

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ – ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ**

**«ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ»**

**ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**"ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ  
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ Α.Π.Ε.  
ΣΕ ΛΑΤΟΜΕΙΟ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΑΡΜΑΡΟΥ"**

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ**

**ΔΙΠΛ. ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: Δρ. ΦΟΥΝΤΗ Μ., ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΣΧΟΛΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2003

# ΔΗΛΩΣΗ

Η παρούσα εργασία έλαβε χώρα στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών από το Πανεπιστήμιο Πειραιώς και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο στην «Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων» με κατεύθυνση «Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος», κατά τη χρονική περίοδο Απρίλιος – Δεκέμβριος 2003, με τη συνεχή επίβλεψη της Αναπληρώτριας Καθηγήτριας της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π., Δρ. Μ. Φούντη. Αποτελεί δε πρωτότυπη μελέτη και εκπονήθηκε αποκλειστικά για την απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου.

# **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Καταρχήν, αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω την ευγνωμοσύνη στην Αναπληρώτρια Καθηγήτρια της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π., Δρ. Φούντη Μαρία, για την εμπιστοσύνη την οποία μου επέδειξε και την αδιάκοπη αρωγή και καθοδήγηση που προσέφερε, καθ' όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής και συγγραφής της πτυχιακής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζω στον κ. Κ. Λασκαρίδη, ερευνητή του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών για τις πολύτιμες πληροφορίες που παρείχε σχετικά με την επιχείρηση και συνεισφορά του στην εκπόνηση της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη διοίκηση της επιχείρησης του λατομείου, «ΜΑΡΜΑΡΑ ΛΑΣΚΑΡΙΔΗ Α.Ε.Β. Ε.» για την συνεργασία τους και τα στοιχεία που παρείχαν.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....1**

1. ΣΚΟΠΟΣ.....	1
2. ΤΟ ΣΗΜΕΡΙΝΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	3
2.1. Γενικά.....	3
2.2. Εμπορική Δραστηριότητα.....	4
2.3. Νομοθετικό Πλαίσιο της Ελλάδας.....	5
2.4. Συμπεράσματα και Προοπτικές του Κλάδου.....	6
2.5. Χαρακτηριστικά Ελληνικού Μαρμάρου.....	7
2.5.1. Σύσταση και Ποιότητα.....	7
2.5.2. Φυσικομηχανικά Χαρακτηριστικά.....	8
3. Η ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΘΑΣΟ.....	10
3.1. Γενικά.....	10
3.2. Γεωλογία του Νησιού.....	11
3.3. Ιστορικά Στοιχεία.....	12
4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΑΡΜΑΡΟΥ.....	14
4.1. Γενικά.....	14
4.2. Μέθοδοι Εξόρυξης και Τύποι Λατομείων.....	14
4.3. Εξορυκτική Διαδικασία.....	15
4.4. Τεχνολογίες Εξόρυξης.....	16
4.4.1. Κοπή με Διάτρηση.....	17
4.4.2. Κοπή με Τριβή.....	18
4.4.3. Κοπή με Κατάρτιση.....	20

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

1. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ.....	22
--	----

1.1. Σκοπός Ενεργειακής Διαχείρισης.....	22
1.2. Οφέλη από την Ενεργειακή Εξοικονόμηση.....	23
1.3. Τύποι Ενεργειακών Επιθεωρήσεων.....	23
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	25
2.1. Τυπικά Εργαλεία Ενεργειακών Επιθεωρήσεων.....	26
3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ.....	28
3.1. κριτήρια σχεδιασμού.....	28
3.2. Προκαταρκτική Ενεργειακή Επιθεώρηση.....	29
4. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ.....	31
4.1. Κριτήρια.....	31
4.1.1. Τεχνικά και Λειτουργικά Κριτήρια.....	31
4.1.2. Οικονομικά και Χρηματοδοτικά Κριτήρια.....	31
5. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	33
5.1. Αναγκαιότητα της Οικονομικής Αξιολόγησης.....	33
5.1.1. Βασικές Χρηματοοικονομικές Έννοιες.....	33
5.1.2. Βασικά Οικονομικά Κριτήρια Αξιολόγησης Επεμβάσεων.....	35
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ</b>	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	38
1.1. Συλλογή Βασικών Ενεργειακών Στοιχείων και Πληροφοριών Λειτουργίας.....	38
1.1.1. Περιγραφή της Επιχείρησης.....	39
1.1.2. Χαρακτηριστικά Εξορυσσόμενου Πετρώματος.....	40
1.1.3. Ηλεκτρομηχανολογικός Εξοπλισμός.....	41
1.1.4. Κινητός Εξοπλισμός – Οχήματα.....	42
1.1.5. Αποτύπωση Ενεργειακών Ροών.....	45
1.1.6. Περιγραφή Οικονομικών Μεγεθών.....	46
1.2. Υπολογισμός Ενεργειακού Ισοζυγίου.....	50
1.3. Αναγνώριση Δυνατοτήτων Εξοικονόμησης Ενέργειας.....	54
1.4. Υπολογισμός της Αναμενόμενης Εξοικονόμησης.....	58

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ.....	62
2.1. Σύστημα Συμπαγωγής.....	62
2.2. Σύστημα Φωτοβολταϊκών Πλαισίων.....	73
2.3. Εγκατάσταση Ανεμογεννήτριας.....	80
3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ.....	88
3.1. Σύστημα Συμπαγωγής.....	89
3.2. Σύστημα Φωτοβολταϊκών Πλαισίων.....	92
3.3. Εγκατάσταση Ανεμογεννήτριας.....	95
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b>	
1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	98
2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	103

# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά την ενεργειακή επισκόπηση μίας αντιπροσωπευτικής για την εγχώρια αγορά μικρομεσαίας επιχείρησης εξόρυξης μαρμάρου αναφορικά με τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα και τον ετήσιο κύκλο εργασιών του. Η επιχείρηση που εξετάζεται στη συγκεκριμένη μελέτη αφορά το λατομείο εξόρυξης λευκού δολομιτικού μαρμάρου με την εμπορική ονομασία «ΠΡΙΝΟΣ», στη θέση «Τσιπόπηση» στην περιοχή Λιμένας της Θάσου. Η συστηματική καταγραφή των ενεργειακών ροών στο εν λόγω λατομείο είναι δυνατόν να αποτελέσει έναν οδηγό για την ενεργειακή αξιολόγηση και άλλων λατομείων εξόρυξης μαρμάρου ή παρεμφερών βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Το ενδιαφέρον για τη διενέργεια της ενεργειακής επιθεώρησης προκύπτει καταρχήν από το γεγονός ότι το υπό μελέτη λατομείο, λόγω της χωροθέτησής του, δεν είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο προκαλεί ιδιαίτερη επιβάρυνση στο λειτουργικό κόστος της επιχείρησης εξαιτίας των αυξημένων ενεργειακών καταναλώσεων. Επιπλέον κίνητρα για την εκπόνηση της μελέτης αποτελούν η επιθυμία βελτίωσης της παραγωγικότητας του λατομείου και η επιμήκυνση της εργασιακής και παραγωγικής περιόδου, τα οποία θα έχουν άμεσο αντίκτυπο στα οικονομικά αποτελέσματα της επιχείρησης.

Η ενεργειακή επισκόπηση του λατομείου πραγματοποιείται με τη διενέργεια μιας προκαταρκτικής ενεργειακής επιθεώρησης, ο αντικειμενικός σκοπός της οποίας συνίσταται στον προσδιορισμό των κατάλληλων συνθηκών λειτουργίας της μονάδας για την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας που παράγεται. Αντικείμενο της προκαταρκτικής ενεργειακής επιθεώρησης είναι η συστηματική καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης για την αποτίμηση των ενεργειακών ροών της εγκατάστασης. Τα επιθυμητά αποτελέσματα αυτής της διαδικασίας περιλαμβάνουν την ανεύρεση των κατάλληλων τεχνικοοικονομικών μέτρων με τη χρήση των οποίων βελτιστοποιείται η ενεργειακή και λειτουργική εικόνα του υπό μελέτη λατομείου, καθώς και των προϋποθέσεων υπό τις οποίες είναι εφικτή και οικονομικά βιώσιμη η εφαρμογή τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η οργάνωση μιας πρωταρχικής ενεργειακής επιθεώρησης προϋποθέτει την εξασφάλιση της αμέριστης συμμετοχής του διοικητικού προσωπικού και εργατικού δυναμικού της επιχείρησης. Για την παρούσα ανάλυση το προσωπικό της επιχείρησης αποτέλεσε μία σημαντική πηγή πληροφοριών, καθώς η επιθεώρηση βασίστηκε σε στοιχεία που παρείχε η διοίκηση της εταιρείας και οι χειριστές του εξοπλισμού του λατομείου. Η ενεργειακή επισκόπηση χωρίστηκε σε πέντε διακριτά στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο της μελέτης συλλέχθηκαν ιστορικά στοιχεία για την επιχείρηση, δεδομένα για την παραγωγική διαδικασία και την οικονομική κατάσταση, κατεγράφη ο διαθέσιμος ηλεκτρομηχανολογικός και κινητός εξοπλισμός και τα αντίστοιχα τεχνικά χαρακτηριστικά, προσδιορίστηκαν τα είδη των καταναλώσεων και αποτυπώθηκαν οι ενεργειακές ροές. Κατά το δεύτερο στάδιο, καταστρώθηκε το ενεργειακό ισοζύγιο και υπολογίστηκε το ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας που παραμένει

αναξιοποίητο. Επιπλέον, εκτιμήθηκε η επιβάρυνση των οικονομικών αποτελεσμάτων της επιχείρησης από την κατανάλωση πετρελαίου για τη λειτουργία του πετρελαιοκίνητου εξοπλισμού και συγκρίθηκε με το αναμενόμενο λειτουργικό κόστος με βάση τις προδιαγραφές των κατασκευαστών. Ακολούθως, έγινε αναγνώριση των δυνατοτήτων για αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και μείωση της παραγόμενης ενέργειας που παραμένει αναξιοποίητη. Με τον τρόπο αυτόν προσδιορίστηκαν τα περιθώρια βελτίωσης της υφιστάμενης από ενεργειακής και οικονομικής κατάστασης και τα μέτρα με τα οποία μπορεί αυτή η βελτίωση να επιτευχθεί. Τέλος, έγινε περιγραφή και αξιολόγηση των προτεινόμενων μέτρων με τεχνικά και οικονομικά κριτήρια και καταστρώθηκε σχέδιο ενεργειών με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Από τα μέτρα που προτάθηκαν ιδιαίτερη βαρύτητα δόθηκε στην αξιολόγηση τριών εναλλακτικών επενδυτικών εγχειρημάτων που σχετίζονται με την υλοποίηση μιας μονάδας συμπαραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα υπολειμμάτων ελαιοκαλλιέργειας (ελαιοπυρήνας και πυρηνόξυλο), την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής και την εγκατάσταση συστοιχίας ανεμογεννητριών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της εξεταζόμενης επιχείρησης. Και στις τρεις περιπτώσεις μελετάται, με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά των προτεινόμενων συστημάτων, η δυνατότητα υποκατάστασης των υφιστάμενων γεννητριών και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Τέλος, μέσω της μελέτης εφικτότητας που έλαβε χώρα επιδιώκεται ο προσδιορισμός των προϋποθέσεων υπό τις οποίες οι προτεινόμενες επενδύσεις μπορούν να αποβούν κερδοφόρες και η εκτίμηση της οικονομικής βιωσιμότητάς τους.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1. ΣΚΟΠΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποσκοπεί στην καταγραφή των ενεργειακών καταναλώσεων και τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου ενός λατομείου εξόρυξης μαρμάρου, προκειμένου να εκτιμηθεί η υφιστάμενη κατάσταση και να προταθούν τα κατάλληλα τεχνικοοικονομικά μέτρα για την βελτίωση της.

Το λατομείο που εξετάζεται βρίσκεται στην περιοχή Λιμένα, στη θέση «Τσιπόπτηση» της Θάσου, ανήκει στην επιχείρηση Μάρμαρα Λασκαρίδη Α.Β.Ε.Ε. και σε αυτό λαμβάνει χώρα η εξόρυξη του λευκού δολομιτικού μαρμάρου γνωστό ως «Λευκό Λιμένος Θάσου» με την εμπορική ονομασία «Πρίνος». Το εν λόγω λατομείο είναι μεσαίου μεγέθους και αντιπροσωπευτικό για την εγχώρια αγορά όσον αφορά τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, τις μεθόδους εξόρυξης που χρησιμοποιεί καθώς και τον ετήσιο κύκλο εργασιών του. Η συστηματική καταγραφή των ενεργειακών ροών στο εν λόγω λατομείο είναι δυνατόν να αποτελέσει έναν οδηγό για την ενεργειακή αξιολόγηση και άλλων λατομείων εξόρυξης μαρμάρου ή παρεμφερών βιομηχανικών δραστηριοτήτων.

Τα κίνητρα για τα οποία προέκυψε η ανάγκη για τη διενέργεια της παρούσας ενεργειακής επιθεώρησης σχετίζονται με τη βελτίωση της λειτουργίας του λατομείου, την επιμήκυνση της εργασιακής και παραγωγικής περιόδου, τα οποία έχουν άμεσο αντίκτυπο στα οικονομικά αποτελέσματα. Επιπροσθέτως, ιδιαίτερη σημασία για την παρούσα μελέτη αποτελεί το γεγονός ότι οι αυξημένες ενεργειακές καταναλώσεις επιβαρύνουν το λειτουργικό κόστος της επιχείρησης, καθώς το λατομείο δεν είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας του νησιού.

Από την παρουσίαση της λειτουργίας του λατομείου που περιλαμβάνεται στην παρούσα μελέτη σκοπός είναι η αξιολόγηση των ενεργειακών ροών και οι επιπτώσεις τους στα οικονομικά μεγέθη της επιχείρησης, με σκοπό την αποτίμηση των περιθωρίων εξοικονόμησης ενέργειας. Τέλος, με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης επιδιώκεται η ανεύρεση των κατάλληλων μέτρων χαμηλού, μεσαίου και υψηλού κόστους για τη βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης.

Τέλος, με βάση τη διεθνή πρακτική αναφορικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ιδιαίτερα από Α.Π.Ε., η παρούσα ανάλυση στοχεύει στην παρουσίαση σύγχρονων εναλλακτικών μεθόδων για τη διασφάλιση της ενεργειακής αυτάρκειας του λατομείου καθώς και των προϋποθέσεων υπό τις οποίες θα μπορούσαν οι προτεινόμενες επενδύσεις να αποβούν κερδοφόρες.

Για τους ανωτέρω σκοπούς η βιβλιογραφική αναζήτηση βασίζεται σε επιστημονικές βάσεις δεδομένων, σε δικτυακούς τόπους οργανισμών και φορέων εξειδικευμένων με την εξόρυξη διαστασιοποιημένων πετρωμάτων, σε δικτυακούς τόπους κατασκευαστών μηχανολογικού εξοπλισμού λατομείων, σε

βιβλιοθήκες επιστημονικών περιοδικών και σε περιοδικά τα οποία αναφέρονται σε επιχειρηματίες που δραστηριοποιούνται στον κλάδο του μαρμάρου.

## **2. ΤΟ ΣΗΜΕΡΙΝΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

### **2.1. ΓΕΝΙΚΑ**

Είναι γεγονός ότι στην Ελλάδα υπάρχουν υψηλά και πρακτικά ανεξάντλητα αποθέματα κοιτασμάτων μαρμάρου, με μεγάλη ποικιλία σε διάφορους χρωματισμούς και τύπους με επικρατέστερα τα λευκά μάρμαρα. Εκτός από τα λευκά, υπάρχουν και πολλοί τύποι χρωματιστών, όπως μαύρα μάρμαρα, γκρι, μπεζ, κόκκινα, πράσινα κ.ά. με πολύ καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Εξορύσσονται, επίσης, τραβερτίνης και όνυχας πολύ καλής ποιότητας. Σε γενικές γραμμές, η ποιότητα των ελληνικών μαρμάρων είναι εξαιρετική και οι φυσικές και μηχανικές τους ιδιότητες, όπως προσδιορίζονται από εργαστηριακές δοκιμές, καλύπτουν απόλυτα τις απαιτήσεις των κατασκευαστών [«Marble Exhibition», 2000], [Γιάνναρος, 1999], [Trade International Inc., 2002].

Ο πλούτος της Ελλάδας σε κοιτάσματα μαρμάρου εκλεκτής ποιότητας, είχε σαν αποτέλεσμα η δραστηριότητα της εξόρυξης και εμπορικής εκμετάλλευσής τους να αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό που να αποτελεί μία από τις πιο πλουτοπαραγωγικές διαδικασίες. Σήμερα, ο αριθμός των επιχειρήσεων του κλάδου υπολογίζεται ότι ανέρχεται στις 4.000 περίπου και περιλαμβάνει μικρές, μεσαίες, αλλά και πολλές μεγάλες μονάδες που έχουν πραγματοποιήσει σημαντικές επενδύσεις και είναι από άποψη μεγέθους και εκσυγχρονισμού μεταξύ των καλύτερων της Ευρώπης. Οι επιχειρήσεις αυτές στο σύνολό τους απασχολούν περισσότερο από 60.000 άτομα και δραστηριοποιούνται στους τομείς της εξόρυξης, της κοπής ή κατεργασίας, της εμπορίας όγκων προς την εγχώρια και διεθνή αγορά καθώς και της επεξεργασίας και τοποθέτησης τελικών προϊόντων. Μάλιστα πολλές επιχειρήσεις έχουν επιτύχει μια κάθετη οργάνωση και δραστηριοποιούνται σε όλους σχεδόν τους παραπάνω τομείς. Οι επιχειρήσεις αυτές εκμεταλλεύονται συνήθως περισσότερα από ένα λατομεία, διαθέτουν σύγχρονα εργοστάσια κοπής και κατεργασίας, καθώς και δυναμικά εμπορικά τμήματα για τις εξαγωγικές τους δραστηριότητες [«Marble Exhibition», 2000], [Trade International Inc, 2002].

Σύμφωνα με σχετικά πρόσφατη έρευνα [Γιάνναρος, 1999], που έγινε για λογαριασμό του Δικτύου Συνεργαζόμενων Επιχειρήσεων Επεξεργασίας Μαρμάρου στη Β. Ελλάδα, υπάρχουν εν ενεργεία 295 λατομεία, 454 μονάδες κοπής και επεξεργασίας μαρμάρων, 812 μαρμαρογλυφεία, και 2.739 επιχειρήσεις εμπορίας και τοποθέτησης μαρμάρων. Οι επιχειρήσεις του κλάδου παρουσιάζουν έντονη γεωγραφική συγκέντρωση στην Κεντροανατολική και Δυτική Μακεδονία, όπου βρίσκεται συγκεντρωμένο το 65,8% των λατομείων και το 26,7% των παραγωγικών μονάδων, και στην Ήπειρο. Βασική αιτία της υψηλής αυτής συγκέντρωσης είναι το ότι οι περισσότεροι χώροι λατόμευσης βρίσκονται στη Β. Ελλάδα και κατά συνέπεια τα κόστη μεταφοράς είναι μειωμένα [Γιάνναρος, 1999], [Ομοσπονδία Σωματείων Μαρμάρων Ελλάδας, 2000].

Η ίδια μελέτη [Γιάνναρος, 1999], καταδεικνύει και την υψηλή κερδοφορία του κλάδου και την σημαντική θέση που κατέχει στην εγχώρια οικονομία, εκτιμώντας ότι κατά το 1997 ξεπέρασε τα 147,5 δις δραχμές, όπου το 81,9% του μεγέθους αυτού αφορά πωλήσεις εσωτερικού, ενώ το υπόλοιπο

18,1% αφορά πωλήσεις εξωτερικού. Επιπλέον, αναφορικά με την παραγωγικότητα των εξορυκτικών δραστηριοτήτων, εκτιμάται ότι για την τριετία 1995 – 1997, ανέρχεται περί τους 2.600.000 τόνους, ετησίως [Γιάνναρος, 1999], [Ομοσπονδία Σωματείων Μαρμάρων Ελλάδας, 2000].

**Πίνακας 1.1 : Ο κλάδος του μαρμάρου, 1997 (πωλήσεις σε εκατ. δρχ.)**  
[Ομοσπονδία Σωματείων Μαρμάρων Ελλάδας, 2000], [«Marble Exhibition», 2000],  
[Γιάνναρος, 1999], [Greek Products, 2003]

Αριθμός Επιχειρήσεων	4.300
Απασχόληση	59.850
Πωλήσεις Προϊόντων (εκ. δρχ)	147.563,2
Πωλήσεις εσωτερικού	115.021
Πωλήσεις εξωτερικού	32.542

Τέλος, οι βιομηχανικές τιμές στον κλάδο μαρμάρου αυξήθηκαν από το 1990 έως και το 1996 κατά 18% περίπου, ενώ το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης αυτής έγινε κατά το 1992. Οι τιμές των προϊόντων μαρμάρου παρουσίασαν συνεχή αυξητική τάση, η οποία όμως είχε χαμηλότερους ρυθμούς σε σχέση με τη διετία 1991 – 1992 [Γιάνναρος, 1999].

**Πίνακας 1.2 : Δείκτες Τιμών Χονδρικής στον κλάδο Μαρμάρου (1980 = 100)**  
[Γιάνναρος 1999]

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	MEM
Προϊόντα μαρμάρου	108,4	120,1	132,3	139,9	151,3	164,9	171,3	7,9
Μάρμαρα σε φύλλα	107,7	116,1	127,2	135,5	145,1	159,8	164,9	7,4
Μαρμαρόσκονη	108,5	137,6	156,3	161,3	189,9	199,6	211,6	11,8
Ψηφίδες	111,3	141,9	162,0	164,8	172,5	179,2	189,5	59,9
Γενικός δείκτης	118,7	132,7	150,2	151,0	172,9	185,7	198,4	8,9

## 2.2. ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Η εξαιρετική ποιότητα των ελληνικών μαρμάρων και ο υψηλός βαθμός ανταγωνιστικότητας της εγχώριας βιομηχανίας, η οποία ανταποκρίνεται απόλυτα στις απαιτήσεις της ξένης αγοράς, έχει οδηγήσει σε μια σταθερή αύξηση των εξαγωγών τα τελευταία χρόνια. Οι εξαγωγές μαρμάρων, από 35.945 τόνους αξίας περίπου 62 εκατομμύρια δραχμές το 1971, τα τελευταία χρόνια ανέρχονται σε 300.000 τόνους ετησίως, αξίας 30 δις. δραχμών (στοιχεία έτους 1999) και κατευθύνονται σε όλο τον κόσμο, από Δυτική Ευρώπη μέχρι της Η.Π.Α., την Κίνα και τις αραβικές χώρες [«Marble Exhibition», 2000].

Τα ελληνικά μάρμαρα εξάγονται κυρίως σε πλάκες και πλακίδια τυποποιημένων διαστάσεων, διάφορα καλλιτεχνήματα, καδρέτα και άλλα τελικά προϊόντα ειδικών διαστάσεων καθώς και σε μικρές ποσότητες ογκομαρμάρων και πλακών τελάρου [«Marble Exhibition», 2000].

Το εμπορικό ισοζύγιο σε ακατέργαστα και κατεργασμένα μάρμαρα είναι θετικό, αλλά παρουσιάζει κάμψη κατά την περίοδο 1990 - 1996. Το γεγονός αυτό οποίο υποδηλώνει ότι παρά το μικρό τους μέγεθος οι εισαγωγές μαρμάρων παρουσιάζουν συνεχή αυξητική τάση η οποία οφείλεται στα προβλήματα λατόμευσης που υφίστανται στην Ελλάδα και υποχρεώνουν τις επιχειρήσεις σε εισαγωγές

διακοσμητικών πετρωμάτων (2,329 χιλ. τόνοι το 1990 και 24,475 χιλ. τόνοι το 1996). Χαρακτηριστική είναι η διαχρονική κάμψη των μέσων τιμών των εξαγόμενων προϊόντων (462,7 €/τόνο το 1990 και 364,1 το 1996), που οφείλεται στην όξυνση του ανταγωνισμού και στην προσπάθεια των ελληνικών επιχειρήσεων να διατηρήσουν τα μερίδια τους στις ξένες αγορές [Ομοσπονδία Σωματείων Μαρμάρων Ελλάδας, 2000], [Γιάνναρος, 1999],[Greek Products, 2003].

<b>Πίνακας 1.3: Εξωτερικό Εμπόριο Μαρμάρου (σε χιλιάδες €)</b>							
[Γιάνναρος 1999]							
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Εμπορικό Ισοζύγιο	93.137	84.549	97.666	107.422	96.531	84.807	89.713
Εξαγωγές	95.825	87.437	102.214	112.695	101.967	90.618	97.811
Εισαγωγές	2.688	2.888	4.548	5.273	5.436	5.811	8.098

### 2.3. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Τα διάφορα θέματα και προβλήματα που προκύπτουν κατά τη διαδικασία της έρευνας, μίσθωση και εκμετάλλευσης του μαρμάρου ρυθμίζονται με την εφαρμογή αντίστοιχων διατάξεων των εξής Νομοθετημάτων και Υπουργικών Αποφάσεων:

- Το Ν. 669/77 "περί εκμεταλλεύσεων λατομείων" (Φ.Ε.Κ. 241/Α/11-9-77)
- Το Π.Δ. 285/79 "περί εκμισθώσεως Δημοσίων λατομείων μαρμάρων και βιομηχανικών ορυκτών" (Φ.Ε.Κ. 83/Α/26-4-79)
- Το Ν. 1428/84 "περί εκμεταλλεύσεως λατομείων αδρανών υλικών και άλλες διατάξεις" (ΦΕΚ 15/Α/15-2-93)
- Την απόφαση 11-5<sup>η</sup> /Φ17402/84 του τέως Υ.Β.Ε.Τ. "Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών" (Φ.Ε.Κ. 931/Β/31-12-84) με τις τροποποιήσεις της και με την οποία καθορίζονται οι τεχνικές λεπτομέρειες διενέργειας των μεταλλευτικών και λατομικών εργασιών.
- Το Ν. 2702/99 "Διάφορα θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Ανάπτυξης και άλλες διατάξεις" (Φ.Ε.Κ. 70/Α/7-4-99).
- Στο γενικότερο νομοθετικό πλαίσιο που αφορά και τις λατομικές δραστηριότητες των μαρμάρων εντάσσονται ο Ν. 998/79 "περί προστασίας των δασών και των δασικών εν γένει εκτάσεων της χώρας" (Φ.Ε.Κ. 289/Α/29-12-79), ο Ν. 1650/86 "περί προστασίας του περιβάλλοντος" (Φ.Ε.Κ. 160/Α/16-10-86) και η με αριθμό 69269/5387/24-10-90 Κ.Υ.Α. "περί κατάταξης έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, κ.λ.π. " (Φ.Ε.Κ. 678/Β/25-10-90).

Τα στάδια για την οργάνωση μίας λατομικής δραστηριότητας όπως αυτά ορίζονται από την κείμενη νομοθεσία έχουν ως εξής:

- ✓ Ορισμός των πετρωμάτων εάν ανήκουν στην κατηγορία των μαρμάρων.
- ✓ Έρευνα προς διαπίστωση εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων μαρμάρου.

- ✓ Μισθώσεις, συμβάσεις δηλαδή στις οποίες ορίζεται η χρονική διάρκεια για το δικαίωμα εκμετάλλευσης ενός λατομείου.
- ✓ Μισθώματα στα οποία ορίζεται το ποσό της σύμβασης για την εκμετάλλευση λατομείου.
- ✓ Χορήγηση άδειας εκμετάλλευσης. Σημειώνεται ότι το δικαίωμα εκμετάλλευσης ανήκει στο ιδιοκτήτη του εδάφους, ο οποίος όμως μπορεί να τα εκμεταλλευτεί είτε ο ίδιος, είτε κάποιος τρίτος.
- ✓ Ορισμός υποχρεώσεων και δικαιωμάτων εκμεταλλευτή. [Παπαδόπουλος, 2001]

## **2.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ**

Το ελληνικό μάρμαρο έχει πλέον καθιερωθεί στις αγορές του εξωτερικού και έχει σημαντικές προοπτικές περαιτέρω ενίσχυσης της θέσης του στη διεθνή αγορά, παρά τον οξύτατο ανταγωνισμό κυρίως της Ιταλίας και των νέων μαρμαροπαραγωγικών χωρών (Ν. Κορέα, Τουρκία, κλπ). Η ποιότητα των ελληνικών μαρμάρων αποτελεί το συγκριτικό πλεονέκτημα των εξαγωγικών επιχειρήσεων του κλάδου [Γιάνναρος 1999], [Ομοσπονδία Σωματείων Μαρμάρων Ελλάδας, 2000].

Το μειονέκτημα που χαρακτηρίζει τον εν λόγω κλάδο, πηγάζει από τα σοβαρά προβλήματα που αντιμετωπίζει τα τελευταία χρόνια, σαν απόρροια των θεσμικών προβλημάτων στη λατόμηση και στις άδειες που χορηγούνται από το κράτος στις επιχειρήσεις. Η έλλειψη πρώτων υλών και ο οξύς ανταγωνισμός των τρίτων χωρών, αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες οι οποίοι λειτουργούν ανασταλτικά στην αύξηση των εξαγωγών του κλάδου με βάση την παραγωγική του δυναμικότητα. Συνεπικουρούν σε αυτές ο αθέμιτος ανταγωνισμός σε εσωτερικό επίπεδο μεταξύ των ελληνικών επιχειρήσεων, ειδικά σε ότι αφορά τις τιμές, και η αδυναμία αρκετών εξ αυτών να ανταποκριθούν σε μεγάλα μεγέθη παραγγελιών, τόσο εξαιτίας του προβλήματος εύρεσης πρώτης ύλης, όσο και εξαιτίας της υφιστάμενης παραγωγικής τους δυναμικότητας. Η έλλειψη συνεργατικών δομών, η πολυφωνία σε θεσμικό επίπεδο και η απουσία κατάλληλων και σύγχρονων εκθεσιακών χώρων, λειτουργούν ανασταλτικά, κυρίως για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις του κλάδου, στο να προβληθούν τα προϊόντα τους στην Ελλάδα και στο εξωτερικό [Γιάνναρος 1999], [Ομοσπονδία Σωματείων Μαρμάρων Ελλάδας, 2000], [«Διακοσμητικά Πετρώματα», 1998].

Κατά συνέπεια, σε επίπεδο επιχειρήσεων, προκειμένου να βελτιώσουν την ανταγωνιστικότητά τους τόσο στην εγχώρια όσο και στη διεθνή αγορά, στους άμεσους στόχους τους πρέπει να είναι η καθετοποίηση και ο εκσυγχρονισμός της παραγωγικής διαδικασίας. Έτσι λοιπόν καταρτίζεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής που περιλαμβάνει τα στάδια της εξόρυξης, κοπής και κατεργασίας, επεξεργασίας τελικών προϊόντων και εμπορίας όγκων μαρμάρου ή και τελικών προϊόντων. Σημαντική επίσης είναι η κατάρτιση δικτύου εμπόρων και η οργάνωση εκθεσιακών εκδηλώσεων τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό [Γιάνναρος, 1999], [«Stone World», 1997].

Οι εφαρμογές του μαρμάρου στις κατασκευές εξακολουθούν να είναι περιορισμένες, σε σχέση με τη δυνατότητα τους να υποκαταστήσουν το ξύλο και τα κεραμικά πλακίδια σαν δομικό υλικό επικάλυψης

επιφανειών. Εντούτοις, παρατηρείται μία αυξητική τάση στη χρήση του γεγονός που οφείλεται στη μεταστροφή κατασκευαστών και χρηστών προς τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα, κυρίως σε μεγάλα έργα (π.χ. ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ) και πολυτελείς κατασκευές. Κατά μέσο όρο το μάρμαρο, για το έτος 1997 όπου έλαβε χώρα η εν λόγω μελέτη, κατέχει το 26% περίπου της συνολικής κατανάλωσης υλικών επικάλυψης επιφανειών, το ξύλο το 11%, τα κεραμικά πλακίδια το 59% και τα λοιπά υλικά το 4% περίπου.

Οι προοπτικές λοιπόν της ζήτησης για τελικά προϊόντα μαρμάρου στην εσωτερική αγορά φαίνεται να είναι θετικές και αναμένεται αύξηση της συμμετοχής των εφαρμογών μαρμάρου στις κατασκευές, ενώ η ζήτηση των τελικών προϊόντων μαρμάρου στις ξένες αγορές παρουσιάζει συνεχή αυξητική τάση, αφού τα ελληνικά προϊόντα είναι περιζήτητα και η ποιότητα τους μοναδική [Γιάνναρος, 1999].

Οι προβλέψεις για την εξέλιξη της παραγωγής μαρμάρων σε μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα, κρίνεται εξαιρετικά παρακινδυνευμένη, εφόσον ο κλάδος βρίσκεται σε μια δυναμική μεταβολή τα τελευταία χρόνια. Άλλωστε η εξέλιξή του εξαρτάται σημαντικά από θεσμικά θέματα, όπως είναι οι άδειες λατόμευσης, και μόνον όταν οριστεί ξεκάθαρα το θεσμικό πλαίσιο θα λυθούν πολλά από τα προβλήματα που αυτή τη στιγμή αντιμετωπίζει ο κλάδος. Από την εξέλιξη αυτής της παραμέτρου θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό και η τροφοδοσία των παραγωγικών μονάδων σε πρώτη ύλη. Αρκετές επιχειρήσεις του κλάδου έχουν αρχίσει ήδη και εισάγουν όγκους ακατέργαστων μαρμάρων [Γιάνναρος, 1999], [«Stone World», 1997].

## **2.5. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ**

Τα αποθέματα των κοιτασμάτων μαρμάρου στην Ελλάδα είναι τεράστια, πολλοί μάλιστα τα χαρακτηρίζουν πρακτικά ανεξάντλητα. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία μαρμάρων σε διάφορους χρωματισμούς και τύπους, κυρίως όμως λευκά μάρμαρα, ορισμένα από τα οποία είναι από τα καλύτερα μάρμαρα του κόσμου. Γι' αυτό και η Ελλάδα θεωρείται η χώρα με τη μεγαλύτερη ποικιλία σε λευκά και ανοιχτόχρωμα μάρμαρα [Ομοσπονδία Σωματείων Μαρμάρων Ελλάδας, 2000], [«Marble Exhibition», 2000].

### **2.5.1 Σύσταση και Ποιότητα**

Σύμφωνα με στοιχεία του ΙΓΜΕ (1995) όλα τα λευκά μάρμαρα της Ελλάδας είναι μονόμικτα, με τον ασβεστίτη να εμφανίζεται σε ποσοστά >96% (στα ασβεστιτικά) και το δολομίτη >86% (στα δολομιτικά). Μελέτες αναφέρουν ότι όλα τα ελληνικά μάρμαρα, λευκά ή έγχρωμα, ασβεστιτικά ή δολομιτικά, είναι υψηλής καθαρότητας με μέση τιμή ξένων προσμίξεων (οξειδία εκτός των CaO και MgO) 1,95%. Σημειώνεται ότι ο μέσος όρος προσμίξεων των ασβεστολιθικών πετρωμάτων είναι 8% [Mignani et al, 2000].

Σε σχέση με τη μέση σύσταση των παγκοσμίων ανθρακικών πετρωμάτων τα ελληνικά μάρμαρα, δολομίτες και ασβεστόλιθοι είναι πολύ καθαρότερα, δεν περιέχουν δηλαδή ξένες προσμίξεις, ενώ η παρουσία επιβλαβών στοιχείων ή ιχνοστοιχείων είναι πολύ κατώτερη των διεθνών ορίων [Τσιραμπίδης,

2001]. Η ποιότητα του μαρμάρου από αισθητικής άποψης καθορίζεται από το χρώμα του, το μέγεθος των κόκκων του και την υφή/δομή του.

Σε γενικές γραμμές όλα τα μεταμορφικά πετρώματα "*metamorphic rocks*" (μάρμαρα, σερπετίνες κ.α.) εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία χρωμάτων. Το χρώμα τους καθορίζεται από τα μεταλλικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται και από το μέγεθος των πόρων του. Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρείται συγκέντρωση των χρωστικών ουσιών σε εντοπισμένα σημεία στην επιφάνεια του πετρώματος με αποτέλεσμα να σχηματίζονται φλέβες "*veins*". Έτσι λοιπόν διακρίνονται τα μονοχρωματικά μάρμαρα "*monochromatic*" τα οποία εμφανίζουν ομοιογένεια ως προς το χρώμα και το μέγεθος των πόρων τους, ενώ περιέχονται σε αυτά μεταλλεύματα με χρώμα πολύ κοντά στο κύριο χρώμα του πετρώματος και τα πολυχρωματικά μάρμαρα "*polychromatic*" στην επιφάνεια των οποίων διακρίνονται φλέβες σε διαφορετικά χρώματα, σχήματα και προσανατολισμός [Mignani et al, 2000], [Τσιραμπίδης, 2001].

Λατυποπαγείς σχηματισμοί οφείλονται στην παρουσία πετρών από τα ίδια ή διαφορετικά υλικά, τα οποία είναι προσκολλημένα μεταξύ τους με ένα άλλο συνδετικό υλικό. Άλλες χρωματικές ιδιομορφίες οφείλονται στη γεωλογία των πετρωμάτων και δεν μπορούν να θεωρηθούν ως αστοχίες του υλικού.

Ωστόσο, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του μαρμάρου είναι δυνατόν να διαφοροποιηθούν εάν ακολουθηθούν συγκεκριμένες μέθοδοι επεξεργασίας τους. Η στίλβωση επί παραδείγματι, είναι μία διαδικασία η οποία τονίζει το χρώμα του μαρμάρου, ενώ η αμμοβολή με την οποία η επιφάνεια γίνεται τραχεία τείνει να κάνει το χρώμα πιο αχνό. Και στις δύο περιπτώσεις το χρώμα δεν αλλάζει, αυτό που αλλάζει είναι η έντασή του.

Τέλος σημειώνεται ότι ιδιαίτερη σημασία για τη διαμόρφωση της επιφάνειας του μαρμάρου ο τρόπος κοπής και η διεύθυνση κοπής του. Το τελευταίο μάλιστα επηρεάζει και τις φυσικομηχανικές ιδιότητες του υλικού [Mignani et al, 2000].

## **2.5.2 Φυσικομηχανικά Χαρακτηριστικά**

Τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα (μάρμαρα, γρανίτες κ.α.) είναι υλικά που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στον κατασκευαστικό κλάδο, πρωταγωνιστώντας ανάμεσα στα άλλα δομικά υλικά. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία μαρμάρων σε διαφορετικά χρώματα και εντελώς ξεχωριστά αισθητικά χαρακτηριστικά, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την τελική επιλογή του φυσικού διακοσμητικού πετρώματος είναι οι ακόλουθοι:

- ✓ Δυνατότητα εφαρμογής της κατάλληλης τεχνολογίας επεξεργασίας, για να πετύχουμε επιθυμητή επεξεργασμένη επιφάνεια στο επιλεγθέν υλικό, καθώς και η ποιοτική και ποσοτική εξασφάλιση του υλικού που θα χρειασθεί, για το συνολικό έργο.
- ✓ Χημικές-φυσικομηχανικές ιδιότητες του πετρώματος, οι οποίες πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές ώστε να μην επηρεασθεί μελλοντικά το υλικό από τις κλιματικές και περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και τέλος,



- ✓ Το συνολικό κόστος της επένδυσης [Mignani et al, 2000].

Από τα προαναφερόμενα προκύπτει το συμπέρασμα ότι απαιτείται η πιστοποίηση της ποιότητας του πετρώματος, μετά από εξέταση των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων του, οι οποίες καθορίζουν την ικανότητά του στο να αντισταθεί στη μόλυνση του περιβάλλοντος και τις μηχανικές επιρροές, λαμβάνοντας υπόψη τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής του έργου [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

Ο έλεγχος και η πιστοποίηση καταλληλότητας του υλικού γίνεται μόνο με εργαστηριακές αναλύσεις. Η γνώση των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων, μας δίνει τη δυνατότητα στο να μπορούμε να προβλέψουμε τη συμπεριφορά του πετρώματος στην οικοδομή με την πάροδο του χρόνου. Ενώ τα ορυκτολογικά και πετρογραφικά χαρακτηριστικά τα οποία καθορίζονται από τις μακροσκοπικές αναλύσεις σε λεπτές τομές δειγμάτων, στοχεύουν στο να διασαφηνίσουν τα γενικά χαρακτηριστικά ενός υλικού, όπως ομοιογένεια, κοκκομετρία, χρώμα, υφή (σχήμα, διαστάσεις, κρυσταλλική μορφή, τρόπο σύνδεσης των κρυστάλλων ή των κόκκων) διαγενετικά και δευτερογενή φαινόμενα [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000], [Mignani et al, 2000].

### **3. Η ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΘΑΣΟ**

#### **3.1. ΓΕΝΙΚΑ**

Η Θάσος είναι ένα από τα γνωστότερα σημαντικά κέντρα εξόρυξης μαρμάρου της αρχαιότητας όπου υπάρχουν λατομεία όλων των εποχών. Σύμφωνα με μελέτες που αφορούν στην εκμετάλλευση μαρμάρων κατά την αρχαιότητα, στη Θάσο έχουν εντοπιστεί λατομεία της Προϊστορικής, Νεολιθικής και Αρχαϊκής καθώς και της ελληνοιστικής εποχής.

Η λατομική δραστηριότητα άρχισε στο νησί το 1972 με τη μίσθωση των πρώτων τριών λατομείων. Με την πάροδο του χρόνου το μάρμαρο της Θάσου έγινε διεθνώς γνωστό και αυξήθηκε η ζήτησή του με συνέπεια τη ραγδαία ανάπτυξη της βιομηχανίας μαρμάρου. Το 1976, με τη διακοπή της λειτουργίας των λατομείων στη νότια εμφανή πλευρά των λατομείων της Πεντέλης δημιουργήθηκε σοβαρό πρόβλημα εξεύρεσης πρώτης ύλης για τις επιχειρήσεις κυρίως στην Αττική με αποτέλεσμα τη σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό αύξηση της ζήτησης του μαρμάρου της Θάσου. Πολλές επιχειρήσεις τότε μετέφεραν τις λατομικές τους δραστηριότητες στο νησί της Θάσου ως διέξοδο στην έλλειψη της πρώτης ύλης.

Σήμερα στο νησί της Θάσου υπάρχουν σαρανταεπτά λατομεία μαρμάρου, από τα οποία τα εικοσιτέσσερα έχουν εφοδιαστεί με άδεια εκμετάλλευσης και τα εικοσιτρία βρίσκονται στο στάδιο της ολοκλήρωσης των διαδικασιών για τη λήψη της απαιτούμενης άδειας, ενώ επτά από αυτά λειτουργούν και δεκαέξι δεν λειτουργούν.

Η συνολική έκταση που καταλαμβάνουν είναι περίπου 2.100 στρέμματα, δηλαδή ποσοστό μικρότερο από 1% της συνολικής έκτασης του νησιού που ανέρχεται σε 390.099 στρέμματα. [Τούλης, 2000]

Η Θάσος διαθέτει πλούσιότατα κοιτάσματα μαρμάρου (συγκεκριμένα δολομίτη) άριστης ποιότητας, ολόλευκης κρυσταλλικής υφής, μοναδικής παγκόσμιας εμφάνισης, τεράστιας διεθνούς ζήτησης και θεωρητικά ανεξέλεγκτα αποθέματα [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000]

Συγκεκριμένα, το λευκό δολομιτικό μάρμαρο της Θάσου εξορυσσόταν από την αρχαϊκή περίοδο στη Θάσο στα λατομεία του Ακρωτηρίου Βαθύ. Το μάρμαρο αυτό ήταν σε ευρεία χρήση στη Μακεδονία, από τους αρχαϊκούς χρόνους μέχρι το τέλος της αρχαιότητας. Οι εξαγωγές σε μεγαλύτερες αποστάσεις γνώρισαν άνθηση στην ύστερη Αρχαϊκή και στην πρώιμη Κλασική περίοδο με το δολομιτικό μάρμαρο να φτάνει στην Πελοπόννησο, τη σημερινή Τουρκία και την κάτω Ιταλία. Σποραδικές εξαγωγές στη βορειοδυτική Μικρά Ασία ανιχνεύονται εκ νέου κατά την Ελληνοιστική περίοδο. Στο τέλος της Ελληνοιστικής περιόδου, το δολομιτικό μάρμαρο της Θάσου αρχίζει να καταφθάνει στην Ιταλία. Στους Ρωμαϊκούς αυτοκρατορικούς χρόνους, το δολομιτικό μάρμαρο της Θάσου εξαγονταν σε απομακρυσμένα μέρη της Μεσογείου, με κύρια αγορά την Ιταλία, τη Νότια Ελλάδα, τα νησιά του κεντρικού Αιγαίου, τα Τουρκικά παράλια, την Ιορδανία, την Αίγυπτο, την Τυνησία ως και την κοιλάδα του Ροδανού στη Γαλλία [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

Από το 1988 έχουν αναγνωρισθεί περίπου 300 δολομιτικά γλυπτά σε μουσεία του Καναδά, των Η.Π.Α., της Ευρώπης και της Δυτικής Τουρκίας [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

Σε αντίθεση με το δολομιτικό μάρμαρο το οποίο εξορύσσονταν από την αρχαϊκή περίοδο στα λατομεία του Ακρωτηρίου Βαθύ της Θάσου, το ασβεστιτικό μάρμαρο που εξορύσσονταν στην Αλυκή είναι λευκόφαιο και χονδρόκοκκο. Τα μάρμαρα της Αλυκής χρησιμοποιούνταν για κατασκευές κιονόκρανων, βάσεις, κορμούς κιόνων κ.λ.π. τόσο σε εκκλησίες της Αλυκής όσο και σε σημεία της βόρειας, κεντρικής και ανατολικής Μεσογείου. Σε όλες τις περιπτώσεις το μάρμαρο είχε υποστεί αδρή μορφοποίηση στο χώρο των λατομείων και η τελική διακόσμηση και στίλβωση γινόταν στον τελικό προορισμό του μαρμάρου [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

### **3.2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΝΗΣΙΟΥ**

Στο χάρτη των γεωτεκτονικών ζωνών του Ελλαδικού χώρου η Θάσος ανήκει στη μάζα της Ροδόπης. Η μάζα αυτή εκτείνεται μεταξύ των ποταμών Στρυμόνα και Έβρου, περιλαμβάνει τη Θάσο και ένα μεγάλο τμήμα της Νότιας Βουλγαρίας [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

Οι πρώτες μελέτες σχετικά με τη μάζα της Ροδόπης διέκριναν το κρυσταλλοσχιστώδες της μάζας αυτής σε τέσσερις ορίζοντες ή σειρές: των γνευσίων, των μαρμάρων, των μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων και των σχιστόλιθων ή μαρμάρων. Την ίδια περίπου διάρθρωση δέχονται και μεταγενέστερες έρευνες οι οποίες κάνουν επιπλέον λόγο και για ένα κατώτερο γνευσιακό πυρήνα, έναν κατώτερο ορίζοντα μαρμάρων, έναν ανώτερο ορίζοντα γνευσίων και έναν ανώτερο ορίζοντα μαρμάρων. Μεταγενέστεροι μελετητές δέχονται ότι η μάζα της Ροδόπης αποτελείται από διάφορες ακολουθίες κρυσταλλικών πετρωμάτων, κυρίως αμφιβολιτικής φάσης, στις οποίες συμμετέχουν μάρμαρα μεγάλου πάχους και σερπεντινωμένα υπερβασικά πετρώματα, προκάμβριας ηλικίας [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

Εκτός όμως από τις παραπάνω απόψεις, υπάρχει και η αντίθετη άποψη σύμφωνα με την οποία η μάζα της Ροδόπης χαρακτηρίζεται από μεταϊζηματογενείς σειρές σχηματισμών μεγάλου πάχους, στις οποίες συμμετέχουν γρανιτοειδή, αμφιβολίτες και μετασφιόλιθοι οι οποίες έχουν υποστεί την επίδραση συμμεταμορφικών πτυχώσεων, κατά τη διάρκεια της Αλπικής ορογένεσης [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

Η λιθολογία της Θάσου ορίζεται από εναλλαγές σειρών πολυμεταμορφωμένων κρυσταλλικών σχιστόλιθων, γνευσίων και μαρμάρων σε φαινομενικά κανονική ακολουθία. Συμμετοχή στο σχηματισμό αυτών των σειρών έχουν οι Παρα- και οι Ορθογνεύσιοι καθώς και οι Αμφιβολίτες. Η φαινομενικά κανονική ακολουθία, όπως παρουσιάζεται σήμερα, είναι το αποτέλεσμα μεγάλων μετακινήσεων και σε καμία περίπτωση δεν αντανακλά σε αρχική ιζηματογένεση. Την πιθανή παλαιοκαινική/νεοολιγοκαινική φάση πιέσεων, με ανοικτές κεκλιμένες πτυχές και απωθήσεις, ακολουθούν πολλά ρηξιγενή τεκτονικά συστήματα. Οι μεμονωμένες απλτικές και πηγματικές δίοδοι, που παρατηρούνται στη νότια και βορειοδυτική Θάσο, συνδέονται με την υπόθεση της διεισδύσεως ενός πλουτωνίου σώματος, διαλύματα του οποίου ακολουθούν παλαιορηξιγενή συστήματα μέχρι την επιφάνεια [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

Σε μικρότερο βαθμό, στο νότιο και νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού, το Κροκαλοπαγές του Κεφαλά (και των Λιμεναρίων αντίστοιχα), του κάτω Πλειόκαινου που βρίσκονται σε ασύμφωνη διάταξη, αποτελούν τα μη μεταμορφωμένα πετρώματα της νήσου [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

### **3.3. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

Η συστηματική μελέτη των λατομείων της Θάσου επιτρέπει την ένταξή τους σε ένα χρονικό πλαίσιο που ξεκινά από την προϊστορία και φτάνει μέχρι τις μέρες μας. Αναφορές στο μάρμαρο της Θάσου εντοπίζονται ακόμη και από τον 1<sup>ο</sup> π.Χ. αιώνα (Βιτρούβιος 25-23 π.Χ. – ιερό της Αρτέμιδος στην Έφεσο) και αφορούσαν τόσο το λευκό δολομιτικό όσο και το ασβεστιτικό. Το εξορυσσόμενο μάρμαρο χρησιμοποιούνταν είτε για την παρασκευή καλλιτεχνημάτων και άλλων τελικών προϊόντων στο νησί της Θάσου, είτε εξάγονταν σε περιοχές όπως η Σαμοθράκη και άλλα γειτονικά νησιά, οι ακτές της Μικράς Ασίας, η νότια Ελλάδα και η Ρώμη [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

Το λευκό δολομιτικό μάρμαρο της Θάσου εξορυσσόταν από την αρχαϊκή περίοδο στη Θάσο στα λατομεία του Ακρωτηρίου Βαθύ. Το μάρμαρο αυτό ήταν σε ευρεία χρήση στη Μακεδονία, από τους αρχαϊκούς χρόνους μέχρι το τέλος της αρχαιότητας. Οι εξαγωγές σε μεγαλύτερες αποστάσεις γνώρισαν άνθηση στην ύστερη Αρχαϊκή και στην πρώιμη Κλασική περίοδο με το δολομιτικό μάρμαρο να φτάνει στην Πελοπόννησο, τη σημερινή Τουρκία και την κάτω Ιταλία. Σποραδικές εξαγωγές στη βορειοδυτική Μικρά Ασία ανιχνεύονται εκ νέου κατά την Ελληνιστική περίοδο. Στο τέλος της Ελληνιστικής περιόδου, το δολομιτικό μάρμαρο της Θάσου αρχίζει να καταφθάνει στην Ιταλία. Στους Ρωμαϊκούς αυτοκρατορικούς χρόνους, το δολομιτικό μάρμαρο της Θάσου εξάγονταν σε απομακρυσμένα μέρη της Μεσογείου, με κύρια αγορά την Ιταλία, τη Νότια Ελλάδα, τα νησιά του κεντρικού Αιγαίου, τα Τουρκικά παράλια, την Ιορδανία, την Αίγυπτο, την Τυνησία ως και την κοιλάδα του Ροδανού στη Γαλλία. Από το 1988 έχουν αναγνωριστεί περίπου 300 δολομιτικά γλυπτά σε μουσεία του Καναδά, των Η.Π.Α., της Ευρώπης και της Δυτικής Τουρκίας [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

Σε αντίθεση με το δολομιτικό μάρμαρο, το ασβεστιτικό που εξορύσσονταν στην Αλυκή είναι λευκόφαιο και χονδρόκοκκο. Τα μάρμαρα της Αλυκής χρησιμοποιούνταν για κατασκευές κιονόκρανων, βάσεις, κορμούς κιόνων κ.λ.π. τόσο σε εκκλησίες της Αλυκής όσο και σε σημεία της βόρειας, κεντρικής και ανατολικής Μεσογείου. Σε όλες τις περιπτώσεις το μάρμαρο είχε υποστεί αδρή μορφοποίηση στο χώρο των λατομείων και η τελική διακόσμηση και στίλβωση γινόταν στον τελικό προορισμό του μαρμάρου [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

Η σύγχρονη εξορυκτική δραστηριότητα στη Θάσο ξεκίνησε γύρω στο 1967 με τη λειτουργία τεσσάρων λατομείων στις περιοχές Μούργενα Λιμένος, Φουρνί, Σαλιάρας και Αλυκής. Η έξαρση της εξορυκτικής δραστηριότητας σημειώνεται στις αρχές της δεκαετίας του 1980 όταν στην περιοχή της Σαλιάρας, του Λιμένος, της Παναγίας, της Ποταμιάς και του Ραχωνίου λειτουργούν περίπου 35 λατομεία. Σήμερα η εξορυκτική δραστηριότητα περιορίζεται σε τρεις περιοχές, στη Βορειοανατολική Θάσο (περιοχή Λιμένας, Βαθύ, Σαλιάρα, Παναγία), όπου δραστηριοποιούνται περί τα 20 λατομεία και εξορύσσεται το λευκό δολομιτικό λεπτόκοκκο με ζαχαρώδη υφή, ομοιόμορφους κόκκους, μεγάλη σκληρότητα και

συνεκτικότητα, στη Νοτιοανατολική Θάσο την ευρύτερη περιοχή Θεολόγου και Αλύκης, όπου υπάρχουν ενεργά 2 λατομεία και εξορύσσεται το χονδρόκοκκο ασβεστιτικό μάρμαρο και ελαφρά μαργαριταρένια λάμψη και στη Νοτιοδυτική Θάσο στην περιοχή των Δύο Κεφαλών του όρους Υψάριο, στη χαράδρα της Γέννας (όπου υπάρχει 1 ενεργό λατομείο) [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000], [Ι.Γ.Μ.Ε., 2001].

## 4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΑΡΜΑΡΟΥ

### 4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ο βασικός στόχος του συνόλου των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε ένα λατομείο εξόρυξης διαστασιολογημένων πετρωμάτων "*dimensional stones*" είναι η βελτιστοποίησή τους, έτσι ώστε τα τελικά προϊόντα να μπορούν να πωληθούν άμεσα ή να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω επεξεργασία [I.G.M.E., 2000].

Η μορφή και οι διαστάσεις των τελικών προϊόντων της εξόρυξης, εξαρτώνται από την τελική χρήση τους και τις προδιαγραφές της αντίστοιχης αγοράς στην οποία προορίζονται να χρησιμοποιηθούν. Σε γενικές γραμμές, τα τελικά προϊόντα επιδιώκεται να έχουν λεία επιφάνεια και σχήμα κανονικού παραλληλογράμμου. Τα αισθητικά χαρακτηριστικά και οι μηχανικές ιδιότητες του προϊόντος εξαρτώνται από τον προσανατολισμό του μηχανισμού κοπής και τις αντίστοιχες ιδιότητες του μητρικού πετρώματος [I.G.M.E., 2000].

Από θέμα μηχανολογικού εξοπλισμού των λατομείων και μηχανημάτων κοπής, η τάση που επικρατεί είναι η χρησιμοποίηση της αδαμαντοφόρου συρματοκοπής έναντι της μηχανής με ατσάλονυμα. Τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν την αδαμαντοφόρο συρματοκοπή αφορούν τη μεγαλύτερη απόδοσή της (μεγαλύτερη ταχύτητα κοπής), το μικρότερο μήκος του σύρματος που χρησιμοποιείται και τέλος η δυνατότητα που έχει να συνδεθεί με ηλεκτρονικό πάνελ ελέγχου. Η πρόοδος στις τεχνολογίες κοπής έχει σαν αποτέλεσμα να καθίσταται πλέον πιο εύκολη η πρόσβαση στον κύριο χώρο του λατομείου καθώς και η μεταφορά των όγκων πέρα από αυτό [Anonymous].

### 4.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΛΑΤΟΜΕΙΩΝ

Οι παράγοντες που καθορίζουν τη διαρρύθμιση και τη γεωμετρική διαμόρφωση λατομείων διαστασιολογημένων πετρωμάτων, συνίστανται στον τύπο του πετρώματος που εξορύσσεται, στα μορφολογικά χαρακτηριστικά του, στο μέγεθος του, στη δομή του, στη γεωμετρία του και στις εξορυκτικές μεθόδους που ακολουθούνται. Είναι γεγονός ότι ο τύπος του πετρώματος είναι μία από τις παραμέτρους που καθορίζουν τη διαμόρφωση των λατομείων, αλλά δεν είναι και ο μοναδικός. Στην πραγματικότητα, παρόμοιες μέθοδοι εξόρυξης μπορούν να εφαρμοστούν για διαφορετικούς τύπους διαστασιολογημένων πετρωμάτων. Κατά συνέπεια, τα μορφολογικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά, καθώς και η δομή του πετρώματος είναι οι παράγοντες που τελικά υπαγορεύουν την εξορυκτική μέθοδο που θα υιοθετηθεί, τον προγραμματισμό των εργασιών και τη γεωμετρική διαμόρφωση του λατομείου [Mignani et al, 2000], [Grandjean et al, 1996].

Ο πλέον ενδεδειγμένος τύπος λατομείου είναι τα λατομεία εξόρυξης μεγάλων όγκων "*boulder quarrying method*". Μάλιστα συχνά είναι δυνατόν ο σχηματισμός ενός λατομείου όγκων να αποτελεί το αρχικό στάδιο κατά τη διαμόρφωση ενός λατομείου. Τα λατομεία όγκων συνήθως αναπτύσσονται σε μέρη με επίπεδη τοπογραφία ή ακόμη και κατά μήκος εδαφών με ήπιες κλίσεις, χωρίς να έχουν κανονική γεωμετρία, ενώ προτιμώνται για την εξόρυξη γρανιτικών και ανθρακούχων πετρωμάτων.

Ένας άλλος τύπος λατομείου είναι τα λατομεία ορθών βαθμίδων "*bench quarries*". Το σημαντικό πλεονέκτημα το οποίο εμφανίζει ο εν λόγω σχηματισμός, είναι το γεγονός ότι διευκολύνεται η απομάκρυνση και η μεταφορά των εξορυσσόμενων όγκων. Τα λατομεία ορθών βαθμίδων είναι δυνατόν να αναπτυχθούν σε διαφορετικά σχήματα, ανάλογα με τα μορφολογικά και δομικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων [Mignani et al, 2000].

Τέλος, υπόγεια λατομεία εξόρυξης προτιμώνται σε περιπτώσεις όπου οι προαναφερόμενοι τύποι αντενδείκνυνται είτε λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των πετρωμάτων και του εδάφους, είτε λόγω περιβαλλοντικών απαιτήσεων, είτε λόγω προβλημάτων που σχετίζονται με τις χρήσεις γης. Παρά το γεγονός ότι η υπόγεια εξόρυξη είναι μία ακριβή τεχνική, η βιωσιμότητα αυτών των λατομείων προκύπτει από τα περιβαλλοντικά οφέλη. [Τσουτρέλης et al, 1997], [Anonymous].

Η υπόγεια εξόρυξη διαστασιολογημένων πετρωμάτων μπορεί να γίνει με ασφάλεια και τεχνική αρτιότητα μόνο σε περιπτώσεις όπου τα πετρώματα χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό συνεκτικότητας. Τα υπόγεια λατομεία διακρίνονται σε δύο μορφές, στα υπόγεια λατομεία θαλάμων και στα υπόγεια λατομεία στύλων "*room-and-pillar quarries*". Σε περιοχές με επίπεδη και ήπια τοπογραφία, όπου το επίπεδο του λατομείου είναι κάτω από το επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα, απαιτείται η εγκατάσταση συστήματος άντλησης και δικτύου σωληνώσεων, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος πλημμύρας. Όταν τα λατομεία αναπτύσσονται σε λόφους και πλαγιές βουνών, το νερό εύκολα απομακρύνεται με απλά συστήματα συλλογής και κατόπιν είτε ανακυκλώνεται, είτε απομακρύνεται από τις εγκαταστάσεις του λατομείου. Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα λατομεία σε αυτήν την περίπτωση είναι η κατασκευή και η συντήρηση των οδών πρόσβασης προς αυτά [Mignani et al, 2000].

Μοναδική περίπτωση υπόγειας εκμετάλλευσης μαρμάρου στην Ελλάδα αποτελεί το λατομείο εξόρυξης λευκού μαρμάρου της εταιρείας ΑΕΒΕ Μάρμαρα Διονύσου – Πεντέλης. Στην περιοχή του Λαυρίου είχε αναπτυχθεί ανεπιτυχώς υπόγειο λατομείο εξόρυξης λευκού μαρμάρου, ενώ κατά την αρχαιότητα η υπόγεια εκμετάλλευση είχε εφαρμοστεί στην Πάρο για την εξόρυξη του λυχνίτη. Στην Ιταλία η υπόγεια εκμετάλλευση χρησιμοποιείται σε αρκετές περιοχές με σημαντικότερο παράδειγμα τα λατομεία της περιοχής της Καρράρας, στα οποία η υπόγεια εκμετάλλευση αποτελεί συνέχεια των επιφανειακών εκμεταλλεύσεων. Επίσης, χρησιμοποιείται στις Η.Π.Α. στην πολιτεία του Vermont.

Σε όλες αυτές τις εκμετάλλευσης χρησιμοποιούνται παραλλαγές της μεθόδου των θαλάμων και στύλων σε συνδυασμό με όρθιες βαθμίδες, με τις οποίες επιδιώκεται η επίτευξη του καλύτερου οικονομικού αποτελέσματος με την εφαρμογή τεχνικών λύσεων, οι οποίες αφενός μεν εξασφαλίζουν υψηλότερη ασφάλεια και αφετέρου ικανοποιητική απόληψη του κοιτάσματος [Τσουτρέλης et al, 1997].

### **4.3. ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**

Η εξορυκτική διαδικασία συνίσταται στην αποκοπή τεμαχίων ορισμένου σχήματος και διαστάσεων, από τον κύριο όγκο του πετρώματος. Το κομμάτι που αποκόπτεται μπορεί να διατεθεί ως έχει σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας και τελικής μορφοποίησης, είτε κόπτεται εκ νέου σε μορφή πλακών και κατόπιν διατίθεται.

Τα βασικά βήματα που λαμβάνουν χώρα κατά την διαδικασία της εξόρυξης σε ένα λατομείο διαστασιολογημένων πετρωμάτων, έχουν ως εξής:

- Προπαρασκευή του πετρώματος,
- Πρωτογενείς κοπές,
- Δευτερογενείς κοπές και
- Απομάκρυνση και μεταφορά των όγκων.

Η αύξηση της παραγωγικότητας ενός λατομείου επιτυγχάνεται με τη βελτιστοποίηση του χρονικού προγραμματισμού των τεσσάρων αυτών φάσεων [Mignani et al, 2000].

#### **4.4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ**

Η τεχνική εξόρυξης με σιδερένιες σφήνες, εμφανίζεται από τον 7<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. και διατηρείται ως το 19<sup>ο</sup> αιώνα. Μόλις τον 20 αιώνα σημειώνεται ριζική αλλαγή στις τεχνικές, αρχικά με τη χρήση της αερόσφυρας και της δυναμίτιδας και τα τελευταία χρόνια με τα αδαμαντοφόρα μηχανήματα κοπής [Τσουτρέλης et al, 1997].

Για την εξόρυξη πετρωμάτων σε σύγχρονο λατομείο γίνεται χρήση διαφορετικών τεχνικών που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια. Κάθε μία από τις τεχνικές στηρίζεται στη χρήση διαφορετικών εργαλείων κοπής, με αποτέλεσμα να έχουμε μία μεγάλη γκάμα μηχανημάτων τα οποία καλύπτουν όλες τις ανάγκες και ιδιαιτερότητες κάθε κοιτάσματος [Χατζηβαρύτης, 2001].

Οι τεχνικές εξόρυξης που συναντάμε στα σύγχρονα λατομεία είναι οι παρακάτω:

- Κοπή με διάτρηση "*cutting by drilling*", όπου γίνεται χρήση μηχανημάτων που λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα (π.χ. τρυπάνια, αερόσφυρες, κ.λ.π.)
- Κοπή με τριβή, "*cutting by abrasion*", όπου γίνεται χρήση μηχανημάτων κοπής με σύρμα (π.χ. αδαμαντοφόρος συρματοκοπή, συρματοκοπή με ατσαλόσυρμα, κ.λ.π.)
- Κοπή με κατάτριψη (αλευροποίηση) "*cutting by disaggregation*", όπου γίνεται χρήση υδραυλικών διατρητικών (π.χ. έγχυση νερού, κ.λ.π.) [Mignani et al, 2000]

Τα υδραυλικά διατρητικά και συστήματα αέρος χρησιμοποιήθηκαν πρώτα στα λατομεία για τη διάνοιξη οπών μέσα στις οποίες τοποθετούσαν εκρηκτικά για τον τεμαχισμό και αποκόλληση του όγκου από το κοίτασμα. Στη συνέχεια, με την ανάπτυξη των αδαμαντοφόρων εργαλείων, τα διατρητικά συνέχισαν να χρησιμοποιούνται με τη μόνη διαφορά πλέον ότι οι οπές που δημιουργούσαν χρησιμοποιήθηκαν για το πέρασμα του αδαμαντοφόρου σύρματος και για τον τεμαχισμό του ήδη κομμένου όγκου. Στα σύγχρονα λατομεία, όλες οι παραπάνω τεχνικές εφαρμόζονται σχεδόν πάντα σε συνδυασμό μεταξύ τους, με επικρατέστερες τις δύο τελευταίες [Χατζηβαρύτης, 2001], [Mignani et al, 2000].



#### 4.4.1 Κοπή με διάτρηση

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται όταν το πέτρωμα που εξορύσσεται χαρακτηρίζεται από υψηλό συντελεστή σκληρότητας και τριβής, όπως είναι τα γρανιτικά και άλλα πυριτικά πετρώματα. Αποτελεί την παραδοσιακή μέθοδο εξόρυξης όπου η κοπή γίνεται χειρονακτικά, ενώ πλέον δεν εφαρμόζεται λόγω της χαμηλής απόδοσης που έχει έναντι των νέων εξελιγμένων μεθόδων. Η κοπή με διάτρηση μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Πρώτον με διάνοιξη αυλακωμάτων μέσω διατρημάτων και διάνοιξη οπών διάτρησης παράλληλα η μια στην άλλη, σε μικρή απόσταση και δεύτερον με διάτρηση και κατόπιν αποχωρισμό. Σε γενικές γραμμές, η κοπή των γρανιτικών πετρωμάτων με διάτρηση δεν είναι οικονομικά βιώσιμη μέθοδος, εξαιτίας της σχετικά υψηλής σκληρότητας του υλικού και του μεγάλου αριθμού των οπών που πρέπει να ανοιχτούν [Mignani et al, 2000].



Εικόνα 1.1: «Τεχνική κοπής με διάτρηση»

Η κοπή με διάτρηση γίνεται συνήθως με πνευματικά και σπανιότερα με υδραυλικά εργαλεία κοπής. Ο βασικός εξοπλισμός έχει ως εξής:

- i. Διατρητικές σφύρες πεπιεσμένου αέρα, "*jack-hammers*";
- ii. Τρυπάνια, "*drill rigs*";
- iii. Τροχοφόρα διατρητικά φορεία, "*wagon drills*" [Mignani et al, 2000].

Οι διατρητικές αερόσφυρες πεπιεσμένου αέρα γενικά χρησιμοποιούνται τόσο για οριζόντιες όσο και για κάθετες κοπές. Διακρίνονται στις χειροκίνητες *manually held jack-hammers*, οι οποίες ζυγίζουν 10-15kg και συνήθως χρησιμοποιούνται για δευτερογενείς κοπές, και στις *heavy duty jack-hammers*. Υπάρχουν και υδραυλικά *jack-hammers*, τα οποία συγκριτικά με τα πνευματικά *jack-hammers* έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής, μικρότερο κόστος συντήρησης, αλλά μεγαλύτερο κόστος αγοράς.



Εικόνα 1.2: «Διατρητική μηχανή ή τρυπάνι»

Τα τρυπάνια ή διατρητικές μηχανές αποτελούν ένα από τους πιο βασικούς εξοπλισμούς συστημάτων διάτρησης που χρησιμοποιούνται σε ένα λατομείο εξόρυξης διαστασιοποιημένων πετρωμάτων. Είναι απαραίτητα για την προπαρασκευή του πετρώματος και τις πρωταρχικές κοπές ακόμη και σε λατομεία τα οποία διαθέτουν σύγχρονο εξοπλισμό.

Το τροχοφόρο διατρητικό φορείο είναι ένα εργαλείο εξόρυξης διατρημάτων όπου 2 ή περισσότερα (το μέγιστο 4) βαρσιές διατρητικές σφύρες είναι στερεωμένες σε στέλεχος κοπής. Η συσκευή περιστρέφεται στερεωμένη σε τρακτέρ με ερπύστριες ή ρόδες [Mignani et al, 2000].

Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τα διατρητικά συστήματα είναι τα εξής:

- Η δυνατότητά τους για διάτρηση κάτω από διαφορετικές γωνίες.
- Η ισχύς του κινητήρα.
- Οι διαστάσεις του κοπτικού εργαλείου.
- Η ταχύτητα διάτρησης [Χατζηβαρύτης, 2001].

#### 4.4.2 Κοπή με τριβή

Η κοπή με τριβή είναι μια κατάλληλη τεχνική για όλους τους τύπους πετρωμάτων με χαμηλή σκληρότητα, όπως είναι τα ανθρακικά πετρώματα και οι σερπετίνες. Η χρήση της σε λατομεία γρανιτικών πετρωμάτων μόλις πρόσφατα άρχισε να διευρύνεται. Το πλεονέκτημά της έναντι της προαναφερόμενης μεθόδου έγκειται στο γεγονός ότι παράγονται λιγότερες ποσότητες στερεών απορριμμάτων (μπάζα, κ.λ.π.).

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε αυτή την περίπτωση περιλαμβάνει

- Συρματοκοπή, *Wire saw*
- Συρματοκοπή με αδαμαντοφόρο σύρμα, *Diamond wire saw*
- Αλυσοπρίονο, *Chain saw*
- Δίσκο κοπής, *Disk cutter* [Mignani et al, 2000]

Η συρματοκοπή με απλό ελικοειδές σύρμα μέχρι πρόσφατα χρησιμοποιούταν εκτενώς για την κοπή του μαρμάρου στα λατομεία εξόρυξης διαστασιολογημένων πετρωμάτων, όπου πλέον έχει αντικατασταθεί από πιο απλές και αποδοτικές μεθόδους κοπής. Αποτελείται από διπλό ή τριπλό στέλεχος σύρματος στο οποίο τροφοδοτείται με συνεχή ροή πυριτική άμμος ή εναλλακτικά οξειδίο του αλουμινίου ως μέσο λείανσης και νερό. Η ταχύτητα κοπής κυμαίνεται περί τα 0,5 με 1,0m<sup>2</sup> επιφάνειας μαρμάρου την ώρα όταν ως μέσο λείανσης χρησιμοποιείται άμμος πυριτίου, ενώ μπορεί να ξεπεράσει ακόμη και τα 2,0m<sup>2</sup> επιφάνειας μαρμάρου την ώρα όταν γίνεται χρήση οξειδίου του αλουμινίου.

Από τη δεκαετία του 1970, η αδαμαντοφόρος συρματοκοπή έχει σταδιακά αντικαταστήσει τη συρματοκοπή και η χρήση της έχει πλέον καθιερωθεί για τη διεξαγωγή των εξορυκτικών δραστηριοτήτων σε ένα λατομείο διαστασιολογημένων πετρωμάτων [Mignani et al, 2000]. Αδαμαντοφόρα εργαλεία συναντάμε σε πρώτη φάση στις συρματοκοπές λατομείων, όπου το αδαμαντοφόρο σύρμα τεμαχίζει σε τετραγωνισμένους όγκους το κοίτασμα του μαρμάρου για να είναι πιο εύκολη η μεταφορά του στο σημείο επεξεργασίας και να είναι ελάχιστες οι απώλειες. Μια άλλη μορφή συρματοκοπών χρησιμοποιεί αντί για σύρμα, αδαμαντοφόρο ιμάντα ο οποίος προσφέρει



**Εικόνα 1.3: «Αδαμαντοφόρος συρματοκοπή»**

μεγαλύτερη ασφάλεια στους χειριστές της μηχανής, γιατί δεν κινδυνεύουν από την αποκόλληση διαμαντιών και ακόμη δίνει καλύτερα χαρακτηριστικά στην κοπή [Χατζηβαρύτης, 2001], [Mignani et al, 2000].

Η αδαμαντοφόρος συρματοκοπή συνιστάται σε ένα πολυκύκλωνο ατσαλόσυρμα με διάμετρο 4 - 5mm, στην επιφάνεια του οποίου υπάρχουν διαμάντια ή πέρλες σε συγκεκριμένες μεταξύ τους αποστάσεις. Η διάμετρος των διαμαντιών ή των περλών είναι λίγα χιλιοστόμετρα μεγαλύτερη από αυτή του σύρματος, ενώ ανάμεσα σε δύο διαδοχικά διαμάντια ή πέρλες υπάρχουν πλαστικοί κύλινδροι οι οποίοι προστατεύουν το σύρμα και το βοηθούν να διατηρήσει την ευλυγισία του. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στη διατήρηση μιας σχετικά σταθερής θερμοκρασίας σε όλη την επιφάνεια του σύρματος καθώς και στον τακτικό καθαρισμό της επιφάνειάς του από τρίμματα (*slime*) βράχου τα οποία σχηματίζονται κατά την κοπή. Τόσο η ψύξη όσο και ο καθαρισμός του πραγματοποιούνται με χρήση νερού.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που εμφανίζει η εν λόγω τεχνολογία έναντι της απλής συρματοκοπής εντοπίζονται στην αυξημένη αποδοτικότητα της μεθόδου λόγω της ιδιαίτερα υψηλής ταχύτητας κοπής (10 - 12m<sup>2</sup> μαρμάρου την ώρα) και στον εύκολο χειρισμό της με άμεση συνέπεια τις μειωμένες απαιτήσεις για εργατικό δυναμικό (2-3 εργάτες για το χειρισμό είναι αρκετοί).

Εξέλιξη της αδαμαντοφόρου συρματοκοπής αποτελεί ένα νέο μηχάνημα το οποίο αντί για σύρμα διαθέτει ιμάντα. Ο αδαμαντοφόρος ιμάντας δε χρειάζεται λείανση με χρήση λιπαντικών μέσων, αλλά με κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων νερού. Οι ποσότητες νερού που απαιτούνται για λείανση, καθαρισμό και ψύξη είναι μεγαλύτερες ακόμη και από εκείνες που καταναλώνονται όταν χρησιμοποιείται αλυσοπρίονο. Η ταχύτητα κοπής είναι 4-5m<sup>2</sup> μαρμάρου την ώρα. Η χρήση του εν λόγω μηχανήματος είναι ευρέως διαδεδομένη για κοπή ασβεστιτικών πετρωμάτων, μαρμάρου, ασβεστόλιθου, σερπεντίνων, σχιστόλιθων και ψαμιτών και σε περιπτώσεις όπου στα πετρώματα ανιχνεύονται αποξεστικά υλικά όπως χαλαζιάς, εκτός των γρανιτικών [Mignani et al, 2000].

Το αλυσοπρίονο χρησιμοποιείται αποκλειστικά για κοπή μαρμάρου, σερπετίνων, οφειτασβεστίτων και μη – μεταμορφωμένων ανθρακικών πετρωμάτων βάθους έως 3 μέτρα. Η αλυσίδα έχει δόντια από καρβίδιο του βολφραμίου. Κατά την κοπή, το αλυσοπρίονο κινείται υδραυλικά κατά μήκος μεταλλικών ράγων ή μιας κυλινδρικής μπάρας. Για ψύξη χρησιμοποιείται νερό το οποίο εγχύεται στην επιφάνεια του πετρώματος στο σημείο της κοπής, Η ταχύτητα κοπής με αλυσοπρίνο κυμαίνεται περί τα 5-6 m<sup>2</sup> μαρμάρου την ώρα. Τα



**Εικόνα 1.4: «Αλυσοπρίονο»**

αλυσοπρίονα είναι κατασκευασμένα για να χρησιμοποιούνται τόσο σε οριζόντιες όσο και σε κάθετες κοπές. Τα αλυσοπρίονα και οι αδαμαντοφόρες συρματοκοπές συνήθως χρησιμοποιούνται συνδυαστικά, τα πρώτα δηλαδή για τις οριζόντιες κοπές και τα δεύτερα για τις κάθετες κοπές.

Ένας δίσκος κοπής συνίσταται σε ένα ασάλινο δίσκο με αδαμαντοφόρο αποξεστικό υλικό. Ο δίσκος είναι ηλεκτροκίνητος και έχει διάμετρο έως 300cm. Το μέγιστο πλάτος κοπής είναι 120cm, τόσο σε κάθετο όσο και σε οριζόντιο επίπεδο, ενώ η ταχύτητα κοπής κυμαίνεται περί τα 5-8m<sup>2</sup> μαρμάρου την ώρα. Οι απαιτούμενες για ψύξη ποσότητες νερού κυμαίνονται περί τα 1-2lit το λεπτό. Το μηχάνημα αυτό χρησιμοποιείται μόνο σε επίπεδες περιοχές λόγω της δυσκολίας που υπάρχει κατά την εγκατάστασή του πριν από τη λειτουργία [Mignani et al, 2000].

#### 4.4.3 Κοπή με κατάτριση

Η κοπή με κατάτριση περιλαμβάνει τις εξής τεχνικές:

- Δέσμη φλόγας *Flame jet*
- Δέσμη νερού *Water jet*

Η κοπή με δέσμη φλόγας είναι μία κοινή πρακτική για τα γρανιτικά πετρώματα. Η μέθοδος στηρίζεται στην αποκόλληση του πετρώματος από το μητρικό με θερμότητα που παράγεται από την καύση πετρελαίου με οξυγόνο. Το θερμικό σοκ αναγκάζει το πέτρωμα να διαλυθεί λόγω της διαφορετικής θερμικής διαστολής ή λόγω αλλοτροπικών αλλαγών στα συστατικά του κρυστάλλου. Για το λόγο αυτό, το μέγεθος του πετρώματος πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να διευκολυνθεί η θερμική διαστολή των κρυστάλλων και να αλλάξει η κρυσταλλική δομή του πετρώματος. Σε λατομεία γρανιτικών πετρωμάτων χρησιμοποιείται για τις πρωταρχικές κοπές, ενώ δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ανθρακούχα πετρώματα λόγω του γεγονότος ότι η υψηλή θερμότητα προκαλεί τον σχηματισμό οξειδίου του ασβεστίου, CaO.

Μία από τις πιο καινοτόμες μεθόδους για την κοπή γρανιτικών και άλλων τύπων πετρωμάτων είναι η κοπή με έγχυση νερού. Η παλμική έγχυση νερού σε συνθήκες υπό πίεση 95-275MPa (to 3800atm) προκαλεί αλλαγή στους κρυσταλλικούς δεσμούς των πετρωμάτων και χαλαρώνει η συνεκτικότητά τους, έτσι γίνονται εύθραυστοι. Η μέθοδος σε σχέση με την προαναφερόμενη είναι λιγότερο θορυβώδης, παράγει λιγότερες ποσότητες σκόνης, ενώ σε μακροχρόνια χρήση είναι περισσότερο οικονομική. Η κατανάλωση νερού είναι περί τα 20 lit το λεπτό και η μέση ταχύτητα κοπής 1 m<sup>2</sup> ανά ώρα [Mignani et al, 2000].

Ο εξοπλισμός που ολοκληρώνει την εξόρυξη σε ένα λατομείο είναι οι λαμοσφήνες, οι υδραυλικοί γρύλοι, τα μαξιλάρια αέρος κ.α. τα οποία συμβάλλουν στην αποκόλληση και εξαγωγή ενός όγκου. Η τελευταία ομάδα μηχανημάτων που συναντάμε στα λατομεία είναι οι σπαστήρες και τα μονοσύρματα τα οποία χρησιμοποιούνται για τον ορθογωνισμό των όγκων ή για την κοπή τους σε ειδικές διαστάσεις [Χατζηβαρύτης, 2001].

Εξοπλισμός που μελλοντικά θα προστεθεί στον υπάρχοντα εξοπλισμό των λατομείων είναι ένα σύστημα καθαρισμού των υδάτων το οποίο θα μειώνει στο ελάχιστο τις απαιτήσεις σε καθαρό νερό [Χατζηβαρύτης, 2001].

### **Μηχανήματα μεταφοράς και ανύψωσης**

Μετά την εξόρυξη τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τη μεταφόρτωση των όγκων από το λατομείο σε φορτηγά είναι είτε γερανοί, είτε ειδικά διαμορφωμένοι ερπυστιοφόροι εκσκαφείς με προσαρμοσμένα διατρητικά οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να παραλαμβάνουν τους όγκους κατευθείαν από το σημείο κοπής τους.

Στα εργοστάσια επεξεργασίας υπάρχουν εγκατεστημένες μόνιμες γερανογέφυρες, εσωτερικές ή εξωτερικές, με μεγάλο εύρος ανυψωτικού βάρους για να εξυπηρετούν τις ανάγκες φόρτωσης και εκφόρτωσης.

Σε αυτή την κατηγορία μηχανών συγκαταλέγεται και ο ανατροπέας όγκων ο οποίος χρησιμοποιείται για την οριζόντια περιστροφή ενός όγκου κατά την διάρκεια της επεξεργασίας του.

Επίσης και οι αυτόματοι φορτωτές και εκφορτωτές λωρίδων και πλακών που εμπλέκονται σε μεταγενέστερα στάδια επεξεργασίας, καθώς τροφοδοτούν αυτόματα τις γραμμές παραγωγής με υλικά προς επεξεργασία [Χατζηβαρύτης, 2000], [Χατζηβαρύτης, 2001].

### **Μηχανήματα τεμαχισμού του όγκου σε πλάκες ή λωρίδες**

Τα μηχανήματα τεμαχισμού όγκου αποτελούν το πρώτο στάδιο επεξεργασίας. Σε αυτή τη φάση χρησιμοποιείται το μονόλαιμο ή μονόσυρμα, το ταχυσχιστήριο και οι οριζόντιοι/κάθετοι κόφτες.

Το μονόλαιμο ή μονόσυρμα είναι παρόμοια μηχανήματα με τη μόνη αλλαγή στο μέσο κοπής, όπου στη μια περίπτωση είναι η αδαμαντοφόρα λάμα και στη δεύτερη το αδαμαντοφόρο σύρμα. Χρησιμοποιούνται για κοπή των ατελειών του όγκου έτσι ώστε να μπορεί να κοπεί στη συνέχεια στο ταχυσχιστήριο, χωρίς να προκαλέσει φθορά στις λάμες. Με αυτή την κοπή ο όγκος αποκτά περίπου σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου και μπορεί να γίνει αξιολόγηση, ποιο θα είναι το επόμενο στάδιο επεξεργασίας και για πιο τελικό προϊόν είναι κατάλληλος ο συγκεκριμένος. Το μονόσυρμα υπερτερεί σε σχέση με το μονόλαιμο στην ταχύτερη κοπή που προσφέρει, αλλά υστερεί στο πάχος κοπής και στη διάρκεια ζωής [Χατζηβαρύτης, 2000].

Τελευταία δίνεται μεγάλη έμφαση στη χρήση νέων τεχνολογιών με στόχο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης, ενώ η τάση που επικρατεί είναι η πλήρης αυτοματοποίηση των μηχανών και η αύξηση του ελέγχου των λειτουργιών τους. Συγκεκριμένα, στα μηχανήματα εξόρυξης βελτιώνονται οι χρόνοι και τα χαρακτηριστικά κοπής με τη χρήση νέων αδαμαντοφόρων περλών και συρμάτων τα οποία είναι πιο ασφαλή και προς τους χειριστές τους. Ενώ, στα ανυψωτικά μηχανήματα τις περισσότερες βελτιώσεις επιδέχονται οι αυτόματοι φορτωτές – εκφορτωτές με περισσότερες δυνατότητες κινήσεων οι οποίοι ενσωματώνονται στα περισσότερα μηχανήματα των γραμμών κοπής, επεξεργασίας και φινιρίσματος [Χατζηβαρύτης, 2001].

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

## 1. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε μία βιομηχανική δραστηριότητα εξασφαλίζεται αφ' ενός μεν μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων σε αυτήν ενεργειακών συστημάτων, αφ' ετέρου δε με την εφαρμογή ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης, μιας συστηματικής και οργανωμένης δηλαδή δραστηριότητας, η οποία αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων. Οι δράσεις αυτές έχουν ως σκοπό την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας, με κριτήρια εφαρμογής την οικονομική αποδοτικότητα παράλληλα με την αύξηση του κέρδους της επιχείρησης, της ποιότητας του περιβάλλοντος, τη διατήρηση ή βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων παραγωγής, κ.ά.

Η εξοικονόμηση ενέργειας η οποία επιτυγχάνεται με την εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης, θεωρείται μία κερδοφόρα επένδυση εφόσον επιφέρει αύξηση των κερδών μέσω της μείωσης του κόστους παραγωγής, βελτίωση της ανταγωνιστικότητας, της περιβαλλοντικής εικόνας και της κοινωνικής αποδοχής, κ.ά. Ο κυριότερος στόχος εφαρμογής ενός σχεδίου ενεργειακής διαχείρισης είναι η μείωση του ενεργειακού κόστους της δραστηριότητας στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο, σε σχέση με τα υπόλοιπα λειτουργικά κόστη. Οι βασικές μέθοδοι ορθολογικής διαχείρισης είναι η αποφυγή της μη αναγκαίας κατανάλωσης ενέργειας (καύσιμα, ηλεκτρισμός), η μείωση της ζήτησης σε ωφέλιμη ενέργεια ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος, η βελτίωση της απόδοσης του εξοπλισμού, η ανάκτηση της απορριπτόμενης ενέργειας, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κ.ά [Eastop and Croft, 1996].

### 1.1. ΣΚΟΠΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Ο όρος «ενεργειακή επιθεώρηση» χρησιμοποιείται γενικά για την περιγραφή μιας συστηματικής διαδικασίας που στοχεύει στην απόκτηση επαρκούς γνώσης γύρω από το προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης μιας ενεργοβόρου εγκατάστασης. Η διαδικασία επιπλέον στοχεύει και στον προσδιορισμό και την αξιολόγηση των οικονομικά αποδοτικών δυνατοτήτων για εξοικονόμηση ενέργειας στην εν λόγω μονάδα. Έτσι, οι ενεργειακές επιθεωρήσεις είναι καθοριστικής σημασίας για την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και για την εξασφάλιση των στόχων της ενεργειακής διαχείρισης. Παράλληλα με τον κύριο στόχο κατά τη διενέργεια μιας ενεργειακής επιθεώρησης υπάρχουν και επιπλέον οφέλη τα οποία μπορεί να είναι η βελτίωση του εξοπλισμού ή των περιβαλλοντικών επιδόσεων της εγκατάστασης. Τέλος, αναφέρεται ότι η ενεργειακή επιθεώρηση δεν είναι μία συνεχόμενη δράση, αλλά θα πρέπει να επαναλαμβάνεται περιοδικά [Κ.Α.Π.Ε., 2001α], [Herbasli and Ozalp, 2003].

## 1.2. ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ

Η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μπορεί να αποδώσει οφέλη στα τρία παρακάτω διακριτά επίπεδα:

- ☑ Οικονομικά οφέλη, τα οποία συμβάλλουν στη μείωση των λειτουργικών εξόδων ή στην αύξηση των κερδών της επιχείρησης. Αυτά πρέπει να αξιολογηθούν με βάση το κόστος της εφαρμογής των μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας.
- ☑ Λειτουργικά οφέλη, τα οποία βοηθούν τη διαχείριση μιας βιομηχανικής μονάδας να βελτιώσει τα επίπεδα άνεσης, ασφάλειας και αποδοτικότητας των εργαζομένων της ή, διαφορετικά, να βελτιώσει τη γενικότερη λειτουργία της.
- ☑ Περιβαλλοντικά οφέλη, αυτά αφορούν κυρίως τη μείωση των εκπομπών του CO<sub>2</sub> ή/και άλλων ρύπων (αέρια θερμοκηπίου), τη μείωση των ενεργειακών αναγκών σε εθνικό επίπεδο και τη διατήρηση των φυσικών πόρων [Κ.Α.Π.Ε., 2001α], [Caudana et al, 1995], [Hepbasli and Ozalp, 2003].

Ωστόσο, πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι δε γίνονται επενδύσεις ενεργειακής εξοικονόμησης, λόγω του υψηλού κόστους που χαρακτηρίζει την εγκατάσταση των νέων τεχνολογιών, του χρόνου που απαιτείται για τη διενέργεια της ενεργειακής επιθεώρησης και την εφαρμογή των νέων τεχνολογιών και τέλος, λόγω της πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει τη διενέργεια της ενεργειακής επιθεώρησης [Harris et al, 1999].

## 1.3. ΤΥΠΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΩΝ

Αναλόγως της πληρότητας των συλλεγόμενων στοιχείων, οι ενεργειακές επιθεωρήσεις διακρίνονται σε δύο τύπους, τις συνοπτικές και τις εκτενείς.

Στις συνοπτικές ενεργειακές επιθεωρήσεις αποτιμάται η ενεργειακή κατανάλωση και τα σχετικά κόστη με βάση τους ενεργειακούς λογαριασμούς (Δ.Ε.Η., τιμολόγια καυσίμων κ.λ.π.) και μίας σύντομης αυτοψίας του χώρου. Καθορίζονται αρχικά κάποια μέτρα νοικοκυρέματος ή/και μέτρα ελάχιστου κόστους με βραχυπρόθεσμη αποπληρωμή, καθώς επίσης προτείνεται ένας κατάλογος με άλλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες συχνά απαιτούν σημαντικές επενδύσεις κεφαλαίου, στη βάση του κόστους – οφέλους.

Οι εκτενείς ενεργειακές επιθεωρήσεις απαιτούν την λεπτομερέστερη καταγραφή και ανάλυση των στοιχείων ενεργειακής κατανάλωσης και άλλων συναφών στοιχείων της επιθεωρούμενης μονάδας. Η ενεργειακή κατανάλωση αναλύεται στις επιμέρους τελικές χρήσεις της (π.χ. θέρμανση, ψύξη, διάφορες διεργασίες, φωτισμός, κ.λ.π.), παρουσιάζονται και αναλύονται οι διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν αυτές τις τελικές χρήσεις (π.χ. παραγωγική ικανότητα ή ικανότητα παροχής υπηρεσιών, κλιματικές συνθήκες, χαρακτηριστικά πρώτων υλών, κ.λ.π.) [Κ.Α.Π.Ε., 2001α], [Eastop and Croft, 1996].

Με αυτόν το τρόπο, προσδιορίζονται τόσο τα συνολικά οφέλη όσο και το κόστος που αναλογεί στις πιθανές επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται και πρόκειται να πραγματοποιηθούν. Παράλληλα, συντάσσεται ένας κατάλογος με τις δυνατές επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που απαιτούν την επένδυση σημαντικού κεφαλαίου για να πραγματοποιηθούν, αλλά και πληρέστερη συλλογή και επεξεργασία σχετικών στοιχείων, μαζί με μια αναλυτική εκτίμηση οφέλους - κόστους για αυτές [Κ.Α.Π.Ε. 2001α].



## **2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ**

Η ενεργειακή επιθεώρηση βασίζεται στη δυνατότητα διακριτής εξέτασης των επιμέρους ενεργειακών εγκαταστάσεων-συστημάτων. Η πλήρης διαδικασία περιλαμβάνει τα ακόλουθα τρία στάδια καταγραφής και διάγνωσης:

### **1ο Στάδιο: Σχεδιασμός ενεργειακής επιθεώρησης - Συλλογή πρωτογενών στοιχείων και προκαταρκτική ανάλυση ενεργειακών δεδομένων.**

Στο στάδιο αυτό θα πρέπει αρχικά να συλλεχθούν πληροφορίες και δεδομένα σχετικά με την υφιστάμενη και παρελθούσα ενεργειακή εικόνα της εγκατάστασης. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να συλλεχθούν ακόμη και με τη βοήθεια ενός δομημένου συνοπτικού εντύπου-ερωτηματολογίου. Βάση για τη συμπλήρωση του εντύπου αυτού αποτελούν οι πληροφορίες που προέρχονται από τους τεχνικούς και διοικητικούς υπεύθυνους της μονάδας, καθώς και τα υπάρχοντα σχετικά στοιχεία (λογαριασμοί και τιμολόγια καυσίμων, σχέδια, μελέτες και κατάλογοι αρχείου, καταγραφές μετρήσεων και ενδείξεων κ.λ.π.) [Κ.Α.Π.Ε., 2001α].

Η προκαταρκτική ανάλυση των συλλεχθέντων δεδομένων θα πρέπει να οδηγήσει στον προσδιορισμό της διαχρονικής τάσης και της μηνιαίας διακύμανσης της συνολικής κατανάλωσης και του κόστους ενέργειας, τα οποία αρχικά υποδηλώνουν το ενεργειακό προφίλ. Τα πρώτα αυτά ενεργειακά δεδομένα που συλλέγονται θα πρέπει, επίσης, να οδηγήσουν στην πρώτη προσέγγιση του επιμερισμού της ενεργειακής κατανάλωσης σε υποσύστημα του λατομείου. Έτσι, τελικά, καταστρώνεται ένα γενικό ενεργειακό ισοζύγιο [Κ.Α.Π.Ε., 2001α], [Eastop and Croft, 1996].

Στο τέλος του σταδίου αυτού είναι πλέον δυνατόν να συνταχθεί ένας πρώτος κατάλογος με τις πιθανές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, με βάση και τις απαιτήσεις της ιδιοκτησίας του για τυχόν κατηγορίες επεμβάσεων ή εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας που πρέπει να εξαιρεθούν [Larsen and Jensen, 1999].

### **2ο Στάδιο: Επιτόπια συνοπτική Ενεργειακή Επιθεώρηση**

Το στάδιο αυτό συνίσταται στον επιτόπιο ποιοτικό, κυρίως, έλεγχο του χώρου και των Η/Μ εγκαταστάσεών του, καθώς και στην καταγραφή των κατασκευαστικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού των εγκαταστάσεων σε ειδικό έντυπο. Η καταγραφή αυτή, σε συνδυασμό με ενδεικτικές στιγμιαίες μετρήσεις, βοηθά στον καλύτερο επιμερισμό των ενεργειακών χρήσεων και, επομένως, του ενεργειακού ισοζυγίου του κτιρίου [Κ.Α.Π.Ε., 2001α], [Eastop and Croft, 1996].

Η διαδικασία αυτή σε συνδυασμό με τις προτάσεις του προηγούμενου σταδίου, συνεπάγεται τον τελικό προσδιορισμό των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας με μέτρα νοικοκυρέματος, καθώς και με επεμβάσεις χαμηλού κόστους και άμεσης εφαρμογής, που δεν απαιτούν ειδική οικονομική αξιολόγηση

μέσω σχετικών ενεργειακών μελετών. Επίσης, συνεπάγεται τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε επιμέρους περιοχές και συστήματα, για περαιτέρω διερεύνηση αυτών σε επόμενη φάση από ειδικούς συμβούλους ή από τα ίδια τα στελέχη διαχείρισης της μονάδας, εάν αυτό είναι εφικτό. Αυτές οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας θα πρέπει να χωρισθούν σε τρεις ομάδες, ανάλογα με το ενεργειακό τους δυναμικό για τη συγκεκριμένη μονάδα (υψηλό, μέσο, χαμηλό) [Larsen and Jensen, 1999].

### **3ο Στάδιο: Επιτόπια λεπτομερής Ενεργειακή Επιθεώρηση**

Συνίσταται στη συλλογή (μέσω επιτόπιων αναλυτικών μετρήσεων) και την ανάλυση των απαραίτητων δεδομένων, καθώς και στην πλήρη εξέταση τμημάτων των ενεργειακών συστημάτων της μονάδας, που θα επιτρέψουν τη σύνταξη του πλήρους τελικού ενεργειακού ισοζυγίου του. Αυτή η διαδικασία θα επιτρέψει, επίσης, την ορθή τεχνικοοικονομική αξιολόγηση μιας ή περισσότερων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, με επενδύσεις μέσου και υψηλού κόστους, σε συγκεκριμένο ενεργειακό υποσύστημα, μέσω σχετικής ειδικής μελέτης. Η διαδικασία της Ενεργειακής Επιθεώρησης ολοκληρώνεται με την παρουσίαση όλων των προτάσεων για εξοικονόμηση ενέργειας στην μονάδα, υπό τη μορφή μιας συνοπτικής τεχνικοοικονομικής έκθεσης [Κ.Α.Π.Ε., 2001α], [Larsen and Jensen, 1999].

Έτσι λοιπόν σύμφωνα με τα στάδια που υποδεικνύονται ανωτέρω η παρούσα ενεργειακή επιθεώρηση ακολούθησε τα εξής αναλυτικά βήματα – στάδια:

1. Συλλογή βασικών ενεργειακών στοιχείων και πληροφοριών λειτουργίας
2. Υπολογισμός ενεργειακών ισολογισμών και βαθμών απόδοσης
3. Αναγνώριση δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας
4. Υπολογισμός της αναμενόμενης ενεργειακής εξοικονόμησης
5. Ιεράρχηση των διαφόρων δυνατοτήτων εξοικονόμησης και διαμόρφωση σταδίου δράσης

### **2.1. ΤΥΠΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΩΝ**

Σε γενικές γραμμές, οι τυπικές απαιτήσεις για τη διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- διάθεση χρόνου για τη διενέργεια των δράσεων που απαιτούνται,
- τεχνικός εξοπλισμός για τις απαραίτητες μετρήσεις,
- οικονομική δυνατότητα για την κάλυψη των παραπάνω, καθώς επίσης για την υλοποίηση των όποιων προτάσεων,
- τεχνικές και λειτουργικές πληροφορίες για τα κτίρια, τις εγκαταστάσεις ή τις παρεχόμενες υπηρεσίες [Κ.Α.Π.Ε., 2001α], [Santamouris et al, 1996].

Ο χρόνος που απαιτείται για τη διενέργεια μίας ενεργειακής επιθεώρησης εξαρτάται από την διαθεσιμότητα ή μη των ενεργειακών στοιχείων, το μέγεθος της εγκατάστασης και την πολυπλοκότητα του εξοπλισμού. Μία συνοπτική επιθεώρηση μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα σε λίγες μόνο ώρες για μία απλή εγκατάσταση για την οποία υπάρχουν άμεσα διαθέσιμα στοιχεία. Σε πιο περίπλοκες περιπτώσεις, μπορεί να χρειαστεί μία εβδομάδα (ή και παραπάνω) μόνο για την ανάλυση των λογαριασμών και των άλλων στοιχείων. Για τις μεγαλύτερες μονάδες μπορεί να απαιτηθεί το ισοδύναμο ενός ανθρωπο-έτους για να επιθεωρηθούν εκτενώς ή, κατά προτίμηση, μία μικρή ομάδα επιθεωρητών, για την επίτευξη μικρότερης περιόδου επιθεώρησης. Η συνοπτική επιθεώρηση μιας μικρής και συγκεντρωμένης μονάδας μπορεί να ολοκληρωθεί κατά τη διάρκεια μίας ημέρας από ένα μόνο άτομο. Είναι απαραίτητη η διαθεσιμότητα χρόνου τόσο σε αυτούς που διενεργούν την επιθεώρηση, όσο και σε αυτούς που συμβάλλουν κατά άλλους τρόπους σε αυτή, είτε με την παροχή πληροφοριών, είτε απλά έχοντας το ρόλο του συνοδού. Ακόμα και στην περίπτωση ύπαρξης εξωτερικής βοήθειας, η παρουσία στελεχών της υπό επιθεώρηση εγκατάστασης είναι πάντα απαραίτητη. Όσο καλύτερη είναι η συνεργασία μεταξύ αυτών, τόσο καλύτερη θα είναι η ποιότητα της επιθεώρησης ως εκ τούτου, το προσωπικό της επιχείρησης θα πρέπει να ενθαρρύνεται για την όσο το δυνατόν θετικότερη συνεισφορά του [Κ.Α.Π.Ε., 2001α].

Όσον αφορά τον μετρητικό εξοπλισμό, θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι οι μετρήσεις είναι θεμελιώδεις για την κατανόηση των ενεργειακών ροών. Η χρήση των μετρήσεων και του σχετικού εξοπλισμού επιτρέπει τη διενέργεια μίας ποσοτικής ανάλυσης αφενός της ενεργειακής χρήσης, αφετέρου της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Με την ευχέρεια στην εφαρμογή και την εμπειρία στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων, αποκτώνται πολύ περισσότερες πληροφορίες σε σύγκριση με την απλή παρατήρηση των χώρων. Προσοχή επιβάλλεται στη χρήση σωστά βαθμονομημένων οργάνων για την λήψη αξιόπιστων πληροφοριών. Μία σωστή σε εκτέλεση δοκιμή βοηθάει στην αποφυγή παραγωγής μη αναγκαίων δεδομένων προς επεξεργασία, που μπορεί να προέρχονται είτε από υπερβολικό αριθμό μετρήσεων, είτε από υπερβολικά μεγάλο χρονικό διάστημα λήψης μετρήσεων. Μία συνοπτική επιθεώρηση μπορεί να απαιτήσει τον ελάχιστο δυνατό μετρητικό εξοπλισμό. Αντιθέτως, οι εκτενείς επιθεωρήσεις αναμένεται να περιλαμβάνουν μετρήσεις των κύριων ενεργειακών ροών και αποτίμηση της αποδοτικότητας των κύριων εγκαταστάσεων [Κ.Α.Π.Ε. 2001α].

### 3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

#### 3.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι είναι δυνατό να διενεργηθεί μια αποδοτική ενεργειακή επιθεώρηση, με παράλληλη ελαχιστοποίηση του σχετικού κόστους, και λόγω της ποικιλίας των τύπων των επιθεωρήσεων, η όλη διαδικασία πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να πληρούνται συγκεκριμένα κριτήρια. Κατά τη φάση του προγραμματισμού της ενεργειακής επιθεώρησης, πρέπει να καθορίζονται ή να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα θέματα:

➤ **Συμμετοχή του προσωπικού:** είναι θεμιτό το έργο να διευθύνεται από κάποιο άτομο με διευθυντική ή διοικητική ιδιότητα, ώστε να δοθεί κύρος στην ενεργειακή επιθεώρηση και τα αποτελέσματά της. Η χρήση ή μη εξωτερικής βοήθειας εξαρτάται κυρίως από την πολυπλοκότητα και το μέγεθος των εγκαταστάσεων, καθώς και από τη διαθεσιμότητα του κατάλληλου προσωπικού.

➤ **Οριοθέτηση της μονάδας:** ένα ανεξάρτητο κτίριο, όπως είναι ένα κτίριο γραφείων, συνήθως δεν προβληματίζει ως προς τα όρια της επιθεώρησης. Σε εγκαταστάσεις με πολλαπλές ανεξάρτητες μονάδες κάθε μονάδα ελέγχεται ξεχωριστά. Επίσης, είναι σημαντικό να προσδιορίζονται τα τμήματα εκείνα που πρόκειται να εξαιρεθούν από την επιθεώρηση, για κάποιο συγκεκριμένο λόγο.

➤ **Βάθος της ενεργειακής επιθεώρησης:** το βάθος της επιθεώρησης και η λεπτομέρεια των στοιχείων που θα περιληφθούν εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των πόρων και από τον προσδιορισμό των προσδοκώμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

➤ **Χρονικός προγραμματισμός της επιθεώρησης:** ο προσεκτικός συγχρονισμός των δράσεων μιας επιθεώρησης θα παράγει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Ο προγραμματισμός θα πρέπει να έχει ως στόχο την εκμετάλλευση των εποχιακών παραγόντων και άλλων προγραμματισμένων δράσεων.

➤ **Πρόσβαση στις εγκαταστάσεις:** υπάρχει το ενδεχόμενο επιβολής περιορισμών στο προσωπικό που διενεργεί την επιθεώρηση και στην εργασιακή πρακτική. Οι προϊστάμενοι των τμημάτων και το προσωπικό ασφαλείας πρέπει να έχουν ενημερωθεί για το πρόγραμμα δράσεων και να τους έχει ζητηθεί να συμβάλλουν εποικοδομητικά στην απρόσκοπτη διενέργεια της επιθεώρησης.

➤ **Απαιτήσεις από τις εκθέσεις:** Οι διαδικασίες έκθεσης των αποτελεσμάτων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ήδη από τα αρχικά στάδια. Πρέπει να σημειωθεί ότι, κανονικά η προσπάθεια που πρέπει να καταβληθεί για την αποτίμηση των καταγραφών και την προετοιμασία της τελικής έκθεσης είναι εξίσου μεγάλη με αυτή που καταβάλλεται για τη διενέργεια της επιτόπιας καταγραφής στους χώρους που υφίστανται επιθεώρηση [Κ.Α.Π.Ε. 2001α], [Chirarattananon and Taweekun, 2003].

### 3.2. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Τα στοιχεία που αφορούν την κατανάλωση ενέργειας και το παραγωγικό δυναμικό μιας μονάδας είναι απαραίτητα σε όλες τις επιθεωρήσεις, μάλιστα για όσο πιο μεγάλη περίοδο υπάρχουν στοιχεία, τόσο το καλύτερο για τη διαδικασία της επιθεώρησης.

Ακόμα και στις περιπτώσεις διαθεσιμότητας πλήρων αρχείων, όταν για παράδειγμα υπάρχουν μηνιαίοι λογαριασμοί ηλεκτρικού ρεύματος, στην ανάλυση της ενεργειακής χρήσης, των απωλειών ή/και των κερδών μπορεί να βοηθήσουν πολύ και κάποιες εβδομαδιαίες ή ημερήσιες μετρήσεις που λαμβάνονται ανεξάρτητα. Εξάλλου, όταν συντάσσεται ένα ενεργειακό ισοζύγιο, τα λεπτομερή στοιχεία για τις επιμέρους καταναλώσεις βοηθούν στην ποσοτικοποίηση των ενεργειακών ροών, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την ακρίβεια του ισοζυγίου [Κ.Α.Π.Ε., 2001α], [Eastop and Croft, 1996].

Σε γενικές γραμμές τα προκαταρκτικά στοιχεία που κρίνεται σκόπιμο να συλλεχθούν στην πρώτη φάση μιας ενεργειακής επιθεώρησης είναι τα εξής:

- Γενικές πληροφορίες για την εγκατάσταση (τύπος εγκατάστασης, έτος κατασκευής, είδος χρήσης και παρεχόμενων υπηρεσιών, ιδιοκτησιακό καθεστώς, υπεύθυνος εκπρόσωπος, πιθανές προσθήκες-ανακαινίσεις στις εγκαταστάσεις του, όγκοι και επιφάνειες χώρων, πλήθος ατόμων, προϊόντων και σχετικού εξοπλισμού υποστήριξης υπηρεσιών, καθεστώς λειτουργίας, κ.λ.π.).
- Στοιχεία κατανάλωσης και κόστους ενέργειας για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα προκειμένου για την αποτίμηση της ετήσιας εξέλιξης της κατανάλωσης καυσίμων και ηλεκτρισμού, μηνιαία διακύμανση καταναλώσεων έτους ελέγχου).
- Καθεστώς ενεργειακής διαχείρισης και τυχόν υπάρχοντα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.
- Επιπλέον, είναι απαραίτητο να συλλεχθούν και τα ακόλουθα υποστηρικτικά στοιχεία:
- Λογαριασμοί και τιμολόγια αγοράς ενέργειας (ηλεκτρικού, καυσίμων) για την περίοδο ελέγχου και προηγούμενα έτη.
- Σχέδια και μελέτες για τις Η/Μ ενεργειακές εγκαταστάσεις του.
- Κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του βασικού εξοπλισμού.
- Κλιματικά δεδομένα περιόδων ενεργειακής ανάλυσης για την περιοχή.
- Τυχόν υπάρχοντα έγγραφα αρχείου με καταγραφές από υπάρχοντες μετρητές ή θεωρητικές εκτιμήσεις της ενεργειακής κατανάλωσης στο κτίριο [Κ.Α.Π.Ε., 2001α].

Τα παραπάνω στοιχεία προκειμένου να συλλεχθούν προτείνεται να καταστρωθεί ένα έντυπο ερωτηματολόγιο η συμπλήρωση του οποίου γίνεται από τον σχετικό υπεύθυνο για τη μονάδα σε συνεργασία με τον υπεύθυνο για την εκτέλεση της ενεργειακής επιθεώρησης. Επίσης, όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία για τη μονάδα μπορούν να εισαχθούν σε μία βάση δεδομένων για μελλοντική επεξεργασία, σε περιπτώσεις ενεργειακής ανάλυσης δείγματος ομοειδών εγκαταστάσεων [Κ.Α.Π.Ε., 2001α], [Chirarattananon and Taweekun, 2003].

Κατά τη διάρκεια των εκτεταμένων επιθεωρήσεων θα πρέπει να κατασκευάζονται χρονοδιαγράμματα κατανάλωσης ενέργειας για όλους τους διαθέσιμους μετρητές και τουλάχιστον για τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ωριαία βάση,
- την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ημερήσια βάση,
- την κατανάλωση καυσίμων σε ημερήσια βάση.

Όταν η επιθεώρηση αποσκοπεί στον εντοπισμό των δυνατοτήτων μείωσης των αιχμών κατανάλωσης της μονάδας, κρίνεται σκόπιμη η κατασκευή του χρονοδιαγράμματος του τυπικού ημερήσιου (ή μηνιαίου) συντελεστή φορτίου, ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του γινομένου του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής επί το σύνολο των ωρών της μέρας (ή του μήνα) προς την αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας [K.A.Π.Ε. 2001α], [Chirarattananon and Taweekun, 2003].

## **4. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

### **4.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ**

Προκειμένου να γίνει πρόταση των κατάλληλων, για κάθε περίπτωση, μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης λαμβάνονται υπόψη ορισμένες παράμετροι οι οποίες στοχεύουν στην εξακρίβωση της εφικτότητας των μέτρων από τεχνικής και οικονομικής άποψης.

#### **4.1.1 Τεχνικά και Λειτουργικά Κριτήρια**

Όλες οι προτεινόμενες επεμβάσεις ή μέτρα θα πρέπει να στηρίζονται σε τεχνολογίες οι οποίες χαρακτηρίζονται από τεχνική ωριμότητα και αξιόπιστη λειτουργία. Τα κυριότερα κριτήρια αξιολόγησης αυτού του είδους περιλαμβάνουν:

- α) Την αξιοπιστία λειτουργίας. Αξιολογείται η ωριμότητα της τεχνολογίας και οι προηγούμενες εφαρμογές της.
- β) Την τεχνολογική στάθμη και ετοιμότητα του δικτύου τεχνικής υποστήριξης σε τοπικό επίπεδο.
- γ) Τη διαθεσιμότητα λειτουργίας σε ετήσια βάση. Αξιολογούνται οι παρεχόμενες εγγυήσεις για τον ελάχιστο αριθμό ωρών λειτουργίας σε ετήσια βάση, καθώς και το πρόγραμμα της συντήρησης και των διακοπών λειτουργίας.
- δ) Τις δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης, συγκριτικά με τις αντίστοιχες δαπάνες πριν την λήψη του μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας.
- ε) Το χρόνο προσαρμογής και πλήρους απόδοσης του μέτρου. Αξιολογούνται επίσης οι απαιτήσεις για εκπαίδευση του προσωπικού [Κ.Α.Π.Ε. 2001].

#### **4.1.2 Οικονομικά και Χρηματοδοτικά κριτήρια**

Τα οικονομικά κριτήρια αποτελούν τα συνήθη κριτήρια για την οριοθέτηση του έργου της επιθεώρησης και την αξιολόγηση των επιμέρους επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτά περιλαμβάνουν:

- α) Το ύψος των απαιτούμενων κεφαλαίων για την κάλυψη των δαπανών υλοποίησης του μέτρου.
- β) Την οικονομική απόδοση της επένδυσης. Αξιολογείται το ετήσιο όφελος ως προς τη δαπάνη υλοποίησης του μέτρου. Το ετήσιο όφελος περιλαμβάνει όχι μόνο τα καθαρά οφέλη από τη μειωμένη χρήση ενέργειας, αλλά και τα οφέλη (ή την επιβάρυνση) από τις ενδεχόμενες μεταβολές των δαπανών λειτουργίας και συντήρησης. Πολλές φορές, επίσης, περιλαμβάνει και τα οφέλη από την μείωση των εκπομπών ρύπων, εφόσον οι εκπομπές αυτές συμβάλλουν άμεσα ή έμμεσα στη διαμόρφωση των λειτουργικών εξόδων.
- γ) Το ύψος της χρηματοδότησης από τρίτους. Αξιολογείται η δυνατότητα τυχόν χρηματικής υποστήριξης η οποία είναι δυνατόν να διατίθεται από αντίστοιχα εθνικά ή/και κλαδικά προγράμματα.

Επίσης, αξιολογείται η δυνατότητα συνεισφοράς άλλου επιχειρηματικού κεφαλαίου στη χρηματοδότηση του μέτρου (χρηματοδότησης από τρίτους) [Κ.Α.Π.Ε. 2001α].



## **5. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

### **5.1. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

Η ενεργειακή επιθεώρηση στα εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια προσανατολίζεται σε ένα μεγάλο φάσμα εργασιών και απαιτεί εξειδίκευση σε αρκετά πεδία, ώστε να καθοριστούν τα βέλτιστα έργα εξοικονόμησης που είναι κατάλληλα για την εκάστοτε εγκατάσταση. Από την άλλη, στις περισσότερες εφαρμογές απαιτούνται αρχικές επενδύσεις για την υλοποίηση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτά τα αρχικά κόστη πρέπει, γενικά, να δικαιολογηθούν μέσω της μείωσης των λειτουργικών εξόδων (που οφείλονται σε μείωση του κόστους της ενέργειας).

Έτσι, οι περισσότερες βελτιώσεις στην αποδοτικότητα των ενεργειακών συστημάτων έχουν μια καθυστερημένη απόδοση, δηλαδή τα έξοδα γίνονται στην αρχή της επέμβασης, ενώ τα οφέλη προκύπτουν αργότερα. Για να είναι ένα έργο ενεργειακής επέμβασης οικονομικά αποδοτικό, η απαιτούμενη αρχική του επένδυση πρέπει να είναι χαμηλότερη από το άθροισμα των ποσών εξοικονόμησης που προκύπτουν από τη μείωση των λειτουργικών εξόδων κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Εξάλλου, η διάρκεια ζωής μιας επέμβασης σε ένα ενεργειακό σύστημα συνήθως εκτείνεται σε αρκετά έτη.

Για την εκτίμηση της οικονομικής απόδοσης των έργων ενεργειακών επεμβάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρκετά εργαλεία αξιολόγησης. Στη συνέχεια, περιγράφονται οι βασικές χρηματοοικονομικές έννοιες αρχές και τα μέτρα που χρησιμοποιούνται για να γίνει η οικονομική αξιολόγηση μίας τεχνικής επένδυσης. Αναφέρονται, επίσης, τα συγκριτικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους, αλλά και οι πιθανοί κίνδυνοι να οδηγήσουν σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Τέλος, παρέχεται μια γενική-συστηματική προσέγγιση για την εκτέλεση της οικονομικής αξιολόγησης των διαφόρων εναλλακτικών επιλογών των έργων εξοικονόμησης ενέργειας [Κ.Α.Π.Ε. 2001α].

#### **5.1.1 Βασικές Χρηματοοικονομικές Έννοιες**

Υπάρχουν αρκετές οικονομικές παράμετροι που επηρεάζουν την απόφαση ανάμεσα στις διάφορες επενδυτικές επιλογές. Οι παράμετροι και οι έννοιες που επηρεάζουν σημαντικά τη λήψη οικονομικών αποφάσεων περιλαμβάνουν:

- Τη χρονική αξία των χρημάτων και τα επιτόκια, περιλαμβανομένων των απλών και των μικτών τόκων.
- Τον πληθωρισμό και τα σύνθετα επιτόκια.
- Τους φόρους που περιλαμβάνονται στις πωλήσεις, καθώς και τους τοπικούς και κρατικούς.
- Τον ρυθμό απόσβεσης και την υπολειμματική αξία [Κ.Α.Π.Ε., 2001α].

## **Κόστος κεφαλαίου**

Το κόστος κεφαλαίου μιας συγκεκριμένης επιχείρησης είναι ένας λόγος (επιτόκιο) με την ιδιότητα όταν η επιχείρηση επιτυγχάνει αποδοτικότητα μεγαλύτερη της τιμής του, τότε να αυξάνεται η αξία της επιχείρησης και αντίστροφα. Ένα επενδυτικό σχέδιο για να είναι πλήρως αποδεκτό, πρέπει να εξασφαλίζει εκτός της επιστροφής (αποπληρωμής) του επενδεδυμένου κεφαλαίου και την αμοιβή (κέρδος) του κεφαλαίου. Το κόστος κεφαλαίου είναι μοναδικό για κάθε σχέδιο επένδυσης και για τον υπολογισμό του, λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράγοντες, όπως η κεφαλαιακή διάρθρωση της επιχείρησης, οι πηγές των κεφαλαίων, το κόστος των ιδίων κεφαλαίων, κ.ά. [Λίποβατζ, 1992], [Peters and Timmerhaus, 1991].

## **Κύκλος ζωής**

Ο κύκλος ζωής ενός έργου εκφράζει τη χρονική διάρκεια ζωής του. Η χρονική διάρκεια μπορεί να αναφέρεται στην οικονομική του ζωή (δηλαδή στη χρονική περίοδο από την έναρξη του έργου έως τη στιγμή όπου αναμένεται να παύσουν τα ονομαστικά οικονομικά οφέλη που αναφέρονται στη συγκεκριμένη επενδυτική πρόταση για το έργο αυτό και πέραν της οποίας θα υπάρχουν οικονομικά αποδοτικότερες εναλλακτικές λύσεις), τη φυσική ζωή του έργου (δηλαδή τη χρονική περίοδο έναρξης του έργου έως τη στιγμή της φυσικής αχρήστευσης λόγω φθοράς εξοπλισμού του) ή τη τεχνολογική ζωή του έργου (τη χρονική δηλαδή περίοδο, από την έναρξη του έργου έως τη στιγμή όπου αναμένεται να παύσει η τεχνολογική πρωτοπορία και επικαιρότητά του, στοιχεία που το καθιστούσαν έως τότε ανταγωνιστικό και κερδοφόρο). Η επιλογή του κύκλου ζωής ενός έργου-μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας, πρέπει να είναι πολύ προσεκτική και συνήθως συνδυάζει και τα τρία παραπάνω χρονικά χαρακτηριστικά, ώστε να μην επηρεάζεται η αντικειμενικότητά της [Λίποβατζ, 1992].

## **Χρηματοροές ( "cash flows")**

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη τα έσοδα και τα έξοδα που οφείλονται στην εφαρμογή ενός μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας (όπως είναι η εγκατάσταση ενός νέου λέβητα), για κάθε περίοδο της συνολικής διάρκειας ζωής του έργου. Η διαφορά ανάμεσα στα έσοδα (εισροές) και τα έξοδα (εκροές) για μια δεδομένη περίοδο ονομάζεται χρηματοροή. Κατά τη διάρκεια ζωής ενός έργου, πρέπει να γίνεται η ακριβής εκτίμηση όλων των χρηματοροών που συνδέονται με αυτό.

Έτσι, οι χρηματοροές είναι θετικές όταν αντιπροσωπεύουν εισροές και αρνητικές για τις εκροές. Πρέπει να σημειωθεί ότι, οι χρηματοροές δεν μπορούν απλά να προστίθενται, διότι η αξία του χρήματος μεταβάλλεται από τη μια περίοδο στην επόμενη [Κ.Α.Π.Ε., 2001α].

## **Αποσβέσεις**

Η οικονομική ανάλυση μιας επένδυσης ξεκινά με την πρόβλεψη του λειτουργικού κέρδους στο οποίο δεν περιλαμβάνονται οι αποσβέσεις και οι τόκοι. Για την ακριβέστερη αξιολόγηση της επένδυσης είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι αποσβέσεις του εξοπλισμού. Αν μια επιχείρηση έχει αγοράσει ένα

κεφαλαιουχικό αγαθό αξίας  $V$  κατά το έτος  $t$ , η δαπάνη αυτή δεν θεωρείται ότι επιβαρύνει τα έξοδα του ίδιου έτους  $t$ , αλλά επιμερίζεται μεταξύ των επόμενων ετών, μέσα στα οποία αποσβένεται φορολογικά το αγαθό, θεωρώντας ως ετήσιο έξοδο ποσό ίσο με την αξία κτήσεως δια του αριθμού των ετών. Το θεωρητικό αυτό έξοδο, το οποίο ονομάζεται ετήσια απόσβεση, αφαιρείται από τα λειτουργικά κέρδη του αντίστοιχου έτους. Η απόσβεση μειώνει τους ετήσιους φόρους [Λίποβατζ, 1992].

### **Πληθωρισμός**

Ένα άλλο στοιχείο που λαμβάνεται υπόψη κατά την οικονομική ανάλυση μιας επένδυσης είναι ο πληθωρισμός. Ο πληθωρισμός, ο ρυθμός μείωσης δηλαδή της αγοραστικής αξίας του χρήματος, είναι ένας δείκτης του ρυθμού της διαχρονικής αύξησης της τιμής αγοράς του εξοπλισμού και των υπηρεσιών για ένα ενεργειακό έργο. Σε μιας οικονομική ανάλυση, συνίσταται οι ετήσιες χρηματοροές μιας επένδυσης, να υπολογίζονται σε πραγματικές τιμές, συμπεριλαμβανομένου του ετήσιου πληθωρισμού. Η επίδραση του σταθερού ετήσιου πληθωρισμού  $i(\%)$  σε ένα επιτόκιο προεξόφλησης ("discount rate")  $r(\%)$  που διαμορφώνεται με βάση το κόστος δανεισμού του χρήματος, με ετήσιο επιτόκιο δανεισμού  $d(\%)$  εκφράζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$r = \frac{1+d}{1+i} - 1 \text{ [Λίποβατζ, 1992]}$$

### **Τόκος**

Όταν γίνεται δανεισμός χρημάτων για να καλυφθεί ένα μέρος του αρχικού κόστους της επένδυσης ενός έργου, χρεώνεται κάποιο ποσό για τη χρήση των δανειζομένων χρημάτων. Το ποσό αυτό ονομάζεται τόκος ενώ το δανειζόμενο ποσό ονομάζεται κεφάλαιο. Το ποσό της χρέωσης εξαρτάται από το κεφάλαιο και το εύρος του χρόνου κατά τον οποίο γίνεται ο δανεισμός των χρημάτων. Η χρέωση του τόκου εκφράζεται συνήθως ως ποσοστό του συνολικού ποσού δανεισμού, το οποίο είναι το επιτόκιο δανεισμού.

Για την οικονομική ανάλυση των έργων χρήσης της ενέργειας ή/και εξοικονόμησής της, το επιτόκιο συνήθως θεωρείται σταθερό κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Έτσι, όταν η οικονομική ανάλυση αφορά έργα ενεργειακής υφής, συνηθίζεται η χρησιμοποίηση μέσω επιτοκίων. Είναι σύνηθες να χρησιμοποιείται στις αναλύσεις που αφορούν ενεργειακά έργα ένα ονομαστικό προεξοφλητικό επιτόκιο, στο οποίο περιλαμβάνονται οι επιδράσεις του πληθωρισμού και της φορολογίας, που πρέπει πάντοτε να λαμβάνονται υπόψη. Γενικά, γίνεται η υπόθεση ότι για να πραγματοποιηθεί το έργο καταβάλλεται μια αρχική πληρωμή με δανεισμό ενός ποσού χρημάτων [Λίποβατζ, 1992].

## **5.1.2 Βασικά οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων**

### **Περίοδος ανάκτησης κεφαλαίου**

Το κριτήριο περιόδου ανάκτησης κεφαλαίου αποτελεί τον απλούστερο δείκτη και την πρώτη ένδειξη οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης, βοηθώντας τον επενδυτή στην εκτίμηση του οικονομικού

κινδύνου μιας επένδυσης. Η περίοδος ανάκτησης κεφαλαίου είναι ουσιαστικά τα έτη λειτουργίας της επένδυσης τα οποία απαιτούνται για την ανάκτηση της αρχικής δαπάνης. Υπολογίζεται λοιπόν το έτος λειτουργίας κατά το οποίο το άθροισμα των μέχρι τότε εσόδων να υπερβαίνει για πρώτη φορά την αρχική δαπάνη. Το κριτήριο αυτό μειονεκτεί στο γεγονός ότι δεν λαμβάνονται υπόψη τα μεταγενέστερα του χρόνου αποπληρωμής οφέλη από την επένδυση, ούτε η επίδραση του χρόνου στην αξία του χρήματος [Κ.Α.Π.Ε., 2001α].

### **Καθαρή παρούσα αξία ( "Net Present Value", *N.P.V.*)**

Η βασική αρχή αυτής της μεθόδου είναι η εκτίμηση της παρούσας αξίας των χρηματορροών που πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια ζωής του έργου. Σημειώνεται ότι η αρχική χρηματοροή είναι αρνητική (κόστος κεφαλαίου για την, επένδυση), ενώ οι χρηματοροές στα επόμενα έτη είναι γενικά θετικές (πρόσοδοι). Στην ιδιαίτερη περίπτωση ενός έργου με σταθερή ετήσια πρόσοδο, λόγω της εξοικονόμησης στα λειτουργικά έξοδα για την ενέργεια, η καθαρή παρούσα αξία προκύπτει ως:

$$NPV = -K + \frac{SV}{(1+d)^N} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t}$$

όπου K: η αρχική επένδυση

$F_t$ : το ετήσιο καθαρό όφελος

N: ο οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης (20 έτη)

SV: η απομένουσα αξία επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής της (ιση με μηδέν)

d: το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία.

Για να είναι το έργο οικονομικά βιώσιμο, η καθαρή παρούσα αξία πρέπει να είναι θετική ή, στη χειρότερη περίπτωση, μηδέν ( $NPV = 0$ ). Προφανώς, όσο μεγαλύτερη είναι η  $NPV$ , τόσο οικονομικά αποδοτικότερο θα είναι το έργο. Συχνά, η μέθοδος καθαρής παρούσας αξίας ονομάζεται μέθοδος καθαρής εξοικονόμησης, διότι οι πρόσοδοι προέρχονται συνήθως από την εξοικονόμηση λειτουργικών εξόδων λόγω της πραγματοποίησης του έργου [Λίποβατζ, 1992], [Κ.Α.Π.Ε., 2001α].

### **Ρυθμός επιστροφής – Εσωτερικός βαθμός απόδοσης ("Internal Rate of Return", *IRR*)**

Σε αυτή τη μέθοδο, το πρώτο βήμα είναι ο καθορισμός μιας συγκεκριμένης τιμής ενός προεξοφλητικού επιτοκίου ( $d'$ ), το οποίο μειώνει την καθαρή παρούσα αξία μέχρι μηδενισμού της. Αυτό το συγκεκριμένο προεξοφλητικό επιτόκιο ονομάζεται **ρυθμός επιστροφής** (*IRR*). Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης προκύπτει από την εξίσωση της καθαρής παρούσας αξίας εάν τεθεί  $NPV = 0$ . Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης αποτελεί ουσιαστικά το επιτόκιο προεξόφλησης για το οποίο τα συνολικά έσοδα από την επένδυση καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του γίνονται ίσα με το αρχικό κόστος επένδυσης, είναι δηλαδή το επιτόκιο για το οποίο η  $NPV$  ισούται με μηδέν.

Για ένα επιχειρηματικό σχέδιο, σε περίπτωση που ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης υπολογιστεί μεγαλύτερος από το επιτόκιο αναγωγής, η επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη. Ο εσωτερικός

συντελεστής απόδοσης εμφανίζεται ικανοποιητικός σε σχέση με το επιτόκιο αναγωγής, μάλιστα είναι αρκετά υψηλότερος από αυτό. Ο σημαντικότερος κίνδυνος για το έργο είναι ο τεχνικός, αλλά δεν αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά την επένδυση, καθώς θα εξεταστούν μόνο ώριμες εμπορικά τεχνολογίες για την τελική επιλογή της κατάλληλης [Κ.Α.Π.Ε., 2001α], [Λίποβατζ, 1992].

### **Λόγος οφέλους-κόστους**

Ο λόγος οφέλους προς κόστους είναι ο λόγος του συνόλου των προεξοφλημένων ροών των οικονομικών ωφελειών προς το σύνολο των προεξοφλημένων ροών του οικονομικού κόστους του επιχειρησιακού σχεδίου για ολόκληρη την περίοδο ζωής του [Θεοφανίδης, 1987]. Η μέθοδος του λόγου οφέλους-κόστους ονομάζεται, αλλιώς, και λόγος της εξοικονόμησης προς την απαιτούμενη επένδυση και παρέχει ένα μέτρο του καθαρού οφέλους (ή εξοικονόμησης) από το έργο σε σχέση με το καθαρό του κόστος. Οι καθαρές αξίες για τα οφέλη και τα κόστη υπολογίζονται σε σχέση με μια περίπτωση αναφοράς. Συνήθως, με αυτή την μέθοδο, υπολογίζεται η παρούσα αξία όλων των χρηματοροών. Για να είναι βιώσιμη μία επένδυση πρέπει ο λόγος αυτός να είναι μεγαλύτερος από τη μονάδα [Κ.Α.Π.Ε., 2001α].

### **Περίοδος αποπληρωμής**

Με αυτή τη μέθοδο εκτίμησης, προσδιορίζεται η περίοδος (συνήθως εκφράζεται σε έτη) που απαιτείται για την επανάκτηση της αρχικής επένδυσης. Εάν η περίοδος αποπληρωμής είναι μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου, τότε το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο. Σε περίπτωση όπου περιλαμβάνει και η αξία του χρήματος, η περίοδος αποπληρωμής ονομάζεται έντοκη περίοδος αποπληρωμής. Εντούτοις, στην πλειοψηφία των εφαρμογών εν γένει παραβλέπεται η χρονική αξία του χρήματος. Στην περίπτωση που η καθαρή ετήσια εξοικονόμηση είναι σταθερή, η απλή περίοδος αποπληρωμής μπορεί να υπολογιστεί εύκολα ως ο λόγος της αρχικής επένδυσης προς την καθαρή ετήσια εξοικονόμηση. Οι τιμές της απλής περιόδου αποπληρωμής είναι μικρότερες από αυτές της έντοκης περιόδου αποπληρωμής, αφού τα καθαρά (χωρίς αποσβέσεις) κέρδη είναι μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα έντοκα. Επομένως, οι αποδεκτές τιμές της απλής περιόδου αποπληρωμής είναι, συνήθως, σημαντικά βραχύτερες από τη διάρκεια ζωής του έργου [Λίποβατζ, 1992], [Peters and Timmerhaus, 1991].

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

## 1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Καταρχήν από την ανάλυση του οικονομικού ισοζυγίου της επιχείρησης για το έτος 2002, προέκυψε πως τη σημαντικότερη λειτουργική δαπάνη της επιχείρησης αποτελούν τα εργατικά κόστη τα οποία σε ποσοστό ανέρχονται στο 53,9% του συνόλου των εξόδων, ενώ τα ενεργειακά κόστη αποτελούν το δεύτερο μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος, με ποσοστό 13,7%. Η παρατήρηση αυτή καταδεικνύει ότι η εξόρυξη των μαρμάρων πρόκειται για μια χρονοβόρο και ενεργοβόρο διαδικασία, με σημαντικές απαιτήσεις σε εργατικό προσωπικό αντίστοιχες της εξόρυξης των σκληρών γρανιτικών πετρωμάτων.

Από το ενεργειακό ισοζύγιο προέκυψε ότι η παραγόμενη ενέργεια είναι σημαντικά υψηλότερη από την απαιτούμενη. Συγκεκριμένα, το ποσοστό της μη αξιοποιούμενης παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας είναι 35,8%, ενώ το ποσοστό της μη αξιοποιούμενης παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος ανέρχεται στο 22,2%. Τα υψηλά ποσά ενέργειας που παραμένουν αναξιοποίητα προκαλούν αντίστοιχη επιβάρυνση στα λειτουργικά έξοδα της επιχείρησης. Μάλιστα, σύμφωνα με στοιχεία που αφορούν το οικονομικό ισοζύγιο για το έτος 2002, τα ετήσια έξοδα για ενεργειακές δαπάνες, οι οποίες περιλαμβάνουν την αγορά καυσίμων για τη λειτουργία του πετρελαιοκίνητου εξοπλισμού, ανέρχονται στα 97.946€, ενώ κατόπιν υπολογισμών, οι οποίοι βασίζονται στις ονομαστικές καταναλώσεις του εν λόγω εξοπλισμού, οι ενεργειακές δαπάνες έπρεπε να ανέρχονται στα 65.227€ ετησίως. Οπότε παρατηρείται μία απόκλιση μεταξύ των δύο ποσών της τάξης του 33,4%, η οποία οφείλεται στη μη βέλτιστη οργάνωση και διαχείριση των ενεργειακών ροών και στον κακό χρονισμό των διεργασιών λατόμευσης.

Κατά συνέπεια μετά την πρωταρχική ανάλυση των στοιχείων, η ανάγκη για αυστηρότερο έλεγχο των ενεργειακών ροών της επιχείρησης και η κατάστρωση ενός σχεδίου για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του λατομείου είναι προφανής και επιβεβλημένη.

Ακολουθώντας, με δεδομένες τις απαιτήσεις του υπάρχοντος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού σε ενέργεια και ισχύ υπολογίστηκαν το βέλτιστο σημείο λειτουργίας του λατομείου και σε επόμενο στάδιο το περιθώριο ενεργειακής εξοικονόμησης. Στο σημείο αυτό επισημαίνεται ότι η λειτουργία του λατομείου με πλήρη απορρόφηση της παραγόμενης ενέργειας, δεν είναι εφικτή εφόσον κάτι τέτοιο απαιτεί η αντίστοιχη παραγόμενη ισχύς να είναι μικρότερη από την καταναλισκόμενη. Έτσι λοιπόν το βέλτιστο σημείο λειτουργίας προέκυψε σύμφωνα με το κριτήριο της ελαχιστοποίησης του ποσοστού της παραγόμενης ενέργειας που παραμένει αναξιοποίητη και με τη χρήση ενός συντελεστή ασφαλείας ως προς το σημείο πλήρους απορρόφησης της ισχύος. Έτσι λοιπόν η παραγόμενη ισχύς υπολογίστηκε

πως πρέπει να μειωθεί κατά 6,6%, επιφέροντας αντίστοιχη μείωση του ποσοστού της μη αξιοποιούμενης ενέργειας 4,5%.

Παρατηρείται ότι το περιθώριο βελτίωσης της ενεργειακής εικόνας του λατομείου είναι περιορισμένο, γεγονός το οποίο δεν ήταν αναμενόμενο σύμφωνα με την πρωταρχική μελέτη του ενεργειακού ισοζυγίου. Οι γεννήτριες παράγουν περισσότερη από την αναγκαία ενέργεια, η ισχύς όμως που παρέχουν είναι πολύ κοντά στην απαιτούμενη. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την αναγκαιότητα για αναδιάρθρωση των κυκλωμάτων και βελτιστοποίηση των ενεργειακών διεργασιών.

Υπολογίστηκε ότι από την εφαρμογή ενεργειακής πολιτικής για τη μείωση του ποσοστού της μη αξιοποιούμενης ενέργειας επιλέγοντας τη λειτουργία στο βέλτιστο σημείο, η αναμενόμενη εξοικονόμηση χρημάτων ανέρχεται στα 5.975€ ετησίως. Το ποσό αυτό αποτελεί μόλις το 6,1% του συνόλου των χρημάτων που δαπανώνται για να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες του λατομείου. Συνεπώς, η επιχείρηση δεν έχει ουσιαστικό κέρδος προκειμένου να υποβληθεί στη χρονοφόρα και δαπανηρή διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης, εκτός και αν επωφεληθεί των επενδυτικών ευκαιριών που δημιουργούνται από τα χρηματοδοτικά πακέτα των εθνικών και κοινοτικών προγραμμάτων.

Σύμφωνα με το είδος των ενεργειακών καταναλώσεων και τη ροή των ενεργειακών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στο λατομείο, προτάθηκαν μέτρα τα οποία τελικά αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση της οργάνωσης της μονάδας και της παραγωγικής διαδικασίας, καθώς και στην αξιοποίηση των επενδυτικών κινήτρων για εγκατάσταση μονάδας ηλεκτροπαραγωγής. Τα μέτρα αυτά κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με το κόστος που απαιτείται για την εφαρμογή τους, σε μέτρα μηδενικού, μέσου και υψηλού κόστους και ελέγχθηκε η τεχνική αρτιότητα και η οικονομική βιωσιμότητά τους.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχε η μελέτη των προτεινόμενων μέτρων υψηλού κόστους εγκατάστασης συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας με βιομάζα από υπολείμματα ελαιοκαλλιέργειας, φωτοβολταϊκού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής και συστοιχίας ανεμογεννητριών. Για τις εν λόγω επενδύσεις μελετήθηκαν οι προϋποθέσεις υπό τις οποίες είναι εφικτή η άρτια λειτουργία τους και η οικονομική βιωσιμότητά τους.

### **Γενικά για τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής**

Σε γενικές γραμμές οι προτεινόμενες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, αποτελούν κινήσεις επενδυτικού χαρακτήρα οι οποίες συνίστανται στην εφαρμογή ενεργειακών τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών με σκοπό την εξασφάλιση μιας ενεργειακά πιο αποδοτικής λειτουργίας. Ο χρηματοδοτικός χαρακτήρας των εν λόγω επενδύσεων καθορίστηκε σύμφωνα με τον Οδηγό Ενεργειακών Επενδύσεων που έχει εκδώσει το Υπουργείο Ανάπτυξης στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητας (Ε.Π.ΑΝ).

Κατά την τεχνικοοικονομική ανάλυση των προτεινόμενων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής προέκυψε το γενικό συμπέρασμα ότι πρόκειται για επενδύσεις υψηλού κόστους, με σημαντικές απαιτήσεις σε πάγια

κεφάλαια, χαμηλά περιθώρια κέρδους και υψηλή αβεβαιότητα ως προς την ορθότητά τους λόγω παραδοχών που έγιναν ως προς τα λειτουργικά και οικονομικά χαρακτηριστικά τους. Η ένταξη των παραπάνω ενεργειών σε ένα ευνοϊκό χρηματοδοτικό πλαίσιο, διασφαλίζει τα απαραίτητα επιχειρηματικά κίνητρα από την πλευρά της Πολιτείας μέσω των επιχορηγήσεων και της χαμηλής φορολογίας, εφόσον οι επενδύσεις πέρα από τα ιδιωτικά οικονομικά οφέλη συνεισφέρουν στον περιορισμό της χρήσης των συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο) και την αύξηση της χρήσης των Α.Π.Ε.. Όμως ακόμη και υπό αυτές τις προϋποθέσεις, τα επιχειρηματικά σχέδια αποτυγχάνουν να γίνουν οικονομικά αποδοτικά.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι το ύψος των ιδίων κεφαλαίων που μπορεί να διαθέσει η επιχείρηση για την ανάπτυξη των εναλλακτικών επενδυτικών σεναρίων δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας μελέτης. Ωστόσο, με τον τρόπο αυτόν δε λαμβάνεται υπόψη ένας σημαντικός παράγοντας που σχετίζεται με τη δυνατότητα της επιχείρησης να προχωρήσει στην υλοποίηση αντίστοιχης οικονομικής κλίμακας επενδύσεων.

Επιπλέον, η παραδοχή ότι η Δ.Ε.Η. απορροφά το σύνολο της περίσσειας της αυτοπαραγωγής γίνεται με γνώμονα τη μεγιστοποίηση των εσόδων της επιχείρησης και τη βελτίωση των οικονομικών αποτελεσμάτων. Σε πραγματικές συνθήκες, είναι επιβεβλημένος ο εκ των προτέρων καθορισμός των όρων σύνδεσης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να εξεταστεί η εφικτότητα αυτής της θεώρησης και να διασφαλίζεται η βιωσιμότητα του εκάστοτε έργου.

Από την άλλη πλευρά, τόσο ο χρηματοδοτικός χαρακτήρας των επενδύσεων (ποσοστό ίδιας συμμετοχής, πηγές επιχορήγησης, όροι μακροχρόνιου δανεισμού), όσο και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των προτεινόμενων μονάδων, ορίστηκαν υπό ρεαλιστικές συνθήκες, έτσι ώστε να παρουσιάζονται εφικτά και υλοποιήσιμα σενάρια.

Τέλος, από την εξέταση του ενδεχόμενου αύξησης της εργασιακής περιόδου του λατομείου σε 12 μήνες λειτουργίας, προέκυψαν αρνητικά αποτελέσματα σχετικά με την οικονομικότητα των επενδύσεων ηλεκτροπαραγωγής. Συνολικά όμως για την επιχείρηση του λατομείου, οι προτεινόμενες επενδύσεις συνεισφέρουν στην αύξηση της διαθεσιμότητας και του όγκου της παραγωγής κατά 420 περίπου m<sup>3</sup> ετησίως, επιφέροντας αντίστοιχη αύξηση των εσόδων κατά 16,7% περίπου.

### **Συμπαγωγή**

Η ηλεκτροπαραγωγή με βιομάζα είναι μία τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η οποία έχει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη έναντι της ηλεκτροπαραγωγής με συμβατικά καύσιμα όπως ο λιγνίτης, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, αφενός μεν γιατί έχει μηδενικές εκπομπές, αφετέρου δε γιατί χρησιμοποιεί ένα προβληματικό ως προς τη διάθεσή του απόρριμμα και το αξιοποιεί ως πρώτη ύλη για παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, η επένδυση χαρακτηρίζεται από υψηλή αβεβαιότητα λόγω της καινοτομίας της και της έλλειψης εμπειρίας στον ελλαδικό χώρο αντίστοιχων μονάδων. Επισημαίνεται δε ότι σημαντικό κίνητρο για την επιλογή της εν λόγω τεχνολογίας αποτελεί η διαθεσιμότητα και η αξιοποίηση της τοπικά παραγόμενης βιομάζας στο νησί.



Από την άποψη της τεχνικής εφικτότητας, το εγχείρημα μειονεκτεί στο γεγονός ότι οι θερμικές απαιτήσεις του λατομείου είναι χαμηλές και εποχιακές, με αποτέλεσμα να υπάρχει πρόβλημα διαχείρισης της παραγόμενης θερμότητας το οποίο όμως λύνεται με τη δημιουργία θερμοκηπίου για την εκμετάλλευση της θερμότητας για καλλιέργεια.

Ένας σημαντικός παράγοντας αβεβαιότητας που αντιμετωπίζει η μονάδα της συμπαραγωγής, είναι η εξασφάλιση των απαραίτητων ποσοτήτων (~20t ημερησίως) της πρώτης ύλης προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες σε τροφοδοσία. Δεδομένου ότι δεν είναι γνωστά στοιχεία για την παραγωγή του εν λόγω τύπου βιομάζας στο νησί και ότι μέχρι σήμερα τα υπολείμματα της ελαιοκαλλιέργειας διατίθενται για ανταγωνιστική χρήση (κομποστοποίηση), δεν μπορεί να εξασφαλιστεί εκ των προτέρων η απρόσκοπτη λειτουργία της μονάδας. Επιπλέον, το υψηλό κόστος συλλογής και μεταφοράς της (29,3 €/t), αυξάνουν σημαντικά το λειτουργικό κόστος και θέτουν σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα της μονάδας. Στόχος των διαχειριστών είναι ο διάλογος με τους ελαιοπαραγωγούς για διαπραγμάτευση χαμηλότερης από την προτεινόμενη τιμή για τη σύναψη μακροχρόνιων συμβολαίων με συγκεκριμένους όρους για την αγορά και εξασφάλιση των ποσοτήτων. Επί παραδείγματι, η υπόσχεση για προπληρωμή μέσα σε συγκεκριμένο σύντομο χρονικό διάστημα, είναι πιθανό να διασφαλίσει μικρότερο κόστος αγοράς και μεταφοράς πρώτης ύλης για την επιχείρηση.

Από την άλλη πλευρά, η οικονομικότητα και ελκυστικότητα των μονάδων συμπαραγωγής αυξάνονται με την αύξηση της δυναμικότητας, καθώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπόκειται σε οικονομίες κλίμακας. Ωστόσο, αύξηση της δυναμικότητας δεν μπορεί να γίνει στην προκειμένη περίπτωση λόγω έλλειψης πρώτης ύλης (βιομάζας). Συνεπώς, από μία πρώτη προσέγγιση η προτεινόμενη εγκατάσταση κρίνεται ασύμφορη και ανεπιτυχής επιλογή λόγω των χαμηλών απαιτήσεων από πλευράς ισχύος (523kW<sub>e</sub>). Εξάλλου, η αρχική εντύπωση επιβεβαιώνεται και από τους δείκτες οικονομικής αξιολόγησης που υπολογίστηκαν (Καθαρή Παρούσα Αξία, Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης, Λόγος Κόστους/Οφέλους και Χρόνος Αποπληρωμής Ιδίων Κεφαλαίων).

### **Συστοιχία φωτοβολταϊκών πλαισίων**

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού είναι μία καθαρή τεχνολογία κατά την οποία δεν σημειώνεται εκπομπή ρυπογόνων ουσιών στην ατμόσφαιρα, ενώ συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης της ηλεκτροπαραγωγής τους εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους όπως είναι ο λιγνίτης και το πετρέλαιο. Ωστόσο, είναι μία τεχνολογία υψηλού πάγιου κόστους και η μέχρι τώρα πρακτική καταδεικνύει ότι εγκαταστάσεις για την κάλυψη αυξημένων ενεργειακών αναγκών δεν είναι βιώσιμες ως ιδιωτικές επενδύσεις. Μάλιστα, σύμφωνα με τη βιβλιογραφική αναζήτηση η εν λόγω τεχνολογία αποτελεί μια από τις πλέον συμφέρουσες λύσεις για εφαρμογές μικρής κλίμακας όπως η ηλεκτροδότηση απομονωμένων κατοικιών ή ξενοδοχειακών μονάδων.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που ευθύνεται για την αντιοικονομικότητα της επένδυσης, είναι το αυξημένο κόστος αγοράς των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την εξαιρετικά χαμηλή απόδοση (~15%) δεν ευνοεί τη χρησιμοποίησή τους σε βιομηχανικής κλίμακας εφαρμογές. Επιπροσθέτως, η αδυναμία συνεχούς εξασφάλισης ευνοϊκών συνθηκών (ηλιοφάνειας)

θέτει σε κίνδυνο την απόδοση της επένδυσης και επισημαίνει ότι δεν είναι εφικτή η ηλεκτροπαραγωγή αποκλειστικά με φωτοβολταϊκά. Για το λόγο αυτό, προτείνεται το σύστημα των φωτοβολταϊκών να λειτουργεί συνεπικουρικά με το υφιστάμενο. Για την εκτίμηση μάλιστα της τεχνικής αρτιότητας της λύσης και της ακριβούς απόδοσης, προτείνεται η εγκατάσταση συστημάτων καταγραφής της ηλιοφάνειας στην περιοχή.

### **Αιολικό Πάρκο**

Σε γενικές γραμμές, η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού είναι μία καθαρή τεχνολογία κατά την οποία δεν σημειώνεται εκπομπή ρυπογόνων ουσιών στην ατμόσφαιρα, ενώ συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης της ηλεκτροπαραγωγής τους εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους όπως είναι ο λιγνίτης και το πετρέλαιο. Εξάλλου τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι εγκαταστάσεις ανεμογεννητριών και σχετίζονται με διαδικασίες γραφειοκρατικού χαρακτήρα για τη χορήγηση της αδειοδότησης, δεν αναμένεται να προκαλέσουν εμπόδια. Το λατομείο πληροί ορισμένα από τα κριτήρια καταλληλότητας ως προς το ιδιοκτησιακό καθεστώς, το αρχαιολογικό ή και τουριστικό ενδιαφέρον, την απόσταση από στρατιωτικές εγκαταστάσεις το οδικό δίκτυο, και τις ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις με τα σήματα της αεροπορίας, της Ε.Ρ.Τ., κ.λ.π. καθώς και τις αναμενόμενες περιβαλλοντικές συνέπειες, εφόσον έχει ήδη λάβει τις απαιτούμενες αδειοδοτήσεις [Αδαμόπουλος et al, 2002].

Ένα σημαντικό πρόβλημα έγκειται που αντιμετωπίζουν οι εγκαταστάσεις αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού, έγκειται στη στοχαστικότητα αυτού, με αποτέλεσμα την αδυναμία εξασφάλισης της ηλεκτρικής ενέργειας ανά πάσα στιγμή. Για το λόγο αυτό προτείνεται η ολοκλήρωση της εγκατάστασης του αιολικού πάρκου με το υφιστάμενο ηλεκτροπαραγωγικό σύστημα.

Για την εξασφάλιση της τεχνικής ορθότητας της μελέτης εγκατάστασης των ανεμογεννητριών, απαιτείται μελέτη και συστηματική καταγραφή του αιολικού δυναμικού με την εγκατάσταση μετεωρολογικού ιστού για χρονικό διάστημα τουλάχιστον ενός έτους σε συγκεκριμένη κορυφογραμμή πλησίον του λατομείου για την εκτίμηση των ενεργειακών απολαβών από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών με βάση τα ανεμολογικά δεδομένα.

Από πλευράς οικονομικότητας της επένδυσης, η εγκατάσταση του αιολικού πάρκου είναι αντίστοιχου μεγέθους με τη συμπαραγωγή, ωστόσο φαίνεται περισσότερο ελκυστική, λόγω του σημαντικά μικρότερου λειτουργικού κόστους του αιολικού πάρκου, ενώ σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων είναι πιο αποδοτικές οικονομικά από τις αντίστοιχες μονάδες φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Συμπερασματικά λοιπόν από πλευράς οικονομικών αποτελεσμάτων, η πιο ελκυστική επένδυση είναι αυτή της εγκατάστασης αιολικού πάρκου. Ενώ, ανάμεσα στην συμπαραγωγή με βιομάζα από υπολείμματα ελαιοκαλλιέργειας και στο φωτοβολταϊκό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, οικονομικά αποδοτικότερη επένδυση φαίνεται η πρώτη. Από πλευράς τεχνικής εφικτότητας, το εγχείρημα της συμπαραγωγής φαίνεται περισσότερο υλοποιήσιμο υπό την προϋπόθεση της εξασφάλισης της απαραίτητης ποσότητας πρώτης ύλης. Η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών και του φωτοβολταϊκού

συστήματος αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο της αστοχίας κάλυψης των ηλεκτρικών αναγκών λόγω της αδυναμίας συνεχούς εξασφάλισης ευνοϊκών συνθηκών λειτουργίας.

## 2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Το τελευταίο από τα στάδια της ενεργειακής επιθεώρησης είναι η κατάστρωση σχεδίου δράσεων ανάλογα με τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τον έλεγχο καταλληλότητας των προτεινόμενων μέτρων με τεχνικά και οικονομικά κριτήρια.

Δεδομένου ότι η υπό μελέτη επιχείρηση παράγει σημαντικά υψηλότερα ποσά ενέργειας από τα απαραίτητα και ότι τα περιθώρια για μείωση του ποσοστού της ενέργειας που παραμένει αναξιοποίητη είναι πολύ χαμηλά, από τα μέτρα που προτάθηκαν σε προηγούμενο στάδιο, επιλέγονται αυτά που αποσκοπούν στον εκσυγχρονισμό των διεργασιών και βελτιστοποίησης της παραγωγικής διαδικασίας, τα οποία παράλληλα επιτυγχάνουν σχετική μείωση των ενεργειακών δαπανών.

Σε γενικές λοιπόν γραμμές, η καλύτερη πρόταση ενεργειακής διαχείρισης περιλαμβάνει την οργάνωση ενός προγράμματος βελτιστοποίησης του χρονισμού της ακολουθίας των διεργασιών έτσι ώστε να μην δαπανάται ενέργεια στα επιμέρους στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Στα πλαίσια αυτά, προτείνεται και η διακοπή λειτουργίας των συσκευών όταν αυτές δεν χρησιμοποιούνται και η λειτουργία των εκάστοτε μηχανών (γεννήτριες, συμπιεστές αέρος, συρματοκοπές και γεώτρηση) στο βέλτιστο σημείο λειτουργίας που ορίζει ο κατασκευαστής στα συνοδευτικά τεχνικά φυλλάδια ώστε να μεγιστοποιείται η απόδοσή τους και να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες.

Ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης περιλαμβάνει οπωσδήποτε επισκόπηση και παρακολούθηση των διεργασιών, περιοδικούς ελέγχους και μετρήσεις των μηχανών, σύστημα καταγραφής και αξιολόγησης των παρατηρήσεων. Επιπρόσθετα, συστήνεται και ο έλεγχος του συστήματος διανομής για τυχόν ύπαρξη σημείων απωλειών. Διατηρώντας λοιπόν η επιχείρηση, ένα αρχείο των ανωτέρω επιθεωρήσεων είναι σε θέση για καλύτερη αξιολόγηση της κατάστασης λειτουργίας της και κατόπιν για κατάστρωση βελτιωτικών ενεργειών.

Επιπλέον, προκειμένου η επιχείρηση να πετύχει τα αναμενόμενα αποτελέσματα από τις παραπάνω ενέργειες συνιστάται και η εκπαίδευση του προσωπικού με σκοπό την ευαισθητοποίηση στον τομέα της ενεργειακής διαχείρισης.

Επιπρόσθετα στις παραπάνω ενέργειες, η αλλαγή καυσίμου και η λειτουργία των γεννητριών με βιοντήζελ, έναντι του συμβατικού ντήζελ προκύπτει ως επόμενο βήμα. Από την άλλη πλευρά, για την εξασφάλιση ζεστού νερού με σκοπό την αύξηση της διαθεσιμότητας της μονάδας, σχεδιάζεται και η τοποθέτηση λέβητα. Μία ακόμη επιλογή που έχει η επιχείρηση είναι η αλλαγή των γεννητριών και ο εκσυγχρονισμός των ενεργειακών διατάξεων ώστε να περιοριστεί το φαινόμενο της παραγόμενης ενέργειας που παραμένει αναξιοποίητη.

Πέρα από τα παραπάνω η επιχείρηση μπορεί να προχωρήσει σε εκσυγχρονισμό των παραγωγικών διαδικασιών της ώστε να γίνει ανταγωνιστική. Ένα πρώτο βήμα αποτελεί η εγκατάσταση εξοπλισμού για την επί τόπου αξιοποίηση των αδρανών υλικών που προκύπτουν ως παραπροϊόντα και υπολείμματα της παραγωγικής διαδικασίας. Η διαχείριση και διάθεση τους αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα για την επιχείρηση, ενώ η μεταφορά τους πέρα από το λατομείο δημιουργεί πρόσθετο

λειτουργικό κόστος. Με την τοποθέτηση σπαστήρα, τριβείου και μύλου μπορεί να παραχθεί ανθρακικό ασβέστιο. Η ενέργεια αυτή θα επιφέρει πρόσθετο έσοδο στο ταμείο της επιχείρησης, προϋποθέτει όμως την ανεύρεση αντίστοιχης αγοράς.

Επιπλέον, μπορεί πέρα από την εξόρυξη να αναλάβει την πρωτογενή επεξεργασία των εξορυσσόμενων όγκων οργανώνοντας ένα πρόγραμμα καθετοποίησης των διεργασιών. Για το σκοπό αυτό απαιτείται η εγκατάσταση μηχανημάτων κοπής, καθαρισμού και λείανσης του μαρμάρου. Οι διαδικασίες επεξεργασίας του μαρμάρου αυξάνουν την τιμή πώλησης του προϊόντος γεγονός που θα επιφέρει σημαντική αύξηση των εσόδων της εταιρείας. Ωστόσο, η αγορά του απαιτούμενου εξοπλισμού απαιτεί την επένδυση σημαντικών πόρων, ενώ δεν εξασφαλίζεται η οικονομική ανταποδοτικότητα της επένδυσης. Έτσι λοιπόν, η καλύτερη πρακτική είναι η συνεργασία των λατομείων της περιοχής για τη δημιουργία σύγχρονου κέντρου προκαταρκτικής κατεργασίας του εξορυσσόμενου μαρμάρου, ώστε το κόστος κεφαλαίου να επιμερίζεται αντίστοιχα στις επιχειρήσεις που θα συμμετέχουν σε ένα τέτοιο εγχείρημα.

Από την άλλη πλευρά οι επιχειρήσεις των λατομείων πέρα από τον τομέα της επεξεργασίας του εξορυσσόμενου μαρμάρου, μπορούν να συνεργαστούν και στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Δεδομένου ότι τα λατομεία της περιοχής είναι επιχειρήσεις αντίστοιχου με το υπό μελέτη μεγέθους, έχουν παρόμοιες ενεργειακές ανάγκες και παρόμοιο κεφάλαιο, ενώ αντιμετωπίζουν επίσης το πρόβλημα της μη σύνδεσης με το δίκτυο, μπορούν να επωφεληθούν από κοινού από τα οφέλη που επιφέρει ένα αυτόνομο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής.

Τέλος, προκειμένου να αυξηθεί η οικονομική βιωσιμότητα των προτεινόμενων επενδύσεων ηλεκτροπαραγωγής μέσω της μεγιστοποίησης των κερδών από την πώληση της περίσσειας ηλεκτρικής ενέργειας είναι δυνατόν να μελετηθεί το ενδεχόμενο αυτόνομης λειτουργίας των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής σε σχέση με την επιχείρηση του λατομείου. Συνεπώς πρέπει να εξεταστεί η περίπτωση της σύστασης ξεχωριστής επιχείρησης με ενδεικτική επωνυμία «Λασκαρίδης Ενέργεια», η οποία θα λειτουργεί ως ανεξάρτητος παραγωγός και όχι ως αυτοπαραγωγός. Με τον τρόπο αυτόν, η επιχείρηση θα εντάσσεται σε διαφορετικό καθεστώς τιμολόγησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτήν όμως την περίπτωση πρέπει να καθοριστεί και η τιμή στην οποία η «Μάρμαρα Λασκαρίδης Α.Β.Ε.Ε.» θα εξασφαλίζει τις απαιτούμενες για τη λειτουργία της ενεργειακές ροές μέσω αγοράς τους από την «Λασκαρίδης Ενέργεια» .

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Anonymous, «Quarry Exploitation of Ornamental Stones, The Portuguese Experience», Instituto Geológico e Mineiro Ministério da Economia, [http://www.osnet.ntua.gr/Sectors/01-Quarrying/Publications/Quarrying\\_Fernado\\_Daniel.pdf](http://www.osnet.ntua.gr/Sectors/01-Quarrying/Publications/Quarrying_Fernado_Daniel.pdf)
2. Caudana B., Conti F., Helcke G., Pagani R., 1995, «A Prototype Expert System for Large Scale Energy Auditing in Buildings», *Pattern Recognition*, **28** (10), p. 1467-1475.
3. Chirarattananon S., Taweekun J., 2003, «A Technical Review of Energy Conservation Programs for Commercial and Government Buildings in Thailand», *Energy Conversion and Management*, **44**, p. 743-762.
4. Eastop T.D., Croft D.R., 1996, «Energy Efficiency», Longman.
5. Grandjean G., Gourry J.C., 1996, «GPR Data Processing for 3D Fracture Mapping in a Marble Quarry (Thassos, Greece)», *Journal of applied Geophysics*, **36**, p. 19-30.
6. Harris J., Anderson J., Shafron W., 2000, «Investment in Energy Efficiency: a Survey of Australian Firms», *Energy Policy*, **28**, p. 867-876.
7. Hepbasli A., Ozalp N., 2003, «Development of Energy Efficiency and Management Implementation in the Turkish Industrial Sector», *Energy Conversion and Management*, **44**, p. 231-249
8. Larsen A., Jensen M., 1999, «Evaluations of Energy Audits and the Regulator», *Energy Policy*, **27**, p. 557-564.
9. Marble Exhibition, 2000, «Το Σημερινό Προφίλ του Κλάδου Μαρμάρου», Τεύχος 12, Εκδόσεις Ελληνικό Μάρμαρο.
10. Marble Exhibition, 2003, «Οδηγός Αγοράς, 2002-2003», Τεύχος 20, Εκδόσεις Ελληνικό Μάρμαρο.
11. Mignani A., Quadrelli S., 2000, «Transformation of Stone from Rock to the Final Products», *Internazionale Marmi e Macchine Carrara*.
12. Peters M.X. and Timmerhaus K.D., 1991, "Plant design and economics for chemical engineers", 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill.
13. Santamouris M., Balaras C.A., Dascalaki E., Argiriou A., Gaglia A., 1996, «Energy Conservation and Retrofitting potential in Hellenic Hotels», *Energy and Buildings*, **24**, p.65-75.
14. Stone World, 1997, «Maintaining a Pattern of Steady Growth».
15. Γιάνναρος Γ., 1999, Ειδική κλαδική έκθεση «Ο Κλάδος του Μαρμάρου», Ιστοσελίδα Ομοσπονδίας Σωματείων Μαρμάρων Ελλάδας, <http://osme.8m.com/kladikesmeletes.htm>

16. Διακοσμητικά Πετρώματα, 1998, «Προβλήματα Υφιστάμενης Κατάστασης στην Ελλάδα», Τεύχος 4, Εκδόσεις Ελληνικό Μάρμαρο.
17. Θεοφανίδης Σ., 1987, «Εγχειρίδιο Αξιολόγησης Επενδυτικών Σχεδίων», Ε.Τ.Β.Α. (Ελληνική Τράπεζα Βιομηχανικής Αναπτύξεως), Εκδόσεις Παπαζήση.
18. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 2000, «Άτλαντας Μαρμάρων Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, Μάρμαρα Νήσου Θάσου, Τελική Έκθεση Τόμος Α», Δ/ση Κοιτασματολογίας Τμήμα Μαρμάρων και Αδρανών Υλικών, Εργαστήριο Ποιότητας Διακοσμητικών Πετρωμάτων ΛΙΘΟΣ, Αθήνα.
19. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 2001, «Πληροφοριακά Στοιχεία Λειτουργούντων Λατομείων και Εργοστασίων Επεξεργασίας Μαρμάρων στην Αν. Μακεδονία και Θράκη», Περιφερειακή Μονάδα Α.Μ.Θ., Ξάνθη.
20. Ιστοσελίδα Greek Products, 2003, <http://greekproducts.com/b2b/marble.html>
21. Ιστοσελίδα Ομοσπονδίας Συνδέσμου Μαρμάρων Ελλάδας, 2000  
<http://osme.8m.com/greekmarbleprofil.htm>
22. Ιστοσελίδα εταιρείας Atlas Copco, 2001, <http://www.atlascopco.com>
23. Ιστοσελίδα εταιρείας Benetti Group, 2000,  
[http://www.benettigroup.com/machine\\_marmo/pr\\_alpha840.htm](http://www.benettigroup.com/machine_marmo/pr_alpha840.htm)
24. Ιστοσελίδα εταιρείας Benetti Group, 2000,  
[http://www.benettigroup.com/machine\\_marmo/pr\\_vip910.htm](http://www.benettigroup.com/machine_marmo/pr_vip910.htm)
25. Ιστοσελίδα Dionyssomarble, 2003, <http://www.dionyssomarble.com>
26. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), 2001, «Οδηγός Ενεργειακής Επιθεώρησης, Μέρος 1ο: Μεθοδολογία και Τεχνικές».
27. Λίποβατζ – Κρεμεζή Δ., 1992, «Τεχνικές Εκτίμησης Κόστους και Αξιολόγησης Βιομηχανικών Επενδύσεων», Εκδόσεις Συμμετρία.
28. Παπαδόπουλος Δ., 2001, «Νομοθετικό Πλαίσιο Ελλάδος για τα Μάρμαρα», , Πρακτικά ημερίδας «Ελληνικό Μάρμαρο, Επεξεργασία – Εκπαίδευση – Προοπτικές», Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. & Ο.Α.Ε.Δ. (Τ.Ε.Ε. Ωραιοκάστρου), Θεσσαλονίκη, σελ. 127-137.
29. Τούλης Δ., 2000, «Τοποθετήσεις – Προτάσεις», Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Το Ελληνικό Μάρμαρο, Έρευνα – Παραγωγή – Εξαγωγές, Αξιοποίηση Υποπροϊόντων, Αποκατάσταση Λατομείων, Νομοθετικό Πλαίσιο», Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. & Ο.Α.Ε.Δ. (Τ.Ε.Ε. Ωραιοκάστρου), Θεσσαλονίκη, σελ. 205-207.
30. Τσιραμπίδης Α., 2001, «Σύσταση, Ποιότητα και Επιλογή Μαρμάρων και άλλων Διακοσμητικών Πετρωμάτων», Πρακτικά ημερίδας «Ελληνικό Μάρμαρο, Επεξεργασία – Εκπαίδευση –

- Προοπτικές», Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. & Ο.Α.Ε.Δ. (Τ.Ε.Ε. Ωραιοκάστρου), Θεσσαλονίκη, σελ. 51-70.
31. Τσουτρέλης Χ., Εξαδάκτυλος Γ., Νομικός Π., Ασβέστας Γ., 1997 «Ευστάθεια της Οροφής των Θαλάμων σε Υπόγεια Εκμετάλλευση Μαρμάρου», Τεχνικά Χρονικά Επιστημονικές Εκδόσεις Τ.Ε.Ε. V, τεύχος 1-2,.
  32. Χατζηβαρύτης Δ., 2000, «Μηχανήματα και Εξοπλισμός Λατομείων και Σχιστηρίων», Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου «Το Ελληνικό Μάρμαρο, Έρευνα – Παραγωγή – Εξαγωγές, Αξιοποίηση Υποπροϊόντων, Αποκατάσταση Λατομείων, Νομοθετικό Πλαίσιο», Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. & Ο.Α.Ε.Δ. (Τ.Ε.Ε. Ωραιοκάστρου), Θεσσαλονίκη, σελ. 53-61.
  33. Χατζηβαρύτης Ε., 2001, «Μηχανήματα και Εξοπλισμός Λατομείων, Σχιστηρίων και Μαρμαρογλυφείων – Νέες Τάσεις», Πρακτικά ημερίδας «Ελληνικό Μάρμαρο, Επεξεργασία – Εκπαίδευση – Προοπτικές», Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ. & Ο.Α.Ε.Δ. (Τ.Ε.Ε. Ωραιοκάστρου), Θεσσαλονίκη, σελ. 37-50.
  34. A. Rafaschieri, M. Rapaccini, G. Manfrida, 1999, «Life Cycle Assessment of Electricity Production from Poplar Energy Crops Compared with Conventional Fossil Fuels», Energy Conversion and Management, **40**, p. 1477-1493.
  35. Arvelakis S., Gehrman H., Beckmann M., Koukios E.G., 2000, «Effect of leaching on the ash behavior of olive residue during fluidized bed gasification», Biomass and Bioenergy, **22**, p. 55 – 69.
  36. Barker S.N., 1996, «Gasification and Pyrolysis – Routes to Competitive Electricity Product from Biomass in the U.K.», Energy Conservation Management, **37**(6 – 8), p. 861 – 866.
  37. Bellarmine G.T., Arokiaswamy N.S.S., 1996 «Energy Management Techniques to Meet Power Shortage Problems in India», Energy Conservation Management, **37**(3), p. 319-328.
  38. Brammer J.G., Bridgewater A.V., 1999, «Drying Technologies for an Integrated Gasification Bio-energy Plant», Renewable and Sustainable Energy Reviews, **3**, p.243-289.
  39. Bridgewater A.V., 1995, «The Technical and Economic Feasibility of Biomass Gasification for Power Generation», Fuel, **74**(5), p. 631-653.
  40. Bridgewater A.V., 2001, «Thermal Conversion of Biomass and Waste: The Status», Bio-Energy Research Group, Aston University, Birmingham.
  41. Di Blasi C., Tanzi V., Lanzetta M., 1997, «A Study on the Production of Agricultural Residues in Italy», Biomass and Bioenergy, **12** (5), p.321-331.
  42. Improlive, 2000, «Improvements of Treatments and Validation of the Liquid-Solid Waste from the Two-Phase Olive Oil Extraction», Project (FAIR CT96-1420) - Final Report - Annex A2.



43. Jurado F., Cano A., Carpio J., 2003, «Modelling of Combined Cycle Power Plants Using Biomass», *Renewable Energy*, **28**, p. 743-753.
44. K. Panopoulos, Ossama Badr, 2000, «Biomass-to-energy in Greece: Availability, Technology, and Economics», School of Mechanical Engineering, Cranfield University.
45. Lefcort M.D., 1995, «Gasification/two-stage Combustion of Sawmill Wood Waste and the Pending Ban on Beehive Burners by the BC Ministry of Environment», Conference on Residual Wood Residues to Revenues in Richmond.
46. McKendry P., 2002, «Energy Production from Biomass (part 2): Conversion Technologies», *Bioresource Technology*, **83**, p. 42-64.
47. McKendry P., 2002, «Energy Production from Biomass (part 3): Gasification Technologies», *Bioresource Technology*, **83**, p. 55-63.
48. Mitchell C. P., Bridgewater A. V., Stevens D.J., Toft A.J., Watters M.P., 1995, «Technoeconomic Assessment of Biomass to Energy», *Biomass and Bioenergy*, **9** (1-5), p. 205-226.
49. Siemons R. V., 2001, «Identifying a role for biomass gasification in rural electrification in developing countries: the economic perspective», *Biomass and Bioenergy*, **20**, p. 271-285.
50. Stiegel G.J., Maxwell R. C., 2001, «Gasification Technologies: the Path to Clean, Affordable Energy in the 21st Century», *Fuel Processing Technology*, **71**, p. 79-97.
51. Ευθυμιάδης Απ., 2002, «Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού – Θερμότητας και Ενεργειακός Σχεδιασμός», Εισηγήσεις προσυνεδρίου Εύβοιας του παγκόσμιου συνεδρίου ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2002, Χαλκίδα.
52. Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), 2001, «Οδηγός Συμπαράγωγής».
53. Τασιόπουλος Η., Τόλης Αθ., 2002, «Η ανάγκη και η οικονομία της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές», Εισηγήσεις προσυνεδρίου Εύβοιας του παγκόσμιου συνεδρίου ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2002, Χαλκίδα.
54. Φούντη Μ., 1999, «Εξοικονόμηση και Αποθήκευση Ενέργειας – Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις», Σημειώσεις Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών Οργάνωσης και Διοίκησης Βιομηχανικών Συστημάτων, Αθήνα.
55. Ιστοσελίδα Western Regional Biomass Energy Program, 2001, <http://www.westbioenergy.org>
56. Ιστοσελίδα Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας, 2002, [www.rae.gr/prices/main.htm](http://www.rae.gr/prices/main.htm)
57. Ιστοσελίδα εταιρείας WARTSILA, 2003, [www.wartsila.com/powerplants/english/index/jsp?cid=en\\_pp\\_port\\_Bio](http://www.wartsila.com/powerplants/english/index/jsp?cid=en_pp_port_Bio)
58. Thermie B, 2000, «Innovative Techniques for Large Scale PV Power Stations», Environmental Impacts from the Use of Renewable Energy Technologies, Project No STR-1000-96-HE.
59. Ιστοσελίδα Key Center for Photovoltaic Energy, 2002, <http://www.pv.unsw.edu.au>

60. Ιστοσελίδα Florida Solar Energy Center, 2003, <http://www.fsec.ucf.edu>
61. Ιστοσελίδα εταιρείας PHOTOVOLTAIC, <http://www.photovoltaic.gr>
62. Ιστοσελίδα εταιρείας SHELL, <http://www.shell.com/solar>
63. Ιστοσελίδας εταιρείας SEIRA, <http://www.seiraelettronica.it/AZIENDASEIRAing.pdf>
64. Μπαλτάς, 2001, «Φωτοβολταϊκά Συστήματα», Σημειώσεις Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών στην Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων, Αθήνα.
65. Παραδεισιάδης Ι., 2002, «Η Ηλιακή Ενέργεια και η Ελληνική Βιομηχανία», Εισηγήσεις Προσυνεδρίου Εύβοιας του Παγκόσμιου Συνεδρίου ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2002, Χαλκίδα.
66. Χατζηβασιλειάδης Ι., 2002, «Ηλιακά Συστήματα Ενέργειας», Εισηγήσεις Προσυνεδρίου Εύβοιας του Παγκόσμιου Συνεδρίου ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2002, Χαλκίδα.
67. American Wind Energy Association, "The most frequently asked questions about wind energy", [www.awea.org/faq/index.htm](http://www.awea.org/faq/index.htm)
68. European Commission, «Wind Energy – The facts, Volume 2, Costs – Prices and Values», Directorate – General for Energy.
69. Αδαμόπουλος Σ., Κεράτσας Κ., Κούκος Π., Μπαργιώτας Δ., Τσολίγκας Ν., 2002, «Έκθεση – Αναφορά για την εγκατάσταση Αιολικών Πάρκων στη Ν. Εύβοια», Εισηγήσεις προσυνεδρίου Εύβοιας του παγκόσμιου συνεδρίου ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2002, Χαλκίδα.
70. Ιστοσελίδα National Resources Canada, 2003, <http://www.retscreen.gc.ca>.
71. Ιστοσελίδα εταιρείας ENERCON, 2003, <http://www.enercon.com>
72. Ιστοσελίδα Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 2003, <http://www.cres.gr/kape/datainfo/clima.htm>
73. Ιστοσελίδα Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, <http://www.cres.gr/kape/dataifo/maps.htm>
74. Μπεργελές Γ., «Ανεμοκινητήρες», Εκδόσεις Σημεών.
75. Μπούσιος Α., 2002, «Η αιολική ενέργεια», Εισηγήσεις προσυνεδρίου Εύβοιας του παγκόσμιου συνεδρίου ΕΝΕΡΓΕΙΑ 2002, Χαλκίδα.
76. ALTENER II, «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Κρήτη, Οδηγός για τους Επενδυτές, την Τοπική και Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση. Πρόγραμμα ALTENER II», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Ενεργειακό Πληροφοριακό Κέντρο Περιφέρειας Κρήτης.
77. Ιστοσελίδα Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού, <http://www.dei.gr/zo/poso/timokatalogos/index.htm>
78. Υπουργείο Ανάπτυξης, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης (Ε.Π.Α.Ν.), 2002, «Οδηγός Ενεργειακών Επενδύσεων».

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΡΓΑΝΩΣΗ

## ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ

### ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

#### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο στόχος του παρόντος εγχειρήματος είναι η συστηματική αποτύπωση της ενεργειακής «εικόνας» του λατομείου εξόρυξης μαρμάρου και η αξιολόγησή της, ώστε να προταθούν τα κατάλληλα μέτρα για τη βελτίωση της υφιστάμενης ενεργειακής κατάστασης. Τα προτεινόμενα μέτρα ενεργειακής εξοικονόμησης ελέγχονται ως προς την οικονομική βιωσιμότητά τους προτού αποφασιστεί η εφαρμογή τους.

Η εν λόγω ενεργειακή επιθεώρηση αφορά το λατομείο εξόρυξης λευκού μαρμάρου με την εμπορική ονομασία «ΠΡΙΝΟΣ» στη θέση «Τσιποπτή» Λιμένα της νήσου Θάσου. Πρόκειται για ένα λατομείο το οποίο είναι αντιπροσωπευτικό της εγχώριας αγοράς τόσο ως προς το μέγεθος, την έκταση, τον όγκο παραγωγής και τις εφαρμοζόμενες εξορυκτικές διαδικασίες.

Για την ανάλυση της παρούσας κατάστασης από πλευράς ενεργειακής ροής, εντός του λατομείου, συλλέγονται στοιχεία που αφορούν τη λειτουργία, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ηλεκτρικής ισχύος, καύσιμου ντίζελ και λοιπών αναλώσιμων (νερό). Επιπλέον, γίνεται πλήρης καταγραφή του μηχανολογικού εξοπλισμού του λατομείου και των προδιαγραφών λειτουργίας του καθώς και των οχημάτων που χρησιμοποιούνται.

#### 1.1. ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Στο πρώτο αυτό στάδιο της ενεργειακής επιθεώρησης συλλέγονται πληροφορίες και δεδομένα σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από αρχεία παραγωγής, λογαριασμούς και τιμολόγια αγοράς καυσίμων, καταγραφές μετρήσεων και ενδείξεων των υπαρχόντων οργάνων ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας, ετήσιους ισολογισμούς, δεδομένα λειτουργίας και σχέδια του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού για τον τύπο, το έτος της κατασκευής, την καταναλισκόμενη ισχύ, το βαθμό απόδοσης και την κατανάλωση ενέργειας.

Κατόπιν γίνεται μία προκαταρκτική ανάλυση των συλλεχθέντων δεδομένων η οποία βοηθά στην κατανόηση των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα εντός του λατομείου και της ροής της ενέργειας και καταρτίζεται το διάγραμμα ροής των διεργασιών. Επιπλέον, εξάγονται στοιχεία που δηλώνουν την τάση και την εποχιακή διακύμανση ως προς την κατανάλωση ενέργειας και τον όγκο της παραγωγής.

### 1.1.1 Περιγραφή της επιχείρησης

Το υπό μελέτη λατομείο εξόρυξης μαρμάρων βρίσκεται στην περιοχή Λιμένας της Θάσου στη θέση Τσιποπτή. Το απόλυτο υψόμετρο της περιοχής υπολογίζεται στα 440-530m με απότομο μορφολογικό ανάγλυφο. Η συνολική έκταση του λατομείου είναι 47.800m<sup>2</sup> και βρίσκεται σε απόσταση εννέα (9)km από την επαρχιακή οδό Λιμένα-Παναγία, ενώ η προσπέλαση στο χώρο του γίνεται με χωματόδρομο. Από πλευράς ιδιοκτησιακού καθεστώτος η έκταση του λατομείου είναι δημοτική και ανήκει στο Δήμο Θάσου, ενώ την εκμετάλλευσή του, με νόμιμη άδεια εκμετάλλευσης, έχει αναλάβει από το 1979 η εταιρεία «Μάρμαρα Λασκαρίδη Α.Ε.Β.Ε.». Το είδος της εξόρυξης που ακολουθείται είναι αυτή της ανοιχτής εξόρυξης "open pit" και μέχρι στιγμής το λατομείο έχει αναπτυχθεί σε επτά (7) βαθμίδες, ύψους 6m η καθεμία. Η ετήσια παραγωγή του σε όγκους μαρμάρου κυμαίνεται περί τα 2.900m<sup>3</sup>, ενώ προσθέτοντας και την παραγωγή ξωφαριών αγγίζει τα 3.960m<sup>3</sup>, συνολικής εμπορικής αξίας 280-600€/m<sup>3</sup>, σύμφωνα με στοιχεία που συνέλεξε το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, περί των λειτουργούντων λατομείων στην περιφέρεια της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Αυτή τη στιγμή στο χώρο του λατομείου απασχολούνται συνολικά 20 άτομα επιστημονικό και εργατικό προσωπικό, ενώ λειτουργεί περίπου 10 μήνες το χρόνο 8 ώρες την ημέρα (Δευτέρα – Πέμπτη 7:00 – 15:30 και Παρασκευή 7:00 – 13:00), [Ι.Γ.Μ.Ε.,2001]

Η εταιρεία η οποία έχει αναλάβει την εκμετάλλευση του εν λόγω λατομείου είναι η «Μάρμαρα Λασκαρίδη Α.Ε.Β.Ε.». Η εν λόγω εταιρεία ξεκίνησε τη δραστηριότητα της το 1977 στη Θάσο σαν προσωπική εταιρεία από το σημερινό πρόεδρο της κ. Νίκο Λασκαρίδη με κύρια δραστηριότητα την εξόρυξη λευκού δολομιτικού και κρυσταλλικού μαρμάρου.

Η εταιρεία λειτουργεί ανελλιπώς τα τελευταία 26 χρόνια και εξορύσσει τα γνωστά με την εμπορική ονομασία μάρμαρα "ΠΡΙΝΟΣ" (ΛΕΥΚΟ ΛΙΜΕΝΟΣ ΘΑΣΟΥ) και "ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΝΑ ΘΑΣΟΥ" από τα ιδιόκτητα λατομεία της, στις περιοχές Λιμένα και Θεολόγου Θάσου αντίστοιχα. Η χρήση του εμπορικού ονόματος "ΠΡΙΝΟΣ" έχει κατοχυρωθεί στην εταιρεία με απόφαση του Υπουργείου Εμπορίου (Τμήμα Σημάτων). Η μέση παραγωγή των δύο λατομείων ανέρχεται περίπου στις 5.000 m<sup>3</sup> ογκομαρμάρων και περίπου 1.500 m<sup>3</sup> ξωφαριών. Ένα μεγάλο ποσοστό των παραγομένων μαρμάρων εξάγονται ως ογκομάρμαρα ή επεξεργασμένα στη Γερμανία, Ισπανία, Ολλανδία, Ιταλία, Σ. Αραβία, Η.Π.Α., Κίνα και Ιαπωνία. Έτσι λοιπόν, έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο δίκτυο πωλήσεων όγκων μαρμάρου αλλά και ξωφαριών σε εταιρείες τόσο στην Ελλάδα, όσο και στο εξωτερικό. Μάλιστα, από τον Ιούλιο του 1999 στην εταιρεία συμμετέχει η Α.Ε.Β.Ε. ΛΑΤΟΜΕΙΩΝ ΜΑΡΜΑΡΟΥ ΔΙΟΝΥΣΟΥ ΠΕΝΤΕΛΗΣ "DIONYSSOMARBLE" [Dionyssomarble, 2003].

Τέλος, σύμφωνα με στοιχεία της Ομοσπονδίας Σωματείων Μαρμάρων Ελλάδος (Ο.Σ.Μ.Ε.) για τον τζήρο του έτους 2002 του συνόλου των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στο χώρο του μαρμάρου, κατέχει την 51<sup>η</sup> θέση [«Marble Exhibition», 2003].

Μερικά από τα γνωστότερα έργα με μάρμαρο Πρίνου είναι τα ακόλουθα:

- η Γερμανική πρεσβεία Αθηνών,

- το κτήριο της ΣΕΛΜΑΝ στον Παράδεισο Αμαρουσίου,
- το νέο Δικαστικό Μέγαρο επί της Λεωφ. Αλεξάνδρας,
- το νέο Εφετείο της Καλαμάτας
- τα κτίρια της εταιρείας PHILLIPS στο Eindhoven της Ολλανδίας [Dionyssomarble, 2003].

### 1.1.2 Χαρακτηριστικά εξορυσόμενου πετρώματος

#### ✓ *Ορυκτολογική – πετρογραφική μελέτη μαρμάρου «Λευκό Λιμένος Θάσου – ΠΡΙΝΟΣ»*

Το μάρμαρο που εξορύσσεται από το εν λόγω λατομείο είναι το Λευκό Λιμένος Θάσου ή Πρίνος. Πρόκειται για υπερ-χονδρόκοκκο δολομιτικό μάρμαρο, λευκού χρώματος με διάσπαρτες, αραιές, υπόλευκες «νησίδες» και ιστό γρानοβλαστικό ελαφρά ετεροκοκκώδη και κατά θέσεις κατακλαστικό. Η μάζα του πετρώματος αποτελείται από ευμεγέθεις κρυστάλλους δολομίτη, ενώ οι υπόλευκες διάσπαρτες νησίδες που παρατηρούνται, συνδέονται με επιφάνειες κατάκλασης, απ' όπου διείσδυσαν δευτερογενή ασβεστιτικά διαλύματα, με αποτέλεσμα την αντικατάσταση (αποδολομιτίωση) κρυστάλλων δολομίτη από λεπτόκοκκο ασβεσίτη. Το μέγεθος των κόκκων του κυμαίνεται από 0,1-2mm με επικρατέστερο μέγεθος 1mm, ενώ η μορφή τους είναι ξενομορφική με ευθύγραμμο κρυσταλλικά πέρατα ή ελαφρώς καμπυλώδης. Η δευτερεύουσα ανθρακική φάση του πετρώματος αποτελείται κυρίως από ασβεσίτη σε ποσοστό περίπου 5% και εντοπίζεται κυρίως στις υπόλευκες νησίδες (επιφάνειες κατάκλασης), ως υλικό αντικατάστασης του δολομίτη (αποδολομιτίωση). Ο δολομίτης αποτελεί το 94% του πετρώματος, ενώ οι ξένες προσμίξεις μόνο το 1% και πρόκειται για αποστρογγυλωμένους κόκκους αστρίων (αλβίτη, διαστάσεων 0,1mm), επιδότου και μικροφυλλάρια μοσχοβίτη, οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στις υπόλευκες χαρακτηριστικές νησίδες του πετρώματος [Ι.Γ.Μ.Ε., 2000].

#### ✓ *Χημική σύσταση*

Σύμφωνα με χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Ποιότητας Διακοσμητικών Πετρωμάτων «ΛΙΘΟΣ» του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) σε δείγμα μαρμάρου, η χημική του σύσταση έχει ως εξής:

<b>Πίνακας 3.1: « Χημική σύσταση μαρμάρου ΠΡΙΝΟΣ»</b>									
[Πηγή: Ι.Γ.Μ.Ε., 2000]									
	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>MnO</b>	<b>LOI</b>
<b>Δείγμα</b>	0,6	0,08	0,07	30,4	21,9	< 0,01	< 0,01	0,01	46,93

#### ✓ *Φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά*

Οι φυσικομηχανικές ιδιότητες που εξετάστηκαν από το εργαστήριο «ΛΙΘΟΣ» φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 3.2: « Φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά μαρμάρου ΠΡΙΝΟΣ»**  
[Πηγή: Ι.Γ.Μ.Ε. 2000]

	<b>Τιμή</b>	<b>Μονάδα</b>
Φαινόμενο ειδικό βάρος	2,846	(kg/m <sup>3</sup> )
Συντελεστής ανοικτού πορώδους	0,28	(%κ.β.)
Συντελεστής απορροφητικότητας	0,10	(%κ.β.)
Μέτρο ελαστικότητας	21	(GPa)
Αντοχή στη θλίψη (ξηρή κατάσταση)	80	N/mm <sup>2</sup>
Αντοχή στη θλίψη (υγρή κατάσταση)	93	N/mm <sup>2</sup>
Αντοχή στην κάμψη (ξηρή κατάσταση)	10	MPa
Αντοχή στην κάμψη (υγρή κατάσταση)	13	MPa
Θλίψη μετά από ψύξη – απόψυξη	103	(N/mm <sup>2</sup> )
Φθορά μετά από τριβή	2,49	(mm)
Αντοχή στην πρόσκρουση	40	(cm)

### 1.1.3 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

Ακολουθώντας την πορεία της εξόρυξης και επεξεργασίας των πετρωμάτων μέχρι το τελικό προϊόν, τα μηχανήματα τα οποία παρεμβάλλονται στην όλη διαδικασία διαχωρίζονται στις παρακάτω βασικές κατηγορίες:

- Εξόρυξης
- Μεταφοράς και ανύψωσης
- Τεμαχισμού όγκων σε πλάκες ή λωρίδες
- Λείανσης – μορφοποίησης
- Δημιουργίας καλλιτεχνικών εφαρμογών
- Καθαρισμός και ανακύκλωση του χρησιμοποιούμενου νερού [Χατζηβαρύτης, 2001]

Στο υπό μελέτη λατομείο ο υπάρχων μηχανολογικός εξοπλισμός αφορά αποκλειστικά την εξόρυξη και τη μεταφορά των μαρμάρινων όγκων. Πέρα λοιπόν από την κύρια εξορυκτική διεργασία όπου οι εξορυσσόμενοι όγκοι παραλαμβάνονται σε συγκεκριμένο σχήμα και όγκο, όπως ορίζουν οι προδιαγραφές της παραγωγής, δεν λαμβάνει χώρα κάποια διαδικασία περαιτέρω μορφοποίησής τους. Έτσι λοιπόν, στο λατομείο υπάρχουν κυρίως διατρητικά μηχανήματα για τη διάνοιξη οπών και την προπαρασκευή του πετρώματος καθώς και συρματοκοπές για την αποκόλληση και απόσπασή του.

Συγκεκριμένα διαθέτονται οκτώ (8) αδαμαντοφόρες συρματοκοπές, επτά (7) τύπου Alpha 840 και μία (1) τύπου VIP 910, της εταιρείας Benetti Manufacturers. Ο πρόσθετος εξοπλισμός κοπής αφορά δύο (2) διατρητικές μηχανές, «τρυπάνια», τύπου Pellegrini SD76 και τρεις (3) διατρητικές αερόσφυρες, «πιστόλες». Τα τρυπάνια χρησιμοποιούνται για τη διάνοιξη οριζόντιων οπών και οι πιστόλες για τη διάνοιξη των κάθετων οπών.

Η κάλυψη των αναγκών του λατομείου σε ηλεκτρική ενέργεια γίνεται με δύο (2) γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μία (1) της εταιρείας Dorman Diesel Ltd και μία (1) της εταιρείας Perkins Engines 2000 series. Τέλος, η τροφοδοσία του διατρητικού εξοπλισμού με την απαιτούμενη

παροχή πεπιεσμένου αέρα γίνεται με δύο συμπιεστές αέρος «κομπρεσέρ», έναν (1) ηλεκτρικό της εταιρείας Ingersoll Rand τύπου SSR ML-110 και έναν (1) πετρελαιοκίνητο Atlas Copco XA146.

Ο εξοπλισμός που ολοκληρώνει την εξόρυξη στο λατομείο είναι οι λαμοσφίνες, οι υδραυλικοί γρύλοι, τα μαξιλάρια αέρος και άλλα τα οποία συμβάλλουν και βοηθούν στην αποκόλληση και εξαγωγή ενός όγκου. Επισημαίνεται ότι όλα τα προαναφερόμενα μηχανήματα είναι ιδιόκτητα.

#### 1.1.4 Κινητός εξοπλισμός - οχήματα

Η διαμόρφωση του χώρου του λατομείου και η μεταφορά των όγκων πέρα από αυτό γίνεται με τα επίσης ιδιόκτητα φορτηγά της εταιρείας. Σε γενικές γραμμές, τα οχήματα του λατομείου είναι κυρίως λαστιχοφόροι φορτωτές, ερπυστριοφόρες τσάπες, τετραξονικά φορτηγά και οχήματα (βαν) για τη μεταφορά του προσωπικού. Συγκεκριμένα λοιπόν υπάρχουν, τέσσερις (4) λαστιχοφόροι φορτωτές Caterpillar, τρεις (3) ερπυστριοφόρες τσάπες Caterpillar, Liebherr και Akerman, δύο (2) τετραξονικά φορτηγά IVECO 340 34AH για την μεταφορά των εξορυσσόμενων πετρωμάτων πέρα από το λατομείο, ένα (1) Tamper Terex για την απομάκρυνση των μπαζών, και αυτοκίνητα και τζιπ: 1 Nissan 4x4, 1 Jeep, 2 κλούβες Mercedes 608 και Mercedes 208, 2 λεωφορεία μεταφοράς προσωπικού Mercedes 609 24 θέσεων και VW transporter 11 θέσεων.

Συγκεντρωτικά ο εξοπλισμός του λατομείου συμπεριλαμβανομένων των φορτηγών και των αυτοκινήτων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

<b>Πίνακας 3.3: « Λίστα ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και διαθέσιμων οχημάτων»</b>		
<b>Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός</b>	<b>Είδος</b>	<b>Ποσότητα</b>
	αδαμαντοφόρες συρματοκοπές	8
	διατρητικές μηχανές "τρυπάνια"	2
	διατρητικές αερόσφυρες "πιστόλες"	3
	γεννήτριες	2
	συμπιεστές αέρος "κομπρεσέρ"	2
<b>Οχήματα</b>	λαστιχοφόροι φορτωτές	4
	ερπυστριοφόρες τσάπες	3
<b>Φορτηγά</b>	τετραξονικά	2
	Tamper Terex	1
<b>Αυτοκίνητα και jeep</b>	Nissan 4x4	1
	Jeep	1
	κλούβα Mercedes 608	1
	κλούβα Mercedes 208	1
	βαν μεταφοράς προσωπικού 24 θέσεων Mercedes 609	1
	βαν μεταφοράς προσωπικού 11 θέσεων VW transporter	1

## Τεχνικά χαρακτηριστικά μηχανολογικού εξοπλισμού

- Συρματοκοπές

Κατά την απογραφή του μηχανολογικού εξοπλισμού, διαπιστώθηκε ότι το λατομείο διαθέτει συνολικά οκτώ συρματοκοπές Benetti, επτά τύπου Alpha 840 και μία τύπου VIP 910.

Σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές, όπως αυτές αναφέρονται στο φυλλάδιο της κατασκευάστριας εταιρείας το οποίο διατίθεται στον επίσημο δικτυακό τόπο της, η αδαμαντοφόρος συρματοκοπή Alpha 840 διαθέτει ηλεκτρικό κινητήρα ισχύος 40 ή 50Hp, ανάλογα με τις απαιτήσεις του αγοραστή. Είναι σχεδιασμένη ώστε να είναι εφικτή και η λειτουργία της με το χέρι, ειδικά κατά το ξεκίνημα και το τελείωμα της διαδικασίας της κοπής, ενώ ένας ειδικός ηλεκτρονικός reducer επιτρέπει την στρέψη του μηχανήματος κατά 360° με ταχύτητα περιστροφής 975rpm. Η γραμμική ταχύτητα κίνησης του σύρματος είναι 40mts/sec. Ο έλεγχος της λειτουργίας της συρματοκοπής γίνεται άμεσα καθώς το μηχάνημα διαθέτει το απαραίτητο κινητό πάνελ στο οποίο αποτυπώνεται η κατάσταση της [Benetti Manufacturers, 2000a].

**Πίνακας 3.4: «Τεχνικά χαρακτηριστικά συρματοκοπής Alpha 840»**

[Πηγή: Benetti Manufacturers, 2000a]

Ηλεκτρικός κινητήρας		40 ή 50 HP
Διάμετρος Drive wheel		800 mm.
Περιστροφή Drive wheel		975 r.p.m.
Ταχύτητα κίνησης αλυσίδας		40 mts/sec
Διαστάσεις	μήκος	2.15 mts
	πλάτος	0.95 mts
	ύψος	1.53 mts
Βάρος		1.100 Kg

Η συρματοκοπή VIP 910 είναι αρκετά εύχρηστη εφόσον δε θέτει κάποιο περιορισμό στη γωνία κοπής και μπορεί να λειτουργήσει ακόμη και αν χρησιμοποιηθεί οριζόντια. Η ταχύτητα κοπής είναι 10-12m<sup>2</sup>/h και διατίθεται με δύο κινητήρα με ισχύ 50 και 60Hp. Η γραμμική ταχύτητα κίνησης του σύρματος είναι 40mts/sec. Η λειτουργία της συσκευής παρακολουθείται και ρυθμίζεται με ένα κινητό πάνελ ελέγχου. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εν λόγω συρματοκοπής αναφέρονται στο φυλλάδιο της κατασκευάστριας εταιρείας το οποίο είναι διαθέσιμο από τον επίσημο δικτυακό τόπο της εταιρείας και συνοψίζονται στον πίνακα 3.5 [Benetti Manufacturers, 2000β].

**Πίνακας 3.5: «Τεχνικά χαρακτηριστικά συρματοκοπής VIP 910»**

[Πηγή: Benetti Manufacturers, 2000β]

Ταχύτητα κοπής μαρμάρου		10/12 m <sup>2</sup> /H
Ισχύς Κινητήρα		50/60 Hp.
Ταχύτητα κίνησης αλυσίδας		40 mt. sec.
Διάμετρος Wheel drive		800/1000 mm
Διαστάσεις	μήκος	2.23mt.
	πλάτος	1.45mt.
	ύψος	1.40 mt.
Βάρος		165 kg.



- Γεννήτριες

Η γεννήτρια Dorman Diesel παράγει ηλεκτρική ισχύ 450kVA και ηλεκτρικό ρεύμα με τάση 380V και ένταση ρεύματος 280A. Η κατανάλωση πετρελαίου ντίζελ ανέρχεται 160lit ανά 8 ώρες λειτουργίας. Ο κινητήρας της είναι κατασκευασμένος από την εταιρεία Mareli Motori, είναι τριφασικός, ο οποίος λειτουργεί σε 1.800rpm με συχνότητα 60Hz και ισχύ 460kVA με ένταση ρεύματος 550A και τάση 380/220V. Τα στοιχεία για την εν λόγω γεννήτρια είναι αυτά που αναγράφονται σε ειδική πινακίδα σήμανσης η οποία βρίσκεται πάνω στη συσκευή. Όσον αφορά την ημερήσια κατανάλωση αυτή προέκυψε από τις προδιαγραφές λειτουργίας της γεννήτριας όπως έχει καταγραφεί στα αρχεία της επιχείρησης.

Η γεννήτρια Perkins Engines 2000 series παράγει ηλεκτρική ισχύ 250kVA με τριφασικό κινητήρα AC Generator, ο οποίος λειτουργεί σε 1.500rpm με συχνότητα 2500Hz και ισχύ 250kVA με ένταση ρεύματος 380A και τάση 380/220V. Η κατανάλωση πετρελαίου ντίζελ για τη λειτουργία της ανέρχεται στα 128lit ημερησίως. Και για τη γεννήτρια Perkins Engines τα λειτουργικά της στοιχεία είναι αυτά που αναγράφει η εταιρεία σε ειδική πινακίδα σήμανσης και βρίσκεται πάνω στη συσκευή. Όσον αφορά την ημερήσια κατανάλωση αυτή προέκυψε από τις προδιαγραφές λειτουργίας της γεννήτριας όπως έχει καταγραφεί στα αρχεία της επιχείρησης.

Επισημαίνεται ότι για τις γεννήτριες δε βρέθηκαν φυλλάδια και τεχνικές περιγραφές ώστε να γίνει πλήρης καταγραφή των τεχνικών χαρακτηριστικών. Η επιχείρηση δεν είχε φροντίσει να συστηματικοποιήσει και να οργανώσει ένα αρχείο για τον εξοπλισμό της, ενώ από την άλλη πλευρά οι κατασκευάστριες εταιρείες δε διαθέτουν τεχνικά φυλλάδια στο διαδίκτυο. Η ελλιπής καταγραφή των χαρακτηριστικών λειτουργίας των γεννητριών δημιούργησε προβλήματα κατά την ανάλυση των ροών και τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου, εφόσον χρειάστηκαν να γίνουν παραδοχές.

- Συμπιεστές αέρος (κομπρεσέρ)

Οι συμπιεστές χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των διατρητικών μηχανών και των διατρητικών αερόσφυρων με αέρα υπό πίεση. Είναι δύο τύπου, ένας πετρελαιοκίνητος Atlas Corco και ένας ηλεκτροκίνητος Ingersoll Rand.

Ο ηλεκτροκίνητος συμπιεστής αέρα που διαθέτει το λατομείο, είναι της εταιρείας Ingersoll Rand, το μοντέλο ML110 της σειράς Intellisys SSR. Η τροφοδοσία του γίνεται από τη γεννήτρια Perkins Engines και έχει τα εξής χαρακτηριστικά λειτουργίας: 380/415V – 3ph – 50Hz και πίεση εξερχόμενου αέρα 6 - 6.5 bar.

Ο δεύτερος συμπιεστής αέρα που υπάρχει στο λατομείο είναι το μοντέλο XA146της εταιρείας Atlas Corco. Είναι πετρελαιοκίνητος και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του συμπιεστή και του κινητήρα του φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά για τον συμπιεστή αέρος Atlas Corco, προέκυψαν από το αντίστοιχο φυλλάδιο που διατίθεται στον επίσημο δικτυακό τόπο της εταιρείας, ενώ για τον συμπιεστή αέρος

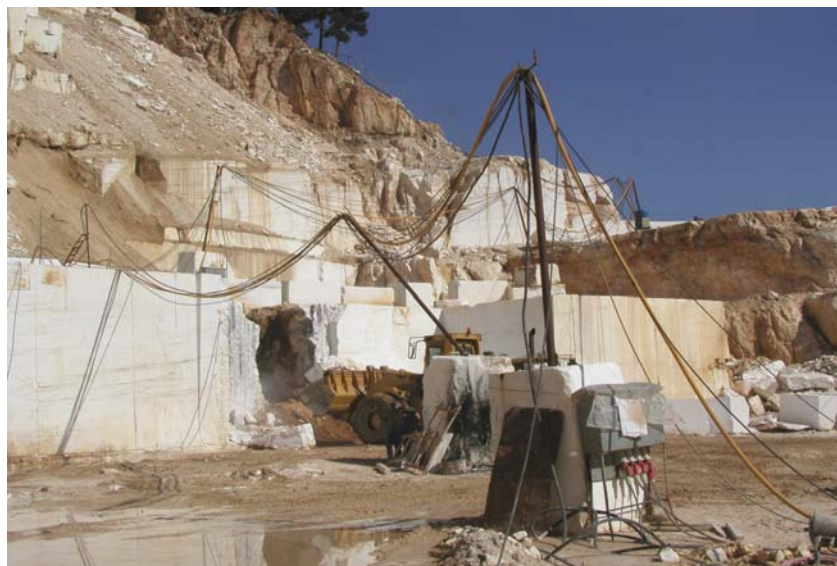
Ingressol Rand κατέστη εφικτό να βρεθούν μόνο τα παραπάνω στοιχεία όπως αναγράφονται σε πινακίδα σήμανσης πάνω στον συμπιεστή.

<b>Πίνακας 3.6: « Τεχνικά χαρακτηριστικά συμπιεστή αέρα Atlas Copco XA 146»</b>	
[Πηγή: Atlas Copco, 2001]	
Τύπος συμπιεστή	XA 146
Ρυθμός εκροής αέρα l/s	141
Πίεση λειτουργίας (bar)	12
Χωρητικότητα δεξαμενής λαδιού συμπιεστή (l)	24
Επίπεδο θορύβου μηχανής (db(a))	100
Επίπεδο θορύβου πιεστικών (db(a))	72
Μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία (°c)	50
Κινητήρας	Deutz
Ισχύς (kw <sub>e</sub> )	90
Ψυκτικό μέσο	Νερό
Ταχύτητα σε πλήρες φορτίο (rpm)	2.400
Χωρητικότητα δεξαμενής καυσίμου (l)	175
Χωρητικότητα δεξαμενής λαδιού κινητήρα (l)	9
Χωρητικότητα δεξαμενής ψυκτικού μέσου (l)	14

### 1.1.5 Αποτύπωση ενεργειακών ροών

Προκειμένου για την μελέτη της ενεργειακής κατάστασης και σύμφωνα με τον υφιστάμενο ηλεκτρομηχανολογικό και λοιπό εξοπλισμό του λατομείου, διακρίνονται τρεις διαφορετικές ενεργειακές ροές. Η πρώτη αφορά την ηλεκτρική ενέργεια, η δεύτερη τον υπό πίεση αέρα (συμπιεσμένο) και η τρίτη το νερό.

Από πλευράς ροής της ηλεκτρικής ενέργειας, το λατομείο χαρακτηρίζεται από αυτονομία λειτουργώντας με δύο γεννήτριες, χωρίς να γίνεται η χρήση του δικτύου της Δ.Ε.Η.. Άλλωστε δεν υπάρχει υποδομή δικτύου στην περιοχή όπου βρίσκεται το λατομείο, οπότε είναι αναγκασμένο να λειτουργεί αυτόνομα. Από τις γεννήτριες το ρεύμα μεταφέρεται στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του λατομείου είτε απευθείας, είτε με υποσταθμούς.



**Εικόνα 3.1: «Διανομή των ενεργειακών καταναλώσεων στο λατομείο»**

Συγκεκριμένα, από τη γεννήτρια Dorman, τροφοδοτούνται με ρεύμα οι οκτώ συρματοκοπές μέσω δύο υποσταθμών, όπου έκαστος έχει τη δυνατότητα να τροφοδοτήσει τέσσερις συρματοκοπές, και η γεώτρηση του νερού. Επισημαίνεται ότι η γεώτρηση τροφοδοτείται απευθείας από την γεννήτρια και όχι μέσω υποσταθμού. Από τη δεύτερη γεννήτρια Perkins τροφοδοτείται το ηλεκτρικό κομπρεσέρ Ingersoll Rand.

Αναφορικά με τον πεπιεσμένου αέρα, αυτός παράγεται στους συμπιεστές αέρα (κομπρεσερ) και διανέμεται με τη βοήθεια σωληνώσεων. Οι σωλήνες αυτοί στην εικόνα 3.1 διακρίνονται λόγω του κίτρινου χρωματισμού τους. Τα πιεστικά είναι κύλινδροι μήκους 1m και διατομής 0,6m. Από το ηλεκτρικό κομπρεσέρ Ingersoll Rand τροφοδοτούνται με αέρα οι δύο διατρητικές μηχανές (τρυπάνια), ενώ το πετρελαιοκίνητο Atlas Copco τροφοδοτεί τις τρεις διατρητικές αερόσφυρες (πιστόλες). Στην περίπτωση όπου δουλεύει μόνο το ένα από τα δύο τρυπάνια, υπάρχει η υποδομή το ηλεκτρικό κομπρεσέρ να τροφοδοτήσει και τις τρεις πιστόλες, οπότε τίθεται το πετρελαιοκίνητο κομπρεσέρ εκτός λειτουργίας.

Τέλος το νερό που καταναλώνεται στο λατομείο για την κατεργασία κοπής και τον καθαρισμό των συρματοκοπών, προέρχεται από μικρά φράγματα που έχουν κατασκευαστεί στο βουνό πάνω από το λατομικό χώρο και κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες από γεώτρηση. Το νερό αποθηκεύεται σε 3 δεξαμενές υπερχειλίσσης διαστάσεων 6m x 3m x 2m, από όπου με φυσική ροή με σωληνώσεις τροφοδοτείται στις συρματοκοπές. Οι σωλήνες αυτοί στην εικόνα 3.1 διακρίνονται από τον πράσινο χρωματισμό τους. Οι καθημερινές απαιτήσεις σε νερό, σύμφωνα με τους υπεύθυνους λειτουργίας του λατομείου, εκτιμάται ότι ανέρχονται περί τα 80m<sup>3</sup>. Οι δεξαμενές αποθήκευσης του νερού της γεώτρησης φαίνονται στην εικόνα 3.2



**Εικόνα 3.2: «Δεξαμενές Νερού Φυσικής Υπερχειλίσσης»**

### **1.1.6 Περιγραφή οικονομικών μεγεθών**

Σύμφωνα με δεδομένα του λογιστηρίου για την ταμειακή κατάσταση του έτους 2002 καταρτίζεται ο οικονομικός ισολογισμός της επιχείρησης ως εξής.

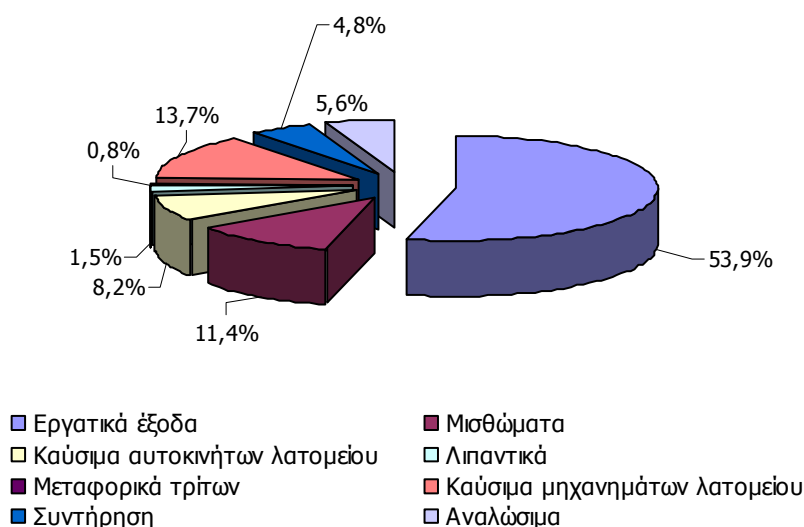
**Πίνακας 3.7: «Οικονομικό ισοζύγιο επιχείρησης για το έτος 2002»**

[Πηγή: Λογιστήριο Επιχείρησης, 2002]

α/α	Κατηγορία εξόδων	[€/γ]	[€/μήνα]	[% εξόδων]
1	Εργατικά έξοδα	385.058,50	32.088,00	53,9%
2	Μισθώματα	81.520,00	6.793,33	11,4%
2.1	Δήμου Θάσου	79.000,00	6.583,33	11,0%
2.2	Δημοσίου	2.520,00	210,00	0,4%
3	Καύσιμα αυτοκινήτων λατομείου	58.760,00	4.896,67	8,2%
4	Λιπαντικά	10.947,00	912,25	1,5%
5	Μεταφορικά τρίτων	6.066,00	505,50	0,8%
6	Καύσιμα μηχανημάτων λατομείου	97.946,00	8.162,17	13,7%
7	Συντήρηση	34.664,00	2.888,67	4,8%
7.1	μηχανημάτων	21.179,00	1.764,92	3,0%
7.2	αυτοκινήτων	13.485,00	1.123,75	1,9%
8	Αναλώσιμα	39.980,00	3.331,67	5,6%
	<b>Σύνολο λειτουργικών εξόδων</b>	<b>714.941,50</b>	<b>59.578,25</b>	<b>100,0%</b>
9	Αποσβέσεις	117.032,00	9.752,67	
10	Πωλήσεις	1.019.750,00	84.979,17	
11	Ετήσια έσοδα προ φόρων, τόκων και αποσβέσεων	902.718,00		

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.7 το σύνολο των λειτουργικών εξόδων του λατομείου είναι περί τα 714.941,50€ ετησίως, ενώ τα ενεργειακά κόστη (καύσιμα μηχανημάτων λατομείου) είναι 97.946,00€ ετησίως. Κατόπιν, από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα 3.1 των λειτουργικών εξόδων όπου φαίνεται ότι οι εργατικές πληρωμές αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των εξόδων, ενώ το αμέσως μεγαλύτερο μερίδιο στην πίτα των λειτουργικών εξόδων καλύπτουν τα έξοδα για τα καύσιμα των μηχανημάτων του λατομείου. Δεδομένου ότι το λατομείο χαρακτηρίζεται από αυτονομία όσον αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή και δεν έχει τιμολόγια πληρωμών στη Δ.Ε.Η., οι ενεργειακές του δαπάνες περιορίζονται στην πληρωμή πετρελαίου (ντήζελ) για τη λειτουργία των γεννητριών και του ενός κομπρεσέρ καθώς και για την κίνηση των φορτωτών και των τσαπών. Για τα αυτοκίνητα το τιμολόγιο είναι ξεχωριστό, με αποτέλεσμα η αντίστοιχη δαπάνη να ανέρχεται σε 13,7% επί των λειτουργικών εξόδων της επιχείρησης.

Αναφορικά με τα εργατικά κόστη, σημειώνεται ότι καλύπτουν το μεγαλύτερο μερίδιο στην πίτα των λειτουργικών εξόδων το οποίο ανέρχεται στο 53,9% και σε απόλυτο νούμερο είναι για το έτος 2002 385.058€. Δεδομένου ότι στο λατομείο απασχολούνται περίπου 20 άτομα, εκτιμάται ότι η επιχείρηση επιβαρύνεται με 1.600€ για κάθε άτομο μηνιαίως για 12 μήνες το έτος, ποσό το οποίο περιλαμβάνει τον κανονικό μισθό, επιδόματα, τις εργοδοτικές εισφορές, τα ασφάλιστρα, δώρο Χριστουγέννων, Πάσχα και επίδομα καλοκαιρινής αδείας. Κατά συνέπεια, δεν είναι εφικτή η εφαρμογή πολιτικής μείωσης των εργατικών εξόδων εφόσον το τελικό καθαρό ποσό που αντιστοιχεί σε κάθε εργαζόμενο κυμαίνεται σε λογικά επίπεδα. Σε γενικές γραμμές η εξόρυξη μαρμάρων είναι μία εύκολη και τυποποιημένη διαδικασία λόγω της χαμηλής σκληρότητας των εν λόγω πετρωμάτων, με σχετικά μικρά έξοδα, σε σχέση με την εξόρυξη σκληρών πετρωμάτων όπως είναι τα γρανιτικά. Κατά συνέπεια τα εργατικά έξοδα σε ένα λατομείο εξόρυξης μαρμάρου καλύπτουν σημαντικό ποσοστό των λειτουργικών εξόδων, ενώ σε ένα λατομείο εξόρυξης γρανιτών τα εργατικά κόστη καλύπτουν χαμηλότερο ποσοστό γιατί αυξάνεται σημαντικά το ποσοστό συμμετοχής των υπολοίπων λειτουργικών κοστών.



**Διάγραμμα 3.2: «Καταμερισμός λειτουργικών εξόδων επιχείρησης»**

Στον πίνακα 3.8 που ακολουθεί παρατίθενται ορισμένα στοιχεία από τη λειτουργία του λατομείου από τα οποία παρατηρείται ότι τα λειτουργικά έξοδα αποτελούν το 70% περίπου επί των συνολικών εσόδων. Επιπροσθέτως, αν συνυπολογιστούν και οι αποσβέσεις του εξοπλισμού παρατηρείται ότι το περιθώριο κέρδους κυμαίνεται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα.

**Πίνακας 3.8: «Ανάλυση λειτουργικών εξόδων και εσόδων»**

Λειτουργικά έξοδα προς έσοδα από πωλήσεις	70,1%
Ενεργειακά έξοδα προς λειτουργικά έξοδα	13,7%
Ενεργειακά έξοδα προς έσοδα από πωλήσεις	9,6%

Επιπλέον, από τον ανωτέρω πίνακα 3.8 προκύπτει ότι οι δαπάνες για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων εμφανίζονται αρκετά σημαντικές, καθώς συνιστούν ποσοστό 13,7% περίπου επί των λειτουργικών εξόδων. Η συνεισφορά αυτή στην αύξηση των λειτουργικών δαπανών, σε συνδυασμό με τη μη αξιοποιούμενη παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια η οποία υπολογίζεται σε επόμενο στάδιο, μοιραία αντικατοπτρίζεται στην τελική τιμή του προϊόντος. Έτσι, η αύξηση της τιμής πώλησης του προϊόντος λόγω της μη ορθολογικής ενεργειακής διαχείρισης είναι δυνατό να επηρεάσει δυσμενώς την ανταγωνιστικότητα της επιχείρησης.

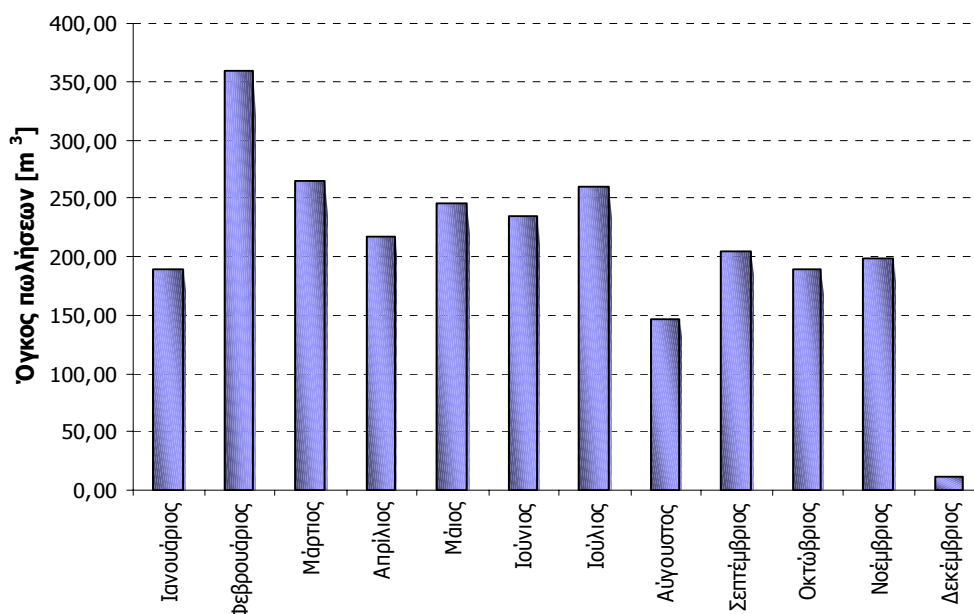
Ακολούθως φαίνεται ο πίνακας 3.9, ο οποίος προέκυψε από τα στοιχεία του λογιστηρίου της επιχείρησης, όπου γίνεται η μηνιαία ανάλυση των εσόδων του λατομείου και του όγκου των πωλήσεών του. Στον πίνακα 3.9 φαίνεται ο όγκος των πωλήσεων και η αξία τους σύμφωνα με στοιχεία του λογιστηρίου της επιχείρησης, ενώ έχει γίνει και προσδιορισμός της μέσης τιμής πώλησης του μαρμάρου. Σε γενικές γραμμές μόνο το 10 έως 30% του εξορυσσόμενου υλικού πωλείται, το υπόλοιπο αποτελεί τα στύρα μπάζα το οποίο απομακρύνεται και διαχειρίζεται κατάλληλα. Επισημαίνεται ότι κατά τη στατιστική ανάλυση για τον προσδιορισμό της μέσης τιμής πώλησης ενός τεμαχίου δεν λαμβάνεται υπόψη ο μήνας Δεκέμβριος. Όπως φαίνεται, κατά τον εν λόγω μήνα εμφανίζεται η αξία των πωλήσεων να είναι δυσανάλογα υψηλή σε σχέση με το ύψος της παραγωγής, με αποτέλεσμα η τιμή της μονάδας του μαρμάρου να είναι εξαιρετικά αυξημένη συγκριτικά με τους υπόλοιπους μήνες. Στην

πραγματικότητα όμως, η εξαγόμενη τιμή για το μάρμαρο είναι πλασματική, εφόσον στις πωλήσεις συμπεριλαμβάνονται και οι αποπληρωμές από χρωστούμενα αγοραστών από τους προηγούμενους μήνες, σύμφωνα με στοιχεία από τις ταμειακές καταστάσεις του λογιστηρίου. Έτσι λοιπόν η μέση τιμή πώλησης του προϊόντος κυμαίνεται μεταξύ 350 και 440€/m<sup>3</sup>. Στο λατομείο εξορύσσονται τρεις ποιότητες μαρμάρου, με διαφορετικό προορισμό (Ελλάδα, Ευρώπη, Κίνα κ.ά.). Η κοστολόγηση του μαρμάρου γίνεται ανάλογα με την ποιότητα που κάθε φορά πωλείται, ενώ διαφορετική είναι η τιμή για τα ξοφάρια που πωλούνται. Έτσι λοιπόν, η υπολογιζόμενη τιμή πώλησης αναφέρεται στη μέση τιμή πώλησης όγκων μαρμάρου καθώς και ξοφαριών.

**Πίνακας 3.9: «Μηνιαία ανάλυση πωλήσεων για το έτος 2002»**

[Πηγή: Λογιστήριο Επιχείρησης]

Μήνας	Όγκος πωλήσεων [m <sup>3</sup> ]	Αξία πωλήσεων [€]	Τιμή μονάδας μαρμάρου [€/m <sup>3</sup> ]
Ιανουάριος	189,48	66.135,00	349,03
Φεβρουάριος	359,528	147.210,00	409,45
Μάρτιος	265,252	115.076,00	433,84
Απρίλιος	217,393	90.853,00	417,92
Μάιος	246,135	94.690,00	384,71
Ιούνιος	233,896	84.026,00	359,25
Ιούλιος	259,676	114.430,00	440,66
Αύγουστος	146,829	64.288,00	437,84
Σεπτέμβριος	204,166	85.969,00	421,07
Οκτώβριος	188,66	82.118,00	435,27
Νοέμβριος	197,913	74.955,00	378,73
Δεκέμβριος	10,314	8.134,00	788,64
<b>Ετήσιο Σύνολο</b>	<b>2.508,93</b>	<b>1.019.750,00</b>	<b>406,45</b>



**Διάγραμμα 3.3: «Μηνιαία διακύμανση του όγκου των πωλήσεων»**

Σύμφωνα με το διάγραμμα 3.3 ο όγκος των πωλήσεων του λατομείου κατά τη διάρκεια του έτους κυμαίνεται περί τα 200m<sup>3</sup> σε μηνιαία βάση, με σημαντικές ωστόσο αποκλίσεις από την

προαναφερθείσα τιμή. Παρατηρείται ότι οι αποκλίσεις λαμβάνουν χώρα κατά το μήνα Δεκέμβριο και Φεβρουάριο. Αναφορικά με τον μήνα Δεκέμβριο έχει ήδη γίνει η επισήμανση ότι το λατομείο αντιμετωπίζει πρόβλημα λόγω των καιρικών συνθηκών και της πτώσης της θερμοκρασίας του νερού, γεγονός που το καθιστά ακατάλληλο προς χρήση στις συρματοκοπές. Οπότε η παραγωγή για τον εν λόγω μήνα είναι χαμηλή ενώ για 2 μήνες σημειώνεται και παύση των εξορυκτικών εργασιών. Αναφορικά με το Φεβρουάριο ειδικά για το έτος 2002 ο όγκος των πωλήσεων είναι σημαντικά υψηλός σε σχέση με τον υπόλοιπο χρόνο. Εκτιμάται ότι τον συγκεκριμένο μήνα υπήρχε αποθηκευμένο προϊόν που δεν είχε διατεθεί τους προηγούμενους μήνες. Σε γενικές γραμμές το λατομείο κατά τη διάρκεια του χειμώνα υπολείπεται οπότε και η παραγωγικότητά του είναι μειωμένη, γεγονός που οφείλεται στις κακές καιρικές συνθήκες. Ένα άλλο γεγονός που επηρεάζει σημαντικά το μηνιαίο ύψος της παραγωγής είναι η ποιότητα του μητρικού πετρώματος η οποία σε ορισμένες περιπτώσεις είναι τέτοια ώστε να διευκολύνεται η εξόρυξη με αποτέλεσμα να αυξάνεται η παραγωγικότητα.

## 1.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης, λαμβάνει χώρα ο προσδιορισμός του ενεργειακού ισοζυγίου. Έχοντας στο προηγούμενο στάδιο εντοπίσει τις διατάξεις παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας καθώς και την ροή της ενέργειας μέσα στο λατομείο, καταστρώνεται το ενεργειακό ισοζύγιο. Η σύνταξη του ισοζυγίου αποσκοπεί στον υπολογισμό της ποσότητας της μη αξιοποιούμενης ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος και την ανεύρεση των αιτιών που ευθύνονται για τη μη αξιοποίηση του συνόλου της ενέργειας και της ισχύος που παράγεται. Σε μετέπειτα στάδιο προτείνονται μέτρα για το ενεργειακό «νοικοκύρεμα» του λατομείου, εφόσον είναι πλέον γνωστές οι ποσότητες της ενέργειας που παραμένει αναξιοποίητη και τα αντίστοιχα αίτια για αυτό το γεγονός.

Στον πίνακα 3.10 φαίνονται τα δεδομένα που αφορούν τη λειτουργία του λατομείου.

<b>Πίνακας 3.10: « Δεδομένα λειτουργίας της επιχείρησης »</b>	
Ώρες λειτουργίας ημερησίως (h/d)	8
Μέρες λειτουργίας την εβδομάδα (d/w)	5
Διαθεσιμότητα λατομείου (μήνες λειτουργίας/έτος)	10
Ετήσιες ώρες λειτουργίας (h/y)	1.600
Συντελεστής διαθεσιμότητας (%)	18,3%

Το λατομείο λειτουργεί για 5 μέρες την εβδομάδα με μία βάρδια για 10 μήνες το έτος, εφόσον αναγκάζεται λόγω των καιρικών συνθηκών να μη λειτουργεί για περίπου 2 μήνες. Το σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει το λατομείο τον χειμώνα και επιβάλλει τη δίμηνη παύση των εργασιών, είναι η σημαντική μείωση της θερμοκρασίας του νερού, γεγονός που το καθιστά ακατάλληλο για χρήση για τον καθαρισμό, τη λείανση και τη ψύξη του σύρματος των συρματοκοπών. Άμεσο αποτέλεσμα αυτής της δίμηνης παύσης είναι να σταματά η παραγωγή μαρμάρου και τα έσοδα να προκύπτουν από ανεξόφλητες πωλήσεις προηγούμενων μηνών. Για το διάστημα αυτό όμως τα σταθερά λειτουργικά κόστη όπως τα εργατικά έξοδα και οι λοιπές δαπάνες δεν παύουν να επιβαρύνουν την επιχείρηση. Έτσι λοιπόν η επιχείρηση καλείται να δώσει λύση στο πρόβλημα που δημιουργείται από την πτώση της θερμοκρασίας του νερού ώστε να αυξήσει την παραγωγικότητα και τα κέρδη της.

Όπως έχει αναφερθεί στο λατομείο διακρίνονται τρεις ενεργειακές ροές, μία που αφορά την ηλεκτρική ενέργεια, μία που αφορά τον πεπιεσμένο αέρα και μία που αφορά το νερό. Από τις τρεις ενεργειακές ροές μελετάται ακολούθως αυτή της ηλεκτρικής ενέργειας. Αναφορικά λοιπόν με το τοπικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, διακρίνονται δύο διατάξεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τρεις διατάξεις κατανάλωσης αυτής με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά.

<b>Πίνακας 3.11: «Διατάξεις παραγωγής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο λατομείο»</b>	
<b>Διατάξεις Παραγωγής</b>	<b>Ισχύς [kW<sub>e</sub>]</b>
✓ Γεννήτριες (2)	
Dorman Diesels (1)	450
Perkin Engines (1)	250
<i>Συντελεστής ισχύος γεννητριών</i>	<i>80%</i>
<b>Διατάξεις Κατανάλωσης</b>	<b>Ισχύς [kW<sub>e</sub>]</b>
✓ Συρματοκοπές (8)	
Alpha 840 (7)	7x33,6
VIP 910 (1)	41,0
✓ Γεώτρηση νερού (1)	10
✓ Ηλεκτρικό κομπρεσέρ Ingerssol Rand (1)	150

Τόσο οι προαναφερθείσες συσκευές όσο και ο υπόλοιπος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός του λατομείου λειτουργεί ανάλογα με τις απαιτήσεις και το στάδιο της παραγωγής. Συγκεκριμένα, οι γεννήτριες είναι και οι δύο σε λειτουργία καθ' όλο το διάστημα που λαμβάνουν χώρα οι εργασίες στο χώρο του λατομείου. Από τα δύο κομπρεσέρ το ηλεκτρικό είναι αυτό που χρησιμοποιείται διαρκώς όπως και οι γεννήτριες, ενώ το ντηζελοκίνητο εκτιμάται ότι η χρήση του περιορίζεται μόνο σε 50 μέρες συνολικά μέσα στο έτος. Σύμφωνα με το διάγραμμα ροής της ηλεκτρικής ενέργειας (Παράρτημα ΙΙ), το πετρελαιοκίνητο κομπρεσέρ Atlas Corco, παρέχει υπό πίεση αέρα στις τρεις πιστόλες, όταν όμως δουλεύουν και τα δύο τρυπάνια. Σε περίπτωση που δουλεύει το ένα μόνο τρυπάνι, που είναι η καθημερινή κατάσταση και η πλέον συνηθισμένη στο λατομείο, το ηλεκτρικό κομπρεσερ είναι σε θέση να τροφοδοτήσει τις τρεις πιστόλες. Κατά συνέπεια, το λατομείο σε πλήρες φορτίο όπου χρησιμοποιείται το σύνολο του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του (2 τρυπάνια, 3 πιστόλες, 2 κομπρεσερ και οι 2 γεννήτριες), λειτουργεί μόνο 50 ημέρες τον χρόνο. Επιπλέον, κάθε 20-25min παύει η λειτουργία των συρματοκοπών για 5-10min ώστε να αλλαχθεί το σύρμα. Η γεώτρηση δουλεύει 2 ώρες ημερησίως.

<b>Πίνακας 3.12: «Συντελεστές διαθεσιμότητας ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού»</b>	
Γεννήτριες	100%
Συρματοκοπές	75%
Κομπρεσέρ Ingerssol Rand ( ηλεκτρικό)	100%
Γεώτρηση	25%
Κομπρεσέρ Atlas Corco (πετρελαιοκίνητο)	25%
Τρυπάνια	75%
Πιστόλες	75%

Ο πίνακας 3.12 συνοψίζει τους συντελεστές διαθεσιμότητας του εξοπλισμού όπως αυτοί υπολογίστηκαν σύμφωνα με όσα αναφέρονται παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα



λειτουργίας του λατομείου, τα οποία προέκυψαν από την επιτόπια επίσκεψη στο χώρο κατόπιν προσωπικών παρατηρήσεων του επιθεωρητή και υποδείξεων που έγιναν από τους εργαζόμενους.

Στο σημείο αυτό γίνεται η επισήμανση ότι η ακόλουθη ανάλυση βασίστηκε στα δεδομένα λειτουργίας του πίνακα 3.10 ενώ για την εξαγωγή των ενεργειακών καταναλώσεων έγιναν ορισμένες παραδοχές οι οποίες εκφράζονται με τη χρησιμοποίηση των παραπάνω συντελεστών διαθεσιμότητας. Μία σημαντική παραδοχή που έγινε προκειμένου να διευκολυνθεί η ανάλυση και δεδομένου ότι δεν έγιναν επιτόπου μετρήσεις για τον υπολογισμό της ημερήσιας ζήτησης της ισχύος, αφορά την λειτουργία των γεννητριών στο 100% του φορτίου σε ημερήσια βάση, λειτουργώντας στο μέγιστο των δυνατοτήτων του και παράγοντας το μέγιστο της ισχύς τους. Η παραδοχή αυτή έγινε ελλείψει των απαραίτητων στοιχείων με αποτέλεσμα να θεωρείται ότι η ισχύς που παράγεται στο λατομείο είναι σταθερή σε ημερήσια βάση. Εξάλλου, η διενέργεια μετρήσεων για την απόκτηση πληρέστερης και ξεκάθαρης εικόνες της ενεργειακής κατάστασης του λατομείου δεν είναι αντικείμενο της παρούσας μελέτης.

Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη η αποτύπωση της ενεργειακής ροής με χρήση του διαγράμματος Sankey (Παράρτημα IV). Στο προηγούμενο στάδιο της προκαταρκτικής ανάλυσης των δεδομένων έγινε η ακριβής περιγραφή του κυκλώματος της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και η αποτύπωσή του με τη μορφή διαγράμματος. Όμως η εποπτική παρουσίαση των ενεργειακών ροών μέσω διαγραμμάτων Sankey, βοηθά στην διαπίστωση των κρίσιμότερων περιοχών κατανάλωσης σε μια παραγωγική μονάδα και ταυτόχρονα των αιτιών των ενεργειακών απωλειών που εντοπίζονται σε αυτή. Τα διαγράμματα Sankey που καταρτίστηκαν αποτυπώνουν τη ροή της ενέργειας και της ισχύος εντός του λατομείου, σύμφωνα με τα δεδομένα που υπήρχαν για αυτές.

Ο πίνακας 3.13 που παρατίθεται ακολούθως, περιέχει τις ποσότητες της ενέργειας και της ισχύος που παράγονται και καταναλώνονται από τον υφιστάμενο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Για τον υπολογισμό της ισχύος και της ενέργειας που παράγεται από τις γεννήτριες έγινε χρήση των εξής τύπων:

$$\text{Ισχύς [kW}_e\text{]} = \text{Ονομαστική Ισχύς [kW}_e\text{]} \times \text{Συντελεστής Ισχύος Γεννήτριας [\%]}$$

$$\text{Ενέργεια [kWh]} = \text{Ισχύς [kW}_e\text{]} \times \text{Συντελεστής Διαθεσιμότητας [\%]} \times \text{Ώρες Λειτουργίας [h]}$$

Ενώ για τον υπολογισμό της ισχύος και της ενέργειας που καταναλώνεται από τον διαθέσιμο εξοπλισμό έγινε χρήση των παρακάτω τύπων:

$$\text{Ισχύς [kW}_e\text{]} = \text{Ονομαστική Ισχύς [kW}_e\text{]} \times \text{Αριθμός Μηχανημάτων}$$

$$\text{Ενέργεια [kWh]} = \text{Ισχύς [kW}_e\text{]} \times \text{Συντελεστής Διαθεσιμότητας [\%]} \times \text{Ώρες Λειτουργίας [h]}$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.13 το 35,8% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας παραμένει αναξιοποίητο και μόνο το 64,2% χρησιμοποιείται για να καλύψει τις ανάγκες του λατομείου, συνολικά. Παρατηρείται ότι το ποσοστό της ενέργειας που παραμένει αναξιοποίητη είναι σημαντικά υψηλό και υποδηλώνει την κακή οργάνωση του τοπικού δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας και την έλλειψη ορθολογικής διαχείρισης της παραγόμενης ενέργειας. Ένα γεγονός το οποίο αξίζει να σημειωθεί είναι ότι οι γεννήτριες είναι σχεδιασμένες να παράγουν σημαντικά περισσότερη ενέργεια

(41,8% για τη γεννήτρια Dorman και 25,0% για τη γεννήτρια Perkins) από αυτή που χρειάζεται για να καλυφθούν οι πραγματικές ανάγκες του λατομείου. Υποδηλώνεται λοιπόν, κακή εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων και λάθος στη διαστασιολόγηση κατά τον σχεδιασμό του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του λατομείου.

**Πίνακας 3.13: «Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας»**

<b>Γεννήτρια Dorman</b>		
	<b>Ισχύς [kW<sub>e</sub>]</b>	<b>Ενέργεια [kWh]</b>
<b>Παραγωγή</b>		
Γεννήτρια Dorman Diesel	360	576.000
<b>Καταναλώσεις</b>		
7 συρματοκοπές Alpha 840	235	281.875
1 συρματοκοπή VIP 910	41	49.216
1 γεώτρηση	10	4.000
<b>Σύνολο καταναλώσεων</b>	<b>286</b>	<b>335.091</b>
<i>Μη αξιοποιούμενη ισχύς [kW<sub>e</sub>]</i>		74
<i>Ετήσιο ποσό μη αξιοποιούμενης ενέργειας [kWh]</i>		240.909
<i>Ποσοστό μη αξιοποιούμενης ενέργειας (%)</i>		41,8%
<b>Γεννήτρια Perkins</b>		
	<b>Ισχύς [kW<sub>e</sub>]</b>	<b>Ενέργεια [kWh]</b>
<b>Παραγωγή</b>		
Γεννήτρια Perkins Engines	200	320.000
<b>Καταναλώσεις</b>		
1 κομπρεσέρ Ingersoll Rand	150	240.000
<i>Μη αξιοποιούμενη ισχύς [kW<sub>e</sub>]</i>		50
<i>Ετήσιο ποσό μη αξιοποιούμενης ενέργειας [kWh]</i>		80.000
<i>Ποσοστό μη αξιοποιούμενης ενέργειας (%)</i>		25,0%
<b>Συνολικά</b>		
<i>Παραγωγή ισχύος [kW<sub>e</sub>]</i>		560
<i>Κατανάλωση ισχύος [kW<sub>e</sub>]</i>		436
<i>Μη αξιοποιούμενη ισχύς [kW<sub>e</sub>]</i>		124
<i>Παραγωγή ενέργειας [kWh]</i>		896.000
<i>Κατανάλωση ενέργειας [kWh]</i>		575.091
<i>Μη αξιοποιούμενη ενέργεια [kWh]</i>		320.909
<i>Ποσοστό μη αξιοποιούμενης ενέργειας [%]</i>		35,8%

Κατόπιν υπολογίζεται η επιβάρυνση της επιχείρησης σε καύσιμο πετρέλαιο το οποίο χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των γεννητριών και του πετρελαιοκίνητου συμπιεστή αέρα καθώς και για την κίνηση των φορτωτών και των τσαπών, από την κακή λειτουργία των μηχανημάτων και την κακή οργάνωση των εργασιών. Για τον υπολογισμό της εν λόγω επιβάρυνσης, χρησιμοποιούνται τα τιμολόγια που αφορούν τις πληρωμές πετρελαίου κίνησης, τα οποία διατίθενται από το λογιστήριο του λατομείου. Τα δεδομένα των τιμολογίων συγκρίνονται με τα στοιχεία κατανάλωσης πετρελαίου που προκύπτουν από τις προδιαγραφές λειτουργίας των γεννητριών και του συμπιεστή αέρα, ενώ για την κατανάλωση των φορτωτών και των τσαπών απλώς χρησιμοποιούνται οι προσωπικές παρατηρήσεις των εργαζομένων και χειριστών των μηχανημάτων.

Ο υπολογισμός του ετήσιου ενεργειακού κόστους γίνεται με τον εξής τύπο:

$$\text{Ετήσιο Κόστος [€/γ]} = \text{Τιμή Πώλησης Πετρελαίου [€/l]} \times \text{Ημερήσια Κατανάλωση [l/d]} \times \text{Ημέρες Λειτουργίας [d/w]} \times 4 \text{ [w/m]} \times \text{Διαθεσιμότητα Λατομείου [m/y]}$$

$$\text{Συνολικό Ετήσιο Ενεργειακό Κόστος [€/γ]} = \Sigma(\text{Επιμέρους Καταναλώσεων [€/γ]})$$

Η απόκλιση του ενεργειακού κόστους όπως αυτό υπολογίζεται σύμφωνα με τα παραπάνω και όπως προκύπτει από τα δεδομένα του λογιστηρίου είναι η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο ποσών.

<b>Πίνακας 3.14: «Ισοζύγιο πετρελαίου κίνησης»</b>		
<b>Εξοπλισμός</b>	<b>Ημερήσια κατανάλωση ντήζελ [l/d]</b>	<b>Κόστος αγοράς καυσίμου [€/d]</b>
Γεννήτρια Dorman Diesel	160	96
Γεννήτρια Perkins Engines	128	77
Κομπρεσέρ Atlas Copco	44	26
Φορτωτές	30	72
Τσάπες	30	54
<b>Σύνολο</b>	<b>392</b>	<b>326,134</b>
<i>Ετήσιο ενεργειακό κόστος [€/γ]</i>	<i>65.226,70</i>	
<i>Απόκλιση θεωρητικού και πραγματικού κόστους [€/γ]</i>	<i>32.719,30</i>	
<i>Απόκλιση [%]</i>	<i>33,4%</i>	
Τιμή πώλησης πετρελαίου [€/l]	0,602	

Από τον πίνακα 3.14 φαίνεται ότι και στον τομέα της κατανάλωσης πετρελαίου υπάρχουν σημαντική επιβάρυνση της τάξεως του 33,4% γεγονός που ενισχύει το συμπέρασμα που σχηματίστηκε για την κακή διαχείριση της ενέργειας που παράγεται εντός του λατομείου. Ένας σημαντικός λόγος που μπορεί να εξηγήσει την εν λόγω απόκλιση είναι ο λαθεμένος σχεδιασμός των γεννητριών, οι οποίες σύμφωνα με τη βασική παραδοχή που έχει γίνει, λειτουργούν στο μέγιστο των δυνατοτήτων του χωρίς στην πραγματικότητα κάτι τέτοιο να είναι αναγκαίο. Η υπερδιαστασιολόγηση αυτή των γεννητριών έχει σαν αποτέλεσμα να λειτουργούν με χαμηλό συντελεστή ισχύος και μειωμένο βαθμό απόδοσης.

Επισημαίνεται και πάλι σε αυτό το σημείο ότι στο λατομείο δεν έχουν γίνει μετρήσεις για τον ακριβή υπολογισμό της ωριαίας και ημερήσιας ζήτησης ισχύος με αποτέλεσμα ο εξοπλισμός να λειτουργεί παράγοντας περισσότερη ενέργεια σε σχέση με την απαιτούμενη, καταναλώνοντας περισσότερο από το απαιτούμενο πετρέλαιο με άμεσο αποτέλεσμα την οικονομική επιβάρυνση της επιχείρησης. Επισημαίνεται ότι για το λατομείο θα είχαμε καλύτερη εικόνα σε περίπτωση όπου είχε οργανωθεί στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης και δίκτυο επιτόπου μετρήσεων των καταναλώσεων για τον πλήρη έλεγχο της λειτουργίας των μηχανημάτων, όμως μια τέτοια προσέγγιση δεν αφορά την παρούσα πτυχιακή εργασία.

### **1.3. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Μετά την κατάστρωση του ενεργειακού ισοζυγίου και των διαγραμμάτων Sankey είναι πλέον δυνατή η ανεύρεση λύσεων για την εξοικονόμηση της ενέργειας που παραμένει αναξιοποίητη.

Ο σκοπός του εν λόγω συστήματος ενεργειακής διαχείρισης είναι η μείωση του ενεργειακού κόστους που επιφέρει στην επιχείρηση η δραστηριότητα εξόρυξης μαρμάρου και η βελτίωση της λειτουργίας της μονάδας ως προς τη διαθεσιμότητα. Ακολούθως παρατίθενται μέθοδοι και τεχνολογίες ενεργειακής εξοικονόμησης, οι οποίες στοχεύουν στην μείωση της ενεργειακής σπατάλης, στη διαχείριση της ενέργειας με τη μέγιστη δυνατή απόδοση, στην ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας και στην

αξιοποίηση της πλέον κατάλληλης και σύγχρονης τεχνολογίας συμπεριλαμβανομένων και των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών.

Η εξοικονόμηση ενέργειας επιτυγχάνεται με την εφαρμογή τριών επιπέδων πρακτικών μέτρων. Προκειμένου δηλαδή να εφαρμοστούν οι διαθέσιμες λύσεις, κατηγοριοποιούνται στις εξής κατηγορίες δράσεων:

- **Μέτρα μηδενικού κόστους**, τα οποία αναλαμβάνονται από το προσωπικό της επιχείρησης και συνίστανται στη χρήση του υπάρχοντος εξοπλισμού κατά το βέλτιστο ενεργειακό τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι τα άτομα τα οποία θα ασχοληθούν πρέπει να είναι εκπαιδευμένα και κατάλληλα ευαισθητοποιημένα ώστε να δραστηριοποιηθούν προς αυτήν την κατεύθυνση. Τα μέτρα μηδενικού κόστους εφαρμόζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, συνήθως κατά τις προγραμματισμένες περιόδους συντήρησης των εγκαταστάσεων. Τα μέτρα αυτά είναι:

### **1. Διακοπή λειτουργίας συσκευών**

Σε περίπτωση που κάποιες ηλεκτρικές συσκευές δεν είναι απαραίτητο να λειτουργούν συνεχώς, συνίσταται η περιοδική διακοπή της λειτουργίας τους, ώστε να μειώνεται η συνολικά καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Οι συσκευές στις οποίες είναι δυνατόν να εφαρμοστεί ένα τέτοιο μέτρο είναι οι ενδεικτικές οθόνες που υπάρχουν σε συσκευές που δε χρησιμοποιούνται και η αντλία της γεώτρησης [Bellarmine and Arokiaswamy, 1996].

### **2. Έλεγχος συστήματος διανομής**

Ο έλεγχος του συστήματος διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας για τον εντοπισμό πιθανών πηγών δυσλειτουργιών πρέπει να είναι γενικός, περιλαμβάνοντας όλα τα επιμέρους στοιχεία του δικτύου, όπως τους δύο υποσταθμούς, τον κεντρικό πίνακα ελέγχου και ασφαλειών και κάθε κλάδο του ηλεκτρικού κυκλώματος. Τα πιθανά προβλήματα που μπορούν να εντοπιστούν από έναν τέτοιο έλεγχο περιλαμβάνουν χαλαρές ηλεκτρικές συνδέσεις οι οποίες προκαλούν απώλειες με αποτέλεσμα την εμφάνιση υπερθερμάνσεων ή ακόμη και την καταστροφή του εξοπλισμού, καθώς και προβλήματα στη μόνωση των σωληνώσεων και στις συνδέσεις. Για τον εντοπισμό αυτών των σημείων συχνά γίνεται χρήση θερμικών φωτογραφιών υπέρυθρου φάσματος οι οποίες επιτρέπουν τον εντοπισμό θερμών σημείων [Bellarmine and Arokiaswamy, 1996].

### **3. Αναδιάταξη ηλεκτρικού κυκλώματος**

Η αναδιάταξη του ηλεκτρικού κυκλώματος σκοπό έχει το βέλτιστο συνδυασμό του επιμέρους ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού ώστε να μειωθεί το ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας και της παραγόμενης ισχύος που παραμένει αναξιοποίητο. Μία προτεινόμενη διάταξη είναι η σύνδεση του συνόλου του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού σε μία γεννήτρια η οποία θα καλύπτει τις ανάγκες του λατομείου σε ενέργεια και ισχύ. Μία εναλλακτική διάταξη είναι η προσθήκη επιπλέον εξοπλισμού ώστε να αυξηθεί και η παραγωγικότητα του λατομείου.

### **4. Κατάστρωση τακτικού προγράμματος επιθεώρησης και συντήρησης του ηλεκτρικού συστήματος**

Ένα πρόγραμμα συντήρησης ακολουθεί συνήθως τον έλεγχο του ηλεκτρικού συστήματος με σκοπό τη διόρθωση των πιθανών προβλημάτων που εντοπίστηκαν. Προτεραιότητα δίνεται πάντα σε βλάβες οι οποίες μπορούν να αποβούν επικίνδυνες για την υγεία των εργαζόμενων. Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας ένα πρόγραμμα συντήρησης μπορεί να εφαρμόζεται είτε σε τακτή χρονικά βάση, είτε κατά τις προγραμματισμένες περιόδους διακοπής της παραγωγικής διαδικασίας. Ένα τέτοιο πρόγραμμα περιλαμβάνει:

- ✓ Έλεγχο του επιπέδου τάσης των κυκλωμάτων
- ✓ Έλεγχο της ποιότητας της ηλεκτρικής μόνωσης σε αγωγούς και συσκευές
- ✓ Προγραμματισμό λίπανσης των ηλεκτρικών κινητήρων
- ✓ Έλεγχο των μπαταριών και πιθανή προσθήκη ποσότητας ηλεκτρολύτη
- ✓ Έλεγχο των συνθηκών (θερμοκρασία, υγρασία, ταλαντώσεις) στους χώρους όπου βρίσκονται οι γεννήτριες
- ✓ Έλεγχο των γειώσεων [Eastop and Croft, 1996]

## **5. Μείωση ηλεκτρικού φορτίου ανάλογα με χρονική αναπροσαρμογή διεργασιών**

Σημαντικό μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας είναι η χρονική αναπροσαρμογή των παραγωγικών διεργασιών, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η κατανομή της ηλεκτρικής ζήτησης να εξομαλυνθεί εξαλείφοντας τις ανεπιθύμητες αιχμές φορτίου. Όπως διαπιστώθηκε κατά την κατάρτιση του ενεργειακού ισοζυγίου, οι απαιτήσεις σε ισχύ είναι μικρότερες από την ισχύ που παράγεται και διαφοροποιούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ εμφανίζουν και έντονη εποχιακή διακύμανση ανάλογα με τη φάση της παραγωγικής διαδικασίας και την ποιότητα του πετρώματος. Έτσι λοιπόν πρέπει να υπάρχει σύστημα καταγραφής και ελέγχου της ισχύος ώστε να προσαρμόζεται η προσφορά στη ζήτηση [Bellarmine and Arokiaswamy, 1996].

## **6. Εκπαίδευση του προσωπικού**

Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα λατομεία είναι ότι λειτουργούν με εργάτες οι οποίοι δεν έχουν γνώση θεμάτων ενεργειακής εξοικονόμησης, ενώ σημειώνεται και έλλειψη προσωπικού με το κατάλληλο επιστημονικό υπόβαθρο εξειδικευμένο σε ενεργειακά ζητήματα π.χ. μηχανολόγος μηχανικός, ηλεκτρολόγος μηχανολόγος κ.λ.π.. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η διοίκηση του λατομείου να οργανώσει ένα πρόγραμμα ενημέρωσης των εργαζομένων παράλληλα με την εκπαίδευση των υπεύθυνων μηχανικών για θέματα ενεργειακής εξοικονόμησης. Έτσι λοιπόν θα μειωθεί το ποσοστό της ενέργειας που χάνεται και οφείλονται στην κακή χρήση του εξοπλισμού και στην υπερκατανάλωση ενέργειας λόγω ελλιπούς σχεδιασμού και οργάνωσης των εργασιών. Επιπλέον, θα αναφέρονται ενδεχόμενες ζημιές, φθορές και δυσλειτουργίες του εξοπλισμού από το εργατικό προσωπικό χωρίς να είναι αναγκαία η διενέργεια του προγραμματισμένου ελέγχου των συσκευών. Η ευαισθητοποίηση του προσωπικού προς την κατεύθυνση της ενεργειακής διαχείρισης και η εξασφάλιση της συμμετοχής τους

είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχία ενός σχεδίου ενεργειακής εξοικονόμησης.

- **Μέτρα χαμηλού – μεσαίου κόστους**, τα οποία αποτελούν τεχνολογικές λύσεις χαμηλού σχετικά κόστους αλλά με σημαντική τη συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα. Τα μέτρα αυτά απαιτούν μικρού ή μετρίου μεγέθους επενδύσεις, οι οποίες όμως παρουσιάζουν ελάχιστο χρόνο απόσβεσης.

### **1. Τοποθέτηση λέβητα**

Προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγικότητα και η διαθεσιμότητα της μονάδας, προτείνεται η τοποθέτηση θερμαντήρα για τη θέρμανση του νερού κατά τη διάρκεια του χειμώνα ώστε να αποφεύγεται η παύση των εργασιών για την προκειμένη περίοδο του έτους και να καλύπτεται ένα μέρος από τις ετήσιες ποσότητες ενέργειας που παράγεται και μένει αναξοποίητη. Από το ενεργειακό ισοζύγιο που καταρτίστηκε στο 2<sup>ο</sup> στάδιο της ενεργειακής επιθεώρησης, φαίνεται ότι τόσο η γεννήτρια Dorman όσο και η Perkins είναι σε θέση να αντέξουν την τροφοδότηση επιπλέον φορτίου. Μάλιστα η πιο κατάλληλη γεννήτρια φαίνεται να είναι η Perkins εφόσον τροφοδοτεί μόνο το ηλεκτρικό κομπρεσέρ Ingersoll Rand και έχει αρκετή περίσσεια ισχύος. Η λειτουργία ενός θερμαντήρα θα είναι καθαρά εποχιακή οπότε η απόσβεση της εν λόγω επένδυσης δεν αναμένεται να γίνει σε σύντομο χρονικό διάστημα.

### **2. Αλλαγή καυσίμου**

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, το καύσιμο που χρησιμοποιούν οι γεννήτριες είναι το πετρέλαιο κίνησης (ντίζελ). Προτείνεται λοιπόν η αλλαγή καυσίμου και η χρήση βιοντίζελ έναντι του ντίζελ.

- **Μέτρα υψηλού κόστους**, τα οποία επικεντρώνονται σε μια τεχνολογία η οποία πρόκειται να επιφέρει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας αλλά απαιτεί την επένδυση σημαντικών κεφαλαίων. Ένα τέτοιο μέτρο πρέπει προτού ληφθεί να εξεταστεί προσεκτικά τόσο από τεχνικής άποψης όσο και από οικονομικής απόδοσης. Τα μέτρα αυτά είναι:

#### **1. Βελτίωση του συντελεστή ισχύος των γεννητριών**

Συνήθως χρησιμοποιούνται κατάλληλοι πυκνωτές οι οποίοι εγκαθίστανται είτε σε θέσεις κοντά σε κάθε επιμέρους ηλεκτρική συσκευή, είτε στο κεντρικό σημείο διανομής όλου του δικτύου της βιομηχανίας [Φούντη, 1999].

#### **2. Αλλαγή των γεννητριών**

Κατά την κατάρτιση του ισοζυγίου της ηλεκτρικής ενέργειας προέκυψε το συμπέρασμα ότι έχει γίνει υπερδιαστασιολόγηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του λατομείου με αποτέλεσμα οι γεννήτριες να παράγουν περισσότερη από την απαιτούμενη ισχύ. Αυτή η υπερδιαστασιολόγηση μπορεί να οφείλεται είτε σε λάθος εκτίμηση των αναγκών του λατομείου, είτε σε πρόχειρο σχεδιασμό του ηλεκτρικού κυκλώματος χωρίς τη συμβολή εμπειρογνώμονα, είτε είχε γίνει πρόβλεψη για περαιτέρω ανάπτυξη του λατομείου η οποία όμως έχει καθυστερήσει ή δεν προβλέπεται να γίνει στο άμεσο

μέλλον. Οι γεννήτριες οι οποίες είναι υπερδιαστασιολογημένες λειτουργούν γενικά με μικρό βαθμό απόδοσης και χαμηλό συντελεστή ισχύος. Εάν εντοπιστούν περιπτώσεις υπερβολικής διαστασιολόγησης συνίσταται η αλλαγή τους με άλλους μικρότερους και κατά συνέπεια οικονομικότερους.

### **3. Χρησιμοποίηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας**

Η χρησιμοποίηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας σε βιομηχανικές εφαρμογές εμφανίζει τα πλεονεκτήματα του περιορισμού της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που οφείλονταν στα συμβατικά συστήματα και της μείωσης του κόστους που δαπανούνταν για αγορά καύσιμης ύλης. Απαιτεί όμως επένδυση αρκετά δαπανηρή και συνίσταται σε περιπτώσεις όπου έχουμε να κάνουμε με επιχειρήσεις με υψηλά έσοδα και μεγάλη παραγωγικότητα ώστε να μπορούν να αντέξουν μία τέτοια επένδυση και να συντελεστεί σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα η αποσβεση. Εντούτοις στα πλαίσια της παρούσας ενεργειακής επιθεώρησης μελετώνται τα εξής σενάρια. Πρώτον, η εφαρμογή συστήματος συμπαραγωγής με μηχανή εσωτερικής καύσης με καύσιμο βιομάζα που προέρχεται από υπολείμματα ελαιοκαλλιέργειας. Δεύτερον, η τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος και τρίτον η τοποθέτηση ανεμογεννήτριας [Φούντη, 1999].

### **1.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ**

Προκειμένου να υπολογιστεί η ενέργεια που αναμένεται να εξοικονομηθεί και τα οικονομικά οφέλη που θα αποκομίσει η επιχείρηση με την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων, προσδιορίζεται το περιθώριο βελτίωσης της υφιστάμενης κατάστασης. Σύμφωνα με το συμπέρασμα το οποίο προέκυψε στο προηγούμενο στάδιο της ενεργειακής επιθεώρησης, η ενέργεια που παράγεται στο λατομείο είναι κατά 35,8% περισσότερη από την απαιτούμενη και αιτία αυτού θεωρήθηκε η υπερδιαστασιολόγηση των γεννητριών. Ακολούθως λοιπόν, επιδιώκεται να υπολογιστεί η μέση ισχύς την οποία θα πρέπει να παράγει ημερησίως η κάθε γεννήτρια ώστε το ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας που παραμένει αναξιοποίητο να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο. Επιπλέον, μελετάται και το σενάριο υποκατάστασης των δύο γεννητριών με μία γεννήτρια ονομαστικής ισχύος κατάλληλης να τροφοδοτήσει το σύνολο του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.

Στην ανάλυση ευαισθησίας που γίνεται έχει θεωρηθεί σταθερή η απαιτούμενη ισχύς, εφόσον αυτή ορίζεται από τις προδιαγραφές λειτουργίας του εξοπλισμού και έχει προσαρμοστεί στις συνθήκες λειτουργίας του λατομείου κάνοντας χρήση των συντελεστών διαθεσιμότητας.

Σύμφωνα με την εν λόγω ανάλυση ευαισθησίας προκύπτει το συμπέρασμα ότι δεν μπορεί να γίνει σχεδιασμός για τη λειτουργία του λατομείου με πλήρη απορρόφηση της παραγόμενης ενέργειας γιατί κάτι τέτοιο απαιτεί η αντίστοιχη παραγωγή ισχύος να είναι μικρότερη από την απαιτούμενη. Κατά συνέπεια ο σχεδιασμός γίνεται με το κριτήριο της ελαχιστοποίησης του ποσοστού της παραγόμενης ενέργειας που παραμένει αναξιοποίητη.

**Πίνακας 3.15: «Ανάλυση ευαισθησίας»**

<b>ΓΕΝΗΤΡΙΑ DORMAN</b>						
Παραγόμενη ενέργεια [kWh]	330.000	340.000	400.000	460.000	520.000	580.000
Καταναλισκόμενη ενέργεια [kWh]	-5.091	4.909	64.909	124.909	184.909	244.909
Παραγόμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	206,3	212,5	250,0	287,5	325,0	362,5
Συντελεστής μείωσης ισχύος γεννήτριας	42,7%	50,0%	31,6%	20,1%	9,7%	-0,7%
Καταναλισκόμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	286	286	286	286	286	286
Μη αξιοποιούμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	-80	-73	-36	2	39	77
Μη αξιοποιούμενη ενέργεια [kWh]	-5.091	4.909	44.909	84.909	124.909	164.909
<b>ΓΕΝΗΤΡΙΑ PERKINS</b>						
Παραγόμενη ενέργεια [kWh]	120.000	160.000	200.000	240.000	280.000	320.000
Καταναλισκόμενη ενέργεια [kWh]	-40.000	0	40.000	80.000	120.000	160.000
Παραγόμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	75	100	125	150	175	200
Συντελεστής μείωσης ισχύος γεννήτριας	62,5%	50,0%	37,5%	25,0%	12,5%	0,0%
Καταναλισκόμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	150	150	150	150	150	150
Μη αξιοποιούμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	-75	-50	-25	0	25	50
Μη αξιοποιούμενη ενέργεια [kWh]	-120.000	-80.000	-40.000	0	40.000	80.000
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΑ</b>						
Παραγόμενη ενέργεια [kWh]	450.000	500.000	600.000	700.000	800.000	900.000
Μη αξιοποιούμενη ενέργεια [kWh]	-125.091	-75.191	24.909	124.909	224.909	324.909
Ποσοστό μη αξιοποιούμενης ενέργειας [%]	-27,8%	-15,0%	4,6%	17,8%	28,1%	36,1%
Παραγόμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	281	313	375	438	500	563
Μη αξιοποιούμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	-155	-123	-61	2	64	127
Ποσοστό μη αξιοποιούμενης ισχύος [%]	-55,0%	-39,5%	-16,2%	0,4%	12,8%	22,5%



Πίνακας 3.16: «Βέλτιστο σημείο λειτουργίας και σημείο πλήρης απορρόφησης ισχύος»

<b>ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ DORMAN</b>			
	<b>Υφιστάμενη Κατάσταση</b>	<b>Σημείο Πλήρης Απορρόφησης Ισχύος</b>	<b>Βέλτιστο Σημείο Λειτουργίας</b>
Παραγόμενη ενέργεια [kWh]	576.000	457.600	549.120
Μη αξιοποιούμενη ενέργεια [kWh]	240.909	122.509	214.029
Ποσοστό μη αξιοποιούμενης ενέργειας [%]	41,8%	26,8%	39,0%
Παραγόμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	360	286	343
Μη αξιοποιούμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	74	0	57
Ποσοστό μη αξιοποιούμενης ισχύος [%]	20,6%	0,0%	16,7%
Συντελεστής μείωσης παραγόμενης ισχύος [%]	-	20,6%	4,7%
<b>ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ PERKINS</b>			
	<b>Υφιστάμενη Κατάσταση</b>	<b>Σημείο Πλήρης Απορρόφησης Ισχύος</b>	<b>Βέλτιστο σημείο λειτουργίας</b>
Παραγόμενη ενέργεια [kWh]	320.000	240.000	288.000
Μη αξιοποιούμενη ενέργεια [kWh]	80.000	0	48.000
Ποσοστό μη αξιοποιούμενης ενέργειας [%]	25,0%	0,0%	16,7%
Παραγόμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	200	150	180
Μη αξιοποιούμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	50	0	30
Ποσοστό μη αξιοποιούμενης ισχύος [%]	25,0%	0,0%	16,7%
Συντελεστής μείωσης παραγόμενης ισχύος [%]	-	25,0%	10%
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			
	<b>Υφιστάμενη Κατάσταση</b>	<b>Σημείο Πλήρης Απορρόφησης Ισχύος</b>	<b>Βέλτιστο σημείο λειτουργίας</b>
Παραγόμενη ενέργεια [kWh]	896.000	697.600	837.120
Μη αξιοποιούμενη ενέργεια [kWh]	320.909	122.509	262.029
Εξοικονόμηση ενέργειας [kWh]	-	198.400	58.880
Μη αξιοποιούμενη ενέργεια [%]	35,8%	17,6%	31,3%
Παραγόμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	560	436	523
Μη αξιοποιούμενη ισχύς [kW <sub>e</sub> ]	124	0	87
Ποσοστό μη αξιοποιούμενης ισχύος [%]	22,2%	0,02%	16,7%
Συντελεστής μείωσης παραγόμενης ισχύος [%]	-	22,1%	6,6%

Έτσι λοιπόν στον πίνακα 3.16 υπολογίζεται το σημείο στο οποίο οι απώλειες ισχύος είναι μηδενικές και κατόπιν προσδιορίζεται και το βέλτιστο σημείο λειτουργίας. Για τον προσδιορισμό του βέλτιστου σημείου λειτουργίας χρησιμοποιήθηκε ένας συντελεστής ασφαλείας 20% σε σχέση με το σημείο πλήρης απορρόφησης της ισχύος. Φαίνεται ότι τα περιθώρια για τη βελτίωση της λειτουργίας των

γεννητριών είναι σχετικά περιορισμένα τόσο για κάθε γεννήτρια ξεχωριστά όσο και για το τοπικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας συνολικά. Μάλιστα το βέλτιστο σημείο λειτουργίας όπως υπολογίστηκε δεν απέχει σημαντικά από την υφιστάμενη κατάσταση όσον αφορά την απαιτούμενη παραγόμενη ισχύ. Το βασικό συμπέρασμα λοιπόν που προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση είναι ότι η διαδικασία της ενεργειακής εξοικονόμησης μειώνει το ποσοστό της ενέργειας που παράγει η γεννήτρια Dorman και δεν αξιοποιείται κατά 2,8%, κατά 8,3% το ποσοστό της ενέργειας που παράγει η γεννήτρια Perkins και δεν αξιοποιείται, ενώ για το σύνολο του τοπικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας το ποσοστό της μη αξιοποιούμενης ενέργειας μειώνεται κατά 4,5%.

Υιοθετώντας το παραπάνω σενάριο για τη βέλτιστη λειτουργία και την υποκατάσταση των δύο γεννητριών από μία καθίσταται εφικτός ο υπολογισμός του ετήσιου περιθωρίου κέρδους όπως γίνεται στον πίνακα 3.17. Η ποσότητα του πετρελαίου που εξοικονομείται καθώς και το αντίστοιχο χρηματικό ποσό υπολογίζονται ως εξής:

$$\text{Εξοικονόμηση Πετρελαίου [l]} = (\text{Εξοικονόμηση Ενέργειας [kWh]} / \text{Θερμογόνος Ικανότητα Πετρελαίου [kWh/l]}) / \text{Θερμική Απόδοση Γεννήτριας [\%]}$$

$$\text{Εξοικονόμηση [€]} = \text{Εξοικονόμηση Πετρελαίου [l]} \times \text{Τιμή Πώλησης Πετρελαίου [€/l]}$$

Σημειώνεται ότι η τιμή του πετρελαίου είναι σύμφωνα με στοιχεία της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) για το έτος 2002. Έτσι λοιπόν τα χρήματα που αναμένονται να εξοικονομηθούν είναι 5.975€, ποσό σχετικά αμελητέο για την επιχείρηση όπου το σύνολο των λειτουργικών της εξόδων είναι, σύμφωνα με δεδομένα του 2002, 714.941,50€.

**Πίνακας 3.17: «Εξοικονόμηση χρημάτων»**

Τιμή πώλησης diesel (€/l)	0,602
Θερμογόνος δύναμη diesel (kWh/l)	8,50
Θερμική απόδοση γεννήτριας (%)	77%
Ποσότητα diesel που εξοικονομείται (l)	8.999
Χρήματα (€)	5.975

Τέλος υπολογίζεται η απαιτούμενη θερμότητα για τη θέρμανση της καταναλισκόμενης ποσότητας νερού κατά τη διάρκεια του χειμώνα ή και όποτε άλλοτε αυτό είναι αναγκαίο (περίπου για δύο μήνες το έτος), ως ακολούθως:

$$\text{Απαιτούμενη Θερμότητα [kJ/h]} = \text{Παροχή Νερού [kg/h]} \times \text{Cp νερού [kJ/kg*°K]} \times \Delta T [°K]$$

**Πίνακας 3.18: «Απαιτούμενη θερμότητα για θέρμανση νερού κατά το χειμώνα»**

Όγκος νερού για θέρμανση (m <sup>3</sup> )	80
Ροή νερού (kg/h)	10.000
Cp νερού (kJ/kg*°K)	4,18
Επιθυμητή θερμοκρασία (°K)	298
θερμοκρασία περιβάλλοντος (κατά τους χειμερινούς μήνες) (°K)	283
Θερμότητα (kJ/h)	627.000
Απαιτήσεις θερμικής ισχύος [kW <sub>th</sub> ]	174
Απαιτήσεις θερμικής ενέργειας [kWh] ετησίως [kWh]	55.733

## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ

Στόχος του παρόντος εγχειρήματος είναι η εκτίμηση από τεχνικής και οικονομικής πλευράς ενός συστήματος συμπαραγωγής για την κάλυψη των αναγκών του λατομείου σε ηλεκτρική και θερμική ισχύ, της εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας και ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου. Για το λόγο αυτό γίνεται ακολούθως συνοπτική αυτών των συστημάτων. Στόχος της παρούσας εργασίας δεν είναι η έρευνα, παράθεση και αξιολόγηση των διαθέσιμων τεχνολογιών. Από τις διαθέσιμες τεχνολογίες περιγράφονται μόνο αυτές που επιλέγονται και δίνονται συνοπτικά τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Η αξιολόγηση της τεχνικής αρτιότητας, της ωριμότητας της τεχνολογίας και της οικονομικής βιωσιμότητας των προτεινόμενων μέτρων είναι το απαραίτητο βήμα ώστε να πραγματοποιηθεί το πέμπτο και τελευταίο στάδιο της ενεργειακής επιθεώρησης το οποίο είναι η διαμόρφωση σχεδίου ενεργειών.

Τα προτεινόμενα συστήματα πρόκειται να υποκαταστήσουν τις υφιστάμενες πετρελαιογεννήτριες ενώ επιλέγεται να λειτουργήσουν στο βέλτιστο σημείο όπως αυτό προσδιορίστηκε σε προηγούμενο στάδιο. Έτσι λοιπόν η παραγόμενη ισχύς πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με  $523\text{kW}_e$ , ενώ καλούνται να καλύψουν ενεργειακές απαιτήσεις οι οποίες ανέρχονται στις  $837.120\text{kWh}$  σε ηλεκτρική ενέργεια για λειτουργία του λατομείου 10 μήνες το έτος. Σε περίπτωση που το λατομείο αυξήσει τη διαθεσιμότητά του και αποφασιστεί η λειτουργία του για 12 μήνες το έτος οι αντίστοιχες απαιτήσεις ανέρχονται στις  $1.004.544\text{ kWh}$  σε ηλεκτρική και στις  $55.733\text{kWh}$  (ή  $174\text{kW}_{th}$ ) σε θερμική ενέργεια. Για τους δύο επιπλέον μήνες που θα λειτουργήσει το λατομείο απαιτείται η θέρμανση του νερού, κάτι που στην υφιστάμενη δεκάμηνη λειτουργία δεν χρειάζεται. Λαμβάνεται λοιπόν μέριμνα για τη θέρμανση του νερού η οποία στην περίπτωση της συμπαραγωγής γίνεται από την ίδια τη μονάδα, ενώ στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών και της ανεμογεννήτριας γίνεται με λέβητα ο οποίος λειτουργεί με την ενέργεια που παράγεται από τα εγκατεστημένα ηλεκτροπαραγωγικά συστήματα.

### 2.1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

#### Γενικά

Μία μέθοδος για την εξοικονόμηση ενέργειας τόσο στον τομέα της βιομηχανίας όσο και στον αγροτικό, εμπορικό και κτιριακό τομέα είναι τα συστήματα συμπαραγωγής. Τα συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού είναι μία συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια αρχική πηγή. Προκειμένου να εγκατασταθεί σύστημα συμπαραγωγής σε βιομηχανία πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις οι οποίες συνίστανται σε υψηλές ανάγκες για θερμική ενέργεια, οι ανάγκες τόσο σε θερμική όσο και σε ηλεκτρική ενέργεια να είναι σταθερές και τέλος τα κατάλοιπα από τις διεργασίες (ατμός, καυσαέρια, κ.λ.π.) να μπορούν να αξιοποιηθούν προσδίδοντας θερμότητα στο σύστημα.

Απαντώνται τρία διαφορετικά συστήματα συμπαραγωγής:

- Συστήματα συμπαραγωγής με ατμοστρόβιλο,

- Συστήματα συμπαραγωγής με αεριοστρόβιλο και
- Συστήματα συμπαραγωγής με μηχανή εσωτερικής καύσης [Φούντη, 1999], [Κ.Α.Π.Ε., 2001β].

### **Κριτήρια επιλογής συστήματος συμπαραγωγής**

Η απόφαση εγκατάστασης ή μη ενός συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας λαμβάνεται με κριτήριο τα παρουσιαζόμενα οφέλη σε σύγκριση με τον συμβατικό τρόπο λειτουργίας. Για τη σωστή επιλογή του κατάλληλου συστήματος συμπαραγωγής για μια συγκεκριμένη εφαρμογή, είναι απαραίτητη μια προσεκτική και διεξοδική ανάλυση όλων των επιθυμητών λειτουργικών χαρακτηριστικών του συστήματος, δεδομένου του μεγάλου αριθμού των παραμέτρων που πρέπει να ληφθούν υπόψη [Φούντη, 1999].

Στον πίνακα 3.19 γίνεται μία σύγκριση μεταξύ των διαθέσιμων συστημάτων συμπαραγωγής ως προς τη δυναμικότητα, τη διαθεσιμότητα και την αποδοτικότητά τους.

<b>Πίνακας 3.19: «Κριτήρια επιλογής συστήματος συμπαραγωγής»</b> [Πηγή: Φούντη, 1999]						
Σύστημα	Ηλεκτρική ισχύς (MW <sub>e</sub> )	Μέση ετήσια διαθεσιμότητα (%)	Ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης		Ολικός βαθμός απόδοσης (%)	Λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα
			Φορτίο 100%	Φορτίο 50%		
<b>Ατμοστρόβιλος</b>	0,5-100	90-95	14-30	13-25	60-85	0,1-0,3
<b>Αεριοστρόβιλος ανοικτού κύκλου</b>	0,1-100	90-95	20-35	15-29	60-80	0,5-0,8
<b>Αεριοστρόβιλος κλειστού κύκλου</b>	0,5-100	90-95	30-35	30-35	60-80	0,5-0,8
<b>Μηχανή Εσωτερικής Καύσης</b>	0,15-6	80-90	35-45	35-45	~80	
<b>Συνδυασμένο κύκλο</b>	4-100	77-85	35-45	25-35	70-88	0,6-1,1
<b>Κινητήρας Diesel</b>	0,07-40	80-90	35-45	32-40	60-80	1,2-2,4
<b>Τυποποιημένη μονάδα</b>	0,015-2	80-95	27-35	25-32	60-80	0,5-0,7
<b>Κυψέλη καυσίμου</b>	0,04-50	90-92	37-45	37-45	85-90	0,8-1,0

Στην συνέχεια παρατίθενται μερικά κριτήρια επιλογής συστήματος συμπαραγωγής, τα οποία χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τις μεθόδους οικονομικής αξιολόγησης επενδύσεων, με σκοπό την επίτευξη βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας της εγκατάστασης.

- ✓ Απαιτήσεις της παραγωγής για την ταυτόχρονη προσφορά ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας
- ✓ Είδος της βιομηχανίας (εποχιακή ή συνεχής λειτουργία, κάλυψη αιχμών)
- ✓ Ο απαιτούμενος λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο λόγος, τόσο περισσότερο συμφέρει η προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο

- ✓ Το κόστος καυσίμου
- ✓ Ο θερμικός και ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης του συστήματος συμπαραγωγής
- ✓ Το κόστος συντήρησης, η αξιοπιστία και η διάρκεια ζωής του συστήματος συμπαραγωγής [Φούντη, 1999], [Κ.Α.Π.Ε., 2001β]

Κατόπιν τούτων το σύστημα συμπαραγωγής που επιλέγεται είναι μία μηχανή εσωτερικής καύσης.

### **Συστήματα με Μηχανή Εσωτερικής Καύσης**

Τα συστήματα αυτά διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τις μονάδες μικρής κλίμακας με αεριομηχανή (15 - 1.000kW<sub>e</sub>) ή κινητήρα Diesel (75-1.000kW<sub>e</sub>), συστήματα μέσης ισχύος (1.000 - 6.000kW<sub>e</sub>) με αεριομηχανή ή κινητήρα Diesel και συστήματα μεγάλης ισχύος (άνω των 6.000kW<sub>e</sub>) με κινητήρα Diesel.

Οι αεριομηχανές είναι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης, οι οποίες λειτουργούν με αέριο καύσιμο (φυσικό αέριο, βιοαέριο, κ.ά.). Οι εμπορικά διαθέσιμοι τύποι αεριομηχανών είναι οι εξής:

- ✓ Βενζινοκινητήρες αυτοκινήτων, (Είναι μικρές συνήθως μηχανές (15-30kW<sub>e</sub>), ελαφρές, με μεγάλη συγκέντρωση ισχύος και διάρκεια ζωής σχετικά μικρή: 10.000-30.000 ώρες περίπου).
- ✓ Κινητήρες Diesel αυτοκινήτων, (Αυτές οι μηχανές έχουν ισχύ μέχρι 200kW<sub>e</sub> και έχουν υποστεί μετατροπή ώστε να χρησιμοποιούν αέριο καύσιμο).
- ✓ Σταθερές αεριομηχανές, (οι μηχανές αυτές είναι βαριές και στιβαρές, η ισχύς τους φτάνει μέχρι και τα 3.000kW<sub>e</sub> και είναι κατάλληλες για συνεχή λειτουργία σε υψηλό φορτίο).
- ✓ Σταθερές μηχανές διπλού καυσίμου, (είναι κινητήρες Diesel ισχύος μέχρι και 6.000kW<sub>e</sub>, το καύσιμό τους αποτελείται κατά 90% από φυσικό αέριο και κατά 10% υγρό Diesel. Παρουσιάζουν αυξημένο κόστος αγοράς, έχουν όμως το πλεονέκτημα ότι λειτουργούν με οποιοδήποτε από τα δύο καύσιμα).

Από την άλλη πλευρά, οι κινητήρες Diesel διακρίνονται στους ταχύστροφους (ταχύτητα περιστροφής 1.200-3.600rpm και ισχύς 75-1500kW<sub>e</sub>), μεσόστροφους (ταχύτητα περιστροφής 500-1.200rpm και ισχύς 500-15.000kW<sub>e</sub>) και βραδύστροφους (ταχύτητα περιστροφής 100-180rpm και ισχύς 2.000-40.000kW<sub>e</sub>).

Ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης μικρών και μεσαίων μονάδων συμπαραγωγής με μηχανές εσωτερικής καύσης, κυμαίνεται περί τα 35 και 45%, ενώ σε μεγάλες μονάδες φτάνει ακόμη και το 50%. Ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι περίπου 80%. Τα βασικότερα πλεονεκτήματά τους είναι ότι ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης είναι αρκετά υψηλός και επηρεάζεται ελάχιστα από τις μεταβολές του φορτίου (σχεδόν σταθερή κατανάλωση καυσίμου), ενώ η απόκριση του συστήματος είναι ταχύτερη, χωρίς να παρουσιάζεται έντονη αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου κατά τις μεταβατικές περιόδους. Η διάρκεια ζωής τους είναι 15-20 έτη και εξαρτάται από το μέγεθος της μονάδας, την ποιότητα του καυσίμου και τη συντήρηση. Η μέση ετήσια διαθεσιμότητα είναι σχετικά μικρή: 80-90% [Κ.Α.Π.Ε., 2001β], [Φούντη, 1999], [Ευθυμιάδης, 2002].

## **Σχεδιασμός συστήματος συμπαραγωγής σε μηχανή εσωτερικής καύσης με καύσιμο βιομάζα από ελαιοπαραγωγή**

### **Επιλογή τεχνολογίας και περιγραφή γενικής διαδικασίας**

Η παρούσα πρόταση αφορά την κατασκευή και λειτουργία ενός συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με Μ.Ε.Κ. από βιομάζα για να καλύπτει τις ανάγκες του λατομείου. Το καύσιμο που μπορεί να αξιοποιηθεί στην προκειμένη περίπτωση είναι τα υπολείμματα από τη βιομηχανία παραγωγής ελαιολάδου και συγκεκριμένα ο ελαιοπυρήνας και το πυρηνόξυλο από τα τοπικά ελαιοτριβεία και πυρηνελαιουργεία [Arvelakis et al, 2002], [Lefcort, 1995]. Οι λόγοι που επιβάλλουν την επιλογή του εν λόγω συστήματος ηλεκτροπαραγωγής συνίστανται στην ανάγκη κάλυψης των θερμικών αναγκών του λατομείου με ενδεχόμενη επέκταση της διαθεσιμότητάς του και στην επιθυμία χρήσης της τοπικής βιομάζας ως καύσιμο της μονάδας.

Η οργάνωση ενός συστήματος συμπαραγωγής με καύσιμη βιομάζα εστιάζεται σε δύο διακριτά, αλλά στενά συνδεδεμένα θέματα. Στην προμήθεια του καυσίμου, η οποία εξαρτάται άμεσα από το υφιστάμενο τοπικό δυναμικό βιομάζας και στην τελική μετατροπή του καυσίμου, η οποία συναρτάται με την εφαρμοζόμενη τεχνολογία ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

Η ενεργειακή αξιοποίηση των υπολειμμάτων βιομάζας θα βασίζεται στην τεχνολογία της αεριοποίησης (*pyrolysis/gasification*), της θερμικής δηλαδή αποδόμησης του οργανικού καυσίμου και της μετατροπής/αναμόρφωσής του σε αέριο σύνθεσης (*syngas*), που αποτελείται κυρίως από  $H_2$ ,  $CO$  και  $CO_2$ . Ιδιαίτερα θα πρέπει να τονιστεί ότι πρωτίστως επιλέγεται ως τεχνολογία η αεριοποίηση λόγω του ήπιου περιβαλλοντικού χαρακτήρα και του σημαντικά υψηλού βαθμού απόδοσής της. Στη συνέχεια, το παραγόμενο αέριο σύνθεσης ψύχεται, καθαρίζεται, συμπιέζεται και τροφοδοτείται σε κατάλληλα τροποποιημένες μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.), όπου καίγεται παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα [McKendry, 2002α], [McKendry, 2002β], [Stiegel and Maxwell, 2001].

Ο βαθμός ηλεκτρικής απόδοσης του εν λόγω συστήματος αεριοποίησης βιομάζας εκτιμάται περίπου στο 35% και είναι σημαντικά υψηλότερος του βαθμού απόδοσης που επιτυγχάνονται σε αντίστοιχα συστήματα καύσης (23-26%). Από τις διαθέσιμες τεχνολογίες αεριοποίησης (οι οποίες φαίνονται στον πίνακα 3.20) επιλέγεται η αεριοποίηση σε ρευστοποιημένη κλίνη. Το σημαντικό πλεονέκτημα που εμφανίζει η τεχνολογία της ρευστοποιημένης κλίνης σχετίζεται με την αποφυγή των προβλημάτων (δημιουργίας συμπυκνωμάτων, επικαθήσεων, διαβρώσεων) που έχουν να κάνουν με τη τέφρα που σχηματίζεται κατά την αεριοποίηση. Εξαιτίας του χαμηλού σημείου βρασμού του εν λόγω τύπου βιομάζας σχηματίζονται σημαντικές ποσότητες τέφρας με αποτέλεσμα να μειώνεται ο χρόνος ζωής της εγκατάστασης ενώ συγχρόνως αυξάνονται τα έξοδα συντήρησης του εξοπλισμού καθώς και οι απαιτήσεις για προσεκτικότερο καθαρισμό του αερίου προτού τροφοδοτηθεί στη ΜΕΚ για την κύρια διαδικασία της ηλεκτροπαραγωγής [Arvelakis et al. 2001], [McKendry, 2002α], [Di Blasi et al, 1997], [Bridgewater, 1995β].

<b>Πίνακας 3.20: Διαθέσιμοι τύποι αεριοποιητών</b> [McKendry, 2002β], [M. D. Lefcort, 1995], [Bridgewater, 2001], [Stiegel and Maxwell, 2001]	
<b>Τύπος αντιδραστήρα</b>	<b>Χαρακτηριστικά σχετικής κίνησης αντιδρώντων – προϊόντων</b>
<u>Σταθερής κλίνης</u> Καθοδικής ροής (Downdraft)	Καθοδική κίνηση στερεού, καθοδική κίνηση αερίου, π.χ. παράλληλη ροή
Ανοδικής ροής (Updraft)	Καθοδική κίνηση στερεού, ανοδική κίνηση αερίου, π.χ. αντίθετη ροή
Παράλληλης ροής (Co-current)	Στερεό και αέριο κινούνται στην ίδια διεύθυνση, π.χ. καθοδικά αλλά και τα δύο μπορούν να κινηθούν ανοδικά
Αντίθετης ροής (Counter-current)	Στερεό και αέριο κινούνται σε αντίθετες διευθύνσεις, π.χ. ανοδικά αλλά οι ροές μπορούν να αντιστραφούν.
Διασταυρούμενης ροής (Cross-current)	Στερεό κινείται καθοδικά, το αέριο κινείται σε υπό θετικές γωνίες, π.χ. οριζόντια
Παραλλαγές	Αναμειγνυόμενη κλίνη, αεριοποιητής δύο σταδίων.
<u>Κινούμενης κλίνης</u>	Μηχανική μεταφορά των στερεών, συνήθως οριζόντια. Χρησιμοποιείται κυρίως σε διεργασίες χαμηλών θερμοκρασιών όπως η πυρόλυση.
Παραλλαγές	Πολλαπλές εστίες καύσης, οριζόντια κινούμενη κλίνη, κεκλιμένη εστία καύσης, κοχλιωτός κλίβανος
<u>Ρευστοποιημένης κλίνης</u> Με φυσαλίδες (Bubbling bed)	Σχετικά χαμηλές ταχύτητες αερίου, τα αδρανή στερεά παραμένουν εντός του αντιδραστήρα.
Τυρβώδους ροής (Circulating bed)	Τα αδρανή στερεά εξάγονται, διαχωρίζονται και ανακυκλοφορούν
Ενσωματωμένης ροής (Entrained bed)	Συνήθως δεν υπάρχουν αδρανή υλικά, εμφανίζει τις υψηλότερες ταχύτητες και μπορεί να λειτουργήσει ως κυκλωνικός αντιδραστήρας
Περιστρεφόμενης ροής (Twin reactor)	Αεριοποίηση μέσω ατμού και / ή πυρόλυση πραγματοποιούνται στον 1ο αντιδραστήρα και το παραγόμενο στερεό οδηγείται στον δεύτερο αντιδραστήρα όπου καίγεται για να θερμάνει το μέσω ρευστοποίησης για ανακυκλοφορία. Μια ρευστοποιημένη κλίνη φυσαλίδων χρησιμοποιείται συνήθως ως καυστήρας.
<u>Άλλοι τύποι</u>	
Περιστρεφόμενος κλίβανος (Rotary kiln)	Παρέχει καλή επαφή στερεού – αερίου
Αντιδραστήρες κυκλωνικοί ή δίνης (Cyclonic – Vortex reactors)	Επιβάλλει τριβή και μείωση μεγέθους μέσω υψηλών ταχυτήτων σωματιδίων με αποτέλεσμα υψηλούς ρυθμούς αντίδρασης
Ταχεία πυρόλυση υψηλής θερμοκρασίας	Τα στερεά και τα αέρια κινούνται κατά την ίδια διεύθυνση

Η αεριοποίηση γίνεται υπό συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης με αέρα, ενώ το σύστημα καθαρισμού συνίσταται σε συνδυασμό κυκλώνων και σακόφιλτρων για την απαλλαγή από τα αιωρούμενα σωματίδια και σε σύστημα θερμικής πυρόλυσης για την απομάκρυνση της πίσσας [McKendry, 2002β].

Το αέριο που θα παράγεται από την αεριοποίηση θα οδηγείται σε κατάλληλο σύστημα για τον καθαρισμό του, ώστε να μπορεί να διατεθεί απευθείας προς τελική χρήση. Το σύστημα καθαρισμού απαιτείται για την αφαίρεση σωματιδίων καθώς και άλλων ρυπογόνων στοιχείων από το αέριο και για

την συμπύκνωσή του πριν από την παροχέτευσή του μέσω αγωγού προς τελική διάθεσή του [Arvelakis et al, 2002], [Jurado et al 2003].

Το σύστημα θα περιλαμβάνει επίσης εξοπλισμό για τον έλεγχο και την παρακολούθηση των μηχανημάτων και τον περιβαλλοντικό έλεγχο των εξερχόμενων από τη μονάδα καυσαερίων. Είναι απόλυτα αναγκαίο να ελέγχονται οι περιβαλλοντικοί όροι ώστε να αποφθεχθεί ακούσια επιβάρυνση του περιβάλλοντος από μη σωστή λειτουργία των μηχανισμών καθαρισμού των εξερχόμενων αερίων [Wärtsilä, 2003].

Η μάζα των στερεών σωματιδίων που αφαιρείται από το αέριο είναι υπό τη μορφή ενός ξηρού στερεού καταλοίπου το οποίο συλλέγεται σε ειδικά συστήματα για να μεταφερθεί για τελική διάθεση ή εναλλακτικά για επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση. Το συμπυκνωμένο ρεύμα υδρατμών που θα παράγεται κυρίως από την εξάτμιση και συμπύκνωση της υγρασίας των εισερχόμενων ελαιοπυρήνων θα υφίσταται επεξεργασία και θα αποθηκεύεται σε κατάλληλη δεξαμενή. Μέρος των επεξεργασμένων συμπυκνωμάτων θα ανακυκλώνεται για να καλύψει τις απαιτήσεις ψύξης της μονάδας και το υπόλοιπο θα οδηγείται προς διάθεση είτε για άρδευση είτε σε κάποιο φυσικό αποδέκτη δεδομένου ότι ο βαθμός επεξεργασίας του θα είναι κατάλληλος για διάθεση [Wärtsilä, 2003], [Jurado et al 2003].

Το καθαρισμένο αέριο θα τροφοδοτείται σε μηχανή εσωτερικής καύσης, όπου γίνεται η ηλεκτροπαραγωγή [Wärtsilä, 2003], [Jurado et al, 2003]. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και ισχύς θα χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών του λατομείου. Δεδομένου ότι οι ανάγκες για θερμική ενέργεια προκειμένου για τη θέρμανση του νερού είναι καθαρά εποχιακές και εστιάζονται την περίοδο του χειμώνα, προτείνεται και η δημιουργία θερμοκηπίου το οποίο θα χρησιμοποιεί την παραγόμενη από το σύστημα συμπαραγωγής θερμότητα. Επιπλέον, αποφασίζεται η πώληση της περίσσειας της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παράγεται από τη νέα μονάδα, στη Δ.Ε.Η., ως περίσσεια συστήματος αυτοπαραγωγής μέσης τάσης.

Συνοψίζοντας λοιπόν, επιλέγεται η τοποθέτηση ενός συστήματος συμπαραγωγής με Μηχανή Εσωτερικής Καύσης ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις του λατομείου παράγοντας ηλεκτρική ισχύ ίση με 523 kW<sub>e</sub> και θερμική ισχύ ίση 5MW<sub>th</sub>. Κατά τη δικτυακή αναζήτηση, προέκυψε ότι δεν υπάρχει διαθέσιμο σύστημα συμπαραγωγής δυναμικότητας ίσης με την απαιτούμενη ισχύ. Η ελάχιστη ισχύς που παράγουν μονάδες συμπαραγωγής ανέρχεται περί τα 1.000kW<sub>e</sub>. Ως εκ τούτου επιλέχθηκε το σύστημα συμπαραγωγής με βιομάζα της εταιρείας Wärtsilä με ονομαστική ισχύ 1.000kW<sub>e</sub> και δυνατότητα για παραγωγή θερμικής ισχύος ίση με 5MW<sub>th</sub>. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου συστήματος φαίνονται στον πίνακα 3.21.

Ονομαστική ισχύς (MW <sub>e</sub> )	1,0
Παραγόμενη θερμότητα (t/h)	11,5
Πίεση ατμού (bar)	4



Η παραγόμενη θερμότητα τελικά με τη βοήθεια του τύπου:  $Q = m \times c_p \times \Delta T$

Οπότε τελικά η παραγόμενη ισχύς υπολογίζεται περί τα  $5MW_{th}$ , ενώ για τους 2 μήνες η περίσσεια θερμικής ισχύος ανέρχεται στα  $4.826kW_{th}$ .

Η απόδοση της διεργασίας λαμβάνεται ως 35%, ενώ η διαθεσιμότητα της μονάδας ορίζεται στο 90%. Κατά συνέπεια η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στις  $7.647.480kWh$ , ενώ η ποσότητα της βιομάζας που απαιτείται για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας ανέρχεται περί τους 6.000 τόνους ετησίως. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της μονάδας καθώς και οι ελάχιστες απαιτήσεις του λατομείου φαίνονται ακολούθως.

<b>Πίνακας 3.22: «Λειτουργικά χαρακτηριστικά μονάδας συμπαραγωγής»</b>	
Απόδοση αεριοποίησης (%)	35%
Απαιτήσεις σε θερμική ισχύ ( $kW_{th}$ )	174
Απαιτήσεις σε ηλεκτρική ισχύ ( $kW_e$ )	523
Διαθεσιμότητα μονάδας (%)	90%
Απώλειες δικτύου	3%
Παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς ( $kW_e$ )	1.000
Παραγόμενη θερμική ισχύς ( $kW_{th}$ )	5.000
Περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	
10 μήνες λειτουργία λατομείου	6.810.360
12 μήνες λειτουργία λατομείου	6.642.936
Περίσσεια θερμικής ενέργειας (kWh)	
10 μήνες λειτουργία λατομείου (kWh)	40.000.000
12 μήνες λειτουργία λατομείου (kWh)	39.944.267
Ετήσια δυναμικότητα (t/y)	6.052
Ημερήσια δυναμικότητα (kg/d)	18.155

Αναφορικά με τα έργα υποδομής που πρέπει να γίνουν ώστε να υποστηρίξουν τη λειτουργία της προτεινόμενης μονάδας, απαιτούν και την κατασκευή δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και αντίστοιχου υποσταθμού. Το λατομείο δεν έχει πρόσβαση στο δίκτυο, εφόσον δεν υπάρχει δίκτυο στην περιοχή και για το λόγο αυτό λειτουργεί με τις πετρελαιογεννήτριες. Όμως, εφόσον το προτεινόμενο σύστημα παράγει περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος προτείνεται η εμπορική διάθεσή τους και η πώλησή τους στη Δ.Ε.Η.. Για το σκοπό αυτό προτείνεται η επέκταση του δικτύου σε μήκος 15km και η κατασκευή υποσταθμού μέσης τάσης για την ασφαλή σύνδεση της μονάδας συμπαραγωγής στο δίκτυο. Η μονάδα χαρακτηρίζεται από ευστάθεια οπότε τυχόν απώλειες σύνδεσης ταυτίζονται με τις αντίστοιχες απώλειες του δικτύου και ανέρχονται σε ποσοστό 3% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Όπως φαίνεται υπάρχει περίσσεια θερμότητας η οποία χρησιμοποιείται σε θερμοκήπιο το οποίο προτείνεται να εγκατασταθεί εντός του χώρου του λατομείου. Στο θερμοκήπιο η παραγόμενη θερμότητα εκμεταλλεύεται για την καλλιέργεια επιλεγμένων γεωργικών και αγροτικών προϊόντων.

### **Πρώτη ύλη**

Η πρώτη ύλη που επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί για την εν λόγω εφαρμογή είναι η βιομάζα και μάλιστα αυτή που προκύπτει από υπολείμματα ελαιοκαλλιέργειας. Ο λόγος για τον οποίο γίνεται αυτή η επιλογή

είναι η υψηλή διαθεσιμότητα της εν λόγω πρώτης ύλης εξαιτίας της τοπικής δραστηριότητας της ελαιοκαλλιέργειας.

Οι μέθοδοι παραγωγής ελαιολάδου έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ελαιολάδου και παραπροϊόντων 75%-85% κατά βάρος, πυρηνόξυλο 13%-23% κατά βάρος και ελαιοπυρήνα 2%-3% κατά βάρος [Improlive, 2000].

Συστατικά	Πολτός	Πυρηνόξυλο	Ελαιοπυρήνα
Νερό	50-60	12	50
Λάδι	15-30	0,7	27,3
Αζωτούχα συστατικά	2-5	3,4	10,2
Ζάχαρη	3-7,5	41	26,6
Γλυκόζη	3-6	38	1,9
Μεταλλικά ιχνοστοιχεία	1-2	4,1	1,5
Πολυφαινόλη (αρωματικές ενώσεις)	2-2,25	0,1	0,5-1
Άλλα	-	3,4	2,4

Επιπλέον, η τυπική επεξεργασία της πρώτης ύλης σε διφασικά και τριφασικά ελαιοτριβεία έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή υγρών και στερεών αποβλήτων τα οποία χρήζουν ορθολογικής διαχείρισης και προσεκτικού καθαρισμού τους προτού εξέλθουν από τις εγκαταστάσεις των ελαιοτριβείων, καθότι η σύστασή τους και οι ιδιότητές τους κρίνονται ιδιαίτερα επιβλαβείς για το περιβάλλον.

Η χημική σύσταση αποβλήτων που παράγονται κατά την ελαιοπαραγωγική διαδικασία, εξαρτώνται από:

- Την παραγωγική διαδικασία που επιλέγεται
- Την πρώτη ύλη (ποικιλία ελιών)
- Την περιοχή και το έδαφος από την οποία συλλέγονται οι ελιές
- Τη χρήση φυτοφαρμάκων ή μη στις καλλιέργειες
- Την εποχή της συγκομιδής και την ωριμότητα του καρπού
- Το κλίμα και τις μετεωρολογικές συνθήκες [Improlive, 2000], [Καπελλάκης et al. 2003]

Σε γενικές γραμμές τα υπολείμματα ελαιοκαλλιέργειας είναι μία άριστη πρώτη ύλη για θερμική επεξεργασία λόγω της υψηλής θερμογόνου ικανότητάς της (~17.500MJ/ξηρό τόνο). Τα μειονεκτήματα που εμφανίζει η εν λόγω βιομάζα κατά τη χρήση της σε μονάδες αεριοποίησης οφείλονται στα υψηλά ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας. Έτσι λοιπόν απαιτείται προσεκτικός χειρισμός της βιομάζας αυξάνοντας έτσι το κόστος προπαρασκευής της πρώτης ύλης. Επιπλέον, αυξάνονται οι απαιτούμενες ποσότητες πρώτης ύλης αυξάνοντας έτσι και το κόστος αγοράς. Ενώ τέλος, παράγει πρισώδη παραπροϊόντα οπότε απαιτείται προσεκτικός καθαρισμός του παραγόμενου αερίου και τακτική συντήρηση του εξοπλισμού για την απομάκρυνσή τους, αυξάνοντας έτσι το κόστος συντήρησης [Jurado et al 2003].

Οι τύποι βιομάζας που επιλέγονται για την εν λόγω εφαρμογή είναι το πυρηνόξυλο και ο ελαιοπυρήνας που συλλέγονται από τα τοπικά ελαιοτριβεία και πυρηνελαιουργεία. Το πυρηνόξυλο παράγεται ως υποπροϊόν της δευτερογενούς επεξεργασίας του ελαιοπυρήνα, για την παραγωγή πυρηνελαίου σε συμβατικά/θερμικά πυρηνελαιουργεία, ενώ ο ελαιοπυρήνας παράγεται ως υποπροϊόν της πρωτογενούς επεξεργασίας του ελαιοκάρπου σε τριφασικά ελαιοτριβεία.

Μάλιστα για την κάλυψη των αναγκών της μονάδας απαιτούνται 3.866 και 2.186 τόνοι πυρηνόξυλου και ελαιοπυρήνα αντίστοιχα, ετησίως. Κατόπιν τούτων, η ετήσια δυναμικότητα εκτιμάται στους 6.052 τόνους βιομάζας (ή 18.155kg ημερησίως) και υπολογίστηκε κάνοντας χρήση των παρακάτω τύπων:

$$\text{Παραγόμενη Ενέργεια (kWh/y)} = \text{Διαθέσιμη Ποσότητα Βιομάζας (t/y)} \times (1 - \text{Περιεχόμενη Υγρασία (\%)}) \times \text{Κατώτερη Θερμογόνος Ικανότητα (MJ/ξ.τόνο)} \times \text{Απόδοση Αεριοποίησης (\%)}$$

$$\text{Σύνολο Παραγόμενης Ενέργειας από Βιομάζα (kWh/y)} = \Sigma(\text{Παραγόμενη Ενέργεια (kWh/y)})$$

Υπογραμμίζεται ότι η διαθέσιμη ποσότητα από κάθε τύπο βιομάζας υπολογίστηκε με τη βοήθεια των παραπάνω τύπων και της μεθόδου «Δοκιμή – Σφάλμα». Το σύνολο της παραγόμενης ενέργειας από τη βιομάζα, λαμβάνεται ίσο με την ενέργεια που υπολογίζεται σύμφωνα με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της μονάδας συμπαραγωγής. Επιπλέον, λόγω της υψηλής περιεχόμενης υγρασίας του ελαιοπυρήνα (50%) η ποσότητα που συλλέγεται από τον εν λόγω τύπο βιομάζας επιλέγεται να είναι μικρότερη από την ποσότητα του πυρηνόξυλου. Οπότε σύμφωνα με τα ανωτέρω κριτήρια χρησιμοποιείται η μέθοδος «Δοκιμή – Σφάλμα» για τον υπολογισμό της διαθέσιμης ποσότητας από κάθε τύπο βιομάζας. Το ζευγάρι των λύσεων και τα χαρακτηριστικά της χρησιμοποιούμενης βιομάζας, φαίνονται στον πίνακα 3.23.

<b>Πίνακας 3.23: «Διαθέσιμοι τύποι βιομάζας»</b>		
[Di Blasi et al, 1997]		
	<b>Πυρηνόξυλο</b>	<b>Ελαιοπυρήνας</b>
<b>Διαθέσιμη ποσότητα βιομάζας (t/y)</b>	3.866	2.186
<b>Κατώτερη θερμογόνος δύναμη βιομάζας (MJ/ξ.τόνο)</b>	17.500	17.500
<b>Υγρασία βιομάζας (%)</b>	12%	50%
<b>Ενέργεια (kWh/έτος)</b>	5.787.813	1.859.667
<b>Σύνολο ενέργειας (kWh/έτος)</b>	7.647.480	

### **Συλλογή και μεταφορά πρώτης ύλης**

Είναι προφανές ότι η εξασφάλιση των επαρκών ποσοτήτων της καύσιμης βιομάζας αποτελεί το πρωταρχικό μέλημα για την εξασφάλιση της απρόσκοπτης λειτουργίας της υπό εξέταση μονάδας ηλεκτροπαραγωγής όσον αφορά την τροφοδοσία της σε πρώτη ύλη. Η μεταφορά της πρώτης ύλης γίνεται σύμφωνα με τις αρχές και την έννοια της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας (Reversed Logistics Chain) [Τασιόπουλος και Τόλης, 2002].

Η αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα αντιπροσωπεύει την πολύπλοκη διαδικασία μέσω της οποίας διάφοροι οργανισμοί ή επιχειρήσεις ανακτούν τα παραπροϊόντα και τις απορρίψεις τους για επαναχρησιμοποίηση, ανακατασκευή, ανακύκλωση ή απόθεση [Τασιόπουλος και Τόλης, 2002].

Προκειμένου να γίνει προσεκτική και αξιόπιστη προσέγγιση της μεθόδου και των οδών δια των οποίων θα προσκομιστεί οι απαραίτητη πρώτη ύλη στη μονάδα, απαιτείται μία αναλυτική καταγραφή των ελαιοτριβείων, των ελαιοκαλλιιεργειών αλλά και των αποστάσεων αυτών τόσο μεταξύ τους όσο και με την υπό εξέταση μονάδα ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι λοιπόν μπορούν να υπολογιστούν τα απαραίτητα δρομολόγια για τη συλλογή και μεταφορά της πρώτης ύλης, να αξιολογηθούν οι διαθέσιμες μέθοδοι, να καθοριστεί το ακριβές κόστος συλλογής και μεταφοράς [Rafaschieri et al 1999].

Για τη βέλτιστη λειτουργία αυτής της φάσης είναι προτεινόμενη άλλωστε και η χρησιμοποίηση γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων ηλεκτρονικών χαρτών GIS (Geographical Information Systems), όπου θα έχουν καταγεγραφεί όλες οι ανωτέρω αναφερόμενες πληροφορίες ώστε να υπολογίζεται ο απαραίτητος αριθμός δρομολογίων που πρέπει να γίνουν, η περιοδικότητά τους καθώς και η βέλτιστη διαδρομή που πρέπει να ακολουθηθεί για εξοικονόμηση τόσο σε καύσιμα όσο και σε χρόνο [Τασιόπουλος και Τόλης, 2002].

Συγκεκριμένα λοιπόν, όσον αφορά την πρακτική συλλογής των υπολειμμάτων της ελαιοκαλλιέργειας για τον εφοδιασμό της υπό εξέταση ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας, τα καύσιμα θα προσέρχονται στη μονάδα είτε απ' ευθείας, από εκείνους τους παραγωγούς που βρίσκονται κοντά (<10 km) στη μονάδα, είτε θα μεταφέρονται (από απόσταση 20-50 km) στη μονάδα με ευθύνη της εταιρείας διαχείρισής της.

Εναλλακτικά, τα ελαιοτριβεία, οι συνεταιρισμοί, ή οι γεωργικές ενώσεις μπορούν να επιλεγούν ως "ενδιάμεσοι φορείς" συγκέντρωσης και προώθησης του καυσίμου στη μονάδα ενεργειακής αξιοποίησής τους, όπως ακριβώς γίνεται σήμερα και με έναν αριθμό άλλων παραγωγικών δραστηριοτήτων (εμφιάλωση, τυποποίηση, οινοποίηση, κλπ.). Με τον τρόπο αυτό, ο απαραίτητος εξοπλισμός διαχείρισης μπορεί να εκχωρηθεί από τους ιδιοκτήτες της μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης σε κάποιο "ενδιάμεσο φορέα", κι αυτός, με τη σειρά του, να εκπαιδεύσει κατάλληλα τους αγρότες (δηλ. τα μέλη του, στην περίπτωση γεωργικού συνεταιρισμού ή ένωσης) στη χρήση του εξοπλισμού αυτού.

Επιπλέον, σε περιπτώσεις όπου αυτό κριθεί αναγκαίο προτείνεται και η κατάρτιση συμβολαίου μεταξύ όσων διαχειρίζονται τη μονάδα αεριοποίησης και των ιδιοκτητών των πυρηναιεουργιών και των ελαιοτριβείων. Τα μακροχρόνια συμβόλαια απ' ευθείας με τους ελαιουργούς (ελαιοτριβεία) και τα πυρηνελαιουργεία, για την εξασφάλιση του απαραίτητου καυσίμου, καθορίζουν το κόστος για την αγορά της πρώτης ύλης και τις δεσμεύσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων.

Οι παραπάνω αναφερθείσες πρακτικές συλλογής της πρώτης ύλης αναδεικνύουν και τις αυξημένες δυσκολίες που αντικειμενικά υπάρχουν σε κάθε σύστημα συλλογής. Με γνώμονα όμως την ανάπτυξη της παράλληλης αυτής αγοράς και της δυνατότητας ενός ακόμη καθαρού προσόδου για τους γεωργούς (σε μία περίοδο όπου ακόμη δεν υπάρχει τουριστική δραστηριότητα), καθώς και του κατάλληλου marketing από την πλευρά των επενδυτών.

Για τη συλλογή και τη μεταφορά θα χρησιμοποιηθούν containers προσωρινής αποθήκευσης της πρώτης ύλης ξεχωριστά για το πυρηνόξυλο και τον ελαιοπυρήνα, σχετικά μικρής χωρητικότητας ώστε στη συνέχεια η συλλογή τους να γίνεται σε ημερήσια βάση, για το χρονικό διάστημα που είναι η πρώτη ύλη διαθέσιμη, με φορτηγά χωρητικότητας μεσαίας χωρητικότητας. Είναι απαραίτητο για να ελαττωθούν τα δρομολόγια τα φορτηγά να έχουν τη δυνατότητα πολλαπλής αποθήκευσης, για να μην αναμιγνύονται οι διάφοροι τύποι βιομάζας [Rafaschieri et al 1999].

Μετά από συζήτηση με παραγωγούς βιομάζας και υποψήφιους προμηθευτές πρώτης ύλης, προτάθηκε από μέρους τους η εξασφάλιση της πρώτης ύλης έναντι του ποσού των 29,3€/t, το οποίο περιλαμβάνει την αγορά και μεταφορά της βιομάζας στη μονάδα συμπαραγωγής. Το πρόβλημα που προέκυψε και αφορά την εξασφάλιση των απαραίτητων ποσοτήτων είναι η πληροφόρηση ότι ο συγκεκριμένος τύπος βιομάζας διατίθεται για χρήση από ανταγωνιστικές τεχνολογίες αξιοποίησής της όπως είναι αυτή της κομποστοποίησης.

### **Χειρισμός πρώτης ύλης**

#### **➤ Αποθήκευση**

Η αποθήκευση είναι απαραίτητη πριν από κάθε μετατροπή και χρήση. Η χωρητικότητα αποθήκευσης πρέπει να προσαρμοστεί στη χωρητικότητα της μονάδας μετατροπής ενέργειας ώστε να υπάρχουν επαρκή αποθέματα για να αποφευχθούν διακοπές στην παραγωγή ενέργειας και να εξαλειφθούν οι απώλειες έξω από την κύρια γραμμή παραγωγής.

Η αποθήκευση συνίσταται στην συστηματική απόθεση της πρώτης ύλης σε στεγασμένες αποθήκες στους χώρους της εγκατάστασης προτού τροφοδοτηθεί στον αεριοποιητή. Άλλωστε η ελαιοπαραγωγική διαδικασία είναι εποχιακή, οπότε η πρώτη ύλη είναι διαθέσιμη για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Οκτώβριο – Δεκέμβριο) και όλο τον υπόλοιπο χρόνο όπου λειτουργεί η μονάδα χρησιμοποιείται η βιομάζα όπου είναι αποθηκευμένη. Το κόστος κυμαίνεται από 12 - 18 € ανά τετραγωνικό πόδι [Western Regional Biomass Energy Program, 2001]

#### **➤ Ξήρανση**

Η μείωση της περιεχόμενης υγρασίας της βιομάζας έχει 2 κύρια πλεονεκτήματα: αυξάνει τη θερμιδική αξία των υπολειμμάτων και την ποιότητα της καύσης και μειώνει τις απώλειες από ζύμωση κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η ξήρανση στην ατμόσφαιρα μπορεί να είναι αποτελεσματική για ακατέργαστα κοκκομετρικά υπολείμματα, αλλά χρειάζεται πολύ χρόνο για να επιτευχθούν σχετικά μικρές μειώσεις στην περιεχόμενη υγρασία. Επίσης, αυτή η διεργασία εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες. Από την άλλη πλευρά, η τεχνητή ξήρανση απαιτεί ειδικά και ακριβά μηχανήματα [Jurado et al, 2003], [Brammer and Bridgewater, 1999].

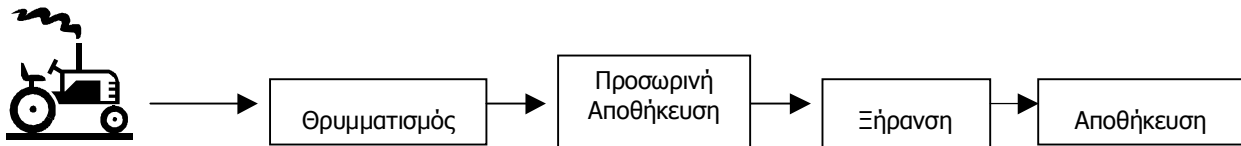
Η ξήρανση της βιομάζας στη συγκεκριμένη περίπτωση κρίνεται ως απολύτως αναγκαία εφόσον τα επίπεδα της περιεχόμενης υγρασίας είναι αρκετά υψηλά.

#### **➤ Θρυμματισμός**

Ο θρυμματισμός θεωρείται μία σημαντική και αναγκαία μέθοδος διαχείρισης και επεξεργασίας τους, καθώς αυξάνει σημαντικά το ειδικό βάρος του μεταφερόμενου υλικού και κατά συνέπεια την ενεργειακή του πυκνότητα. Επιπλέον, ο θρυμματισμός θα αντιμετωπίσει και την τυχόν ανάπτυξη παρασίτων. Για το θρυμματισμό επιλέγεται η χρήση αυτοκινούμενων θρυμματιστών [Jurado et al 2003].

Σε γενικές λοιπόν γραμμές ο χειρισμός της πρώτης ύλης σχηματικά έχει ως εξής:

Το διάγραμμα ροής της προτεινόμενης μονάδας φαίνεται στο Παράρτημα IV.



Συλλογή και μεταφορά

**Διάγραμμα 3.4: «Συλλογή και διαχείριση πρώτης ύλης»**

## 2.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

### Γενικά

Η διάρκεια της ηλιακής ακτινοβολίας είναι συνάρτηση της ημέρας του χρόνου και του τόπου, λόγω της τροχιάς της γης γύρω από τον ήλιο. Επομένως, η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια εξαρτάται από τον συγκεκριμένο τόπο και μεταβάλλεται στη διάρκεια του χρόνου, ενώ επηρεάζεται και από τις καιρικές συνθήκες. Για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας απαιτούνται μεγάλες επιφάνειες (επίπεδες ή παραβολικές) εκτεθειμένες στην ηλιακή ακτινοβολία. Άλλες φέρουν ειδικό εξοπλισμό και μπορούν να παρακολουθούν τις ακτίνες του ήλιου με κίνηση σε δύο άξονες ή σε έναν άξονα και άλλες σταθερές με γωνία κλίσεως. Επίσης, χρησιμοποιούνται κάτοπτρα παραβολικής διατομής ή συστήματα κεντρικού πύργου με επίπεδα κάτοπτρα, όπου χρησιμοποιείται κυρίως η άμεση ηλιακή ακτινοβολία [Παραδεισιάδης, 2002].

Οι ενεργειακές τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί αναφέρονται σε δύο περιοχές, στην παραγωγή θερμότητας και στην απ' ευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία με βάση τη φωτοβολταϊκή μετατροπή. Οι ηλιακοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση του νερού χρήσεως στον οικιακό και γενικά στον κτιριακό τομέα (κατοικίες, νοσοκομεία, ξενοδοχεία κ.λ.π.), στα κολυμβητήρια, ενώ κατάλληλα συστήματα σχεδιάζονται και χρησιμοποιούνται για θέρμανση και ψύξη χώρων, για τη βιομηχανία και για τις γεωργικές εφαρμογές. Οι τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με θερμικό κύκλο είναι κοντά σε εμπορική αξιοποίηση, ενώ το κόστος παραγωγής θέλει να ανταγωνιστεί το αντίστοιχο των ορυκτών καυσίμων. Οι τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών έχουν εισέλθει στην αγορά καλύπτοντας μια ευρεία περιοχή ειδικών εφαρμογών [Χατζηβασιλειάδης, 2002], [Παραδεισιάδης, 2002].

## **Φωτοβολταϊκά στοιχεία**

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι τα ενεργειακά εκείνα συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια (DC), μια από τις πιο εύχρηστες και πολύτιμες μορφές ενέργειας. Στην πλέον διαδεδομένη τους μορφή κατασκευάζονται από πυρίτιο και δεν έχουν κινούμενα μέρη [Μπαλτάς, 1999], [Χατζηβασιλειάδης, 2002]. Στα σύγχρονα φ/β συστήματα, το πεδίο ηλεκτροπαραγωγής αποτελείται από έναν αριθμό φ/β πλαισίων, που είναι η βασική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής (module), συνδεδεμένα καταλλήλως για το επιθυμητό επίπεδο τάσεως με συνολική ισχύ που μπορεί να φθάσει από εκατοντάδες  $W_p$  σε δεκάδες  $MW_p$ . Ειδικοί μετατροπείς (inverters) μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο κατάλληλο για τελική χρήση. [Χατζηβασιλειάδης, 2002], [Florida Solar Energy Center, 2003].

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα με την ανάπτυξη που γνωρίζουν τα τελευταία χρόνια βρίσκουν εφαρμογή στα ακόλουθα πεδία: τεχνολογία διαστήματος για παροχή ενέργειας σε δορυφόρους, ηλεκτροδότηση αγροτικών και απομακρυσμένων (εκτός δικτύου) περιοχών, γεωργικές εφαρμογές όπως είναι η διατήρηση τροφίμων, τηλεπικοινωνίες, οδοσήμανση δημόσιος φωτισμός και φάρoi, καταναλωτικά προϊόντα χαμηλής ισχύος (αριθμομηχανές και ρολόγια) και παραγωγή ηλεκτρισμού για σύνδεση στο δίκτυο. Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή των φ/β εντοπίζεται σε καταναλωτικά αγαθά, που απαιτούν μικροποσότητες συνεχούς ρεύματος, ισχύος λιγότερης από 1W, όπως είναι οι υπολογιστές τσέπης, ρολόγια, φορητοί φακοί και φορτιστές μπαταριών [Χατζηβασιλειάδης, 2002]. Σημαντική είναι και η χρήση τους για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε απομακρυσμένες από το δίκτυο οικίες και περιοχές, τα οποία έχουν ανάγκη από συνεχούς ρεύματος ισχύος μέχρι 100W [Χατζηβασιλειάδης, 2002], [Altener II], [Παραδεισιάδης, 2002].

Τα *πλεονεκτήματα* από τη χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος είναι τα εξής:

- Χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων χρηστών και περιοχών
- Χαρακτηρίζονται από έλλειψη θορύβου
- Έχουν μεγάλο χρόνο ζωής (περίπου 25-30 έτη)
- Παρουσιάζουν μεγάλη αξιοπιστία
- Εμφανίζουν μηδενικό κόστος λειτουργίας
- Έχουν πρακτικά μηδενικό κόστος συντήρησης
- Δεν έχουν εκπομπές σε ρυπογόνες ουσίες, οπότε είναι μία τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον  
[Μπαλτάς, 2001], [Altener II]

Τα *μειονεκτήματα* που μπορεί κανείς να εντοπίσει για τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι τα παρακάτω:

- Υψηλό το κόστος της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων

- ☑ Έχουν σχετικά και με άλλες ανανεώσιμες τεχνολογίες χαμηλό βαθμό απόδοσης, ο οποίος υπολογίζεται στο 10%
- ☑ Παρουσιάζουν έλλειψη στην ύπαρξη συστήματος ή κάποιου μηχανισμού αποθήκευσης της ενέργειας που παράγουν [Μπαλτάς, 2001], [Altener II]

Η παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών στοιχείων αποτελείται σε ποσοστό 48% από συστήματα μονοκρυσταλλικού πυριτίου σιλικόνης, 30% συστήματα πολυκρυσταλλικού πυριτίου και 20% άμορφου πυριτίου, τα οποία βρίσκουν κυρίως εφαρμογή σε προϊόντα ευρείας κατανάλωσης. Το 1996 μπήκαν στην αγορά συστήματα καδμίου – τελλουρίου [Μπαλτάς, 2001]. Οι τεχνολογίες κρυσταλλικού πυριτίου είναι οι πιο διαδεδομένες στις φωτοβολταϊκές εφαρμογές με αυτόνομα συστήματα ή συνδεδεμένα στο δίκτυο, ενώ καλές προοπτικές διαγράφονται στις τεχνολογίες λεπτού στρώματος [Χατζηβασιλειάδης, 2002].

### **Σχεδιασμός φωτοβολταϊκού συστήματος**

Ένα σύστημα φωτοβολταϊκών πλαισίων για ηλεκτροπαραγωγή συστήματος συνδεδεμένου στο δίκτυο αποτελείται από: συστοιχία φωτοβολταϊκών πλαισίων (*modules*), ρυθμιστές τάσης (*voltage regulators*), συσσωρευτές (*batteries*) για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας και ανιστροφείς (*inverters*) για την μετατροπή του συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος σε εναλλασσόμενο [Florida Solar Energy Center, 2003], [Χατζηβασιλειάδης, 2002], [Photovoltaic, 2003].

Για την εν λόγω εφαρμογή το φωτοβολταϊκό σύστημα που προτείνεται να εγκατασταθεί συνίσταται σε 12.678 φωτοβολταϊκά πλαίσια ισχύος 110W και ονομαστικής τάσης 24V και αναστροφείς ισχύος ονομαστικής ισχύος 550kVA. Εναλλακτικά αντί για ρυθμιστές τάσεως είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αναστροφείς ισχύος με ενσωματωμένο ρυθμιστή. Τα χαρακτηριστικά του προτεινόμενου συστήματος προκύπτουν σύμφωνα με τον αλγόριθμο που προτείνεται από την εταιρεία PHOTONVOLTAIC στην επίσημη ιστοσελίδα στη διεύθυνση [Photovoltaic, 2003]

Σημαντικός παράγοντας για τον σχεδιασμό και την τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος είναι η τιμή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια τοποθετημένη στην αρχή της ατμόσφαιρας της γης κάθετα στις ακτίνες θα είναι γύρω στα 1.350 W/m<sup>2</sup>. Με την ύπαρξη όμως της ατμόσφαιρας υπάρχει απορρόφηση και ανάκλαση και έτσι η ακτινοβολία μέχρι να φτάσει στην επιφάνεια της γης διαμέσου της ατμόσφαιρας έχει ένταση γύρω στα 1.000 W/m<sup>2</sup> σε επιφάνεια κάθετη στην ακτινοβολία και παρατηρείται μάλιστα κατά το ηλιακό μεσημέρι. Επειδή μάλιστα η ακτινοβολία διανύει μεγαλύτερο διάστημα στην ατμόσφαιρα για να φτάσει στην επιφάνεια της γης τις πρωινές και απογευματινές ώρες, υφίσταται περισσότερη απορρόφηση και έτσι η τιμή της έντασης είναι μικρότερη των 1000 W/m<sup>2</sup> κατά τις ώρες αυτές [Μπαλτάς, 2001].

Σε περίπτωση που ακτινοβολία δεν προσπίπτει κάθετα στην επιφάνεια, τότε η ένταση στην επιφάνεια είναι μικρότερη διότι οι ακτίνες πέφτουν πλάγια. Αν οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν συνεχώς κάθετα στο πλαίσιο τότε η συνολική ενέργεια που δέχεται το πλαίσιο είναι μέγιστη. Το ιδανικό θα ήταν να



είναι το πλαίσιο διαρκώς προσανατολισμένο κάθετο στις ηλιακές ακτίνες. Είναι όμως δύσκολο στην πράξη να υπάρχει κάποιος μηχανισμός που θα προσανατολίζει το πλαίσιο συνεχώς κάθετα στην ηλιακή ακτινοβολία.

Για αυτό η σταθερή τοποθέτηση των φ/β στοιχείων έτσι ώστε να βλέπουν προς το νότο και να σχηματίζουν γωνία με το οριζόντιο επίπεδο ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, έχει ως αποτέλεσμα μια ικανοποιητική πρόσπτωση συνολικής ηλιακής ενέργειας κάθε μέρα. Το μειονέκτημα που υπάρχει είναι η μεγάλη διαφορά της συνολικής ηλιακής ενέργειας που δέχονται τα πλαίσια κατά τη διάρκεια του έτους. Αν τα φ/β στοιχεία τοποθετηθούν έτσι ώστε να σχηματίζουν γωνία με το οριζόντιο επίπεδο ίση με  $(\varphi+15)$  μοίρες,  $\varphi$ : το γεωγραφικό πλάτος, η συνολική ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από τα πλαίσια γίνεται μεγαλύτερη το χειμώνα και μικρότερη το καλοκαίρι. Στην περίπτωση όπου το σύστημα χρειάζεται να λειτουργήσει μόνο το καλοκαίρι, τα πλαίσια τοποθετούνται με γωνία  $(\varphi-15)$  μοίρες με το οριζόντιο επίπεδο ώστε η ηλιακή ακτινοβολία να προσπίπτει σχεδόν κάθετα σε αυτά και να έχουμε το καλοκαίρι τη μεγαλύτερη ενέργεια στα πλαίσια [Μπαλτάς, 2001].

Ένα μέγεθος που ορίζεται ώστε να αποτελεί μέτρο της ηλιακής ενέργειας που δέχεται μια περιοχή είναι ο ισοδύναμος αριθμός ωρών και είναι ο αριθμός των ωρών που θα έπρεπε να υπάρχει συνεχώς ακτινοβολία έντασης  $1.000 \text{ W/m}^2$  ώστε η συνολική ενέργεια να είναι ίση με την ενέργεια που δέχτηκε η κάθετη επιφάνεια σε όλη τη διάρκεια της μέρας [Μπαλτάς, 2001].

Για την υπό μελέτη εφαρμογή δεν υπάρχουν στοιχεία για την συγκεκριμένη περιοχή, όμως για μια πρωταρχική μελέτη εφικτότητας που επιδιώκεται με την παρούσα εργασία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία που υπάρχουν για την περιοχή της Καβάλας. Εκτιμάται πως όπως και για την περίπτωση των ανεμογεννητριών που περιγράφεται ακολούθως, οι δύο περιοχές (Καβάλα και Θάσος), έχουν παρόμοιο κλίμα και τα αποτελέσματα θα είναι αντιπροσωπευτικά της υφιστάμενης κατάστασης. Στους πίνακες 3.25, 3.26 και 3.27. αναφέρονται τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής και στοιχεία για την ηλιακή ακτινοβολία [Κ.Α.Π.Ε., 2003α].

**Πίνακας 3.25: « Μετεωρολογικά χαρακτηριστικά 1»**

[Πηγή: Κ.Α.Π.Ε., 2003α]

Μήνας	Μέση θερμοκρασία Αέρα °C	Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία °C	Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία °C	Σχετική Υγρασία %	Βροχόπτωση mm
Ιανουάριος	4,2	18,4	-23,6	78,3	59
Φεβρουάριος	5,18	20,8	-23,5	75,8	52,9
Μάρτιος	7,87	26	-6,7	72,3	51,1
Απρίλιος	12,29	28	-3	70,7	38,7
Μάιος	17,09	33,2	1,2	68,3	41
Ιούνιος	21,6	35,2	6,2	62,9	41,2
Ιούλιος	23,62	37	7,5	59,8	38,5
Αύγουστος	22,84	38,1	7,5	58,9	18,2
Σεπτέμβριος	19,82	33	0,4	64	25,4
Οκτώβριος	14,23	33,2	-3	70,8	48,6
Νοέμβριος	8,8	24	-7	77,5	71,2
Δεκέμβριος	5,79	19,5	-14	80,9	90
Ετήσιος Μ.Ο.	13,61	28,87	-4,83	70,02	

**Πίνακας 3.26 : «Μετεωρολογικά χαρακτηριστικά 2»**  
[Πηγή: Κ.Α.Π.Ε., 2003α]

Μήνας	Ημέρες με βροχή R(mm)	Ημέρες με χιόνι	Ημέρες με ομίχλη	Ημέρες με καταιγίδα	Ημέρες με χαλάζι	Ημέρες με παγετό
Ιανουάριος	9	2,2	5,4	0,2	0	4,6
Φεβρουάριος	8	1,8	4,3	0,3	0	3,9
Μάρτιος	8,9	0,9	3	0,6	0	1,6
Απρίλιος	9,2	0	1,4	1,2	0	0,2
Μάιος	9,1	0	0,7	4,1	0,1	0
Ιούνιος	6,8	0	0,2	4,6	0,1	0
Ιούλιος	5,3	0	0	4,6	0	0
Αύγουστος	3,6	0	0,2	3,4	0	0
Σεπτέμβριος	4,3	0	1,2	1,8	0	0
Οκτώβριος	6,3	0	5,3	1	0	0,1
Νοέμβριος	9,1	0,2	7,9	1	0	3,4
Δεκέμβριος	10	1,1	7,5	0,9	0	6,8

**Πίνακας 3.27: «Ηλιακή ακτινοβολία»**  
[Πηγή: Κ.Α.Π.Ε., 2003α]

Μήνας	Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (W/m <sup>2</sup> )	Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (W/m <sup>2</sup> )	Μέση νέφωση
Ιανουάριος	56,4	26,6	4,9
Φεβρουάριος	69,3	35,1	4,7
Μάρτιος	112,2	53,2	4,7
Απρίλιος	143,5	65	4,2
Μάιος	183	73,4	3,9
Ιούνιος	203,2	66,5	3
Ιούλιος	215,9	65,5	2,1
Αύγουστος	189,8	59,1	1,9
Σεπτέμβριος	148,2	45,1	2,3
Οκτώβριος	98,5	39,5	3,1
Νοέμβριος	63,4	28,6	4,5
Δεκέμβριος	51,3	22,7	4,8
Ετήσιος Μ.Ο.	127,9	48,4	

### ☞ Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Τα εμπορικά διαθέσιμα φ/β πλαίσια αποτελούνται από μια σειρά φ/β στοιχείων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και συγκρατούνται είτε ανάμεσα σε δύο φύλλα γυαλιού, είτε μεταξύ ενός φύλλου γυαλιού και ενός φύλλου πλαστικού [Key Center for Photovoltaic Energy, 2002], [Florida Solar Energy Center, 2003]. Ένα βασικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων κρυσταλλικού πυριτίου είναι η αξιοπιστία και η σταθερότητα. Πρακτικά δεν παρατηρείται υποβάθμιση της απόδοσης στη διάρκεια του χρόνου, οπότε μπορεί να λαμβάνονται 25-30 χρόνια σαν διάρκεια ζωής του συστήματος. [Χατζηβασιλειάδης, 2002]. Ένα φ/β πλαίσιο αποτελείται συνήθως από 36 στοιχεία

συνδεδεμένα εν σειρά, έτσι ώστε η τάση να είναι μεγαλύτερη από 13V. Τα φ/β πλαίσια κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη ώστε να ταιριάζουν στον ολοένα αυξανόμενο αριθμό εφαρμογών [Μπαλτάς, 2001], [Key Center for Photovoltaic Energy, 2002], [Florida Solar Energy Center, 2003].

Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό στοιχείο από πυρίτιο μεγέθους 100cm<sup>2</sup>, σε κανονικές συνθήκες παράγει ρεύμα μέγιστης έντασης λίγο μικρότερης από 3A σε τάση 0,5V. Πολλά φ/β συστήματα έχουν ενσωματωμένη μια συσκευή παρακολούθησης του σημείου μέγιστης ισχύος, ένα ειδικό ηλεκτρονικό κύκλωμα που μεταβάλλει το φορτίο που βλέπει το φ/β έτσι ώστε να λειτουργεί κοντά στο σημείο μέγιστης ισχύος, οπότε και παρέχει μέγιστη ισχύ στη ζήτηση [Μπαλτάς, 2001], [Florida Solar Energy Center, 2003].

Ο βαθμός απόδοσης των φ/β στοιχείων για τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια περιορίζεται από διάφορους παράγοντες, μερικοί από τους οποίους έχουν σχέση με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Στην πράξη ο μέγιστος βεβαιωμένος βαθμός απόδοσης είναι 27,6% με ηλιακό στοιχείο αρσενικούχου γαλλίου, ενώ με χρήση αλληπάλληλων φ/β στοιχείων έχει επιτευχθεί απόδοση 32,6% [Χατζηβασιλειάδης, 2002], [Μπαλτάς, 2001]. Ο μέγιστος βαθμός απόδοσης για φ/β στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου είναι 24,4%. Συνήθης βαθμός απόδοσης είναι της τάξης του 14 – 16% για μονοκρυσταλλικό και 12% πολυκρυσταλλικό. Για συστοιχία φωτοβολταϊκών πλαισίων ο βαθμός απόδοσης που έχει επιτευχθεί σε εργαστηριακές εφαρμογές είναι περί το 26%, ενώ σε εμπορικές εφαρμογές οι σύγχρονες τεχνολογίες πυριτίου έχουν επιτύχει απόδοση έως και 15%. Ο συνολικός βαθμός του συστήματος προκύπτει χαμηλότερος λόγω των απωλειών των συνδέσεων και καλωδιώσεων καθώς και του μετατροπές. Στα αυτόνομα συστήματα υπεισέρχονται και οι απώλειες λόγω αποθήκευσης στους συσσωρευτές, ενώ δεν είναι πάντοτε εφικτή η πλήρης αξιοποίηση του διαθέσιμου δυναμικού παραγωγής [Παραδεισιάδης, 2002], [Thermie, 2000].

**Πίνακας 3.28: «Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πλαισίων SHELL SM110/24»**  
[Shell, 2003]

Τύπος	Shell SM110/24
Μέγιστη ισχύς, P <sub>max</sub> (W)	110
Τάση σημείου λειτουργίας, (V)	35,0
Τάση ανοικτού κυκλώματος, V <sub>oc</sub> (V)	43,5
Ένταση βραχυκυκλώματος, I <sub>sc</sub> (A)	3,45
Ονομαστική τάση, (V)	54
Μήκος, (mm)	1316
Πλάτος, (mm)	660
Βάθος, (mm)	54
Βάρος, (kg)	11,5

Συγκεκριμένα, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που προτείνεται να χρησιμοποιηθούν είναι της εταιρείας SHELL SOLAR (πρώην SIEMENS SOLAR) τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οποίων φαίνονται στον πίνακα 3.28.

## ☉ Μετατροπές συνεχούς – εναλλασσόμενου ρεύματος

Η χρήση των μετατροπέων (inverters) γίνεται για την μετατροπή του συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Το χαρακτηριστικό ενός inverter φ/β συστήματος συνδεδεμένου στο σύστημα, είναι ότι έχει υψηλή απόδοση γύρω στο 90-95% και μπορεί να μετατρέψει σχεδόν πλήρως τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη, λειτουργώντας σε μέγιστη ισχύ. Ο συντελεστής ισχύος ενός μετατροπέα για σύστημα συνδεδεμένο με το δίκτυο είναι 0,95 περίπου [Μπαλτάς, 2001].

Για την εκλογή του μετατροπέα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι κατά τη λειτουργία του δε θα προκαλεί εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, όπου θα επηρεάσουν τη λειτουργία συσκευών. Είναι επίσης πιθανό, κατά τη λειτουργία του ο μετατροπέας να προκαλεί θόρυβο που αυξάνει με το φορτίο, γι' αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ώστε ο τύπος του μετατροπέα να είναι όσο το δυνατόν αθόρυβος. Σοβαρό κριτήριο για την εκλογή του μετατροπέα είναι η ασφάλεια που παρέχει στο ηλεκτρικό δίκτυο. Σε περίπτωση βλάβης σε υποσταθμό της Δ.Ε.Η., ο ρόλος του inverter είναι να διακόπτει τη παροχή ρεύματος προς το δίκτυο [Μπαλτάς, 2001].

Το *πλεονέκτημα* λοιπόν από τη χρήση μετατροπέων είναι ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συμβατικό ηλεκτρολογικό εξοπλισμό χωρίς να κινδυνεύει η ασφάλεια και η απόδοσης της επένδυσης. Το *μειονέκτημα* όμως είναι ότι αυξάνεται το κόστος και χειροτερεύει η ποιότητα της ισχύος [Μπαλτάς, 2001].

Για την προτεινόμενη επένδυση προτείνεται η χρήση αντιστροφών με ονομαστική ισχύ 550kVA ο καθένας της εταιρείας SEIRA. Η εν λόγω εταιρεία έχει εμπειρία σε φωτοβολταϊκά συστήματα αντίστοιχου μεγέθους [Altener II], [Seira, 2002]. Τεχνική περιγραφή των αντιστροφών δεν ήταν διαθέσιμη στο διαδίκτυο.

Συνοψίζοντας λοιπόν, επιλέγεται η εγκατάσταση συστοιχίας φωτοβολταϊκών πλαισίων συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 3.487kW<sub>e</sub>. Η απόδοση ενός τέτοιου συστήματος κυμαίνεται σύμφωνα με τη βιβλιογραφία περί το 15% ενώ η διαθεσιμότητα του είναι υψηλή και ορίζεται στο 95%, εφόσον οι απαιτήσεις για συντήρηση είναι μικρές. Κατά συνέπεια η ετήσια παραγωγή ενέργειας ανέρχεται στις 3.999.632kWh.

**Πίνακας 3.31: «Λειτουργικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού συστήματος»**

Εγκατεστημένη ισχύς (W)	3.487
Απόδοση φ/β συστήματος	15%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	95,0%
Απώλειες δικτύου (%)	3,0%
Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	28.145.559
Περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)	
10 μήνες λειτουργίας λατομείου	27.308.439
12 μήνες λειτουργίας λατομείου	27.075.446

Αναφορικά με τα έργα υποδομής που πρέπει να γίνουν ώστε να υποστηρίξουν τη λειτουργία της προτεινόμενης μονάδας, απαιτούν και την κατασκευή δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και αντίστοιχου υποσταθμού. Όπως και στην περίπτωση της συμπαραγωγής η συστοιχία των φωτοβολταϊκών πλαισίων παράγει περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος για τις οποίες προτείνεται η εμπορική διάθεσή τους και η πώλησή τους στη Δ.Ε.Η.. Για το σκοπό αυτό προτείνεται η επέκταση του δικτύου σε μήκος 15km και η κατασκευή υποσταθμού μέσης τάσης. Η μονάδα εφόσον συνδέεται στο δίκτυο έχει απώλειες οι οποίες ανέρχονται σε ποσοστό 3% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι η υποκατάσταση της συμβατικής λύσης (πετρελαιογεννήτριες) ενδέχεται να μην επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα ως προς τη διασφάλιση της ενεργειακής αυτάρκειας του λατομείου. Ειδικότερα, σε περιπτώσεις όπου η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα τροφοδοσίας του ηλεκτρικού κυκλώματος με ενέργεια από ένα εφεδρικό σύστημα, το οποίο κάλλιστα μπορεί να είναι το ήδη υφιστάμενο. Υπό ιδανικές συνθήκες, προτείνεται η ολοκλήρωση των δύο συστημάτων (φωτοβολταϊκά πλαίσια – πετρελαιογεννήτρια) προκειμένου να βελτιστοποιείται ανά πάσα στιγμή η παραγόμενη ισχύς και η λειτουργία της επιχείρησης με βάση τις εκάστοτε ενεργειακές ροές.

Επιπλέον, λαμβάνεται μέριμνα για τη θέρμανση του νερού με λέβητα όταν το λατομείο λειτουργεί για 12 μήνες. Ο λέβητας λειτουργεί για 2 μήνες το έτος κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όπου υπάρχει ανάγκη θέρμανσης του νερού που χρησιμοποιείται στις συρματοκοπές και παρέχει την απαιτούμενη θερμότητα για θέρμανση ημερησίως 80m<sup>3</sup> νερού. Ο βαθμός απόδοσης του λέβητα αποτελεί παραδοχή του μελετητή, ενώ η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται σύμφωνα με την ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για τη θέρμανση του νερού.

**Πίνακας 3.32: Χαρακτηριστικά λειτουργίας λέβητα**

Διαθεσιμότητα λέβητα (μήνες/έτος)	2
Θερμικός βαθμός απόδοσης λέβητα (%)	85%
Απαιτούμενη θερμότητα (kWh/y)	55.773
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kW <sub>e</sub> )	65.569

## 2.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

### Γενικά

Η αιολική ενέργεια είναι μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία στηρίζεται στην ιδέα της εκμετάλλευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρισμού μέσα σε μία τουρμπίνα. Εξ' ορισμού η αιολική ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια του ανέμου και οφείλεται κυρίως στη θέρμανση της Γης από τον Ήλιο. Συγκεκριμένα, περίπου το 2% της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στη Γη, μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια η οποία υπολογίζεται σε 3.6 δις MW [Μπεργελές, 2001].

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι γνωστή στον άνθρωπο εδώ και χιλιάδες χρόνια όπου χρησιμοποιούνταν για τις αγροτικές δραστηριότητες όπως είναι η άλεση των δημητριακών αλλά και για

δραστηριότητες της καθημερινής ζωής όπως η άντληση νερού και η κοπή ξύλου όπου η αιολική ενέργεια υποκαθιστούσε της μυϊκή δύναμη. Οι σύγχρονες μηχανές εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ονομάζονται ανεμογεννήτριες και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρώτη ανεμογεννήτρια κατασκευάστηκε το 1891 από το Δανό Poul La Cour και αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για την κάλυψη γεωργικών αναγκών και για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων νοικοκυριών [Μπούσιος, 2002].

### **Ανεμογεννήτριες**

Οι ανεμογεννήτριες που σήμερα έχουν κατασκευαστεί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις μηχανές οριζόντιοι και τις μηχανές κατακόρυφου άξονα. Οι ευρέως χρησιμοποιούμενες ανεμογεννήτριες είναι αυτές του οριζόντιου άξονα οι οποίες καλύπτουν το 95% της αγοράς. Μία ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα χαρακτηρίζεται από τα εξής μέρη:

- ✓ Το ρότορα ή δρομέα
- ✓ Το κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο αυξάνει τις στροφές και το σύστημα πέδησης
- ✓ Το σύστημα προσανατολισμού
- ✓ Την ηλεκτρική γεννήτρια
- ✓ Τον πύργο στήριξης και τα θεμέλια

Τα μεγέθη τους ποικίλουν ανάλογα με την ισχύ την οποία είναι σχεδιασμένες να παράγουν. Επί παραδείγματι μία ανεμογεννήτρια εγκατεστημένης ισχύος 750kW<sub>e</sub> έχει ρότορα διαμέτρου 24 μέτρων και ύψος πύργου 63 μέτρα, ενώ μία ανεμογεννήτρια ισχύος 1.5MW<sub>e</sub> έχει διάμετρο ρότορα 70 μέτρα [Μπεργελές, 2001], [American Wind Association].

Η σύγχρονη τάση στην τεχνολογία της αιολικής ενέργειας είναι η εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Τα αιολικά πάρκα είναι συστοιχίες ανεμογεννητριών οι οποίες σκοπό έχουν να εκμεταλλευτούν το καλό αιολικό δυναμικό της περιοχής για την παραγωγή όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ισχύος αυξάνοντας την απόδοση σε παραγωγή ηλεκτρισμού. Η θέση της εγκατάστασης των αιολικών πάρκων, η διάταξη μεταξύ τους αλλά και ως προς την κύρια διεύθυνση του ανέμου αποτελεί αντικείμενο ερευνητικής προσπάθειας με στόχο την ελαχιστοποίηση των αλληλεπιδράσεων και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης του αιολικού πάρκου [Μπεργελές, 2001].

### **Αρχές λειτουργίας**

Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας στηρίζεται στη χρησιμοποίηση των δυνάμεων που αναπτύσσονται στις αεροτομές για να πετύχουν παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο. Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα προσανατολίζονται στην κατεύθυνση του ανέμου και βρίσκονται σε συνεχή ευθυγράμμιση με αυτή. Η απόδοση της μηχανής εξαρτάται από τον αριθμό των πτερυγίων, την επιλογή των αεροτομών, το μήκος της χορδής του πτερυγίου, τη μεταβολή της γωνίας βήματος κατά μήκος του πτερυγίου και τη συστροφή μεταξύ πλήμνης και ακροπτερυγίου. Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα είναι μηχανές εγκάρσιας ροής με κατεύθυνση πνοής του ανέμου κάθετη στον άξονα περιστροφής. Τα

πτερύγια καθώς περιστρέφονται σαρώνουν μια τρισδιάστατη επιφάνεια και η γωνία πρόσπτωσης με τη σχετική ταχύτητα του αέρα παραμένει μικρή και επιτρέπει την εμφάνιση αεροδυναμικών δυνάμεων που προκαλούν την εμφάνιση ροπής στον άξονα [Μπεργελές, 2001], [American Wind Association].

Η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου σε μέτρο και διεύθυνση είναι μεγάλη σε έκταση, συχνή και τυχαία. Αυτές οι διακυμάνσεις προκαλούν προβλήματα στη λειτουργία των ανεμογεννητριών και επομένως στην παραγόμενη ισχύ. Ένας τρόπος να αντιμετωπιστούν αυτές οι διακυμάνσεις είναι η μείωση των φορτίων αιχμής που αναπτύσσονται από την ανοδική διακύμανση της ταχύτητας του ανέμου. Τα κρίσιμα σημεία φόρτισης σε τέτοιες καταστάσεις είναι το σύστημα προσανατολισμού, το κιβώτιο ταχυτήτων, αλλά και τα σημεία που δένουν τα πτερύγια με την πλήμνη. Ο έλεγχος της λειτουργίας μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

- ✓ Μείωση της αεροδυναμικής ισχύος
- ✓ Μείωση της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα
- ✓ Βελτιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας [Μπεργελές, 2001]

Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει μια ανεμογεννήτρια εξαρτάται από το μέγεθος της ηλεκτρικής γεννήτριας που χρησιμοποιείται και την ταχύτητα του αέρα που περνάει μέσα από τον ρότορα. Συγκεκριμένα, η παραγόμενη ισχύς είναι ανάλογη της του κύβου της ταχύτητας του αέρα, το οποίο σημαίνει ότι διπλασιάζοντας την ταχύτητα του αέρα οκταπλασιάζεται η ισχύς. Οι ανεμογεννήτριες που σχεδιάζονται σήμερα έχουν τη δυνατότητα παραγωγής ισχύος από 250W έως 1.65MW [American Wind Association].

Η παραγωγικότητα μιας ανεμογεννήτριας μπορεί να εκτιμηθεί εφόσον υπολογιστεί ο συντελεστής ισχύος ή βαθμός απόδοσης, ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο της πραγματικής παραγόμενης ισχύος σε κάποια χρονική περίοδο προς την ισχύ που έχει ο άνεμος που περνάει από τον ρότορα. Ο συντελεστής ισχύος κυμαίνεται μεταξύ 40 και 80%. Μία ακόμη παράμετρος που καθορίζει την αποτελεσματικότητα μιας ανεμογεννήτριας είναι ο συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας ο οποίος δείχνει πόση ενέργεια παράγεται πραγματικά από την ανεμογεννήτρια σε σχέση με την ενέργεια που θα παράγονταν εάν η μηχανή λειτουργούσε στο μέγιστο της ισχύος της όλο το χρόνο. Μία ικανοποιητική τιμή του συντελεστή εκμεταλλευσιμότητας είναι από 25 – 40%. Τέλος ενδιαφέρον έχει και ο συντελεστής διαθεσιμότητας της ανεμογεννήτριας ο οποίος προσδιορίζει το ποσοστό του χρόνου όπου η ανεμογεννήτρια δεν λειτουργεί λόγω συντήρησης ή λόγω ύπαρξης μη ευνοϊκών συνθηκών ανέμου. Ο συντελεστής διαθεσιμότητας πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 90 και 95% [Μπεργελές, 2001], [American Wind Association].

### **Χαρακτηριστικά προτεινόμενης εφαρμογής ανεμογεννήτριας**

Η επένδυση αφορά την εγκατάσταση και λειτουργία ανεμογεννήτριας εντός των εγκαταστάσεων του λατομείου, με σκοπό την κάλυψη των ηλεκτρικών καταναλώσεων. Αναφορικά με τα έργα υποδομής που πρέπει να γίνουν ώστε να υποστηρίξουν τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, απαιτούν και την κατασκευή δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και αντίστοιχου υποσταθμού. Όπως και στις δύο

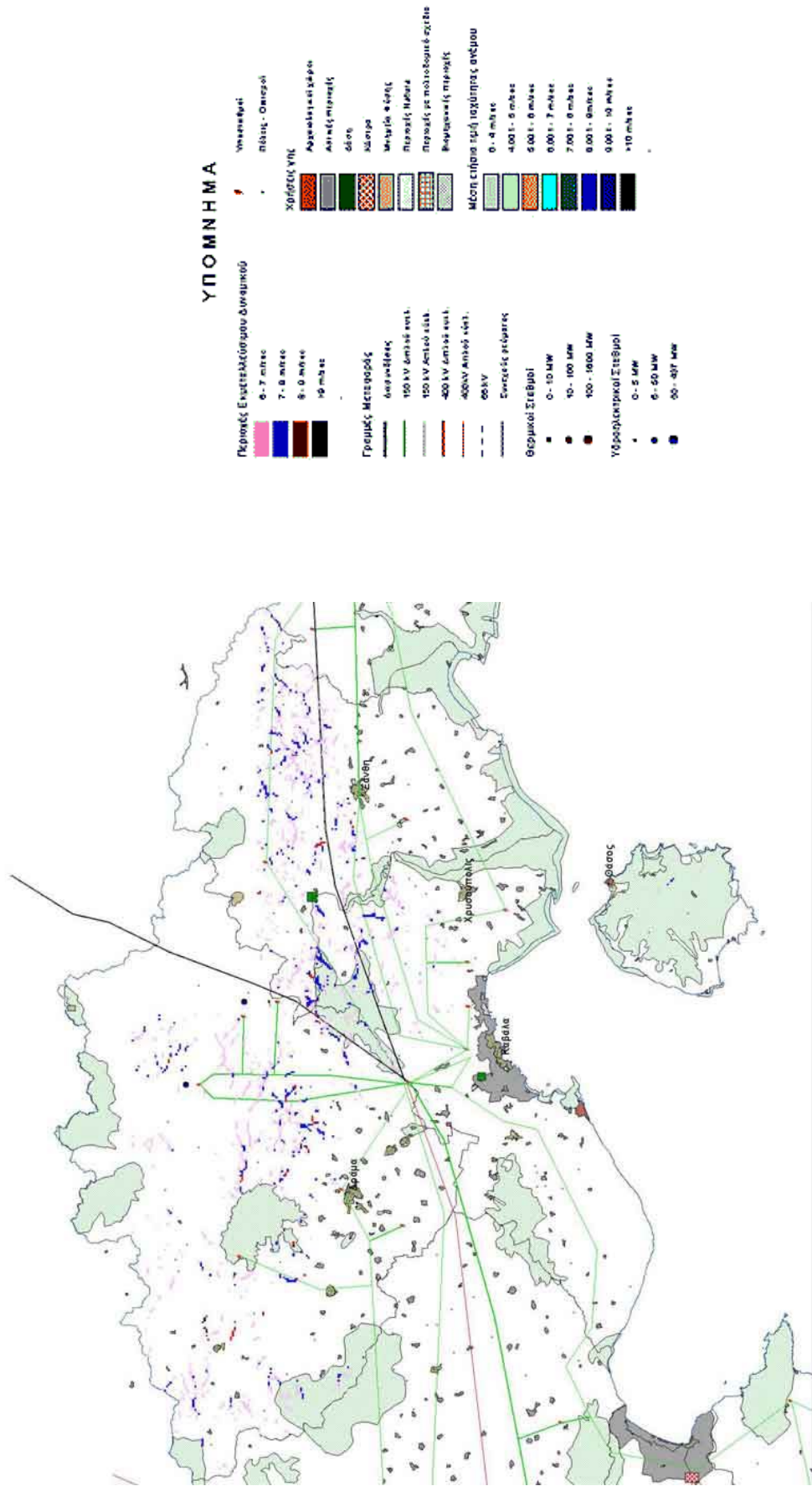
προηγούμενες περιπτώσεις, παράγεται περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος για τις οποίες προτείνεται η εμπορική διάθεσή τους και η πώλησή τους στη Δ.Ε.Η.. Για το λόγο αυτό καθώς και για την ασφαλή λειτουργία του αιολικού συστήματος, προτείνεται η επέκταση του δικτύου σε μήκος 15km και η κατασκευή υποσταθμού μέσης τάσης. Η μονάδα εφόσον συνδέεται στο δίκτυο έχει απώλειες οι οποίες ανέρχονται σε ποσοστό 3% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας πρέπει η τοποθεσία να πληροί κάποιες προϋποθέσεις καταλληλότητας. Καταρχήν, ελέγχεται η συμπεριφορά του αέρα στην περιοχή. Η σημαντικότερη παράμετρος για τον σχεδιασμό της εγκατάστασης συστημάτων αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας, είναι η καταγραφή του αιολικού δυναμικού και η μέση ταχύτητα του αέρα στην περιοχή. Επιθυμητοί είναι οι δυνατοί άνεμοι και η υψηλή μέση ταχύτητα καθώς και η σταθερότητα στην ταχύτητα και την κατεύθυνση του αέρα [Μπεργελές, 2001]. Για την υπο μελέτη περιοχή, χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά και ανεμολογικά δεδομένα από την ιστοσελίδα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) για την περιοχή της Καβάλας, τα οποία εκτιμώνται ως αντιπροσωπευτικά της υφιστάμενης κατάστασης.

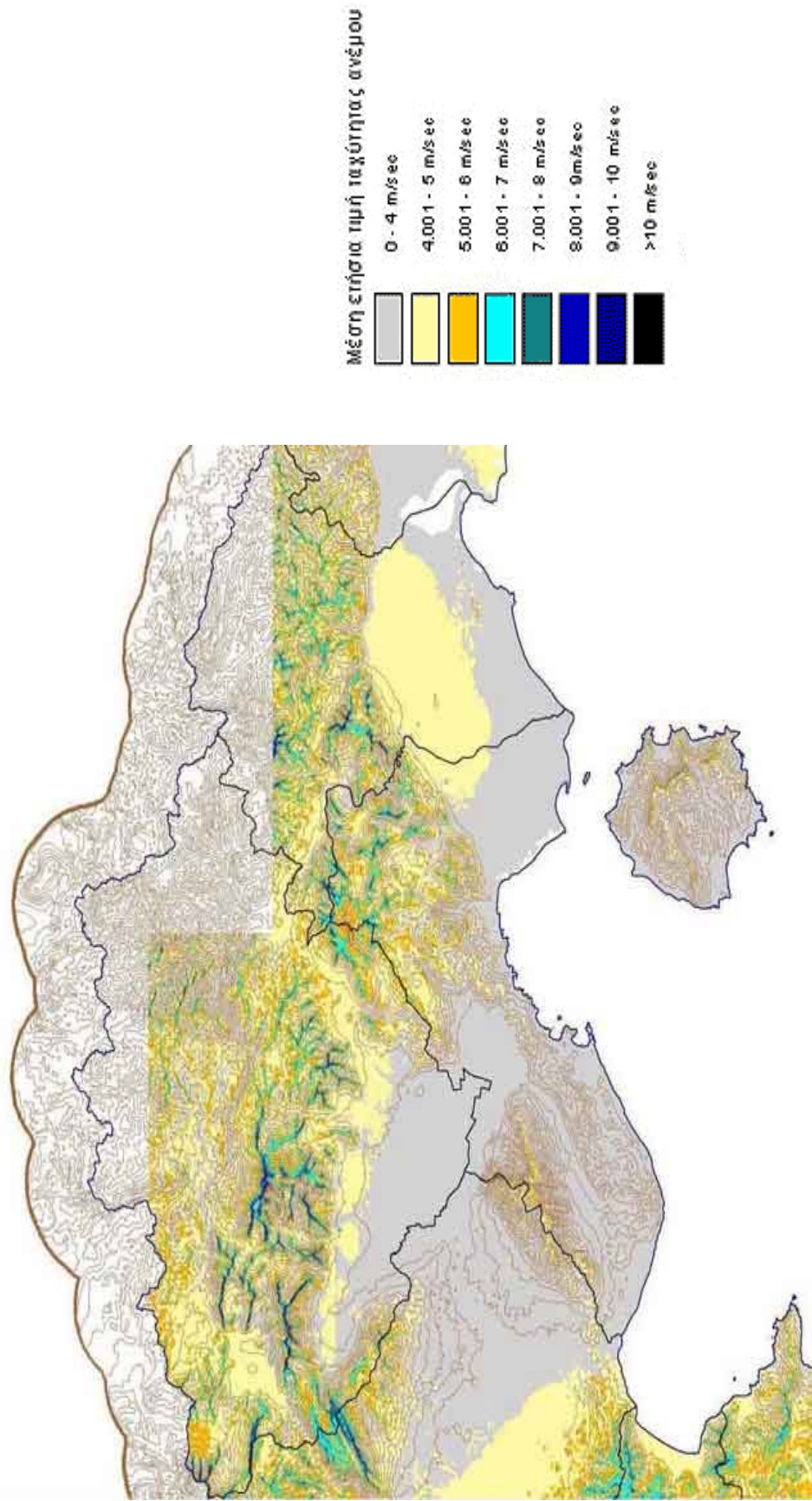
<b>Πίνακας 3.33: «Ανεμολογικά Δεδομένα»</b>		
[Πηγή: Κ.Α.Π.Ε., 2003α]		
<b>Μήνας</b>	<b>Διεύθυνση ανέμου</b>	<b>Ταχύτητα ανέμου [m/sec]</b>
Ιανουάριος	SE	1
Φεβρουάριος	SE	1,5
Μάρτιος	SE	1,9
Απρίλιος	SE	2,1
Μάιος	SE	1,9
Ιούνιος	SE	1,9
Ιούλιος	SE	1,7
Αύγουστος	SE	1,6
Σεπτέμβριος	SE	1,6
Οκτώβριος	SE	1,3
Νοέμβριος	SE	1
Δεκέμβριος	SE	0,8
Ετήσιος Μ.Ο.		1,54

Ακολούθως φαίνεται η γεωγραφική απεικόνιση του αιολικού δυναμικού και τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής στις εικόνες 3.3 και 3.4 [Κ.Α.Π.Ε., 2003β].





Εικόνα 2.3: Χάρτης στοιχείων εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού



Εικόνα 2.4: Χάρτης αιολικού δυναμικού

Για την υπο μελέτη εφαρμογή προτείνεται η εγκατάσταση τριών (3) ανεμογεννητριών ονομαστικής ισχύος η καθεμιά 600kW<sub>e</sub>, οι οποίες συνολικά θα παράγουν ισχύ 1.800kW<sub>e</sub>. Οι ανεμογεννήτριες που ενδύκνεται να χρησιμοποιηθούν ύστερα από σχετική έρευνα αγοράς είναι το μοντέλο E-40 της εταιρείας ENERCON. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου μοντέλου φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί [Enercon].

<b>Πίνακας 3.34: «Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας E-40»</b>	
[Πηγή: Enercon, 2003]	
<b>Γενικά χαρακτηριστικά</b>	
Ονομαστική ισχύς (kW <sub>e</sub> )	600
Διάμετρος ρότορα (m)	44
Ύψος πλήμνης (m)	46/65/78
<b>Χαρακτηριστικά ρότορα</b>	
Αριθμός πτερυγίων	3
Επιφάνεια σάρωσης (m <sup>2</sup> )	1,521
Υλικό κατασκευής πτερυγίων	Fiberglass με σύστημα αντικεραυνικής προστασίας
Ταχύτητα ρότορα (rpm)	18-34
<b>Χαρακτηριστικά κινητήρα</b>	
Ταχύτητα έναρξης λειτουργίας (m/s)	2,5
Ταχύτητα παύσης λειτουργίας (m/s)	28–34
Αναμενόμενο επίπεδο θορύβου (dB (A))	101

Οι καθημερινές απαιτήσεις του λατομείου σε ισχύ ανέρχονται σύμφωνα με την ενεργειακή ανάλυση που έγινε σε προηγούμενο στάδιο, στα 523kW<sub>e</sub>. Προκειμένου να καλυφθούν, προτείνεται να τοποθετηθούν τρεις ανεμογεννήτριες ισχύος 600kW<sub>e</sub> οι οποίες έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά λειτουργίας.

– Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας: 30%. Ο συντελεστής αυτός δείχνει το ποσοστό της αιολικής ενέργειας όπου τελικά εκμεταλλεύεται και μετατρέπεται σε ηλεκτρική από την κάθε ανεμογεννήτρια. Επίσης, εμπεριέχει απώλειες λόγω όμορου των ανεμογεννητριών, απώλειες στα πτερύγια λόγω σκόνης, παγετού και συσσωματώσεων καθώς και λοιπές απρόβλεπτες απώλειες [Retscreen], [Μπαλάτς, 2001].

– Συντελεστής διαθεσιμότητας: 95%. Ο συντελεστής διαθεσιμότητας δείχνει το ποσοστό του χρόνου όπου η κάθε ανεμογεννήτρια λειτουργεί. Οι ανεμογεννήτριες, παύουν να λειτουργούν για ένα διάστημα ώστε να γίνουν οι απαραίτητες εργασίες συντήρησης [Retscreen], [Μπεργελές, 2001].

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι λόγω της στοχαστικότητας του αιολικού δυναμικού η επιλογή της εγκατάστασης ανεμογεννητριών για την υποκατάσταση της συμβατικής λύσης (πετρελαιογεννήτριες) ενδέχεται να μην επαρκεί για τη διασφάλιση της ενεργειακής αυτάρκειας του λατομείου. Ειδικότερα, σε περιπτώσεις όπου η ταχύτητα του ανέμου είναι είτε πολύ χαμηλή ( $\leq 2,5\text{m/s}$ ) είτε πολύ υψηλή ( $\geq 28\text{-}34\text{m/s}$ ) με αποτέλεσμα να μη λειτουργούν οι ανεμογεννήτριες, θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα τροφοδοσίας του ηλεκτρικού κυκλώματος με ενέργεια από ένα εφεδρικό σύστημα, το οποίο κάλλιστα μπορεί να είναι το ήδη υφιστάμενο. Υπό ιδανικές συνθήκες, προτείνεται η ολοκλήρωση των δύο συστημάτων (ανεμογεννήτρια – πετρελαιογεννήτρια) προκειμένου να βελτιστοποιείται ανά πάσα στιγμή η παραγόμενη ισχύς και η λειτουργία της επιχείρησης με βάση τις εκάστοτε ενεργειακές ροές.

Επιπλέον, λαμβάνεται μέριμνα για τη θέρμανση του νερού με λέβητα όταν το λατομείο λειτουργεί για 12 μήνες, όπως και στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του λέβητα και οι καταναλώσεις του φαίνονται στον πίνακα 3.32.

Συνοψίζοντας λοιπόν τα χαρακτηριστικά της προτεινόμενης επένδυσης έχουν ως εξής:

Αριθμός ανεμογεννητριών	3
Ονομαστική ισχύς ανεμογεννήτριας (kW <sub>e</sub> )	600
Ονομαστική ισχύς αιολικού πάρκου (kW <sub>e</sub> )	1.800
Συντελεστής εκμεταλλευσιμότητας	30,0%
Συντελεστής διαθεσιμότητας	95,0%
Απώλειες δικτύου (%)	3,0%
Παραγόμενη ενέργεια (kWh)	4.359.064
Απώλειες ενέργειας (kWh)	
<i>10 μήνες λειτουργίας λατομείου</i>	3.521.944
<i>12 μήνες λειτουργίας λατομείου</i>	3.288.951

### 3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΩΝ

Καταρχήν, τονίζεται πως ο στόχος των προτεινόμενων μέτρων δεν είναι η βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης λειτουργίας του λατομείου αλλά η μελέτη των επενδυτικών ευκαιριών από την εγκατάσταση συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής με Α.Π.Ε., για την επιχείρηση.

Προκειμένου για τον έλεγχο της βιωσιμότητας των προτεινόμενων μέτρων καταρτίζεται κοινό επιχειρηματικό πλαίσιο. Ο χρηματοδοτικός χαρακτήρας των επενδύσεων επιλέγεται ώστε να αντικατοπτρίζει τη σύγχρονη κατάσταση όπως αυτή ορίζεται από τον Οδηγό Ενεργειακών Επενδύσεων του Υπουργείου Ανάπτυξης για το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα». Πρέπει να τονιστεί ότι τα οικονομικά στοιχεία που παρατίθενται ακολούθως για κάθε επένδυση δεν έχουν προκύψει ύστερα από συστηματική έρευνα αγοράς, αλλά έχουν βρεθεί ύστερα από βιβλιογραφική ανασκόπηση καθώς και από συζητήσεις με στελέχη εταιρειών που δραστηριοποιούνται στο χώρο της ηλεκτροπαραγωγής.

Έτσι λοιπόν, τα προτεινόμενα συστήματα εντάσσονται στις επεμβάσεις ενεργειακής εξοικονόμησης και επιτυγχάνεται η χορήγηση επιχορηγήσεων για κάθε ένα από τα προτεινόμενα επενδυτικά σχέδια, η οποία ανέρχεται σύμφωνα με τον παραπάνω οδηγό στο 40% του επιλέξιμου παγίου κόστους. Το επιλέξιμο πάγιο κόστος αφορά το κόστος της τεχνολογίας και τα έργα υποδομής όπως η κατασκευή δικτύου. Η επιχορήγηση δίνεται εφόσον ο επενδυτής δεσμεύεται ότι η συμμετοχή των ιδίων κεφαλαίων θα ανέρχεται τουλάχιστον στο 30% του συνολικού παγίου κόστους, οπότε η ίδια συμμετοχή ορίζεται στο 40% [ΥΠ.ΑΝ., 2002]. Επιπλέον, επιλέγεται η δανειοδότηση των προτεινόμενων εγκαταστάσεων με σχετικά ευνοϊκούς όρους, επιτόκιο δανεισμού 6% και επταετή περίοδο αποπληρωμής. Το ύψος του δανείου καλύπτει το υπόλοιπο ποσό του προϋπολογισμού, εφόσον αφαιρεθούν η επιχορήγηση και τα ίδια κεφάλαια. Ο χρόνος ζωής των επενδύσεων ορίζεται στα 20 έτη, πέρα από τα οποία η τεχνολογία πιθανόν να έχει πάψει να βρίσκει εφαρμογή και ο ηλεκτρομηχανολογικός να έχει φθαρεί. Σε γενικές γραμμές ένα έργο ενεργειακής τεχνολογίας δεν έχει νόημα να σχεδιαστεί για πέρα από 20 έτη. Για το λόγο ότι το έργο αποτελεί ιδιωτική επένδυση και έχει ιδιαίτερη σημασία η γρήγορη απόσβεση ελέγχεται η απόδοσή του αρχικά για τα πρώτα δέκα και κατόπιν και για το συνολικό χρόνο ζωής του έργου. Ως επιτόκιο αναγωγής των ιδίων κεφαλαίων για ενεργειακά έργα λαμβάνεται το 8%. Τέλος ο φορολογικός συντελεστής επί των κερδών της επιχείρησης είναι 35%. Συνοπτικά ο χρηματοδοτικός χαρακτήρας των προτεινόμενων επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας φαίνεται στον πίνακα 3.36.

<b>Πίνακας 3.36: «Χαρακτήρας επιχειρηματικών σχεδίων»</b>	
Επιχορήγηση (%)	40%
Ίδια κεφάλαια (%)	40%
Δάνειο (%)	20%
	Όροι Δανεισμού
Επιτόκιο Δανεισμού	6%
Χρόνος αποπληρωμής δανείου	7
Επιτόκιο αναγωγής ιδίων κεφαλαίων	10%

Το κόστος επέκτασης του δικτύου μέσης τάσης, όπως είναι αυτό που υπάρχει στη Θάσο, ανέρχεται στα 18.000€/km, ενώ το κόστος κατασκευής υποσταθμού ανέρχεται στα 20.000€. Τα κόστη αυτά προέκυψαν κατόπιν συζητήσεων με στελέχη εταιρειών που δραστηριοποιούνται στο χώρο της ηλεκτροπαραγωγής. Ακολούθως υπολογίζεται το κόστος σύνδεσης με το δίκτυο, λαμβάνοντας την παραδοχή ότι η επιχείρηση αναλαμβάνει σε συνεργασία με τη Δ.Ε.Η. την επέκταση του δικτύου, οπότε η επιχείρηση επιβαρύνεται με το 50% του κόστους επέκτασης του δικτύου. Για το λόγο ότι το κόστος δικτύου καλύπτεται κατά 50% από τη Δ.Ε.Η., δεν μπορεί να ενταχθεί στις επιλέξιμες δαπάνες για επιχορήγηση. Οπότε στις οικονομικές αναλύσεις των επενδύσεων που αναφέρονται ακολούθως, η επιδότηση είναι ποσοστό των επιλέξιμων δαπανών εκτός του κόστους δικτύου.

**Πίνακας 3.37: «Κόστος δικτύου»**

Απαιτούμενο δίκτυο (km)	15
Κόστος σύνδεσης με το δίκτυο (€/km)	18.000
Κόστος διασύνδεσης με ΔΕΗ 50% (€)	135.000

Για τις προτεινόμενες επενδύσεις προτείνεται η πώληση της περίσσειας της ηλεκτρικής ενέργειας και της ισχύος στη Δ.Ε.Η.. Συγκεκριμένα, η εταιρεία θα εγκαταστήσει μονάδες ηλεκτροπαραγωγής ώστε να καλύψει τις ανάγκες της και την περίσσεια θα δίνει στο σύστημα, οπότε η τιμολόγηση των αντίστοιχων μεγεθών αναφέρεται στο τιμολόγιο των αυτοπαραγωγών. Επισημαίνεται ότι η Θάσος δεν ανήκει στο διασυνδεδεμένο σύστημα και οι τρέχουσες ενεργειακές της ανάγκες καλύπτονται από μονάδα ηλεκτροπαραγωγής με πετρέλαιο της Δ.Ε.Η.. Οι τιμές μονάδας για την ηλεκτρική ενέργεια και ισχύ για αυτοπαραγωγούς σύμφωνα με τα τιμολόγια της Δ.Ε.Η. είναι 0,06201 €/kWh για ενέργεια που παράγεται από Α.Π.Ε. (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) και 0,05315€/kWh από σύστημα συμπαραγωγής με βιομάζα, ενώ η ισχύς για νησιά που δεν ανήκουν στο διασυνδεδεμένο σύστημα δεν αγοράζεται από τη Δ.Ε.Η. [Δ.Ε.Η., 2003].

Επιπλέον μελετώνται δύο σενάρια τα οποία αφορούν τη διαθεσιμότητα της υφιστάμενης μονάδας. Το λατομείο λειτουργεί 10 μήνες το έτος, ενώ με την εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης προσδοκάται παράλληλα η αύξηση της διαθεσιμότητας του λατομείου και η λειτουργία του για 12 μήνες το έτος. Έτσι λοιπόν για κάθε περίπτωση λαμβάνεται μέριμνα για την εξασφάλιση του απαιτούμενου νερού στην επιθυμητή θερμοκρασία. Στις παρακάτω οικονομικές αναλύσεις αξιολογούνται οι επενδύσεις τόσο για 10μηνη όσο και για 12μηνη λειτουργία του λατομείου.

### **3.1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Η επιλογή των παραμέτρων σχεδιασμού του προτεινόμενου συστήματος συμπαραγωγής αποτελούν αποτέλεσμα συγκερασμού της βιβλιογραφικής αναζήτησης για αντίστοιχες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με βιομάζα [Siemons, 2001], [Bridgewater, 1995a], [Bridgewater, 1995β], [Barker et al 1996], [Badr and Panopoulos, 2000] και μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης στον Ελλαδικό χώρο [ΥΠ.ΑΝ., 2002], [Altener].

#### **➔ Πάγιο κόστος**

Το ανώτερο επιδοτούμενο πάγιο κόστος για την εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών στοιχείων σύμφωνα με τον Οδηγό Ενεργειακών Επενδύσεων του Ε.Π.Α.Ν. είναι 1.600€/kW<sub>e</sub>, οπότε για τη δεδομένη εφαρμογή είναι 1.600.000€. Το συνολικό λοιπόν πάγιο κόστος το οποίο περιλαμβάνει και το κόστος δικτύου ανέρχεται στα 1.755.000€. Σύμφωνα με το χαρακτήρα του επενδυτικού σχεδίου που προτείνεται, η συμμετοχή των ιδίων κεφαλαίων ανέρχεται στο 40% του συνολικού προϋπολογισμού, οπότε για τη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 702.000€. Η επιχορήγηση για επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας καλύπτει το 40% του επιλέξιμου κόστους (1.600€/kW<sub>e</sub>) που στην προκειμένη περίπτωση είναι 640.000€. Το ποσό του δανείου είναι το υπόλοιπο και ανέρχεται στα 413.000€.

**Πίνακας 3.38 : «Ανάλυση παγίου κόστους μονάδας συμπαραγωγής με βιομάζα»**

	% επί επιλέξιμου	€
Επιχορήγηση	40,0%	640.000
Ίδια κεφάλαια	40,0%	702.000
Δάνειο	20,0%	413.000
<i>Σύνολο επένδυσης</i>	<i>100%</i>	<i>1.755.000</i>

### ➤ **Ανάλυση λειτουργίας**

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται οι βασικές οικονομικές παράμετροι λειτουργίας της εγκατάστασης (έσοδα – δαπάνες) σε ετήσια βάση.

#### ✓ **Ετήσια έσοδα λειτουργίας**

Τα ετήσια έσοδα της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας προέρχονται από την πώληση της περίσσειας της ηλεκτρικής ενέργειας στη Δ.Ε.Η.. Η τιμή με την οποία η Δ.Ε.Η. αγοράζει την περίσσεια της ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες αυτοπαραγωγής με σύστημα συμπαραγωγής από Α.Π.Ε. (βιομάζα) σύμφωνα με το τιμολόγιο της Δ.Ε.Η. που ισχύει από 1/9/2003 είναι 0,05315€/kWh. Λαμβάνεται η παραδοχή ότι η Δ.Ε.Η. απορροφά όλη την ενέργεια που διαθέτει προς πώληση η μονάδα, συνεπώς τα ετήσια έσοδα ανέρχονται στα 361.971€, για 10μηνη λειτουργία του λατομείου και στα 353.072€ για 12μηνη λειτουργία του λατομείου.

#### ✓ **Ετήσιες δαπάνες λειτουργίας**

Οι σημαντικότερες δαπάνες που επιβαρύνουν τη λειτουργία της εγκατάστασης οφείλονται στις παραμέτρους που αναφέρονται ακολούθως,

- **Κόστος συλλογής και μεταφοράς βιομάζας**

Σύμφωνα με σχετική έρευνα και συζητήσεις με ελαιοπαραγωγούς και ιδιοκτήτες ελαιοτριβείων στη Θάσο το μοναδιαίο κόστος συλλογής και μεταφοράς της πρώτης ύλης (βιομάζας) κυμαίνεται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα, της τάξεως των 29,3 €/t συνολικά. Εκτιμάται δε ότι δεν αναμένεται σημαντική αλλαγή στο εν λόγω καθεστώς τιμολόγησης για το άμεσο μέλλον. Επειδή δε στην εγκατάσταση θα προσέρχονται περί τους 6.052t βιομάζας ετησίως, η ετήσια δαπάνη για την εξασφάλιση της πρώτης ύλης θα κυμαίνεται περί τα 177.317€ ετησίως.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι η εξασφάλιση της συγκεκριμένης τιμής αγοράς της πρώτης ύλης μπορεί να γίνει με τη σύναψη πολυετών συμβολαίων με τους παραγωγούς (π.χ. ελαιοτριβεία) για την παροχή συγκεκριμένων ποσοτήτων ετησίως.

- *Λειτουργία και συντήρηση εγκατάστασης*

Κατά τα πρώτα έτη λειτουργίας της εγκατάστασης οι δαπάνες για τη συντήρηση των μηχανημάτων θα είναι αμελητέες και θα αυξάνονται γραμμικά με την πάροδο των ετών. Επίσης, οι δαπάνες για την αγορά αναλώσιμων είναι περιορισμένες. Η βιομάζα όμως είναι ένα υλικό με σχετικά υψηλά περιεχόμενα υγρασίας, απαιτεί προσεκτικό χειρισμό και λόγω των παραπροϊόντων της χρειάζεται τακτική συντήρηση του εξοπλισμού. Κατόπιν τούτων, λαμβάνεται η ρεαλιστική εκτίμηση ότι το σχετικό ετήσιο κόστος κατά μέσο όρο θα ανέρχεται περί το 4% επί του παγίου κόστους, οπότε σε απόλυτο νούμερο το κόστος λοιπόν θα είναι 70.200 €.

- *Οργανωτικές δαπάνες*

Οι οργανωτικές δαπάνες οφείλονται κατά κύριο λόγο στην οικονομική επιβάρυνση του φορέα λειτουργίας της επένδυσης για την πληρωμή των εργατωρών. Το σχετικό κόστος δε θα αγγίζει το 3,7% επί του παγίου κόστους ετησίως. Στην εγκατάσταση αναμένεται να απασχοληθούν συνολικά 3 άτομα ανειδίκευτο εργατικό προσωπικό και 1 άτομο επιστημονικό προσωπικό. Το προσωπικό της μονάδας της συμπαραγωγής μπορεί να απασχολείται παράλληλα και στο λατομείο, εφόσον η διεργασία είναι τυποποιημένη και οι δύο εγκαταστάσεις είναι στον ίδιο χώρο. Έτσι η επιχείρηση αναλαμβάνει την εκπαίδευση των ατόμων που προορίζει να χρησιμοποιηθούν και για τη συμπαραγωγή. Κατόπιν τούτων, το εργατικό κόστος επιμερίζεται στα δύο και μόνο το 50% αναλαμβάνει να καλύψει η συμπαραγωγή. Το κόστος λοιπόν θα ανέρχεται σε 32.248€.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το σύνολο των ετήσιων εξόδων για τη λειτουργία της εγκατάστασης θα κυμαίνονται περί τα 279.765€, όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 3.39: «Ανάλυση λειτουργίας συστήματος συμπαραγωγής με βιομάζα»**

<b>Υπολογισμός Παγίου Κόστους</b>	
Κόστος ανά kW <sub>e</sub> (€)	1.600
Πάγιο Κόστος (€)	1.600.000
Κόστος δικτύου (€)	155.000
Συνολικό πάγιο κόστος (€)	1.755.000
<b>Υπολογισμός Ετησίου Λειτουργικού Κόστους</b>	
Μοναδιαίο κόστος συλλογής και μεταφοράς βιομάζας (€/t)	29,3
Κόστος συλλογής και μεταφοράς βιομάζας (€)	177.317
Συντήρηση - Αναλώσιμα (επί το πάγιο κόστος) (%)	4,0%
Συντήρηση - Αναλώσιμα (€)	70.200
Εργατικές δαπάνες (επί το πάγιο κόστος) (%)	1,8%
Εργατικές δαπάνες (€)	32.248
Σύνολο ετησίων δαπανών (€)	279.765



**Πίνακας 3.39: «Ανάλυση λειτουργίας συστήματος συμπαραγωγής με βιομάζα»**

	<b>10 μήνες*</b>	<b>12 μήνες*</b>
Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)	361.971	353.072

\*Αναφέρεται στη διαθεσιμότητα του λατομείου και όχι της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας

**Πίνακας 3.40: «Χρηματοοικονομική αξιολόγηση επένδυσης συμπαραγωγής με βιομάζα»**

	10 μήνες	12 μήνες
Καθαρή Παρούσα Αξία 10ετίας	-563.293	-620.003
IRR 10ετίας	-12,2%	-
Λόγος κόστους/οφέλους	0,58	0,55
Καθαρή Παρούσα Αξία 20ετίας	-397.217	-471.904
IRR 20ετίας	0,83%	-0,66%
Λόγος κόστους/οφέλους	0,65	0,61
Χρόνος αποπληρωμής ιδίων κεφαλαίων	-	-

Η καθαρή παρούσα αξία είναι αρνητική τόσο για 10μηνη όσο και για 12μηνη λειτουργία του λατομείου για τα δέκα πρώτα έτη αλλά και για το σύνολο του χρόνου ζωής της εγκατάστασης και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι αντίστοιχα αρνητικός ή και μηδενικός, ενώ ο λόγος κόστους/οφέλους είναι μικρότερος της μονάδας. Επιπλέον, δεν γίνεται αποπληρωμή των ιδίων κεφαλαίων. Συνεπώς, σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 3.40 το εγχείρημα της εγκατάστασης συμπαραγωγής με βιομάζα δεν είναι οικονομικά αποδοτικό. Τα διαγράμματα της οικονομικής ανάλυσης φαίνονται για τη 10μηνη και 12μηνη διαθεσιμότητα του λατομείου στο Παράρτημα IV.

### **3.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ**

Η οικονομικότητα φ/β συστημάτων σε σύνδεση με το δίκτυο προσδιορίζεται από τα εξής στοιχεία:

- ✓ Κόστος φ/β μονάδων
- ✓ Κόστος σύνδεσης των μονάδων
- ✓ Κόστος καλωδίωσης και διακοπών
- ✓ Κόστος αντισταθμιστών φορτίου
- ✓ Κόστος μετατροπών
- ✓ Κόστος συσσωρευτών
- ✓ Λειτουργικό κόστος [Μπαλτάς, 2001]

Τα στοιχεία κόστους για την εν λόγω επένδυση αποτελούν αποτέλεσμα συγκερασμού βιβλιογραφικής ανασκόπησης [Thermie, 2000] και μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης στον Ελλαδικό χώρο [ΥΠ.ΑΝ., 2002], [Altener II].

## ➤ Πάγιο κόστος

Το ανώτερο επιδοτούμενο πάγιο κόστος για την εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών στοιχείων σύμφωνα με τον Οδηγό Ενεργειακών Επενδύσεων του Ε.Π.Α.Ν. είναι 8.800€/kW<sub>e</sub>, οπότε για τη δεδομένη εφαρμογή είναι 30.682.667€. Το συνολικό λοιπόν πάγιο κόστος το οποίο περιλαμβάνει και το κόστος δικτύου ανέρχεται στα 30.837.667€. Σύμφωνα με το χαρακτήρα του επενδυτικού σχεδίου που προτείνεται, η συμμετοχή των ιδίων κεφαλαίων ανέρχεται στο 40% του συνολικού προϋπολογισμού, οπότε για τη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 12.335.067€. Η επιχορήγηση για επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας καλύπτει το 40% του επιλέξιμου κόστους (8.800€/kW<sub>e</sub>) που στην προκειμένη περίπτωση είναι 12.273.067€. Το ποσό του δανείου είναι το υπόλοιπο και ανέρχεται στα 6.229.533€.

**Πίνακας 3.41 : «Ανάλυση παγίου κόστους συστοιχίας φωτοβολταϊκών πλαισίων»**

	% επί επιλέξιμου	€
Επιχορήγηση	40,0%	12.273.067
Ίδια κεφάλαια	40,0%	12.335.067
Δάνειο	20,0%	6.229.533
<i>Σύνολο επένδυσης</i>	<i>100%</i>	<i>30.837.667</i>

## ➤ Ανάλυση λειτουργίας

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται οι βασικές οικονομικές παράμετροι λειτουργίας της εγκατάστασης (έσοδα – δαπάνες) σε ετήσια βάση.

### ✓ *Ετήσια έσοδα λειτουργίας*

Τα ετήσια έσοδα της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας προέρχονται από την πώληση της περίσσειας της ηλεκτρικής ενέργειας στη Δ.Ε.Η.. Η τιμή με την οποία η Δ.Ε.Η. αγοράζει την περίσσεια της ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες αυτοπαραγωγής σύμφωνα με το τιμολόγιο της Δ.Ε.Η. που ισχύουν από 1/9/2003 είναι 0,06201€/kWh. Λαμβάνεται η παραδοχή ότι η Δ.Ε.Η. απορροφά όλη την ενέργεια που διαθέτει προς πώληση η μονάδα, συνεπώς τα ετήσια έσοδα ανέρχονται στα 1.693.396€, για 10μηνη λειτουργία του λατομείου και στα 1.678.948€ για 12μηνη λειτουργία του λατομείου.

### ✓ *Ετήσιες δαπάνες λειτουργίας*

Οι σημαντικότερες δαπάνες που επιβαρύνουν τη λειτουργία της εγκατάστασης οφείλονται στις παραμέτρους που αναφέρονται ακολούθως.

#### ▪ *Λειτουργία και συντήρηση εγκατάστασης*

Κατά τα πρώτα έτη λειτουργίας της εγκατάστασης οι δαπάνες για τη συντήρηση των μηχανημάτων θα είναι αμελητέες και θα αυξάνονται γραμμικά με την πάροδο των ετών. Επίσης, οι δαπάνες για την αγορά αναλώσιμων είναι περιορισμένες. Κατόπιν τούτων και σύμφωνα και με βιβλιογραφικές αναφορές [Μπαλτάς, 2001], [Altener II] λαμβάνεται η ρεαλιστική εκτίμηση ότι το σχετικό ετήσιο κόστος κατά μέσο όρο θα ανέρχεται περί το 1% επί του παγίου κόστους. Το κόστος λοιπόν θα είναι 306.827€ ετησίως.

Τα οικονομικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου εγχειρήματος συνοψίζονται στον πίνακα 3.42.

<b>Πίνακας 3.42: «Ανάλυση λειτουργίας συστήματος φωτοβολταϊκών στοιχείων»</b>		
<b>Υπολογισμός Παγίου Κόστους</b>		
Κόστος ανά kW <sub>e</sub> (€)		8.800
Πάγιο Κόστος (€)		30.682.667
Κόστος δικτύου (€)		155.000
Συνολικό πάγιο κόστος (€)		30.837.667
<b>Υπολογισμός Ετησίου Λειτουργικού Κόστους</b>		
Συντήρηση - Αναλώσιμα (επί το πάγιο κόστος) (%)		1%
Συντήρηση - Αναλώσιμα (€)		306.827
Σύνολο ετησίων δαπανών (€)		306.827
<b>Υπολογισμός ετήσιων κερδών</b>		
	<b>10 μήνες*</b>	<b>12 μήνες*</b>
Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)	1.693.396	1.678.948
*Αναφέρεται στη διαθεσιμότητα του λατομείου και όχι της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας		

Κατά την οικονομική ανάλυση του εγχειρήματος προέκυψε ότι πρόκειται για μία αντιοικονομική επένδυση, εξαιτίας του υψηλού παγίου κόστους που απαιτείται για την αγορά και εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Είναι γεγονός ότι η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών πλαισίων πρόκειται για τις πλέον ακριβές και ασύμφωτες. Η χρήση τους, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [Μπαλτάς, 2001], [Altener II] είναι οικονομικά ανταγωνιστική και ενδείκνυται για χαμηλές καταναλώσεις (έως 100Wh περίπου ημερησίως) μικρής κλίμακας και για περιπτώσεις αυτόνομων συστημάτων, ενώ για ζήτηση από 100Wh έως 10kWh ανά ημέρα έχουν το ίδιο κόστος με τις ανεμογεννήτριες.

<b>Πίνακας 3.43: «Χρηματοοικονομική αξιολόγηση επένδυσης φωτοβολταϊκών πλαισίων»</b>		
	10 μήνες	12 μήνες
Καθαρή Παρούσα Αξία 10ετίας	-9.308.562	-9.400.636
IRR 10ετίας	-11,23%	-11,48%
Λόγος κόστους/οφέλους	0,70	0,70
Καθαρή Παρούσα Αξία 20ετίας	-6.507.354	-6.628.617
IRR 20ετίας	1,09%	0,95%
Λόγος κόστους/οφέλους	0,79	0,79
Χρόνος αποπληρωμής ιδίων κεφαλαίων	-	-

Η καθαρή παρούσα αξία είναι αρνητική τόσο για 10μηνη όσο και για 12μηνη λειτουργία του λατομείου για τα δέκα πρώτα έτη αλλά και για το σύνολο του χρόνου ζωής της εγκατάστασης, ενώ αντίστοιχα ο λόγος κόστους/οφέλους είναι μικρότερος της μονάδας και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης αρνητικός για τα 10 πρώτα έτη και περί το 1% για την 20ετία ανεξάρτητα της διαθεσιμότητας. Επιπλέον, δεν γίνεται αποπληρωμή των ιδίων κεφαλαίων. Συνεπώς, σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 3.43 το εγχείρημα της εγκατάστασης συστοιχίας φωτοβολταϊκών πλαισίων δεν είναι οικονομικά αποδοτικό εφόσον. Τα διαγράμματα της οικονομικής ανάλυσης φαίνονται για τη 10μηνη και 12μηνη διαθεσιμότητα του λατομείου στο Παράρτημα IV.

### 3.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Τα οικονομικά στοιχεία σύμφωνα με τα οποία έλαβε χώρα η ανάλυση της εν λόγω επένδυσης, στηρίζονται σε βιβλιογραφική ανασκόπηση [European Commission] και σε μελέτες της ελληνικής πραγματικότητας [ΥΠ.ΑΝ., 2002], [Altener II].

#### ⇒ Πάγιο κόστος

Το ανώτερο επιδοτούμενο πάγιο κόστος για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών σύμφωνα με τον Οδηγό Ενεργειακών Επενδύσεων του Ε.Π.Α.Ν. είναι 900€/kW<sub>e</sub>, οπότε για τη δεδομένη εφαρμογή είναι 1.620.000€. Το συνολικό λοιπόν πάγιο κόστος το οποίο περιλαμβάνει και το κόστος δικτύου ανέρχεται στα 1.775.000€. Σύμφωνα με το χαρακτήρα του επενδυτικού σχεδίου που προτείνεται, η συμμετοχή των ιδίων κεφαλαίων ανέρχεται στο 40% του συνολικού προϋπολογισμού, οπότε για τη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 710.000€. Η επιχορήγηση καλύπτει το 40% του επιλέξιμου παγίου κόστους (900€/kW<sub>e</sub>), οπότε σε απόλυτο νούμερο είναι 648.000€. Το ποσό του δανείου είναι το υπόλοιπο και ανέρχεται στα 417.500€.

	% επί επιλέξιμου	€
Επιχορήγηση	40,0%	648.000
Ίδια κεφάλαια	30,0%	710.000
Δάνειο	30,0%	417.000
<i>Σύνολο επένδυσης</i>	<i>100%</i>	<i>1.775.000</i>

#### ⇒ Ανάλυση λειτουργίας

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται οι βασικές οικονομικές παράμετροι λειτουργίας της εγκατάστασης (έσοδα – δαπάνες) σε ετήσια βάση.

##### ✓ *Ετήσια έσοδα λειτουργίας*

Τα ετήσια έσοδα της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας προέρχονται από την πώληση της περίσσειας της ηλεκτρικής ενέργειας στη Δ.Ε.Η.. Η τιμή με την οποία η Δ.Ε.Η. αγοράζει την περίσσεια της ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες αυτοπαραγωγής σύμφωνα με το τιμολόγιο της Δ.Ε.Η. που ισχύει από 1/9/2003 είναι 0,06201€/kWh. Λαμβάνεται η παραδοχή ότι η Δ.Ε.Η. απορροφά όλη την ενέργεια που διαθέτει προς πώληση η μονάδα, όπως και για τη μονάδα της συμπαραγωγής αλλά και στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών. Συνεπώς τα ετήσια έσοδα ανέρχονται στα 218.396€, για 10μηνη λειτουργία του λατομείου και στα 203.948€ για 12μηνη λειτουργία του λατομείου.

##### ✓ *Ετήσιες δαπάνες λειτουργίας*

Οι σημαντικότερες δαπάνες που επιβαρύνουν τη λειτουργία της εγκατάστασης οφείλονται στις παραμέτρους που αναφέρονται ακολούθως.

- *Λειτουργία και συντήρηση εγκατάστασης*

Κατά τα πρώτα έτη λειτουργίας της εγκατάστασης οι δαπάνες για τη συντήρηση των μηχανημάτων θα είναι αμελητέες και θα αυξάνονται γραμμικά με την πάροδο των ετών. Επίσης, οι δαπάνες για την αγορά αναλώσιμων είναι περιορισμένες. Κατόπιν τούτων λαμβάνεται η ρεαλιστική εκτίμηση ότι το σχετικό ετήσιο κόστος κατά μέσο όρο θα ανέρχεται περί το 2% επί του παγίου κόστους. Το κόστος λοιπόν θα είναι 35.500€ ετησίως.

<b>Πίνακας 3.45: «Ανάλυση λειτουργίας αιολικού πάρκου»</b>		
<b>Υπολογισμός Παγίου Κόστους</b>		
Κόστος ανά kW <sub>e</sub> (€)	900	
Πάγιο Κόστος (€)	1.620.000	
Κόστος δικτύου (€)	155.000	
Συνολικό πάγιο κόστος (€)	1.775.000	
<b>Υπολογισμός Ετησίου Λειτουργικού Κόστους</b>		
Συντήρηση - Αναλώσιμα (επί το πάγιο κόστος) (%)	2%	
Συντήρηση - Αναλώσιμα (€)	35.500	
Σύνολο ετησίων δαπανών (€)	35.500	
<b>Υπολογισμός ετήσιων κερδών</b>		
	<b>10 μήνες*</b>	<b>12 μήνες*</b>
Ετήσια εξοικονόμηση χρημάτων (€)	218.396	203.948
*Αναφέρεται στη διαθεσιμότητα του λατομείου και όχι της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας		

Η καθαρή παρούσα αξία και ο εσωτερικός ρυθμός επιστροφής για τα πρώτα 10 έτη και για την εικοσαετία έχουν ως εξής:

<b>Πίνακας 3.46: «Χρηματοοικονομική αξιολόγηση επένδυσης αιολικού πάρκου»</b>		
	10 μήνες	12 μήνες
Καθαρή Παρούσα Αξία 10ετίας (€)	-301.203	-364.218
IRR 10ετίας (%)	-0,95%	-3,04%
Λόγος κόστους/οφέλους	0,83	0,79
Καθαρή Παρούσα Αξία 20ετίας (€)	68.291	-23.912
IRR 20ετίας (%)	8,99%	7,65%
Λόγος κόστους/οφέλους	1,04	0,99
Χρόνος αποπληρωμής ιδίων κεφαλαίων	17,5	-

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 3.46 το εγχείρημα της εγκατάστασης αιολικού πάρκου έχει πολύ χαμηλή απόδοση τόσο για 10μηνη, όσο και για 12μηνη λειτουργία του λατομείου. Συγκεκριμένα αναφορικά με την περίπτωση της 10μηνιας διαθεσιμότητας του λατομείου, για τα 10 πρώτα έτη της εγκατάστασης του αιολικού πάρκου, τόσο η καθαρή παρούσα αξία όσο και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι αρνητικά, ενώ ο λόγος κόστους/οφέλους είναι μικρότερος. Για τη συνολική διάρκεια ζωής της εγκατάστασης, η καθαρή παρούσα αξία γίνεται θετική, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης γίνεται ίσος με 8,99% και ο λόγος κόστους/οφέλους είναι οριακά μεγαλύτερος της μονάδας. Επιπλέον, η αποπληρωμή των ιδίων κεφαλαίων γίνεται οριακά μέσα στο χρόνο ζωής (17,5 έτη) της εγκατάστασης. Στην περίπτωση της 12μηνιας διαθεσιμότητας του λατομείου, για τα 10 πρώτα έτη τόσο η καθαρή παρούσα αξία όσο και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι αρνητικά και ο λόγος

κόστους/οφέλους μικρότερος της μονάδας. Για τη διάρκεια ζωής του έργου η καθαρή παρούσα αξία είναι αρνητική, ενώ ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης μειώνεται λίγο και πλέον ανέρχεται στο 7,65% και ο λόγος κόστους/οφέλους είναι περίπου ίσος με τη μονάδα (0,99). Τα διαγράμματα της οικονομικής ανάλυσης φαίνονται για τη 10μηνη και 12μηνη διαθεσιμότητα του λατομείου στο Παράρτημα IV.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

### ΕΙΚΟΝΕΣ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ



Εικόνα 1: Συρματοκοπή τύπου Alpha 840



Εικόνα 2: Συρματοκοπή τύπου VIP 910



Εικόνα 3: Συρματοκοπή τύπου Alpha 840



Εικόνα 4: Διατρητική μηχανή (τρύπανι) Pellegrini



Εικόνα 5: Γεννήτρια τύπου Dorman



Εικόνα 6: Γεννήτρια τύπου Perkins



**Εικόνα 7: Συμπιεστής αέρος τύπου Atlas Copco**



**Εικόνα 8: Συμπιεστής αέρος Ingersoll Rand**



**Εικόνα 9: Λαστιχοφόρος φορτωτής τύπου Caterpillar**



**Εικόνα 10: Λαστιχοφόρος φορτωτής τύπου Caterpillar**



**Εικόνα 11: Λαστιχοφόρος φορτωτής τύπου Caterpillar**



**Εικόνα 12: Ερπυστριφόρα τσάπα τύπου Liebherr**





**Εικόνα 13: Ερπιστριφόρα τσάπα τύπου Caterpillar**



**Εικόνα 14: Τετραξονικό φορτηγό**



**Εικόνα 15: Τετραξονικό φορτηγό**



**Εικόνα 16: Φορτηγό Tamper Terex**



**Εικόνα 17: Φορτηγό επιχείρησης**



**Εικόνα 18: Βαν μεταφοράς προσωπικού**



**Εικόνα 19: Δείγμα όγκων εξορυσσόμενου μαρμάρου**



**Εικόνα 20: Γενική άποψη λατομείου**



**Εικόνα 21: Άποψη ενεργειακής διάταξης λατομείου**



**Εικόνα 22: Άποψη ενεργειακής διάταξης λατομείου**



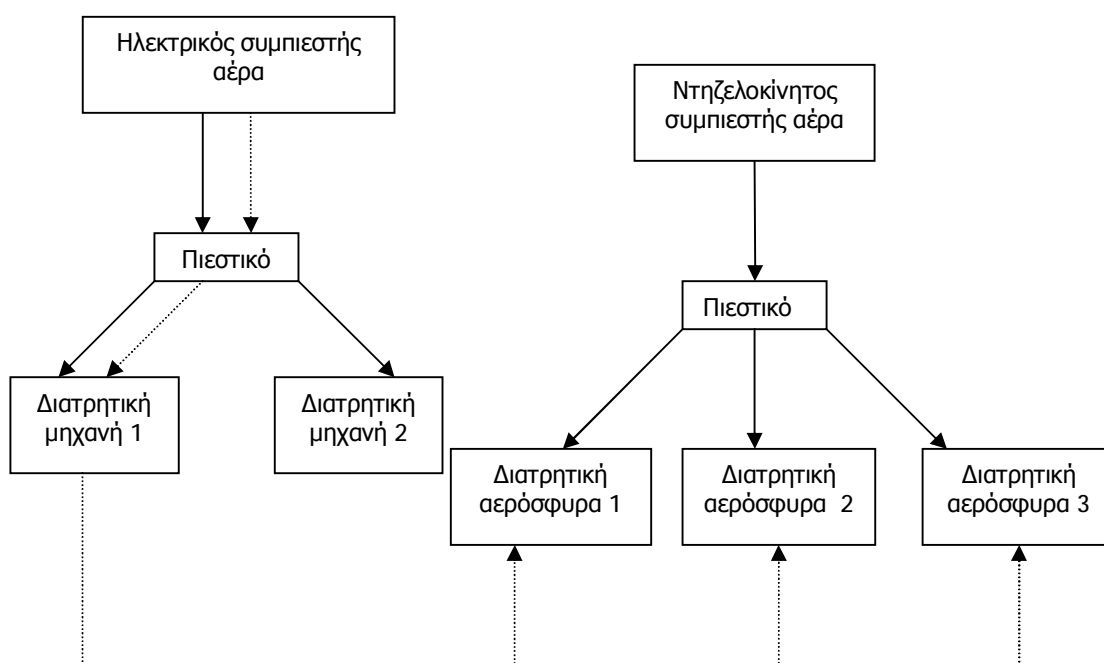
**Εικόνα 23: Άποψη ενεργειακής διάταξης λατομείου**



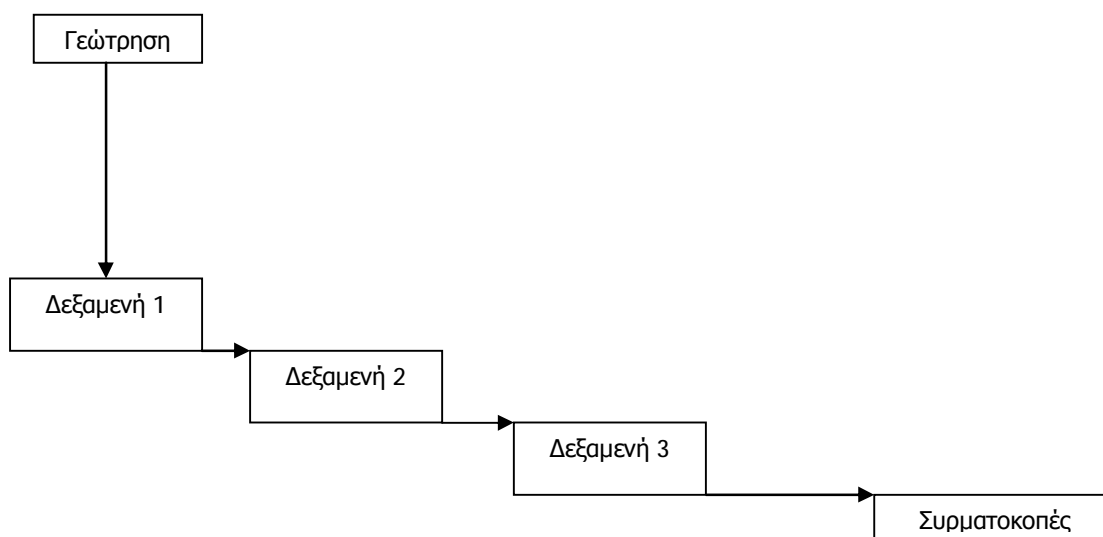
**Εικόνα 24: Άποψη ενεργειακής διάταξης λατομείου**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

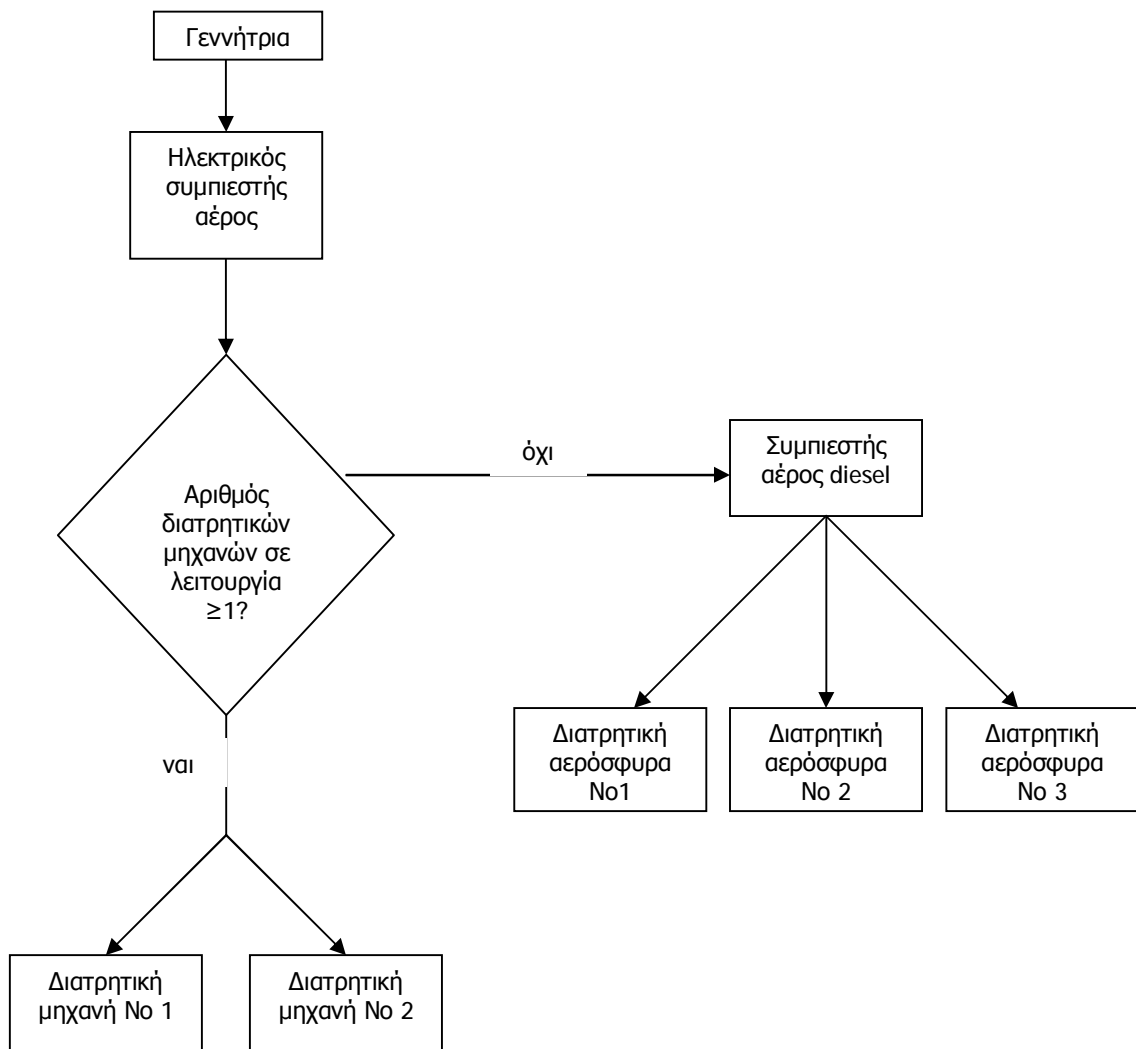
### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΡΟΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ



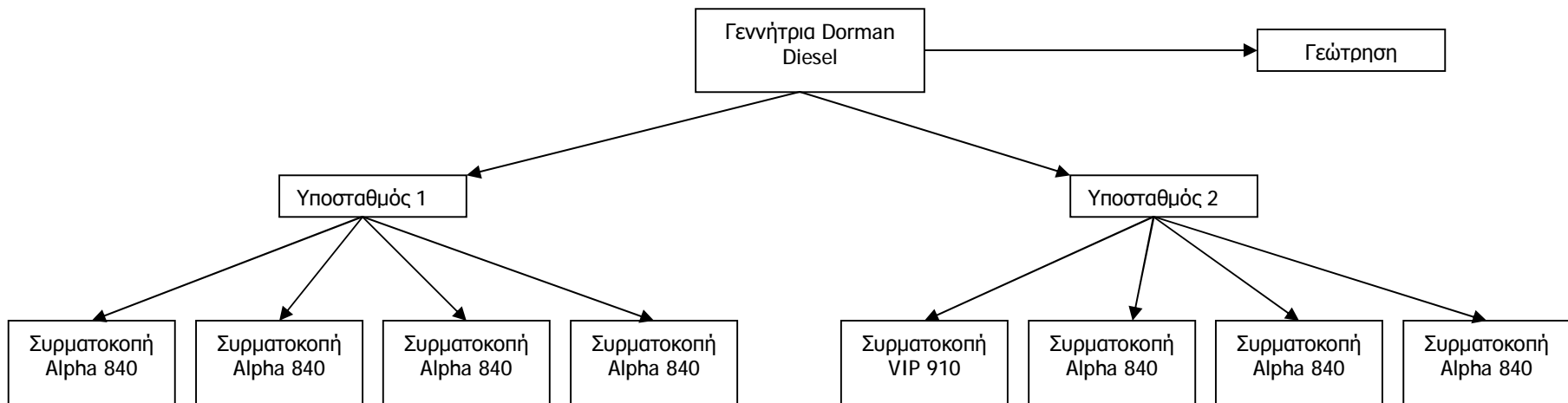
**Γράφημα Π.1: Διάγραμμα ροής κυκλώματος πεπιεσμένου αέρα**



**Γράφημα Π.2: Διάγραμμα ροής νερού**



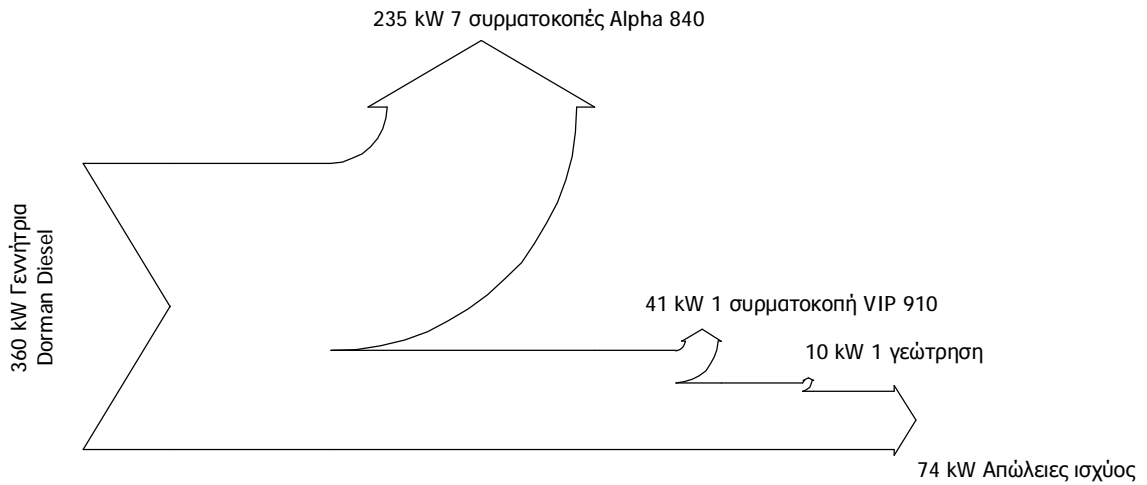
**Γράφημα Π.3: «Λογικό διάγραμμα ροής ηλεκτρικού κυκλώματος γεννήτριας Perkins»**



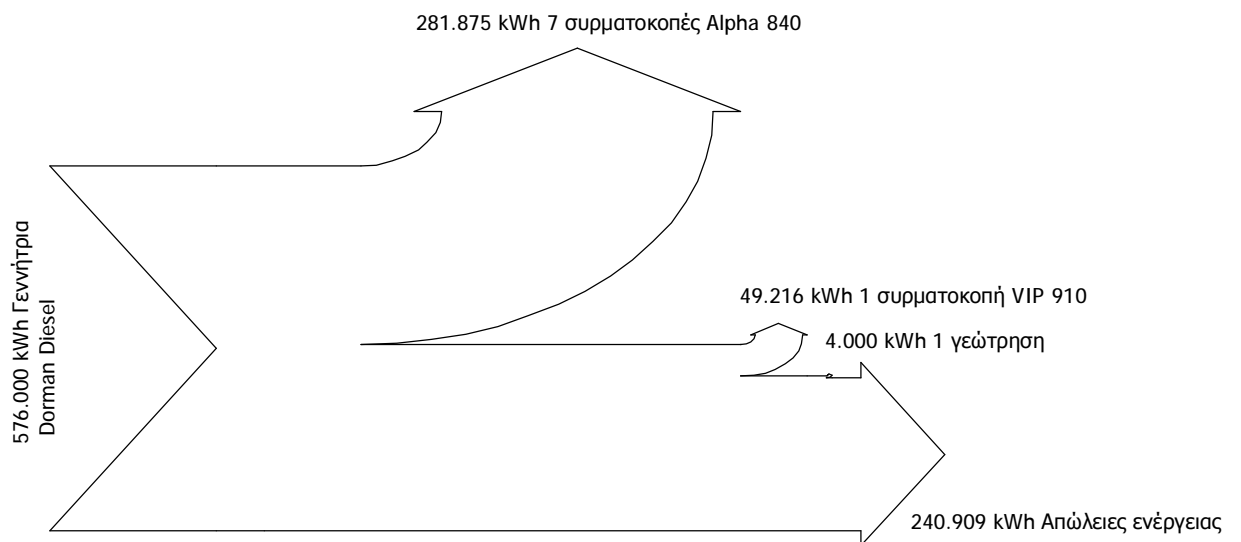
**Γράφημα Π.4: Διάγραμμα ροής ηλεκτρικού κυκλώματος**

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

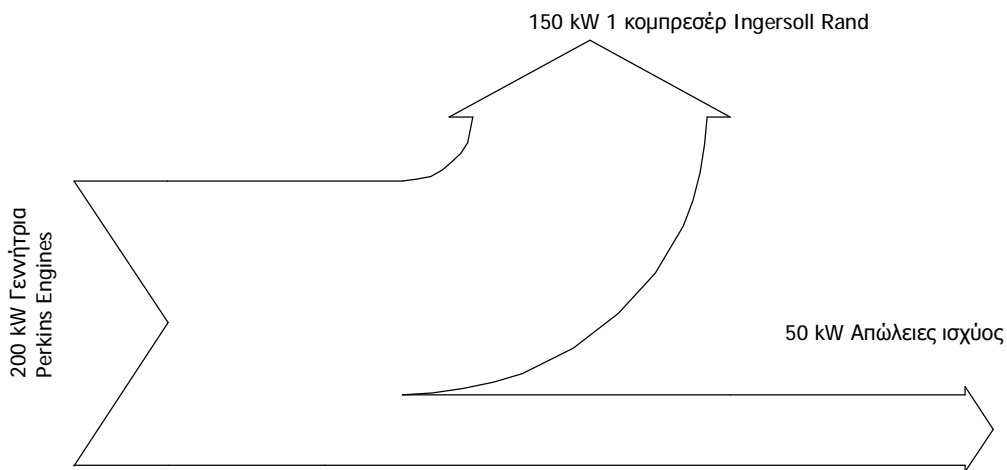
## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ SANKEY



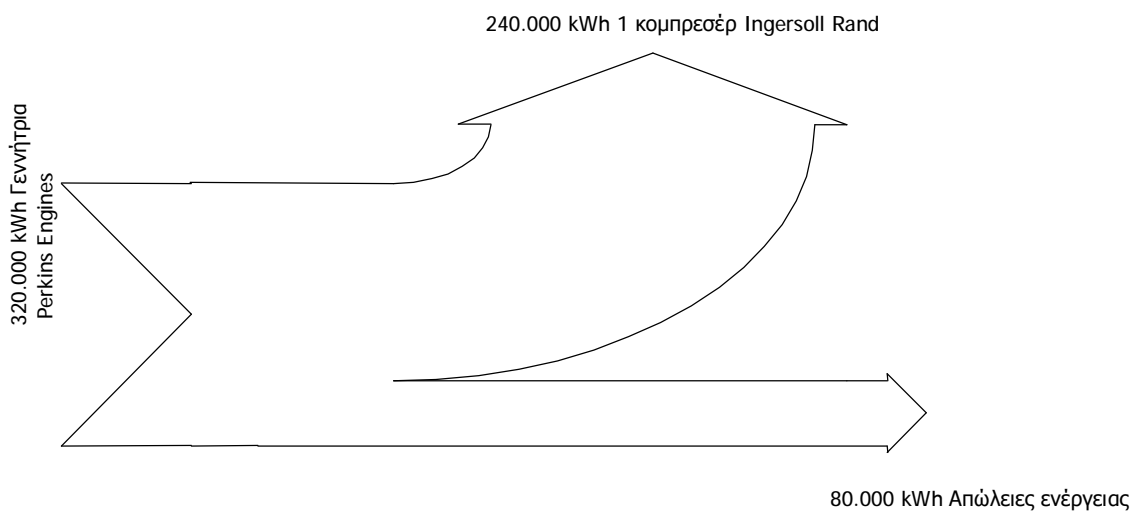
**Διάγραμμα Π.1: Sankey για τη ροή της ισχύος στο Κύκλωμα 1**



**Διάγραμμα Π.2: Sankey για τη ροή της ενέργειας στο Κύκλωμα 1**



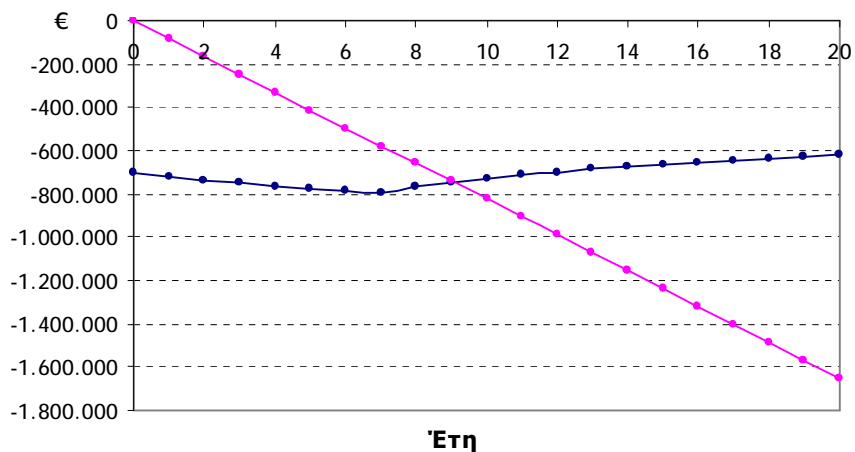
**Διάγραμμα Π.3: Sankey για τη ροή της ισχύος στο Κύκλωμα 2**



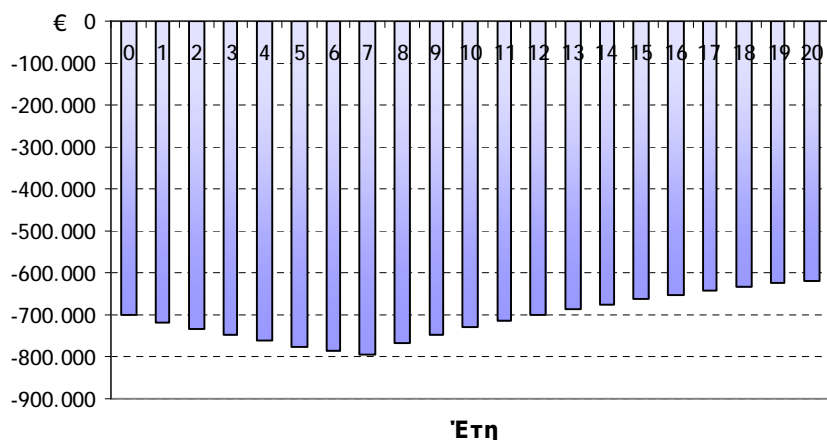
**Διάγραμμα Π.4: Sankey για τη ροή της ενέργειας στο Κύκλωμα 2**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV

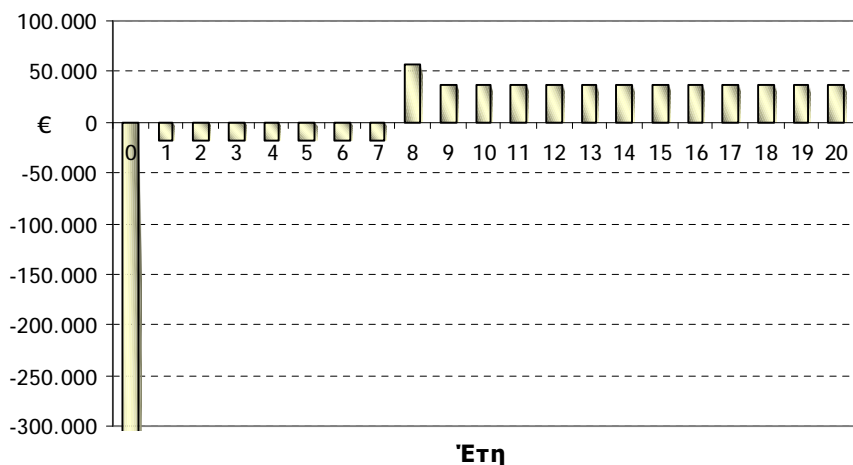
### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ



**Γράφημα Π.5: Συγκριτικό διάγραμμα αθροιστικών χρηματορρών επένδυσης συμπαγωγής και μηδενικής υπόθεσης για 10μηνη λειτουργία λατομείου**

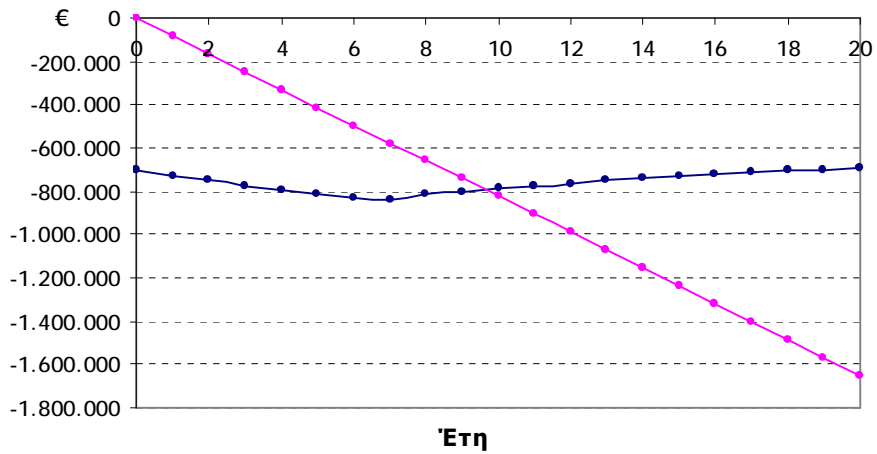


**Γράφημα Π.6: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορρών επένδυσης συμπαγωγής για 10μηνη λειτουργία λατομείου**

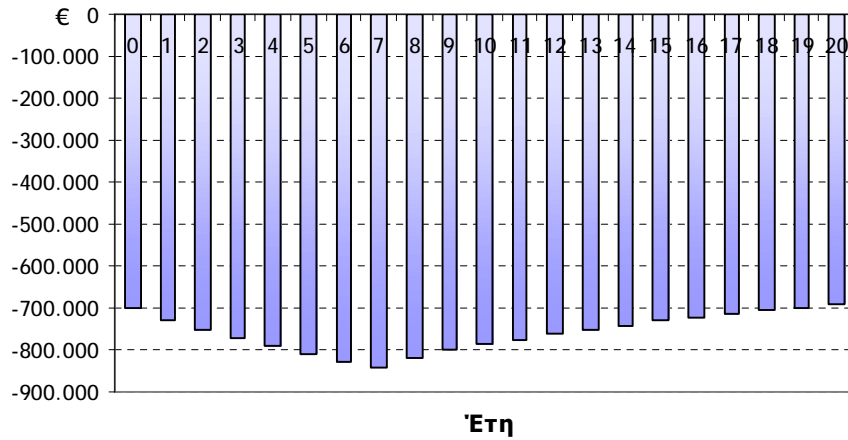


**Γράφημα Π.7: Διάγραμμα χρηματορρών επένδυσης συμπαγωγής για 10μηνη λειτουργία λατομείου**

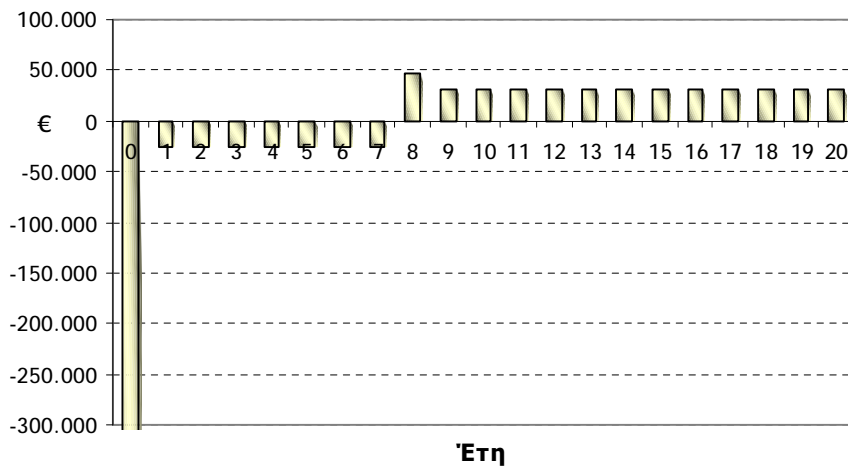




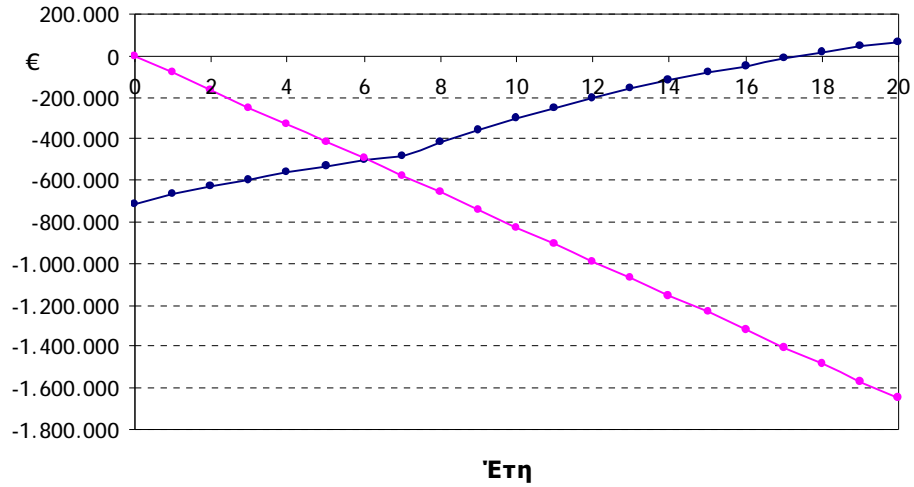
**Γράφημα Π.8: Συγκριτικό διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών επένδυσης συμπαράγωγής και μηδενικής υπόθεσης για 12μνη λειτουργία λατομείου**



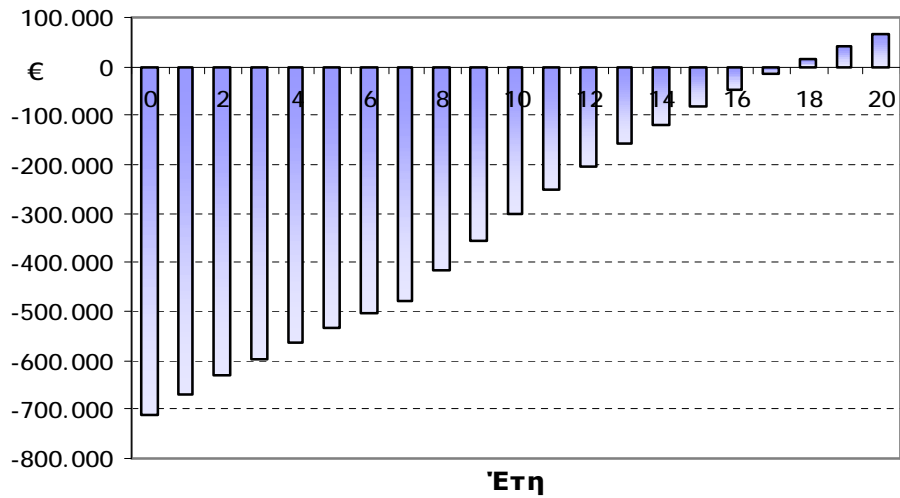
**Γράφημα Π.9: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών επένδυσης συμπαράγωγής για 12μνη λειτουργία λατομείου**



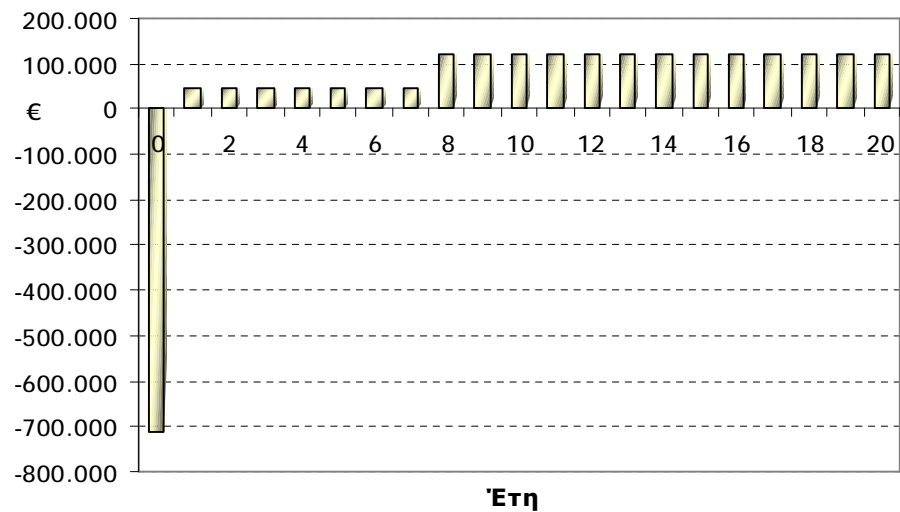
**Γράφημα Π.10: Διάγραμμα χρηματοροών επένδυσης συμπαράγωγής για 12μνη λειτουργία λατομείου**



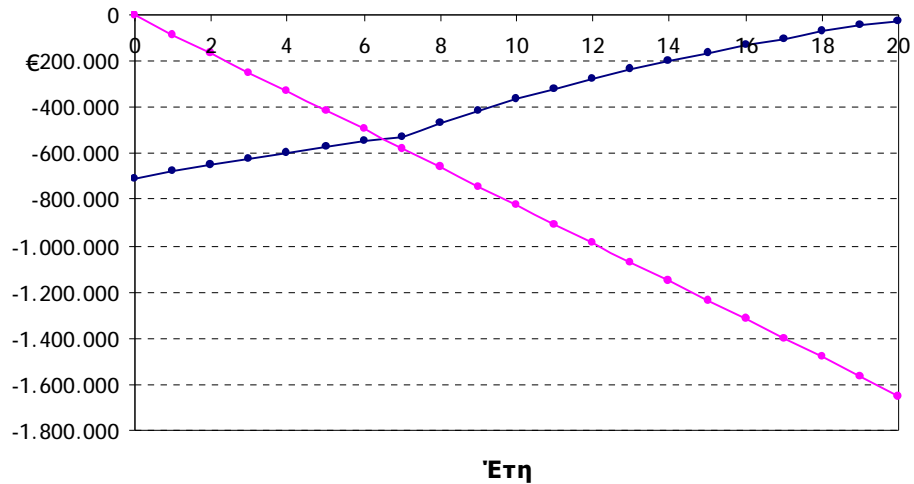
**Γράφημα Π.11: Συγκριτικό διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών επένδυσης αιολικού πάρκου και μηδενικής υπόθεσης για 10μηνη λειτουργία λατομείου**



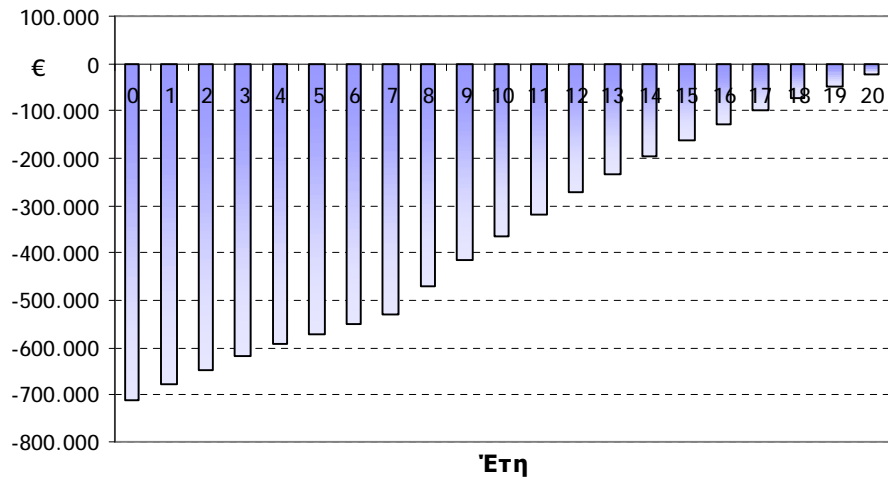
**Γράφημα Π.12: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών επένδυσης αιολικού πάρκου για 10μηνη λειτουργία λατομείου**



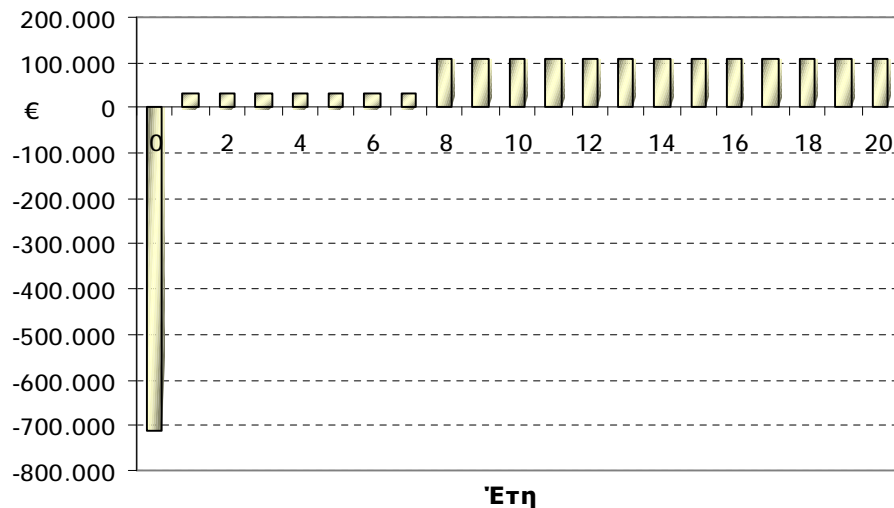
**Γράφημα Π.13: Διάγραμμα χρηματοροών επένδυσης αιολικού πάρκου για 10μηνη λειτουργία λατομείου**



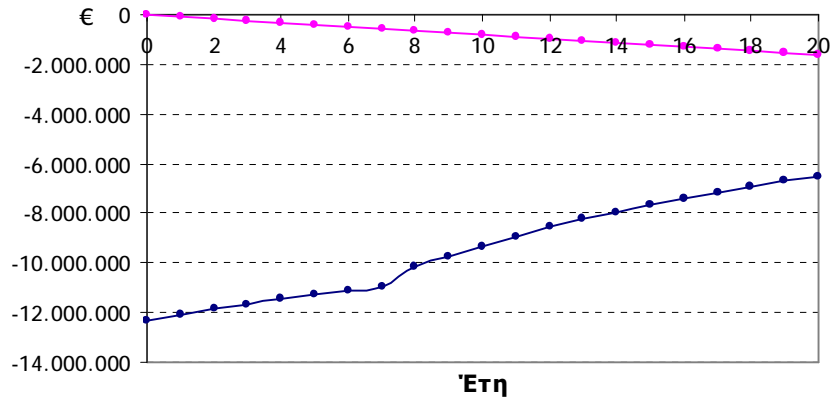
**Γράφημα Π.14: Συγκριτικό διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών επένδυσης αιολικού πάρκου για 12μηνη λειτουργία λατομείου**



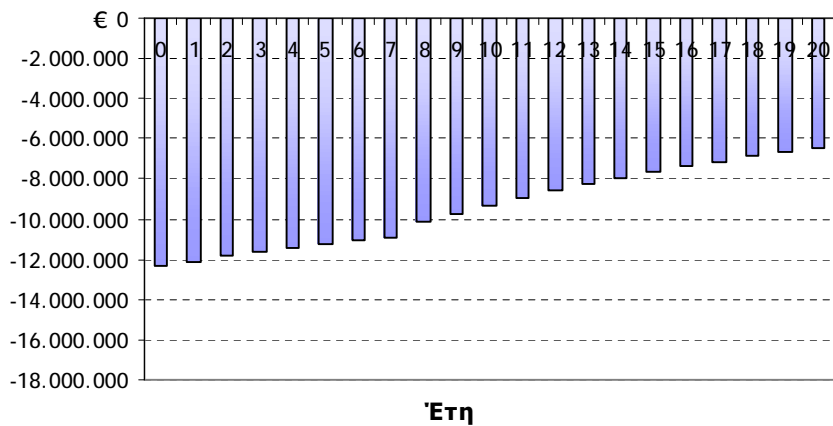
**Γράφημα Π.15: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών επένδυσης αιολικού πάρκου για 12μηνη λειτουργία λατομείου**



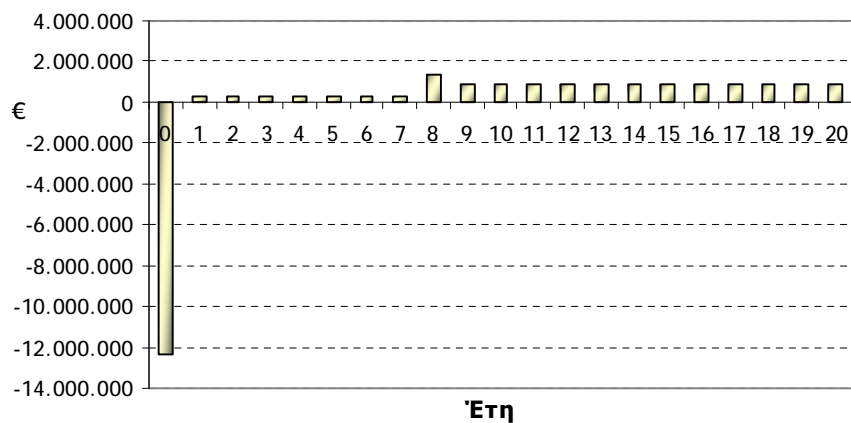
**Γράφημα Π.16: Διάγραμμα χρηματοροών επένδυσης αιολικού πάρκου για 12μηνη λειτουργία λατομείου**



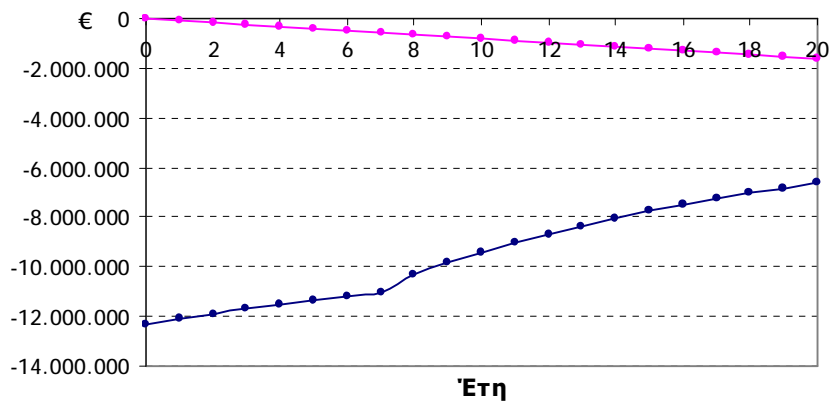
**Γράφημα Π.17: Συγκριτικό διάγραμμα χρηματορρών επένδυσης συστοιχίας φωτοβολταϊκών πλαισίων και μηδενικής υπόθεσης, για 10μηνη λειτουργία λατομείου**



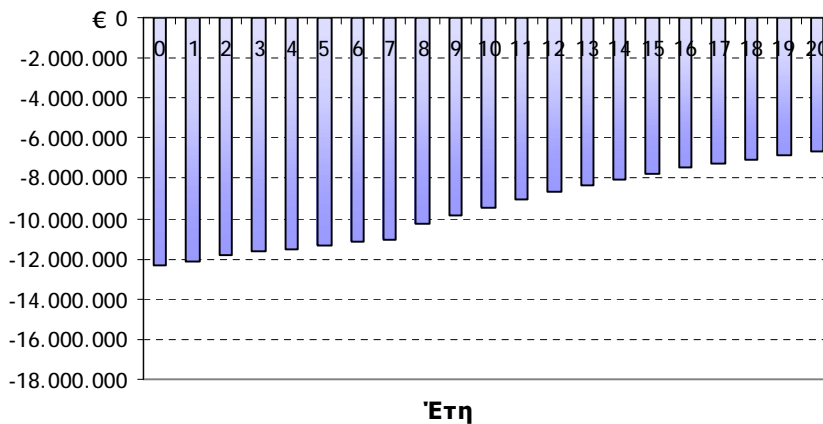
**Γράφημα Π.18: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματορρών επένδυσης συστοιχίας φωτοβολταϊκών πλαισίων για 10μηνη λειτουργία λατομείου**



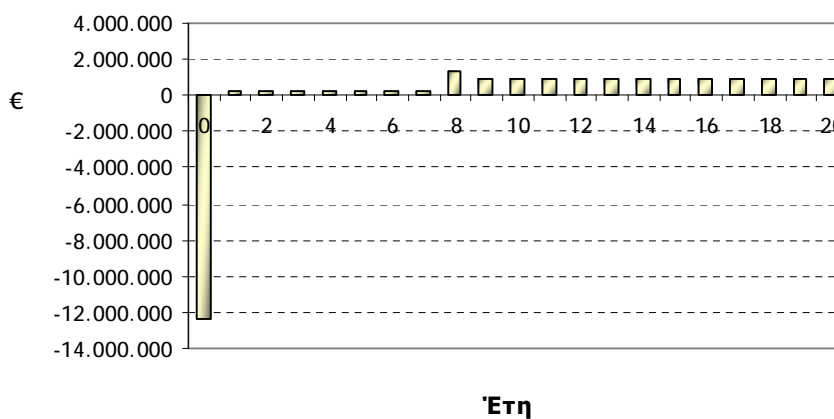
**Γράφημα Π.19: Διάγραμμα χρηματορρών επένδυσης φωτοβολταϊκών πλαισίων για 10μηνη λειτουργία του λατομείου**



**Γράφημα Π.20: Συγκριτικό διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών επένδυσης συστοιχίας φωτοβολταϊκών πλαισίων και μηδενικής υπόθεσης για 12μηνη λειτουργία λατομείου**



**Γράφημα Π.21: Διάγραμμα αθροιστικών χρηματοροών επένδυσης συστοιχίας φωτοβολταϊκών πλαισίων για 12μηνη λειτουργία λατομείου**

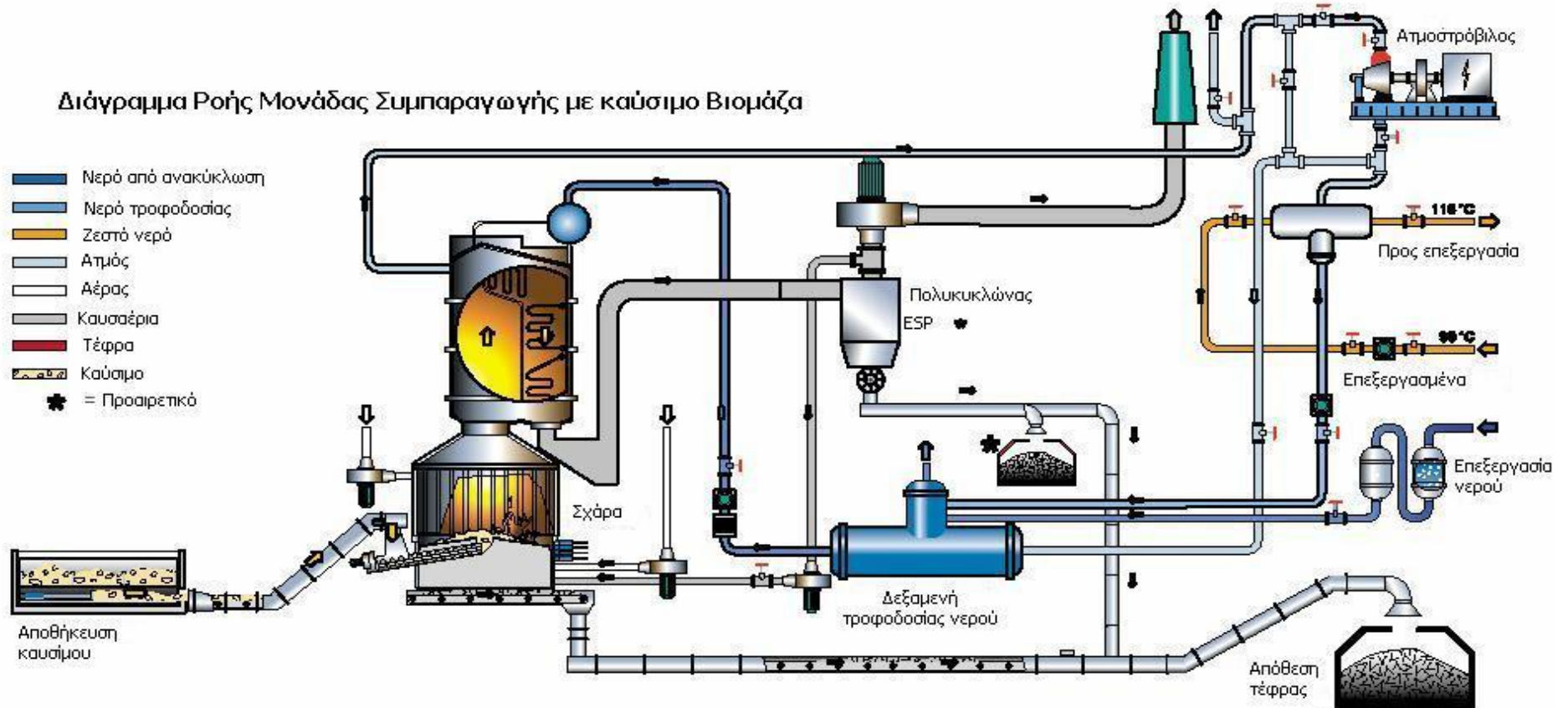


**Γράφημα Π.22: Διάγραμμα χρηματοροών επένδυσης συστοιχίας φωτοβολταϊκών πλαισίων για 12μηνη λειτουργία του λατομείου**

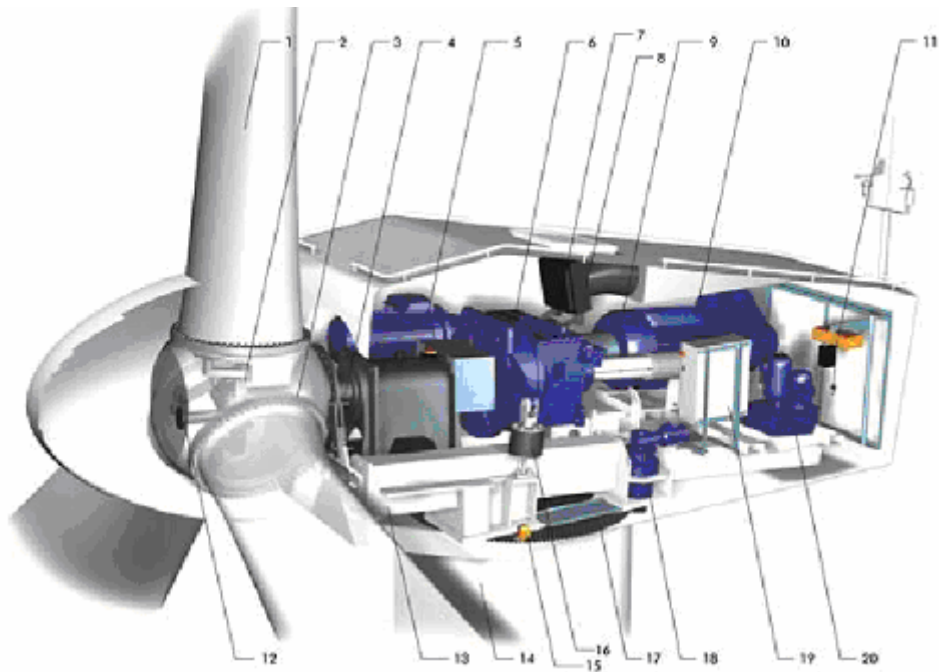
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΡΟΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

Διάγραμμα Ροής Μονάδας Συμπαγωγής με καύσιμο Βιομάζα

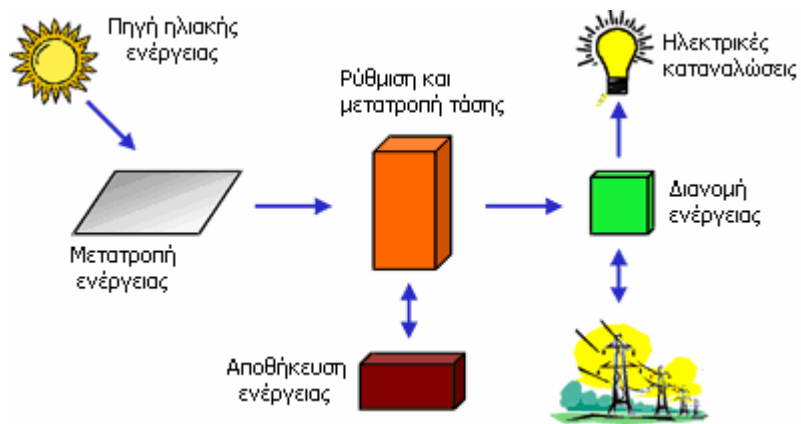


Εικόνα Π.1: Διάγραμμα ροής μονάδας συμπαγωγής με καύσιμο βιομάζα



1. Blade	11. Service crane
2. Blade hub	12. Pitch cylinder
3. Blade bearing	13. Machine foundation
4. Main shaft	14. Tower
5. Secondary generator (V47-660/200 kW)	15. Yaw control
6. Gearbox	16. Gear tie rod
7. Disc brake	17. Yaw ring
8. Oil cooler	18. Yaw gears
9. Cardan shaft	19. VMP top control unit
10. Primary generator	20. Hydraulic unit

**Εικόνα Π.2: Τομή ανεμογεννήτριας**



**Εικόνα Π.3: Γενικό διάγραμμα ηλεκτροπαραγωγής φωτοβολταϊκού συστήματος**

