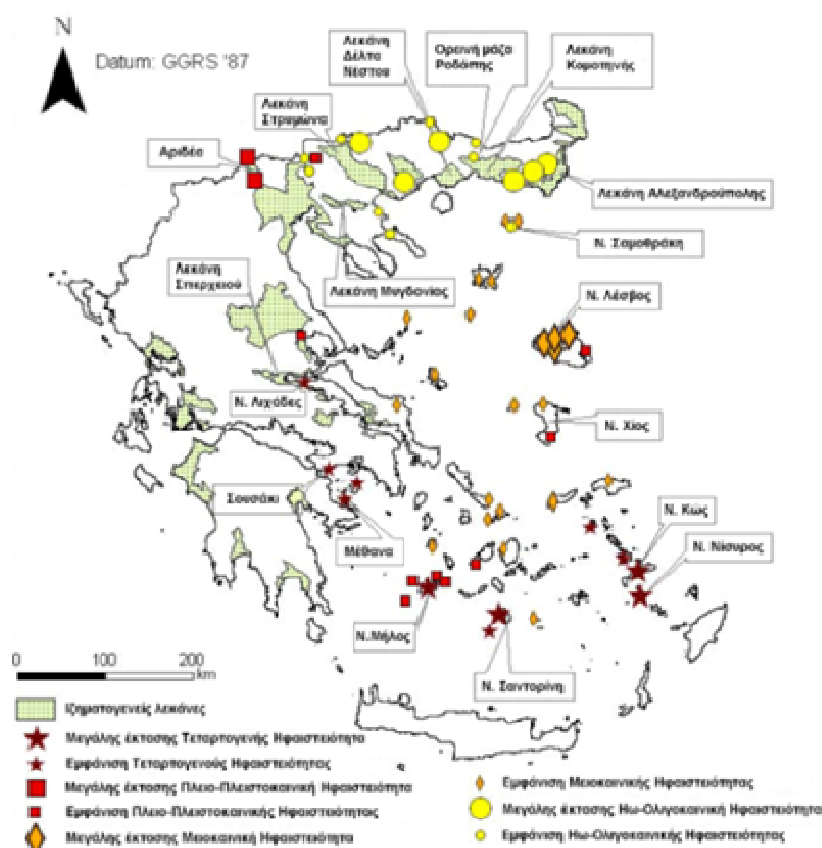
Πηγή Ενέργειας	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (Kg/KWh)
Γεωθερμική	0,09
Φυσικό αέριο	0,60
Πετρέλαιο	0,89
Άνθρακας	0,93

Γεωθερμικό δυναμικό

Κατά την ευρωπαϊκή επιτροπή έρευνας και καινοτομίας, επί του παρόντος μόλις 1 GW γεωθερμικής ηλεκτρικής ενέργειας είναι σε χρήση στην ΕΕ, παράγοντας περίπου 7 000 GWh ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος. Σε ότι αφορά στον τομέα της παραγωγής θερμότητας (άμεση και έμμεση χρήση), η εγκατεστημένη ισχύς στην Ε.Ε. είναι σχεδόν 9 GWth, αντιπροσωπεύοντας ετήσια παραγωγή θερμότητας 85 PJ. Ισχυρές γεωθερμικές αγορές συναντώνται σε όλη την Ευρώπη, με την Ιταλία, τη Γαλλία, την Πορτογαλία, την Ισλανδία και την Τουρκία να κυριαρχούν στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, και τη Σουηδία, την Ιταλία, την Ελλάδα, τη Γαλλία, τη Γερμανία, την Ουγγαρία, την Τουρκία, την Ισλανδία και την Ελβετία να έχουν ισχυρή θέση στον τομέα της θέρμανσης.

Σύμφωνα με τις προβλέψεις της Επιτροπής, η ικανότητα του γεωθερμικού τομέα αναμένεται να φθάσει το 1 GW το 2020 και 1,3 GW το 2030. Η εκτιμώμενη μέγιστη δυνατότητα για γεωθερμική ενέργεια στην ΕΕ των 27 είναι μέχρι 6 GW μέχρι το 2020 και 8 GW μέχρι το 2030. Αυτό αντιπροσωπεύει περίπου το 1% και 1,3% της προβλεπόμενης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ μέχρι το 2020 ακαθάριστο και 2030 αντίστοιχα. Στον τομέα της θέρμανσης, το εκτιμώμενο μέγιστο δυναμικό για την γεωθερμία είναι έως και 40 GW μέχρι το 2020 και 70 GW έως το 2030 (άμεση και έμμεση συνδυασμένη χρήση).

Στο χάρτη 3 αποτυπώνονται οι θέσεις των γεωθερμικών πεδίων στον Ελλαδικό χώρο που μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμες για παραγωγή ηλεκτρισμού. Η εκτίμηση του δυναμικού της γεωθερμικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή βασίζεται στη διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων της υπό μελέτη περιοχής, καθώς και στο επίπεδο της έρευνας που έχει ή πρόκειται να πραγματοποιηθεί. Το συνολικό εκτιμώμενο τεχνικό δυναμικό είναι της τάξης των 2000MW.



Χάρτης 3: Εκτίμηση του γεωθερμικού δυναμικού στην Ελλάδα

(Πηγή: Κ.Α.Π.Ε.)

1.4.5 Υδρογόνο

Υπάρχουν εκτιμήσεις σύμφωνα με τις οποίες το υδρογόνο θα είναι το νέο καύσιμο που θα χρησιμοποιηθεί ευρέως τα επόμενα χρόνια, τόσο για οικιακή παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού όσο και στα αυτοκίνητα. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί σε κατάλληλα τροποποιημένους λέβητες, καυστήρες και κινητήρες εσωτερικής καύσης αλλά και σε νέες τεχνολογίες όπως οι κυψέλες καυσίμου στις οποίες πραγματοποιείται παραγωγή ηλεκτρισμού από την ένωση υδρογόνου και οξυγόνου που περιέχει ο αέρας.



Εικόνα 8: Διατάξεις αξιοποίησης υδρογόνου
(Πηγή: Κ.Α.Π.Ε.)

Το υδρογόνο αποτελεί το 90% του σύμπαντος αφού συναντάται ευρέως σε ενώσεις όπως το νερό, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο. Σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι δε ρυπαίνει το περιβάλλον αφού όταν «καίγεται» παράγει μόνο θερμότητα και νερό. Θεωρείται ανεξάντλητο αφού η πιθανότερη μελλοντικά διαδικασία παραγωγής του είναι η ηλεκτρόλυση του νερού. Επομένως, τόσο κατά την παραγωγή του όσο και κατά την καύση του θα παράγεται νερό.

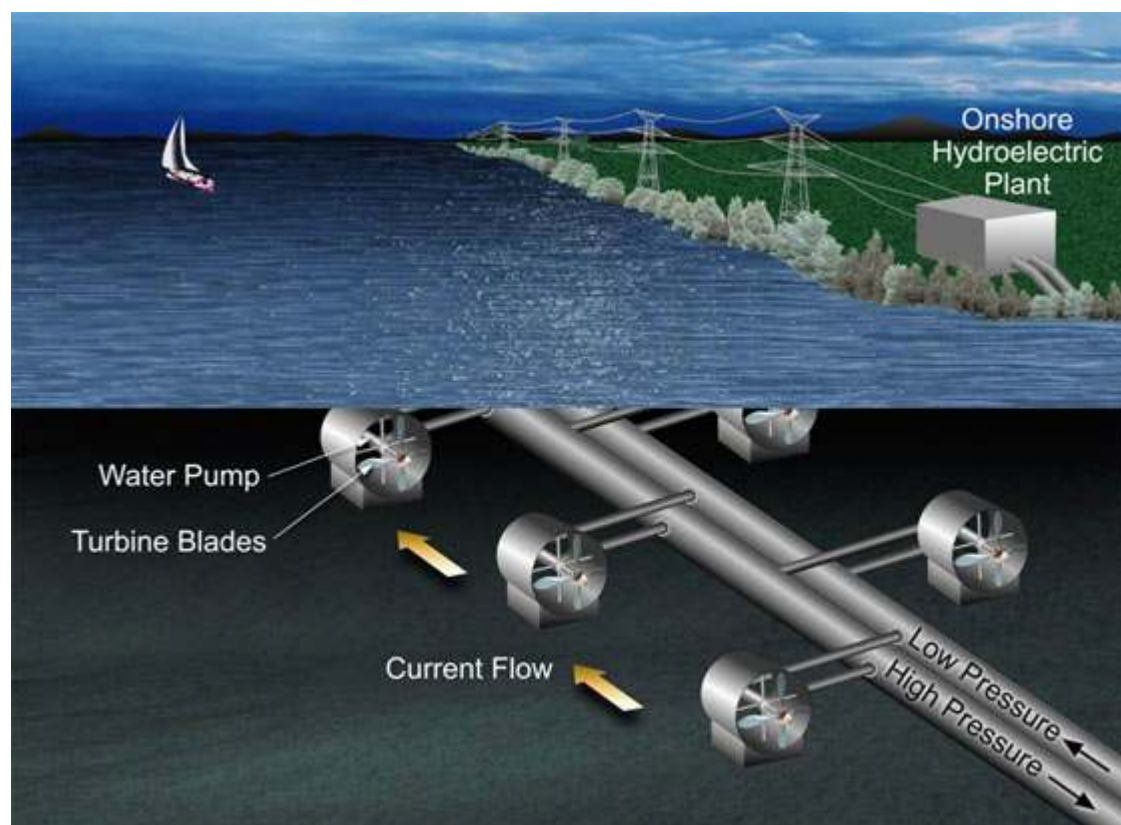
1.4.6 Ενέργεια παλιρροιών

Τα τελευταία χρόνια σε χώρες όπως η Κίνα και ο Καναδάς γίνεται μια συστηματική προσπάθεια εκμετάλλευσης της ενέργειας των παλιρροιών των ωκεανών. Η κεντρική ιδέα είναι η συγκράτηση του νερού σε έναν ταμιευτήρα κατά την άνοδο του και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά την αποδέσμευση του από κατάλληλη μηχανολογική διάταξη. Πρόκειται για μια διαδικασία φιλική προς το περιβάλλον που εξαρτάται άμεσα από την εποχή και τις καιρικές συνθήκες.

Στα στενά της Μάγχης και στη νότια Ιρλανδία είναι τα σημεία της Ευρώπης που εντοπίζονται αξιόλογα παλιρροιακά ρεύματα. Αξιοποιήσιμο δυναμικό διαθέτει η περιοχή της Μεσσίνας στην Ιταλία και περιοχές στο Αιγαίο Πέλαγος όπως το ρεύμα του Ευρίπου.

1.4.7 Ενέργεια από κύματα

Η ενέργεια που μεταφέρουν τα κύματα μπορεί να αποτελέσει μια εξαιρετική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Τα κύματα δημιουργούνται όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγάλη και το νερό απορροφά μέρος από την ενέργεια του ανέμου. Στη συνέχεια αποδίδεται τμηματικά με συνεχή μεταφορά στις γειτονικές μάζες νερού δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό τα κύματα.



Εικόνα 9: Διάταξη εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων

(Πηγή: Ελληνική εταιρεία εξοικονόμησης ενέργειας)

Ανάλογα με τη μορφή των κυμάτων υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να επωφεληθούμε την ενέργεια που εμπεριέχουν. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των κυμάτων ανοιχτής θάλασσας αποδίδεται με την μορφή εναλλασσόμενων ανοδικών και καθοδικών κινήσεων του νερού ενώ για τα κύματα κοντά στην ακτή εξάγεται μέσω της προωστικής δύναμης του μετώπου του κύματος η οποία χρησιμοποιείται για την κίνηση στροβιλοκινητήρων νερού ή αέρα.

Εκτιμάται ότι η εκμετάλλευση μόλις του 1% του κυματικού δυναμικού του πλανήτη θα κάλυπτε το τετραπλάσιο της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης. Το τεχνικά

εκμεταλλεύσιμο κυματικό δυναμικό για τα κράτη μέλη της Ε.Ε. εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 150-230 TWh/έτος. Από αυτά 4-11TWh/έτος αντιστοιχούν στις ελληνικές θάλασσες που διαθέτουν το υψηλότερο δυναμικό στην Ευρώπη. Η Ελλάδα διαθέτει μεγάλη ακτογραμμή μήκους περίπου 16.000Km με μέσες ετήσιες τιμές κυματικής ισχύος ανά μέτρο μετώπου κύματος της τάξης των 4-11KW/m¹⁰.

1.4.8 Βιομάζα

Σύμφωνα με την οδηγία ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/ΕΚ: «Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία, (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων.» Πριν την εντατική χρήση του άνθρακα και του πετρελαίου, η βιομάζα αποτέλεσε την κύρια πηγή ενέργειας για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών. Με τη χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας αλλά για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντίζελ κ.λπ.).

Η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών, χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Χρησιμοποιώντας ως πρώτες ύλες το νερό και το CO₂, τα φυτά μετασχηματίζουν την ενέργεια του ορατού φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας με μια σειρά σύνθετων διεργασιών. Για την απόδοση του ενεργειακού περιεχομένου της βιομάζας υπάρχουν δυο κατηγορίες μεθόδων, οι θερμοχημικές (ξηρές) και οι βιομηχανικές (υγρές). Η καταλληλότητα της μεθόδου κρίνεται κατά περίπτωση βάσει δυο κριτηρίων, της αναλογίας άνθρακα και αζώτου (C/N) που εμπεριέχεται στη διαθέσιμη πρώτη ύλη και της υγρασίας της κατά την ώρα συλλογής.

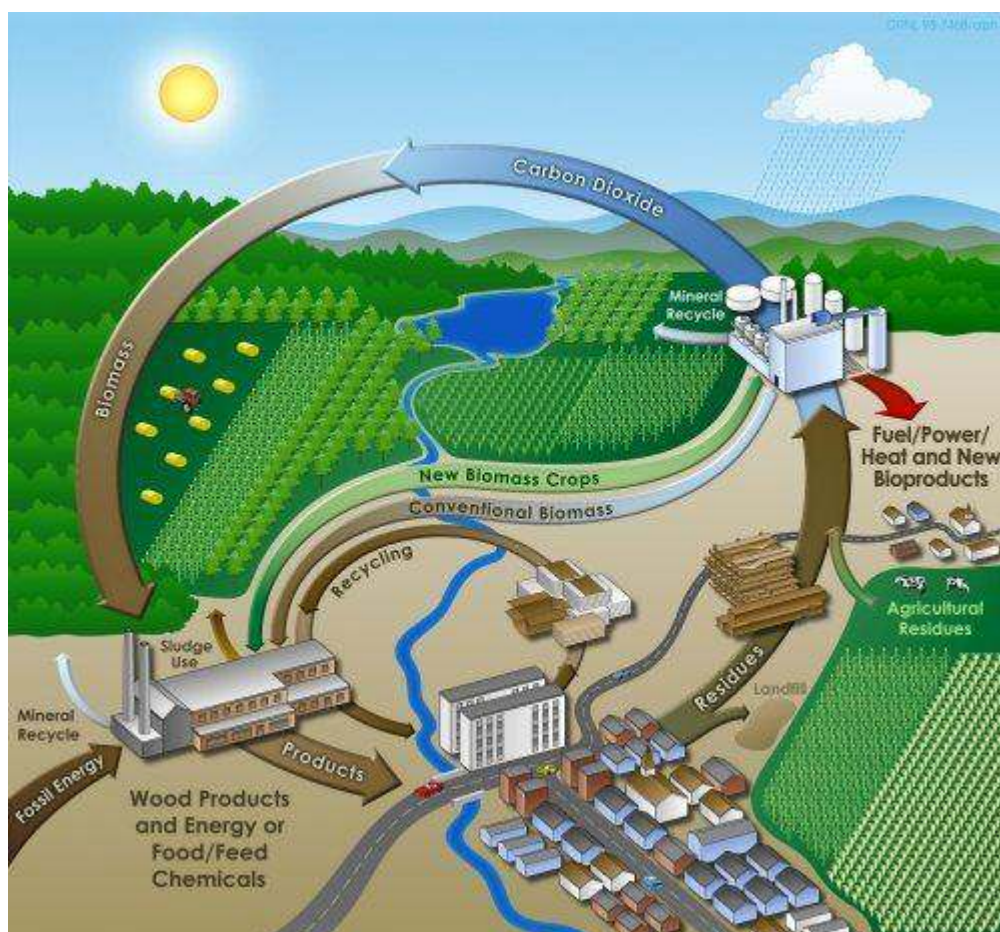
Οι θερμοχημικές διεργασίες πραγματοποιούνται υπό συνθήκες (C/N)>30 και υγρασία<50%. Αποτελούνται από οξειδωτικές αντιδράσεις, που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, για διαφορετικές συνθήκες οξειδωσης. Οι πιο ευρέως διαδεδομένες εξ αυτών είναι: α) η πυρόλυση (θέρμανση απουσία αέρα) β) η απευθείας καύση γ) η αεριοποίηση δ) η υδρογονοδιάσπαση

10

http://www.teiath.gr/userfiles/topoadmin/documents/ekdiloseis/HMERIDA_26_05_2010.files/TEI_260520_10_OIKONOMOU.pdf

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

Οι βιοχημικές διεργασίες χρησιμοποιούνται για προϊόντα και υπολείμματα, όπως λαχανικά, κοπριά κ.λ.π., όταν $C/N < 30$ και υγρασία $> 50\%$. Κατά την εκτέλεση τους λαμβάνει χώρα μικροβιακή δράση. Οι χαρακτηριστικότερες βιοχημικές διεργασίες είναι: α) αερόβια ζύμωση (παρουσία οξυγόνου) β) αναερόβια ζύμωση (απουσία εξωτερικού οξυγόνου).



Εικόνα 10: Ο ενεργειακός κύκλος της βιομάζας

(Πηγή: <http://itia.ntua.gr/~nikos/energy/ene-biomass.pdf>)

Παρακάτω αναφέρονται οι χαρακτηριστικότερες εφαρμογές με καύσιμο τη βιομάζα:

- Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες
- Θέρμανση θερμοκηπίων με καύση σε λέβητες.
- Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες: Κατά την παραγωγική διαδικασία γεωργικών βιομηχανιών προκύπτουν σημαντικές ποσότητες βιομάζας σαν υπόλειμμα ή υποπροϊόν οι οποίες στη συνέχεια

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των θερμικών τους αναγκών ή/και μέρος των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια.

- Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου: Από τα υπολείμματα της επεξεργασίας του ξύλου καλύπτονται θερμικές ανάγκες των διεργασιών της βιομηχανίας καθώς και κτιρίων.
- Τηλεθέρμανση: Μέσω ενός δικτύου αγωγών, παρέχεται θέρμανση κτιρίου καθώς και θερμού νερού χρήσης, από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας σε κλίμακα από ένα σύνολο κτιρίων μέχρι μια πόλη.
- Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.): Κατά την αναερόβια χώνευση των υγρών αποβλήτων σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού, και των απορριμμάτων σε Χ.Υ.Τ.Α. παράγεται βιοαέριο. Αποτελείται από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Η χρήση του βιοαερίου ως καυσίμου σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού μπορεί να καλύψει μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που έχουν επισημανθεί κατά τη χρήση της βιομάζας για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών είναι:

1. Δεν ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου αφού το παραγόμενο CO₂ κατά την καύση της επαναδεσμεύεται κατά την παραγωγή της μέσω της φωτοσύνθεσης.
2. Δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με θειούχες ενώσεις όπως το διοξείδιο του θείου (SO₂) αφού η περιεκτικότητα σε θείο είναι αμελητέα. Κατ'επέκταση, δε συμμετέχει στο φαινόμενο της «όξινης βροχής».
3. Περιορίζει την εισαγωγή καυσίμων, κυρίως πετρελαίου, ενδυναμώνοντας την ενεργειακή απεξάρτηση.
4. Τονώνει τις τοπικές οικονομίες και προωθεί την περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.
5. Επιλύει το πρόβλημα των σκουπιδιών στις μεγάλες πόλεις με την εκμετάλλευσή τους για παραγωγή βιοαερίου.

Η χρησιμοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει δυσκολίες που αφορούν:

1. Το υψηλό κόστος κατασκευής και εγκατάστασης των διατάξεων αξιοποίησης της έναντι αυτού των συμβατικών πηγών ενέργειας.

2. Το μεγάλο όγκο της, καθώς και τη μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
3. Τη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των αντίστοιχων διαδικασιών για τα ορυκτά καύσιμα. Για αυτό προτείνεται η αξιοποίησή της να γίνεται σε σημεία που απέχουν όσο το δυνατόν μικρές αποστάσεις από τον τόπο παραγωγής της.
4. Τη μεγάλη διασπορά και την εποχιακή παραγωγή της.

Δυναμικό βιομάζας

Για την ορθή εκτίμηση του «εν δυνάμει» δυναμικού της βιομάζας πρέπει να συνεκτιμάται ένας μεγάλος αριθμός παραγόντων που επηρεάζονται από την αγροτική οικονομία και το περιβάλλον. Στις μέχρι τώρα εκτιμήσεις έχουν περιληφθεί βιομηχανικά και αγροτικά υπολείμματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας στις υπάρχουσες ή στις μελλοντικές μονάδες μεταποίησης. Προκειμένου να υπολογισθεί το δυναμικό της βιοενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού γίνεται διαχωρισμός:

- στο δυναμικό των στερεών υπολειμμάτων που προορίζονται για τεχνολογίες καύσης και αεριοποίησης.
- στο δυναμικό των υγρών οργανικών αποβλήτων για τεχνολογίες αναερόβιας χώνευσης.

Οι μέχρι τώρα υπολογισμοί για τα στερεά υπολείμματα έγιναν έχοντας ως βάση τα υπάρχοντα δεδομένα διάθεσης και χρήσης στερεής βιομάζας, καθώς και την υπάρχουσα βιομηχανική δραστηριότητα (βιομηχανία ξυλείας, ελαιολάδου, βαμβακιού και άλλων αγροτοβιομηχανικών δραστηριοτήτων).¹¹ Με αριθμούς, συνίσταται σε 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών και σε 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας. Το αξιοποιήσιμο δυναμικό μπορεί να υποστηρίξει τη λειτουργία σταθμών παραγωγής με ισχύ της τάξης των 400-500MW.

Αν στα υγρά οργανικά υπολείμματα προστεθούν απόβλητα από εκτροφή χοίρων, βοοειδών, σφαγείων και τυροκομίας, τότε εκτιμάται ότι στην Ελλάδα παράγονται 17.000.000 τόνοι ετησίως. Μέσω της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης των

¹¹ Στον ελληνικό χώρο έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών.

οργανικών αποβλήτων παράγεται βιοαέριο. Το καύσιμο αυτό είναι ικανό να τροφοδοτήσει μονάδες συμπαραγωγής συνολικής εγκατεστημένης ισχύος τουλάχιστον 300MW. Αξίζει να σημειωθεί ότι το δυναμικό αυτό μπορεί να αυξηθεί σημαντικά με οργάνωση της συλλογής οργανικών αποβλήτων, καθώς και ανάπτυξη βιώσιμων οικονομικά τεχνολογιών αποκεντρωμένων μονάδων συμπαραγωγής/ηλεκτροπαραγωγής για την αξιοποίηση του τοπικού δυναμικού. Επιπλέον, ισχύς μπορεί να προκύψει από την αξιοποίηση του βιοαέριου που παράγεται σε ΧΥΤΑ και βιολογικούς καθαρισμούς. Το εν δυνάμει δυναμικό αυτών των εγκαταστάσεων είναι της τάξης των 100MW εγκατεστημένης ισχύος¹².



Εικόνα 11: Εκτίμηση της κατανομής των πιθανών εγκαταστάσεων για αξιοποίηση στερεής βιομάζας στην Ελλάδα

(Πηγή: Εκτίμηση του Εθνικού δυναμικού Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού & Θερμότητας στην Ελλάδα, ΚΑΠΕ 2007)

Οι τρέχουσες τάσεις καταδεικνύουν ότι η βιομάζα δεν πρόκειται να παίξει στο άμεσο μέλλον το σημαντικό ρόλο που οραματίζεται η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Μεταξύ 2000 και 2007, η κατανάλωση ενέργειας προερχόμενη από βιομάζα αυξήθηκε κατά περίπου 25 TWh ετησίως¹³. Περίπου 10 TWh από αυτά προήλθαν από άμεση

¹² <http://www.opengov.gr/minenv/?p=4201>

¹³ http://www.europeanclimate.org/documents/Biomass_report_-_Final.pdf

χρήση, από εταιρείες που λειτουργούν εσωτερικές μονάδες, ή νοικοκυριά με τη χρήση βιομάζας για οικιακή θέρμανση, και 15 TWh από την εμπορευματοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας και της θερμότητας. Εάν η αύξηση συνεχιστεί με αυτό το ρυθμό, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας από βιομάζα θα αυξηθεί συνολικά σε 300 TWh έως 1.100 TWh μέχρι το 2020.

1.5 Εξέλιξη του ευρωπαϊκού θεσμικού πλαισίου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Η ανάπτυξη των Α.Π.Ε. εντάσσεται σε ευρύτερους στόχους και πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) που συνδέονται με την προστασία του περιβάλλοντος, την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης, τη χάραξη κοινής εξωτερικής ενεργειακής πολιτικής, την τόνωση της ανταγωνιστικότητάς της στην παγκόσμια αγορά ενέργειας, καθώς και τη σταδιακή επίτευξη της ενεργειακής της αυτονομίας.

Η Ε.Ε. υποστήριξε πολλές ποσοτικές αναλύσεις με αντικείμενο τη μακροχρόνια προοπτική του ενεργειακού της συστήματος. Οι κύριες θεματικές ενότητες αυτών είναι:

- Η συμβατότητα της ενεργειακής πολιτικής με την επιδίωξη ασφαλούς ενεργειακής τροφοδοσίας χαμηλού κόστους και των περιβαλλοντικών απαιτήσεων.
- Η εσωτερικοποίηση των μακροχρόνιων ζητημάτων του περιβάλλοντος και της προόδου των ενεργειακών τεχνολογιών από τις ενεργειακές αγορές.
- Η εξασφάλιση της τεχνολογικής προόδου με την υποστήριξη της σημερινής ενεργειακής και τεχνολογικής πολιτικής.

Έχοντας ως γνώμονα τη σπουδαιότητα του ρόλου των Α.Π.Ε. η Ε.Ε. οδηγήθηκε σε λήψη μέτρων ευρείας κλίμακας που περιελάμβαναν:

- τον υπολογισμό του εξωτερικού κόστους που συνεπάγεται η χρήση ορυκτών πόρων
- την αναγωγή της κοστολόγησης της ενέργειας στο συνολικό κόστος.

- την επιδότηση της έρευνας και ανάπτυξης για τις τεχνολογίες των ανανεώσιμων πηγών.
- την εξέταση της επιβολής κατώτερου υποχρεωτικού ορίου ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες μορφές.

Οι ενεργειακοί στόχοι της Ε.Ε. είναι εστιασμένοι και έχουν μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Συμβάλουν στη χάραξη της ενεργειακής πολιτικής και ταυτόχρονα αποτελούν εργαλείο για τον έλεγχο του βαθμού υλοποίησης της. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά χαρακτηριστικές ευρωπαϊκές οδηγίες και νόμοι που έχουν εγκριθεί στα πλαίσια αυτής της πολιτικής.

Λευκή Βίβλος για την ενέργεια (COM(1996)421)

Εκδόθηκε τον Ιανουάριο του 1996 και έχει ως αντικείμενο την προστασία του περιβάλλοντος, την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού και την βιομηχανική ανταγωνιστικότητα.

Λευκή Βίβλος για τις ΑΠΕ και σχέδιο δράσης (COM(1997)599)¹⁴

Ανακοινώθηκε τον Νοέμβριο του 1997. Χαράσσει μια συντονισμένη στρατηγική και ένα σχέδιο δράσης για τον τομέα της ενέργειας, και ειδικότερα τις Α.Π.Ε.. Αφορά κυρίως τη συντονισμένη λήψη πρωτοβουλιών για την αξιοποίηση του δυναμικού των Α.Π.Ε.. Συγκεκριμένα, προβλέπει τον διπλασιασμό του ποσοστού της συνολικής εγχώριας ενεργειακής παραγωγής μέχρι το 2010, την καθιέρωση τριετούς απολογισμού των δράσεων σχετικά με τις Α.Π.Ε. και την παροχή ισότιμων ευκαιριών για τη διείσδυση των Α.Π.Ε. στην αγορά ενέργειας. Τα μέτρα απευθύνονται τόσο σε κρατικούς όσο και σε ευρωπαϊκούς φορείς και πολιτικές.

Πρωτόκολλο του Κιότο

Αποτελεί την πρώτη συμφωνία της διεθνούς κοινότητας με στόχο την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και συγκεκριμένα τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Υπεγράφη στις 11 Δεκεμβρίου 1997 και υποχρεώνει τις ανεπτυγμένες

¹⁴ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52001DC0069:EL:HTML>

χώρες σε συνολική μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 5,2% με βάση τις εκπομπές του 1990 ως το 2012. Για τις αναπτυσσόμενες χώρες δεν καθορίζονται στόχοι ως προς τις εκπομπές. Στο χρονικό διάστημα πριν τη διάσκεψη στο Κιότο η Ε.Ε. πραγματοποίησε αναλύσεις για τον υπολογισμό του κόστους που συνεπάγεται η μείωση εκπομπής, αλλά και τις δυνατότητες λήψης πολιτικών μέτρων προς την ίδια κατεύθυνση. Μεταξύ των μέτρων υπήρχαν ρυθμιστικές παρεμβάσεις στους τομείς της προώθησης της συμπαραγωγής, της υποστήριξης της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της ορθολογικής χρήσης της ενέργειας. Βάσει αυτών η ΕΕ διαμόρφωσε την εισήγησή της, που περιελάμβανε ως στόχο τη μείωση των εκπομπών CO₂ το 2010 κατά 8% σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990.

Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Αλλαγή του Κλίματος (Ε.Π.Α.Κ.)

Τον Οκτώβριο του 1999 ξεκίνησε από την Ε.Ε. η διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου προγράμματος δράσεων και πολιτικών (Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Αλλαγή του Κλίματος-Ε.Π.Α.Κ.) για την επίτευξη του στόχου που έθεσε το Πρωτόκολλο του Κιότο. Πρόκειται για μια σειρά από πολιτικές και μέτρα που μεταξύ άλλων αφορούν την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την ενεργειακή αποδοτικότητα στην παραγωγή και την κατανάλωση, τη μείωση των εκπομπών από τις βιομηχανίες και στις μεταφορές. Παρακάτω αναφέρονται συνοπτικά δυο χαρακτηριστικές οδηγίες που συντάχθηκαν στα πλαίσια αυτού του προγράμματος:

Οδηγία 2001/77/ΕΚ

Η Ε.Ε. το 2001 εξέδωσε την οδηγία για την προαγωγή της συμβολής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην εσωτερική αγορά και τη δημιουργία βάσης για ένα μελλοντικό κοινοτικό πλαίσιο στον εν λόγω τομέα. Τα κυριότερα σημεία της οδηγίας είναι: Ο ορισμός από τα κράτη μέλη εθνικών ενδεικτικών στόχων που αφορούν την αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας η οποία παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η υιοθέτηση μέτρων για την επίτευξη τους. Καθορίζει στο 21% το ενδεικτικό μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της Κοινότητας έως το 2010. Από το 2002 και έπειτα, ανά πενταετία, τα κράτη μέλη μέσω μια έκθεσης καθορίζουν τους εθνικούς ενδεικτικούς στόχους μελλοντικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας προερχόμενη

από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ως ποσοστό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, για την επόμενη δεκαετία.

Επιπρόσθετα, από το 2003 και ανά διετία, συντάσσεται έκθεση που καταγράφει την πορεία προς την επίτευξη των εθνικών στόχων όπως και την επίδραση κλιματικών παραγόντων που ενδέχεται να επηρεάσουν την υλοποίηση τους και τη συμβατότητα των μέτρων με τις εθνικές δεσμεύσεις για τις κλιματικές μεταβολές. Τα μέλη δημιουργούν ένα σύστημα σχετικό με την εγγύηση της προέλευσης της ενέργειας από ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, το οποίο θα διασφαλίσει τη διαφάνεια. Επιπλέον, προτείνεται η αναθεώρηση από τις αρμόδιες αρχές των κρατών μελών του υπάρχοντος νομοθετικού και ρυθμιστικού πλαισίου που διέπει τις διαδικασίες χορήγησης αδείας ή τις λοιπές διαδικασίες οι οποίες ισχύουν για τις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τέλος, δίνεται ιδιαίτερη μέριμνα στο ζήτημα της πρόσβασης στο δίκτυο, τη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.¹⁵

Οδηγία 2004/8/ΕΚ

Η παρούσα οδηγία εκδόθηκε τον Φεβρουάριο του 2004 και στοχεύει στην προώθηση και την ανάπτυξη συμπαραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας με υψηλή απόδοση η οποία θα βασίζεται στη ζήτηση για χρήσιμη θερμότητα και στην εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στην εσωτερική αγορά ενέργειας. Ο απώτερος στόχος είναι η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και η βελτίωση της ασφάλειας του εφοδιασμού. Μεταξύ των άλλων: Καθορίζει εναρμονισμένες τιμές αναφοράς απόδοσης για τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Προτείνει την έκδοση εγγύησης προέλευσης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από συμπαραγωγή υψηλής απόδοσης μέσω αντικειμενικών, διαφανών και αμερόληπτων κριτηρίων, τα οποία καθορίζονται από κάθε κράτος μέλος. Επιπλέον, η πιστοποίηση επιβλέπεται από αρμόδιους, ανεξάρτητους φορείς μέσω μηχανισμών που οργανώνουν οι τελευταίοι.

Προβλέπεται η ανάλυση του εθνικού δυναμικού από τα κράτη για την εφαρμογή της συμπαραγωγής υψηλής απόδοσης, συμπεριλαμβανομένης της συμπαραγωγής πολύ μικρής κλίμακας υψηλής απόδοσης. Επιπλέον, από το 2007 και έκτοτε ανά

15

http://eurlex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=el&type_doc=Directive&an_doc=2001&nu_doc=77

τετραετία, εκτιμάται από τα μέλη η πρόοδος στην αύξηση του μεριδίου της συμπαραγωγής υψηλής απόδοσης. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην πρόσβαση στο δίκτυο της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από συμπαραγωγή και στην διασφάλιση της μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.¹⁶

Στόχοι για το 2020

Τον Μάρτιο του 2007¹⁷, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο έχοντας ως βάση τα έως τότε δεδομένα και τον ευρωπαϊκό «Χάρτη πορείας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας», πρότεινε μια δέσμη μέτρων στα πλαίσια της νέας ευρωπαϊκής ενεργειακής επιτροπής. Είχαν ως κατεύθυνση την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος, την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας της Ε.Ε., την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας της και την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Η ουσιαστική υλοποίηση της πολιτικής και των δράσεων που απορρέουν από την απόφαση του συμβουλίου, συνοψίζεται στην επίτευξη στρατηγικών στόχων με χρονικό ορίζοντα το 2020:

α) Αύξηση του ποσοστού συμμετοχής των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στην τελική κατανάλωση σε ποσοστό 20%.

β) Βελτίωση της απόδοσης των ενεργειακών συστημάτων κατά 20%

γ) Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% ως προς τα επίπεδα του 1990 (και κατά 30%, αν υπάρξει διεθνής συμφωνία και άλλων ανεπτυγμένων χωρών)

Οι παραπάνω απαιτήσεις είναι γνωστές και ως «στόχοι 20-20-20».

Πράσινη Βίβλος: «Προς μια ευρωπαϊκή στρατηγική για τη ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού» [COM (2000) 769]

Η Ε.Ε. ωθούμενη από τη συνεχώς αυξανόμενη εξωτερική ενεργειακή εξάρτηση της, καθώς και τους οικονομικούς, κοινωνικούς, οικολογικούς και φυσικούς κινδύνους που αυτή συνεπάγεται, τον Νοέμβριο του 2000, εξέδωσε την Πράσινη Βίβλο. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα προτείνεται η ανάπτυξη μιας στρατηγικής για την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, συνυπολογίζοντας την επίδραση των

¹⁶ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:052:0050:0050:EL:PDF>

¹⁷ http://www.cres.gr/kape/pdf/download/ETHSIA_EKTHESH_2008_SITE.pd

περιβαλλοντικών ανησυχιών στις ενεργειακές επιλογές και την αναδιαμόρφωση της εσωτερικής αγοράς. Στο κείμενο της Πράσινης Βίβλου σκιαγραφείται μια μακροπρόθεσμη ενεργειακή στρατηγική με στόχο τον έλεγχο του ρυθμού αύξησης της ζήτησης, την ανάλυση της μεσοπρόθεσμης συμβολής των πηγών πυρηνικής ενέργειας και τη σύνταξη διατάξεων για τα στρατηγικά αποθέματα και τις νέες βασικές αρτηρίες εισαγωγών για τους υδρογονάνθρακες.¹⁸

Πράσινη Βίβλος: «Ευρωπαϊκή στρατηγική για αειφόρο, ανταγωνιστική και ασφαλή ενέργεια» [COM(2006) 105]¹⁹

Τον Μάρτιο του 2006 ανακοινώθηκε η Πράσινη Βίβλος μέσω της οποίας τα κράτη μέλη καλούνται να αναπτύξουν μια ενεργειακή πολιτική που θα έχει τρεις κύριους άξονες:

- την **ανταγωνιστικότητα**, μέσω της ολοκλήρωσης της εσωτερικής αγοράς ενέργειας και κατ' επέκταση τη βελτίωση της απόδοσης του ευρωπαϊκού δικτύου
- τη **βιωσιμότητα**, με την αύξηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της ενεργειακής απόδοσης, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η αλλαγή του κλίματος
- την **ασφάλεια εφοδιασμού**, για την ορθότερη ρύθμιση της ενεργειακής ζήτησης και προσφοράς και την απεξάρτηση της Ε.Ε. από τρίτες χώρες.

Η Πράσινη Βίβλος εστιάζει σε έξι τομείς για τους οποίους προτείνονται συγκεκριμένα μέτρα. Ακολούθως, γίνεται συνοπτική αναφορά σε αυτούς.

Η ενέργεια στην ανάπτυξη και την απασχόληση: ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας

Θέτει σε προτεραιότητα την ολοκλήρωση των εσωτερικών αγορών φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας και τον περιορισμό φαινομένων προστατευτισμού και επικράτησης παραδοσιακών επιχειρήσεων στην αγορά ενέργειας.

¹⁸ http://europa.eu/legislation_summaries/energy/external_dimension_enlargement/l27037_el.htm

¹⁹ http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/l27062_el.htm

Ασφάλεια εφοδιασμού : αλληλεγγύη μεταξύ των κρατών μελών

Υπό την εξάρτηση από τις εισαγωγές και τη διακύμανση της ζήτησης κρίνεται αναγκαία η υιοθέτηση μηχανισμών αποθεματοποίησης και αλληλεγγύης για να διασφαλιστεί η σταθερότητα του ενεργειακού εφοδιασμού.

Πιο βιώσιμη, αποτελεσματική και διαφοροποιημένη σύνθεση ενεργειακών πόρων

Κάθε κράτος μέλος ορίζει κατ επιλογήν το μίγμα των ενεργειακών πόρων ανάλογα με το δυναμικό του. Προτείνεται ο συντονισμός των επιμέρους συνθέσεων σε ευρωπαϊκό επίπεδο με βάση μια στρατηγική ανάλυση της ενεργειακής πολιτικής της Ε.Ε..

Η ΕΕ στην πρώτη γραμμή για την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος

Η Ε.Ε. καλείται να πρωτοστατήσει στην καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και στην ανάπτυξη τεχνολογιών που θα συμβάλλουν σε καθαρότερη και βιώσιμη ενέργεια. Απώτερος στόχος είναι να μειωθεί η κατανάλωση στην Ε.Ε. χωρίς όμως να σημειωθεί ταυτόχρονη μείωση και της ανταγωνιστικότητας της. Για αυτό προτείνεται η αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από την κατανάλωση ενέργειας.

Η έρευνα και η καινοτομία στην υπηρεσία της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής

Αποδίδεται ιδιαίτερα μεγάλη βαρύτητα στην εξέλιξη ενεργειακών τεχνολογιών που θα στηρίξουν τη νέα ευρωπαϊκή πολιτική.

Προς μια συνεκτική εξωτερική ενεργειακή πολιτική

Σε πρώτη φάση, η ΕΕ θα πρέπει να καταλήξει σε μια κοινή στάση σε θέματα που αφορούν τις νέες υποδομές, την ενεργειακή σύνθεση και τις ενεργειακές συμπράξεις με τρίτες χώρες. Σε δεύτερη, να εντείνει το διάλογο με τις χώρες παραγωγούς, ώστε να περιορίσει τον κίνδυνο ανεπαρκούς εφοδιασμού.

Οδηγία 2009/28/ΕΚ²⁰

Τον Απρίλιο του 2009 συντάχθηκε η ΟΔΗΓΙΑ 2009/28/ΕΚ στην οποία αναφέρεται ότι κάθε κράτος μέλος πρέπει να μεριμνά ώστε το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας το 2020 να αντιστοιχεί τουλάχιστον στον εθνικό, προβλεπόμενο συνολικό στόχο του. Οι θεσμοθετημένοι, εθνικοί συνολικοί στόχοι έχουν συμμορφωθεί στο γενικό στόχο. Ορίζει το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε όλες τις μορφές μεταφορών να αντιπροσωπεύει, το 2020, ποσοστό τουλάχιστον 10 % της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στις μεταφορές στο εν λόγω κράτος μέλος. Με τη χρήση βιοκαυσίμων και βιορευστών εκτιμάται μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 35 %. Κάθε κράτος μέλος υποχρεούται να καταστρώσει ένα εθνικό σχέδιο δράσης που να αφορά την κάλυψη αναγκών ηλεκτρισμού, θέρμανσης, ψύξης από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Τα μέλη έχουν τη δυνατότητα να μεταβιβάζουν, στατιστικά, συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές από ένα μέλος σε άλλο. Η μεταβιβαζόμενη ποσότητα αφαιρείται κατά την αποτίμηση της συμμόρφωσης του μεταβιβάζοντος κράτους μέλους και προστίθεται στην ποσότητα ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές κατά την αποτίμηση της συμμόρφωσης άλλου κράτους μέλους που δέχεται τη μεταβίβαση. Ορίζεται το πλαίσιο συνεργασίας μεταξύ ενός ή περισσοτέρων μελών και μιας ή περισσοτέρων τρίτων χωρών για κοινά έργα παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές. Δίδεται ιδιαίτερη μέριμνα στη διάδοση πληροφοριών σε όλους τους ενδιαφερόμενους σχετικά με τα μέτρα στήριξης, τα καθαρά οφέλη, το κόστος και την ενεργειακή απόδοση του εξοπλισμού και των συστημάτων για τη χρήση θέρμανσης, ψύξης και ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι χώρες μέλη έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν εγγύηση για την προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές σύμφωνα με αντικειμενικά, διαφανή κριτήρια. Υιοθετούνται κατάλληλα μέτρα για την ανάπτυξη των δικτύων υποδομής.

²⁰ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:el:PDF>

1.6 Εξέλιξη του εθνικού θεσμικού πλαισίου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα στοιχεία του εθνικού θεσμικού πλαισίου που έχει διαμορφωθεί για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας²¹.

Νόμος 1559/1985

Η είσοδος των Α.Π.Ε. στο νομοθετικό πλαίσιο της χώρας έγινε με το Ν. 1559/1985 “Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις” (ΦΕΚ Α’ 135). Με τη νομοθέτηση αυτού του Νόμου έγινε η πρώτη προσπάθεια απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας αφού στα πλαίσια του εγκαταστάθηκαν 24 MW αιολικής ενέργειας, κατά κύριο λόγο μικρά αιολικά πάρκα, και μερικά Φ/Β συστήματα μικρής ισχύος

Νόμος 2244/1994

Οι βάσεις για τη διείσδυση των Α.Π.Ε. στο ελληνικό ενεργειακό χώρο τέθηκαν από τον Ν. 2244/1994 “Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις” (ΦΕΚ Α’168). Ορίστηκαν σταθερές τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ, για το διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας, σε επίπεδο ίσο με το 90% του γενικού τιμολογίου στη μέση τάση. Ειδικά για τα νησιά αφού δεν ανήκουν στο διασυνδεδεμένο σύστημα, προτάθηκε νέο τιμολογιακό σύστημα. Σύμφωνα με αυτό, η τιμολόγηση γίνονταν στο 90% του τιμολογίου γενικής χρήσης (χαμηλή τάση) και κατά το ίδιο έτος αντιστοιχούσε σε 0,08458 Ευρώ/kWh.

Νόμος 2773/1999

Μέσω Ν. 2773/1999, διατηρήθηκε το ευνοϊκό τιμολογιακό καθεστώς των Α.Π.Ε. ενώ ταυτόχρονα δόθηκε προτεραιότητα στην πρόσβαση των Α.Π.Ε. στο δίκτυο.

²¹ www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ysYxrE3la94%3D&tabid=285

Νόμος 2941/2001

Ο Ν. 2941/2001 “Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. 'ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ' και άλλες διατάξεις” (ΦΕΚ Α' 201) αντιμετώπισε αποτελεσματικά φαινόμενα παθογένειας του αδειοδοτικού καθεστώτος και προβλήματα εγκατάστασης των Α.Π.Ε..

Νόμος 3010/2002

Η ψήφιση του Ν. 3010/2002 “Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11/Ε.Ε. και 96/61/Ε.Ε., διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορεύματα και άλλες διατάξεις” (ΦΕΚ Α' 91) συνέβαλε στην προσαρμογή της συνολικής αδειοδότησης των εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. στο καθεστώς περιβαλλοντικής αποδοχής.

Νόμος 3175/2003

Μέσω του Ν. 3175/2003 ορίστηκε ένα νέο πλαίσιο εντός του οποίου η γεωθερμία αποτελεί μορφή ανανεώσιμης ενέργειας που μπορεί να συνεισφέρει στη βιώσιμη ανάπτυξη. Έτσι, η γεωθερμία αποδεσμεύτηκε από τον χαρακτηρισμό της ως ορυκτού υπαγόμενου στις ρυθμίσεις του Ν.Δ. 210/1973 "Περί Μεταλλευτικού Κώδικος" (ΦΕΚ Α'277).

Νόμος 3299/2004

Σύμφωνα με τον αναπτυξιακό Νόμο 3299/2004, η Ελληνική Επικράτεια χωρίζεται σε τρεις ζώνες επιχορήγησης μεγάλων έργων Α.Π.Ε.. Η παρεχόμενη επιχορήγηση αντιστοιχεί στο 20, 30 και 40% αντίστοιχα, του συνολικού κόστους επένδυσης. Σε αυτό συμπεριλαμβάνεται και το κόστος σύνδεσης στο ηλεκτρικό δίκτυο. Σε περιπτώσεις μεσαίων και μικρών έργων, το ποσοστό επιχορήγησης προσαυξάνεται έως 10% και 20%, αντίστοιχα.

Οι ζώνες επιχορήγησης οριοθετούνται ως εξής:

- Ζώνη Α, οι νομοί Αττικής και Θεσσαλονίκης (εκτός των βιομηχανικών περιοχών και των νήσων αυτών που μπαίνουν στην ζώνη Β)
- Ζώνη Γ, οι νομοί των περιφερειών Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Πελοποννήσου, Ηπείρου, Δυτικής Ελλάδας και νήσων Βορείου Αιγαίου.

- Ζώνη Β, περιλαμβάνει όλες τις υπόλοιπες περιοχές

Νόμος 3468/2006

Ο Ν. 3468/2006 «Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης και λοιπές διατάξεις» θέτει ως στόχο τη συμμετοχή της ηλεκτροπαραγωγής μέσω ΑΠΕ σε ποσοστό 20,1% για το έτος 2010 ενώ το 2020 να ανέλθει στο 29% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης. Ουσιαστικά, ο Ν. 3468/2006 ενσωματώνει στο εθνικό δίκαιο την Οδηγία 2001/77/ΕΚ και εν μέρει την Οδηγία 2004/8/ΕΚ. Επιδιώκεται η απλοποίηση της αδειοδοτικής διαδικασίας για την κατασκευή και λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση ΑΠΕ και η μείωση του απαιτούμενου χρόνου χορήγησης αδειών.

Νόμος 3734/2009

Με το Ν. 3734/2009 «Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 8/28-1-09), η ελληνική νομοθεσία εναρμονίζεται με την Οδηγία 2004/8/ΕΚ και επιπρόσθετα συμπληρώνει το νομικό πλαίσιο σχετικό με την προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας. Μεταξύ άλλων, απλοποιεί σε κεντρικό επίπεδο τη διαδικασία έκδοσης των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας, οι οποίες πλέον εκδίδονται με υπουργικές αποφάσεις. Καθορίζει νέες τιμές πώλησης για την παραγόμενη από φωτοβολταϊκά συστήματα ηλεκτρική ενέργεια συνεκτιμώντας τη μείωση του κόστους εγκατάστασης λόγω της τεχνολογικής προόδου που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια, την αύξηση της απόδοσής τους και τη μελλοντική, περαιτέρω, μείωση του κόστους προμήθειας και εγκατάστασής τους. Ωστόσο, οι νέες τιμές μπορεί να τροποποιηθούν μετά από σχετική απόφαση του αρμόδιου υπουργού.

Οδηγία 2001/77/ΕΚ - Οδηγία 2009/28/ΕΚ

Ο ενδεικτικός στόχος για την Ελλάδα που απορρέει από την Οδηγία 2001/77/ΕΚ είναι το ποσοστό συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, περιλαμβανομένης της υδραυλικής ενέργειας των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, να φτάνει το 20,1% της εγχώριας ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά το έτος 2010. Ο στόχος αυτός θεωρείται συμβατός με τις διεθνείς δεσμεύσεις της χώρας που προκύπτουν από το Πρωτόκολλο του Κιότο. Το

Πρωτόκολλο του Κιότο υπαγορεύει για την Ελλάδα περιορισμό του ποσοστού αύξησης των αερίων που εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, στην περίοδο 2008-2012, κατά 25%, ως προς το αντίστοιχο του 1990. Επιπλέον, η Οδηγία 2009/28/ΕΚ3 συνέστησε για την Ελλάδα συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών κατά 18% στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση για το 2020.

Νόμος 3851/2010, Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Σύμφωνα με τις δεσμεύσεις για τα κράτη-μέλη της Ε.Ε., μέχρι το 2020, προβλέπεται:

- α) 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας [ΟΔΗΓΙΑ 2009/28/ΕΚ]
- β) 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 [ΟΔΗΓΙΑ 2009/29/ΕΚ]
- γ) 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Οι προβλεπόμενοι στόχοι για την Ελλάδα είναι η μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων του θερμοκηπίου κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση. Στα πλαίσια προσαρμογής της συγκεκριμένης ενεργειακής πολιτικής, ψηφίσθηκε από το ελληνικό κοινοβούλιο ο Νόμος 3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής» (ΦΕΚ Α' 85), στον οποίο αναφέρεται η αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ειδικότερα σε 40 % συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20 % σε ανάγκες θέρμανσης-ψύξης και 10 % στις μεταφορές.

1ο Εθνικό σχέδιο δράσης για τις ΑΠΕ

Στο πλαίσιο εφαρμογής της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ, εκπονήθηκε και κατατέθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή από την ελληνική κυβέρνηση τον Ιούνιο του 2010, το εθνικό σχέδιο δράσης για τις ΑΠΕ. Συντάχθηκε με την προσδοκία να αποτελέσει ένα δυναμικό εργαλείο που θα παρακολουθεί την πορεία επίτευξης των εθνικών ενεργειακών στόχων και θα προσαρμόζεται στην ανταπόκριση των φορέων της αγοράς, στα μέτρα και πολιτικές που υιοθετούνται, καθώς και την τεχνολογική ωριμότητα των ΑΠΕ. Στο σχέδιο περιλαμβάνονται περιλαμβάνει εκτιμήσεις για την

εξέλιξη του τομέα της ενέργειας και ειδικότερα τη διείσδυση των τεχνολογιών των ΑΠΕ έως το 2020. Επιπλέον, προτείνονται μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και την αύξηση εφαρμογής των Α.Π.Ε.. Το σχέδιο αλλά και η πρόοδος εφαρμογής του θα αξιολογούνται κάθε δύο χρόνια. Συμπληρωματικά, εκδόθηκε η Υπουργική Απόφαση 19598/1-10-2010 (ΦΕΚ 1630 Β'/11.10.2010), με θέμα την «Επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α.Π.Ε.»

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται το ενεργειακό μείγμα ανά τεχνολογία και κλίμακα παραγωγού όπως αυτό προκύπτει από τη σχετική απόφαση. Στο κομμάτι των φωτοβολταϊκών συστημάτων δεν συμπεριλαμβάνεται η παραγόμενη ενέργεια η οποία θα προσφέρεται στο δίκτυο ως αποτέλεσμα της εφαρμογής του «Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις», καθώς επίσης δεν έχει συνυπολογιστεί η συμμετοχή της «Γεωθερμικής ηλεκτροπαραγωγής» στην ενεργειακή σύνθεση της χώρας.

Πίνακας 2: Επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α.Π.Ε.

(Πηγή: ΥΠΕΚΑ)

Τεχνολογία	Χρονική περίοδος	
	2014	2020
Υδροηλεκτρικά	3700	4650
Μικρά (0-15MW)	300	350
Μεγάλα (>15 MW)		
Φωτοβολταϊκά	1500	2200
Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες που υπάγονται στην περίπτωσης παρ.6 του άρθ.15 του Ν.3851/2010	500	750
Λοιπές εγκαταστάσεις	1000	1450
Ηλιοθερμικά	120	250
Αιολικά (περιλαμβανόμενων των θαλασσίων)	4000	7500
Βιομάζα	200	350

1.7 Το παρόν και οι τάσεις για τις ΑΠΕ στον Ευρωπαϊκό και Ελλαδικό χώρο

Αρχικά, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι το μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ είναι συνάρτηση των τεχνολογικών δυνατοτήτων αξιοποίησης του δυναμικού, των δυνατοτήτων αποθήκευσης και διαχείρισης των φορτίων και των διανεμημένων πηγών, της σύνθεσης του μείγματος των ελεγχόμενων μονάδων. Είναι φυσικό επακόλουθο η αύξηση του ποσοστού αυτού να συμβαδίζει με το ρυθμό υλοποίησης των απαραίτητων μέτρων ενεργειακής πολιτικής, το κόστος των ρύπων και το κόστος των σχετικών τεχνολογιών σε σχέση με αυτό των συμβατικών πηγών.

Στην έκθεση "EU Energy Trends 2030"²² η οποία εκδόθηκε από τη Γενική Διεύθυνση για την Ενέργεια της Ευρωπαϊκής Επιτροπής αναφέρεται ότι η υδροηλεκτρική ενέργεια, το 2010, υπερίσχυσε έναντι των άλλων μορφών Α.Π.Ε., με περίπου 323 TWh ενώ η αμέσως επόμενη πιο διαδεδομένη μορφή είναι η αιολική, με 147 TWh των χερσαίων αιολικών.

Στις αρχές του 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε Έκθεση²³ προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο σχετικά με την πρόοδο που έχει σημειωθεί στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι για το 2020. Από τα στοιχεία της έκθεσης επιβεβαιώνεται η μικρή ανταπόκριση των κρατών μελών στην επίτευξη των στόχων για το 2010 που ορίζονταν στην Οδηγία 2001/77 (μόνο 7 χώρες από τις 27 συνολικά πέτυχαν τους στόχους).

Στην ετήσια στατιστική της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (EWEA) για το 2011²⁴ επισημαίνεται η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος των Α.Π.Ε.. Οι Α.Π.Ε. αντιπροσωπεύουν το 71,3% των νέων εγκαταστάσεων (προστέθηκαν 32.043 MW Α.Π.Ε., κατά 37,7% περισσότερα σε σχέση με το 2010). Αντίθετα, οι εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής από πετρέλαιο και πυρηνική ενέργεια και κατ' επέκταση η ισχύς τους μειώθηκαν.

²² http://ec.europa.eu/clima/policies/package/docs/trends_to_2030_update_2009_en.pdf

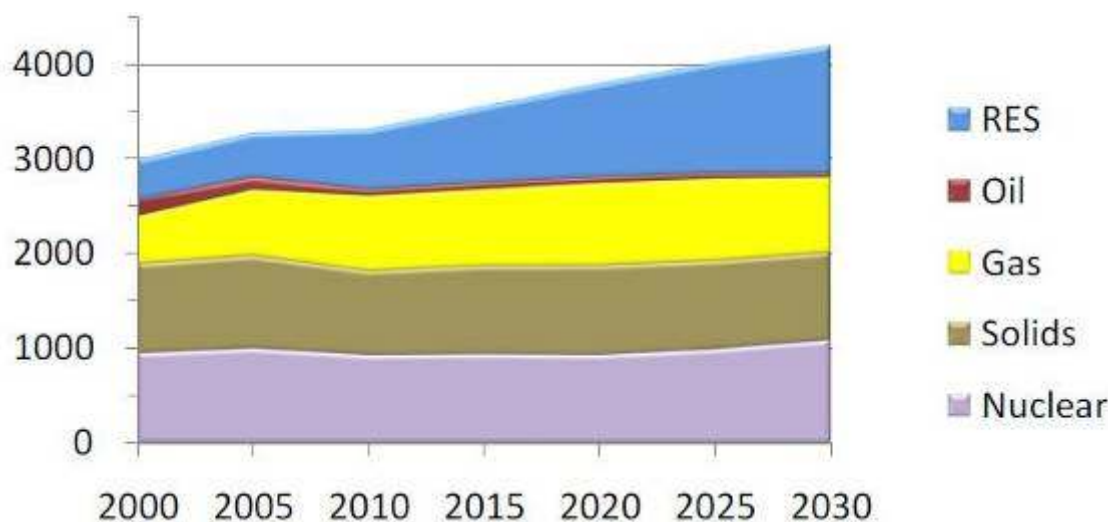
²³ http://ec.europa.eu/energy/renewables/reports/doc/com_2011_0031_en.pdf

²⁴ http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/EWEA_Annual_Report_2011.pdf

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

Στο πλαίσιο της επεξεργασίας των Εθνικών Σχεδίων Δράσης, προβλέπεται ότι ο μέσος ρυθμός ανάπτυξης των τεχνολογιών ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. θα μειωθεί με την πάροδο του χρόνου αφού για τις περισσότερες τεχνολογίες στο διάστημα 2010-2015 θα είναι μεγαλύτερος σε σχέση με αυτόν της επόμενης πενταετίας. Εκτιμάται ότι η ετήσια επένδυση κεφαλαίου σε σταθμούς Α.Π.Ε. πρέπει να ανέλθει σύντομα από 35bn € που είναι σήμερα σε 70bn € για να επιτευχθούν οι στόχοι.

Κατά τους συντάκτες της έκθεσης "EU Energy Trends 2030", αναμένεται ότι μέχρι το 2020 τα χερσαία αιολικά θα αυξηθούν σε 348 TWh, σε σύγκριση με τις 341 TWh των υδροηλεκτρικών. Παράλληλα η βιομάζα προβλέπεται να αυξηθεί από 120 σε 268 TWh.

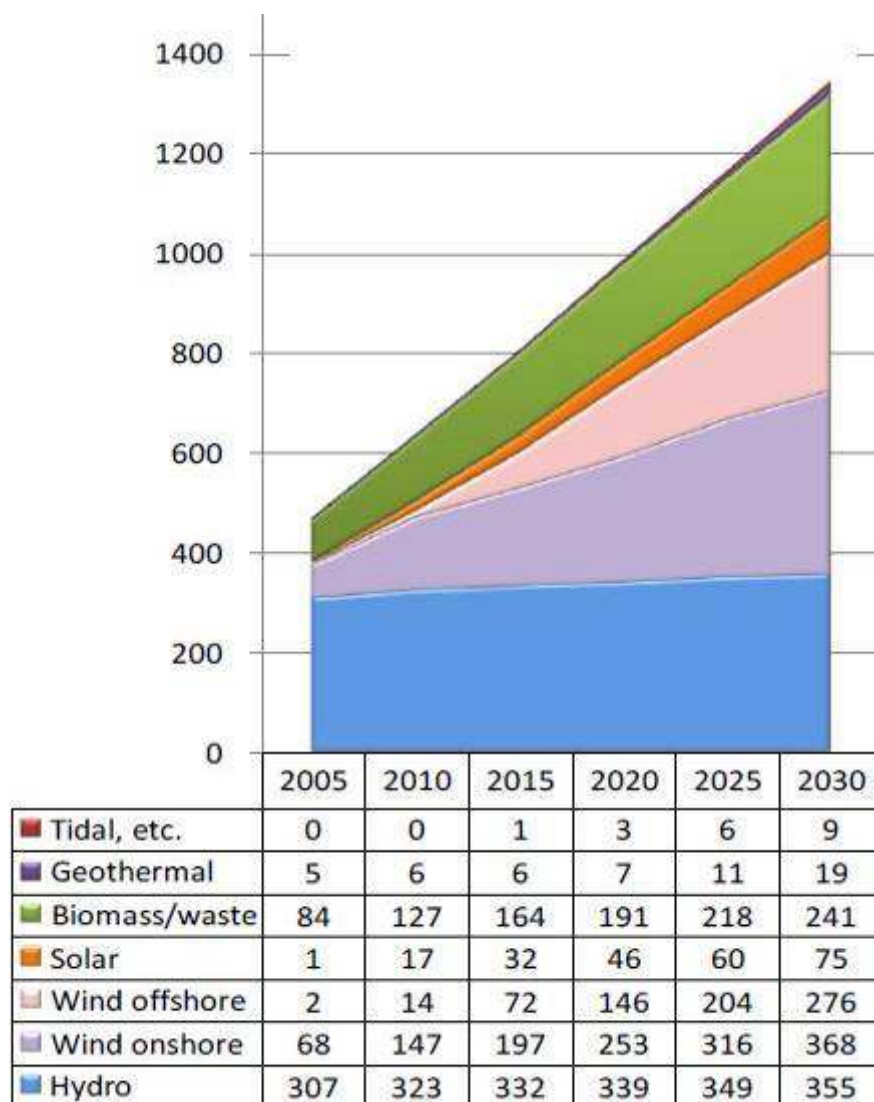


Διάγραμμα 6: Τάσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (TWh) από διάφορες πηγές ενέργειας βάσει των στοιχείων του 2009

(Πηγή: Έκθεση - EU energy trends to 2030)

Με ορίζοντα το 2030, τα αιολικά (χερσαία και υπεράκτια) θα παράγουν 694 TWh ηλεκτρικής ενέργειας ενώ από τη βιομάζα θα προκύψουν 286 TWh. Θα πρέπει να τονιστεί η μηδενική αύξηση των υδροηλεκτρικών (358 TWh), μειώνοντας έτσι σημαντικά το μερίδιό τους. Η στασιμότητα αυτή αποδίδεται σε λόγους όπως μακρά διαδικασία έγκρισης, υψηλό κόστος εκκίνησης και μεγάλος χρόνος αποπληρωμής, καθώς και στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος του τεχνικά και οικονομικά εφικτού δυναμικού έχει ήδη αξιοποιηθεί. Υπάρχουν όμως προβλέψεις και από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Μικρών Υδροηλεκτρικών. Ειδικά για τα μικρά υδροηλεκτρικά, εκτιμούν ότι θα σημειωθεί σημαντική ανάπτυξη (από 41 TWh της ηλεκτρικής

ενέργειας το 2008 σε 54 TWh μέχρι το 2020). Τέλος, τα φωτοβολταϊκά θα ξεπεράσουν τις 94 TWh μέχρι το 2030 από 17 TWh που παρήγαγαν το 2007.



Διάγραμμα 7: Τάσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (TWh) από διάφορες μορφές Α.Π.Ε. βάσει των στοιχείων του 2009

(Πηγή: Έκθεση - EU energy trends to 2030)

Σε εθνικό επίπεδο, τα εκμεταλλεύσιμα λιγνιτικά αποθέματα είτε έχουν ήδη εξαντληθεί (Αλιβέρι) είτε επαρκούν για μερικές δεκαετίες, χωρίς η δημιουργία ορισμένων νέων λιγνιτωρυχείων (Δράμας, Βεγόρας) να μπορεί να ισοσταθμίσει αυτή τη μείωση. Καθοριστικό στοιχείο αποτελεί η πρόβλεψη ότι μετά το 2013 θα υπάρξει μεγάλη οικονομική επιβάρυνση λόγω του συστήματος εμπορίας ρύπων, με συνεπακόλουθο την αύξηση του κόστους της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

λιγνίτη. Όπως εξάγεται από τα παραπάνω, η περαιτέρω ανάπτυξη των Α.Π.Ε. κρίνεται αναγκαία.

Τα στοιχεία αποτυπώνουν τη δυναμικότητα της ανάπτυξης των Α.Π.Ε. στη χώρα μας. Για το 2008, η συνολική παραγωγική δυναμικότητα των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. (χωρίς να περιλαμβάνονται σε αυτά μεγάλα υδροηλεκτρικά και αντλητικά έργα) ανήλθε σε 2,76 TWh. Από αυτά το 81,2% αντιστοιχεί στα αιολικά πάρκα, το 11,8% σε μικρά υδροηλεκτρικά έργα και το υπόλοιπο μερίδιο στις λοιπές μορφές ανανεώσιμης ενέργειας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων ισούται με 3.017,8 MW ενώ η ετήσια ενεργειακή παραγωγή είναι της τάξης των 4 TWh για μέσες συνθήκες υδραυλικότητας.

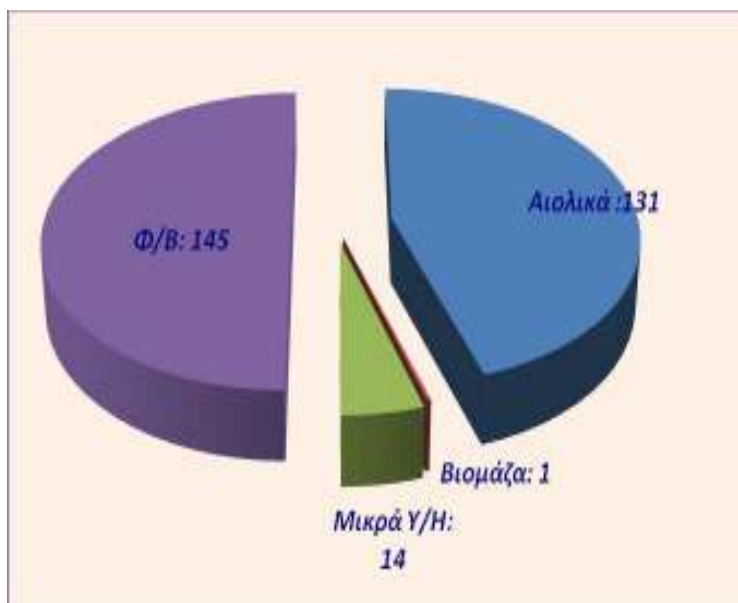
Πίνακας 3: Εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων Α.Π.Ε. σε MW έως Σεπτέμβριο 2009

(Πηγή: ΥΠΕΚΑ)

Περιφέρεια	Μεγάλα υδροηλεκτρικά	Αιολικά	Μικρά υδρο-ηλεκτρικά	Φωτοβολταϊκά *	Βιομάζα	ΣΥΝΟΛΑ (χωρίς ΜΥΣ)
Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης	500,0	197,5	2,2	0,2		199,9
Αττικής	0,0	3,1	0,6		33,9	37,6
Βορείου Αιγαίου	0,0	27,9				27,9
Δυτικής Ελλάδας	907,2	93,4	26,5			119,9
Δυτικής Μακεδονίας	375,0		4,5			4,5
Κεντρικής Μακεδονίας	492,0	27,0	45,2	1,7	5,0	78,9
Ηπείρου	543,6		45,2			45,2
Ιονίων Νήσων	0,0	70,8				70,8
Θεσσαλίας	130,0	17,0	20,8	1,9	1,9	41,6
Κρήτης	0,0	164,5	0,6	0,5	0,4	166,0
Νοτίου Αιγαίου	0,0	40,6				40,6
Πελοποννήσου	70,0	212,8	3,0	2,6		218,4
Στερεάς Ελλάδας	0,0	285,3	31,8	3,2		320,3
ΣΥΝΟΛΑ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (MW)	3.018	1.140	180	37*	41	1.398

* = Φ/Β <150 kW σε ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ : 27,1 MW

Το 2010 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σταθμών Α.Π.Ε. αυξήθηκε κατά 20% σε σχέση με τον προηγούμενο χρόνο, με το αντίστοιχο ποσοστό για τα φωτοβολταϊκά να πλησιάζει το 274%²⁵. Από νεότερο απολογισμό του υπουργείου περιβάλλοντος, ενέργειας και κλιματικής αλλαγής προκύπτει ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ αυξήθηκε στη διάρκεια του 2011 κατά 770MW και στο τέλος του έτους να υπερβαίνει τα 2.500 MW. Παρ όλα αυτά, απαιτείται η εντατικοποίηση των ρυθμών ανάπτυξης προκειμένου να κινούμαστε εντός των εθνικών στόχων

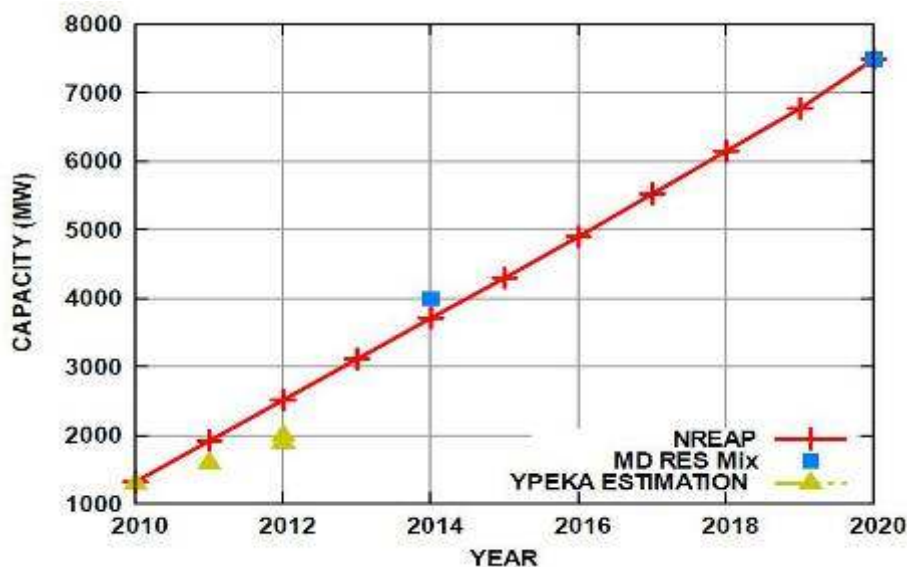


Διάγραμμα 8: Επιμερισμός της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος Α.Π.Ε. (290 MW) για το 2010

(Πηγή: Ετήσια Έκθεση της Υπηρεσίας Α.Π.Ε. - Έτος 2010, Υ.Π.Ε.Κ.Α.)

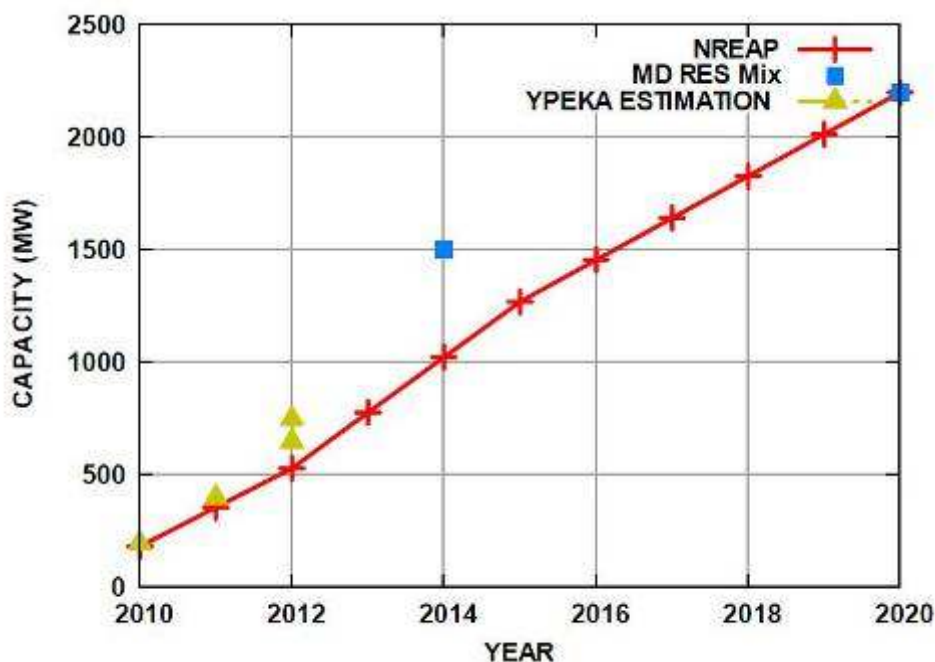
Στα διαγράμματα γίνεται συγκριτική παρουσίαση των διαγραφόμενων τάσεων για τα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά. Σε κάθε διάγραμμα περιλαμβάνονται τρεις σειρές τιμών του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για τις Α.Π.Ε. (NREAP), της υπουργικής απόφασης για το ενεργειακό μείγμα το 2014 και το 2020 (MD RES mix) και της Υπηρεσίας Α.Π.Ε. (ΥΠΕΚΑ estimations).

²⁵ Ετήσια Έκθεση της Υπηρεσίας Α.Π.Ε. - Έτος 2010, Υ.Π.Ε.Κ.Α.



Διάγραμμα 9: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος αιολικών πάρκων

(Πηγή: Ετήσια Έκθεση της Υπηρεσίας Α.Π.Ε. - Έτος 2010, Υ.Π.Ε.Κ.Α.)



Διάγραμμα 10: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών σταθμών

(Πηγή: Ετήσια Έκθεση της Υπηρεσίας Α.Π.Ε. - Έτος 2010, Υ.Π.Ε.Κ.Α.)

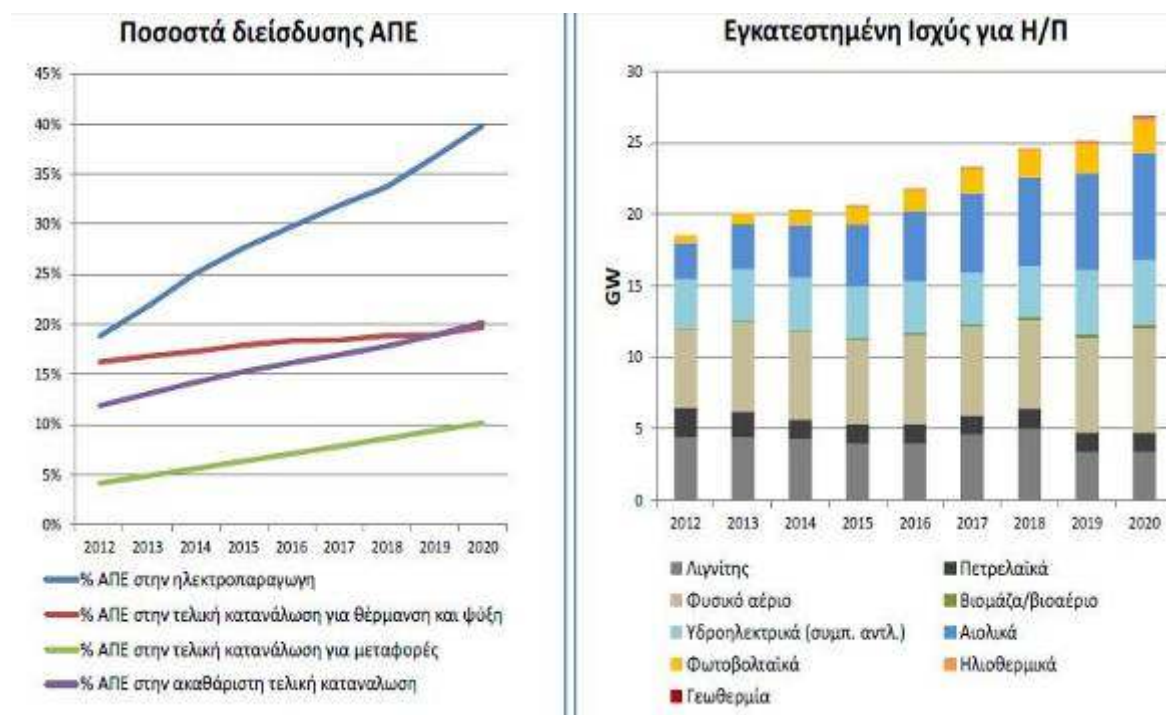
Από τη μελέτη των ανωτέρω διαγραμμάτων διαπιστώνεται ότι η ανάπτυξη των Φ/Β συστημάτων είναι μεγαλύτερη από αυτή που προβλέπει το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Α.Π.Ε.. Βάσει αυτού, ο στόχος για το 2014 που απορρέει από την Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

υπουργική απόφαση για την «Επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Α.Π.Ε.» κρίνεται εφικτός. Δεν είναι όμως εξίσου ενθαρρυντικές οι προβλέψεις για τη διείσδυση της αιολικής ενέργειας στο σύστημα αφού υπολείπεται σημαντικά από το σχεδιασμό. Πρωτοβουλίες, όπως η επιτάχυνση της αδειοδότησης των έργων, θα συντελούσαν στην επίλυση μέρους του προβλήματος

Στον οικονομικό τομέα, οι επενδύσεις σε έργα Α.Π.Ε. που θα κατασκευαστούν στη δεκαετία 2010-2020 θα ανέλθουν στα 16,4 δις €. Το ποσό αυτό αυξάνεται, αν προστεθούν 4-5 δις €, ποσό που αναλογεί στις επενδύσεις σε δίκτυα και διασυνδέσεις. Συνυπολογίζοντας τα παραπάνω εκτιμάται ότι ο μέσος ετήσιος προϋπολογισμός των επενδύσεων θα αγγίξει τα 2 δις €.

Το 1ο Σχέδιο Δράσης για τις ΑΠΕ. έθεσε τους εθνικούς στόχους για το 2020. Η ανάλυση των ενεργειακών μοντέλων υπέδειξε ότι για την ηλεκτροπαραγωγή απαιτείται η απόδοση περίπου 13300MW από τις Α.Π.Ε.. Το ενεργειακό μείγμα αποτελείται από 7500MW αιολικά, 3000MW υδροηλεκτρικά και 2500MW ηλιακά. Για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση και ψύξη προβλέπεται η ανάπτυξη των αντλιών θερμότητας, των θερμικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και των εφαρμογών βιομάζας.



Διάγραμμα 11: Προγραμματισμός για το ενεργειακό σύστημα μέχρι το 2020

(Πηγή: Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός - οδικός χάρτης για το 2050)

Η εκπλήρωση των στόχων για το 2020 αναμένεται να προκαλέσει ριζική αλλαγή του μείγματος πηγών στην παραγωγή της ενέργειας, όπως προκύπτει και από το διάγραμμα 11. Σχετικά με τη θέρμανση και τη ψύξη, θα επιδιωχθεί η προώθηση συστημάτων και τεχνολογιών που αφορούν τις ΑΠΕ και ακολούθως η διαμόρφωση κατάλληλων συνθηκών για τη ευρεία χρήση τους κυρίως στον κτιριακό τομέα. Στον τομέα των μεταφορών, το σχέδιο αποβλέπει σε μεγαλύτερη χρήση βιοκαυσίμων και τη σταδιακή αύξηση της ηλεκτροκίνησης, κυρίως στα μέσα σταθερής τροχιάς

Προκειμένου να χαραχθεί η εθνική ενεργειακή πολιτική για την περίοδο 2020-2050, ελήφθησαν υπόψη το 1ο Σχέδιο, οι κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την ίδια περίοδο και τέλος οι διαφαινόμενες τάσεις για ένα σύνολο παραγόντων όπως οι διεθνείς τιμές καυσίμων, οι τιμές CO₂, η δραστηριότητα ανά οικονομικό κλάδο.

Διαμορφώθηκαν και μελετήθηκαν τρία σενάρια.

- Σενάριο «Υφιστάμενων πολιτικών» - (ΥΦ): θεωρεί συντηρητική υλοποίηση των πολιτικών για την ενέργεια και το περιβάλλον, με μέτριο επίπεδο περιορισμού των εκπομπών CO₂ μέχρι το 2050 (40% σε σχέση με το 2005) και μέτρια διεύρυνση ΑΠΕ και εξοικονόμησης ενέργειας.
- Σενάριο «Μέτρων Μεγιστοποίησης ΑΠΕ» - (ΜΕΑΠ): διερευνά τη διεύρυνση των ΑΠΕ στο μέγιστο βαθμό (στο επίπεδο του 100% στην ηλεκτροπαραγωγή) και τη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 60%-70% και ταυτόχρονα σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και τις μεταφορές.
- Σενάριο «Περιβαλλοντικών Μέτρων Ελαχίστου Κόστους» - (ΠΕΚ): σε σχέση με το προηγούμενο διαφοροποιείται στη συμμετοχή των Α.Π.Ε. και υπολογίζει το μερίδιο τους στην ηλεκτροπαραγωγή ώστε να εξασφαλιστεί το ελάχιστο επενδυτικό κόστος.

Από την ανάλυση των σεναρίων εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα: Η διατήρηση των υφιστάμενων πολιτικών θα έχει σαν αποτέλεσμα την περιορισμένη μείωση των εκπομπών CO₂ μέχρι το 2050 και τη μικρή μείωση του κόστους της ενέργειας. Η πρόβλεψη αυτή δεν είναι σύμφωνη με τους ευρωπαϊκούς στόχους για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Στο πλαίσιο των άλλων σεναρίων εκτιμάται ότι η μείωση των εκπομπών CO₂ θα είναι μεγαλύτερη (κατά 60% με 70% σε σχέση με τα επίπεδα του 2005) και ταυτόχρονα θα ενισχυθεί η εθνική ενεργειακή αυτονομία.

Στο ενεργειακό τοπίο με ορίζοντα το 2050 όπως αυτό σκιαγραφείται στα δυο τελευταία σενάρια εντοπίζονται ως κύρια σημεία (Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός - οδικός χάρτης για το 2050, 2012):

1. Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70% έως το 2050 ως προς το 2005
2. Το ποσοστό 85-100 % ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, με την αξιοποίηση όλων των εμπορικά ώριμων τεχνολογιών
3. Η συνολική διείσδυση ΑΠΕ σε ποσοστό 60%-70% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2050
4. Η σταθεροποίηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης λόγω των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας
5. Η σχετική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω εξηλεκτρισμού των μεταφορών και μεγαλύτερης χρήσης αντλιών θερμότητας στον οικιακό και τριτογενή τομέα.
6. Η σημαντική μείωση της κατανάλωσης πετρελαιοειδών
7. Η αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων στο σύνολο των μεταφορών στο επίπεδο του 31% - 34% μέχρι το 2050
8. Το κυρίαρχο το μερίδιο του ηλεκτρισμού στις επιβατικές μεταφορές μικρής απόστασης (45%) και σημαντική αύξηση του μεριδίου των μέσων σταθερής τροχιάς
9. Η σημαντικά βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση για το σύνολο του κτιριακού αποθέματος και μεγάλη διείσδυση των εφαρμογών ΑΠΕ στον κτιριακό τομέα
10. Η ανάπτυξη μονάδων αποκεντρωμένης παραγωγής και έξυπνων δικτύων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Οι ορεινές περιοχές και το ενεργειακό δυναμικό τους

2.1 Εισαγωγή

Οι ορεινές περιοχές αποτελούν ένα σύμπλεγμα φυσικών, κοινωνικών, οικονομικών κυττάρων με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Διακρίνονται για την ποικιλία των φυτικών και ζωικών ειδών που φιλοξενούν, των τρόπων ζωής και των μοναδικών πολιτισμών που διαμορφώθηκαν, αναπτύχθηκαν και διατηρούνται, σχεδόν αναλλοίωτοι, στα εδάφη τους. Στις ορεινές περιοχές δημιουργήθηκαν οικισμοί που εμφανίζουν μεγάλη γεωγραφική διασπορά. Το μικρό τους μέγεθος ευθύνεται, κατά κύριο λόγο, για τη διαφύλαξη του φυσικού, κοινωνικού και πολιτισμικού τους περιβάλλοντος.

Οι ορεινές περιοχές είναι ένα πεδίο στο οποίο οι τάσεις σημειώνουν δυικότητα. Η μια τάση έχει ως γνωρίσματα την εγκατάλειψη, την απομόνωση, την υποβάθμιση, την πληθυσμιακή γήρανση και συρρίκνωση μεγάλων περιοχών, τον αφανισμό παραδοσιακών επαγγελματιών, τη μείωση της οικονομικής δραστηριότητας. Για την εικόνα αυτή ευθύνονται, κατά κύριο λόγο, τα γεωμορφολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά τους, τα διαθρωτικά προβλήματα της τοπικής οικονομίας, η έλλειψη οργάνωσης και η ελλιπής κρατική μέριμνα.

Η δεύτερη τάση εντοπίζεται στα πεδία εφαρμογής της νέας ευρωπαϊκής αγροτικής πολιτικής η οποία προωθεί τη διαφοροποίηση των αγροτικών οικονομιών και τη διακοπή της αποκλειστικής τους εξάρτησης από το γεωργικό εισόδημα. Πρόκειται για περιοχές με ήπια ή μεγαλύτερης κλίμακας τουριστική ανάπτυξη, αξιοποιώντας-χρησιμοποιώντας το φυσικό τους κάλος και προβάλλοντας τον πολιτισμικό τους πλούτο. Στις περιοχές αυτές μπορεί η οικονομία, φαινομενικά, να σημειώνει άνθιση αλλά στην πραγματικότητα αλλοιώνεται ο τοπικός πολιτισμός, υποβαθμίζεται το φυσικό περιβάλλον και επιβαρύνονται από την περιοδική συσσώρευση των επισκεπτών.

2.2 Κατηγοριοποιήσεις οικισμών – Βασικοί ορισμοί

Έχοντας ως κριτήριο τα χωρικά τους χαρακτηριστικά, η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας (Ε.Σ.Υ.Ε.) διαχώρισε τους οικισμούς της Ελλάδας σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- **Πεδινοί οικισμοί:** η εδαφική περιοχή τους βρίσκεται, ολόκληρη ή κατά το μεγαλύτερο μέρος της, σε επίπεδο ή ελαφρώς κεκλιμένο έδαφος και σε υψόμετρο κάτω από 800 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας.

- **Ημιορεινοί οικισμοί:** η εδαφική περιοχή βρίσκεται στους πρόποδες των βουνών ή η έκτασή τους διαμοιράζεται κατά το ήμισυ περίπου στην πεδιάδα και κατά το άλλο ήμισυ στο βουνό αλλά πάντοτε με υψόμετρο κάτω των 800 μέτρων για το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής της κοινότητας.
- **Ορεινούς οικισμούς:** η επιφάνεια είναι κατεξοχήν κεκλιμένη και ανώμαλη, διακόπτεται από χαράδρες ή καλύπτεται από απότομους ορεινούς όγκους που δημιουργούν στο έδαφος βαθιές και πολλαπλές πτυχώσεις με υψομετρικές διαφορές σημείων της κοινότητας μεγαλύτερες των 400 μέτρων, καθώς επίσης, και των κοινοτήτων των οποίων ολόκληρη η επιφάνεια ή μεγάλο μέρος αυτής βρίσκεται σε υψόμετρο πάνω από 800 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας.

Σύμφωνα όμως με τους Παπαδημάτου, Ρόκο (2001):

Η ορεινότητα μίας περιοχής, ο βαθμός δηλαδή στον οποίο η περιοχή είναι δυσπρόσιτη, δεν εξαρτάται, όμως, μόνο από το υψόμετρο, αλλά και από άλλα φυσικά χαρακτηριστικά όπως οι κλιματικές συνθήκες, η τοπογραφία και η μορφολογία του ευρύτερου χώρου, που έχουν ως αποτέλεσμα να καθιστούν δύσκολη την πρόσβαση προς και από αυτή. Ως συνέπεια η ορεινότητα συνεπάγεται σε μεγάλο βαθμό κοινωνική, οικονομική, πολιτική και πολιτισμική απομόνωση.

Οι πεδινοί και ημιορεινοί οικισμοί αν και αποτελούν το 80% των μικρών οικισμών της Ελλάδας δεν έχουν αντιμετωπιστεί με εξειδικευμένα μέτρα και στρατηγικές, εκτός αυτών που περιλαμβάνονται στα Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια και τα Σχέδια Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτής Πόλης. Αντίθετα οι ορεινές περιοχές έχουν τύχει «ειδικής μεταχείρισης». Στο Γενικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης, οι ορεινοί οικισμοί, έχοντας ως κύρια κριτήρια τις τάσεις του πληθυσμού και των τομέων παραγωγής, κατηγοριοποιούνται σε τρεις γενικούς τύπους:

α. Περιοχές με αρκετό μόνιμο πληθυσμό και αειφόρο οικονομική βάση που στηρίζονται στην κτηνοτροφία, την εκμετάλλευση των δασών, τον τουρισμό και παραθερισμό, την παραδοσιακή βιοτεχνία, τις συναφείς οικονομικές και κοινωνικές υπηρεσίες και τις Κοινοτικές πολιτικές υποστήριξης.

β. Περιοχές με ακόμη σημαντικό αλλά φθίνοντα πληθυσμό και υποβαθμισμένη οικονομική βάση –εγκατάλειψη οριακών γεωργικών γαιών, μείωση της κτηνοτροφίας.

γ. Περιοχές με σχεδόν ολοκληρωμένη πληθυσμιακή εγκατάλειψη, με ή χωρίς παρουσία σημαντικών γεωργικών και περιβαλλοντικών πόρων αλλά με προβλήματα περαιτέρω περιβαλλοντικής υποβάθμισης.
(Διμελής)

Στα πλαίσια της κοινής αγροτικής πολιτικής, η Ευρωπαϊκή Ένωση εισήγαγε τους όρους «ορεινές, μειονεκτικές, προβληματικές περιοχές» για τις οποίες προβλέπεται η λήψη ειδικών μέτρων. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), ο διαχωρισμός των περιοχών συστηματοποιήθηκε το 1975 μέσω της Οδηγία 75/268, «Περί ορεινής και ημιορεινής γεωργίας και της γεωργίας σε ολιγότερο ευνοημένες Περιοχές». Η Οδηγία αυτή είχε πεδίο εφαρμογής περιοχές όπου η αγροτική παραγωγή υπόκειται σε περιορισμούς, είτε γεωγραφικής φύσης (ορεινές, άγονες περιοχές), είτε πολιτικής - οικονομικής φύσης (απομονωμένες περιοχές, περιοχές σε σύνορα) και αφορούσε την ενίσχυση γεωργών και κτηνοτρόφων μέσω ειδικού προγράμματος. Οι στόχοι του προγράμματος ήταν η αποζημίωση των παραγωγών σε αυτές τις περιοχές, αφού καλούνταν λόγω με του ενιαίου Ευρωπαϊκού οικονομικού χώρου να ανταγωνιστούν ισότιμα παραγωγούς άλλων πλεονεκτικών περιοχών, αλλά και τη παροχή οικονομικών κινήτρων στους παραγωγούς, προκειμένου να διατηρηθεί ο αγροτικός πληθυσμός σε αυτές τις περιοχές (Κίζος et al)²⁶.

Κατά την ένταξη των Δήμων, Κοινοτήτων και Οικισμών της Ελλάδας στα πλαίσια της ευρωπαϊκής οδηγίας 75/268 εκδόθηκε από του Υπουργείο Γεωργίας ενημερωτικό σημείωμα στο οποίο αναφέρονταν ότι (Παπαδημάτου, Ρόκος, 2001):

- στις **Ορεινές Περιοχές** (Άρθρο 3, Παρ. 3) εντάσσονται Δήμοι, Κοινότητες και Οικισμοί που έχουν τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

(α) η κτηματική τους έκταση βρίσκεται σε υψόμετρο πάνω από 800 μέτρα,

²⁶ Οι κατηγορίες των μειονεκτικών περιοχών που εισήχθησαν με την αρχική Οδηγία ήταν δύο: ορεινές περιοχές και μειονεκτικές περιοχές, ενώ με τον Κανονισμό 1257/99 (που αντικατέστησε τον Κανονισμό 950/97 και την αρχική Οδηγία), εισήχθη και 3^η κατηγορία μειονεκτικών περιοχών, οι οποίες είναι οι περιοχές όπου η αγροτική παραγωγή υπόκειται σε περιβαλλοντικούς περιορισμούς.

(β) η κτηματική τους έκταση βρίσκεται μεταξύ 600-800 μέτρων και οι κλίσεις του εδάφους είναι τουλάχιστον 16%,

(γ) η κτηματική τους έκταση βρίσκεται σε υψόμετρο κάτω από 600 μέτρα με κλίσεις εδάφους τουλάχιστον 20%.

Εάν ένας Δήμος, Κοινότητα ή Οικισμός έχει μία από τις παραπάνω περιπτώσεις σε ποσοστό κτηματικής έκτασης τουλάχιστον 80% ή το άθροισμα των περιπτώσεων (α), (β), (γ) είναι τουλάχιστον 80% επί του συνόλου της κτηματικής τους έκτασης, τότε είναι δυνατόν να προταθεί για ένταξη στις ορεινές περιοχές.

- στις **Μειονεκτικές Περιοχές** (Άρθρο 3, Παρ.4) εντάσσονται πολλοί Δήμοι, Κοινότητες ή Οικισμοί που αποτελούν ομοιογενείς ζώνες και χαρακτηρίζονται από χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού, άγονο έδαφος και χαμηλό εισόδημα. Ειδικότερα θα πρέπει:

(α) η πυκνότητα του πληθυσμού να είναι μέχρι 45 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο,

(β) το γεωργικό εισόδημα να είναι μικρότερο του 80% του μέσου όρου της χώρας,

(γ) οι αποδόσεις των κυριότερων καλλιεργειών να είναι μέχρι 80% του μέσου όρου της χώρας.

- στις **Περιοχές με Ειδικά Προβλήματα** (Άρθρο 3, Παρ.5) εντάσσονται σε ζώνες, Δήμοι και Κοινότητες νησιωτικών και παραμεθωρίων περιοχών, που έχουν, λόγω της θέσης τους, ειδικά προβλήματα, το γεωργικό εισόδημά τους φθάνει μέχρι το 80% του μέσου όρου της χώρας και η γονιμότητα των εδαφών τους είναι χαμηλή (αποδόσεις κυριότερων καλλιεργειών μικρότερες του 80% του μέσου όρου της χώρας).

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να προστεθεί ότι σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Χάρτη των Ορεινών Περιφερειών (Συμβούλιο της Ευρώπης - Εισήγηση 1294 (1995)) (άρθρα 2, 3 και 28), κάθε χώρα που θα υιοθετήσει το χάρτη μπορεί να καθορίζει η ίδια τις ορεινές περιοχές της. Στο Άρθρο 2 δίνεται ο ορισμός για τις "ορεινές περιοχές" σύμφωνα με τον οποίο πρόκειται για "περιοχές των οποίων το ύψος, η **Δ.Π.Μ.Σ. "Περιβάλλον και ανάπτυξη"**

κλίση του εδάφους και το κλίμα δημιουργούν ειδικές συνθήκες οι οποίες επενεργούν στην επιδίωξη των ανθρώπινων δραστηριοτήτων".

Στις μέρες μας, οι παραπάνω όροι έχουν αποκτήσει ευρύτερη διάσταση. Δεν αναφέρονται αυστηρά σε όρους αγροτικής παραγωγής αλλά στην γενικότερη ανάπτυξη των περιοχών αυτών.

2.3 Τα φυσικά, κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των ορεινών περιοχών

Στα βουνά αναπτύχθηκαν αυτόχθονες πληθυσμοί και υιοθετήθηκαν ιδιόμορφα μοτίβα ζωής από αυτούς που βρήκαν καταφύγιο σε αυτά. Το τραχύ τους περιβάλλον και οι αντίξοες καιρικές συνθήκες μετέτρεψαν την καθημερινότητα των κατοίκων τους σε αγώνα επιβίωσης, έχοντας ως προαπαιτούμενο την αυτάρκεια τους. Οι κάτοικοι προκειμένου να εξασφαλίσουν τα προς το ζην και μια αρμονική συμβίωση με τα βουνά, αφουγκράστηκαν το φυσικό περιβάλλον, έμαθαν τους άτυπους κανόνες τους και κατέγραψαν τα φυσικά διαθέσιμα τους και τα ενδημικά είδη του ζωικού και φυτικού βασιλείου. Στους ορεινούς οικισμούς, όντας τις περισσότερες φορές μακριά από τα διοικητικά κέντρα, διαμορφώθηκαν άτυποι θεσμοί υπαγορευμένοι από τις τοπικές κοινωνίες και ενισχύθηκε η συμμετοχικότητα και η συλλογικότητα.

Είναι προφανές ότι η προστασία και η ορθολογική διαχείριση των ορεινών περιοχών είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της πλανητικής ισορροπίας. Κατά τον Καλιαμπάκο (2010), τα βουνά θεωρούνται πολύτιμα για τη φύση και τον άνθρωπο, αφού:

- Είναι νησίδες βιοποικιλότητας: Λόγω της γεωγραφικής απομόνωσης και των ιδιαίτερων κλιματικών συνθηκών, στα βουνά του κόσμου διατηρούνται ανέπαφα σημαντικά οικοσυστήματα, με έντονο το στοιχείο του ενδημισμού.
- Είναι οι δεξαμενές νερού του πλανήτη: Υπολογίζεται ότι το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού εξαρτάται από τα βουνά για να καλύψει τις ανάγκες του σε πόσιμο νερό. Οι μεγαλύτεροι ποταμοί της γης πηγάζουν από ορεινά συγκροτήματα.

- Είναι αποθήκες φυσικών πόρων και ενέργειας: Δασική ξυλεία, μεταλλεύματα, αιολικό δυναμικό, είναι λίγοι μόνο από τους πλούσιους φυσικούς πόρους που μπορούν να βρεθούν στα βουνά.
- Είναι θύλακες πολιτισμικής ποικιλομορφίας: Παράλληλα με τη βιοποικιλότητα, η γεωγραφική απομόνωση καθιστά τις ορεινές περιοχές ένα πολύμορφο μωσαϊκό διαφορετικών πολιτισμών, με πλούσιες παραδόσεις.

Στους ορεινούς όγκους οικοσυστήματα και τοπία, τύπος των οποίων ποικίλει: μεσογειακή βλάστηση στα χαμηλά υψόμετρα, δάση κωνοφόρων μεταξύ 700 και 1800m, αλπικά λιβάδια πάνω από τα 1800m. Σε αυτές τις ζώνες βλάστησης, λόγω της ιδιαίτερης γεωγραφικής θέσης της Ελλάδας ευδοκιμεί ένας πολύ μεγάλος αριθμός φυτών, που περιλαμβάνει από τυπικά μεσογειακά είδη μέχρι μεσευρωπαϊκά – σκανδιναβικά φυτά. Οι ισορροπίες τους είναι εύθραυστες, η διατάραξη τους γίνεται άμεσα αντιληπτή και ο χρόνος αποκατάστασης των κακώσεων από τις εξωτερικές παρεμβάσεις είναι μεγάλος. Ενδείξεις για το ότι ένα οικοσύστημα τελεί υπό καθεστώς ανισορροπίας αποτελεί η αστάθεια, η υποβάθμιση, η απώλεια της βιοποικιλότητας που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να σημαίνει και την πλήρη εξάλειψη κάποιων ειδών. (Παπαδημάτου, Ρόκος, 2001)

Στις ορεινές περιοχές, το δημογραφικό πρόβλημα είναι οξυμένο. Γεγονότα της νεότερης ελληνικής ιστορίας, καθώς και κοινωνικά φαινόμενα-γεγονότα όπως μαζικά κύματα μετανάστευσης προς το εξωτερικό και το εσωτερικό της χώρας, για λόγους επιβίωσης ή αναζήτησης «καλύτερης τύχης», προκάλεσαν την πληθυσμιακή αιμορραγία τους και σε ορισμένες περιπτώσεις τον αφανισμό οικισμών. Η ηλικιακή σύνθεση, όπου το ποσοστό των κατοίκων άνω των 65 ετών είναι υψηλό, δρα ανασταλτικά στην τοπική ανάπτυξη και αποδυναμώνει την οικονομική και κοινωνική συνοχή των περιοχών.

Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά καθιστούν τις ορεινές περιοχές μη ανταγωνιστικές έναντι άλλων περιοχών, όπως οι πεδινές, και τις οδηγούν στην απομόνωση. Η απόσταση από τα αστικά κέντρα δεν επιτρέπει την πρόσβαση στη σύγχρονη τεχνολογία και τις νέες μεθόδους παραγωγής, η ορεινότητα του εδάφους και τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά δυσχεραίνουν τη διαβίωση και περιορίζουν τις δραστηριότητες. Η απόσταση από τις μεγάλες αγορές δημιουργεί δυσκολίες στη μεταφορά αγαθών και αποθαρρύνει μελλοντικούς επενδυτές. Όλα τα παραπάνω

έχουν σαν αποτέλεσμα να παρατηρούνται σημαντικές ελλείψεις σε βασικές υποδομές και παρεχόμενες κοινωνικές υπηρεσίες.

Τα περιθώρια ανάπτυξης του γεωργικού τομέα είναι στενά αφού όπως και στους υπόλοιπους τομείς της ορεινής οικονομίας κυριαρχούν τα συστήματα μικρού μεγέθους και η διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων. Συγκεκριμένα, η μεγάλη ηλικία της πλειοψηφίας των ατόμων που ασχολούνται με τη γεωργία, ο μικρός κλήρος σε συνδυασμό με τη χαμηλή παραγωγικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων δε λειτουργούν συνεργαστικά. Επιπλέον, η ευρωπαϊκή αγροτική των τελευταίων χρόνων είχε ως βασική κατεύθυνση τις μονοκαλλιέργειες περιορίζοντας τις παραδοσιακές μορφές ορεινής γεωργίας που ήταν προσαρμοσμένες στο τοπικό μικροκλίμα και τις τοπικές ανάγκες, με αποτέλεσμα τη μόλυνση και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Παπαδημάτου, Ρόκος, 2001). Ο δευτερογενής τομέας είναι περιορισμένος αφού η υποδομή στον κλάδο της μεταποίησης και τυποποίησης της πρωτογενούς παραγωγής είναι ανεπαρκής.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η αναγνώριση της σπουδαιότητας των ορεινών περιοχών διαφαίνεται από τη συχνή αναφορά σε αυτές στις πολιτικές ανάπτυξης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Agenda 21, στο 13ο κεφάλαιο της οποίας με θέμα "Διαχείριση ευαίσθητων οικοσυστημάτων: Βιώσιμη Ορεινή Ανάπτυξη" γίνεται λόγος για τη συμβολή των ορεινών περιβαλλόντων στην επιβίωση του παγκόσμιου οικοσυστήματος, τη σημερινή περιβαλλοντική τους υποβάθμιση και τονίζεται η ανάγκη ορθής διαχείρισης των ορεινών πόρων και βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου του ντόπιου πληθυσμού. Ειδικότερα, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα των ευαίσθητων οικοσυστημάτων των ορεινών περιοχών προτείνεται:

(α) "η απόκτηση και η ενίσχυση της γνώσης για την οικολογία και τη βιώσιμη ανάπτυξη των ορεινών οικοσυστημάτων" αποσκοπώντας στη δημιουργία μίας παγκόσμιας βάσης δεδομένων για την οικολογία, το δυναμικό των φυσικών πόρων και των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων των ορεινών περιοχών του κόσμου.

(β) "η προώθηση της ολοκληρωμένης ανάπτυξης των περιοχών που συνιστούν ανεξάρτητες υδρολογικές ενότητες και η προώθηση εναλλακτικών ευκαιριών εύρεσης των προς το ζην". Αφορά στην "ολοκληρωμένη" ανάπτυξη των ορεινών περιοχών. (Παπαδημάτου, Ρόκος, 2001)

Στην Ελλάδα, παρά το γεγονός ότι συνταγματικά προβλέπεται, η εφαρμογή εξειδικευμένων πολιτικών για τις ορεινές περιοχές είναι ανύπαρκτη. Η ανάπτυξη μεταξύ ορεινών και πεδινών περιοχών δεν είναι ισόρροπη. Οι πεδινές κατέχουν τη μερίδα του λέοντος στις χρηματοδοτήσεις, τις επενδύσεις και τους αναπτυξιακούς

σχεδιασμούς. Οι ορεινές περιοχές βιώνουν την πολιτική και οικονομική περιθωριοποίησή τους, με τους κατοίκους τους να ασκούν μικρές πιέσεις και επιρροές, όντας μακριά από τα κέντρα λήψης των αποφάσεων.

Κατά τους Παπαδημάτου, Ρόκο (2001) τα προβλήματα αυτά αναμένεται να ενταθούν τα επόμενα χρόνια, εξαιτίας των βαρύτατων επιπτώσεων από τη δραματική πλέον κλιματική αλλαγή και των πιέσεων της παγκοσμιοποίησης. Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Ομάδα για την Κλιματική Αλλαγή, λόγω της αλλαγής του κλίματος στις ορεινές περιοχές θα σημειώνονται φυσικές καταστροφές με μεγαλύτερη συχνότητα συνοδευόμενες, δυστυχώς, από σημαντικές απώλειες ζώων και περιουσιών, αλλαγή στο ποσοστό υγρασίας, την ποσότητα και την ποιότητα του χιονιού που θα επηρεάσουν άμεσα τα υδάτινα αποθέματα και κατ' επέκταση την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Η ισορροπία των οικοσυστημάτων θα διαταραχθεί από μετατοπίσεις των οικολογικών και των αγρο-οικολογικών ζωνών. Τέλος, οι αλλαγές στα τοπία και οι ευμετάβλητες καιρικές συνθήκες θα διαταράξουν την προδιαγεγραμμένη πορεία της τουριστικής ανάπτυξης.

2.4 Οι ορεινοί οικισμοί σε αριθμούς

Η Ελλάδα είναι μια κατεξοχήν ορεινή χώρα. Το 70% του εδάφους της καλύπτεται από βουνά. Οι ορεινές περιοχές έχουν συνολική έκταση 77,δεκατομμύρια στρέμματα εκ των οποίων μόνο το 17% είναι καλλιεργήσιμη γη, ενώ το 47% και το 31% βοσκότοποι και δάση αντίστοιχα. (Παπαδημάτου, Ρόκος, 2001).

Η γεωμορφολογία της Ελλάδας είναι υπεύθυνη για τη διασπορά του πληθυσμού σε πολλές διαφορετικές περιοχές. Παρ όλα αυτά, η πλειοψηφία των κατοίκων έχει συγκεντρωθεί στα αστικά κέντρα της χώρας, με περισσότερους από 50.000 κατοίκους (το 35% επί του συνόλου του καταγεγραμμένου πληθυσμού) και στις πόλεις, με πληθυσμό από 2.000-50.000 κατοίκους (το 36,4% του πληθυσμού) (Πίνακας 4). Το υπόλοιπο 28,6% έχει καταγραφεί στους 12.296 οικισμούς μικρού μεγέθους. Το μεγαλύτερο ποσοστό των μικρών οικισμών (81% επί του συνόλου των μικρών οικισμών) όπου κατοικεί το 44,7% του πληθυσμού των μικρών οικισμών, πρόκειται για οικισμούς με λιγότερους από 500 κατοίκους (Πίνακας 5). Από αυτούς, η πλειοψηφία τους είναι σε υψόμετρο χαμηλότερο των 800 μέτρων ενώ 2.504 είναι ορεινοί οικισμοί. (Διμελλή). Το μικρό μέγεθος των οικισμών έχει συντελέσει στην

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

προφύλαξη του ορεινού φυσικού περιβάλλοντος από την εντατική αξιοποίηση και την αλλοίωση.

Πίνακας 4: Η Κατανομή του πληθυσμού σε οικισμούς διαφόρων μεγεθών

(Πηγή: Διμελλη)

Πληθυσμός	Πλήθος οικισμών	(%) επί του συνόλου του πληθυσμού
Πληθυσμός μεγαλύτερος από 100.000	8	17,7
50.000 <πληθυσμός<100.000	28	17,3
10.000 < πληθυσμός <50.000	108	22,8
2.000 < πληθυσμός <10.000	383	13,6
Πληθυσμός μικρότερος από 2.000	12.292	28,6

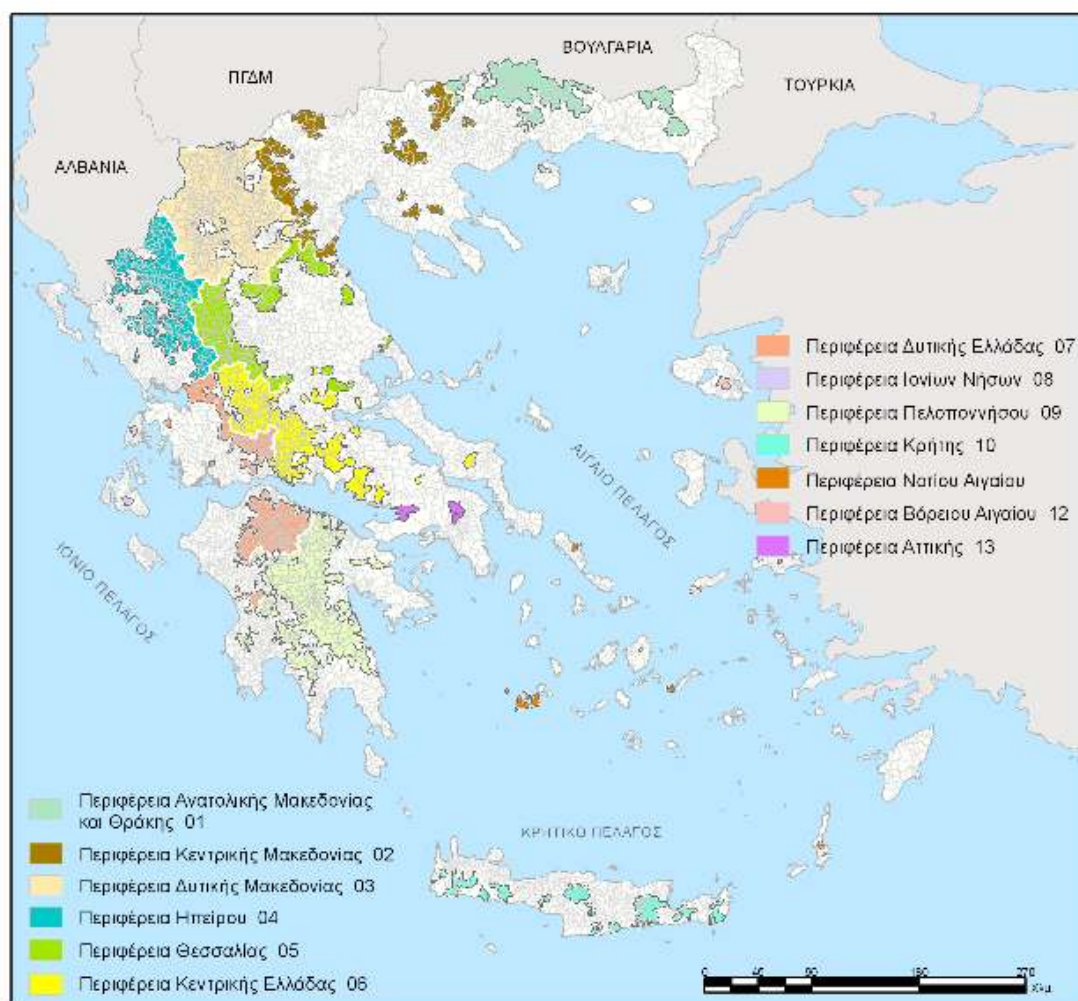
Πίνακας 5: Η κατανομή του πληθυσμού σε μικρούς οικισμούς

(Πηγή: Διμέλλη)

Πληθυσμός	Πλήθος οικισμών	Μέσος πληθυσμός	Σύνολο πληθυσμού
1500-2000 κάτοικοι	173	1.730	154255
1000-1500 κάτοικοι	411	1.208	376.674
500-1000 κάτοικοι	1355	690	835.089
1-500 κάτοικοι	8072	174	1.404.575



Εικόνα 12: Ο Γεωγραφικός Χώρος του Ορεινού Πληθυσμού Ελλάδας
(Πηγή: Λαφαζάνη)



Χάρτης 4: Εκτίμηση του γεωθερμικού δυναμικού στην Ελλάδα Κατανομή του ΓΧΟΠΕ στις Περιφέρειες της Χώρας

(Πηγή: Λαφαζάνη)

Το 1991 καταγράφηκαν 1.505 ημιορεινές και 2.138 ορεινές κοινότητες με συνολική έκταση 94 εκατομμύρια στρέμματα που αντιστοιχούν στο 71% (42% ορεινό και 29% ημιορεινό) του συνόλου της έκτασης της χώρας (132 εκατ. στρέμματα). (Παπαδημάτου, Ρόκος, 2001) Κατά την απογραφή του 2001 καταγράφηκαν 3.688 ορεινά διαμερίσματα από τα οποία 1.525 είναι ημιορεινά και 2.163 είναι ορεινά. Η συνολική τους έκταση ανέρχεται σε 93 εκατομμύρια στρέμματα που αντιστοιχεί στο 70,5% της ελληνικής επικράτειας. (Σμπόνιας, 2011.)

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

Το φαινόμενο της ερήμωσης στις ελληνικές, ορεινές κοινότητες είναι έντονο από τη δεκαετία του 1950 και έπειτα. Γεγονότα όπως οι συγκρούσεις του εμφυλίου πολέμου, οι διώξεις που ακολούθησαν τα χρόνια της εθνικής αντίστασης στη γερμανική κατοχή και η υιοθέτηση από τους νέους του σύγχρονου τρόπου ζωής, δημιούργησαν μεγάλα ρεύματα μετανάστευσης προς το εσωτερικό και το εξωτερικό της χώρας.

Πίνακας 6: Αστικός και αγροτικός πληθυσμός έναντι του συνολικού

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε)

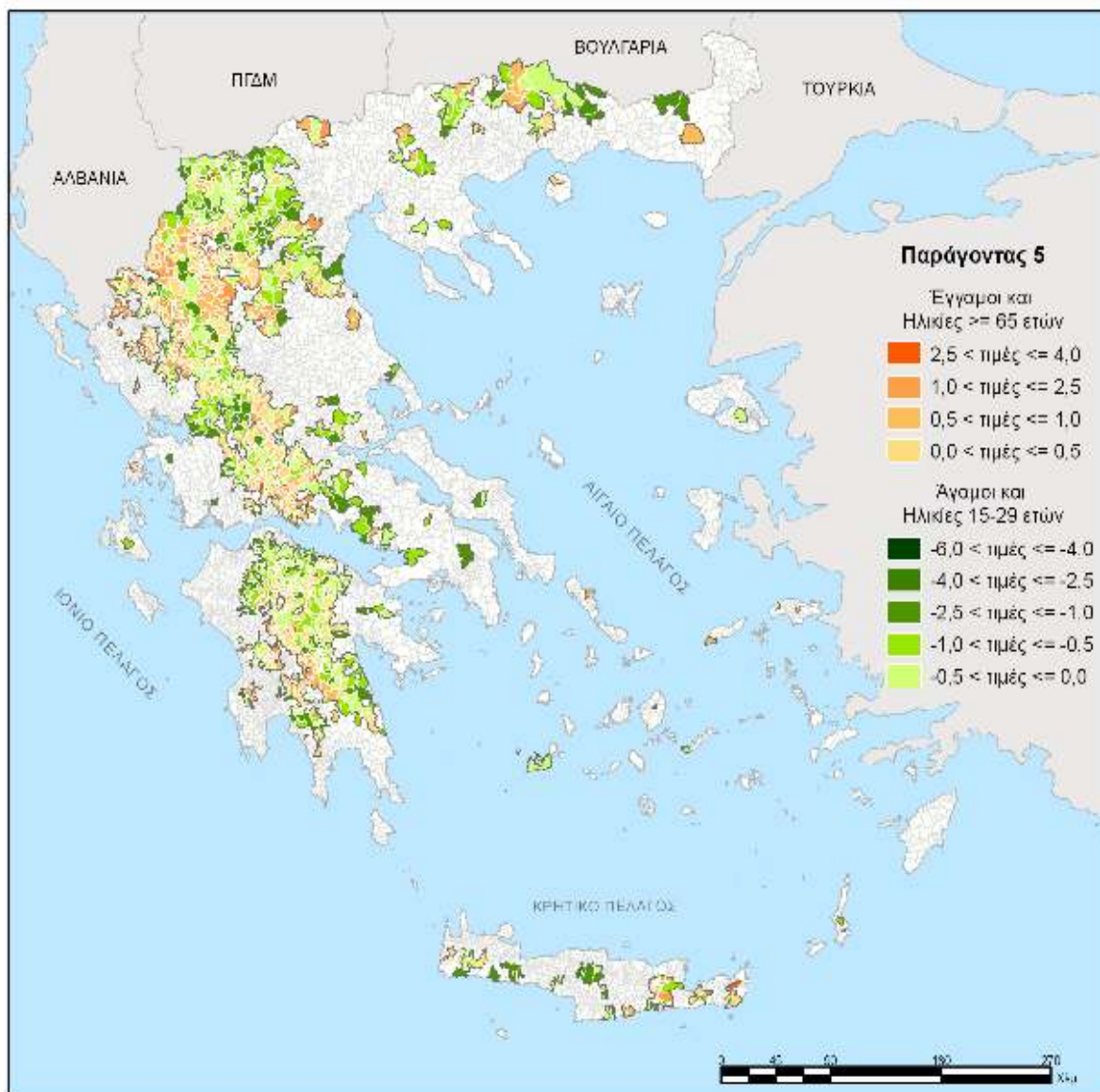
Έτος	Συνολικός πληθυσμός	Αστικός πληθυσμός	Ποσοστό αστικού επί του συνολικού	Αγροτικός πληθυσμός	Ποσοστό αγροτικού επί του συνολικού
1971	8.768.641	4.664.917	53,2%	4103724	46,8%
1981	9.740.417	5.659.182	58,1%	4081253	41,9%
1991	10.259.900	6.036.660	58,9%	4223240	41,1%
2001	10.934.097	8.211.646	75,1%	2.722.451	24,9%

Πίνακας 7: Ορεινός πληθυσμός έναντι του συνολικού

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε)

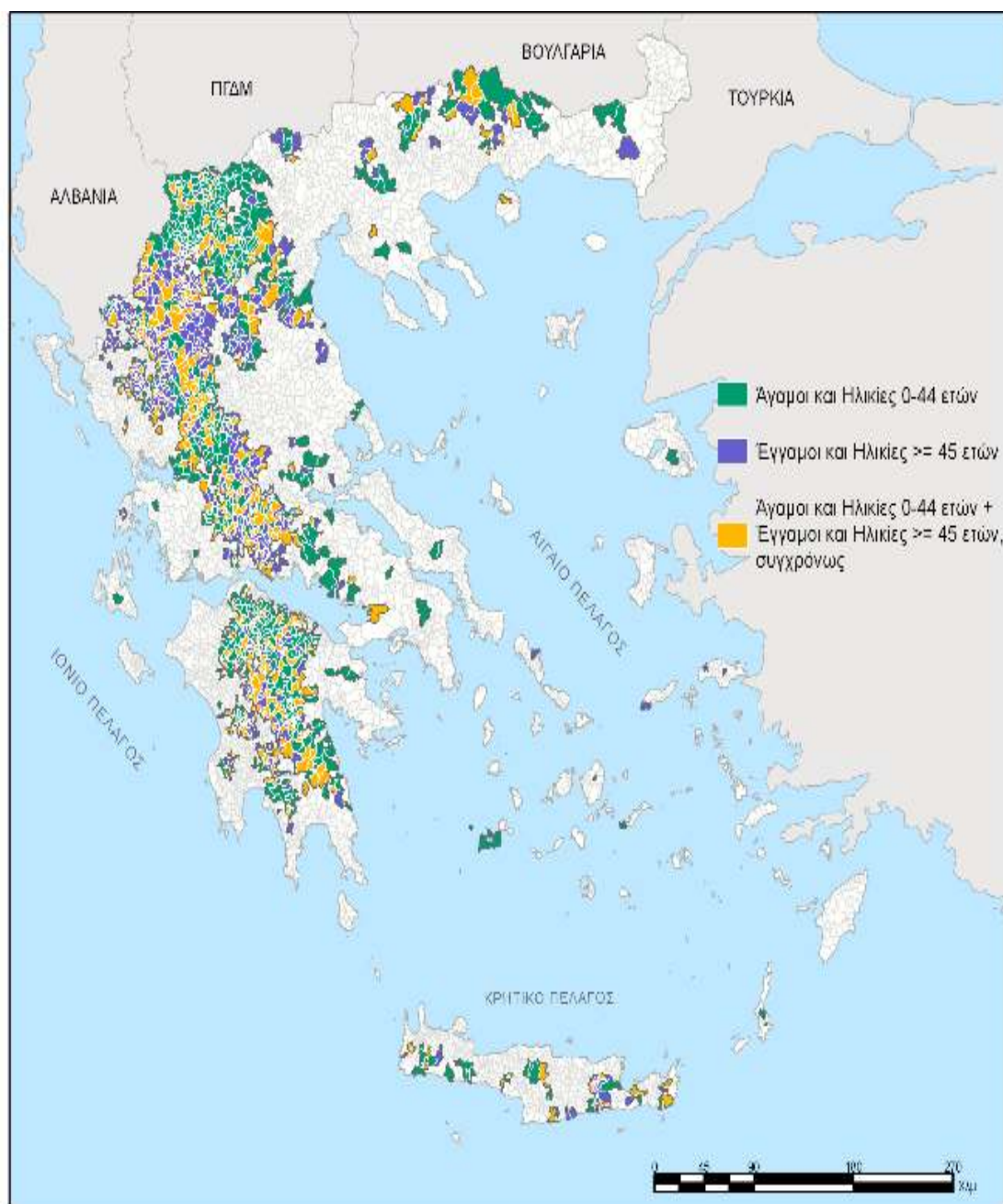
Έτος	Συνολικός πληθυσμός	Ορεινός πληθυσμός	Ποσοστό του ορεινού επί του συνολικού
1971	8.768.641	1.047.894	12%
1981	9.740.417	941.973	9,7%
1991	10.259.900	939.843	9,2%
2001	10.934.097	789.989	7,2

Το ποσοστό των νέων που διαμένουν στους οικισμούς είναι ένας δείκτης που φανερώνει τη δυναμική του τόπου. Εξίσου ενδεικτικό είναι και το ποσοστό των ηλικιωμένων. Ο ορεινός πληθυσμός χαρακτηρίζεται από γήρανση αφού σύμφωνα με στοιχεία του 1991, το 19,3% έχει ηλικία μεγαλύτερη των 65 ετών, ποσοστό πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ποσοστό για το σύνολο της χώρας που ήταν 13,7% ενώ όπως προκύπτει από νεότερα στοιχεία το ποσοστό αυτό ανήλθε σε 22.8% του συνολικού πληθυσμού.



Χάρτης 5: Δημογραφική δυναμική (I)

(Πηγή: Λαφαζάνη)



Χάρτης 6: Δημογραφική δυναμική (II)

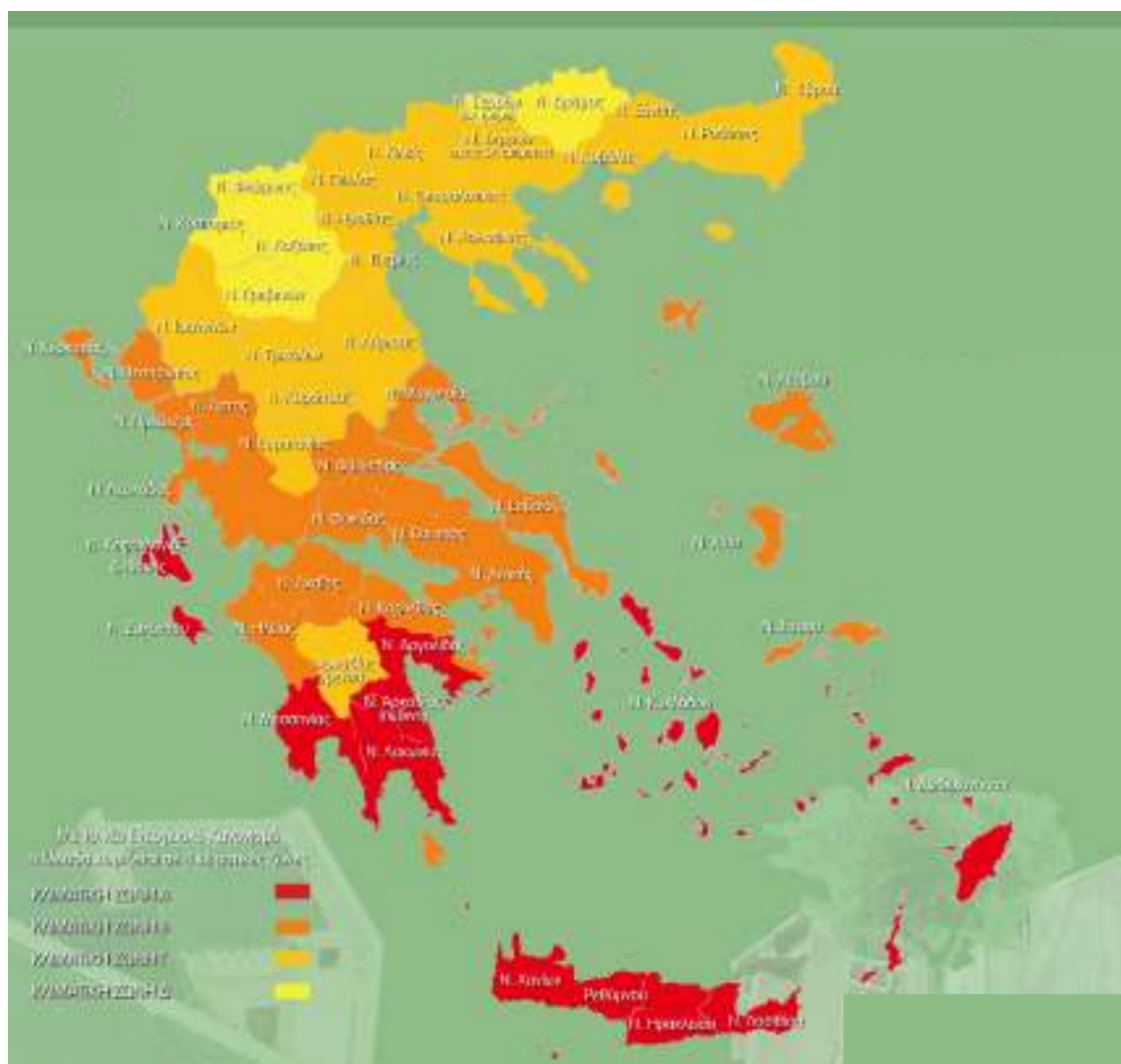
(Πηγή: Λαφαζάνη)

2.5 Οι ενεργειακές καταναλώσεις στις ορεινές περιοχές

Το ενεργειακό προφίλ των ορεινών περιοχών καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν εκεί και παρουσιάζεται εμφανώς διαφοροποιημένο από αυτό των περιοχών με χαμηλότερο υψόμετρο. Οι κλιματικές συνθήκες με τη σειρά τους διαμορφώνονται κυρίως από το γεωγραφικό πλάτος και δευτερευόντως από το υψόμετρο. Στα ορεινά των μεσογειακών περιοχών, καθώς το υψόμετρο αυξάνεται, σημειώνεται αύξηση των βροχοπτώσεων, μείωση της μέσης θερμοκρασίας και μείωση της σχετικής υγρασίας (Κατσουλάκος, Καλιαμπάκος, 2010).

Οι θερμικές καταναλώσεις στις ορεινές περιοχές είναι ιδιαίτερα υψηλές, γεγονός που επιβεβαιώνεται και κατά τον υπολογισμό των βαθμομερών θέρμανσης. Η μέθοδος των βαθμομερών είναι μια εύχρηστη μέθοδος που χρησιμοποιείται κατά κόρον προκειμένου να εκτιμηθεί η μηνιαία ή ετήσια ενεργειακή κατανάλωση τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη των κτιρίων. Ειδικότερα, η χρησιμότητα των βαθμομερών έγκειται στο γεγονός ότι αποτελούν μέτρο της διακύμανσης της εξωτερικής θερμοκρασίας μιας περιοχής και δείκτη της δριμύτητας του κλίματος της. Ο αριθμός τους και η θερμική ζήτηση συνδέονται, κατά προσέγγιση, με αναλογική σχέση. Ως εκ τούτου, έχοντας δεδομένα για τα χαρακτηριστικά του κελύφους του κτιρίου και του συστήματος θέρμανσης που χρησιμοποιείται, είναι δυνατός ο υπολογισμός της κατανάλωσης ενέργειας, εμπεριέχοντας μικρό σφάλμα.

Είναι αξιοσημείωτη η διακύμανση του αριθμού των βαθμομερών θέρμανσης για πόλεις με διαφορετικό υψόμετρο αλλά σε παραπλήσιο γεωγραφικό πλάτος. Έχοντας ως θερμοκρασία βάσης τους 18 0C, ο ελλαδικός χώρος έχει διαιρεθεί σε τέσσερις ζώνες βαθμομερών θέρμανσης (BHΘ): Ζώνη Α (601 – 1100) BHΘ, Ζώνη Β (1101 – 1600) BHΘ, Ζώνη Γ (1601 – 2200) BHΘ, Ζώνη Δ >2201 BHΘ (Χάρτης 11).



Εικόνα 13: Γεωγραφική κατανομή των βαθμομερών θέρμανσης

(Πηγή: ΥΠΕΚΑ)

Όπως γίνεται φανερό και στον πίνακα 8 οι μειωμένες θερμοκρασίες που επικρατούν στα ορεινά αυξάνουν τον αριθμό των βαθμομερών και κατ' επέκταση τη ζήτηση ενέργειας για θέρμανση κτιριακών χώρων. Έχει διαπιστωθεί από τη σύγκριση των στοιχείων δυο περιοχών ότι η αναλογία της καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας ανά κάτοικο είναι περίπου ίση με την αναλογία μεταξύ των βαθμομερών θέρμανσης. Δεδομένου ότι στην πλειοψηφία των περιπτώσεων η θέρμανση χώρων γίνεται με καύση πετρελαίου diesel, η ποσότητα των επιβλαβών εκπομπών και η ατμοσφαιρική ρύπανση που αυτές προκαλούν είναι μεγάλη.

Πίνακας 8: Βαθμομέρες Θέρμανσης στο Αγρίνιο, το Καρπενήσι και τη Λαμία

(Πηγή: Κατσουλάκος, Καλιαμπάκος, 2010)

Πόλη	Υψόμετρο	Γεωγραφικό πλάτος	Βαθμομέρες θέρμανσης
Αγρίνιο	46	38,38	1361
Καρπενήσι	980	38,54	2584
Λαμία	143	38,54	1391

Όσο επιβαρυντικά λειτουργούν οι χαμηλές θερμοκρασίες στον τομέα της θέρμανσης, τόσο ευεργετικά λειτουργούν στον τομέα της ψύξης και ως εκ τούτου η χρήση των κλιματιστικών συστημάτων, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, είναι περιορισμένη. Στις ορεινές περιοχές, οι αιχμές που καταγράφονται στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας δεν έχουν την οξύτητα των αντίστοιχων στις πεδινές περιοχές και σημειώνονται σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Σε αυτές τις περιόδους η τουριστική κίνηση είναι έντονη, είτε λόγω χειμερινών επισκεπτών, είτε λόγω των ανθρώπων που επιστρέφουν στα πάτρια εδάφη κατά τους θερινούς μήνες.

2.6 Το ανανεώσιμο ενεργειακό δυναμικό των ορεινών περιοχών

Το οικονομικό κόστος που αναλογεί στις αυξημένες θερμικές καταναλώσεις, λόγω του ψυχρού κλίματος είναι δυσβάστακτο για την πλειοψηφία των κατοίκων στις ορεινές κοινωνίες. Το πρόβλημα εντείνεται συνεχώς, εν μέσω οικονομικής κρίσης, με την αύξηση των τιμών των συμβατικών καυσίμων. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι τακτικές που προτείνονται για την αντιμετώπιση του προβλήματος έχουν ως βασικό άξονα και κατεύθυνση την επέκταση της χρήσης των Α.Π.Ε. σε εθνικό και τοπικό επίπεδο και την ενίσχυση της ενεργειακής αποδοτικότητας, μειώνοντας το κόστος και την εκπομπή επιβλαβών ρύπων.

Για την Euromontana, μια σταθερή ενεργειακή παροχή σε προσιτή τιμή είναι αρκετή για τη διασφάλιση της ελκυστικότητας των ορεινών περιοχών, ως τόπων διαβίωσης και εργασίας. Οι κάτοικοι των ορεινών περιοχών μπορούν να προσφέρουν τις γνώσεις τους στις παραδοσιακές δομές ενεργειακής αποδοτικότητας, δίνοντας το ενακτήριο λάκτισμα για έρευνα και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και προϊόντων.

Λόγω της γειτνίασής τους με τη φύση, καθώς και την κουλτούρα των κατοίκων τους, οι ορεινές περιοχές αποτελούν ιδανικό χώρο για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, διατηρώντας παράλληλα ένα υψηλό βιοτικό επίπεδο, και πεδίο εφαρμογής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ενεργειακή ανεξαρτησία των περιοχών αυτών παρέχει ένα ισχυρό κίνητρο για την Ε.Ε. να επιτύχει τους στόχους που έχει θέσει για το έτος 2020 (οι στόχοι «20-20-20»). (Euromontana 2010)

Η θέρμανση των οικιακών και επαγγελματικών χώρων αποτελεί έναν τομέα εφαρμογής της ενεργειακής αποδοτικότητας στις ορεινές κοινότητες. Με τη χρήση παραδοσιακών μονωτικών υλικών στα συστήματα μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης, οι ορεινές κοινότητες μπορούν να πρωτοστατήσουν στην ανάπτυξη νέων μοντέλων για τη θέρμανση κτιρίων και τη δραστική μείωση του αποτυπώματος του άνθρακα.

Η αυτόνομη επαρχία του Trento - μια ιταλική επαρχία που βρίσκεται εξ ολοκλήρου σε ορεινή περιοχή - προσφέρει ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα. Μεταξύ 2000 και 2008, προωθήθηκαν πολιτικές για την εξοικονόμηση ενέργειας, εστιάζοντας σε κτίρια κατοικιών και τη δημιουργία μιας «Ενεργειακής Περιοχής», μεταξύ Trento και Rovereto, στην οποία οι επιχειρήσεις και τα ερευνητικά ινστιτούτα ένωσαν τις δυνάμεις τους για να εξελιχθεί ένα νέο είδος κατασκευής. Ο στόχος ήταν να αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν παραδοσιακά υλικά που υπήρχαν διαθέσιμα σε τοπικό επίπεδο (ξύλο), νέους τρόπους επιχειρηματικής δραστηριότητας και νέες τάσεις.

Οι περιβαλλοντικές πιέσεις που ασκούνται σε ορεινές περιοχές από τη χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας είναι δυσβάστακτες. Παρόλο που οι ορεινές περιοχές διαθέτουν πλούσιο, εκμεταλλεύσιμο, ανανεώσιμο δυναμικό, εν τούτοις στην πλειοψηφία των περιπτώσεων παραμένει αναξιοποίητο ενώ σε άλλες η μεγιστοποίηση του ιδιωτικού οφέλους οδηγεί στην υιοθέτηση αστικών, ενεργειακών προτύπων μεγάλης κλίμακας παραβλέποντας τα τοπικά ενεργειακά διαθέσιμα. Η προσήλωση αποκλειστικά σε εφαρμογές μεγάλης ισχύος επιβαρύνει το ευαίσθητο ορεινό περιβάλλον, αλλοιώνει το περιεχόμενο της αειφορίας, συντηρεί το στρεβλό μοντέλο ανάπτυξης των τοπικών κοινωνιών και προκαλεί κοινωνικές αντιδράσεις.

Αντίθετα, ο προσανατολισμός προς μικρά, αποκεντρωμένα συστήματα ΑΠΕ είναι μια αποδοτική, φιλική προς το περιβάλλον επιλογή. Οι τοπικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από ΑΠΕ ανταποκρίνονται στις ενεργειακές ανάγκες των μικρών κοινωνιών, διασφαλίζοντας την ενεργειακή επάρκεια και αυτονομία, ιδίως στις απομονωμένες, ορεινές περιοχές, ενεργοποιούν τους πολίτες

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

τους και θέτουν τις βάσεις για ένα νέο μοντέλο ανάπτυξης με την ολοκληρωμένη αξιοποίηση των τοπικών διαθεσίμων.

Η ελεγχόμενη, προσεκτική και χωρίς ένταση αξιοποίηση του δυναμικού μπορεί να αποτελέσει μοχλό ανάπτυξης χωρίς να διαταράξει τις εύθραυστες ισορροπίες των περιοχών αυτών. Η δομή της τοπικής ενεργειακής αγοράς θα τροποποιηθεί εφόσον γίνει χρήση ευέλικτων συστημάτων που θα αποθηκεύουν την περίσσεια της παραγόμενης από Α.Π.Ε. ενέργειας και θα επιτρέπουν την άμεση ανταπόκριση των μονάδων Α.Π.Ε. στις μεταβολές των ενεργειακών απαιτήσεων. Συμπληρωματικά θα δράσει η δημιουργία νέων και η αναβάθμιση των υπαρχόντων τοπικών δικτύων ώστε να είναι δυνατή η συνεχής παροχή ενέργειας σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο και ο περιορισμός των επιπτώσεων στο τοπίο και των απωλειών της ενέργειας λόγω μεταφοράς σε μεγάλες αποστάσεις.

Παρακάτω παρουσιάζεται το δυναμικό μορφών Α.Π.Ε. που κυριαρχούν στους ορεινούς όγκους (Euromontana 2010).

Ηλιακό δυναμικό

Η εκμετάλλευση του ηλιακού δυναμικού για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας σε ορεινές περιοχές είναι εκτενής. Χαρακτηριστικά των περιοχών αυτών όπως η ποιότητα του αέρα, το ηλιακό φως, η έλλειψη της ομίχλης ή σκόνης, η θερμοκρασία του αέρα, έχουν θετική επίδραση στην περαιτέρω διεύρυνση των Φ/Β. Από την άλλη, η μεγάλη έκταση που απαιτείται για την εγκατάσταση πολλών φωτοβολταϊκών πάνελ δημιουργεί περιορισμούς. Τα εν λειτουργία συστήματα είναι μικρής κλίμακας. Τέλος, όπως και για την ανάπτυξη των άλλων μορφών Α.Π.Ε. σε ορεινές περιοχές, θα πρέπει να εξεταστούν και να βελτιωθούν οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας παραγωγής, τα δίκτυα μεταφοράς και τα τοπικά δίκτυα, και να ελαχιστοποιηθούν οι όποιες οχλήσεις και επιπτώσεις.

Αιολική ενέργεια

Στην Ευρώπη και ειδικά σε ορεινές περιοχές της Ισπανίας, της Γαλλίας, της Ιταλίας και της Αγγλίας, με κατάλληλο γεωγραφικό ανάγλυφο, συναντώνται συχνά εγκαταστάσεις αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας. Ειδικά στις κορυφογραμμές το αιολικό δυναμικό είναι υψηλό, καθώς οι αέριες μάζες που φτάνουν εκεί έχουν προηγουμένως επιταχυνθεί στις πλαγιές των βουνών.

Ανασταλτικό παράγοντα αποτελεί το μέγεθος των Α/Μ και κατ'επέκταση οι οχλήσεις που σχετίζονται με αυτό. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια να ξεπεραστούν οι δυσκολίες με κατάλληλο σχεδιασμό και υιοθέτηση νέων τεχνολογιών. Η συνδυαστική αξιοποίηση της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού αντίστοιχα θεωρείται από πολλούς ιδανική για ορεινές περιοχές, αφού είναι σύμφωνη με τη βιωσιμότητα, τη μείωση του οικονομικού κόστους και της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας,

Η χρήση της αιολικής ενέργειας μπορεί να γίνεται σε μεμονωμένα, απομακρυσμένα συγκροτήματα αλλά και από ορεινές κοινότητες εξασφαλίζοντας σε αυτές την ενεργειακή αυτοδυναμία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το αιολικό πάρκο Nona στην Σκωτία. Οι 34 ανεμογεννήτριες του πάρκου αποδίδουν συνολική μέγιστη ισχύ 17MW. Το αιολικό πάρκο καλύπτει 300 εκτάρια γης σε υψόμετρο 600 μέτρων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στην πραγματικότητα οι τουρμπίνες δεσμεύουν μόνο το 1% περίπου της εν λόγω έκτασης. Το υπόλοιπο της γης διατίθεται στη βοσκή των προβάτων, αλλά και για αναψυχή στους περιπατητές και τους ποδηλάτες βουνού.

Βιομάζα

Τα πολλαπλά οφέλη τόσο από την παραγωγή όσο και από την αξιοποίηση της για ενέργεια και άλλα προϊόντα έχουν εδραιώσει τη βιομάζα ως μια από τις πιο σημαντικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Εκτιμάται ότι η ποσότητα της βιομάζας που παράγεται ετησίως σε παγκόσμιο επίπεδο αγγίζει τους 172 δισεκ. τν ξηρού υλικού (Κίττας et al, 2007). Το ενεργειακό περιεχόμενο της είναι δεκαπλάσιο της ενεργειακής κατανάλωσης στο ίδιο επίπεδο και στο ίδιο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος του παραμένει ανεκμετάλλευτο, αφού μόλις το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα (Κ.Α.Π.Ε.), κυρίως μέσω παραδοσιακών χρήσεων της. Στη χώρα μας, η ξυλεία είναι η μορφή βιομάζας με τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας κατά 39,488 TJ (ΚΑΠΕ). Είναι άξιο αναφοράς ότι στην Ελλάδα, το 50% των δασών βρίσκεται στα βουνά και αποτελούν πηγές σημαντικών ποσοτήτων δασικής βιομάζας γεγονός που τα καθιστά έναν από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους των περιοχών με υψηλό υψόμετρο. (Κατσουλάκος, Καλιαμπάκος, 2010)

Στην περίπτωση των ορεινών περιοχών, δεν προτείνονται οι ενεργειακές καλλιέργειες λόγω της περιορισμένης έκτασης που παραχωρείται σε αυτές, καθώς και του ανταγωνισμού μεταξύ ενεργειακών φυτών και φυτών του τομέα τροφίμων για

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

τη χρήση γης. Αποτρέπεται η χρήση των στερεών αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, θερμότητα), αφού θα πρέπει ταυτόχρονα να αντιμετωπιστούν προβλήματα που αφορούν τη φύση και την ποσότητα των εκπομπών κατά την καύση των αποβλήτων. Η αξιοποίηση των γεωργικών αποβλήτων για παραγωγή βιοαερίου δεν είναι οικονομικά ελκυστική στις ορεινές περιοχές λόγω της κλίμακας των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και του υψηλού κόστους επένδυσης και συντήρησης.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας από την εξάλειψη αποβλήτων που προέρχονται από γεωργικές και υλοτομικές δραστηριότητες ή ξυλείας που καλλιεργείται προοριζόμενη αποκλειστικά για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλά απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός.

Παραδοσιακά, σε νοικοκυριά που διαθέτουν τζάκι ή σόμπα με ξύλα χρησιμοποιούνται κορμοί δέντρων για τη θέρμανση χώρων. Σε ότι αφορά αυτή την εφαρμογή, ενώ υπάρχουν κανονισμοί που αφορούν τις εκπομπές αερίων κατά την καύση του ξύλου, δεν έχουν εγγυημένη ενεργειακή απόδοση. Η χρήση αυτού του είδους εξοπλισμού σε μεγαλύτερο βαθμό, χωρίς να είναι κατάλληλης τεχνολογίας (υψηλή απόδοση, χρήση φίλτρων σωματιδίων σε καπνοδόχους), μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση της ατμόσφαιρας, ειδικά σε κλειστές κοιλάδες, με την αύξηση της ποσότητας σωματιδίων PM10. Εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν ροκανίδια ή pellets ξύλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν περιοχές ή ομάδες χωριών, με καλύτερη επόπτευση των εγκαταστάσεων (μείωση του κινδύνου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης).

Η εντατικοποίηση της χρήσης βιομάζας για παραγωγή ενέργειας προτείνεται σε τοπική κλίμακα όπου οι πρώτες ύλες επαρκούν και η προώθηση τους στις μονάδες είναι άμεση. Η βιωσιμότητα της ενεργειακής παραγωγής από ξύλο ενισχύεται από εγκαταστάσεις κατάλληλου μεγέθους, εναρμονισμένου με τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται το κόστος συγκομιδής και μεταφοράς, και επιπρόσθετα μειώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση από τη χρήση συμβατικών καυσίμων κατά τη μεταφορά.

Υδροηλεκτρικό δυναμικό

Έχει παρατηρηθεί ότι στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, οι βροχοπτώσεις αυξάνονται σε συνάρτηση με το υψόμετρο. Τα υδατορεύματα που σχηματίζονται στις πλαγιές των

ορεινών όγκων από υγρές αέριες μάζες προερχόμενες από τη θάλασσα, δημιουργούν ένα αξιοποιήσιμο δυναμικό. Εδώ και 100 χρόνια χρησιμοποιείται το νερό για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Στις μέρες μας, τα περιθώρια για εγκατάσταση στον ευρωπαϊκό χώρο μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων είναι περιορισμένα, αλλά εξακολουθεί να υπάρχει χώρος για εγκαταστάσεις μικρής κλίμακας. Αν θεωρήσουμε την Ευρώπη συνολικά, με τα βουνά και τους υδάτινους πόρους, τότε κατατάσσεται ως η δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγός παγκοσμίως. Ωστόσο η κλιματική αλλαγή θέτει σε αμφισβήτηση τη βιωσιμότητα του πόρου. Επιπρόσθετα, η σύνδεση του νερού με ποικίλες χρήσεις και δραστηριότητες καθιστά αναγκαία την ορθολογική χρήση του.

Γεωθερμία

Μεγάλος αριθμός θερμικών πηγών έχουν εντοπιστεί σε ορεινές περιοχές της Ευρώπης. Η γεωθερμική ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας είναι σήμερα η πιο ευρέως διαθέσιμη πηγή ενέργειας, ιδιαίτερα για την παραγωγή θερμότητας. Οι πηγές ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας χρησιμοποιούνται σήμερα σε πολλές κοινότητες σε όλη την Ευρώπη στον τομέα της οικιακής θέρμανσης. Τα τελευταία χρόνια σημειώνεται αυξανόμενο ενδιαφέρον και για τις άλλες μορφές γεωθερμίας.

2.7 Ενεργειακό κτηματολόγιο

Η κάθε περιοχή είναι ένα σύνολο ξεχωριστών χαρακτηριστικών και γνωρισμάτων που την καθιστούν μοναδική. Επομένως ο αναπτυξιακός και ειδικότερα ο ενεργειακός σχεδιασμός είναι αποτελεσματικός και ρεαλιστικός μόνο όταν οι στρατηγικές και τα μέτρα που προτείνει έχουν διαμορφωθεί από τις τοπικές ανάγκες και ιδιαιτερότητες. Επομένως σε κάθε περιοχή θα πρέπει να προηγείται η καταγραφή των ενεργειακών της αναγκών, των διαθέσιμων πόρων, καθώς και τα περιθώρια βελτιστοποίησης της ενεργειακής κατανάλωσης. Η ανάλυση αυτών των στοιχείων, που θα ακολουθήσει, θα οδηγήσει στην αξιολόγηση των ενεργειακών αναγκών του πληθυσμού, υπό το πρίσμα της έξυπνης κατανάλωσης και της εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και την εκτίμηση του δυναμικού των ενεργειακών πόρων.

Η γνώση της ενεργειακής κατανάλωσης και της δυνατότητας παραγωγής ενέργειας σε κάθε περιοχή θα αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη ενός εύχρηστου, σχεδιαστικού εργαλείου, αυτό του ενεργειακού κτηματολογίου « Energy Cadastre ».

Η χρήση του θα επιτρέψει την έγκαιρη αξιολόγηση του «ενεργειακού αποτυπώματος» της κάθε δραστηριότητας όπως για παράδειγμα η οικοδόμηση ενός σπιτιού. Τέτοιου είδους μέθοδοι έχουν βρει ήδη εφαρμογή σε ορεινές, σε πρώτη φάση, περιοχές της Ευρώπης. Στην περίπτωση της αυτόνομης επαρχίας του Bolzano, στην Ιταλία, εφαρμόζονται οι αρχές Klimahauss για να αξιολογηθούν αιτήσεις για την αστική μεταμόρφωση, και ενθαρρύνονται μόνο οι κατασκευές που δεν εμβαθύνουν το οικολογικό και ενεργειακό αποτύπωμα της ανθρώπινης δραστηριότητας στην περιοχή.

Η εισαγωγή του «ενεργειακού κτηματολογίου» για την αναγνώριση του ενεργειακού αποτυπώματος των δραστηριοτήτων στις ορεινές κοινότητες είναι η απαρχή για τη δόμηση μοντέλων παραγωγής ενέργειας προσαρμοσμένα σε αυτές. Παράγοντες που θα πρέπει να επηρεάσουν καθοριστικά την τελική μορφή των μοντέλων είναι η ποικιλία και η ποσότητα των τοπικών πόρων, οι επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον του προτιμώμενου μείγματος παραγωγής ενέργειας, οι δυνατότητες εξαγωγικής δραστηριότητας της ενέργειας, η εξισορρόπηση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού και της θεώρησης της ενέργειας ως οικονομικό εργαλείο, οι ανάγκες και οι επιθυμίες των κοινοτήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.Λήψη αποφάσεων

3.1 Εισαγωγή – Η έννοια της απόφασης

Μέρος της ανθρώπινης καθημερινότητας είναι η λήψη αποφάσεων για την αντιμετώπιση προβλημάτων σε διάφορες κλίμακες, σε ατομικό και συλλογικό επίπεδο, και με ποικίλη σπουδαιότητα. Όπως εύστοχα επισημαίνει ο Παρασκευόπουλος (2008) «Η αυξημένη βαρύτητα που δίνει σήμερα ο άνθρωπος στη διαδικασία λήψης μιας απόφασης σήμερα είναι δεδομένη ενώ χαρακτηριστικό αυτού του γνωρίσματος είναι η επιστημονικοποίηση της διαδικασίας λήψης μιας απόφασης».

Ο νομπελίστας Herbert Simon ονομάζει απόφαση «την πολύπλοκη και σύνθετη διαδικασία επιλογής μεταξύ εναλλακτικών που παρουσιάζονται ως περισσότερο ή λιγότερο πρόσφορες για την επίτευξη ορισμένων στόχων ενώ θεωρεί τη λήψη αποφάσεων ως κατάσταση συνώνυμη του management».

Η λήψη αποφάσεων είναι μια διαδικασία που χαρακτηρίζεται από συστηματικότητα. Πρόκειται για μια αλληλουχία βημάτων κατά την οποία συγκεντρώνονται πληροφορίες σχετικές με το πρόβλημα απόφασης και αποβλέπει στον προσδιορισμό των εναλλακτικών σχεδίων δράσης, τις αναμενόμενες βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιδράσεις τους καθώς και την επιλογή μιας εξ αυτών που ικανοποιεί κατά το μέγιστο βαθμό τους στόχους και τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Μια απόφαση αποτελεί κομμάτι γνώσης, αφού είναι η κατάληξη της σύνθεσης και επεξεργασίας πληροφορίας και γνώσης για την παραγωγή νέας γνώσης (Βαϊνά).

Καθοριστικό ρόλο κατά τη λήψη έχουν οι εμπλεκόμενοι φορείς (ή εταίροι). Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στα άτομα ή τα συλλογικά όργανα που με τη δράση τους είναι δυνατόν να επηρεάσουν τη διαδικασία. Σημαντικότερος όλων αυτών είναι ο λήπτης της απόφασης (Decision Maker-DM) που μπορεί να είναι ένα άτομο, ένα συλλογικό όργανο ή ένας φορέας. Το έργο του αποφασίζοντα είναι η ορθολογική επιλογή της βέλτιστης λύσης μεταξύ των εναλλακτικών. Εξίσου σημαντικό ρόλο αλλά σαφώς διακριτό σε σχέση με αυτόν του αποφασίζοντα έχει και ο αναλυτής των αποφάσεων.

Ο αναλυτής δρα επικουρικά και υποστηρικτικά στο έργο του αποφασίζοντα. Η συμμετοχή του στη διαδικασία περιγράφεται με τον όρο «υποστήριξη της **Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”**

απόφασης». Σύμφωνα με τον Bernard Roy η υποστήριξη της απόφασης παρέχεται από κάποιον που γνωρίζει μοντέλα και μεθόδους επιχειρησιακής έρευνας και συμβάλλει στην επιστημονική αντιμετώπιση της απόφασης. Παρέχει απαντήσεις σε θέματα που αφορούν την ποιότητα της απόφασης αλλά και την τεκμηρίωση της υπεροχής μιας εναλλακτικής έναντι των άλλων.

Η πλειοψηφία των προβλημάτων απόφασης που ανακύπτουν στις μέρες μας έχουν ως κοινό γνώρισμα την πολυπλοκότητα. Η πολυπλοκότητα αποδίδεται στην πολυδιάστατη φύση των δράσεων, των λειτουργιών και των επιπτώσεων που ακολουθούν τις προτεινόμενες λύσεις. Εκτός αυτού, η συνθετότητα αυξάνεται και από την αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει τα δεδομένα του προβλήματος. Συνεπώς η μονοσήμαντη και μονοκριτηριακή θεώρηση των προβλημάτων κρίνεται ανεπαρκής. Οι περισσότερες των αποφάσεων απαιτούν σφαιρική θεώρηση, θέτοντας πολλαπλά κριτήρια.

Οι αποφάσεις που σχετίζονται με τον ενεργειακό τομέα, σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, χαρακτηρίζονται από αυξημένη πολυπλοκότητα. Η ένταξη του προβληματισμού περί ενεργειακών θεμάτων σε ένα ευρύτερο πλαίσιο που ξεπερνά τα στενά οικονομικά όρια (ελαχιστοποίηση του κόστους) και συνυπολογίζει ετερόκλητες και συχνά ανταγωνιστικές συνιστώσες όπως κοινωνικές, οικολογικές, πολιτισμικές, έδωσε τεράστια ώθηση στον Πολυκριτηριακό προγραμματισμό. Όσο αυξάνεται η ανησυχία, σε παγκόσμιο επίπεδο, για το μέλλον του περιβάλλοντος και ενισχύεται η τάση αποκέντρωσης του ενεργειακού συστήματος τόσο αυξάνεται και ο αριθμός των θεμάτων που ζητούν επίλυση, με τον Πολυκριτηριακό Προγραμματισμό να αποτελεί πλέον σημαντικό επιστημονικό εργαλείο του ενεργειακού σχεδιασμού. Ένας ολοκληρωμένος σχεδιασμός θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τους κοινωνικούς, νομοθετικούς και φυσικούς περιορισμούς.

3.2 Τύποι αποφάσεων

Ανάλογα με το κριτήριο που τίθεται έχουν προταθεί διάφορες κατηγοριοποιήσεις των αποφάσεων (Κουρουθιανάκη, 2012):

Κατά τον Simon έχοντας ως κριτήριο τη συχνότητα με την οποία λαμβάνονται οι αποφάσεις χωρίζονται σε:

- **Προγραμματιζόμενες Αποφάσεις:** πρόκειται για αποφάσεις που λαμβάνονται κατ' επανάληψη. Επομένως η λήψη τους γίνεται με τυποποιημένο τρόπο αφού έχει αποκτηθεί η σχετική εμπειρία και είναι δυνατή η πρόβλεψη των συνεπειών τους.
- **Μη Προγραμματιζόμενες Αποφάσεις:** Λαμβάνονται με μικρή συχνότητα και η διαδικασία λήψης αυτών των αποφάσεων δεν ακολουθεί συγκεκριμένο μεθοδολογικό πλαίσιο. Ο ανθρώπινος παράγοντας έχει σημαντικό ρόλο στηριζόμενος στην υποκειμενικότητα, την κρίση και σε εμπειρικούς κανόνες.

Σύμφωνα με τους Keen και Scott-Morton και Keen ο βαθμός δόμησης τους κατατάσσει τις αποφάσεις σε:

- **Δομημένες Αποφάσεις:** Είναι αποφάσεις που εμπεριέχουν μικρό κίνδυνο. Λαμβάνονται με τη βοήθεια υπολογιστών μέσα από αυτοματοποιημένες διαδικασίες.
- **Αδόμητες Αποφάσεις:** Αποφάσεις με υψηλό κίνδυνο, χωρίς να είναι δυνατή η αυτοματοποίηση τους.
- **Ημιδομημένες Αποφάσεις:** Αποτελούνται από μέρη ποικίλης σαφήνειας.

Ο Anthony κατηγοριοποιεί τις αποφάσεις ως προς τη θέση ευθύνης που κατέχει ο αποφασίζων:

- **Λειτουργικές Αποφάσεις:** Λαμβάνονται από εργαζόμενους χαμηλής ιεραρχικής βαθμίδας και χαρακτηρίζονται ως αποφάσεις χαμηλού κινδύνου.
- **Τακτικές Αποφάσεις:** Η λήψη τους ανατίθεται σε ανώτερα στελέχη και αφορούν ζητήματα μεγαλύτερης βαρύτητας από αυτά των λειτουργικών.

- **Στρατηγικές Αποφάσεις:** Καθορίζουν το προφίλ, τον τρόπο λειτουργίας και το μέλλον της επιχείρησης ή του οργανισμού διαχειρίζονται μόνο από τα ανώτατα στελέχη.

Κατά τον A. L. Debbbeck υπάρχουν οι:

- **Συνηθισμένες Αποφάσεις:** με μεγάλη συχνότητα επανάληψης
- **Δημιουργικές Αποφάσεις:** δεν έχει αποκτηθεί η απαιτούμενη σχετική εμπειρία και για αυτό απαιτείται η ανάπτυξη της δημιουργικότητας και της επινοητικότητας του λήπτη.
- **Αποφάσεις Διαπραγμάτευσης:** οι εμπλεκόμενοι προσπαθούν, μέσω της διαδικασίας της διαπραγμάτευσης, να οδηγήσουν τη διαδικασία λήψης προς κατευθύνσεις συμφέρουσες για αυτούς

Ο Ασκούνης (Linkclick) θέτει ως κριτήριο την ποσότητα των διαθέσιμων πληροφοριών σχετικά με τη βεβαιότητα της έκβασης της κάθε απόφασης. Έτσι, η λήψη αποφάσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί σε περιβάλλον βεβαιότητας ή σε περιβάλλον αβεβαιότητας. Όταν η απόφαση λαμβάνεται με βεβαιότητα, γεγονός όχι και τόσο συχνό, τότε κάθε απόφαση ακολουθείται μόνο από μία έκβαση. Στην πραγματικότητα στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οδηγούμαστε στην απόφαση με αβεβαιότητα, που μεταφράζεται σε αρκετές εκβάσεις για κάθε απόφαση συνοδευόμενη από την αντίστοιχη πιθανότητα της.

3.3 Στάδια λήψης αποφάσεων

Για να στεφθεί από επιτυχία η διαδικασία της λήψης αποφάσεων θα πρέπει να διέρθει από συγκεκριμένες φάσεις. Πολλοί είναι αυτοί που έχουν προσπαθήσει να μοντελοποιήσουν τη διαδικασία. Ένας από αυτούς είναι και ο Simon που πρότεινε ένα μοντέλο αποτελούμενο από τρεις φάσεις:

Νοητική Φάση

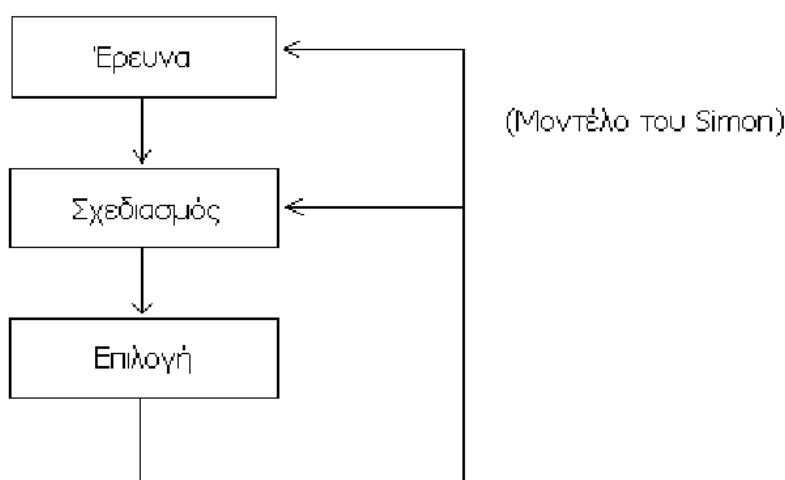
Αρχικά εντοπίζεται το πρόβλημα και προσδιορίζονται οι διαστάσεις του. Γίνεται καταγραφή των μερών από τα οποία αποτελείται, ανιχνεύονται πιθανές συνδέσεις με άλλα προβλήματα, καθορίζεται η σημαντικότητα του και τίθενται οι στόχοι.

Φάση Σχεδιασμού

Διαμορφώνεται το μοντέλο που θα αναπαριστά με μεγάλο βαθμό πιστότητας το πρόβλημα και το περιβάλλον του. Καθορίζονται τα κριτήρια επιλογής και αναζητούνται οι εναλλακτικές λύσεις και εκτιμώνται οι επιπτώσεις της καθεμιάς από αυτές.

Φάση Επιλογής

Στην φάση αυτή αξιολογούνται οι εναλλακτικές δράσεις και αναζητείται η προσφορότερη εξ αυτών. Η αναζήτηση καθοδηγείται είτε από τα διαθέσιμα δεδομένα, είτε από τους στόχους.



Εικόνα 14: Φάσεις που ακολουθούνται για τη λήψη αποφάσεων

Ορισμένοι ερευνητές όπως ο J. Dewey και ο Brim πρόσθεσαν μια επιπλέον φάση. Κατά τη φάση αυτή εφαρμόζεται η απόφαση, παρατηρείται περαιτέρω και αξιολογείται η αποτελεσματικότητά της. Αν η κρίση δεν είναι θετική, τότε επανεξετάζονται τα προηγούμενα στάδια, εντοπίζονται λάθη και επαναλαμβάνεται η διαδικασία. Στο μοντέλο του Simon αυτά τα στάδια ανήκαν στη φάση της επιλογής.

3.4 Τύποι μοντέλων λήψης αποφάσεων

Τα μοντέλα λήψης αποφάσεων ανάλογα με τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη δόμηση τους χωρίζονται σε:

- **Αναλυτικά μοντέλα:** περιγράφουν το υπό μελέτη σύστημα μέσω μαθηματικών σχέσεων. Τα αναλυτικά μοντέλα οδηγούν σε μια λύση και ενδείκνυνται για συστήματα στα οποία υπάρχει σαφής σχέση εισροών και εκροών.
- **Μοντέλα προσομοίωσης:** η αναπαράσταση της πραγματικότητας γίνεται από ένα σύνολο εντολών στον Η/Υ ή από ένα υπολογιστικό φύλλο. Μοντέλα προσομοίωσης συντάσσονται σε προβλήματα που η πολυπλοκότητα τους είναι μεγάλη για να παρασταθούν με αναλυτικές σχέσεις. Σε αντίθεση με τα αναλυτικά μοντέλα, τα μοντέλα αυτής της κατηγορίας δεν καταλήγουν σε μια συγκεκριμένη δράση αλλά αξιολογούν τις προτεινόμενες λύσεις σύμφωνα με τα κριτήρια που έχουν ορισθεί.

Μια άλλη ταξινόμηση των μοντέλων προκύπτει διερευνώντας το βαθμό βεβαιότητας που τα διέπει:

- **Κλασσικά οικονομικά μοντέλα:** συνδέονται με αποφάσεις βεβαιότητας και θέτουν ως στόχο τη μεγιστοποίηση του κέρδους.
- **Στρατηγικά μοντέλα:** συνδέονται με αποφάσεις αβεβαιότητας και ο στόχος είναι μεταβαλλόμενος.
- **Μοντέλα ανθρώπινης συμπεριφοράς:** επανεξετάζονται οι εναλλακτικές και η προτεινόμενη απόφαση, ακόμη και αν έχει ολοκληρωθεί η λήψη της απόφασης.

Γνωστά μοντέλα λήψης αποφάσεων είναι ο μαθηματικός προγραμματισμός, οι ευρεστικές τεχνικές και η προσομοίωση.

3.5 Η επιχειρησιακή έρευνα (Operations Research) στη λήψη αποφάσεων

Η Επιχειρησιακή Έρευνα βρίσκει εφαρμογή σε σύνθετα προβλήματα που ανακύπτουν κατά τη διεύθυνση και τη διοίκηση μεγάλων συστημάτων. Το σύστημα είναι ένα σύνολο αλληλεπιδρώντων οντοτήτων (ανθρώπινο δυναμικό, μηχανές, κεφάλαια κ.α.), με σχέσεις που διέπονται από κανόνες και στενή συνεργασία μεταξύ τους για την επίτευξη κάποιου στόχου.

Οι πρώτες απόπειρες για την επίλυση προβλημάτων με τη βοήθεια της επιχειρησιακής έρευνας ξεκίνησαν γύρω στα 1900. Ο σκοπός της είναι να διευκολύνει με επιστημονικό τρόπο τον καθορισμό της πολιτικής και των δράσεων μιας εταιρείας, ενός οργανισμού, ενός φορέα. Απώτερο στόχο της αποτελεί η βελτιστοποίηση (optimization) της απόδοσης του υπό μελέτη συστήματος.

Η επιχειρησιακή έρευνα είναι ένα σύνολο από τεχνικές, με βασικό στοιχείο την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου που αναπαριστά το προς επίλυση πρόβλημα. Η λήψη των αποφάσεων γίνεται έχοντας ως ποσοτική και ορθολογιστική βάση το μοντέλο μέσω του οποίου είναι δυνατή η πρόβλεψη και η σύγκριση των αποτελεσμάτων που συνοδεύουν τις εναλλακτικές αποφάσεις και στρατηγικές. Λόγω των παραπάνω χρησιμοποιούνται εναλλακτικά οι όροι Ποσοτική Ανάλυση (Quantitative Analysis) ή Διοικητική Επιστήμη (Management Science).

Η πλειοψηφία των προβλημάτων που καλείται να επιλύσει η επιχειρησιακή έρευνα είναι πολλών διαστάσεων (τεχνικές, οικονομικές, κοινωνικές, νομικές). Για την αντιμετώπιση τους συγκροτούνται διεπιστημονικές ομάδες. Στα πλαίσια των ομάδων επιδιώκεται η αποδοτική συνεργασία μεταξύ των χρηστών του συστήματος και των φορέων που πρόκειται να υλοποιήσουν αποφάσεις ή να επηρεαστούν από αυτές.

Οι τεχνικές που εφαρμόζονται για την εύρεση της λύσης είναι:

- α) Μαθηματικός Προγραμματισμός
- β) Μήτρα Αποφάσεων

- γ) Δένδρα αποφάσεων
- δ) Προσομοίωση (simulation)
- ε) Θεωρία Παιγνίων
- στ) Θεωρία δικτύων
- ζ) Στατιστικές Μέθοδοι

3.6 Μαθηματικός προγραμματισμός

Ο τομέας του μαθηματικού προγραμματισμού (Mathematical Programming) συνδέεται με τη μοντελοποίηση και επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης. Χρησιμοποιείται για την επίλυση προβλημάτων κατανομής περιορισμένων πόρων σε ανταγωνιστικές δραστηριότητες και περιλαμβάνει ένα σύνολο μεθόδων και μαθηματικών τεχνικών. Η έννοια του προγραμματισμού ταυτίζεται με αυτήν της επιλογής. Με τη βοήθεια των εργαλείων του μαθηματικού προγραμματισμού επιλέγονται οι τρόποι κατανομής των διαθέσιμων πόρων σε μια σειρά από δραστηριότητες που θα αποφέρουν τη μέγιστη ωφέλεια.

Ο όρος μοντελοποίηση αποδίδεται στην όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική αναπαράσταση των πλέον σημαντικών λειτουργικών σχέσεων και χαρακτηριστικών ενός συστήματος συνήθως μέσω μαθηματικών σχέσεων, με την οποία καθίσταται δυνατή η ανάλυσή του. Το μοντέλο παρέχει αποσαφήνιση των σημείων αβεβαιότητας του συστήματος που μελετάται, θέτει τους προς επίτευξη στόχους, προσδιορίζει τις εναλλακτικές δράσεις που μπορούν να υιοθετηθούν προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι και καθορίζει τις σχέσεις –κανόνες –περιορισμούς που ισχύουν και επηρεάζουν τη δομή του συστήματος καθώς και τη στρατηγική που θα εφαρμοσθεί.

Περιπτώσεις μοντέλων αποτελούν η μακέτα ενός κτιρίου ή ένα σύστημα εξισώσεων που περιγράφει με τη γλώσσα των μαθηματικών τη λειτουργία μιας επιχείρησης.

Ο όρος βελτιστοποίηση αποδίδεται στη διαδικασία εύρεσης της καλύτερης δυνατής λύσης ενός προβλήματος το οποίο μελετάται υπό συγκεκριμένες συνθήκες και υπόκειται σε περιορισμούς. Κατά τη διαδικασία βελτιστοποίησης επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση της προσπάθειας που πρέπει να καταβληθεί για την ολοκλήρωση ενός έργου ή του κόστους, είτε η μεγιστοποίηση του κέρδους που μπορούμε να εισπράξουμε από μια διαδικασία. Το κόστος ή το κέρδος ενός έργου μπορεί να περιγραφεί από την αντικειμενική συνάρτηση. Στην περίπτωση αυτή ο στόχος της βελτιστοποίησης μπορεί να επαναπροσδιοριστεί ως η εύρεση του μέγιστου ή του ελάχιστου αυτής της συνάρτησης.

Τα δομικά συστατικά ενός μοντέλου του Μαθηματικού Προγραμματισμού είναι τα ακόλουθα:

- **Οι μεταβλητές απόφασης (decision variables):** είναι οι οντότητες του προβλήματος που ελέγχονται από τον αποφασίζοντα. Για αυτό και εκτός από μεταβλητές απόφασης αναφέρονται συχνά και ως μεταβλητές ελέγχου. Εκφράζουν τους αγνώστους του προβλήματος αφού η τιμή τους παραμένει άγνωστη μέχρι την επίλυση του μοντέλου και αντιπροσωπεύουν το ύψος παραγωγής της κάθε δραστηριότητας. Η διαδικασία βελτιστοποίησης αποσκοπεί στο να προσδιοριστούν εκείνες οι τιμές των μεταβλητών απόφασης για τις οποίες η αντικειμενική συνάρτηση γίνεται βέλτιστη.
- **Αντικειμενική συνάρτηση (objective function):** αποτελεί το κριτήριο απόδοσης του συστήματος και απεικονίζεται μέσω μιας μαθηματικής σχέσης των μεταβλητών απόφασης. Ανάλογα με το κριτήριο που έχει τεθεί, επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση είτε η μεγιστοποίησή της τιμής της κάτω από τις δεδομένες συνθήκες λειτουργίας του προβλήματος. –
- **Περιορισμοί (constraints):** μαθηματικές σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών απόφασης με τη μορφή ισοτήτων ή ανισοτήτων. Απορρέουν από την περιορισμένη ποσότητα των πόρων ή άλλους παράγοντες όπως η νομοθεσία, οι κανόνες λειτουργίας του οργανισμού ή της επιχείρησης, η ζήτηση προϊόντων. Επιβάλλουν όρια στις τιμές των μεταβλητών, σκιαγραφούν δηλαδή το πεδίο ορισμού (εφικτός χώρος) του προβλήματος.
- **Παράμετροι:** σε αντίθεση με τις μεταβλητές, είναι μεγέθη που δεν επηρεάζονται από τον αποφασίζοντα και η τιμή τους είναι γνωστή ή εκτιμάται εκ των προτέρων και διατηρείται σταθερή. Πρόκειται για τους συντελεστές των μεταβλητών απόφασης ή για ποσότητες που επηρεάζουν τη σύνταξη των περιορισμών (π.χ. την απαιτούμενη ζήτηση μιας δραστηριότητας).

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι μεταξύ των δραστηριοτήτων θα υπάρχουν τουλάχιστον δυο σε καθεστώς ανταγωνιστικής αλληλεξάρτησης. Επίσης στο σύνολο των περιορισμών δε θα πρέπει να περιλαμβάνονται αλληλοαποκλειόμενοι περιορισμοί.

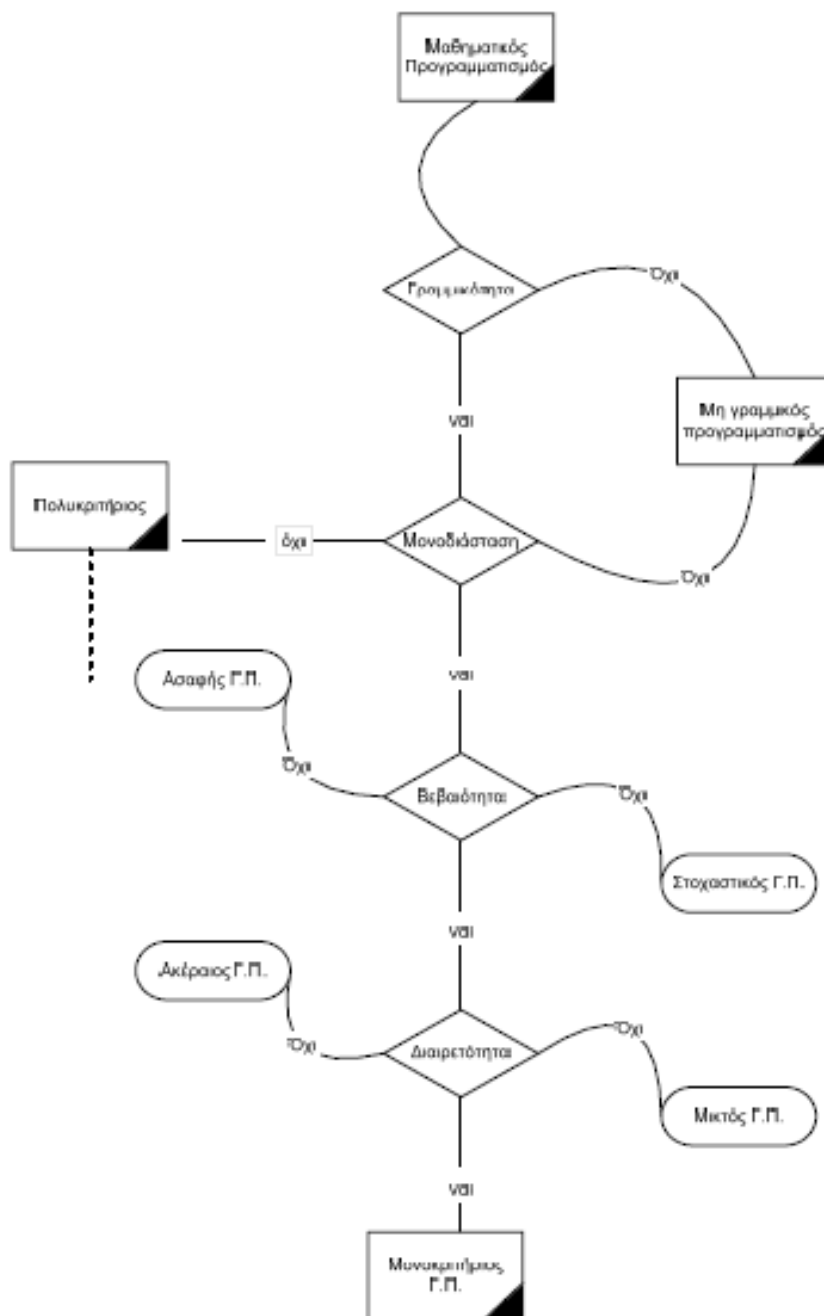
Η ορθότητα του μοντέλου είναι καταλυτική αφού μπορεί να οδηγήσει στη λήψη λανθασμένων αποφάσεων. Αν το μοντέλο δεν είναι προσεκτικά διαμορφωμένο τότε μπορεί να εξαχθεί η σωστή λύση σε λάθος πρόβλημα στην περίπτωση που το μοντέλο δεν είναι πιστή απεικόνιση του προβλήματος αλλά έχει ακολουθηθεί η σωστή μέθοδος βελτιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης. Στο αντίθετο

ενδεχόμενο θα αποδοθεί λάθος λύση σε σωστό πρόβλημα. Κατά τη δόμηση του μοντέλου θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη μέριμνα στην ελάττωση των διαστάσεων του προβλήματος, δηλαδή στον ορισμό του ελάχιστου αριθμού μεταβλητών. Ο όγκος των στοιχείων αυξάνει το κόστος συλλογής τους και κατ'επέκταση το κόστος επίλυσής του προβλήματος.

Θέτοντας ως κριτήριο το είδος των μαθηματικών σχέσεων που περιγράφουν το πρόβλημα, το είδος των παραμέτρων, το είδος των μεταβλητών απόφασης και το πλήθος των αντικειμενικών συναρτήσεων τα προβλήματα Μαθηματικού Προγραμματισμού ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Εάν το πρόβλημα περιγράφεται από συναρτήσεις, αντικειμενικές και περιορισμοί, που είναι γραμμικές ως προς τις μεταβλητές απόφασης τότε πρόκειται για πρόβλημα Γραμμικού Προγραμματισμού (Linear Programming). Αντίθετα, αν οι συναρτήσεις είναι μη γραμμικές, τότε χαρακτηρίζεται ως πρόβλημα Μη Γραμμικού Προγραμματισμού (Non Linear Programming). Τα πραγματικά προβλήματα μοντελοποιούνται συχνότερα με τη χρήση του Γραμμικού Προγραμματισμού αφού ο μη γραμμικός οδηγεί σε τοπικά βέλτιστα τα οποία δεν είναι πάντα και ολικά βέλτιστα.
- Μια άλλη ταξινόμηση γίνεται βάσει του είδους των μεταβλητών απόφασης (συνεχείς ή ακέραιες). Η επίλυση των προβλημάτων με συνεχείς μεταβλητές είναι πιο εύκολη δεδομένου ότι σε οι ακέραιες μεταβλητές παρουσιάζουν ασυνέχειες. Παρ'όλα αυτά οι ακέραιες μεταβλητές μοντελοποιούν την πραγματικότητα με πιο ρεαλιστικό τρόπο και ταυτόχρονα διευρύνουν την εφαρμογή του Μαθηματικού Προγραμματισμού συμπεριλαμβάνοντας συνδυαστικά προβλήματα. Στις περισσότερες των περιπτώσεων που χρησιμοποιούνται ακέραιες μεταβλητές αυτές είναι δυαδικές μεταβλητές (τιμή 0 ή 1). Ως μοντέλο Ακέραιου Προγραμματισμού (Integer Programming) χαρακτηρίζεται εκείνο που έχει αποκλειστικά ακέραιες μεταβλητές. Υπάρχουν μοντέλα που συνδυάζουν συνεχείς με ακέραιες μεταβλητές και ανήκουν στην κατηγορία του Μικτού Ακέραιου Προγραμματισμού (Mixed Integer Programming). Υπάρχουν και προβλήματα όπου οι παράμετροι εκφράζονται μέσω κατανομών πιθανότητας ή ασαφών αριθμών απεικονίζοντας έτσι την αβεβαιότητα ως προς την τιμή τους. Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται από τον στοχαστικό προγραμματισμό (Stochastic Programming) ή τον ασαφή προγραμματισμό (Fuzzy Programming) αντίστοιχα.

- Ανάλογα με τον αριθμό των αντικειμενικών συναρτήσεων, τα προβλήματα διακρίνονται σε αυτά του Πολυκριτηριακού Μαθηματικού Προγραμματισμού (Multiobjective Programming, Multicriteria Programming) όταν έχουν συνταχθεί περισσότερες από μία αντικειμενικές συναρτήσεις και σε αυτά του συμβατικού μονοκριτηριακού μαθηματικού προγραμματισμού. Η πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση έχει ταυτιστεί με τη διανυσματική βελτιστοποίηση (vector optimization), αντίθετα η μονοκριτηριακή υλοποιεί τη μονοδιάστατη βελτιστοποίηση (scalar optimization). Η ανάπτυξη του Πολυκριτηριακού Μαθηματικού Προγραμματισμού ξεκίνησε τη δεκαετία του 70 και εντάθηκε τις δύο τελευταίες δεκαετίες, όταν η συνεχιζόμενη αύξηση της πολυπλοκότητας των προβλημάτων κατέστησε επιτακτική τη μοντελοποίηση τους μέσω περισσότερων από μιας αντικειμενικών συναρτήσεων (Cohon, 1978; Steuer, 1989, Evans, 1984). Η δυνατότητα εκτός από το οικονομικό να εξετάζονται πολλαπλά κριτήρια όπως περιβαλλοντικά, κοινωνικά, εδραίωσε τον Πολυκριτηριακό Μαθηματικό Προγραμματισμό ως ένα σύγχρονο, ολοκληρωμένο εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων.



Εικόνα 15: Κατηγοριοποίηση προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού

(Πηγή: Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα, 2006)

3.7 Γραμμικός προγραμματισμός

Από πολλούς θεωρείται μια από τις πιο σπουδαίες μαθηματικές ανακαλύψεις, η εξέλιξη της οποίας άρχισε στα μέσα του εικοστού αιώνα. Ο γραμμικός προγραμματισμός είναι μία συστηματική μαθηματική μεθοδολογία και καλείται να σχεδιάσει τις δραστηριότητες του συστήματος που περιγράφει ώστε να προκύψει το άριστο αποτέλεσμα, το αποτέλεσμα που υλοποιεί τον προκαθορισμένο σκοπό κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Σε πρώτη φάση συντάσσεται το εννοιολογικό ή προφορικό μοντέλο (verbal model), διατυπώνονται οι σχέσεις και οι συνθήκες σε φυσική γλώσσα. Ακολούθως, μετατρέπονται σε μαθηματικές σχέσεις (μαθηματικό μοντέλο). Όλες οι μαθηματικές σχέσεις που συνδέουν τις μεταβλητές του προβλήματος είναι αυστηρά γραμμικές. Τέλος, επιχειρείται η επίλυση του μοντέλου εφαρμόζοντας ένα σύνολο υπολογιστικών τεχνικών και μαθηματικών μεθόδων.

Ως στόχος τίθεται η βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης που παριστάνει το κριτήριο επίδοσης του συστήματος. Οι συνθήκες κάτω από τις οποίες αναζητείται η λύση αποτυπώνονται από ένα σύνολο γραμμικών περιορισμών που απαιτείται να ικανοποιούν οι μεταβλητές του προβλήματος. Έτσι, το πεδίο των λύσεων οριοθετείται από τους περιορισμούς.

Το μαθηματικό μοντέλο περιλαμβάνει τις ακόλουθες σχέσεις:

Την αντικειμενική συνάρτηση (objective function)

$$Z = (c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n)$$

Τους περιορισμούς:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n [\leq, \geq, =] b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n [\leq, \geq, =] b_2$$

... ..

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n [\leq, \geq, =] b_m$$

και τον περιορισμό μη αρνητικότητας $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0$

όπου:

Z : συνιστά το μέτρο απόδοσης – η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης

x_j : μεταβλητή απόφασης – εκφράζει το ύψος της κάθε δραστηριότητας, $j=1, 2, \dots, n$

c_j : αντικειμενικός συντελεστής, $j=1, 2, \dots, n$ Σε προβλήματα μεγιστοποίησης αποκαλούνται συντελεστές κέρδους ενώ σε προβλήματα ελαχιστοποίησης συντελεστές κόστους.

a_{ij} : τεχνολογικός συντελεστής, $i = 1, 2, \dots, m$ και $j=1, 2, \dots, n$. Εκφράζει την ποσότητα που καταναλώνεται από τον πόρο i για να παραχθεί μία μονάδα του προϊόντος j

b_i : το δεξιό μέλος του περιορισμού i , $i = 1, 2, \dots, m$

m : πλήθος περιορισμών προβλήματος

n : πλήθος ανταγωνιζόμενων δραστηριοτήτων

Στην περίπτωση που οι μεταβλητές απόφασης πάρουν τη μέγιστη τιμή τους, τότε ορισμένοι περιορισμοί θα ισχύουν με την ισότητα και άλλοι με την ανισότητα. Οι πρώτοι δεν επιτρέπουν την ενδεχόμενη περαιτέρω βελτίωση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης και για αυτό ονομάζονται περιοριστικοί ενώ οι άλλοι μη περιοριστικοί.

Σε διανυσματική μορφή το πρόβλημα του γραμμικού προγραμματισμού διατυπώνεται με τον ακόλουθο τρόπο:

Να προσδιοριστεί το διάνυσμα $X^T=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ όπου βελτιστοποιεί το πρόβλημα

$$\max/\min_x \{f(x) = (C^T, x)\}$$

με περιορισμούς $\underline{x} \geq 0$ και $\underline{A} \cdot \underline{x} \leq \underline{b}$

όπου \underline{C}^T : διάνυσμα σειράς διαστάσεων $1 \times n$

\underline{X} : διάνυσμα στήλης, διαστάσεων $n \times 1$

\underline{A} : μητρώο συντελεστών, διαστάσεων $m \times n$

\underline{b} : διάνυσμα σταθερών, στήλης διαστάσεων $m \times 1$

$$\underline{C}^T = [c_1, c_2, \dots, c_n], \quad \underline{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix}, \quad \underline{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ b_m \end{bmatrix}, \quad \underline{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Απαραίτητοι συμπληρωματικοί όροι που αφορούν τις λύσεις είναι:

- **Λύση (solution):** κάθε συνδυασμός τιμών των μεταβλητών απόφασης του προβλήματος
- **Εφικτή λύση (feasible solution):** κάθε συνδυασμός τιμών των μεταβλητών απόφασης που όμως ικανοποιεί όλους τους περιορισμούς του προβλήματος
- **Βέλτιστη λύση (optimal solution):** η εφικτή λύση που βελτιστοποιεί την αντικειμενική συνάρτηση, απόλυτα συμμορφωμένη με τους περιορισμούς που έχουν τεθεί.

Ο γραμμικός προγραμματισμός έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και στο σύνολο τους επιδιώκεται η ανάθεση πεπερασμένων πόρων σε ανταγωνιστικές απαιτήσεις-δραστηριότητες, κατά τρόπο βέλτιστο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν:

- ο σχεδιασμός Εθνικής Οικονομίας.
- ο ενεργειακός προγραμματισμός.
- ο προγραμματισμός παραγωγής, αποθεμάτων.
- ο προγραμματισμός επενδύσεων.
- η κατανομή προσωπικού σε εργασίες.
- η επιλογή θέσεως εργοστασίων και αποθηκών.
- η μεταφορά εμπορευμάτων από τους τόπους παραγωγής στα κέντρα κατανάλωσης.

3.8 Προϋποθέσεις εφαρμογής του γραμμικού προγραμματισμού

Ο γραμμικός προγραμματισμός εφαρμόζεται σε ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης, όταν πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

Γραμμικότητα (Αναλογικότητα και Προσθετικότητα)

Η αντικειμενική συνάρτηση και οι περιορισμοί πρέπει να είναι αυστηρά γραμμικές σχέσεις ως προς τις μεταβλητές απόφασης. Η αναλογικότητα δεν αρκεί για την απόδοση της ιδιότητας της γραμμικότητας. Η γραμμικότητα χάνει την ισχύ της όταν υπάρχουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ δραστηριοτήτων που μεταβάλουν το κέρδος από κάθε δραστηριότητα ή την ολική χρήση των πόρων. Η γραμμικότητα διασφαλίζεται εφόσον ισχύουν οι ιδιότητες της αναλογικότητας και της προσθετικότητας

Αρχή της αναλογικότητας (proportionality)

- **Αντικειμενική συνάρτηση:** η συνεισφορά κάθε μεταβλητής απόφασης στη συνολική τιμή του z της συνάρτησης είναι γραμμικά ανάλογη της τιμής που παίρνει η συγκεκριμένη μεταβλητή.
- **Περιορισμοί:** η κατανάλωση ενός πόρου για τη διεξαγωγή μιας δραστηριότητας είναι ανάλογη του ύψους παραγωγής.

Αρχή της προσθετότητας (additivity)

- **Αντικειμενική συνάρτηση:** η συνεισφορά κάθε μεταβλητής απόφασης στην τιμή της συνάρτησης είναι ανεξάρτητη από τις τιμές που παίρνουν οι άλλες μεταβλητές απόφασης
- **Περιορισμοί:** η κατανάλωση από μία μεταβλητή απόφασης ενός πόρου για τη διεξαγωγή μιας δραστηριότητας είναι ανεξάρτητη από την κατανάλωση του συγκεκριμένου πόρου για την εκτέλεση οποιασδήποτε άλλης δραστηριότητας. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι η προσθετικότητα παύει να ισχύει όταν η εκτέλεση μιας δραστηριότητας αποτελεί προϋπόθεση για την πραγματοποίηση μιας άλλης.

Η αρχή της διαιρετότητας (divisibility)

Στα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού όλες οι μεταβλητές θεωρούνται άπειρα διαιρετές, δηλαδή μπορούν να πάρουν κλασματικές τιμές. Στις περιπτώσεις που σε όλες τις μεταβλητές δίνονται ακέραιες τιμές, τότε το πρόβλημα κατατάσσεται στην κατηγορία του ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού. Υπάρχει και μια ομάδα προβλημάτων όπου μόνο μερικές μεταβλητές παίρνουν ακέραιες τιμές. Η ομάδα αυτή ανήκει στην κατηγορία του μικτού γραμμικού προγραμματισμού.

Η αρχή της προσδιοριστικότητας (certainty)

Η προσδιοριστικότητα συνεπάγεται ότι οι τιμές των παραμέτρων του μοντέλου είναι γνωστές με απόλυτη βεβαιότητα και σταθερές ποσότητες. Στην πραγματικότητα δύσκολα ικανοποιείται η αρχή της προσδιοριστικότητας αφού τις περισσότερες φορές στα πλαίσια του γ.π. η απόφαση λαμβάνεται με βαθμό αβεβαιότητας. Η επίδραση των παραμέτρων στην αξιοπιστία του μοντέλου διερευνάται μέσω τεχνικών όπως η ανάλυση ευαισθησίας. Σε περιπτώσεις όπου η αβεβαιότητα μερικών ή όλων των συντελεστών είναι μεγάλος, το πρόβλημα γίνεται πρόβλημα στοχαστικού προγραμματισμού.

3.9 Μεθοδολογία και διαδικασία μοντελοποίησης

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που υιοθετείται για το μαθηματικό μετασχηματισμό ενός προβλήματος απόφασης σε πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού (μοντελοποίηση) συνίσταται στα ακόλουθα στάδια:

Καθορισμός του αντικειμένου της απόφασης

Σε πρώτη φάση καθορίζονται προσεκτικά οι μεταβλητές απόφασης. Η διαδικασία θεωρείται επιτυχής εφόσον οι μεταβλητές αντανακλούν απόλυτα το ζητούμενο της απόφασης, συνυπολογίζοντας το περιβάλλον και τις συνθήκες του προβλήματος. Η διαμόρφωση των περιορισμών εντάσσεται συμπληρωματικά στον καθορισμό του αντικειμένου της απόφασης. Οι περιορισμοί αντλούνται από τη νομοθεσία, τους διαθέσιμους πόρους, το περιβάλλον, τις προτιμήσεις, θέτοντας τα επιτρεπτά όρια για τις τιμές των μεταβλητών απόφασης και κατ'επέκταση προσδιορίζοντας το σύνολο των εφικτών λύσεων.

Κριτήρια απόφασης

Διαμορφώνονται τα κριτήρια απόφασης, γραμμικές αντικειμενικές συναρτήσεις των μεταβλητών απόφασης που υπαγορεύονται από τους στόχους της επιχείρησης, του φορέα, του οργανισμού καθώς και τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα. Παραδείγματα κριτηρίων εκφρασμένα σε φυσική γλώσσα είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους, η μεγιστοποίηση κέρδους, η μεγιστοποίηση παραγωγικότητας, ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Στην περίπτωση που τίθεται ένα κριτήριο τότε το πρόβλημα χαρακτηρίζεται ως μονοκριτηριακό, σε αντίθετη περίπτωση πολυκριτηριακό.

Εφαρμογή μοντέλων απόφασης

Πρόκειται για ένα καθαρά τεχνικό στάδιο, στο οποίο ο αναλυτής με τη χρήση αλγορίθμων και συναφών τεχνικών αναζητά ικανοποιητικές λύσεις και στη συνέχεια προχωρά στην τεκμηρίωση τους.

Στα μονοκριτηριακά προβλήματα βελτιστοποίησης το βασικό εργαλείο εύρεσης βέλτιστης λύσης είναι ο αλγόριθμος simplex. Σε πολυκριτηριακά προβλήματα γίνεται χρήση πιο εξειδικευμένων μεθόδων οι περισσότερες από τις οποίες βασίζονται στον ίδιο αλγόριθμο. Για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση των στοιχείων επίλυσης αξιοποιούνται τεχνικές όπως:

- η ανάπτυξη της λύσης
- η ανάλυση ευαισθησίας
- η παραμετρική ανάλυση
- η ανάλυση ευστάθειας

Υποστήριξη της απόφασης

Κατά το στάδιο αυτό ο αναλυτής παρουσιάζει τη λύση στον αποφασίζοντα, επιχειρηματολογώντας για την υπεροχή της. Αν η προτεινόμενη λύση δε γίνει αποδεκτή, τότε θα πρέπει να αναθεωρηθεί τουλάχιστον ένας από τους παράγοντες του προβλήματος.

3.10 Γραφική πίλυση προβλημάτων (μοντέλων) γραμμικού προγραμματισμού (γ.π.)

Όλα τα προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού δύο μεταβλητών μπορούν να επιλυθούν γραφικά.

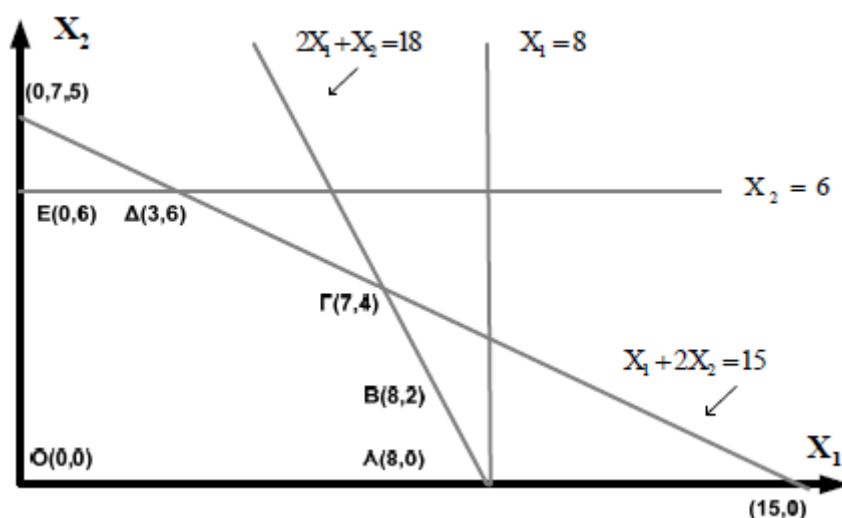
Βοηθητικοί ορισμοί αυτής της μεθόδου είναι:

- **Περιοριστική ευθεία:** η ευθεία που αποδίδει γραφικά έναν περιορισμό του προβλήματος
- **Κορυφή ή ακραίο σημείο:** το σημείο τομής δυο περιοριστικών ευθειών. Ανήκει στην εφικτή περιοχή καθώς βρίσκεται πάνω στο σύνορό της.
- **Εφικτή περιοχή:** ο χώρος των εφικτών λύσεων που οριοθετείται από τις περιοριστικές ευθείες.
- **Εφικτή λύση (ακραίου σημείου):** μια κορυφή της εφικτής περιοχής.
- **Γειτονικές εφικτές λύσεις (ακραίου σημείου):** αυτές που συνδέονται με μια ακμή (σύνορο) της εφικτής περιοχής.
- **Βασική λύση (λύση ακραίου σημείου):** μια λύση που αντιστοιχεί σε κορυφή.
- **Βασική εφικτή λύση:** μια βασική λύση που αντιστοιχεί σε κορυφή της εφικτής περιοχής.
- **Άριστη (βέλτιστη) λύση:** η βασική εφικτή λύση ακραίου σημείου (κορυφή της εφικτής περιοχής) στην οποία αντιστοιχεί η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης.

Αρχικά προσδιορίζεται το σύνολο των σημείων (x_1 , x_2) του επιπέδου που ικανοποιούν όλους τους περιορισμούς του προβλήματος ταυτόχρονα (σύνολο εφικτών λύσεων – εφικτός χώρος - εφικτή περιοχή). Για τη σκιαγράφηση του εφικτού χώρου ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

1. Σχεδιάζεται ένα σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων στο οποίο ο οριζόντιος άξονας παριστάνει τις τιμές της x_1 και ο κάθετος τις τιμές της x_2 . Επειδή υπάρχει ο περιορισμός της θετικότητας ή ίσου του μηδενός για τις μεταβλητές χρησιμοποιείται μόνο το πρώτο τεταρτημόριο. Κάθε σημείο του πρώτου τεταρτημορίου αντιστοιχεί λύση του προβλήματος η οποία ικανοποιεί τη συνθήκη μη αρνητικότητας των μεταβλητών.

2. Χαράσσονται διαδοχικά οι περιοριστικές ευθείες με παράλληλη οριοθέτηση της εφικτής περιοχής (feasible region) όπως ορίζουν οι ανισώσεις ή οι ισότητες των περιορισμών. Η χάραξη γίνεται ως εξής: αν ένας περιορισμός περιγράφεται με μια έκφραση της μορφής $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 \leq, \geq, = b_i$, τότε σχεδιάζεται η ευθεία με εξίσωση: $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 = b_i$.
3. Ο προσδιορισμός της βέλτιστης λύσης γίνεται χρησιμοποιώντας εναλλακτικά δύο προσεγγίσεις:
 - i. Αντιστοιχίζονται οι κορυφές της εφικτής περιοχής με τις συντεταγμένες τους. Επιλέγεται ως βέλτιστη λύση εκείνη που μεγιστοποιεί ή ελαχιστοποιεί την αντικειμενική συνάρτηση αναλόγως του κριτηρίου απόδοσης.
 - ii. Δίνεται μια αυθαίρετη τιμή Z και χαράσσεται η ευθεία της αντικειμενικής συνάρτησης $Z = c_1x_1 + c_2x_2$ (ευθεία ίσου κέρδους/κόστους ή ισοσταθμική ευθεία). Κινούμε την ευθεία παράλληλα προς την κατεύθυνση βελτίωσης της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης (αύξησης σε προβλήματα μεγιστοποίησης, μείωσης σε προβλήματα ελαχιστοποίησης). Η βέλτιστη λύση (optimal solution) του προβλήματος αντιστοιχεί στην κορυφή από την οποία διέρχεται η αντικειμενική συνάρτηση πριν απομακρυνθεί από την εφικτή περιοχή. Έχει αποδειχθεί μαθηματικά, ότι η βέλτιστη λύση ενός προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού ανήκει στην εφικτή περιοχή.



Εικόνα 16: Παράδειγμα γραφικής επίλυσης π.γ.π.

(Πηγή: Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα, 2006)

Οι βέλτιστες λύσεις που αναλογούν σε ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού μπορεί να μία ή άπειρες. Ακόμα είναι πιθανόν να μη συναληθεύουν οι περιορισμοί όποτε δεν υπάρχει καμία εφικτή λύση. Μία διαφορετική περίπτωση προκύπτει αν κατά τη διαμόρφωση του γραμμικού μοντέλου που χρησιμοποιείται για την αναπαράστασή του προβλήματος γίνει κάποιο σφάλμα. Τότε, το πρόβλημα αποκαλείται μη φραγμένο, αφού η τιμή Z της αντικειμενικής συνάρτησης μπορεί να πάρει οποιαδήποτε μεγάλη (πρόβλημα μεγιστοποίησης) ή μικρή τιμή (πρόβλημα ελαχιστοποίησης).

3.11 Επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού (π.γ.π.) με τη μέθοδο Simplex

Ο G.B Dantzig είναι ο μαθηματικός στον οποίο οφείλεται η ανάπτυξη της μεθοδολογίας του γραμμικού προγραμματισμού. Το έτος 1947 δημοσίευσε τη μέθοδο simplex, η οποία από τότε εφαρμόζονταν στον οικονομικό τομέα και τη διαχείριση υλικών, ενεργειακών και εργατικών πόρων. Είναι μια αλγεβρική μέθοδος προσδιορισμού της βέλτιστης λύσης που μπορεί να εφαρμοστεί σε προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού ανεξάρτητα από το πλήθος των μεταβλητών. Πλέον, υποστηριζόμενη από τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών σε επίπεδο υλικού και λογισμικού, βρίσκει ευρεία χρήση και την καθιστά ως την πιο γνωστή και διαδεδομένη ποσοτική μέθοδο επίλυσης διοικητικών προβλημάτων.

Στη μέθοδο simplex η αναπαράσταση του μοντέλου γίνεται από έναν πίνακα simplex (simplex tableau). Στην εξέλιξη της διαδικασίας γίνονται στοιχειώδεις πράξεις μεταξύ των γραμμών του πίνακα και κατασκευάζονται νέοι πίνακες simplex, μέχρι τον εντοπισμό της βέλτιστης λύσης. Στηριζόμενη στο γεγονός ότι η βέλτιστη λύση είναι μία από τις κορυφές της εφικτής περιοχής, με αφετηρία την αρχή των αξόνων, εξετάζει όλες τις κορυφές της εφικτής περιοχής, κάθε ενδιάμεσος πίνακας simplex αντιστοιχεί σε μια κορυφή, μέχρι να καταλήξει στη βέλτιστη.

3.12 Πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων

Η πολυπλοκότητα των σύγχρονων προβλημάτων, ειδικά όσων αφορούν την επιχειρηματική δραστηριότητα, υποδηλώνεται από τις ποικίλες, άμεσα ή έμμεσα αλληλοεπηρεαζόμενες, συνιστώσες τους. Το πρόβλημα εντείνεται από το μεγάλο αριθμό των εμπλεκόμενων φορέων, με διαφορετικές προτεραιότητες, οπτικές, συμφέροντα, που αντιστοιχούν σε διαφορετικά, πολλές φορές αλληλοσυγκρουόμενα, κριτήρια. Η συνθετότητα αυτή οδηγεί σε καταστάσεις όπου η λήψη αποφάσεων καθίσταται δύσκολη με συμβατικές προσεγγίσεις.

Οι υπάρχουσες συνθήκες δημιουργούν πρόσφορο έδαφος για την ανάπτυξη της Πολυκριτηριακής Λήψης Αποφάσεων (ΠΚΛΑ) (Multiple Criteria Decision Making, MCDM). Πρόκειται για έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους κλάδους της επιχειρησιακής έρευνας, στα πλαίσια της οποίας η επίλυση των προβλημάτων επιδιώκεται με την υιοθέτηση περισσότερων του ενός κριτηρίων απόφασης. Η εισαγωγή ενός και μόνου κριτηρίου κρίνεται ανεπαρκής. Τα πολλαπλά κριτήρια απεικονίζουν με μεγαλύτερη ρεαλιστικότητα την πραγματικότητα και ταυτόχρονα επιτρέπουν την εξέταση περισσότερων διαστάσεων του προβλήματος. Η λήψη μιας απόφασης προκύπτει μετά από συμβιβασμό συγκρουόμενων στόχων με κοινωνικοπολιτικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές αναφορές.

Κατά πολλούς, τα μονοκριτηριακά προβλήματα δεν αποτελούν αντικείμενο για τη διαδικασία της λήψης αποφάσεων αφού πρόκειται για προβλήματα υπολογισμού της βέλτιστης λήψης, σύμφωνης με το μοναδικό κριτήριο. Η συμμετοχή του αποφασίζοντα περιορίζεται μόνο κατά το στάδιο μορφοποίησης του προβλήματος, χωρίς να υπάρχει περαιτέρω ανάμειξη του στη διαδικασία λήψης απόφασης. Αντίθετα, στα προβλήματα Π.Κ.Λ.Α. ο βαθμός δόμησης είναι χαμηλός (Μαυρωτάς, 2000). Η εμπλοκή του αποφασίζοντα στη διαδικασία επίλυσης είναι έντονη αφού καλείται να αποδώσει, ανάλογα με τις υποκειμενικές προτιμήσεις του, τις επιδόσεις των κριτηρίων στα διάφορα εναλλακτικά σενάρια. Ακολουθεί μια προοδευτική αναζήτηση για να καταλήξει στην τελική του επιλογή. Ο προσεκτικός σχεδιασμός των κριτηρίων απαιτεί να είναι καλά ορισμένα χωρίς να αλληλοκαλύπτονται και να αναδεικνύουν διαφορετικά χαρακτηριστικά των εναλλακτικών. Οι μέθοδοι Π.Κ.Λ.Α. δεν καταλήγουν στις αποφάσεις αλλά βοηθούν τον αποφασίζοντα στη λήψη ορθών αποφάσεων. Ο στόχος των μεθόδων είναι να βοηθήσει τον DM να οργανώσει και να συνθέσει τις πληροφορίες που έχουν συλλέξει, έτσι ώστε να ενισχύσουν την ορθότητα των αποφάσεων τους. Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν

χρησιμοποιείται και ο ισότιμος όρος της πολυκριτηριακής υποστήριξης αποφάσεων (Multiple Criteria Decision Aid, MCDA).

Ανάλογα με τη μορφή του συνόλου των εναλλακτικών επιλογών διακρίνονται οι κατηγορίες της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης – Π.Κ.Α. (Multiple Attribute Decision Making, MADM) και του Πολυκριτηριακού Μαθηματικού Προγραμματισμού –Π.Κ.Μ.Π. (Multiple Objective Mathematical Programming, MOMP) (Εικόνα 17). Στην πρώτη περίπτωση το σύνολο των εναλλακτικών είναι διακριτό και ρητά καθορισμένο. Η βέλτιστη λύση εντοπίζεται μεταξύ αυτών, βασιζόμενοι στην επίδοσή τους στα ορισμένα κριτήρια. Στον Π.Κ.Μ.Π. το σύνολο των δυνατών επιλογών δεν είναι διακριτό, είναι έμμεσα ορισμένο μέσω των τιμών των μεταβλητών απόφασης του μαθηματικού μοντέλου. Κατά την εξέλιξη της διαδικασίας στον ΠΚΜΠ επιχειρείται διανυσματική βελτιστοποίηση (vector optimization), επέκταση της βαθμωτής βελτιστοποίησης (scalar optimization) που πραγματοποιείται για μία αντικειμενική συνάρτηση. Στον ΠΜΠ η έννοια της βέλτιστης λύσης είναι πλέον κενή περιεχομένου αφού συνήθως η ταυτόχρονη βελτιστοποίηση όλων των αντικειμενικών συναρτήσεων δεν είναι δυνατή. Έτσι, η ιδανική λύση (ideal solution) έχει αντικατασταθεί από την «περισσότερο προτιμώμενη» λύση.



Εικόνα 17: Ταξινόμηση μεθόδων ΠΚΛΑ

(Πηγή: Μαυρωτάς, 2000)

Στα πλαίσια του ΠΜΠ η έννοια του βέλτιστου έχει αντικατασταθεί από εκείνη της αποδοτικότητας ή του Pareto βέλτιστου. Ο χαρακτηρισμός αποτελεσματική (ή Pareto βέλτιστη, μη-κατώτερη) λύση αποδίδεται σε εκείνη τη λύση της αντικειμενικής συνάρτησης, που δε βελτιώνεται χωρίς να περιορίσει την αποτελεσματικότητα σε μία τουλάχιστον από τις υπόλοιπες λύσεις. Μαθηματικά η αποτελεσματική λύση ορίζεται ως εξής: Έστω ότι όλες οι αντικειμενικές συναρτήσεις f_i όπου $i = 1 \dots p$ είναι προς μεγιστοποίηση. Μια εφικτή λύση x ενός προβλήματος Π ΜΠ χαρακτηρίζεται αποτελεσματική όταν δεν υπάρχει δεύτερη εφικτή λύση x' τέτοια ώστε $f_i(x') \geq f_i(x)$ για κάθε $i = 1, 2, \dots, p$ με τουλάχιστον μία ακριβή ανισότητα.

Μια τελευταία ταξινόμηση των μεθόδων Π.Κ.Μ.Π. προκύπτει βάσει της μορφής των συναρτήσεων που συνδέουν τις μεταβλητές του προβλήματος. Συγκεκριμένα, όταν οι περιορισμοί και οι αντικειμενικές συναρτήσεις είναι γραμμικές τότε πρόκειται για πρόβλημα Πολυκριτηριακού Γραμμικού Προγραμματισμού –ΠΚΓΠ (Multiple Objective Linear Programming, MOLP). Κατ' ουσίαν είναι η απόδοση σε πολλές διαστάσεις του συμβατικού Γραμμικού Προγραμματισμού (ΓΠ). Σε αντίθετη περίπτωση το πρόβλημα υπάγεται στον μη πολυκριτηριακό γραμμικό προγραμματισμό.

Έχοντας ως κριτήριο το στάδιο εμπλοκής του αποφασίζοντα στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων, οι μέθοδοι του Πολυκριτηριακού Μαθηματικού Προγραμματισμού διακρίνονται σε a priori, αλληλεπιδραστικές και a posteriori-μέθοδοι παραγωγής. Στην πρώτη κατηγορία ο αποφασίζων διατυπώνει τις προτιμήσεις του πριν την επίλυση, στις αλληλεπιδραστικές κατά τη διάρκεια της επίλυσης και τέλος στις μεθόδους παραγωγής μετά την επίλυση.

Μεταξύ αυτών. οι μέθοδοι a priori είναι οι πιο δημοφιλείς, ωστόσο οι αλληλεπιδραστικές και οι a posteriori ενημερώνουν τον υπεύθυνο για τη λήψη αποφάσεων με πολύ περισσότερα στοιχεία, διευκολύνοντας την τελική επιλογή. Αναλυτικά, οι μέθοδοι a posteriori χαρακτηρίζονται από ένα σύνολο πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων. Στα πλεονεκτήματα τους συγκαταλέγεται η δυνατότητα παροχής πληροφοριών στον αποφασίζοντα σχετικά με όλο το σύνολο των υποψηφίων για αποδοχή λύσεων. Αντιθέτως, με τη χρήση των a priori μεθόδων και των αλληλεπιδραστικών μεθόδων ο αποφασίζων μελετά ένα μικρό μέρος των βέλτιστων εναλλακτικών λύσεων. Σημαντικό μειονέκτημα των a posteriori αποτελεί το γεγονός ότι απαιτούν ιδιαίτερο λογισμικό, μεγάλο χρόνο επίλυσης καθώς και το ότι δεν ενδείκνυνται για την επίλυση μεγάλων προβλημάτων. Αξίζει όμως να αναφερθεί ότι η

συνεχής αύξηση της υπολογιστικής ισχύος, διευρύνει το πεδίο εφαρμογής των μεθόδων παραγωγής σε όλο και μεγαλύτερα προβλήματα ΠΜΠ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Η περιοχή μελέτης

4.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Η Ευρυτανία ανήκει διοικητικά στη Στερεά Ελλάδα και βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της. Συνορεύει νοτιοδυτικά με το Νομό Αιτωλοακαρνανίας, ανατολικά με το Νομό Φθιώτιδας, βορειοδυτικά με το Νομό Καρδίτσας και δυτικά με την Άρτα.



Εικόνα 18: Ο Ν. Ευρυτανίας και οι γειτονικοί νομοί

(Πηγή: <http://www.web-greece.gr/evrytania/karpenisi/miriki-gr.htm>)

Η Ευρυτανία έχει έκταση 1.869 Km² και κατά την απογραφή του 2001 ο πληθυσμός της ανέρχονταν σε 32.053 κατοίκους, σε αντίθεση με το 1991 που ανέρχονταν σε 24.307. Σύμφωνα με προσωρινά στοιχεία της απογραφής του 2011, αποτελεί την πιο αραιοκατοικημένη και ορεινή περιφερειακή ενότητα της Ελλάδας, με συνολικό πληθυσμό 20.280 κατοίκους. Η Ευρυτανία χωρίζεται σε δύο καλλικρατικούς δήμους:

Πίνακας 9: Οι καλλικρατικοί δήμοι του Ν. Ευρυτανίας

Δήμος	Πρώην δήμοι
Καρπενησίου (με έδρα το Καρπενήσι)	α. Καρπενησίου β. Φουρνά γ. Προυσσού δ. Ποταμιάς ε. Δομνίστας στ. Κτημενίων.
Αγράφων (με έδρα το Κερασόχωρι)	α. Φραγκίστας β. Βίνιανης γ. Ασπροποτάμου δ. Απεραντίων ε. Αγράφων.

4.2 Φυσικό περιβάλλον

Ανάγλυφο

Ο Νομός στο σύνολο του χαρακτηρίζεται ορεινός με λίγες ημιορεινές και ακόμα λιγότερες πεδινές εκτάσεις. Πιο συγκεκριμένα, στο βόρειο, στο νότιο και στο ανατολικοκεντρικό τμήμα βρίσκονται οι κύριοι ορεινοί όγκοι του Νομού. Οι πεδινές περιοχές του Νομού εκτείνονται γύρω από το οροπέδιο του Καρπενησίου και κατά μήκος των κοιλάδων των ποταμών του.

Στον πίνακα 10 που ακολουθεί φαίνεται η κατανομή της έκτασης της Ευρυτανίας ανάλογα με την υψομετρική διαβάθμιση:

Πίνακας 10: Η κατανομή της έκτασης της Ευρυτανίας ανάλογα με την υψομετρική διαβάθμιση

(Πηγή: http://www.evrytania.gr/netp/1st_convent/1o_syn_C3.htm)

Υψομετρική διαβάθμιση (m)	Αντίστοιχη έκταση (Km ²)	Ποσοστό (%)
< 500	233	11,4
501-1000	716,5	13,5
1001-1500	860	42,1
1501-2000	228,2	11,2
≥ 2000	7,3	0,3



Εικόνα 19: Το Βελούχι

(Πηγή: http://www.digital-camera.gr/index.php?option=photos&action=view&photo_id=6387)

Το ποσοστό δασοκάλυψης του νομού είναι της τάξεως του 40% με κυριότερο στοιχείο το έλατο. Ένας μεγάλος ορεινός όγκος της Ευρυτανίας είναι αυτός των

Αγράφων. Βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του νομού και αποτελεί τμήμα της Νότιας Πίνδου. Στο κεντρικό-ανατολικό τμήμα του νομού βρίσκεται το όρος Τυμφρηστός ή Βελούχι με ψηλότερη κορυφή αυτή του Βελουχίου (2315m). Εκτός αυτών, άλλα σημαντικά βουνά της Ευρυτανίας είναι στα νοτιοανατολικά της η Καλιακούδα (2101m) και στα Νοτιοανατολικά του Τυμφρηστού βρίσκεται το όρος Οξυά (1.926m). Τέλος, στα νοτιοδυτικά του νομού το Παναιτωλικό χωρίζει την Ευρυτανία από την Αιτωλοακαρνανία.

Υδρογραφία

Στο έδαφος της Ευρυτανίας δεν έχουν σχηματιστεί μεγάλα ποτάμια εκτός από σημαντικούς παραπόταμους του Αχελώου (ο Ταυρωπός και ο Αγραφιώτης) και μικρά υδάτινα ρεύματα. Ο Αχελώος έχει τις πηγές του στην Πίνδο. Διασχίζει το δυτικό ορεινό τμήμα του νομού Τρικάλων για να συνεχίσει στα όρια των νομών Τρικάλων, Άρτας, Καρδίτσας και Αιτωλοακαρνανίας. Στη συνέχεια διασχίζει την Αιτωλοακαρνανία για να εκβάλει τελικά στο Ιόνιο πέλαγος. Κύριος παραπόταμος του Αχελώου είναι ο Ταυρωπός (Μέγδοβας) που, κατευθυνόμενος από τα βόρεια προς τα νοτιοδυτικά, διασχίζει το κέντρο της Ευρυτανίας και καταλήγει στη λίμνη των Κρεμαστών. Ο Αγραφιώτης πηγάζει στα Άγραφα, έχοντας νότια κατεύθυνση και χύνεται και αυτός στη λίμνη. Αξίζει να αναφερθούν άλλα τρία ποτάμια που βρίσκονται στο νότιο τμήμα του νομού, ο Κρικελοπόταμος, ο Καρπενησιώτης και Τρικεριώτης.

Λίμνη Κρεμαστών

Η Ευρυτανία δε διαθέτει λίμνες πλην αυτής των Κρεμαστών που είναι τεχνητή. Ο σχηματισμός της οφείλεται στην κατασκευή του φράγματος των Κρεμαστών. Το φράγμα, το οποίο βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του νομού, θεωρείται ως το υψηλότερο γαιοφράγμα της Ευρώπης, με ύψος 160m. Συγκεντρώνει τα νερά των ποταμών Αχελώου, Αγραφιώτη Τρικεριώτη και Ταυρωπού. Δημιουργείται μια μεγάλη τεχνητή λίμνη με έκταση μεγαλύτερης των 80Km². Η συσσώρευση μεγάλης ποσότητας νερού προκάλεσε τη μεταβολή του κλίματος της περιοχής. Από το 1965 λειτουργεί εκεί ο μεγαλύτερος Υδροηλεκτρικός Σταθμός της ΔΕΗ στη χώρα μας. Αποτελείται από 4 μονάδες με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 437,2 MW. Κατά τις περιόδους της μέγιστης απόδοσης τους μπορούν να καλύψουν το 1/3 της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια της χώρας.



Εικόνα 20: Η λίμνη των Κρεμαστών

(Πηγή: <http://www.limnikremaston.gr/content/view/14/29/lang,el/>)

Χλωρίδα

Στους ορεινούς όγκους της έχουν καταγραφεί όλες οι κλιματικές ζώνες της βλάστησης. Ειδικότερα, υπάρχουν όλα σχεδόν τα δασικά είδη, με συνηθέστερα τα έλατα και τις οξιές. Από τα κωνοφόρα συναντά κανείς έλατα και κέδρα ενώ από τα φυλλοβόλα πλατάνια, καρυδιές, οξιές, καστανιές. Η καλλιέργεια της καστανιάς και της καρυδιάς ενδείκνυται αφού το κλίμα δεν επιτρέπει την ανάπτυξη ευπαθών και υψηλής θερμοκρασίας ειδών ή μεγάλης βλαστικής διάρκειας φυτών και δέντρων. Σε χαμηλότερα υψόμετρα το πουρνάρι θεωρείται το κύριο στοιχείο βλάστησης.

Πανίδα

Η πανίδα της Ευρυτανικής γης είναι πλούσια. Εκεί βρίσκουν καταφύγιο μεγάλα θηλαστικά όπως αγριογούρουνα αλλά και μεσαία, μικρότερα θηλαστικά της χώρας. Η Ευρυτανία είναι το νοτιότερο σημείο εξάπλωσής του λύκου στη Βαλκανική. Επίσης, υπάρχει μεγάλος αριθμός αρπακτικών πουλιών (ποντικοβαρβακίνες, χρυσαετοί, σταυραετοί, γυπαιοί, ασπροπάρηδες, όρνια) άλλα και μικρότερα πουλιά. Επιπλέον στα ποτάμια της περιοχής υπάρχουν κυπρίνοι, πέρκες, βίδρες και μικρές πέστρφες.

Γεωλογία – Έδαφος

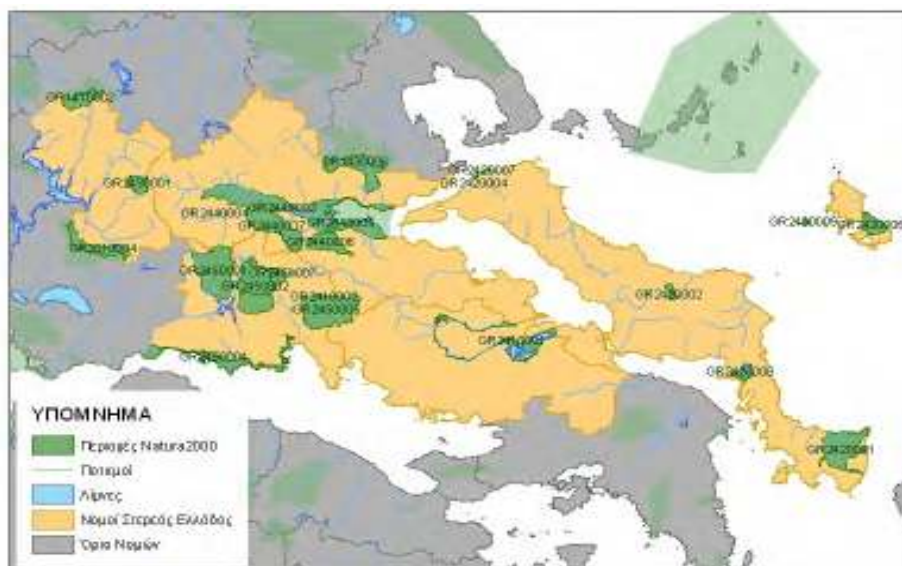
Το έδαφος της Ευρυτανίας χαρακτηρίζεται κατά κύριο λόγο ορεινό, με μικρές καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Η Ευρυτανία υποδιαιρείται σε δυο περιοχές, αυτές της:

- α. Ορεινής β. Λοφώδους και ημιορεινής.

Σοβαρές κατολισθήσεις έχουν σημειωθεί λόγω της φύσης των πετρωμάτων, των μεγάλων κλίσεων των εδαφών και των έντονων βροχοπτώσεων. Αν και δεν έχει γίνει συστηματική μελέτη του υπεδάφους της Ευρυτανίας, εκτιμάται ότι υπάρχουν εκτάσεις ακαθόριστης ποσότητας χαλκού όπως στις περιοχές της Χελιδόνας και της Καρίτσας ενώ στη Γρανίτσα, στο Μοναστηράκι και τον Προυσό εικάζεται η ύπαρξη ορυκτών υδρογονανθράκων και ερυθρού σιδηρόλιθου.

Προστατευόμενες περιοχές της Ευρυτανίας

Στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα προστασίας της φύσης "Δίκτυο Φύση 2000" έχουν συμπεριληφθεί μεγάλες εκτάσεις του Βελουχιού, καθώς και η περιοχή των Αγράφων. Από την Ευρυτανία διέρχεται το Ευρωπαϊκό μονοπάτι E4 και πιο συγκεκριμένα από τις περιοχές: Βίνιανη, Στένωμα, Βραγγιανά, Τρίδεντρο, Άγραφα, Κρίκελλο, Σταύλους, Σταυροπήγι, Βαρβαριάδα, Κρέντη, Κερασοχώρι, Καρπενήσι, Καλλιθέα, Μυρίκη.

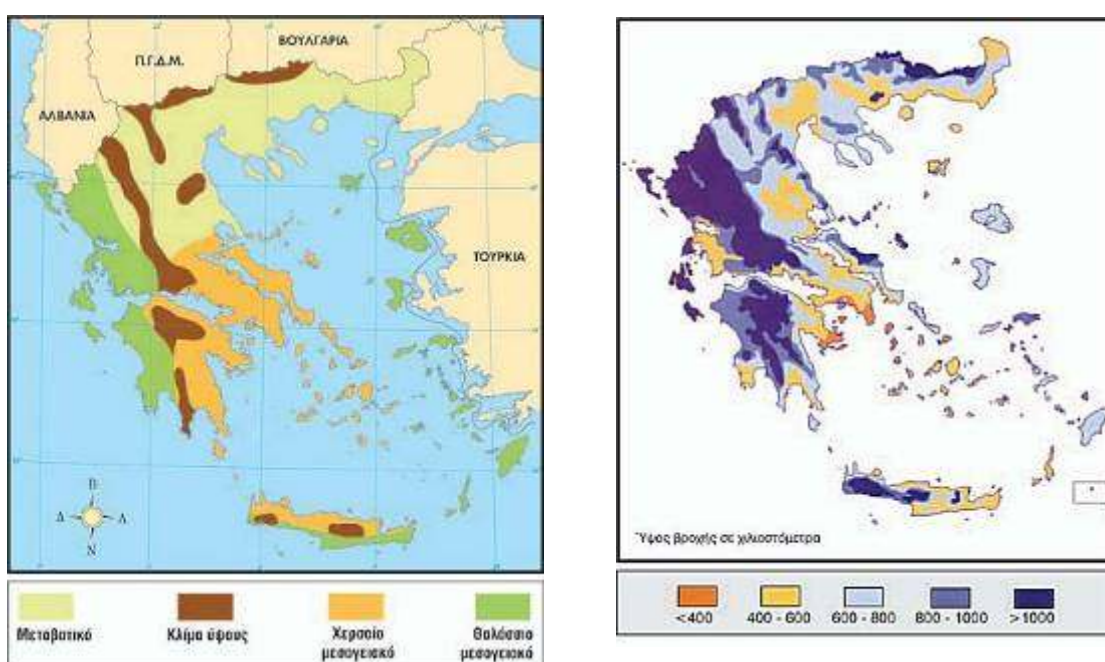


Εικόνα 21: Περιοχές Natura 2000 στην περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας

(Πηγή: Υ.Π.Ε.Κ.Α.)

Κλίμα

Το κλίμα του νομού Ευρυτανίας χαρακτηρίζεται ως ηπειρωτικό μεσογειακό και πιο συγκεκριμένα ορεινό αυτού του τύπου. Ο ηπειρωτικός χαρακτήρας του ενισχύεται καθώς κινούμαστε από Δυτικά προς Βορειοανατολικά. Καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, το ανατολικό τμήμα της Ευρυτανίας είναι ψυχρότερο σε σχέση με το δυτικό, γεγονός που αποδίδεται στην επίδραση του Ιονίου πελάγους. Το εύρος της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στην Ευρυτανία είναι από 9,2 έως 15 0C , με τον Ιανουάριο να είναι ο ψυχρότερος μήνας και τον Ιούλιο ο θερμότερος, σε όλη την κεντρική έκταση της Ευρυτανίας.



Εικόνα 22: Το κλίμα στον Ελλαδικό χώρο

Σε ότι αφορά τη νέφωση, καθοριστικός παράγοντας για τη διάρκεια της ηλιοφάνειας και την ενεργειακή εκμετάλλευση της, έχει παρατηρηθεί μικρή αύξηση της από Οκτώβριο μέχρι Ιανουάριο και μικρή μείωση από Ιανουάριο μέχρι Απρίλιο

Το μεγαλύτερο τμήμα της Ευρυτανίας ανήκει σε ζώνη μέγιστης βροχόπτωσης αφού το μέσο ετήσιο ύψος υετού εκεί είναι 4 φορές μεγαλύτερο από αυτό της ξηρότερης περιοχής του ελληνικού χώρου, την Αττική. Τον Δεκέμβριο σημειώνεται το μεγαλύτερο μέσο ύψος υετού ενώ το μικρότερο ύψος εμφανίζεται τον Ιούλιο ή Αύγουστο. Σε συνάρτηση με το υψόμετρο, ο υετός μεταβάλλεται αυξητικά, ιδιαίτερα στα δυτικά της Ευρυτανίας. Χωρικά, τα μεγαλύτερα ετήσια ύψη υετού καταγράφονται

στο βορειοκεντρικό τμήμα του νομού, ενώ τα μικρότερα στην κεντρική και βορειοανατολική Ευρυτανία.

Συγκριτικά με άλλα σημεία της Ελλάδος, ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών χιονιού στα ορεινά σημεία της Ευρυτανίας είναι από τους μεγαλύτερους. Στα βουνά της Ευρυτανίας συναντά κανείς χιόνι από τον Σεπτέμβριο μέχρι και τον Μάιο ή και σπανιότατα τον Ιούνιο.

4.3 Δημογραφικά στοιχεία

Όπως προκύπτει από τον πίνακα που ακολουθεί, από τη δεκαετία του 60 παρατηρείται σημαντική μείωση στον πληθυσμό της Ευρυτανίας, γεγονός που οφείλεται στο έντονο εσωτερικό και εξωτερικό μεταναστευτικό ρεύμα που σημειώνονταν εκείνη την περίοδο σε ολόκληρη τη χώρα. Η μείωση του πληθυσμού συνεχίστηκε σταθερά μέχρι τη δεκαετία του 90 όπου η Ευρυτανία είχε 24.307 κατοίκους.

Πίνακας 11: Πληθυσμιακή εξέλιξη του Ν. Ευρυτανίας την περίοδο 1961-2001

(Πηγή: <http://www.evrytan.gr/>)

Απογραφή	1920	1928	1940	1951	1961	1971	1981	1991	2001
Ν.Ευρυτανίας	37482	43186	53474	40671	39716	29533	26182	24237	32.053

Σύμφωνα με την απογραφή του 2001, ο πληθυσμός του ανέρχεται σε 32.053, με μέση πυκνότητα πληθυσμού 17 κάτοικοι/τ.χλμ, ενώ η μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα καταγράφεται στο Δήμο Καρπενησίου (37,43 κάτοικοι/τ.χλμ).

Πίνακας 12: Πληθυσμιακή πυκνότητα και μέσος σταθμικός υψόμετρο ανά δήμο

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.)

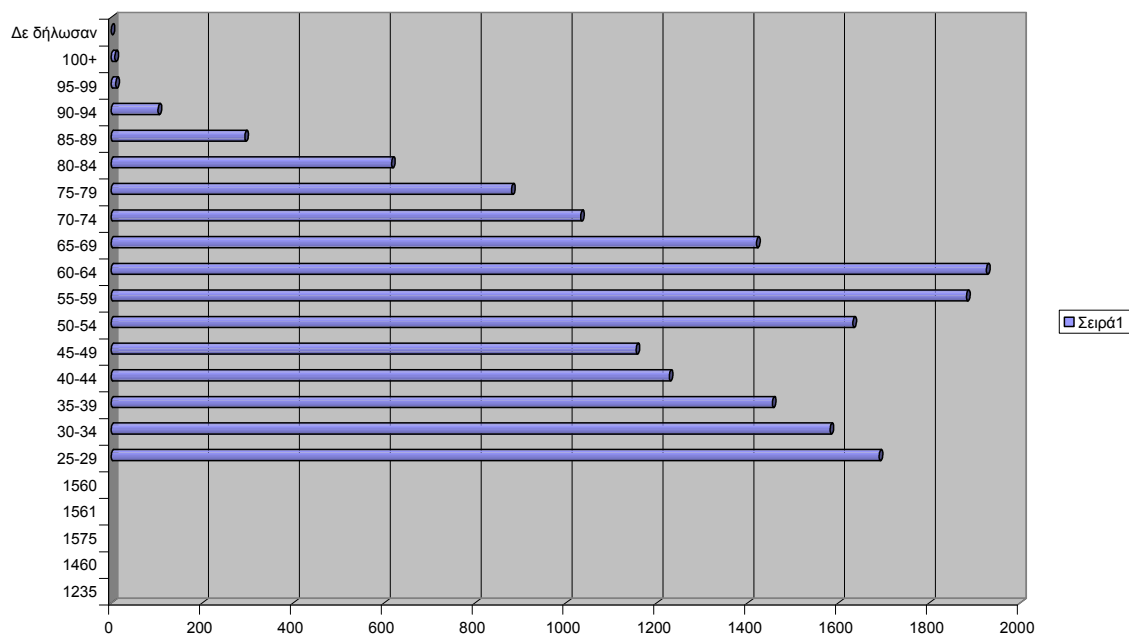
Δήμοι/Κοινότητες Δημοτικά/Κοινοτικά διαμερίσματα	Πληθυσμός	Πυκνότητα πληθυσμού ανά τ.χμ.	Μέσος σταθμικός υψόμετρο
ΔΗΜΟΣ ΚΑΡΠΕΝΗΣΙΟΥ	9.390	37,43	935
ΔΗΜΟΣ ΑΓΡΑΦΩΝ	3.691	12,79	988
ΔΗΜΟΣ ΑΠΕΡΑΝΤΙΩΝ	3.213	18,27	638
ΔΗΜΟΣ ΑΣΠΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	2.729	21,67	752
ΔΗΜΟΣ ΒΙΝΙΑΝΗΣ	1.438	9,42	742
ΔΗΜΟΣ ΔΟΜΝΙΣΤΑΣ	2.163	10,03	1082
ΔΗΜΟΣ ΚΤΗΜΕΝΙΩΝ	1.168	15,20	772
ΔΗΜΟΣ ΠΟΤΑΜΙΑΣ	1.933	15,32	789
ΔΗΜΟΣ ΠΡΟΥΣΟΥ	2.253	15,36	924
ΔΗΜΟΣ ΦΟΥΡΝΑ	1.542	11,66	824
ΔΗΜΟΣ ΦΡΑΓΚΙΣΤΑΣ	2.533	14,29	580
Σύνολο Νομού	32.053	17	848



Χάρτης 7: Κατανομή του πληθυσμού στους δήμους του Ν. Ευρυτανίας

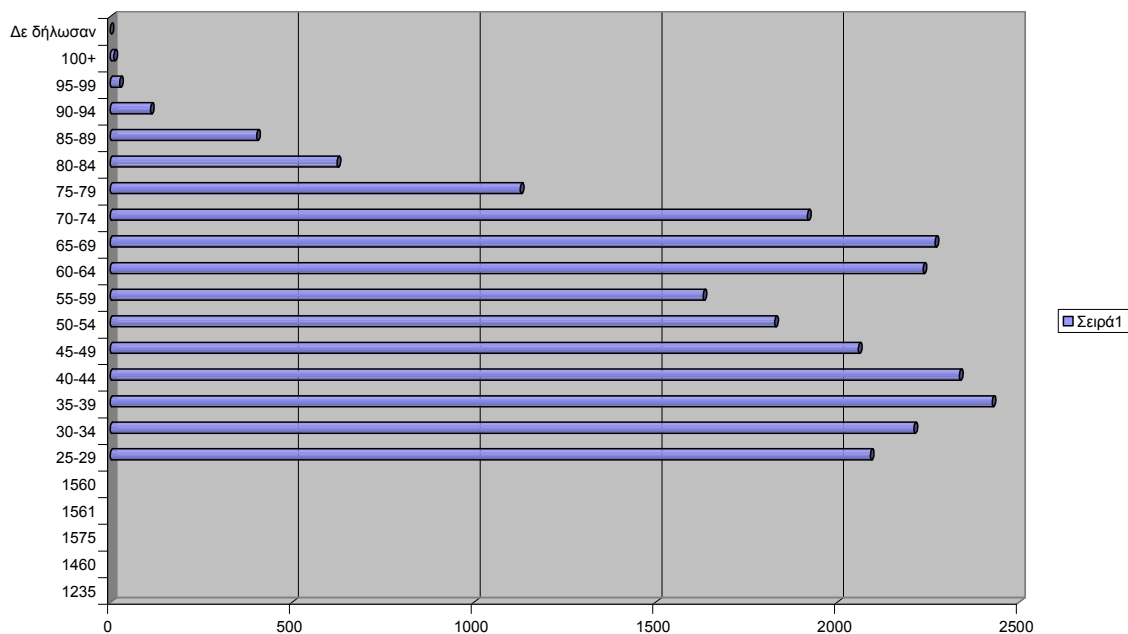
(Πηγή: ΔΟΜΗ, 2005)

Στα διαγράμματα 12, 13 παρουσιάζεται η κατανομή του πληθυσμού του Νομού (απογραφές 1991 και 2001) σε ηλικιακές ομάδες και από αυτά διαφαίνεται η γήρανση του πληθυσμού.



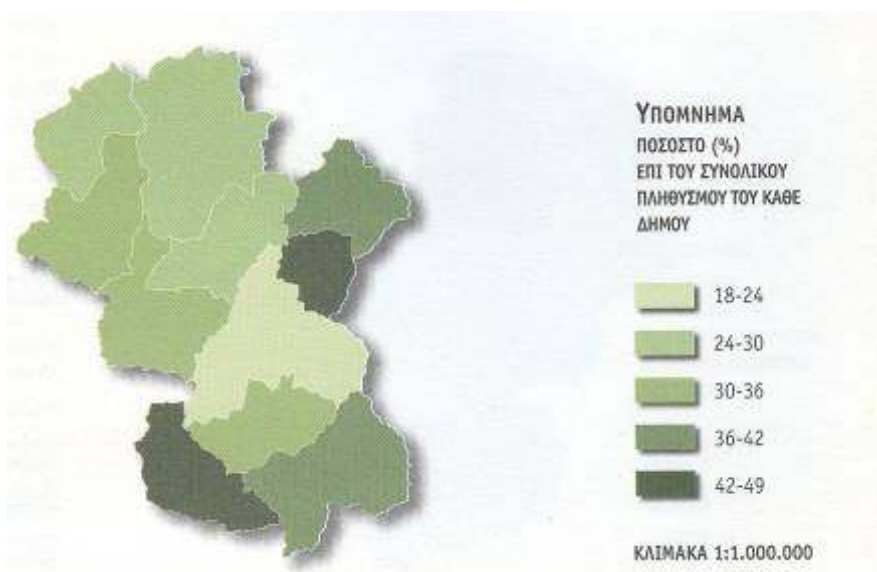
Διάγραμμα 12: Ηλικιακή κατανομή του πληθυσμού του Ν. Ευρυτανίας (1991)

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.)



Διάγραμμα 13: Ηλικιακή κατανομή του πληθυσμού του Ν. Ευρυτανίας (2001)

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.)



Χάρτης 8: Κατανομή ανά δήμο του πληθυσμού ηλικιών άνω των 65

(Πηγή: Δομή, 2005)

Το ποσοστό του αγροτικού πληθυσμού του Νομού Ευρυτανίας είναι 78,9% έναντι του αστικού που είναι μόλις 21,1% (απογραφή 2001). Βάσει των παραπάνω στοιχείων, ο Νομός παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό αγροτικού πληθυσμού στο σύνολο των νομών της χώρας. Το ιδιαίτερα υψηλό αυτό ποσοστό αποδίδεται στο ορεινό ανάγλυφο του και στην έλλειψη μεγάλων αστικών κέντρων.

4.4 Οικονομικά στοιχεία

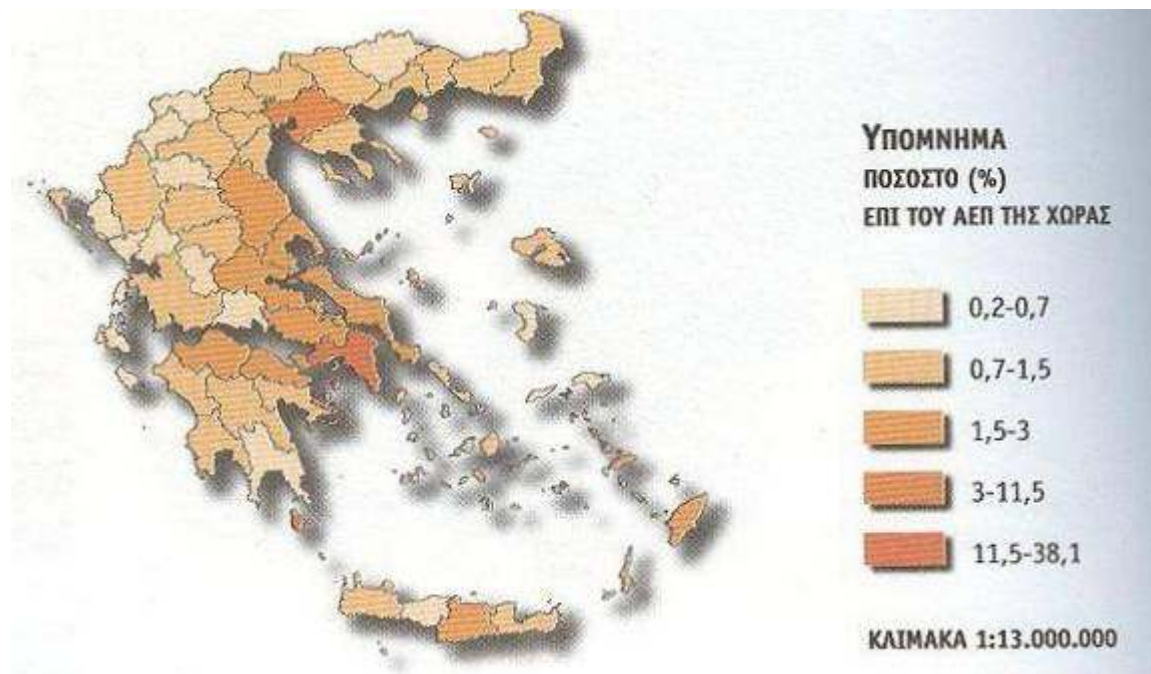
Στο Νομό Ευρυτανίας σημειώνεται μικρή οικονομική ανάπτυξη, γεγονός που τον τοποθετεί σε δυσμενή θέση στην περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας αλλά και σε όλη τη χώρα. Οι κύριοι παράγοντες που συντελούν σε αυτό είναι η συνεχής πληθυσμιακή συρρίκνωση και γήρανση, το έντονο ορεινό ανάγλυφο, η κατανομή του εργατικού δυναμικού στους τομείς παραγωγής, ο μικρός αριθμός μεταποιητικών επιχειρήσεων, καθώς και η έλλειψη γεωργικής υποδομής και άλλων βασικών υποδομών. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια η τουριστική ανάπτυξη της περιοχής, κυρίως των εναλλακτικών μορφών τουρισμού, έχει δώσει ώθηση στην οικονομία του νομού.

Σε επίπεδο Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας το κατά κεφαλήν ακαθάριστο εγχώριο προϊόν που παράγεται είναι σχεδόν ίσο με αυτό της χώρας για το 2009. Ο δευτερογενής τομέας παράγει περίπου το 49% της συνολικής προστιθέμενης αξίας της Περιφέρειας και ακολουθούν ο τριτογενής, με περίπου 42% και ο πρωτογενής με περίπου 9%. Στην Περιφέρεια παράγεται το 11% της συνολικής αγροτικής παραγωγής της χώρας και το 3% των υπηρεσιών. Ο ενεργός πληθυσμός στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας ανέρχεται σε 223.000 περίπου (ΕΣΥΕ 2001) εκ των οποίων το 22% απασχολείται στην γεωργία, δασοκομία και αλιεία, το 13% σε δραστηριότητες μεταποίησης, το 9% στις κατασκευές, το 11% στο χονδρικό και λιανικό εμπόριο, το 5% στον τουρισμό, το 5% στην εκπαίδευση και το 35% σε λοιπές δραστηριότητες (ΕΣΥΕ Β' τρίμηνο 2009). Όπως προκύπτει από τον πίνακα 13 το κατά κεφαλή Α.Ε.Π. στην Περιφέρεια για την περίοδο 2005-2008 σημείωσε συνεχή αύξηση με εξαίρεση το 2009 που σημείωσε μείωση.

Αναφορικά με το Νομό Ευρυτανίας, το ποσοστό συμμετοχής του ετήσιου οικονομικού προϊόντος του νομού στο ΑΕΠ της Ελλάδας ανήλθε στο 0,21% ενώ η μέση ετήσια κατά κεφαλήν αγοραστική δύναμη το 2003 ήταν 17280 ευρώ. Οι κάτοικοί του καταναλώνουν το 61% του οικιακού ρεύματος του μέσου Έλληνα και τους αναλογούν 4 αυτοκίνητα/100 κατ. (μέσος όρος χώρας 28). Την υστέρηση στην οικονομική μεγέθυνση του Νομού επιβεβαιώνει και το κατά κεφαλήν ακαθάριστου

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

εγχώριου προϊόντος (Α.Ε.Π.) του Νομού. Την πενταετία 2005-2009 παρουσιάζει συνεχή αυξητική τάση, παραμένοντας όμως σημαντικά μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο των άλλων Νομών της Περιφέρειας.



Χάρτης 9: Ποσοστιαία κατανομή του ΑΕΠ της Ελλάδας ανά Νομό

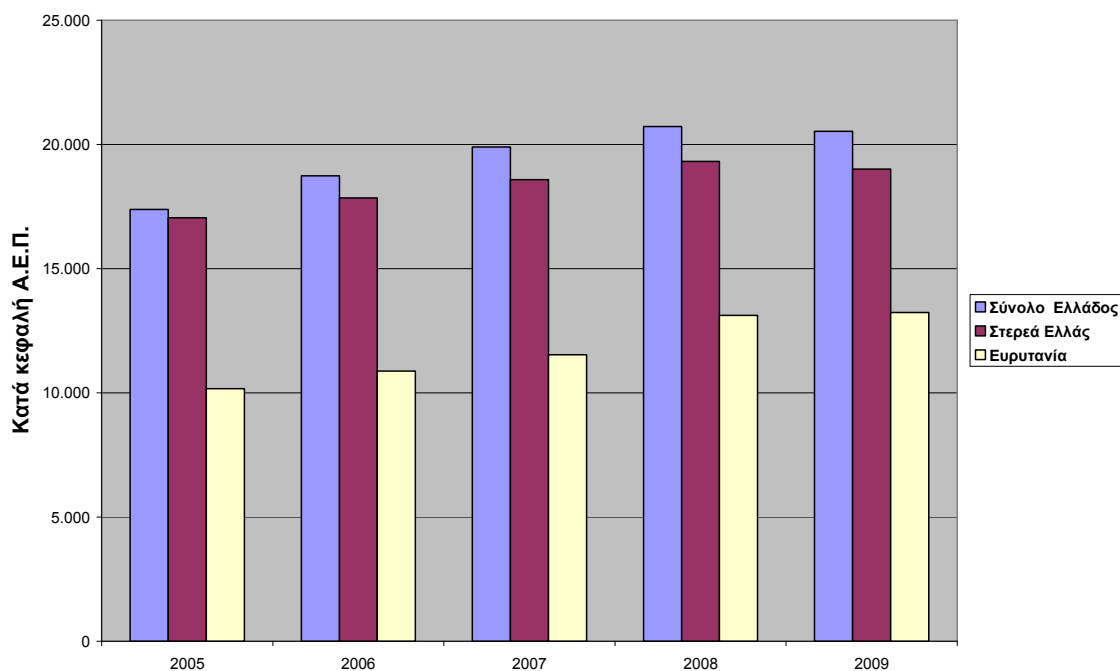
(Πηγή: Δομή, 2005)

Πίνακας 13: Μεταβολή του κατά κεφαλήν Α.Ε.Π. από το 2005 έως 2009 στη χώρα, την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας και τους Νομούς

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.)

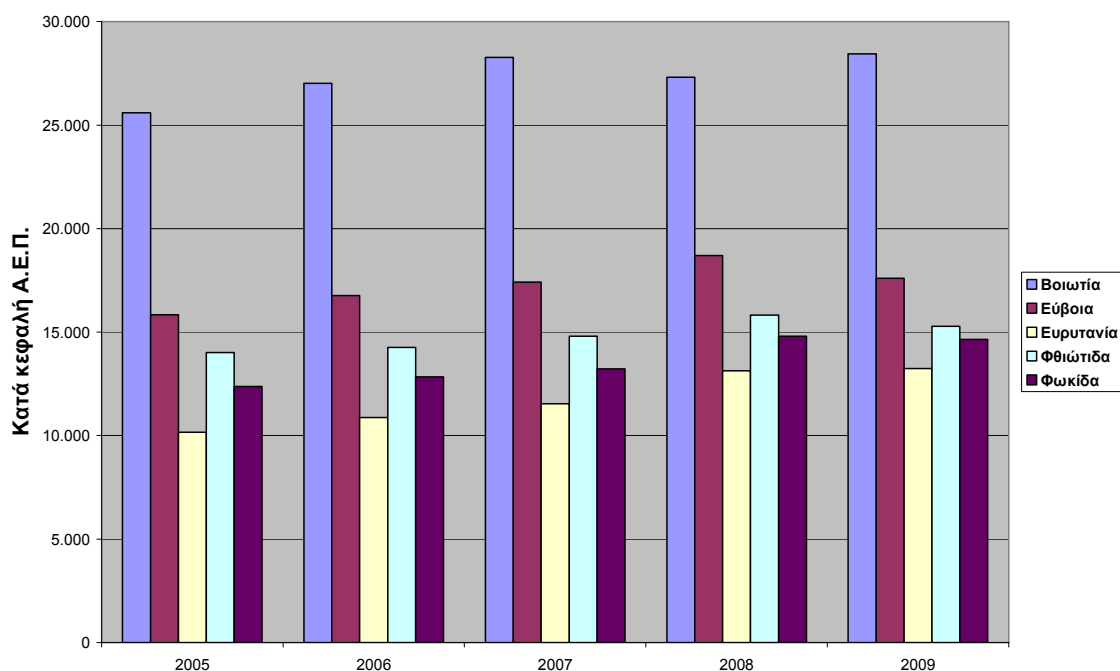
Έτη Περιφέρειες και νομοί	2005	2006	2007	2008	2009
Σύνολο Ελλάδος	17.386	18.737	19.903	20.728	20.531
Στερεά Ελλάς	17.048	17.850	18.588	19.320	19.007
Βοιωτία	25.594	27.012	28.276	27.308	28.445
Εύβοια	15.838	16.770	17.410	18.697	17.602
Ευρυτανία	10.162	10.872	11.536	13.118	13.231
Φθιώτιδα	14.011	14.259	14.798	15.818	15.282
Φωκίδα	12.365	12.842	13.220	14.792	14.645

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”



Διάγραμμα 14: Μεταβολή του κατά κεφαλή Α.Ε.Π. από το 2005 έως 2009 στη χώρα, την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας και το Νομό Ευρυτανίας

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.)



Διάγραμμα 15: Μεταβολή του κατά κεφαλή Α.Ε.Π. από το 2005 έως 2009 ανά Νομό στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.)

4.5 Στοιχεία απασχόλησης

Ο οικονομικά ενεργός πληθυσμός ανέρχεται στο 48,3% του συνολικού, με το αντίστοιχο ποσοστό στο δήμο Βίνιανης να φτάνει στο 89,4%. Στον οικονομικά ανενεργό πληθυσμό του Νομού Ευρυτανίας αντιστοιχεί ποσοστό 51,7%, με το δήμο Δομνίστας να παρουσιάζει ποσοστό μεγαλύτερο του 60%. Το μεγαλύτερο ποσοστό του οικονομικά ανενεργού πληθυσμού έναντι αυτού του οικονομικά ενεργού αποδίδεται στη μετανάστευση και τη γήρανση του πληθυσμού. Σύμφωνα με τα στοιχεία της στατιστικής υπηρεσίας (Ε.Σ.Υ.Ε.) για το 2001, ο οικονομικά ενεργός πληθυσμός στην Ευρυτανία ανέρχονταν στις 13116 ενώ οι απασχολούμενοι ήταν 11884.

Τη δεκαετία 1991-2001 καταγράφεται μείωση του ποσοστού ανεργίας στο Νομό. Όμως λόγω της οικονομικής κρίσης που βιώνει η χώρα μας τα τελευταία χρόνια το ποσοστό έχει αυξηθεί. Βάσει νεότερων στοιχείων του Οργανισμού απασχολήσεως εργατικού δυναμικού (Ο.Α.Ε.Δ):

Πίνακας 14: Οικονομικά ενεργός και μη πληθυσμός του Νομού Ευρυτανίας σε σύγκριση με το σύνολο της χώρας (Έτος 1991)

(Πηγή: Δημόσια, Ανοικτά Δεδομένα, <http://geodata.gov.gr>)

	Οικονομικώς ενεργοί				Οικονομικώς μη ενεργοί
	Σύνολο	Απασχολούμενοι	Άνεργοι		
			Σύνολο	Από αυτούς "νέοι"	
ΝΟΜΟΣ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	8872	7895	977	587	12686
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	3886157	3571957	314200	168416	5048005

Πίνακας 15: Οικονομικά ενεργός και μη πληθυσμός του Νομού Ευρυτανίας σε σύγκριση με το σύνολο της χώρας (Έτος 2001)

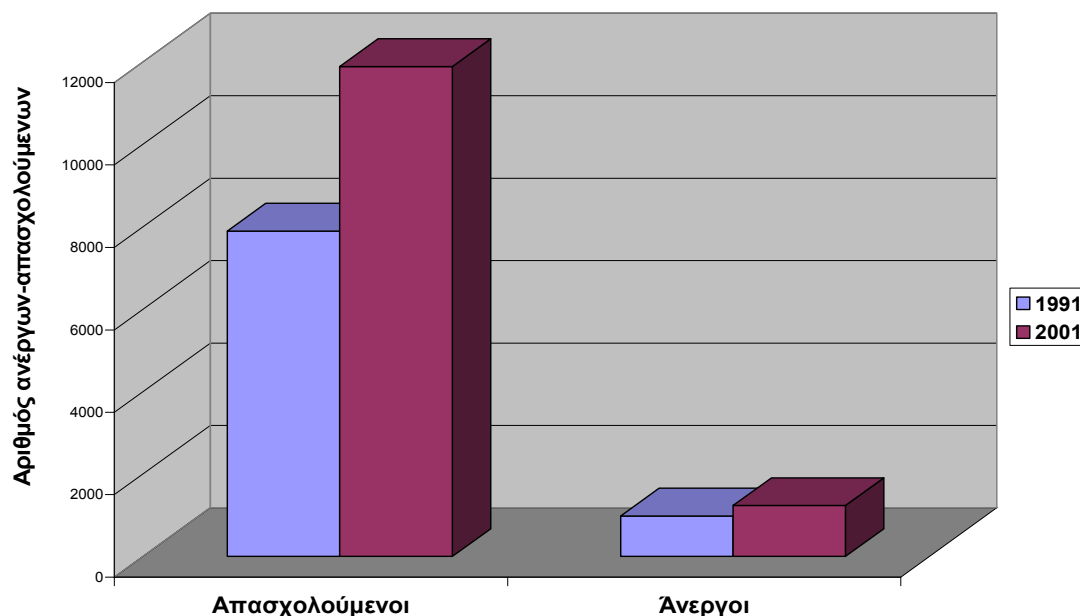
(Πηγή: Δημόσια, Ανοικτά Δεδομένα, <http://geodata.gov.gr>)

	Οικονομικώς ενεργοί				Οικονομικώς μη ενεργοί
	Σύνολο	Απασχολούμενοι	Άνεργοι		
			Σύνολο	Από αυτούς "νέοι"	
ΝΟΜΟΣ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	13116	11884	1232	726	16059
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	4621848	4108083	513765	247155	5265889

Πίνακας 16: Απασχόληση-Ανεργία τα έτη 1991 και 2001 στο Νομό Ευρυτανίας

(Πηγή: Δημόσια, Ανοικτά Δεδομένα, <http://geodata.gov.gr>)

	1991	Ποσοστό %	2001	Ποσοστό %	Μεταβολή 1991-2001
Συνολικός Πληθυσμός Νομού Ευρυτανίας	21558		29175		35%
Οικονομικά Ενεργός Πληθυσμός	8872	41 (επί του συνολικού πληθυσμού)	13116	45 (επί του συνολικού πληθυσμού)	4%
Απασχολούμενοι	7895	89 (επί του οικονομικά ενεργού πληθυσμού)	11884	91 (επί του οικονομικά ενεργού πληθυσμού)	2%
Άνεργοι	977	11 (επί του οικονομικά ενεργού πληθυσμού)	1232	9 (επί του οικονομικά ενεργού πληθυσμού)	-2%



Διάγραμμα 16: Ανεργία-Απασχόληση στο Ν. Ευρυτανίας (1991&2001)

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε..)

Οι άνεργοι στη χώρα σε διάστημα ενός χρόνου (Μάιος 2011-Μάιος 2012) αυξήθηκαν από 685.000 άτομα σε 776.307 άτομα (αύξηση 13,3%), ενώ τον Οκτώβριο 2010 ανέρχονταν σε 684.047 άτομα. Σε επίπεδο της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, για το ίδιο χρονικό διάστημα, η ανεργία αυξήθηκε κατά 20,8% αφού οι άνεργοι από 30.278 ανήλθαν σε 36.565. Τα παραπάνω στοιχεία κατατάσσουν την Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας στην 6η θέση ανάμεσα στις υπόλοιπες περιφέρειες της χώρας.

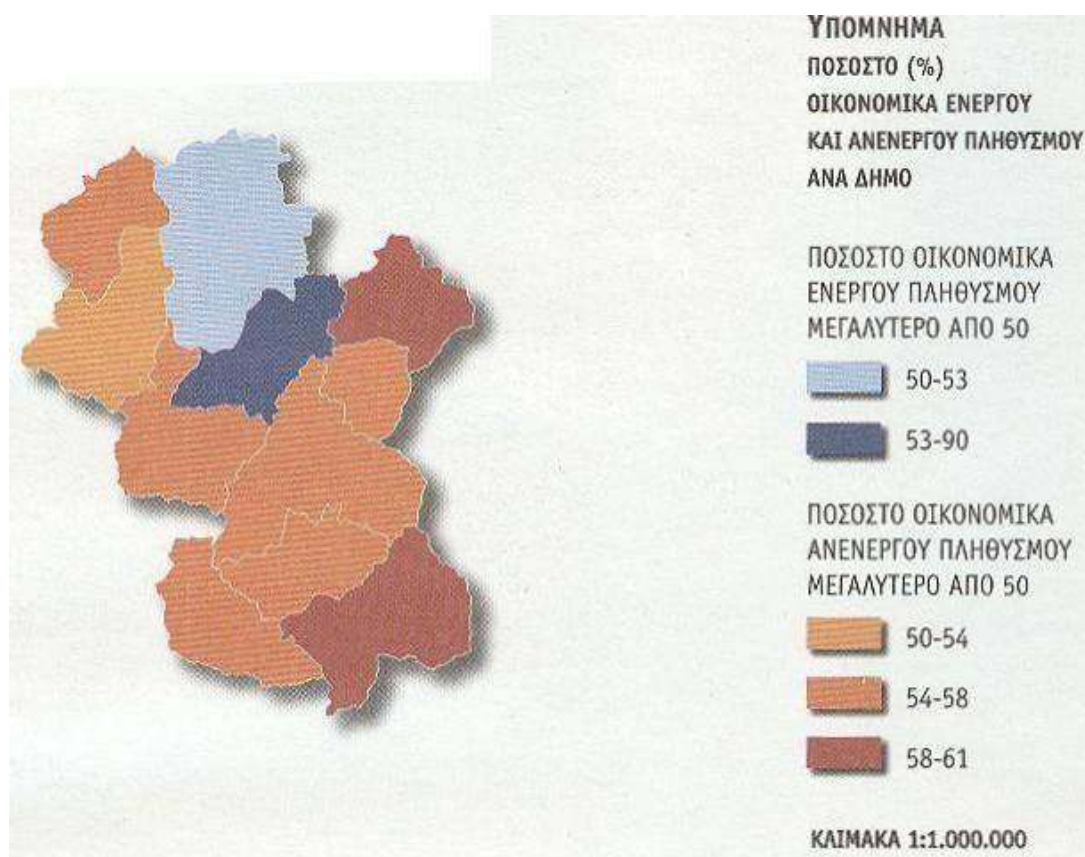
Πίνακας 17: Ανεργία στην Περιφέρεια Στ. Ελλάδας και την Ελλάδα

(Πηγή: Ο.Α.Ε.Δ.)

	Μάιος 2011	Μάιος 2012	Ποσοστό μεταβολής
Σύνολο ανέργων στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας	30.278	36.565	20,8%
Σύνολο ανέργων στην Ελλάδα	685.000	776.307	13,3%
Θέση της Στερεάς Ελλάδας στο σύνολο των 13 περιφερειών της χώρας	6 ^η	6 ^η	

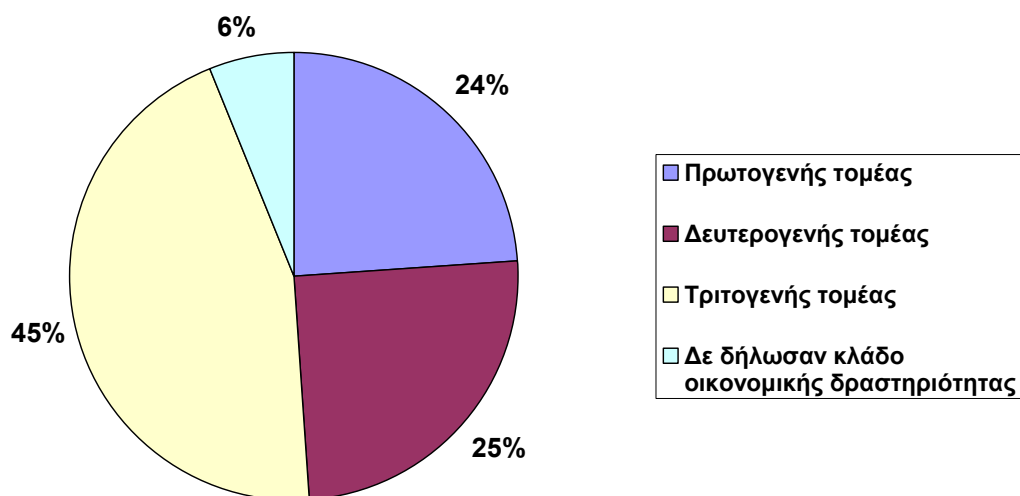
4.6 Τομείς παραγωγής

Εξετάζοντας την οικονομική δραστηριότητα από τη σκοπιά των παραγωγικών τομέων, μέσω στοιχείων που παρέχονται από την Ε.Σ.Υ.Ε. για το έτος 2001, το μεγαλύτερο ποσοστό του οικονομικά ενεργού πληθυσμού στο Νομό εντοπίζεται στον τριτογενή τομέα και ακολούθως στον δευτερογενή τομέα και στο πρωτογενή. Συγκρινόμενα τα παραπάνω ποσοστά με τα ποσοστά απασχόλησης ανά τομέα παραγωγής στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας (διάγραμμα 17) γίνεται φανερή παρόμοια κατανομή μεταξύ Περιφέρειας και Νομού Ευρυτανίας. Σε επίπεδο επικράτειας, τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 14% για τον πρωτογενή τομέα, 22% για τον δευτερογενή τομέα και 59% για τον τριτογενή τομέα.



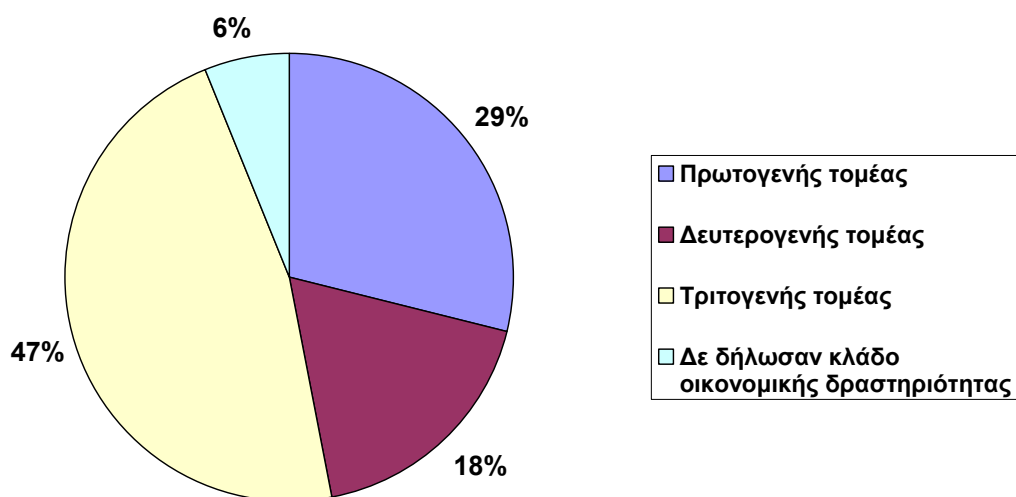
Χάρτης 10: Οικονομικά ενεργός και ανενεργός πληθυσμός του Ν. Ευρυτανίας

(Πηγή: Δομή, 2005)



Διάγραμμα 17: Οικονομικά ενεργός πληθυσμός της Στερεάς Ελλάδας ανά τομέα παραγωγής (Έτος 2001)

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.)



Διάγραμμα 18: Οικονομικά ενεργός πληθυσμός του Ν. Ευρυτανίας ανά τομέα παραγωγής (Έτος 2001)

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.)

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

Στον πίνακα 18 παρουσιάζεται η κλαδική διάρθρωση των επιχειρήσεων του Νομού Ευρυτανίας.

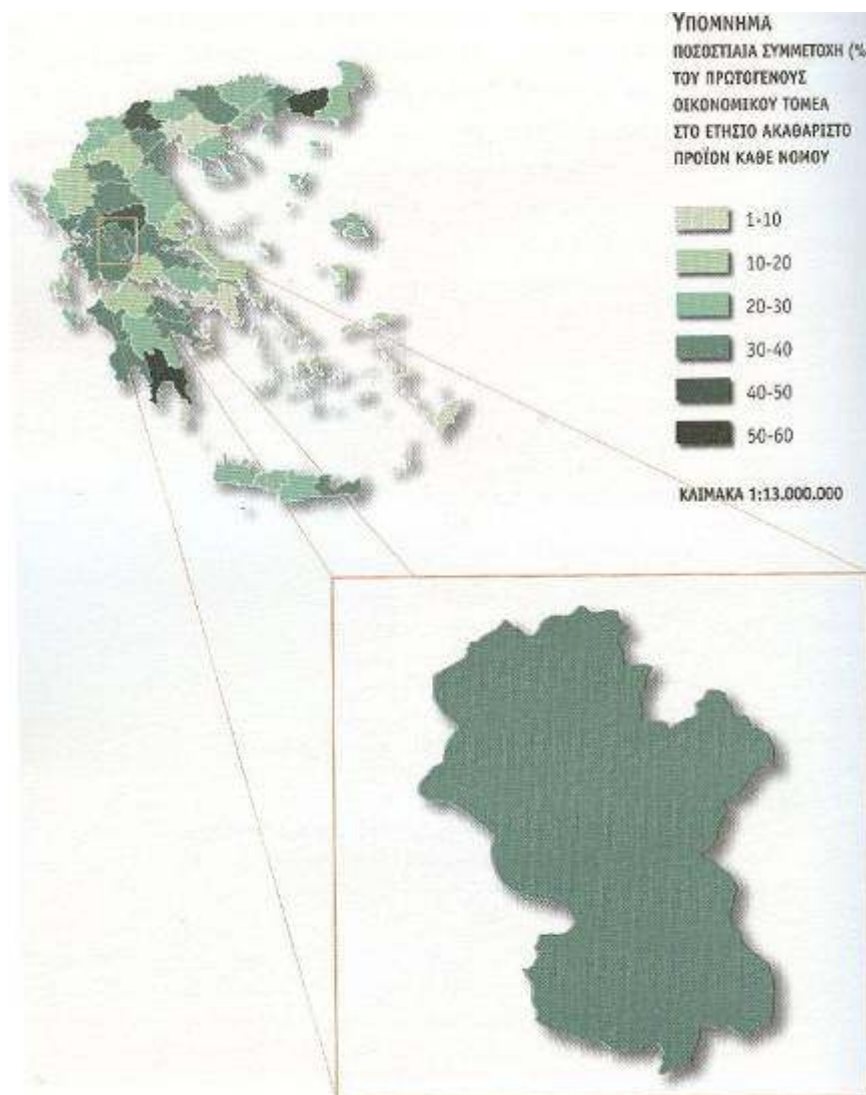
Πίνακας 18: Διάρθρωση της απασχόλησης σε ιδιωτικές επιχειρήσεις στο Νομό Ευρυτανίας κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας

(Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.)

Κλάδος οικονομικής δραστηριότητας	Λοιπή Στ.Ελλάδα και Εύβοια (Ποσοστό %)	Ν. Ευρυτανίας (Ποσοστό %)
Γεωργία, κτηνοτροφία, θήρα, δασοκομία	24,01	18,91
Αλιεία	1,19	0,09
Ορυχεία, λατομεία	0,55	0,07
Μεταποιητικέςβιομηχανίες	11,63	7,35
Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου, νερού	1,02	2,07
Κατασκευές	9,17	10,73
Εμπόριο, επισκευές	12,07	11,48
Ξενοδοχεία, εστιατόρια	4,59	7,8
Μεταφορές, αποθήκευση, επικοινωνίες	5,51	6,75
Ενδιάμεσοι χρηματοπιστωτικοί οργανισμοί	1,77	2,81
Διαχείριση ακίνητης περιουσίας εκμισθώσεις, επ/κές δραστηριότητες	3,96	4,58
Δημόσια διοίκηση, άμυνα, υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση	6,87	8,75
Εκπαίδευση	5,44	5,62
Υγεία, κοινωνική μέριμνα	3,19	4,9
Άλλες επιχ/κές δραστηριότητες	2,45	2,74
Ιδιωτικά νοικοκυριά που απασχολούν προσωπικό	0,61	0,39
Εταιρődικοί οργανισμοί και όργανα	0,005	0,03
Δήλωσαν ασαφώς ή δε δήλωσαν κλάδο οικονομικής δραστηριότητας	5,97	4,94

Πρωτογενής τομέας παραγωγής

Ο πρωτογενής τομέας συμμετέχει κατά 31,1% στο ετήσιο ακαθάριστο προϊόν του νομού (2002), ενώ σε αυτόν απασχολείται περίπου το 29% του οικονομικά ενεργού πληθυσμού του Νομού (2001). Από το Νομό προκύπτει μόνο το 0,3% του προϊόντος στον πρωτογενή τομέα της χώρας (2002).

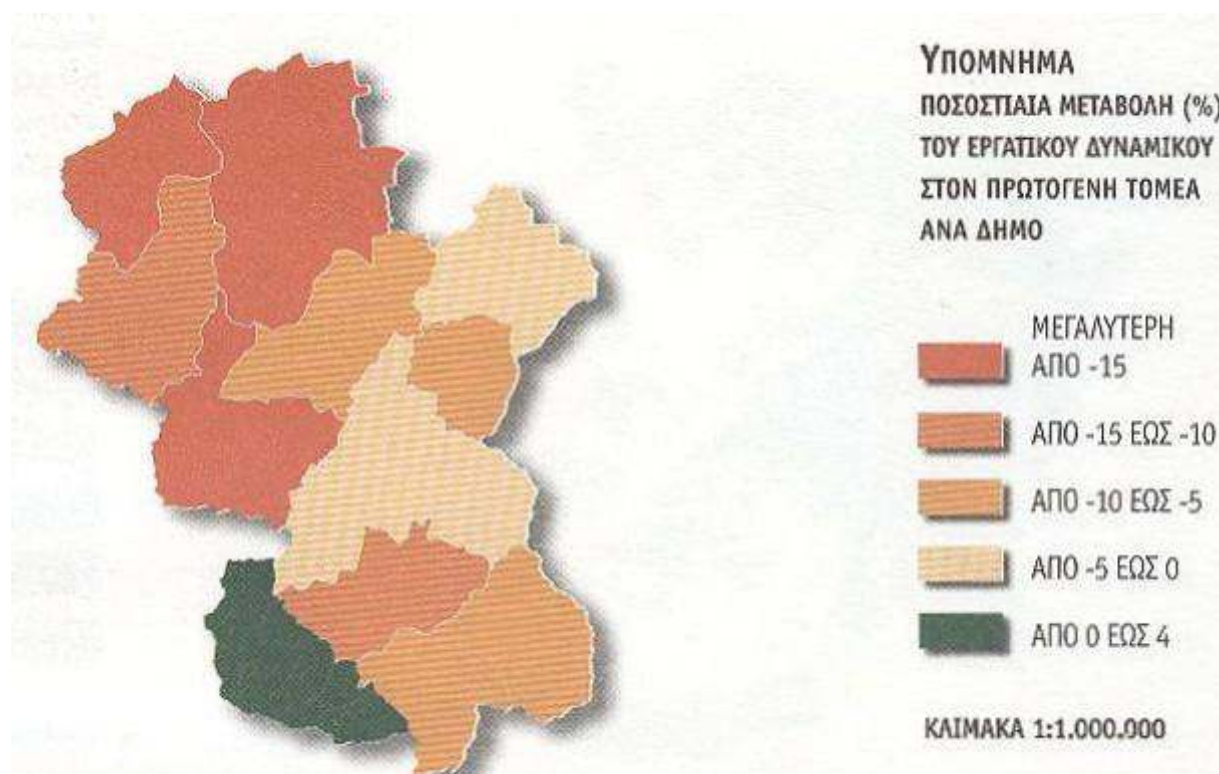


Χάρτης 11: Οικονομικά ενεργός και ανενεργός πληθυσμός του Ν. Ευρυτανίας

(Πηγή: Δομή, 2005)

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

Το έντονο ανάγλυφο του νομού δεν ευνοεί τη γεωργία, παρότι παράγονται σε μικρές ποσότητες προϊόντα όπως κάστανα, καρύδια, πατάτες. Από τα 57.500 περίπου, προς γεωργική εκμετάλλευση, στρέμματα μόνο στα 16.437 στρέμματα υπάρχουν αρδευθείσες καλλιέργειες. Περιορισμένος παρουσιάζεται τόσο ο κλάδος της κτηνοτροφίας όσο και της μελισσοκομίας. Στον τομέα των ιχθυοκαλλιεργειών, λειτουργούν μικρές μονάδες εκτροφής ψαριών γλυκών νερών. Οι δασικές εκτάσεις καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της επιφάνειας της Ευρυτανίας. Τα δασικά προϊόντα μπορούν να αποτελέσουν σημαντική πηγή εσόδων. (ΔΟΜΗ, 2010)



Χάρτης 12: Μεταβολή του εργατικού δυναμικού στον πρωτογενή τομέα την περίοδο 1991-2001

(Πηγή: Δομή, 2005)

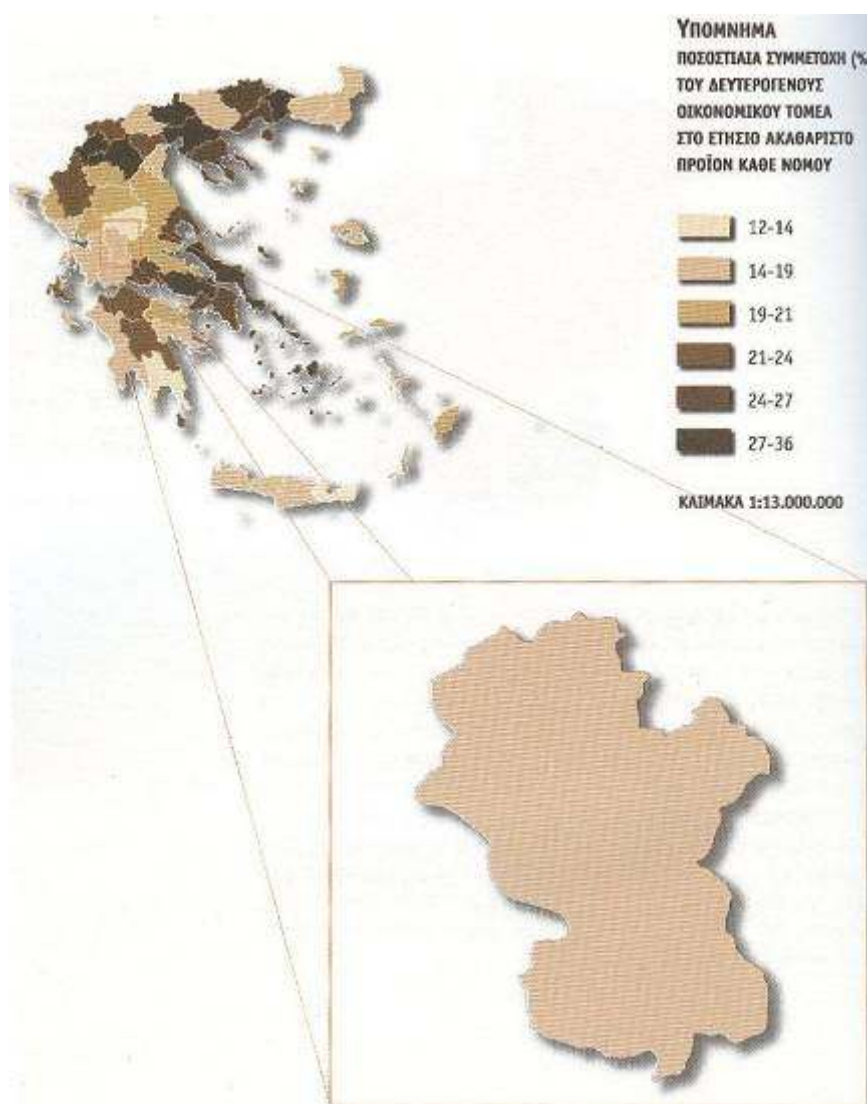
Δευτερογενής τομέας παραγωγής

Αναφερόμενοι στο δευτερογενή τομέα παραγωγής του Νομού συμπεριλαμβάνονται μικρομεσαίες μεταποιητικές επιχειρήσεις (Μ,Μ.Ε.) αφού αυτή την περίοδο στο Νομό δε λειτουργεί καμία μεγάλη μεταποιητική μονάδα ή βιομηχανία. Στο παρελθόν λειτούργησε το εργοστάσιο της Πειραιϊκής – Πατραϊκής (1987-1998) και το

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

εργοστάσιο των Δασικών Βιομηχανιών Ελλάδος (ΔΑ.ΒΙ.Ε.) την περίοδο 1986-1997. Οι υπάρχουσες επιχειρήσεις αξιοποιούν τα προϊόντα που προέρχονται από τον πρωτογενή τομέα του νομού.

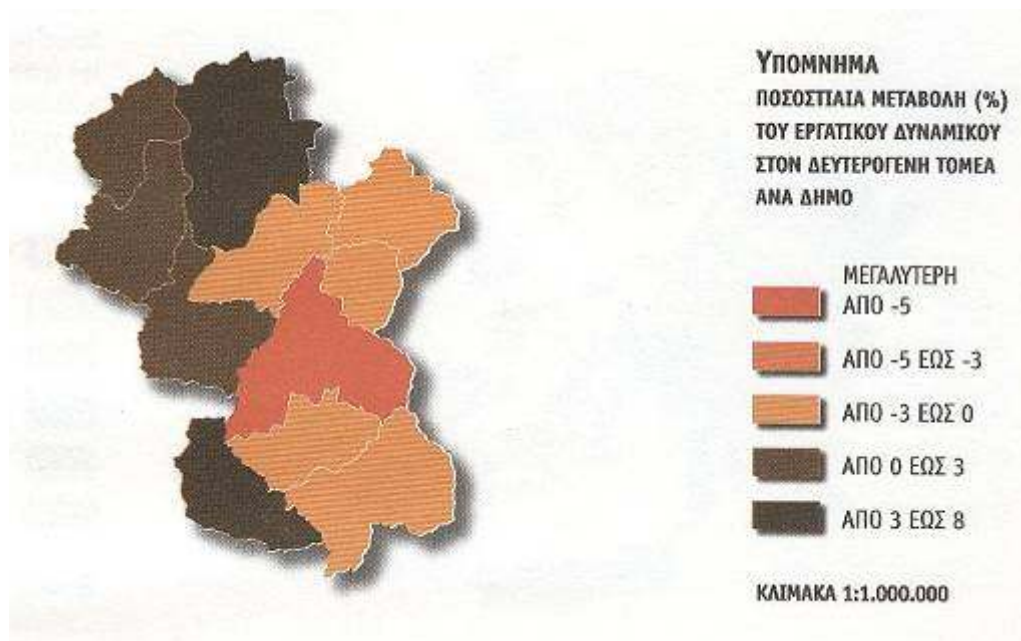
Η συμβολή του δευτερογενούς τομέα στο νομό, σε επίπεδο χώρας, περιορίζεται στο 0,1% του αντίστοιχου συνολικού προϊόντος της Ελλάδας (σύμφωνα με στοιχεία του 2002). Σε επίπεδο Νομού, ο δευτερογενής τομέας αποφέρει το 18,8% (2002) στο συνολικό ετήσιο οικονομικό προϊόν της Ευρυτανίας και σε αυτόν απασχολείται το 18% του οικονομικά ενεργού πληθυσμού του νομού (2001).



Χάρτης 13: Ποσοστιαία κατανομή του δευτερογενούς οικονομικού τομέα της Ελλάδας ανά Νομό.

(Πηγή: Δομή, 2005)

Αναλύοντας το χάρτη 22 παρατηρείται σημαντική μείωση του εργατικού δυναμικού που απασχολείται στο τριτογενή τομέα από το 1991 στο 2001 στους ανατολικούς και κεντρικούς δήμους του Νομού. Η μεγαλύτερη μείωση σημειώνεται στο Δήμο Καρπενησίου (μεγαλύτερη από 5%).

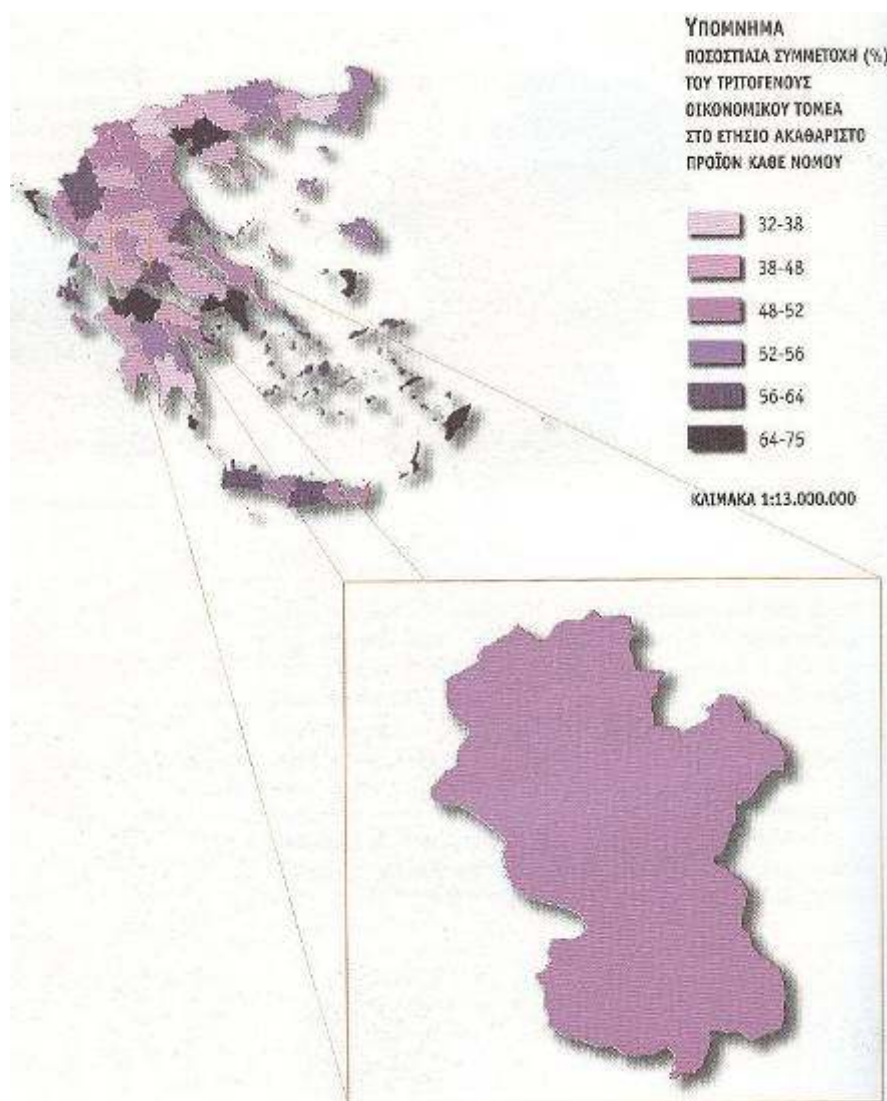


Χάρτης 14: Μεταβολή του εργατικού δυναμικού στο δευτερογενή τομέα την περίοδο 1991-2001

(Πηγή: Δομή, 2005)

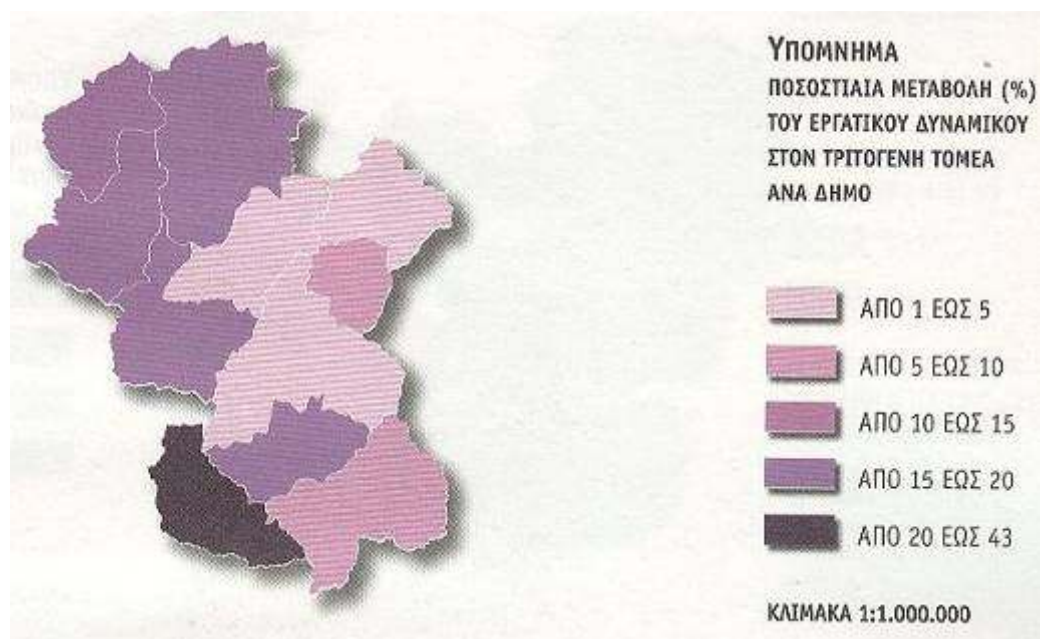
Τριτογενής τομέας παραγωγής

Τα τελευταία χρόνια ο τριτογενής τομέας στο Νομό παρουσιάζει ιδιαίτερη ανάπτυξη. Τα ποσοστά συμμετοχής στον τριτογενή τομέα αυξήθηκαν σε όλους τους δήμους με μεγαλύτερα στους καποδιστριακούς δήμους του Καρπενησίου (70,3%) και Δομνίστας (71,5%). Στο συνολικό ετήσιο ακαθάριστο οικονομικό προϊόν του Νομού ο τριτογενής τομέας συμβάλλει κατά 50,1% (2002). Σε αυτόν τον τομέα δραστηριοποιείται το 47% του οικονομικά ενεργού πληθυσμού του Νομού.



Χάρτης 15: Ποσοστιαία κατανομή του τριτογενούς οικονομικού τομέα της Ελλάδας ανά Νομό
(Πηγή: Δομή, 2005)

Αποκωδικοποιώντας το χάρτη 24 που παρουσιάζει την ποσοστιαία μεταβολή του εργατικού δυναμικού στον τριτογενή τομέα παραγωγής την περίοδο 1991-2001 ανά δήμο, διαπιστώνουμε ότι Δήμοι όπως αυτοί του Προυσού και της Ποταμιάς γνώρισαν σημαντική αύξηση του εργατικού δυναμικού στον τριτογενή τομέα.



Χάρτης 16: Μεταβολή του εργατικού δυναμικού στον τριτογενή τομέα την περίοδο 1991-2001

(Πηγή: Δομή, 2005)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Εφαρμογή των μεθοδολογικών εργαλείων του γραμμικού προγραμματισμού στο υπό μελέτη πρόβλημα

Με χωρικό πεδίο μελέτης το δημοτικό διαμέρισμα (δ.δ.) Καρπενησίου και επιμέρους, τοπικούς στόχους τον περιορισμό της χρήσης συμβατικών πηγών ενέργειας, τη μείωση εκπομπής των επιβλαβών ρύπων, την αύξηση συμμετοχής των Α.Π.Ε., αξιοποιώντας το πλούσιο ανανεώσιμο δυναμικό της περιοχής και τέλος τη μείωση του συνολικού κόστους που αντιστοιχεί στην κάλυψη των υπάρχουσων ενεργειακών αναγκών, αναζητήθηκε το βέλτιστο ενεργειακό μείγμα μεταξύ των συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Για τον προσδιορισμό του μείγματος αξιοποιήθηκαν μέθοδοι που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στη λήψη αποφάσεων έχοντας την υποστήριξη εξελιγμένων υπολογιστικών εργαλείων.

Παρ' ότι στην πλειοψηφία τους τα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι πολύπλοκα, με συχνά αντικρουόμενες συνιστώσες, έγινε προσπάθεια απλοποίησης τους ανάγοντας όλες τις διαστάσεις του υπό μελέτη προβλήματος σε κοινή οικονομική βάση. Με τον τρόπο αυτό το πρόβλημα μετασχηματίστηκε από πολυκριτηριακό σε μονοκριτηριακό. Συνυπολογίστηκε το κόστος εγκατάστασης (K_{inv}), το κόστος συντήρησης και λειτουργίας ($K_{o\&m}$) και αφού προηγήθηκε οικονομική αποτίμηση, το περιβαλλοντικό κόστος (K_{env}) που προκαλείται κατά την παραγωγή ενέργειας από τις ενεργειακές πηγές καθώς και το κοινωνικό όφελος (O_w) που προέρχεται από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας κατά την εγκατάσταση και λειτουργία των μονάδων Α.Π.Ε.. Η μορφή όλων των αντίστοιχων συναρτήσεων και των περιορισμών που τέθηκαν είναι γραμμική και αυτό συνεπάγεται την κατηγοριοποίηση του σε πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού. Υπολογίστηκε η συνολική συνάρτηση $K_{tot} = K_{inv} + K_{o\&m} + K_{env} - O_w$ για κάθε πηγή, ανανεώσιμη και συμβατική. Η συνισταμένη όλων αυτών των επιμέρους K_{tot} αποτελεί την προς ελαχιστοποίηση αντικειμενική συνάρτηση.

5.1 Δόμηση του μοντέλου αναπαράστασης του προβλήματος

5.1.1 Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας

Από το Εθνικό πληροφοριακό σύστημα για την ενέργεια αντλήθηκαν δεδομένα που αφορούν τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση στο δημοτικό διαμέρισμα Καρπενησίου (Πίνακας 19). Η συνολική θερμική ζήτηση για θέρμανση χώρων ανέρχεται περίπου σε 20.361MWh.

Πίνακας 19: Ζήτηση θέρμανσης στο δ.δ. Καρπενησίου

(Πηγή: Εθνικό πληροφοριακό σύστημα για την ενέργεια)

Ζήτηση	(MJ)	(KWh)
Θέρμανση - Μονοκατοικίες προ 70	16.924.053,60	4701126
Θέρμανση - Μονοκατοικίες 1970-85	9.257.688,00	2571580
Θέρμανση - Μονοκατοικίες 1985-95	6.260.601,60	1739056
Θέρμανση - Μονοκατοικίες μετά το 1996	1.446.019,20	401672
Θέρμανση - Διπλοκατοικίες προ 1970	11.077.084,80	3076968
Θέρμανση - Διπλοκατοικίες 1970-85	9.254.055,60	2570571
Θέρμανση - Διπλοκατοικίες 1985-95	4.131.000,00	1147500
Θέρμανση - Διπλοκατοικίες μετά το 1996	1.380.110,40	383364
Θέρμανση - πολυκατοικίες προ 1970	2.276.604,00	632390
Θέρμανση - πολυκατοικίες 1970-85	8.107.552,80	2252098
Θέρμανση - πολυκατοικίες 1985-95	2.305.036,80	640288
Θέρμανση - πολυκατοικίες μετά 1996	878.839,20	244122
Άθροισμα MONO για θέρμανση χώρων	73.298.646,00	20.360.735,00
Άθροιστικά	80.319.623,00	22311006,39

Προκειμένου να υπολογιστεί η ζήτηση ενέργειας ανά νοικοκυριό διαιρέθηκε το συνολικό ποσό με τον αριθμό των νοικοκυριών στο δ.δ. Καρπενησίου (1905).

Από το υποκατάστημα της ΔΕΗ στην Λαμία παραχωρήθηκαν στοιχεία για την πωληθείσα ενέργεια χαμηλής τάσης σε καταναλωτές του Ν. Ευρυτανίας στο χρονικό διάστημα 2008-2010 (Πίνακας 20). Βάσει την αναλογίας του μόνιμου πληθυσμού στο δ.δ. Καρπενησίου (7.353-Απογραφή 2001) ως προς το συνολικό πληθυσμό του Νομού (19.518 - Απογραφή 2001), υπολογίστηκε το μερίδιο της ενέργειας που έχει πωληθεί στους κατοίκους του δ.δ. Καρπενησίου: 8610MWh.

Πίνακας 20: Πωληθείσα ηλεκτρική ενέργεια στη Χ.Τ. στο Ν. Ευρυτανίας

(Πηγή: ΔΕΗ)

	Πωληθείσα ενέργεια στη Χ.Τ. σε MWh	Πωληθείσα ενέργεια στη Χ.Τ. σε KWh
2008	22.261	22.261.000
2009	22.894	22.894.000
2010	22.806	22.806.000
Μέσος όρος	22.654	22.654.000

5.1.2 Συναρτήσεις κόστους

Για κάθε πηγή ενέργειας, συμβατικής και ανανεώσιμης, προσδιορίστηκαν οι ακόλουθες συναρτήσεις κόστους: η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης (K_{inv}), η συνάρτηση κόστους συντήρησης και λειτουργίας ($K_{o\&m}$) και η συνάρτηση περιβαλλοντικού κόστους (K_{env}).

Ανεμογεννήτριες

Κατά την εξέταση ενός προτεινόμενου επενδυτικού σχεδίου μιας επιχείρησης (π.χ. αγορά μεταφορικών μέσων) κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή ενός κριτηρίου αξιολόγησης. Το ομοιόμορφο ετήσιο ισοδύναμο κόστος (E.I.K.) (uniform annual equivalent cost) είναι ένα από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα κριτήρια. Το κριτήριο αυτό λειτουργεί συμπληρωματικά και παρέχει μια εκτίμηση για το συνολικό κόστος επένδυσης καθ' όλη τη διάρκεια της οικονομικής ζωής της (αγορά και συντήρηση επενδυτικού εξοπλισμού). Για μια προσοδοφόρα επιχείρηση, ειδικά σε περιπτώσεις οικονομικής ύφεσης, κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή του συγκεκριμένου κριτηρίου λαμβάνοντας υπόψη ότι το χαμηλό κόστος λειτουργίας είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες ενός κερδοφόρου επενδυτικού σχεδίου. Επιπρόσθετα, ακόμα και σε περιόδους οικονομικής ευημερίας η χρήση του κριτηρίου είναι επωφελής δεδομένου του συγκριτικού πλεονεκτήματος που αποκτά η επιχείρηση, λόγω χαμηλού κόστους επένδυσης, έναντι των ανταγωνιστών της. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή του κριτηρίου θεωρείται η αναγωγή όλων των σταθερών και μεταβλητών δαπανών, συμπεριλαμβανομένων των επενδυτικών, σε ετήσια βάση, καθώς το E.I.K. φανερώνει το ετήσιο κόστος λειτουργίας και ιδιοκτησίας ενός κεφαλαιουχικού εξοπλισμού. Το E.I.K. δίνεται από τον τύπο:

$$E.I.K. = C_0 \left(\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right) + OC$$

όπου C_0 : η επένδυση το έτος 0 (έτος αναφοράς)

r : το επιτόκιο προεξόφλησης

n : η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής του έργου σε έτη

OC (operation cost): συνολικά καθαρά κόστη λειτουργίας και συντήρησης (σταθερά για κάθε έτος)

Στον τύπο αυτό εμπεριέχεται και ο συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου (Σ.Α.Κ.)

$$\Sigma\text{ΑΚ} = \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

μέσω του οποίου προσδιορίζεται το ύψος μιας ετήσιας ληξιπρόθεσμης ράντας ώστε να καταμεληθεί η παρούσα αξία ενός ποσού σε μια περίοδο n ετών. Η ετήσια σταθερή δόση που θα πρέπει να καταβάλλεται προκύπτει εφόσον ο συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου πολλαπλασιαστεί με την παρούσα αξία του ποσού. Στην περίπτωση μας θεωρήσαμε ως $r=6\%$, $n=20$ έτη.

Οι ανεμογεννήτριες που θα χρησιμοποιηθούν, με τυπική ισχύ 1MW, έχουν κόστος εγκατάστασης $1350\text{€}/\text{KW}=1,35\cdot 10^6 \text{€}/\text{MW}$. Η κάθε ανεμογεννήτρια (Α/Μ) παράγει 5228,39 MWh/y ηλεκτρικής ενέργειας. Άρα το κόστος εγκατάστασης ανά MWh, κάνοντας αναγωγή σε ετήσια βάση, ισούται με:

$1,35\cdot 10^6\cdot 0,087/5228,39=22,46 \text{€}/\text{MWh}$ όπου 0,087 ο συντελεστής ανάκτησης κεφαλαίου. Η αντίστοιχη συνάρτηση κόστους εγκατάστασης : $K_{in}=22,46\cdot X$

Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας αποτελεί το 4% του κόστους εγκατάστασης και συνάρτηση κόστους. Επομένως: $K_{o\&m}=0,9\cdot X$.

Φωτοβολταϊκά

Για την περιοχή του Καρπενησίου, η ετήσια παραγωγή ενέργειας από κάθε KW Φ/Β εκτιμήθηκε μέσω του προγράμματος PVGIS σε 1250 KWh. Το κόστος εγκατάστασης ανέρχεται σε 3500 €/KW. Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, το κόστος εγκατάστασης ανά MWh σε ετήσια βάση υπολογίζεται σε $3500\cdot 0,087/1250=243,6\text{€}/\text{MWh}$ και η αντίστοιχη συνάρτηση κόστους $K_{in}=243,6\cdot X$.

Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας έχει ληφθεί ως το 1% του κόστους εγκατάστασης. Επομένως, η συνάρτηση κόστους ισούται με $K_{o\&m}=24,36\cdot X$

Αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας με χρήση καυσόξυλων

Στην περίπτωση αυτή μελετάται η παραγωγή ενέργειας στα νοικοκυριά μέσω της χρήσης λεβήτων καυσόξυλων.

Τα στοιχεία στα οποία στηρίχθηκε η εξαγωγή των συναρτήσεων κόστους είναι τα ακόλουθα:

→ Κόστος λέβητα (C_0) : 3150€

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

- Μέση κατανάλωση ενέργειας για θερμικές ανάγκες ανά νοικοκυριό στο δημοτικό διαμέρισμα Καρπενησίου (με συντελεστή απόδοσης 0,7): 16,731 MWh/y

Η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης είναι: $K_{inv}=16,38.X$

- Κόστος ετήσιας συντήρησης: 200€
- Κόστος καυσίμου: 120€/tn
- Η θερμογόνος δύναμη ξύλου: 3,833 KWh/Kg
- Συνολική μάζα ξύλων για την κατανάλωση των θερμικών αναγκών ανά νοικοκυριό: $16,731 / 3,833 = 4,37tn$
- Το συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, προκύπτει από το άθροισμα της δαπάνης για συντήρηση και του κόστους καυσίμου: $200€ + 4,37 tn * 120€/tn = 724,4€$

Η συνάρτηση κόστους λειτουργίας και συντήρησης: $K_{o\&m}=43,3.X$

Αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας με χρήση pellets

Στην περίπτωση αυτή μελετάται η παραγωγή ενέργειας στα νοικοκυριά μέσω της χρήσης λεβήτων για pellets.

Οι παραδοχές στις οποίες στηρίχθηκε η εξαγωγή των συναρτήσεων κόστους είναι οι ακόλουθες:

- Κόστος λέβητα (C_0): 4500€
- Μέση κατανάλωση ενέργειας για θερμικές ανάγκες ανά νοικοκυριό στο δημοτικό διαμέρισμα Καρπενησίου (με συντελεστή απόδοσης 0,8): 14,64 MWh/y

Η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης είναι: $K_{inv}=26,74.X$

- Κόστος ετήσιας συντήρησης: 150€
- Κόστος καυσίμου: 220€/tn
- Θερμογόνος δύναμη του ξύλου: 4,7 KWh/Kg

- Συνολική μάζα pellets για την κατανάλωση των θερμικών αναγκών ανά νοικοκυριό: $14,64/4,7 = 3,11\text{tn}$
- Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, προκύπτει από το άθροισμα της δαπάνης για συντήρηση και του κόστους καυσίμου:
 $150\text{€} + 3,11\text{tn} * 220\text{€/tn} = 834,2\text{€}$

Η συνάρτηση κόστους λειτουργίας και συντήρησης: $Ko\&m=56,98.X$

Κεντρικής εκμετάλλευση βιομάζας σε σταθμό συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας μέσω δικτύου τηλεθέρμανσης

Το κόστος εγκατάστασης για τη μονάδα βιομάζας ανέρχεται σε: 3000€/KW για τη γεννήτρια και 1300€/KW για το τμήμα παραγωγής θερμότητας. Το κόστος εγκατάστασης του δικτύου τηλεθέρμανσης εκτιμάται σε 1300€/KW. Ελήφθη υπόψη ότι σε μονάδα συμπαραγωγής με θερμική ισχύ 1MW και ηλεκτρική 280KW, ο ρυθμός κατανάλωσης ξύλου είναι 280Kg/h²⁷. Σύμφωνα με τα στοιχεία του δασαρχείου Καρπενησίου για το χρονικό διάστημα 2001-2010, η μέση ετήσια διαθέσιμη ποσότητα σε καυσόξυλα και στρογγυλή ξυλεία είναι αντίστοιχα: 627,19tn/y και 3054,38tn/y. Στο υπό μελέτη σενάριο υποθέσαμε ότι αξιοποιείται το σύνολο των καυσόξυλων και της στρογγυλής ξυλείας. Στη συνέχεια έγινε μετατροπή των δεδομένων σε: 71,6Kg/h και 348,67Kg/h. Δεδομένου ότι με ισχύ 1MW καταναλώνεται καύσιμο με ρυθμό 280Kg/h, υπολογίστηκε η θερμική ισχύς (P_{th}). Η ηλεκτρική ισχύς ισούται με το 28% της θερμικής. Η αποδιδόμενη ετήσια ενέργεια στα δυο τμήματα προέκυψε από τη σχέση: $E = P.t$ πολλαπλασιαζόμενη με τον αντίστοιχο συντελεστή διαθεσιμότητας. Οι υπολογισμοί έγιναν με το έτος να έχει αναχθεί σε ώρες. Θεωρώντας ότι στο χρονικό διάστημα από 15 Μαΐου έως 30 Σεπτεμβρίου δεν υπάρχουν θερμικές ανάγκες, ο συντελεστής διαθεσιμότητας για το θερμικό είναι: $(365-135)/365=0,63$. Ο αντίστοιχος συντελεστής για το ηλεκτρικό, δεδομένου ότι η μονάδα δε λειτουργεί για ορισμένες μέρες λόγω εργασιών συντήρησης, είναι: 0,9. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών έχουν συγκεντρωθεί στον ακόλουθο πίνακα.

²⁷ <http://biomass.com.gr/caseDetails.phd?id=7>

Πίνακας 21: Συγκεντρωτικά στοιχεία για τη μονάδα συμπαραγωγής

	Διαθέσιμη ποσότητα (kg/h)	Pth (MW)	Eth,ωφελιμο (MWh)	PeI (MW)	EeI (MWh)
Καυσόξυλα	71,59703	0,255703686	1411,1775	0,07159703	564,471
Στρογγυλή ξυλεία	348,6735	1,245262557	6872,355	0,34867352	2748,942
Άθροισμα	420,2705	1,500966243	8283	0,42027055	3313,413

Το συνολικό κόστος εγκατάστασης συνυπολογίζοντας τα κόστη/KW που προαναφέρθηκαν και την Pth, PeI που προέκυψαν από την επεξεργασία των στοιχείων είναι: 1.260.000€ για το ηλεκτρικό και 3.900.000€ για το θερμικό τμήμα. Ακολούθως, τα ποσά αυτά διαιρέθηκαν με τη συνολική ποσότητα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (3313 MWh) και θερμότητας (8283 MWh).

Οι αντίστοιχες συναρτήσεις κόστους εγκατάστασης είναι: $K_{inv}(el)=33,08.X$ και $K_{inv}(th)=40,96.X$.

Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας ορίστηκε στο 7% του αντίστοιχου κόστους εγκατάστασης. Συμπληρωματικά, το κόστος για κάθε MWh θερμικής ενέργειας που θα καταναλώνουν τα νοικοκυριά από το δίκτυο τηλεθέρμανσης ορίστηκε στα 50€. Τέλος, προσδιορίστηκαν οι συναρτήσεις κόστους συντήρησης και λειτουργίας: $K_{o\&m}(el)=2,32.X$ και $K_{o\&m}(th)=52,87.X$.

Δίκτυο ΔΕΗ

Για το διασυνδεδεμένο σύστημα δεν υπάρχει κόστος εγκατάστασης αφού αυτό ήδη υπάρχει και μπορεί να προσαρμοστεί στις αλλαγές της ζήτησης.

Σε ότι αφορά το κόστος λειτουργίας, θεωρούμε ότι κάθε MWh κοστίζει 130€. Από το στοιχείο αυτό προκύπτει ότι η συνάρτηση κόστους λειτουργίας και συντήρησης είναι $K_{o\&m}=130.X$

Λέβητες πετρελαίου

Για τη διαμόρφωση των συναρτήσεων κόστους επένδυσης και λειτουργίας-συντήρησης ελήφθησαν υπόψη οι ακόλουθες παραδοχές:

→ Κόστος λέβητα (C_0): 1785€

→ Μέση κατανάλωση ενέργειας για θερμικές ανάγκες ανά νοικοκυριό στο δημοτικό διαμέρισμα Καρπενησίου (με συντελεστή απόδοσης 0,9): 13,01 MWh/y

Η συνάρτηση κόστους εγκατάστασης είναι: $K_{inv}=11,94.X$

- Κόστος ετήσιας συντήρησης: 150€
- Κόστος καυσίμου: 1€/L
- Θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου: 10,06 KWh/L
- Συνολική ποσότητα πετρελαίου για την κάλυψη των θερμικών αναγκών ανά νοικοκυριό: 1294L
- Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, προκύπτει από το άθροισμα της δαπάνης για συντήρηση και του κόστους καυσίμου:
 $150€ + 1294L * 1€/L = 1444€$

Η συνάρτηση κόστους λειτουργίας και συντήρησης: $K_{o\&m}=111.X$

5.1.3 Περιβαλλοντικό κόστος

Μέσω του περιβαλλοντικού κόστους γίνεται εισαγωγή της περιβαλλοντικής οικονομίας. Η περιβαλλοντική οικονομία εισάγει αρχές και τεχνικές της οικονομικής επιστήμης στη μελέτη της χρήσης των φυσικών πόρων και οικοσυστημάτων, αντιμετωπίζοντας το περιβάλλον ως οικονομικό αγαθό. Η απουσία δικαιωμάτων ιδιοκτησίας στα περιβαλλοντικά και σε άλλα δημόσια αγαθά και η ταύτιση της αξίας ενός αγαθού με την τιμή του ευθύνονται κατά κύριο λόγο για τη δημιουργία εξωτερικών οικονομιών (Τολίδης et al, 2010). Συγκεκριμένα, εξωτερικότητες προκαλούνται όταν το κόστος / όφελος που υφίστανται / απολαμβάνουν μέλη της κοινωνίας δεν καταγράφεται από το μηχανισμό της αγοράς. Οι εξωτερικότητες διακρίνονται σε αρνητικές ή εξωτερικά κόστη και θετικές ή εξωτερικά οφέλη. Γίνεται λόγος για εξωτερικές αρνητικές οικονομίες όταν προκαλείται κοινωνικό κόστος χωρίς να επιβαρύνεται οικονομικά το ιδιωτικό κόστος (negative external economies ή negative externalities) ενώ θετικές εξωτερικές οικονομίες συνίστανται όταν προκύπτει κοινωνική ωφέλεια χωρίς να συνοδεύεται από αντίστοιχο ιδιωτικοοικονομικό όφελος (positive external economies ή positive externalities). Ειδικά ως περιβαλλοντικό κόστος ορίζεται «η έκφραση της περιβαλλοντικής ζημιάς ως οικονομικό κόστος (απώλεια ευημερίας)» (Κοτζαγεώργης, 2010).

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

Αναγνωρίζονται ως μια από τις σοβαρές ατέλειες του μηχανισμού των τιμών και τους αποδίδεται μερίδιο για τη μη βελτιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος. Η απόκλιση του ιδιωτικού από το κοινωνικό κόστος συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με αυτές τις στρεβλώσεις και έχει ως συνεπακόλουθο τη μη ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων, την ανεπάρκεια της αγοράς και τις μη αποδεκτές κοινωνικές λύσεις. Η παρέμβαση του κράτους για τον περιορισμό των επιπτώσεων των εξωτερικότητων γίνεται με άμεσο ή με έμμεσο τρόπο. Σε ότι αφορά τις περιβαλλοντικές εξωτερικότητες το κράτος παρεμβαίνει κανονιστικά όπως για παράδειγμα με την απαγόρευση ορισμένων ρυπαντικών ενεργειών είτε με την επιβολή συγκεκριμένων επιπέδων ρύπανσης του περιβάλλοντος. Εναλλακτικά, επιδιώκεται η εσωτερίκευση (internalization) της αρνητικής ή της θετικής εξωτερικής οικονομίας. Η ενσωμάτωση του εξωτερικού κόστους/οφέλους γίνεται μέσα από οικονομικά αντικίνητρα ή κίνητρα. Στην περίπτωση αρνητικών εξωτερικότητων η εσωτερικοποίηση συνεπάγεται την οικονομική επιβάρυνση του οχλούντος ανάλογα με το κοινωνικό περιβαλλοντικό κόστος που προκαλείται από τις δραστηριότητες του.

Υπολογισμός του υπάρχοντος περιβαλλοντικού κόστους²⁸

- **Περιβαλλοντικό κόστος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας**

Η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στο δημοτικό διαμέρισμα Καρπενησίου είναι 8610 MWh²⁹. Από αυτές θεωρούμε ότι οι 490 MWh παρέχονται από τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά και σε αυτές αναλογεί μηδενικό περιβαλλοντικό κόστος. Οι υπόλοιπες 8120 MWh καλύπτονται από το υφιστάμενο δίκτυο της ΔΕΗ. Το περιβαλλοντικό κόστος για κάθε MWh παραγόμενη από το δίκτυο της ΔΕΗ ισούται με 39, 2€. Άρα το κόστος που αντιστοιχεί στις 8120 MWh ανέρχεται σε:

$$8120\text{MWh} \times 39,2 \text{ €/MWh} = 318.304 \text{ €}.$$

²⁸ Η οικονομική αποτίμηση του περιβαλλοντικού κόστους ανά MWh παραγόμενης ενέργειας βασίστηκε σε δεδομένα του προγράμματος Externe.

²⁹ Σύμφωνα με στοιχεία του υποκαταστήματος της ΔΕΗ στο Καρπενήσι, εκκρεμεί η σύνδεση Φ/Β με συνολική ισχύ 135 KW.

▪ Περιβαλλοντικό κόστος για την παραγωγή θερμότητας

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Εθνικού πληροφοριακού κέντρου για την ενέργεια, οι ανάγκες για τη θέρμανση χώρων (πλην της θέρμανσης νερού) είναι 20361 MWh. Σύμφωνα με εκτιμήσεις τοπικών παραγόντων, οι θερμικές ανάγκες καλύπτονται κατά 75% από diesel, 15% ξύλα και 10% από A/C. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω προκύπτει ότι το περιβαλλοντικό κόστος για την παραγωγή θερμότητας είναι ίσο με 322314,63€.

Πίνακας 22: Επιμέρους (υπάρχοντα) περιβαλλοντικά κόστη για την παραγωγή θερμότητας

	Περιβαλλοντικό κόστος (€/MWh)	Επιμέρους περιβαλλοντικά κόστη (€)
Diesel	13,5	206155,125
Ξύλα	11,5	36344,395
A/C	39,2	79815,12

• Συνολικό περιβαλλοντικό κόστος

Το συνολικό περιβαλλοντικό κόστος υπολογίζεται από το άθροισμα των επιμέρους για τον ηλεκτρισμό και τη θερμότητα: 640618,63 €.

5.1.4 Λειτουργικό κόστος

Η διαδικασία που ακολουθείται για τον υπολογισμό του λειτουργικού κόστους καθώς και οι παραδοχές είναι ίδιες με αυτές που έγιναν κατά τον υπολογισμό του περιβαλλοντικού.

Πίνακας 23: Επιμέρους (υπάρχοντα) λειτουργικά κόστη για την παραγωγή θερμότητας

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	Λειτουργικό κόστος (€/MWh)	Επιμέρους λειτουργικά κόστη (€)
Diesel	13,5	206155,125
Ξύλα	11,5	36344,395
A/C	39,2	79815,12

Πίνακας 24: Επιμέρους (υπάρχοντα) λειτουργικά κόστη για την παραγωγή ηλ. ενέργειας

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	Λειτουργικό κόστος (€/MWh)	Επιμέρους λειτουργικά κόστη (€)
Δίκτυο ΔΕΗ	130	1055600
Φ/Β	2,44	1195,6

Αθροίζοντας τα επιμέρους κόστη υπολογίζεται το συνολικό λειτουργικό κόστος : 3148786,85€

5.1.5 Υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση - Δυναμικότητα

Αιολικό δυναμικό

Η περιοχή του Καρπενησίου λόγω του ιδιαίτερα πλούσιου αιολικού δυναμικού έχει χαρακτηριστεί ως Περιοχή Αιολικής Προτεραιότητας. Σύμφωνα με το ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας του ΥΠΕΧΩΔΕ³⁰, το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών από αιολικές εγκαταστάσεις για το δήμο Καρπενησίου είναι 4% της συνολικής έκτασης του. Όπως προκύπτει από τον παραπάνω περιορισμό επιτρέπεται να εγκατασταθούν 0,66 τυπικές ανεμογεννήτριες /1000 στρέμματα.

Χρησιμοποιώντας χάρτες με το αιολικό δυναμικό της περιοχής υπολογίστηκε ότι η συνολική έκταση, στην υπό μελέτη περιοχή, που ενδείκνυται για την εγκατάσταση Α/Μ (όπου η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη από 6m/s) έχει εμβαδόν 9,42Km². Η μέση ταχύτητα του ανέμου εκτιμήθηκε στα 7,6m/s. Στην έκταση αυτή, λαμβάνοντας υπόψη τον περιορισμό του ειδικού πλαισίου, μπορούν να εγκατασταθούν 6 Α/Μ τυπικής ισχύος 1MW η καθεμία.

Η αιολική ενέργεια που δεσμεύει κάθε ανεμογεννήτρια σε ετήσια βάση υπολογίζεται προσεγγιστικά σύμφωνα με τον τύπο (Καλιαμπάκος, Κατσουλάκος, 2010): $E = 10,5 * A * u^3$, όπου u η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου και A η επιφάνεια σάρωσης του ρότορα. Η διάμετρος του ρότορα λήφθηκε ίση με 40m και από τους υπολογισμούς προέκυψε ότι η μέση δεσμευόμενη ενέργεια ισούται με 5228385,25MWh. Ορίζοντας την τιμή του συντελεστή απόδοσης ίση με 0,2, η

³⁰ <http://www.minenv.gr/4/42/00/KYA.APE.January.2008.pdf>

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από κάθε ανεμογεννήτρια είναι: 156852 MWh ενώ η συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι: 31370311,5 MWh.

Ηλιακό δυναμικό

Τα στοιχεία που προέκυψαν σε ετήσια βάση από το ερευνητικό πρόγραμμα Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) για την περιοχή του Καρπενησίου συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 25: Στοιχεία που προέκυψαν από το ερευνητικό πρόγραμμα PVGIS για την περιοχή του Καρπενησίου

Μέση ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (Wh/m ² /d)	4130
Μέση ηλιακή ακτινοβολία σε επίπεδο βέλτιστης κλίσης (Wh/m ² /d)	4510
Μέση ηλιακή ακτινοβολία σε επίπεδο γωνίας 90 ⁰ (Wh/m ² /d)	2740

Για τον υπολογισμό της δυναμικότητας ελήφθησαν υπόψη τα ακόλουθα δεδομένα:

- Η συνολική έκταση του δημοτικού διαμερίσματος Καρπενησίου (απογραφή 2001): 59.037 στρέμματα
- Η συνολική προς εκμετάλλευση έκταση για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών³¹: 2.952 στρέμματα
- Σε έκταση ενός στρέμματος εγκαθίστανται φωτοβολταϊκά συνολικής ισχύος 20KW.
- Για το Καρπενήσι από κάθε 1KW παράγονται ετησίως 1250KWh

Η μέγιστη δυναμικά παραγόμενη ενέργεια αξιοποιώντας το ηλιακό δυναμικό είναι: 73.796 MWh

³¹ Το ποσοστό της συνολικής έκτασης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών είναι 5%.

Δυναμικό βιομάζας

Η δυναμικότητα για την παραγωγή θερμότητας από βιομάζα θεωρήθηκε ίδια και στις τρεις περιπτώσεις (λέβητες καυσόξυλων, λέβητες pellets και μονάδα συμπαραγωγής) και ίση με την ποσότητα που παράγεται στη μονάδα συμπαραγωγής (8283MWh). Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα η δυναμικότητα τέθηκε ίση με την ποσότητα που παράγεται με πλήρη εκμετάλλευση των καυσόξυλων και της στρογγυλής ξυλείας στη μονάδα συμπαραγωγής (3313MWh). Κατά την εκτίμηση της δυναμικότητας δεν ελήφθησαν υπόψη οι δενδρώδεις και οι αρότραιες καλλιέργειες. Τα σχετικά στοιχεία που αντλήθηκαν από Εθνικό πληροφορικό σύστημα για την ενέργεια έχουν συγκεντρωθεί στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 26: Διαθέσιμη ενέργεια προερχόμενη από τις δενδρώδεις και τις αρότραιες καλλιέργειες

(Πηγή: Εθνικό πληροφορικό σύστημα για την ενέργεια)

	Θεωρ (τον)	Θεωρ (GJ)	Θεωρ (kWh)	Διαθ (Τον)	Διαθ (GJ)	Διαθ (KWh)
Αρότραιες καλλιέργειες						
Καλαμπόκι	2,3	41,6	11541,7	1,4	24,9	6925,0
Δενδρωδεις καλλιέργειες						
Καρυδιές	57,0	957,6	266000,0	45,6	766,1	212800,0
Αχλαδιές	1,0	17,5	4866,7	0,8	14,0	3894,4
Μηλιες	19,9	334,7	92961,1	15,9	267,7	74366,7
Ροδακινιές	0,5	7,7	2133,3	0,4	6,1	1705,6
Συκιές	0,2	3,2	883,3	0,2	2,5	705,6
Αμυγδαλιές	17,0	286,3	79519,4	13,6	229,0	63616,7
Κερασιες	0,5	8,4	2325,0	0,4	6,7	1858,3
Αμπέλοι	3,1	59,0	16383,3	2,5	47,2	13108,3

ΔΕΗ

Το δίκτυο της ΔΕΗ είναι ευέλικτο ώστε να ανταποκρίνεται στις αλλαγές της ζήτησης. Θεωρητικά, δε μπορεί να προσδιοριστεί η δυναμικότητα του. Συνεκτιμώντας τις υπάρχουσες ανάγκες, δόθηκε ένα ανώτατο όριο (50.000MWh) που να τις υπερκαλύπτει.

Πετρέλαιο

Όσο αυξάνονται οι θερμικές ανάγκες αυξάνεται ανάλογα και η ποσότητα του πετρελαίου αλλά και η δυναμικότητα του. Επομένως, δεν υπάρχει ανώτατη οριακή τιμή για τη δυναμικότητα. Παρ' όλα αυτά, στην περίπτωση μελέτης δόθηκε η τιμή 40.000 MWh προκειμένου να είναι δυνατή η υπερκάλυψη της συνολικής θερμικής ζήτησης που είναι της τάξεως των 20.000MWh.

5.1.6 Περιορισμοί του προβλήματος

Οι περιορισμοί που τέθηκαν στο υπό μελέτη πρόβλημα είναι:

1. Το συνολικό ποσό ενέργειας που παράγεται από κάθε πηγή πρέπει να είναι θετικό $E \geq 0$.
2. Το βέλτιστο περιβαλλοντικό κόστος να μην υπερβαίνει το 80% του υπάρχοντος περιβαλλοντικού κόστους.
3. Η ενέργεια που θα προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες (A/M) και τα φωτοβολταϊκά (Φ/B) να είναι μικρότερη ή ίση με το 30% της συνολικής ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια. Ο περιορισμός αυτός τέθηκε στα πλαίσια μιας ήπιας αξιοποίησης του δυναμικού της περιοχής και συνυπολογίζοντας τη διακύμανση της αποδοτικότητας των A/M και των Φ/B λόγω των καιρικών συνθηκών.
4. Τα συνολικά ποσά ενέργειας που παράγονται κατά το βέλτιστο σενάριο για την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρισμό και θερμότητα έχουν ως ελάχιστο κατώφλι την τωρινή, αντίστοιχη ζήτηση.
5. Το βέλτιστο συνολικό λειτουργικό κόστος να μην υπερβαίνει το 80% του υπάρχοντος λειτουργικού κόστους.
6. Η παραγόμενη από κάθε πηγή ενέργεια να μην υπερβαίνει τη δυναμικότητα της αντίστοιχης πηγής.
7. Το συνολικό ποσό θερμότητας που παράγεται μέσω βιομάζας (λέβητες ξύλου, λέβητες pellets, μονάδα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού) θα πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση με τη δυναμικότητα της μιας εξ αυτών πηγής (8283 MWh).

5.2 Εισαγωγή του μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού στο υπολογιστικό λογισμικό

Η ανάπτυξη του μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού που περιγράφει το υπό μελέτη πρόβλημα έγινε σε περιβάλλον λογισμικού Microsoft Excel. Αρχικά εισήχθησαν τα αριθμητικά δεδομένα, οι συναρτήσεις και οι περιορισμοί. Στη συνέχεια έγινε προσθήκη του Solver, ενός βοηθητικού εργαλείου του Excel μέσω του οποίου θα γίνει ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνολικής συνάρτησης και θα καθοριστούν οι βέλτιστες τιμές για τις μεταβλητές.

Στην εικόνα 23 φαίνονται τα δομικά στοιχεία αυτού του μοντέλου σε υπολογιστικό περιβάλλον, τα οποία στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4		ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ						ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ		
5		ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ			ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ			ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	
6	ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΑΙΟΛΙΚΑ (1)	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ (2)	ΒΙΟΜΑΖΑ Ο3 (3)	ΛΕΒΗΤΕΣ ΞΥΛΑ (4)	ΛΕΒΗΤΕΣ PELLETS (5)	ΒΙΟΜΑΖΑ Ο3 (6)	ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΙΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (7)	ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (8)	
7	Δυναμικότητα (ΜΜWh)	31370	73.795	3313	8283	8283	8283	50000	40000	
8	Κόστος επένδυσης (€/ΜΜWh)	22,46	243,60	33,08	16,38	26,74	40,96	0,00	11,94	
9	Κόστος συντήρησης και λειτουργίας (€/ΜΜWh)	0,50	2,44	2,32	43,30	96,98	52,87	130,00	111,00	
10	Περιβαλλοντικό κόστος (€/ΜΜWh)	2,50	0,00	8,00	11,90	6,60	3,50	39,20	13,60	
11	Όφελος από θέσας εργασίας (€/ΜΜWh)	1,94	4,85	4,40	0,00	0,00	4,40	0,00	0,00	
12	συνολική συνάρτηση	23,92	241,19	39,00	71,68	90,32	92,93	169,20	136,44	
13										
14		ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΙΣΧΥΣ							
15		ΖΗΤΗΣΗ	ΖΗΤΗΣΗ (ΜΜWh)							
16	Ηλεκτρισμός (ΜΜWh)	8610								
17	Θέρμανση χώρων (ΜΜWh)	20361								
18										
19	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚΑΛΥΨΗΣ	ΑΙΟΛΙΚΑ (1)	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ (2)	ΒΙΟΜΑΖΑ Ο3 (3)	ΛΕΒΗΤΕΣ ΞΥΛΑ (4)	ΛΕΒΗΤΕΣ PELLETS (5)	ΒΙΟΜΑΖΑ Ο3 (6)	ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΙΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (7)	ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (8)	
20	Ηλεκτρισμός	1	1	1	0	0	0	1	0	
21	Θέρμανση χώρων	0	0	0	1	1	1	0	1	
22										
23	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	ΑΙΟΛΙΚΑ (1)	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ (2)	ΒΙΟΜΑΖΑ Ο3 (3)	ΛΕΒΗΤΕΣ ΞΥΛΑ (4)	ΛΕΒΗΤΕΣ PELLETS (5)	ΒΙΟΜΑΖΑ Ο3 (6)	ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΙΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (7)	ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (8)	
24	Ηλεκτρισμός	2583	0	3313	0	0	0	2714	0	
25	Θέρμανση χώρων	0	0	0	8283	0	0	0	12078	
26										
27										
28	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΑΙΟΛΙΚΑ (1)	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ (2)	ΒΙΟΜΑΖΑ Ο3 (3)	ΛΕΒΗΤΕΣ ΞΥΛΑ (4)	ΛΕΒΗΤΕΣ PELLETS (5)	ΒΙΟΜΑΖΑ Ο3 (6)	ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΙΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (7)	ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ (8)	ΓΕΩΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ
29	Ηλεκτρισμός	2583	0	3313	0	0	0	0	2714	8610
30	Θέρμανση χώρων	0	0	0	8283	0	0	0	12078	20361
31	ΣΥΝΟΛΟ	2583	0	3313	8283	0	0	2714	12078	28871
32							8283			
33										
34	ΑΠΙΚΕΜΕΝΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ	K								
35	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	2891021								
36										
37										
38	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΑ	ΟΡΙΟ								
39	ΛΕΠΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	3148786,946	2519029,596							
40	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	640619	512495,2							
41	ΑΓ ΚΑΙ Φ/Β 30%	2583	2583							
42										
43	ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΟΣΤΗ		ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ							
44	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ	400971								
45	ΛΕΠΤΟΥΡΓΙΚΟ	2062143								
46				0						

Εικόνα 23: Το μοντέλο σε περιβάλλον λογισμικού Microsoft Excel

Πίνακας στοιχείων για κάθε ενεργειακή πηγή

Ο 1ος πίνακας περιλαμβάνει στοιχεία που αφορούν τη δυναμικότητα, τις συναρτήσεις κόστους επένδυσης (K_{inv}), κόστους λειτουργίας και συντήρησης ($K_{o\&m}$), περιβαλλοντικού κόστους (K_{env}) και του οφέλους (O_w) που θα προέλθει από τη δημιουργία θέσεων εργασίας κατά τη χρήση των συμβατικών πηγών αλλά και τη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η τελευταία γραμμή αυτού του πίνακα αντιστοιχεί στη συνάρτηση συνολικού κόστους για κάθε πηγή ($K_{tot} = K_{inv} + K_{o\&m} + K_{env} - O_w$).

Πίνακας ενεργειακής ζήτησης

Ο 2ος πίνακας στο φύλλο του Excel συγκεντρώνει την ενεργειακή ζήτηση για την κάλυψη αναγκών για θέρμανση χώρων 20.361MWh και ηλεκτρισμού (8610MWh).

Πίνακας συντελεστών κάλυψης

Για κάθε πηγή παραγωγής ορίζεται ο συντελεστής κάλυψης. Ο συντελεστής παίρνει την τιμή 0, αν η ενέργεια που παράγεται από την πηγή δε χρησιμοποιείται για την κάλυψη της συγκεκριμένης ανάγκης (θέρμανση χώρων και ηλεκτρισμός) και 1 στην περίπτωση που χρησιμοποιείται. Έγινε η παραδοχή ότι τα θερμικά φορτία δε θα καλύπτονται με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας μεταβλητών απόφασης

Οι μεταβλητές απόφασης υποδεικνύουν το ποσό ενέργειας που θα προσφερθεί από κάθε πηγή κατά το βέλτιστο σενάριο.

Πίνακας παραγωγής ενέργειας

Στον πίνακα αυτό παρουσιάζονται συγκεντρωτικά, τα επιμέρους ποσά που θα παραχθούν ανά πηγή και ανά είδος αναγκών στο βέλτιστο σενάριο, τα αντίστοιχα συνολικά ποσά ενέργειας, καθώς και το άθροισμα των ποσών ενέργειας που θα παραχθούν από όλες τις εν χρήσει πηγές. Για να υπολογιστούν τα επιμέρους ποσά πολλαπλασιάστηκαν τα αντίστοιχα κελιά του πίνακα μεταβλητών απόφασης με αυτά του πίνακα συντελεστών κάλυψης. Για παράδειγμα, προκειμένου να υπολογιστεί το μέρος της παραχθείσας από αιολικά ενέργειας που θα καταναλωθεί για τη θέρμανση χώρων, πολλαπλασιάστηκε το κελί B21 με το κελί B25. Το αποτέλεσμα αυτής της πράξης είναι το περιεχόμενο του κελιού B30 (Εικόνα 15).

Αντικειμενική συνάρτηση

Στο κελί B35 δίνεται η τιμή για το συνολικό κόστος του υπό μελέτη ενεργειακού συστήματος η οποία προκύπτει από την πράξη =SUMPRODUCT(B31:I31;B12:I12). Συγκεκριμένα, γίνεται πολλαπλασιασμός ένα προς ένα των στοιχείων της γραμμής 12 στον πρώτο πίνακα (συνολικό κόστος MWh ανά πηγή) με αυτά της γραμμής 31 του πίνακα παραγωγής ενέργειας (το συνολικό ποσό ενέργειας-MWh που παρέχεται από κάθε πηγή).

Πίνακας περιορισμών

Στον πίνακα έχουν καταχωρηθεί:

- i) το υπάρχον συνολικό λειτουργικό κόστος (B39) και ένα βοηθητικό κελί (C39) που να ικανοποιεί τον περιορισμό 5 ($=0,8 \cdot \text{υπάρχον συνολικό λειτουργικό κόστος}$).
- ii) το υπάρχον συνολικό περιβαλλοντικό κόστος (B40) και ένα βοηθητικό κελί (C40) που να ικανοποιεί τον περιορισμό 2 ($=0,8 \cdot \text{υπάρχον συνολικό περιβαλλοντικό κόστος}$).
- iii) η τιμή του κελιού B41 αντιστοιχεί στο 30% της ηλεκτρικής ζήτησης, τιμή που δε θα πρέπει να ξεπερνά η προερχόμενη ηλεκτρική ενέργεια από Α/Μ και Φ/Β (3^{ος} περιορισμός).

Πίνακας επιμέρους συναρτήσεων κόστους

Συγκεντρώνει τη βέλτιστη τιμή για περιβαλλοντικό και το λειτουργικό κόστος.

Πίνακας συνάρτησης οφέλους

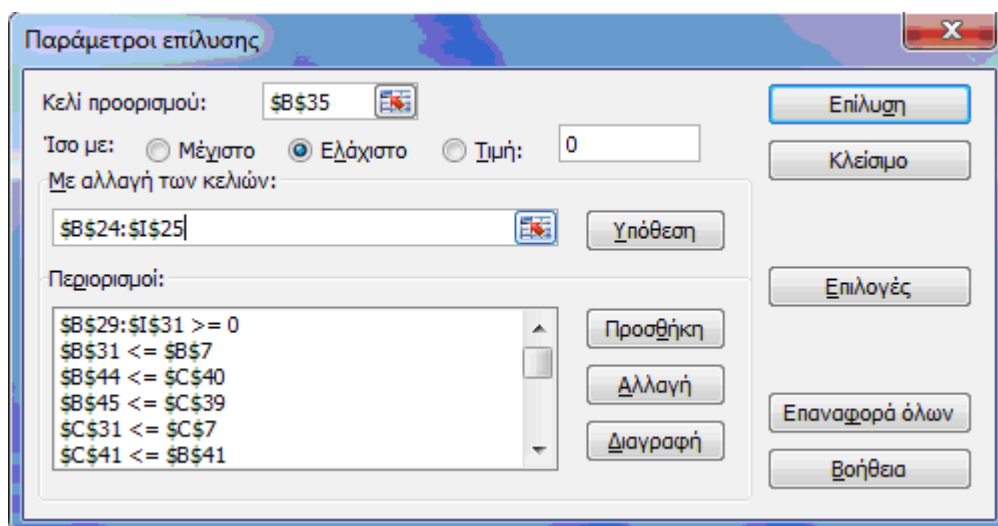
Καταγράφονται τα οφέλη που θα προκύψουν από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας κατά την εγκατάσταση και τη λειτουργία των μονάδων Α.Π.Ε..

Βοηθητικά κελιά

Το βοηθητικό κελί C32 δημιουργήθηκε για τον 3ο περιορισμό και εμφανίζεται σε αυτό το άθροισμα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τις Α/Μ και τα Φ/Β. Στο κελί G32 εμφανίζεται το άθροισμα των παραγόμενων θερμοτήτων, στοιχείο που χρησιμοποιείται στον 7ο περιορισμό.

Συμπλήρωση των πεδίων στο Solver

Στο Solver υπάρχουν (Εικόνα 24) φίλτρα που θα πρέπει απαραίτητως να συμπληρωθούν. Ως κελί προορισμού ορίζεται αυτό της συνάρτησης κόστους το οποίο ζητείται να ελαχιστοποιηθεί. Κάθε περιορισμός περιγράφεται μέσω μιας μαθηματικής σχέσης (ανισότητα, ισότητα) και προστίθεται στο φίλτρο των περιορισμών. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η εισαγωγή του 7ου περιορισμού σχετικά με την παραγωγή θερμότητας στη μονάδα συμπαραγωγής ως: $\$G\$31 \leq \$G\7 . Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία εισήχθησαν και οι υπόλοιποι περιορισμοί. Στο φίλτρο «με αλλαγή των κελιών» γίνεται εισαγωγή των κελιών που αντιστοιχούν στις μεταβλητές απόφασης.



Εικόνα 24: Το παράθυρο του Solver και τα επιμέρους φίλτρα

5.3 Βελτιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης

1^ο Σενάριο – Αρχικές συνθήκες

Οι παράμετροι αυτού του σεναρίου είναι αυτοί που περιγράφηκαν αναλυτικά προηγουμένως. Κατά τη διαδικασία βελτιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης προέκυψαν τα ακόλουθα στοιχεία:

Πίνακας 27: Η τωρινή τιμή, η βέλτιστη και το ποσοστό μεταβολής για το λειτουργικό και περιβαλλοντικό κόστος

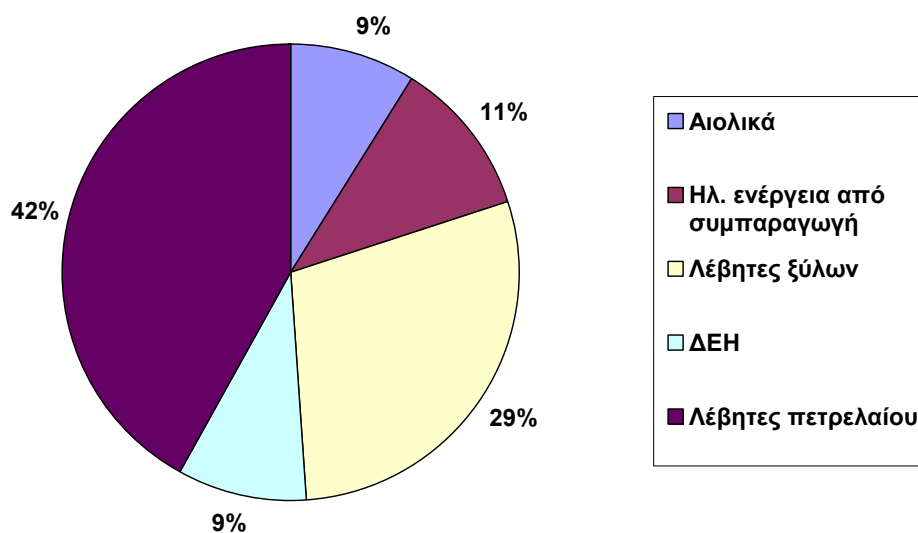
	Λειτουργικό κόστος (€)	Περιβαλλοντικό κόστος (€)
Υπάρχον	3148786,85	640618,63
Βέλτιστο	2062143	400971
Ποσοστό μεταβολής	-34,5%	-37,4%

Το προτεινόμενο ενεργειακό μείγμα που ικανοποιεί το κριτήριο και είναι εντός των ορίων που θέτουν οι περιορισμοί παρουσιάζεται συγκεντρωτικά στον πίνακα 28.

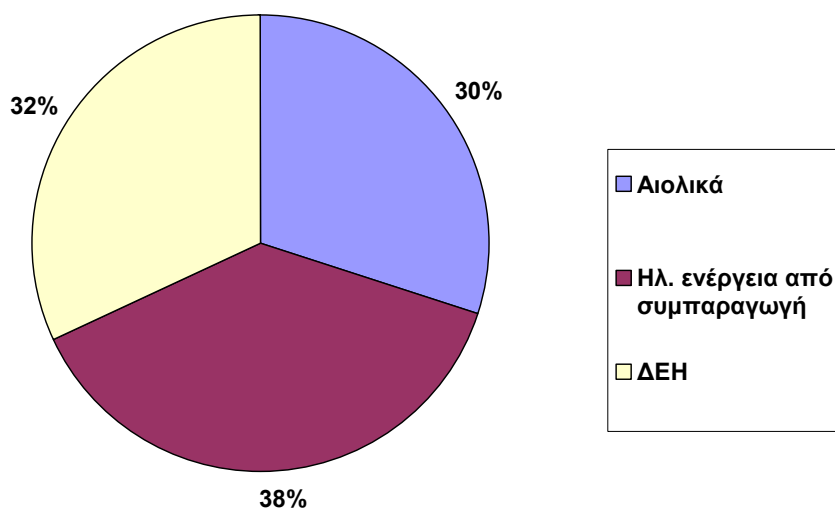
Πίνακας 28: Το ενεργειακό μείγμα κατά τη βέλτιστη λύση

	Παραγόμενη ενέργεια (MWh)	Ποσοστό συμμετοχής στο ενεργειακό μείγμα (%)
Αιολικά	2583	9
Ηλ. ενέργεια από συμπαραγωγή	3313	11
Λέβητες ξύλων	8283	29
ΔΕΗ	2714	9
Λέβητες πετρελαίου	12078	42

Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή των πηγών στο βέλτιστο ενεργειακό μείγμα. Όπως προκύπτει από τα στοιχεία, το μεγαλύτερο μερίδιο (42%) αναλογεί στην παραγωγή θερμότητας από λέβητες πετρελαίου και το δεύτερο μεγαλύτερο είναι αυτό της παραγωγής θερμότητας από λέβητες ξύλων (29%). Το γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας προορίζεται για την κάλυψη θερμικών αναγκών είναι αναμενόμενο αφού, ειδικά σε ορεινές περιοχές, αυτές είναι σαφώς μεγαλύτερες έναντι των ηλεκτρικών. Αξίζει να επισημανθεί ότι η μονάδα συμπαραγωγής και οι λέβητες ξύλων συμμετέχουν κατά το μέγιστο βαθμό αφού η προερχόμενη ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα αντίστοιχα, ισούται με τη δυναμικότητα τους.

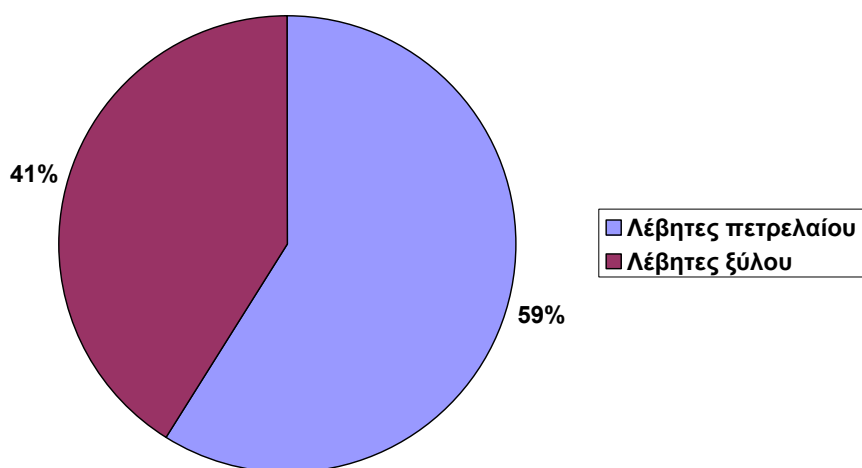


Διάγραμμα 19: Ποσοστιαία συμμετοχή των πηγών στο βέλτιστο ενεργειακό μείγμα



Διάγραμμα 20: Ποσοστιαία συμμετοχή πηγών για την παραγωγή ηλεκτρισμού

Βάσει του παραπάνω διαγράμματος το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από τη μονάδα συμπαραγωγής (μονάδα ΑΠΕ), ενώ αντίθετα το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας (διάγραμμα 21) παράγεται σε λέβητες πετρελαίου (συμβατική πηγή).



Διάγραμμα 21: Ποσοστιαία συμμετοχή πηγών για την παραγωγή θερμότητας

5.4 Ανάλυση ευαισθησίας

Η ενεργειακή ζήτηση μιας χώρας συνδέεται μέσω μιας πληθώρας, απροσδιόριστων πολλές φορές, αλληλοεξαρτήσεων με παράγοντες όπως ο βαθμός και ο ρυθμός οικονομικής ανάπτυξης, τα ιδιαίτερα φυσικά χαρακτηριστικά της, το βιοτικό της επίπεδο. Μεγάλο ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα προέρχεται από τον οικιακό τομέα. Η ενεργειακή κατανάλωση στα νοικοκυριά εξαρτάται άμεσα από το οικογενειακό εισόδημα, τις τεχνικές υποδομές σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, τις κλιματολογικές συνθήκες. Απόκλιση από το μέσο όρο της κατανάλωσης σημειώνεται κυρίως σε απομονωμένες περιοχές, όπως οι ορεινές και τα νησιά. Στις ορεινές περιοχές όπου επικρατούν δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες οι ενεργειακές ανάγκες, κατά κύριο οι θερμικές, αυξάνονται με το υψόμετρο. Ανάλογη τάση ακολουθεί και το οικονομικό κόστος που απαιτείται για να διασφαλιστεί η ενεργειακή επάρκεια.

Στα πλαίσια ενός ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού, εν μέσω οικονομικής κρίσης, η ελαχιστοποίηση του κόστους δε μπορεί παρά να αποτελεί πρωτεύον κριτήριο. Το τελευταίο αποκτά πρόσθετη βαρύτητα, αν κανείς σκεφτεί ότι το σύνολο των ενεργειακών αναγκών σε ορεινές περιοχές δεν απορρέουν από το μοντέρνο τρόπο ζωής αλλά από την ανάγκη επιβίωσης. Ο δείκτης που ποσοτικοποιεί την επιβάρυνση του προϋπολογισμού ενός νοικοκυριού και κατ'επέκταση την ανικανότητα να ανταποκριθεί στις ενεργειακές του ανάγκες είναι αυτός της ενεργειακής φτώχειας. Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα, ως ενεργειακά φτωχά ορίζεται εκείνο το νοικοκυριό που δαπανά για ηλεκτρισμό, θέρμανση και κλιματισμό, ετησίως, πάνω από το 10% του ετήσιου εισοδήματός του (Santamouris et al, 2006).

Υπάρχει και ένας συμπληρωματικός όρος, αυτός του θερμικά φτωχού νοικοκυριού το οποίο δαπανά πάνω από το 10% του ετήσιου εισοδήματος του για οικιακή θέρμανση (Santamouris et al, 2006). Στατιστικά δεδομένα από όλη την Ευρώπη αποκαλύπτουν ότι το φαινόμενο της θερμικής φτώχειας είναι εντονότερο στη νότια Ευρώπη, ιδιαίτερα στις χώρες που μαστίζονται από την κρίση. Μετά τις συνεχιζόμενες αυξήσεις στα τιμολόγια της ΔΕΗ και της τιμής του πετρελαίου στη χώρα μας, ο αριθμός των νοικοκυριών που χαρακτηρίζονται ως ενεργειακά φτωχά αυξάνεται. Όπως προκύπτει από μελέτες, το κόστος θέρμανσης ανά άτομο και μονάδα επιφάνειας είναι υψηλότερο στα χαμηλά οικονομικά στρώματα, σε σχέση με τα υψηλά (Santamouris et al, 2006).

Τρόποι αντιμετώπισης της εντεινόμενης ενεργειακής φτώχειας και προβλέψεις των αντιδράσεων του ενεργειακού συστήματος σε μεταβλητά περιβάλλοντα μπορούν να προκύψουν με την εφαρμογή της μελέτης ευαισθησίας.

Η λύση ενός προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού εξάγεται για συγκεκριμένο σύνολο παραμέτρων. Η ανάλυση ευαισθησίας είναι μια μέθοδος μέσω της οποίας προσδιορίζεται η απόκριση της λύσης και της αντικειμενικής συνάρτησης στις μεταβολές των παραμέτρων. Στη συνέχεια εντοπίζονται οι κρίσιμες μεταβλητές, οι μεταβολές των οποίων, θετικές ή αρνητικές, έχουν τη σημαντικότερη επίδραση. Η προεκτίμηση αυτή επηρεάζει καθοριστικά τη λήψη της τελικής απόφασης. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης εξαρτάται από τη φύση του προβλήματος.

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι κάθε φορά αλλάζει μια παράμετρος διατηρώντας τις άλλες σταθερές, διακρίνονται οι ακόλουθες επιμέρους διαδικασίες:

- προσθήκη/αφαίρεση μεταβλητών
- προσθήκη/αφαίρεση περιορισμών
- μεταβολή των αντικειμενικών συντελεστών c_j
- μεταβολή των σταθερών όρων b_i
- μεταβολή των συντελεστών a_{ij} του συστήματος των περιορισμών

Χαρακτηριστικά μεγέθη της μεθόδου, τα οποία προσδιορίζονται κατά την εφαρμογή της, είναι τα ακόλουθα:

1. **Εύρος αριστότητας:** πρόκειται για το εύρος τιμών ενός αντικειμενικού συντελεστή μέσα στο οποίο η βέλτιστη λύση του προβλήματος παραμένει αμετάβλητη.
2. **Εύρος εφικτότητας:** πρόκειται για το εύρος τιμών του δεξιού μέλους b_i ενός περιορισμού μέσα στο οποίο η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό.

Ποσοστιαία μεταβολή της τιμής βασικών παραμέτρων του αρχικού σεναρίου

Στα πλαίσια της ανάλυσης ευαισθησίας μελετήθηκε η επίδραση που έχει στη δομή και τη σύνθεση του υπό μελέτη συστήματος η ποσοστιαία μεταβολή βασικών παραμέτρων. Αναλυτικότερα, διερευνάται η ποσοστιαία μεταβολή (-30%, -20%, -10%, +10%, +20%, +30%) μιας, κάθε φορά, παραμέτρου (ζήτηση για ηλεκτρισμό,

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

ζήτηση για θέρμανση χώρων, τιμές πετρελαίου, pellets, ΔΕΗ, ξύλου) που πιθανόν οφείλεται σε αλλαγές του οικονομικού περιβάλλοντος, πληθυσμού και διαφοροποίηση των ενεργειακών αναγκών. Στόχος είναι ο προσδιορισμός του βέλτιστου περιβαλλοντικού, λειτουργικού και συνολικού κόστους, καθώς και η συνεισφορά της κάθε ενεργειακής πηγής. Οι αρχικές συνθήκες του προβλήματος παρατίθενται στον συγκεντρωτικό πίνακα 29. Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία βελτιστοποίησης που περιγράφηκε παραπάνω.

Πίνακας 29: Αρχικές συνθήκες για τη ζήτηση σε ηλεκτρισμό, τη ζήτηση σε θέρμανση χώρων και την τιμή πετρελαίου, pellets, ΔΕΗ, ξύλου

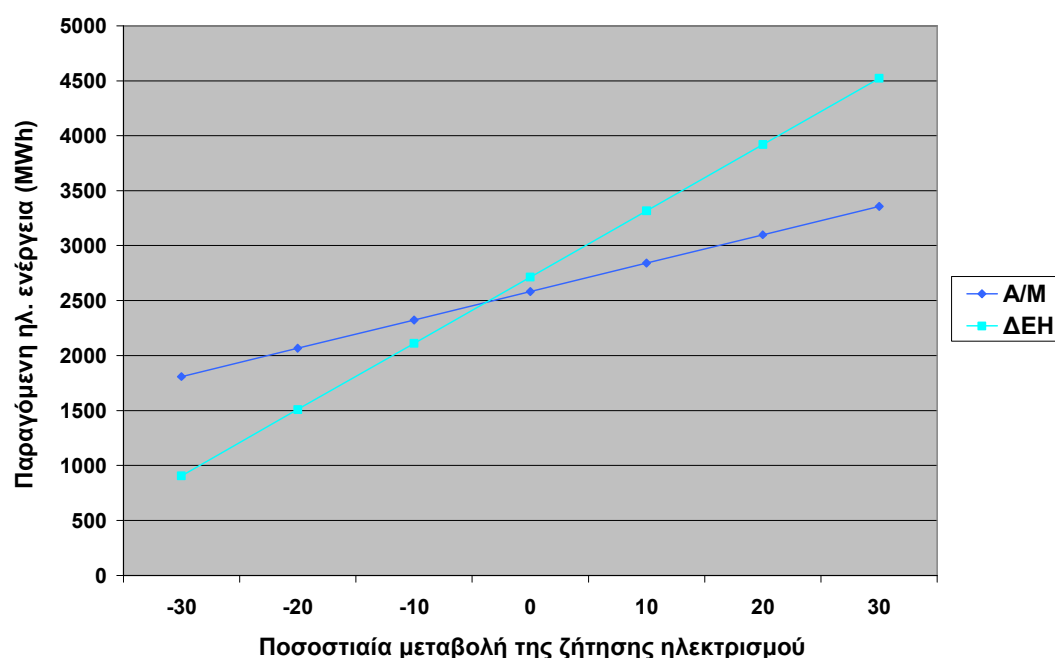
Ζήτηση ηλεκτρισμού	Ζήτηση θέρμανσης χώρων	Τιμή pellets	Τιμή ξύλου	ΔΕΗ – τιμή/MWh	Τιμή πετρελαίου	Περιβαλλοντικό κόστος	Λειτουργικό κόστος
8610 MWh	20361 MWh	220€/tn	120€/tn	130€/MWh	1€/L	640618,63 €	3148786,85€

Κατά τη μεταβολή των παραπάνω παραμέτρων δεν παρατηρήθηκε αυξομείωση στη συνεισφορά της βιομάζας για παροχή ηλεκτρισμού από συμπαραγωγή και της ξυλείας για παραγωγή θερμότητας σε λέβητες. Οι τιμές τους είναι ίσες με την αντίστοιχη δυναμικότητα, γεγονός που αποκλείει περαιτέρω αύξηση τους. Αντίθετα η προερχόμενη ενέργεια από τις Α/Μ, το δίκτυο της ΔΕΗ και το πετρέλαιο δεν παραμένει αμετάβλητη (Πίνακας 30). Η αύξηση των αναγκών σε ηλεκτρισμό συνεπάγεται και αύξηση του ποσού της παρεχόμενης ενέργειας από τα αιολικά και του δικτύου της ΔΕΗ, ενώ οι αυξανόμενες ανάγκες σε θερμότητα καλύπτονται αποκλειστικά από του λέβητες πετρελαίου.

Πίνακας 30: Η συμμετοχή ενεργειακών πηγών υπό μεταβλητές συνθήκες

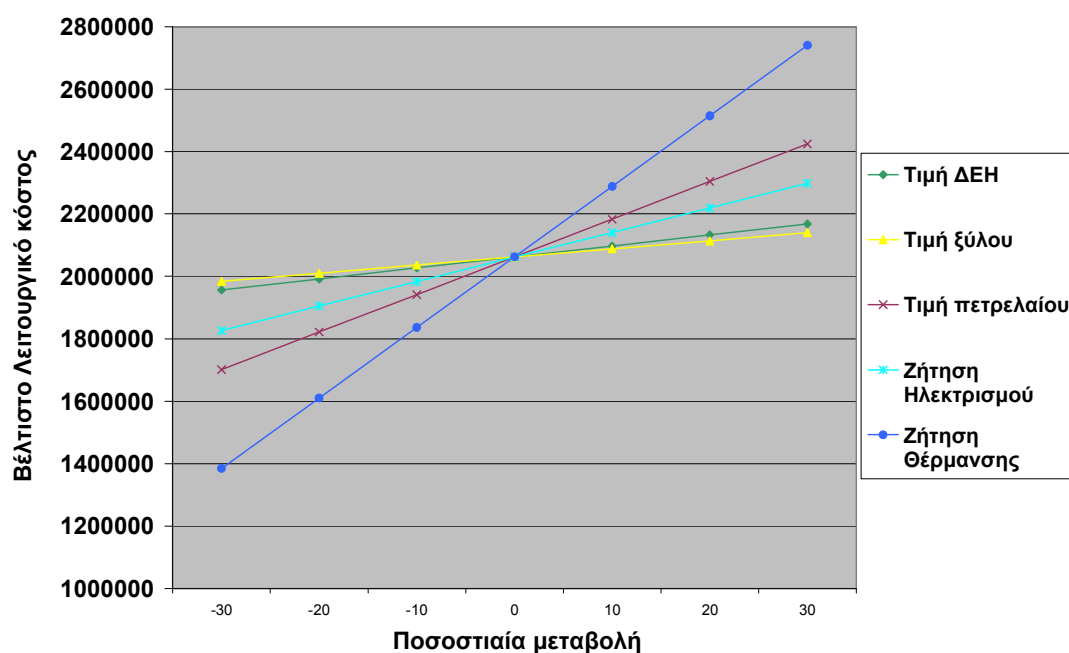
Ποσοστιαία μεταβολή Παραγωγή ενέργειας (MWh)	-30	-20	-10	0	10	20	30	
Αιολικά	1808	2066	2325	2583	2841	3100	3358	Αλλαγή ζήτησης ηλεκτρισμού
ΔΕΗ	906	1509	2111	2714	3317	3919	4522	Αλλαγή ζήτησης ηλεκτρισμού
Λέβητες πετρελαίου	5970	8006	10042	12078	14114	16150	18186	Αλλαγή ζήτησης θέρμανσης

Όπως αποτυπώνεται και στο ακόλουθο διάγραμμα η συμμετοχή του δικτύου της ΔΕΗ ενισχύεται σε μεγαλύτερο βαθμό από αυτή των Α/Μ όταν ο υπό εξέταση παράγοντας είναι η ζήτηση ηλεκτρισμού. Η διαφοροποίηση αυτή πιθανό να οφείλεται στον περιορισμό που έχει τεθεί σε σχέση με το ποσό ενέργειας που παρέχεται από τις Α/Μ και τα Φ/Β.



Διάγραμμα 22: Ηλ. Ενέργεια προερχόμενη από Α/Μ και το δίκτυο της ΔΕΗ υπό μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού

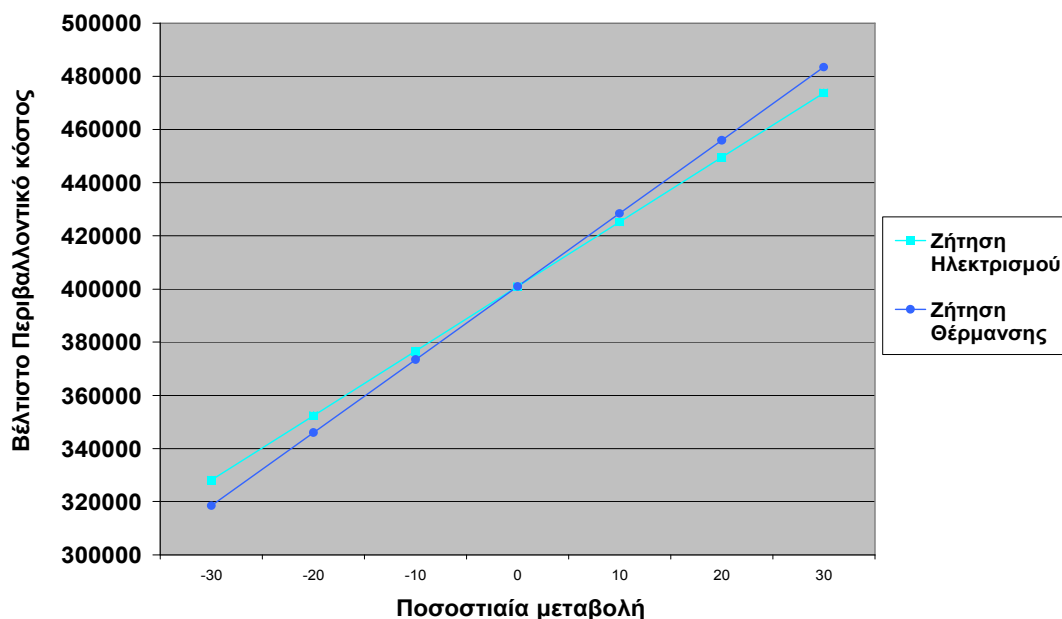
Κατασκευάστηκε σε κοινό διάγραμμα το βέλτιστο λειτουργικό κόστος σε συνάρτηση με όλες τις μεταβαλλόμενες παραμέτρους. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η εκτίμηση της επίδρασης της κάθε παραμέτρου στο κόστος και η ταυτόχρονη σύγκριση αυτών. Όπως γίνεται φανερό από το διάγραμμα, η ζήτηση της θέρμανσης είναι ο καθοριστικότερος παράγοντας αφού το αντίστοιχο διάγραμμα έχει τη μεγαλύτερη κλίση. Η αύξηση των θερμικών αναγκών ικανοποιείται αποκλειστικά με χρήση πετρελαίου και σε συνδυασμό με το μέγεθος τους, το λειτουργικό κόστος ανεβαίνει κατακόρυφα. Αν εστιάσουμε την προσοχή μας μόνο στα καύσιμα, τότε από αυτά μεγαλύτερο αντίκτυπο έχει η αλλαγή στην τιμή του πετρελαίου για τους λόγους που προαναφέρθηκαν. Έτσι, η τιμή του πετρελαίου αναδεικνύεται ως ο καθοριστικότερος παράγοντας έναντι των υπολοίπων καυσίμων. Οι παραπάνω παρατηρήσεις είναι εύλογες, δεδομένου ότι το βασικότερο στοιχείο του ενεργειακού προφίλ των ορεινών περιοχών είναι οι αυξημένες θερμικές ανάγκες.



Διάγραμμα 23: Βέλτιστο λειτουργικό κόστος υπό μεταβλητή ενεργειακή ζήτηση και τιμή καυσίμου

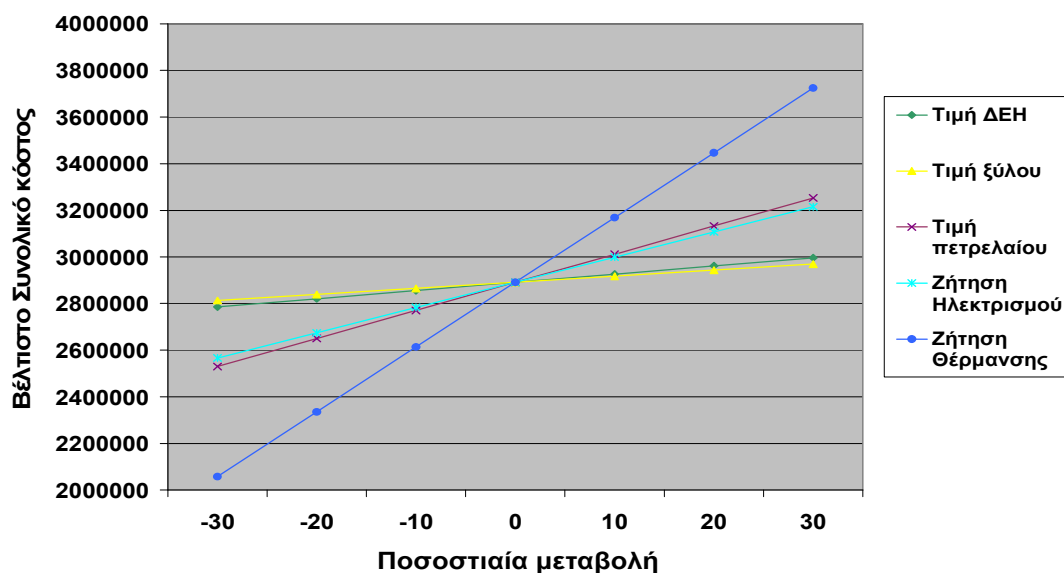
Σε ότι αφορά το περιβαλλοντικό κόστος, αυτό δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή της τιμής των καυσίμων αφού αυτή δεν αλλάζει τις αναλογίες στο ενεργειακό μείγμα. Στην περίπτωση, όμως, της μεταβολής της ζήτησης ηλεκτρισμού και θέρμανσης χώρων το περιβαλλοντικό κόστος αλλάζει και μάλιστα η επίδραση της ζήτησης για

θέρμανση χώρων είναι εντονότερη (Διάγραμμα 24). Η αύξηση αυτή αποδίδεται στις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνοδεύουν τη χρήση του πετρελαίου.



Διάγραμμα 24: Βέλτιστο περιβαλλοντικό κόστος υπό μεταβλητή ενεργειακή ζήτηση και τιμή καυσίμου

Από τη μελέτη του διαγράμματος 25 επισημαίνεται ότι και το συνολικό κόστος έχει τις ίδιες τάσεις με το λειτουργικό.



Διάγραμμα 25: Βέλτιστο συνολικό κόστος υπό μεταβλητή ενεργειακή ζήτηση και τιμή καυσίμου

5.5 Συμπληρωματικά σενάρια

Στα πλαίσια περαιτέρω διερεύνησης, εξετάστηκαν συμπληρωματικά σενάρια στα οποία τροποποιούνται περιορισμοί και παράμετροι των αρχικών συνθηκών.

1^ο συμπληρωματικό σενάριο – Χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από Α/Μ και Φ/Β σε ποσοστό μικρότερο ή ίσο του 50% της ζήτηση σε ηλεκτρισμό (3^ο περιορισμός)

Αρχικά ο περιορισμός που αφορούσε την προερχόμενη ενέργεια από ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά έθετε ως ανώτατο όριο σε αυτήν το 30% της συνολικής ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια. Προκειμένου να προσδιοριστούν οι επιπτώσεις μεγαλύτερης διείσδυσης των Α.Π.Ε. στο σύστημα μας, το ποσοστό αυτό αυξήθηκε στο 50%. Η αύξηση αυτή προβλέπεται να περιορίσει την περιβαλλοντική επιβάρυνση. Όπως γίνεται άμεσα αντιληπτό από τον Πίνακα 31, η αύξηση συμμετοχής των Α.Π.Ε. προκαλεί μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας που αντλείται από το δίκτυο της ΔΕΗ και αντιστάθμιση της από τις Α/Μ. Η ανακατάταξη αυτή όπως ήταν φυσικό μειώνει όλα τα κύρια κόστη (Πίνακας 32).

Πίνακας 31: Ενεργειακό μείγμα με μεταβλητή συμμετοχή των Α.Π.Ε.

Παραγωγή ενέργειας (MWh)	Συμμετοχή των Α/Μ&Φ/Β κατά 50%	Ποσοστό συμμετοχής (%)	Συμμετοχή των Α/Μ&Φ/Β κατά 30%	Ποσοστό συμμετοχής (%)
Αιολικά	4305	15	2583	9
Ηλ. ενέργεια από συμπαραγωγή	3313	11	3313	11
Λέβητες ξύλων	8283	29	8283	29
ΔΕΗ	992	3	2714	9
Λέβητες πετρελαίου	12078	42	12078	42
Ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ		55%		49%

Πίνακας 32: Κόστη με μεταβλητή συμμετοχή των Α.Π.Ε.

Βέλτιστα κόστη (€)	Συμμετοχή των Α/Μ&Φ/Β κατά 50%	Συμμετοχή των Α/Μ&Φ/Β κατά 30%
Περιβαλλοντικό	337774	400971
Λειτουργικό	1839833	2062143
Συνολικό	2640848	2891021

2^ο συμπληρωματικό σενάριο – Διαφορετικές ποσότητες καυσίμου στη μονάδα συμπαραγωγής

Οι πρώτες εκτιμήσεις έγιναν με την παραδοχή ότι η μονάδα συμπαραγωγής τροφοδοτείται από τη συνολική ποσότητα των καυσόξυλων και της στρογγυλής ξυλείας. Σε αυτή προστέθηκαν άλλες δύο, τροφοδότηση μόνο από καυσόξυλα και από το 50% της συνολικής ξυλείας.

Πίνακας 33: Ενεργειακό μείγμα με μεταβλητή χρήση της ποσότητας ξυλείας

Παραγωγή ενέργειας (MWh)	Χρήση 100% της συνολικής ξυλείας	Χρήση 50% της συνολικής ξυλείας	Χρήση μόνο καυσόξυλων
Αιολικά	2583	2583	2583
Ηλ. ενέργεια από συμπαραγωγή	3313	1966	3705
Λέβητες ξύλων	8283	4142	1411
ΔΕΗ	2714	4061	2322
Λέβητες πετρελαίου	12078	16219	18950

Για τις δυο νέες περιπτώσεις που διερευνήθηκαν δεν προκύπτει αποδεκτή λύση. Χαρακτηριστική ένδειξη αποτελεί το γεγονός ότι το μοντέλο έχοντας ως στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους, προτείνει συμμετοχή της μονάδας συμπαραγωγής για ηλεκτρική ενέργεια που ξεπερνά την αντίστοιχη δυναμικότητα. Η διαπίστωση αυτή δημιουργεί μια σαφή κατευθυντήρια γραμμή για πλήρη αξιοποίηση των καυσόξυλων και της στρογγυλής ξυλείας.

3^ο συμπληρωματικό σενάριο – Αλλαγή της ζήτησης σε ηλεκτρισμό και θερμότητα για θέρμανση χώρων υπό σταθερό λειτουργικό κόστος

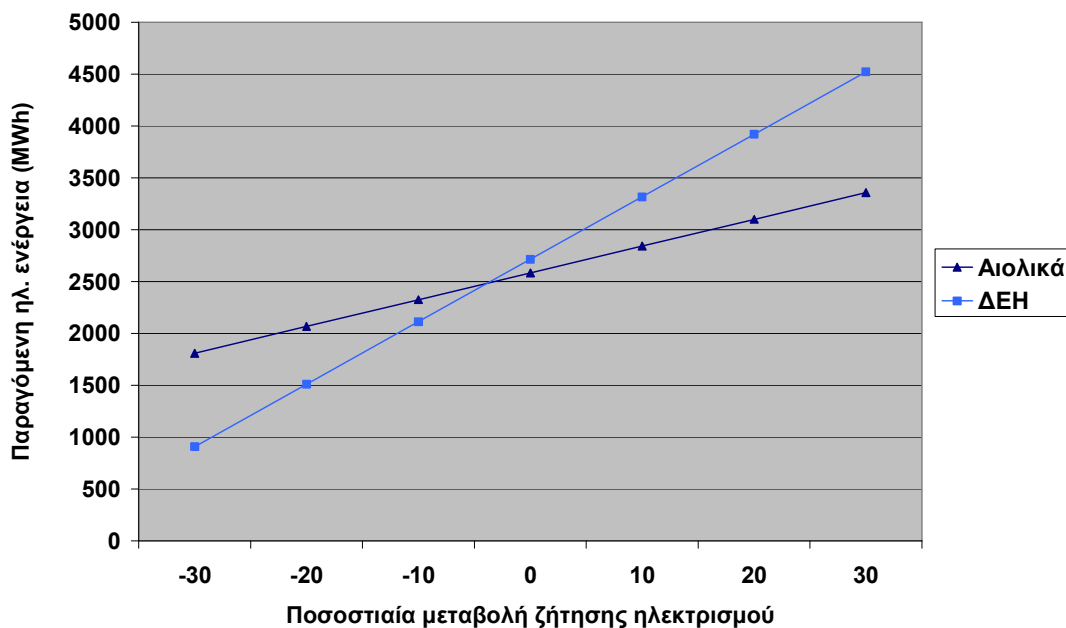
Στο σενάριο αυτό διερευνήθηκαν οι αλλαγές στο ενεργειακό μείγμα καθώς και στην τιμή των επιμέρους κοστών που προκλήθηκαν από την αλλαγή ζήτησης ηλεκτρισμού και θέρμανσης, διατηρώντας το υφιστάμενο λειτουργικό κόστος ίσο με αυτό του αρχικού σεναρίου. Η συγκεκριμένη διερεύνηση παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς έχει παρατηρηθεί ότι η ενεργειακή ζήτηση επηρεάζεται άμεσα από τις διακυμάνσεις του λειτουργικού κόστους.

Μεταβολή της ζήτησης σε ηλεκτρισμό

Η διατήρηση του υφιστάμενου λειτουργικού κόστους υπαγορεύει ως κύρια επιδίωξη τη διατήρηση του αντίστοιχου βέλτιστου κόστους σε όσο το δυνατόν χαμηλά επίπεδα. Ως επακόλουθο, αναμένονταν η αύξηση της ζήτησης να συνοδευτεί από σημαντική αύξηση της διείσδυσης των Α/Μ. όπως, όμως, προκύπτει από το ακόλουθο διάγραμμα η αύξηση της ζήτησης σε ηλεκτρισμό επηρεάζει εντονότερα το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από το υφιστάμενο δίκτυο της ΔΕΗ σε σχέση με αυτό των Α/Μ. Αυτή η αντίδραση θα μπορούσε να αποδοθεί στους περιορισμούς που έχουν τεθεί για το ποσοστό συμμετοχής των Α/Μ και των Φ/Β.

Πίνακας 34: Βέλτιστο ενεργειακό μείγμα με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού

Ποσοστιαία μεταβολή της ζήτησης ηλεκτρισμού	Παραγωγή ενέργειας (MWh)						
	-30	-20	-10	0	10	20	30
Αιολικά	1808	2066	2325	2583	2841	3100	3358
Ηλ. ενέργεια από συμπαραγωγή	3313	3313	3313	3313	3313	3313	3313
Λέβητες ξύλων	8283	8283	8283	8283	8283	8283	8283
ΔΕΗ	905,9	1508,6	2111	2714	3317	3919	4522
Λέβητες πετρελαίου	12078	12078	12078	12078	12078	12078	12078

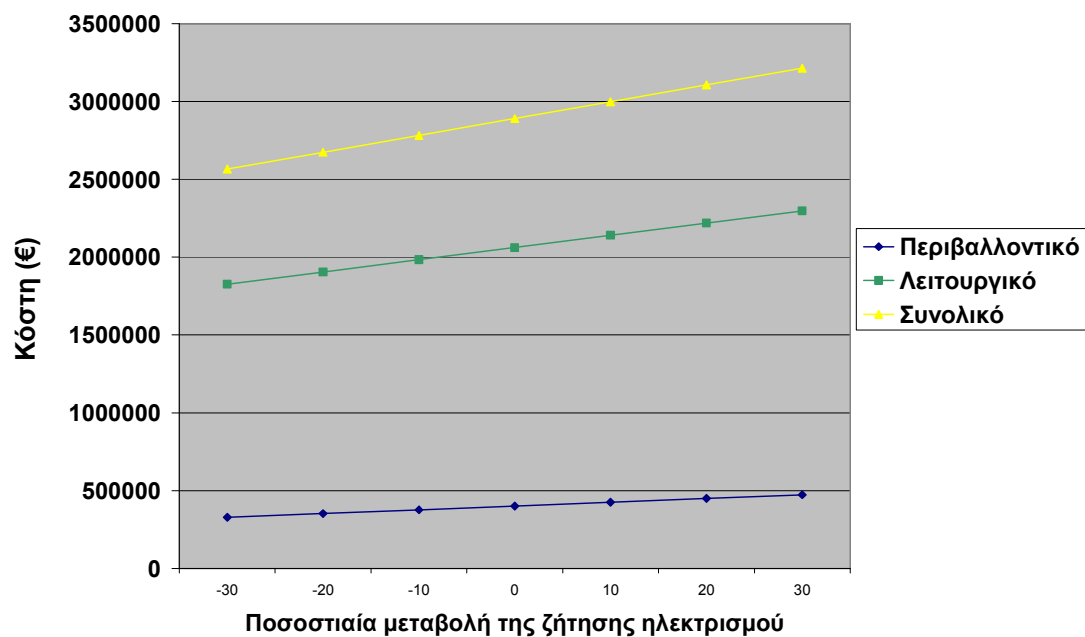


Διάγραμμα 26: Παραγόμενη ηλ. ενέργεια με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού

Πίνακας 35: Βέλτιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού

Ποσοστιαία μεταβολή της ζήτησης ηλεκτρισμού	Βέλτιστα κόστη (€)						
	-30	-20	-10	0	10	20	30
Περιβαλλοντικό	328156	352428	376699	400971	425243	449514	473786
Λειτουργικό	1826392	1904976	1983559	2062143	2140726	2219310	2297893
Συνολικό	2566555	2674710	2782865	2891021	2999176	3107331	3215487

Στο ακόλουθο κοινό διάγραμμα παριστάνεται η αλληλεπίδραση των κοστών με τη ζήτηση σε ηλεκτρισμό, με το συνολικό κόστος να μεταβάλλεται εντονότερα.



Διάγραμμα 27: Βέλτιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού

Μεταβολή της ζήτησης θέρμανσης

Πίνακας 36: Βέλτιστο ενεργειακό μείγμα με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης

Ποσοστιαία μεταβολή της ζήτησης θέρμανσης	-30	-20	-10	0	10	20	30
Παραγωγή ενέργειας (MWh)							
Αιολικά	2583	2583	2583	2583	2583	2583	2583
Ηλ. ενέργεια από συμπαραγωγή	3313	3313	3313	3313	3313	3313	3313
Λέβητες ξύλων	8283	8283	8283	8283	8283	8283	8283
ΔΕΗ	2714	2714	2714	2714	2714	2714	2714
Λέβητες πετρελαίου	5970	8006	10042	12078	14114	16150	16194

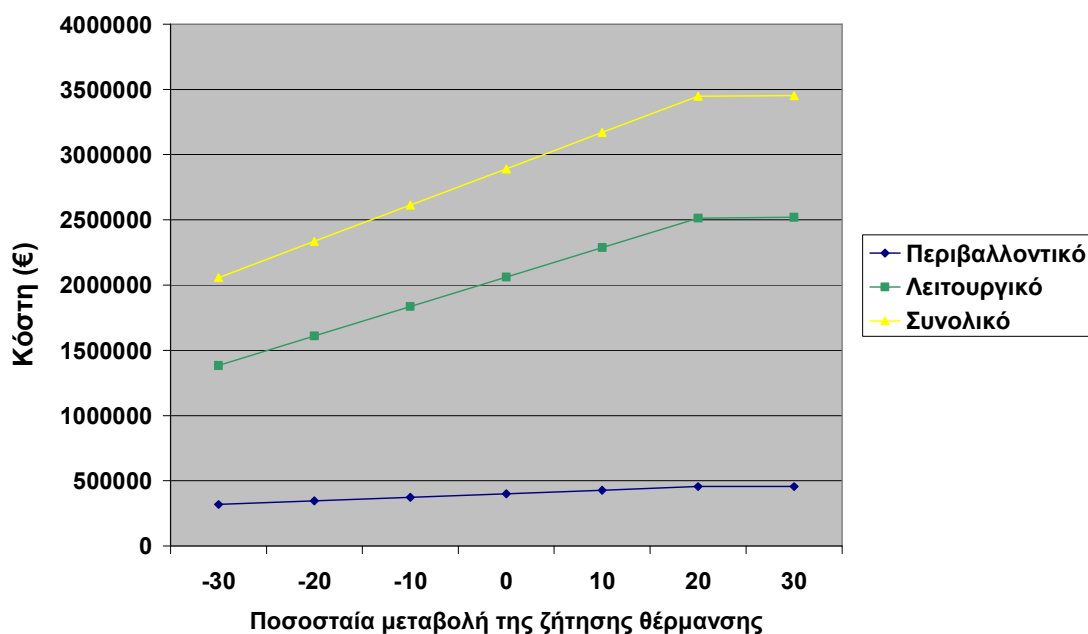
Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

Η αύξηση των θερμικών αναγκών πολλαπλασιάζει τη θερμότητα που παράγεται από τους λέβητες πετρελαίου, καθώς τη παραγόμενη θερμότητα από τους λέβητες ξύλων ισούται με την αντίστοιχη δυναμικότητα.

Πίνακας 37: Βέλτιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης

Ποσοστιαία μεταβολή της ζήτησης θέρμανσης Βέλτιστα κόστη (€)	-30	-20	-10	0	10	20	30
Περιβαλλοντικό	318509	345996	373484	400971	428458	455946	456538
Λειτουργικό	1384122	1610129	1836136	2062143	2288150	2514157	2519030
Συνολικό	2057604	2335410	2613215	2891021	3168826	3446632	3452621

Σύμφωνα με το διάγραμμα η τιμή του πετρελαίου αναδεικνύεται στο σημαντικότερο παράγοντα αφού επηρεάζει καθοριστικά την αύξηση του λειτουργικού και περιβαλλοντικού κόστους.



Διάγραμμα 28: Βέλτιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης

4^ο συμπληρωματικό σενάριο – Αλλαγή της ζήτησης σε ηλεκτρισμό και θερμότητα για θέρμανση χώρων υπό σταθερό λειτουργικό κόστος και χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από Α/Μ και Φ/Β σε ποσοστό μικρότερο ή ίσο του 50% της ηλεκτρικής ζήτησης

Οι διαπιστώσεις του 3ου σεναρίου οδήγησαν σε αυτό. Η διαφορά μεταξύ του 3ου και 4ου σεναρίου έγκειται στην ταυτόχρονη τροποποίηση του 3ου περιορισμού του αρχικού σεναρίου. Ορίστηκε ότι η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από Α/Μ και Φ/Β δε θα πρέπει να ξεπερνά το ποσοστό του 50%.

Μεταβολή της ζήτησης σε ηλεκτρισμό

Πίνακας 38: Βέλτιστο ενεργειακό μείγμα με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού

Ποσοστιαία μεταβολή της ζήτησης ηλεκτρισμού							
Παραγωγή ενέργειας (MWh)	-30	-20	-10	0	10	20	30
Αιολικά	3014	3444	3875	4305	4736	5166	5597
Ηλ. ενέργεια από συμπαραγωγή	3014	3313	3312	3313	3313	3313	3313
Λέβητες ξύλων	8283	8283	8283	8283	8283	8283	8283
ΔΕΗ	0	131	562	992	1423	1853	2283
Λέβητες πετρελαίου	12078	12078	12078	12078	12078	12078	12078

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

Πίνακας 39: Ποσοστό συμμετοχής των πηγών στο βέλτιστο ενεργειακό μείγμα με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού

Ποσοστό μεταβολής της ζήτησης ηλεκτρισμού Ποσοστό συμμετοχής στην ενεργειακή επάρκεια (%)	-30	-20	-10	0	10	20	30
Αιολικά	11	13	14	15	16	17	18
Ηλ. ενέργεια από συμπαραγωγή	11	13	12	11	11	11	10
Λέβητες ξύλων	31	30	29	29	28	27	26
ΔΕΗ	0	0	2	3	5	6	7
Λέβητες πετρελαίου	46	44	43	42	40	39	38

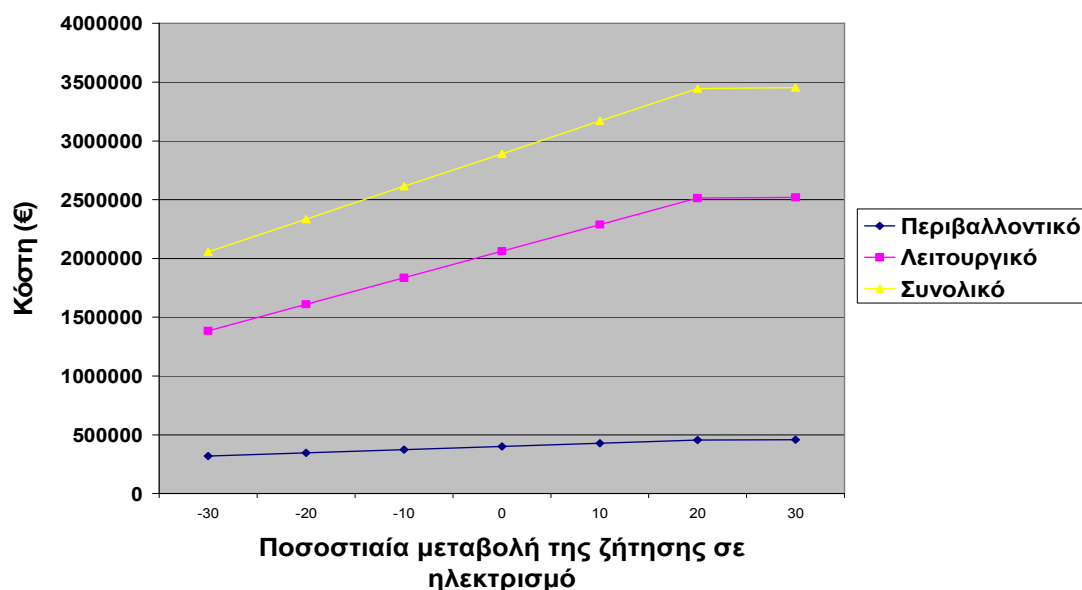
Σύμφωνα με τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα η αύξηση της ζήτησης σε ηλεκτρισμό συνεπάγεται συνεχή αύξηση του ποσοστού χρήσης των Α/Μ. Αντίθετα η συμβολή της ΔΕΗ, λόγω του υψηλού λειτουργικού κόστους έναντι αυτού των Α/Μ, είναι περιορισμένη.

Πίνακας 40: Βέλτιστα Κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού

Ποσοστιαία μεταβολή της ζήτησης ηλεκτρισμού Βέλτιστα κόστη (€)	-30	-20	-10	0	10	20	30
Περιβαλλοντικό	318509	345996	373484	400971	428458	455946	456538
Λειτουργικό	1384122	1610129	1836136	2062143	2288150	2514157	2519030
Συνολικό	2057604	2335410	2613215	2891021	3168826	3446632	3452621

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

Το συνολικό κόστος επηρεάζεται ελαφρώς πιο έντονα από την αύξηση της ζήτησης σε σχέση με το λειτουργικό. Το περιβαλλοντικό δεν παρουσιάζει αξιοσημείωτη μεταβολή.



Διάγραμμα 29: Βέλτιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση ηλεκτρισμού

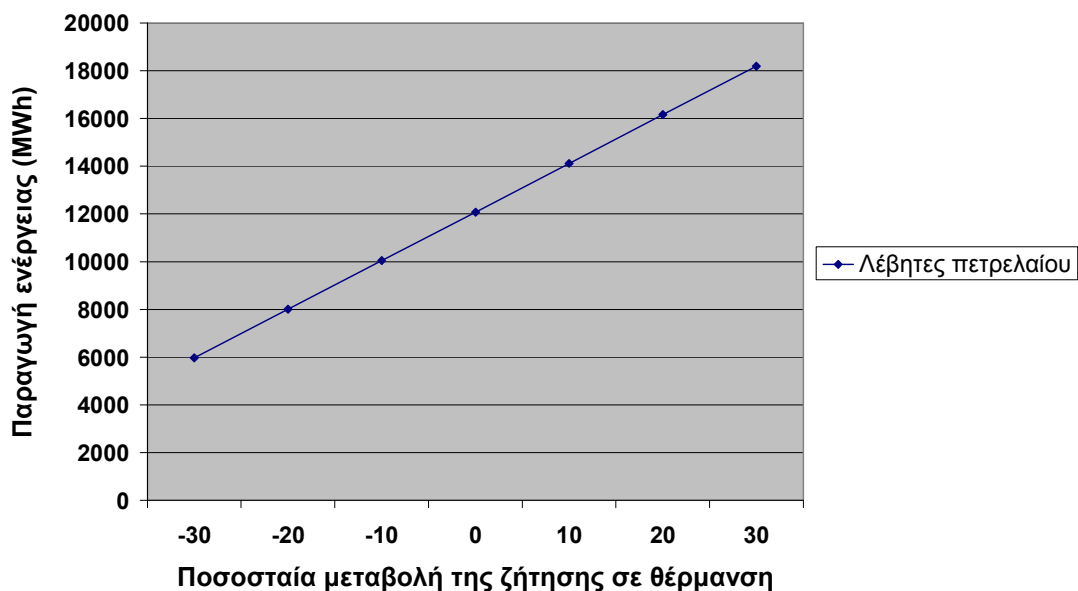
Μεταβολή της ζήτησης θέρμανσης

Πίνακας 41: Βέλτιστο ενεργειακό μείγμα με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης

Ποσοστό μεταβολής της ζήτησης θέρμανσης	-30	-20	-10	0	10	20	30
Παραγωγή ενέργειας (MWh)							
Αιολικά	4305	4305	4305	4305	4305	4305	4305
Ηλ. ενέργεια από συμπαραγωγή	3313	3313	3313	3313	3313	3313	3313
Λέβητες ξύλων	8283	8283	8283	8283	8283	8283	8283
ΔΕΗ	992	992	992	992	992	992	992
Λέβητες πετρελαίου	5969	8006	10042	12078	14115	16160	18186

Βιώσιμη ενεργειακή πολιτική σε ορεινές περιοχές

Οι συνεχώς αυξανόμενες θερμικές ανάγκες καλύπτονται από αυξανόμενη χρήση πετρελαίου. Η ποσότητα θερμότητας που παράγεται από λέβητες πετρελαίου δε μεταβάλλεται αφού είναι ίση με την αντίστοιχη δυναμικότητα της.

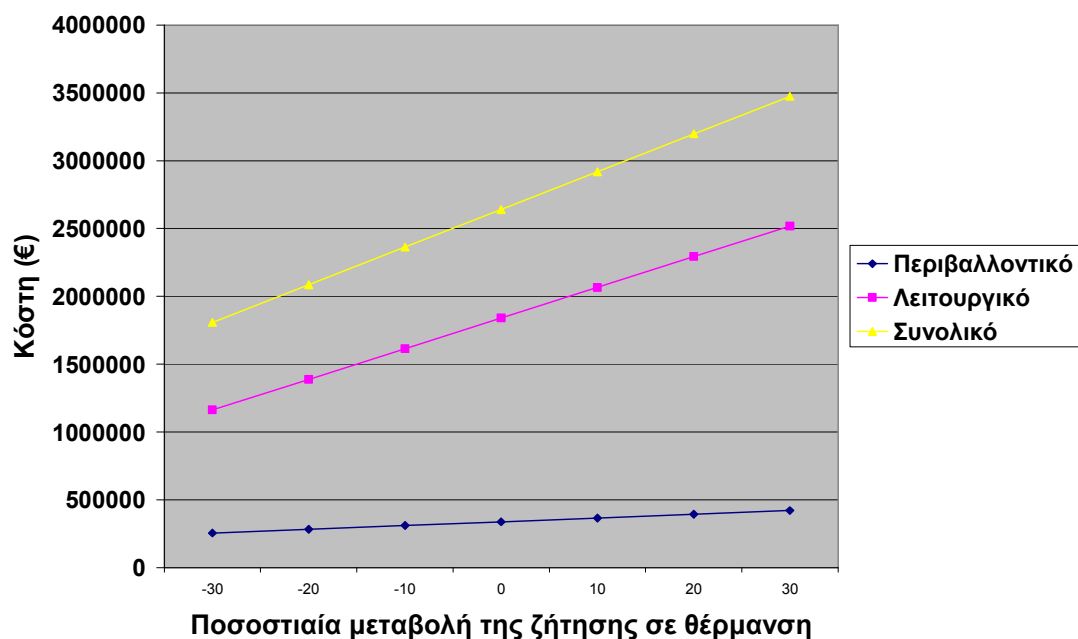


Διάγραμμα 30: Παραγωγή θερμότητας από λέβητες πετρελαίου με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θερμότητας

Πίνακας 42: Βέλτιστα Κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης

Ποσοστιαία μεταβολή της ζήτησης θέρμανσης Βέλτιστα κόστη (€)	-30	-20	-10	0	10	20	30
Περιβαλλοντικό	255302	282802	310288	337774	365273	392881	420232
Λειτουργικό	1161734	1387841	1613837	1839833	2065940	2292935	2517821
Συνολικό	1807337	2085265	2363057	2640848	2918777	3197797	3474224

Το πετρέλαιο αποτελεί για άλλη μια φορά το βασικό παράγοντα στον τομέα της θέρμανσης, προκαλώντας αύξηση του κόστους και κυρίως του συνολικού.



Διάγραμμα 31: Βέλτιστα κόστη με σταθερό υφιστάμενο λειτουργικό κόστος και μεταβλητή ζήτηση θέρμανσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Συμπεράσματα – Διαπιστώσεις

Η περίπτωση του δ.δ. Καρπενησίου αποδεικνύει ότι οι ορεινές περιοχές μπορούν μέσω των ΑΠΕ να καλύψουν μεγάλο μέρος και σε ορισμένες περιπτώσεις το σύνολο των ενεργειακών τους αναγκών. Οι θερμικές ανάγκες του Καρπενησίου, που λόγω των ιδιαίτερων κλιματολογικών συνθηκών είναι αυξημένες, μπορούν να καλυφθούν με σταθερότητα και συνέχεια μέσω της βιομάζας. Σε ότι αφορά τις ηλεκτρικές ανάγκες, η εγκατάσταση ανεμογεννητριών στα πλαίσια μια ήπιας αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού και συνυπολογίζοντας την αστάθεια της συγκεκριμένης ενεργειακής παροχής, είναι σε θέση να αποδώσουν σημαντική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Η βιομάζα μπορεί να καλύψει μέρος και των αναγκών σε ηλεκτρισμό με την καύση της στη μονάδα συμπαραγωγής. Συμπληρωματικά ποσά ηλεκτρισμού μπορούν να προέρθουν από τα φωτοβολταϊκά.

Η απεικόνιση της πραγματικότητας μέσω ενός μοντέλου σύμφωνου με τις αρχές του γραμμικού μονοκριτηριακού προγραμματισμού αποδείχθηκε ιδιαίτερα ευέλικτη και αποδοτική. Η πρωτοτυπία της παρούσης εργασίας έγκειται στην οικονομική αποτίμηση όλων των συνιστωσών του συστήματος και την ενσωμάτωσή τους σε μια κοινή, οικονομική βάση. Μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας, μεταβάλλοντας την τιμή παραμέτρων του προβλήματος, παρέχεται η δυνατότητα προσδιορισμού των σχέσεων και του βαθμού αλληλεξάρτησης τους, καθώς και αποτίμησης της βαρύτητάς τους. Τα παραπάνω κάνουν σαφή τη δομή και τους κανόνες που διέπουν το υπό μελέτη ενεργειακό σύστημα. Αποτελούν τη βάση για μελλοντικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων αφού επιτρέπουν την οριοθέτηση ρεαλιστικών στόχων και τον καθορισμό των παραγόντων στους οποίους θα πρέπει να επιδειχθεί ιδιαίτερη προσοχή για την επίτευξη τους, καθώς και την πρόβλεψη των επιπτώσεων και των αντιδράσεων που προκαλούν οι όποιες μεταβολές στο σύστημα.

Συγκεκριμένα, κατά την αρχική διερεύνηση η βέλτιστη πρόταση για το ενεργειακό μείγμα είναι:

Πίνακας 43: Η βέλτιστη πρόταση για το ενεργειακό μείγμα με τις ισχύουσες συνθήκες

	Παραγόμενη ενέργεια (MWh)
Αιολικά	2583
Ηλ. ενέργεια από συμπαραγωγή	3313
Λέβητες ξύλων	8283
ΔΕΗ	2714
Λέβητες πετρελαίου	12078

Η εφαρμογή αυτής της λύσης θα συνοδευτεί από μείωση του λειτουργικού κόστους κατά 34,5% και του περιβαλλοντικού κατά 37,4%, έναντι του αρχικού.

Η συνεισφορά της μελέτης ευαισθησίας κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική, ειδικά υπό συνθήκες οικονομικής κρίσης, αφού αποκάλυψε τους παράγοντες που επιδρούν δραστικότερα στο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος. Αναλυτικότερα, η ζήτηση θέρμανσης και η τιμή του πετρελαίου αποδείχθηκαν οι καθοριστικότεροι παράγοντες για το λειτουργικό κόστος και το συνολικό κόστος.

Στο πλαίσιο περεταίρω διερεύνησης, εξετάστηκαν συμπληρωματικά σενάρια. Στο πρώτο, αυξάνοντας το επιτρεπτό όριο συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα παρατηρήθηκε μείωση στα τρία βασικά κόστη, επιβεβαιώνοντας την ουσιαστική συνεισφορά των ΑΠΕ σε όλους τους τομείς της ανάπτυξης.

Στο δεύτερο μελετήθηκε η λειτουργία της μονάδας συμπαραγωγής με διαφορετικές ποσότητες καυσίμου. Δεν προέκυψε λύση με χρήση μόνο καυσόξυλων και του 50% της συνολικής ποσότητας της ξυλείας γεγονός που συνηγορεί προς τη χρήση του συνόλου της ποσότητας ξύλων.

Κατά την ανάπτυξη του 3ου σεναρίου όπου το τωρινό λειτουργικό κόστος παρέμεινε σταθερό, διαπιστώθηκε αντίθετα με τα προβλεπόμενα, ότι η αύξηση της ζήτησης σε ηλεκτρισμό προκάλεσε αύξηση της χρήσης του δικτύου της ΔΕΗ. Η αντίφαση αυτή αποδόθηκε στον περιορισμό που έχει τεθεί σχετικά με το ποσοστό αξιοποίησης των ΑΠΕ.

Στο τελευταίο σενάριο διατηρήθηκε ξανά σταθερό το λειτουργικό κόστος αλλά αυξάνοντας το ποσοστό κατανάλωσης της ενέργειας που προέρχεται από Α/Μ και Φ/Β κατά 50%. Η επιδίωξη του περιορισμού του λειτουργικού κόστους είχε ως συνεπακόλουθο την αυξημένη συμμετοχή των Α/Μ έναντι της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται από το δίκτυο της ΔΕΗ. Σε ότι αφορά τις αυξανόμενες θερμικές ανάγκες, αυτές καλύπτονται με ανάλογη αύξηση της ποσότητας πετρελαίου αφού η θερμότητα που προέρχεται από λέβητες ξύλων είναι ίση με τη δυναμικότητά τους.

Η ορθή διαχείριση του ανανεώσιμου δυναμικού των ορεινών περιοχών προϋποθέτει την αναλυτική καταγραφή των ενεργειακών πόρων και στη συνέχεια την προσεκτική επεξεργασία των συγκεντρωμένων στοιχείων. Εκτός τούτου, για να κριθεί ολοκληρωμένος ο σχεδιασμός απαιτείται η συνεκτίμηση όλων των συνιστωσών του θέματος, περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική, επιδεικνύοντας τον απαιτούμενο

σεβασμό στις ιδιαιτερότητες, τους περιορισμούς και τις ασταθείς ισορροπίες των ορεινών οικοσυστημάτων.

Κανένας όμως σχεδιασμός δεν θα είναι επιτυχής αν δεν έχει τη στήριξη των τοπικών αρχών και της τοπικής κοινωνίας. Οι ρόλοι τους είναι εξίσου σημαντικοί, διακριτοί και αλληλεπιδραστικοί. Οι τοπικές αρχές θα πρέπει να δρομολογήσουν με συνέπεια και συστηματικότητα το εγχείρημα ώστε να διανεμηθούν τα οφέλη σε όλα τα κοινωνικά στρώματα και να το επικοινωνήσουν στους πολίτες τους όχι ως μια ενεργειακή επιλογή αλλά ως επιβεβλημένη λύση. Βασική προϋπόθεση αποτελεί η αποδοχή και η στήριξη της όλης προσπάθειας από την πλευρά της τοπικής κοινωνίας και η ανταπόκριση της σε συμμετοχικές δράσεις για την υλοποίηση των στόχων του σχεδιασμού. Με την πλήρωση όλων των προϋποθέσεων και την ικανοποίηση των απαιτήσεων που αναφέρθηκαν είναι δυνατή η βιώσιμη ανάπτυξη των ορεινών περιοχών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- European Commission (2009). EU energy trends to 2030
- Genter A., Guillou-Frottier L., Breton J.P., Denis L., Dezayes Ch., Egal E., Feybesse J.L., Goyeneche O., Nicol N., Quesnel F., Quinquis J.P., Roig J.Y., Schwartz S. (2004). Typologie des systèmes géothermiques HDR/HFR en Europe)
- Georgopoulou E., Lalas D., Papagiannakis L. (1996) A multicriteria decision aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option. European journal of operational research
- ICIMOD (2011). Green Economy and Sustainable Mountain Development-Taking the Hindu Kush-Himalayan Region as a Reference. International Conference on Green Economy and Sustainable Mountain Development.Opportunities and Challenges in View of Rio+20 5–7 September 2011, Kathmandu, Nepal
- Loken E. (2005). Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning. Renewable and sustainable energy reviews (2007) 1584-1595.
- Renewable energy policy network for the 21st century (2011). Renewables 2011 Global status report
- Santamouris M., Kapsis K., Korres D., Livada I., Pavlou C., Assimakopoulos M. (2006). On the relation between the energy and social characteristics of the residential sector.
- Schellschmidt R., Hurter S. (2003). Atlas of geothermal resources of Europe. Geothermics, 32, 4-6, 779-787.
- The European Climate Foundation, Sveaskog, Södra, and Vattenfall . Biomass for heat and power, Opportunity and economics
- The European Wind Energy Association (2011) - Annual Report 2011
- Euromontana (2010). Energy in Mountain Areas - Strategy Proposal Position paper of Euromontana

B. Ελληνική βιβλιογραφία

- Αλιβιζάτος Σ. (2011). *Εφαρμογές Πολυκριτηριακού Μαθηματικού Προγραμματισμού με τη χρήση της γλώσσας μοντελοποίησης GAMS*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
- Ασκούνης Δ. Σημειώσεις του μαθήματος «Διοίκηση παραγωγής&Συστημάτων υπηρεσιών». Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχ.&Μηχ. Υπολογιστών, Ε.Μ.Π.
- Βαϊνά Ε. *Μέθοδοι λήψης βέλτιστων αποφάσεων και εφαρμογές τους στις επιχειρήσεις*. Διπλωματική εργασία. Μ.Π.Σ. «Διοίκηση και οικονομία». Τμήμα Οικονομικών επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Βάσου Β. (2008). *Η Συμβολή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Βιώσιμη Τουριστική Ανάπτυξη της Κύπρου*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Γεωγραφίας και Περιφερειακού Σχεδιασμού, Ε.Μ.Π.
- Βεργίου Στ. Αειφόρος ανάπτυξη ορεινών οικισμών και περιοχών
- Βούλγαρης Ι. (2007). *Σχεδιασμός επέκτασης δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με τη μέθοδο Benders και αξιολόγηση με χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. τομέας ηλεκτρικής ισχύος. Ε.Μ.Π.
- Γεράσης Ε. (2011). *Πράσινη ανάπτυξη και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην ευρωπαϊκή και ελληνική ύπαιθρο*. Διπλωματική εργασία. Τμήμα Γεωγραφίας -Π.Μ.Σ. «Εφαρμοσμένη γεωγραφία και διαχείριση του χώρου», Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Δαμάτη Α., Θεοχαρόπουλος Δ., Ματθόπουλος Δ. (2007). *Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών με Αξιοποίηση των Φυσικών Πόρων. Η περίπτωση του Δήμου Μετσόβου*. 5^ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του Ε.Μ.Π. και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π., 27-30 Σεπτεμβρίου 2007.
- Δαγκαλίδης Α. (2010) – Κλαδική μελέτη, Αιολικά πάρκα.
- Δημητρακοπούλου Ν. (2009). *Η συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη βιώσιμη ανάπτυξη της Πάτρας*. Διπλωματική εργασία. Τμήμα οικιακής οικονομίας και οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Διμελλή Δ. Το δίκτυο των οικισμών της Ελλάδας. Καταγραφή τάσεων και διαπίστωση προοπτικών

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (2006). Ολοκληρωμένο Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων για την Αξιολόγηση των Επιπτώσεων από την Εισαγωγή Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών στη Βιομηχανία (DAF-BAT)

Ελλάδα – Νομός Ευρυτανίας (2006). Εκδόσεις Δομή

Θυμιανίδης Μ. (2011). *Περιβαλλοντικός σχεδιασμός βιομηχανικών προϊόντων με χρήση εργαλείων μαθηματικού προγραμματισμού*. Διπλωματική εργασία. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, , Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Κάπρος Π., Μάντζος Λ., Ντελκής Κ. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: επισκόπηση πρόσφατων αναλύσεων για την ευρωπαϊκή επιτροπή

Κατσουλάκος Ν., Καλιαμπάκος Δ. (2010) Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Ορεινές Περιοχές. 6^ο Διεπανεπιστημιακό συνέδριο του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π. 16-19 Σεπτεμβρίου 2010

Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ. Σημειώσεις του μαθήματος «Οικονομική του περιβάλλοντος». Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και ανάπτυξη», Ε.Μ.Π.

Κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε). Μελέτη για την προετοιμασία του εθνικού χωροταξικού σχεδίου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Κ.Α.Π.Ε. (2007). Εκτίμηση του Εθνικού δυναμικού Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού & Θερμότητας στην Ελλάδα

Κ.Α.Π.Ε. (2006). Ετήσια έκθεση 2006

Κ.Α.Π.Ε. (2008). Ετήσια έκθεση 2008

Κ.Α.Π.Ε. Εγχειρίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για δυνητικούς χρήστες.

Κ.Α.Π.Ε. Μελέτη για την προετοιμασία του εθνικού χωροταξικού σχεδίου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Κ.Α.Π.Ε. (2007) - Εκτίμηση του Εθνικού δυναμικού Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού & Θερμότητας στην Ελλάδα

Κίζος Θ., Σπιλάνης Ι., Πραλακίδης Σ. Ελκυστικότητα και λιγότερο ευνοημένες περιοχές: τι πιστεύουν οι αρχηγοί αγροτικών εκμεταλλεύσεων στη Λέσβο

Κολοβού Γ. (2009). *Η διοικητική επιστήμη στο Μάρκετινγκ. Κατασκευή μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού σε ένα πρόβλημα πωλήσεων*. Μ.Π.Σ. «Διοίκηση επιχειρήσεων». Πανεπιστήμιο Πατρών.

- Κουμπαρούλης Γ. (2011) *Πολυκριτηριακή Ενεργειακή Βελτιστοποίηση με τη χρήση της μεθόδου Augmecosn*. Διπλωματική εργασία. Τμήμα χημικών μηχανικών. Τομέας II: Ανάλυσης, σχεδιασμού και ανάπτυξης διεργασιών και συστημάτων. ΕΜΠ
- Κουντούρη Φ. (2008). *Αξιολόγηση Επενδύσεων και Προγραμμάτων*, Οικονομικό πανεπιστήμιο Αθηνών
- Κουρουθιανάκη Π. (2012). *Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Διοίκησης&οικονομίας, Τμήμα Λογιστικής, ΤΕΙ Κρήτης.
- Κυριτσάκη Ο. (2009). *Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Διοίκησης και οικονομίας, Τμήμα Διοίκησης επιχειρήσεων, ΤΕΙ Κοζάνης.
- Κωστούλας Αχ., Θεοδωρόπουλος Ν., Βόκας Γ.. *Υπολογισμός βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης για ελληνικές πόλεις με τη χρήση διαφόρων μεθοδολογιών*
- Λαφαζάνη Π. *Περιφερειακές διαφοροποιήσεις στον Γεωγραφικό Χώρο του Ορεινού Πληθυσμού της Ελλάδας (ΓΧΟΠΕ)*
- Λυμπέρης Γ. (2012). *Αποτύπωση ενεργειακής φυσιογνωμίας Ν. Σερρών-υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές διείσδυσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας*. Μεταπτυχιακή εργασία. Δ.Μ.Π.Σ. «Οργάνωση & διοίκηση τεχνικών συστημάτων», Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
- Μαυρωτάς Γ. (2000). *Πολυκριτηριακός προγραμματισμός σε συνθήκες αβεβαιότητας. Κατασκευή συστήματος υποστήριξης αποφάσεων και εφαρμογή στον ενεργειακό σχεδιασμό*. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Χημικών μηχανικών, Ε.Μ.Π..
- Μαυρόγιαννος Μ., Μπαρμπαγιάννης Ν., Παπανικολάου Ι, Σταματόπουλος Χ., Τσολομύτη Γ., Ψαρρέας Π., Ψαρρός Σ. (2006) *Αναπτυξιακό Σχέδιο για το Νομό Ευρυτανίας στη Βάση της Αρχής της Ολοκληρωμένης Αξιοβίωτης Ανάπτυξης*. Μεταπτυχιακή Συλλογική Εργασία στο πλαίσιο των μαθημάτων «Εισαγωγή στις Επιστήμες της Ανάπτυξης και του Περιβάλλοντος» & «Μέθοδοι και Τεχνικές Παρατήρησης και Παρακολούθησης του Περιβάλλοντος». Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και ανάπτυξη», Ε.Μ.Π.

- Μέγα Μ. (2010), Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα (Μ.Υ.Η.Ε.) στις Ορεινές Περιοχές και οι Επιπτώσεις τους στο Περιβάλλον. 6^ο Διεπανεπιστημιακό συνέδριο του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π. 16-19 Σεπτεμβρίου 2010
- Μπαλαφούτη Π. (2010). Μορφές ανάλυσης ευαισθησίας για προβλήματα γραμμικού προγραμματισμού. Μεταπτυχιακή εργασία. Διατμηματικό μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών «Μαθηματικά των υπολογιστών και των αποφάσεων», Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Μπάτης Ν., Γκανάς Ι., Γεωργίου Α. (2004). Σημειώσεις: Περίληψη της Ύλης της Επιχειρησιακής Έρευνας. Πρόγραμμα Σπουδών: Διοίκηση επιχειρήσεων και οργανισμών. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
- Μποναζούνας Μ., Καλλιδρομίτου Δ. (2001). Πανεπιστημιακές σημειώσεις του μαθήματος «Υδάτινοι πόροι και ανάλυση περιβαλλοντικών συστημάτων». Ε.Μ.Π.
- Μπότσαρης Χ., Τσάντας Ν., Γεωργίου Α. (2004). Σημειώσεις γραμμικού προγραμματισμού. Πρόγραμμα σπουδών: Διοίκηση επιχειρήσεων και οργανισμών. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Μπουτέτσιου Ε. (2010). *Ενεργειακή Αξιοποίηση Δασικής Βιομάζας: Η Περίπτωση του Μετσόβου*. Μεταπτυχιακή εργασία. Δ.Μ.Π.Σ. «Περιβάλλον και ανάπτυξη», Ε.Μ.Π.
- Μπουτέτσιου Ελ., Κατσουλάκος Ν.. *Ενεργειακή Αξιοποίηση Δασικής Βιομάζας: Η περίπτωση του Μετσόβου*. 6ο Διεπανεπιστημιακό συνέδριο του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π. 16-19 Σεπτεμβρίου 2010.
- Παπαγιάννης Α., Ρούσσοσ Δ. (2012) *Αποτίμηση εξωτερικού κόστους από την εκπομπή αιωρούμενων σωματιδίων κατά την εξόρυξη λιγνίτη*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π.
- Παπαδημάτου Α., Ρόκος Δ. (2001) «Βιώσιμη» και Αξιοβίωτη Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας και του κόσμου
- Παπακώστας Κ., Τσιλιγκιρίδης Γ., Κυριάκης Ν. Εκτίμηση Βαθμομερών Ψύξης 50 Ελληνικών Πόλεων
- Παρασκευόπουλος Κ. (2008). *Υλοποίηση πολυκριτηριακής μεθόδου ΑΗΡ*.

Διπλωματική εργασία. Σχολή θετικών επιστημών, Τμήμα πληροφορικής,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Σαμιωτάκης Α., Τσίτουρα Μ., Τσούτσος Θ. (2010). Έρευνα για την κοινωνική
διάσταση της ενεργειακής ζήτησης στη Κρήτη

Σαρτζετάκης Ε., Παπανδρέου Α. (2002). Βιώσιμη Ανάπτυξη: Οικονομική Επιστήμη
και Διεθνές Θεσμικό Πλαίσιο

Σημειώσεις του μαθήματος «Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα» (2006).
Γραμμικός προγραμματισμός. Σχολή εφαρμοσμένων μαθηματικών και
φυσικών επιστημών. Ε.Μ.Π.

Σμπόνιας Σ. (2011). *Ανάπτυξη συστήματος λήψης απόφασης για τη βελτιστοποίηση
χρήσης πηγών ενέργειας στις ορεινές περιοχές*. Μεταπτυχιακή εργασία.
Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και ανάπτυξη», Ε.Μ.Π.

Τολίδης Κ., Γιαννακοπούλου Στ., Δαμίγος Δ. (2010). Εκτίμηση της Προθυμίας
Πληρωμής των Κατοίκων του Μετσόβου για τη διατήρηση της
Παραδοσιακής Αρχιτεκτονικής του Οικισμού. 6ο Διεπανεπιστημιακό
συνέδριο του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του
Ε.Μ.Π. 16-19 Σεπτεμβρίου 2010

Τρομπούκης Α. (2010). Η συμβολή της παράδοσης στην Ολοκληρωμένη και
Αξιοβίωτη Ανάπτυξη των ορεινών περιοχών. 6^ο Διεπανεπιστημιακό
συνέδριο του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του
Ε.Μ.Π. 16-19 Σεπτεμβρίου 2010

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής- (Υ.Π.Ε.Κ.Α.) (2009). 5η
Εθνική έκθεση για το επίπεδο διεύθυνσης της ανανεώσιμης ενέργειας το έτος
2010 (Άρθρο 3 οδηγίας 2001/77/ΕΚ)

Υ.Π.Ε.Κ.Α. (2012). Εθνικός Ενεργειακός - Σχεδιασμός οδικός χάρτης για το 2050

Υ.Π.Ε.Κ.Α. (2011). Ετήσια Έκθεση της Υπηρεσίας Α.Π.Ε. Έτος 2010

Υ.Π.Ε.Κ.Α. (2009). Επιχειρησιακό πρόγραμμα «περιβάλλον και αειφόρος ανάπτυξη».

«Ολοκλήρωση του σχεδιασμού των υπολειπόμενων έργων Δ.Α και ΕΛΛ οικισμών Γ'
προτεραιότητας με πληθυσμό αιχμής > 2.000 Μ.Ι.Π, ωρίμανση έργων ΔΑ
και ΕΕΛ οικισμών γ' προτεραιότητας με χαμηλή η καμία ωριμότητα και
πρόγραμμα αποκατάστασης λειτουργικότητας ΕΕΛ σε αδράνεια»

Υ.Π.Ε.Κ.Α. - Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Δ.Π.Μ.Σ. “Περιβάλλον και ανάπτυξη”

Φιλιππάκη Δ. (2008). *Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η εξοικονόμηση ενέργειας ως τρόποι αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών*. Διπλωματική εργασία. Δ.Π.Μ.Σ. «Περιβάλλον και ανάπτυξη», Ε.Μ.Π.

Ψιλοβίκος Αρ., Τζιμόμπουλος Χρ. Ανάλυση ευαισθησίας των συντελεστών κόστους στην περίπτωση βελτιστοποίησης υπόγειου υδροφορέα με γραμμικό προγραμματισμό

Γ. Ηλεκτρονικές Πηγές

http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/04/blog-post_1246.html

http://kriemhild.uft.uni-bremen.de/nop/el/articles/pdf/sustainability_el.pdf

<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/technologia.htm>

<http://www.evrytania.eu/>

<http://www.evrytan.gr/>

[24h.gr](http://www.24h.gr), Τριπλασιάστηκε η παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά -

<http://www.24h.gr/section/periballon/triplasiastike-i-paraqogi-energeias-apo-fotovoltaika>

Econews , Φωτοβολταϊκά: επιβράδυνση ρυθμών ανάπτυξης στην Ευρώπη – Νέα έκθεση, 11/5/12 - <http://www.econews.gr/2012/05/11/fotovoltaiika-anaptyxi-europi-epia/>

Econews , Αιολική ενέργεια: 21,4% της νέας ηλεκτρικής ισχύος στην Ευρώπη το 2011 από τον αέρα, 7/3/12 - <http://www.econews.gr/2012/02/07/aioliki-energeia-ewea-europi2011/>

Enel. (2011). Hydropower potential in Europe,10/10/11 - <http://www.enel.com/en-GB/media/news/hydropower-potential-in-europe/p/090027d981a1b492>

Energypress, Bob Doucette: Οι προοπτικές για την ανάπτυξη των υδροηλεκτρικών στην Ευρώπη, 12/7/12. - <http://www.energypress.gr/news/Oi-prooptikes-gia-thn-anaptyxh-twn-ydrohlektrikwn-sthn-Eyrowph>

Energypress, Δέκατη η Ελλάδα στους 27 της ΕΕ για την αιολική ενέργεια, 7/2/12 - <http://www.energypress.gr/news/aiolika-anemogennitries/ELETAEN:-Dekath-h-Ellada-stoys-27-ths-EE-gia-thn-aiolikh-anergeia>

Europa-

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/sustainable_development/index_el.htm

Europa -

http://europa.eu/legislation_summaries/energy/external_dimension_enlargement/l27037_el.htm

Europa

http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/l27062_el.html

Europa

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52001DC0069:EL:HTML>

Europa-

http://eurlex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=el&type doc=Directive&an doc=2001&nu doc=77

Europa-

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:052:0050:0050:EL:PDF>

Europa-

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:el:PDF>

European commission –Research&innovation-

http://ec.europa.eu/research/energy/eu/research/hydropower/background/index_en.htm

European commission –Research&innovation-

http://ec.europa.eu/research/energy/eu/research/geothermal/background/index_en.htm

European commission –Research&innovation- Eunice energy group -

http://www.eunice-group.com/index.php?option=com_content&view=article&id=155&Itemid=169&lang=el

European photovoltaic industry association - <http://www.epia.org/index.php?id=18>

Geothermal Education office - <http://geothermal.marin.org/>

News247.gr. Ουραγός της Ευρώπης η Ελλάδα και στην αιολική ενέργεια, 19/4/12 - http://news247.gr/eidiseis/oikonomia/oikonomika/oyragos_ths_eyrwphs_h_e_llada_kai_sthn_aiolikh_energeia.1739387.html

Renewable energy world.com. Roundup of Hydro Activity in Europe, 26/1/11.

<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/01/roundup-of-hydro-activity-in-europe>

The European Commission -

http://ec.europa.eu/energy/renewables/reports/doc/com_2011_0031_en.pdf

Ελληνική επιστημονική ένωση αιολικής ενέργειας. Η Στατιστική Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα, Μαΐος 2012, 7/6/12 - <http://www.eletaen.gr/drupal/bulleting/710>

Ελληνική εταιρεία εξοικονόμησης ενέργειας - <http://www.eeee.gr/>

Ένωση περιφερειών Ελλάδας - <http://www.enpe.gr/>

Ελληνική στατιστική αρχή - <http://www.statistics.gr>

Επιμελητήριο Φθιώτιδας - <http://www.fthiotidoscc.gr/>

Ευρωπαϊκή επιτροπή - http://ec.europa.eu/news/energy/120608_el.htm

Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο. Αειφόρος ανάπτυξη και περιβαλλοντικά ζητήματα, 7/2008 -

http://circa.europa.eu/irc/oroce/fact_sheets/info/data/policies/environment/article_7294_el.htm

Ζαχαρίου Α. (2010) Επενδύσεις Φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα, Στόχοι – Οφέλη – Εμπόδια. Συνέδριο "Ενέργεια: Σημερινή εικόνα-σχεδιασμός-προοπτικές" ΤΕΕ, 8-10 Μαρτίου 2010 - http://library.tee.gr/digital/m2483/m2483_zahariou.pdf

Κατσίρη Α. Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία - Ενέργεια από βιομάζα, (2010) - <http://itia.ntua.gr/~nikos/energy/ene-biomass.pdf>

Καφαντάρης Τ. (2012). Μπορούν να μας σώσουν τα φωτοβολταϊκά; Το βήμα <http://www.tovima.gr/science/article/?aid=467879>

Μανιάτης Γ. (2011), Το σύνολο της διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται σε 7.500.000,9/11/11-

<http://www.buildnet.gr/default.asp?pid=246&la=1&catid=224&artid=3156>

Οικονόμου Ε. Περιοχές κυματικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού και η χωροθέτηση τους στο Αιγαίο, (2010) – http://www.teiath.gr/userfiles/topoadmin/documents/ekdiloseis/HMERIDA_26_05_2010.files/TEI_26052010_OIKONOMOU.pdf

Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας - <http://www.pste.gov.gr>

Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών - <http://www.helapco.gr/>

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής- <http://www.ypeka.gr>

Υ.Π.Ε.Κ.Α.- <http://www.opengov.gr/minenv/?p=4201>

Υ.Π.Ε.Κ.Α. - <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=446>