

*Ενέργεια για την παραγωγή*

*θερμότητας...*

*επισημάνσεις...*

*σκέψεις.*



*«Το να σκέφτεσαι είναι εύκολο, το να πράττεις είναι δύσκολο, αλλά το να πράττεις αυτά που σκέφτεσαι είναι το δυσκολότερο πράγμα». (Goethe)*

**I.M.Σ.Π.2013**

Συμμετόχηση

## Πρόλογος.

Μού είναι φοβερά δύσκολο να συντάξω τον πρόλογο, διότι θα πρέπει μέσω αυτού να προϋδεάσω τον αναγνώστη να συνεχίσει την μελέτη και να ανακαλύψει ότι δεν έχασε τον χρόνο του. Μετά την ευλογία του Σεβαστού Γέροντος, τόλμησα να πέσω σε βαθειά νερά, έχοντας την ελπίδα πως το παρόν πόνημα θα φέρει συζητήσεις και αποφάσεις, μην γνωρίζοντας εκ των προτέρων πως υπάρχει τόση μεγάλη επιστήμη πάνω στο θέμα της ενέργειας και πως την τελευταία δεκαετία γίνονται πραγματικές μάχες περί «πράσινης ανάπτυξης». Ελπίζω να χρησιμέψει ως εφαλτήριο γνώσης για την δική μας ενεργειακή πολιτική που θα ακολουθηθεί στα επόμενα χρόνια και κυρίως στο θέμα της παραγωγής θερμότητας. Έρχεται ως επιστέγασμα της περσινής έκθεσης για το δασικό μας σύμπλεγμα και τις προοπτικές του.

Ο τελευταίος νεολογισμός περί «πράσινης ανάπτυξης», αποτελεί μία περισσότερο προχωρημένη και πληρέστερα τεκμηριωμένη πρόταση φιλικής προς το περιβάλλον ανάπτυξης. Μιας ανάπτυξης που σέβεται το περιβάλλον, δίνει έμφαση στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι το νερό, ο άνεμος, η ηλιακή ακτινοβολία, τα βιοκαύσιμα, η βιομάζα κ.λπ., λαμβάνει υπόψη την κλιματική αλλαγή, επιδιώκει τη μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου, μειώνει την κατανάλωση ενέργειας με τη θερμομόνωση των κτηρίων, χρησιμοποιεί τη σύγχρονη τεχνολογία για την παραγωγή προϊόντων με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και νερού.

*«Δει δη χρημάτων, ω άνδρες Αθηναίοι και άνευ αυτών ουδέν έστι γενέσθαι των δεόντων»* όπως έχει χαρακτηριστικά επισημάνει σε έναν από τους λόγους του ο ρήτορας Δημοσθένης.

Προϋπόθεση μιας βιώσιμης ανάπτυξης, μιας νέας προώθησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αποτελεί μια ισχυρή οικονομία. Μια οικονομία που παράγει πλούτο, δηλαδή μια οικονομία, που στηρίζεται κυρίως στην παραγωγή, πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή, και όχι μια παρασιτική οικονομία που στηρίζεται στον μεταπρατισμό και την κατανάλωση. Χωρίς ισχυρή οικονομία, δεν μπορούμε να προστατεύσουμε το περιβάλλον, ούτε και να ασκήσουμε κοινωνική πολιτική. Με τον περιορισμό βεβαίως ότι η οικονομία αυτή δεν θα καταστρέφει το περιβάλλον, δεν θα σπαταλά φυσικούς πόρους και ο πλούτος δεν θα συσσωρεύεται σε βάρος των αδύνατων κοινωνικών τάξεων.

Η απαίτηση για τα καύσιμο προερχόμενο από δασικά υπολείμματα, έχει αυξηθεί γρήγορα καθώς γίνεται ανταγωνιστικότερο έναντι άλλων μορφών βιοκαυσίμων παραγωγής θερμότητας. Το ξύλο είναι μια μορφή βιομάζας που παράγεται από οργανικό υλικό. Το ενεργειακό ξύλο είναι μια πραγματική και ασφαλής ευκαιρία. Το κούτσουρο (ξύλο μεγάλων διαμέτρων) είναι και θα παραμείνει για το εγγύς μέλλον πιο πολύ κερδοφόρο προϊόν που ένα δάσος μπορεί να παραγάγει.

Η χρήση του ξύλου για παραγωγή θερμότητας στην περιοχή του Αγίου Όρους φαίνεται να είναι μελλοντικά ενεργειακά διαχειρίσιμη. Η δυνατότητα αυτή δίδεται από την αποδεδειγμένη τεχνολογία με την πολύ υψηλή αποδοτικότητα και την τοπική διαθεσιμότητα.

|                                                                      | Σελ. |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| Πρόλογος.                                                            | 3.   |
| Περιεχόμενα.                                                         | 4.   |
| 1. Εισαγωγή.                                                         | 6.   |
| 1.1. Γενικές έννοιες.                                                | 6.   |
| 2.Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ( ΑΠΕ).                                | 7.   |
| 2.1.Παγκόσμια πραγματικότητα.                                        | 8.   |
| 2.2.Ευρωπαϊκή πραγματικότητα.                                        | 9.   |
| 2.3.Ελληνική πραγματικότητα.                                         | 11.  |
| 3.Μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.                                | 15.  |
| 3.1.Βιομάζα.                                                         | 16.  |
| 3.1.1.Γενικά για την βιομάζα.                                        | 16.  |
| 3.1.2.Μορφές βιομάζας.                                               | 17.  |
| 3.2.Η ενέργεια από βιομάζα.                                          | 18.  |
| 3.2.1.Η ενέργεια από τη βιομάζα παγκοσμίως.                          | 18.  |
| 3.2.2.Η ενέργεια από τη βιομάζα στην Ευρώπη.                         | 18.  |
| 3.2.3.Η ενέργεια από βιομάζα στην Ελλάδα.                            | 21.  |
| 3.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας.      | 22.  |
| 3.4. Η ξυλεία ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.                          | 23.  |
| 3.5.Γιατί είναι σημαντικά τα δάση.                                   | 24.  |
| 3.6.Πηγές δασικής βιομάζας.                                          | 28.  |
| 3.6.1. Δασική ξυλεία.                                                | 30.  |
| 3.6.2. Συγκομιδή ξυλείας.                                            | 30.  |
| 3.6.3. Ανακτώμενη ξυλεία.                                            | 32.  |
| 3.6.4.Μορφές δασικής βιομάζας.                                       | 33.  |
| 3.6.4.1.Θερμογόνος δύναμη του ξύλου.                                 | 34.  |
| 3.6.4.2.Υγρομετρία - Η Σωστή χρήση του καυσόξυλου.                   | 35.  |
| 3.6.5. Καυσόξυλα.                                                    | 36.  |
| 3.6.6. Πελλέτες (pellets ).                                          | 38.  |
| 3.6.6.1.Διαδικασία Παραγωγής pellets Ξύλου.                          | 40.  |
| 3.6.7.Θρυμματισμένο ξύλο (woodchips).                                | 43.  |
| 4. Οικονομικά συστημάτων ξυλόδους βιομάζας.                          | 44.  |
| 4.1. Δυναμικό βιομάζας.                                              | 44.  |
| 4.1.1.Μεθοδολογία υπολογισμού των ποσοτήτων της διαθέσιμης βιομάζας. | 45.  |
| 4.1.2. Μοντελοποίηση μεθόδων υπολογισμού δασικής βιομάζας.           | 46.  |
| 4.2. Ο ρόλος της ξυλείας ως πηγή ενέργειας.                          | 47.  |
| 4.2.1. Η ενέργεια από ξυλεία στην Ευρώπη.                            | 47.  |
| 4.2.2 Η ενέργεια από ξυλεία στην Ελλάδα.                             | 49.  |
| 4.3. Κόστος αξιοποιήσιμης ξυλείας για ενεργειακούς σκοπούς.          | 50.  |
| 4.3.1. Σε Ευρωπαϊκή πραγματικότητα.                                  | 51.  |
| 4.3.1.1. Μακροοικονομικά.                                            | 51.  |
| 4.3.1.2. Πηγές και οικονομικά της πρώτης ύλης.                       | 53.  |
| 4.3.1.3. Κόστος πρώτων υλών – παραδείγματα .                         | 53.  |
| 4.3.1.4. Κόστος επεξεργασίας υλικών – παραδείγματα.                  | 54.  |
| 4.3.1.5. Στοιχεία που συνθέτουν το συνολικό κόστος συστήματος.       | 55.  |
| 4.3.1.5.1. Κόστος Κεφαλαίου (CAPEX).                                 | 55.  |
| 4.3.1.5.2. Ετήσιες δαπάνες (OPEX).                                   | 55.  |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.2. Σε Ελληνική πραγματικότητα.                          | 57. |
| 4.3.2.1.Κόστος υλοτομίας- φόρτωσης.                         | 58. |
| 4.3.2.2.Μεταφορά ξυλείας.                                   | 59. |
| 4.3.2.3.Αποθήκευση ξυλείας.                                 | 60. |
| 4.3.2.4.Κόστος κατασκευής των εγκαταστάσεων.                | 61. |
| 4.3.3. Στην Αγιορείτικη πραγματικότητα.                     | 62. |
| 4.3.3.1.Μέθοδος Ανάλυσης με βάση την Αξία Κόστους Συστάδας. | 63. |
| 4.3.3.2.Βασικά Δεδομένα και Παραδοχές.                      | 64. |
| 4.3.3.3.Τιμές Εργατικών & Ημερομισθίων.                     | 67. |
| 4.3.3.4.Ανάλυση κόστους παραγωγής ξυλείας καστανιάς.        | 68. |
| 4.3.3.4.1.Γενικές Δαπάνες Διαχείρισης.                      | 68. |
| 4.3.3.4.2.Δέσμευση Εδαφικού Κεφαλαίου.                      | 69. |
| 4.3.3.4.3.Δαπάνες διαδικασίας παραγωγής.                    | 69. |
| 5.Τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας.             | 74. |
| 5.1.Θερμοχημικές διεργασίες άμεση καύση βιομάζας.           | 76. |
| 5.2.Πυρόλυση βιομάζας.                                      | 77. |
| 5.3.Αεριοποίηση βιομάζας.                                   | 80. |
| 6. Τεχνοοικονομική μελέτη. Προτάσεις – παραδοχές.           | 82. |
| 6.1.Παραδοχή πρώτη.                                         | 82. |
| 6.2.Παραδοχή δεύτερη.                                       | 83. |
| 6.2.Παραδοχή τρίτη.                                         | 83. |
| 7.Ολοκληρώνοντας (Σκέψεις, προτάσεις ).                     | 85. |
| 8.Βιβλιογραφία.                                             | 89. |



## 1. Εισαγωγή.

### 1.1. Γενικές έννοιες.

Η ενέργεια απετέλεσε και αποτελεί τον κινητήριο μοχλό κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας. Σε όλη την ιστορική του πορεία, ο άνθρωπος χρησιμοποίησε με εφευρετικότητα τις δυνατότητες που του παρείχε απλόχερα η ίδια η φύση, τη δύναμη της φωτιάς, του νερού, του ανέμου και του ήλιου, με στόχο τη βελτίωση των συνθηκών της διαβίωσης του.

Στους πιο πρόσφατους αιώνες, χρησιμοποίησε την ενέργεια από την καύση του κάρβουνου και του πετρελαίου και βρήκε τρόπο να την μετατρέπει στην περισσότερο εξευγενισμένη των μορφών της, τον ηλεκτρισμό. Στα μέσα του 20ου αιώνα, ένας νέος τρόπος παραγωγής ενέργειας ήρθε να δημιουργήσει ελπίδες, για ριζική επίλυση του παγκοσμίου ενεργειακού προβλήματος, ο οποίος είναι η πυρηνική ενέργεια. Πολύ γρήγορα, όμως, δραματικά γεγονότα ήλθαν να επιβεβαιώσουν, χωρίς περιθώρια αμφισβήτησης, την αδυναμία μας να διασφαλίσουμε την ελεγχόμενη παραγωγή της πυρηνικής ενέργειας.

Συνάμα, άρχισαν να επιβεβαιώνονται, με επιστημονικά τεκμηριωμένο τρόπο, οι προβλέψεις για σημαντικές επιβαρυντικές συνέπειες της μέχρι σήμερα συμπεριφοράς του ανθρώπου στο οικοσύστημα, εξαιτίας κυρίως της αλόγιστης χρήσης των συμβατικών καυσίμων και πολλών, φαινομενικά αθώων, τεχνολογικών προϊόντων.

Όλα τα μηνύματα έδειχναν πια καθαρά, ότι η συνέχιση της πορείας μας στο μέλλον επιβάλλει την αλλαγή της καθημερινής νοοτροπίας μας και την αναθεώρηση των αξιών της ζωής, σε συνδυασμό με τον επαναπροσδιορισμό της έννοιας και των στόχων της τεχνολογικής ανάπτυξης. Είναι πολύ σημαντικό και επιπλέον χρήσιμο για την ορθή επιλογή των μέτρων περιβαλλοντικής αποκατάστασης, να συνειδητοποιήσουμε το εντυπωσιακά μεγάλο μέγεθος της χρονικής απόκρισης του φυσικού μας κόσμου, σε κλιματικές μεταβολές. Απαιτούνται δεκαετίες για να διαπιστωθούν τα πρώτα ενθαρρυντικά θετικά αποτελέσματα, των όποιων σημερινών διορθωτικών αλλαγών επεμβάσεων μας στο οικολογικό σύστημα. Η αποδοχή των ριζικών αυτών αλλαγών στο τρόπο ζωής μας καθώς και στην τροποποίηση του είδους και του τρόπου παραγωγής ενέργειας και στόχων της τεχνολογίας, είναι η πιο δύσκολη φάση προσαρμογής μας στη νέα κατάσταση.

Η λύση του ενεργειακού προβλήματος αποτελεί τη σημαντικότερη πρόκληση που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα. Η στροφή προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), αναμφίβολα δεν αποτελεί επιλογή, αλλά μια επιβεβλημένη ανάγκη για την κάλυψη των ολοένα αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών μας. Η βιομάζα ως μέλος της οικογένειας των ΑΠΕ και μέρος της λύσης του ενεργειακού προβλήματος, μπορεί να διαδραματίσει ένα σημαντικό και διατηρήσιμο ρόλο.

Η δασική βιομάζα κατείχε και κατέχει ακόμα ένα ρόλο πρωταρχικής σημασίας στη ζωή του ανθρώπου. Σίγουρα προβλέπεται και για το μέλλον σημαντική συμβολή της στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών εφόσον η αξιοποίηση της μπορεί να αποτελέσει πανάκεια σε μια σειρά οικονομικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων.



Η Ελλάδα φυσικά δε θα μπορούσε να αποτελέσει εξαίρεση στη συντονισμένη προσπάθεια αντιμετώπισης των ενεργειακών και περιβαλλοντικών ζητημάτων. Τα τελευταία χρόνια υιοθετείται μια στρατηγική φιλική προς το περιβάλλον με τη θέσπιση νόμων, την εφαρμογή κινήτρων για τη διείσδυση των ΑΠΕ στην αγορά ενέργειας και την αύξηση της εφαρμογής νέων τεχνολογιών.

## 2.Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ( ΑΠΕ).

Σε ολόκληρο τον κόσμο συντελείται, την περίοδο αυτή, μια αληθινή κοσμογονία όσον αφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα συμβατικά ενεργειακά αποθέματα του πλανήτη μειώνονται απειλητικά, καθώς οι ενεργειακές απαιτήσεις του πολιτισμού μας γιγαντώνονται επιβαρύνοντας με ρύπους και διαταράσσοντας την ισορροπία του κλίματος. Σε κοινωνικό επίπεδο, ο δημόσιος διάλογος επικεντρώνεται κυρίως στις υψηλές τιμές του πετρελαίου (τιμές που, παρά τις φυσιολογικές διακυμάνσεις, δεν αναμένεται να πέσουν στα “παραδοσιακά” χαμηλά των περασμένων δεκαετιών) και στην εντεινόμενη “ενεργειακή φτώχεια” που αφορά στην αδυναμία των χαμηλότερων εισοδηματικά στρωμάτων να ανταποκριθούν στις εξάρσεις των τιμών. Σε διεθνές και εθνικό επίπεδο πολλά έχουν αλλάξει στα θέματα ενεργειακής πολιτικής και σχεδιασμού, καθώς έχει φανεί ότι εξοικονόμηση ενέργειας και η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελούν τη μόνη βιώσιμη λύση, με πολλαπλά οφέλη σε κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο.

Εκεί που φαίνεται να υπάρχει συμφωνία πάντως είναι πως η δυναμική είσοδος νέων ισχυρών παικτών στο ενεργειακό παιχνίδι (Κίνα, Ινδία, υπόλοιπες χώρες της ΝΑ Ασίας), όχι μόνο εκτινάσσει τη ζήτηση προς τα πάνω, αλλά αλλάζει και τον χάρτη της ενεργειακής βιομηχανίας. Η ακόρεστη δίψα των πληθυσμιακών γιγάντων για ενέργεια, όχι μόνο έχει οδηγήσει την παραγωγή των διυλιστηρίων σε πρωτόγνωρα μέγιστα, αλλά επιβάλλει και χωροταξική ανακατανομή των μονάδων, που πλέον στοχεύουν στην προσφορά προϊόντων προς τις νέες αναδυόμενες αγορές. Στο χώρο των συμβατικών μορφών ενέργειας, ο ανταγωνισμός παραμένει οξύς.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) δίνουν υπόσχεση για εξεύρεση λύσης στο ενεργειακό πρόβλημα, καθώς και σε αυτό που αφορά τη ρύπανση. Σταδιακά η παγκόσμια νομοθεσία αλλάζει, ενθαρρύνοντας -ακόμα και επιβάλλοντας- τη χρήση προϊόντων εναλλακτικών μορφών ενέργειας, προκειμένου να υπάρχει ενεργειακή κάλυψη χωρίς διατάραξη του περιβάλλοντος.

Οι ΑΠΕ αναδεικνύονται πλέον, μαζί με την εξοικονόμηση ενέργειας, όχι μόνο ως ο βασικός πυλώνας της ενεργειακής και περιβαλλοντικής πολιτικής σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και ως ένα ιδιαίτερα δυναμικό επενδυτικό μέσο για την τόνωση της ανάπτυξης (κυρίως της απασχόλησης) και για την αντιμετώπιση της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης. Ηλιακά και φωτοβολταϊκά συστήματα, ανεμογεννήτριες, βιομάζα και πλήθος άλλων φιλοενεργειακών προϊόντων, έρχονται να συνθέσουν την οικολογική κατοικία του άμεσου μέλλοντος.

Οι ΑΠΕ αντικαθιστούν τα συμβατικά καύσιμα σε τέσσερις ευδιάκριτους τομείς: στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, στο ζεστό νερό και στη θέρμανση χώρου, στα καύσιμα μεταφοράς, και στην αγροτική ενέργεια.

Ο σχετικά νέος και πολλά υποσχόμενος ενεργειακός εταίρος που είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), όχι μόνο έχουν προχωρήσει σε επίπεδο τεχνολογικής ωριμότητας, αλλά ευνοούνται από το διαμορφούμενο πολιτικό σκηνικό που επιβάλλει άμεση λήψη δραστικών μέτρων για τη μείωση των θερμοκηπιακών αερίων τα οποία αποσταθεροποιούν το κλίμα της Γης.

Οι ΑΠΕ, όχι μόνο απαντούν στις περιβαλλοντικές προκλήσεις, αλλά παρέχουν και διέξοδο στα θέματα της ενεργειακής ασφάλειας μειώνοντας την εξάρτηση από εισαγωγές ενεργειακών πόρων και υπόσχονται επιπλέον τόνωση των τοπικών αγορών και της περιφερειακής ανάπτυξης. Ευνοούνται τέλος από το νέο πολιτικό σκηνικό που, σε ευρωπαϊκό τουλάχιστον επίπεδο, θέτει ενδεικτικά ελάχιστα ποσοστά διείσδυσης τους στο ενεργειακό ισοζύγιο.

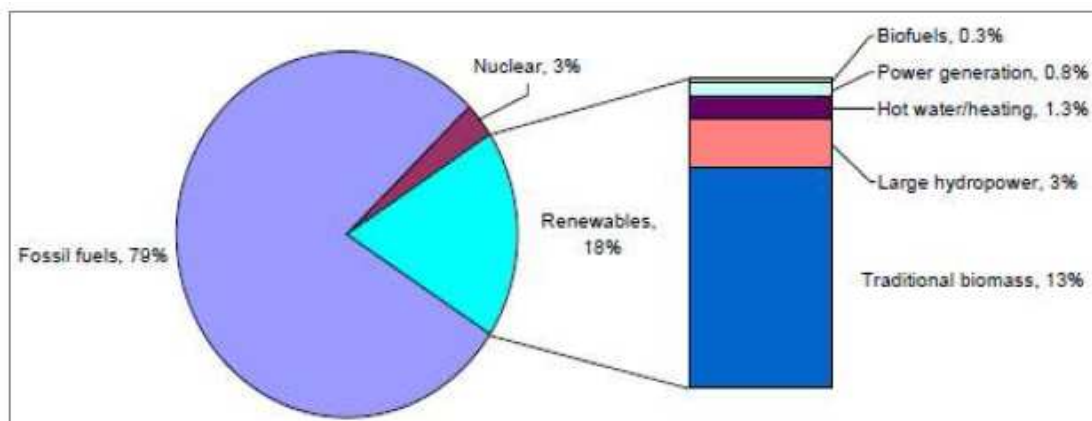
## 2.1. Παγκόσμια πραγματικότητα.

Όλα τα ενεργειακά σενάρια, αισιόδοξα και απαισιόδοξα, προβλέπουν μια διαρκή αύξηση της ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας, λόγω κυρίως των αυξανόμενων αναγκών των αναπτυσσόμενων χωρών. Αν και η ενεργειακή ένταση πέφτει σταδιακά σε διεθνές επίπεδο (γεγονός που αντανακλά τη βελτιούμενη ενεργειακή αποδοτικότητα της οικονομίας), οι ρυθμοί μείωσης της ενεργειακής έντασης δεν είναι αρκετοί για να συγκρατήσουν την αύξηση της ζήτησης. Ο περιορισμός της σπατάλης, η ορθολογική χρήση της ενέργειας και ο επαναπροσδιορισμός των προτεραιοτήτων στη χάραξη ενεργειακής πολιτικής, αποτελούν πια αδήριτη ανάγκη αν θέλουμε να περάσουμε κατά το δυνατόν ανώδυνα στη νέα ενεργειακή εποχή. Στο καθαρά γεωπολιτικό επίπεδο, σημαντικές αποφάσεις διαμορφώνουν ένα νέο απελευθερωμένο περιβάλλον για τις ενεργειακές αγορές. Αν και στο χώρο της πετρελαϊκής βιομηχανίας, ο περιορισμός των μονοπωλίων αποτελεί παλιά υπόθεση, δεν ισχύει το ίδιο για τις αγορές φυσικού αερίου και ηλεκτρισμού, οι οποίες μόλις πρόσφατα άρχισαν να κάνουν τα πρώτα τους βήματα στο νέο απελευθερωμένο περιβάλλον.

Τέλος, στο περιβαλλοντικό επίπεδο, τα πράγματα έχουν ξεκαθαρίσει, τόσο σε ότι αφορά στην κυρίαρχη συμβολή των ορυκτών καυσίμων στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη, όσο και στο περιορισμένο δυναμικό του θεσμικού πλαισίου (σε εθνικό, κοινοτικό και διεθνές επίπεδο) για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών. Η περιβαλλοντική παράμετρος δεν μπορεί πλέον να αγνοηθεί, όχι μόνο γιατί αποτελεί κατά κάποιους τη μεγαλύτερη εν δυνάμει απειλή για την ανθρωπότητα, αλλά και γιατί τα νέα θεσμικά εργαλεία που προωθήθηκαν στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, θα διαμορφώσουν σε μεγάλο βαθμό το μελλοντικό ενεργειακό τοπίο, προς όφελος των καθαρών ενεργειακών επιλογών.

Το 2006, περίπου το 18% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας προήλθε από ΑΠΕ, με το 13% να προέρχεται από στερεά βιομάζα. Ακολουθεί η ενέργεια από υδροηλεκτρικούς σταθμούς ήταν η επόμενη κατηγορίας με ποσοστό 3%. Οι μοντέρνες τεχνολογίες όπως η γεωθερμία, η ηλιακή και αιολική ενέργειας και η ενέργεια από ωκεανούς παρείχαν το 0,8% της κατανάλωσης. (Διάγραμμα 1) Η ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έφθασε σε κατ' εκτίμηση τα 240 GW παγκοσμίως το 2007, μια αύξηση 50 % από το 2004 (REN21, 2007).



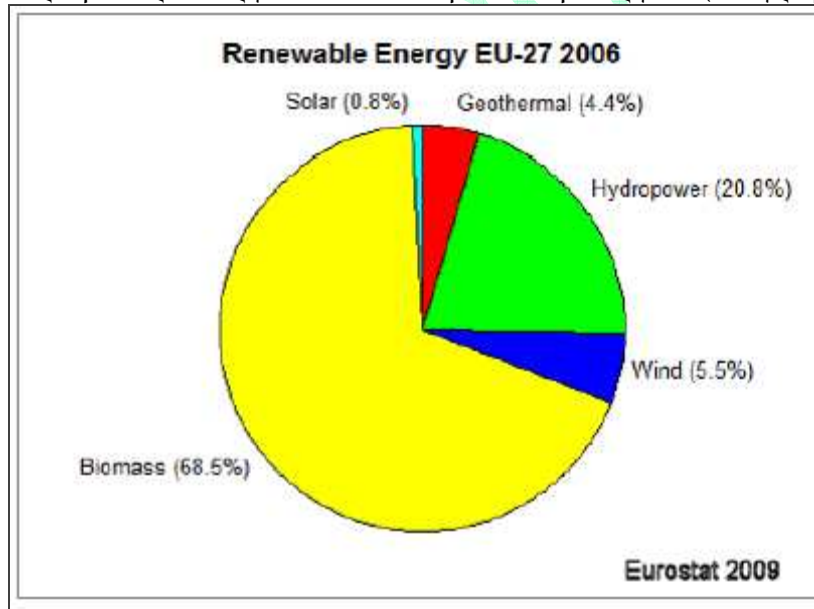


**Διάγραμμα 1:** Μερίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση (REN21, 2007).

Παρά τις αρνητικές συνέπειες της οικονομικής κρίσης στην εν γένει επενδυτική δραστηριότητα του ενεργειακού τομέα, το 2008 υπήρξε άλλη μια καλή χρονιά για τις ΑΠΕ, παγκοσμίως: Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς τους έφθασε τα 280.000 MW (χωρίς τα μεγάλα υδροηλεκτρικά), σημειώνοντας αύξηση 16% σε σχέση με το 2007.

## 2.2.Ευρωπαϊκή πραγματικότητα.

Το ποσοστό των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο βασίζεται κυρίως στην παραγωγή βιομάζας και αμέσως μετά ακολουθούν τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια και η αιολική ενέργεια (Διάγραμμα 2).

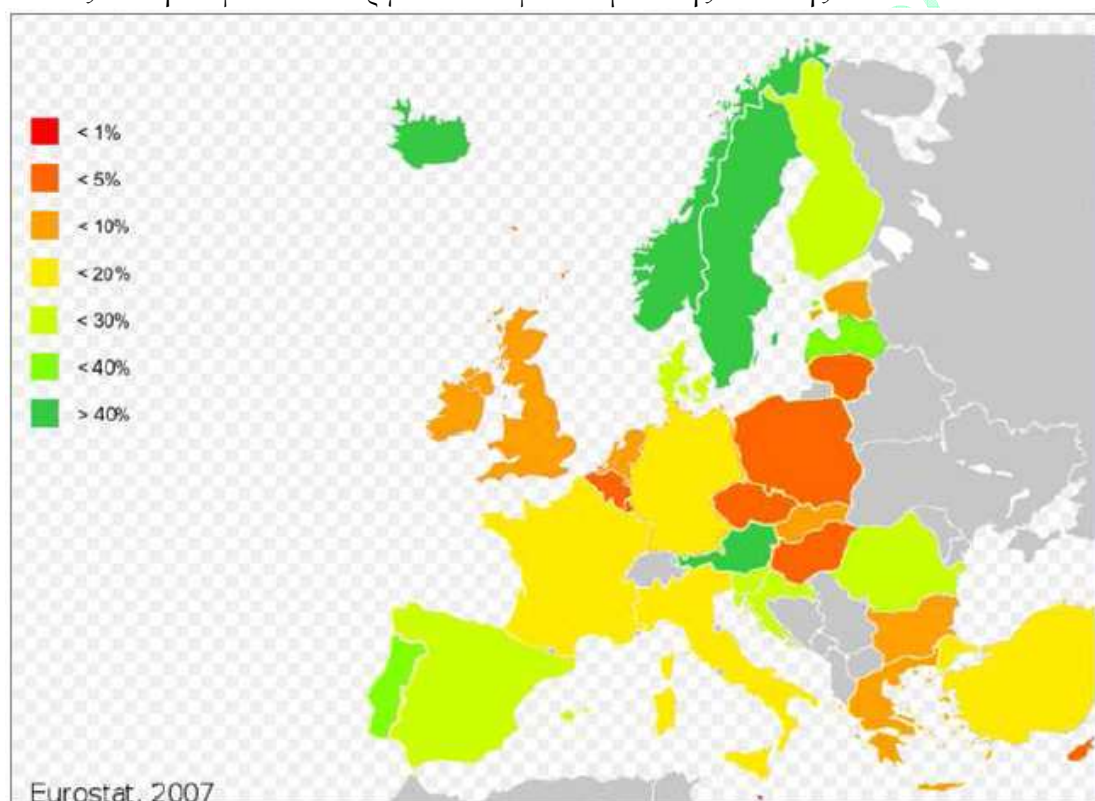


**Διάγραμμα 2:** Ποσοστά ΑΠΕ στο Ευρωπαϊκό ισοζύγιο το 2006.

Όσον αφορά στη γεωγραφική κατανομή, οι χώρες που εμφανίζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά ανάπτυξης ΑΠΕ είναι οι Νορβηγία, Σουηδία, Ισλανδία και Ελβετία και τα χαμηλότερα ποσοστά αξιοποίησης εμφανίζονται σε Βορειοανατολικές χώρες όπως η Πολωνία, η Λιθουανία, η Τσεχία, η Ουγγαρία αλλά και σε άλλες όπως το Βέλγιο και η Κύπρος (Χάρτης 1).

Σύμφωνα με την οδηγία 2001/77/EK, ο στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσον αφορά το έτος 2010, είναι να γίνουν εκείνα τα βήματα που θα επιτρέψουν να καλυφθεί από ανανεώσιμες πηγές το 22,1% των ενεργειακών αναγκών των χωρών-μελών της, με προβλεπόμενη ενισχυμένη συμμετοχή της βιομάζας στην προσπάθεια αυτή.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, ακολουθώντας τις κατευθύνσεις της Συνθήκης του Κιότο, έχει ως στόχο τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 8% σε σύγκριση με το 1990, κατά το διάστημα 2008-2012. Επιπλέον, στόχος για την Ε.Ε. είναι ο διπλασιασμός του ποσοστού ΑΠΕ από 6% σε 12% της εγχώριας παραγωγής ενέργειας έως το 2012. Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μέχρι το 2010, κατά 18% σε σύγκριση με το 1995, αποτελεί έναν ακόμη στόχο για τους Ευρωπαίους εταίρους, καθώς και η ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού της Ένωσης.



**Χάρτης 1:** Ποσοστά Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στις χώρες της Ε.Ε.(και κάποιες υποψήφιες) κατά το έτος 2007 (Eurostat, 2007).

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, η Ε.Ε. χρησιμοποιεί κάποια «εργαλεία», τα οποία είναι:

- **Λευκή Βίβλος για την ενέργεια** (COM(1996)421). Εκδόθηκε τον Ιανουάριο του 1996, αφορά την προστασία του περιβάλλοντος, την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού και την βιομηχανική ανταγωνιστικότητα.
- **Λευκή Βίβλος για τις ΑΠΕ και σχέδιο δράσης** (COM(1997)599). Η Λευκή Βίβλος για τις ΑΠΕ εκδόθηκε στις 26 Νοεμβρίου του 1997 και αφορά στον διπλασιασμό του ποσοστού της συνολικής εγχώριας ενεργειακής παραγωγής από 6% σε 12% μέχρι το 2010, τον καθορισμό των δευτερευόντων στόχων, την ευελιξία της Ένωσης ως προς τη διεύρυνσή της και επιβάλλει την καθιέρωση τριετούς ανασκόπησης των πεπραγμένων σχετικά με τις ΑΠΕ. Το Σχέδιο δράσης αφορά τα μέτρα που λαμβάνονται στις εσωτερικές αγορές των χωρών και την επιβολή της ευρωπαϊκής πολιτικής, την προώθηση της μεθόδου take-off (10.000

MWth για εργοστάσια με χρήση βιομάζας και 5 εκατομμύρια τόνοι υγρά βιοκαύσιμα) και την βελτίωση της συνεργασίας μεταξύ των χωρών.

- **Πράσινη Βίβλος για την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού** (COM(2000)769). Αφορά γεωπολιτικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Τα κύρια σημεία της Πράσινης Βίβλου είναι η ικανοποίηση των ενεργειακών απαιτήσεων της Ένωσης, ο έλεγχος της ενεργειακής εξάρτησης και η ανάπτυξη των ΑΠΕ (στόχος το 12% της συνολικής εγχώριας ενεργειακής παραγωγής έως το 2010, διαφοροποιημένες πολιτικές ανά είδος ΑΠΕ, οικονομικές ή φορολογικές ελαφρύνσεις για την προώθηση των ΑΠΕ)

- **Οδηγίες.** Οι οποίες περιλαμβάνουν

- την προώθηση της συμπαραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά ενέργειας (Οδηγία 2004/8/EK).

- τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/EK του Συμβουλίου (Οδηγία 2003/87/EK),

- την αναδιάρθρωση του κοινοτικού πλαισίου φορολογίας των ενεργειακών προϊόντων και της ηλεκτρικής ενέργειας (Οδηγία 2003/96/EK),

- κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (Οδηγία 2003/54/EK),

- την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές (Οδηγία 2003/30/EK),

- τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων (Οδηγία 2001/80/EK),

- και την πρόκριση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (Οδηγία 2001/77/EK).

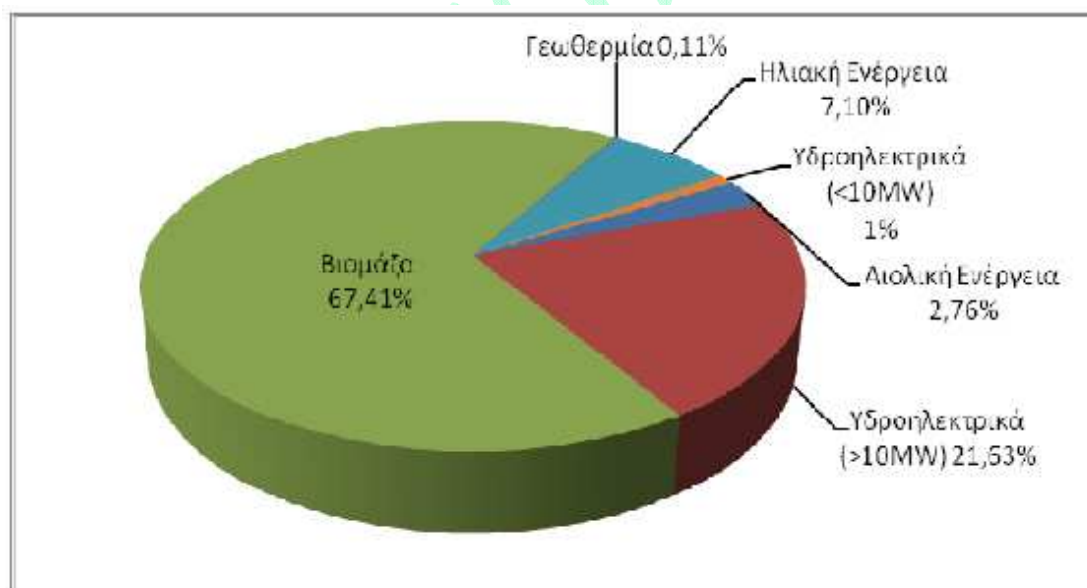
- **Προγράμματα στήριξης.** Σχετίζονται με την ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε. Είναι κατά βάση το 5ο πλαίσιο στήριξης με σκοπό την τεχνολογική ανάπτυξη, το Altener II σε μια προσπάθεια υπερπήδησης των μη τεχνικών προβλημάτων καθώς και προγράμματα στήριξης που αφορούν εθνικές πολιτικές και φορείς για την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Πιο πρόσφατα προγράμματα στήριξης είναι το 6ο πλαίσιο στήριξης (για τα έτη 2002-2006), η Έξυπνη ενέργεια για την Ευρώπη (για τα έτη 2003- 2006) και το πρόγραμμα SYNERGY.

### 2.3.Ελληνική πραγματικότητα.

Η χώρα μας, παρακολουθεί όλες αυτές τις εξελίξεις με αμηχανία και συχνά καταδεικνύει έλλειψη επαρκών αντανakλαστικών για να προσαρμοστεί εγκαίρως στα νέα δεδομένα. Το ενεργειακό μοντέλο που στήριξε την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη της χώρας, αποδεικνύεται σήμερα εξόχως συγκεντρωτικό, άκαμπτο, αναποτελεσματικό, σπάταλο, καταστροφικό για το περιβάλλον και ανίκανο να ανταποκριθεί στις νέες απαιτήσεις των καιρών. Η ενεργειακή ένταση της χώρας δεν παρακολουθεί δυστυχώς τους πτωτικούς ρυθμούς των άλλων βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών, η ενεργειακή εξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα βαίνει διαρκώς αυξανόμενη και το τεράστιο δυναμικό των ΑΠΕ παραμένει ουσιαστικά ανεκμετάλλευτο. Είναι σαφές πως ήρθε η ώρα των αλλαγών.

Η πρώτη προσπάθεια ανάπτυξης των ΑΠΕ έγινε με τον Ν. 1559/85, με τον οποίο δόθηκε η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε ιδιώτες και τους ΟΤΑ, μέχρι το τριπλάσιο της ισχύος των εγκαταστάσεών τους και την πώληση της περίσσειας στη ΔΕΗ. Η ουσιαστική έναρξη της ανάπτυξης των ΑΠΕ έγινε με τον Ν.2244/94, ο οποίος έδωσε τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και σε ιδιώτες με μοναδικό σκοπό την πώληση της παραγόμενης ενέργειας στη ΔΕΗ, ενώ επαύξησε τις δυνατότητες αυτοπαραγωγής. Όρισε επίσης σχετικά επαρκείς τιμές αγοράς της πωλούμενης στην ΔΕΗ ενέργειας και δεκαετή διάρκεια συμβάσεων. Παράλληλα θεσπίστηκαν αναπτυξιακά κίνητρα (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας, Αναπτυξιακός Νόμος κ.ά.), τα οποία περιλάμβαναν επιδοτήσεις των δαπανών εγκαταστάσεως ΑΠΕ και Συμπααραγωγής, ώστε παρά τα εμπόδια λόγω των πολύπλοκων διαδικασιών αδειοδότησης, που δεν κατέστη δυνατόν να ξεπεραστούν, να σημειωθεί σημαντική πρόοδος κατά τα τελευταία ιδίως έτη (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας).

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνέβαλαν συνολικά 1.403 κτοε στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα το 2000. Αυτό αντιστοιχεί στο 5% του ελληνικού συνολικού ανεφοδιασμού πρωτογενούς ενέργειας, ο οποίος ήταν περίπου 28.100 κτοε. Η βιομάζα και η υδροηλεκτρική ενέργεια παρείχαν το μεγαλύτερο μέρος της παραχθείσας ενέργειας. Η βιομάζα αποτέλεσε το 67,42% της συνολικής παραχθείσας ενέργειας από ΑΠΕ, και η υδροηλεκτρική το 22,63%. Η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια αποτελούν το υπόλοιπο 9,95% (Διάγραμμα 3).



**Διάγραμμα 3:** Συνεισφορά των ΑΠΕ στη συνολική παραγωγή ενέργειας της Ελλάδας.

Η Οδηγία 2001/77/ΕΚ "Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας" προβλέπει για την Ελλάδα ενδεικτικό στόχο κάλυψης από ΑΠΕ, περιλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, σε ποσοστό της ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010 ίσο με 20,1% και μέχρι το 2020, σε 29%. Ο στόχος αυτός είναι συμβατός και με τις διεθνείς δεσμεύσεις της χώρας που απορρέουν από το πρωτόκολλο του Κιότο που υπογράφηκε το



Δεκέμβριο του 1997 στη σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος. Το πρωτόκολλο του Κιότο προέβλεπε για την Ελλάδα συγκράτηση του ποσοστού αύξησης κατά το έτος 2010 του CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων που επιτείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 25% σε σχέση με το έτος βάσης 1990. Ο δεσμευτικός στόχος για την Ελλάδα καθορίζεται ως: 18% συμμετοχή των Α.Π.Ε. στην κάλυψη της εθνικής κατανάλωσης ενέργειας το 2020, με έτος βάσης το 2005, στο οποίο η αντίστοιχη καταγεγραμμένη συμμετοχή των Α.Π.Ε. ανέρχεται σε 6,9% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα (Βασιλάκος, 2008).

Η εικόνα αυτή παραμένει λίγο πολύ διαχρονικά σταθερή με τα ορυκτά καύσιμα να κυριαρχούν καλύπτοντας ένα μερίδιο κοντά στο 93% της πρωτογενούς ενέργειας. Δεν είναι τυχαίο λοιπόν που οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) έχουν εκτιναχτεί τα τελευταία χρόνια ξεπερνώντας ήδη τον δεσμευτικό στόχο που έχει θέσει η χώρα για αύξηση των θερμοκηπιακών αερίων κατά 25% την περίοδο 1990-2010. Χωρίς ουσιαστικά μέτρα, η Ελλάδα προβλέπεται ότι θα αυξήσει τις εκπομπές της κατά 39,2% έως το 2015 και κατά 57,6% έως το 2020. Σημειωτέον ότι οι δραστηριότητες που έχουν σχέση με την ενέργεια αποτελούν την μεγαλύτερη πηγή (78% περίπου) των αερίων του θερμοκηπίου. Αυτές περιλαμβάνουν κυρίως εκπομπές CO<sub>2</sub> από την καύση ορυκτών καυσίμων (95% περίπου του συνόλου των εκπομπών από τον τομέα της ενέργειας) και μικρότερα ποσοστά μεθανίου και υποξειδίου του αζώτου (1,5% και 3,5% αντίστοιχα). Έτσι, σε ότι αφορά ειδικότερα τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, οι προβλεπόμενες αυξήσεις είναι 47,6% και 67,8% για τα έτη 2015 και 2020 αντίστοιχα, σε σχέση με το 1990 που είναι το έτος βάσης.

Η ετήσια αύξηση της ζήτησης πρωτογενούς ενέργειας, αλλά και ηλεκτρισμού, είναι μεγαλύτερη του παγκόσμιου μέσου όρου. Είναι μάλιστα τριπλάσια του ευρωπαϊκού μέσου όρου (EE-25) σε ότι αφορά στη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας και διπλάσια σε ότι αφορά την ηλεκτροπαραγωγή.

Αν και η χώρα καταναλώνει συγκριτικά λιγότερη ενέργεια κατά κεφαλήν σε σχέση με τον ευρωπαϊκό μέσο όρο, εν τούτοις ο τρόπος που καταναλώνεται αυτή η ενέργεια δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτικός. Η ελληνική οικονομία διακρίνεται από υψηλή ενεργειακή ένταση και χαμηλή αποδοτικότητα στην τελική χρήση ενέργειας. Η υστέρηση αυτή της ελληνικής οικονομίας επιφέρει, μεταξύ άλλων, μείωση της ανταγωνιστικότητας των ελληνικών επιχειρήσεων και βεβαίως πρόσθετη επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Μεταξύ των χωρών που απαρτίζουν τον πυρήνα της ΕΕ (ΕΕ-15), η Ελλάδα παρουσιάζει το χειρότερο δείκτη ενεργειακής έντασης (TOE/MEuro) και ενώ ο δείκτης αυτός παρουσιάζει πτωτική τάση στην ΕΕ, αντιθέτως αυξανόταν συστηματικά στην Ελλάδα την τελευταία τριακονταετία για να σταθεροποιηθεί απλώς τα τελευταία χρόνια. Παρά τον πλούτο ενεργειακών πόρων στον τομέα των ΑΠΕ, η εμμονή στη χρήση ορυκτών καυσίμων μεταφράζεται σε ενεργειακή εξάρτηση της χώρας από εισαγόμενα καύσιμα σε ποσοστό 70% των πόρων που καταναλώνουμε. Με βάση το σενάριο αναμενόμενης εξέλιξης της ΡΑΕ μάλιστα, η εξάρτηση αυτή αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα 25 χρόνια αγγίζοντας το 76%.



**Πίνακας 1.** Ενδεικτικό σενάριο πρόβλεψης βασικών ενεργειακών μεγεθών ΑΠΕ του εθνικού ενεργειακού συστήματος της Ελλάδας το 2020 με πλήρη ενσωμάτωση των δεσμευτικών στόχων σε Κοινοτικό και εθνικό επίπεδο.

|                                                   | 2005  | 2010      | 2015      | 2020                                  |
|---------------------------------------------------|-------|-----------|-----------|---------------------------------------|
| 18% Τελικής Κατανάλωσης από ΑΠΕ (ktoe)            | 3427  | 4075      | 4471      | 4372                                  |
| 10% βιοκαύσιμα στις μεταφορές                     | 641   | 718 (406) | 799 (467) | 858 (501)                             |
| Βιομάζα και βιομηχανικά απόβλητα (ktoe)           | 235   | 332       | 452       | 604                                   |
| Βιομάζα-θερμικά                                   | 482   | 426       | 366       | 315                                   |
| Βιομάζα-ηλεκτρ. (100 MW)                          |       |           |           | 56                                    |
| Ηλιακή και άλλες ΑΠΕ (ktoe)                       | 108   | 133       | 154       | 179                                   |
| Γεωθερμία (100 MW Ηλεκτρ.)                        |       |           |           | 56                                    |
| Φ/Β 750 MW από N.3468 και 250 MW (1600 kWh/KWstc) |       |           |           | 130                                   |
| H/Y (4100 MW 1,36 GWh/MW)                         | (371) |           |           | 480                                   |
| Υπόλοιπο (για αιολικά)                            |       |           |           | 1694 ktoe<br>(19,65 TWh)<br>(9000 MW) |

Πηγή: (Λάλας, 2008).

Στο πλαίσιο χάραξης μακροχρόνιας ενεργειακής πολιτικής, αρκετοί φορείς (ΡΑΕ, ΔΕΣΜΗΕ, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) έχουν εκπονήσει σενάρια για το προδιαγραφόμενο ενεργειακό μέλλον της χώρας.

Παρά τις όποιες (όχι πάντως μεγάλες) διαφορές των ως άνω μελετών, όσον αφορά τις ποσοτικές προβλέψεις τους για την εξέλιξη του εθνικού ενεργειακού συστήματος, αξιοσημείωτη είναι η συμφωνία των αποτελεσμάτων τους, σχετικά με τις κύριες τάσεις του ενεργειακού μας συστήματος και τις αναμενόμενες μεταβολές του, ανά μορφή ενέργειας και ανά τομέα παραγωγής-κατανάλωσης ενέργειας, τουλάχιστον σε ένα χρονικό ορίζοντα δεκαετίας (2006–2015).

Ενεργειακοί, περιβαλλοντικοί, οικονομικοί και κοινωνικοί λόγοι επιβάλλουν την ανατροπή και αντιστροφή αυτής της κατάστασης. Ο επανακαθορισμός των προτεραιοτήτων θα πρέπει να στοχεύει στα εξής:

- Περιορισμός της ενεργειακής σπατάλης. Η εξοικονόμηση και η ορθολογική χρήση της ενέργειας (πρωτίστως στον ενεργοβόρο κτιριακό τομέα) θα πρέπει να αποτελέσουν την πρώτη προτεραιότητα ενός νέου ενεργειακού σχεδιασμού που θα θέτει στόχους και χρονοδιαγράμματα, περιορίζοντας την ενεργειακή σπατάλη. Ο νέος αυτός σχεδιασμός δεν θα πρέπει να εξαρτάται στην ικανοποίηση των απαιτήσεων αιχμής αλλά στη συνολική μείωση της ενεργειακής ζήτησης.
- και η ουσιαστική προώθηση των ΑΠΕ θα πρέπει να αποτελούν εθνικό στόχο ύψιστης σημασίας, αφού παρέχουν ενεργειακή επάρκεια και ανεξαρτησία με ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος.
- Απαιτείται ένα νέο, ευέλικτο, έξυπνο και αποτελεσματικό καθεστώς κινήτρων για την προώθηση της εξοικονόμησης και των καθαρών πηγών ενέργειας, απαλλαγμένο από τις αγκυλώσεις της σημερινής νομοθεσίας.

### 3.Μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

**Αιολική Ενέργεια:** η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια ή / και σε ηλεκτρική ενέργεια.

**Υδροηλεκτρική Ενέργεια:** Τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα (μέχρι 10 MW ισχύος) αξιοποιούν τις υδατοπτώσεις, με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και το μετασχηματισμό της σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια.

**Βιομάζα:** είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης.

**Ηλιακή Ενέργεια**, η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

**Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα:** μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα.

**Βιοκλιματικός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα:** αφορούν αρχιτεκτονικές λύσεις και χρήση κατάλληλων δομικών υλικών για τη μεγιστοποίηση της απ' ευθείας εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, κλιματισμό ή φωτισμό.

**Φωτοβολταϊκά Ηλιακά Συστήματα:** μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια.

**Γεωθερμική Ενέργεια:** η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα.

**Υδρογόνο:** Το υδρογόνο αποτελεί το 90% του σύμπαντος και θα αποτελέσει ένα νέο καύσιμο που θα χρησιμοποιούμε στο μέλλον.

Στην παρούσα έκθεση θα ασχοληθούμε με την βιομάζα, ως μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας παραγωγής θερμότητας.



### 3.1.Βιομάζα.

#### 3.1.1.Γενικά για την βιομάζα.

Βιομάζα είναι:

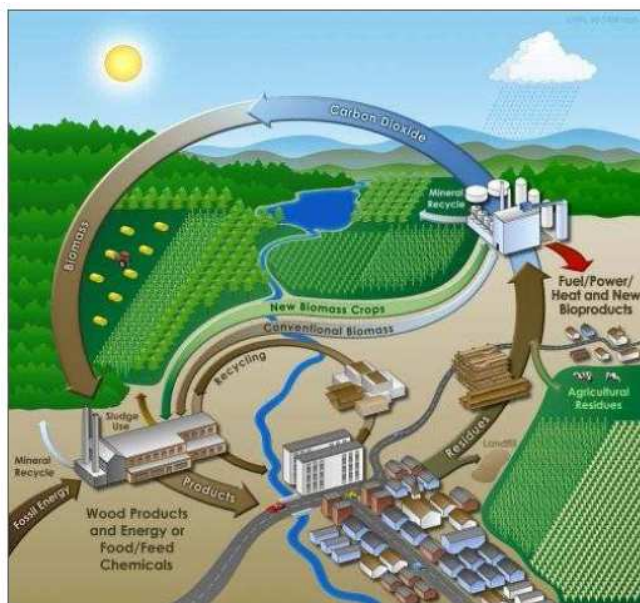
«...το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων που προέρχονται από τις γεωργικές, (συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών), τις δασοκομικές και τις συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων και απορριμμάτων (Ν. 3468/2006).

«...τα προϊόντα που συνίστανται από το σύνολο τους ή μέρος οποιασδήποτε φυτικής ύλης, γεωργικής ή δασικής προέλευσης, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση του ενεργειακού περιεχομένου του (Οδηγία 2000/76/EK)».

«...κάθε οργανική ύλη που είναι διαθέσιμη σε ανανεώσιμη βάση, περιλαμβανομένων των ενεργειακών καλλιεργειών, των υποπροϊόντων ή καταλοίπων των δασικών προϊόντων, των παραπροϊόντων ή των υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών, των ζωικών αποβλήτων, του οργανικού κλάσματος των αστικών απορριμμάτων και των υδρόβιων φυτών (ASTM, 1981)»

Με βάση τους παραπάνω ορισμούς, ως βιομάζα θεωρούνται: τα προϊόντα, τα παραπροϊόντα και τα κατάλοιπα της γεωργικής, δασικής και ζωικής παραγωγής, τα παραπροϊόντα, από τη βιομηχανική επεξεργασία των παραπάνω προϊόντων, τα αστικά λύματα και σκουπίδια και οι οργανικές ύλες από φυσικά οικοσυστήματα π.χ. αυτοφυή φυτά, δάση, τεχνητές φυτείες αγροτικού ή δασικού τύπου.

Ο φυσικός ενεργειακός κύκλος της βιομάζας (Εικόνα 1) βασίζεται στην αέναη χρήση των φυσικών ενεργειακών ροών, μιμείται τους οικολογικούς κύκλους της Γης και ελαχιστοποιεί την εκπομπή ρύπων στον αέρα, τους ποταμούς και τους ωκεανούς. Το μεγαλύτερο μέρος του άνθρακα για την δημιουργία της βιομάζας προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα και αργότερα επιστρέφει σε αυτήν. Οι θρεπτικές ουσίες για την δημιουργία της λαμβάνονται από το έδαφος και στη συνέχεια επιστρέφουν σε αυτό. Τα υπολείμματα ενός σταδίου του κύκλου συνιστούν τις εισροές του επόμενου σταδίου.



**Εικόνα 1:** Ενεργειακός κύκλος της βιομάζας ως πηγής ενέργειας. ([http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/bioenergy\\_cycle.html](http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/bioenergy_cycle.html)).

### 3.1.2.Μορφές βιομάζας.

Η ενεργειακά αξιοποιήσιμη βιομάζα εμφανίζεται με τις εξής μορφές:

Γεωργικά υπολείμματα, η οποία περιλαμβάνει υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών (στελέχη, κλαδιά, φύλλα, άχυρο, κλαδοδέματα κ.α.) και επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων (υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πυρηνόξυλο, πυρήνες φρούτων κ.α.).

Βιομάζα δασικής προέλευσης, περιλαμβάνει καυσόξυλα, υπολείμματα καλλιέργειας και καθαρισμών δασών (αραιώσεων, υλοτομιών) και υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου. Απόβλητα κτηνοτροφίας (ζωικά περιττώματα, απόβλητα εντατικής κτηνοτροφίας από πτηνοτροφεία, χοιροστάσια, βουστάσια, σφαγεία).

Αγροτοβιομηχανικά απόβλητα (απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων όπως ελαιοτριβεία, τυροκομεία κ.α.).

Αστικά απόβλητα (Οργανικό μέρος αστικών στερεών αποβλήτων και αστικά λύματα).

Ενεργειακές καλλιέργειες, που αφορά καλλιέργειες φυτών οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων όπως ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα, το καλάμι, γλυκό σόργο, ευκάλυπτος.

Σήμερα, οι κύριες εφαρμογές της βιομάζας ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι:

- Θέρμανση θερμοκηπίων
- Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες
- Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες
- Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου
- Τηλεθέρμανση
- Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)
- Παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο
- Παραγωγή βιοκαυσίμων.

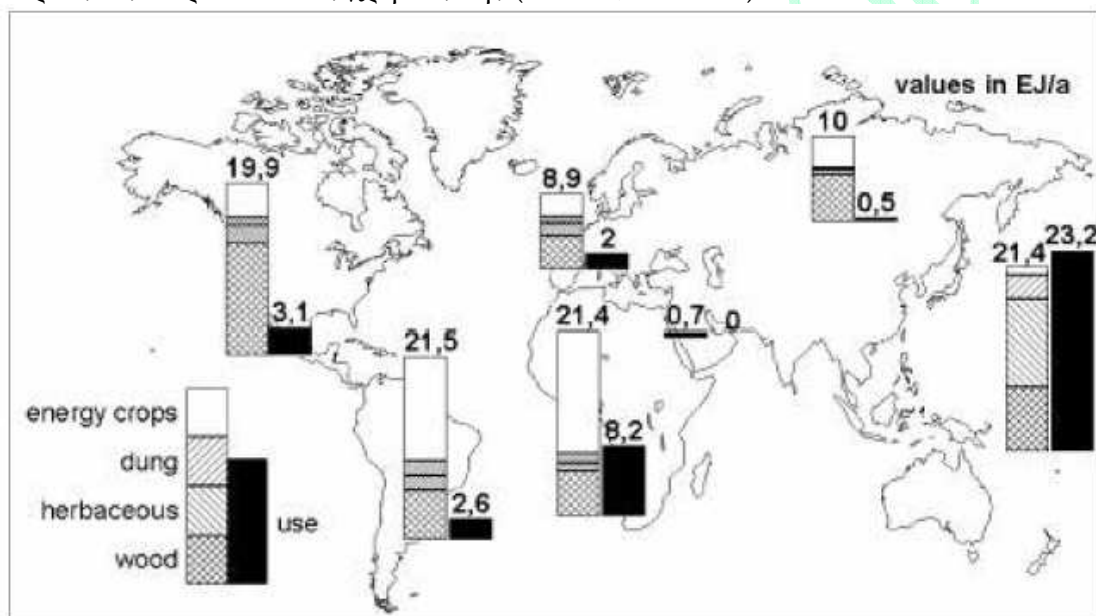


### 3.2. Η ενέργεια από βιομάζα.

#### 3.2.1. Η ενέργεια από τη βιομάζα παγκοσμίως.

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισεκ. τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα (Χάρτης 2). Η χρήση της βιομάζας για ενέργεια σήμερα υπολογίζεται στο 14% περίπου της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας, με το μεγαλύτερο ποσοστό να χρησιμοποιείται στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου η βιομάζα καλύπτει μέχρι το 1/3 των ενεργειακών αναγκών των κατοίκων (Bauen & Kaltschmitt, 2001).

Το τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, καθώς, σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.).



Χάρτης 2: Ποσότητα της βιομάζας που χρησιμοποιείται και η δυναμική της στις περισσότερες περιοχές του κόσμου.

#### 3.2.2. Η ενέργεια από τη βιομάζα στην Ευρώπη.

Από στοιχεία που λήφθηκαν το 2004, στις χώρες της Ευρώπης των 27, η πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας ήταν 1806 εκατομμύρια ισοδύναμα τόνου πετρελαίου. Από αυτά, 115 Mtoe (ποσοστό 6% της κατανάλωσης) προήλθαν από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με το 66% της οικιακής κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από βιομάζα (Πίνακας 2). Από αυτό το ποσοστό της βιομάζας, το 80% (61,2 Mtoe) ήταν το μερίδιο της δασικής βιομάζας (Asikainen, Liiri, Peltola, Karjalainen, & Laitila, 2008). { toe: τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου }.

Η πρωτογενής παραγωγή ενέργειας των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αυξήθηκε το 2008 κατά 2.3%, ποσοστό που αντιπροσωπεύει μια αύξηση παραγωγής κατά 1.5 εκατομμύριο τόνων πετρελαίου από το 2007 (Πίνακας 3). Αυτή η αύξηση παρατηρήθηκε περισσότερο στην παραγωγή ηλεκτρικής



ενέργειας η οποία αυξήθηκε κατά 10.8% (επιπλέον 5.6 TWh). (EurObserv'ER, Solid Biomass Barometer 2007, 2008). Αξίζει να σημειωθεί ότι το 2008, η παραγωγή ενέργειας από δασική βιομάζα αποτέλεσε το 76.4% (76% το 2007) (EurObserv'ER, Solid Biomass Barometer 2007, 2008).

Η κατευθυντήρια γραμμή που έχει τεθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, όσον αφορά τη χρήση βιομάζας για το 2010 και την Ε.Ε. των 15 είναι περίπου 135.000 ktoe/έτος ενώ για την Ε.Ε. των 25 βρίσκεται στα 200.000 ktoe/έτος περίπου (Πίνακας 4).

Πίνακας 2. Κατανάλωση ενέργειας στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 27.

| Country group                    | Country         | Gross Inland Energy Consumption |                    |                                 |                               |                                        |
|----------------------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|
|                                  |                 | All fuels<br>Mtoe               | Renewables<br>Mtoe | Renewables<br>% of all<br>fuels | Biomass<br>% of<br>renewables | Wood<br>biomass<br>% of all<br>biomass |
| Nordics                          | Finland         | 37.7                            | 8.8                | 23                              | 85                            | 98                                     |
|                                  | Sweden          | 53.1                            | 14.1               | 27                              | 63                            | 92                                     |
|                                  | <b>Total</b>    | <b>90.8</b>                     | <b>22.9</b>        | <b>25</b>                       |                               |                                        |
| Baltics                          | Estonia         | 5.6                             | 0.6                | 11                              | 100                           | 100                                    |
|                                  | Latvia          | 4.6                             | 1.6                | 36                              | 84                            | 99                                     |
|                                  | Lithuania       | 9.2                             | 0.7                | 8                               | 95                            | 99                                     |
|                                  | <b>Total</b>    | <b>19.4</b>                     | <b>3.0</b>         | <b>15</b>                       |                               |                                        |
| Central-Eastern<br>Europe        | Austria         | 32.7                            | 6.8                | 21                              | 51                            | 93                                     |
|                                  | Czech Republic  | 43.6                            | 1.4                | 3                               | 87                            | 85                                     |
|                                  | Hungary         | 26.2                            | 1.0                | 4                               | 89                            | 95                                     |
|                                  | Poland          | 92.5                            | 4.3                | 5                               | 95                            | 98                                     |
|                                  | Romania         | 39.6                            | 4.6                | 12                              | 68                            | 100                                    |
|                                  | Slovakia        | 18.5                            | 0.7                | 4                               | 51                            | 91                                     |
|                                  | <b>Total</b>    | <b>253.1</b>                    | <b>18.8</b>        | <b>7</b>                        |                               |                                        |
| Central-Western<br>Europe        | France          | 273.7                           | 17.3               | 6                               | 69                            | 78                                     |
|                                  | Germany         | 347.7                           | 13.8               | 4                               | 68                            | 65                                     |
|                                  | Luxembourg      | 4.7                             | 0.1                | 2                               | 81                            | 25                                     |
|                                  | <b>Total</b>    | <b>626.1</b>                    | <b>31.1</b>        | <b>5</b>                        |                               |                                        |
| North-Western<br>Europe          | Belgium         | 54.8                            | 1.2                | 2                               | 96                            | 53                                     |
|                                  | Denmark         | 20.0                            | 2.9                | 15                              | 80                            | 59                                     |
|                                  | Ireland         | 15.7                            | 0.3                | 2                               | 66                            | 86                                     |
|                                  | The Netherlands | 82.3                            | 2.4                | 3                               | 92                            | 33                                     |
|                                  | United Kingdom  | 232.1                           | 3.7                | 2                               | 83                            | 37                                     |
|                                  | <b>Total</b>    | <b>405.0</b>                    | <b>10.4</b>        | <b>3</b>                        |                               |                                        |
| Iberia                           | Portugal        | 26.2                            | 3.9                | 15                              | 74                            | 93                                     |
|                                  | Spain           | 140.2                           | 9.0                | 6                               | 54                            | 83                                     |
|                                  | <b>Total</b>    | <b>166.4</b>                    | <b>12.9</b>        | <b>8</b>                        |                               |                                        |
| South & South-<br>Eastern Europe | Bulgaria        | 18.9                            | 1.0                | 5                               | 72                            | 100                                    |
|                                  | Cyprus          | 2.5                             | 0.1                | 4                               | 5                             | 80                                     |
|                                  | Greece          | 30.6                            | 1.6                | 5                               | 61                            | 96                                     |
|                                  | Italy           | 184.8                           | 12.5               | 7                               | 30                            | 59                                     |
|                                  | Malta           | 0.9                             | -                  | -                               | -                             | -                                      |
|                                  | Slovenia        | 7.1                             | 0.8                | 12                              | 57                            | 99                                     |
|                                  | <b>Total</b>    | <b>244.8</b>                    | <b>16.0</b>        | <b>7</b>                        |                               |                                        |
|                                  | <b>TOTAL</b>    | <b>1806</b>                     | <b>115</b>         | <b>6</b>                        | <b>66</b>                     | <b>80</b>                              |

Πίνακας 3. Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας από στερεά βιομάζα στην Ευρωπαϊκή Ένωση 2008 σε Mtoe )

|                       | Ξυλεία | Υπολείμματα<br>ξύλεας | Οργανικά υλικά<br>και απόβλητα | Μαύρο<br>υλικό | Σύνολο |
|-----------------------|--------|-----------------------|--------------------------------|----------------|--------|
| Γερμανία              |        | 9,981                 | 0                              | 0,33           | 10,311 |
| Γαλλία                |        | 7,887                 | 0,267                          | 0,805          | 8,959  |
| Σουηδία               | 0,944  | 4,113                 | 0                              | 3,246          | 8,303  |
| Φινλανδία             | 1,838  | 1,855                 | 0,019                          | 3,433          | 7,146  |
| Πολωνία               |        |                       |                                |                | 4,739  |
| Ισπανία               | 2,636  | 0,295                 | 1,202                          | 0,205          | 4,339  |
| Αυστρία               | 1,448  | 1,114                 | 0,755                          | 0,616          | 3,934  |
| Ρουμανία              |        |                       |                                |                | 3,4    |
| Πορτογαλία            | 2,552  | 0,102                 | 0                              | 0,131          | 2,785  |
| Τσέχικη<br>δημοκρατία | 1,029  | 0,635                 | 0,034                          | 0,263          | 1,961  |
| Ιταλία                |        |                       |                                |                | 1,911  |
| Λετονία               | 0,866  | 0,601                 | 0                              | 0              | 1,468  |
| Δανία                 | 0,598  | 0,142                 | 0,65                           | 0              | 1,389  |
| Ουγγαρία              |        |                       |                                |                | 1,194  |
| Ηνωμένο<br>Βασίλειο   | 0,301  | 0,171                 | 0,526                          | 0              | 0,998  |
| Ολλανδία              |        |                       |                                |                | 0,893  |
| Ελλάδα                |        | 0,627                 | 0,246                          | 0              | 0,873  |
| Λιθουανία             | 0,352  | 0,413                 | 0                              | 0              | 0,765  |
| Βουλγαρία             |        |                       |                                |                | 0,75   |
| Εσθονία               |        |                       |                                |                | 0,75   |
| Βέλγιο                | 0,273  | 0,278                 | 0,069                          | 0,034          | 0,654  |
| Σλοβακία              |        |                       | 0,05                           |                | 0,525  |
| Σλοβενία              |        | 0,46                  |                                | 0              | 0,469  |
| Ιρλανδία              | 0,015  | 0,101                 | 0,002                          | 0              | 0,065  |
| Λουξεμβούργο          |        |                       |                                |                | 0,016  |
| Κύπρος                |        |                       |                                |                | 0,011  |
| Μάλτα                 | 0      | 0                     |                                | 0              | 0,002  |

Πηγή: (EurObserv'ER, Solid Biomass Barometer 2007, 2008).

Οι δυνατότητες της βιομάζας για το έτος 2050 για την Ευρωπαϊκή Ένωση των 25 υπολογίζεται να βρίσκεται περίπου σε 600.000 ktoe/έτος (Κομπελίτου & Κοσκινά, 2004). Η ολική εγκατεστημένη ισχύς από βιομάζα ήταν 17 GW το 2005 στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27 (EurObserv'ER, Solid Biomass Barometer 2007, 2008).

Πίνακας 4. Δυναμικό παραγωγής βιομάζας στην ΕΕ.

| Mtoe                                                                                                                                                 | Κατανάλωση<br>βιομάζας 2003 | Δυναμικό<br>2010 | Δυναμικό<br>2020 | Δυναμικό<br>2030 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Ξύλο απευθείας από το δάσος<br>(ξύλεία και υπολείμματα)                                                                                              | 67                          | 43               | 39-45            | 39-72            |
| Οργανικά απόβλητα, υπολείμματα<br>της βιομηχανίας ξύλου,<br>υπολείμματα αγροτικής<br>δραστηριότητας και βιομηχανίας<br>επεξεργασίας τροφίμων, κοπριά |                             | 100              | 100              | 102              |
| Ενεργειακές καλλιέργειες                                                                                                                             | 2                           | 3-46             | 76-94            | 102-142          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                                                                                                                        | <b>69</b>                   | <b>186-189</b>   | <b>215-239</b>   | <b>243-316</b>   |

Πηγή: Eurostat 2003, EEA, briefing 2/2005.

### 3.2.3. Η ενέργεια από βιομάζα στην Ελλάδα.

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, καθώς και, με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.ά.), σε περιορισμένη, όμως, κλίμακα. Από πρόσφατη απογραφή, έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.), καθώς και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.ά.) (Κίττας, Γέμπτος, Φουντάς, & Μπαρτζάνας, 2007).

|    |                                            | Γεωθερμική<br>ενέργεια | Ηλιακή<br>ενέργεια | Βιομάζα             |                      |                |                     |
|----|--------------------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------|---------------------|
|    |                                            | TJ                     | TJ                 | Συνολική<br>TJ(GCV) | Ξύλο κτλ.<br>TJ(GCV) | MSW<br>TJ(GCV) | Βιοαέριο<br>TJ(GCV) |
| 1  | Κύρια παραγωγή                             | 67                     | 4,135              | 39,547              | 39,488               |                | 59                  |
| 2  | Συνολική<br>εσωτερική<br>κατανάλωση        | 67                     | 4,135              | 39,547              | 39,488               |                | 59                  |
| 3  | Συνολική<br>μετατροπή<br>ενέργειας         |                        |                    |                     |                      |                |                     |
| 4  | Δημόσιοι σταθμοί<br>παραγωγής<br>ενέργειας |                        |                    |                     |                      |                |                     |
| 5  | Σταθμοί<br>αυτοπαραγωγής                   |                        |                    |                     |                      |                |                     |
| 6  | Τοπικοί σταθμοί<br>παραγωγής<br>θερμότητας |                        |                    |                     |                      |                |                     |
| 7  | Κατανάλωση<br>ενεργειακών<br>κλάδων        |                        |                    |                     |                      |                |                     |
| 8  | Απώλειες<br>μεταφοράς                      |                        |                    |                     |                      |                |                     |
| 9  | Διαθέσιμο για<br>τελική<br>κατανάλωση      | 67                     | 4,135              | 39,547              | 39,488               |                | 59                  |
| 10 | Συνολική<br>κατανάλωση<br>ενέργειας        | 67                     | 4,135              | 39,547              | 39,488               |                | 59                  |
| 11 | Βιομηχανίες<br>όπως:                       |                        |                    | 10,108              |                      |                | 13                  |
| 12 | Βιομηχανίες<br>σιδήρου και<br>ατσάλιου     |                        |                    |                     |                      |                |                     |
| 13 | Βιομηχανίες<br>τροφών, ποτών και<br>καπνού |                        |                    | 13                  |                      |                | 13                  |
| 14 | Άλλες βιομηχανίες                          |                        |                    | 10,095              | 10,095               |                |                     |
| 15 | Οικιακή χρήση                              |                        | 4,135              | 29,393              | 29,393               |                |                     |
| 16 | Γεωργία                                    | 67                     |                    |                     |                      |                |                     |
| 17 | Άλλα                                       |                        |                    | 48                  |                      |                |                     |
|    | Στατιστική<br>διαφορά                      | 0                      | 0                  | 0                   | 0                    | 0              | 0                   |
|    | Παραγωγή<br>ηλεκτρικής<br>ενέργειας (GWh)  | 0                      | 0                  | 0,66                | 0                    | 0              | 0,66                |
|    | Συνολική<br>παραγωγή<br>θερμότητας (TJ)    |                        | 4,135              | 39,547              | 39,489               | 0              | 59                  |
|    | από την οποία:<br>Πωλήσεις σε<br>τρίτους   |                        | 0                  | 0                   | 0                    | 0              | 0                   |

Πίνακας 5. Το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας για ΑΠΕ το 2000.

Στον πίνακα 6, παρουσιάζεται το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας, όπου φαίνεται η παραγωγή και η διάθεση της βιομάζας, της γεωθερμίας και της ηλιακής ενέργειας.

Στην περίπτωση της βιομάζας, παρουσιάζεται λεπτομερώς, η συνεισφορά των διαφόρων μορφών της. Από αυτό τον πίνακα 6, μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι 39,547 TJ βιομάζας καταναλώνονται στην Ελλάδα, δηλαδή πολλαπλάσια από τις άλλες ΑΠΕ που παρουσιάζονται. Επιπλέον, το ξύλο, με 39,488 TJ συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, αποτελεί την πιο « ισχυρή » μορφή βιομάζας για την Ελλάδα (ΚΑΠΕ). [ 1 MJ = 0,0278 KWh ].

### 3.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας.



Υπάρχει μια γενική ομολογία για τα παγκόσμια οφέλη από τη χρήση της βιομάζας. Οι τομείς στους οποίους η βιομάζα έχει θετικές συνέπειες αναλύονται παρακάτω:

Όσον αφορά στα περιβαλλοντικά οφέλη της εκμετάλλευσης βιομάζας αυτά μπορούμε να πούμε ότι είναι τα ακόλουθα:

- Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) που απελευθερώνονται κατά την καύση της δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
- Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_2$ ) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.
- Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού

εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

Εκτός από τα περιβαλλοντικά, η εκμετάλλευση βιομάζας έχει και οικονομικά οφέλη.

Βασικό όφελος είναι η ανάπτυξη της αγροτικής οικονομίας, αφού η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο. Εξάλλου, οι αγρότες αναζητούν άλλες εμπορικές καλλιέργειες ή πηγές προσόδων ενώ, όσο αναπτύσσεται ο πληθυσμός πέρα από τις αστικές και προαστιακές περιοχές, τόσο μεγαλώνουν οι ανάγκες για ηλεκτροδότηση των αγροτικών περιοχών.

Η χρήση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών ως καυσίμων για ηλεκτροπαραγωγή μπορεί να βελτιώσει τα οικονομικά της γεωργίας μειώνοντας το κόστος απόρριψης και παρέχοντας εναλλακτικές πηγές εσόδων.



Τέλος, δεν είναι πλέον επιθυμητή για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών η κατασκευή μεγάλων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής βάσης, ειδικά στις περισσότερες απομακρυσμένες περιοχές. Οι μικρές εγκαταστάσεις βιοσχύος έχουν μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και μπορούν να λειτουργούν με τις τοπικά παραγόμενες πρώτες ύλες. Συμπερασματικά, η χρήση της βιομάζας επιφέρει τριπλό όφελος στον αγροτικό πληθυσμό, αφού διατηρεί τον πλούτο κοντά, αμείβει τους αγρότες για την παραγωγή των καυσίμων βιομάζας και παρέχει καθαρή ενέργεια.

Από την άλλη πλευρά, παρουσιάζονται και αρκετά μειονεκτήματα της βιομάζας έναντι των ορυκτών καυσίμων τα οποία αφορούν, ως επί το πλείστον, στη δυσκολία εκμετάλλευσής της.

Το βασικό μειονέκτημα της βιομάζας ως καύσιμο, είναι ότι έχει χαμηλή θερμαντική αξία κατά μονάδα βάρους και ακόμη μικρότερη κατά μονάδα όγκου σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, η δε περιεχόμενη υγρασία μειώνει ακόμη περισσότερο τη διαθέσιμη θερμαντική αξία, όταν αυτή υπολογίζεται με βάση το υγρό βάρος της. Το μειονέκτημα αυτό περιορίζει τη χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς στον τόπο παραγωγής της και συνεπώς η εκμετάλλευσή της περιορίζεται σε τοπικό επίπεδο.

Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της δυσκολεύουν τη συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη. Η δυσκολία στη συλλογή, τη μεταποίηση, τη μεταφορά αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής της αξιοποίησης. Χρειάζεται μεγαλύτερος χώρος αποθήκευσης καυσίμης ύλης σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Η επάρκεια καυσίμων από τοπικούς προμηθευτές (ξύλειας, pellets κλπ) δεν είναι διασφαλισμένη. Η παραγόμενη στάχτη πρέπει να απομακρύνεται από την εστία ανά τακτά διαστήματα. Στις περιπτώσεις μη αυτοματοποιημένων συστημάτων, η τροφοδοσία καυσίμων πρέπει να γίνεται χειροκίνητα.

Οι σύγχρονες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

Παρά το μικρό χρόνο απόσβεσης που έχει μία μονάδα καύσεως βιομάζας, έχει μεγαλύτερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε αντίθεση με μια μονάδα καύσεως ορυκτών καυσίμων. Αυτό είναι δυνατόν να αναστείλει την απόφαση του χρήστη προσωρινά για την επιλογή υπέρ της βιομάζας, μέχρις ότου βελτιωθούν τα οικονομικά της επιχείρησης.

#### 3.4. Η ξυλεία ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Η ξυλεία, μια από τις βασικότερες πηγές βιομάζας, απασχολεί το περιεχόμενο του παρόντος κεφαλαίου, όπου αναλύονται οι δυνατές πηγές από όπου μπορεί αυτή να προέλθει και ο ρόλος της ως πηγή ενέργειας στον ελλαδικό και ευρωπαϊκό χώρο, καθώς και ο χαρακτηρισμός της ως καύσιμο.

Από την ανακάλυψη της φωτιάς, το ξύλο αποτελεί μια πολύ σημαντική πηγή ενέργειας. Σήμερα, η ενέργεια από ξυλεία χρησιμοποιείται σε αναπτυσσόμενες χώρες για καταναλωτικές εργασίες όπως η ξήρανση των ψαριών, η επεξεργασία του καπνού και σε ανεπτυγμένες χώρες κυρίως ως πηγή ενέργειας για τη δασική βιομηχανία.

Τα τελευταία χρόνια πολλές χώρες έχουν αρχίσει να εξερευνούν νέα συστήματα παραγωγής ενέργειας από ξυλεία σαν μια περιβαλλοντικά φιλική εναλλακτική

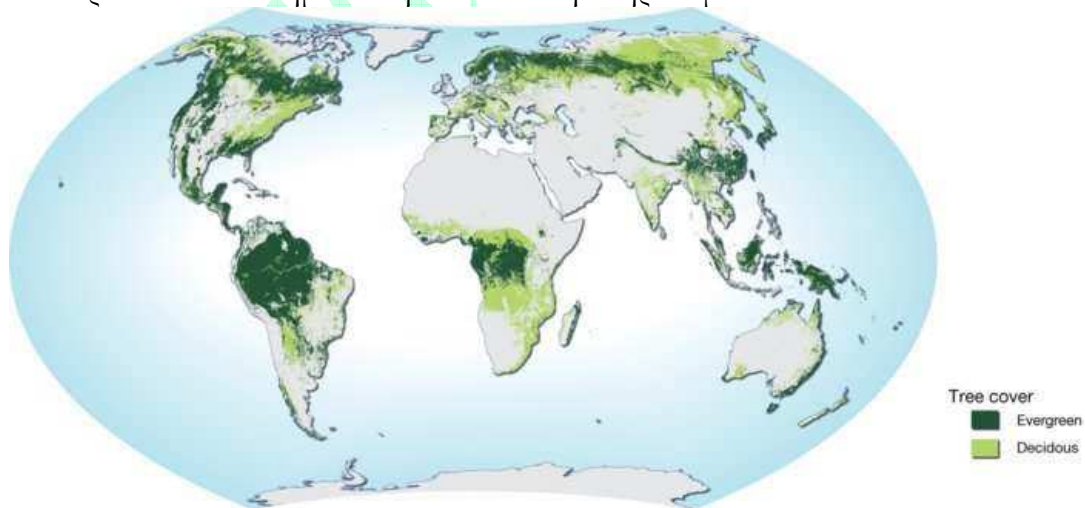


απέναντι στα στερεά καύσιμα. Το ξύλο ως καύσιμο έχει ποικίλα περιβαλλοντικά οφέλη έναντι των συμβατικών καυσίμων.

Το κύριο πλεονέκτημα του είναι ότι αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Άλλα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν και το γεγονός ότι το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται κατά τη διεργασία της καύσης του είναι περίπου 90% λιγότερο από το αντίστοιχο που εκλύεται κατά την καύση των συμβατικών καυσίμων. Το κυρίαρχο οικονομικό πλεονέκτημα της δασικής βιομάζας είναι ότι το ξύλο είναι συνήθως σημαντικά πιο οικονομικό από τα ανταγωνιστικά συμβατικά καύσιμα. Δημόσιοι οργανισμοί, όπως σχολεία, νοσοκομεία, φυλακές και δημοτικής ιδιοκτησίας σχέδια τηλεθέρμανσης, είναι κύριοι στόχοι για τη χρήση της ενέργειας από τη δασική βιομάζα.

### 3.5. Γιατί είναι σημαντικά τα δάση.

Τα δάση καταλαμβάνουν το 1/3 της επιφάνειας της γης (FAO, 2000) και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε πολλαπλά επίπεδα. Από οικονομική σκοπιά, ο δασικός τομέας αποτελεί σημαντική πηγή εισοδημάτων. Παράλληλα, είναι καθοριστικής σημασίας για τη διαφύλαξη της βιοποικιλότητας (περισσότερο από το 80% των ειδών βρίσκονται στα δάση) και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Τέλος, τα δάση έχουν ιδιαίτερη σημασία από κοινωνική και πολιτιστική σκοπιά. Περισσότεροι από 1.6 δισεκατομμύρια άνθρωποι εξαρτώνται, σε διαφορετικό βαθμό, από τα δάση για τη διαβίωσή τους (IUCN). Περίπου 60 εκατομμύρια γηγενείς εξαρτώνται καθ' ολοκλήρου από τα δάση, ενώ περίπου 350 εκατομμύρια άνθρωποι που ζουν σε κοντινές αποστάσεις από πυκνά δάση εξαρτώνται από αυτά σε πολύ μεγάλο βαθμό. Είναι επίσης ιδιαίτερα ελκυστικά για τους αστικούς πληθυσμούς, επιτρέπουν την ανάπτυξη ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων ή δραστηριοτήτων χρήσιμων για την υγεία και αντιπροσωπεύουν σημαντική πολιτιστική κληρονομιά.



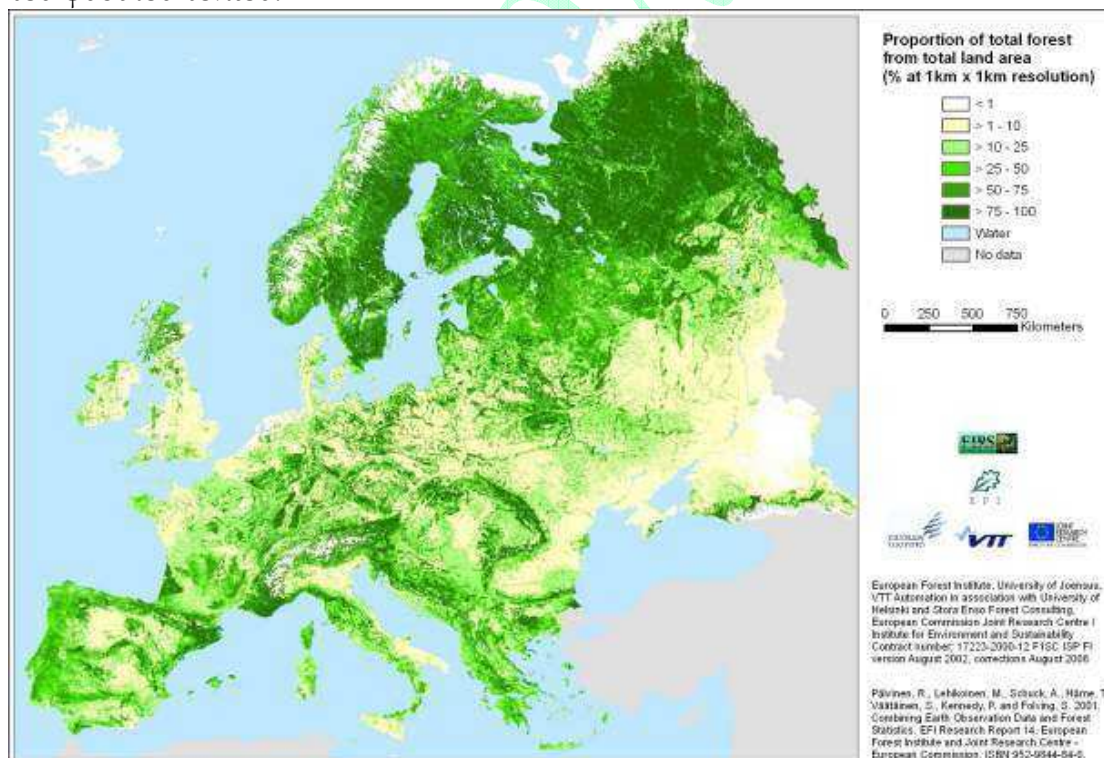
Source: EC Joint Research Centre 2003

**Χάρτης 3:** Η παγκόσμια κατανομή δασών (European Commission, Joint Research Centre, 2003).

Τα δάση αποτελούν πηγή ενέργειας με τη μετατροπή της δασικής βιομάζας σε συμβατικά στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα. Σήμερα, τα δάση συμβάλλουν στο 14% της παγκόσμιας τροφοδοσίας ενέργειας και έχουν την ικανότητα να

φτάσουν και μέχρι το 50% των απαιτήσεων σε ενέργεια παγκοσμίως κατά τη διάρκεια αυτού του αιώνα. Περίπου το 55% της ποσότητας ξυλείας που χρησιμοποιείται παγκοσμίως (ΚΑΠΕ) (η οποία αγγίζει τα 4 δις m<sup>3</sup>), χρησιμοποιείται σαν ξυλεία ή κάρβουνο για τις καθημερινές ανάγκες σε ενέργεια όσον αφορά στη θέρμανση και το μαγείρεμα σε αναπτυσσόμενες χώρες.

Τα δάση καλύπτουν 117 εκατομμύρια ha τα οποία αντιστοιχούν σε ένα ποσοστό 42 % της έκτασης της Ευρώπης (Eurostat, 2007) (Χάρτης 4) και υπολογίζεται ότι δεσμεύουν περίπου το 10 % των ετήσιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα της Ευρώπης (Nabuurs, Schelhaas, Mohren, & Field, 2003). Αντίθετα με ότι συμβαίνει σε άλλα μέρη του κόσμου, η δασοκάλυψη στην Ευρώπη αυξάνεται, αργά αλλά σταθερά με ένα ποσοστό 0,4% το χρόνο (Eurostat, 2007). Ωστόσο, λόγω των φυσικών συνθηκών, δεν υπάρχει πρόσβαση σε όλα τα δάση για τη συλλογή ξυλείας και την εμπορική της εκμετάλλευση. Εκτιμάται ότι κατά μέσο όρο το 80 - 90% της δασικής έκτασης είναι προσιτό, αλλά στην ανατολική Ευρώπη είναι συχνά προσιτό μόνον το 40 - 50% των δασών. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαπέντε ετών, οι δασικές εκτάσεις στην ΕΕ των 27 αυξήθηκαν κατά περίπου 10 εκατομμύρια εκτάρια λόγω της δενδροφύτευσης και της αναδάσωσης πρώην γεωργικών εδαφών και φυσικής αναδάσωσης (MCPFE, UNECE, & FAO, 2007). Περίπου το 8% των δασών της Ευρώπης προστατεύεται λόγω της δασικής βιοποικιλότητάς τους, και περίπου το 10% προστατεύεται για λόγους διατήρησης του φυσικού τοπίου.

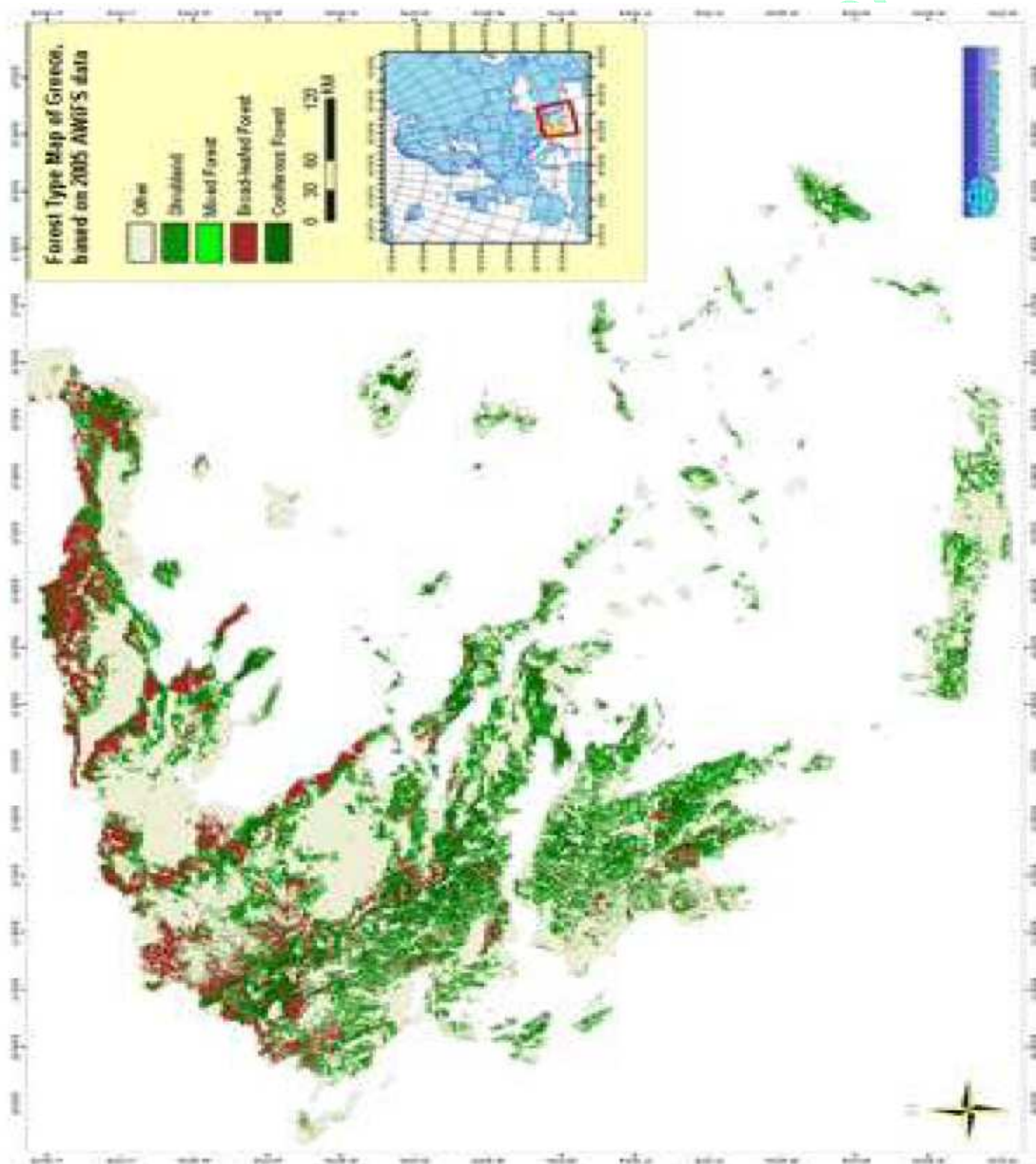


Χάρτης 4: Κατανομή δασών στην Ευρώπη (European Forest Institute, 2000).

Σχεδόν το 40% (ήτοι περίπου 250 εκατομμύρια m<sup>2</sup>) της σημερινής οικονομικής δασικής ανάπτυξης παραμένει ανεκμετάλλευτο, καθώς η υλοτόμηση είναι κατώτερη της ανάπτυξης. Το δασικό απόθεμα της ΕΕ των 27 γνώρισε επίσης σταθερή ανάπτυξη κατά τη διάρκεια της τελευταίας πεντηκονταετίας. Ο

συνολικός όγκος μη υλοτομηθείσας ξυλείας εκτιμάται σε περίπου 30 δισεκατομμύρια m<sup>3</sup>, πράγμα που ισοδυναμεί με 9,8 δισεκατομμύρια τόνους άνθρακα. Δεν υπάρχει επί του παρόντος καμία συνεκτική εικόνα των δυνατοτήτων υλοτόμησης για τις 27 χώρες της ΕΕ στο σύνολό τους. Αρκετές χώρες διαθέτουν εθνικά προγράμματα για τα δάση, τα οποία καθορίζουν διάφορες δυνατότητες υλοτομίας λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες προστασίας του δάσους, τη βιοποικιλότητα και άλλες πολυλειτουργικές ανάγκες.

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία, από δάση και δασικές εκτάσεις καλύπτεται το 51% της έκτασης των εδαφών της χώρας μας καταλαμβάνοντας την 6η θέση στην Ευρώπη, ακολουθώντας τις Φιλανδία (77%), Σουηδία (75%), Σλοβενία (65%), Ισπανία (57%) και Εσθονία (56%).



Χάρτης 5: Χάρτης δασικών εκτάσεων στον Ελλαδικό χώρο (Land Information Services, 2005)



Στην Ελλάδα καταγράφονται 65.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα δασών και δασικών εκτάσεων (Χάρτης 5) με το 53% από αυτά να είναι διαθέσιμα για παραγωγή ξυλείας, σύμφωνα με έκθεση της Στατιστικής Υπηρεσίας των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, με αφορμή την Ευρωπαϊκή Εβδομάδα Δασών. Η κατανομή των μορφών εδαφοπονίας του ελληνικού χώρου, η έκταση των δασών κατά δασοπονικό είδος και η έκταση των δασών από ιδιοκτησιακής πλευράς, σύμφωνα με στοιχεία της Δασικής Υπηρεσίας και της ΕΣΥΕ έχουν ως ακολούθως:

Πίνακας 6. Μορφές εδαφοπονίας στον ελλαδικό χώρο.

| Μορφές εδαφοπονίας              | Έκταση στρέμ.      | %            |
|---------------------------------|--------------------|--------------|
| 1. Δάση                         | 25.124.180         | 19,0         |
| 2. Μερικώς Δασοσκεπείς εκτάσεις | 32.421.400         | 24,6         |
| 3. Φρυγανότοποι                 | 2.773.135          | 2,1          |
| 4. Αλπικές εκτάσεις             | 4.400.577          | 3,3          |
| 5. Χορτολίβαδα                  | 17.555.073         | 13,3         |
| 6. Έλη - Λίμνες - Ποταμοί       | 2.728.620          | 2,1          |
| 7. Άγωνα                        | 7.348.513          | 5,6          |
| 8. Γεωργικές Καλλιέργειες       | 39.638.500         | 30,0         |
| <b>Σύνολο χώρας</b>             | <b>131.990.000</b> | <b>100,0</b> |

Πίνακας 7. Η έκταση των δασών κατά δασοπονικό είδος.

| Δασοπονικό είδος           | Έκταση στρέμ.     | %            |
|----------------------------|-------------------|--------------|
| <b>A. Κωνοφόρα</b>         |                   |              |
| 1. Ελάτη - Ερυθρελάτη      | 3.297.620         | 13,1         |
| 2. Χαλέπιος- Τραχεία Πεύκη | 4.757.770         | 18,9         |
| 3. Μαύρη Πεύκη             | 1.370.470         | 5,5          |
| 4. Λοιπά Κωνοφόρα          | 237.870           | 0,9          |
| <b>Σύνολο Κωνοφόρων</b>    | <b>9.663.730</b>  | <b>38,4</b>  |
| <b>B. Πλατύφυλλα</b>       |                   |              |
| 5. Δρυς                    | 7.475.490         | 29,8         |
| 6. Οξιά                    | 2.190.700         | 8,7          |
| 7. Λοιπά φυλλοβόλα         | 1.017.650         | 4,1          |
| 8. Αείφυλλα                | 4.776.610         | 19,0         |
| <b>Σύνολο Πλατύφυλλων</b>  | <b>15.460.450</b> | <b>61,6</b>  |
| <b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>       | <b>25.124.180</b> | <b>100,0</b> |



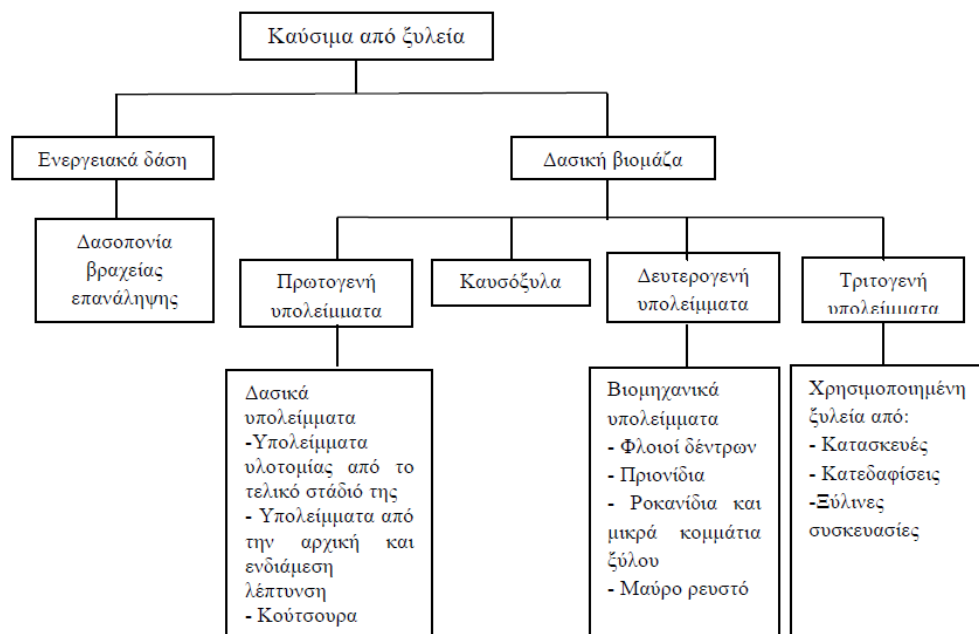
Πίνακας 8. Η έκταση των δασών από ιδιοκτησιακής πλευράς.

| Μορφή ιδιοκτησίας       | Έκταση στρεμ.     | %            |
|-------------------------|-------------------|--------------|
| 1. Δημόσια              | 16.440.050        | 65,5         |
| 2. Κοινοτικά            | 3.015.270         | 12,0         |
| 3. Μοναστηριακά         | 1.099.460         | 4,4          |
| 4. Αγαθοεργών ιδρυμάτων | 112.250           | 0,4          |
| 5. Συνιδιόκτητα         | 2.458.450         | 9,7          |
| 6. Ιδιόκτητα            | 1.998.700         | 8,0          |
| <b>Σύνολο Δασών</b>     | <b>25.124.180</b> | <b>100,0</b> |

Όπως προκύπτει από στοιχεία της έκθεσης, η ποσότητα ξυλείας που αντλείται από τα ελληνικά δάση μειώθηκε από τους 1,9 εκατομμύρια τόνους το 2001 στους 1,5 το 2005, ενώ το ίδιο χρονικό διάστημα στις χώρες της Ε.Ε. παρουσίασε αύξηση.

### 3.6.Πηγές δασικής βιομάζας.

Τα περισσότερα καύσιμα που προέρχονται από την εκμετάλλευση της ξυλείας προέρχονται από δέντρα που μεγαλώνουν φυσικά σε δάση. Μια μικρή εξαίρεση αποτελεί η δασοπονία βραχείας επανάληψης, στην οποία καλλιεργούνται είδη βραχείας ανάπτυξης με μικρές επαναλήψεις σε πρώην γεωργική γη. Στην (εικόνα 2.) φαίνονται τα είδη καύσιμης ύλης από ξυλεία (Roser, Asikainen, Stupak, & Pasanen, 2008).



Εικόνα 2: Απεικόνιση των διαφόρων τύπων καυσίμων από ξυλεία.

Έτσι βλέπουμε ότι η δασική βιομάζα μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες, πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή υπολείμματα υλοτομίας (Berndes, 2001). Οι βασικές πηγές πρωτογενών υπολειμμάτων οφείλονται στη συνήθη υλοτομική διαδικασία. Σαν δασικά υπολείμματα μπορούμε να χαρακτηρίσουμε όλη την

επίγεια βιομάζα που μένει μετά από τις εργασίες παραγωγής ξυλείας και τις προεργασίες λέπτυνσης των νεαρών ομάδων δέντρων (Hakkila & Parikka, 2002). Πηγές ροκανιδιών αποτελούν υπολείμματα υλοτομίας, δέντρα μικρής διαμέτρου ή νεαρά δέντρα και ροκανίδια που προέρχονται από τους κορμούς, τα κλαδιά, τις βελόνες και τα κούτσουρα. Επιπλέον, τα παραδοσιακά καυσόξυλα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας. Τα βιομηχανικά υπολείμματα περιλαμβάνουν φλοιούς δέντρων, πριονίδια, ροκανίδια, μικρά κομμάτι ξύλου και μαύρου ρευστού (Ranta, 2003). Το ανακυκλωμένο ξύλο ή τα τριτογενή υπολείμματα είναι ένα άλλο είδος βιομάζας και αποτελούνται από παραπροϊόντα κατεδαφίσεων, κατασκευών και διαδικασιών συσκευασίας. Στον Πίνακα 9 φαίνεται το ενεργειακό δυναμικό των απολήψιμων τεχνικά υπολειμμάτων κατά δασική περιφέρεια, μη συμπεριλαμβανομένων των πρεμνών.

|                                       | Βιομηχανική<br>ξύλεια |        | Καυσόξυλα | Λύματα<br>(βιομηχ.<br>ξύλεια και<br>καυσόξυλα) | Βιομάζα που<br>περιμένει στο<br>δάσος<br>(φύλλα, ρίζες,<br>πρέμνα) | Απολήψιμα<br>υπολείμματα<br>υλοτομιών<br>(φλοιοί,<br>κλαδιά) | Ενεργειακό<br>δυναμικό<br>απολήψιμων<br>υπολειμμάτων<br>υλοτομιών |
|---------------------------------------|-----------------------|--------|-----------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                       | m <sup>3</sup>        | τόνοι  |           |                                                |                                                                    |                                                              |                                                                   |
| Ανατολική Μακεδονία – Θράκη           |                       |        |           |                                                |                                                                    |                                                              |                                                                   |
| Κωνοφόρα                              | 95241                 | 66670  | 17034     | 83704                                          | 28710                                                              | 14062                                                        | 4359                                                              |
| Πλατύφυλλα                            | 145000                | 116800 | 379749    | 496549                                         | 365460                                                             | 131089                                                       | 40638                                                             |
| Κεντρική – Δυτική Μακεδονία           |                       |        |           |                                                |                                                                    |                                                              |                                                                   |
| Κωνοφόρα                              | 31640                 | 22148  | 20953     | 43101                                          | 14784                                                              | 7241                                                         | 2245                                                              |
| Πλατύφυλλα                            | 65951                 | 52761  | 267335    | 320096                                         | 235591                                                             | 84505                                                        | 26197                                                             |
| Ήπειρος                               |                       |        |           |                                                |                                                                    |                                                              |                                                                   |
| Κωνοφόρα                              | 54104                 | 37873  | 6346      | 44219                                          | 15167                                                              | 7429                                                         | 2303                                                              |
| Πλατύφυλλα                            | 6683                  | 5346   | 83424     | 88770                                          | 65335                                                              | 23453                                                        | 7265                                                              |
| Κεντρική Ελλάδα                       |                       |        |           |                                                |                                                                    |                                                              |                                                                   |
| Κωνοφόρα                              | 128695                | 90086  | 42597     | 132683                                         | 45510                                                              | 22291                                                        | 6910                                                              |
| Πλατύφυλλα                            | 29315                 | 23452  | 163157    | 186609                                         | 137344                                                             | 49265                                                        | 15272                                                             |
| Αττική και νησιά Αιγαίου              |                       |        |           |                                                |                                                                    |                                                              |                                                                   |
| Κωνοφόρα                              | 27134                 | 18994  | 33248     | 522414                                         | 17919                                                              | 8777                                                         | 2721                                                              |
| Πλατύφυλλα                            | 7003                  | 5602   | 35712     | 41314                                          | 30407                                                              | 10907                                                        | 3381                                                              |
| Πελοπόννησος και Δυτική Στερεά Ελλάδα |                       |        |           |                                                |                                                                    |                                                              |                                                                   |
| Κωνοφόρα                              | 23610                 | 16527  | 40431     | 56958                                          | 19537                                                              | 9569                                                         | 2966                                                              |
| Πλατύφυλλα                            | 592                   | 474    | 148344    | 148818                                         | 109530                                                             | 39288                                                        | 12179                                                             |
| Κρήτη                                 |                       |        |           |                                                |                                                                    |                                                              |                                                                   |
| Κωνοφόρα                              | 257                   | 180    | 19        | 199                                            | 68                                                                 | 33                                                           | 10                                                                |
| Πλατύφυλλα                            | 126                   | 101    | 3472      | 3573                                           | 2630                                                               | 943                                                          | 292                                                               |
| Σύνολο                                | 616351                | 457014 | 1241821   | 1698835                                        | 1087992                                                            | 408834                                                       | 126739                                                            |

Πηγή: (Βερβέρη, 2009)

**Πίνακας 9.** Κατανομή δασικής βιομάζας και ενεργειακού δυναμικού, τεχνικά απολήψιμων δασικών υπολειμμάτων, κατά δασική περιφέρεια.

### 3.6.1. Δασική ξυλεία.

Ως δασική ξυλεία αναφέρονται τα πρωτογενή υπολείμματα των εργασιών που λαμβάνουν χώρα στο δάσος. Συνίσταται στα καυσόξυλα, τους ξυλάνθρακες, τα υπολείμματα των δασικών υλοτομιών, τα προϊόντα καθαρισμών του δάσους και τα υπολείμματα, που προκύπτουν από την επεξεργασία του ξύλου.

Τα δασικά απόβλητα περιλαμβάνουν μη χρησιμοποιημένα υπολείμματα υλοτομίας, μη εμπορεύσιμα δέντρα, νεκρά ξύλα, και άλλα μη εμπορικά δέντρα που πρέπει να κοπούν από πυκνά, ασθενή ή ευπυρόβλητα δάση. Η αποψίλωση των δασών, που είναι απαραίτητη για να βοηθηθούν μερικά δάση να επανακτήσουν τη φυσική τους υγεία, επίσης παρέχει μια μεγάλη ποσότητα υπολειμμάτων ξύλου που μπορούν να μετατραπούν σε ηλεκτρισμό ή βιοκαύσιμα.

Εξ' αιτίας της διασποράς και της μακρινής τους θέσης, η ανάκτηση των υπολειμμάτων αυτών είναι **αρκετά πιο δύσκολη και δαπανηρή** από αυτή των αστικών υπολειμμάτων ξύλου.

- Προϊόντα καλλιέργειας και καθαρισμών του δάσους. Καθαρισμοί δασών και γενικά καλλιέργεια των δασών, δεν πραγματοποιείται στα υψηλά δάση και όπου γίνονται, για προστασία από τις πυρκαγιές, είναι χωρίς προγραμματισμό και οι παραγόμενες μεμονωμένες ποσότητες βιομάζας δεν είναι σημαντικές.

- Υπολείμματα δασικών υλοτομιών. Με τις μεθόδους διαχείρισης και εκμετάλλευσης, που χρησιμοποιούνται στη χώρα μας, μόνο το 55% της ετήσιας αύξησης της βιομάζας είναι απολήψιμο προϊόν υπό μορφή λήμματος, όπως καθορίζεται από τα διαχειριστικά σχέδια των δασών. Το υπόλοιπο 45% της αύξησης – ζωντανή βιομάζα υπό μορφή ιστάμενων δένδρων – παραμένει στο δάσος, για την ποιοτική και ποσοτική βελτίωση του ξυλώδους κεφαλαίου του. Επιπλέον, από το επιτρεπτό ετήσιο λήμμα, το 46% της βιομάζας του δεν αποκομίζεται, αλλά παραμένει στο δάσος σαν υπόλειμμα, υπό μορφή φύλλων, βελονών, φλοιού, κλάδων, κορυφών, τμημάτων κορμών με πολλά ελαττώματα, πρεμνών και ριζών. Το ποσοστό αυτών εξαρτάται από το μέγεθος της κόμης, που επηρεάζεται από το είδος, την ηλικία και τον αυξητικό χώρο των δένδρων, τη δομή του δάσους και τις κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες.

### 3.6.2. Συγκομιδή ξυλείας.

Η συγκομιδή της ξυλείας μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους και χρησιμοποιώντας διαφορετικά κάθε φορά μηχανήματα. Η επιλογή των μεθόδων και των μηχανημάτων εξαρτάται από τις ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής, τις απαιτήσεις του τελικού χρήστη και το δασικό σχεδιάγραμμα το οποίο θα ακολουθηθεί.

Όλα τα μέρη του δέντρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή ενέργειας. Παρόλα ταύτα, παρατηρούνται μεγάλες διαφορές ανάμεσα στα διάφορα είδη δέντρων και μέρη των δέντρων όσον αφορά στη διαθεσιμότητα και την ποιότητά τους. Η ταξινόμηση των προς εκμετάλλευση μερών του δέντρου φαίνεται στην εικόνα 3 και παρουσιάζεται ακολούθως (Hakkila & Parikka, 2002)

**Ολοκληρωμένο δέντρο:** αναφερόμαστε στην υπέργεια και υπόγεια μάζα του δέντρου.

**Ολόκληρο δέντρο:** αναφερόμαστε στη μάζα του δέντρου που βρίσκεται πάνω από τα πρέμνα. Περιλαμβάνονται η μάζα του κορμού (stem) και του κόμης (crown) συμπεριλαμβάνονται, αλλά αποκλείεται το ριζικό σύστημα.

**Κορμός:** περιλαμβάνει το ξύλο του κορμού και του φλοιού αυτού, και διαιρείται σε εμπορεύσιμα και μη εμπορεύσιμα κλάσματα. Ο κορμός δεν περιλαμβάνει το (stump) και την υπόγεια συνέχειά του.

**Μη εμπορεύσιμη κορυφή:** αναφερόμαστε στο ανώτερο μέρος του κορμού το οποίο μένει ανεκμετάλλευτο στις λειτουργίες υλοτομίας λόγω της μικρής του διαμέτρου και του μεγάλου αριθμού κλαδιών.

**Κόμμη:** περιλαμβάνει όλα τα ζωντανά και νεκρά κλαδιά καθώς επίσης και το φύλλωμα και τα αναπαραγωγικά όργανα του δέντρου.

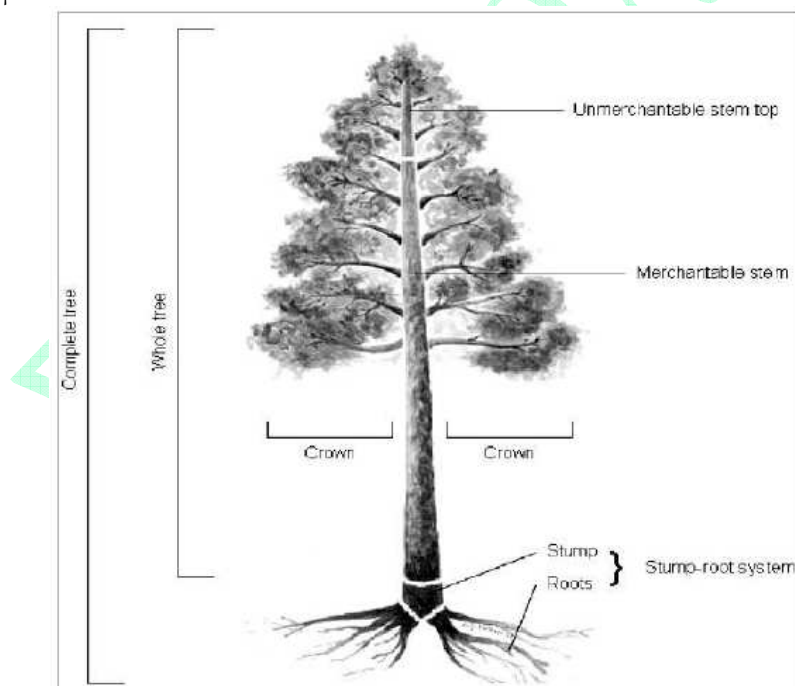
**Κλαδιά:** περιλαμβάνονται το ξύλο και ο φλοιός των ζώντων και νεκρών κλαδιών, αλλά όχι το φύλλωμα, οι βλαστοί και τα αναπαραγωγικά όργανα.

**Φύλλωμα:** αναφερόμαστε σε όλα τα φύλλα ή τις βελόνες, τους νεαρούς βλαστούς και τα αναπαραγωγικά όργανα.

**Πρέμνα (stump):** αναφερόμαστε στη μη χρήσιμη υπέργεια βιομάζα η οποία βρίσκεται κάτω από τη βάση του κορμού και την υπόγεια προβολή της συμπεριλαμβανομένου και του taproot. Οι πλευρικές ρίζες αποκλείονται.

**Σύστημα κεντρικών ριζών-ριζών:** αναφερόμαστε στα πρέμνα κάτω από τον κορμό και όλο το ριζικό σύστημα.

**Ρίζες:** περιλαμβάνονται όλες οι παράπλευρες ρίζες, αλλά όχι οι κύριες ρίζες του φυτού.



**Εικόνα 3:** Απεικόνιση των διαφόρων μερών ενός δέντρου που χρησιμο-ποιούνται στις υλοτομικές διεργασίες.

Υπάρχουν όμως και πολύ σημαντικοί περιορισμοί στο στάδιο της συγκομιδής, περιορισμοί που σχετίζονται με περιβαλλοντικούς, εδαφολογικούς παράγοντες. Έτσι, θα πρέπει να μελετηθούν σοβαρά η έκταση και ο τύπος του εδάφους όπου διενεργούνται οι διαδικασίες.



- **Δασική βιομάζα σε υποκαλλιεργούμενα-υποαξιοποιούμενα δάση.** Δάση, που υποαξιοποιούνται ή δεν αξιοποιούνται καθόλου, είτε λόγω μη υπάρχουσας πίεσης εκ μέρους της αγοράς των προϊόντων ξύλου, είτε λόγω γεωγραφικής απομόνωσης και υψηλού κόστους μεταφοράς του ξύλου στους τόπους επεξεργασίας του, μπορούν να διαχειρισθούν με κύριο σκοπό εκμετάλλευσης την παραγωγή ενέργειας στην εγγύς περιοχή. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το δυναμικό της διαθέσιμης βιομάζας είναι υψηλό, η δε ενεργειακή αξιοποίηση της θα συμβάλλει στην εκπλήρωση των στόχων της εθνικής δασικής πολιτικής και στη βελτίωση της υγείας του δάσους.

Το ενεργειακό δυναμικό των δασικών υπολειμμάτων δασικής ξυλείας, που δύνανται να υποληφθούν τεχνικά, ανέρχεται σε άνω των 126 χιλιάδων ΤΠΠ ετησίως σε επίπεδο χώρας, 30% περίπου του αντίστοιχου της ετήσιας παραγωγής καυσόξυλων σήμερα (Κομπελίτου & Κοσκινά, 2004).

### 3.6.3. Ανακτώμενη ξυλεία.

Η ανακτώμενη ξυλεία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς είναι τα πριονίδια, τα αστικά υπολείμματα ξύλου και τα υπολείμματα δέντρων.

- Τα πριονίδια αποτελούν υπολείμματα ξύλου, από τη βιομηχανία χαρτιού και πολτού, τα ξυλουργεία και άλλους βιομηχανικούς χρήστες ξύλου και χρησιμοποιούνται συχνά για την παραγωγή ηλεκτρισμού από βιομάζα. Αυτά τα υπολείμματα είναι συνήθως πολύ καθαρά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο σε ένα μεγάλο εύρος συστημάτων ισχύος βιομάζας.

- Τα αστικά υπολείμματα περιλαμβάνουν απορρίμματα των πόλεων, βιοτεχνιών και βιομηχανιών, απορρίμματα των κατασκευών και υλικών κατεδάφισης καθώς και απορρίμματα υλικών συσκευασίας (Πίνακας 10). Τα υλικά αυτά μπορούν να εκτραπούν σε μονάδες ανάκτησης που διαχωρίζουν το καθαρό ξύλο από τα άλλα υλικά και το καθαρό ξύλο, με χαμηλή υγρασία μέχρι 5%, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παραγωγικά ως καύσιμο βιομάζας.

- Τέλος, τα υπολείμματα δέντρων αποτελούν ξυλώδη υπολείμματα κήπων και υλικά από το κλάδεμα των δέντρων που βρίσκονται κοντά σε οδούς, υλικά που μπορούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν ενεργειακά.

**Πίνακας 10.** Τύποι ανακτημένου ξύλου σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Απορριμμάτων.

| <b>Καθορισμός ανακτημένου ξύλου σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Απορριμμάτων (European Waste Catalogue)</b> |                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τύποι απορριμμάτων</b>                                                                                     | <b>Ειδικές κατηγορίες ανακτημένου ξύλου</b>                                    |
| Απορρίμματα και υπολείμματα από την επεξεργασία του ξύλου και την παραγωγή χαρτιού                            | Φλοιός, πριονίδια, ξυλώδη υπολείμματα κορμών ή ξυλοπλακών και ινοπλακών        |
| Απορρίμματα συσκευασίας                                                                                       | Ξυλινες συσκευασίες                                                            |
| Απορρίμματα κατασκευών και κατεδάφισης κτιρίων                                                                | Ξύλο, έπιπλα                                                                   |
| Απορρίμματα από μονάδες επεξεργασίας απορριμμάτων πόλεων                                                      | Διαχωρισμένο ξύλο από ανάμικτα απορρίμματα                                     |
| Στερεά απορρίμματα πόλεων                                                                                     | Ξύλο σε απορρίμματα από πόλεις, συλλεγόμενο χωριστά στην πηγή ή διαχωριζόμενο. |

Κατηγοριοποίηση της απορριπτόμενης ξυλείας δεν προβλέπεται από την ελληνική νομοθεσία αλλά και σε διεθνές επίπεδο δεν υπάρχει ενιαίος κανονισμός που να κατηγοριοποιεί την απορριπτόμενη ξυλεία είτε ανάλογα με τον τρόπο προέλευσης της είτε με το ποσοστό επιβάρυνσής της με προστατευτικά ή άλλα υλικά.

Οι κατηγορίες της ανακτώμενης ξυλείας σύμφωνα με τη γερμανική κατηγοριοποίηση φαίνονται στον πίνακα 11.

Κύριο στόχο της παρακάτω κατηγοριοποίησης αποτελεί ο διαχωρισμός της απορριπτόμενης ξυλείας με κριτήριο την συμπεριφορά της ως καύσιμο. Για παράδειγμα, η καύση της **κατηγορίας I** εγκυμονεί λιγότερους περιβαλλοντικούς κινδύνους συγκριτικά με την **κατηγορία IV** με αποτέλεσμα, οι εγκαταστάσεις καύσεις που τροφοδοτούνται με απορριπτόμενη ξυλεία της **κατηγορίας IV** να υπόκεινται σε αυστηρότερους περιβαλλοντικούς κανονισμούς απ' ότι οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν ως καύσιμο ξυλεία της πρώτης κατηγορίας. Το ίδιο βεβαίως ισχύει για τις **κατηγορίες II** και **III**.

Πίνακας 11. Κατηγοριοποίηση απορριπτόμενης ξυλείας.

| Κατηγορία     | Περιγραφή της απορριπτόμενης ξυλείας                                                                         |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Κατηγορία I   | Φυσικώς βεβαρημένη ξυλεία                                                                                    |
| Κατηγορία II  | Ξυλεία βαμμένη ή βερνικωμένη, χωρίς συντηρητικά και χωρίς επιστρώσεις με αλογονοοργανικές ενώσεις (π.χ. PVC) |
| Κατηγορία III | Ξυλεία με επιστρώσεις αλογονοοργανικών ενώσεων, χωρίς συντηρητικά                                            |
| Κατηγορία IV  | Ξυλεία που περιέχει κάθε είδους συντηρητικά                                                                  |

#### 3.6.4.Μορφές δασικής βιομάζας.

Έτσι μπορούμε να αναφέρουμε ότι βασικά, το καύσιμο που έχει ως βάση το ξύλο διατίθεται σε τρεις κύριες μορφές:

- Τεμάχια συμπαγούς ξύλου (καυσόξυλα), (woodfuel).
- Συσσωματώματα προιονιδιού ή συμπυκνώματα ή αλλιώς σύμπηκτα ξύλου (pellets) ή μπριγκέτες.
- Θρύμματα ξύλου (woodchips).

Επίσης διατίθεται σε μικρότερες ποσότητες ως ανακτηθέν ξύλο (recovered wood) και τύρφη (peat).



Εικόνα 4: Καυσόξυλα – Πελέτες – Ξύλο Θρυμματισμού.

#### 3.6.4.1.Θερμογόνος δύναμη του ξύλου.

Πριν ξεκινήσουμε την αναφορά μας στη θέρμανση που το καύσιμο έχει ως βάση το ξύλο, θα ήταν αξιόλογο και μάλλον απαραίτητο να αναφερθούμε στην θερμική αξία του ξύλου, δηλαδή τη θερμογόνο δύναμη του ξύλου. Θα μας κάνει να κατανοήσουμε περισσότερα πράγματα για το ξύλο και την επιλογή μας αυτή. Ως θερμογόνο δύναμη, ορίζουμε το ποσό της θερμότητας το οποίο παράγεται κατά τη στοιχειομετρική καύση μιας ορισμένης ποσότητας καυσίμου.

Δηλαδή στη περίπτωση μας, θερμαντική αξία λέμε την ποσότητα της θερμικής ενέργειας που παράγεται από την πλήρη καύση ενός κιλού (kg) ξηρού ξύλου. Η θερμογόνος δύναμη μετριέται με ειδικές συσκευές που λέγονται θερμιδόμετρα. Εκφράζεται με μονάδες μέτρησης ενέργειας, δηλαδή θερμότητας, ανά μονάδα μάζας ή όγκου. Πόσες θερμίδες δηλαδή ανά κιλό μας αποφέρει η καύση του ξύλου. Δηλαδή Kcal / kg συνήθως ή BTU / Lb. [1 Kcal = 1.000 Cal 1 Cal = 3,968 BTU]

Παρόλο που η βιομάζα είναι μια σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, δεν αποτελεί πολύ καλό καύσιμο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το περισσότερο από το 70% του όγκου της είναι συνήθως αέρας και νεκρός όγκος. Αυτή η χαμηλή πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα όγκου της βιομάζας, δυσχεραίνει τόσο τη συλλογή όσο τη μεταφορά, την αποθήκευση και τη χρήση της. Για τη βελτίωση του ενεργειακού περιεχόμενου ανά μονάδα όγκου της βιομάζας, χρησιμοποιείται στις μέρες μας η μέθοδος της μηχανικής αύξησης της πυκνότητάς της (Densification).

Η αύξηση της πυκνότητας της βιομάζας είναι μια νέα διαδικασία κατά τη οποία με τη χρήση υψηλών πιέσεων συμπιέζεται η βιομάζα σε μικρά συσσωματώματα κοινώς pellets. Αύξηση της πυκνότητας κατά έναν πιο απλό τρόπο επιτυγχάνεται με τον θρυμματισμό του ξύλου, παράγοντας έτσι μικρότερα τεμάχια ξύλου, χωρίς αυτά να υποστούν περεταίρω επεξεργασία (woodchips). Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να προσέξουμε λιγάκι διότι η παρουσιαζόμενη ενέργεια του τελικού υλικού περιέχει ενέργεια από ορυκτό καύσιμο για την λειτουργία των μηχανών επεξεργασίας, μεταφοράς αποθήκευσης και την προστιθέμενη της ενέργειας κατασκευής αυτών των μηχανών.

Η υψηλή θερμογόνος δύναμη (Kcal/kg, Btu/lb) είναι η πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα μάζας του καυσίμου. Παρόλο αυτά, για τη βιομάζα πιο σημαντική είναι η θερμογόνος δύναμη ανά μονάδα όγκου (Kcal/liter, MJ/m<sup>3</sup>, Btu/ft<sup>3</sup>). Επειδή η βιομάζα κατά πλειοψηφία έχει χαμηλό βάρος η μάζα της δεν είναι τόσο σημαντικός παράγοντας κατά τη συλλογή, τη μετακίνηση, την αποθήκευση και τη χρήση. Με την αύξηση της πυκνότητάς της, και κατά συνέπεια της θερμογόνου δύναμης, η βιομάζα ως καύσιμο αλλάζει σημαντικά τις ιδιότητές της και αποκτά πολλές χρήσεις.

Χαρακτηριστικός είναι και ο παρακάτω πίνακας που παραθέτει συγκριτικά, την πυκνότητα και τη θερμογόνο δύναμη woodchips και Pellets ξύλου.

[1 MJ = 0,0278 KWh] [1 kcal = 4,2 J]

| Καύσιμο   | Πυκνότητα (Kg/Lt) | Ενεργειακή Πυκνότητα Μάζας (MJ/Kg)/ [Kwh/ Kg] | Ενεργειακή Πυκνότητα Όγκου (MJ/Lt) |
|-----------|-------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|
| woodchips | 0,19              | 20 / [5,5 Kwh/Kg]                             | 3,8 MJ/Lt                          |
| pellets   | 0,68              | 20 / [5,5 Kwh/Kg]                             | 13,6 MJ/Lt                         |

Στα pellets με μεγαλύτερη πυκνότητα, η αποδιδόμενη θερμική ενέργεια είναι πολύ μεγαλύτερη. Αυτός είναι και ο λόγος που υπάρχει μεγάλη στροφή προς τα pellets.

Ένας επιπλέον πίνακας θα μας επέτρεπε να δούμε την θερμογόνο δύναμη του κάθε καυσίμου με τον τρόπο καύσης αυτού και τον βαθμό απόδοσης .

| ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΤΗΡΑ<br>Η' ΕΣΤΙΑΣ-ΣΟΜΠΙΑΣ                              | M.M. | ΑΠΟΔΟ-<br>ΣΗ | ΘΕΡΜΙΚΗ<br>ΙΣΧΥΣ<br>ΚΑΥΣΙΜΟΥ<br>-<br>ΘΕΡΜΟΓΟ-<br>ΝΟΣ<br>ΔΥΝΑΜΗ | ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ<br>ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ<br><br>ΒΑΣΗ ΠΟΣΟΣΤΟΥ<br>ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΗΣ<br>ΣΥΣΚΕΥΗΣ |
|------------------------------------------------------------------|------|--------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΕΣΤΙΕΣ-ΣΟΜΠΕΣ ΜΕ<br>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΚΑΥΣΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ | kg   | 81%          | 4,2kwh                                                         | 3,41kwh                                                                         |
| ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΣΤΙΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ                                       | kg   | 70%          | 4,2kwh                                                         | 2,94 kwh/kg                                                                     |
| ΑΝΟΙΧΤΗ ΕΣΤΙΑ ΤΖΑΚΙΟΥ                                            | kg   | 10-12%       | 4,2kwh                                                         | 0,5kwh                                                                          |
| ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΕΡΙΟΥ                                                   | Nm3  | 95%          | 11kwh                                                          | 10,45kwh                                                                        |
| ΛΕΒΗΤΑΣ ΣΟΜΠΑ-ΠΕΛΛΕΤ                                             | kg   | 85%          | 5,2kwh                                                         | 4,42kwh                                                                         |
| ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ<br>ΠΡΙΝ ΤΟ 2000                 | Lt   | 80%          | 11,9kwh                                                        | 9,52kwh                                                                         |
| ΚΑΥΣΤΗΡΕΣ ΝΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕΤΑ<br>ΤΟ 2000                       | Lt   | 93%          | 11,9kwh                                                        | 11,067kwh                                                                       |
| ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΟ                                                     | kwh  | 140%         | 1,4kwh                                                         | 1,4kwh                                                                          |

Υποσημείωση: Ο υπολογισμός για το ξύλο γίνεται με υγρασία max=17% που σημαίνει ξύλο κομμένο τουλάχιστον ένα χρόνο πριν και αποθηκευμένο σε αεριζόμενο χώρο και σκεπασμένο.

Επιπρόσθετα να συμπληρώσουμε ότι ένας λέβητας πετρελαίου ή ξύλου έχουν επιπλέον απώλειες εκτός της διαδρομής και μέσα στο λεβητοστάσιο. Αυτό πολύ εύκολα το αντιλαμβανόμαστε από το ότι υπάρχει αρκετή ζέστη στο χώρο του λεβητοστασίου. Στην περίπτωση του τζακιού ή ξυλόσομπας ή pellet η ενέργεια που διαφεύγει εκτός της συσκευής παραμένει εντός του σπιτιού διότι απλά συνήθως είναι τοποθετημένη στο σαλόνι ή ένα μεγάλο δωμάτιο της οικίας.

#### 3.6.4.2.Υγραμετρία - Η Σωστή χρήση του καυσόξυλου.

Υγραμετρία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τη μέτρηση της υγρασίας του ξύλου. Τι είδους ξύλου μπορούμε να επιλέξουμε ώστε να έχουμε την καλύτερη απόδοση. Τα ξύλα που δίνουν καλά κάθβουνα και κατά συνέπεια διατηρούν τη φωτιά όπως η αριά, ο γαύρος και η βελανιδιά είναι τα καλύτερα, η μελιά, ο σφένδαμος, και η σημύδα έχουν απώλειες θερμοαντικής απόδοσης της τάξης 8 – 11% σε σχέση με τη αριά, βελανιδιά. Η καλύτερη επιλογή σε καυσόξυλα εμπορίου σε σχέση βάρους – απόδοσης είναι η οξιά. Η ιτιά, η λεύκα, η φλαμουριά και η καστανιά έχουν μικρή θερμοαντική δυνατότητα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η λεύκα θερμαίνει δυο φορές λιγότερο από τη βελανιδιά. Καλό είναι να αποφεύγετε το πεύκο και το έλατο καθώς και κατά γενικό κανόνα όλα τα ρητινοφόρα έχουν μέτρια θερμοαντική απόδοση. Είναι 30% μικρότερη από τη αριά, γαύρου και το κυριότερο είναι ότι η ρητίνη τους προκαλεί ταχύτερα τη δημιουργία πίσσας, στην καμινάδα και κίνδυνο ανάφλεξης.



Καλό είναι να αποφεύγουμε τα ξύλα που έχουν υγραμετρία κατώτερη από το 10%. Το υλικό αυτό που προκαλεί έντονη καύση, πράγμα επιζήμιο για την καλή συμπεριφορά του μαντεμιού και των άλλων υλικών της εγκατάστασης. Επίσης βλάβες στην εγκατάσταση μπορεί να προκαλέσει το πολύ υγρό ξύλο και ζημιώνει τη συμπεριφορά του καπνού.

Το ποσοστό υγραμετρίας του ξύλου που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι κατώτερο του 18% για τα κομμάτια του τετάρτου και 20% για τους κορμούς. Με άλλα λόγια, θα πρέπει να έχει κοπεί (τουλάχιστον προ δύο ετών) και να έχει αποθηκευτεί σε καλά αεριζόμενο μέρος για τα κράτη της Βόρειας Ευρώπης. Ενώ για την Ελληνική επικράτεια πρέπει λόγω κλίματος το ξύλο να είναι τεμαχισμένο σε κομμάτια του τετάρτου τουλάχιστον πριν 14 μήνες. Η τοποθέτηση κατά την αποθήκευση πρέπει να είναι προς τη μια και προς την άλλη κατεύθυνση εναλλάξ για κάθε κομμάτι. Θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι ένα ξύλο με υψηλή υγραμετρία δεν θερμαίνει καλά παρά τις μεγάλες κίτρινες φλόγες και διαρκεί λίγο. Είναι σύνηθες να συναντούμε ξύλο με υγραμετρία της τάξης του 50%. Σε αυτή την περίπτωση θα έχετε δυο φορές λιγότερη από την απαιτούμενη ενέργεια σε σχέση με τη χρήση στεγνού ξύλου. Η εξάτμιση του νερού που εμπεριέχεται στο ξύλο προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας («ψύχρες») εξαιτίας της απορρόφησης, ακολουθώντας τη φυσική αρχή σύμφωνα με την οποία διενεργείται το πέραςμα από την υγρή στην αέρια κατάσταση.

| Απόδοσης ξύλων σε θερμίδες. |                  |
|-----------------------------|------------------|
| ΔΡΥΣ                        | 4700 kcal        |
| ΟΞΙΑ                        | 4700 kcal        |
| ΕΛΙΑ                        | 4100 kcal        |
| ΛΕΥΚΑ                       | 4800 kcal        |
| ΕΛΑΤΟ                       | 4900 kcal        |
| Άλλα πλατύφυλλα             | 4000 - 4200 kcal |

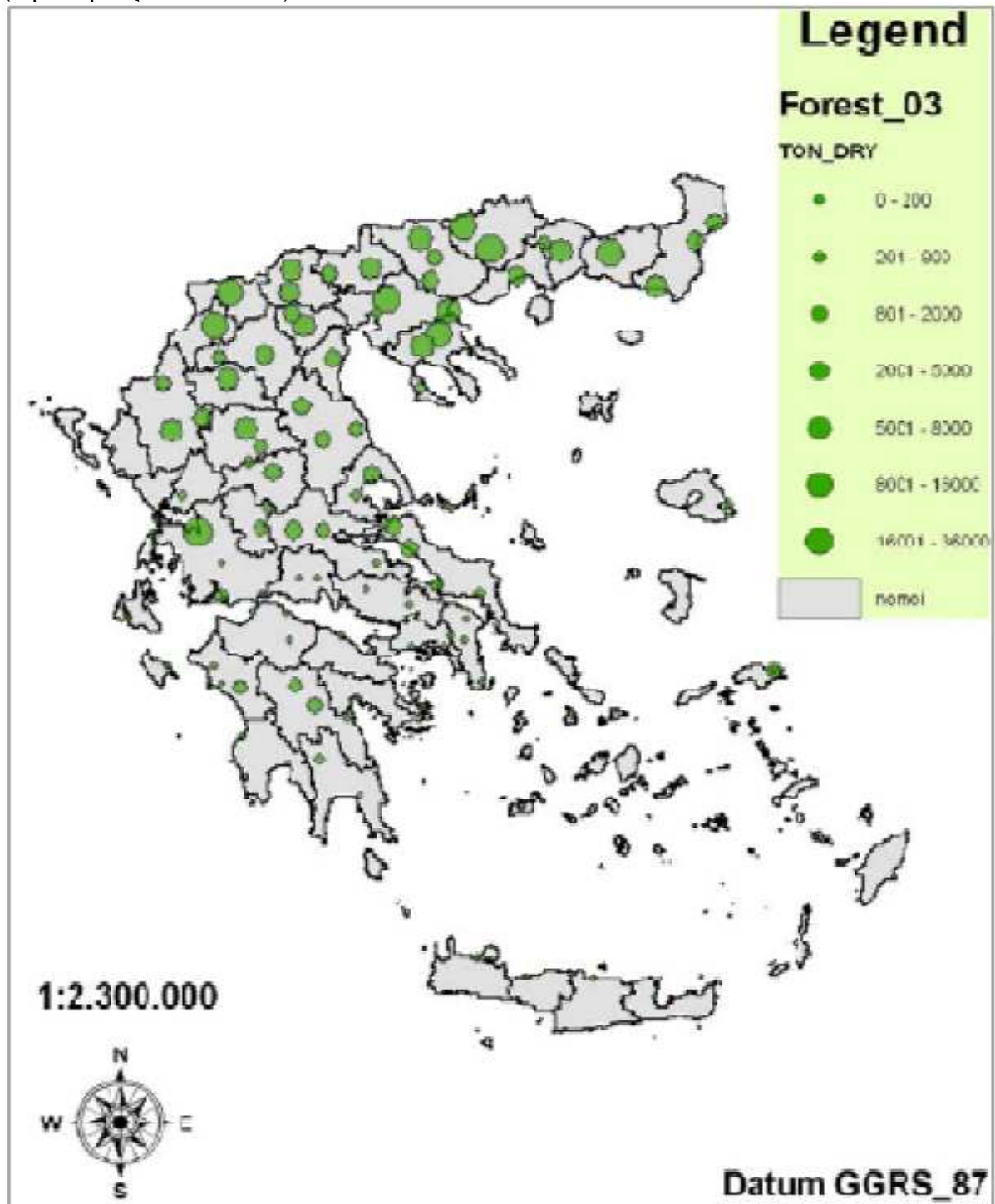
### 3.6.5. Καυσόξυλα.



Τα καυσόξυλα αποτελούν την αρχική πηγή καυσίμων από το 1800, όταν μετατοπίστηκε από τον άνθρακα στην αρχή και στη συνέχεια από το πετρέλαιο. Τα τεμάχια συμπαγούς ξύλου (κούτσουρα) είναι τα τεμάχια ξύλου ενός μήκους που ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του λέβητα. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι είναι υλικό διαθέσιμο παντού. Μερικά από

τα μειονεκτήματα που έχει το κούτσουρο είναι ότι η αυτοματοποίηση του καθίσταται δύσκολη λόγω της χειρωνακτικής φόρτωσης που απαιτείται και της δυσκολίας αποθήκευσής του, ενώ η απόδοση της καύσης του δε ξεπερνά το 75%. Για τη θέρμανση πολλών και μεγάλων χώρων απαιτούνται σύνθετες

εγκαταστάσεις και μεγάλες ποσότητες καυσίμου. Γενικότερα, το ποσοστό ανακτώμενης ενέργειας από τη χρήση καυσόξυλων είναι της τάξης των 3-70 kW. Το θεωρητικό δυναμικό παραγωγής καυσόξυλων στην Ελλάδα το έτος 2003 (Χάρτης 6) ήταν περίπου 410000 tn/y με ενεργειακό περιεχόμενο περίπου 7,7 PJ/y (δηλαδή περίπου 2.1TWh).



**Χάρτης 6:** Παραγωγή καυσόξυλων στον Ελλαδικό χώρο με δεδομένα των ετών 2002 και 2003 (Χρήστου, 2007) .

### 3.6.6. Πελλέτες (pellets )

Οι πελλέτες είναι μικρά κυλινδρικά τεμάχια συμπιεσμένης βιομάζας και έχουν διάμετρο 5-8 mm και μήκος ως 30 mm. Αναφέρονται σε ξερό ξύλο από υπολείμματα της επεξεργασίας ξύλου το οποίο δεν περιέχει μολυντές ή πρόσθετα. Έχουν υγρασία 8-10% και θερμική αξία περί τα 17-21 MJ/kg (5-5.2 kWh/kg.), ανάλογα με το είδος της βιομάζας. Έτσι, αν είναι ξηρό το ξύλο από το οποίο προέρχονται, απαιτείται κατεργασία 1- 2% του ενεργειακού περιεχομένου τους, ενώ όταν απαιτείται ξήρανση, το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε περίπου 10%. Η κατεργασία τους γίνεται είτε μέσω βιομηχανικής επεξεργασίας, είτε σε μικρές κατά τόπους μονάδες και πολύ σημαντικός είναι ο έλεγχος ποιότητας πριν από τη χρήση.

**Πίνακας 12.** Κριτήρια προτύπου pellets.

|                          |                                                                                      |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Θερμική αξία             | 4,8 Kwh/Kg pellets ή 0.41 TΠΠ/t pellets ή 2t pellets = 1000 lit πετρελαίου θέρμανσης |
| Περιεκτικότητα σε νερό   | <10%                                                                                 |
| Περιεκτικότητα σε στάχτη | < 0.5% (επιθυμητό)                                                                   |
| Πυκνότητα                | 0.60-0,68 t/m3                                                                       |
| διαστάσεις               | D: 4-20 & Dx5 μήκος                                                                  |



**Εικόνα 5:**μηχανή παραγωγής πελλετών.

Η παραγωγή των pellets γίνεται σε αντίστοιχες μονάδες επεξεργασίας βιομάζας (εικόνα 5). Η μετατροπή γίνεται με απλή μηχανική επεξεργασία και δεν απαιτείται κανενός είδους χημική ή άλλη επεξεργασία, με αποτέλεσμα οι εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά την καύση να είναι σημαντικά μειωμένες σε σχέση με αυτές των ορυκτών καυσίμων. Επίσης, η διαχείριση και η χρήση

συμπιεσμένης βιομάζας σε μορφή pellets είναι εξαιρετικά εύκολη λόγω της κυλινδρικής φόρμας, της στιλπνής επιφάνειας και του μικρού τους μεγέθους. Η ανακτώμενη ενέργεια από τη χρήση pellets κυμαίνεται μεταξύ 8-500 kW.

Οι πελλέτες ως καύσιμο μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δημόσια κτίρια και ιδιωτικές επιχειρήσεις όπως θερμοκήπια, βιομηχανίες και βιοτεχνίες και ξενοδοχεία. Εκτός όμως από την απλή θέρμανση κτιρίων και κατοικιών υπάρχουν και άλλες χρήσεις των pellets.

Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε πελλέτες σε κεντρικές εγκαταστάσεις για τη συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, ή μόνο θέρμανσης με δίκτυα τηλεθέρμανσης, καθώς και την παραγωγή βιοαερίου και βιο-υδρογόνου.

Οι λέβητες που χρησιμοποιούν pellets ως καύσιμη ύλη έχουν πολύ καλό επίπεδο αυτοματισμών και είναι εύκολη η διαχείριση και αποθήκευση του καυσίμου, η δε ενεργειακή απόδοση αυτών 80-90%.

Η χρήση pellets στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη είναι πολύ διαδεδομένη και χρησιμοποιούνται κυρίως για θέρμανση. Στην Αυστρία για παράδειγμα, όπου έχει υιοθετηθεί πολιτική παραχώρησης ευκολιών και κινήτρων από τις κυβερνήσεις για τη χρήση pellets σε οικιακή χρήση, οι πωλήσεις καυστήρων πελλετών ξεπέρασαν το 2008 αυτές των καυστήρων πετρελαίου. Στην Ελλάδα, οι



μεγαλύτερες μονάδες παραγωγής pellets βρίσκονται στο Συκούριο της Λάρισας με ετήσια παραγωγή 5000 tn/yr και στον Παλαμά της Καρδίτσας με 20000 tn/yr.

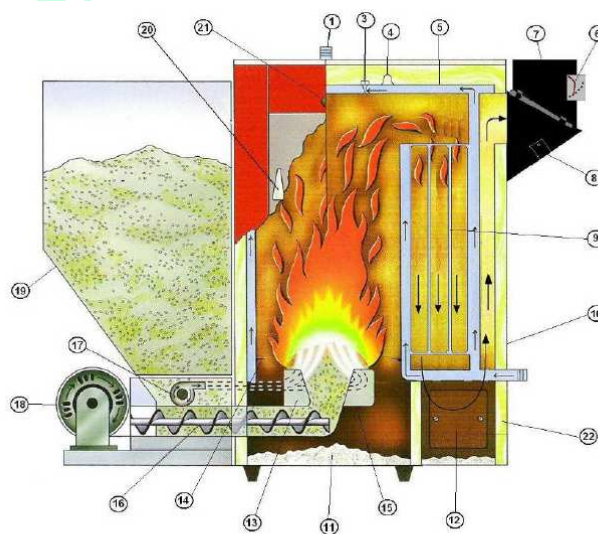
Λόγω της ραγδαίας αύξησης της αγοράς pellets στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη, η βιομηχανία παραγωγής καυστήρων pellets έχει κάνει τεχνολογικά άλματα με αποτέλεσμα οι καυστήρες pellets που κυκλοφορούν σήμερα στο εμπόριο έχουν πολύ μεγάλη απόδοση, η οποία μπορεί να φθάσει πλέον το 80-90% και θεωρείται συγκρίσιμη με την απόδοση των καυστήρων πετρελαίου και με δυνατότητα αυτοματοποιημένης τροφοδοσίας. Οι πιο εξελιγμένοι τεχνολογικά λέβητες διαθέτουν αυτόματο σύστημα για τον καθαρισμό των εναλλακτών θερμότητας και την απομάκρυνση της στάχτης. Ορισμένοι έχουν τη δυνατότητα συμπίεσης της στάχτης, ώστε το καθαρίσμα γίνεται αναγκαίο μόνο δύο φορές το χρόνο. Η λειτουργία τους είναι αυτόματη όπως ακριβώς στους λέβητες πετρελαίου. Στο λέβητα συσσωματωμάτων η τροφοδοσία γίνεται μια φορά τη μέρα. Διαθέτει χώρο αποθήκευσης ο οποίος παρέχει αυτονομία για 10 - 30 ημέρες ανάλογα με το μέγεθός του.

Όσον αφορά τα οφέλη της χρήσης pellets για τον καταναλωτή, 2 κιλά pellets ισοδυναμούν περίπου με 1 λίτρο πετρελαίου και ακόμη η λιανική τιμή της pellets στη χώρα μας, είναι περίπου 240-320 €/tn (Η τιμή του εξαρτάται σημαντικά από την ποιότητά του). Δεδομένου του γεγονότος ότι πλέον το πετρέλαιο θέρμανσης κυμαίνεται στα 1,40-1,60 ευρώ το λίτρο, προκύπτει ότι η θέρμανση με στερεό καύσιμο παρέχει σημαντική μείωση του κόστους θέρμανσης. Τα κύρια μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών είναι οι απαιτήσεις για χώρο αποθήκευσης και η διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης.

Η Ευρώπη σήμερα, χρησιμοποιεί 20 εκατομ. Τ.Ι.Π για θέρμανση/χρόνο, ενώ τον Αύγουστο του 2008 το κόστος των pellets ήταν 60% μικρότερο από το πετρέλαιο θέρμανσης, αλλά όμως με υψηλότερο κόστος εγκαταστάσεων αποθήκευσης και αξιοποίησης. Η ΑΕΒΙΟΜ εκτιμά ότι το 2020 περί τα 80 Mt pellets θα χρησιμοποιούνται στην Ε.Ε. ή 33 ΜΤΙΠ, με τη στροφή του 15-20% του συνολικού δυναμικού της βιομάζας προς την πελλετοποίηση.

#### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

1. Εξόδος ζεστού νερού προς δίκτυο θέρμανσης
2. Επιστροφή νερού από δίκτυο θέρμανσης
3. Υποδοχή τοποθέτησης αισθητήριων
4. Σημείο ανάρτησης λέβητα
5. Καπάκι καθαρισμού αεραίων
6. Διάφραγμα ρύθμισης ελκυσμού καπνοδόχου
7. Εξόδος καμινάδας σε Φ250 ή Φ300
8. Θυρίδα καθαρισμού καμινάδας
9. Κάθετοι αεραυλοί 2ης διαδρομής καυσαερίων
10. Λείψανον λέβητα
11. Σურτάρι καθαρισμού θαλάμου καύσης
12. Θυρίδα καθαρισμού στάχτης 2ης και 3ης διαδρομής
13. Εστία καύσης από χυτοσίδηρο
14. Σημείο στήριξης (προαιρετικής) σκάρας ξύλων
15. Ρυθμιστικό διάφραγμα εξισορρόπησης ελκυσμού και αντίστροφης καμινάδας
16. Χυτοσίδηρος Ατέρμονας κοχλίας προώθησης καυσίμου
17. Φυστήρας πρωτογενή και δευτερογενή αέρα καύσης
18. Ηλεκτροκινητήρας με μειωτήρα μετάδοση κίνησης μέσω αλυσίδας-γροαζιών-κουζινέτου
19. Γαλβανιζέ Κωνικό βιδωτό σιλό με σπτα συγκράτησης αντικειμένων
20. Χερούλι χυτοσίδηρων πορτών από πλαστικό για ασφαλή λαβή
21. Υποδοχή  $^{3/4}$ " για τον (προαιρετικό) θερμοστάτη ελέγχου αέρα (θερμοστατικός ρυθμιστής διαφραγματος αέρα)
22. Μόνωση από πάπλωμα υαλοβάμβακα με επικάλυψη αλουμινίου



Εικόνα 13. Λέβητας βιομάζας με αυτόματη τροφοδοσία. Επεξηγηματικό διάγραμμα.  
Πηγή: [www.nsamaras.gr](http://www.nsamaras.gr)



### 3.6.6.1. Διαδικασία Παραγωγής pellets Ξύλου.

Η μέθοδος αυτή δεν είναι ευρέως διαδεδομένη στη χώρα μας, οπότε και οι μονάδες παραγωγής pellets είναι περιορισμένες. Ας μελετήσουμε όμως αυτό τον τομέα, ξεκινώντας από το τεχνικό κομμάτι και τον εξοπλισμό που απαιτείται για την πραγματοποίηση μιας τέτοιας διεργασίας.

Αρχικά θα πρέπει να ορίσουμε τα στάδιά της. Τα βήματα δηλαδή από τα οποία περνάει η πρώτη ύλη (σε όποια μορφή κι αν την παίρνουμε) για να φτάσει στην τελική, τα pellets.

Η πρώτη ύλη, μπορεί να είναι από κορμοί δέντρων και κλαδιά με μικρά ξύλα, ως πριονίδια, υπολείμματα βιομηχανίας ξύλου. Υπάρχουν διάφορες γραμμές παραγωγής pellets, ανάλογα με την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείτε.

Παρακάτω θα αναφέρουμε μια πλήρη γραμμή που μας καλύπτει με κάθε είδους πρώτη ύλη:

#### 1. Αποθήκη πρώτης ύλης.

Για τον χώρο αποθήκευσης της πρώτης ύλης δεν θα χρειαστεί να κάνουμε εκτενή αναφορά. Θα πρέπει να υπάρχει όμως ο ανάλογος χώρος για την αποθήκευσή της.

Η πρώτη ύλη μπορεί να είναι από υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου που προέρχονται από μονάδες επεξεργασίας ξύλου, υπολείμματα δασικής επεξεργασίας, υπολείμματα κλαδέματος, υπολείμματα γεωργικής καλλιέργειας, συγκομιδή αγροτικής ενεργειακής καλλιέργειας κ.λ.π.

Όπως αναφέραμε όμως η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι σημαντικός παράγοντας για τα pellets. Αν και στην συνέχεια της διαδικασίας το υλικό μας περνάει από ξηραντήριο, καταλαβαίνουμε ότι ο χώρος της αποθήκευσης πρέπει να είναι κλειστός και ξηρός, ή τουλάχιστον καλά αεριζόμενος έτσι ώστε και η πρώτη ύλη να διατηρείτε στην όσο το δυνατόν καλύτερη κατάσταση.

#### 2. Εισαγωγή πρώτων υλών.

Σ' αυτό το στάδιο η πρώτη ύλη οδηγείτε στον τεμαχιστή, το πρώτο δηλαδή της παραγωγικής διαδικασίας. Η πρώτη ύλη με την εκάστοτε μορφή της, οδηγείτε στα μηχανήματα για τον αρχικό τεμαχισμό. Οπότε σ' αυτό το σημείο της γραμμής παραγωγής θα πρέπει να υπάρχει το ανάλογο όχημα, είτε φορητό αυτοκίνητο είτε κάποιου είδους εκφορτωτικό, το οποίο θα τροφοδοτεί τους τεμαχιστές με την πρώτη ύλη.

#### 3. Τεμαχισμός, Shredding.

Η πρώτη ύλη οδηγείτε σε έναν θρυμματιστή (σπαστήρα) με στόχο μια διάσταση εξόδου περίπου 3 εκ. Στο στάδιο αυτό του τεμαχισμού έχουμε τρεις υποπεριπτώσεις, την περίπτωση όπου παραλαμβάνουμε πρώτη ύλη σε μορφή άκοπου ξύλου – κορμού δέντρου, την περίπτωση όπου η πρώτη ύλη είναι σε μορφή κλαδιών, και τρίτον η περίπτωση η πρώτη ύλη να λαμβάνετε κατ' ευθείαν σε μορφή πριονιδιού.

Έτσι διαφοροποιείται ανάλογα το στάδιο αυτό του πρώτου τεμαχισμού της πρώτης ύλης.

Για την υλοποίηση αυτής της διαδικασίας χρησιμοποιούνται θρυμματιστές κορμών αλλά και θρυμματιστές κλαδιών για τη μείωση του μεγέθους του ξύλου της πρώτης ύλης σε πριονίδια. Συνήθως πρόκειται για φορητούς θρυμματιστές,



ρυμουλκούμενους από κάποιο όχημα για τη διευκόλυνσή μας και τη χρήση τους σε διαφορετικά μέρη.

Οι θρυμματιστές αυτοί λειτουργούν με κινητήρα εσωτερικής καύσης, με ισχύ από 3 ίππους (2,2 kW) έως 1.000 ίππους (750 kW). Υπάρχουν επίσης μοντέλα υψηλής ισχύος που ρυμουλκούνται όμως από φορτηγά και η τροφοδοτήσή τους

γίνεται από χωριστό κινητήρα, ισχύος από 200 ίππους (150 kW) έως 1.000 ίππους (750 kW), για τον τεμαχισμό ολόκληρων κορμών δέντρων.

Οι θρυμματιστές συνήθως αποτελούνται από το δοχείο εισαγωγής της πρώτης ύλης, το μηχανισμό θρυμμάτισης, και ένα προαιρετικό δοχείο συλλογής για τα ξύλα μετά το θρυμματισμό. Ένα κομμάτι δέντρου ή κλαδιών εισάγεται στο θάλαμο (όπου τα τοιχώματα χρησιμεύουν ως προστατευτικά για τον άνθρωπο από τα κομμάτια που τεμαχίζονται) και έτσι ξεκινάει η θρυμμάτιση στο μηχανισμό.

Τα ροκανίδια που εξέρχονται από τον θρυμματιστή οδηγούνται ή στο έδαφος, ή στο δοχείο συλλογής κάποιου οχήματος. Στη δικιά μας περίπτωση, σε κάποιο όχημα για να οδηγούνται στο επόμενο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Εξέρχονται σε μέγεθος περίπου 2,5cm – 5cm μήκος. Αυτός ήταν ο αρχικός τεμαχισμός, οπότε καταλαβαίνουμε ότι δεν έχουν έρθει ακόμα στο επιθυμητό μέγεθος για να μπουν στην πρέσα για το Pelleting. Θα πρέπει να περάσουν και από το στάδιο του λεπτού τεμαχισμού για να γίνουν “πραγματικά ροκανίδια”.

Οι περισσότεροι θρυμματιστές λειτουργούν με την ενέργεια που συσσωρεύεται σε ένα σφόνδυλο, αν και μερικοί χρησιμοποιούν τύμπανα. Οι λεπίδες τεμαχισμού είναι τοποθετημένες στο πρόσωπο του σφονδύλου.

#### 4. Διαχωριστής, Κόσκινο.

Επειτα από τον αρχικό τεμαχισμό της πρώτης ύλης, θα πρέπει αυτή να περάσει από κάποιου είδους κοσκίνισμα, έτσι ώστε να διασφαλίσουμε το σωστό μέγεθος των προιονιδίων μας, για τη σωστή και απροβλημάτιστη διεξαγωγή της παραγωγικής διαδικασίας αργότερα.

Το υλικό που είναι μικρότερο των 3 cm σε μήκος, περνάει από το κόσκινο και εξέρχεται συνεχίζοντας για το επόμενο στάδιο της γραμμής παραγωγής. Ενώ, τα μεγαλύτερα των 3 cm κομμάτια επιστρέφουν πάλι τον τεμαχιστή.

#### 5. Ξηραντήριο.

Το κοσκινισμένο υλικό οδηγείται στο ξηραντήριο (συνήθως κυλινδρικό συνεχούς ροής) για να αποκτήσει την επιθυμητή υγρασία που είναι 15%.

Τα ξηραντήρια λοιπόν τέτοιου τύπου αποτελούνται από:

- α) τον περιστροφικό κύλινδρο,
- β) το μηχανισμό – κινητήρα κίνησης του κυλίνδρου, και
- γ) τον φυσητήρα ξηρού αέρα στον κύλινδρο.

#### 6. Σιλό.

Το υλικό που βγαίνει από το ξηραντήριο είναι έτοιμο για την παραγωγή pellets. Το οδηγούμε στο σιλό που είναι η αποθήκη πρώτης ύλης έτοιμης προς συμπίεση. Το μέγεθός του και σ' αυτή την περίπτωση θα έχει να κάνει και θα καθοριστεί από τη δυναμική και την παραγωγή που θα έχει το εργοστάσιό μας.

#### 7. Λεπτός Τεμαχισμός.

Πριν από την εισαγωγή του υλικού στην μηχανή παραγωγής, έχουμε άλλο ένα στάδιο τεμαχισμού, τον λεπτό τεμαχισμό ή Chipping. Μειώνουμε ακόμα το μέγεθος του προιονιδιού σε κλίμακα περίπου 0,5 – 2,5 cm. Περίπου αυτό είναι το μέγεθος που απαιτεί η μηχανή παραγωγής για να γίνει η συμπίεση και το “Pelleting”.

#### 8. Μηχανή Παραγωγής.

Από το σιλό με μεταφορικό κοχλία οδηγούμε το υλικό, προιονίδι πλέον στη μηχανή συμπίεσης ή μηχανή παραγωγής (pellet Mill), για την παραγωγή του τελικού μας προϊόντος, pellet. Το προιονίδι, στη φάση αυτή, εισέρχεται στη μηχανή, όπου με τη βοήθεια κάποιου τυμπάνου ή σε άλλες περιπτώσεις κάποιου περιστρεφόμενου κυλίνδρου, συμπιέζεται και παίρνει την γνωστή κυλινδρική μορφή του που ξέρουμε ότι έχουν τα pellets. Στην παραγωγική διαδικασία δεν χρησιμοποιούνται χημικά πρόσθετα παρά μόνο υψηλή πίεση και ατμός. Μόνο μερικές φορές υπάρχει πιθανότητα να χρειαστεί το άμυλο ως συγκολλητική ουσία.

Ανάλογα με το είδος της μηχανής αναπτύσσονται πιέσεις από 20 - 300 Atm με αποτέλεσμα το παραπάνω υλικό να αποκτά διάμετρο 6 – 8 mm, μήκος 10 – 50 mm, με λεία γυαλιστερή επιφάνεια. Αυτά λοιπόν είναι τα pellets.

#### 9. Αφυγραντής, Cooling Process.

Το καθαρό προϊόν που βγαίνει από τη μηχανή παραγωγής, οδηγείται προηγουμένως στον αφυγραντή. Το προϊόν δεν είναι ακόμα έτοιμο για τη συσκευασία και την αποθήκευση.

Λόγω της τριβής κατά τη διάρκεια της παραγωγής, μέσα στη μηχανή – πρέσα παραγωγής (pellet Mill), αναπτύσσεται στα pellets υψηλή θερμοκρασία, περίπου 100°C. Η θερμοκρασία αυτή πρέπει να μειωθεί πριν αυτά συσκευαστούν. Αυτό επιτυγχάνεται στο στάδιο αυτό μέσα στον αφυγραντή, παίρνοντας αέρα από το περιβάλλον. Συνεπώς, η θερμοκρασία του τελικού προϊόντος πρέπει να είναι 5 – 10 βαθμούς πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Επίσης σημαντική είναι και η υγρασία των pellets. Το επίπεδο υγρασίας πρέπει βρίσκεται κάτω από το 8%.

#### 10. Κόσκινο.

Σ’ αυτό το στάδιο, τα pellets με μεταφορική ταινία, αφού εξέλθουν από τον αφυγραντή, οδηγούνται στο κόσκινο για να καθαριστούν από τη σκόνη και τα υπολείμματα πιθανόν θρυμματισμένων κομματιών.

#### 11. Σιλό.

Από την έξοδο του αφυγραντή τα pellets οδηγούνται στο σιλό έτοιμα προς συσκευασία. Και σε αυτό το στάδιο χρησιμοποιούμε κάποιο σιλό για την προσωρινή αποθήκευσή τους, έτσι ώστε η μηχανή συσκευασίας να παίρνει την απαραίτητη ποσότητα που χρειάζεται.

#### 12. Ζυγιστική Μηχανή – Συσκευασία.

Από το σιλό οδηγούμε τα pellets στην αυτόματη ζυγιστική - συσκευαστική μηχανή που τα ζυγίζει και τα συσκευάζει σε μικρούς σάκους των 5 kg – 25 kg, ή σε μεγάλους σάκους των 800 και 1000 kg.

Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με μεγαλύτερου μεγέθους συσσωματώματα τις γνωστές μας μπριγκέτες.

### 3.6.7.Θρυμματισμένο ξύλο (woodchips).

Ο όρος θρύμματα ξύλου (woodchips) αναφέρεται στα μηχανικώς επεξεργασμένα κομμάτια ξύλου, των οποίων το μέγεθος ποικίλει από 1 έως 100 mm. Τα θρύμματα ξύλου ή ροκανίδια προκύπτουν από το τρόχισμα των αποληφθέντων δασικών προϊόντων, των βιομηχανικών υπο-προϊόντων, των καυσόξυλων και του ξύλου που ανακτάται από τα ξύλινα προϊόντα των οποίων η διάρκεια ζωής έχει λήξει (οικοδομικά υλικά, έπιπλα, συσκευασίες, κλπ). Το ξύλο που προκύπτει από την ενεργειακή καλλιέργεια των δέντρων και των θάμνων παρέχεται επίσης με τη μορφή θρυμμάτων ξύλου και οι αποδόσεις που επιτυγχάνονται είναι 30-200 kW.



Εικόνα 6: Μηχάνημα παραγωγής θρυμματισμένου ξύλου από υπολείμματα δασοπονικών εργασιών.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι τα πλεονεκτήματα της χρήσης αυτού του είδους δασικής βιομάζας έγκεινται στο γεγονός του ότι είναι φτηνό, είναι εύκολη η διάθεση του και υπάρχουν πολλοί αυτοματισμοί συλλογής, φόρτωσης και αποθήκευσής του. Στον αντίποδα τώρα, ένα σημαντικό μειονέκτημα που έχει το θρυμματισμένο ξύλο είναι ότι δεν μπορούμε να έχουμε σωστό έλεγχο της ποιότητάς του.

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός που απαιτείτε στην περίπτωση του woodchips είναι σαφώς μικρότερος αν εξαιρέσουμε πως και στις τρεις προαναφερόμενες περιπτώσεις ( καύση καυσόξυλων , pellets, woodchips ) συνίσταται αποθηκευτικός χώρος για την ξήρανση και διατήρηση της υγρασίας σε χαμηλά επίπεδα της βιομάζας. Στην τελευταία περίπτωση woodchips ο πρόσθετος εξοπλισμός είναι η αγορά θρυμματιστή ανάλογο με το υπό επεξεργασία υλικό. Θα πρέπει να ληφθεί όμως υπόψη κατά την μελέτη και ο χώρος αποθήκευσης ο οποίος είναι πολλαπλάσιος του όγκου που καταλαμβάνουν τα μη θρυμματισμένα καυσόξυλα. ( 1μ3 κούτσουρο είναι περίπου 3 μ3 woodchips ).



#### 4. Οικονομικά συστημάτων ξυλώδους βιομάζας.

Θα θέλαμε, εκτός της ενημέρωσης που έγινε για τις ανθρώπινες ενεργειακές δραστηριότητες στον πλανήτη μας και την αξιοποίηση της βιομάζας ως καθαρή ενέργεια, δίνοντας έμφαση στην απόληψη ενέργειας από δασική βιομάζα για την θέρμανση χώρων, να τονίσουμε ότι από μόνη της η βιομάζα κατέχει ένα δυναμικό το οποίο οφείλεται να αναλυθεί. Αναλύοντας το δυναμικό της ξυλώδους βιομάζας, ελαχιστοποιούμε λαθεμένες εντυπώσεις, γνωρίζοντας πως είναι υπέρογκο το κόστος αντικατάστασης της παλαιάς μας ενεργειακής πολιτικής – καυσόξυλων, ορυκτών καυσίμων - με μια νέα, λαμβάνοντας μόνο υπόψη ότι γύρω μας υπάρχει άφθονη βιομάζα άρα και εκμεταλλεύσιμη με μηδενικό κόστος. Θα δούμε στην συνέχεια το κόστος της βιομάζας και το αποδοτικό της επεξεργασίας αυτής, πιστεύοντας ότι είναι κατά πολύ συμφέρουσα η στρατηγική για εξοικονόμηση ενέργειας με την ορθολογική χρήση αυτής και όχι με μια οποιαδήποτε ριζική αλλαγή ενεργειακής δραστηριότητας. Στην στρατηγική αυτή συμβάλει η ανακατανομή ενέργειας από άλλες Α.Π.Ε. που στον νεκρό χρόνο τους θα προσθέτουν ενέργεια που αποβλέπει στην θέρμανση ή στην ανάγκη χρήσης ζεστού νερού. Βάζοντας ως στόχο τον συγκεκριισμό παλαιάς και νέας τεχνολογίας, βάση μελετημένης προοπτικής ενεργειακής βιωσιμότητας, όχι τόσο στην μείωση της χειρονακτικής εργασίας και την αύξηση του άνετου τρόπου ζωής αλλά μια προσοδοφόρα μελλοντική ενεργειακή πολιτική, εξαγόμενη από την εμπειρία της παράδοσης και την επιβολή του σύγχρονου τρόπου ζωής μας.

Θα μου επιτραπεί να παραθέσω εκτός των άλλων μερικά χρήσιμα οικονομοτεχνικά στοιχεία ώστε να γίνει πιο κατανοητό το πόσο πολύπλευρο είναι ένα τέτοιο εγχείρημα, όσο εύκολο και απλό φαίνεται. Δανείζομαι οικονομοτεχνικές μελέτες περί του κόστους καύσιμης βιομάζας από Ευρωπαϊκές πηγές, κυρίως από χώρες όπως η Ιρλανδία, η Αυστρία, η Σουηδία και λιγότερο από την Ελλάδα, ώστε να προσλάβουμε όσο το δυνατόν ολοκληρωμένη γνώση.

##### 4.1. Δυναμικό βιομάζας.

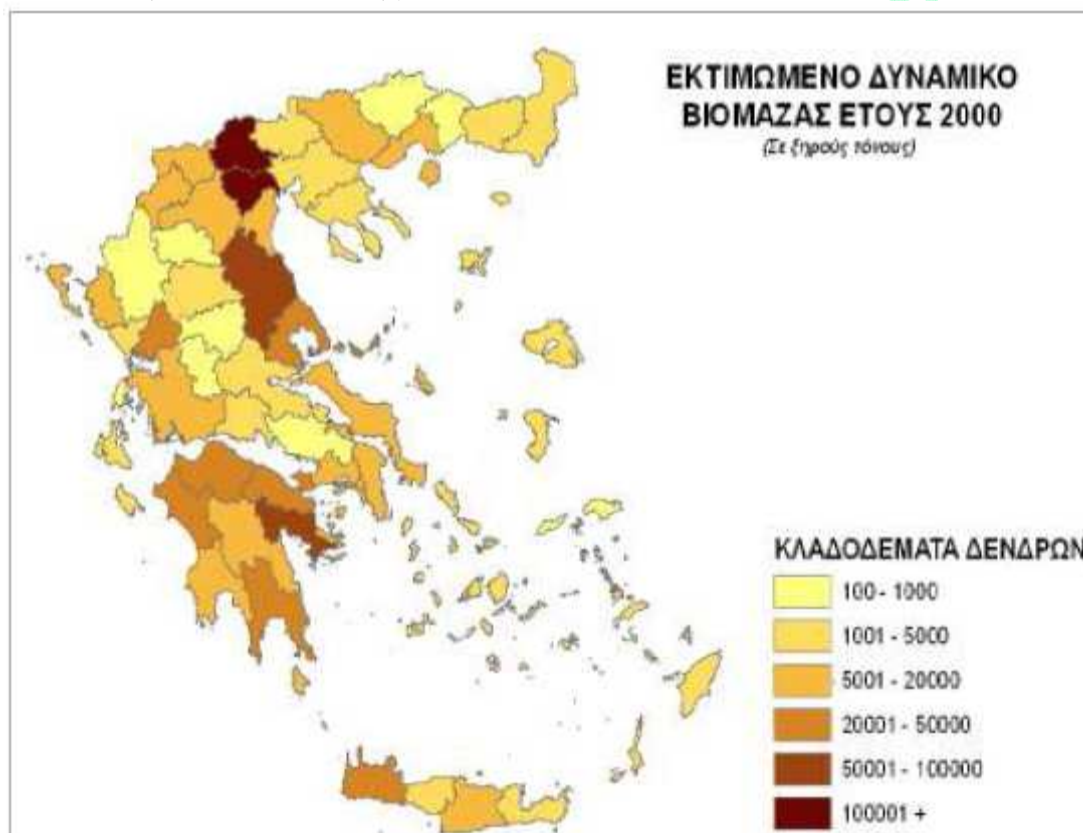
Η χρήση της βιομάζας ως καύσιμο είναι η μία από τις τέσσερις (4) ανταγωνιστικές χρήσεις της. Τα αποθέματα βιομάζας πρέπει να μοιραστούν ανάμεσα σε ανθρώπους και ζώα, που τρέφονται με τα φυτά, ενώ οι φυτικές ίνες χρησιμοποιούνται στις κατασκευές, για την παραγωγή χαρτιού, υφάσματος κλπ. Για τους λόγους αυτούς εισάγεται η έννοια του διαθέσιμου δυναμικού της βιομάζας, δηλαδή της αδιάθετης ποσότητας βιομάζας η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά. Σημαντικός περιοριστικός παράγοντας του θεωρητικού δυναμικού, αποτελεί η απόδοση της διαδικασίας περισυλλογής των υπολειμμάτων που θα καταλήξουν στη μονάδα παραγωγής ενέργειας.

Ως δυναμικό βιομάζας μπορεί κανείς να θεωρήσει την απολήψιμη ποσότητα φυτικών, δασικών υλών, ζωικών και αστικών λυμάτων, υποπροϊόντων βιομηχανικής επεξεργασίας ή δημοτικών στερεών απορριμμάτων (ΚΑΠΕ).

Για τον ακριβή προσδιορισμό του δυναμικού βιομάζας, αυτό διακρίνεται σε:

- Θεωρητικό δυναμικό βιομάζας, το οποίο αποτελεί το μέγιστο ποσό της βιομάζας που μπορεί να παραχθεί σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

- Διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας, το οποίο αποτελεί το ποσοστό του θεωρητικού δυναμικού που μπορεί να αποληφθεί με βάση τοπικούς (π.χ. μορφολογία εδάφους) και άλλους (π.χ. ανταγωνιστικές χρήσεις) περιορισμούς.
- Τεχνικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό βιομάζας, το οποίο είναι το ποσοστό του διαθέσιμου δυναμικού, που μπορεί να αξιοποιηθεί με τα υφιστάμενα τεχνικά μέσα.
- Οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό βιομάζας, το οποίο είναι το ποσοστό του τεχνικά εκμεταλλεύσιμου δυναμικού, που είναι και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο. Το δυναμικό της βιομάζας ορίζεται σε μονάδες βάρους ή όγκου, και υπολογίζεται με βάση την περιεχόμενη % υγρασία του υλικού κ.β., και το φαινόμενο ειδικό βάρος. Η ακριβής εκτίμηση του ενεργειακού δυναμικού βιομάζας εκφράζεται σε GWh, MJ, ή kcal ανά τόνο ξηράς ουσίας.



**Χάρτης 7:** Το εκτιμώμενο δυναμικό ξηρής βιομάζας στον ελλαδικό χώρο για το έτος 2000 (ΚΑΠΕ).

#### 4.1.1.Μεθοδολογία υπολογισμού των ποσοτήτων της διαθέσιμης βιομάζας.

Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται σε γενικές γραμμές ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

- Σύντομη περιγραφή της πρωτογενούς παραγωγής (γεωργία, δάση, κτηνοτροφία) σε επίπεδο Περιφέρειας και Νομού.
- Αναφορά στις γεωργικές και δασικές εκτάσεις.
- Αναφορά στις αποδόσεις σε γεωργικά και δασικά προϊόντα. Οι αποδόσεις έχουν υπολογιστεί ως ο μέσος όρος των τελευταίων πέντε ετών.
- Καθορισμός των διαφόρων τύπων βιομάζας, οι οποίοι θα εξασφαλίσουν τη τροφοδοσία της μονάδας για παραγωγή βιοενέργειας.

- Καθορισμός μιας σειράς ρεαλιστικών παραδοχών, βάσει των οποίων εξάχθηκαν ποσοτικές εκτιμήσεις για τις συνολικές (θεωρητικό δυναμικό) και τις πραγματικά διαθέσιμες (τεχνικό δυναμικό) ποσότητες κάθε συγκεκριμένου τύπου βιομάζας.

- Συγκέντρωση τεχνικοοικονομικών στοιχείων και στοιχείων κόστους πρώτων υλών βιομάζας (οικονομικό δυναμικό).

#### 4.1.2. Μοντελοποίηση μεθόδων υπολογισμού δασικής βιομάζας.

Η μοντελοποίηση της καύσιμης ύλης είναι μια πολύπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία που απαιτεί λεπτομερή ταξινόμηση της καύσιμης ύλης και μέτρηση των διαφόρων φυσικοχημικών ιδιοτήτων που την χαρακτηρίζουν στο πεδίο, ποσοτική εκτίμηση και μεθοδικότητα προκειμένου να μελετηθεί σε βάθος (Keane, Burgan, & Wagtendonk, 2001).

Το βασικότερο δεδομένο που απαιτείται για τη δημιουργία ενός μοντέλου καύσιμης ύλης είναι η ποσότητα της ζωντανής και νεκρής βιομάζας σε κλάσεις διαστάσεων αυτής (0- 0,5 cm, 0,5-2,5 cm, 2,5-7,5 cm και >7,5 cm). Η πιο συνηθισμένη μέθοδος για τη συγκέντρωση των απαραίτητων στοιχείων όσον αφορά τις τιμές των παραμέτρων της καύσιμης ύλης είναι η δειγματοληπτική μέτρηση αυτής (Brown, Oberheu, & Johnston, 1982). Η δειγματοληπτική διαδικασία μπορεί να είναι είτε άμεση είτε έμμεση. Η άμεση δειγματοληπτική διαδικασία μπορεί να είναι (Ρούσσου, 2009):

- καταστροφική, όπου όλη η καύσιμη ύλη αποψιλώνεται με σκοπό την αποτίμηση του φορτίου καύσιμης ύλης και τη μέτρηση των υπόλοιπων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών της. Οι περιοχές δειγματοληψίες επιλέγονται σε σχήμα (τετράγωνο, ορθογώνιο ή κύκλο) και μέγεθος, ανάλογα με την διάστρωση της καύσιμης ύλης που λαμβάνεται ως δείγμα.

- μη-καταστροφική, όπου η μέτρηση της καύσιμης ύλης γίνεται σε διατομές (εγκάρσιες ή ζώνης) με σκοπό την εκτίμηση της σύνθεσης και της δομής των φυτικών κοινωνιών.

Η έμμεση δειγματοληπτική διαδικασία για την εκτίμηση βιομάζας μπορεί να επιτευχθεί με:

- τεχνικές διαβαθμισμένης οπτικής εκτίμησης. Η γρήγορη και σχετική εκτίμηση του βάρους βασίζεται σε φωτογραφίες-κλειδιά, μέθοδο photo-series.

- αλλομετρικές εξισώσεις. Αλλομετρία είναι η διαδικασία εύρεσης συναρτήσεων δύναμης μεταξύ βιολογικών χαρακτηριστικών. Η αλλομετρία μελετάει το πώς μεταβάλλεται ένα χαρακτηριστικό σε σχέση με κάποιο άλλο ή με το σύνολο. Η εκτίμηση της βιομάζας βασίζεται στην καθιέρωση μιας εξίσωσης, όπου συσχετίζεται η μεταβλητή της καύσιμης ύλης που μας ενδιαφέρει με ανεξάρτητες μεταβλητές που είναι εύκολα μετρήσιμες, όπως κάλυψη, ύψος, βάθος, ηλικία. Μπορούμε να γράψουμε την αναλογία ως εξίσωση εισάγοντας μία σταθερά αναλογίας  $\alpha$ ,  $y=\alpha x\beta$ , όπου  $\beta$  μη μηδενικός πραγματικός αριθμός.

- συστήματα LIDAR. Μία από τις ακριβότερες και πιο αξιόπιστες μεθόδους, όπου χρησιμοποιούνται διάφορες οπτικές τεχνικές (laser) για εκτίμηση της κάλυψης των δέντρων, της κόμης των δέντρων, της πυκνότητας, της εναέριας βιομάζας

και ανάλυση κάθε δέντρου. Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν έχει αξιόπιστα μέχρι στιγμής αποτελέσματα για εκτίμηση βιομάζας θάμνων.

Από τις μεθόδους που προαναφέρθηκαν, η πιο διαδεδομένη είναι η χρήση αλλομετρικών εξισώσεων για τον υπολογισμό του δυναμικού της δασικής βιομάζας μιας περιοχής.

#### 4.2. Ο ρόλος της ξυλείας ως πηγή ενέργειας.

Το ξύλο, σαν καύσιμο υλικό, αποτέλεσε, από πολύ παλιά, το βασικό μέσο θέρμανσης της κατοικίας του ανθρώπου, γεγονός που ισχύει σε ορισμένο βαθμό και σήμερα, τόσο στις υπανάπτυκτες χώρες, όσο και στις ανεπτυγμένες οικονομικά και πλούσιες σε δάση χώρες. Η κατανάλωση των καυσόξυλων, η οποία ήταν πολύ σημαντική σε όλη την Ευρώπη μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα, υποχώρησε με την εμφάνιση των γαιανθράκων, των πετρελαιοειδών και του ηλεκτρισμού.

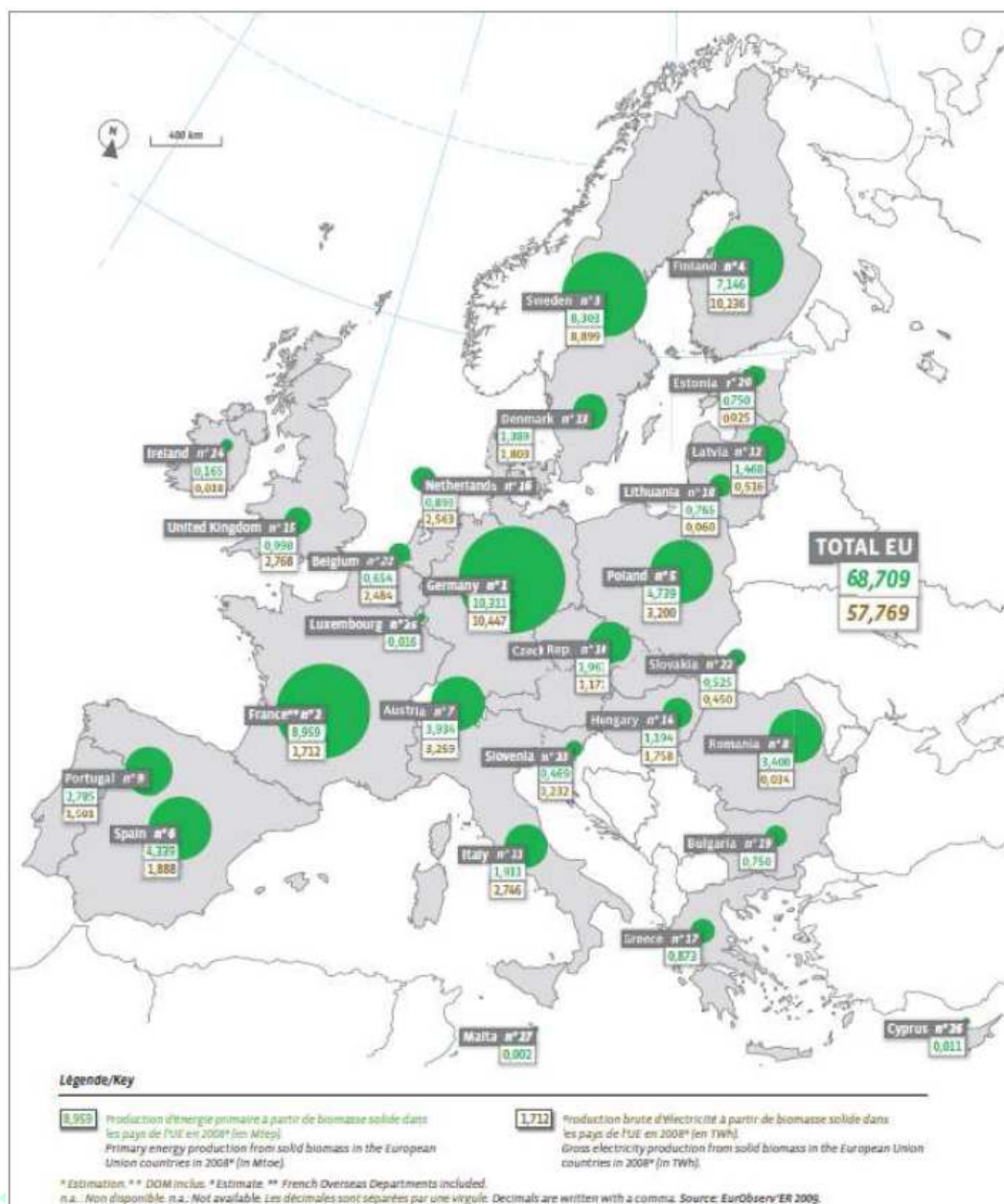
Στη χώρα μας, μέχρι τη δεκαετία του 1950, το 15% της ενέργειας προερχόταν από το δάσος, υπό μορφή καυσόξυλων και ξυλανθράκων. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 όμως, τα ελληνικά νοικοκυριά στράφηκαν σε άλλες πηγές ενέργειας και έτσι η κατανάλωση δασικής βιομάζας, για ενεργειακούς σκοπούς, συνεχώς μειώνεται. Ακόμη και μετά την ενεργειακή κρίση του 1970, συνεχίστηκε η πτωτική τάση της κατανάλωσης καυσίμων δασικής βιομάζας, αντίθετα από ότι συμβαίνει στις προηγμένες χώρες, στις οποίες αυξήθηκε η κατανάλωση, τόσο με την καύση των ξύλων στις εστίες των πολυτελών διαμερισμάτων, όσο και για βιομηχανική ενέργεια.

##### 4.2.1. Η ενέργεια από ξυλεία στην Ευρώπη.

Η ΕΕ των 27 διαθέτει 156 εκατομμύρια εκτάρια δασικής έκτασης. Το 60% περίπου των δασών της ΕΕ των 27 ανήκει σε ιδιώτες, ενώ το υπόλοιπο 40% είναι δημόσια δάση και ανήκουν στο κράτος, σε τοπικές αρχές, σε θρησκευτικές κοινότητες ή άλλους οργανισμούς. Το διαθέσιμο ποσοστό ξυλείας για παραγωγή ενέργειας είναι περίπου 187 εκατομμύρια m<sup>3</sup> το χρόνο, ποσό που αντιστοιχεί σε 150 τόνους φρέσκου (υγρασίας 40%) ξύλου το οποίο αντιστοιχεί σε ποσοστό ενέργειας 411 TWh. (Asikainen, Liiri, Peltola, Karjalainen, & Laitila, 2008).

Η ανάπτυξη της στερεάς βιομάζας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας διατηρήθηκε το 2008 σε ποσοστό 10.8%, γεγονός που προκάλεσε αύξηση της παραγωγής για την ΕΕ κατά 57.8 TWh (Χάρτης 8), παρατηρώντας έτσι μια αύξηση της τάξης των 5.6 TWh από το 2007.





Χάρτης 8: Η πρωτογενής παραγωγή ενέργειας από στερεά βιομάζα στις χώρες της ΕΕ το έτος 2008 (EurObserv'ER, Solid Biomass Barometer 2007, 2008).

Ενώ πολλές από τις χώρες μέλη της ΕΕ έχουν σημαντική παραγωγή ενέργειας από δασική βιομάζα, περισσότερο από το μισό της παραγωγής βρίσκεται στα χέρια της Γερμανίας, Σουηδίας και Φινλανδίας (51.2% το 2008) (Πίνακας 13).

Πίνακας 13. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από στερεά βιομάζα στην ΕΕ τα έτη 2007 και 2008.

|                    | 2007                            |                |                               | 2008                            |                |                               |
|--------------------|---------------------------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------------------|
|                    | εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας | εργοστάσια CHP | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας | εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας | εργοστάσια CHP | Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας |
| Γερμανία           | 6,973                           | 2,893          | 9,866                         | 7,33                            | 3,116          | 10,4                          |
| Φιλανδία           | 1,049                           | 8,612          | 9,661                         | 1,63                            | 8,606          | 10,2                          |
| Σουηδία            | 0                               | 8,496          | 8,496                         | 0                               | 8,899          | 8,9                           |
| Αυστρία            | 1,285                           | 1,777          | 3,062                         | 1,33                            | 1,933          | 3,26                          |
| Πολωνία            | 0                               | 2,36           | 2,36                          | 0                               | 3,2            | 3,2                           |
| Ηνωμένο Βασίλειο   | 2,92                            | 0              | 2,92                          | 2,77                            | 0              | 2,77                          |
| Ιταλία             | 1,666                           | 0,815          | 2,482                         | 1,93                            | 0,817          | 2,75                          |
| Ολλανδία           | 0,735                           | 1,235          | 1,97                          | 1,23                            | 1,335          | 2,56                          |
| Βέλγιο             | 1,287                           | 0,513          | 1,799                         | 1,77                            | 0,711          | 2,48                          |
| Ισπανία            | 0,272                           | 1,281          | 1,553                         | 0,68                            | 1,212          | 1,89                          |
| Δανία              | 0                               | 1,828          | 1,828                         | 0                               | 1,803          | 1,8                           |
| Ουγγαρία           | 1,331                           | 0,043          | 1,374                         | 1,72                            | 0,043          | 1,76                          |
| Γαλλία             | 0,47                            | 1,163          | 1,633                         | 0,49                            | 1,224          | 1,71                          |
| Πορτογαλία         | 0,166                           | 1,366          | 1,532                         | 0,16                            | 1,338          | 1,5                           |
| Τσέχικη Δημοκρατία | 0,372                           | 0,596          | 0,968                         | 0,51                            | 0,656          | 1,17                          |
| Λετονία            | 0                               | 0,005          | 0,005                         | 0                               | 0,516          | 0,52                          |
| Σλοβακία           | 0                               | 0,441          | 0,441                         | 0                               | 0,45           | 0,45                          |
| Σλοβενία           | 0                               | 0,063          | 0,063                         | 0,06                            | 0,175          | 0,23                          |
| Λιθουανία          | 0                               | 0,048          | 0,048                         | 0                               | 0,06           | 0,06                          |
| Ρουμανία           | 0                               | 0,034          | 0,034                         | 0                               | 0,034          | 0,03                          |
| Εσθονία            | 0                               | 0,024          | 0,024                         | 0                               | 0,025          | 0,03                          |
| Ιρλανδία           | 0,001                           | 0,013          | 0,014                         | 0                               | 0,016          | 0,02                          |

Πηγή: (EurObserv'ER, Solid Biomass Barometer 2007, 2008).

Η θερμότητα από βιομάζα στη Ευρώπη των 25 ήταν 7,7 Mtoe το 2005/2006 (EurObserv'ER, 2007). Η αύξηση της αγοράς θερμότητας συμβαδίζει με την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2008, η οποία ήταν της τάξης των 0,5 Mtoe. Αυτή η αύξηση ακολούθησε μια μείωση που παρατηρήθηκε το 2007 λόγω του ήπιου χειμώνα ο οποίος είχε σαν αποτέλεσμα μειωμένες ανάγκες σε θέρμανση. Από την παραγωγή θερμότητας, τα 2/3 (67.4% το 2008) παρήχθησαν σε εργοστάσια συμπαραγωγής.

#### 4.2.2 Η ενέργεια από ξυλεία στην Ελλάδα.

Τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα (Πίνακας 14) ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30- 40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου (ΚΑΠΕ) { ΤΙΠ ή toe }.

**Πίνακας 14.** Ετήσια παραγωγή δασικής βιομάζας σε διάφορες περιοχές της χώρας (tn).

|                              |                   |
|------------------------------|-------------------|
| Αττική                       | -                 |
| Υπ. Στερ. Ελλάδας και Εύβοια | 11.788.000        |
| Πελοπόννησος                 | 12.762.000        |
| Νησιά Ιονίου                 | 364.000           |
| <b>Ήπειρος</b>               | <b>4.956.000</b>  |
| Θεσσαλία                     | 7.280.000         |
| Μακεδονία                    | 25.365.000        |
| Θράκη                        | 7.577.000         |
| Νησιά Αιγαίου                | 2.198.000         |
| Κρήτη                        | 742.000           |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ</b>          | <b>73.032.000</b> |

Είναι γεγονός ότι, ο κύριος τύπος χρήσης της ξυλείας για ενεργειακούς σκοπούς είναι ακόμα ο παραδοσιακός αγροτικός, δηλαδή, για θέρμανση αγροικιών, ίση με 2-3 kW θερμική ενέργεια ανά σπίτι, που απαιτεί 2- 3 τόνους ξυλείας/ έτος (χλωρές ποσότητες δασικής ξυλείας). Συνεπώς, είναι εύκολο για τον καθένα να κατανοήσει γιατί είναι μεγάλο το ποσοστό του ξύλου στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας σε σχέση με τις άλλες ΑΠΕ.

#### 4.3. Κόστος αξιοποιήσιμης ξυλείας για ενεργειακούς σκοπούς.

Τα βασικά χαρακτηριστικά που θα επηρεάσουν το κόστος των χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών είναι:

- Η αγορά της πρώτης ύλης.

Η αγορά της ξυλείας για ενεργειακούς σκοπούς περιλαμβάνει το κόστος της συλλογής, τη μεταφορά, την αποθήκευση αυτής σε κατάλληλους χώρους και την παροχή της σε μια μονάδα μετατροπής σε ενέργεια.

Ειδικότερα, οι δασοπονικές εργασίες περιλαμβάνουν:

*Συγκομιδή:* ρίψη, αποκλάδωση, διαμόρφωση, αποφλοίωση, τεμαχισμός, διαμόρφωση άκρων, σχίση, πελέκηση.

*Μετατόπιση-Μεταφορά:* από τους τόπους υλοτομίας μέχρι τους τόπους συγκέντρωσης.

*Ταξινόμηση-Στοιβαξη:* Η διαμόρφωση του κόστους των διαφόρων δασικών εργασιών είναι πολυπαραγοντική με αποτέλεσμα τη δυσκολία καθορισμού ενός σταθερού κόστους.

- Η μεταφορά της πρώτης ύλης στον τόπο επεξεργασίας.
- Η αποθήκευση της πρώτης ύλης.
- Η επεξεργασία.
- Η φόρτωση των οχημάτων στο χώρο επεξεργασίας.
- Η μεταφορά του καυσίμου στον τελικό χρήστη.

#### 4.3.1. Σε Ευρωπαϊκή πραγματικότητα.

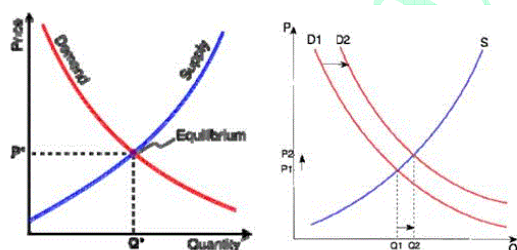
Το κόστος κάθε σταδίου της εφοδιαστικής αλυσίδας ποικίλλει μεταξύ των κλιματικών ζωνών της Ε.Ε. Ενδεικτικές τιμές για κάθε στοιχείο κόστους παρουσιάζονται στον Πίνακα 15.

Γενικά, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή ενός καυσίμου όπως το τεμαχισμένο ξύλο, η σχετική δύναμη ή αδυναμία των ανταγωνιστικών αγορών σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, το κόστος καυσίμου (ντίζελ) που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των μηχανημάτων και οχημάτων συγκομιδής, επεξεργασίας και μεταφοράς, καθώς και η ύπαρξη εκτεταμένων περιόδων με υγρές καιρικές συνθήκες.

Γενικά, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή ενός καυσίμου όπως το τεμαχισμένο ξύλο, η σχετική δύναμη ή αδυναμία των ανταγωνιστικών αγορών σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, το κόστος καυσίμου (ντίζελ) που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των μηχανημάτων και οχημάτων συγκομιδής, επεξεργασίας και μεταφοράς, καθώς και η ύπαρξη εκτεταμένων περιόδων με υγρές καιρικές συνθήκες.

##### 4.3.1.1. Μακροοικονομικά.

Στην κλασική μακροοικονομική θεωρία, η προσφορά και ζήτηση μέσα σε ένα σύστημα ελεύθερης αγοράς θα φθάσει σε σημείο ισορροπίας ως προς την τιμή και την ποσότητα. Οποιαδήποτε μετατόπιση της ζήτησης μπορεί να μετρηθεί σε αύξηση των τιμών ( $P1$  σε  $P2$ ) για να εξασφαλίσει την πρόσθετη ποσότητα ( $Q1$  σε  $Q2$ ) ενός συγκεκριμένου εμπορεύματος.



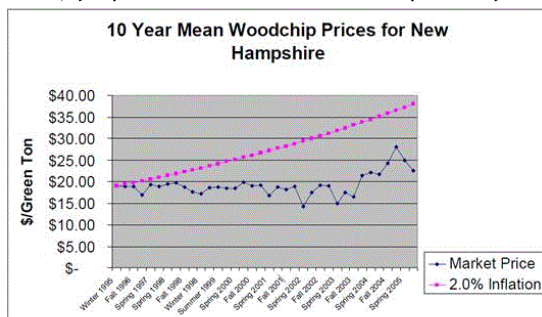
Εικόνα 7: Προσφορά και ζήτηση στη μακροοικονομική θεωρία.

Δυστυχώς, η αγορά καύσιμης ξυλείας δε συμπεριφέρεται τόσο απλά. Στην οικονομική θεωρία, η ελαστικότητα προσφοράς ενός προϊόντος υπολογίζεται ως η ποσοστιαία μεταβολή της προσφοράς που προκύπτει ως αποτέλεσμα μιας ποσοστιαίας μεταβολής στην τιμή. Η προσφορά παραπροϊόντων ξυλείας από δασικές εργασίες ή την κατασκευή διαφόρων ξύλινων προϊόντων είναι σχετικά ανελαστική, καθώς η ποσότητα που διατίθεται στην αγορά δεν ανταποκρίνεται στην αύξηση των τιμών με τον ίδιο τρόπο που ένα πρωτογενές προϊόν ανταποκρίνεται σε μια αύξηση των τιμών.

Πολλές μεταβλητές πρέπει να ληφθούν υπόψη. Η πιο σημαντική είναι ο βαθμός στον οποίο το κόστος συγκομιδής χαμηλής ποιότητας ξύλου «επιδoteείται» από τη συγκομιδή πιο πολύτιμων προϊόντων ξυλείας μέσω της ταυτόχρονης εκτέλεσης κάποιων εργασιών.



Καθώς η ενεργειακή βιομηχανία με βάση το ξύλο έχει βασιστεί σε χαμηλής αξίας παραπροϊόντα ξύλου που προέρχονται από άλλες βιομηχανίες, δεν ελέγχει τις τιμές της ξυλείας στην αγορά με τον τρόπο που το επιτυγχάνουν οι βιομηχανίες χαρτοπολτού, χαρτιού και ξυλείας. Η βιομηχανία χαρτοπολτού και χάρτου έχει την μεγαλύτερη επίδραση στην προσφορά και στις τιμές του ξύλου που χρησιμοποιείται από τον τομέα της ενέργειας από βιομάζα.



Data Source: New Hampshire Timberland Owners Association

Εικόνα 8: Εξέλιξη μέσου όρου δεκαετίας της τιμής του τεμαχισμένου ξύλου στο New Hampshire (ΗΠΑ).

Υπάρχουν δύο σενάρια που δείχνουν την επίδραση του ισοζυγίου προσφοράς / ζήτησης και των επιπτώσεων στις τιμές της ξυλείας όσον αφορά στις μονάδες χαρτοπολτού και βιοενέργειας. Στο πρώτο σενάριο, όταν οι περιφερειακές αγορές χαρτοπολτού και χάρτου είναι ισχυρές και αναδιατάσσουν την παραγωγή, οι μονάδες παραγωγής ενέργειας από βιομάζα πρέπει να πληρώσουν περισσότερα για το ξύλο που αγοράζουν. Μια ισχυρή βιομηχανία χαρτιού τείνει να χρησιμοποιεί περισσότερο ξύλο «οριακών» προδιαγραφών, επειδή η ζήτηση για πρώτες ύλες είναι υψηλή. Όταν το Ευρώ εξασθενεί, ευνοούνται οι Ευρωπαίοι κατασκευαστές και τα ανταγωνιστικά προϊόντα από τις ΗΠΑ, την Ασία, τη Νότια Αμερική και τον Καναδά γίνονται πιο ακριβά. Ευνοούνται οι εξαγωγές έναντι των εισαγωγών. Το προϊόν από ξύλο ή χαρτί είναι πιο ανταγωνιστικό από ό,τι ήταν στο παρελθόν με καμία αλλαγή στην παραγωγή του. Η εγχώρια βιομηχανία χάρτου ή προϊόντων ξύλου, στη συνέχεια, αυξάνει την παραγωγή της και χρησιμοποιεί περισσότερο ξύλο. Η ποσότητα ξυλείας που παλιά οδηγούνταν σε τεμαχιστές, πλέον κατευθύνεται στην παραγωγή και συνεπώς λιγότερη συνολική ποσότητα είναι πλέον διαθέσιμη ως βιομάζα.

Η Εικόνα 8 δείχνει τη μεταβολή της τιμής αγοράς του τεμαχισμένου ξύλου για το New Hampshire σε διάστημα δέκα ετών. Οι διακριτές κορυφές και κοιλάδες στις τιμές μπορούν να συνδεθούν άμεσα με σημαντικά γεγονότα της αγοράς χαρτοπολτού, κατά την ίδια περίοδο. Για παράδειγμα, το πρώτο κλείσιμο μιας μονάδας χαρτοπολτού το 2001 οδήγησε αρχικά σε μείωση των τιμών τεμαχισμένου ξύλου. Με τη μείωση του δυναμικού συγκομιδής και την επαναλειτουργία της μονάδας μετά από δυο χρόνια, οι τιμές ανέβηκαν πάλι.

Εντούτοις υπάρχει και ένας άλλος παράγοντας / σενάριο που επηρεάζει την ισορροπία προσφοράς και ζήτησης μεταξύ εργοστασίων χαρτοπολτού και μονάδων βιομάζας προς την αντίθεση κατεύθυνση. Όταν η χαρτοβιομηχανία είναι ισχυρή και η ζήτησή της αυξάνεται, υλοτομούνται περισσότερα δέντρα – αφήνοντας έτσι περισσότερα υπολείμματα (κλαδιά και κορυφές για την παραγωγή τεμαχισμένου ξύλου). Αντίθετα, αν η αγορά χαρτοπολτού είναι ασθενής και η βιομάζα δεν αμείβεται από μόνη της αρκετά για να καλύψει τα έξοδα συγκομιδής, τότε υλοτομούνται λιγότερα δέντρα και λιγότερα

υπολείμματα είναι διαθέσιμα για την παραγωγή τεμαχισμένου ξύλου. Το ποιος παράγοντας θα υπερισχύσει των άλλων εξαρτάται από την εκάστοτε αγορά και τις συγκεκριμένες συνθήκες θερισμού σε κάθε περιοχή.

Μια αντίστοιχη τάση παρατηρήθηκε στη Σουηδία, με αυξήσεις στις τιμές στα μέσα του 2000 εξαιτίας αυξημένων πιέσεων από τις μονάδες χαρτοπολτού και μοριοσανίδων.

#### 4.3.1.2. Πηγές και οικονομικά της πρώτης ύλης.

Πηγή υλικού: περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την προέλευση.

- Ξυλεία από δασικές εργασίες: πρέπει να αγοραστεί.
- Απόβλητα επεξεργασίας ξύλου: ενδεχομένως να έχουν μηδενικό κόστος αγοράς.
- Ανακυκλωμένο ξύλο (μη επεξεργασμένη απόβλητη ξυλεία): ενδεχομένως να προσφέρει έσοδα για τη διαχείριση του αποβλήτου.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει έναν τυπικό κύκλο ζωής λιγνοκυτταρίνης (ερυθρελάτη), στον οποίο φαίνονται και οι πιθανές πηγές βιομάζας.

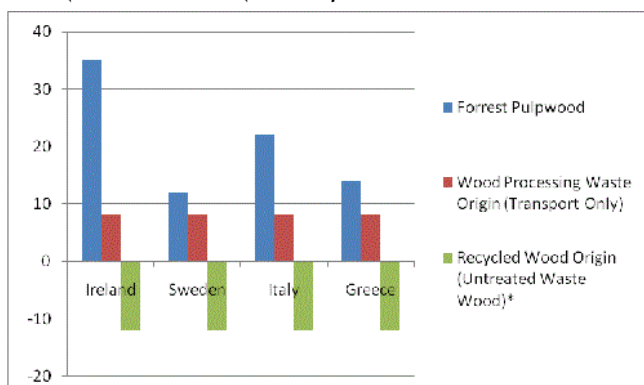


Εικόνα 9: Κύκλος ζωής λιγνοκυτταρίνης και επισήμανση δυνητικών πηγών πρώτων υλών βιομάζας.

Υποπροϊόντα που προέρχονται από υλοτομικές δραστηριότητες, υπολείμματα ξύλου από κατασκευαστικές βιομηχανίες και καθαρά, καύσιμα στερεά απόβλητα τα οποία ειδικά θα κατέληγαν σε χώρους υγειονομικής ταφής, είναι δυνητικές πηγές καυσίμου απόβλητης ξυλείας χαμηλού κόστους. Σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, η καύση των καυσίμων από ξύλο δεν προσθέτει νέο CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα.

#### 4.3.1.3. Κόστος πρώτων υλών – παραδείγματα .

Το κόστος πρώτης ύλης για τις τρεις κατηγορίες ξυλώδους βιομάζας που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάζεται για ορισμένες Ευρωπαϊκές χώρες στην Εικόνα 10.



Εικόνα 10: Κόστος πρώτης ύλης ξυλώδους βιομάζας ανά χώρα και πηγή προέλευσης.

Η σύγκριση των διαφόρων περιοχών δείχνει ότι το κόστος του ξύλου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ένας βασικός παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί είναι η ωριμότητα της αγοράς από την οποία προμηθεύεται κανείς καύσιμο. Η Ιρλανδία έχει προς το παρόν πολύ μικρή αγορά καύσιμης βιομάζας, αλλά και έντονο ανταγωνισμό από την αγορά μορισανίδων. Από την άλλη, η Σουηδία, με μεγαλύτερη και πιο ανεπτυγμένη αγορά βιομάζας, έχει αναγκαστεί να προσαρμοστεί στη χρήση κλαδιών και άλλων υπολειμμάτων ως πηγή βιομάζας, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους καυσίμου.

#### 4.3.1.4. Κόστος επεξεργασίας υλικών – παραδείγματα

Το κόστος επεξεργασίας που συνδέεται με την παραγωγή καυσίμων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ο Πίνακας 15 κατωτέρω δείχνει τις κατανομές κόστους από κάθε περιοχή, καθώς επίσης τα στοιχεία που αποτελούν μέρος της αλυσίδας εφοδιασμού με καύσιμα.

| Στοιχεία συνολικού κόστους καυσίμου (€/tn) | Ατλαντική Ιρλανδία Τεμαχίδια | Βόρεια Σουηδία Τεμαχίδια | Ηπειρωτική Αυστρία Πελλέτες | Μεσογειακή Πορτογαλία Πελλέτες |
|--------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Τιμή για ξυλεία κορμού                     | 35                           |                          | 33                          | 15                             |
| Δασικά υπολείμματα                         |                              | 30                       |                             |                                |
| Μεταφορά στον χώρο επεξεργασίας            | 10                           | 10                       |                             | 35*                            |
| Επεξεργασία                                | 10                           | 10                       | 51.1                        | 5                              |
| Φόρτωση                                    | 2                            | 2                        |                             | 12                             |
| Αποθήκευση                                 |                              |                          | 1.8                         |                                |
| Μεταφορά στον λέβητα                       | 35                           | 35                       |                             | 19**                           |
| Επεξεργασία, Σύνολο                        | 92                           | 77                       | 85.6                        | 85                             |
| Αύξηση λόγω απωλειών στην επεξεργασία      | 3                            | 3                        | 2.57                        | 2.54                           |
| Περιθώριο κέρδους 16%                      | 15                           | 12                       | 14                          | 14                             |
| Τελικό κόστος                              | 109                          | 89                       | 102                         | 101                            |

**Πίνακας 15:** Παραδείγματα των στοιχείων κόστους πρώτης ύλης – ενδεικτικές τιμές.

\* Θεωρείται μεταφορά 40 km με 0,24 - 0,61 €/tn km

\*\* Θεωρείται μεταφορά 40 km με 0.06 - 0.09 €/tn km

Όπως μπορεί κανείς να δει, η Σουηδική βιομηχανία τεμαχισμένου ξύλου έχει αναπτυχθεί περισσότερο τα τελευταία 30 χρόνια, με αποτέλεσμα να έχει οδηγήσει σε 10 – 15 % χαμηλότερο κόστος τεμαχισμένου ξύλου λόγω της ωριμότητας της αγοράς.

Σε αυτή τη βάση, το κόστος κύκλου ζωής και η επίδραση της λεγόμενης «καμπύλης μάθησης» οδηγούν σε μείωση του κόστους κατά 10 – 15 % όταν διπλασιάζεται το μερίδιο αγοράς. Επομένως, για την εκτίμηση κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το κόστος των καυσίμων στη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου μπορεί να επηρεαστεί από:

- Τη μακροοικονομία.
- Τη διαθεσιμότητα των πρώτων υλών και την ανάπτυξη νέων πηγών τροφοδοσίας.
- Την ωριμότητα της αγοράς &
- Τα εξωτερικά κόστη εφοδιαστικής αλυσίδας (μεταφορά, χύδην πυκνότητα, κόστος ξήρανσης, κτλ).

Σε κάθε περιοχή, θα πρέπει να προσδιοριστούν οι παράγοντες που είναι πιθανότερο να έχουν το μεγαλύτερο αντίκτυπο στην τιμή των καυσίμων.

#### 4.3.1.5. Στοιχεία που συνθέτουν το συνολικό κόστος συστήματος.

##### 4.3.1.5.1. Κόστος Κεφαλαίου (CAPEX).

Το κόστος κεφαλαίου (CAPEX) ορίζεται ως το κόστος ευκαιρίας των κεφαλαίων που απαιτούνται για την υλοποίηση μιας επενδυτικής απόφασης.

Οι αρχικές δαπάνες και το κόστους κεφαλαίου περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- μελέτες σκοπιμότητας.
- κόστος ανάπτυξης .
- δαπάνες μηχανικών (π.χ. σχεδιασμός).
- συνεισφορά ανάπτυξης.
- εξοπλισμός ΑΠΕ.
- εγκαταστάσεις (π.χ. έργα πολιτικού μηχανικού, σύνδεση στο δίκτυο)
- διάφορα (συμπεριλαμβανομένων των απρόβλεπτων).

Για τα περισσότερα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας το κόστος κεφαλαίου δεν είναι ευκαταφρόνητο – συνήθως, είναι το πιο σημαντικό στοιχείο σε κάθε υπολογισμό.

##### 4.3.1.5.2. Ετήσιες δαπάνες (OPEX).

Οι ετήσιες δαπάνες μπορούν να διακριθούν σε δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης (Λ&Σ), κόστος καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας και αποπληρωμές των δανείων. Σε πολλές περιπτώσεις, οι δαπάνες αυτές πρέπει να κατανεμηθούν κατά τη διάρκεια ζωής του έργου, π.χ. 25 χρόνια, και οι δαπάνες πρέπει να καλύπτονται κάθε χρόνο από το ετήσιο εισόδημα.

•Οι δαπάνες Λ&Σ περιλαμβάνουν το κόστος μίσθωσης της γης, την ασφάλιση, τη λειτουργία, τη συντήρηση (ανταλλακτικά και εργασία), τα ανταποδοτικά οφέλη σε τοπικές κοινωνίες και τις διοικητικές δαπάνες. Οι δαπάνες αυτές εκτείνονται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του έργου.

• Το κόστος των καυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας για ορισμένα έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να είναι σημαντικό. Για έργα βιοενέργειας, το κόστος των καυσίμων μπορεί να είναι ένα σημαντικό συστατικό



των ετήσιων δαπανών (π.χ. αγορά τεμαχισμένου ξύλου), ενώ μια μονάδα βιοενέργειας μπορεί να έχει σημαντική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. για τη λειτουργία δοσομετρητών, αντλιών, κτλ).

• Η αποπληρωμή των δανείων επηρεάζει την απόφαση ως προς το ποιο ποσοστό του αρχικού κόστους θα χρηματοδοτηθεί από ίδια κεφάλαια και ποιο ποσοστό από δάνεια.

Η κατανομή των ετήσιων δαπανών μιας μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρισμού/θερμότητας ή ενός μεγάλου έργου παραγωγής θερμότητας συνήθως έχει ως εξής:

- κόστος καυσίμου περίπου 45 %
- λειτουργία και συντήρηση 25 %
- άλλα / επενδυτικές δαπάνες 35 %

Για τις μικρότερες μονάδες το μερίδιο του κόστους επένδυσης είναι συνήθως υψηλότερο. Το ετήσιο κόστος συντήρησης (συμπεριλαμβανομένων περιοδικών μετασκευών) είναι συνήθως 1 - 1,5 % του κόστους της αρχικής επένδυσης.

Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται κάποια πρακτικά παραδείγματα από τη Σουηδία, στα οποία φαίνεται το κόστος κατασκευής των εγκαταστάσεων και του δικτύου για έργα μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας.

| Παράδειγμα | Δυναμικότητα εγκατάστασης (MWth) | Θερμότητα (GWh/year) | Δαπάνες κεφαλαίου (m€) | Κόστος Εγκατάστασης (€/kWth) | Κόστος Επένδυσης δικτύου (€/m) |
|------------|----------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Σουηδία Α  | 1.5                              | 14                   | 1.3                    | 421                          | 281                            |
| Σουηδία Β  | 1.5                              | 2.1                  | 0.74                   | 490                          | 167                            |
| Σουηδία Γ  | 5                                | 17                   | 3                      | 610                          | 267                            |

**Πίνακας 16:** Τυπικά κόστη επένδυσης σε ενεργειακές μονάδες βιομάζας στη Σουηδία.

Οι Πίνακες 17 και 18 αποτελούν έναν οδηγό για μια πρώτη εκτίμηση του κόστους επένδυσης για ένα τέτοιο έργο. Σημειώνεται ότι ο πίνακας έχει προκύψει από ένα σχετικά μικρό αριθμό πρακτικών παραδειγμάτων και δεν έχει απόλυτη ισχύ. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να ληφθούν υπόψη τοπικοί ή περιφερειακοί παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος ενός έργου. Για παράδειγμα, η εγκατάσταση ενός δικτύου σε περιοχές με «δύσκολη» γεωγραφία θα οδηγήσει σε αυξημένο κόστος επένδυσης. Οι πίνακες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια πρώτη εκτίμηση του κόστους ενός έργου. Φυσικά, στο στάδιο της δημοπράτησης θα πραγματοποιηθεί και ο έλεγχος αυτών των τιμών, ενώ αναμένονται και σημαντικές διαφορές από χώρα σε χώρα.

| Δυναμικότητα εγκατάστασης MWth | Ειδικό κόστος (€/kW) |
|--------------------------------|----------------------|
| 0.1 - 0.5                      | 150 - 200            |
| 0.5 - 1                        | 100 - 200            |
| 1 - 5                          | 150 - 250            |
| 5 - 30                         | 275 - 400            |

**Πίνακας 17:** Χαρακτηριστικό κόστος επένδυσης μονάδας βιομάζας στην Αυστρία.

| Ονομαστικό μέγεθος του δικτύου διανομής | Ειδικό κόστος επένδυσης (€/m) |
|-----------------------------------------|-------------------------------|
| DN 0 - 65                               | 300 - 400                     |
| DN 80 - 125                             | 500 - 600                     |
| DN 150 - 200                            | 750 - 900                     |
| DN 250 - 300                            | 900 - 1 100                   |

**Πίνακας 18:** Κόστος δικτύου τηλεθέρμανσης στην Αυστρία.

Στον Πίνακα 19 παρουσιάζονται τα στοιχεία του κόστους επένδυσης για ορισμένα πραγματικά έργα μικρών εγκαταστάσεων θέρμανσης.

|                     | <b>HB</b><br>Λονδίνο<br>1 060 MJ | <b>Ιρλανδία</b><br>(Μελέτη Περίπτωσης 05-01-03β )<br>1 090 MJ | <b>Σλοβενία</b><br>Παράδειγμα<br>2 300 MJ |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Μελέτη σκοπιμότητας | 3 152                            | 1 000                                                         | 7 000                                     |
| Ανάπτυξη            | 3 152                            | 0                                                             | 28 000                                    |
| Κόστος μηχανικών    | 5 516                            | 0                                                             | 105 000                                   |
| Σύστημα θέρμανσης   | 117 314                          | 159 950                                                       | 995 600                                   |
| Διάφορα             | 17 421                           | 5 400                                                         | 215 130                                   |
| <b>Σύνολο</b>       | <b>146 555</b>                   | <b>166 350</b>                                                | <b>1 350 730</b>                          |

**Πίνακας 19:** Κόστος επένδυσης μονάδων (πραγματικά παραδείγματα).

Με χρήση των παραπάνω πινάκων κόστους και των εξηγήσεων, ένας σχεδιαστής συστημάτων μπορεί να παράσχει μερικές χρήσιμες πληροφορίες για το δυνητικό κόστος επένδυσης και λειτουργίας σε έναν χρήστη θερμότητας που εξετάζει την εγκατάσταση ενός συστήματος μικρής, μεσαίας ή μεγάλης κλίμακας.

#### 4.3.2. Σε Ελληνική πραγματικότητα.

Η διαμόρφωση του κόστους των διαφόρων δασικών εργασιών όπως προαναφέρθηκε είναι πολυπαραγοντική με αποτέλεσμα τη δυσκολία καθορισμού ενός σταθερού κόστους. Από τα δάση αποκομίζεται συνήθως η χρήσιμη ξυλεία (κυρίως του κορμού) καθώς και η βιομάζα των χονδρότερων κλάδων. Η βιομάζα των υπόλοιπων κατηγοριών ήτοι λεπτών κλάδων, φυλλώματος, πρέμνων και ριζών, παραμένει στο έδαφος είτε γιατί δεν συμφέρει η συλλογή της ή γιατί απαιτείται ειδικός εξοπλισμός και τεχνική.

Τα υπολείμματα είναι διάσπαρτα και η συλλογή και μεταφορά τους απαιτεί μεγάλο κόστος, δυσανάλογο με την αξία τους ως καύσιμη ύλη. Οι κλίσεις των εδαφών είναι μεγάλες και δεν επιτρέπουν την χρήση μηχανημάτων για τη συλλογή και μετατόπιση των δασικών προϊόντων. Η εκτίμηση του κόστους

συγκομιδής δεν είναι δυνατόν να γίνει σε γενικευμένη μορφή. Κάθε περιοχή έχει τις δικές της ιδιαιτερότητες και πρέπει να μελετηθεί χωριστά. Μια γενική εκτίμηση είναι ότι η συγκομιδή θα γένει είτε σε μεγάλα κυλινδρικά δέματα με αντίστοιχο κόστος είτε με μετατροπή σε μικρά τεμάχια (chips) και μεταφορά σε μορφή χύδην. Το κόστος είναι περίπου 72 €/kg .

#### 4.3.2.1.Κόστος υλοτομίας- φόρτωσης.

Η επιλογή του εξοπλισμού και των μεθόδων εργασίας για υλοτομία φυτειών δασοπονίας μικρού περίτροπου χρόνου, και το σχετικό κόστος, βασικά εξαρτάται από 1)την επιλογή του είδους και τους δασοκομικούς χειρισμούς που θα εφαρμοσθούν, 2) τον τύπο της παραγωγής που σχεδιάζεται, σύμφωνα με το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων προϊόντων κατά τον χρόνο υλοτομίας, 3) την τελική χρήση των προϊόντων επεξεργασμένη ξυλεία, βιομάζα, 4)την κλίμακα της παραγωγής.

Το κόστος υλοτομίας κυμαίνεται ενδεικτικά από 30-35 €/ξηρό τόνο (μερικώς μηχανοποιημένες εργασίες) μέχρι 20-25 €/ξηρό τόνο (πλήρως μηχανοποιημένες εργασίες).

Τα ανώτατα όρια τιμών ανάθεσης των υλοτομικών και λοιπών δασοκομικών εργασιών από τις δασικές Υπηρεσίες σε δασικούς συνεταιρισμούς, ομάδες δασεργατών και μεμονωμένους δασεργάτες, για το έτος 2008 είναι καθορισμένα από το ΦΕΚ Τεύχος Β 32/16-1-2008.

Ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες από τις βασικές τιμές οι οποίες παρουσιάζονται στους πίνακες 20-23 και σχετίζονται με τα είδη με τα οποία φύονται στην Ελλάδα. Οι τιμές αυτές είναι διαμορφωμένες ανά δασοπονικό είδος και ανάλογα με την εκάστοτε εργασία.

Για τις υλοτομικές εργασίες (ρίψη, αποκλάδωση, αποφλοίωση, τεμαχισμό, διαμόρφωση άκρων, σχίσση, πελέκηση) παραγωγής δασικών προϊόντων ανά δασοπονικό είδος οι τιμές παρουσιάζονται στον πίνακα 20.

**Πίνακας 20.** Κόστος υλοτομίας βασικών ειδών.

|                   | Δασοπονικά είδη<br>Κατηγορίες Δασικών Προϊόντων                | Τιμή<br>(€/ΧΚΜ) |
|-------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Κωνοφόρα</b>   | Καύσιμο ξύλο (Πλην Τραχείας και Χαλεπίου Πεύκης)               | 4,07            |
|                   | Βιομηχανικό ξύλο (θρυμματισμού)                                | 5,67            |
|                   | Καύσιμο ξύλο σε σχίζες                                         | 5,24            |
| <b>Πλατύφυλλα</b> | Καύσιμο ξύλο                                                   |                 |
|                   | Α. Λεύκης                                                      | 2,34            |
|                   | Β. Οξυάς και λοιπών ειδών                                      | 4,87            |
|                   | Γ. Δρυός                                                       | 5,31            |
|                   | Δ. Δρυός σε μίξη με άλλα είδη, ανεξαρτήτως του ποσοστού μίξεως | 5,24            |

Για την εργασία φόρτωσης, επί αυτοκινήτου, πρωτογενών δασικών προϊόντων, στους χώρους συγκέντρωσης αυτών (δασόδρομοι-κορμοπλατείες), καθώς και στους χώρους των Κρατικών Δασικών Βιομηχανιών οι καθορισμένες τιμές παρατίθενται στον πίνακα 21.

Πίνακας 21. Κόστος φόρτωσης βασικών ειδών.

| Δασοπονικά είδη<br>Κατηγορίες Δασικών Προϊόντων | Τιμή<br>(€/XKM) |
|-------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Καύσιμο ξύλο (χωρίς ζύγισμα)</b>             |                 |
| A. Κωνοφόρων                                    | 1,40            |
| B. Πλατύφυλλων                                  | 1,64            |
| <b>Βιομηχανικό ξύλο</b>                         |                 |
| A. Κωνοφόρων                                    | 1,40            |
| B. Πλατύφυλλων                                  | 1,64            |

#### 4.3.2.2.Μεταφορά ξυλείας.

Αυτό που πρέπει να προσέξουμε κατά τη μεταφορά της ξυλείας είναι η αυξανόμενη κυκλοφοριακή ροή κατά τη διάρκεια των εργασιών η οποία μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα των αγροτικών οδών που χρησιμοποιούνται. Η επιλογή οχήματος καθορίζεται από το μέγιστο φορτίο, το μέγεθος των οχημάτων, την πρόσβαση στο δάσος και την ικανότητα επιτόπου αποθήκευσης. Για την εργασία μετατόπισης και μεταφοράς των δασικών προϊόντων από τους τόπους υλοτομίας μέχρι τους τόπους συγκέντρωσης αυτών, μετά της εργασίας ταξινόμησης και στοίβαξης κατά κατηγορία προϊόντος οι καθορισμένες τιμές φαίνονται στον πίνακα 22.

Πίνακας 22. Κόστος μετατόπισης – μεταφοράς βασικών ειδών.

|                   | Δασοπονικά είδη<br>Κατηγορίες Δασικών Προϊόντων | Τιμή<br>(€/XKM) |
|-------------------|-------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Κωνοφόρα</b>   | Καυσόξυλα (Πλην Τραχείας και Χαλεπίου Πεύκης)   |                 |
|                   | Όταν $\chi \leq 5$ εκατ                         | 2,70+1,02       |
|                   | Όταν $\chi > 5$ εκατ                            | 4,51+0,72       |
|                   | Βιομηχανικό ξύλο                                |                 |
| <b>Πλατύφυλλα</b> | Όταν $\chi \leq 5$ εκατ                         | 3,49+1,02       |
|                   | Όταν $\chi > 5$ εκατ                            | 5,24+0,72       |
|                   | Καυσόξυλα                                       |                 |
|                   | Δρυός, Οξυάς και Λοιπών ειδών                   |                 |
|                   | A. Όταν $\chi \leq 5$ εκατ                      | 3,43+0,98       |
|                   | B. Όταν $\chi > 5$ εκατ                         | 4,54+0,76       |
|                   | Βιομηχανικό ξύλο                                |                 |
|                   | Οξυάς και Λοιπών ειδών                          |                 |
|                   | A. Όταν $\chi \leq 5$ εκατ                      | 3,85+1,02       |
|                   | B. Όταν $\chi > 5$ εκατ                         | 4,97+0,79       |



#### 4.3.2.3.Αποθήκευση ξυλείας.

Οι περισσότερες περιπτώσεις εκμετάλλευσης ξυλείας απαιτούν μια κάποιας μορφής αποθήκευση των ξύλων. Ο χώρος που απαιτείται εξαρτάται από την παραγωγή, το μέγεθος των δασών και τις εκτιμήσεις των εμπορικών κινδύνων. Για τις εργασίες εκφόρτωσης, ταξινόμησης και στοίβαξης δασικών προϊόντων οι καθορισμένες τιμές αμοιβής ανά μονάδα προϊόντος υποδεικνύονται στον πίνακα 23.

**Πίνακας 23.** Κόστος εκφόρτωσης-ταξινόμησης-στοίβαξης βασικών ειδών.

| Εργασία                                          | Τιμή<br>(€/ΧΚΜ) |
|--------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Εκφόρτωση</b>                                 |                 |
| A. καύσιμο ξύλο (όλων των δασοπονικών ειδών)     | 0,92            |
| B. βιομηχανικό ξύλο (όλων των δασοπονικών ειδών) | 0,92            |
| <b>Στοίβαξη</b>                                  |                 |
| A. καύσιμο ξύλο (όλων των δασοπονικών ειδών)     | 0,74            |
| B. βιομηχανικό ξύλο (όλων των δασοπονικών ειδών) | 0,74            |
| <b>Εκφόρτωση και στοίβαξη</b>                    |                 |
| A. καύσιμο ξύλο (όλων των δασοπονικών ειδών)     | 1,24            |
| B. βιομηχανικό ξύλο (όλων των δασοπονικών ειδών) | 1,24            |

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα έχουμε στον παρακάτω πίνακα, όπου φαίνεται καθαρά πως το μεγαλύτερο κόστος επιβάρυνσης χρήσης ξυλώδους βιομάζας είναι η συλλογή και η μεταφορά από τον χώρο παραγωγής στον χώρο καύσης.



#### 4.3.2.4.Κόστος κατασκευής των εγκαταστάσεων.

Ο πιο εύκολος τρόπος για να συγκριθούν τα οικονομικά των διαφορετικών συστημάτων θέρμανσης είναι με τη μέθοδο VDI 2067. Στη Ελλάδα το 20-25% του επενδυτικού κόστους, για ένα σύστημα θέρμανσης με βιοκαύσιμα σε υπάρχον κτίριο, αφορά τα συστήματα αποθήκευσης του καυσίμου και το σύστημα ανάκτησης καυσίμου. Το 50% αφορά τον αυτοματοποιημένο λέβητα συμπεριλαμβανομένου ενός απλού συστήματος καθαρισμού καυσαερίων και των λοιπών εγκαταστάσεων που συνήθως υπάρχουν στο λεβητοστάσιο. Το υπόλοιπο 25- 30% κατανέμεται μεταξύ εργασίας στοιβάσματος, εγκατάστασης, σχεδιασμού, διοίκησης, κλπ.

Το κόστος κατασκευής των εγκαταστάσεων και του δικτύου για έργα μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας στην Ελλάδα, που συμπεριλαμβάνει τις απαιτήσεις μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας από βιομάζα αναφέρονται στον πίνακα 24 που ακολουθεί. Τα μεγέθη εφαρμογής της εκμετάλλευσης της βιομάζας λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση πρώτης ύλης και την τάξη μεγέθους της επένδυσης σε σχέση με τη δυναμικότητα της εγκατάστασης.

Πίνακας 24. Χαρακτηριστικά μεγέθη εφαρμογής βιομάζας.

| Δυναμικότητα εγκατάστασης                                   | Εφαρμογή                             | Ετήσια κατανάλωση βιομάζας (odt <sup>1</sup> ) | Τάξη μεγέθους επένδυσης (100*€) |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|
| Οικιακή θέρμανση (15kW <sub>th</sub> )                      | Κατοικία                             | 3-5<br>(καυσόξυλα)                             | 0.1                             |
| Θέρμανση (350kW <sub>th</sub> )                             | Σχολείο ή βιοτεχνία                  | 80-120<br>(ξύλο-άχυρο)                         | 10                              |
| Εργοστάσιο συμπαγωγής μικρής κλίμακας (250kW <sub>e</sub> ) | 200-300 κατοικίες ή μικρή βιομηχανία | 1500-2000<br>(ξύλο-άχυρο)                      | 100                             |

<sup>1</sup> odt = oven dry tone (ξηρός τόνος)

Για τον υπολογισμό του εξωτερικού κόστους/ οφέλους παίρνουμε σαν βάση τιμές οι οποίες αναφέρονται στον επόμενο πίνακα. Έτσι, στην περίπτωση της βιομάζας στην Ελλάδα, η τιμή η οποία αποτιμά το κόστος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται στα 0-0,8 €/kWh.

| EXTERNAL COST FIGURES FOR ELECTRICITY PRODUCTION IN THE EU FOR EXISTING TECHNOLOGIES <sup>1</sup><br>(IN € CENT PER kWh*) |                |      |      |     |         |         |       |     |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|------|-----|---------|---------|-------|-----|--------|
| Country                                                                                                                   | Coal & lignite | Peat | Oil  | Gas | Nuclear | Biomass | Hydro | PV  | Wind   |
| AT                                                                                                                        |                |      |      | 1-3 |         | 2-3     | 0.1   |     |        |
| BE                                                                                                                        | 4-15           |      |      | 1-2 | 0.5     |         |       |     |        |
| DE                                                                                                                        | 3-6            |      | 5-8  | 1-2 | 0.2     | 3       |       | 0.6 | 0.05   |
| DK                                                                                                                        | 4-7            |      |      | 2-3 |         | 1       |       |     | 0.1    |
| ES                                                                                                                        | 5-8            |      |      | 1-2 |         | 3-5**   |       |     | 0.2    |
| FI                                                                                                                        | 2-4            | 2-5  |      |     |         | 1       |       |     |        |
| FR                                                                                                                        | 7-10           |      | 8-11 | 2-4 | 0.3     | 1       | 1     |     |        |
| GR                                                                                                                        | 5-8            |      | 3-5  | 1   |         | 0-0.8   | 1     |     | 0.25   |
| IE                                                                                                                        | 6-8            | 3-4  |      |     |         |         |       |     |        |
| IT                                                                                                                        |                |      | 3-6  | 2-3 |         |         | 0.3   |     |        |
| NL                                                                                                                        | 3-4            |      |      | 1-2 | 0.7     | 0.5     |       |     |        |
| NO                                                                                                                        |                |      |      | 1-2 |         | 0.2     | 0.2   |     | 0-0.25 |
| PT                                                                                                                        | 4-7            |      |      | 1-2 |         | 1-2     | 0.03  |     |        |
| SE                                                                                                                        | 2-4            |      |      |     |         | 0.3     | 0-0.7 |     |        |
| UK                                                                                                                        | 4-7            |      | 3-5  | 1-2 | 0.25    | 1       |       |     | 0.15   |

\* sub-total of quantifiable externalities (such as global warming, public health, occupational health, material damage)

\*\* biomass co-fired with lignites

#### 4.3.3. Στην Αγιορείτικη πραγματικότητα.

Μιλώντας για αξιοποίηση βιομάζας στο Άγιον Όρος ο καθένας θα συμφωνούσε πως το μεγαλύτερο ποσοστό θα προερχότανε από υπολείμματα καστανιάς και λιγότερο από τα άλλα φυόμενα δασικά είδη. Δεν θα επεκταθούμε ιδιέτερα στους τρόπους που η τοπική κοινωνία εγκολπώθηκε ώστε να αναπτύξει ένα ειδικό χειρισμό της καστανιάς για την αειφορική καλλιέργει αυτής με απώτερο σκοπό την οικονομική ενίσχυση των μοναστηριακών ενδιακτημάτων. Στην αναλυτική έκθεση που έγινε το περασμένο έτος αναφερθήκαμε αναλυτικά για τους τρόπους καλλιέργειας και την ορθολογική συνέχιση, ώστε να μπορεί το Όρος να απολαμβάνει πλήρως τα παραγόμενα αγαθά του δασικού συμπλέγματος του.

Για την καλλιέργεια της καστανιάς με σκοπό την παραγωγή του πολύτιμου ξύλου της, που απαιτούνται καλλιερητικές επεμβάσεις ανά επταετία περίπου. Οι καλλιερητικές υλοτομίες διενεργούνται σε δύο φάσεις ως ακολούθως:

1. Η Α' Καλλιερητική επέμβαση διενεργείται σε συστάδες ηλικίας 7-10 ετών. Η επέμβαση είναι έντονη και αφαιρείται το μισό περίπου του αριθμού των πρεμνοβλαστημάτων. Τα απομακρυνόμενα άτομα είναι τα υπολειπόμενα, τα κακόμορφα, τα στρεβλά, τα καχεκτικά καθώς και αυτά με μονόπλευρη κόμη. Από την πρώτη καλλιέργεια δεν εξάγεται εμπορεύσιμο προϊόν. Η πρώτη αυτή καλλιέργεια διενεργείται με αλυσοπρίονο από έμπειρους υλοτόμους - καθαριστές και οπωσδήποτε κάτω από την επίβλεψη έμπειρου μοναχού ή δασικού της Μονής. Η διενέργεια της Α' Καλλιέργειας θα πραγματοποιείται με ημερομίσθιο. Με αυτόν τον τρόπο αμοιβής των υλοτόμων η εργασία θα γίνεται με τη δέουσα προσοχή.
2. Η δεύτερη καλλιερητική επέμβαση γίνεται μεταξύ του 15<sup>ου</sup> και 16<sup>ου</sup> έτους της ηλικίας, ανάλογα με την ποιότητα τόπου. Η επιλογή των πρεμνοβλαστημάτων που αφαιρούνται, γίνεται με τα ίδια κριτήρια, όπως και στην Α' Καλλιέργεια. Από τη δεύτερη καλλιέργεια, σ' αντίθεση με την πρώτη, εξάγονται εμπορεύσιμα προϊόντα. Συγκεκριμένα το μεγαλύτερο ποσοστό είναι καπρούλια (50% περίπου) και ένα μικρό ποσοστό γαρνιτούρα (10% περίπου), καθώς και λίγα καυσόξυλα (25% περίπου). Το υπόλοιπο ποσό είναι μη εμπορεύσιμο. Στη Β' Καλλιέργεια διενεργείται προσήμανση από εμπειροτέχνη μοναχό ή δασικό της Μονής.
3. Η Τελική Υλοτομία με την οποία ολοκληρώνεται ένας πλήρης κύκλος ανανέωσης του δάσους (περίτροπος χρόνος). Κατά την επέμβαση αυτή απομακρύνεται το 100% του ξυλώδους κεφαλαίου της συστάδας. Από την επέμβαση αυτή προκύπτουν και τα πολυτιμότερα και εμπορικότερα προϊόντα καστανιάς δηλαδή η τεχνική ξυλεία μεγάλων διαστάσεων. Από τα προϊόντα που παράγονται κατά την Τελική Υλοτομία το 15% αφορά τεχνική ξυλεία μεγάλων διαστάσεων, το 25% τεχνική ξυλεία μικρών διαστάσεων, το 30% καπρούλια και πασσάλους και το 30% καυσόξυλα.

Εκτός από την καστανιά διαχείριση δέχονται και η δρυς μαζί με τις εκτάσεις αειφύλλων πλατυφύλλων. Οι εκτάσεις αυτές διαχειρίζονται πρεμνοφυώς και η διαχείριση σε αυτά περιορίζεται στις τελικές υλοτομίες στην ηλικία των 20 έως 30 ετών για την παραγωγή καυσόξυλων.

#### 4.3.3.1. Μέθοδος Ανάλυσης με βάση την Αξία Κόστους Συστάδας.

Η ανάλυση κόστους η οποία ακολουθεί βασίζεται στη μέθοδο της αξίας κόστους συστάδας όπως αυτή περιγράφεται στην Οικονομική των Δασικών Εκμεταλλεύσεων - Δασική Οικονομική 1 (Στάμου, 1985). Το σκεπτικό αυτής της μεθόδου μιας συστάδας ηλικίας  $m$  στηρίζεται:

1. Στο γεγονός ότι το ιστάμενο ξυλαπόθεμα αυτής είναι το αποτέλεσμα της παραγωγικής δραστηριότητας της απασχολήσεως δηλαδή των συντελεστών της παραγωγής από τη χρονική στιγμή 0 έως την ηλικία  $m$  και
2. Στην αξίωση, ότι το ξυλαπόθεμα αυτό πρέπει να έχει αξία τουλάχιστον ίση με την καθαρή κεφαλαιακή αξία που αντιπροσωπεύουν τη στιγμή  $m$  όλες οι δαπάνες και όλες οι πρόσδοι που πραγματοποιήθηκαν κατά το χρονικό διάστημα από 0 μέχρι  $m$ .

Οι δαπάνες εργασίας του κεφαλαίου, με εξαίρεση το εδαφικό κεφάλαιο εκφράζονται μέσα στις δαπάνες δάσωσης και τις ετήσιες διοικητικές δαπάνες. Οι δαπάνες του εδαφικού κεφαλαίου εκφράζονται μέσα από την ετήσια απασχόλησή του στη συστάδα, από την οποία απασχόληση θα έπρεπε να προκύπτει ετήσια πρόσοδος  $b = B \cdot 0.0p$  (όπου  $B$  οι δαπάνη του εδαφικού κεφαλαίου και  $p$  το ετήσιο ονομαστικό επιτόκιο). Άρα η δαπάνη εδαφικού κεφαλαίου για εφαρμογή περιόδου αναφοράς 21 ετών δίνεται από τον τύπο:

$$D_{\text{εδαφ. κεφαλ.}} = \frac{b}{0.0p} * (1.0p^m - 1) \quad (1)$$

Επίσης ο τύπος που μας δίνει τη συνολική καταβληθείσα δαπάνη που πραγματοποιείται σε ετήσια βάση για περίοδο αναφοράς 21 έτη με ονομαστικό επιτόκιο  $0.0p$  δίνεται από τον τύπο:

$$D = \sum_{0}^{21} (\Delta \alpha \pi \acute{\alpha} \nu \eta_{0-20} * 0.0p) \quad (2)$$

Ο ίδιος τύπος έχει εφαρμογή για κάθε κατηγορία δαπάνης και για κάθε επιθυμητό χρονικό διάστημα εφαρμογής.



#### 4.3.3.2.Βασικά Δεδομένα και Παραδοχές.

Παρακάτω δίνονται στοιχεία για κάθε κλάση ηλικίας και ποιότητα τόπου του Αγίου Όρους.

Πίνακας 25: Δεδομένα στρωμάτων καστανιάς στα Δασοκτήματα του Αγίου Όρους, ανά Ποιότητα Τόπου και Κλάση Ηλικίας.

| ΣΤΡΩΜΑ     | Μέσο Ύψος Hm | Μέση Διάμετρος Dm | Έμφλοιος ξυλώδης όγκος V (m <sup>3</sup> /Ha) | Αφλοιος ξυλώδης όγκος V (m <sup>3</sup> /Ha) | Αριθμός Κορμών (N/Ha) |
|------------|--------------|-------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|
| Csa/I/7    | 7,49         | 3,61              | 29,92                                         | 17,81                                        | 3.897                 |
| Csa/I/14   | 12,49        | 7,64              | 84,06                                         | 65,52                                        | 2.667                 |
| Csa/I/21   | 15,92        | 12,66             | 136,91                                        | 108,45                                       | 1.953                 |
| Csa/I/28   | 17,45        | 15,17             | 201,31                                        | 160,80                                       | 1.733                 |
| Csa/I/35   | 19,43        | 17,67             | 231,11                                        | 184,23                                       | 1.650                 |
| Csa/II/7   | 6,18         | 2,75              | 14,07                                         | 8,37                                         | 3.835                 |
| Csa/II/14  | 10,70        | 7,79              | 81,82                                         | 63,78                                        | 2.413                 |
| Csa/II/21  | 13,11        | 12,11             | 119,89                                        | 95,04                                        | 1.939                 |
| Csa/II/28  | 15,19        | 13,30             | 156,28                                        | 124,31                                       | 1.617                 |
| Csa/II/35  | 17,48        | 16,58             | 193,78                                        | 154,91                                       | 1.389                 |
| Csa/III/7  | 5,41         | 2,41              | 9,41                                          | 5,60                                         | 3.818                 |
| Csa/III/14 | 9,76         | 6,97              | 80,31                                         | 62,44                                        | 2.159                 |
| Csa/III/21 | 12,27        | 11,16             | 108,13                                        | 85,48                                        | 1.924                 |
| Csa/III/28 | 14,10        | 14,50             | 135,18                                        | 107,95                                       | 1.450                 |
| Csa/III/35 | 15,94        | 15,48             | 162,22                                        | 130,43                                       | 1.128                 |
| Csa/IV/7   | 3,91         | 2,15              | 5,26                                          | 3,13                                         | 3.717                 |
| Csa/IV/14  | 8,25         | 6,80              | 78,32                                         | 60,84                                        | 1.906                 |
| Csa/IV/21  | 10,20        | 11,06             | 85,07                                         | 67,35                                        | 1.758                 |
| Csa/IV/28  | 11,35        | 12,27             | 106,56                                        | 84,69                                        | 1.317                 |
| Csa/IV/35  | 13,10        | 14,30             | 126,81                                        | 102,73                                       | 900                   |
| Csa/V/7    | 3,91         | 2,15              | 5,26                                          | 3,13                                         | 3.717                 |
| Csa/V/14   | 7,66         | 6,46              | 40,59                                         | 32,27                                        | 1.652                 |
| Csa/V/21   | 8,62         | 8,00              | 90,79                                         | 71,83                                        | 1.593                 |
| Csa/V/28   | 9,07         | 11,48             | 94,01                                         | 74,80                                        | 1.175                 |
| Csa/V/35   | 9,52         | 14,96             | 111,88                                        | 75,83                                        | 697                   |

\*(Πηγή: Επεξεργασία από το πρόγραμμα FORINV 2000. Στοιχεία Διαχειριστικών Μελετών Δασοκτημάτων Ι. Μ. Ιβήρων Συντάκτες: Νικόλαος Γούναρης – Κων/νος Κόντος, Ι. Μ. Κοτλουμουσιού Συντάκτης: Νικόλαος Γούναρης)

Με βάση τα παραπάνω η παραγωγικότητα των δασών καστανιάς ανά στρέμμα έμφλοιου όγκου ανέρχεται σε :

Πίνακας 26: Μέσοι όροι δεδομένων κατά κλάσεις ηλικίας.

| ΣΤΡΩΜΑ         | Μέσο Ύψος | Μέση Διάμετρος Dm | Ξυλώδης Όγκος V/ στρέμμα | Ξυλώδης Όγκος VA/ στρέμμα | Αριθ. Κορμών N/Ha |
|----------------|-----------|-------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|
| MO Csa/7 ετών  | 5,38      | 2,60              | 0,90                     | 0,8                       | 3.797             |
| MO Csa/14 ετών | 9,77      | 7,10              | 6,93                     | 5,7                       | 2.159             |
| MO Csa/21 ετών | 12,02     | 11,00             | 10,03                    | 8,6                       | 1.833             |
| MO Csa/28 ετών | 13,43     | 13,30             | 13,03                    | 11,1                      | 1.458             |
| MO Csa/35 ετών | 15,09     | 15,80             | 15,42                    | 13,0                      | 1.153             |

Με βάση τα περιγραφόμενα στο κεφάλαιο που αφορούν την καλλιέργεια της καστανιάς σε συνδυασμό με τα δεδομένα όγκων ξυλοποθέματος του πίνακα 25 προκύπτουν οι όγκοι ξυλοπαραγωγής ανά κλάση ηλικίας και τύπο επέμβασης. Στην τελευταία στήλη παρουσιάζεται ο αριθμός ατόμων καστανιάς στο Ha. Έτσι παρουσιάζεται ότι στην ηλικία των 7 ετών υπάρχουν 3.797 άτομα καστανιάς ανά Ha ή αντίστοιχα 380 άτομα ανά στρέμμα.

Από τον πίνακα 26 με τη χρήση των στοιχείων ποσοστών απολήψιμων όγκων που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 4.3.3. προκύπτει ο απολήψιμος όγκος και το

βάρος ξυλωδών προϊόντων με σκοπό να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες ανάλυσης των εργασιών μετατόπισης – στοίβαξης. Όπως φαίνεται από τον ίδιο πίνακα η αφαίρεση ξυλώδους όγκου κατά τη διάρκεια του Α' Καθαρισμού ανέρχεται σε 0,32m<sup>3</sup> ανά στρέμμα όμως από αυτόν δεν παράγεται κανένα χρήσιμο προϊόν.

Πίνακας 27: Πίνακας απολειπτόμενου ξυλώδους όγκου ανά κλάση ηλικίας και τύπο Επέμβασης

| ΣΤΡΩΜΑ         | Ξυλώδης όγκος V<br>m <sup>3</sup> /στρέμμα | Ποσοστό αφαίρεσης ξυλώδους όγκου | Ποσότητα αφαίρεσης ξυλώδους όγκου<br>m <sup>3</sup> /στρέμμα | Ποσοστό παραγόμενων προϊόντων | Ποσότητα παραγόμενων προϊόντων<br>m <sup>3</sup> /στρέμμα | Ποσότητα παραγόμενων προϊόντων<br>kg |
|----------------|--------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| ΜΟ Csa/7 ετών  | 0,90                                       | 35%                              | 0,32                                                         | 0%                            | 0,00                                                      | 0,00                                 |
| ΜΟ Csa/14 ετών | 6,93                                       | 30%                              | 2,08                                                         | 85%                           | 1,77                                                      | 1.239,00                             |
| ΜΟ Csa/21 ετών | 10,03                                      | 100%                             | 10,03                                                        | 100%                          | 10,03                                                     | 7.021,00                             |
|                |                                            |                                  |                                                              | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                 | <b>11,80</b>                                              | <b>8.260,00</b>                      |

Από τον ανωτέρω πίνακα εξάγεται ότι ο συνολικός απολειπτόμενος ξυλώδης όγκος σε έναν πλήρη περρίτροπο χρόνο ανέρχεται σε 11,80m<sup>3</sup> ανά στρέμμα.

Ο ξυλώδης όγκος που προέρχεται από την διαχειριζόμενα δάση καστανιάς κατανέμεται αναλογικά σε διαφορετικές κατηγορίες προϊόντων με βάση τα ποσοστά παραγωγής αυτών ανά επέμβαση όπως φαίνεται στο κεφάλαιο 4.3.3. όπου αναφέρονται τα στοιχεία της καλλιέργειας καστανιάς. Οι συνολικοί και επί μέρους παραγόμενοι όγκοι προϊόντων καστανιάς ανά στρέμμα παρουσιάζονται στον πίνακα 28 που ακολουθεί:

Πίνακας 28: Παραγόμενοι όγκοι ξυλωδών προϊόντων ανά είδος προϊόντος και τύπο επέμβασης.

| Τύπος επέμβασης | Τεχνική ξυλεία μεγάλων διαστάσεων<br>(m <sup>3</sup> /στρέμμα) | Τεχνική ξυλεία μικρών διαστάσεων<br>(m <sup>3</sup> /στρέμμα) | Λοιπή τεχνική ξυλεία<br>(m <sup>3</sup> /στρέμμα) | Κανσόξυλα<br>(m <sup>3</sup> /στρέμμα) | Σύνολα       |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------|
| Α' Καθαρισμός   | 0,00                                                           | 0,00                                                          | 0,00                                              | 0,00                                   | 0,00         |
| Β' Καθαρισμός   | 0,00                                                           | 0,21                                                          | 1,25                                              | 0,31                                   | 1,77         |
| Τελική Υλοτομία | 1,50                                                           | 2,51                                                          | 3,01                                              | 3,01                                   | 10,03        |
|                 | <b>1,50</b>                                                    | <b>2,72</b>                                                   | <b>4,26</b>                                       | <b>3,32</b>                            | <b>11,80</b> |

Παραδοχή: Κατά τη διαδικασία εξαγωγής των δαπανών ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος γίνεται στάθμιση με την αναλογική αξία πώλησης αυτών. Η αναλογία αξίας πώλησης των προϊόντων φαίνεται στον πίνακα 26. Δαπάνες διαχείρισης και διοίκησης δεν μπορούν να κατανέμονται ισόποσα στη μονάδα όγκου των παραγομένων προϊόντων απλά γιατί αυτά αντικατοπτρίζουν διαφορετικές οικονομικές αξίες πώλησης. Μικρές ποσότητες παραγωγής ενός προϊόντος με υψηλές τιμές πώλησης αντισταθμίζουν μεγάλες παραγωγές με μικρές τιμές πώλησης και το αντίστροφο. Είναι γνωστό επίσης ότι η διαχείριση ενός δάσους είναι πάντα προσανατολισμένη στην παραγωγή των αρίστων προϊόντων δηλαδή αυτών από τα οποία αναμένονται οι μεγαλύτερες οικονομικές πρόσδοδοι. Όμως αυτό γίνεται στα τελικά στάδια επεμβάσεων.

Για παράδειγμα η εκτέλεση των εργασιών του Α' Καθαρισμού με ημερομίσθιο και όχι με εργομίσθιο και επίβλεψη γίνεται με σκοπό την παραμονή των αρίστων ατόμων και την κατά χώρο άριστη κατανομή τους ώστε να απολειφτεί κατά την Τελική Υλοτομία, 14 έτη μετά, το άριστο προϊόν. Το ίδιο ισχύει και για την εκπόνηση της διαχειριστικής μελέτης του

δάσους. Αυτή γίνεται στο Άγιον Όρος όχι από υποχρέωση που επιβάλλει ο νομοθέτης αλλά γιατί σκοπός της είναι η καλύτερη διαχείριση του δάσους με σκοπό την απόληψη αρίστων προϊόντων. Αν για παράδειγμα το δάσος απέδιδε μόνο καυσόξυλα η ανάγκη της διαχειριστικής μελέτης ως εργαλείου θα ήταν μικρή έως μηδενική δεδομένου ότι νομικά για την περιοχή του Αγίου Όρους δεν επιβάλλεται η σύνταξή της.

Για το λόγο αυτό κρίνεται αναγκαία η στάθμιση της συμμετοχής των διαφόρων κατηγοριών προϊόντων καστανιάς αλλά και των προϊόντων από άλλα είδη στις διάφορες δαπάνες διαχείρισης και διοίκησης βάσει της ανάλυσης που παρουσιάζεται στον κάτωθι πίνακα 29.

Επιπλέον κρίνεται αναγκαία η στάθμιση της συμμετοχής των προϊόντων τεχνικής ξυλείας καστανιάς στις δαπάνες διαχείρισης και διοίκησης που αφορούν αποκλειστικά την αποθήκευση, δεδομένου ότι τα καυσόξυλα - έως τώρα - δεν επιδέχονταν αποθήκευση και χειρισμό φυσικής ξήρανσης σε στεγασμένους χώρους. Τα στοιχεία της στάθμισης της δαπάνης αποθήκευσης παρουσιάζονται στον πίνακα 30.

Για τον ίδιο λόγο κρίνεται αναγκαία η στάθμιση της συμμετοχής των διαφόρων κατηγοριών προϊόντων καστανιάς χωρίς όμως την συμμετοχή των προϊόντων από άλλα είδη στις διάφορες δαπάνες υλοτομικών εργασιών βάσει της ανάλυσης που παρουσιάζεται στον κάτωθι πίνακα 31.

**Πίνακας 29:** Σταθμισμένη συμμετοχή των κατηγοριών προϊόντων στις δαπάνες διοίκησης διαχείρισης.

|                                                                                                | Τεχνική       | Τεχνική μικρών | Λοιπά         | Καυσόξυλα | Σύνολο  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|---------------|-----------|---------|
| <b>Σχετική αναλογία οικονομικής αξίας προϊόντων</b>                                            | 7             | 4,5            | 2,5           | 1         |         |
| <b>Παραγόμενος όγκος προϊόντος ανά στρέμμα (m<sup>3</sup>)</b>                                 | 1,50          | 2,72           | 4,26          | 3,32      | 11,80   |
| <b>Παραγόμενος όγκος από άλλα είδη που αναλογεί στο στρέμμα (m<sup>3</sup>)</b>                |               |                |               | 6,00      | 6,00    |
| <b>Σταθμισμένη συμμετοχή των κατηγοριών προϊόντων ανά στρέμμα στη πραγματοποιηθείσα δαπάνη</b> | 10,53         | 12,22          | 10,65         | 9,32      | 42,72   |
| <b>Ποσοστό συμμετοχής στο σύνολο</b>                                                           | <b>24,65%</b> | <b>28,61%</b>  | <b>24,92%</b> | 21,82%    | 100,00% |

**Πίνακας 30:** Σταθμισμένη συμμετοχή των κατηγοριών προϊόντων τεχνικής ξυλείας στις δαπάνες αποθήκευσης.

|                                                                                         | Τεχνική | Τεχνική μικρών | Λοιπά  | Καυσόξυλα | Σύνολο  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|--------|-----------|---------|
| Σχετική αναλογία οικονομικής αξίας προϊόντων                                            | 7       | 4,5            | 2,5    | 1         |         |
| Παραγόμενος όγκος προϊόντος ανά στρέμμα (m <sup>3</sup> )                               | 1,50    | 2,72           | 4,26   | 0,00      | 8,48    |
| Παραγόμενος όγκος από άλλα είδη που αναλογεί στο στρέμμα (m <sup>3</sup> )              |         |                |        | 0,00      | 0,00    |
| Σταθμισμένη συμμετοχή των κατηγοριών προϊόντων ανά στρέμμα στη πραγματοποιηθείσα δαπάνη | 10,53   | 12,22          | 10,65  | 0,00      | 33,40   |
| Ποσοστό συμμετοχής στο σύνολο                                                           | 31,53%  | 36,60%         | 31,87% | 0,00%     | 100,00% |

**Πίνακας 31:** Σταθμισμένη συμμετοχή των κατηγοριών προϊόντων στις δαπάνες υλοτομιών και συγκομιδής.

|                                                                                         | Τεχνική | Τεχνική μικρών | Λοιπά  | Καυσόξυλα | Σύνολο  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|--------|-----------|---------|
| Σχετική αναλογία οικονομικής αξίας προϊόντων                                            | 7       | 4,5            | 2,5    | 1         |         |
| Παραγόμενος όγκος προϊόντος ανά στρέμμα (m <sup>3</sup> )                               | 1,50    | 2,72           | 4,26   | 3,32      | 11,80   |
| Παραγόμενος όγκος από άλλα είδη που αναλογεί στο στρέμμα (m <sup>3</sup> )              |         |                |        | 0,00      | 0,00    |
| Σταθμισμένη συμμετοχή των κατηγοριών προϊόντων ανά στρέμμα στη πραγματοποιηθείσα δαπάνη | 10,53   | 12,22          | 10,65  | 3,32      | 36,72   |
| Ποσοστό συμμετοχής στο σύνολο                                                           | 28,68%  | 33,29%         | 28,99% | 9,04%     | 100,00% |

#### 4.3.3.3. Τιμές Εργατικών & Ημερομισθίων.

Για την ανάλυση κόστους παραγωγής τεχνικής ξυλείας καστανιάς και υπολειμμάτων χρησιμοποιήθηκαν επίσης οι πλέον πρόσφατες τιμές Ημερομισθίων του τελευταίου Πρακτικού Διαπίστωσης Τιμών Δ' Τριμήνου 2009 του ΥΠΕΧΩΔΕ με τις εξής αντιστοιχίες:

Υλοτόμος: Αντιστοιχεί με τον χειριστή ελαφρού μηχανήματος.

Μετατοπιστής ξυλείας (Αγωγέας): Τρία ζώα με αγωγέα (σύν.)

Επιστάτης υλοτομικών εργασιών: Εργάτης ειδικευμένος.

Διαμορφωτής πελεκητής ξυλεία (Πελεκάνος): Τεχνίτης.

Οδηγός ελκυστήρα & Υλοτόμος: Εργάτης ειδικευμένος.

Βοηθός ελκυστήρα: Εργάτης ανειδίκευτος

Δασολόγος – Προσημαντής.



**Πίνακας 32:** Ημερομίσθια – Ημερήσιες αποζημιώσεις εργατών δάσους.

| Κατηγορία εργαζομένου | Ημερομίσθιο | Προσαύξηση Εργατικών<br>λόγω ειδικών συνθηκών<br>Αγίου Όρους (50%) | Αθροισμα        |
|-----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|
| (1)                   | (2)         | (3) = (2) *1,5                                                     | (4) = (2) + (3) |
| Υλοτόμος              | 60,00       | 30,00                                                              | 90,00€          |
| Αγωγέας με τρία ζώα   | 90,00       | 45,00                                                              | 135,00€         |
| Επιστάτης             | 66,70       | 33,30                                                              | 100,00€         |
| Τεχνίτης (Πελεκάνος)  | 133,30      | 66,70                                                              | 170,00€         |
| Εργάτης Πριστηρίου    | 100,00      | 50,00                                                              | 150,00€         |
| Οδηγός με ελκυστήρα   | 146,70      | 73,30                                                              | 220,00€         |
| Εργάτης ειδικευμένος  | 60,00       | 30,00                                                              | 90,00€          |
| Δασολόγος             | 166,70      | 83,30                                                              | 250,00          |

Στον προηγούμενο πίνακα έχουμε ημερήσιες αποζημιώσεις των εργατών του δάσους οι οποίες βασίζονται στο τιμολόγιο που εξέδωσε το Ελληνικό κράτος. Σε μια ποιο αντικειμενική θεώρηση του τοπικού μισθολογίου θα λέγαμε πως ο υλοτόμος, όπως και ο αγωγέας έχει το ίδιο ημερομίσθιο καθώς επίσης και ο εργάτης πριστηρίου. Γίνεται κατανοητό πως σε καμιά περίπτωση δεν θα εργαστεί δασολόγος παρά μόνο στην περίπτωση εκπόνησης μελέτης. Για να μην παρεμβαίνουμε και πελαγοδρομούμε, καλό θα ήταν να παραδεχτούμε τα υπάρχοντα στοιχεία ως αντικειμενικά και σε περίπτωση πραγματικής μελέτης να αναθεωρήσουμε ορισμένα, για την ορθότερη εξαγωγή συμπερασμάτων. Ποιο κάτω όπου χρειάζεται βάζουμε πραγματικά στοιχεία ώστε να είμαστε κείμενοι στην πραγματικότητα, πράγμα που θα μας οδηγήσει σε σωστά συμπεράσματα.

#### 4.3.3.4.Ανάλυση κόστους παραγωγής ξυλείας καστανιάς.

Η παρακάτω ανάλυση υπολογίζει τα λειτουργικά κόστη τα οποία δημιουργούνται τόσο κατά την διαδικασία παραγωγής όσο και τα λοιπά γενικά διαχειριστικά κόστη που αφορούν στη διαχείριση και προστασία του δασοκτήματος της Ιεράς Μονής.

##### 4.3.3.4.1.Γενικές Δαπάνες Διαχείρισης.

###### a. Διαχειριστική Μελέτη Δασοκτήματος 10ετούς ισχύος.

Δαπάνη διαχειριστικής μελέτης ανά m<sup>3</sup> παραγόμενου καυσοξύλου 0,26 €/m<sup>3</sup>

###### b. Υποδομές διαχείρισης δασοκτήματος.

Δαπάνη διαχειριστικής μελέτης ανά m<sup>3</sup> παραγόμενου καυσοξύλου 0,52 €/m<sup>3</sup>

Δαπάνη συντήρησης Εργατόσπιτου ανά m<sup>3</sup> παραγόμενου καυσοξύλου 1,38 €/m<sup>3</sup>

Αποθήκες Ξυλείας Λειτουργία – Συντήρηση.

Δαπάνη συντήρησης ανά m<sup>3</sup> παραγόμενου καυσοξύλου 0,00€/m<sup>3</sup>

Δαπάνη συντήρησης οχήματος επιτήρησης  
ανά m<sup>3</sup> παραγόμενου καυσοξύλου. 0,35 €/m<sup>3</sup>

#### 4.3.3.4.2. Δέσμευση Εδαφικού Κεφαλαίου

Για την ετήσια δαπάνη που αντιστοιχεί στη δέσμευση του εδαφικού κεφαλαίου χρησιμοποιήθηκε ο τύπος (1)

$$D_{\text{εδα}_\text{κεφαλ}} = \frac{b}{0.0p} * (1.0p^m - 1)$$

όπου:

b: Η έκταση καστανιάς ίση με 7.508 στρέμματα πολλαπλασιαζόμενη με ποσό αξίας κτήσης δασικού εδαφικού κεφαλαίου ίσης με 150€

m: Η περίοδος αναφοράς ίση με 21 έτη και

p: Το ετήσιο ονομαστικό επιτόκιο 4%

Τα παραπάνω ποσά μας δίνουν για την περιοχή μας  $D_{\text{εδα}_\text{κεφαλ}} = 1.440.148,57 \text{ €}$

Ανά έτος για τα καυσόξυλα εξάγεται μια τιμή 9,97 €/m<sup>3</sup>

**Πίνακας 33:** Συγκεντρωτικός πίνακας γενικών δαπανών διαχείρισης καυσοξύλου.

| κατηγορία κόστους                                                                     | Τιμή €/m <sup>3</sup> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Διαχειριστική Μελέτη δασοκτήματος 10ετούς ισχύος                                      | 0,52 €/m <sup>3</sup> |
| Εργατόσπιτο (Λειτουργία)                                                              | 0,52 €/m <sup>3</sup> |
| Δασικό Οδικό Δίκτυο (Λειτουργία)                                                      | 1,38 €/m <sup>3</sup> |
| Αποθήκες Ξυλείας (Λειτουργία) ( επιβάλεται αφού θα πρέπει να σκεπτόμαστε την υγρασία) | 0,87 €/m <sup>3</sup> |
| Δαπάνη συντήρησης οχήματος ανά m <sup>3</sup> παραγόμενου καυσοξύλου                  | 0,35 €/m <sup>3</sup> |
| Δέσμευση Εδαφικού Κεφαλαίου<br>Ή με άλλα λόγια 14,24 €/τόννο.                         | 9,97 €/m <sup>3</sup> |

#### 4.3.3.4.3. Δαπάνες διαδικασίας παραγωγής.

A. Υλοτομία.

Πίνακας 34: Μέσο κόστος αναλωσίμων ανά ημέρα εργασίας υλοτόμου.

| Υλικά                      | Μονάδα | Ποσότητα | Τιμή/ μονάδα | Δαπάνη |
|----------------------------|--------|----------|--------------|--------|
| Βενζίνη                    | lt     | 10       | 0,9613       | 9,61   |
| Λάδι                       | lt     | 2        | 3,11         | 6,22   |
| Καδένες, Μπουζί, Λίμες κλπ | τεμ    | 0,1      | 15,00        | 1,50   |
| Κόστος / ημέρα εργασίας    |        |          |              | 17,33€ |

Με βάση εμπειρικές χρονικές σπουδές για το κάθε στάδιο καλλιέργειας τα κόστη για την περίπτωση των υλοτομικών εργασιών – ριψής κορμών είναι τα ακόλουθα:

Πίνακας 35: Μέσο κόστος υλοτομίας ανά m<sup>3</sup> παραγόμενου προϊόντος ανεξαρτήτως κατηγορίας στο πλαίσιο ενός πλήρους περιτρόπου χρόνου.

| Διαμόρφωση      | Ημερήσια απόδοση Υλοτόμου (στρέμματα/ υλοτόμο) | Κόστος εργασίας ανά στρέμμα | Κόστος αναλωσίμων ανά στρέμμα και ημέρα | ΣΥΝΟΛΟ  | Κόστος διαμόρφωσης που αναλογεί για την παραγωγή 1m <sup>3</sup> ξυλείας |
|-----------------|------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------|
| A' Καθαρισμός   | 0,0                                            | 0,00                        | 0,00                                    | 0,00    | $\frac{927,02\text{€}/11,80=}{78,56\text{€/m}^3}$                        |
| B' Καθαρισμός   | 0,7                                            | 171,43                      | 24,76                                   | 196,19  |                                                                          |
| Τελική Υλοτομία | 0,4                                            | 687,5                       | 43,33                                   | 730,83  |                                                                          |
| ΣΥΝΟΛΟ          |                                                | 858,93€                     | 68,09€                                  | 927,02€ |                                                                          |

Εάν κάνουμε την παραδοχή πως από τον δεύτερο καθαρισμό το ποσοστό των καυσοξύλων είναι το 20-25 % τότε το εισόδημα του υλοτόμου από τα καυσοξύλα είναι το 39,23 €. Αντικειμενικά όμως το ημερομίσθιο δεν ξεπερνά τα 80€ και χωρίς την συμμετοχή μας στα έξοδα αναλωσίμων . Επομένως το εισόδημα του υλοτόμου στα δευτέρια, σε πολύ καλή ποιότητα εδάφους είναι 16 – 20 €/m<sup>3</sup>. Περίπου στο μισό βάση της μελέτης διαμόρφωσης κόστους. Συνεχίζοντας τον παραλληλισμό για την τελική υλοτομία ένας ειδικευμένος υλοτόμος μπορεί να αγγίξει ανάλογα την ποιότητα εδάφους τα 100,00€ χωρίς την συμμετοχή μας στα έξοδα αναλωσίμων. Επομένως το εισόδημα του υλοτόμου για την παραγωγή 30% καυσοξύλων είναι 30 €. Επομένως αντικειμενικά μιλάμε για μια τάξη μεγέθους των 180- 250 €/ 11,80 (Ποσότητα παραγόμενων προϊόντων m<sup>3</sup>/στρέμμα. πίνακας 26) =15,25 – 21,18 €/m<sup>3</sup>.

#### B. Μετατόπιση ξυλείας – στοίβαξη.

Με τον όρο μετατόπιση εννοούμε την μετακίνηση των δασικών προϊόντων από τις θέσεις υλοτομίας (υλοτόμια) προς τους επιλεγμένους τόπους συγκέντρωσής τους (κορμοπλατείες). Από τους χώρους αυτούς γίνεται η μεταφορά των προϊόντων με μεγάλα οχήματα (φορτηγά) προς τα κέντρα κατεργασίας του ξύλου και τους αποθηκευτικούς χώρους ξυλείας.

Αντίστοιχα με τον όρο στοίβαξη ξυλείας εννοούμε την τοποθέτηση των παραγόμενων προϊόντων σε χώρους ή θέσεις συγκέντρωσης (διαπλατύνσεις δασικών δρόμων, επιφάνειες μερικώς δασοσκεπούς έκτασης, μεγάλα διάκενα – ξέφωτα), στοίβαγμένα σε σειρές ύψους περίπου 1,60, πλάτους ανάλογου του μήκους του προϊόντος και μήκους που κυμαίνεται από 15 – 25m, τις επονομαζόμενες ντάνες. Ο τρόπος μετατόπισης επηρεάζεται από τις τοπογραφικές συνθήκες της περιοχής, τις διαστάσεις των παραγόμενων προϊόντων, το βάρος αυτών και τα διαθέσιμα μέσα. Η μετατόπιση στο δασόκτημα της Ιεράς Μονής πραγματοποιείται με ζώα φόρτου και σύρσης.

Ομοίως με τις προηγηθείσες αναλύσεις η απόδοση για την μετατόπιση – στοίβαξη ξυλείας διαφέρει μεταξύ των 3 σταδίων καλλιέργειας των δασών καστανιάς άρα και τα προκύπτοντα τελικά κόστη.

Η ανάλυση του κόστους βασίζεται επίσης σε εμπειρική χρονική σπουδή σύμφωνα με την οποία ένα ζώο φόρτου (μουλάρι), σε ένα οκτάωρο, διανύει και επανέρχεται στο υλοτόμιο (στράτα) απόσταση 100m φορτωμένο με 200kg ξύλο, 8 φορές ή 1 στράτα μουλαριού = 200kg/100m ανά ώρα. Στον συγκεκριμένο χρόνο περιλαμβάνεται και ο χρόνος στοίβαξης των προϊόντων.

Επίσης, για την φύλαξη – συντήρηση 10 ζώων φόρτου (μουλαριών) δαπανώνται 1000€ ανά μήνα. Άρα για 7 ζώα φόρτου (μουλάρια) επιμεριστικά το κόστος ανέρχεται σε 700€/μήνα ή 70€/ημέρα.

Με βάση τα παραπάνω και σε συνδυασμό με την μέσο υλοτομούμενο όγκο ξυλείας καστανιάς κατά κλάση ηλικίας όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 27 προκύπτουν τα αποτελέσματα των πινάκων 37, 38. Για την ανάλυση της απόστασης μεταφοράς εκλέχθηκαν 4 χαρακτηριστικές παραγωγικές συστάδες του δασοκτήματος της Ιεράς Μονής τόσο όσον αφορά στην απόσταση των άκρων των συστάδων όσο και στις κλίσεις αυτών. Τα προβολικά μήκη των συστάδων κυμαίνονται από 150 έως 350 ενώ οι επικρατούσες κλίσεις κυμαίνονται στο 50%. Τα κεκλιμένα μήκη δύνονται από τη διαίρεση του προβολικού μήκους με το συνημίτονο της γωνίας που αντιστοιχεί στην κλίση 50% (27ο). και είναι 0,891. Κατά την διαδικασία μετατόπισης με ζώα οι διαδρομές που ακολουθούνται δεν είναι κάθετα εγκάρσιες κατά την πορεία των ισοϋψών αλλά τεθλασμένες με μέση κλίση 15%. Αυτή η ενέργεια πολλαπλασιάζει το εφαρμοστέο μέσο μήκος των διαδρομών μεταφοράς κατά ένα συντελεστή 3,33 που προέρχεται από τη διαίρεση της κλίσης της συστάδας με την κλίση της σύρτης.

Τέλος, η απόσταση μετατόπισης προϊόντων κάθε συστάδας υπολογίζεται στο ήμισυ της συνολικής διαδρομής εκφράζοντας τον μέσο όρο μετακίνησης του ζώου φόρτου σε μια συστάδα.. Με βάση τα παραπάνω προκύπτουν τα ακόλουθα δεδομένα των πινάκων 37, 38:

Πίνακας 37 Υπολογισμός απόδοσης μετατόπισης ξυλείας με ζώα κατά την διαδικασία Β' Καθαρισμού.

| Συστάδα   | Προβολικό μήκος συστάδας | Κεκλιμένο μήκος συστάδας | Συνολικό μήκος διαδρομής | Ήμισυ διαδρομής | Ώρες που χρειάζονται για την μεταφορά 200 kg ανά 100m | Ποσότητα μετατοπιζόμενου προϊόντος (σε kg) / στρέμμα | Ώρες μετατόπισης ξυλείας 1 μουλαριού / στρέμμα | Ώρες μετατόπισης ξυλείας 3 μουλαριών / στρέμμα | Σε οκτάωρη βάση / στρέμμα = Απόδοση/ στρέμμα |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| (1)       | (2)                      | (3) = (2) *3,33          | (4) = (3) /0,891         | (5) = (4)/2     | (6) = (5)/100                                         | (7)                                                  | (8) = (6) * (7) /200                           | (9) = (8) /3                                   | (10) =8/(9)                                  |
| 2α        | 297                      | 333,4                    | 1111,2                   | 555,6           | 5,56                                                  | 1.239                                                | 28,33                                          | 9,44                                           |                                              |
| 3α        | 342                      | 383,9                    | 1279,6                   | 639,8           | 6,40                                                  | 1.239                                                | 32,61                                          | 10,87                                          |                                              |
| 3β        | 262                      | 294,1                    | 980,3                    | 490,1           | 4,90                                                  | 1.239                                                | 24,97                                          | 8,32                                           |                                              |
| 3γ        | 150                      | 168,4                    | 561,2                    | 280,6           | 2,81                                                  | 1.239                                                | 14,32                                          | 4,77                                           |                                              |
| <b>ΜΟ</b> |                          |                          |                          |                 |                                                       |                                                      |                                                | <b>8,35</b>                                    | <b>0,96</b>                                  |

Πίνακας 38: Υπολογισμός απόδοσης μετατόπισης ξυλείας με ζώα κατά την διαδικασία Τελικής Υλοτομίας.



| Συστάδα   | Προβολικό μήκος συστάδας | Κεκλιμένο μήκος συστάδας | Συνολικό μήκος διαδρομής | Ήμισυ διαδρομής | Ώρες που χρειάζονται για την μεταφορά 200 kg ανά 100m | Ποσότητα μετατοπισμένου προϊόντος (σε kg) / στρέμμα | Ώρες μετατόπισης ξυλείας 1 μουλάριού / στρέμμα | Ώρες μετατόπισης ξυλείας 3 μουλάριων / στρέμμα | Σε οκτώωρη βάρση / στρέμμα = Απόδοση / στρέμμα |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| (1)       | (2)                      | (3) = (2) * 3,33         | (4) = (3) / 0,891        | (5) = (4) / 2   | (6) = (5) / 100                                       | (7)                                                 | (8) = (6) * (7) / 200                          | (9) = (8) / 3                                  | (10) = 8 / (9)                                 |
| 2α        | 297                      | 333,4                    | 1111,2                   | 555,6           | 5,56                                                  | 7.021                                               | 201,22                                         | 67,07                                          |                                                |
| 3α        | 342                      | 383,9                    | 1279,6                   | 639,8           | 6,40                                                  | 7.021                                               | 231,62                                         | 77,21                                          |                                                |
| 3β        | 262                      | 294,1                    | 980,3                    | 490,1           | 4,90                                                  | 7.021                                               | 177,33                                         | 59,11                                          |                                                |
| 3γ        | 150                      | 168,4                    | 561,2                    | 280,6           | 2,81                                                  | 7.021                                               | 101,69                                         | 33,90                                          |                                                |
| <b>ΜΟ</b> |                          |                          |                          |                 |                                                       |                                                     |                                                | <b>59,32</b>                                   | <b>0,13</b>                                    |

Αντίστοιχα το ημερήσιο κόστος χρήσης ελκυστήρα για τη μετατόπιση προϊόντων ξυλείας δείχνεται στον παρακάτω πίνακα 39.

Πίνακας 39: Κόστος ημερησίας χρήσης γεωργικού ελκυστήρα.

| Περιγραφή εργασίας υλικού ή μισθώματος | Απαιτούμενη ποσότητα ημερησίως | Μονάδα μέτρησης | Κόστος μονάδος       | Συνολικό επί μέρους κόστος |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| Οδηγός με ελκυστήρα                    | 1,00                           | ημέρα εργασίας  | 220,00               | 220,20                     |
| Ειδικευτος εργάτης                     | 1,00                           | ημέρα εργασίας  | 90,00                | 90,00                      |
|                                        |                                |                 | <b>Γενικό Σύνολο</b> | <b>310,00€</b>             |

Με βάση τα δεδομένα των πινάκων 37, 38 & 39 που οδηγούν στην εξαγωγή των συντελεστών απόδοσης για την εργασία μετατόπισης – στοίβαξης διαμορφώνεται και ο κάτωθι πίνακας κόστους μετατόπισης. Ενός αγωγέας με 3 μουλάρια κοστίζει ημερησίως για 8 ώρες εργασίας 135,00€. Στην πραγματικότητα το προαναφερθέν ποσό αντιστοιχεί σε δύο αγωγιάτες που χρησιμοποιούν 7 -8 μουλάρια, χωρίς να συμμετέχουν οι ίδιοι στα έξοδα συντήρησης των ζώων. Έτσι μπορούμε να παραδεχτούμε χωρίς μεγάλο σφάλμα το κόστος που δίδεται από τους πίνακες.

Για εργασία του αγωγιάτη στα δευτέρια το ποσοστό εξαγωγής των καυσοξύλων είναι 27 €, ενώ στην τελική υλοτομία είναι 40,50 €

Επίσης σημειώνεται ότι ο το συνεργείο με ελκυστήρα παρουσιάζει δεκαπλάσια περίπου απόδοση από αυτή του αγωγέα. Συνεπώς ο πίνακας 39 διαμορφώνεται ως ακολούθως:

Πίνακας 40: Κόστος μετατόπισης – στοίβαξης ανά κατηγορία υλοτομίας και συνολικά.

| Μετατόπιση                 | Στρεμματική απόδοση ανά ημέρα εργασίας | Κόστος ανά στρέμμα (Ημερήσιο κόστος / απόδοση) | Κόστος φύλαξης – συντήρησης ζώων (Ημερήσιο κόστος / απόδοση) | ΣΥΝΟΛΟ  | Συντελεστής Συμμετοχής στο κόστος μετατόπισης | Σταθμισμένη συμμετοχή |
|----------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------|-----------------------|
| Β' Καθαρισμός ζώα          | 0,96                                   | 140,63                                         | 10,42                                                        | 151,05  | 0,88                                          | 132,92                |
| Β' Καθαρισμός ελκυστήρας   | 9,6                                    | 32,29                                          |                                                              | 32,29   | 0,12                                          | 3,88                  |
|                            |                                        |                                                |                                                              |         | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                 | <b>136,80€</b>        |
| Τελική Υλοτομία ζώα        | 0,13                                   | 1038,46                                        | 79,92                                                        | 1118,38 | 0,30                                          | 335,51                |
| Τελική Υλοτομία ελκυστήρας | 1,3                                    | 238,46                                         |                                                              | 238,46  | 0,70                                          | 166,92                |
|                            |                                        |                                                |                                                              |         | <b>ΣΥΝΟΛΟ</b>                                 | <b>502,43€</b>        |

Στην πραγματικότητα το ημερομίσθιο των υλοτόμων με γεωργικό ελκυστήρα (γ.ε.) υπολογίζεται με θεωρητικό τρόπο. Το 1/3 του ημερομισθίου ( περίπου 310-350€ ) διατίθεται για την συντήρηση του οχήματος και το 2/3 τα μοιράζονται οι δύο υλοτόμοι. Σημειώνεται πως ο γεωργικός ελκυστήρας δεν συμμετέχει καθόλου σε εργασίες δευτεριού.

#### Γ. Μεταφορά ξυλείας.

Σαν κόστος μεταφοράς ξυλείας νοείται η δαπάνη από την μεταφορά των προϊόντων ξυλείας από τους χώρους μετατόπισης στους χώρους αποθήκευσης και επεξεργασίας.

Το σύνολο του δασικού δικτύου του δασοκτήματος ανέρχεται σε 40km άρα η μέση απόσταση των χώρων υλοτομίας και μετατόπισης από τις αποθήκες του Μοναστηριού ανέρχεται σε 20km. Τα προϊόντα τα οποία θα μεταφερθούν προς τους αποθηκευτικούς χώρους της Μονής είναι αυτά που προκύπτουν από την διαδικασία του Β' Καθαρισμού και από την Τελική Υλοτομία. Το ποσοστό αυτό δεν αφορά τα καυσόξυλα καστανιάς τα οποία μέχρι τώρα δεν απαιτούσαν ιδιαίτερες συνθήκες αποθήκευσης και χειρισμού ώστε να επιτευχθεί η άριστη φυσική η τεχνητή ξήρανση τους πριν την τελική χρήση. Όμως έχοντας υπόψη την καλή απόδοση του ξηρού υλικού καύσης θα πρέπει να επικεντρώσουμε την προσοχή μας σε ανάλογους αποθηκευτικούς χώρους.

Με αντικειμενικά κριτήρια η τιμή διαμορφώνεται σε 9,67 €/m<sup>3</sup>.

#### Δ. Προσήμανση.

Η εργασία της προσήμανσης περιλαμβάνει την διαδικασία εκλογής των δέντρων που θα υλοτομηθούν. Η προσήμανση σε παραγωγικά είδη όπως η καστανιά είναι πολύ σημαντική και για αυτό χρειάζεται εξειδικευμένο προσωπικό. Λαμβάνει χώρα στον Β Καθαρισμό, στο στάδιο δηλαδή που θα εκλεγούν τα άτομα του μέλλοντος για την τελική υλοτομία από τα οποία θα προκύψει η τεχνική ξυλεία.

Ο χρόνος που δαπανά ένα άτομο στην εργασία της προσήμανσης αναλογεί με τον χρόνο ενός δασολόγου 10ετούς – 20ετούς εμπειρίας για εργασία υπαίθρου. Η αμοιβή αν ημέρα δασολόγου αναλόγων προσόντων θα ήταν 250,00€. Στην

περίπτωσή μας δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο απλώς αναφαίρετε για γνωσιολογικούς λόγους.

Η απόδοση δε ενός Δασολόγου ή Δασοπόνου προσημαντή ανέρχεται σε 10 στρέμματα ανά ημέρα εργασίας. Με βάση τα παραπάνω το κόστος προσημάνσης αναλύεται σε 25,00€ ανά στρέμμα καστανιάς που βρίσκεται στο στάδιο του Β' Καθαρισμού.

#### *Ε. Επίβλεψη υλοτομικών εργασιών.*

Ο επιβλέπων των υλοτομικών εργασιών, σαν κόστος δαπάνης, αντιστοιχεί στην εργασία ενός ειδικευμένου Επιστάτη. Η απόδοση του επιβλέποντα αντιστοιχεί σε 5 στρέμματα ανά ημέρα εργασίας για κάθε στάδιο καλλιέργειας καστανιάς. Το ημερομίσθιο του Επιστάτη ανέρχεται σε 100€ ανά ημέρα και άρα το κόστος γίνεται 20,00€ ανά στρέμμα καστανιάς σε οποιοδήποτε στάδιο καλλιέργειας.

#### *Υποσημείωση.*

Δεν θα επεκταθούμε περισσότερο, διότι έγινε ήδη γνωστό, πως η παραγωγή καυσόξυλου, κι αν ακόμη υπάρχει άφθονο στην γύρω περιοχή δεν παύει να έχει ένα αυξημένο κόστος, από την απόληψή του μέσα από το δασικό σύμπλεγμα, έως την τελική του χρήση ως καύσιμη βιομάζα. Το κόστος αυτό αυξάνει όταν θα χρειαστεί να το αποθηκεύσουμε για ξήρανση και διατήρηση μειωμένης υγρασίας, ώστε να μας αποδώσει το μέγιστο της θερμοαντικής του ενέργειας. Αν προχωρήσουμε στην επεξεργασία του καυσίμου προσθέτοντας εξοπλισμό και στεγασμένους χώρους τότε καταλαβαίνουμε πως τα πάγια έξοδα εκτοξεύουν στα ύψη το κόστος χρήσης της βιομάζας. Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε αυτό που ειπώθηκε στην μακροοικονομία, πως μια αυξημένη ζήτηση στον χώρο της χρήσιμης (εμπορικής) ξυλείας μπορεί να δημιουργήσει αυξημένο ποσό ύλης καύσιμης βιομάζας, ώστε το συνολικό κόστος να παραμένει σε χαμηλά επίπεδα. Σε αντίθετη περίπτωση το κόστος παραμένει υψηλό και μόνο παρεμβολή ιδίας χειρονακτικής εργασίας- παραδοσιακή μέθοδος- μπορεί να μειώσει το κόστος.

Γίνεται σαφές, πως μόνο το κόστος γενικών δαπανών για την διαχείριση παραγωγής του καυσόξυλου – χωρίς να συμπεριληφθούν κατασκευαστικά έξοδα οικημάτων, αγορές μηχανημάτων και πάγια κεφάλαια αποσβέσεων κτλ - ανέρχεται στα 19,09 €/ τόνο. Εάν προσθέσουμε τα έξοδα υλοτομίας, μετατόπισης-στοίβαξης, μεταφοράς με γερανοφόρο όχημα έχουμε μια αύξηση του μεγέθους των 12,68 €/ τόνο.

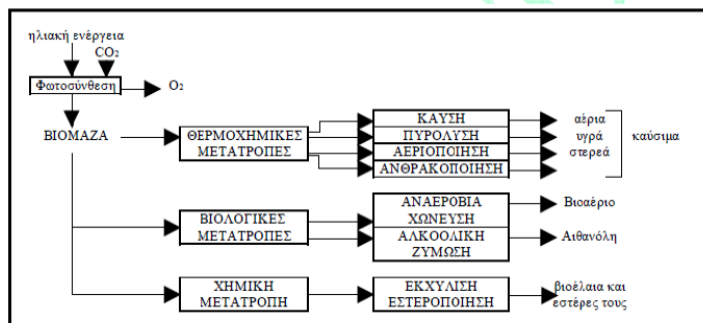
Στην περίπτωση μας χρησιμοποιούμε για θέρμανση του μισού Μοναστηριού περίπου 230.00 τόνους. Αν εντάξουμε το άλλο μισό χρειαζόμαστε άλλους 230.00 τόνους. Το κόστος αγοράς πρώτης ύλης χωρίς επιπλέον αποθηκευτικούς χώρους και εισαγωγή νέας τεχνολογίας, μόνο για τις γενικές δαπάνες που προαναφέραμε φτάνουν στα 8.953,21 €/έτος, ενώ για το σύνολο περίπου των δαπανών το κόστος θέρμανσης ενός έτους αγγίζει τα 14.586,6 €/ έτος. Κάνοντας την παραδοχή πως η θέρμανση θα γίνεται εξ ολοκλήρου με καυσόξυλα και με έναν λέβητα αυξημένης απόδοσης αφού θα εμπεριέχει καινούρια τεχνολογία. Το μειονέκτημα - όσο μπορεί να θεωρηθεί αυτό ως μειονέκτημα - θα είναι η χειρονακτική τροφοδοσία με καύσιμη ύλη. Η αυξημένη απόδοση που θα έχει το

σύστημα θέρμανσης και η διατήρηση της υγρασίας του καυσόξυλου σε μειωμένα επίπεδα θα μειώσουν την ποσότητα της καύσιμης ύλης. Θα εξεταστούν ποιο κάτω οι τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί ώστε να γίνει η αξιοποίηση της βιομάζας σε αυξημένα επίπεδα απόδοσης.

## 5.Τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας.

Την τελευταία δεκαετία, οι τεχνολογικές κατευθύνσεις στον τομέα της βιομάζας, έχουν επικεντρωθεί τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο, στην ενεργειακή αξιοποίηση κυρίως των φυτικών υπολειμμάτων(π.χ. θρυμματισμένο ξύλο) με την ανάπτυξη νέων και βελτιωμένων τεχνολογιών ενεργειακής μετατροπής με υψηλούς βαθμούς απόδοσης. Οι τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας που έχουν αναπτυχθεί, αφορούν σε τυποποιημένα στερεά, υγρά ή αέρια βιοκαύσιμα με σταθερές ιδιότητες και αυξημένη θερμογόνο δύναμη ανά μονάδα όγκου σε σχέση με το αρχικό υλικό, με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη διευκόλυνση χειρισμών όπως η μεταφορά και η αποθήκευση.

Οι μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας είναι διάφορες (Εικόνα 11). Διακρίνονται σε θερμοχημικές (ξηρές) ή σε βιοχημικές (υγρές). Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής προσδιορίζεται από τους εξής παράγοντες, τη σχέση C/N και την περιεχόμενη υγρασία των υπολειμμάτων, την ώρα της συλλογής.



**Εικόνα 11:** Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα με διάφορες διεργασίες.

**Θερμοχημικές διεργασίες:** περιλαμβάνουν αντιδράσεις, που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, για διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης. Οι διεργασίες αυτές χρησιμοποιούνται για τα είδη της βιομάζας με σχέση C/N<30 και υγρασία < 50%. Στις διεργασίες αυτές περιλαμβάνονται:

- Η απευθείας καύση.
- Η πυρόλυση.
- Η αεριοποίηση.

Από τις διεργασίες αυτές, οι πλέον γνωστές και χρησιμοποιούμενες είναι η καύση (για παραγωγή θερμότητας, ηλεκτρισμού ή συμπαραγωγή και των δύο), η πυρόλυση και η αεριοποίηση.

●●**Βιοχημικές διεργασίες:** ονομάζονται έτσι, επειδή είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης, χρησιμοποιούνται για προϊόντα και υπολείμματα, όπως



λαχανικών κοπριάς, όπου η σχέση  $C/N < 30$  και υγρασία  $> 50\%$ . Οι βιοχημικές διεργασίες διακρίνονται στις:

••Αερόβια ζύμωση

••Αναερόβια ζύμωση

••Χημική επεξεργασία: η οποία περιλαμβάνει την:

••Εκχύλιση ελαίων και εστεροποίηση των τριγλυκεριδίων (π.χ. παραγωγή βιολογικού καυσίμου).

### 5.1.Θερμοχημικές διεργασίες άμεση καύση βιομάζας.

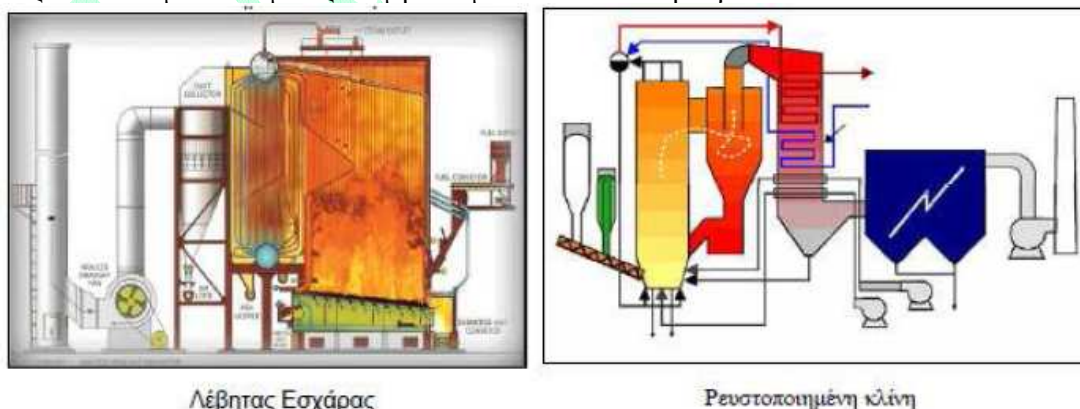
Η άμεση καύση είναι η κύρια διεργασία για την εκμετάλλευση της βιομάζας. Οι θερμοκρασίες που επιτυγχάνεται η καύση της βιομάζας κυμαίνονται στους  $1000-1500^{\circ}\text{C}$  ενώ η ανάφλεξη της βιομάζας απαιτεί θερμοκρασίες τουλάχιστον  $550^{\circ}\text{C}$ . Η ενέργεια που απελευθερώνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση ή ηλεκτρισμό, για μαγείρεμα, για θέρμανση χώρων και στην βιομηχανία. Εφαρμογές μικρής κλίμακας, όπως μαγείρεμα και θέρμανση χώρων, είναι συνήθως μικρής απόδοσης με απώλειες στην μεταφορά θερμότητας της τάξης του  $30-90\%$  από την αρχική ενέργεια. Μικρές βελτιώσεις μπορεί να έχουμε με την χρήση αποδοτικών συσκευών, καλά μονωμένων.

Οι πιο σημαντικές τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας με απ' ευθείας καύση, είναι αυτή τη στιγμή οι εξής (Εικόνα 12):

- ✓ Καύση σε εσχάρα.
- ✓ Καύση σε ρευστοποιημένη κλίνη.

Η βιομάζα μπορεί να καεί σε μικρής κλίμακας μοντέρνους λέβητες ατμού για σκοπούς θέρμανσης ή σε μεγαλύτερους λέβητες για τη παραγωγή ηλεκτρισμού ή συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας (CHP). Στα συστήματα καύσης βιομάζας που είναι σε εμπορική χρήση σε όλο τον κόσμο, χρησιμοποιούνται ανόμοιες / ποικιλόμορφες τεχνολογίες.

Αποκλειστικής καύσης βιομάζας εργοστάσια μπορούν να καίνε ένα μεγάλο εύρος καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων και αποβλήτων.



Εικόνα 12: Απεικόνιση των διαδικασιών καύσης βιομάζας.

Όπως σε κάθε διαδικασία και επιλογή του βέλτιστου τύπου καυσίμου, σημαντικό ρόλο παίζει και το κόστος. Στον πίνακα 41 παρατίθεται ο βαθμός απόδοσης των σημαντικότερων τύπων στερεάς βιομάζας, καθώς επίσης και το κόστος αυτών για σύγκριση και επιλογή.

Ο κυριότερος παράγοντας καύσης της βιομάζας είναι για την παραγωγή θερμότητας. Αυτή η διαδικασία αποτελεί την παλαιότερη χρήση της βιομάζας και τα στάδια της σε μια νεότερη μορφή φαίνονται στην εικόνα 13.

Πίνακας 41. Κόστος θέρμανσης με διάφορους τύπους στερεάς βιομάζας σε σχέση με το Πετρέλαιο.

| Είδος καυσίμου | Κόστος καυσίμου       | Βαθμός απόδοσης | Κόστος οφέλιμης ενέργειας |
|----------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| πετρέλαιο      | 0,14 €/lt-0,12 €/Kwh  | 85%             | 0,14 €/Kwh                |
| καυσόξυλο      | 0,12 €/Kg-0,026 €/Kwh | 70%             | 0,037 €/Kwh               |
| πελλετ         | 0,35 €/Kg-0,067 €/Kwh | 80%             | 0,084 €/Kwh               |

Η θερμική ενέργεια που αποδίδει η βιομάζα κατά τη καύση της εξαρτάται από τη θερμογόνο δύναμή της που είναι συνάρτηση της περιεκτικότητας της σε άνθρακα. Ο υπολογισμός της ανώτερης θερμογόνου δύναμης της βιομάζας συναρτήσει της συγκέντρωσης της σε άνθρακα δίδεται από τη σχέση:

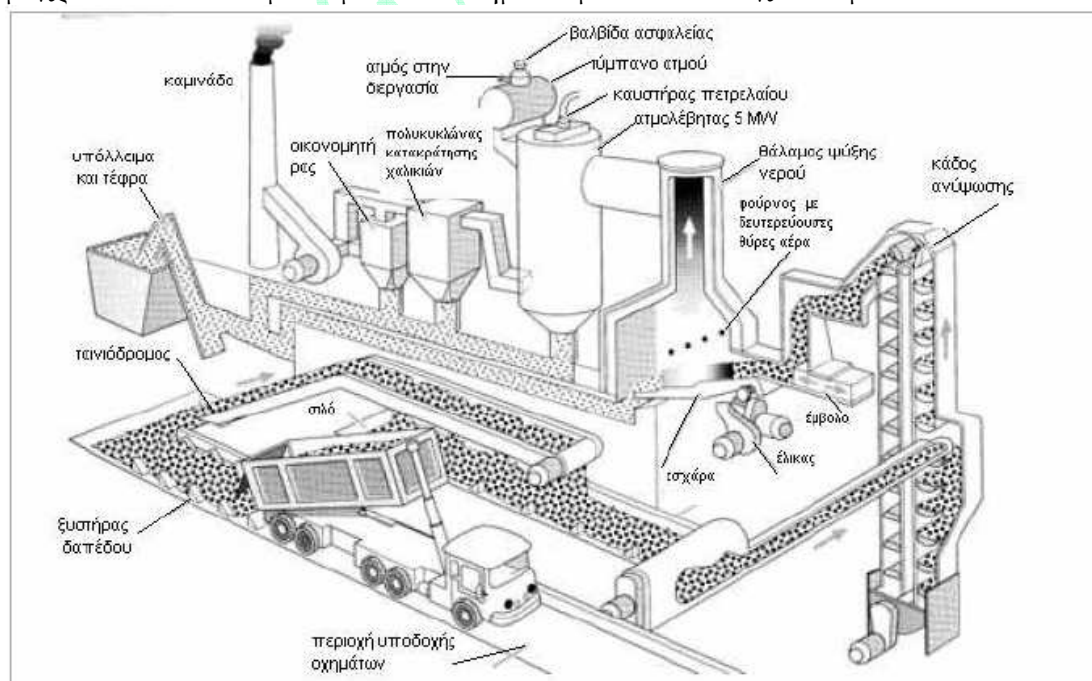
Ανώτερη

$$\text{θερμογόνος δύναμη} \left( \frac{MJ}{Kg \text{ ξηρού βάρους}} \right) = 0,4571 (\%C \text{ σε ξηρή βάση}) - 2,70$$

Ο βαθμός απόδοσης του συστήματος καύσης ορίζεται σαν:

$$\text{Βαθμός απόδοσης} = \frac{\text{Ωφέλιμη Θερμική Ενέργεια}}{\text{Ενέργεια της βιομάζας που καίγεται}}$$

Ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 65% σε φούρνους με ελλiptή σχεδιασμό μέχρι 99% σε καλά μονωμένα συστήματα με σύνθετο σχεδιασμό.



Εικόνα 13: Σταθμός μεγάλης κλίμακας για παραγωγή θερμότητας από υπολείμματα ξύλου.

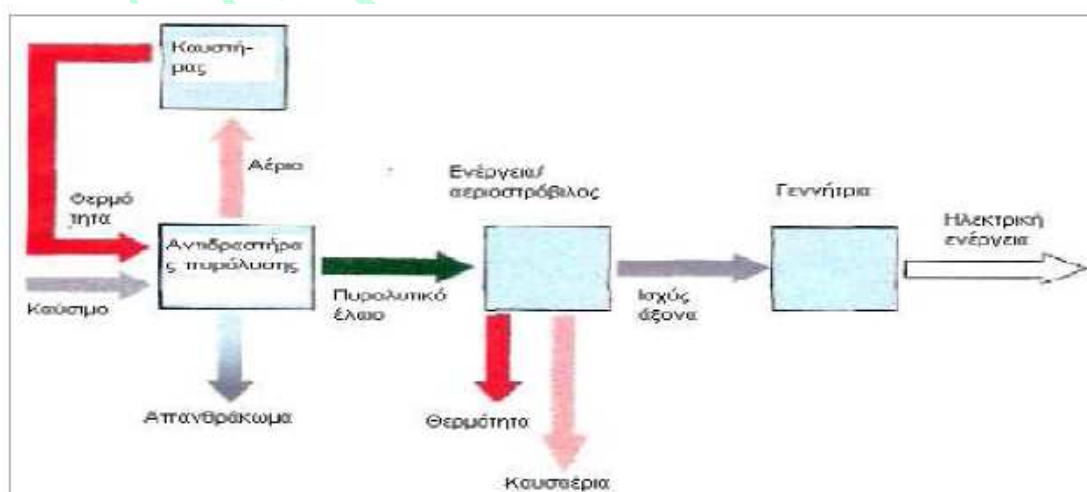
## 5.2.Πυρόλυση βιομάζας.

Ως πυρόλυση αναφέρεται η θερμική αποικοδόμηση των ανθρακούχων ενώσεων σε θερμοκρασίες μεταξύ 400-8000C, είτε με πλήρη απουσία οξυγόνου, είτε με μερική παρουσία του, τόση ώστε η αεριοποίηση να μην είναι σημαντική. Η θερμότητα, που απαιτείται για την πυρόλυση, μπορεί να προμηθευθεί με άμεσο (μέσω θερμών στερεών ή αερίων) ή έμμεσο (με εξωτερική καύση του παραγόμενου πυρολυτικού αερίου και θέρμανση μέσω επιφανειών) τρόπο.

Η πυρόλυση δηλαδή εννοείται συνήθως ως άνυδρη (χωρίς νερό). Το φαινόμενο εμφανίζεται όποτε ένα στερεό οργανικό υλικό θερμαίνεται κατάλληλα, π.χ. τηγανίζεται, ψήνεται κλπ. (Παρ' όλο ότι αυτές οι διαδικασίες πραγματοποιούνται σε ανοικτή ατμόσφαιρα, τα εξωτερικά στρώματα του υλικού κρατούν το εσωτερικό μακριά από το οξυγόνο.) Το φαινόμενο επίσης συμβαίνει κατά την καύση συμπαγούς στέρεου καύσιμου όπως το ξύλο. Οι φλόγες ενός ξύλου που καίγεται προκαλούνται από την καύση των αερίων που απελευθερώνονται από την πυρόλυση, όχι από την καύση του ίδιου του ξύλου. Μια αρχαία βιομηχανική χρήση της άνυδρης πυρόλυσης είναι η παραγωγή ξυλοκάρβουνου μέσω της πυρόλυσης του ξύλου. Οι λέβητες πυρόλυσης μπορούν να κάνουν οικονομία στο ξύλο έως 30%. Με ειδικές τεχνικές που εφαρμόζονται σήμερα μπορεί να φτάσει έως και 50 %.

Η πυρόλυση του ξύλου ( εσώθερμη αντίδραση) γίνεται σε κλειστά δοχεία και σε θερμοκρασία 500-600 0c. Διακρίνεται σε τρία στάδια. Το ξύλο στο πρώτο στάδιο σε λέβητα πυρόλυσης θερμαίνεται για να γίνει η αφύγγραυσή του και δεύτερο η πλαστικοποίησή του , τελικό στάδιο είναι η αεριοποίησή του.

Γενικά η διεργασία είναι πολύ αργή και με μικρό βαθμό απόδοσης. Νέες τεχνικές, βιομηχανικής κλίμακας επιτρέπουν στην αύξηση της παραγωγής και την εκμετάλλευση υγρού προϊόντος. Υπάρχει μια επιφύλαξη αν μπορεί να τροφοδοτηθεί αυτόματα ένας λέβητας πυρόλυσης, χωρίς να εισρεύσει αέρας στον χώρο καύσης και στο ότι ένα ξύλο δεν παράγει μόνο κάρβουνο αλλά και άλλες ουσίες όπως εστέρες, πίσσα κλπ, με τις οποίες τι μπορεί να γίνει όταν δεν λειτουργήσει σωστά. Βασικά για μικρές συσκευές έχει αναπτυχθεί πολύ μεγαλύτερη τεχνολογία που η απόδοση αυτών μπορεί να φτάσει μέχρι και το 91,3%.



Εικόνα 14: Γενική αρχή λειτουργίας της πυρόλυσης.

Τα προϊόντα της πυρόλυσης μπορεί να είναι αέρια (πυρολυτικά αέρια), υγρά (πυρολυτικά υγρά) ή στερεά (ξυλάνθρακας), οι δε σχετικές αναλογίες κάθε προϊόντος εξαρτώνται από τη μέθοδο της πυρόλυσης και τις παραμέτρους αντίδρασης (θερμοκρασία, χρόνο παραμονής αερίων και ταχύτητα ψύξης τους).

Πίνακας 42. Προϊόντα πυρόλυσης.

| Κύρια προϊόντα       | Τύπος                                                            | Συστατικά                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Υγρά</b>          | <b>Βιοέλαια</b><br>Αιώρημα τέφρας-λαδιού<br>Αιώρημα τέφρας-νερού | <b>Μη υδατοδιαλυτά οξυγονωμένα</b><br>Εξανθράκωμα & λάδι<br>Εξανθράκωμα & νερό                                                                                                                  |
| <b>Στερεά</b>        | Εξανθράκωμα                                                      |                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Αέρια καύσιμα</b> | LHV<br>MHV                                                       | CO, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> , (μερικής αεριοποίησης)<br>CO, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> ( άμεσης θέρμανσης) |

Πηγή: (Bridgwater, 1989) και (Maniatis & Buekens, 1987).

Η θερμαντική αξία του αερίου που παράγεται κατά την πυρόλυση της βιομάζας κυμαίνεται στα 1780-2500 Kcal/kg και η ογκομετρική του σύνθεση είναι η εξής:

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| CO                            | 15%  |
| CO <sub>2</sub>               | 28%  |
| H <sub>2</sub>                | 6,5% |
| CH <sub>4</sub>               | 3,5% |
| C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> | 2%   |
| N <sub>2</sub>                | 45%  |

Στη συνέχεια αναλύονται λίγο περισσότερο οι μέθοδοι της πυρόλυσης και τα τυπικά χαρακτηριστικά των παραλλαγών της πυρόλυσης βιομάζας (Πίνακας 43). Η **βραδεία πυρόλυση** ή ανθρακοποίηση απαιτεί μικρές ταχύτητες αντίδρασης σε χαμηλές θερμοκρασίες και αποσκοπεί στη μεγιστοποίηση των στερεών προϊόντων (ξυλάνθρακα). Τα υγρά και αέρια προϊόντα θεωρούνται υποπροϊόντα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φορείς θερμότητας κατά τη διεργασία, για παραγωγή χημικών ή να θεωρηθούν ως απόβλητα, καταστρεφόμενα με θερμική αποτέφρωση.

Η **συμβατική πυρόλυση** δίδει περίπου ίση ποσότητα στερεών, υγρών και αερίων προϊόντων. Είναι μια λιγότερο δημοφιλής τεχνολογία, λόγω της δυσκολίας χειρισμού και της ανάγκης εισαγωγής στην αγορά τριών προϊόντων, της χαμηλής απόδοσης σε αέρια και των προβλημάτων, που σχετίζονται με τη μεταφορά θερμότητας στον αντιδραστήρα.

Πολύ υψηλές ταχύτητες μεταφοράς θερμότητας σε χαμηλές θερμοκρασίες και ταχεία, άμεση ψύξη προϊόντων, επιτρέπουν τη συμπύκνωση των ενδιάμεσων προϊόντων της πυρόλυσης, πριν τη διάσπαση τους σε χαμηλού μοριακού βάρους, μη-συμπυκνούμενα αέρια. Η διεργασία αυτή, γνωστή και ως **ακαριαία** πυρόλυση ελαχιστοποιεί την παραγωγή ξυλάνθρακα. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες, τα κύρια προϊόντα είναι αέρια.



Συμπερασματικά μπορεί να λεχθεί ότι η πυρόλυση βιομάζας και ειδικότερα η ακαριαία πυρόλυση, είναι η περισσότερο υποσχόμενη, λόγω υψηλών αποδόσεων ενός προϊόντος υψηλής αξίας, αλλά και η λιγότερο μελετημένη θερμοχημική διεργασία, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα σε βιομηχανική κλίμακα.

Πίνακας 43. Τυπικά χαρακτηριστικά των διαφόρων παραλλαγών πυρόλυσης βιομάζας.

| Παραλλαγή πυρόλυσης | Χρόνος παραμονής αερίων | Ταχύτητα μεταφοράς θερμότητας | Περιβάλλον αντίδρασης                    | Πίεση (bar) | Θερμοκρασία (°C) | Κύριο προϊόν                              |
|---------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|-------------|------------------|-------------------------------------------|
| Ανθρακοποίηση       | Ωρες-μέρες              | Πολύ μικρή                    | Προϊόντα καύσης                          | 1           | 400              | Στερεά                                    |
| Συμβατική           | 10sec-10min             | Μικρή-μεσαία                  | Πρωτοταγή και δευτεροταγή προϊόντα       | 1           | <600             | Στερεά, υγρά και αέρια                    |
| Αστραπιαία (υγρά)   | <1sec                   | Υψηλή                         | Πρωτοταγή προϊόντα                       | 1           | <600             | Υγρά                                      |
| Αστραπιαία (αέρια)  | <1sec                   | Υψηλή                         | Πρωτοταγή προϊόντα                       | 1           | >700             | Αέρια                                     |
| Υδροπυρόλυση        | <10sec                  | Υψηλή                         | H <sub>2</sub> και πρωτοταγή προϊόντα    | 20          | <500             | Υγρά                                      |
| Μεθανοπυρόλυση      | 0.5-1.5sec              | Υψηλή                         | CH <sub>4</sub> και δευτεροταγή προϊόντα | 3           | 1050             | Βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλόλιο και ολεφίνες |

### 5.3.Αεριοποίηση βιομάζας.

Η αεριοποίηση είναι μία διεργασία μερικής οξείδωσης, κατά την οποία, μία στερεά, αέρια ή υγρή πρώτη ύλη αντιδρά με οξυγόνο ή και ατμό και μετατρέπεται σε αέριο σύνθεσης, το οποίο αποτελείται κυρίως από υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα (Εικόνα 15).

Το εργοστάσιο αεριοποίησης αποτελείται από τα εξής τμήματα

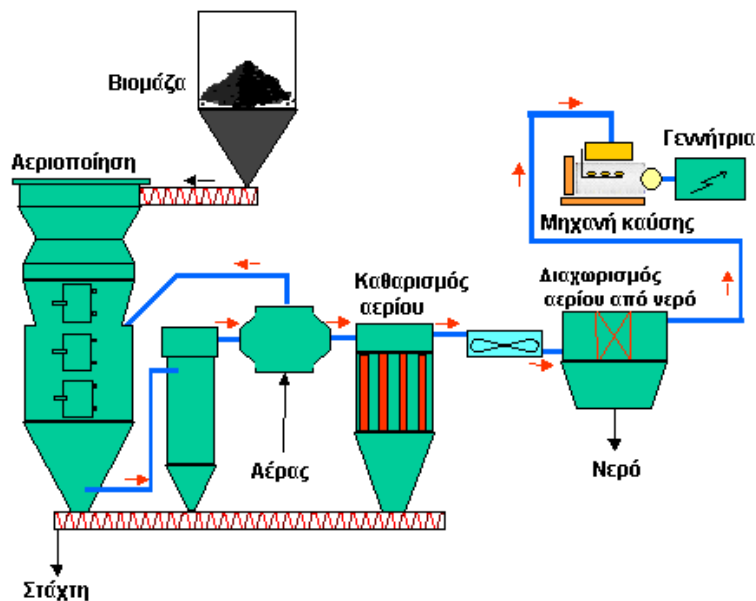
● Ένα διπλό αεριοποιητή βιομάζας με ατμό.

● Ένα σύστημα καθαρισμού των παραγόμενων αερίων.

● Σύστημα καύσης του παραγόμενου αερίου σε κατάλληλη μηχανή για τη συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης είναι

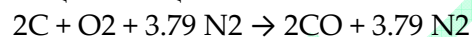
81,3% , η απόδοση σε ηλεκτρική ενέργεια 25% , ενώ σε θερμότητα 56,3%.

● Ένα σύστημα αξιοποίησης της παραγόμενης θερμότητας.



Εικόνα 15: Στάδια διαδικασίας αεριοποίησης βιομάζας.

Η βασική χημική αντίδραση κατά την αεριοποίηση της βιομάζας, η οποία γίνεται σε περισσότερα του ενός στάδια, είναι :



Η αεριοποίηση είναι μια μορφή πυρόλυσης, απαιτεί μεγαλύτερη παροχή αέρα και υψηλότερες θερμοκρασίες για την βελτίωση της παραγωγής του βιοαερίου. Αυτό αποτελείται από μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και μεθάνιο, μαζί με άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα με ποσοστά που είναι:

Ανάλογα με το είδος του αεριοποιητή και των συνθηκών αντίδρασης, είναι δυνατόν να παραχθούν αέρια καύσιμα χαμηλής, μέσης ή υψηλής θερμογόνου δύναμης. Αν η χρήση του παραγόμενου αερίου καυσίμου είναι άμεση και επιτόπια, τότε η παραγωγή αερίου χαμηλής θερμογόνου δύναμης (4-7 MJ/Nm<sup>3</sup>) είναι η πιο ενδιαφέρουσα λύση, λόγω της σχετικής απλότητας της διεργασίας. Αν το παραγόμενο αέριο πρόκειται να μεταφερθεί σε μεγάλη απόσταση ή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σαν πρώτη ύλη, για την σύνθεση χημικών

|                 |      |                                     |
|-----------------|------|-------------------------------------|
| CO <sub>2</sub> | 3%   | C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> <0,1% |
| O <sub>2</sub>  | 0.9% | CO 28,7%                            |
| H <sub>2</sub>  | 3,8% | CH <sub>4</sub> 0,2%                |
| N <sub>2</sub>  | 63%  |                                     |

(αμμωνία, μεθανόλη κλπ.), τότε απαιτείται αέριο με μέση θερμογόνου δύναμη (15-25MJ/Nm<sup>3</sup>). Τέλος είναι δυνατόν να παραχθεί αέριο υψηλής θερμογόνου δύναμης (30-40MJ/Nm<sup>3</sup>), για αντικατάσταση του φυσικού αερίου.

Η τεχνολογία, για παραγωγή αερίου υψηλής θερμογόνου δύναμης, έχει αναπτυχθεί πολύ πρόσφατα, έτσι η διεργασία αυτή είναι οικονομικά αποδεκτή, μόνο σε περιοχές, όπου η χρήση του φυσικού αερίου είναι επιθυμητή, αλλά σπανίζει, ενώ η διανομή του είναι δύσκολη και πολύ δαπανηρή.

Το παραγόμενο αυτό αέριο υφίσταται καθαρισμό όπου απομακρύνονται η πίσσα και τα διάφορα σωματίδια. Το καύσιμο λοιπόν αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απευθείας παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού με άμεση καύση και ύστερα με οδήγηση του καυσαερίου σε στροβίλους ή καύση απευθείας σε λέβητες μετά από κατάλληλο καθαρισμό.

Εναλλακτικά, το παράγωγο αέριο μπορεί να αναμορφωθεί για να παράγει καύσιμα όπως μεθανόλη και υδρογόνο τα οποία έπειτα να χρησιμοποιηθούν σε κυψέλες καυσίμου ή μικροστροβίλους για παράδειγμα.

Επειδή η αεριοποίηση της βιομάζας είναι η πλέον σύγχρονη μέθοδος παραγωγής ενέργειας από βιομάζα, έχουν σχεδιαστεί σταθμοί ισχύος μέχρι 50 MWe. Οι σταθμοί αυτοί έχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης, μέχρι 50%, καθώς χρησιμοποιούν συνδυασμένο κύκλο αεριοστροβίλων. Πρόβλημα εξακολουθεί να αποτελεί ο καθαρισμός του αερίου ώστε να μην υπάρχει περιβαλλοντικό πρόβλημα. Επειδή όμως τα δασικά υπολείμματα, η βιομάζα γενικώς, δεν περιέχει θείο, η αεριοποίηση αποφεύγει τα προβλήματα αέριας ρύπανσης, που παρουσιάζει η διεργασία της καύσης. Έτσι η αεριοποίηση όχι μόνο μετατρέπει τα άχρηστα απόβλητα και τα υπολείμματα σε χρήσιμα προϊόντα, αλλά και εξαφανίζει ή ελαττώνει σημαντικότερα την επεξεργασία και το κόστος απόθεσης τους.

Το ποια θα είναι η εφαρμόσιμη τεχνολογία στην περίπτωσή μας θα πρέπει να μας την δώσει κάποιος έμπειρος μελετητής και συνάμα κατασκευαστής, ώστε να έχει μελλοντική χρήση στον ύψιστο βαθμό απόδοσης και με το λιγότερο δυνατό ενεργειακό κόστος ( κατασκευές, μηχανήματα, αυτοματισμοί). Διατυπώνεται πως μια αυξημένη ενεργειακή δαπάνη, όπως είναι οι κατασκευές (πχ αποθηκευτικοί χώροι), τα μηχανήματα και οι αυτοματισμοί αυξάνουν το κόστος της θερμαντικής ενέργειας και ίσως να μην είναι αποσβεστικό σε μικρό χρονικό διάστημα όπως θέλουμε να πιστεύουμε. Παρακάτω θα δοθούν μερικά παραδείγματα για να διασαφηνιστούν τα προλεγόμενα.

## 6. Τεχνοοικονομική μελέτη. Προτάσεις – παραδοχές.

### 6.1.Παραδοχή πρώτη.

*Μόνο κατασκευή αποθήκης.*

Κατασκευή μόνο αποθήκης φυσικής ξήρανσης του καυσόξυλου με την προϋπόθεση ότι θα υπάρχει πάντοτε απόθεμα τριάντα και πλέον τόνων από προηγούμενη διαχειριστική χρονιά ώστε το ποσοστό υγρασίας κατά το έτος χρήσης να μην ξεπερνά το 20-25%.

Το κόστος σε περίπτωση που ακολουθηθεί η κατασκευή κτιρίου από μεταλλικό σκελετό, βάση από σκυρόδεμα, συμπεριλαμβανομένης της τοιχοποιίας με την επένδυσή της και όλο τον ηλεκτρουδραυλικό εξοπλισμό, ανέρχεται στα 280 €/μ<sup>2</sup>.

Τώρα, στην περίπτωση που η κατασκευή του κτιρίου γίνει από δομικά υλικά όπως προαναφέραμε, η τιμή ανέρχεται στα 820€/μ<sup>2</sup>. Σημειώνουμε εδώ πως η κοστολόγηση έγινε χωρίς να ληφθεί υπ όψιν η υπερτιμολόγηση των υλικών λόγω Αγίου όρους.

Οπότε για ευνόητους λόγους, κυρίως οικονομικούς επιλέγουμε η κατασκευή του κτιρίου να γίνει με μεταλλικά υλικά.

Χρειαζόμαστε λοιπόν μια αποθήκη για την αποθήκευση τριάντα φορτηγών, για χρήση της επόμενης χρονιάς και άλλων τριάντα φορτηγών για την χρήση της

μεθεπόμενης χρονιάς. Μια αποθήκη της τάξεως των 930,00 μ<sup>3</sup> μόνο για τα καυσόξυλα. Εάν τα καυσόξυλα στοιβάζονται στα τρία μέτρα ύψος με γερανοφόρο όχημα τότε χρειαζόμαστε επιφάνεια 310,00 μ<sup>2</sup>. Αν παραδεχτούμε πως δεν χρειάζονται άλλες επιφάνειες αερισμού – μετακίνησης, τότε το κόστος ανέρχεται σε ( 310,00\*280= 86.800,00 €).

Φυσικά υποθέτουμε πως γερανοφόρο φορτηγό υπάρχει στο Μοναστήρι, και ο λέβητας φυσικό επακόλουθο θα είναι κάποια στιγμή να αγοραστεί και να καλύψει όλο το κτηριακό συγκρότημα.

## 6.2.Παραδοχή δεύτερη.

*Κατασκευή αποθήκης και θρυμματισμό καυσόξυλου.*

Στην περίπτωση αυτή θα χρειαστούμε μια μεγαλύτερη αποθήκη. Ο όγκος των καυσόξυλων είναι το 1/3 του θρυμματισμένου ξύλου. Αν παραδεχτούμε πως τα μισά καυσόξυλα δεν θα θρυμματιστούν αλλά πρώτα θα ξεραθούν και θα θρυμματιστούν την επόμενη χρονιά όπου και θα χρησιμοποιηθούν τότε έχουμε να υπολογίζουμε έναν όγκο 1860 μ<sup>3</sup>. Αν υποθέσουμε πως το ύψος αποθήκευσης δεν υπερβαίνει τα τρία μέτρα τότε η αποθήκη θα πρέπει να έχει ελάχιστη επιφάνεια 620 μ<sup>2</sup>. Το κόστος κατασκευής είναι ( 620,00\*280= 173.600,00 €).

Βλέπουμε πως το κόστος διπλασιάζεται, αλλά δεν είναι μόνο αυτό που πρέπει να προσέξουμε. Ο αποθηκευτικός χώρος δεν μπορεί να είναι κοντά στο μοναστήρι άρα θα πρέπει κοντά στο μοναστήρι να κατασκευαστεί άλλη αποθήκη ή σιλό για την τροφοδοσία του καυστήρα. Το προσπερνάμε επειδή το κόστος εύκολα βρίσκεται και συνεχίζουμε. Χρειαζόμαστε θρυμματιστή ο οποίος μπορεί να φτάσει στο ύψος των 125.000 €. Χρειαζόμαστε εκφορτωτικό που μπορεί να φτάσει στα 70.000 €. Δεν υπεισέρχομαι σε επιπλέον έξοδα αμοιβών χειριστή μηχανημάτων κτλ. Καλό είναι τα βάλουμε σε μια σειρά, και ας πούμε πως δεν έχουμε τίποτε από μηχανολογικό εξοπλισμό .

Τεμαχιστής: 125.000 €.

Φορτηγό με γερανό: 160.000 €

Εκφορτωτικό: 75.000 €

Κτιριακή εγκατάσταση: 800 τ.μ x € 280 / μ<sup>2</sup> =224.000 €.

Περίπου 500,00 έως 600,00 ευρώ μόνο για αρχή.

ΟΛΟ αυτό έχει ενέργεια που ήδη έχει καταναλωθεί για να μας παραδοθεί ως μηχανολογικός εξοπλισμός και εξοπλισμός καλύτερης αξιοποίησης της βιομάζας.

## 6.2.Παραδοχή τρίτη.

*Κατασκευή αποθήκης και θρυμματισμό καυσόξυλου και παραγωγή πελλετ.*

1.Τεμαχισμός, Shredding. Ενδεικτική τιμή: € 125.000

2.Διαχωριστής, Κόσκινο. € 65.000



3. Ξηραντήριο. Ενδεικτική τιμή: € 80.000
  4. Λεπτός Τεμαχισμός, Chipping. Ενδεικτική τιμή: € 136.000.
  5. Σιλό. Ενδεικτική τιμή: € 1.543
  6. Μηχανή Παραγωγής. Ενδεικτική τιμή: € 185.000
  7. Αφυγραντής, Cooling Section. Ενδεικτική τιμή: € 44.000.
  8. Κόσκινο. Ενδεικτική τιμή: € 23.000.
  9. Σιλό. Ενδεικτική τιμή: € 1.536.
  10. Ζυγιστική Μηχανή – Συσκευασία. Ενδεικτική τιμή: € 20.000.
- Φορητό με γερανό: 160.000 €  
Εκφορτωτικό: 75.000 €  
Κτιριακή εγκατάσταση: 800 τ.μ x € 280 / μ<sup>2</sup> = 224.000 €.  
Περονόφορο ( Κλάρκ) Ενδεικτική τιμή: € 22.000.  
Γεννήτρια ( H/Z) 160 kva Ενδεικτική τιμή: € 25.000.  
Συνολικό κόστος 997,079 €.

Μπορούμε να αφαιρέσουμε, τον γερανό, την αποθήκη, το κλάρκ, το εκφορτωτικό, εφ' όσον υπάρχουν στην Ιερά Μονή. Δεν παύουν όμως να αποτελούν μέρος του κόστους παραγωγής.

## 7.Ολοκληρώνοντας.

Σκέψεις, προτάσεις .

Το ξύλο αποτελεί την πιο παλιά μορφή βιομάζας που αξιοποιήθηκε ενεργειακά από τον άνθρωπο, κυρίως για παραγωγή θερμότητας. Η συνεισφορά της βιομάζας στο ενεργειακό ισοζύγιο των ευρωπαϊκών χωρών αποδεικνύει πως μπορεί, αν αξιοποιηθεί επαρκώς, να αντικαταστήσει σημαντικό κομμάτι των συμβατικών καυσίμων και να βοηθήσει στην ανάπτυξη των Α.Π.Ε. και την προστασία του περιβάλλοντος.

Η τάση που επικρατεί σχετικά με τα στερεά βιοκαύσιμα είναι θετική κυρίως για τα υπολείμματα αγροτικών βιομηχανιών, γιατί οι ποσότητες είναι ικανοποιητικές, η συγκέντρωση και επεξεργασία τους εύκολη, ενώ υπάρχει αρκετή εμπειρία και ανάπτυξη ανάλογων τεχνολογιών στην χώρα μας.

Η βιομάζα που προέρχεται από υπολείμματα δασών, βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου, ενεργειακές δασικές καλλιέργειες ή αστικά απόβλητα ξυλείας είναι ουσιαστικά η ξυλεία που χρησιμοποιείται για ενεργειακούς σκοπούς. Λαμβάνοντας υπόψη όμως το ότι η τεχνολογία αξιοποίησης του ξύλου βρίσκεται σε πολύ πρώιμο στάδιο, δεν επεξεργάζεται πριν την καύση του, ενώ η τυποποίηση των ιδιοτήτων του δεν υφίσταται.

Τα πράγματα όμως αρχίζουν και βελτιώνονται. Το παρόν θεσμικό πλαίσιο σχετικά με τις Α.Π.Ε. στηρίζει την ενεργειακή αξιοποίηση της ξυλείας για την παραγωγή ενέργειας και καθορίζει τον τρόπο που λειτουργεί η σχετική αγορά ενέργειας. Από την άλλη, θα πρέπει να δοθούν τα οικονομικά κίνητρα σε ιδιώτες, ώστε να μπορέσουν να εγκαταστήσουν τις νέες τεχνολογίες.

Η όλη διαδικασία από την πρώτη ιδέα μέχρι μία πλήρη εγκατάσταση βιοενέργειας καλύπτει πολλές διαφορετικές πτυχές. Είναι αλήθεια ότι η οικονομική αξιολόγηση του έργου θα πρέπει να γίνει και στην αρχή και στο τέλος της διαδικασίας. Τα σύγχρονα συστήματα θέρμανσης δουλεύουν παρόμοια με τα συμβατικά πετρελαίου ή αερίου. Εκτιμάται ότι στο μέλλον πολλά κτίρια θα θερμαίνονται με τον τρόπο αυτό.

**Ένα σύστημα θέρμανσης με βιομάζα απαιτεί περισσότερο χώρο για τον λέβητα και την αποθήκευση του καυσίμου, αλλά και πρόσβαση στην παραλαβή του καυσίμου.** Αν είναι πολύ λίγος διαθέσιμος χώρος δεν είναι πιθανά ένα καλό έργο για την επίδειξη της νέας τεχνολογίας. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό πλεονέκτημα το έργο να σχεδιαστεί ορθά όσο βρίσκεται στην αρχική φάση του σχεδιασμού.

Ενώ υπάρχουν διαθέσιμα βιοκαύσιμα σε όλη την Ευρώπη, ο εφοδιασμός τους συνήθως υστερεί σε οργάνωση. Τα βιοκαύσιμα είναι διαθέσιμα από τις τοπικές βιοτεχνίες και βιομηχανίες επεξεργασίας ξύλου, από όπου παράγονται υπολείμματα επεξεργασίας, και από την πρωτογενή γεωργική και δασική παραγωγή. Η παραγωγή συσσωματωμάτων ξύλου, έχουν υψηλή πυκνότητα και ενεργειακό περιεχόμενο και μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις, αλλά έχουν ένα μεγάλο κόστος εγκατάστασης τεχνολογίας για την παραγωγή τους. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να εξασφαλιστεί ο μακροχρόνιος εφοδιασμός με σταθερή και καλή ποιότητα βιοκαυσίμων πριν την εγκατάσταση ενός συστήματος θέρμανσης.

Τα συσσωματώματα είναι τυποποιημένο κυλινδρικό βιολογικό καύσιμο που παρασκευάζεται με τη συμπίεση ξύλων, προιονιδίων και κλαδιών από καθαρά υπολείμματα ξύλου βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου. Είναι ουσιώδες τα συσσωματώματα να μην περιέχουν άλλα συστατικά ή προσμίξεις που αυξάνουν σημαντικά το ποσό της στάχτης και συνεπώς δημιουργούν λειτουργικά προβλήματα στο λέβητα. Επιπλέον είναι σημαντικό τα συσσωματώματα να έχουν συγκεκριμένες μηχανικές ιδιότητες, ώστε να μη θρυμματίζονται εύκολα σε σκόνη, καθώς αυτή έχει διαφορετικές ιδιότητες κατά την καύση.

Η ποιότητα των θρυμμάτων βιομάζας εξαρτάται από την πρώτη ύλη και την τεχνολογία παραγωγής. Στην Ευρώπη συναντώνται τρεις κύριοι τύποι θρυμμάτων:

1. Θρύμματα από δασικά υπολείμματα όπως κλαδιά και κορυφές ή ολόκληρα δένδρα από αραίωμα. Αυτά τα θρύμματα είναι κατάλληλα για μεγάλους λέβητες σε συστήματα τηλεθέρμανσης.
2. Θρύμματα βιομάζας από τα προιονιστήρια. Έχουν καλύτερες ιδιότητες καύσης άλλα είναι πολύ υγρά για μικρούς λέβητες, εκτός αν τα υπολείμματα ξύλου έχουν αφεθεί για ξήρανση (π.χ. με αποθήκευση σε χώρο που αερίζεται με θερμό αέρα).
3. Θρύμματα Βιομάζας από αραίωμα χωρίς κλαδιά και φύλλα που αφήνονται να ξεραθούν πριν το θρυμματίσμο. Τα θρύμματα αυτά περιέχουν 30% υγρασία και είναι ομοιόμορφα σε ποιότητα και μέγεθος ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία θρυμματισμού. Τα θρύμματα είναι κατάλληλα για λέβητες σε μεγάλα κτίρια. Μεγάλα τεμάχια αθρυμματίστου ξύλου μπορεί να προκαλέσουν λειτουργικά προβλήματα και θα πρέπει να απομακρύνονται κατά την παραγωγή.

Η κύρια διαφορά στη λειτουργία ενός λέβητα ξύλου και ενός πετρελαίου είναι ότι οι στάχτες θα πρέπει να απομακρύνονται περιοδικά. Είναι συνεπώς σημαντικό να αποσαφηνιστεί από την αρχή ποιος θα έχει την ευθύνη της δουλειάς αυτής και της παρακολούθησης του αποθέματος καυσίμου. Αν χρησιμοποιείται λέβητας χωρίς αυτόματο σύστημα καθαρισμού του εναλλάκτη, απαιτείται φροντίδα για τον καθαρισμό του λέβητα από την ιπτάμενη τέφρα. Είναι σημαντικό να αποσαφηνιστούν οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου στην σωστή φάση του σχεδιασμού γιατί θα επηρεάσουν σημαντικά την οικονομικότητα της εγκατάστασης αλλά και την ορθή λειτουργία. Αν το σύστημα θέρμανσης με ξύλα αντικαταστήσει ένα συμβατικό σε υπάρχον κτίριο, η προηγούμενη ζήτηση σε καύσιμα είναι η καλύτερη βάση για τον υπολογισμό της μελλοντικής ζήτησης καυσίμου και απαιτήσεις σε ισχύ. Η απαιτούμενη ισχύς μπορεί να υπολογιστεί από τη θερμότητα που χρησιμοποιείται λαμβάνοντας έτοιμη και την απόδοση του λέβητα, τις ώρες πλήρους φορτίου για τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες και τη χρήση του κτιρίου. Αν το σύστημα εγκατασταθεί σε νέο κτίριο το θερμικό φορτίο και η ενεργειακή ζήτηση θα υπολογιστούν με βάση τα δεδομένα της μόνωσης και των επιφανειών, αλλά και τη ζήτηση σε ζεστό νερό πιο πολύ από τις προδιαγραφές του κτιρίου που γενικά χρησιμοποιούνται.

Ο πιο εύκολος τρόπος για να συγκριθούν τα οικονομικά των διαφορετικών συστημάτων θέρμανσης είναι με τη μέθοδο VDI 2067. Ένα υπολογιστικό φύλλο

για σύγκριση με τα κόστη των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την ιστοσελίδα [www.bioheat.info](http://www.bioheat.info).

Γενικά το **20-25%** του επενδυτικού κόστους, για ένα σύστημα θέρμανσης με βιοκαύσιμα σε υπάρχον κτίριο, αφορά τα συστήματα αποθήκευσης του καυσίμου και το σύστημα ανάκτησης καυσίμου. Το **50%** αφορά τον αυτοματοποιημένο λέβητα συμπεριλαμβανομένου ενός απλού συστήματος καθαρισμού καυσαερίων και των λοιπών εγκαταστάσεων που συνήθως υπάρχουν στο λεβητοστάσιο. Το υπόλοιπο κατανέμεται μεταξύ εργασίας στοίβασματος, εγκατάστασης, σχεδιασμού, διοίκησης, κλπ.

Το μέγεθος της αποθήκης καυσίμου εξαρτάται από την αναμενόμενη ζήτηση καυσίμου, του τύπου του, την αξιοπιστία στην τροφοδοσία, τον διαθέσιμο χώρο, το μέγεθος του οχήματος τροφοδοσίας κλπ. Για υπάρχοντα κτίρια πλέον οικονομικά αποδοτική λύση είναι να προσαρμοσθεί η παραλαβή καυσίμου στον υπάρχοντα χώρο αποθήκευσης, αντί να δημιουργηθεί νέος χώρος. Δύσκολα ο αποθηκευτικός χώρος γεμίζει περισσότερο από το 70% και είναι σημαντικό να μπορεί να γίνεται τροφοδοσία χωρίς να περιμένουμε να αδειάσει τελείως. Έτσι, όταν κατασκευάζεται ένα νέο κτίσμα το ελάχιστο μέγεθος του χώρου αποθήκευσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 50% μεγαλύτερος από ένα πλήρες φορτίο με βιοκαύσιμα ή για δύο εβδομάδες κατανάλωσης βιοκαυσίμου.

Μεγάλη πρόοδος έχει γίνει στους αυτόματους λέβητες ξύλου, με σκοπό την υψηλότερη απόδοση και τις μειωμένες εκπομπές σκόνης και CO. Έχουν επιτευχθεί βελτιώσεις ιδιαίτερα στο σχεδιασμό του χώρου καύσης, την τροφοδοσία αέρα στην καύση και το σύστημα αυτομάτου ελέγχου για τη διεργασία της καύσης. Λέβητες τελευταίας τεχνολογίας με αυτόματη έναυση έχουν αύξηση την απόδοση από 60-92% στην τελευταία δεκαετία, ενώ έχουν κατεβάσει τις εκπομπές CO. Η ετησία απόδοση - η σχέση της ενέργειας που λαμβάνεται στην πράξη προς το ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου φτάνει μία μέση τιμή 78% για εγκαταστάσεις θέρμανσης με βιοκαύσιμα σε μεγάλα κτίρια.

Έχει μεγάλη σημασία να επιλεγεί λέβητας τελευταίας τεχνολογίας κατάλληλος για υψηλές απαιτήσεις σε κτίριο για κατοικίες. Συμβατικοί λέβητες μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές εκπομπές, να έχουν μικρότερη απόδοση, να χρειάζονται σημαντικά περισσότερη συντήρηση και να μην έχουν την απαραίτητη λειτουργική αξιοπιστία.

Για την αντιμετώπιση των διακυμάνσεων φορτίου και αύξηση της ασφάλειας εφοδιασμού ο λέβητας βιοκαυσίμου συμπληρώνεται και από συμβατικό λέβητα πετρελαίου ή αερίου) που καλύπτει το φορτίο αιχμής και χρησιμεύει ως σύστημα υποστήριξης.

Ένας λέβητας βιοκαυσίμου έχει μεγαλύτερη αδράνεια στην παραγωγή θερμότητας από το λέβητα πετρελαίου ή αερίου. Αν συμβεί διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος, το καύσιμο στο λέβητα θα συνεχίσει να καίγεται και να παράγει θερμότητα που πρέπει να απομακρυνθεί. Μία επιλογή για να λυθεί το πρόβλημα είναι ένα δοχείο για την εκτόνωση του ατμού. Μία άλλη επιλογή είναι ένας εναλλάκτης ασφαλείας, που ψύχεται με νερά, όταν η θερμοκρασία του λέβητα ανέβει πολύ. Ένα δοχείο αποθήκευσης θερμότητας μπορεί επίσης να προσφέρει ασφαλεία.



Ο **συνδυασμός** λέβητα βιοκαυσίμου με ηλιακό σύστημα για τη θέρμανση νερού είναι μία ιδιαίτερα ελκυστική λύση. Το ίδιο θα μπορούσαμε να πούμε για την χρήση της περίσσιας ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα. Το <<ηλιακό>> σύστημα μπορεί να λειτουργεί συμπληρωματικά με το υπόλοιπο, ελαχιστοποιώντας τις ώρες λειτουργίας του λέβητα βιοκαυσίμου. Η δεξαμενή αποθήκευσης θερμότητας από το <<ηλιακό>> σύστημα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση των διακυμάνσεων φορτίου. Με τον ορθό σχεδιασμό, η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ετοιμασία θερμού νερού και για θέρμανση χώρων. Στο μέλλον η ηλιακή ενέργεια θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για ψύξη με τις νέες καινοτομικές τεχνολογίες. Συστήματα, που συνδυάζουν ηλιακή ενέργεια και βιομάζα, έχουν αναπτυχθεί προσφέροντας αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα σε όρους απλότητας, κόστους και ενεργειακής απόδοσης.

Τα προβλήματα που εντοπίζονται για την επιτυχή και βιώσιμη εφαρμογή μιας μονάδας αξιοποίησης στερεών καυσίμων σε μια εφαρμογή συνοπτικά είναι:

- ✓ Βαθμός διαθεσιμότητας – προμήθειας υλικού ανά χρονιά,
- ✓ Δυσκολία σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, στη χρήση –συντήρηση – αποθήκευση.
- ✓ Ύψος και χρόνος απόσβεσης σχετικής επένδυσης.
- ✓ Έλλειψη ενημέρωσης.

Οι σύγχρονες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας, όπως προαναφέρθηκε, απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

Παρά τον οποιοδήποτε χρόνο απόσβεσης που έχει μία μονάδα καύσεως βιομάζας, έχει μεγαλύτερο αρχικό κόστος εγκατάστασης, σε αντίθεση με μια μονάδα καύσεως ορυκτών καυσίμων. Αυτό είναι δυνατόν να αναστείλει την απόφαση του χρήστη προσωρινά για την επιλογή υπέρ της βιομάζας.

#### Energy conversion factors:

|     | MJ                  | GJ                  | kWh               | toe                 | Btu                |
|-----|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| MJ  | 1                   | 0.001               | 0.278             | $24 \times 10^{-6}$ | 948                |
| GJ  | 1000                | 1                   | 278               | 0.024               | 948,000            |
| kWh | 3.6                 | 0.0036              | 1                 | $86 \times 10^{-6}$ | 3,400              |
| toe | 42,000              | 42                  | 11,700            | 1                   | $39.5 \times 10^6$ |
| Btu | $1.055 \times 10^9$ | $1.055 \times 10^6$ | $295 \times 10^6$ | $25.3 \times 10^9$  | 1                  |

Ευχαριστώ για την προσοχή σας. Θ.Κ.Τ.

## 8.Βιβλιογραφία.

- 1.Harvesting wood for energy Cost-effective woodfuel supply chains in Irish forestry. Tom Kent, Pieter D. Kofman and Enda Coates.
- 2.Wood Energy From Farm Forests AGRICULTURE AND FOOD DEVELOPMENT AUTHORITY.
- 3.Wood pellets in Finland- technology, economy, and market. JYVASKYLA 2002.
- 4.Οδηγός επενδυτών. Θέρμανση κτιρίων & κατοικιών με εφαρμογές βιομάζας. ΚΑΠΕ.
5. “Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων”, Κ. Αποστολάκης, Σ. Κυρίτσης, Χ. Σούτερ, ΕΛΚΕΠΑ-ΙΤΕ, Αθήνα, 1987.
6. “Οδηγός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Δυνατότητες αξιοποίησης στην Τοπική Αυτοδιοίκηση”, ΚΑΠΕ, Πικέρμι, Ιούνιος 1996.
- 7.Παραγωγή βιομάζας από φυτείες ταχυαυξών δασικών δεντρών. ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΘΕΣ/ΝΙΚΗ 2012.
8. ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΥΣΗΣ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΥΣΗΣ. Ε.Μ.Π. 2008.
9. Telling the story in Austria Sustainable wood energy supply. Graz 2010.
10. ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ ΣΤΟ ΑΓΙΟΝ ΟΡΟΣ. Γούναρης Ν., Κ. Κόντος. ΘΕΣ/ΝΙΚΗ 2011.
11. Ενεργειακή Αξιοποίηση Δασικής Βιομάζας. Περίπτωση του Μετσόβου. Μπουτέτσιου Ελένη. Μέτσοβο 2010.
- 12.Εγχειρίδιο ΑΠΕ και μικρών συστημάτων συμπαραγωγής για μικρά καταλύματα. ΚΑΠΕ 2007.
- 13.Α.Π.Ε. ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ. ΥΠΕΧΩΔΕ. 2007.
14. “Τεχνοοικονομική μελέτη μονάδας παραγωγής καύσιμων προϊόντων από υπολείμματα βιομηχανίας ξύλου” Παπαδογιωργάκης Γιώργος Ηράκλειο 2010.
15. Telling the story in Austria – Sustainable wood energy supply. Austria 2010.
16. Maximising the potential of Wood Use for Energy Generation in Ireland 2009.
17. ΜΕΛΕΤΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΟ Ν. ΛΑΡΙΣΑΣ ΜΕ ΚΑΥΣΗ ΓΙΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ. Θ.Α. Γέτμος, Σπ. Φουντά, Αρ. Ταγαράκη και Ν. Γιαννόπουλος. Ν. Ιωνία 2006.
18. ΦΙΛΙΠΠΟΠΟΥΛΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Α.Τ.Ε. 1ο ΧΛΜ ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑΣ –ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ ΤΗΛ: 2310-785 840 FAX: 2310-785 841 [www.nphilippopoulos.gr](http://www.nphilippopoulos.gr).
19. «Δυνατότητες παραγωγής και διάθεσης βιοκαυσίμων από γεωργικά προϊόντα – Πιλοτική εφαρμογή» Καρδίτσα 2011.
20. Χρήσεις βιομάζας ξυλείας, Εφαρμογές στον οικιακό τομέα. Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών 2010.