



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**



ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ : ΣΤΑΘΟΥΔΑΚΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΙΨΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΧΑΝΙΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	7
1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	8
1.2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ.....	8
1.3 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ.....	9
1.4 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΓΕΝΕΩΝ	10
1.5 ΤΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	12
1.6 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	14
1.6.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΟΦΕΛΗ.....	15
1.6.2 ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΛΟΓΙΚΑ ΟΦΕΛΗ.....	15
1.7 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ (ΒΙΟ)ΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	18
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	18
2.1.1 ΕΥΚΑΛΥΠΤΟΣ.....	18
2.1.2 ΚΑΛΑΜΙ.....	20
2.1.3 ΜΙΣΧΑΝΘΟΣ.....	21
2.1.4 ΓΡΑΣΙΔΙ.....	23
2.1.5 ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ.....	25
2.1.6 ΚΥΤΤΑΡΙΝΟΥΧΟ ΣΟΡΓΟ.....	27
2.1.7 ΚΕΝΑΦ.....	28
2.1.8 ΨΕΥΔΑΚΑΚΙΑ.....	30

2.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΦΥΤΩΝ.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ (ΒΙΟ)ΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	33
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
3.1.1 ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗ.....	33
3.1.2 ΗΛΙΑΝΘΟΣ.....	35
3.1.3 ΓΛΥΚΟ ΣΟΡΓΟ.....	36
3.1.4 ΣΙΤΑΡΙ-ΚΡΙΘΑΡΙ.....	38
3.1.5 ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΑ.....	40
3.1.6 ΣΟΓΙΑ.....	42
3.1.7 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ.....	44
3.1.8 ΒΑΜΒΑΚΙ.....	46
3.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΦΥΤΩΝ.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	49
4.1 ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	49
4.1.1 Easy2find Biomass and Energy.....	49
4.1.2 GF ENERGY.....	55
4.1.3 ΑΓΡΟΕΝΕΡΓΕΙΑ – AGROENERGY.....	57
4.1.4 ΑΛΛΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ.....	61
4.2 ΣΥΝΟΨΗ ΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	65
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	66

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην σημερινή εποχή, οι ενεργειακές ανάγκες των ανθρώπων έχουν αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό. Η αύξηση του βιοτικού επιπέδου και η οικονομική πρόοδος συντελούν ως παράγοντες για την αναζήτηση ενέργειας. Επειδή η κατανάλωση των ορυκτών πόρων είναι περιορισμένη, το κόστος εξόρυξης τους είναι υψηλό και μάλιστα αποτελούνται ως κύριοι αίτιοι για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι άνθρωποι προσπαθούν να στραφούν σε ποιο οικολογικούς μεθόδους, δηλαδή στην εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ένα από αυτά είναι η βιομάζα, συγκεκριμένα η επεξεργασία των ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή βιοκαυσίμων, οι οποίοι χωρίζονται σε υγρή, στερεή και αέρια μορφή.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται το σύνολο των ενεργειακών φυτών που καλλιεργούνται παγκόσμια και εξετάζονται από αυτά α) η θερμογόνος δύναμη τους, β) οι αποδόσεις τους σε ξηρή βιομάζα, γ) το ενεργειακό δυναμικό και δ) η καταλληλότητα τους στην Ελλάδα. Στην συνέχεια, ερευνάται πόσες βιομηχανίες υπάρχουν στην Ελλάδα που παράγουν στερεά και υγρά βιοκαύσιμα, δηλαδή βιοντίζελ ή/και εξανθρακώματα, με την μέθοδο την αεροποίησης. Να σημειωθεί ότι υπάρχουν αρκετές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν την διαδικασία της μετεστεροποίησης, αλλά δεν θα αναλυθεί σε μεγάλο βάθος καθώς δεν αποτελεί αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θα αναφερθούν κάποιες πιθανές λύσεις για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν με την ενασχόληση των ενεργειακών καλλιεργειών και τα βήματα που θα πρέπει να εξετάσει κάποιος που θέλει να αρχίσει μια τέτοια επιχείρηση παραγωγής.

ABSTRACT

Nowadays, people's energy needs have greatly increased. Rising living standards and economic progress contribute as factors in the search for energy. Because the consumption of mineral resources is limited, the cost of extracting them is high and they are even the main causes of the greenhouse effect, people are trying to switch to which ecological methods, namely the exploitation of renewable energy sources. One of them is biomass, in particular, the processing of energy crops for the production of biofuels, which are divided into liquid, solid and gaseous.

In this diploma thesis, all the energy plants cultivated worldwide are studied and examined by them a) their calorific value, b) their yields in dry biomass, c) the energy potential and d) their suitability in Greece. Then, it is investigated how many industries there are in Greece that produce solid and liquid biofuels, i.e. biodiesel and / or excarbonates, by the method of gasification. It should be noted that there are several industries that use the process of transesterification, but it will not be analyzed in great depth as it is not part of the present thesis.

Finally, some possible solutions will be mentioned to address the problems that arise with the involvement of energy crops and the steps that should be considered by someone who wants to start such a production business.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προκύπτουν από φυσικές δραστηριότητες, όπως η αιολική, ηλιακή, η ενέργεια από τους ωκεανούς, γεωθερμική ενέργεια και η βιομάζα. Αυτά συμβάλουν στην ελάττωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στη διάκριση του ενεργειακού εφοδιασμού και παρέχει οικονομικά οφέλη, λόγω της μείωσης της εξάρτησης για αγορά ορυκτών καυσίμων, κυρίως του πετρελαίου και του φυσικού αερίου [1]. Επιπρόσθετα, οι Α.Π.Ε. μπορούν να εντοπιστούν σχεδόν σε όλες τις περιοχές παγκοσμίως, σε αντίθεση με άλλες μορφές ενέργειας που εντοπίζονται σε συγκεκριμένες και λίγες χώρες.

Η οδηγία της Ε.Ε. για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχει ως στόχο στην υποχρέωση των κρατών στην τελική κατανάλωση τους σε ενέργεια κατά 20% μέχρι τα τέλη του 2020. Η Ελλάδα που συμμετέχει στον ίδιο σκοπό, έχει θέσει στην κατανάλωση τους για ηλεκτρική ενέργεια στο 40% (για θέρμανση, ψύξη και μεταφορές).

Λόγω της αναγκαιότητας αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οι χώρες της Ε.Ε. έχουν ήδη συμφωνήσει νέο νομοθετικό σχέδιο, όπου έχει ως στόχο στα τέλη του 2030 να έχει καλυφθεί η συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας κατά 27% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [24].

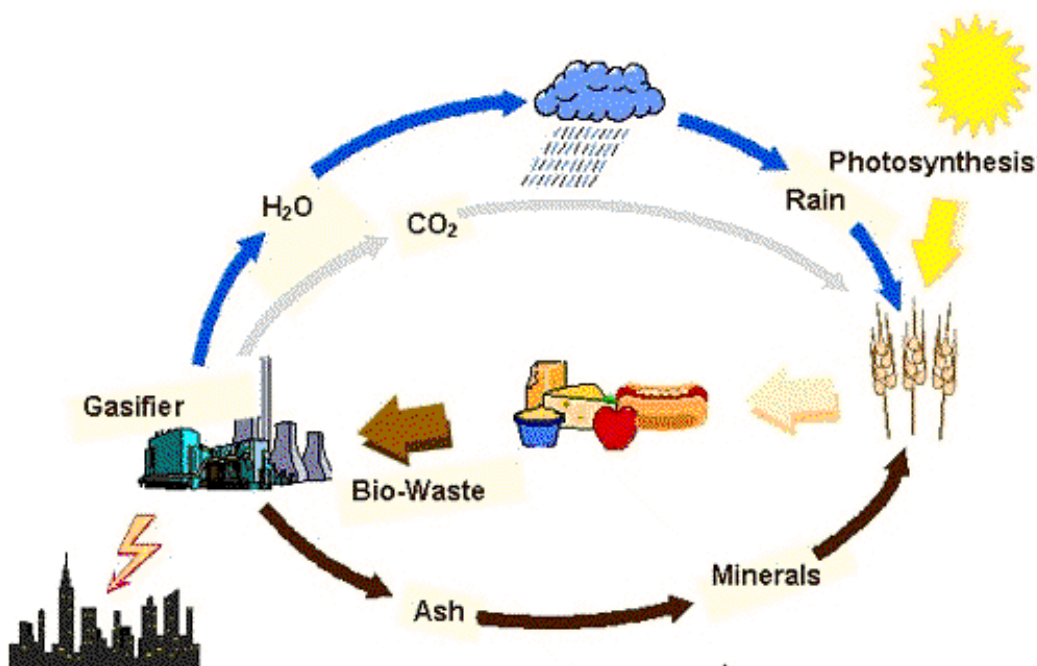


Εικόνα 1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [81]

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα θεωρούμε το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων , υπολειμμάτων φυτικής, ζωικής και δασικής προέλευσης, συμπεριλαμβανομένης και της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Συγκεκριμένα, η βιομάζα περιλαμβάνει κάθε ύλη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και αέριων καυσίμων [3].

Η βιομάζα αποτελείται από ενώσεις του άνθρακα (C) , του υδρογόνου (H) και του οξυγόνου (O), που παράγονται από το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και του νερού (H_2O), μέσω της ηλιακής ενέργειας, με αποτέλεσμα να μετατρέπεται σε χημική ενέργεια. Στη συνέχεια οι ζωικοί οργανισμοί αποκτούν αυτή την ενέργεια από την τροφή και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή η ενέργεια που υπάρχει στη φυτική και ζωική βιομάζα αποδίδεται μετά από την κατεργασία και την αξιοποίηση της , ως καύσιμη ύλη. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον, επειδή ανακυκλώνεται το παραπάνω διοξείδιο του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα [2].



Εικόνα 1.2 Ανακύκλωση του διοξειδίου του άνθρακα [82]

1.2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Μια πηγή βιομάζας είναι οι ενεργειακές καλλιέργειες, οι οποίες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη φυτών , παραδοσιακά ή νέα, όπου τα προϊόντα τους μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας (θερμική και ηλεκτρική) και βιοκαυσίμων (υγρών, στερεών και αέριων).

Μπορεί να περιλαμβάνουν φυτά που καλλιεργούνται είτε για εμπορικούς λόγους, των οποίων το τελικό προϊόν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας, είτε για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Πρέπει να σημειωθεί ότι ένα σημαντικό πλεονέκτημα των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ότι έχει σταθερή παραγωγή, που μπορεί να διασφαλίσει μακροπρόθεσμο εφοδιασμό πρώτων υλών σε μονάδες παραγωγής βιοκαυσίμων και ενέργειας [4].

Οι ενεργειακές καλλιέργειες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις γεωργικές καλλιέργειες (όπου διαχωρίζονται σε υποκατηγορίες των ετήσιων και τις πολυετών καλλιεργειών) και τις δασικές καλλιέργειες.

Πίνακας 1. Κατηγορίες των ενεργειακών καλλιεργειών [5]

ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ		ΔΑΣΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ
<u>ΕΤΗΣΙΕΣ</u>	<u>ΠΟΛΥΕΤΗΣ</u>	
Ηλίανθος	Καλάμι	Ευκάλυπτος
Κενάφ	Μίσχανθος	Ψευδακακία
Γλυκό & Κυτταρινούχο σόργο	Switchgrass	Ιτία
Ελαιοκάμνη	Αγριαγκινάρα	Λεύκη

Τα ενεργειακά φυτά μπορούν να καλλιεργηθούν σχεδόν από όλες τις χώρες, επειδή είναι εύκολες καλλιέργειες, συνήθως δεν χρειάζεται υψηλό κόστος καλλιέργειάς και ένας σημαντικός παράγοντας που τα χαρακτηρίζει είναι ότι δεν αποτελούν κίνδυνο για τα φυτά που εμπλέκονται στην τροφική αλυσίδα. Έτσι, τα προϊόντα που θα προκύψουν από την επεξεργασία τους, ενέργεια και βιοκαύσιμα, θα μειώσουν την ενεργειακή κρίση που απασχολεί πολλές χώρες σχετικά με την χρήση των ορυκτών καυσίμων [6].

1.3 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Η ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος και της μείωσης της χρήσης των ορυκτών καυσίμων από πολλές χώρες, συνέλαβαν ως σημαντικοί παράγοντες για την αξιοποίηση των εναλλακτικών και ανανεώσιμων καυσίμων, και συγκεκριμένα των βιοκαυσίμων.

Βιοκαύσιμα θεωρούνται όλα τα υγρά, στερεά και αέρια καύσιμα που προέρχονται από την βιομάζα και αποτελούνται από :

- Το βιοντίζελ, που παράγεται από τα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη και αποτελεί ένα υποκατάστατο του συμβατικού ντίζελ.
- Η βιοαιθανόλη, που παράγεται από σακχαρούχα, κυτταρινούχα και αμυλούχα φυτά.
- Το βιοαέριο, που παράγεται από τα οργανικά αγροτοβιομηχανικά και άλλα υπολείμματα και από ενεργειακά φυτά.
- Τα πέλλετς, που παράγονται από υπολείμματα καλλιέργειας των δασών και γεωργίας και από την επεξεργασία γεωργικών προϊόντων και ξύλου.
- Τα βιοκαύσιμα νέας γενιάς, όπως το πράσινο ντίζελ, αέριο σύνθεσης, βιοαέριο, συνθετικά βιοκαύσιμα κ.α., παράγονται από τα απόβλητα και υπολείμματα της βιομάζας.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η χρήση των βιοκαυσίμων συμβάλει σημαντικά στην προστασία του περιβάλλοντος, αλλά ταυτόχρονα και στην ανθρώπινη υγεία , αφού ελαττώνονται τα ρυπογόνα αέρια που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου , καθώς και τα απόβλητα και τα υπολείμματα , που ρυπαίνουν τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες [7].



Εικόνα 1.3 Βιοκαύσιμα από επεξεργασία ενεργειακού φυτού [83]

1.4 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΓΕΝΕΩΝ

Ανάλογα με την πηγή των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των βιοκαυσίμων και τους στόχους που καλύπτουν, χωρίζονται σε τέσσερις γενιές (όπου η τέταρτη γενιά είναι ακόμα υπό μελέτη) :

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ 1^{ης} ΓΕΝΙΑΣ

Τα βιοκαύσιμα 1^{ης} γενιάς παράγονται από διαθέσιμες πρώτες ύλες, συγκεκριμένα από την επεξεργασία των αγροτικών προϊόντων (που περιλαμβάνουν στη σύστασή τους σάκχαρα και άμυλο) και των ελαιούχων σπόρων. Τα κύρια βιοκαύσιμα που προκύπτουν σε αυτή τη γενιά είναι η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ. Η παραγωγή των βιοκαυσίμων 1^{ης} γενιάς είναι εμπορική και παράγονται ετησίως 50 δισεκατομμύρια λίτρα.

Το κύριο χαρακτηριστικό των βιοκαυσίμων 1^{ης} γενιάς είναι ότι μπορούν να αναμειχθούν με άλλα πετρελαϊκά καύσιμα, να καίγονται στις υπάρχουσες μηχανές εσωτερικής καύσης και να καταμερίζονται μέσω της υπάρχουσας υποδομής. Ενώ, τα βασικά μειονεκτήματά τους είναι ότι η χρήση των πρώτων υλών έχει αρνητική επίπτωση στην διαθεσιμότητα τροφών και στην διατήρηση της βιοποικιλότητας, καθώς και κατά την χρήση των βιοκαυσίμων (συγκεκριμένα του βιοντίζελ) παράγονται μεγάλες ποσότητες οξειδίου του αζώτου [8].

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ 2^{ης} ΓΕΝΙΑΣ

Τα βιοκαύσιμα 2^{ης} γενιάς παράγονται από πρώτες ύλες που δεν χρησιμοποιούνται για τροφές, λιγνοκυτταρινούχες ύλες (δασικά και αγροτικά προϊόντα, όπως ξυλεία και άχυρα) και από τα αστικά, τα αγροτοβιομηχανικά και τα γεωργικά απόβλητα. Τα βιοκαύσιμα που προκύπτουν είναι το βιοντίζελ, η βιοαιθανόλη, το βιοαέριο, η βιομεθανόλη, το πράσινο ντίζελ κ.α.

Τα πλεονεκτήματα των βιοκαυσίμων 2^{ης} γενιάς είναι οι ύλες που χρησιμοποιούνται δεν επηρεάζουν τις ανάγκες των οργανισμών για τροφή και με την αξιοποίηση των αποβλήτων και υπολειμμάτων προστατεύεται το περιβάλλον. Αλλά το βασικό μειονέκτημα είναι ότι πρέπει να αξιοποιηθούν καλλιεργήσιμες εκτάσεις, ώστε οι ύλες να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή καυσίμων [8].

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ 3^{ης} ΓΕΝΙΑΣ

Για μια βιώσιμη παραγωγή και αξιοποίηση των βιοκαυσίμων, θα πρέπει το κόστος τους να είναι χαμηλός ή ίσος με τα ορυκτά καύσιμα, να μην επιβαρύνουν το περιβάλλον (δηλαδή να είναι ελαττωμένη η ποσότητα του CO₂) και να μην περιορίζονται τα καλλιεργήσιμα εδάφη για την παραγωγή τροφής. Τα βιοκαύσιμα 3^{ης} γενιάς, όπως το βιοντίζελ, το συνθετικό ή πράσινο ντίζελ, η βιοαιθανόλη, το βιοαέριο κ.α., επιλύουν τα παραπάνω προβλήματα, επειδή παράγονται από μικροφύκη (άλγη).

Τα μικροφύκη είναι μικροσκοπικοί φωτοσυνθετικοί οργανισμοί, που μετατρέπουν τον ανόργανο άνθρακα CO₂ και άλλα θρεπτικά συστατικά, χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, σε λίπη, υδρογονάνθρακες και πρωτεΐνες, τα οποία τα αποθηκεύουν σε μορφή βιομάζας, με χαμηλή ενεργειακή πηγή. Όμως, λόγω της υψηλής υγρασίας που έχει, μπορεί μέσω

βιολογικών ή χημικών διεργασιών να μετατραπεί σε βιοκαύσιμο. Τα βασικά πλεονεκτήματα των βιοκαυσίμων 3^{ης} γενιάς είναι ότι [10] :

- χρησιμοποιούν το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και άλλων λυμάτων ως θρεπτική ύλη των φυκών
- η καλλιέργεια μικροφυκών παρουσιάζουν υψηλές τιμές παραγωγικότητας σε σχέση με άλλες ενεργειακές καλλιέργειες
- μπορούν να καλλιεργηθούν σε υφάλμυρο νερό και σε άγονες ή ερημικές εκτάσεις που είναι ακατάλληλες για άλλου είδους καλλιέργειας

Τα βασικά μειονεκτήματα είναι ότι το υψηλό κόστος εγκατάστασης των καλλιεργητικών μονάδων και λειτουργίας του και το αυξημένο κόστος παραγωγής βιομάζας [11].

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ 4^{ης} ΓΕΝΙΑΣ

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και στην συνεχή έρευνα των μικροφυκών, θα μπορούσαν να παραχθούν έγκυρα και αξιόπιστα καύσιμα, που θα παρουσίαζαν υψηλές τιμές ενεργειακής πηγής, χαμηλό κόστος και φιλικά προς το περιβάλλον. Αυτά θα είναι τα βιοκαύσιμα 4^{ης} γενιάς, όπου θα παράγονται από τροποποιημένες καλλιέργειες και θα έχουν ως στόχο αυξημένη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα και διεργασιών παραγωγής βιοκαυσίμων αρνητικού άνθρακα με γεω-αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα [8,9].

1.5 ΤΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Υπάρχουν πολλές πολιτικές και κανόνες που σχεδιάστηκαν στο πλαίσιο άσκησης της δραστηριότητας παραγωγής των βιοκαυσίμων στην αγορά καυσίμων σε παγκόσμιο επίπεδο, με σκοπό στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών κάθε χώρας. Με βάση τα δεδομένα τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η εισαγωγή των βιοκαυσίμων στην αγορά θα επιφέρει πολλά οφέλη στην ανάπτυξη της αγοράς των καυσίμων, καθώς και στην οικονομία. Τα νομοσχέδια που συντελούν για την ενεργοποίηση και υποστήριξη αυτών των βιομηχανιών είναι τα ακόλουθα :

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2003/30/ΕΚ ΚΑΙ Ν. 3423/2005

Στις 8 Μαΐου του 2003, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θεσμοθέτησε την οδηγία 2003/30 για την προώθηση χρήσης και μεταφοράς των βιοκαυσίμων προς την αντικατάσταση των μεταφορών του ντίζελ και της βενζίνης, καθώς και στην κάλυψη της ενεργειακής πηγής στις μεταφορές στο 5,75% στα τέλη του 2010.

Επιπλέον ενσωματώνεται στην εθνική νομοθεσία με τον Ν. 3423/2005 από το Υ.Π.Ε.Κ.Α. (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής) το οποίο ορίζει ότι τα βιοκαύσιμα μπορούν να υπάρχουν στην αγορά είτε αυτούσια είτε σε μίγμα με τα συμβατικά καύσιμα,

εφόσον πληρούν τις προδιαγραφές που αποφασίζονται από το Α.Χ.Σ. (Αποφάσεις Ανώτατου Χημικού Συμβουλίου).

Με το παραπάνω νομοθετικό σχέδιο ικανοποιείται το πρωτόκολλο του Κυότο, που στοχεύει στην μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της Κλιματικής Αλλαγής και στην ελάττωση των αέριων εκπομπών που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα, τα κράτη καλούνται να τηρήσουν τις υποχρεώσεις του, μέσω μιας συμφωνίας που θα συνάψουν, στην μείωση των συνολικών εκπομπών κατά τουλάχιστον 5% σε έξι αέρια :

Πίνακας 2. Οι έξι σημαντικές εκπομπές αερίων που πρέπει να μειωθούν

1) Διοξείδιου του άνθρακα	4) Υδροφθοράνθρακες
2) Μεθάνιο	5) Φθοριομένοι υδρογονάνθρακες
3) Υποξείδιο του αζώτου	6) Εξαφθορειούχο θείο

Επιπρόσθετα, διασφαλίζεται ο εφοδιασμός και η προώθηση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον [12,13,14].

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2009/28/ΕΚ ΚΑΙ Ν. 3468/2006

Το 2012 ψηφίζεται ο νόμος 4062, ο οποίος έχει σχέση με την προώθηση στη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στα κριτήρια αειφορίας των βιοκαυσίμων και βιορευστών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ενσωματώνεται η οδηγία 2009/28 και να καταργείται η οδηγία 2003/30.

Σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/ΕΚ και του νόμου 3468/2006, η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην τελική αξιοποίηση της στις μεταφορές πρέπει να είναι τουλάχιστον 10% ως τα τέλη του 2020. Για να επιτευχθεί η χρήση των βιοκαυσίμων ως παραγωγή ενέργειας θα πρέπει να τηρηθούν κάποια κριτήρια αειφορίας, ώστε να επιτευχθούν:

- 1) οι εθνικοί και παγκόσμιοι στόχοι για τις Α.Π.Ε.
- 2) η τήρηση των υποχρεώσεων από τα μέλη για την παραγωγή ενέργειας μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- 3) η χρηματοδοτική υποστήριξη για την κατανάλωση βιοκαυσίμων.

Τα κριτήρια αυτά έχουν ως στόχο στην ελάττωση των εκπομπών αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου από τη χρήση των βιοκαυσίμων και ότι δεν παράγονται από πρώτες ύλες που προέρχονται από εδάφη με υψηλή αξία βιοποικιλότητας ή από υλικά με υψηλό απόθεμά σε άνθρακα.

Για την διασφάλιση και την συμμόρφωση των υποχρεώσεων του κάθε κράτους στην τήρηση της σωστής αξιοποίησης των βιοκαυσίμων , με την Κ.Υ.Α. (Κοινή Υπουργική Απόφαση) καθορίζεται η διαδικασία πιστοποίησης των οικονομικών φορέων και ο έλεγχος πληροφοριών σχετικά με την τήρηση των κριτηρίων αειφορίας για τα βιοκαύσιμα, σύμφωνα με το άρθρο 32^η του νόμου 3468/2006.

Κατόπιν και με την Υ.Α. (Υπουργική Απόφαση) καθορίζονται οι παραβάσεις και τα σχετικά πρόστιμα για την ανυπακοή των κανόνων στην τήρηση αυτών των κριτηρίων [15].

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2009/30/ΕΚ

Στης 23 Απριλίου 2009, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο θέσπισε την οδηγία 2009/30 σχετικά με τις προδιαγραφές της βενζίνης, ντίζελ και του πετρελαίου εσωτερικής καύσης και της παρακολούθησης και αλάττωσης των αέριων εκπομπών του θερμοκηπίου. Ταυτόχρονα, τροποποιείται η οδηγία 1999/32/ΕΚ σχετικά με τη χρήση καυσίμων στα πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας [17] και καταργείται η οδηγία 93/12/ΕΟΚ, που έχει σχέση με την ελάττωση των υγρών καυσίμων που περιέχουν θείο .

Η οδηγία 2009/30/ΕΚ αφορά στην παρακολούθηση και στην μείωση των αέριων εκπομπών του θερμοκηπίου, σε όλο τον κύκλο ζωής του καυσίμου (δεν έχει σχέση μόνο με τα αέρια που προκαλούνται κατά την καύση, αλλά και από την καλλιέργεια, την εξόρυξη, την μεταφορά, την μεταφορά και την μετακίνηση του καυσίμου), ώστε να διασφαλιστεί η αειφορία των καυσίμων.

Τα βασικά σημεία που προβλέπει αυτή η νομοθετική οδηγία είναι :

- Οι προμηθευτές καυσίμων οφείλουν να δίνουν δεδομένα σχετικά με τις εκπομπές αερίων των καυσίμων που προμηθεύουν για τις μεταφορές, και να τις ελαττώσουν. Στόχος είναι η μείωση αυτών των αερίων, που δημιουργούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, στο 6% ανά μονάδα ενέργειας, ή αν το επιτρέπει η Ευρωπαϊκή Ένωση κατά 10%, από τα παρεχόμενα καύσιμα έως τα τέλη του 2020.
- Διευκολύνεται η προσθήκη των βιοκαυσίμων στα άλλα συμβατικά καύσιμα, όπως 10% αιθανόλη στην βενζίνη.
- Οι καταναλωτές πρέπει να πληροφορούνται για την περιεκτικότητα της βενζίνης και του ντίζελ στα βιοκαύσιμα.
- Να τηρούνται οι κανονισμοί για τα καύσιμα και να υπάρχει πληροφόρηση για τις τεχνικές προδιαγραφές για λόγους υγείας και περιβάλλοντος [16].

1.6 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Η αξιοποίηση των ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Κάποια βασικά οφέλη θα αναλυθούν παρακάτω :

1.6.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Οι ενεργειακές καλλιέργειες προσφέρουν σημαντικά οφέλη τόσο σε κοινωνικό, όσο και σε οικονομικό επίπεδο. Τα βασικά πλεονεκτήματα είναι ότι :

- Προσφέρει νέες εναλλακτικές καλλιεργητικές λύσεις, δηλαδή με το να υπάρχουν κενές θέσεις εργασίας, πολλοί αγρότες θα ασχολούνται με κάθετες μονάδες παραγωγής, όπου οι ίδιοι θα ελέγχουν την ποιότητα, την ποσότητα, το κόστος και την διανομή των πρώτων υλών.
- Ενδυναμώνεται η γεωργία. Με την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, δημιουργείται η επιθυμία προμήθειας πολλών καινούργιων ποικιλιών και στην βελτίωση των καλλιεργητικών μεθόδων και εξοπλισμού, με αποτέλεσμα στην ανάπτυξη της ελληνικής γεωργικής βιομηχανίας.
- Αυξάνεται το αγροτικό εισόδημα, αφού η εισροή των ενεργειακών φυτών στην αγορά θα επιφέρει περισσότερα κέρδη σε αντίθεση με άλλες συμβατικές καλλιέργειες.
- Αναζωογονείται οι λιγότερες γεωργικές οικονομίες, λόγω εισροής νέων εισοδημάτων και θα μειωθούν οι περιφερειακές ανισότητες.
- Εξασφαλίζεται η αειφόρος περιφερειακή ανάπτυξη. Η αγορά για παραγωγή βιοκαυσίμων , θερμότητας και ηλεκτρισμού στην περιφέρεια, θα βοηθήσει στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, με αποτέλεσμα οι κάτοικοι να μην εγκαταλείψουν τις αγροτικές περιοχές τους, αφού θα υπάρχει εισόδημα.
- Μειώνεται η εξάρτηση των ορυκτών καύσεων, κυρίως του πετρελαίου, που συνεπάγεται με την ελάττωση της ενεργειακής κρίσης που προβληματίζει όλες τις χώρες παγκοσμίως σχετικά με την χρήση και την παραγωγή των ορυκτών καύσεων [18,19].

1.6.2 ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΛΟΓΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Εκτός από τα κοινωνικό-οικονομικά οφέλη, η χρήση των ενεργειακών καλλιεργειών συμβάλουν θετικά για την προστασία του περιβάλλοντος. Τα βασικά χαρακτηριστικά τους είναι τα ακόλουθα :

- Θετική συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αφού ανακυκλώνεται το διοξείδιο του άνθρακα. Συγκεκριμένα, κατά την καύση της βιομάζας, παράγεται

διοξείδιο του άνθρακα και στην συνέχεια απορροφάται στα φυτά για να ικανοποιήσουν τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης, που είναι απαραίτητη για την θρέψη τους.

- Προστασία έναντι της εδαφικής διάβρωσης. Εξαιτίας του ριζικού συστήματος και του υπέργειου τμήματος των ενεργειακών φυτών, κυρίως των πολυετών, ελαχιστοποιείται η «αναταραχή» που προκαλείται στα σωματίδια του εδάφους, καθώς και βελτιώνεται την δομή του εδάφους.
- Διαχείριση ποσότητας νερού. Συγκεκριμένα, επιλέγονται είδη που αξιοποιούν το νερό αποδοτικά ή σε άλλες περιπτώσεις κάποια ενεργειακά φυτά χρησιμοποιούν μόνο τις χειμερινές βροχοπτώσεις για την ανάπτυξη τους, με αποτέλεσμα να μην χρειάζονται επιπλέον άρδευση και να ικανοποιείται η παραγωγικότητα των ενεργειακών καλλιεργειών.
- Χαμηλές απαιτήσεις σε λίπανση σε σχέση με τις συμβατικές αγροτικές καλλιέργειες, με αποτέλεσμα συμβάλλει στη μείωση χρήσης χημικών λιπασμάτων και στην προστασία του περιβάλλοντος, κυρίως του υδάτινου.
- Ελάττωση των φυτοφαρμάκων. Επειδή οι ενεργειακές καλλιέργειες παρουσιάζουν αυξημένη φυτοκάλυψη, η καλλιέργεια τους μειώνουν την εμφάνιση ζιζανίων.
- Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας. Λόγω της προσαρμοστικής ικανότητας και της ικανοποιητικής απόδοσης των ενεργειακών φυτών σε στις αντίξοες συνθήκες κάθε εδάφους, μπορούν να θεωρηθούν ως εναλλακτικές λύσεις σε εγκαταλελειμμένες περιοχές [18,19].

1.7 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Πέρα από τα οφέλη που προσφέρουν οι ενεργειακές καλλιέργειες, σε οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντολογικό επίπεδο, παρουσιάζουν και κάποιες αρνητικές επιπτώσεις. Παρακάτω θα επισημανθούν τα κύρια μειονεκτήματα :

- Η εντατική καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών οδηγεί σε μονοκαλλιέργεια, με σημαντικές επιπτώσεις στην βιοποικιλότητα, αφού θα καλλιεργείται μόνο ένα είδος φυτού στον ίδιο τόπο κάθε χρόνο, θα μειώνονται τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους, ώστε να το κάνει αδύναμο και ανίκανο στην ανάπτυξη του φυτού [22].
- Λόγω της ζήτησης καυσίμων αλλά και στην επιθυμία της προστασίας του περιβάλλοντος, θα χρειαστεί να περιοριστούν πολλές εκτάσεις είτε γεωργικές είτε μη-

γεωργικές , όπως δάση και λιβάδια, για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Όμως, αυτό θέτει σε κίνδυνο στην μείωση παραγωγής τροφίμων για τον άνθρωπο [20].

- Από το 2005 παρατηρήθηκε αύξηση των τιμών στις αγροτικές καλλιέργειες, λόγω του περιορισμένου εδάφους που θα έχουν διαθέσιμο για την παραγωγή τροφής. Επιπλέον, υπάρχει η πιθανότητα της μετατόπισης των αγροτικών καλλιεργειών σε υποβαθμισμένα εδάφη, όπου αυτό οδηγεί στην χαμηλή ποιότητα, στην ακαταλληλότητα των προϊόντων και στην υποβάθμιση του βιοτικού επιπέδου [20,21].
- Για την συγκομιδή και την μεταφορά των ενεργειακών φυτών θα χρειάζονται οχήματα που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, με αποτέλεσμα να εκπέμπονται πολύ ποσότητα διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα [22].
- Στην προώθηση των μεταλλαγμένων ενεργειακών φυτών, μέσω της τροποποίησης του γενετικού υλικού των φυτών, υπάρχει κίνδυνος στην μείωση της βιοποικιλότητας, στην αλλοίωση της χλωρίδας και στη συγκέντρωση της παραγωγής σε λίγους πολυεθνής έναντι της αγροτικής μάζας [19,23].
- Στην χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, που περιέχουν κυρίως ενώσεις του αζώτου, του θείου και της αμμωνίας, αυξάνουν την οξύτητα του εδάφους και του ύδατος [22].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ (ΒΙΟ)ΚΑΥΣΙΜΩΝ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ενεργειακά φυτά που καλλιεργούνται στην Ελλάδα για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 3. Οι ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων [25]

1) Ευκάλυπτος	5) Αγριαγκινάρα
2) Καλάμι	6) Κυτταρινούχο Σόργο
3) Μίσχανθος	7) Κενάφ
4) Γρασίδι	8) Ψευδακακία

2.1.1 ΕΥΚΑΛΥΠΤΟΣ

Ο ευκάλυπτος είναι αγγειόσπερμο φυτό και ανήκει στην οικογένεια των Μυρτίδων, όπου καλλιεργούνται για εμπορική χρήση και τη σκιά τους [26]. Επιπλέον θεωρείται ως το καλύτερο ενεργειακό είδος από όλα τα φυτά, γιατί εμπεριέχει στον ιστό του κυτταρίνη σε ποσοστό 75%.



Εικόνα 2.1 Ευκάλυπτος [84]

Από μελέτες, παρατηρήθηκε ότι τα καταλληλότερα είδη ευκαλύπτου για ενεργειακή καλλιέργεια είναι τα *camaldulensis* και *globules*, επειδή είναι πιο ανθεκτικά σε δύσκολες συνθήκες υγρασίας, θερμοκρασιών, ασθενειών και εδάφους, σε ρύπους περιβάλλοντος και έχουν δυνατότητες προσαρμογής.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ευκαλύπτου ως το καλύτερο ενεργειακό φυτό είναι :

- Αποδεδειγμένα ο ευκάλυπτος ευδοκίμει στην χώρα μας με αυξημένη ποσότητα και ποιότητα παραγωγής ενεργειακής κυτταρίνης.
- Μπορούν να εκμεταλλευτούν εκτάσεις που στην σημερινή εποχή δεν αδυνατούν να καλλιεργηθούν λόγω του ακατάλληλου εδάφους (αμμώδη ή υφάλμυρα εδάφη) ή ελάχιστης παραγωγικότητας.
- Το κόστος για την δημιουργία εκτεταμένων φυτειών και η απόσβεση γίνεται στα πρώτα 3 χρόνια από την φύτευση.
- Η τυχόν επαναφορά των αναδασωθείσων εκτάσεων με ευκάλυπτο γίνεται πολύ εύκολα.
- Δημιουργία πολλών θέσεων εργασίας στην ύπαιθρο με άλλες γεωργικές καλλιέργειες, καθώς τα χρήματα από την παραγωγή και την εκμετάλλευση της φυτείας παραμένουν στην χώρα μας.
- Δίνεται η δυνατότητα στους αγρότες να καλλιεργούν στις «άκρες» των χωραφιών τους ευκαλύπτους, ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες για θέρμανση καθώς και παίρνουν περισσότερο εισόδημα από την πώληση των καυσόξυλων ή βιομάζας.
- Η ποιότητα ζωής των περιοχών, που θα καλλιεργούν αυτές τις φυτείες, θα αναβαθμιστεί σημαντικά.
- Η αξιοποίηση του ευκαλύπτου κυρίως γίνεται για την παραγωγή θερμαντικής ενέργειας, με αποτέλεσμα να μπορεί να αντικαταστήσει το πετρέλαιο ή το κάρβουνο.
- Θεωρείται ως ένα άριστο αντιρρυπαντικό φυτό, απορροφά διοξείδιο του άνθρακα και άλλων ρύπων από την ατμόσφαιρα, τα μετατρέπει σε οργανική ύλη και απελευθερώνει οξυγόνο στο περιβάλλον.
- Είναι αντιπυρικό φυτό, οπότε πολλές συγκροτημένες φυτείες δεν κινδυνεύουν από πυρκαγιές [27].

2.1.2 ΚΑΛΑΜΙ

Το καλάμι είναι αγγειόσπερμο φυτό και ανήκει στην τάξη Κυπειρώδη και στην οικογένεια των Προειδή και συνήθως εντοπίζονται στις όχθες λιμνών, ποταμιών, ρυακιών, χειμάρρων και σε ήρεμα νερά. Υπάρχουν πολλά είδη καλαμιών, αλλά στην Ελλάδα κυρίως βρίσκονται :

- Το κοινό καλάμι (Φραγμίτης ο νότιος)
- Φραγμίτης ή Αγριοκάλαμο
- Ψάθα ή Ψαθί
- Σπάργανο ή Σπαργάνιουμ έρεκτουμ [28]



Εικόνα 2.2 Καλαμιές [85]

Έχει υψηλές αποδόσεις που φθάνουν και τους 4 τόνους ανά στρέμμα, καθώς και η θερμογόνος δύναμη του είναι 18,8 MJ/kg ξηρού βάρους. Επιπλέον, θεωρείται ότι το ενεργειακό δυναμικό του καλαμιού μπορεί να φτάσει τους 1,29 ΤΙΠ/στρέμμα/έτος, καθώς έχει περιεκτικότητα σε τέφρα 4,0-7,0% [29].

Τα βασικά χαρακτηριστικά του καλαμιού που θεωρούνται χρήσιμα για την αξιοποίηση τους ως ενεργειακό φυτό είναι τα εξής :

- Η καλλιέργεια του μπορεί να παράγει μεγάλες ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (άρδευση, λίπανση, ζιζανιοκτόνα) [30].
- Από τις αναλύσεις του καυσίμου και κυρίως από τα επίπεδα του καλίου, νατρίου και χλωρίου, διαπιστώθηκε ότι το καλάμι έχει παρόμοιες ιδιότητες με του άχυρου. Άρα, οι τεχνολογίες θερμοχημικής μετατροπής του άχυρου είναι κατάλληλες για το καλάμι, με αποτέλεσμα να μην χρειάζονται περεταίρω έξοδα για εξοπλισμό [25].
- Η αξιοποίηση της καλλιέργειας του καλαμιού γίνεται για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας [25].
- Επειδή είναι πολυετές φυτό, μετά από κάθε συγκομιδή (περίπου κατά τον Νοέμβριο-Ιανουάριο) , μπορεί να αναπτύσσεται με ταχύτατους ρυθμούς και να διασπείρεται παντού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, μετά από την πρώτη εγκατάσταση, τα έξοδα να σχετίζονται μόνο για την συγκομιδή τους(άρα χαμηλό ετήσιο κόστος καλλιέργειας) [31].
- Μπορεί να καλλιεργηθεί σε μέρη με υψηλή ποσότητα υγρασίας, καθώς και σε μεγάλες εκτάσεις διαφορετικών κλιματικών και εδαφικών συνθηκών. Επιπλέον, είναι ένα δυναμικό φυτό που πολλαπλασιάζεται με ριζώματα, καθώς και με μόσχευμα [19].
- Στην Ελλάδα η στρεμματική απόδοση ξηρής μάζας κυμάνθηκε από 0,5 έως 3 τόνους. Οι υψηλότερες αποδόσεις φαίνονται σε καλλιέργειες που ήταν σε υψηλά επίπεδα άρδευσης. Αυτό συμβαίνει, επειδή το καλάμι προσαρμόζεται και σε ξερά εδάφη, η εφαρμογή της άρδευσης επιδρά θετικά στην ανάπτυξη και στην αύξηση της απόδοσης του φυτού (σε ποσοστό ανάλογο με το επίπεδο άρδευσης) [32,33].

2.1.3 ΜΙΣΧΑΝΘΟΣ

Ο μίσχανθος είναι ένα πολυετές ποσειδές φυτό και έχει συγγένεια με το γένος *Saccharum* (περιέχει και το ζαχαροκάλαμο) και μερικά είδη αυτών των 2 γενών μπορούν να διασταυρώνονται μεταξύ τους. Περιλαμβάνει 17 είδη, από τα οποία 3 είδη του μίσχανθου αναφέρονται :

- 1^ο είδος : *Miscanthus sacchariflorus*
- 2^ο είδος : *Miscanthus sinensis*
- 3^ο είδος : *Miscanthus floridulus*

Από αυτά, το πρώτο είδος προσαρμόζεται ευκολότερα και καλύτερα σε θερμές περιοχές σε σχέση με τα άλλα δυο, από την άλλη το 2^ο είδος προσαρμόζεται σε ψυχρές περιοχές, λόγω του φυτογενετικού του πόρου [34].



Εικόνα 2.3 Μίσχανθος [86]

Ο μίσχανθος έχει σχετικά υψηλές αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή ουσία, καθώς και μεγάλη ανθεκτικότητα έναντι ασθενειών. Οι αποδόσεις του εξαρτώνται με την περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα, η παραγωγή ξηράς ουσίας είναι 1,5 έως 3 τόνους/στρέμμα/έτος.

Τα στελέχη του έχουν υψηλή θερμική αξία, που είναι περίπου 18,2 MJ/kg ξηρού βάρους (παρόμοια με του άχυρου), με χαμηλή περιεκτικότητα σε τέφρα, περίπου 1,64 επί του ξηρού βάρους [29].

Τα βασικά χαρακτηριστικά του μίσχανθου ως ενεργειακό φυτό φαίνονται παρακάτω :

- *Ο μίσχανθος μπορεί εύκολα να προσαρμόζεται σε διάφορες κλιματικές συνθήκες. Βέβαια, η απόδοση της καλλιέργειας αυξάνεται σε περιοχές με υψηλή θερμοκρασία και με λιγότερο φώς. Όμως, μπορεί να αναπτυχθεί και σε ψυχρές περιοχές [34].*
- *Η απόδοση της καλλιέργειας του επιτυγχάνεται με την διαθεσιμότητα υγρασίας μέσω άρδευσης ή ετήσιων βροχοπτώσεων. Αντίθετα, σε περιόδους ξηρασίας το φύλλωμα του αρχίζει να ξηραίνεται, με αποτέλεσμα να χάνεται η απόδοση του, αλλά η καλλιέργεια αναπτύσσεται πάλι στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο [34].*

- Μπορεί να αναπτυχθεί σε διάφορους τύπους εδαφών , όμως σε αμμώδης και χαλικώδης εδάφη ή στραγγιζόμενα εδάφη με υψηλό ποσοστό οργανικής ουσίας, μπορούν να δώσουν ικανοποιητικές και υψηλές αποδόσεις στην καλλιέργεια (με την προϋπόθεση ότι υπάρχει νερό) [34].
- Η καθαρή ενεργειακή αξία της βιομάζας του μίσχανθου είναι 17 GJ/τόνος ξηρού βάρους, με τέφρα 2,7%. Από μελέτες του κύκλου ζωής του, παρατηρήθηκε ότι κατατάσσεται μεταξύ των ετήσιων φυτών και πολυετών ξυλωδών, δίνοντας το υψηλότερο ενεργειακό ισοζύγιο έναντι των άλλων ποοειδών φυτών. Ανάλογα με τον τρόπο καύσης της βιομάζας, το ενεργειακό του ισοζύγιο είναι 3 έως 9,5 [35].
- Βοηθά στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς κατά την καύση του δεν παράγει υψηλό ποσοστό αέριων εκπομπών του θερμοκηπίου σε σχέση με την βενζίνη, που παράγει περίπου 65-70% βλαβερά αέρια [35].
- Εκτός για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων, ο μίσχανθος μπορεί πιθανόν να χρησιμοποιηθεί για κατασκευή δομικών υλικών. [19].
- Ο μίσχανθος προσαρμόζεται σε διάφορες κλιματικές συνθήκες. Όμως χαρακτηρίζεται ως θερμοφιλό φυτό, επειδή η απόδοση της καλλιέργειας μεγιστοποιείται σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες και μικρή φωτοπερίοδο. Πρέπει να σημειωθεί ότι έχει την ικανότητα να αναπτυχθεί ακόμα και σε ψυχρότερα κλίματα [34].

2.1.4 ΓΡΑΣΙΔΙ

Το γρασίδι ,ή αλλιώς Switchgrass είναι πολυετές, αγρωστώδες C4 φυτό. Παλαιότερα, χρησιμοποιούταν κατά τις διαβρώσεις του εδάφους και για την παραγωγή χορτονομής και ινών. Τα τελευταία χρόνια η καλλιέργεια του έχει επικεντρωθεί για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων ,καθώς και για την παραγωγή βιοαιθανόλης 2^{ης} γενιάς. Το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση του φυτού για παραγωγή βιοκαυσίμων φαίνεται από τις έρευνες των διαφόρων ποικιλιών του switchgrass που μπορούν να προσαρμοστούν σε ορεινές αλλά και σε πεδινές περιοχές. Τα σημαντικότερα είναι :

- Alamo, η καλλιέργεια του είναι κατάλληλη σε πεδινές περιοχές
- Kanlow, η καλλιέργεια του είναι κατάλληλη σε πεδινές περιοχές
- Blackwell, η καλλιέργεια του είναι κατάλληλη σε πεδινές περιοχές
- Caddo, η καλλιέργεια του είναι κατάλληλη σε πεδινές περιοχές
- Cave-in-rock, η καλλιέργεια του είναι κατάλληλη σε ορεινές περιοχές.

Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες, το Alamo, Kanlow και Cave-in-rock καλλιέργειες προσαρμόζονται και παράγουν ικανοποιητικά στις συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα [36].



Εικόνα 2.4 Switchgrass [87]

Οι αποδόσεις σε πειραματικό στάδιο δείχνουν ότι η λίπανση και η άρδευση επηρεάζουν σημαντικά στην παραγωγικότητα του φυτού, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 1 και 2 τόνων ξηρής βιομάζας / στρέμμα. Οι ενεργειακές εκτιμήσεις του Switchgrass δείχνουν ότι έχει μέσο ενεργειακό περιεχόμενο 18 MJ/kg ξηρής ουσίας και η απόδοση του σε ενέργεια είναι 18 με 36 GJ/στρέμμα/έτος [25].

Τα βασικά χαρακτηριστικά του Switchgrass φαίνονται παρακάτω :

- Το κόστος εγκατάστασης του είναι χαμηλό, αλλά έχει υψηλή παραγωγικότητα ακόμα και σε συνθήκες χαμηλών εισροών, καθώς και αποτελείται ως μια αξιόπιστη και ελκυστική λύση για την παραγωγή λιγνιτοκυτταρινούχας βιομάζας.
- Κατά την ωρίμανση του, τα θρεπτικά στοιχεία από τα φύλλα και τα στελέχη του αποθηκεύονται στις ρίζες για την επόμενη χρήση τους. Η διαδικασία αυτή βελτιώνει την ποιότητα της επεξεργασμένης βιομάζας, όπου χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας μέσω καύσης.
- Προσαρμόζεται σε διάφορους τύπους εδαφών, όπως σε αμμώδη, πετρώδη και εδάφη που πλημμυρίζουν πιο εύκολα. Εκτός από αυτά, λόγω του ριζικού του συστήματος, μπορεί να παράγει περισσότερη βιομάζα σε σχέση με άλλα ενεργειακά φυτά ακόμα και σε άγονα εδάφη .

- Αποτελείται ως ένα παραγωγικό αγρωστώδες φυτό σε βιομάζα, επειδή χρησιμοποιεί αποτελεσματικά και ικανοποιητικά το άζωτο και την εδαφική υγρασία [36].
- Οι αρδευτικές ανάγκες του *Switchgrass* είναι μειωμένες αφού θεωρείται για την αποδοτική χρήση του νερού. Πειραματικές μελέτες έδειξαν η άρδευση συνολικού ύψους 400 mm είναι ικανοποιητική για την παραγωγικότητα [25].

2.1.5 ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ

Η αγριαγκινάρα είναι πολυετές φυτό της Μεσογείου αλλά βρίσκεται αυτοφυόμενο και σε άλλες χώρες, όπως Αμερική, Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία. Στην Ελλάδα είναι γνωστό ως πολυετές ζιζάνιο με διάρκεια ζωής 8-12 χρόνια. Λόγω της υψηλής παραγωγής σε βιομάζα, θεωρείται ως κατάλληλο ενεργειακό φυτό για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων για χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Οι βασικές ποικιλίες αγριαγκινάρας είναι [37]:

- Plein Blanc Inerme
- Large Smooth
- Gigante d'Ingegnoli



Εικόνα 2.5 Αγριαγκινάρα [88]

Η απόδοση σε ξηρή ουσία κυμαίνεται από 1200-1600 kg σε μη αρδευόμενα χωράφια, ενώ με 2-3 αρδεύσεις οι αποδόσεις φτάνουν περίπου στα 2500 kg ξηρής ουσίας/στρέμμα. Εκτός από

αυτά, παρουσιάζουν διαφορές στην θερμογόνο δύναμη τα μέρη του φυτού. Για παράδειγμα, τα φύλλα, που έχουν μικρή θερμογόνο δύναμη, έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε τέφρα περίπου 14%. Στα υπόλοιπα μέρη του φυτού το ποσοστό της τέφρας κυμαίνεται στα 3,3-5,3 %. Με βάση αυτές τις τιμές το ενεργειακό δυναμικό της καλλιέργειας , ανάλογα με τις καλλιεργητικές τεχνικές, είναι από 18 έως 27 GJ/στρέμμα/έτος [19,38].

Τα βασικά χαρακτηριστικά της αγριαγκινάρας ως ενεργειακό φυτό φαίνονται παρακάτω :

- *Θεωρείται ως κατάλληλο ενεργειακό φυτό για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων , ώστε να χρησιμοποιηθούν για ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα, λόγω της υψηλής παραγωγής σε βιομάζα [37].*
- *Μπορεί να καλλιεργηθεί σε φτωχά και ξηρά εδάφη και να προστατευθεί από τη διάβρωση και τη νιτρορύπανση. Παρότι της προσαρμοστικότητας που παρουσιάζει η αγριαγκινάρα σε διάφορους τύπους εδαφών, αποδίδει αποτελεσματικά σε βαθιά αργιλώδη εδάφη [37].*
- *Παρουσιάζει σημαντικές ευκαιρίες στους παραγωγούς, καθώς για την καλλιέργεια της αγριαγκινάρας δεν χρειάζεται νερό, λίπανση και φυτοφάρμακα , με αποτέλεσμα να συνεπάγεται στο μηδενισμό του κόστους παραγωγής. Επιπλέον, λόγω του πλούσιου ριζικού του συστήματος μπορεί να εκμεταλλεύεται τους εδαφικούς πόρους, άρα θα χρειάζεται λιγότερο άζωτο [38].*
- *Η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας απορροφά τους ρύπους που ελευθερώνονται κατά την καύση της. Επιπρόσθετα, στην καύση της δεν παράγεται διοξείδιο του θείου [38].*
- *Η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας συμβάλλει στην ελάττωση χρήσης των ορυκτών καυσίμων και στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [38].*

2.1.6 ΚΥΤΤΑΡΙΝΟΥΧΟ ΣΟΡΓΟ

Το κυτταρινούχο σόργο είναι ετήσιο C4 φυτό με υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Τα υβρίδια που έχουν προκύψει είναι διασταυρώσεις του καρποδοτικού σόργου και του σόργου σαρωθροποιίας [25].

Έχει μικρά ποσοστά σε περιεκτικότητα διαλυτικών σακχάρων και το ενεργειακό δυναμικό του οφείλεται στις μέγιστες συγκεντρώσεις λιγνοκυτταρινούχων συστατικών, για παράδειγμα στην Ελλάδα οι αποδόσεις τους φτάνουν τους 2,8 τόνους/στρέμμα σε ξηρό βάρος [39].



Εικόνα 2.6 Κυτταρινούχο σόργο [89]

Η περιεκτικότητα του σε σάκχαρα κυμαίνεται από 9-12 % επί του ξηρού του βάρους (0,2 τόννοι/στρέμμα ζυμώσιμα σάκχαρα) και το μεγαλύτερο μέρος του ξηρού βάρους των στελεχών αποτελείται από λιγνοκυτταρινούχες ουσίες, που είναι 2 τόννοι/στρέμμα. Στην Ελλάδα οι αποδόσεις σε ξηρό βάρος είναι περίπου 3,5 τόννοι/στρέμμα. Παράλληλα, η εκτιμώμενη ενεργειακή απόδοση του κυτταρινούχου σόργου κυμαίνεται στους 36 έως 63 GJ/στρέμμα/έτος [19].

Τα βασικά χαρακτηριστικά του κυτταρινούχου σόργου ως ενεργειακό φυτό φαίνονται παρακάτω :

- Λόγω του ισχυρού του στελέχους (καλάμι) , το κυτταρινούχο σόργο παρουσιάζει υψηλή αντοχή στο πλάγιασμα, όπου αυτό μπορεί να προκαλέσει: κλίση ή σπάσιμο των στελεχών , αλλιώς πλάγιασμα των ριζών, και συνήθως γίνεται εξαιτίας των καιρικών συνθηκών. Αυτό το φαινόμενο προκαλεί προβλήματα σε άλλες καλλιέργειες, όπως το γλυκό σόργο, όπου έχει ελάχιστη αντοχή ο στέλεχος τους [25,40].
- Αποσκοπεί στην χρήση ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χαρτοπολτού και ενεργειακού σκοπού, δηλαδή παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων, καθώς και για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας [19].
- Μπορούν να παραχθούν υψηλές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών, λόγω άρδευσης ,λιπασμάτων και φαρμάκων κατά των ζιζανίων [30].
- Τα τελευταία χρόνια μελετάται τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Η.Π.Α. για την αξιοποίηση του στην παραγωγή αλκοόλης από τα στελέχη του που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη [30,42].
- Προσαρμόζεται σε διάφορους τύπους εδαφών, όπως σε αργιλλώδη, πηλώδη και αμμώδη εδάφη. Επιπλέον, θεωρείται ως τα πιο ανθεκτικά φυτά σχετικά με το αλάτι και ευδοκίμει σε μεγάλο εύρος pH 5,5-8,5. Εκτός από αυτά, μπορεί να καλλιεργείται σε τροπικές και ημίξερές περιοχές, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει επάρκεια υγρασίας, ώστε να έχει υψηλή παραγωγικότητα και απόδοση [43].

2.1.7 ΚΕΝΑΦ

Το κενάφ είναι ετήσιο φυτό και ανήκει στο γένος *Hibiscus* της οικογένειας *Malvaceae*. Υπάρχουν πολλές ποικιλίες κενάφ που είναι διαθέσιμο στο εμπόριο και η επιλογή τους εξαρτάται από την περιοχή καλλιέργειας και την τελική χρήση του συγκομιζόμενου προϊόντος.

Δεδομένου της υψηλής απόδοσης σε βιομάζα και της ενσωμάτωσης της καλλιέργειας σε αμειψισπορά, δηλαδή η εναλλαγή του στο ίδιο χωράφι και έχει ως στόχο στον εμπλουτισμό του εδάφους με συστατικά που άλλα φυτά απορροφούν και άλλα αποδίδουν στο έδαφος, το κενάφ θεωρείται καλή λύση για την αξιοποίηση της ως ενεργειακή πρώτη ύλη [44,45].



Εικόνα 2.7 Κενάφ [90]

Οι αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα του κενάφ είναι 0,7-2,4 τόνοι/στρέμμα.. Εκτός από αυτή τη μέτρηση, η μέση θερμογόνος δύναμη του κενάφ είναι 18,6 MJ/kg ξηρής ουσίας και η απόδοση σε ενέργεια κυμαίνεται στα 15-33 GJ/στρέμμα/έτος, βάση συγκεκριμένου ενεργειακού περιεχομένου [19,29].

Τα βασικά χαρακτηριστικά του κενάφ ως ενεργειακό φυτό φαίνονται παρακάτω :

- Χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χαρτοπολτού και ενεργειακών σκοπών, καθώς και για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας [19].
- Το κενάφ παρουσιάζει υψηλή προσαρμοστικότητα σε διάφορες κλιματικές συνθήκες, αλλά ευδοκιμεί καλύτερα σε περιοχές με τροπικό κλίμα. Επιπλέον, μπορεί να καλλιεργηθεί σε διάφορα είδη εδαφών, όπως σε αμμοπηλώση και καλά στραγγισμένα εδάφη. Όμως, οι μόνοι περιορισμοί που δεν το βοηθούν να αποδώσει αποτελεσματικά είναι είτε σε περιοχές που είναι πολύ υγρές και είτε σε παθογενή αλκαλικά ή όξινα εδάφη [44].
- Μπορούν να παραχθούν πολλές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες ελάχιστων εισροών, λόγω άρδευσης, λίπανσης και ζιζανιοκτόνων [30].
- Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, δίνεται η δυνατότητα της καλλιέργειας σε αμειψισπορά και έτσι προσδοκάται :

1) Η διατήρηση και η ανάπτυξη της παραγωγικότητας του εδάφους

- 2) Η ομαλότερη και προγραμματισμένη κατανομή των εργασιών των γεωργικών μηχανών και των αγροτών σε όλη τη διάρκεια του χρόνου
- 3) Η διασφάλιση του εισοδήματος του παραγωγού από διάφορους παράγοντες, που μπορεί να έχουν σχέση με φυτοφάρμακα, ασθένειες των φυτών κ.α. [46]
- Η συγκομιδή του είναι οικονομική , επειδή οι παραγωγοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα ίδια μηχανήματα που συλλέγουν το καλαμπόκι και το βαμβάκι [47].
 - Επειδή η παγκόσμια παραγωγή κενάφ είναι περιορισμένη, μπορεί να προσελκύσει πολλούς ξένους επενδυτές. Επιπλέον, μπορεί να θεωρηθεί ως αδιέξοδο για τους παραγωγούς βαμβακιού που σκοπεύουν να ξανά αναπτύξουν τις καλλιέργειες τους [47].
 - Επειδή έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα σε διάφορες κλιματικές συνθήκες, θα μπορούσε να βελτιώσει σημαντικά την γεωργική προοπτική και το δυναμικό παραγωγής της βιομάζας στην Ελλάδα [47].

2.1.8 ΨΕΥΔΑΚΑΚΙΑ

Η ψευδακακία είναι φυλλοβόλο δέντρο, που ανήκει στην οικογένεια Fabaceae και κατάγεται από την Βόρεια Αμερική. Η καλλιέργεια της κυρίως χρησιμοποιείται για τη διατροφή ζώων, την ανάπτυξη εδαφών, την παραγωγή ξυλείας και την παρασκευή χαρτιού , ενώ τελευταία αξιοποιούνται τα φύλλα και τα άνθη της για φαρμακευτικούς σκοπούς. Όμως, τα τελευταία , πολλοί ερευνητές και παραγωγοί δείχνουν ενδιαφέρον για την χρήση της ψευδακακίας ως ύλη για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων [48].



Εικόνα 2.8 Ψευδακακία [91]

Το ενεργειακό δυναμικό της ψευδακακίας είναι περίπου στα 17,8 MJ/kg, αντίστοιχη απόδοση που παρατηρείται μεταξύ 14 και 23 GJ/στρέμμα/έτος [19].

Τα βασικά χαρακτηριστικά της ψευδακακίας ως ενεργειακό φυτό φαίνονται παρακάτω :

- *Λόγω του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης , στην υψηλή πυκνότητα ξύλου, στη χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και στη σημαντική παραγωγή βιομάζας , η ψευδακακία έχει θεωρηθεί ως μια λύση για την αξιοποίηση της ως βιοενεργειακή πρώτη ύλη [29,48].*
- *Η αξιοποίηση της καλλιέργειας της μπορεί να χρησιμεύσει για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας , λόγω της θερμαντικής αξίας του ξύλου είναι υψηλή και μάλιστα μπορεί να καίγεται ακόμα και αν είναι πράσινο [19,74].*
- *Προσαρμόζεται σε διάφορους κλιματικούς τύπους, καθώς και σε ποίκιλα φάσματα τιμών θερμοκρασίας και ετήσιων βροχοπτώσεων (600-1900 mm). Παράλληλα, προσαρμόζεται σε ποικίλες τιμές pH που κυμαίνονται μεταξύ 4,6 και 8,2 [48].*
- *Η ανάπτυξη και η καλλιέργεια του φυτού μπορεί να γίνει ακόμα και σε άγονα και ξηρά εδάφη, αλλά για αποτελεσματικότερη παραγωγικότητα της ψευδακακίας προτιμούνται βαθιά, χαλαρά και νωπά εδάφη. Όμως, υπάρχουν και κάποιες προϋποθέσεις για την βελτίωση της και αυτά αφορούν κυρίως ως προς τον καλό αερισμό, φωτισμό και ύπαρξης εδαφικής υγρασίας [48].*
- *Έχει περιβαντολλογικά οφέλη, επειδή δεσμεύει πολλές ποσότητες αζώτου στο χώμα, λόγω της ταχείας ανάπτυξης του, και να χρησιμοποιηθεί ως ενδιάμεση καλλιέργεια για τον εμπλουτισμό του εδάφους, όπως σε αγρούς κριθαριού [49].*
- *Ο πολλαπλασιασμός της ψευδακακίας γίνεται μέσω των ριζωμάτων, χλωρών μοσχευμάτων, σπορόφυτων ή μικρο-πολλαπλασιασμού. Όμως, από μελέτες, έχει παρατηρηθεί ότι ο πολλαπλασιασμός από τους δυο πρώτους τρόπους δίνει εγγυημένη ποιότητα, αλλά είναι πιο ακριβό σε σχέση με τον τρόπο των σπόρων [73].*
- *Έχει μεγάλη οικονομική σημασία, επειδή έχουν μεγάλο ρόλο σε αναδασώσεις εδαφών και στην παραγωγή ξυλείας. Καλλιεργείται παγκόσμια και εκτιμάται ότι καλύπτει περίπου το 1/3 των καλλιεργούμενων εκτάσεων, αλλά στην Ευρώπη ακόμα η ψευδακακία δεν έχει χρησιμοποιηθεί ως ενεργειακή καλλιέργεια μεγάλης κλίμακας, με εξαίρεση την Ουγγαρία [74].*

2.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΦΥΤΩΝ

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά των ενεργειακών φυτών για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων όπως παρουσιάστηκαν σε αυτό το κεφάλαιο :

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά των ενεργειακών φυτών

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΦΥΤΑ	ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ (MJ/kg)	ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΣΕ ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ (ΤΟΝΟΙ/ΣΤΡΕΜΜΑ)	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ (ΤΙΠ/ΣΤΡΕΜΜΑ)	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ
Ευκάλυπτος	19.0	1.8-3.2	0.8-1.3	ΝΑΙ
Καλάμι	18.8	2-3	0.9-1.3	ΝΑΙ
Μίσχανθος	17.3	0.8-3	0.3-1.2	ΝΑΙ
Γρασίδι	18	2.6	1.8-3.6	ΝΑΙ
Αγριαγκινάρα	18-27	1.7-3.3	0.6-1.1	ΝΑΙ
Κυτταρινούχο Σόργο	-	3.5	3.6-6.3	ΝΑΙ
Κενάφ	18.6	0.7-2.4	1.5-3.3	ΝΑΙ
Ψευδακακία	17.8	1.4-2.3	1.4-2.3	ΝΑΙ

Από τον πίνακα παρατηρούμε οι θερμογόνο δύναμη του κάθε ενεργειακού φυτού κυμαίνονται περίπου στις ίδιες τιμές (17-19), εκτός από του κυτταρινούχου σόργου, όπου η τιμή της είναι άγνωστη. Όμως, η αγριαγκινάρα έχει την μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη, επειδή μπορεί να φτάσει η τιμή της στους 27 Mg/kg , με αποτέλεσμα να παράγει περισσότερη θερμική ενέργεια κατά την καύση του.

Οι αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα των ενεργειακών φυτών δείχνει ότι το κυτταρινούχο σόργο παράγει τη μεγαλύτερη ποσότητα βιομάζας από τα υπόλοιπα φυτά. Στη συνέχεια, ο ευκάλυπτος, το καλάμι και η αγριαγκινάρα έρχονται ως δεύτερα στην κατάταξη, επειδή μεταβάλλονται από χαμηλές έως υψηλές τιμές των δεικτών παραγωγής της βιομάζας τους (1.7-3.3 τόνοι/στρέμμα) και στην συνέχεια τα υπόλοιπα φυτά.

Το ενεργειακό δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών δείχνει ότι το κυτταρινούχο σόργο έχει την υψηλότερη τιμή, με αποτέλεσμα να παράγει περισσότερα ποσά ενέργειας σε διάφορες μορφές της (όπως ηλεκτρική ή θερμική). Στη συνέχεια ακολουθούν στην δεύτερη κατάταξη το κενάφ και το γρασίδι που κυμαίνονται σε παρόμοιες τιμές, στην τρίτη κατάταξη η ψευδακακία και τέλος όλα τα υπόλοιπα.

Τέλος, όσον' αφορά την καταλληλότητα τους για καλλιέργεια στην Ελλάδα είναι θετική, λόγω της προσαρμοστικότητας τους στις κλιματικές και εδαφικές μεταβολές, με αποτέλεσμα οι παραγωγοί να μην περιορίζονται στις επιλογές τις για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ (ΒΙΟ)ΚΑΥΣΙΜΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ενεργειακά φυτά που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 5. Οι ενεργειακές καλλιέργειες για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων [25]

1) Ελαιοκράμβη	5) Ζαχαρότευτλα
2) Ηλίανθος	6) Σόγια
3) Γλυκό Σόργο	7) Αραβόσιτος
4) Σιτάρι-Κριθάρι	8) Βαμβάκι

3.1.1 ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗ

Η ελαιοκράμβη είναι ετήσιο C3 φυτό και θεωρείται ότι προέρχεται από τις Μεσογειακές περιοχές. Στη σημερινή εποχή, η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης εξαπλώνεται παγκόσμια για την εξαγωγή λαδιού και καλλιεργείται σε μικρές πειραματικές εκτάσεις για την αξιολόγηση της ως ενεργειακό φυτό [50].

Από πειραματικές μελέτες, παρατηρήθηκε ότι οι αποδόσεις σε σπόρο κυμάνθηκαν από 150 έως 300 κιλά/στρέμμα καθώς και σε ξηρή βιομάζα που είναι από 300 έως 800 κιλά/στρέμμα, ανάλογα με την ποικιλία, τις καλλιεργητικές τεχνικές και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες. Παράλληλα, οι ενεργειακές εκτιμήσεις έδειξαν ότι από ένα στρέμμα ελαιοκράμβης παράγονται περίπου 150-300 κιλά/σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 60-115 λίτρα βιοντίζελ [19] .



Εικόνα 3.1 Ελαιοκράμβη [92]

Τα βασικά της ελαιοκράμβης ως ενεργειακό φυτό φαίνονται παρακάτω :

- Αποτελεί ως κύρια παραγωγή βιοντίζελ, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας της σε έλαια, όπου αποτελείται από ελαϊκό (60%), λινοκεϊκό (10%), λινολενικό (20%) και η περιεκτικότητα σε κορεσμένα οξέα δεν ξεπαιρνούν το 6%, καθώς και της αναγκαίας διαθέσιμης τεχνογνωσίας [50].
- Προσαρμόζεται σε διάφορους τύπους εδαφών, αλλά προτιμάται να είναι εδάφη βαθιά, γόνιμα, πλούσια σε οργανική ουσία και με αποστραγγιστική ικανότητα. Όσον αφορά το εδαφικό pH, η ελαιοκράμβη προτιμά τα όξινα εδάφη με ιδανικό εύρος ανάπτυξης 6-7,5. [50].
- Μπορεί να αναπτυχθεί σε ευρύ κλιματολογικές συνθήκες και ευδοκιμεί σε περιοχές με ήπιο και δροσερό καλοκαίρι. Συγκεκριμένα, η βέλτιστη θερμοκρασία βλάστησης είναι στους 10 °C και ανάπτυξης στους 20 °C , ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι στους 0 °C .Όμως σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το φυτό διακόπτει την ανάπτυξη του και επιβιώνει μέχρι και τους -15 °C [50].
- Το πυκνό και βαθύρριζο ριζικό της σύστημα διαθέτει πλούσιες διακλαδώσεις, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η σύσταση του εδάφους με πλούσια οργανική ουσία κατά την ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της καλλιέργειας στο έδαφος μετά την συγκομιδή [51].
- Η καλλιέργεια της ελαιοκράμβης αποτελεί ως ένα ικανοποιητικό εισόδημα για τους παραγωγούς, γιατί η παραγωγή της κυμαίνεται στα 220-230 κιλά με μέσο κόστος καλλιέργειας στα 40 ευρώ, ενώ στα χωράφια με άρδευση έφτασε στα 350 κιλά και κόστος 75-80 ευρώ [52].

3.1.2 ΗΛΙΑΝΘΟΣ

Ο ηλίανθος ανήκει στο γένος αγγειόσπερμων δικότυλων φυτών και στην οικογένεια των Σύνθετων της τάξης των Αστερωδών [53]. Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, η καλλιέργεια της έχει ελαττωθεί σημαντικά και η παραγωγή της εντοπίζεται κυρίως στο βορειο-ανατολικό μέρος της χώρας [25].

Από τα άνθη του εξάγεται μια κίτρινη χρωστική, υλικό που αλλάζει το χρώμα του φωτός που αντανακλάται, για την απορρόφηση συγκεκριμένων μηκών κύματος. Επιπλέον, τα συμπιεσμένα περικάρπια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή καύσιμη ύλη σε βιομάζα και από τους σπόρους να εξαχθεί βιοντίζελ [53].



Εικόνα 3.2 Ηλίανθος [93]

Η ενέργεια που περιέχει το λάδι του ηλίανθου είναι 39,4 MJ/kg, των σπόρων 26,3 MJ/kg και του αλεύρου 19,6 MJ/kg. Τέλος, 1 στρέμμα ηλίανθο παράγονται κατά μέσο όρο 150-300 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 60-115 λίτρα βιοντίζελ [19,29].

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ηλίανθου ως ενεργειακό φυτό φαίνονται παρακάτω :

- Αποτελεί ως μέσο σταθερού εισοδήματος και χαμηλού κόστους επένδυσης, γιατί ο ηλίανθος απαιτεί ελάχιστες ανάγκες (όπως λίπανση, άρδευση) για την ανάπτυξη του [54].

- Ο ηλίανθος χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Κατά την καύση του βιοντίζελ, απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μόνο διοξείδιο του άνθρακα που το φυτό έχει απορροφήσει κατά τη διάρκεια της ημέρας, με αποτέλεσμα να ελαττώνονται οι αέριοι ρύποι του θερμοκηπίου [54].
- Προσαρμόζεται σε όλους τους τύπους εδαφών, αλλά τα βαθιά και στραγγιζόμενα εδάφη δίνουν καλύτερα αποτελέσματα, και κλιματικών συνθηκών, ειδικότερα σε περιόδους ξηρασίας ο ηλίανθος είναι ανθεκτικότερο σε σχέση με άλλα φυτά, λόγω του ριζικού του συστήματος που φθάνει σε μεγάλο βάθος, εκμεταλλεύοντας την εδαφική υγρασία [54,55].
- Οι αποδόσεις του ηλίανθου είναι κατά 100 κιλά μεγαλύτερες σε σχέση με την μέση απόδοση άλλων φυτών (όπως βαμβάκι). Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες στην Αττική σε τέσσερα υβρίδια του φυτού, οι τελικές αποδόσεις σε σπόρο ήταν από 820 κιλό/στρέμμα έως 670 κιλό/στρέμμα και η περιεκτικότητα του ελαίου των τεσσάρων υβριδίων ξεπερνούσε το 37% [56].
- Κατά την συγκομιδή του ηλίανθου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ίδιες μηχανές για το αραβόσιτο, με την προσθήκη κατάλληλου μαχαιριού για τον αλωνισμό του, με αποτέλεσμα στην συγκομιδή να μην απαιτούνται περαιτέρω έξοδα [54].
- Εκτός από την ενεργειακή του αξιοποίηση, έχει τεράστια οικονομική σημασία στο λάδι (ηλιέλαιο) και συνήθως χρησιμοποιείται για τηγάνισμα, γιατί η θερμοκρασία καπνίσματος του φτάνει περίπου στους 230 ° C. Επιπλέον, από τους σπόρους του ηλίανθου παράγονται διάφορες τροφές, όπως οι ηλιόσποροι, ψωμί και αλκοόλη, από κονδύλους [53].
- Στην Ελλάδα, το ηλιέλαιο παράγεται σε μεγάλες ποσότητες, επειδή κλιματικές συνθήκες και η αγροτική πολιτική για την καλλιέργεια είναι ευνοϊκές, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα [76].

3.1.3 ΓΛΥΚΟ ΣΟΡΓΟ

Το γλυκό σόργο είναι γένος αγγειόσπερμων μονοκότυλων φυτών και ανήκει στην ομάδα των σιτηρών [57]. Παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, λόγω της φωτοσυνθετικής του ικανότητας, τις υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (όπως άρδευση,

λίπανση) και της προσαρμοστικότητας του σε διάφορες εδαφικές και κλιματικές συνθήκες. Τα τελευταία χρόνια μελετάται παγκόσμια, Ευρώπη και Η.Π.Α. , για παραγωγή αλκοόλης από τα στελέχη του και μπορεί να αποδώσει 7000-9000 κιλά/στρέμμα και να παραχθούν 700-900 λίτρα/στρέμμα βιοκαύσιμο υποκατάστατο της βενζίνης [25,29].



Εικόνα 3.3 Γλυκό σόργο [94]

Κατόπιν, μετά την επεξεργασία του γλυκού σόργου, μένουν μεγάλες ποσότητες υπολείμματος υψηλής θερμογόνου δύναμης, όπου μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες στην παραγωγή της και στην μετατροπή του σε αλκοόλη.

Οι αποδόσεις σε σάκχαρα ποικίλει από 9-13,2% επί του χλωρού βάρους των στελεχών, ενώ οι αποδόσεις με βάση την παραγωγή φτάνουν τους 1,2 τόνους/στρέμμα [19].

Τα βασικά χαρακτηριστικά του γλυκού σόργου ως ενεργειακό φυτό είναι τα ακόλουθα :

- Χρησιμοποιείται ως εναλλακτικό καύσιμο χάρης της μεγάλης περιεκτικότητας σε σάκχαρα των κορμών και των καρπών του και με την κατάλληλη επεξεργασία να μπορεί να αντικαταστήσει την βενζίνη.
- Έχει μικρές απαιτήσεις σε παροχή λιπάσματος και άρδευσης σε σχέση με άλλα φυτά, με αποτέλεσμα το γλυκό σόργο να θεωρείται ως μια οικονομική και εναλλακτική λύση καλλιέργειας.

- Δεν χρησιμοποιείται ως βασική τροφή για τον άνθρωπο ή για τα ζώα, με αποτέλεσμα να μην οδηγείται στην αύξηση τιμής των τροφίμων και να μην επηρεάζεται η τροφική αλυσίδα.
- Προσαρμόζεται σε συνθήκες με αυξημένη ποσότητα αλατότητας των εδαφών και περιορισμένης υγρασίας, και έχει αντοχή στην αύξηση τιμών θερμοκρασίας και περιεκτικότητας σακχάρων.
- Η καλλιέργεια του γλυκού σόργου μπορεί να αυξήσει το εισόδημα των αγροτών, να δημιουργήσει νέες θέσεις απασχόλησης και να μειώσει την ανάγκη για αξιοποίηση των ορυκτών καυσίμων [58].
- Γίνονται μελέτες για την δυνατή αξιοποίηση του γλυκού σόργου ως πρώτη ύλη στην παραγωγή βιοαιθανόλης σαν καύσιμο μεταφορών, αφού παρατηρήθηκε ότι αποβάλλει λιγότερα απόβλητα μετά την παραγωγή αιθανόλης σε σχέση με άλλα φυτά, όπως το σιτάρι [25,80].
- Ο γλυκός σόργο μπορεί να αποτελέσει ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαέριου. Συγκεκριμένα με την κατάλληλη επεξεργασία του στους βιοαντιδραστήρες προκύπτει το μεθάνιο και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από τις μηχανές εσωτερικής καύσης [59].
- Δυνατότητα δεύτερης κοπής (μοσχεύματος) για τον πολλαπλασιασμό του, ώστε να αναπτυχθεί το ριζικό του σύστημα και να δώσει νέα φυτά που διαθέτουν ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά με το «αρχικό» πριν κοπεί [80].

3.1.4 ΣΙΤΑΡΙ-ΚΡΙΘΑΡΙ

Το σιτάρι και το κριθάρι είναι αγγειόσπερμα, μονοκοτυλήδονα φυτά και ανήκουν στην οικογένεια των ποσειδών. Το σιτάρι, το οποίο χωρίζεται σε μαλακό και σκληρό, καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο και ο καρπός του είναι βασική τροφή που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή αλευριού, ζωοτροφών και άχυρου, καθώς και για παρασκευή ποτών και καυσίμων. Παράλληλα, το κριθάρι καλλιεργείται από τα παλαιότερα χρόνια σε μεγάλη ποικιλία κλιμάτων, αλλά σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως για την Παρασκευή ψωμιού, μπίρας και ζωοτροφής [60,61].



Εικόνα 3.4 α) Σιτάρι [95]



Εικόνα 3.4 β) Κριθάρι [96]

Σύμφωνα με μελέτες στο Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης, οι αποδόσεις σκληρού σιταριού είναι από 150-800 κιλά/στρέμμα, ενώ του μαλακού σιταριού είναι από 200-900 κιλά/στρέμμα. Οι αποδόσεις των δύο τύπων σιταριού σε σπόρο επί τις εκατό του συνολικού βάρους των υπέργειων οργάνων (φύλλα, άνθη, καρποί) του είναι 30-56%.

Ενώ οι μέσες αποδόσεις του κριθαριού κυμαίνονται από 150-700 κιλά/στρέμμα και οι αποδόσεις σε σπόρο επί τις εκατό του συνολικού των υπέργειων οργάνων του είναι 23-54%.

Τέλος, οι ενεργειακές εκτιμήσεις του σιταριού δείχνουν ότι από ένα στρέμμα σιτάρι παράγονται κατά μέσο όρο 150-800 κιλά σπόρου με αντίστοιχη παραγωγή 45-240 λίτρα βιοαιθανόλης [19].

Τα βασικά χαρακτηριστικά του σιταριού και του κριθαριού ως ενεργειακά φυτά φαίνονται παρακάτω :

- Χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων, συγκεκριμένα βιοαιθανόλης [19].
- Καλή προσαρμοστικότητα σε διάφορους τύπους εδαφών και κλιματικών συνθηκών, για αυτούς τους λόγους παρατηρούμε ότι καλλιεργούνται παγκόσμια σε όλο τον κόσμο [61].
- Η τέφρα, που δημιουργείται κατά την καύση του άχυρου (σιταριού), αποτελείται από θρεπτικά συστατικά σε φώσφορο και κάλιο, με αποτέλεσμα να συνιστάται η επανακυκλοφορία της τέφρας στο αγροτικό έδαφος, αλλά με συγκεκριμένη ποσότητα λόγω των βαρέων μετάλλων, που επίσης περιέχει.
Το βιοεξανθράκωμα που παράγεται κατά την αεριοποίηση ή την πυρόλυση του σιταριού περιέχει ποσότητες άνθρακα και θρεπτικών ουσιών, αλλά από γεωργική άποψη, αυτά θεωρούνται ως το καλύτερο, σε σχέση με την τέφρα.
- Γίνεται μελέτη για την αξιοποίηση παραγωγής θερμότητας, κυρίως του άχυρου, λόγω του χαμηλού και οικονομικού κόστους στην ποσότητα της πρώτης ύλης.
- Κατά την καύση τους δεν παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, με αποτέλεσμα να μην συντελούν στο πρόβλημα του φαινομένου του θερμοκηπίου και να θεωρούνται ως μια βιώσιμη λύση για την παραγωγή ενέργειας και απεξάρτηση των χωρών από τα ορυκτά καύσιμα [62].
- Η παραγωγή βιοαιθανόλης αποτελείται από περιεκτικότητα ζάχαρης ή αμύλου. Επειδή το κριθάρι και το σιτάρι είναι πλούσια σε ποσότητα αμύλου μπορούν μέσω της ζύμωσης να εξάγουν αποτελεσματικά αυτό το φυτικό καύσιμο [72].

3.1.5 ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΑ

Τα ζαχαρότευτλα είναι ένα C3 φυτό των εύκρατων περιοχών. Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε ζάχαρη (13-22%), αξιοποιείται εμπορικά για την παραγωγή ζάχαρης. Τα παραπροϊόντα της επεξεργασίας τους είναι :

- Η μελάσα, που χρησιμοποιείται στην παραγωγή αλκοόλης και ζυμών αρτοποιίας
- τα νωπά και τα μελασομένα ξηρά πέλλετες που χρησιμοποιούνται στη διατροφή ζώων [63]



Εικόνα 3.5 Ζαχαρότευτλο [97]

Στην Ελλάδα, οι μέσες αποδόσεις ζαχαρότευτλων ανέρχονται στα 6000 κιλά/στρέμμα, όπου αυτές οι τιμές θεωρούνται ως τις υψηλότερες από όλες τις ευρωπαϊκές χώρες, γιατί παρατηρείται ότι όσο περνάει ο χρόνος τόσο μειώνεται της καλλιέργειας του, αφού το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής χρησιμοποιείται περισσότερο για ανθρώπινη κατανάλωση και δευτερεύον ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Επιπλέον, οι ενεργειακές εκτιμήσεις δείχνουν ότι από 1 στρέμμα ζαχαρότευτλα παράγονται κατά μέσο όρο 550-700 λίτρα βιοαιθανόλης [19].

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ζαχαρότευτλου ως ενεργειακό φυτό φαίνονται παρακάτω :

- *Καλλιεργείται σε διάφορους τύπους εδαφών , αλλά προτιμά τα βαθιά, με καλή στράγγιση, γόνιμης (μέχρι μέση γόνιμα) εδάφη που είναι πλούσια σε θρεπτικές ουσίες και με pH 6,5-8. Συγκεκριμένα, τα βαθιά, αμμοπηλώδη εδάφη θεωρούνται ιδανικά για το σχηματισμό της ζαχαρότευτλα , στην ομοιομορφία των ριζών της, καθώς και για την ποιοτική και ποσοτική απόδοση της καλλιέργειας της.*
- *Μπορεί να προσαρμοστεί σε ποικίλες τιμών κλιματικών συνθηκών, αλλά η ιδανική θερμοκρασία για την ανάπτυξη της ζαχαρότευτλα είναι μεταξύ 19-22 °C . Επιπλέον, το φυτό αυτό ,λόγω του υψηλού όγκου παραγωγής, χρειάζεται την υγρασία και γενικά μεγάλες ποσότητες νερού. Να σημειωθεί ότι η επαρκής εδαφική υγρασία και η ηλιοφάνεια συνεισφέρουν θετικά στην περιεκτικότητα της ρίζας σε ζάχαρη [63].*

- Η καλλιέργεια της ζαχαρότευτλα μπορεί να ικανοποιήσει τους επενδυτές παρέχοντας τους εισόδημα, ταυτόχρονα και δικιά τους παροχή ενέργειας [29].
- Η βιοαιθανόλη, μέσω κάποιων συγκεκριμένων διεργασιών, μπορεί να παραχθεί από σάκχαρα , όπου εντοπίζονται είτε στα ζαχαρότευτλα και στους καρπούς φυτών, που περιέχουν άμυλο, είτε στην κυτταρίνη, που περιέχεται στο βλαστό και στα φύλλα, και είναι πλούσια σε σάκχαρα. Όμως, η εξαγωγή σακχάρων, με χημικούς τρόπους, από την κυτταρίνη είναι πιο δύσκολη να διασπαστεί, η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων διευκολύνει τους παραγωγούς στον σκοπό τους, αφού οι ρίζες του φυτού περιέχουν μεγάλη ποσότητα σακχάρων και δεν χρειάζονται πολλές επεξεργασίες [64].

3.1.6 ΣΟΓΙΑ

Η σόγια είναι ετήσιο ποώδες φυτό της οικογενείας των ψυχανθών. Προσφέρει το 52% των ελαιούχων σπόρων παγκοσμίως και καλλιεργείται κυρίως για τους σπόρους της, όπου συνήθως μετά από βιομηχανική επεξεργασία χρησιμοποιούνται ως πηγή λαδιού.

Επιπλέον, μικρές ποσότητες σπόρου χρησιμοποιούνται για την παραγωγή φαγητών, αφού περιέχουν 40% πρωτεΐνη και 21% λάδι, αλλά είναι περιορισμένη η αξιοποίηση της σόγιας για την παραγωγή χόρτου και για χλωρά λίπανση [65].



Εικόνα 3.6 Σόγια [98]

Από μελέτες που διεξήγαγαν στην Η.Π.Α. την τελευταία δεκαετία, η οποία αποτελεί ως κύρια παραγωγός της σόγιας, ξεπερνούσαν τα 280 kg/στρέμμα ,ενώ υπήρχαν άλλες περιοχές που ξεπέρασαν την παραγωγή στα 350 kg/στρέμμα. Γενικά , η παγκόσμια παραγωγή σόγιας εκτιμάται ότι είναι στα 217 kg/στρέμμα.

Σε πειραματικό στάδιο, οι στρεμματικές αποδόσεις των σπόρων σε συνθήκες πλήρους άρδευσης και λίπανσης είναι στα 569 kg. Όμως, σύμφωνα με αναφορά των Κίττας και άλλοι (2007) δείχνουν ότι από 160-240 στρεμματικής απόδοσης σε σπόρο προκύπτουν 29-44 λίτρα βιοντίζελ/στρέμμα. Παράλληλα, όσον αφορά την παραγωγή βιομάζας , εκτιμάται σε πειραματικές αποδόσεις, να είναι στα 633 gr/ τετραγωνικό μέτρο μη ξηρή μέγιστη βιομάζα [66].

Τα βασικά χαρακτηριστικά της σόγιας ως ενεργειακό φυτό φαίνονται παρακάτω :

- Οι εδαφικές απαιτήσεις της σόγιας δεν είναι πολλές, αλλά θα πρέπει το χώμα να μην είναι αμμώδες, αργιώδες και να στραγγίζεται καλά. Ωστόσο, μεγαλύτερη αποδοτικότητα παρουσιάζει σε εδάφη πλούσιες σε θρεπτικές ουσίες και σε πηλώδη. Μπορεί να αναπτυχθεί σε διάφορες εδαφικές τιμές pH από 5,8-7,5 ,αρκεί να μην υπάρχουν συγκεντρώσεις ασβεστίου, αλλά έχει αποδειχτεί ότι η ιδανική τιμή είναι το 6,3-6,5. Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της σόγιας είναι ότι μπορεί να καλλιεργηθεί σε εδάφη μολυσμένα από το πετρέλαιο και να βελτιώσει τις αρνητικές ιδιότητες των χωμάτων τους χωρίς να υπάρχει κάποια βλαβερή επίπτωση στην ανάπτυξη της. Εκτός από αυτό, η σόγια μπορεί να φιλτράρει κάδμιο (Cd) από τα μολυσμένα εδάφη.
- Ιδανική θερμοκρασία της σόγιας για την ανάπτυξη του κυμαίνεται από 16-38 °C , ενώ όσον αφορά την αντοχή της σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι από 0 έως -2 °C. Γενικά, αν τα φυτά είναι σκληραγωγημένα μπορούν να αντέξουν σε τέτοιες αντίξοες συνθήκες και αυτό γίνεται μέσω «μηχανισμού» ενυδάτωσης των σπόρων σε 20% υγρασία, για να αυξάνεται η ανθεκτικότητα της σόγιας [66].
- Η σόγια μπορεί να καλλιεργηθεί με αποτελεσματικές αποδόσεις και να δώσει πρόσθετο εισόδημα στους παραγωγούς. Στην Ελλάδα, αφού η παραγωγή αποδόθηκε από την Ε.Ο.Κ., οι παραγωγοί μπορούν να διαμορφώνουν και να αυξήσουν τις διεθνείς τιμές του προϊόντος και να εξασφαλίσουν υψηλές αποδόσεις [67].
- Οι περιοχές με ευνοϊκό κλίμα κατά το Σεπτέμβριο μπορούν να έχουν διπλή καλλιέργεια , συνήθως με σιτηρά ή με ελαιοκράμβη. Αν υπάρχει αρκετή ποσότητα νερού το καλοκαίρι η συγκεκριμένη καλλιέργεια μπορεί να αποδειχτεί αρκετά

επικερδές. Το παραγωγικό δυναμικό της επίσπορης σόγιας είναι συνήθως το 40-70 % της κύριας καλλιέργειας [68].

- Το βιοντίζελ αποτελείται από μονοαλκυλικούς εστέρες, οι οποίοι παράγονται από φυτικά έλαια, ζωικά λιπαρά και χρησιμοποιημένα λίπη. Σύμφωνα με έρευνες, έχει αποδειχτεί ότι το βιοντίζελ, που προέρχεται από σογιέλαιο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους πετρελαιοκινητήρες με μικρές ή καθόλου τροποποιήσεις [69].

3.1.7 ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

Ο αραβόσιτος, ή αλλιώς καλαμπόκι, είναι σιτηρό της οικογένειας των Ποσειδών ή Αγρωστώδων και κατάγεται από την αμερικανική ήπειρο [70]. Η εξαγωγή του καλαμποκιού χρησιμοποιείται για την ανθρώπινη και ζωική τροφή, καθώς αποτελείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης τα τελευταία χρόνια [19].



Εικόνα 3.7 Αραβόσιτος [99]

Ο αραβόσιτος είναι ένα ισχυρό σε θερμογόνο ικανότητα βιοκαύσιμο της τάξης 4,8-6,2 kcal/kg, να σημειωθεί ότι αναφερόμαστε σε κατώτερης ποιότητας, χαμηλό σε υγρασία, έτσι ώστε να υπάρχει μεγαλύτερο οικονομικό όφελος [70].

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης, οι ελληνικές μέσες αποδόσεις αραβόσιτου είναι από 600-1800 kg/στρέμμα, ενώ οι αποδόσεις σε σπόρο επί τις εκατό του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του είναι 35-50%. Τέλος, οι ενεργειακές εκτιμήσεις δείχνουν ότι από 1 στρέμμα αραβόσιτου παράγονται κατά μέσο όρο 240-360 λίτρα βιοαιθανόλης [19].

Τα βασικά χαρακτηριστικά του αραβόσιτου ως ενεργειακό φυτό φαίνονται παρακάτω :

- Προτιμά εδάφη με μέση σύσταση, βαθιά, πλούσια σε θρεπτικά συστατικά , ικανότητα συγκράτησης νερού και με αερισμό, για την διασφάλιση της ανάπτυξης του ριζικού του συστήματος και στον άριστο εφοδιασμό με νερό και ανόργανα στοιχεία. Επιπλέον, αναπτύσσεται σε εδάφη με pH 6-7,2 και δεν πρέπει το έδαφος να έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε μαγνήσιο Mg , κυρίως αν είναι βαρύ, φτωχό σε θρεπτικές ουσίες και με αναλογία $Ca:Mg > 1$. Τέλος, ο αραβόσιτος δεν έχει αντοχή σε συγκέντρωση αλάτων [70,71].
- Για την απόδοση της καλλιέργειας καθοριστικό ρόλο έχουν οι ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας, η υγρασία, η ηλιοφάνεια και η υγεία του φυλλώματος, επειδή θεωρείται φυτό θερμών κλιμάτων.
- Χρησιμοποιούνται υβρίδια γενετικά τροποποιημένα καλαμπόκια για την εξασφάλιση του παραγωγικού δυναμικού και την αντοχή του σε ασθένειες και έντομα. Στην Ελλάδα, χρησιμοποιούνται τα χονδρόσπυρα υβρίδια και επιλογή τους εξαρτάται από την εποχή σποράς, στην διαθέσιμη ποσότητα νερού και στην προσαρμοστικότητα τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι πάντα χρησιμοποιείται πιστοποιημένος σπόρος με άριστη φυτρωτική ικανότητα και εφοδιασμένος με φυτοπροστατευτικά προϊόντα, για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων [71].
- Για την παραγωγή φυτικών καυσίμων υπάρχουν δύο τρόποι, ο ένας με την αξιοποίηση και την εξαγωγή φυτών με υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη και ο άλλος με άμυλο. Επειδή ο αραβόσιτος είναι πλούσιος σε περιεκτικότητα αμύλου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην συνέχεια με τη διαδικασία της ζύμωσης να παράχθει αιθυλική αλκοόλη [72].
- Γενικά τα φυτά μέσω τροποποίησης μπορούν να δώσουν μεγαλύτερη απόδοση, να μειώσουν τα έξοδα (όπως λίπανση και ζιζανιοκτόνα) και να χρειάζονται λιγότερη ποσότητα νερού. Αυτή η υψηλή απόδοση μπορεί να επιτευχθεί και από απλά, συμβατικά καλλιεργούμενα φυτά, όπως ο αραβόσιτος [72].

3.1.8 BAMBAKI

Το βαμβάκι είναι Αγγειόσπερμο, δικότυλο φυτό, που ανήκει στην τάξη των μαλαχωδών και στην οικογένεια Μαχαλοειδών. Είναι ιθαγενές των περιοχών Ασίας και Κίνας και φημίζεται ,από τα παλαιότερα χρόνια, για την παραγωγή του σε ίνες. Σήμερα, καλλιεργείται από πολλές χώρες παγκοσμίως και χρησιμοποιείται για την κατασκευή υφασμάτων, στην εξαγωγή λαδιού, δηλαδή το βαμβακέλαιο, την παρασκευή βαμβακόπιτας, που χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή και για την παραγωγή βιοντίζελ [75].

Στις ενεργειακές καλλιέργειες υπάρχουν ορισμένα φυτά που έχουν ως σκοπό στην παραγωγή βιομάζας και ένα από αυτά είναι το βαμβάκι όπου μπορεί να δώσει 18-25 λίτρα/στρέμμα για βιοντίζελ και με ενεργειακή απόδοση 120-160 kg/στρέμμα [29,30].

Ο βαμβακόσπορος μπορεί με θερμή πίεση να δώσει 12-18% έλαιο οπότε έχοντας ως δεδομένο ότι παράγονται περίπου 350kg σύσπορο βαμβάκι, προκύπτει να έχει παραγωγή 20-32 kg ελαίου/στρέμμα/έτος. Αυτό το καθιστά ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ , εφόσον συνεχιστεί η εκμετάλλευση καλλιέργειας του για την εξαγωγή ινών [76].



Εικόνα 3.8 Βαμβάκι [100]

Τα βασικά χαρακτηριστικά του βαμβακιού ως ενεργειακό φυτό φαίνονται παρακάτω :

- Για την καλύτερη και αποτελεσματικότερη ανάπτυξη του βαμβακιού, απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες. Το κλίμα που προτιμά είναι μέτρια ζέση και κρύα άνοιξη με συχνές βροχοπτώσεις, αλλά μικρής έντασης.
- Το βαμβάκι προτιμά εδάφη που είναι αμμοπηλώδη με αρκετή ποσότητα αργιλίου και οργανικές ουσίες, με ελάχιστες ποσότητες αζώτου και φωσφόρου. Ένα πλεονέκτημα του βαμβακιού είναι ότι μπορεί να καλλιεργηθεί στο ίδιο χωράφι για πολλά χρόνια, χωρίς να επηρεαστεί η απόδοση της παραγωγής [75].
- Προσφέρει οικονομικά οφέλη στους παραγωγούς στην διεθνή αγορά, χρησιμοποιώντας συλλογικά σχήματα, για την εξασφάλιση της ποιότητας και της ανταγωνιστικότητας του εμπορίου. Από τα συλλογικά σχήματα παραγωγής μπορούν να παραχθούν μετρήσιμες ποσότητες ίδιας ποιότητας αγοράς (τυποποιημένο προϊόν), για να μειωθεί το κόστος παραγωγής και στην καλύτερη διαχείριση των διαφόρων ποικιλιών [77].
- Γίνονται έρευνες για την δημιουργία νέων ποικιλιών βαμβακιού με ειδικά χαρακτηριστικά, όπως αντοχή ινών ή υψηλή απόδοση ινών, για να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις και ανάγκες των καταναλωτών και στην αξιοποίηση εισροών (νερό και λίπασμα) των παραγωγών [78].
- Οι πρώτες ύλες ,που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή βιοντίζελ, αποτελούνται από τα φυτικά έλαια καθώς και από τα ζωικά λίπη. Τα φυτά αυτά που παράγονται σε μεγάλες ποσότητες και χαμηλού κόστους είναι το κραμβέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο, φοινικέλαιο και το βαμβακέλαιο. Στην Ελλάδα, σε μεγάλες ποσότητες παράγεται το βαμβακέλαιο (και το ηλιέλαιο) , επειδή κλιματικές συνθήκες και η αγροτική πολιτική για την καλλιέργεια είναι ευνοϊκές, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα [76].
- Από τα στελέχη του βαμβακιού μπορούν μέσω χώνευσης ή άλλων διεργασιών να παράγουν εκτός από καύσιμα και βιοαέριο. Εκτός από αυτό, τα αγροτικά υπολείμματα από την καλλιέργεια του βαμβακιού μετά το τέλος του βιολογικού τους κύκλου, χαρακτηρίζεται ότι αποτελούν πηγή παραγωγής ενέργειας με ικανοποιητική θερμογόνο δύναμη, αλλά πρέπει να συμπληρωθεί ότι η συγκέντρωση αυτών των υπολειμμάτων γίνονται πηγή παρασίτων, με αποτέλεσμα να καταστρέφεται η καλλιέργεια [79].

3.2 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΦΥΤΩΝ

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά των ενεργειακών φυτών για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων :

Πίνακας 5. Χαρακτηριστικά των ενεργειακών φυτών [29]

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΦΥΤΑ	ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΣΕ ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ (ΤΟΝΟΙ/ΣΤΡΕΜΜΑ)	ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΟ (ΛΙΤΡΑ/ΣΤΡΕΜΜΑ)	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ
Ελαιοκράμβη	0.3-0.8	43-90	ΝΑΙ
Ηλίανθος	0.67-0.82	45-75	ΝΑΙ
Γλυκό Σόργο	1.2	675-900	ΝΑΙ
Σιτάρι- Κριθάρι	0.15-0.9	45-240	ΝΑΙ
Ζαχαρότευτλα	6	600	ΝΑΙ
Σόγια	7-10	29-44	ΝΑΙ
Αραβόσιτος	0.6-1.8	270	ΝΑΙ
Βαμβάκι	0.35	18-25	ΝΑΙ

Από τον πίνακα παρατηρούμε ότι η σόγια δίνει την μεγαλύτερη απόδοση σε ξηρή βιομάζα κατά την καύση του. Στην δεύτερη κατάταξη ακολουθεί η ζαχαρότευτλα με μικρή διαφορά από τη σόγια. Το επόμενο είναι το γλυκό σόργο , όπου απέχει η τιμή του παρά πολύ από τα 2 προηγούμενα και τέλος τα υπόλοιπα, όπου οι τιμές τους είναι παρόμοιες και δεν αποδίδουν ψηλές τιμές αποδόσεων σε βιομάζα.

Όσον' αφορά τις αποδόσεις σε βιοκαύσιμο το γλυκό σόργο παράγει τα περισσότερα λίτρα καυσίματος σε σχέση με τις υπόλοιπες ενεργειακές καλλιέργειες. Στην συνέχεια ακολουθεί η κατηγορία ζαχαρότευτλα με 600 λίτρα/στρέμμα και μετά ο αραβόσιτος με 270 λίτρα/στρέμμα. Από τις υπόλοιπες ενεργειακές καλλιέργειες μόνο το βαμβάκι παράγει την λιγότερη ποσότητα σε καύσιμο , οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η καλλιέργεια της δεν συμφέρει για τις απαιτήσεις των παραγωγών σε καύσιμα.

Τέλος, όσον' αφορά την καταλληλότητα τους για καλλιέργεια στην Ελλάδα είναι θετική, λόγω της προσαρμοστικότητας τους στις κλιματικές και εδαφικές μεταβολές, με αποτέλεσμα οι παραγωγοί να μην περιορίζονται στις επιλογές τις για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

4.1 ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Τα τελευταία χρόνια, επειδή η Ελλάδα θέλει να συμμετάσχει στο νέο τρόπο παραγωγής ενέργειας, έχουν αναπτυχθεί κάποιες βιομηχανίες που συμβάλλουν στην επίτευξη του στόχου. Κάποιες από αυτές θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν στις επόμενες υποενότητες όπως:

- Easy2find Biomass and Energy
- GF Energy
- Αγροενέργεια - Agroenergy
- Άλλα εργοστάσια παραγωγής και εμπορίας βιοντίζελ

4.1.1 Easy2find Biomass and Energy

Η Easy2find Biomass and Energy είναι μια εταιρία, που μέσω της θυγατρικής Eucalyptus, δραστηριοποιείται σε δυναμικές βιολογικές καλλιέργειες ενεργειακών φυτών Ευκαλύπτου για την παραγωγή βιομάζας και καυσίμων [101].



Εικόνα 4.1 Φυτώριο της εταιρίας [102]

Παρακάτω παρουσιάζεται ο χάρτης της εταιρείας, όπου απεικονίζονται πληροφορίες σχετικά με τα γραφεία της εταιρείας, τις περιοχές ενεργειακών καλλιεργειών, οι μονάδες παραγωγής ενέργειας και τα φυτώρια.



Εικόνα 4.2 Χάρτης της Easy2find [103]

- Με κόκκινο χρώμα υποδεικνύεται σε ποιες περιοχές βρίσκονται οι μονάδες παραγωγής ενέργειας.
- Με κίτρινο χρώμα φαίνονται οι τοποθεσίες άλλων εταιριών, όπου έχει γίνει επενδυτική απόφαση με την εταιρεία Easy2find για την καλλιέργεια του Ευκαλύπτου.
- Με μπλε χρώμα απεικονίζονται τα γραφεία της εταιρίας.
- Με πράσινο οι περιοχές όπου αξιοποιούνται για την καλλιέργεια του Ευκαλύπτου από την ίδια την εταιρία.
- Με καφέ χρώμα το οικόπεδο
- Με γκρι χρώμα τα φυτώρια.

Πίνακας 6. Περιοχές των σημείων του Χάρτη

Μονάδα παραγωγής ενέργειας (Κόκκινο)	Συμβολαϊκή καλλιέργεια (Κίτρινο)	Γραφείο εταιρίας (Μπλε)	Ενεργειακή καλλιέργεια (Πράσινο)	Οικόπεδο (Καφέ)	Φυτόριο (Γκρι)
<ul style="list-style-type: none"> - Σητεία - Άγιος Γεώργιος Βοιών - Κάμπος Βοιών Μονεμβασιάς - Δαιμονιά Ασωπού - Ασωπός - Σπάρτη - Έλος - Ριβιώτισσα Σπάρτης - Βορδόνια Πελλάνας - Καρυές - Κάτω Δολιανά Βόρειας Κυνουρίας - Τρίπολη - Πάτρα - Δεσφίνα Δελφών - Θέρμο - Γραβιά - Αλμυρός - Κρηνίτσα Παληόκαστρου - Ηγουμενίτσα 	<ul style="list-style-type: none"> - Καμίνια - Ξηρομέρη - Στυλίδα - Βόλος - Λιτόχωρο 	<ul style="list-style-type: none"> - Παλαιό Φάληρο - Ναύπακτος 	<ul style="list-style-type: none"> - Μονεμβασιά - Δαφνί - Καρυές - Πάτρα - Αλμυρός 	<ul style="list-style-type: none"> - Δαφνί - Σπάρτη - Θέρμος - Λαμία - Αλμυρός - Ηγουμενίτσα 	Γαυρολίμνη

Τεχνολογίες παραγωγής βιοκαυσίμων με βάση τις ενεργειακές καλλιέργειες

Για την παραγωγή βιοκαυσίμων από τις ενεργειακές καλλιέργειες, η εταιρεία Easy2find Biomass and Energy χρησιμοποιεί την μέθοδο της αεριοποίησης. Η αεριοποίηση είναι μια θερμοχημική διεργασία μερικής οξείδωσης της στερεάς βιομάζας για την παραγωγή αερίου σύνθεσης (syngas). Η βιομάζα θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία με παρουσία ατμού, αέρα ή οξυγόνου, αλλά η χρήση του συνήθως αποφεύγεται λόγω υψηλού κόστους.

Η διαδικασία της μεθόδους αυτή ακολουθεί ορισμένα βήματα. Αρχικά, έχουμε την θέρμανση της βιομάζας, συγκεκριμένα του ευκαλύπτου, περίπου στους 100 °C, ώστε να ξεραθεί και να εξατμιστεί το νερό που περιέχει (ξήρανση). Στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία της πυρόλυσης του ευκαλύπτου, περίπου στους 300 °C, και σχηματίζεται ανθρακούχο υπόλειμμα. Τα υποπροϊόντα αυτού του σταδίου, τα οποία δεν αεριοποιούνται, είναι κυρίως η τέφρα.

Με την καύση που πραγματοποιείται στο επόμενο στάδιο, περίπου στους 1400 °C, το ανθρακούχο υπόλειμμα οξειδώνεται και καίγεται μέρος άλλων παραγόμενων προϊόντων της πυρόλυσης. Τέλος, κατά την αεριοποίηση του, περίπου στους 1000 °C, αντιδρούν και παράγουν το αέριο σύνθεσης (syngas). Το τελικό παραγόμενο αέριο είναι ένα μείγμα αερίων, που αποτελείται από :

Πίνακας 7. Μείγμα αερίων με τις συστάσεις τους(%) [111]

Μονοξείδιο του άνθρακα (35-40%)	Ίχνη υδρογονανθράκων (ελάχιστο ποσοστό)
Διοξείδιο του άνθρακα (25-35%)	Άζωτο (2-5%)
Υδρογόνο (20-40%)	Υδρατμούς (ελάχιστο ποσοστό)
Μεθάνιο (0-15%)	

Επιπλέον εμφανίζονται σωματίδια πίσσας, τέφρας αμμωνίας, οξέων και βαρέων υδρογονανθράκων [104].



Εικόνα 4.3 Παραγωγή Syngas- Αεριοποίηση[105]

Προϊόντα που παράγονται από τον ευκάλυπτο

Αφού παραχθεί το τελικό προϊόν συγκεκριμένα το αέριο σύνθεσης syngas, δύναται η κατεργασία του σε κηροζίνη μετά από κατάλληλη χημική διαδικασία. Η παραγόμενη κηροζίνη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως είναι ή μέσω διύλισης για τη δημιουργία άλλων υγρών καυσίμων, όπως της βενζίνης και του diesel [106]. Η διαδικασία παραγωγής κηροζίνης δεν αποτελεί μέρος της παρούσης διπλωματικής εργασίας.



Εικόνα 4.4 Παραγωγή κηροζίνης [106]

Εκτός από την κηροζίνη, είναι δυνατόν να παραχθεί και συνθετικό βιοντίζελ μετά από εμπλουτισμό με υδρογόνο. Το συνθετικό Biodiesel μπορεί να αξιοποιηθεί σε εφαρμογές κίνησης ή θέρμανσης, καθώς και για την παραγωγή ρεύματος σε συμβατικές γεννήτριες πετρελαίου [107]. Έτσι δύναται η δημιουργία καυσίμων με μηδενικούς ρύπους.



Εικόνα 4.5 Παραγωγή βιοντίζελ [108]

Τέλος, τα στερεά ανθρακώδη υπολείμματα ,που προκύπτουν από την πυρόλυση του ευκαλύπτου σε συνθήκες περιορισμένης ή μηδενικής περιεκτικότητας σε οξυγόνο, είναι το λεγόμενο βιοεξανθράκωμα (biochar). Αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για την βελτίωση της γονιμότητας και της ποιότητας του εδάφους, όπως για την κατακράτηση του νερού και των θρεπτικών συστατικών. Επιπλέον, έχει την ικανότητα να αποθηκεύει τον άνθρακα στο έδαφος για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, ελαττώνοντας την ποσότητα των ατμοσφαιρικών εκπομπών [109].



Εικόνα 4.6 Παραγωγή biochar [109]

Δυναμικότητα των καυσίμων

Η εταιρία Easy2find Biomass and Energy, μέσω της θυγατρικής εταιρίας Eucalyptus, έχει σχεδιάσει ένα αναπτυξιακό πλάνο παραγωγής ευκαλύπτου, που περιλαμβάνει μια απόλυτη κυκλική οικονομία, αρχίζοντας από την φύτευση του μέχρι την παραγωγή πράσινης ενέργειας και καυσίμων. Παρακάτω παρουσιάζεται το σχετικό πλάνο:

Πίνακας 8. Προβλεπόμενοι όγκοι παραγωγής [110]

	2021	2022	2023	2024	2025
Παραγωγή ρεύματος	-	8 MW	16MW	24MW	30MW
Βιομάζα	-	16.000 tn	50.000 tn	150.000 tn	300.000 tn
Απορρόφηση CO2	-	28.800 tn	90.000 tn	216.000 tn	396.000 tn

4.1.2 GF ENERGY

Η GF Energy είναι μια εταιρία, που δραστηριοποιείται στην προώθηση γεωργιών και στην εξαγωγή υγρών βιοκαυσίμων στον τομέα των ενεργειακών φυτών. Συγκεκριμένα επενδύουν στρέμματα για την καλλιέργεια ηλίανθου, ελαιοκράμβης, σόγιας και βαμβακιού για την παραγωγή βιοντίζελ και κριθαριού, σιταριού και καλαμποκιού για την παραγωγή βιοαιθανόλης [112].



Εικόνα 4.7 Εταιρία GF Energy [113]

Παρακάτω παρουσιάζεται ο χάρτης της εταιρίας, όπου απεικονίζονται πληροφορίες σχετικά με τα γραφεία της εταιρείας, τις περιοχές όπου καλλιεργούνται οι ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκεκριμένα :

- Με κόκκινο χρώμα επιδεικνύεται το γραφείο της εταιρίας (στην Αθήνα, περιοχή Μαρούσι).
- Με μωβ χρώμα απεικονίζονται οι εγκαταστάσεις της, συγκεκριμένα στην Κόρινθο [115].
- Με μπλε χρώμα η περιοχή όπου καλλιεργούνται τα φυτά, συγκεκριμένα μέσω της συνεργασίας του Συνεταιρισμού Αγροτών Θεσσαλίας ΘΕΣγη [116].



Εικόνα 4.8 Χάρτης της εταιρίας [114]

Τα παραγόμενα προϊόντα από τις ενεργειακές καλλιέργειες

Ένα από τα προϊόντα που εξάγονται , που προέρχεται από την ελαιοκράμβη, τη σόγια, τον ηλιόσπορο και το βαμβάκι, είναι το βιοντίζελ. Η παραγωγή της γίνεται μέσω της διαδικασίας της μετεστερεοποίησης, όπου είναι η αντίδραση ενός εστέρα με μια άλλη αλκοόλη για τον σχηματισμό ενός νέου εστέρα και αλκοόλης. Η διαδικασία της μετεστεροποίησης δεν θα αναλυθεί γιατί δεν αποτελεί μέρος της παρουσίασης της διπλωματικής εργασίας [117,118].

Δυναμικότητα των καυσίμων

Όπως αναφέρθηκε πριν, η εταιρία αξιοποιεί τον ηλίανθο, την ελαιοκράμβη, τη σόγια και το βαμβάκι για την παραγωγή βιοντίζελ. Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί η καλλιέργεια του ηλίανθου να έχει αυξηθεί σημαντικά, επειδή προσφέρει σταθερό εισόδημα στους παραγωγούς και μηδενική άρδευση. Συγκεκριμένα :**Πίνακας 9**. Παραγωγή βιοντίζελ [128]

Ενεργειακή καλλιέργεια	Αντιπροσωπία αγοράς των καυσίμων	1 στρέμμα παραγωγής βιοντίζελ (lt)
Ηλίανθος	10%	43-75

4.1.3 ΑΓΡΟΕΝΕΡΓΕΙΑ - AGROENERGY

Η AGROENERGY A.E. είναι μια εταιρία, σε συνεργασία με εταιρίες και Ιδρύματα στην Ελλάδα και στο εξωτερικό, που επιχειρεί να αξιοποιήσει τη βιομάζα (αγροτική ή απόβλητη) με σκοπό την παραγωγή βιοκαυσίμων και ενέργειας (ηλεκτρικής, θερμικής κ.α.) [119]. Τα ενεργειακά φυτά που καλλιεργούνται για την επίτευξή του σκοπού αυτού είναι ο ηλιάνθος, η σόγια, το βαμβάκι και η ελαιοκράμβη για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων, καθώς και ευκάλυπτο, γρασίδι (Switchgrass), αγριαγκινάρα, κυτταρινούχο σόργο και κενάφ για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων [120,121].



Εικόνα 4.9 το εργοστάσιο της εταιρίας Αργοενέργειας [119]

Παρακάτω παρουσιάζεται ο χάρτης της εταιρίας, όπου απεικονίζονται πληροφορίες σχετικά με τα γραφεία της εταιρείας, τις περιοχές όπου καλλιεργούνται οι ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκεκριμένα :

- Με κόκκινο απεικονίζεται η έδρα της εταιρίας της Agroenergy, που βρίσκεται στην Ηλιούπολη, Αθήνα.
- Με γαλάζιο απεικονίζονται τα εργοστάσια παραγωγής βιοντίζελ, που βρίσκονται στην Αυλίδα (Ν. Εύβοια) σε συνεργασία με την ΚΑΤΟΙΛ ΑΕΒΕ, στην Βοιωτία, στην Κάτω Αχαΐα και στην Θεσσαλονίκη, σε συνεργασία με τις εταιρίες Πανταζάντοι Α.Ε. και ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΛΑΙΟΥΡΓΙΑ Α.Ε. [119]
- Με κίτρινο χρώμα απεικονίζονται τα εργοστάσια παραγωγής στερεών βιοκαυσίμων (pellets), που βρίσκονται στην Λαμία, στην Κόνιτσα (Ν. Ιωαννίνων), στην Σκύδρα (Ν. Πέλλας) και στα Σέρβια (Ν. Κοζάνης) [122].

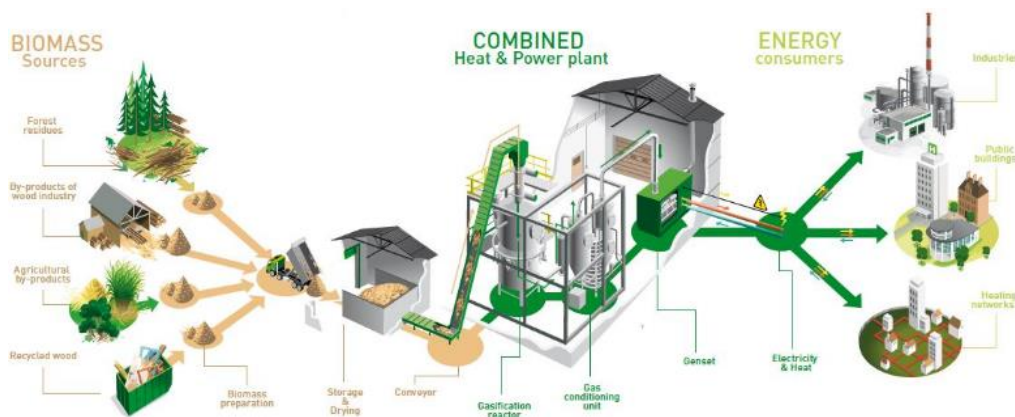


Εικόνα 4.10 Χάρτης της εταιρίας [114]

Τεχνολογίες παραγωγής βιοκαυσίμων με βάση τις ενεργειακές καλλιέργειες

1) Αεριοποίηση για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων

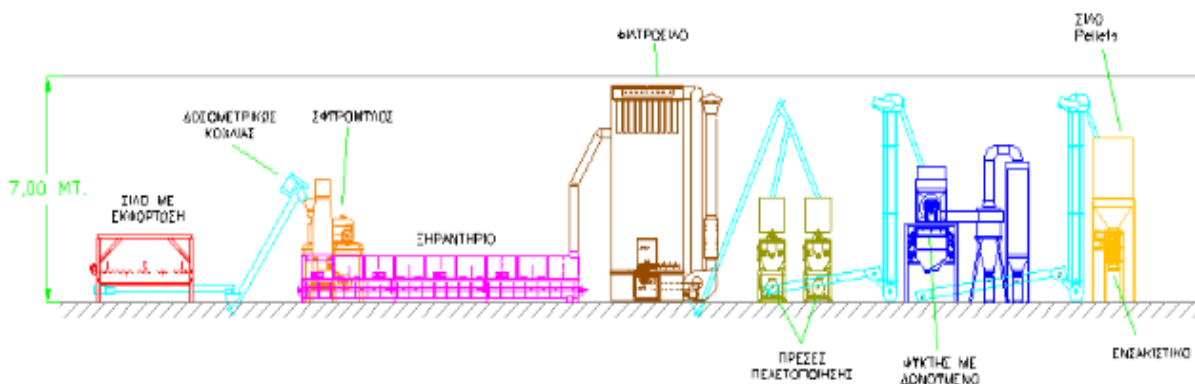
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είναι ο ηλίανθος, η σόγια, το βαμβάκι και η ελαιοκράμβη. Η διαδικασία επεξεργασίας της γίνεται με δύο τρόπους την αεριοποίηση και την μετεστερεοποίηση (αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται περισσότερο, αλλά δεν θα αναλυθεί γιατί δεν αποτελεί μέρος της παρουσίασης της διπλωματικής εργασίας). Αρχικά η βιομάζα, δηλαδή οι ενεργειακές καλλιέργειες, εισέρχεται μέσω ειδικών μεταφορικών διατάξεων στον αεριοποιητή, αφού πρώτα έχει θρυμματιστεί και μορφοποιηθεί στο καθορισμένο μέγεθος. Σε αυτόν τον αντιδραστήρα διοχετεύεται, από διαφορετική είσοδο από αυτή των πρώτων υλών, καθαρό οξυγόνο. Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μέσα στον αεριοποιητή είναι περίπου στους 600-1600 °C. Με τη βοήθεια της θερμοκρασίας και της πίεσης σπάνε οι χημικοί δεσμοί της πρώτης ύλης και σχηματίζεται το αέριο σύνθεσης (syngas) [123].



Εικόνα 4.11 Διαδικασία αεριοποίησης [124]

2) Τεχνολογία παραγωγής στερεών βιοκαυσίμων

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του στερεού βιοκαυσίμου είναι ο ευκάλυπτος, το γρασίδι (Switchgrass), η αγριαγκινάρα, το κυτταρινούχο σόργο και το κενάφ. Η πρώτη ύλη, που εισέρχεται στο εργοστάσιο, καθαρίζεται, αποφλοιώνεται και θρυμματίζεται. Αργότερα, μετατρέπεται σε τεμάχια ξύλου με τη χρήση κατάλληλων μηχανημάτων επεξεργασίας. Στη συνέχεια, αποθηκεύεται προσωρινά σε σίλο που είναι εφοδιασμένο με συστήματα ανάδευσης και εκφόρτωσης για την κατάλληλη τροφοδοσία ενός σφυρόμυλου, ελάττωσης του μεγέθους του σε τεμάχιο μεγέθους 2-3 mm. Επειδή η πρώτη ύλη θα έχει μεγάλα ποσοστά υγρασίας, είναι απαραίτητη η θερμική αφύγρανση της. Οπότε οδηγείται στο ξηραντήριο, του οποίου το μέσο απαγωγής της υγρασίας είναι ο θερμός αέρας που παράγεται από τον αερολέβητα. Τέλος, το στεγνό πλέον τεμάχιο οδηγείται στην πρέσα πελλετοποίησης για να πάρει την τελική μορφή.



Εικόνα 4.12 Γραμμή παραγωγής (ψηφιακή μορφή) [125]

Εκτός από την παραπάνω διαδικασία, υπάρχουν και δευτερεύουσες διεργασίες, που αποσκοπούν στην ποιότητα του προϊόντος. Αυτές είναι :

- Διαλογή του υλικού, η οποία γίνεται πριν την είσοδο και στην έξοδο από την πρέσα, με σκοπό το ξεσκαρτάρισμα
- Αποκονίωση και ψύξη του προϊόντος, αυτό γίνεται μετά την πελλετοποίηση, με σκοπό το προϊόν να αποκτά σκληρότητα [125].

Τα παραγόμενα προϊόντα

Από την διαδικασία της αεριοποίησης προκύπτει το καθαρό αέριο σύνθεσης (syngas), όπου με κατάλληλη επεξεργασία παράγονται άλλα προϊόντα, όπως λιπάσματα, χημικά, καύσιμα μεταφοράς και υδρογόνο. Επιπλέον, μπορεί να καεί για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, σε μηχανές εσωτερικής καύσης [124].

Τέλος από την επεξεργασία των στερεών βιοκαυσίμων προκύπτουν τα πελλέτες (pellets), που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμη ύλη για την παραγωγή θερμικής ενέργειας [125].



Εικόνα 4.13 πελλέτες [126]

Δυναμικότητα των καυσίμων

Για την παραγωγή βιοντίζελ , χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες :

- Το βαμβάκι, που καλλιεργείται σε πολλές περιοχές της Ελλάδος
- Ο ηλιάνθος και η ελαιοκράμβη, που καλλιεργούνται σε αρκετές περιοχές, αλλά κυρίως στην Θράκη και τη Μακεδονία
- Η σόγια εισάγεται.

Παρακάτω θα παρουσιαστεί ένας πίνακας που θα δείχνει την απόδοση και την κατανεμημένη ποσότητα σε βιοντίζελ.

Πίνακας 10. Παραγωγή βιοντίζελ [127]

		Απόδοση σε βιοντίζελ (m ³)	Κατανεμημένη ποσότητα σε βιοντίζελ (m ³)	Ποσοστό επί της συνολικής κατανεμημένης ποσότητας σε βιοντίζελ (123*10 ³ m ³)
Ενεργειακές καλλιέργειες (στρ)	116725	11672	36900	30%
Βαμβάκι (κιλά)	900000	126		

4.1.4 ΑΛΛΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή της ενότητας , ξεκίνησαν να κατασκευάζονται τα πρώτα εργοστάσια , με υψηλή δυναμικότητα και με να έχουν την δυνατότητα να παράγουν αρκετές δεκάδες χιλιάδες τόνους βιοντίζελ τον χρόνο. Κάποιες από αυτές φαίνονται παρακάτω [134]:



Εικόνα 4.14 Χάρτης των εγκαταστάσεων των εταιριών [114]

- Με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται οι 2 εγκαταστάσεις της εταιρίας Mil Oil AE , που βρίσκονται στην περιοχή Λευκών του Ν. Σερρών [129].

- Με μπλε χρώμα απεικονίζεται η εταιρία BIONTIZEΛ ΕΠΕ, που βρίσκεται στο Άσσηρος Θεσσαλονίκης [130].
- Με πράσινο χρώμα απεικονίζεται η εταιρία ΕΛΙΝ Βιοκαύσιμα ΑΕ, που βρίσκεται στο Βόλο [131].
- Με καφέ χρώμα απεικονίζεται η εταιρία ΟΜΙΛΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ ΠΕΤΣΑΣ ΑΕ, που βρίσκεται Κουτσό Ξάνθης [132].
- Με γκρι χρώμα απεικονίζεται η εταιρία ΠΕΤΤΑΣ ΑΒΕΕ, που βρίσκεται στην Αχαΐα [133].

Τα παραγόμενα προϊόντα από τις ενεργειακές καλλιέργειες

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του βιοντίζελ είναι ο ηλιάνθος, η ελαιοκράμβη, η σόγια και το βαμβάκι (μόνο η BIONTIZEΛ ΕΠΕ δεν το καλλιεργεί). Η παραγωγή της γίνεται μέσω της διαδικασίας της μετεστερεοποίησης, όπου δεν θα αναλυθεί γιατί δεν αποτελεί μέρος της παρουσίασης της διπλωματικής εργασίας [129,130,131,132,133,134].

Δυναμικότητα των καυσίμων

Στον παρακάτω πίνακα θα παρουσιαστούν οι όγκοι παραγωγής βιοντίζελ της κάθε εταιρίας :

Πίνακας 11. Όγκοι παραγωγής βιοντίζελ [129,130,131,132,133]

ΕΤΑΙΡΙΕΣ	ΟΓΚΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ
Mil Oil ΑΕ	< 1500 tn
BIONTIZEΛ ΕΠΕ	36000 kL
ΕΛΙΝ Βιοκαύσιμα ΑΕ	80000 tn
ΟΜΙΛΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ ΠΕΤΣΑΣ ΑΕ	80 tn (ημερησίως)
ΠΕΤΤΑΣ ΑΒΕΕ	100000 tn (ετησίως)

4.2 ΣΥΝΟΨΗ ΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, στην Ελλάδα τα ενεργειακά φυτά που καλλιεργούνται κυρίως για την παραγωγή βιοντίζελ και ενέργειας είναι ο ηλιάνθος, η ελαιοκράμβη, η σόγια και το βαμβάκι, αλλά μόνο η εταιρία Easy2find Biomass and Energy χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη τον ευκάλυπτο. Επιπλέον, μια από τις εταιρίες, η Αγροενέργεια, χρησιμοποιεί ως πρώτες ύλες για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων: τον ευκάλυπτο, το γρασίδι (Switchgrass), την αγριαγκινάρα, το κυτταρινούχο σόργο και το κενάφ.

Χρησιμοποιούνται και άλλες πρώτες ύλες εκτός από τις ενεργειακές καλλιέργειες, αλλά δεν αποτελούν μέρος της διπλωματικής εργασίας.

Παρακάτω, θα παρουσιαστούν οι εγκαταστάσεις των εταιριών :

- Με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται οι 2 εγκαταστάσεις της εταιρίας Mil Oil ΑΕ.
- Με μπλε χρώμα απεικονίζεται η εταιρία BIONTIZEΛ ΕΠΕ.
- Με πράσινο χρώμα απεικονίζεται η εταιρία ΕΛΙΝ Βιοκαύσιμα ΑΕ.
- Με καφέ χρώμα απεικονίζεται η εταιρία ΟΜΙΛΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ ΠΕΤΣΑΣ ΑΕ.
- Με γκρι χρώμα απεικονίζεται η εταιρία ΠΕΤΤΑΣ ΑΒΕΕ.
- Με μοβ χρώμα απεικονίζεται η εταιρία GF Energy.
- Με πορτοκαλί χρώμα απεικονίζεται η Easy2find Biomass and Energy.
- Με γαλάζιο χρώμα οι εγκαταστάσεις παραγωγής βιοντίζελ της Αγροενέργειας - Agroenergy.
- Με κίτρινο χρώμα οι εγκαταστάσεις παραγωγής πελλέτες της Αγροενέργειας - Agroenergy.



Εικόνα 4.15 Χάρτης των εγκαταστάσεων όλων των εταιριών [114]

Δυναμικότητα των καυσίμων

Η κάθε εταιρία χρησιμοποιεί την δικιά της μέθοδο για την παραγωγή βιοντίζελ και ενέργειας και αυτό γίνεται είτε με την διαδικασία της αεριοποίησης (μόνο η Easy2find Biomass and Energy και η Agroenergy) είτε με την μετεστερεοποίηση.

Στον παρακάτω πίνακα θα παρουσιαστούν οι όγκοι παραγωγής βιοντίζελ της κάθε εταιρίας :

Πίνακας 12. Όγκοι παραγωγής βιοντίζελ

ΕΤΑΙΡΙΕΣ	ΟΓΚΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ
Mil Oil ΑΕ	< 1500 tn
ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΕΠΕ	36000 kL
ΕΛΙΝ Βιοκαύσιμα ΑΕ	80000 tn
ΟΜΙΛΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ ΠΕΤΣΑΣ ΑΕ	Περίπου 29200 tn (αφού 80 tn παράγονται ημερησίως)
ΠΕΤΤΑΣ ΑΒΕΕ	100000 tn (ετησίως)
ΓΦ Ενέργεια(GF Energy).	43-75 l (1 στρ)
Αγροενέργεια (Agroenergy)	36900 m ³

Η εταιρία Easy2find Biomass and Energy, μέσω της θυγατρικής εταιρίας Eucalyptus, έχει σχεδιάσει ένα αναπτυξιακό πλάνο, που περιλαμβάνει μια απόλυτη κυκλική οικονομία, αρχίζοντας από την φύτευση του μέχρι την παραγωγή πράσινης ενέργειας και καυσίμων :

Πίνακας 13. Προβλεπόμενοι όγκοι παραγωγής

	2021	2022	2023	2024	2025
Παραγωγή ρεύματος	-	8 MW	16MW	24MW	30MW
Βιομάζα	-	16.000 tn	50.000 tn	150.000 tn	300.000 tn

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια, ο πλανήτης αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή ή με την έλλειψη ορυκτών πόρων. Με βάση αυτά, η θετική προοπτική και οδήγηση των χωρών στην εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μπορούν να αποτελέσουν η αρχή στην βελτίωση και απεριόριστη κάλυψη των αναγκών μας σε ενέργεια, αλλά και για τις επόμενες γενιές. Γι' αυτό το λόγο, ένα από αυτά που μπορούν να θεωρηθούν ως αξιόπιστη επιλογή είναι η χρήση των ενεργειακών καλλιεργειών σε παγκόσμιο επίπεδο, άρα και στην Ελλάδα, εφ' όσον οι βιομηχανίες τηρούν τα νομοσχέδια της Ε.Ε., που αφορούν στην οικολογική παραγωγή βιοκαυσίμων και στην εξαγωγή τους στην αγορά.

Παρ' όλα αυτά, αυτή η ξαφνική στροφή και εμμονή προς την αξιοποίηση της πράσινης ενέργειας, δημιούργησε κάποια προβλήματα ως προς των αγροτικό τομέα με σημαντικές επιπτώσεις στην βιοποικιλότητα και στον περιορισμό εκτάσεων για την παραγωγή τροφίμων. Επειδή, τα κύρια ενεργειακά φυτά που καλλιεργούνται στην Ελλάδα για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι ο ευκάλυπτος, ο ηλιάνθος, η ελαιοκράμβρη, το βαμβάκι, η σόγια, το κριθάρι, το σιτάρι, το καλαμπόκι, η αγριαγκινάρα, το κυτταρινούχο σόργο, το κενάφ και το γρασίδι, τα περισσότερα από αυτά χρησιμοποιούνται για τις βιολογικές ανάγκες των ανθρώπων. Οπότε, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για την εξασφάλιση της ισορροπίας ανάμεσα στην ενεργειακή κάλυψη και στον υποσιτισμό μιας περιοχής. Μια πιθανή λύση είναι να χρησιμοποιούνται περισσότερο το γρασίδι, το κυτταρινούχο σόργο και ο ευκάλυπτος για τη εξαγωγή βιοκαυσίμων, αφού το πρώτο μπορεί να φυτρώσει παντού ακόμα και σε βραχώδη/πετρώδη εδάφη, που δεν χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια των περισσότερων φυτών και τα άλλα δύο μπορούν να καλλιεργηθούν σε αμμώδη περιοχές. Με αυτό το τρόπο, τα υπόλοιπα ενεργειακά φυτά θα μπορούν να χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό για τροφή, άρα να ελαττωθεί σε κάποιο βαθμό η ανασφάλεια για επισιτισμό.

Τέλος, τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθήσει ένας νέος που θέλει να ασχοληθεί με την αυτήν την παραγωγή, θα πρέπει πρώτα να σκεφτεί ποια πρώτη ύλη θέλει να αξιοποιήσει και σε ποια περιοχή θα θέλει να την καλλιεργήσει, αφού ελέγξει αν έχει δικαιώματα καταπάτησης ενός εδάφους και δεν βάζει σε κίνδυνο μια περιοχή. Στην συνέχεια, θα πρέπει να γνωρίζει ότι η επεξεργασία τους δεν είναι οικονομικότερη σε σχέση με την καύση των ορυκτών, αλλά σίγουρα δεν αποτελούν ως κίνδυνοι για την μόλυνση του περιβάλλοντος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] “Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - europa.”,
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/fiches_techniques/2013/050704/04A_FT\(2013\)050704_EL.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/fiches_techniques/2013/050704/04A_FT(2013)050704_EL.pdf) (accessed 11/10/2021)
- [2] “Βιομάζα – Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/categories/βιομάζα> (accessed 11/10/2021)
- [3] “Βιομάζα – Βικιπαίδεια”, <https://el.wikipedia.org/wiki/Βιομάζα> (accessed 11/10/2021)
- [4] “Ενεργειακές Καλλιέργειες - Agroenergy.gr”,
<http://www.agroenergy.gr/categories/ενεργειακές-καλλιέργειες> (accessed 11/10/2021)
- [5] “Είδη ενεργειακών καλλιεργειών - ενεργειακές καλλιέργειες”,
<https://sites.google.com/site/gspetropoulos1/energias-kall> (accessed 11/10/2021)
- [6] “Ενεργειακές Καλλιέργειες - Ενεργειακές καλλιέργειες”,
<https://sites.google.com/site/gspetropoulos1/energeiakes-kalliergeies> (accessed 11/10/2021)
- [7] “Βιοκαύσιμα - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/categories/βιοκαύσιμα> (accessed 11/10/2021)
- [8] Ιωάννα Κορδαλή, “ Τεχνολογίες επεξεργασίας μικροφυκών για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων ” , Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2020,
<https://arthesis.eap.gr/bitstream/repo/48951/1/Διπλωματική%20Εργασία-Ιωάννα%20Κορδαλή.docx.pdf> (accessed 12/10/2021)
- [9] Σοφοκλέους Μιχάλης, “Εναλλακτική πρόταση αξιοποίησης πράσινων κλαδεμάτων προς παραγωγή βιοκαυσίμων”, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, 2021,
https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/54014/Διπλωματική_Μιχάλης_Σοφοκλέους.pdf?sequence=1 (accessed 12/10/2021)
- [10] “Ανάπτυξη μικροφυκών - Agroenergy.gr”,
<http://www.agroenergy.gr/categories/ανάπτυξη-μικροφυκών> (accessed 12/10/2021)
- [11] Paraskevi Psachoulia, “Study of light-spectrum on the photosynthetic cultivation of microalgae in a lab-scale bioreactor”, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
https://ikee.lib.auth.gr/record/297781/files/Diploma%20Thesis_Psachoulia%20Paraskevi.pdf?version=1 (accessed 12/10/2021)

[12] “ΣΧΕΔΙΟ ΝΟΜΟΥ Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων”, <http://old.domiki.gr/info/biokaysima/biokaysima051115.htm> (accessed 12/10/2021)

[13] “Το νομοθετικό πλαίσιο για τα βιοκαύσιμα. Agroenergy.gr” , <http://www.agroenergy.gr/content/to-nomotheτικό-πλαίσιο-για-τα-βιοκαύσιμα> (accessed 13/10/2021)

[14] “Πρωτόκολλο του κυότο - ΥΠΕΝ”, <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/diethneis-diapragmatefseis/protokollo-tou-kyoto/> (accessed 13/10/2021)

[15] “Βιοκαύσιμα - ΥΠΕΝ”, <https://ypen.gov.gr/energeia/prasines-metafores/viokafsimas/> (accessed 13/10/2021)

[16] “Καθαρότερα καύσιμα για τις οδικές μεταφορές”, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/el/LSU/?uri=CELEX%3A32009L0030> (accessed 13/10/2021)

[17] Οδηγία 1999/32/ΕΚ, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX%3A31999L0032> (accessed 13/10/2021)

[18] “Περιβαλλοντικά και κοινωνικο-οικονομικά οφέλη - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/content/περιβαλλοντικά-και-κοινωνικο-οικονομικά-οφέλη> (accessed 14/10/2021)

[19] Σπυρίδων κ. Κορδώνης, “Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων”, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μεσολογίου, 2012, <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/8746/MYP-KOPΔΩNHΣ%20ΣΠΥΡΙΔΩN.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed 2/11/2021)

[20] Γεώργιος Σ. Πετρόπουλος, “Συγκριτική Αξιολόγηση ενεργειακών καλλιεργειών του ελλαδικού χώρου για την παραγωγή ανανεώσιμου ντίζελ”, Γεώργιος Σ. Πετρόπουλος, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Σεπτέμβριος 2019, <https://apothesis.eap.gr/bitstream/repo/45132/1/ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ%20ΓΕΩΡΓΙΟΣ.pdf> (accessed 2/11/2021)

[21] Ιωάννης Φ. Παναγιωτόπουλος, “Οι Ενεργειακές Καλλιέργειες στην Ελλάδα: Μορφή Γεωργικής- Οικονομικής Ανάπτυξης και Απάντηση στο Περιβαλλοντικό Ζήτημα”, <https://jmce.gr/portal/wp-content/uploads/2017/04/Panagiotopoulos-Energeiakes-kalliergeies-sthn-ellada.pdf> (accessed 2/11/2021)

[22] Δημήτριος Λόγκος, “ Πράσινη ανάπτυξη ως εναλλακτική στρατηγική επιχειρήσεων”, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ, Φεβρουάριος 2011,

<https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/14270/1/LogkosDimitriosMBAExec2011.pdf>
(accessed 2/11/2021)

[23] “Μεταλλαγμένα: υπέρ ή κατά - taxydromos.gr”,
https://www.taxydromos.gr/m/m_article.php?id=174526 (accessed 2/11/2021)

[24] “Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - elpedison Green”,
<https://www.elpedisongreen.gr/el/green-energy/prasine-energeia/ananeosimes-peges-energeias> (accessed 2/11/2021)

[25] “Ενεργειακές Καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα - ΚΑΠΕ”, http://www.cres.gr/cres/files/xrisima/ekdoseis/ekdoseis_GR8.pdf (accessed 2/11/2021)

[26] “Ευκάλυπτος – Βικιπαίδεια”, <https://el.wikipedia.org/wiki/Ευκάλυπτος> (accessed 2/11/2021)

[27] “Καλλιέργεια Ενεργειακού Ευκαλύπτου – Φυτώρια Βασιλάκος”,
<http://www.vasilakos.gr/καλλιέργεια-ενεργειακού-ευκαλύπτου/> (accessed 2/11/2021)

[28] “Καλάμι – Βικιπαίδεια”, <https://el.wikipedia.org/wiki/Καλάμι> (accessed 3/11/2021)

[29] “8 καλλιέργειες για βιοντίζελ - epixeiro.gr”, <https://www.epixeiro.gr/article/12958>
(accessed 3/11/2021)

[30] Ευθυμία Αλεξοπούλου, Γεωπόνος, “Βέλτιστες πρακτικές στην επιλογή ενεργειακών καλλιεργειών για τα Ελληνικά δεδομένα”, Τμήμα Βιομάζας ΚΑΠΕ,
<https://www.certh.gr/dat/3B9BC25D/file.pdf> (accessed 3/11/2021)

[31] “Βιομάζα – Εισαγωγή”, http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf
(accessed 3/11/2021)

[32] “Καλάμι – GAIApedia”, <http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Καλάμι> (accessed 3/11/2021)

[33] “Άρδευση καλαμιάς – GAIApedia”,
http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Άρδευση_καλαμιάς (accessed 3/11/2021)

[34] “Μίσχανθος φυτό – GAIApedia”,
http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Μίσχανθος_φυτό (accessed 5/11/2021)

[35] “Μίσχανθος προϊόν - GAIApedia”,
http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Μίσχανθος_προϊόν (accessed 5/11/2021)

- [36] “Switchgrass φυτό - GAIApedia”,
http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Switchgrass_φυτό (accessed 7/11/2021)
- [37] “Αγριαγκινάρα φυτό - GAIApedia”,
http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Αγριαγκινάρα_φυτό (accessed 8/11/2021)
- [38] “Αγριαγκινάρα, το... ελληνικό πετρέλαιο - energypress.gr”,
<https://energypress.gr/news/agriagkinara-elliniko-petrelaio> (accessed 8/11/2021)
- [39] “Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων - Agroenergy.gr”,
<http://www.agroenergy.gr/en/content/ενεργειακές-καλλιέργειες-για-την-παραγωγή-στερεών-βιοκαυσίμων> (accessed 8/11/2021)
- [40] “Αγροτικές Καλλιέργειες: επιμήκυνση του στελέχους (καλάμωμα) - agrocapital.gr”,
<https://www.agrocapital.gr/kalliergies/29278/epimikynsi-toy-stelechoys-kalamwma> (accessed 10/11/2021)
- [41] ΣΤΑΜΟΥΛΗ ΑΓΓΕΛΙΚΗ, “Η ΒΙΟΜΑΖΑ ΩΣ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ”, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ, 2007,
<https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/2630/Stamouli.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (accessed 10/11/2021)
- [42] “Σόργο προϊόν – GAIApedia”,
http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Σόργο_προϊόν (accessed 14/11/2021)
- [43] “Σόργο φυτό - GAIApedia”, http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Σόργο_φυτό
(accessed 14/11/2021)
- [44] “Κενάφ φυτό - GAIApedia”, http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Κενάφ_φυτό
(accessed 16/11/2021)
- [45] “Αμειψισπορά – Βικιπαίδεια”, <https://el.wikipedia.org/wiki/Αμειψισπορά> (accessed 16/11/2021)
- [46] “Αμειψισπορά - GAIApedia”, <http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Αμειψισπορά>
(accessed 16/11/2021)
- [47] “Kenaf – Emedi”, http://emediprolhpsygeias.blogspot.com/2013_07_29_archive.html
(accessed 18/11/2021)
- [48] “Ψευδοκακία φυτό – GAIApedia”,
http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Ψευδοκακία_φυτό (accessed 20/11/2021)

- [49] “Ροβίνια η ψευδοακακία - Βικιπαίδεια”,
https://el.wikipedia.org/wiki/Ροβίνια_η_ψευδοακακία (accessed 20/11/2021)
- [50] “Ελαιοκράμβη φυτό - GAIApedia”,
http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Ελαιοκράμβη_φυτό (accessed 2/12/2021)
- [51] “Σπορά και φροντίδες για μεγιστοποίηση της παραγωγής ελαιοκράμβης - ypaithros.gr”,
<https://www.ypaithros.gr/spora-frontides-megistopoiisi-paragogis-elaiokrambis/> (accessed 2/12/2021)
- [52] “Ελαιοκράμβη: Το ενεργειακό φυτό που «κερδίζει» τους παραγωγούς – Μυρμιδόνες”,
<https://www.mirmidones.gr/ελαιοκράμβη-το-ενεργειακό-φυτό-που-κ/> (accessed 2/12/2021)
- [53] “Ηλίανθος – Βικιπαίδεια”, <https://el.wikipedia.org/wiki/Ηλίανθος> (accessed 4/12/2021)
- [54] “Ηλίανθος: ένα Ενεργειακό Φυτό με Μεγάλες Προοπτικές Ανάπτυξης στην Ελλάδα - energia.gr”, <https://www.energia.gr/article/103214/hlianthos-ena-energeiako-fyto-me-megales-prooptikes-anaptyxhs-sthn-ellada> (accessed 4/12/2021)
- [55] “Ηλίανθος φυτό - GAIApedia”,
http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Ηλίανθος_φυτό (accessed 4/12/2021)
- [56] “Ηλίανθος: το φυτό που παράγει οικολογικά καύσιμα - energypress.gr”,
<https://energypress.gr/news/ilianthos-fyto-poy-paragei-oikologika-kaysima> (accessed 4/12/2021)
- [57] “Σόργο – Βικιπαίδεια”, <https://el.wikipedia.org/wiki/Σόργο> (accessed 6/12/2021)
- [58] “Σόργος αντί καλαμποκιού, σόργος αντί... αμόλυβδης! - Caroto.gr”,
<https://www.caroto.gr/2011/07/22/σόργος-αντί-καλαμποκιού-σόργος-αντί/> (accessed 6/12/2021)
- [59] “Καλλιέργεια γλυκού σόργου για την παραγωγή βιοκαυσίμων - Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ”,
<https://www.kathimerini.gr/life/environment/89137/kalliergeia-glykoy-sorgoy-gia-tin-paragogi-viokaysimon/> (accessed 6/12/2021)
- [60] “Κριθάρι – Βικιπαίδεια”, <https://el.wikipedia.org/wiki/Κριθάρι> (accessed 8/12/2021)
- [61] “Σιτάρι – Βικιπαίδεια”, <https://el.wikipedia.org/wiki/Σιτάρι> (accessed 8/12/2021)
- [62] “Ενέργεια από άχυρο – Food & Bio Cluster Denmark”, https://agrobioheat.eu/wp-content/uploads/2021/02/AgroBioHeat_Energeia_apo_axyro_EL_highres.pdf (accessed 8/12/2021)

[63] “Ζαχαρότευτλο φυτό - GAIApedia”,
http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Ζαχαρότευτλο_φυτό (accessed 10/12/2021)

[64] Μανώλης Ευστάθιος, “παραγωγή βιοκαυσίμων από γενετικώς τροποποιημένο ζαχαρότευτλο”, ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ,
http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/14389/STEG_TEGEP_00203_Medium.pdf?sequence=1 (accessed 10/12/2021)

[65] “Σόγια φυτό - GAIApedia”, http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Σόγια_φυτό
(accessed 11/12/2021)

[66] “Αγροτικές Καλλιέργειες: καλλιέργεια της σόγιας (glycine max) - agrocapital.gr”,
<https://www.agrocapital.gr/kalliergies/63754/kalliergeia-tis-sogias-glycine-max> (accessed 11/12/2021)

[67] ΜΑΪΠΑ ΣΑΒΒΙΝΑ, “ΣΟΓΙΑ. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ”, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2011,
<https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/431/P0000431.pdf?sequence=1> (accessed 11/12/2021)

[68] “Σόγια - corteva.gr, pioneer”,
https://www.corteva.gr/content/dam/dpagco/corteva/eu/gr/el/products/files/2.6_soyaCatalogue_2018_greek.pdf (accessed 11/12/2021)

[69] Ιωάννα Κοροδήμου, “ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΑΠΟ ΣΟΓΙΕΛΑΙΟ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ”, ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ, 2013,
http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/16952/STEG_TETRO_00005_Medium.pdf?sequence=1 (accessed 13/12/2021)

[70] “Καλλιέργεια Αραβόσιτου: Καλλιεργητικές τεχνικές: αγροσύμβουλος: ματιά στο μέλλον - Αγροσύμβουλος Ο.Ε.”, <https://agrosimvoulos.gr/kalliergeia-aravositou-kalliergitikes-technikes/>
(accessed 14/12/2021)

[71] “Αραβόσιτος (Zea mays): όλα όσα πρέπει να ξέρετε για την Τεχνική καλλιέργειας Αραβόσιτου – Farmacon”, <https://blog.farmacon.gr/katigories/techniki-arthrografia/kalliergitikes-praktikes/item/2900-aravositos-zea-mays-ola-osa-prepei-na-kserete-gia-tin-techniki-kalliergeias-aravositou> (accessed 14/12/2021)

[72] Πάλλα Ελένη και Κεφαλίδη Χριστίνα, “ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΗΖΕΛ ΑΠΟ ΣΟΓΙΕΛΑΙΟ, ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΥ ΣΤΗ ΜΕΡΙΚΗ ΥΔΡΟΓΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΟΥ ΒΙΟΝΤΗΖΕΛ”, ΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ, 2009,
<http://digilib.teiimt.gr/jspui/bitstream/123456789/2633/1/012009123.pdf> (accessed 15/12/2021)

- [73] “Αειφόρες Φυτείες ξυλωδών ειδών μικρούπερίτροπου χρόνου – srcplus.eu”, http://www.srcplus.eu/images/SRCplus_Handbook_EL.pdf (accessed 15/12/2021)
- [74] “Ψευδακακία - GAIApedia”, <http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Ψευδακακία> (accessed 18/12/2021)
- [75] “Βαμβάκι - Βικιπαίδεια”, <https://el.wikipedia.org/wiki/Βαμβάκι> (accessed 20/12/2021)
- [76] “Οι πρώτες ύλες της παραγωγής βιοντίζελ - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/content/οι-πρώτες-ύλες-της-παραγωγής-βιοντίζελ-0> (accessed 20/12/2021)
- [77] “Αφιέρωμα: βαμβάκι - Ειδικές εκδόσεις | ypaithros.gr”, <https://www.ypaithros.gr/ekdoseis/bambaki-pame-kala-mporoume-kalytera/> (accessed 20/12/2021)
- [78] “BAMBAKI - ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ - ΕΛ.Γ.Ο”, http://www.nagref.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=890&Itemid=1406&lang=el (accessed 21/12/2021)
- [79] Δρ. Γεώργιος Νταλός, “Δυνατότητες παραγωγής και διάθεσης βιοκαυσίμων από γεωργικά προϊόντα – Πιλοτική εφαρμογή”, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ, 2011 http://www.wfdt.teilar.gr/material/neoi_agrotes/paragogh_biokausima.pdf (accessed 21/12/2021)
- [80] “Γλυκός σόργος μια ενεργειακή καλλιέργεια - Green Agenda”, <http://greenagenda.gr/γλυκός-σόργος-μια-ενεργειακή-καλλιέρ/> (accessed 21/12/2021)
- [81] “Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας/renewable energy resources - είναι ζήτημα ενέργειας”, <https://sites.google.com/site/einaizetemaenergeias/ananeosimes-peges-energeias> (accessed 22/12/2021)
- [82] “Ανακύκλωση του διοξειδίου του άνθρακα : Biomass Energy”, <http://rsindiagroups.com/biomass.html> (accessed 22/12/2021)
- [83] “Βιοκαύσιμα από επεξεργασία ενεργειακού φυτού”, https://www.skai.gr/sites/default/files/styles/newsfeed/public/2021-04/biofuel-oil-st.jpg?itok=-xqUhUQ_ (accessed 22/12/2021)
- [84] “Ευκάλυπτος”, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/77/Eucalyptus_flowers2.jpg/270px-Eucalyptus_flowers2.jpg (accessed 22/12/2021)

- [85] “Καλάμι”, <https://p0.pikist.com/photos/211/191/reeds-plant-gold-nature-countryside-wind.jpg> (accessed 22/12/2021)
- [86] “Μίσχαμος”, https://www.antemisarigroup.gr/fyta/agrostodi-fyta-bampou/mischanthos-miscanthus-sinensis_99294/ (accessed 22/12/2021)
- [87] “Switchgrass”, https://www.switchgrass.nl/upload_mm/1/8/d/cfee5f53-111e-4803-9271-7a5d145ee99e_Groningen%20august%202003_c9d8b7d1_760x327.jpg (accessed 22/12/2021)
- [88] “Αγριαγκινάρα”, <https://energypress.gr/sites/default/files/article/images/agriagginara.jpg> (accessed 22/12/2021)
- [89] “Κυτταρινούχο σόργο”, https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQaNqMFvgbEvt-39MlODZwl6bshlkGnhakYN9d2c9ghgujo2YQK3USSoupLG4SdIK_6dns&usqp=CAU (accessed 22/12/2021)
- [90] “Κενάφ”, https://cdn.shopify.com/s/files/1/0083/4602/products/kenaf-5_2048x.jpg?v=1632675214 (accessed 22/12/2021)
- [91] “Ψευδεκακία – votaniki.gr”, <http://votaniki.gr/tag/pseydakakia/> (accessed 22/12/2021)
- [92] “Ελαιοκράμβη”, <https://ecoplant.gr/blog/ελαιοκράμβη-ένα-ανερχόμενο-αστέρι> (accessed 22/12/2021)
- [93] “Ηλίανθος”, <https://www.gardenguide.gr/wp-content/uploads/2021/01/helianthus.jpg> (accessed 22/12/2021)
- [94] “Γλυκό Σόργο”, <https://hmerisiakorinthou.gr/wp-content/uploads/2021/03/%CE%A6%CE%A5%CE%A4%CE%91.jpg> (accessed 22/12/2021)
- [95] “Σιτάρι”, https://www.mednutrition.gr/media/k2/items/cache/to-sitari-sti-vasi-tis-mesogeiakis-pyramidas_8575_XL.jpg (accessed 22/12/2021)
- [96] “Κριθάρι”, https://www.meteofarm.gr/images/articles/krithari_agrometeo.jpg (accessed 22/12/2021)
- [97] “Ζαχαρότευτλο”, https://www.seeds-gallery.com/10215-home_default/sporoi-zacharoteftlon-authority.jpg (accessed 22/12/2021)
- [98] “Σόγια”, https://blog.farmacon.gr/media/k2/items/cache/cbd635cfe99d91c235fcc0b6a1c8204d_S.jpg (accessed 22/12/2021)
- [99] “Αραβόσιτος”, https://www.meteofarm.gr/images/articles/kalampoki_agrometeo.jpg (accessed 22/12/2021)

- [100] “Βαμβάκι”, <https://www.minimarketmag.gr/wp-content/uploads/2019/07/bambaki.jpg> (accessed 22/12/2021)
- [101] “Η εταιρία μας - Easy2Find Energy”, <http://www.easy2find.gr/> (accessed 15/4/2022)
- [102] “Ναύπακτος – Φυτώριο - Easy2Find Energy”, <http://www.easy2find.gr/articles/show/ναύπακτος-φυτώριο> (accessed 15/4/2022)
- [103] “Πανελλαδικός Χάρτης Δράσης - Easy2Find energy”, <http://www.easy2find.gr/map> (accessed 15/4/2022)
- [104] “Μέθοδος παραγωγής ενέργειας από βιομάζα - αεριοποίηση - Easy2Find Energy”, <http://www.easy2find.gr/articles/show/μέθοδος-παραγωγής-ενέργειας-από-βιομάζα-αεριοποίηση> (accessed 15/4/2022)
- [105] “Παράδειγμα αεριοποίησης 5,9 MW (3 x 1974 kw) - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/content/παράδειγμα-αεριοποίησης-59-mw-3-x-1974-kw> (accessed 15/4/2022)
- [106] “Παραγωγή Κηροζίνης - Easy2Find Energy”, <http://www.easy2find.gr/articles/show/παραγωγή-κηροζίνης> (accessed 15/4/2022)
- [107] “Παραγωγή biodiesel - Easy2Find Energy”, <http://www.easy2find.gr/articles/show/παραγωγή-biodiesel> (accessed 15/4/2022)
- [108] Biodiesel Pictures, <https://www.istockphoto.com/photos/biodiesel> (accessed 15/4/2022)
- [109] “Παραγωγή biochar - Easy2Find Energy”, <http://www.easy2find.gr/articles/show/παραγωγή-biochar> (accessed 15/4/2022)
- [110] “Αναπτυξιακό Πλάνο Παραγωγής Ευκαλύπτου – eucalyptus”, <https://eucalyptus.gr/eucalyptus-anaptixiako-plano/> (accessed 15/4/2022)
- [111] “Συνθετικό Αέριο: αέριο σύνθεσης: Πτωχό αέριο - Clarke Energy”, <https://www.clarke-energy.com/el/applications/synthesis-gas-syngas/> (accessed 15/4/2022)
- [112] “Ενεργειακές Καλλιέργειες - GF Energy”, <https://www.gfenergy.gr/el/energeiakes-kalliergeies/> (accessed 2/5/2022)
- [113] “Εταιρία - GF Energy”, <https://www.gfenergy.gr/el/etairia/> (accessed 2/5/2022)
- [114] “Satellite Map of Greece by E.S.A. - AirPhoto.gr”, <https://www.airphoto.gr/doryforikes/esa/> (accessed 2/5/2022)

- [115] “Εγκαταστάσεις - GF Energy”, <https://www.gfenergy.gr/el/egkatastaseis/> (accessed 2/5/2022)
- [116] “Στρατηγική Συνεργασία Της G.F. Energy Με Τον Α.Σ. ΘΕΣγη Στα Ενεργειακά Φυτά - Energypress.gr”, <https://energypress.gr/news/stratigiki-synergasia-tis-gf-energy-me-ton-thesgi-sta-energeiaka-fyta> (accessed 2/5/2022)
- [117] “Βιοντίζελ - GF Energy”, <https://www.gfenergy.gr/el/proion-biodiesel/> (accessed 8/5/2022)
- [118] “Μετεστεροποίηση - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/content/μετεστεροποίηση> (accessed 8/5/2022)
- [119] “Ταυτότητα - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/content/ταυτότητα> (accessed 8/5/2022)
- [120] “Οι Πρώτες Ύλες Της Παραγωγής Βιοντίζελ - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/content/οι-πρώτες-ύλες-της-παραγωγής-βιοντίζελ-0> (accessed 8/5/2022)
- [121] “Ενεργειακές Καλλιέργειες Για Την Παραγωγή Στερεών Βιοκαυσίμων - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/content/ενεργειακές-καλλιέργειες-για-την-παραγωγή-στερεών-βιοκαυσίμων> (accessed 8/5/2022)
- [122] “Στερεά Βιοκαύσιμα - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/categories/στερεά-βιοκαύσιμα> (accessed 8/5/2022)
- [123] “Λειτουργία Εργοστασίου Αεριοποίησης - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/content/λειτουργία-εργοστασίου-αεριοποίησης> (accessed 8/5/2022)
- [124] “Τι Είναι η Αεριοποίηση Βιομάζας - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/content/τι-είναι-η-αεριοποίηση-βιομάζας> (accessed 8/5/2022)
- [125] “Ένα Εργοστάσιο Παραγωγής Στερεών Βιοκαυσίμων - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/content/ένα-εργοστάσιο-παραγωγής-στερεών-βιοκαυσίμων-0> (accessed 8/5/2022)
- [126] “Praktiker”, <https://www.praktiker.gr/Tips-And-Ideas/pellet> (accessed 8/5/2022)
- [127] “Η Πολιτική, Οι Αγορές Και η Νομοθεσία Για Το Βιοντίζελ Στην Ευρώπη Και Την Ελλάδα - Agroenergy.gr”, <http://www.agroenergy.gr/content/η-πολιτική-οι-αγορές-και-η-νομοθεσία-για-το-βιοντίζελ-στην-ευρώπη-και-την-ελλάδα> (accessed 8/5/2022)

- [128] “Ηλίανθος: Το Βιοκαύσιμο Που Πατά Γκάζι Στα Κέρδη - GF Energy”,
<https://www.gfenergy.gr/uncategorized/ηλίανθος-το-βιοκαύσιμο-που-πατά-γκάζι/>
(accessed 8/5/2022)
- [129] “Εγκαταστάσεις - Mil Oil Hellas”, <http://www.miloil.gr/facilities.html> (accessed 9/5/2022)
- [130] “ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΕΤΑΙΡΙΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ”,
<https://opencorporates.com/companies/gr/058876104000> (accessed 9/5/2022)
- [131] “ΕΛΙΝ Βιοκαύσιμα - Παραγωγή Βιοντίζελ”, <https://elinverd.gr/> (accessed 9/5/2022)
- [132] “ΠΕΤΣΑΣ Α.Ε.”, <https://petsas-sa.gr/biontizel-sto-koutso-xanthis/> (accessed 9/5/2022)
- [133] “Green Energy Production - Biofuels.” Pavlos N. Pettas S.A.,
<http://www.pnpettas.gr/pages/greenenergy.php> (accessed 9/5/2022)
- [134] “Βιοντίζελ ή Biodiesel Το Απόλυτο Βιοκαύσιμο – GreenBuilding”,
<https://greenbuilding.gr/perivallon-ape/biodiesel-ή-βιοντίζελ/> (accessed 9/5/2022)