



## **Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**

**Τομέας: Οργάνωση Παραγωγής & Βιομηχανική Διοίκηση**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Γιώργος Λυμπερόπουλος**

**Μεταπτυχιακή Εργασία**

**«Ανάλυση Κόστους Καλλιέργειας, Συγκομιδής και Μεταφοράς  
Βιομάζας για Χρήση ως Βιοκαύσιμο σε Μονάδα Παραγωγής  
Ηλεκτρικής Ενέργειας»**

**Αλκμήνη-Μαρία Α. Γαλανοπούλου**

**Διπλωματούχος Μηχανικός Παραγωγής & Διοίκησης ΔΠΘ**

**Βόλος, Μάρτιος 2012**

## **Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:**

Πρώτος Εξεταστής: (Επιβλέπων)	κ. Λυμπερόπουλος Γιώργος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής:	κ. Σταμάτης Αναστάσιος Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τρίτος Εξεταστής:	κ. Παντελής Δημήτρης Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εξετάζονται τα οικονομικά στοιχεία που σχετίζονται με την τροφοδοσία και την εγκατάσταση μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση βιομάζας ισχύος 500kW.

Ως πηγή βιομάζας επιλέχθηκε η ενεργειακή καλλιέργεια της αγριαγκινάρας. Τα οικονομικά στοιχεία που υπολογίστηκαν αφορούν τις εργασίες καλλιέργειας, συγκομιδής και μεταφοράς της βιομάζας στη μονάδα, όπως επίσης και την εγκατάσταση ενός συστήματος αεριοποίησης που θεωρείται κατάλληλη τεχνολογία αξιοποίησης βιομάζας για μονάδες παραγωγής τέτοιας ισχύος.

Σκοπός της εργασίας είναι να αξιολογηθεί η επιρροή ορισμένων παραμέτρων στα οικονομικά στοιχεία που εξετάζονται και να αποτιμηθεί το κόστος αλλά και τα κέρδη που αφορούν στις εργασίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση του προγράμματος Microsoft Excel 2007.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο πλαίσιο ολοκλήρωσης της μεταπτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά:

Τον Καθηγητή κ. Γιώργο Λυμπερόπουλο επιβλέποντα της μεταπτυχιακής μου εργασίας για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές και τις αξιόλογες παρεμβάσεις του.

Τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Αναστάσιο Σταμάτη για την πολύτιμη βοήθειά του και την καθοδήγηση του σε καίρια σημεία κατά τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Τους κ. καθηγητές της σχολής μου για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης.

Τους κ. Βασίλη Μπέλλη Γενικό Διευθυντή της εταιρίας ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ (ΑΝΚΑ), καθώς επίσης τον κ. Παναγιώτη Τορτοπίδη Υπεύθυνο του Τμήματος Τεχνικών Υπηρεσιών της ΑΝΚΑ για τη σημαντική συμβολή τους στην πραγματοποίηση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Την οικογένεια μου που στηρίζει και ενισχύει κάθε μου απόφαση και προσπάθεια.

Όλους όσους έχουν λειτουργήσει ως κίνητρο για την πρόοδο μου.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	2
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	3
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ</b> .....	4
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	6
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ</b> .....	7
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	7
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΒΙΟΜΑΖΑ</b> .....	11
1.1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	11
1.2. ΑΠΕ ΣΕ ΑΜΕΡΙΚΗ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΗ .....	12
1.3. Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	14
1.4. ΒΙΟΜΑΖΑ.....	15
1.4.1. Η σημασία της Βιομάζας .....	16
1.4.2. Ενέργεια από Βιομάζα .....	18
1.4.3. Πηγές Βιομάζας.....	20
1.4.4. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Βιομάζας .....	21
1.4.5. Ενέργειες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στην Ελλάδα ..	22
1.5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....	23
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η <i>Cynara cardunculus</i> L. ΩΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ</b> .....	27
2.1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ .....	27
2.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ <i>Cynara cardunculus</i> L.....	28
2.3. ΚΥΚΛΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑΣ.....	30
2.4. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	32
2.4.1. Κλίμα .....	32
2.4.2. Χώμα .....	32
2.4.3. Εχθροί και Ασθένειες .....	33
2.5. Η ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ ΩΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ .....	33

2.5.1. Διαχείριση της Καλλιέργειας.....	33
2.5.2. Οικοφυσιολογικά Θέματα.....	35
2.5.3. Απόδοση Παραγωγής και Κατανομή Βιομάζας στο φυτό.....	35
2.5.4. Θερμογόνος Δύναμη της Αγριαγκινάρας.....	37
2.5.5. Ιδιότητες της Βιομάζας της Αγριαγκινάρας ως Στερεό Καύσιμο.....	39
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ .....</b>	<b>40</b>
3.1. ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ .....	40
3.1.1. Δεματοποίηση .....	40
3.1.1.1 Μηχανήματα Δεματοποίησης Μικρών Ορθογώνιων Δεμάτων .....	41
3.1.1.2. Μηχανήματα Δεματοποίησης Μεγάλων Ορθογώνιων Δεμάτων.....	43
3.1.1.3. Μηχανήματα Δεματοποίησης Κυλινδρικών Δεμάτων .....	44
3.2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ.....	47
3.2.1. Χειρισμοί Βιομάζας Χύμα.....	47
3.2.1.1. Αυτοφορτωτές Βιομάζας .....	47
3.2.1.2. Αυτοφορτωτές Βιομάζας και Συμπύεση .....	48
3.2.1.3. Μηχανήματα Κοπής και Αυτοφόρτωσης Βιομάζας.....	48
3.2.2. Χειρισμοί Βιομάζας σε Ορθογώνια Δέματα .....	48
3.2.2.1. Φόρτωση Δεμάτων Κατευθείαν από Μηχανές Δεματοποίησης ....	49
3.2.2.2. Συγκέντρωση Δεμάτων Κατευθείαν από Μηχανές Δεματοποίησης..	49
3.2.3. Χειρισμοί Βιομάζας σε Κυλινδρικά Δέματα .....	51
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....</b>	<b>53</b>
4.1. ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ.....	53
4.2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 500kW.....	54
4.3. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ .....	55
4.3.1. Σύστημα Επεξεργασίας Βιομάζας .....	57
4.3.2. Αεριοποίηση .....	59
4.3.3. Παραγωγή Ενέργειας .....	61
4.4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ .....	62
4.5. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....	64
4.6. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ – ΕΙΚΟΝΕΣ – ΚΟΣΤΟΣ .....	65
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>68</b>
5.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ.....	68
5.2. ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΙΜΕΣ .....	69
5.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ .....	70
5.3.1. Σταθερή Ετήσια Δόση.....	71
5.3.2. Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης.....	71
5.3.3. Χρηματοροή Επένδυσης.....	72
5.4. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	73

5.5. ΥΨΗΛΟΤΕΡΑ – ΜΕΣΑ – ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΑ ΚΕΡΔΗ .....	74
5.6. ΕΥΡΟΣ ΚΕΡΔΟΥΣ.....	75
5.6.1. Ομαδοποίηση με βάση την Απόδοση .....	75
5.6.2. Ομαδοποίηση με βάση τη Θερμογόνο Δύναμη .....	77
5.6.3. Ομαδοποίηση με βάση τη Χιλιομετρική Απόσταση .....	78
5.7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	81
5.7.1. Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση τη Χειρότερη Περίπτωση .....	81
5.7.2. Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση τη Μέση Περίπτωση .....	83
5.7.3. Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση τη Βέλτιστη Περίπτωση .....	84
5.8. ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΚΑΙ ΠΛΗΘΩΡΙΣΜΟΣ.....	86
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>88</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>92</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>96</b>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Ενεργειακές Καλλιέργειες ανά Κατηγορία .....	28
Πίνακας 2.2: Παραγωγικότητα αγριαγκινάρας που καλλιεργήθηκε για δυο συνεχόμενα έτη .....	36
Πίνακας 2.3: Απόδοση (τόνοι ανά στρέμμα) από τη βιβλιογραφία.....	36
Πίνακας 2.4: Τελική απόδοση αγριαγκινάρας σε σχέση με την κατανομή στο φυτό .....	37
Πίνακας 2.5: Θερμογόνος Δύναμη της αγριαγκινάρας και των επιμέρους στοιχείων του φυτού .....	38
Πίνακας 2.6: Θερμογόνος δύναμη αγριαγκινάρας (MJ/kg).....	39
Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά Δεμάτων.....	41
Πίνακας 4.1: Τεχνικά στοιχεία συστήματος 500kW .....	55
Πίνακας 4.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά σπαστήρα .....	57
Πίνακας 4.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά ξηραντήριου .....	58
Πίνακας 4.4: Προδιαγραφές γεννήτριας .....	62
Πίνακας 5.1: Σταθερές Τιμές .....	69
Πίνακας 5.2: Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα .....	73
Πίνακας 5.3: Περιπτώσεις με απόδοση 1 τόνο ανά στρέμμα.....	75
Πίνακας 5.4: Περιπτώσεις με απόδοση 2.2 τόνους ανά στρέμμα .....	76
Πίνακας 5.5: Περιπτώσεις με απόδοση 3.4 τόνους ανά στρέμμα .....	76
Πίνακας 5.6: Διαφορές στα κέρδη σε σχέση με τη μεταβολή της απόδοσης .....	76
Πίνακας 5.7: Περιπτώσεις με θερμογόνο δύναμη 14MJ/kg.....	77
Πίνακας 5.8: Περιπτώσεις με θερμογόνο δύναμη 17MJ/kg.....	77
Πίνακας 5.9: Περιπτώσεις με θερμογόνο δύναμη 20MJ/kg.....	78
Πίνακας 5.10: Διαφορές στα κέρδη σε σχέση με τη μεταβολή της θερμογόνου δύναμης...78	
Πίνακας 5.11: Περιπτώσεις με χιλιομετρική απόσταση 10km .....	79

<b>Πίνακας 5.12:</b> Περιπτώσεις με χιλιομετρική απόσταση 20km .....	79
<b>Πίνακας 5.13:</b> Περιπτώσεις με χιλιομετρική απόσταση 30km .....	79
<b>Πίνακας 5.14:</b> Διαφορές στα κέρδη σε σχέση με τη μεταβολή της χιλιομετρικής απόστασης .....	80
<b>Πίνακας 5.15:</b> Εύρος μεταβολών στα κέρδη .....	80
<b>Πίνακας 5.16:</b> Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση την περίπτωση 1, 14, 30 .....	81
<b>Πίνακας 5.17:</b> Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση την περίπτωση 2.2, 17, 20 .....	83
<b>Πίνακας 5.18:</b> Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση την περίπτωση 3.4, 20, 10 .....	84
<b>Πίνακας 5.19:</b> Δοκιμές με επιτόκιο και πληθωρισμό/Επίδραση στα κέρδη .....	86

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

<b>Διάγραμμα 1.1:</b> Επίπεδα CO <sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα.....	13
<b>Διάγραμμα 1.2:</b> Η Συμμετοχή της Βιομάζας (%) στην Παγκόσμια Κατανάλωση Ενέργειας ..	17
<b>Διάγραμμα 4.1:</b> Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας .....	56
<b>Διάγραμμα 5.1:</b> Βέλτιστη-Μέση-Χείριστη Λύση .....	74
<b>Διάγραμμα 5.2:</b> Διαφορές στα κέρδη με βάση το συνδυασμό των χείριστων τιμών.....	82
<b>Διάγραμμα 5.3:</b> Διαφορές στα κέρδη με βάση το συνδυασμό των μέσων τιμών.....	83
<b>Διάγραμμα 5.4:</b> Διαφορές στα κέρδη με βάση το συνδυασμό των βέλτιστων τιμών .....	84
<b>Διάγραμμα 5.5:</b> Διαφορά στα κέρδη με μεταβολή 1% .....	85
<b>Διάγραμμα 5.6:</b> Εύρος Κέρδους για βέλτιστη και χείριστη περίπτωση .....	87
<b>Διάγραμμα 5.7:</b> Κέρδη ανάλογα με επιτόκιο και πληθωρισμό .....	87

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 1.1:</b> Κατανομή Πρωτογενούς Παραγωγής Ενέργειας στην Ελλάδα .....	14
<b>Εικόνα 1.2:</b> Μερίδιο βιομάζας από ΑΠΕ .....	15
<b>Εικόνα 1.3:</b> Τεχνολογίες Ενεργειακής Αξιοποίησης Βιομάζας .....	24
<b>Εικόνα 2.1:</b> Αγριαγκινάρα .....	29
<b>Εικόνα 2.2:</b> Αγριαγκινάρα κατά την περίοδο συγκομιδής.....	30
<b>Εικόνα 3.1:</b> Μηχανισμοί δεματοποίησης ορθογώνιων δεμάτων .....	41
<b>Εικόνα 3.2:</b> Μηχάνημα δεματοποίησης μικρών ορθογώνιων δεμάτων .....	42
<b>Εικόνα 3.3:</b> Μηχάνημα δεματοποίησης μεγάλων ορθογώνιων δεμάτων.....	43
<b>Εικόνα 3.4:</b> Τοποθέτηση μηχανήματος δεματοποίησης κυλινδρικών δεμάτων .....	44
<b>Εικόνα 3.5:</b> Μηχανισμοί δεματοποίησης κυλινδρικών δεμάτων.....	44
<b>Εικόνα 3.6:</b> Μηχανή δεματοποίησης κυλινδρικών δεμάτων με θάλαμο συμπίεσης σταθερού όγκου.....	45
<b>Εικόνα 3.7:</b> Μηχανή δεματοποίησης κυλινδρικών δεμάτων με θάλαμο συμπίεσης μεταβλητού όγκου .....	45
<b>Εικόνα 3.8:</b> Δέσιμο κυλινδρικών δεμάτων.....	46
<b>Εικόνα 3.9:</b> Άνοιγμα θύρας και απόθεση κυλινδρικού δέματος .....	46

<b>Εικόνα 3.10:</b> Αυτοφορτωτής βιομάζας .....	48
<b>Εικόνα 3.11:</b> Φόρτωση των δεμάτων κατευθείαν από τις μηχανές δεματοποίησης με εκτίναξη .....	49
<b>Εικόνα 3.12:</b> Συγκέντρωση δεμάτων σε έλκηθρο πριν την εναπόθεση στον αγρό.....	50
<b>Εικόνα 3.13:</b> Φόρτωση με αρπάγες.....	50
<b>Εικόνα 3.14:</b> Τοποθέτηση σε φορτηγό και εκφόρτωση.....	51
<b>Εικόνα 3.15:</b> Ακτινική παραλαβή κυλινδρικών δεμάτων.....	52
<b>Εικόνα 4.1:</b> Αρχικά απομακρύνονται τα πτητικά υλικά και γίνεται πυρόλυση .....	54
<b>Εικόνα 4.2:</b> Στη συνέχεια αεριοποίηση του στερεού καυσίμου .....	54
<b>Εικόνα 4.3:</b> Σπαστήρας.....	57
<b>Εικόνα 4.4:</b> Ξηραντήριο.....	58
<b>Εικόνα 4.5:</b> Θερμαντήρας Ξηραντηρίου .....	59
<b>Εικόνα 4.6:</b> Κυκλώνας Ξηραντηρίου .....	59
<b>Εικόνα 4.7:</b> Κύλινδρος Ξηραντηρίου.....	59
<b>Εικόνα 4.8:</b> Μεταφορική Ταινία .....	59
<b>Εικόνα 4.9:</b> Αρχικό στάδιο αεριοποίησης .....	60
<b>Εικόνα 4.10:</b> Δεύτερο στάδιο αεριοποίησης.....	61
<b>Εικόνα 4.11:</b> Γεννήτρια παραγωγής ενέργειας .....	61
<b>Εικόνα 4.12:</b> 500 GF – RJG Biomass Generator Set, 500kW, 400V, 50Hz .....	65
<b>Εικόνα 4.13:</b> Biomass Fuel SILO & Hopper .....	65
<b>Εικόνα 4.14:</b> Furnace Purifying & Cooling Devices .....	66
<b>Εικόνα 4.15:</b> Device of cleaning and cooling system .....	66
<b>Εικόνα 4.16:</b> Gas Tank .....	66
<b>Εικόνα 4.17:</b> Facilities of circulating water treatment.....	67
<b>Εικόνα 4.18:</b> Circulating watercooling pond .....	67

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτέλεσε η διερεύνηση των οικονομικών στοιχείων που σχετίζονται με την τροφοδοσία με βιομάζα και την εγκατάσταση μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση βιομάζας ισχύος 500kW.

Ως πηγή βιομάζας για την τροφοδοσία της μονάδας επιλέχθηκε η ενεργειακή καλλιέργεια της αγριαγκινάρας. Οι εργασίες που αποτιμήθηκαν στη μελέτη είναι η καλλιέργεια, η συγκομιδή και η μεταφορά της βιομάζας στη μονάδα όπως επίσης η εγκατάσταση ενός συστήματος αεριοποίησης. Η αεριοποίηση αποτελεί μια τεχνολογία αξιοποίησης βιομάζας που θεωρείται κατάλληλη για μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τέτοιας ισχύος.

Κατά τη διεξαγωγή της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τρεις παράμετροι, ώστε να αξιολογηθεί η επιρροή τους στα οικονομικά στοιχεία της επένδυσης που εξετάζεται. Οι παράμετροι αυτές είναι η απόδοση της ενεργειακής καλλιέργειας που μετράται σε τόνους ανά στρέμμα, η θερμογόνος δύναμη του φυτού που μετράται σε MJ/kg και η απόσταση που πρέπει να καλυφθεί κατά τη μεταφορά της βιομάζας στη μονάδα που μετράται σε km. Κάθε παράμετρος παίρνει τρεις τιμές οπότε εξετάζονται συνολικά 27 περιπτώσεις.

Θεωρούμε ότι η διάρκεια της επένδυσης είναι 15 έτη, διότι τόση εκτιμάται ότι είναι η διάρκεια της πολυετούς καλλιέργειας της ενεργειακής καλλιέργειας που χρησιμοποιείται στη μελέτη.

Τα κόστη που υπολογίζονται είναι η σταθερή ετήσια δόση που πρέπει να καταβάλλεται κατά τη διάρκεια των 15 ετών και η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης συνολικά. Επιπλέον υπολογίζονται με βάση τη χρηματοροή τα κέρδη που συγκεντρώνονται το 15<sup>ο</sup> έτος. Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση του προγράμματος Microsoft Excel 2007.

Λέξεις – κλειδιά: Βιομάζα, Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας, Αγριαγκινάρα, Αεριοποίηση, Καθαρή Παρούσα Αξία, Κέρδος, Κόστος

## ABSTRACT

“Analysis of Cultivation, Harvest and Transport Costs of Biomass to be used for Gasification in an Electricity Generating Power Plant”

Thesis submitted to the Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, University of Thessaly, Greece, March 2012.

For the degree:

Diploma of Specialization, *“Modern Methods of Planning and Analysis in the Industry”*

Supervisor: Prof. George Limperopoulos

This thesis aims to investigate the economical values related to the biomass supply and the installation of a 500kW electricity generating power plant by burning biomass.

The source of biomass chosen is the energy crop of the *cynara cardunculus* L. The actions valued were the cultivation, harvest and transport of the biomass as well as the installation of a system of gasification. Gasification is a suitable technology for burning biomass for plants of this size.

During the conduction of this research three variables were used and it was found how much they influence the economical values under examination. Those variables are the yield of the energy crop in tones per km<sup>2</sup>, the calorific value in MJ/kg and the distance which need to be covered in order to transport the biomass to the plant in km. Each variable takes three values so 27 cases are examined in total.

The duration of the investment is 15 years, because this is the estimated duration of the perennial energy crop used in this research.

The costs counted are the annual installment of the loan and the net present value of the investment in total. The profit based on the cash flow is also counted in the end of the investment. All calculations were made using the program Microsoft Excel 2007.

Keywords: Biomass, Electricity generation, *Cynara cardunculus* L., Gasification, Net Present Value, Profit, Cost

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΒΙΟΜΑΖΑ

#### 1.1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τις δύο τελευταίες δεκαετίες η αυξανόμενη περιβαλλοντική συνείδηση μετέτρεψε το ενδιαφέρον του σχεδιασμού των ενεργειακών διαδικασιών. Αρχικά τα συστήματα στήριξης αποφάσεων αφορούσαν σχεδόν εξ ολοκλήρου την μείωση του κόστους από πλευράς προμήθειας. Πλέον έχει προκύψει η ανάγκη ανάπτυξης πολλαπλών και δυνητικά αντικρουόμενων πλευρών, όπως τα οικονομικά αλλά και τα περιβαλλοντικά θέματα. Είναι πλέον ευρέως γνωστό ότι η μεγαλύτερη πηγή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης προκύπτει από την καύση των ορυκτών καυσίμων πάνω στην οποία στηρίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό η παραγωγή ενέργειας. Επομένως, προκύπτουν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα με βάση την παραγωγή ενέργειας που απαιτείται ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του ανθρώπου και η οικονομική ανάπτυξη. Μια πολύ σημαντική λύση θα μπορούσε να είναι μια πιο εντατική χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) μέσω μοντέρνων τεχνολογιών μετατροπής ενέργειας. Παρόλο που η προοπτική αποτελεσματικής χρήσης των ΑΠΕ απέχει πολύ από το να αξιοποιούνται πλήρως, γίνονται όλο και πιο σημαντικές ως πρώτη ύλη για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών, αν λάβει κανείς υπόψη τις διαφορετικές τους δυνατότητες, την χαμηλή έως και μηδενική έκλυση καυσαερίων και την προοπτική αξιοποίησης αποβλήτων. Ωστόσο υπάρχουν κάποια μειονεκτήματα που συνδέονται με τις ΑΠΕ, όπως η διαλείπουσα φύση τους, όπως στην περίπτωση της ανεμογεννήτριας και διάφορες μορφές αρνητικών περιβαλλοντικών επιρροών.

Η ιδιαίτερη σημασία που αποδίδεται στη χρήση ΑΠΕ αντανακλάται στα επίσημα έγγραφα της ευρωπαϊκής και παγκόσμιας ενεργειακής πολιτικής:

Λευκή Βίβλος COM (1997)/599

Πράσινη Βίβλος COM (2000)/769

Οδηγία για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ 2001/77EC

Συμφωνία για το Πρωτόκολλο του Κιότο (UNFCC Kyoto Protocol)

Οδηγία για Βιοκαύσιμα 2003/30/EC

Οδηγία για τις εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου 2003/87/EC

Ως ΑΠΕ ορίζονται οι ενεργειακές πηγές που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον και θεωρητικά είναι ανεξάντλητες, όπως η ηλιακή ενέργεια (ενεργητικά, παθητικά και φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα), η αιολική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια και η βιομάζα.



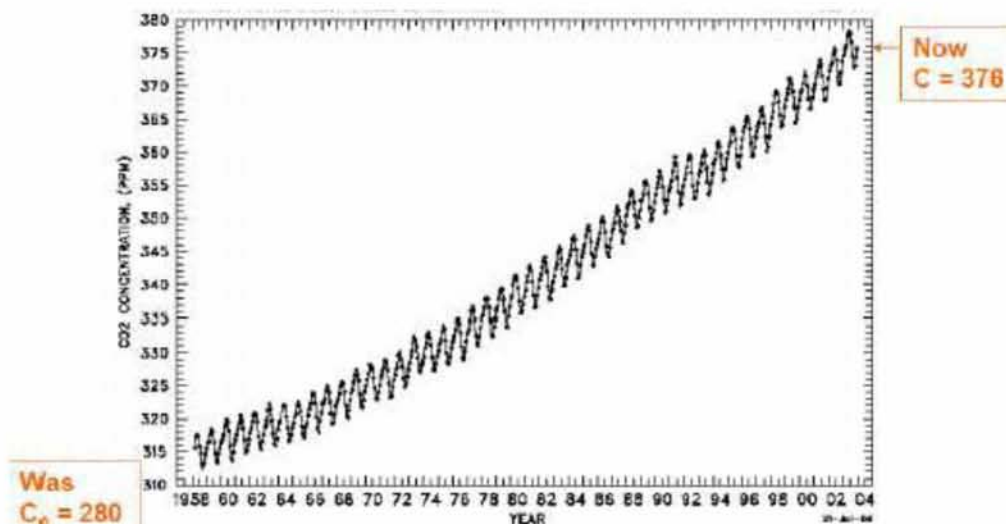
## 1.2 ΑΠΕ ΣΕ ΑΜΕΡΙΚΗ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΗ

Οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής εισήγαγαν πάνω από 10 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως (4 δισεκατομμύρια βαρέλια ανά χρόνο) αργού πετρελαίου το 2006 και σχεδόν τα μισά από αυτά προέρχονταν από κράτη μέλη του OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries). Ο OPEC αποτελείται από 11 κράτη μέλη, συμπεριλαμβανομένου των βασικών πηγών των Ηνωμένων Πολιτειών όπως η Σαουδική Αραβία, η Νιγηρία και η Βενεζουέλα. Τα μέλη του OPEC μετρούν περίπου το 40% της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου και διατηρούν τα 2/3 του παγκόσμιου αποθέματος πετρελαίου.

Ενώ οι περισσότερες σύγχρονες προσπάθειες για παραγωγή βιοκαυσίμων ήταν εστιασμένες στο άμυλο που περιέχεται στα σιτηρά όπως το καλαμπόκι, η παραγωγή βιοκαυσίμων που βασίζονται στην куτταρίνη είναι μια εναλλακτική που αρχίζει να λαμβάνει περισσότερη προσοχή. Η куτταρίνη είναι η πρώτη ύλη των куττάρων των φυτών αλλά δεν είναι τόσο εύκολο να μετατραπεί σε αιθανόλη όπως τα σιτηρά. Καθώς η куτταρίνη είναι μέρος όλων των φυτών συμπεριλαμβανομένου και αυτών που δεν παράγουν μεγάλη ποσότητα αμύλου, η προοπτική για την παραγωγή βιοκαυσίμων από куτταρίνη επεκτείνεται σε μεγάλο βαθμό. Μερικές πιθανές πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι τα κοτσάνια του καλαμποκιού, τα πολυετή αγρωστώδη και δέντρα, τα συσσωματώματα ξύλου και τα απόβλητα των ζώων. Η ανάπτυξη της παραγωγής βιοενέργειας από куτταρίνη απαιτεί την εύρεση μιας οικονομικά και περιβαλλοντικά βιώσιμης μεθόδου για την απόκτηση μεγάλης ποσότητας πρώτης ύλης βιομάζας.

Η καύση ορυκτών καυσίμων από άνθρακα, πετρέλαιο και φυσικό αέριο συντέλεσαν στην αύξηση της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η έκλυση διοξειδίου του άνθρακα από βιοκαύσιμα ισορροπείται από το διοξείδιο του άνθρακα που απορροφάται κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών. Το US Department of Energy εκτιμά ότι η παραγωγή αιθανόλης από κοτσάνια καλαμποκιού μπορεί να μειώσει την έκλυση των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά 113%. (Sarah C. Brechbill, Wallace E. Tyner 2008).

Για πολλές Ευρωπαϊκές χώρες οι ΑΠΕ αποτελούν μια σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (ορυκτά καύσιμα: άνθρακας και πετρέλαιο). Συνεπώς ο μόνος δυνατός τρόπος για σημαντικό περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που απαιτείται στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η επιτάχυνση της ανάπτυξης των ΑΠΕ.



• 1 ppm = 8 Gt CO<sub>2</sub> = 2.2Gt C

**Διάγραμμα 1.1:** Επίπεδα CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα

Η γενική εκτίμηση σήμερα είναι ότι η παραγωγή βιοκαυσίμων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι ακόμη ακριβή και για να καταστεί ανταγωνιστική προς τα ορυκτά καύσιμα θα πρέπει να καλύπτεται σε μεγάλο βαθμό από επιδότηση. Η υλοποίηση των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα εξαρτηθεί από τις επιμέρους πολιτικές που θα εφαρμοστούν στα κράτη μέλη της.

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα αναγνώρισε την ανάγκη προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως μέτρο προτεραιότητας, αφού η χρήση τους συμβάλλει στον περιορισμό της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος και στηρίζεται στις Αρχές της αειφόρου ανάπτυξης.

Το EUBIONET είναι το ευρωπαϊκό δίκτυο που συντονίζει τις δραστηριότητες, που αφορούν την εκμετάλλευση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας, σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. Οι κύριοι σκοποί του EUBIONET είναι η ανταλλαγή γνώσης και εμπειρίας, η διασπορά πληροφοριών και η μεταφορά τεχνογνωσίας γύρω από τον τομέα βιοενέργειας.

Η ανάγκη για την εισαγωγή, ανάπτυξη και προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κράτη – μέλη της Ε.Ε. διατυπώθηκε στη σύνταξη της Λευκής Βίβλου της Ευρωπαϊκής Επιτροπής το 1997, όπου αναφερόταν ως στόχος ο διπλασιασμός, περίπου, του ποσοστού συμβολής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην συνολική ακαθάριστη εσωτερική κατανάλωση από 5,7%, που ήταν τότε, σε 12% μέχρι το έτος 2010. Από το 1997 όμως, που συντάχθηκε η Λευκή Βίβλος, έχει μεσολαβήσει και η Σύνοδος του Κιότο. Αυτό έχει ως συνέπεια οι αρχές της Λευκής Βίβλου να γίνονται ακόμα πιο επιτακτικές, υπό τις «προσταγές» του Πρωτοκόλλου του Κιότο, για εφαρμογή αποτελεσματικών στρατηγικών για τον περιορισμό των αερίων ρύπων.

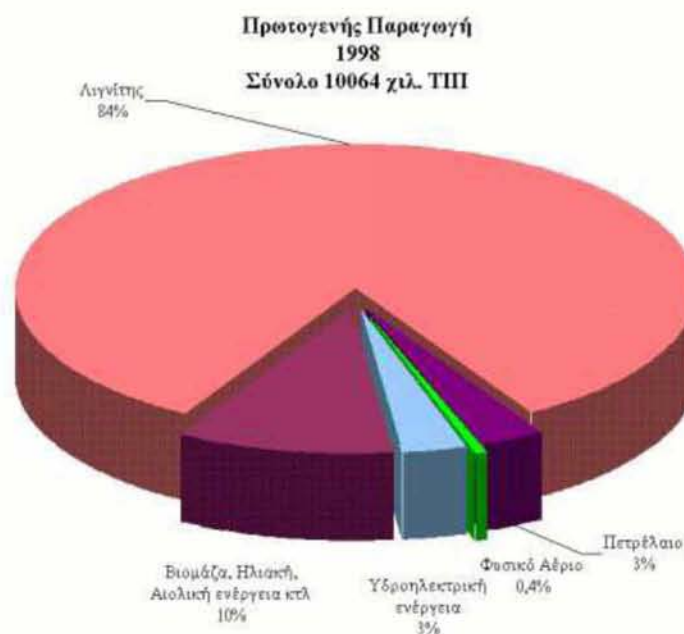
Ο στόχος της Οδηγίας για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας της Ε.Ε. είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αυτές κατά ποσοστό 22,1% μέχρι το 2010 (RES-E Directive, 2001). Η βιομάζα θεωρείται μία πολλά υποσχόμενη προοπτική, ανάμεσα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, για βασικούς αγρονομικούς, βιομηχανικούς, περιβαλλοντικούς και οικονομικούς λόγους (Σκουφογιάννη Ε., 2006).

### 1.3 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα η χρήση των ΑΠΕ βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο. Παρόλο το ενεργειακό δυναμικό σε ανανεώσιμες πηγές και τα μεγάλα αποθέματα βιομάζας, δεν έχει επιτευχθεί ακόμη η αντίστοιχη διείσδυση στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ορίσει τους στόχους των κρατών μελών όσων αφορά την διείσδυση των βιοκαυσίμων, όμως η επίτευξη αυτών των στόχων στην ελληνική επικράτεια δεν στάθηκε δυνατή. Παρόλα αυτά, τα πρώτα βήματα έχουν γίνει με διάφορες ενέργειες προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης των επενδύσεων στον τομέα αυτό και τη διείσδυση των εναλλακτικών καυσίμων στην αγορά.

Η εγχώρια παραγωγή ενέργειας στηρίζεται κατά 84% στον χαμηλής ποιότητας παραγόμενο λιγνίτη, στον οποίο στηρίζεται κατά ποσοστό 64% η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος (IEA, 2002).

Στην Ελλάδα το δυναμικό της βιομάζας είναι τεράστιο και θα μπορούσε να συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην κάλυψη ορισμένων ενεργειακών αναγκών. Τα απορρίμματα από γεωργικές καλλιέργειες ανέρχονται σε πολλές χιλιάδες τόνους το χρόνο και μόνο λιγότερα από τα μισά χρησιμοποιούνται για καύση και για να καλύψουν μέρος των ενεργειακών αναγκών των αντίστοιχων μονάδων, τα υπόλοιπα παραμένουν ανεκμετάλλευτα με ταυτόχρονη δημιουργία περιβαλλοντικών προβλημάτων (Ζαμπανιώτου Α., 2010).

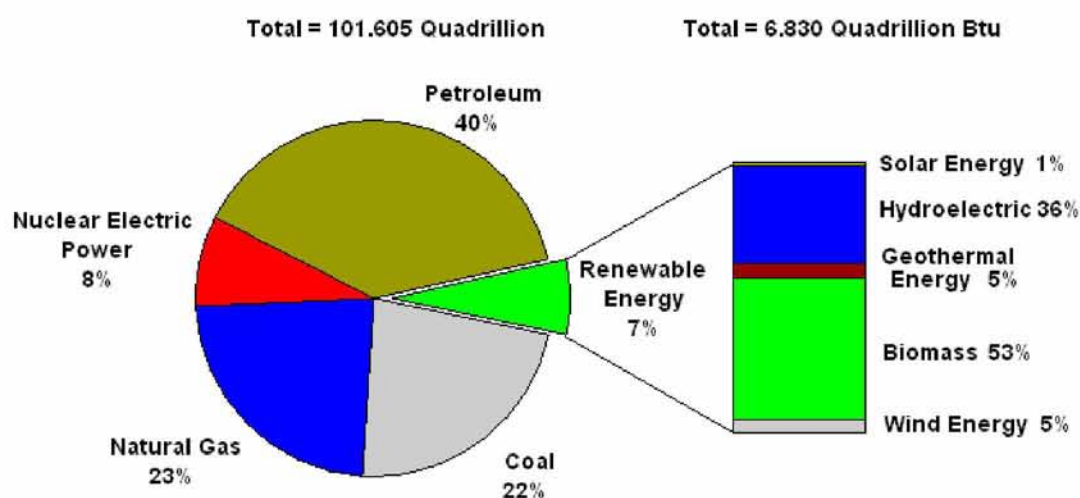


**Εικόνα 1.1:** Κατανομή Πρωτογενούς Παραγωγής Ενέργειας στην Ελλάδα



## 1.4 BIOMAZA

Η βιομάζα έχει αναγνωριστεί ως μια από τις πιο σημαντικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων που απορρέουν τόσο από την παραγωγή όσο και από την αξιοποίηση της για ενέργεια και άλλα προϊόντα. Το 2005, σχεδόν τα δύο τρίτα όλων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν στην Ευρώπη προήλθαν από τη βιομάζα γεγονός που καθιστά ιδιαίτερα σημαντικό το ρόλο της (EUR 21350 2005). Παρόλα αυτά η παραγωγή βιομάζας έχει αυξηθεί σε ένα πολύ μικρότερο ποσοστό έναντι άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Εικόνα 1.2: Μέρη βιομάζας από ΑΠΕ

Συγκεκριμένα η βιομάζα παράγει βιοκαύσιμα από την αξιοποίηση γεωργικών, δασικών προϊόντων, από κατάλοιπα και απόβλητα της δασοκομίας, από ζωικά υπολείμματα, από κατάλοιπα της βιομηχανίας τροφίμων, από καλλιέργειες ενεργειακών φυτών και από αστικά απόβλητα. Τα βιοκαύσιμα τείνουν να αποτελέσουν μια πραγματικά αξιόλογη πηγή ενέργειας για το μέλλον. Οι υψηλές τιμές του αργού πετρελαίου όπως διαμορφώνονται σήμερα και οι συνθήκες της νέας κοινής αγροτικής πολιτικής επιβάλλουν την υιοθέτηση νέων μεθόδων, οι οποίες θα εξασφαλίσουν επάρκεια στις ενεργειακές ανάγκες και θα οδηγήσουν στην αποτελεσματικότερη προστασία του περιβάλλοντος. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της χρήσης βιοκαυσίμων είναι η συμβολή τους στον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Η βιομάζα είναι ο ορισμός που δίνεται σε όλη τη ζωντανή ύλη της γης. Είναι ένας γενικός όρος για το υλικό που αποσπάται από τα αναπτυσσόμενα φυτά ή από τα ζωικά απόβλητα (που είναι μια αποτελεσματικά επεξεργασμένη μορφή του φυτικού υλικού). Αποτελεί έναν μάλλον απλοποιημένο όρο για όλη την οργανική ύλη που πηγάζει από τα φυτά (και τα φύκια), τα δέντρα και τις καλλιέργειες. Η ενέργεια από βιομάζα πηγάζει από φυτικό και ζωικό υλικό, όπως είναι το ξύλο από τα φυσικά δάση, τα απόβλητα από γεωργικές εργασίες και εργασίες δασοκομίας, τα βιομηχανικά απόβλητα και τα απόβλητα από τον άνθρωπο και τα ζώα (Demirbas A., 2000).

Τα φυτά απορροφούν ηλιακή ενέργεια, ενεργοποιώντας τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης που τους βοηθά να επιβιώσουν. Η ενέργεια της βιομάζας από τη φυτική ύλη αρχικά προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στα φυτά και στα ζώα (τα οποία τρέφονται με φυτά ή με άλλα ζώα), ή στα απόβλητα που παράγουν, ονομάζεται ενέργεια βιομάζας. Αυτή η ενέργεια μπορεί να ανακτηθεί καίγοντας βιομάζα ως καύσιμο. Κατά τη διάρκεια της καύσης, η βιομάζα απελευθερώνει θερμότητα και διοξείδιο του άνθρακα το οποίο είχε απορροφηθεί καθώς το φυτό αναπτυσσόταν. Ουσιαστικά, η χρήση της βιομάζας είναι η αντίθετη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Έτσι προκύπτει το ερώτημα αν η βιομάζα είναι μια ποικιλία χημικής ενέργειας. Στη φύση η βιομάζα τελικά αποσυντίθεται στα μόριά της με την απελευθέρωση θερμότητας. Η απελευθέρωση ενέργειας από την καύση βιομάζας μιμείται φυσικές διαδικασίες. Οπότε, η ενέργεια που αποκτάται από τη βιομάζα είναι μια μορφή ανανεώσιμης ενέργειας και η χρήση της δεν προσθέτει διοξείδιο του άνθρακα στο περιβάλλον, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα (Twidell J., 1998). Από όλες τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας η βιομάζα είναι η μοναδική στο γεγονός ότι αποθηκεύει αποτελεσματικά ηλιακή ενέργεια. Επομένως είναι η μόνη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας από άνθρακα και έχει τη δυνατότητα να μετατραπεί αποτελεσματικά σε στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα.

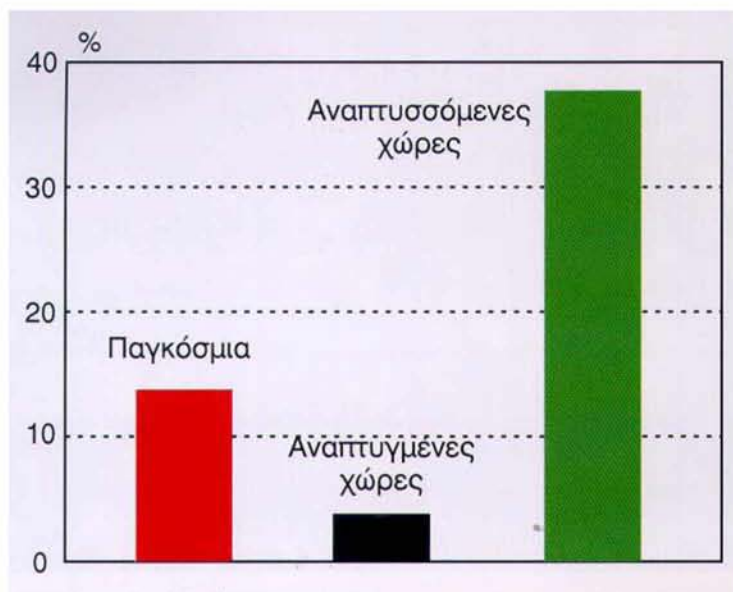
Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα (πχ. καύση ξύλου για θέρμανση ή μαγείρεμα) ή έμμεσα με την μετατροπή σε υγρό ή αέριο καύσιμο (πχ. αλκοόλη από καλλιέργεια ζάχαρης ή βιοαέριο από απόβλητα ζώων). Η καθαρή ενέργεια που είναι διαθέσιμη από βιομάζα μετά από καύση κυμαίνεται από 8 MJ/kg για το ξύλο, σε 20 MJ/kg για ξηρή φυτική ύλη (Demirbas A., 2000) έως και 55 MJ/kg από μεθάνιο σε σύγκριση με περίπου 27 MJ/kg για τον άνθρακα (Twidell J., 1998).

Πολλές γεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα χρησιμοποιούν απόβλητα, όπως είναι οι ζωικές τροφές ή τα οικιακά απορρίμματα. Άλλα συστήματα βασίζονται στην ιδέα ανάπτυξης καλλιεργειών διαφόρων ειδών, συγκεκριμένα με σκοπό να προμηθεύουν βιομάζα ως καύσιμο.

#### **1.4.1 Η σημασία της Βιομάζας**

Η βιομάζα, κυρίως με τη μορφή του ξύλου, είναι η παλαιότερη μορφή ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο. Παραδοσιακά, η βιομάζα χρησιμοποιούνταν μέσω της άμεσης καύσης και αυτή η διεργασία χρησιμοποιείται ακόμα σε πολλά μέρη του κόσμου. Η βιομάζα αποτελούσε ιστορικά μια πηγή ενέργειας που ήταν διάσπαρτη και απαιτούσε έντονη εργασία της γης. Επομένως, όσο η βιομηχανική δραστηριότητα αυξανόταν ανά τον κόσμο, προτιμήθηκαν πιο συγκεντρωμένες και βολικές πηγές ενέργειας σε σχέση με τη βιομάζα.

Η βιομάζα το 2000 αποτελούσε μόνο το 3% της βασικής ενέργειας που καταναλωνόταν στις βιομηχανικές χώρες (Ramage J., Scurlock J., 1996). Ωστόσο, μεγάλο μέρος του αγροτικού πληθυσμού στις αναπτυσσόμενες χώρες, που αποτελεί το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού, στηρίζεται στη βιομάζα, κυρίως με τη μορφή ξύλου, για καύσιμο. Στις αναπτυσσόμενες χώρες η βιομάζα αποτελεί τη βασική κατανάλωση ενέργειας κατά 35%, αυξάνοντας έτσι και τη παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας στο 14% (Ramage J., Scurlock J., 1996).



**Διάγραμμα 1.2:** Η Συμμετοχή της Βιομάζας (%) στην Παγκόσμια Κατανάλωση Ενέργειας

Η φυσική βιομάζα της γης απεικονίζει μια προμήθεια ενέργειας ύψους 3000 EJ ( $3 \times 10^{21}$ ) το χρόνο, από το οποίο μέχρι το 2000 αξιοποιούνταν ως καύσιμο μόνο το 2%. Από την άλλη, δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί η ετήσια παραγωγή βιομάζας με βιώσιμο τρόπο. Μια ανάλυση του Συνεδρίου των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (UNCED: United Nations Conference on Environment and Development) εκτιμά ότι η βιομάζα θα μπορούσε δυνητικά να καλύπτει το μισό της κατανάλωσης της παρούσας βασικής ενέργειας μέχρι το 2050 (Ramage J., Scurlock J.).

Η βιομάζα παρουσιάζει εξαιρετική προοπτική ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, τόσο για τις πιο πλούσιες χώρες όσο και για τον αναπτυσσόμενο κόσμο. Η βιομάζα ως καύσιμο βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο και παρέχει πχ. μόνο περίπου το 0,25% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ωστόσο το ποσοστό αυτό πρόκειται να αυξηθεί για έναν αριθμό λόγων. Ένας λόγος είναι ότι η Ευρωπαϊκή νομοθεσία ενθαρρύνει την λιγότερο ρυπαντική διάθεση απορριμμάτων και ένας τρόπος θα ήταν η καύση των αποβλήτων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη ένας λόγος είναι ότι τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα γίνονται όλο και πιο προσιτά οικονομικά όσο η τεχνολογία εξελίσσεται.

Υγρά βιοκαύσιμα όπως λάδι από σιτάρι, ζάχαρη, ρίζες, καρπούς και ηλίανθο χρησιμοποιούνται την τελευταία δεκαετία σε διάφορα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπως στην Αυστρία, το Βέλγιο, τη Γαλλία, τη Γερμανία, την Ιταλία και την Ισπανία (Demirbas A., 2000).

Τα καύσιμα που δημιουργούνται στις μονάδες παραγωγής ενέργειας θα έπρεπε διαφορετικά να απορριφθούν σε χώρους υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων ή με κάποιο άλλο τρόπο. Η αποτελεσματική καύση τους όμως μειώνει τον όγκο τους σε ένα σχετικά μικρό ποσό τέφρας ενώ παράλληλα παράγει χρήσιμη ηλεκτρική και θερμική ενέργεια.

Υπάρχει επίσης προοπτική για οφέλη από την καλλιέργεια βιομάζας με σκοπό συγκεκριμένα τη διάθεση της ως βιοκαύσιμο. Με τη σωστή επιλογή καλλιέργειας, είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί ακόμα και κακής ποιότητας γη που δεν είναι κατάλληλη για την παραγωγή τροφίμων ή άλλων καλλιεργειών.

Η καύση της βιομάζας παράγει κάποιους ρύπους, που συμπεριλαμβάνουν την τέφρα και τα αέρια της όξινης βροχής διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) και οξείδια του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ). Η καύση του ξύλου παράγει 90% λιγότερο θείο από τον άνθρακα, το οποίο μπορεί να μειωθεί κι άλλο πριν ελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα. Με βάση το σύγχρονο ποσοστό χρήσης η ποσότητα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που σχετίζεται με τη βιομάζα είναι αμελητέα σε σχέση με άλλες πηγές μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Ακόμη εκλύεται διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Ωστόσο, αυτό προέρχεται από καλλιεργούμενα ή επεξεργασμένα φυτά, τα οποία το είχαν αρχικά απορροφήσει από την ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα να μην προστίθεται κάποιο επιπλέον ποσοστό.

#### **1.4.2. Ενέργεια από Βιομάζα**

Η ενέργεια από βιομάζα είναι μια από τις παλαιότερες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν από την ανθρωπότητα. Η βιομάζα χρησιμοποιείται με σκοπό την κάλυψη διάφορων αναγκών όπως την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τη θέρμανση κατοικιών, ως καύσιμο για οχήματα και ως πηγή θερμότητας σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η βιομάζα δυνητικά περιλαμβάνει απόβλητα που προέρχονται από το ξύλο, τα ζώα και τα φυτά. Είναι στην πραγματικότητα ένα οργανικό υποκατάστατο του πετρελαίου που είναι ανανεώσιμο. Ο όρος βιομάζα αναφέρεται στη δασοκομία, στις καλλιέργειες που αναπτύσσονται για προμήθεια βιομάζας, στα δέντρα και στα φυτά και στα οργανικά, αγροτικά, αγρο – βιομηχανικά και οικιακά απόβλητα (Garg HP, Datta G., 1998). Βιομάζα είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για την φυτική ύλη που παράγεται μέσω της φωτοσύνθεσης κατά την οποία η ενέργεια του ήλιου μετατρέπει το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα σε οργανική ύλη. Επομένως η βιομάζα είναι υλικό που δημιουργήθηκε άμεσα ή έμμεσα ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης των φυτών. Τα ορυκτά καύσιμα θα μπορούσαν επίσης να χαρακτηριστούν ως βιομάζα, από τη στιγμή που αποτελούν τα απολιθωμένα υπολείμματα φυτών που αναπτύχθηκαν πριν εκατομμύρια χρόνια.

Η μοναδική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στην οποία βασίστηκε ο άνθρωπος από την ανακάλυψη της φωτιάς είναι η φωτοσύνθεση. Σε αυτή τη διαδικασία η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από τον φυτικό ιστό παρέχει ενέργεια με αποτέλεσμα την διάσπαση του διοξειδίου του άνθρακα και τον σχηματισμό υδατανθράκων που στη συνέχεια χρησιμοποιούνται ως πηγή ενέργειας για τις υπόλοιπες συνθετικές αντιδράσεις στο φυτό. Άρα η ηλιακή ενέργεια απορροφάται και αποθηκεύεται στο φυτό και με αυτόν τον τρόπο παρέχει τροφή, ύφασμα, καύσιμο και καταφύγιο στον άνθρωπο. Ωστόσο, η φωτοσύνθεση χρησιμοποιεί μόνο ένα μικρό ποσοστό της ηλιακής ενέργειας για να δημιουργήσει 200 δισεκατομμύρια τόνους άνθρακα σε χερσαία και υδρόβια βιομάζα με περιεχόμενο σε ενέργεια της τάξης των 3000 GJ ετησίως. Παρόλα αυτά μόνο το 1/10 της παγκόσμιας ενέργειας από βιομάζα χρησιμοποιείται, ενώ το υπόλοιπο παραμένει αναξιοποίητο (Reddy BS., 1994). Κάθε χρόνο, τα φυτά αποθηκεύουν 10 φορές την ενέργεια που καταναλώνεται. Αυτή η τεράστια ποσότητα ενέργειας δεν μπορεί απλά να συνεισφέρει στις πηγές ενέργειας κάθε χώρας αλλά μπορεί να παρέχει αποτελεσματικά μια ευρεία κλίμακα χημικών αποθεμάτων για την οργανική χημική βιομηχανία, εξοικονομώντας έτσι τα μη ανανεώσιμα προϊόντα πετρελαίου. Επιπλέον, είναι φιλική προς το περιβάλλον και ενισχύει την

οικολογική ισορροπία. Η ενέργεια που αποθηκεύεται στα φυτά μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω της άμεσης καύσης ή χρησιμοποιώντας διάφορες διεργασίες με σκοπό την παραγωγή βιοκαυσίμων όπως η αιθανόλη και το μεθάνιο.

Η βιομάζα δεν βρίσκεται σε κατάλληλη μορφή για να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Το περιεχόμενο σε θερμότητα πρέπει να διορθώνεται σε σχέση με το φυσικό περιεχόμενο σε νερό το οποίο μπορεί να μειώσει τη θερμότητα που είναι διαθέσιμη ακόμη και κατά 20% σε εφαρμογές άμεσης καύσης. Η αεριοποίηση σε αέρια χαμηλής θερμογόνου δύναμης οδηγεί σε μια επιπλέον απώλεια καθαρής ενέργειας και η μετατροπή σε συνθετικό φυσικό αέριο και σε υγρά καύσιμα καταλήγει σε ακόμη μεγαλύτερη μείωση της καθαρής ενέργειας, μέχρι και 30% σε σχέση με το αρχικό περιεχόμενο σε ενέργεια (Goldstein IS., 1981).

Η ηλιακή ενέργεια δεσμεύεται και αποθηκεύεται στα φυτά με τη μορφή χημικής ενέργειας. Το ξύλο αποτελεί ακόμα ένα κυρίαρχο καύσιμο σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες και θα συνεχίσει να αποτελεί για τουλάχιστον ακόμα 40 με 50 χρόνια. Ανταγωνίζεται καλά τα ορυκτά καύσιμα, διότι είναι ανανεώσιμο και μαζί με την αιολική και την ηλιακή ενέργεια παρουσιάζει μεγάλη χωρητικότητα αποθηκευμένης ενέργειας. Χρησιμοποιείται για οικιακή (μαγείρεμα, θέρμανση), εμπορική (θέρμανση νερού) και βιομηχανική (παραγωγή ατμών, θερμότητα) χρήση.

Το ξύλο είναι μια σύνθεση από κυτταρίνη, λιγνίνη και ημικυτταρίνη (43%, 36% και 22% αντίστοιχα). Μια τυπική ανάλυση ξηρού ξύλου αποδίδει άνθρακα (52%), υδρογόνο (6,3%), οξυγόνο (40,5%) και άζωτο (0,4%).

Το περιεχόμενο σε ενέργεια των διαφορετικών τύπων των φυτών καθορίζει και τη θερμογόνου τους δύναμη (περιεχόμενο σε θερμότητα). Αυτή η θερμογόνου δύναμη εξαρτάται από το ποσοστό σε άνθρακα και υδρογόνο, τα οποία συμβάλλουν περισσότερο στην ενεργειακή αξία μιας πηγής βιομάζας.

Η πυκνότητα του ξύλου κυμαίνεται από 400 έως 900 kg/m<sup>3</sup> και το περιεχόμενο σε ενέργεια κυμαίνεται από 4200 έως 5400 kcal/kg.

Για να πάρουμε το μέγιστο ποσοστό ενέργειας, η πρώτη ύλη πρέπει να ξηραίνεται στον αέρα επειδή η ενέργεια που περιέχεται στα φυτά ποικίλει ανάλογα με το περιεχόμενο σε υγρασία.

Η βιομάζα μπορεί να παράγει ενέργεια με τους εξής τρόπους:

- Παραγωγή καλλιεργειών που αποδίδουν άμυλο, ζάχαρη, κυτταρίνη και έλαια
- Στερεά απόβλητα τα οποία μπορούν να καούν
- Αναερόβιοι χωνευτήρες που παράγουν βιοαέριο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας
- Παραγωγή μεθανίου
- Παραγωγή βιοκαυσίμων που περιλαμβάνουν αιθανόλη, μεθανόλη, βιοντίζελ και τα παράγωγά τους

Προβλέψεις δείχνουν ότι σε χώρες όπως η Νέα Ζηλανδία, η βιομάζα συνδυασμένη με υδροηλεκτρική και αιολική ενέργεια θα μπορούσαν να κάνουν τη χώρα πλήρως στηριζόμενη στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τα επόμενα 15 χρόνια, αν δοθεί η κατάλληλη οικονομική βοήθεια. Αναφορές από τις Ηνωμένες Πολιτείες, το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Σουηδία, τη Νέα Ζηλανδία και μεγάλο μέρος της Ευρώπης δείχνουν ότι πραγματοποιούνται προσπάθειες από τις κυβερνήσεις να καθιερώσουν τη βιομάζα ως μια μακροπρόθεσμη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στο πλαίσιο μιας βιώσιμης, περιβαλλοντικά



αποδεκτής, αποτελεσματικής βάση κόστους πολιτικής που θα σχετίζεται με δημοσιονομικά και νομοθετικά μέτρα (Demirbas A., 2000).

Το κόστος της ανάπτυξης βιομάζας συγκεκριμένα για τη χρήση της ως καύσιμο αποτελεί ένα μείζον θέμα. Οι στόχοι είναι να αυξηθεί η χρήση των υπολειμμάτων, να μειωθεί το κόστος παραγωγής βιομάζας (αυξάνοντας την απόδοσή της), να βελτιωθεί η απόδοση των μεθόδων μετατροπής και να βελτιωθούν τα οικονομικά που σχετίζονται με τη χρήση της βιομάζας ως καύσιμο με σκοπό να καταστεί ανταγωνιστική σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα.

### 1.4.3 Πηγές Βιομάζας

Κατά μέσο όρο το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας από βιομάζα παράγεται από το ξύλο και τα απόβλητά του (64%). Ακολουθούν τα αστικά στερεά απόβλητα (24%) τα αγροτικά απόβλητα (5%) και τα αέρια από χώρους υγειονομικής ταφής (5%) (Demirbas A., 1998).

Η βιομάζα διαφέρει από άλλες εναλλακτικές πηγές ενέργειας στο ότι η πηγή παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία και μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια μέσω πολλών διεργασιών. Οι πηγές βιομάζας χωρίζονται σε τρεις γενικές κατηγορίες:

1. Απόβλητα
2. Δάση
3. Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι πηγές βιομάζας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος υλικών. Η ενέργεια από βιομάζα μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες, δηλαδή στη σύγχρονη και την παραδοσιακή βιομάζα. Η σύγχρονη βιομάζα συνήθως περιλαμβάνει ευρείας κλίμακας χρήση και στοχεύει στην αντικατάσταση των συμβατικών πηγών ενέργειας. Περιλαμβάνει υπολείμματα ξύλου και αγροτικά υπολείμματα, αστικά απόβλητα και βιοκαύσιμα, όπως το βιοαέριο και οι ενεργειακές καλλιέργειες. Η παραδοσιακή βιομάζα περιορίζεται κατά βάση στις αναπτυσσόμενες χώρες και σε μικρής κλίμακας χρήση. Περιλαμβάνει καυσόξυλα και κάρβουνο για οικιακή χρήση, φλοιούς και άλλα φυτά και ζωικά απόβλητα.

Ακολουθούν ορισμένα παραδείγματα πηγών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα:

#### Απόβλητα

- Υπολείμματα από την αγροτική παραγωγή
- Υπολείμματα από αγροτικές διεργασίες
- Υπολείμματα καλλιεργειών
- Απόβλητα από την επεξεργασία ξύλου
- Αστικά απόβλητα ξύλου
- Αστικά οργανικά απόβλητα

#### Δασικά προϊόντα

- Ξύλο
- Υπολείμματα υλοτομίας
- Δέντρα, θάμνοι
- Πριονίδια, φλοιοί

#### Ενεργειακές καλλιέργειες

- Ποώδεις καλλιέργειες
- Αγρωστώδη
- Καλλιέργειες αμύλου (πχ. καλαμπόκι, σιτάρι, κριθάρι)
- Καλλιέργειες ζάχαρης (πχ. ζαχαροκάλαμο, τεύτλο)
- Κτηνοτροφικές καλλιέργειες (πχ. τριφύλλι)
- Καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων (πχ. ηλίανθος)

#### Υδροβία φυτά

- Φύκια
- Ζιζάνια του νερού
- Υδροβίος υάκινθος
- Καλαμιές

Η ζήτηση για ενέργεια αυξάνεται με εκθετικό βαθμό εξαιτίας της εκθετικής αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού. Αυτό, σε συνδυασμό με την ευρεία εξάντληση των ορυκτών καυσίμων και της σταδιακής αναδυόμενης συνείδησης σε σχέση με την περιβαλλοντική υποβάθμιση, δείχνει ότι η προμήθεια ενέργειας στο μέλλον πρέπει να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στατιστικά η παγκόσμια παροχή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι 18% από το οποίο το 55% παρέχεται από την παραδοσιακή βιομάζα και το 30% από υδροηλεκτρική ενέργεια. Η ηλιακή, η αιολική, η σύγχρονη βιομάζα, η γεωθερμική, η υδροηλεκτρική μικρής εμβέλειας (κάτω από 10 MW) και η ενέργεια του ωκεανού αποτελούν όλες μαζί το 12% όλων των ανανεώσιμων.

Η βιομάζα συνεισφέρει κατά 12% στη σύγχρονη προμήθεια ενέργειας, ενώ σε μερικές αναπτυσσόμενες χώρες συνεισφέρει σε μεγαλύτερο βαθμό που αγγίζει το 40% με 50% (Garg HP, Datta G., 1998).

Η παγκόσμια παραγωγή βιομάζας εκτιμάται στους 146 δισεκατομμύρια μετρικούς τόνους το χρόνο, κυρίως άγρια βλάστηση. Κάποιες αγροτικές καλλιέργειες και καλλιέργειες δέντρων μπορούν να παράγουν έως και 20 τόνους βιομάζας ανά στρέμμα το χρόνο. Διάφορα φύκια και αγρωστώδη μπορούν να παράγουν μέχρι και 50 τόνους το χρόνο (Cuff DJ., Young WJ., 1980).

#### 1.4.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Βιομάζας

##### Πλεονεκτήματα

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

4. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ, αγριαγκινάρα), τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.) και τη συγκράτηση του πληθυσμού στον τόπο καταγωγής τους, συμβάλλοντας έτσι στην κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στον βιομηχανικό χώρο.

#### Μειονεκτήματα

1. Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
3. Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
4. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

#### 1.4.5 Ενέργειες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στην Ελλάδα

- **Μονάδα ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα από τη ΣΕΚΕ**

Μονάδα ηλεκτροπαραγωγής εγκατεστημένης ισχύος 999 kW με καύσιμη ύλη βιομάζα, πρόκειται να εγκαταστήσει η συνεταιριστική καπνοβιομηχανία ΣΕΚΕ το προσεχές διάστημα. Ήδη από το Περιφερειακό Συμβούλιο έχει εγκριθεί η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων που έχει κατατεθεί από την Συνεταιριστική Βιομηχανία της Ξάνθης. Σύμφωνα με τον Πρόεδρο της εταιρίας, η μονάδα θα τροφοδοτείται κυρίως με υπολείμματα καλαμποκιού (με φύλλα και κορμούς που απομένουν μετά την αρχική επεξεργασία τους) καθώς και υπολείμματα αγριαγκινάρας. Όπως αναφέρει ο Πρόεδρος της ΣΕΚΕ, στόχος είναι να αξιοποιούνται τα αγροτικά υποπροϊόντα για την παραγωγή ρεύματος. Η μονάδα ηλεκτροπαραγωγής της ΣΕΚΕ θα είναι διασυνδεδεμένη με τη ΔΕΗ, στην οποία θα πωλείται η ηλεκτρική ενέργεια. Όπως είναι σαφές η μονάδα δεν είναι δυνατόν να καλύψει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών της ΣΕΚΕ, όμως θα καλύπτει ένα σημαντικό μέρος τους και θα πωλείται σε τιμή πολλαπλάσια της τιμής αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος. Όπως είναι γνωστό, εταιρίες όπως η ΣΕΚΕ που κάνει επεξεργασία καπνών σε φύλλα, καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ρεύματος κάτι που σημαίνει ότι η μονάδα ηλεκτροπαραγωγής από βιομάζα θα προκαλέσει σημαντική μείωση του ενεργειακού κόστους για την εταιρεία, και ενέργεια φιλική στο περιβάλλον. (energypress.gr)

- **“Συνεταιριστικό” εργοστάσιο βιομάζας στην Καρδίτσα**

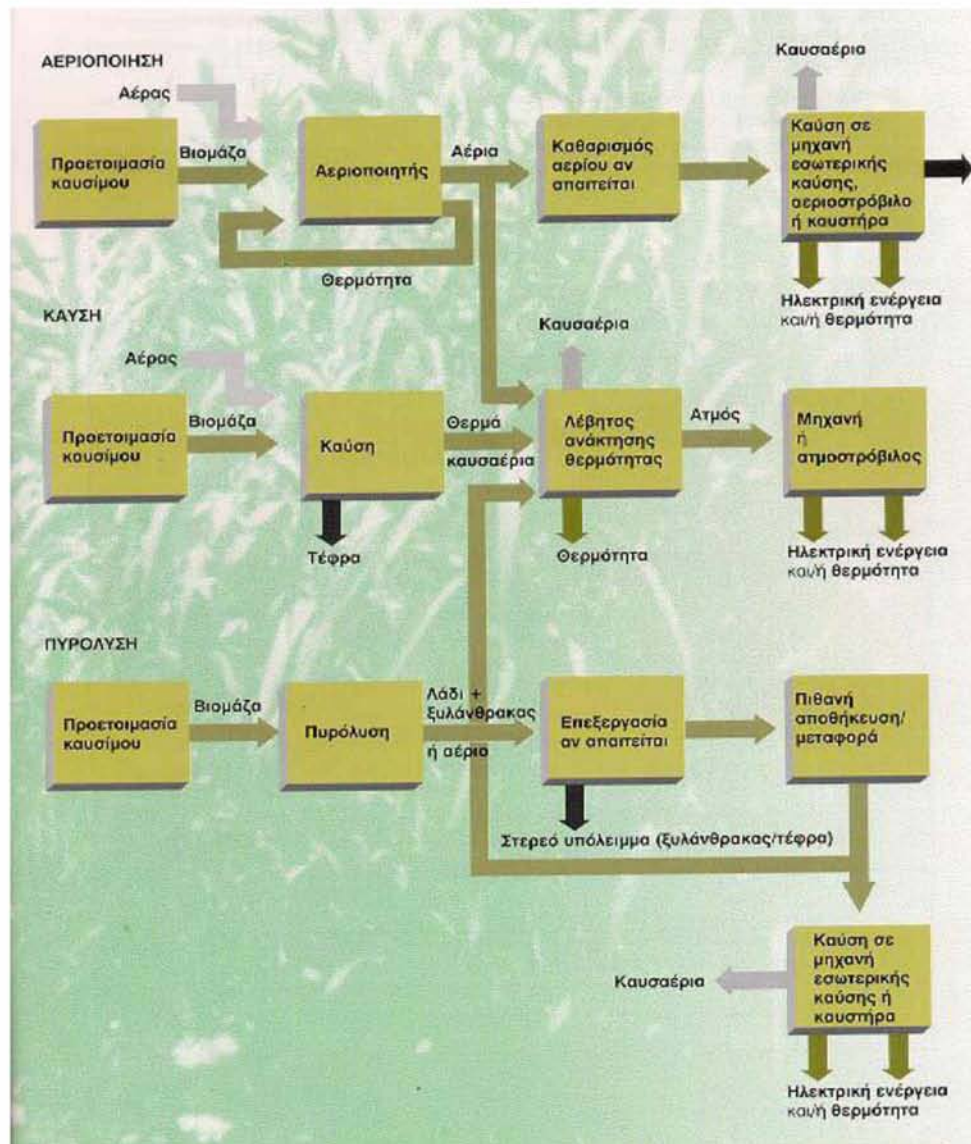
Αντίστροφα για την κατασκευή του πρώτου εργοστασίου ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα μετράει η Ενεργειακή Συνεταιριστική Εταιρεία Καρδίτσας (ΕΣΕΚ). Μετά από μερικούς μήνες προπαρασκευής και συγκέντρωσης του απαραίτητου κεφαλαίου, η νεοσύστατη (ιδρύθηκε το Δεκέμβριο του 2010) εταιρεία λαϊκής βάσης περνάει τώρα στη δημιουργική και πλέον κρίσιμη φάση της λειτουργίας της με αρωγούς την Αναπτυξιακή Καρδίτσας (ΑΝΚΑ) αλλά και την τοπική Συνεταιριστική Τράπεζα. Σε εξέλιξη βρίσκονται οι διαδικασίες αγοράς αγροτεμαχίου στο οποίο θα ανεγερθεί η μονάδα ισχύος 500kW. Το εργοστάσιο θα καίει βιομάζα που θα παράγεται από αγριαγκινάρα και ηλίανθο καθώς επίσης και από υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών (πχ. βαμβακιού) ή ξύλου της περιοχής σε μορφή πέλετς. (energypress.gr)

- **Επένδυση βιομάζας 80 εκ. ευρώ από ΔΕΗ ΑΠΕ στην Πτολεμαΐδα**

Ένα φιλόδοξο έργο παραγωγής βιομάζας, ο πρώτο του είδους του στην ευρύτερη περιοχή του λιγνιτικού κέντρου Δυτικής Μακεδονίας, φιλοδοξεί να υλοποιήσει η ΔΕΗ Ανανεώσιμες. Πρόκειται για επένδυση ύψους 80 εκ. ευρώ, και μόνο για την εγκατάσταση του σταθμού και των αποθηκευτικών χώρων θα χρειαστούν 20-25 στρέμματα. Τα παραπάνω προκύπτουν από τη σχετική αίτηση για άδεια παραγωγής που κατάθεσε πρόσφατα στη ΡΑΕ η ΔΕΗ ΑΠΕ, ενώ για την παραγωγή της πρώτης ύλης θα χρειαστούν 100.000 περίπου στρέμματα γης για την καλλιέργεια των κατάλληλων ενεργειακών φυτών. Εν προκειμένω, στα στρέμματα αυτά θα καλλιεργηθούν αγριαγκινάρα, μίσχανθος και ινώδες σόργο. Η ετήσια παραγωγή του σταθμού αναμένεται ότι θα είναι 186.150 MWh. Το έργο αναμένεται να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας, να ενισχύσει την αγροτική απασχόληση και κυρίως να αποτελέσει τη συνέχεια σε μια προσπάθεια ανάπτυξης ενεργειακών φυτών στην περιοχή με πρωτοβουλία του τοπικού Δήμου. (energypress.gr)

## **1.5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει μια πληθώρα ενεργειακών αναγκών που περιλαμβάνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την παροχή θερμότητας στη βιομηχανία, τη θέρμανση κατοικιών, τη χρήση ως καύσιμο για οχήματα. Η μετατροπή της βιομάζας σε τέτοιες αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας, που αποκαλείται επίσης βιο-ενέργεια, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ενός αριθμού διαφορετικών τεχνολογικών λύσεων που μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες, δηλαδή σε θερμοχημικές διεργασίες και βιοχημικές/βιολογικές διεργασίες.



**Εικόνα 1.3:** Τεχνολογίες Ενεργειακής Αξιοποίησης Βιομάζας

Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά οι κύριες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας:

#### Θερμοχημικές

- Η **καύση** χρησιμοποιείται για να μετατρέψει την ενέργεια από βιομάζα σε θερμική, μηχανική ή ηλεκτρική ενέργεια. Οι καθαρές αποδόσεις μετατροπής κυμαίνονται από 20% έως 40%, και μπορούν να επιτευχθούν ακόμα μεγαλύτερες τιμές όταν η βιομάζα καίγεται με άνθρακα σε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα. Για την επίτευξη καλύτερων βαθμών απόδοσης στη καύση είναι επιθυμητό η περιεκτικότητα της βιομάζας σε υγρασία να είναι χαμηλή συνήθως κάτω του 20%. Πολλές φορές απαιτείται τεμαχισμός της βιομάζας σε μικρά κομμάτια για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες συσκευές και φούρνους για καύση. Όταν η βιομάζα βρίσκεται υπό μορφή πολύ μικρών κόκκων είναι επιθυμητό πολλές φορές να μετατραπεί σε μπρικέτες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μορφοποίησή της σε κατάλληλα μηχανήματα με υψηλή πίεση. Για την παραγωγή ατμού η βιομάζα καίγεται σε κατάλληλους καυστήρες και βραστήρες με ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας (Demirbas A., 2000).

- Η **αεριοποίηση** μετατρέπει τη βιομάζα σε ένα εύφλεκτο μείγμα αερίων μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογόνου και μεθανίου που χαρακτηρίζεται από χαμηλή θερμογόνος δύναμη και μπορεί να καεί για να παράγει θερμότητα και ατμό, ή να χρησιμοποιηθεί σε αεριοστροβίλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι αποδόσεις μετατροπής μπορεί να αγγίζουν το 50%. Σε περίπτωση που η διεργασία γίνει με τη χρήση αέρα, το αέριο σύνθεσης έχει καθαρή θερμογόνος δύναμη περίπου 4,6 MJ/ m<sup>3</sup>. Όταν χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο αντί για αέρα, η θερμογόνος δύναμη του αερίου μπορεί ακόμα και να τριπλασιασθεί. Καθοριστικό ρόλο στη διεργασία αεριοποίησης έχει και το είδος της φυτικής βιομάζας. Οι ιδιότητες της μπορεί να διαφέρουν σημαντικά αναλόγως την προέλευση της βιομάζας, με άμεση συνέπεια στην τεχνολογία της διεργασίας και την βιωσιμότητα της μονάδας. Οι παράμετροι της βιομάζας που εξετάζονται περισσότερο είναι η υγρασία του υλικού, η περιεκτικότητα της σε τέφρα, η στοιχειακή της ανάλυση, η θερμογόνος δύναμή της, η πυκνότητα και η κοκκομετρία της (Demirbas A., 2000).
- Η **πυρόλυση** είναι η μετατροπή βιομάζας σε αέρια, πυρολιγνικά υγρά και βιοάνθρακα με τη θέρμανση της βιομάζας απουσία αέρα. Η πυρόλυση γίνεται σε κλειστά δοχεία απουσία αέρα σε θερμοκρασίες 500-600°C. Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης δεν απαιτείται παρά η πρόσδοση μικρών ποσοτήτων θερμότητας (Caputo A. et al., 2004).

#### Βιοχημικές

- Η **ζύμωση** χρησιμοποιείται για την παραγωγή αιθανόλης από βιομάζα που περιέχει ζάχαρη. Συνήθως η ζάχαρη εξάγεται από την καλλιέργεια βιομάζας με σύνθλιψη, αναμιγνύεται με νερό και μαγιά και διατηρείται ζεστή σε μεγάλες δεξαμενές. Η μαγιά διασπά τη ζάχαρη και την μετατρέπει σε μεθανόλη. Απαιτείται μια απόσταση για την απομάκρυνση του νερού και άλλων προσμίξεων στο αραιωμένο προϊόν. Η συγκεντρωμένη αιθανόλη (95% κατ' όγκο με ένα μόνο βήμα απόσταξης) συγκεντρώνεται και συμπυκνώνεται σε υγρή μορφή (Caputo A. et al., 2004).
- Η **αναερόβια χώνευση** είναι η μετατροπή βιομάζας σε βιοαέριο, που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα μέσω βακτηριακής δράσης απουσία οξυγόνου. Είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται ευρέως για τη διαχείριση βιομάζας με υψηλή περιεκτικότητα υγρασίας όπως για παράδειγμα τα αστικά λύματα ή τα απόβλητα ζώων (Caputo A. et al., 2004).

Η επιλογή της κατάλληλης διεργασίας επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως είναι ο τύπος και η ποσότητα της βιομάζας, η παραγωγή ενέργειας και οι εφαρμογές τελικής χρήσης της ενέργειας που θα παραχθεί, τα περιβαλλοντικά δεδομένα και οι οικονομικές συνθήκες.

Πέρα από το ποσό της ενέργειας που θα είναι διαθέσιμο από κάθε είδος βιομάζας που χρησιμοποιείται, άλλες ιδιότητες που υποδεικνύουν την καταλληλότερη μορφή μετατροπής ενέργειας είναι το περιεχόμενο σε υγρασία, η αναλογία κυτταρίνης/λιγνίνης και το περιεχόμενο σε τέφρα. Πιο συγκεκριμένα υψηλή περιεκτικότητα υγρασίας στη βιομάζα (>50%), όπως είναι τα ποώδη φυτά και το ζαχαροκάλαμο κλίνουν περισσότερο προς τις αντίστοιχες διεργασίες «υγρής» βιομάζας, για παράδειγμα ζύμωση ή αναερόβια χώνευση. Αντίθετα, η «ξηρή» βιομάζα (περιεκτικότητα υγρασίας <50%), πχ. συσσωματώματα ξύλου είναι πιο κατάλληλη για θερμοχημικές διεργασίες όπως η καύση ή η αεριοποίηση. Όσον

αφορά την αναλογία κυτταρίνης /λιγνίνης, αυτή η παράμετρος επηρεάζει μόνο τις βιοχημικές διεργασίες μετατροπής. Συγκεκριμένα η βιομάζα με υψηλή αναλογία κυτταρίνης σε σχέση με τη λιγνίνη, όπως είναι το ξύλο που χαρακτηρίζεται από 25-50% κυτταρίνη και 20-25% λιγνίνη, είναι πιο συμβατή με διεργασίες ζύμωσης. Τέλος, σε σχέση με το περιεχόμενο σε τέφρα, προτιμούνται χαμηλά ποσοστά τόσο για τις θερμοχημικές όσο και για τις βιοχημικές διεργασίες, διότι δεδομένης της διαθέσιμης ποσότητας ενέργειας ανάλογα με τη διεργασία, το ποσό ενέργειας του τελικού προϊόντος θα είναι αναλογικά μειωμένο (McKendry P., 2002, part 1). Ωστόσο, συνήθως ο παράγοντας που καθορίζει την επιλογή διεργασίας μετατροπής είναι η ενέργεια που παράγεται και στη συνέχεια ο τύπος και η ποσότητα της διαθέσιμης βιομάζας.

Παρόλη την ευρέως αποδεκτή προοπτική της χρήσης βιομάζας, υπάρχουν βασικά προβλήματα που αφορούν τη χρήση της, όπως η περιορισμένη διαθεσιμότητα σε σχέση με το χρόνο, που οφείλεται κυρίως στην εποχικότητα της πρώτης ύλης και τη διάσπαρτη γεωγραφική κατανομή που καθιστούν τη συλλογή, τη μεταφορά και την αποθήκευση πολύπλοκες και δαπανηρές. Αυτές οι κρίσιμες μεταβλητές logistics επηρεάζουν ισχυρά την οικονομική και ενεργειακή απόδοση των συστημάτων μετατροπής βιοενέργειας, δημιουργώντας περιορισμούς στην καταλληλότητά τους.

Επιπλέον, ο μεγάλος αριθμός των δυνατών συνδυασμών των ποικίλων πηγών βιομάζας (όπως είναι το ξύλο και τα υπολείμματά του, οι αγροτικές καλλιέργειες και τα υποπροϊόντα τους, οι ενεργειακές καλλιέργειες, τα αστικά λύματα, τα υπολείμματα από αγρο-βιομηχανικές διεργασίες και επεξεργασία τροφίμων), οι διαφορετικές διαθέσιμες προσεγγίσεις μετατροπής και οι ποικίλες εφαρμογές τελικής χρήσης της ενέργειας (παραγωγή ηλεκτρικής/θερμικής ενέργειας ή καύσιμο για μεταφορές) καθιστούν την επιλογή της βέλτιστης λύσης μια δύσκολη απόφαση τόσο από πλευράς κόστους όσο και από ενεργειακής πλευράς (McKendry P., 2002, part 2).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Η *Cynara cardunculus* L. ΩΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

#### 2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Οι ενεργειακές καλλιέργειες εμφανίστηκαν στην Ελλάδα σχετικά πρόσφατα. Τη δεκαετία 1990-2000 πραγματοποιήθηκαν πειράματα σχετικά με την προσαρμοστικότητα και την παραγωγικότητα των φυτών, ενώ αξιολογήθηκαν διάφορες ποικιλίες. Από το 2000 και έπειτα γίνονται πειράματα και μελέτες σχετικά με τις εισροές, τις χρήσεις προϊόντων κ.α. Η καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών ουσιαστικά έχει επιτευχθεί μόνο από πειράματα, που στηρίχθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τα εθνικά προγράμματα (Μεμάκη Α., 2009). Με την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, επιτυγχάνονται τα εξής :

- Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων για τους αγρότες, λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχουν κάποια είδη επιδοτήσεων.
- Με την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, θα δημιουργηθεί ανάγκη για προμήθεια νέων ποικιλιών, βελτίωση καλλιεργητικών μεθόδων και εξοπλισμού που θα υποστηρίξουν την παραγωγή και αποθήκευση των νέων φυτών. Αυτό θα δώσει ώθηση στη φθίνουσα γεωργική οικονομία και θα οδηγήσει στην ανάπτυξη της εγχώριας γεωργικής βιομηχανίας.
- Η διείσδυση των ενεργειακών φυτών στην εσωτερική αγορά μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικό αγροτικό εισόδημα σε σχέση με ορισμένες συμβατικές καλλιέργειες και να ενισχύσει τη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων των παραγωγών.
- Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομιών, αφού η παραγωγή και η εκμετάλλευση των ενεργειακών καλλιεργειών θα συντελεστεί στις αγροτικές περιοχές. Η εισροή επομένως νέων εισοδημάτων θα βελτιώσει τη ζωή των τοπικών κοινωνιών και θα στηρίξει την ανάπτυξη σε λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές της χώρας.
- Εξασφάλιση περιφερειακής ανάπτυξης, αφού η δημιουργία αγοράς για παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας και ηλεκτρισμού στην περιφέρεια, θα συμβάλλει στην παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές, με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την εξασφάλιση πρόσθετων εισοδημάτων στην τοπική κοινωνία.
- Μείωση της εξάρτησης από πετρέλαιο, αφού η χρήση καλλιεργειών για ενεργειακούς σκοπούς οδηγεί στην ανάπτυξη στρατηγικών παραγωγής εθνικών προϊόντων και ελαττώνει την εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου.
- Προστατεύουν το έδαφος από διάβρωση και ταυτόχρονα δίνουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης εδαφών χαμηλής γονιμότητας.

Ως ενεργειακές καλλιέργειες, χαρακτηρίζονται οι καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, όπως την παραγωγή θερμότητας ή/και ηλεκτρικής ενέργειας, την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων κ.ά. (Μεμάκη Α., 2009).

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες, το τελικό προϊόν των οποίων θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων, θεωρούνται επίσης ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα και ο ηλίανθος, όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλης και βιοντίζελ). Οι «νέες» ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή περιεκτικότητα σε



βιομάζα ανά μονάδα γης και αναφέρονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται σε ετήσιες και πολυετείς (Μεμάκη Α., 2009).

Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω κατηγορίες :

ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	Ευκάλυπτος: <i>Eucalyptus globulus</i> Labill., <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh  Ψευδοκακία: <i>Robinia pseudoacacia</i>	
ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	Πολυετείς	Καλάμι: <i>Arundo donax</i> L.  Μίσχανθος: <i>Misconstrues x giganteus</i> GREEF et DEU  Αγριαγκινάρα: <i>Cynara cardunculus</i> L.  Switchgrass: <i>Panicum virgatum</i>
ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	Ετήσιες	Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο: <i>Sorghum bicolor</i> L.  Κενάφ: <i>Hibiscus cannabinus</i> L.  Ελαιοκράμβη: <i>Brassica napus</i> , <i>Brassica carinata</i>  Σιτάρι: <i>Triticum aestivum</i> L.  Ζαχαρότευτλα: <i>Beta vulgaris</i> L.  Κριθάρι: <i>Hordeum sativum/Vulgare</i> L.  Αραβόσιτος: <i>Zea mays</i> L.  Ηλίανθος: <i>Helianthus annuus</i> L.

**Πίνακας 2.1:** Ενεργειακές Καλλιέργειες ανά Κατηγορία

## 2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΥΤΟΥ *Cynara cardunculus* L.

Μια από τις πιθανές καλλιέργειες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιομάζας είναι η *Cynara cardunculus* L., η οποία παρουσιάζει εξαιρετικά χαρακτηριστικά σε σχέση με την παραγωγή βιομάζας και την προσαρμογή στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Το είδος *C. cardunculus* καλλιεργούταν παραδοσιακά ως κηπευτικό και σε αυτήν την περίπτωση είναι ευρέως γνωστό ως «αγκινάρα» (cardo). Αν το είδος καλλιεργείται για ενεργειακούς σκοπούς, προτιμάται ο όρος «αγριαγκινάρα» (cynara).

Ανήκει στην οικογένεια Compositae και συγκεκριμένα στο γένος *Cynara*, που περιλαμβάνει δυο καλλιεργούμενα είδη: την αγκινάρα (*Cynara scolymus*) και την αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*), καθώς και 8-10 άγρια είδη. Είναι ένα πολυετές φυτό με ετήσιο κύκλο

ανάπτυξης, καλά προσαρμόσιμο στο Μεσογειακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια.



Εικόνα 2.1: Αγριαγκινάρα

Η αγριαγκινάρα έχει ένα κατακόρυφο ριζικό σύστημα που έχει την ικανότητα να διεισδύει στο χώμα σε αρκετά μέτρα βάθος. Συνήθως αναπτύσσει αρκετές προεξέχουσες ρίζες που προέρχονται από την αρχική ρίζα. Στο άνω μέρος του ριζικού συστήματος η διάμετρος των κύριων ριζών είναι αρκετά μεγάλη. Οι κύριες ρίζες διακλαδίζονται έντονα και οι διακλαδώσεις γίνονται όλο και πιο λεπτές και ινώδεις. Έχει αποδειχτεί ότι οι κύριες ρίζες μπορούν να φτάσουν τα 7μ βάθος στο χώμα μετά την ολοκλήρωση του πρώτου κύκλου ανάπτυξης του φυτού. Οι δευτερεύουσες ρίζες και οι διακλαδώσεις που τις ακολουθούν αναπτύσσονται οριζόντια σε διαφορετικά βάθη, δημιουργώντας έτσι μια μπερδεμένη μάζα ριζών. Στην αρχή του δεύτερου κύκλου ή άλλων κύκλων αργότερα αναπτύσσονται στο κύριο μέρος του φυτού στελέχη. Στη συνέχεια αναπτύσσονται διακλαδώσεις στην κορυφή του φυτού και σχηματίζονται αρκετές κεφαλές στο βλαστό. Η ανάπτυξη αυτών των κεφαλών οδηγεί σε δημιουργία νέων βλαστών με αποτέλεσμα το άνω μέρος του ριζικού συστήματος να διευρύνεται όλο και πιο πολύ. Μετά από αρκετά χρόνια καλλιέργειας είναι μια ταξιανθία που μπορεί να φτάσει τα 20-30 εκατοστά διάμετρο (Fernandez J., Curt M.D.).

Τα φύλλα της ροζέτας της βάσης είναι μαλακά, απαλά, έμμοια, πολύ μεγάλα, δερματώδη, με ζωηρό πράσινο-γκρι χρώμα (Kelly M. et al., 1996). Είναι συνήθως βαθιά διαιρεμένα. Έχουν λίγες τρίχες στην επάνω επιφάνεια και άσπρες τρίχες στην κάτω επιφάνεια. Οι λοβοί του φύλλου είναι ωοειδείς, λογχοειδείς ή γραμμικοί, με άκαμπτα κίτρινα αγκάθια (15-35mm) στην κορυφή. Το μέγεθος του αγκαθιού αλλάζει ανάλογα με το στάδιο της ανάπτυξης, όπου συναντιούνται μεγαλύτερα αγκάθια σε μετέπειτα στάδια ανάπτυξης, αλλά και ανάλογα με την ποικιλία. Τα φύλλα του βλαστού είναι εναλλασσόμενα και άμισχα.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η διαμήκης τομή της κεφαλής της αγριαγκινάρας στην περίοδο συγκομιδής. Μακροσκοπική άποψη της σύνδεσης του πάππου και του σπόρου:

(Α) φύλλο στο μάτι του φυτού

(Β) πάππος

(C) τρίχες

(D) σπόροι

(Ε) άκρο κοτσανιού (Παπαγεωργίου Α., 2010).





**Εικόνα 2.2:** Αγριαγκινάρα κατά την περίοδο συγκομιδής (Curt et al., 2009)

Ο βλαστός είναι το ανθικό στέλεχος με κορυμβοειδή ταξιανθία. Μπορεί να φτάσει πάνω από 2 m σε ύψος. Οι ανθοκεφαλές είναι συγκεντρωμένες σε μια μεγάλη σφαιρική ροζέτα (έως 8cm σε διάμετρο). Τα βράκτια είναι ωοειδή έως ελλειπτικά και στενεύουν βαθμιαία ή απότομα σε ένα όρθιο αγκάθι (10-50 x 2-6 mm), το οποίο μπορεί να είναι κιτρινοπράσινο ή πορφυροειδές. Η στεφάνη μπορεί να είναι μπλε, μωβ (λιλά) ή άσπρη. Τα αχάινια (6-8 x 3-4 mm) είναι γυαλιστερά με καφέ στίγματα. Οι πάπποι μπορεί να φτάσουν τα 25-40 mm σε μήκος (Παπαδούλης Ν., 2009).

Η αγριαγκινάρα είναι φυτό πολυετές. Αντέχει την υψηλή θερμοκρασία-ξηρασία του καλοκαιριού δίνοντας σχετικά μεγάλη παραγωγή βιομάζας. Το φυτό βλαστάνει μετά τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα σχηματίζει μια ροζέτα φύλλων. Είναι φυτά σκληραγωγημένα που αντέχουν σε θερμοκρασίες περί τους -10°C. Συγκεκριμένα η παραπάνω σκληραγωγή παρατηρείται στο στάδιο της ροζέτας. Το ανθικό στέλεχος αρχίζει να επιμηκύνεται την άνοιξη και οι πρώτες ανθοκεφαλές εμφανίζονται τον Ιούνιο. Το υπέργειο μέρος του φυτού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ξηραίνεται, ενώ το υπόγειο τμήμα του εισέρχεται σε λήθαργο. Αυτό συμβαίνει μέχρι τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές, οπότε και αρχίζει ένας νέος κύκλος με την έκπτυξη των νέων φύλλων από τις ρίζες (Παπαδούλης Ν., 2009).

### 2.3 ΚΥΚΛΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑΣ

Ο σπόρος ωριμάζει και διασκορπίζεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και είναι έτοιμος να αναπτυχθεί όταν η υγρασία του χώματος και η θερμοκρασία θα είναι ευνοϊκές, συνήθως στις αρχές του φθινοπώρου (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος), όταν αρχίζουν οι πρώτες βροχοπτώσεις. Οι οφθαλμοί αναπτύσσονται μια ροζέτα φύλλων η οποία εξακολουθεί να αναπτύσσεται σε μέγεθος και σε αριθμό φύλλων μέχρι την άνοιξη. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου οι υδατάνθρακες που παράγονται από τη φωτοσύνθεση συσσωρεύονται στις ρίζες. Στα μέσα ή στα τέλη της άνοιξης, ένας βλαστός αναπτύσσεται από την μέση της ροζέτας ο οποίος φέρει πολλές κεφαλές. Τα φύλλα και οι κεφαλές με τα άνθη ξηραίνονται

κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ενώ το ριζικό σύστημα και οι βλαστοί στη βάση του φυτού παραμένουν ζωντανοί.

Στην αρχή του φθινοπώρου, μερικοί εναπομείναντες βλαστοί – περίπου 2 με 4 βλαστοί ανά φυτό – ανθίζουν και ένας νέος κύκλος ανάπτυξης αρχίζει. Αρκετές ροζέτες αναπτύσσονται έντονα από τη βάση εξαιτίας των ριζικών αποθεμάτων. Εξαιτίας αυτού, η ανάπτυξη της ροζέτας σε αυτό τον κύκλο γίνεται πιο γρήγορα σε σχέση με τον πρώτο. Η διάμετρος της ροζέτας μπορεί να αγγίξει το 1μ σε διάμετρο, και έτσι το έδαφος καλύπτεται άμεσα. Με αυτόν τον τρόπο το φυτό ανταγωνίζεται ικανοποιητικά την ανάπτυξη ζιζανίων αρκεί η πυκνότητα των φυτών να είναι επαρκής. Πέρα από τη βλάστηση, τα βήματα του δεύτερου κύκλου όπως και αυτών που θα ακολουθήσουν είναι τα ίδια με αυτά του πρώτου κύκλου, δηλαδή συσσώρευση υδατανθράκων στις ρίζες, επιμήκυνση των στελεχών, βλάστηση, ωρίμανση και ξήρανση. Ο χρόνος ζωής ενός φυτού και άρα ο πιθανός αριθμός των κύκλων ανάπτυξης παραμένουν άγνωστα, αλλά υπάρχουν ενδείξεις από πειράματα για διάρκεια της καλλιέργειας ακόμα και για 15 χρόνια.

### **Στάδια Καλλιέργειας**

1°) Φύτρωμα Σπόρου. Το στάδιο αυτό ξεκινά με τη σπορά.

2°) Δημιουργία πρώτων φύλλων. Το στάδιο αυτό ολοκληρώνεται με την εμφάνιση 6-9 βαθιά διαιρεμένων φύλλων, έμισχων φύλλων (τμήματα φύλλων του φυτού που ενώνουν το κυρίως φύλλο με το βλαστό).

3°) Ανάπτυξη ροζέτας (παραγωγή και άλλων φύλλων). Το στάδιο αυτό ολοκληρώνεται όταν το 90% του εδάφους έχει καλυφθεί από τα φύλλα της αγριαγκινάρας (περίοδος: Δεκέμβριος έως Μάρτιος).

4°) Αύξηση σε βιομάζα (προς συγκομιδή). Στο στάδιο αυτό παρατηρείται αύξηση της καλλιέργειας σε όγκο και βάρος. Το στάδιο ολοκληρώνεται όταν η καλλιέργεια έχει φτάσει στο μέγιστο βάρος (περίοδος: Δεκέμβριος έως Μάρτιος).

5°) Εμφάνιση ανθοκεφαλής. Το στάδιο ολοκληρώνεται με την εμφάνιση της πρώτης ταξιανθίας («κεφάλια» όπου αναπτύσσονται πολλοί ελαιούχοι καρποί, γνωστοί ως «σπόρια»). Περίοδος: τέλος Μαρτίου έως μέσα Μαΐου.

6°) Άνθηση ταξιανθίας που ολοκληρώνεται όταν το 90% των κεφαλών έχουν ανθήσει. Στην άνθηση το φυτό εμφανίζει μωβ πέταλα (περίοδος: μέσα Μαΐου έως αρχές Ιουνίου).

7°) Ανάπτυξη ανθοκεφαλών. Στο στάδιο αυτό καθορίζεται το τελικό μέγεθος των ανθοκεφαλών. Ξεκινά με την πτώση των μωβ πετάλων και ολοκληρώνεται όταν η κορυφή της ανθοκεφαλής αρχίζει να σκληραίνει (περίοδος: Ιούνιος).

8°) Φυσιολογική ωρίμανση. Το στάδιο ξεκινά όταν η πρώτη ανθοκεφαλή αλλάξει χρώμα από πράσινο σε κίτρινο χρυσαφί, με ταυτόχρονη εμφάνιση κίτρινων αγκαθιών και ολοκληρώνεται όταν το 90% των ανθοκεφαλών ξυλοποιηθούν (περίοδος: Ιούλιος).

9°) Γήρανση και συγκομιδή καλλιέργειας. Το στάδιο ξεκινά με το κιτρίνισμα και τελικά με την πτώση των φύλλων καθώς και την αλλαγή του χρώματος του στελέχους και των βραχιόνων από πράσινο-κίτρινο σε καφέ. Η καλλιέργεια συγκομίζεται όταν το 5% των ανθοκεφαλών έχουν πλήρως ανοίξει (περίοδος: τέλη Ιουλίου έως τέλη Αυγούστου, υγρασία βλαστού-βραχιόνων 15-25%). (Apollo Capital Group).

Μια εβδομάδα περίπου μετά τη συγκομιδή η καλλιέργεια αναβλαστάνει και ο ρυθμός αύξησης/δημιουργίας των φύλλων (έμισχων βαθιά διαιρεμένων) που αναβλαστάνουν από τη ρίζα (2<sup>ο</sup> έτος) είναι συνήθως 5-10πλάσιος αυτών που προέρχονται από τον σπόρο (1<sup>ο</sup> έτος). Ο ρυθμός εδαφοκάλυψης είναι σαφώς ταχύτερος από ότι στο 1<sup>ο</sup> έτος και εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους και τη θερμοκρασία του αέρα (10-25 ημέρες).

Συνήθως από μια ρίζα εκβλαστάνουν 1-4 φυτά ταυτόχρονα, που αναπτύσσονται παράλληλα και συμβάλλουν στην ταχεία εδαφοκάλυψη. Αργότερα, με το σχηματισμό της ροζέτας, κάθε ρίζα θα θρέψει τελικά 1 το πολύ 2 φυτά, ανάλογα με τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά του εδάφους. Επίσης, με τις αναπόφευκτες μικρές απώλειες κατά την συγκομιδή, παρατηρείται φύτευμα νέων σπόρων, αλλά τα νέα αυτά φυτάρια τελικά θα σβήσουν από τον ανταγωνισμό με τα άλλα φυτά.

Την χρονιά της εγκατάστασης η απόδοση σε βιομάζα είναι συνήθως το 1/3 έως 2/3 από αυτή του 2<sup>ου</sup> έτους.

## **2.4 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ**

### **2.4.1 Κλίμα**

Η αγριαγκινάρα είναι ένα είδος εγγενές στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προσαρμόζεται εξαιρετικά στο μεσογειακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από υγρασία και ήπιους (ψυχρούς) χειμώνες και ξηρά και ζεστά καλοκαίρια.

Τα εξωτερικά φύλλα είναι ευαίσθητα στον παγετό αλλά από τη στιγμή που η αγριαγκινάρα βρίσκεται στο στάδιο της ροζέτας και έχει αναπτύξει αρκετά φύλλα, ανέχεται ικανοποιητικά τις χαμηλές θερμοκρασίες του μεσογειακού κλίματος. Τα νέα φυτά στο στάδιο της ροζέτας αντέχουν σε θερμοκρασίες κάτω των -5°C. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο συνιστάται να γίνει η σπορά εγκαίρως – δύο με τρεις μήνες πριν την εμφάνιση του παγετού, ανάλογα και με την ταχύτητα ανάπτυξης – στις περιοχές όπου υπάρχει κίνδυνος παγετού, δεδομένου ότι η υγρασία του εδάφους είναι κατάλληλη ώστε να γίνει η σπορά.

Όπως κάθε άλλη καλλιέργεια που αναπτύσσεται σε ξηρικές συνθήκες, η παραγωγικότητα της αγριαγκινάρας συνδέεται στενά με το ποσοστό του νερού που είναι διαθέσιμο. Η αγριαγκινάρα αποδίδει καλά όταν το επίπεδο των βροχοπτώσεων κατά την περίοδο ανάμεσα στη βλάστηση και την άνθηση είναι 450 χιλιοστά. Χαμηλότερο επίπεδο βροχοπτώσεων μπορεί να καταλήξει σε μείωση στην παραγωγή βιομάζας.

### **2.4.2 Χώμα**

Η αγριαγκινάρα απαιτεί βαθιά χώματα, μέτρια ασβεστώδη, με ελαφριά υφή, κατά προτίμηση λασπώδη με ικανότητα να διατηρούν νερό κατά μήκος του προφίλ τους (1-5μ), επειδή τα φυτά της αγριαγκινάρας είναι ευαίσθητα στην έλλειψη νερού. Η αγριαγκινάρα αναπτύσσεται καλά σε βασικά εδάφη και είναι μέτρια ανθεκτική στην αλμυρότητα. Η ύπαρξη χαλικιών και πετρών δεν επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών αλλά για τη χρήση μηχανημάτων κατά την ανάπτυξη της καλλιέργειας προτιμούνται μη πετρώδη εδάφη.

### 2.4.3 Εχθροί και Ασθένειες

Οι κύριοι εχθροί της αγριαγκινάρας είναι έντομα και ποντίκια. Τα ποντίκια τρέφονται κυρίως με τους σπόρους του φυτού αλλά και με τμήματα της ρίζας του. Παρακάτω αναφέρονται μερικά από τα επιβλαβή έντομα:

- Αφίδες (*Aphis* spp.)
- Βλαστορρύκτης (*Gortyna xantenes*)
- Φυλλορρύκτες (*Arion carduorum* και *Sphaeroderma rubidium*)
- Μύγες (*Agromyza* spp. και *Terelia* spp.)
- Λεπιδόπτερα (*Pyrameis cardui* και *Platyptilia carduidactyla* Riley)

Τα έντομα αυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν με επιλεκτικά ή γενικής δράσης εντομοκτόνα. Παράλληλα, πρέπει να γίνεται χρήση και άλλων, μη-χημικών, στρατηγικών ελέγχου.

Πέρα όμως από τους διάφορους εχθρούς της αγριαγκινάρας αναφέρονται και διάφορες ασθένειες του φυτού, οι οποίες είναι κυρίως μυκητολογικές, όπως:

- Περονόσποροι
- Ωίδιο (*Leveillula taurica*)
- Φαιά σήψη (*Botrytis cinerea*)

Εναντίον των περονόσπορων συνίσταται η εφαρμογή χαλκούχων σκευασμάτων, ενώ για το ωίδιο και τη φαιά σήψη συνιστάται η εφαρμογή θειούχων σκευασμάτων. Τέλος οι ιώσεις δεν αποτελούν σοβαρό πρόβλημα, αφού η αγριαγκινάρα πολλαπλασιάζεται κυρίως με σπόρο.

## 2.5 Η ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ ΩΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

### 2.5.1 Διαχείριση της Καλλιέργειας

Σε μεσογειακές συνθήκες η σπορά της αγριαγκινάρας μπορεί να γίνει το φθινόπωρο ή την άνοιξη. Η ημερομηνία της σποράς πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις μέτριας θερμοκρασίας και υψηλής υγρασίας εδάφους. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα νέα φυτά με 4 έως 6 αναπτυγμένες ροζέτες φύλλων είναι πιο ανθεκτικά σε μη ευνοϊκές καιρικές συνθήκες (παγετό ή ζέστη) και ότι οι ροζέτες θα χρειαστούν περίπου 1 με 2 μήνες ήπιου καιρού ώστε να φτάσουν σε αυτό το στάδιο. Σε καλές καιρικές συνθήκες η σπορά προτιμάται το φθινόπωρο. Εάν υπάρχει υψηλός κίνδυνος η καλλιέργεια να υποστεί παγετό νωρίς συνιστάται η σπορά την άνοιξη.

Οι εργασίες που απαιτούνται για την έναρξη της καλλιέργειας (πρώτος κύκλος ανάπτυξης) είναι: βασική λίπανση, προετοιμασία του εδάφους (όργωμα, ψιλοχωμάτισμα), σπορά, εφαρμογή ζιζανιοκτόνων και έλεγχος παρασίτων. Εάν η σπορά γίνει την άνοιξη δεν αναμένεται σημαντική παραγωγή βιομάζας το καλοκαίρι, οπότε δεν απαιτείται συγκομιδή. Στην περίπτωση σποράς το φθινόπωρο, η παραγωγή βιομάζας στο τέλος του έτους έναρξης είναι συνήθως χαμηλή, οπότε μπορεί να γίνει συγκομιδή ανάλογα με τα οικονομικά κριτήρια. Στα έτη που ακολουθούν το έτος έναρξης οι εργασίες που πρέπει να συντελούνται είναι: συντήρηση της λίπανσης, έλεγχος παρασίτων, συγκομιδή και μεταφορά βιομάζας.

### *Προετοιμασία εδάφους-Σπορά*

Αρχικά γίνεται όργωμα ώστε να υπάρξει ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας στο έδαφος. Ακολουθεί ψιλοχωμάτισμα του εδάφους, το οποίο είναι έτοιμο να δεχθεί το σπόρο. Η σπορά γίνεται σε αποστάσεις 1m μεταξύ των γραμμών και 1m επί της γραμμής. Οι αποστάσεις όμως αυτές μπορούν να μεταβληθούν, ανάλογα με την επιθυμητή πυκνότητα. Το βάθος σποράς είναι περίπου 1,5cm σε αγρό με κανονική υγρασία και λίγο βαθύτερα σε αγρό που έχει χάσει την επιφανειακή του υγρασία. Η άριστη πυκνότητα πληθυσμού, μέχρι τώρα, είναι περίπου 4000-6000 φυτά/στρέμμα ανάλογα με το έδαφος και το διαθέσιμο νερό. Για τη σπορά θα πρέπει να επιλεχθούν σπόροι των οποίων το βάρος 1000 σπόρων να ξεπερνάει τα 35gr (Δαναλάτος Ν., 2008).

### *Λίπανση*

Πριν τη σπορά συνιστάται βασική λίπανση. Η βασική λίπανση γίνεται πριν το όργωμα για να υπάρξει βαθύτερη ενσωμάτωση του λιπάσματος, πράγμα που ευνοεί την αγριαγκινάρα που έχει βαθύ ριζικό σύστημα. Λόγω της πτώσης των φύλλων στο έδαφος η καλλιέργεια μπορεί να αυτολιπανθεί μέχρι και με 8 κιλά αζώτου/στρέμμα. Οι λιπάνσεις θα πρέπει να γίνονται σύμφωνα με εδαφολογικές αναλύσεις. Παραγωγή δύο τόνων ξηρής ουσίας ανά στρέμμα οδηγεί σε αφαίρεση από το έδαφος 27,7 μονάδων Ν, 5,6 μονάδων Ρ και 35,2 μονάδων Κ, με το υπέργαιο τμήμα του φυτού (Fernandez J., 1998b).

### *Έλεγχος παρασίτων*

Ο έλεγχος των ζιζανίων μπορεί να γίνει με ένα πέρασμα του καλλιεργητή ή με τοπικό σκάλισμα (όπου κρίνεται απαραίτητο). Μπορεί επίσης να γίνει με εφαρμογή ζιζανιοκτόνων (trifluralin, alachlor, linuron, κ.α.), μέχρις ότου τα φύλλα της ροζέτας καλύψουν το έδαφος. Αυτή η εργασία είναι πολύ σημαντική κυρίως κατά το πρώτο έτος της εγκατάστασης και ιδιαίτερα κατά την αρχική ανάπτυξη και βλάστηση των βλαστών.

Όταν τα φύλλα της ροζέτας μεγαλώσουν, καλύπτουν το έδαφος και τα ζιζάνια είναι δύσκολα έως και ακατόρθωτο να ξαναεμφανιστούν. Από το δεύτερο έτος καλλιέργειας και μετά, λόγω της γρήγορης αναβλάστησης και σχηματισμού της ροζέτας νωρίς το φθινόπωρο, τα ζιζάνια έχουν λιγιστές πιθανότητες να αναπτυχθούν, οπότε δεν φαίνεται να αποτελούν πλέον πρόβλημα στην καλλιέργεια.

### *Συγκομιδή*

Η συγκομιδή της εναέριας βιομάζας γίνεται το καλοκαίρι (Ιούλιο – Σεπτέμβριο), μόλις αυτή ξεραθεί και πάντα πριν τη διάρρηξη του σπόρου. Διακρίνονται δύο τρόποι συγκομιδής, ανάλογα με το αν συγκομίζεται ο σπόρος ξεχωριστά από την υπόλοιπη βιομάζα, ή αν συγκομίζεται όλο το φυτό μαζί. Τα βήματα που ακολουθούνται στην κάθε περίπτωση είναι τα εξής:

Συγκομιδή του σπόρου ξεχωριστά:

- Συγκομιδή με θεριζοαλωνιστική
- Διαχωρισμός
- Δεματοποίηση

Συγκομιδή όλου του φυτού μαζί

- Σε αυτή την περίπτωση η εργασία μπορεί να εκτελεσθεί απευθείας αν είναι διαθέσιμος ένας αυτοκινούμενος δεματοποιητής. Διαφορετικά, πρώτα κόβεται

η βιομάζα με θεριστική μηχανή και στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία της δεματοποίησης. Τέλος στην κατηγορία αυτή μπορεί να συμπεριληφθεί και η μέθοδος της ενσίρωσης που έχει το πλεονέκτημα της συλλογής καθαρής πρώτης ύλης, αλλά παράλληλα έχει και το μειονέκτημα του αυξημένου κόστους μεταφοράς.

## 2.5.2 Οικοφυσιολογικά Θέματα

Οι μελέτες που έχουν γίνει μέχρι τώρα έχουν δείξει διάφορα οικοφυσιολογικά χαρακτηριστικά σε σχέση με την προσαρμογή της αγριαγκινάρας στις μεσογειακές συνθήκες που εξηγούν την υψηλή απόδοση της καλλιέργειας.

- Η ικανότητα φωτοσύνθεσης κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ο κατά μέσο όρο ρυθμός αφομοίωσης του διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) στους  $5^\circ\text{C}$  εκτιμήθηκε στα  $6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , περίπου το 30% του ρυθμού στους  $25^\circ\text{C}$  (Curt et al., 1998).
- Ενεργή παραγωγή βιομάζας με διάρκεια 10 μήνες. Η συσσώρευση υδατανθράκων (ινουλίνης) στις ρίζες εκτείνεται από το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη. Οι ενώσεις που αποθηκεύονται χρησιμοποιούνται αργότερα για την άνθιση των στελεχών και τη βλάστηση των κεφαλών.
- Ικανότητα πρόσληψης θρεπτικών συστατικών από βαθιά στρώματα του εδάφους. Ο μεγάλος όγκος χώματος όπου εκτείνεται το ριζικό σύστημα της αγριαγκινάρας προλαμβάνει την απώλεια θρεπτικών συστατικών, τα οποία διαφορετικά θα κινδύνευαν από έκπλυση. Επιπλέον αυτό το χαρακτηριστικό επιτρέπει την εξυγίανση του επιβαρυσμένου από ευτροφισμό εδάφους (Fernandez J., 2005).
- Προσαρμοστικοί μηχανισμοί για ξηρές συνθήκες:
  - Πολύ βαθύ ριζικό σύστημα που εξαπλώνεται σε βάθος μέσα στο έδαφος και αποσπά το συσσωρευμένο κατά μήκος του προφίλ του εδάφους νερό κατά τις βροχερές εποχές (φθινόπωρο και άνοιξη).
  - Υπέργειο μέρος του φυτού το οποίο ξηραίνεται το καλοκαίρι, όταν συμπίπτουν υψηλές θερμοκρασίες με χαμηλό επίπεδο βροχοπτώσεων, αλλά υπόγειο μέρος το οποίο παραμένει ζωντανό.
  - Ωσμωτική προσαρμογή από ανόργανα ιόντα ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), με αποτέλεσμα την ανεκτικότητα σε συνθήκες μέτριας αλμυρότητας (Benlloch-Gonzalez M. et al., 2005).

## 2.5.3 Απόδοση Παραγωγής και Κατανομή Βιομάζας στο Φυτό

Αποτελέσματα από έρευνες που έχουν γίνει στην Ευρώπη δείχνουν ότι η αναμενόμενη απόδοση της αγριαγκινάρας κυμαίνεται από 10 έως 20 τόνους/εκτάριο/έτος (δηλ. 1 με 2 τόνους/στρέμμα/έτος) εάν καλλιεργηθεί σωστά κατά το έτος έναρξης και η το ετήσιο επίπεδο βροχόπτωσης είναι γύρω στα 500 χιλιοστά/χρόνο (Fernandez J., 1998). Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται εν συντομία οι τιμές της παραγωγικότητας που συλλέχθηκαν από διάφορα ευρωπαϊκά πειράματα που διεξάχθηκαν στο πλαίσιο του προγράμματος “Cynara Network” (Fernandez J., 1998). Το επίπεδο των βροχοπτώσεων απεικονίζεται επίσης στον πίνακα δεδομένου ότι κάτω από ξηρικές συνθήκες η παραγωγή βιομάζας είναι άρρηκτα



συνδεδεμένη με τη διαθεσιμότητα νερού για την καλλιέργεια. Ωστόσο, δεν είναι μόνο η ποσότητα των βροχοπτώσεων σημαντική για την καλλιέργεια αλλά και η κατανομή τους. Η συμβολή του νερού μπορεί ακόμα να καθορίσει την κατανομή της βιομάζας στην καλλιέργεια. Οι τιμές που συλλέχθηκαν από ένα δεκαετές πείραμα παραγωγής βιομάζας από αγριαγκινάρα στην Ισπανία κυμαίνονταν από 3.4 (280 χιλιοστά) και 25.2 (765 χιλιοστά) τόνους/εκτάριο/έτος (Fernandez J. et al, 2005).

Περιοχή	1994-95		1995-96	
	pp (χιλιοστά)	Βιομάζα (τόνος/ εκτάριο)	pp (χιλιοστά)	Βιομάζα (τόνος/ εκτάριο)
Μαδρίτη (Ισπανία)	280	6.5	529	23.1
Τέμπη (Ελλάδα)	490	28.6	324	33.4
Forly (Ιταλία)	752	17.5	837	24.6
Polícoro (Ιταλία)	316	7.5	722	15.6
Σικελία (Ιταλία)	387	15.9	654	--
Μέσος Όρος	445	15.2	646	24.2

**Πίνακας 2.2:** Παραγωγικότητα αγριαγκινάρας που καλλιεργήθηκε για δυο συνεχόμενα έτη. Πείραμα σε πολλές περιοχές που διεξάχθηκε στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος “Cynara Network” (Fernandez J., 1998)

Στη συνέχεια ακολουθεί ένας πίνακας που συνοψίζει τις αποδόσεις που έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία:

Απόδοση (τόνοι /στρέμμα)	
2.86	Fernandez et al.
2	Raccuia et al.
1.5	Curt et al.
2	Gominho et al.
1.7-3.4	Danalatos et al.
1-2	ΚΑΠΕ
1-1.5	Piscionery et al.
2.5-3	Foti et al.
3.2	ΠΘ

**Πίνακας 2.3:** Απόδοση (τόνοι ανά στρέμμα) από τη βιβλιογραφία

Η κατανομή της βιομάζας στα όργανα του φυτού ποικίλει ανάλογα με το βαθμό με τον οποίο αναπτύσσεται το φυτό. Στα φυτά που δεν είναι πλήρως ανεπτυγμένα το μεγαλύτερο βάρος της βιομάζας βρίσκεται στα φύλλα και τις κεφαλές που βρίσκονται στη βάση ενώ στα καλά ανεπτυγμένα φυτά βρίσκεται στους βλαστούς (ανθισμένα στελέχη με ροζέτες). Η κατά μέσο όρο κατανομή της βιομάζας και για τις δύο περιπτώσεις απεικονίζονται παρακάτω (Fernandez J., 1998).

Μέρος φυτού	Απόδοση παραγωγής (τόνοι/εκτάριο)			Μέσος όρος
	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή	
Κατώτερα φύλλα	48.8	36.1	21.4	35.4
Φύλλα στελέχους	6.2	12.0	20.7	13.0
Βλαστός	9.9	18.3	27.8	18.7
Ροζέτα	35.1	33.6	30.1	32.9
Παραγωγή βιομάζας (τόνοι/ εκτάριο)				
Ξηρή βιομάζα (0% υγρασία)	5.1	10.2	18.7	11.3
Χλωρή βιομάζα (15% υγρασία)	6.0	12.0	22.0	13.3

**Πίνακας 2.4:** Τελική απόδοση αγριαγκινάρας σε σχέση με την κατανομή στο φυτό

#### 2.5.4 Θερμογόνος Δύναμη της Αγριαγκινάρας

Στον πίνακα 2.5 απεικονίζονται το ποσοστό % συμμετοχής των επιμέρους στοιχείων της αγριαγκινάρας στο φυτό όπως επίσης και η χαμηλή (LCV) και η υψηλή (HCV) θερμογόνος δύναμη που αντιστοιχεί στο καθένα. Επίσης παρουσιάζονται η χαμηλή και η υψηλή θερμογόνος δύναμη για όλο το φυτό συνολικά.

Μέρος του φυτού	Ποσοστό του συνολικού φυτού	Υψηλή θερμογόνος δύναμη (HCV)	Χαμηλή θερμογόνος δύναμη (LCV)
Κατώτερα φύλλα	21%	2.655 kcal/kg (11.114 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 558 Mcal/t (2.336 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	2.449 kcal/kg (10.251 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 514 Mcal/t (2.152 MJ/t) της συνολικής βιομάζας
Φύλλα στελέχους	12.1%	4.096 kcal/kg (17.146 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 496 Mcal/t (2.076 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	3.809 kcal/kg (15.944 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 460 Mcal/t (1.926 MJ/t) της συνολικής βιομάζας

Στελέχη και κλαδιά	21.9%	4.204 kcal/kg (17.598 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 921 Mcal/t (3.855 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	3.914 kcal/kg (16.384 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 857 Mcal/t (3.587 kJ/t) της συνολικής βιομάζας
Capitulum	45%	Το capitulum αποτελείται από τη σπερματοθήκη, τα βράκτια, τον πάππο και τους σπόρους.	
Σπερματοθήκη	9.5%	3.650 kcal/kg (15.090 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 342 Mcal/t (1.432 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	3.333 kcal/kg (13.952 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 316 Mcal/t (1.323 MJ/t) της συνολικής βιομάζας
Βράκτια	13.2%	4.181 kcal/kg (17.502 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 551 Mcal/t (2.306 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	3.878 kcal/kg (16.233 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 512 Mcal/t (2.143 MJ/t) της συνολικής βιομάζας
Πάππος	9.1%	4.353 kcal/kg (18.222 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 396 Mcal/t (1.658 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	4.043 kcal/kg (16.924 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 368 Mcal/t (1.540 MJ/t) της συνολικής βιομάζας
Σπόροι	13.2%	5.576 kcal/kg (23.341 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 736 Mcal/t (3.081 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	5.208 kcal/kg (21.801 kJ/kg) του τμήματος αυτού και 687 Mcal/t (2.876 MJ/t) της συνολικής βιομάζας
Όλο το φυτό	100%	4.000 Mcal/t (16.744 MJ/t) της συνολικής βιομάζας	3.714 Mcal/t (15.547 MJ/t) της συνολικής βιομάζας

**Πίνακας 2.5:** Θερμογόνος Δύναμη της αγριαγκινάρας και των επιμέρους στοιχείων του φυτού (www.agricon.gr)

Στη βιβλιογραφία το εύρος που εκτείνεται η θερμογόνος δύναμη της αγριαγκινάρας κυμαίνεται από 14MJ/kg μέχρι 20MJ/kg. Παρακάτω φαίνονται ενδεικτικά ορισμένες αναφορές στη θερμογόνο δύναμη της αγριαγκινάρας:



Θερμογόνος Δύναμη αγριαγκινάρας (MJ/kg)	
15	Κοκόσης Α.
18	ΚΑΠΕ
17	Fernandez et al.
15	Gominho et al.
17	Danalatos et al.

**Πίνακας 2.6:** Θερμογόνος δύναμη αγριαγκινάρας (MJ/kg)

### 2.5.5 Ιδιότητες της Βιομάζας της Αγριαγκινάρας ως Στερεό Καύσιμο

Η λιγνοκυτταρινική βιομάζα της αγριαγκινάρας (ο σπόρος εξαιρείται) έχει κοινά χαρακτηριστικά με άλλες ποώδεις βιομάζες όπως το άχυρο. Οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τις ιδιότητες του προϊόντος που παράγεται είναι τα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους, ο τύπος των χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται ως μεταλλικά λιπάσματα και ο τρόπος συγκομιδής (πχ. τυχαία υπολείμματα χώματος μπορεί να μολύνουν τη βιομάζα). Ο χαρακτηρισμός της αγριαγκινάρας ως στερεό καύσιμο παρουσιάστηκε σε πολλά πειράματα που σχεδιάστηκαν για παραγωγή βιομάζας, ανεξάρτητα από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της καλλιέργειας που παράγεται. Αυτό το φυτικό υλικό – όταν η συγκομιδή του γίνεται με συμβατικούς μηχανικούς τρόπους καταλήγοντας σε μόλυνση της βιομάζας από τα μόρια του χώματος – έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά ως στερεό καύσιμο:

- Υγρασία: 10-15%
- LHV (Low Heating Value), Χαμηλή θερμογόνος δύναμη: 15-16MJ/kg (ξηρή βιομάζα)
- Υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα (5-20% που αναλογεί στη μόλυνση από το χώμα), κάλιο (2-2,5%) και χλώριο (0,3-1,7%)(πιθανόν ως αποτέλεσμα λίπανσης με KCl)
- Πρόβλημα επικαθίσεων σε θερμοκρασίες πάνω από 750°C (η μόλυνση από το χώμα μπορεί να επηρεάσει)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΦΥΤΟΥ

#### 3.1 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

##### 3.1.1 Δεματοποίησηση

Η δεματοποίηση αποτελεί την πιο συμφέρουσα διαχείριση της βιομάζας γιατί μειώνει το κόστος και τον όγκο της βιομάζας, διευκολύνει τη μεταφορά, την αποθήκευση και την εμπορία της.

Τα δέματα (μπάλες) αποθηκεύονται σε αποθήκες, ώστε να προφυλάσσονται από τις καιρικές αντιξοότητες. Σε μεγάλες πάντως εκμεταλλεύσεις είναι δυνατή και η αποθήκευση στο ύπαιθρο, αν ο χώρος των αποθηκών δεν επαρκεί. Στην περίπτωση αυτή τα δέματα καλύπτονται όλα μαζί με πλαστικά καλύμματα, ώστε να προστατευθούν.

Για τη δεματοποίηση της βιομάζας χρησιμοποιούνται μηχανές δεματοποίησης (πρέσες, balers) κατάλληλες να ικανοποιούν τις ανάγκες κάθε εκμετάλλευσης. Διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: α) δεματοποίησης κυλινδρικών και β) δεματοποίησης ορθογωνικών (παραλληλεπιδέδων) δεμάτων. Οι χορτοδετικές (πρέσες δεματοποίησης) χρησιμοποιούνται, επίσης, και για δεματοποίηση υγρής βιομάζας (που δεν έχει ξηραθεί) σε χαλαρά δέματα, η οποία, στη συνέχεια, θα υποστεί τεχνητή ξήρανση με θερμαινόμενο αέρα στο ξηραντήριο (Τσατσαρέλης Κ., 2003).

##### *Χαρακτηριστικά δεμάτων*

Το μέγεθος και το σχήμα των δεμάτων είναι χαρακτηριστικά που επηρεάζονται από τη γενική διαδικασία παραγωγής βιομάζας που ακολουθείται, από τον τρόπο διάθεσης, από τον μηχανικό εξοπλισμό και από τα διαθέσιμα εργατικά χέρια.

Τα μικρά ορθογώνια δέματα έχουν διαστάσεις που κυμαίνονται ως ακολούθως: ύψος 35-45cm, πλάτος 40-50cm και μήκος 70-130cm με συνολικό όγκο μεταξύ 0.1-0.2cm<sup>3</sup>. Τα μικρά δέματα μπορεί να τα χειριστεί εύκολα ένας εργάτης κατά τη φόρτωση και εκφόρτωσή τους. Αυτό αποτελεί και το βασικό πλεονέκτημά τους. Δεν μηχανοποιείται, όμως, ικανοποιητικά ο χειρισμός τους και για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια έχουν υποχωρήσει σημαντικά.

Τα μεγάλα ορθογώνια δέματα έχουν διαστάσεις που κυμαίνονται ευρέως. Συνήθεις είναι: ύψος 50-120cm, πλάτος 80-130cm και μήκος 100-270cm. Ο όγκος τους κυμαίνεται από 0.5-4cm<sup>3</sup>. Παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα της πλήρους εκμηχάνισης των χειρισμών τους (φόρτωση, μεταφορά) και την ευκολία μεταφοράς και αποθήκευσης σε σύγκριση με τα κυλινδρικά. Η ευκολία μεταφοράς και αποθήκευσης τα καθιστά ευκόλως εμπορεύσιμα.

Τα μεγάλα κυλινδρικά έχουν ύψος 100-160cm και διάμετρο 100-180cm. Ο όγκος τους κυμαίνεται από 0.8-4cm<sup>3</sup>. Τα κύρια πλεονεκτήματά τους είναι η ευκολία και η ταχύτητα δεματοποίησης, το χαμηλό κόστος, η πλήρης εκμηχάνιση του χειρισμού τους με κατάλληλα μηχανήματα και η δυνατότητα παραμονής στο χωράφι για μικρό ή μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Τα μειονεκτήματά τους είναι οι μικρές σχετικά δυνατότητες μεταφοράς και μεγαλύτερος απαιτούμενος χώρος αποθήκευσης (Τσατσαρέλης Κ., 2003/Lindh et al., 2008).

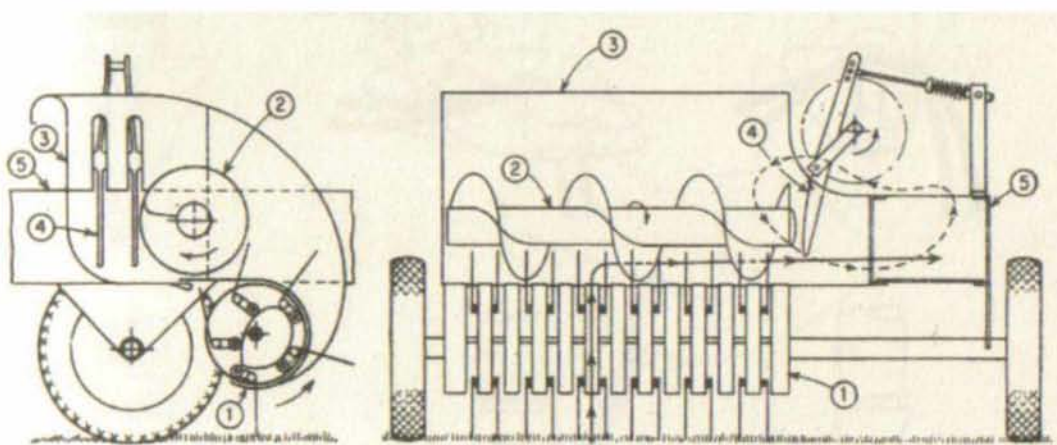
Χαρακτηριστικά Δεμάτων		
Μικρά Ορθογώνια Δέματα	Ύψος	35-45cm
	Πλάτος	40-50cm
	Μήκος	70-130cm
	Όγκος	0.1-0.2cm <sup>3</sup>
Μεγάλα Ορθογώνια Δέματα	Ύψος	50-120cm
	Πλάτος	80-130cm
	Μήκος	100-270cm
	Όγκος	0.5-4cm <sup>3</sup>
Μεγάλα Κυλινδρικά Δέματα	Ύψος	100-160cm
	Διάμετρος	100-180cm
	Όγκος	0.8-4cm <sup>3</sup>

**Πίνακας 3.1:** Χαρακτηριστικά Δεμάτων

### 3.1.1.1 Μηχανήματα Δεματοποίησης Μικρών Ορθογώνιων Δεμάτων

Τα μηχανήματα αυτά βρήκαν πολύ μεγάλη εφαρμογή μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970, οπότε η εμφάνιση των μηχανών δεματοποίησης κυλινδρικών δεμάτων τα αντικατέστησε προοδευτικά. Σήμερα, βρίσκουν ακόμη μεγάλη εφαρμογή σε μικρές εκμεταλλεύσεις. Τα μηχανήματα δεματοποίησης μικρών ορθογώνιων δεμάτων είναι συρόμενα και τοποθετούνται έκκεντρα, κατά κανόνα προς τα δεξιά του ελκυστήρα, σπανιότερα είναι και αυτοκινούμενα. Το ΡΤΟ δυναμοδοτεί όλους τους μηχανισμούς, ενώ υδραυλικοί κύλινδροι μπορούν να ρυθμίσουν το ύψος λειτουργίας του μηχανισμού παραλαβής.

Σε όλους τους τύπους διακρίνονται οι παρακάτω μηχανισμοί στα μηχανήματα: α) παραλαβής βιομάζας, β) μεταφοράς και τροφοδοσίας, γ) συμπίεσης και δ) διαχωρισμού των δεμάτων και δεσίματος.



1: μηχανισμός παραλαβής υπολείμματος, 2: κοχλίας μεταφοράς, 3: χώρος μεταφοράς, 4: μηχανισμός τροφοδοσίας, 5: χώρος δεματοποίησης.

**Εικόνα 3.1:** Μηχανισμοί δεματοποίησης ορθογώνιων δεμάτων



Ο μηχανισμός παραλαβής παραλαμβάνει την ποσότητα της βιομάζας από τους γραμμικούς σωρούς και την προωθεί προς τους λοιπούς μηχανισμούς της χορτοδετικής. Αποτελείται από έναν κύλινδρο που φέρει 5-8 άξονες κατά μήκος των οποίων είναι στερεωμένα εύκαμπτα μεταλλικά δόντια. Ο κύλινδρος με τους άξονες και τα δόντια περιστρέφονται κατά αντίθετη φορά των τροχών του μηχανήματος. Το πλάτος του μηχανισμού κυμαίνεται από 1.5-2.3cm. Με το μικρότερο πλάτος είναι δυνατό να παραλαμβάνεται βιομάζα από συνένωση δύο γραμμικών σωρών. Με μεγαλύτερα πλάτη είναι ικανοί να παραλάβουν και από συνένωση μέχρι τριών γραμμών.

Ο μηχανισμός τροφοδοσίας έχει ως σκοπό να προωθήσει τη βιομάζα στο θάλαμο συμπίεσης. Αποτελείται από μια σειρά από βραχίονες ή δόντια τα άκρα των οποίων διαγράφουν είδος ελλειπτικής τροχιάς.

Ο θάλαμος συμπίεσης είναι μεταλλικός, στιβαρός ορθογώνιας διατομής, σταθερός από κατασκευής, διαστάσεων 35-45 x 40-45cm. Ένα μαχαίρι στο πρόσθιο τμήμα του θαλάμου κόβει τα στελέχη. Επέκταση του θαλάμου προς το πίσω μέρος της μηχανής αποτελεί ο θάλαμος των δεμάτων, όπου τα στελέχη, που έχουν συμπιεσθεί, πιέζονται συνεχώς και προχωρούν προς το πίσω τμήμα.

Όσον αφορά στο μηχανισμό διαχωρισμού και δεσίματος, τα στελέχη που συμπιέζονται θα πρέπει μετά από ορισμένο μέγεθος να προσδεθούν, ώστε να διατηρηθεί το δέμα. Παλαιότερα για το δέσιμο χρησιμοποιούνταν σύρμα. Τελευταία, προτιμάται το δέσιμο με δύο ή τρεις σπάγκους. Ο μηχανισμός δεσίματος είναι ο πιο πολύπλοκος του μηχανήματος και, συνήθως, αυτός που προκαλεί καθυστερήσεις και μικροπροβλήματα. Αποτελείται από τα εξής εξαρτήματα: α) ένα μέσο συγκράτησης της μιας άκρης του νήματος ή του σύρματος κατά τη διάρκεια σχηματισμού του δέματος, β) μια βελόνη που τοποθετεί το νήμα γύρω από το δέμα, γ) ένα άγκιστρο για το δέσιμο, δ) ένα μαχαίρι για την κοπή του νήματος ή σύρματος και ε) ένα εξάρτημα για την απομάκρυνση του δεμένου άκρου από το μηχανισμό του δεσίματος. Η δεμένη μπάλα προωθείται προς τα πίσω και αφήνεται στο έδαφος ή με διάφορους μηχανισμούς εκτίναξης οδηγείται σε φορτωτή που ακολουθεί (Τσατσαρέλης Κ., 2003/Ravula et al., 2007).



**Εικόνα 3.2:** Μηχάνημα δεματοποίησης μικρών ορθογώνιων δεμάτων



### 3.1.1.2 Μηχανήματα Δεματοποίησης Μεγάλων Ορθογώνιων Δεμάτων

Τα μηχανήματα του τύπου αυτού (big rectangular balers) είναι πρόσφατα και χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μεγάλων ορθογώνιων δεμάτων. Τα μηχανήματα είναι ελκυόμενα και δυναμοδοτούμενα από το PTO του ελκυστήρα. Η παραγωγικότητά τους είναι πολύ υψηλή, συνήθως, 20 t/h. Τα μηχανήματα αυτού του τύπου, όπως και τα αντίστοιχα για δεματοποίηση κυλινδρικών δεμάτων, τοποθετούνται στον κατά μήκος άξονα του ελκυστήρα και όχι δεξιά, όπως των μικρών δεμάτων. Συγκρινόμενα προς τα μηχανήματα των μικρών δεμάτων έχουν ανάλογους μηχανισμούς παραλαβής, συμπίεσης και δεσίματος μεγαλύτερων διαστάσεων και στιβαρότερης κατασκευής. Διαφοροποιείται, όμως, ο μηχανισμός τροφοδοσίας. Επιπροσθέτως έχουν και άλλους βοηθητικούς μηχανισμούς.

Ο μηχανισμός παραλαβής έχει εύρος από 1.0-2.5m και είναι όμοιος με τον αντίστοιχο των μικρών δεμάτων. Η βιομάζα με το μηχανισμό παραλαβής οδηγείται σε θάλαμο τροφοδοσίας, σκοπός του οποίου είναι η ομοιόμορφη τροφοδοσία του θαλάμου συμπίεσης.

Ο μηχανισμός συμπίεσης είναι ανάλογος των μηχανών μικρών δεμάτων. Η τροφοδοσία, όμως, γίνεται από κάτω και μάλιστα βιομάζας συμπιεσμένης είτε με μικρά πακέτα είτε και ως συνεχής.

Ο μηχανισμός δεσίματος είναι σε γενικές γραμμές ανάλογος εκείνου των μικρών δεμάτων. Τα δέματα δένονται με 4-6 σπάγκους. Λόγω του βάρους των δεμάτων είναι πολύ πιθανόν κάποιοι από τους σπάγκους να λύνονται τόσο κατά την έξοδό τους από τη μηχανή όσο και κατά τους χειρισμούς. Για το λόγο αυτό ορισμένοι τύποι χρησιμοποιούν βελτιωμένο σύστημα με διπλό δέσιμο (κόμβο). Τέλος, λόγω της πολυπλοκότητας του συστήματος και των πιθανών ανωμαλιών υπάρχουν στο θάλαμο του χειριστή φωτεινές ενδείξεις της λειτουργίας κάθε γραμμής δεσίματος (Τσατσαρέλης Κ., 2003, Ravula et al., 2008).



**Εικόνα 3.3:** Μηχάνημα δεματοποίησης μεγάλων ορθογώνιων δεμάτων

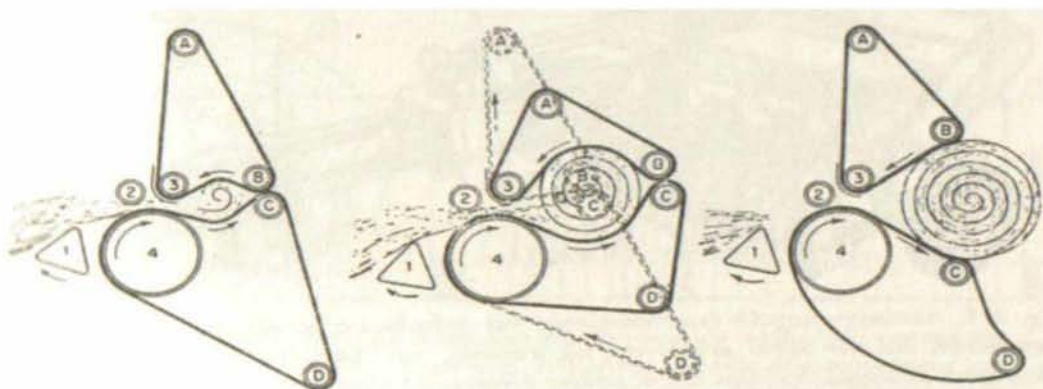
### 3.1.1.3 Μηχανήματα Δεματοποίησης Κυλινδρικών Δεμάτων

Τα μηχανήματα δεματοποίησης κυλινδρικών δεμάτων γνώρισαν πολύ μεγάλη επιτυχία, αντικαθιστώντας προοδευτικά τα μηχανήματα παραγωγής μικρών ορθογώνιων δεμάτων. Κάθε δέμα αντικαθιστά περίπου 15-20 μικρά ορθογώνια.

Οι μηχανές είναι ελκυσόμενες και τοποθετούνται στον κατά μήκος του άξονα του ελκυστήρα, όπως και οι μηχανές μεγάλων ορθογώνιων δεμάτων. Τα επιμέρους συστήματά τους είναι: α) το σύστημα παραλαβής του χόρτου, β) το σύστημα συμπίεσης, γ) το σύστημα δεσίματος και αποβολής του δέματος και δ) σε ορισμένους τύπους το σύστημα τεμαχισμού των στελεχών.



**Εικόνα 3.4:** Τοποθέτηση μηχανήματος δεματοποίησης κυλινδρικών δεμάτων

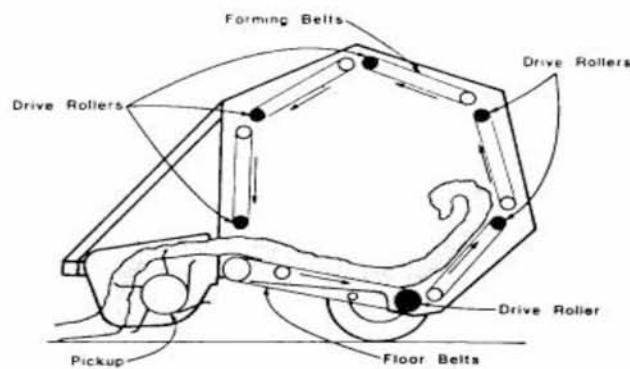


1: κύλινδρος τροφοδοτήσεως, 2: κύλινδρος πίεσεως, 3 και 4: κύλινδροι οδηγοί, Β και C: κύλινδροι μετακινούμενοι, ανάλογα με τη διάμετρο και την πυκνότητα των δεμάτων, Α και D: κύλινδροι που απομακρύνονται μετά την έξοδο του δέματος.

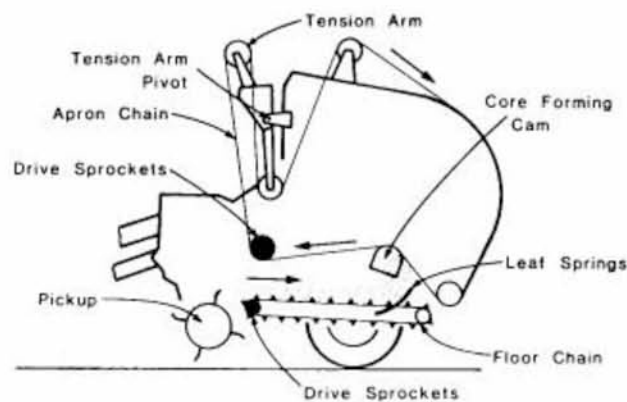
**Εικόνα 3.5:** Μηχανισμοί δεματοποίησης κυλινδρικών δεμάτων

Το σύστημα παραλαβής του χόρτου είναι όμοιο με αυτό των άλλων μηχανών. Ο μηχανισμός συμπίεσης διαφοροποιείται σε μηχανές: α) με θάλαμο συμπίεσης σταθερού όγκου ή απλούστερα μηχανές σταθερού όγκου και β) με θάλαμο συμπίεσης μεταβλητού όγκου ή απλούστερα μηχανές μεταβλητού όγκου. Οι τελευταίες δίνουν δέματα μεγαλύτερης και ομοιόμορφης πυκνότητας, ενώ οι μηχανές σταθερού όγκου δίνουν δέματα με χαμηλότερη πυκνότητα στο κέντρο και υψηλότερη στην περιφέρεια.

Στις μηχανές με θάλαμο συμπίεσης σταθερού όγκου η βιομάζα οδηγείται από το μηχανισμό παραλαβής κατευθείαν σε ένα θάλαμο σταθερού όγκου, του οποίου η περιφέρεια φέρει κυλίνδρους, ιμάντες ή κυλίνδρους και ιμάντες. Τα εξαρτήματα αυτά περιστρέφονται ή κινούνται, έτσι ώστε το χόρτο που εισέρχεται στο θάλαμο να σχηματίζει μια κυλινδρική μπάλα και να συμπιέζεται. Η βιομάζα εισέρχεται στο θάλαμο και, καθώς ακουμπά στους κυλίνδρους ανέρχεται μέχρι ενός σημείου και πέφτει προς το κέντρο. Όταν γεμίσει ο θάλαμος και συνεχίσει να εισέρχεται βιομάζα, αρχίζει περιφερειακά η συμπίεση. Όταν η συμπίεση ξεπεράσει κάποιο συγκεκριμένο προκαθορισμένο όριο, σταματά η μετακίνηση της μηχανής. Ενεργοποιείται το σύστημα πρόσδεσης που απλώς περιτυλίγει γύρω από το δέμα σχοινί, πλαστικό δίχτυ ή πλαστική ταινία. Τέλος, ανοίγει το πίσω μέρος της μηχανής και το δέμα εκτινάσσεται και αφήνεται στο έδαφος (Ντογκούλης Π., 2008).



**Εικόνα 3.6:** Μηχανή δεματοποίησης κυλινδρικών δεμάτων με θάλαμο συμπίεσης σταθερού όγκου



**Εικόνα 3.7:** Μηχανή δεματοποίησης κυλινδρικών δεμάτων με θάλαμο συμπίεσης μεταβλητού όγκου



Το δέσιμο των κυλινδρικών δεμάτων πραγματοποιείται με περιτύλιξη σπάγκου (φυτικού ή πλαστικού), με δίχτυ (συνήθως πλαστικό) ή ακόμη σπανιότερα με πλαστική ταινία. Το δέσιμο δεν διατηρεί το δέμα σε κατάσταση συμπίεσης, όπως στα ορθογώνια, απλώς συγκρατεί τη βιομάζα να μη διασκορπίζεται. Την έναρξη του δεσίματος σηματοδοτεί ηχητικό ή οπτικό σήμα το οποίο ειδοποιεί τον χειριστή ότι το δέμα έχει αποκτήσει το μέγεθος ή την πυκνότητα που έχει επιλεγεί. Με το τέλος του δεσίματος, το πίσω τμήμα της μηχανής λειτουργεί ως θύρα και το δέμα αφήνεται στο έδαφος. Το δέσιμο των δεμάτων, όπως και η απόρριψή του από τη μηχανή, γίνεται κατά κανόνα με τη μηχανή εν στάση. Αυτό έχει ως συνέπεια πολλούς νεκρούς χρόνους που μειώνουν την αποδοτικότητα και αυξάνουν την κατανάλωση καυσίμων. Για το λόγο αυτό ορισμένοι κατασκευαστές ανέπτυξαν μηχανές συνεχούς λειτουργίας που συνεχίζουν την παραλαβή καινούριων στελεχών, ενώ απομακρύνεται το προηγούμενο δέμα. Το κόστος, όμως, της επένδυσης είναι πολύ υψηλό (Τσατσαρέλης Κ., 2003).



**Εικόνα 3.8:** Δέσιμο κυλινδρικών δεμάτων



**Εικόνα 3.9:** Άνοιγμα θύρας και απόθεση κυλινδρικού δέματος

## 3.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ

Την επεξεργασία της βιομάζας ακολουθεί η φόρτωση και η μεταφορά της. Η βιομάζα που συγκομίζεται μπορεί είτε να παραμείνει στο χωράφι σε χύμα μορφή και να μεταφερθεί για αποθήκευση είτε αρχικά να δεματοποιηθεί. Αυτό εξαρτάται από την προέλευση της βιομάζας. Η φόρτωση της βιομάζας είτε σε δέμα είτε σε χύμα μορφή γίνεται με ειδικούς φορτωτές. Κάποιοι από αυτούς είναι ειδικά κατασκευασμένοι, ώστε να εκτελούν και την μεταφορά της βιομάζας στα βιοδιυλιστήρια. Σε αντίθετη περίπτωση, η βιομάζα μεταφέρεται σε φορτηγό το οποίο αναλαμβάνει τη μεταφορά της βιομάζας (Achten et al., 2008).

### 3.2.1 Χειρισμοί Βιομάζας Χύμα

Για τη βιομάζα χύμα, όπου οι ανάγκες σε εργατώρες είναι αυξημένες, τα ειδικά φορτηγά αυτοφόρτωσης και μεταφοράς μπορούν να δώσουν ικανοποιητική λύση. Σε όλες, δηλαδή, τις περιπτώσεις που περιγράφονται στη συνέχεια χρησιμοποιείται ένα μηχάνημα για τη φόρτωση και τη μεταφορά της βιομάζας.

#### 3.2.1.1 Αυτοφορτωτές Βιομάζας

Σε αυτή την περίπτωση είναι σκόπιμο η βιομάζα να είναι τοποθετημένη σε γραμμικούς σωρούς. Οι βασικοί μηχανισμοί του φορτηγού είναι ο σκελετός (πλατφόρμα), ο μηχανισμός παραλαβής, ο μηχανισμός προώθησης του χόρτου, ο μηχανισμός τεμαχισμού, ο μηχανισμός μετακίνησης του δαπέδου και ο μηχανισμός εκφόρτωσης. Ο μηχανισμός παραλαβής είναι ανάλογος των μηχανών δεματοποίησης.

Ο μηχανισμός προώθησης της βιομάζας έχει ως σκοπό την παραλαβή της βιομάζας που φθάνει από το μηχανισμό παραλαβής και την προώθηση στο χώρο της πλατφόρμας. Η βιομάζα μετά τους μηχανισμούς προώθησης-μεταφοράς και τεμαχισμού (όχι απαραίτητα), φθάνει στο πρόσθιο τμήμα της πλατφόρμας λίγο υψηλότερα από το δάπεδο. Το τελευταίο είναι κινητό για να μπορεί να μεταφέρει προς τα πίσω τη βιομάζα για την πλήρωση, αλλά και για την αυτόματη εκφόρτωση της πλατφόρμας. Η κίνηση είναι μηχανική μέσω του ΡΤΟ ή και υδραυλική με υδραυλικούς κινητήρες. Η εκφόρτωση γίνεται με πολλούς τρόπους, ανάλογα με την κατασκευή. Στην απλούστερη περίπτωση ανοίγει η πίσω πόρτα και με μετακίνηση του δαπέδου ή και ταυτόχρονη μετακίνηση της πλατφόρμας εκφορτώνεται η βιομάζα.



**Εικόνα 3.10:** Αυτοφορτωτής βιομάζας

#### **3.2.1.2 Αυτοφορτωτές Βιομάζας και Συμπίεση**

Ανάλογοι με τους παραπάνω είναι και οι φορτωτές αυτοφόρτωσης και χαλαρής συμπίεσης της βιομάζας. Η διαφορά με τα προηγούμενα μηχανήματα είναι ότι η βιομάζα παραμένει ως μεγάλο δέμα ή με μορφή ελαφρώς συμπιεσμένης θημωνιάς χωρίς να διαλύεται.

#### **3.2.1.3 Μηχανήματα Κοπής και Αυτοφόρτωσης Βιομάζας**

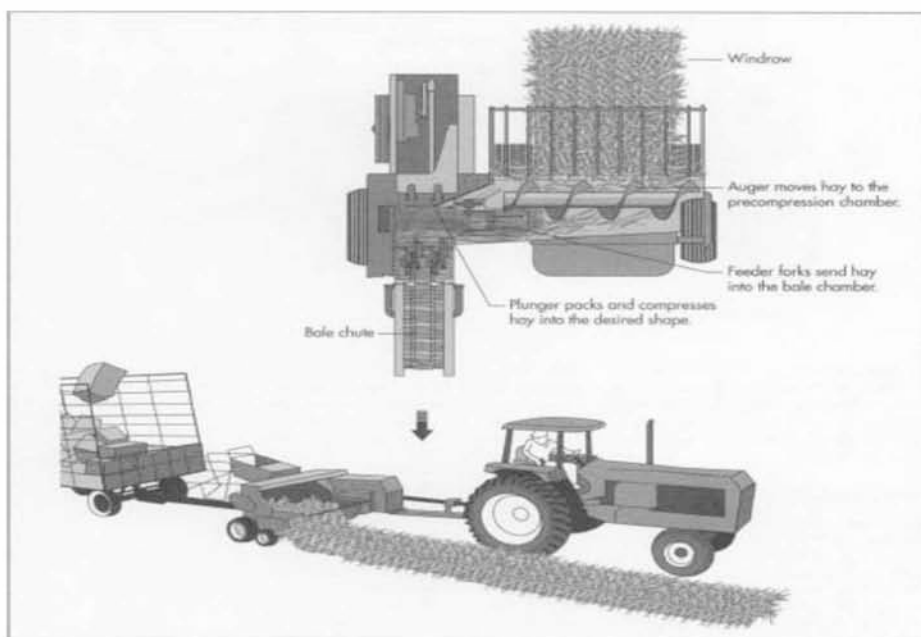
Το βασικό πλεονέκτημα αυτών των μηχανημάτων είναι η μείωση του κόστους των εργατικών χεριών. Ένας μόνο χειριστής μπορεί να συγκομίσει, να φορτώσει και να μεταφέρει τη βιομάζα. Τα μηχανήματα αυτά είναι εφοδιασμένα με περιστρεφόμενα τύμπανα με μαχαίρια. Η βιομάζα μετά την κοπή παραλαμβάνεται από το μηχανισμό παραλαβής (Τσατσαρέλης Κ., 2003).

#### **3.2.2 Χειρισμοί Βιομάζας σε Ορθογώνια Δέματα**

Ο χειρισμός (φόρτωση – μεταφορά) των μικρών ορθογώνιων δεμάτων μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους και αντίστοιχα μηχανικά μέσα. Η φόρτωση των δεμάτων μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους: α) φόρτωση κατευθείαν από τις μηχανές δεματοποίησης και β) συγκέντρωση (ομαδοποίηση) και στη συνέχεια φόρτωση.

### 3.2.2.1 Φόρτωση Δεμάτων Κατευθείαν από Μηχανές Δεματοποίησης

Σε αυτή την περίπτωση η φόρτωση και η μεταφορά της βιομάζας γίνεται σε ένα μηχάνημα. Πραγματοποιείται είτε με εκτίναξη με ειδικό καταπέλτη είτε με κεκλιμένα επίπεδα (ράμπες). Στην πρώτη περίπτωση, τα δέματα από την έξοδό τους από τη μηχανή ακολουθούν τον καταπέλτη και μόλις φθάσουν στο κατάλληλο σημείο εκτινάσσονται στην πλατφόρμα του φορτωτή που ακολουθεί. Όσον αφορά στη φόρτωση με κεκλιμένα επίπεδα, η μηχανή δεματοποίησης εφοδιάζεται με ένα κεκλιμένο επίπεδο (ράμπα) με ρυθμιζόμενη κλίση. Τα δέματα ακολουθούν το κεκλιμένο επίπεδο, καθώς ωθούνται από τα νέα που εξέρχονται της μηχανής. Φθάνοντας στην κορυφή πέφτουν στην πλατφόρμα του φορτωτή που ακολουθεί.



**Εικόνα 3.11:** Φόρτωση των δεμάτων κατευθείαν από τις μηχανές δεματοποίησης με εκτίναξη

### 3.2.2.2 Συγκέντρωση Δεμάτων Κατευθείαν από Μηχανές Δεματοποίησης

Σε αυτή την περίπτωση η φόρτωση και η μεταφορά της βιομάζας γίνεται σε δύο διαφορετικά μηχανήματα. Η πιο απλή κατασκευή για συγκέντρωση δεμάτων είναι ένα μικρό έλκηθρο που έλκεται από τη μηχανή δεματοποίησης. Το έλκηθρο δέχεται 8-10 δέματα. Τα δέματα ρίχνονται από τη μηχανή χωρίς τάξη είτε με ράμπα είτε με καταπέλτη. Μόλις γεμίσει, ο χειριστής του ελκυστήρα ενεργοποιεί το άνοιγμα της θύρας και τα δέματα αφήνονται στο έδαφος. Από εκεί συγκεντρωμένα φορτώνονται στα μέσα μεταφοράς με μηχανικούς φορτωτές που περιγράφονται στη συνέχεια.





**Εικόνα 3.12:** Συγκέντρωση δεμάτων σε έλκηθρο πριν την εναπόθεση στον αγρό

Για τη φόρτωση των δεμάτων υπάρχουν πολλοί τύποι μηχανημάτων και συνεχώς εμφανίζονται και νέοι με νέες αρχές. Η φόρτωση με εργάτες είναι εργασία πολύ κοπιαστική και απαιτεί πολλά χέρια, πολύ χρόνο και, συνεπώς, δεν είναι κερδοφόρα. Μεταξύ των διαφόρων μηχανημάτων φόρτωσης αναφέρονται τα εξής: Η φόρτωση με αρπάγες είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως στην πράξη. Τα δέματα είναι, συνήθως, τοποθετημένα ανά 8-10, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Τα δέματα συγκρατούνται με δόντια-αρπάγες ή και πλευρικώς. Ο μηχανισμός φέρεται στο πρόσθιο τμήμα του ελκυστήρα και ελέγχεται με το υδραυλικό σύστημα. Τα δέματα φορτώνονται τακτοποιημένα στο φορτηγό μεταφοράς.



**Εικόνα 3.13:** Φόρτωση με αρπάγες



**Εικόνα 3.14:** Τοποθέτηση σε φορτηγό και εκφόρτωση

Ένας άλλος τρόπος φόρτωσης των δεμάτων που έχουν αφεθεί συγκεντρωμένα στο έδαφος είναι με καταπέλτες. Συγκεκριμένα, ένας μηχανισμός καταπέλτη φέρεται στον ελκυστήρα. Αποτελείται από το σύστημα παραλαβής του δέματος και το μηχανισμό του καταπέλτη. Ο μηχανισμός παραλαβής φέρει αισθητήρα ο οποίος ενεργοποιεί το σύστημα παραλαβής και εκτίναξης στο φορτηγό μεταφοράς. Ο μηχανισμός είναι αποτελεσματικός και απαιτεί έναν ή δύο εργάτες για την τακτοποίηση των δεμάτων στο φορτηγό. Οι ίδιες διαδικασίες ακολουθούνται και για το χειρισμό μεγάλων ορθογώνιων δεμάτων (Τσατσαρέλης Κ., 2003/Sokhansanj et al., 2006).

### **3.2.3 Χειρισμοί Βιομάζας σε Κυλινδρικά Δέματα**

Ο χειρισμός (φόρτωση, μεταφορά) των μεγάλων κυλινδρικών δεμάτων είναι πιο εύκολος λόγω του μικρού αριθμού τους.

Τα κυλινδρικά δέματα μετά την έξοδό τους από τη μηχανή αφήνονται στο έδαφος απ' όπου θα φορτωθούν στις πλατφόρμες μεταφοράς. Για τη φόρτωση χρησιμοποιούνται ειδικοί φορτωτές. Οι φορτωτές, συνήθως, φέρονται στο πρόσθιο τμήμα των ελκυστήρων, ώστε να διευκολύνονται οι χειρισμοί. Υπάρχουν, βέβαια, και ειδικοί αυτοκινούμενοι. Είναι δύο βασικών τύπων: α) με δύο κατώτερους βραχίονες και αξονική παραλαβή των δεμάτων και β) με ειδικούς βραχίονες και ακτινική παραλαβή. Στον πρώτο τύπο οι δύο κατώτεροι βραχίονες μπορεί να φέρουν κυλίνδρους περιστρεφόμενους, καθώς και τρίτο ανώτερο βραχίονα μεταβλητού ύψους για στήριξη δεμάτων. Σε αυτή την περίπτωση, η φόρτωση και η μεταφορά της βιομάζας γίνεται σε δύο διαφορετικά μηχανήματα.

Για τη διευκόλυνση των χειρισμών έχουν κατασκευασθεί και ειδικές πλατφόρμες αυτοφόρτωσης, συνήθως 3 δεμάτων. Από τη μια πλευρά της πλατφόρμας κατέρχεται με υδραυλικούς κυλίνδρους βραχίονας μήκους αντίστοιχου του δέματος και το δέμα ωθείται στη θέση του. Ο βραχίονας ανέρχεται και το δέμα καταλαμβάνει τη θέση του. Σε αυτή την περίπτωση, λοιπόν, η φόρτωση και η μεταφορά της βιομάζας γίνεται σε ένα μηχάνημα (Παπαγεωργίου Α., 2010).



**Εικόνα 3.15:** Ακτινική παραλαβή κυλινδρικών δεμάτων



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

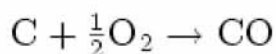
#### 4.1 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Με τον όρο αεριοποίηση εννοούμε τη θερμοχημική διεργασία κατά την οποία έχουμε παραγωγή αέριου καυσίμου από στερεό καύσιμο.

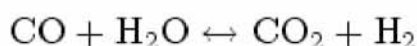
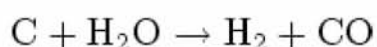
Η παραγωγή αέριου καυσίμου από βιομάζα έχει πολλά πλεονεκτήματα. Το αέριο καύσιμο μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης και αεριοστροβίλους. Μεταφέρεται ευκολότερα και δίνεται η δυνατότητα, αν απομακρυνθούν συστατικά που περιέχονται στο αρχικό καύσιμο και είναι ρύποι, για την παραγωγή ενός καθαρότερου καυσίμου. Η αεριοποίηση πριν την καύση της βιομάζας θα κάνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πιο αποδοτική σε σχέση με την απευθείας καύση της βιομάζας.

Η βασική διαδικασία που ακολουθείται κατά την αεριοποίηση είναι η τοποθέτηση του στερεού καυσίμου σε υψηλή θερμοκρασία της τάξης των 1000°C παρουσία οξυγόνου και ατμού. Η πίεση μπορεί να κυμαίνεται από τιμές λίγο μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική πίεση μέχρι τριάντα φορές πάνω από την ατμοσφαιρική. Αρχικά απελευθερώνονται τα πτητικά υλικά. Η αλληλεπίδραση του καυσίμου με το οξυγόνο και τον ατμό έχει σαν συνέπεια την παραγωγή ενός μείγματος αέριου αποτελούμενου κατά κύριο λόγο από μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο, κάποια ποσότητα μεθανίου, άλλων υδρογονανθράκων αλλά και πίσσας. Παράλληλα παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Περεταίρω συνέχιση της διαδικασίας θα έχει σαν συνέπεια την παραγωγή καθαρότερου αέριου προϊόντος. Αν αντί για οξυγόνο χρησιμοποιηθεί αέρας, θα υπάρχει επίσης άζωτο στο παραγόμενο αέριο με αποτέλεσμα το αέριο καύσιμο που θα παραχθεί να έχει ενεργειακό περιεχόμενο της τάξης του 3-4MJ/m<sup>3</sup> (Alexander G. and Boyle G., 2004). Η χρήση καθαρού οξυγόνου έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή καλύτερου καυσίμου, έχει όμως αυξημένο κόστος, επομένως συμφέρει να χρησιμοποιηθεί μόνο αν γίνεται παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα.

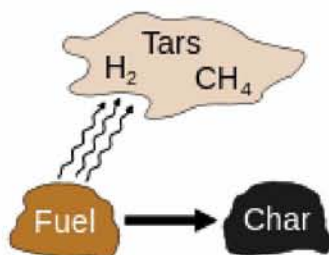
Πιο αναλυτικά, κατά την αεριοποίηση λαμβάνουν χώρα διαδοχικές χημικές διεργασίες. Αρχικά, καθώς ζεσταίνεται το στερεό καύσιμο απελευθερώνονται τα πτητικά υλικά και στη συνέχεια γίνεται πυρόλυση και το καύσιμο χάνει το 70% του βάρους του. Στη συνέχεια πραγματοποιείται καύση με λ μικρότερο από το στοιχειομετρικό. Τα πτητικά προϊόντα και μέρος του στερεού καυσίμου αντιδρούν με το οξυγόνο παράγοντας διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα παρέχοντας την απαραίτητη θερμότητα για τη συνέχιση των αντιδράσεων της αεριοποίησης. Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα στο στάδιο αυτό, αν αναπαράστησουμε το καύσιμο με έναν άνθρακα είναι η ακόλουθη:



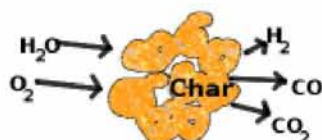
Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η αεριοποίηση του στερεού καυσίμου όπου έχουμε τις παρακάτω αντιδράσεις:



Αυτό που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της παραπάνω διαδικασίας στη ουσία είναι ότι επιτρέπουμε σε μικρή ποσότητα οξυγόνου να αντιδράσει με το καύσιμο, πραγματοποιώντας ατελή καύση, με αποτέλεσμα την παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα και ενέργειας που έχει σαν συνέπεια την πρόκληση περεταίρω αντιδράσεων που καταλήγουν στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου. Στο τέλος της διαδικασίας το αέριο που παράγεται έχει βρεθεί σε μια ισορροπία με συγκεκριμένες συγκεντρώσεις από όλα τα παραπάνω συστατικά.



**Εικόνα 4.1:** Αρχικά απομακρύνονται τα πτητικά υλικά και γίνεται πυρόλυση



**Εικόνα 4.2:** Στη συνέχεια αεριοποίηση του στερεού καυσίμου

Υπάρχουν διαφόρων τύπων αεριοποιητές, και πρέπει να επιλεγεί ο κατάλληλος τύπος ανάλογα με το είδος της βιομάζας που έχουμε στη διάθεση μας προς αεριοποίηση. Ανάλογα με τη σύνθεση και το ποσοστό της υγρασίας που υπάρχει στο καύσιμο γίνεται η επιλογή του αεριοποιητή, καθώς δεν μπορούν όλοι οι αεριοποιητές να παράγουν από όλα τα καύσιμα αέριο καύσιμο καλής ποιότητας. Έτσι μπορούμε να έχουμε αεριοποιητές όπου ο αέρας εισέρχεται από το κάτω μέρος του στερεού καυσίμου, αεριοποιητές που έχουμε εισαγωγή αέρα από πάνω, αεριοποιητές ρευστοποιημένης κλίνης και άλλων ειδών.

## 4.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 500kW

Η μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που θα χρησιμοποιηθεί ως παράδειγμα για τη συγκεκριμένη μελέτη απαιτεί εγκατεστημένη ισχύ 2,8MW. Ο συντελεστής έχει υπολογιστεί στο 18%, άρα απαιτείται καύση βιομάζας 500kW. Στη συνέχεια του κεφαλαίου 4 αναλύεται το συγκρότημα αεριοποίησης που ενδέχεται να χρησιμοποιήσει η μονάδα σύμφωνα με τις πληροφορίες που υπάρχουν μέχρι τώρα και δίνεται ένα κόστος του συγκεκριμένου συστήματος που χρησιμοποιείται στη συνέχεια στον υπολογισμό των οικονομικών στοιχείων της μελέτης. Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται τα τεχνικά στοιχεία του συστήματος:

LHC 500	
Ονομαστική ισχύς γεννήτριας	500 kW
Παραγόμενος όγκος αερίου από βιομάζα	1900 Nm <sup>3</sup> /H
Θερμοκρασία αερίου στην έξοδο της καμίνου αεριοποίησης	700~ 800 °C
Θερμοκρασία αερίου στην έξοδο μετά από καθαρισμό και ψύξη	< 45 °C
Κατανάλωση καυσίμου βιομάζας	0,75 ~ 0,9 ton/h
Όγκος ροής ανακυκλούμενου νερού	17 ~ 19 m <sup>3</sup> / h
Μεικτό βάρος καμίνου αεριοποίησης	28 ton
Τρόπος αφαίρεσης τέφρας	Ξηρού τύπου (Συλλογή και εκφόρτωση διαμέσου κοχλιομεταφορέα)

**Πίνακας 4.1:** Τεχνικά στοιχεία συστήματος 500kW

### 4.3 ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Το όλο συγκρότημα αεριοποίησης βιομάζας αποτελείται από τρία κυρίως μέρη:

- Σύστημα Επεξεργασίας της Βιομάζας
- Σύστημα Αεριοποίησης
- Σύστημα Παραγωγής Ενέργειας





#### 4.3.1 Σύστημα Επεξεργασίας Βιομάζας

Για να ικανοποιηθούν τα κριτήρια λειτουργίας του συστήματος αεριοποίησης βιομάζας ώστε να αποδίδει ικανοποιητικά, θα πρέπει η διάμετρος / μήκος της βιομάζας που θα τροφοδοτείται να είναι μικρότερη των 10mm και η περιεκτικότητα σε υγρασία να είναι < 15%.

Για την επεξεργασία της βιομάζας απαιτούνται:



Εικόνα 4.3: Σπαστήρας

Ο σπαστήρας χρησιμοποιείται για τη θραύση της βιομάζας έως 10mm μέγιστη διάμετρο. Η βιομάζα που επεξεργάζεται περνάει από τα στάδια της αρχικής θραύσης και κοπής για ακόμα μεγαλύτερη μείωση του μεγέθους της και τελικά από έναν φυσητήρα ο οποίος την αποστέλλει σε σιλό αποθήκευσης – εφόσον το ποσοστό υγρασίας που περιέχει είναι κάτω από 15%. Σε διαφορετική περίπτωση περνάει πρώτα από το ξηραντήριο.

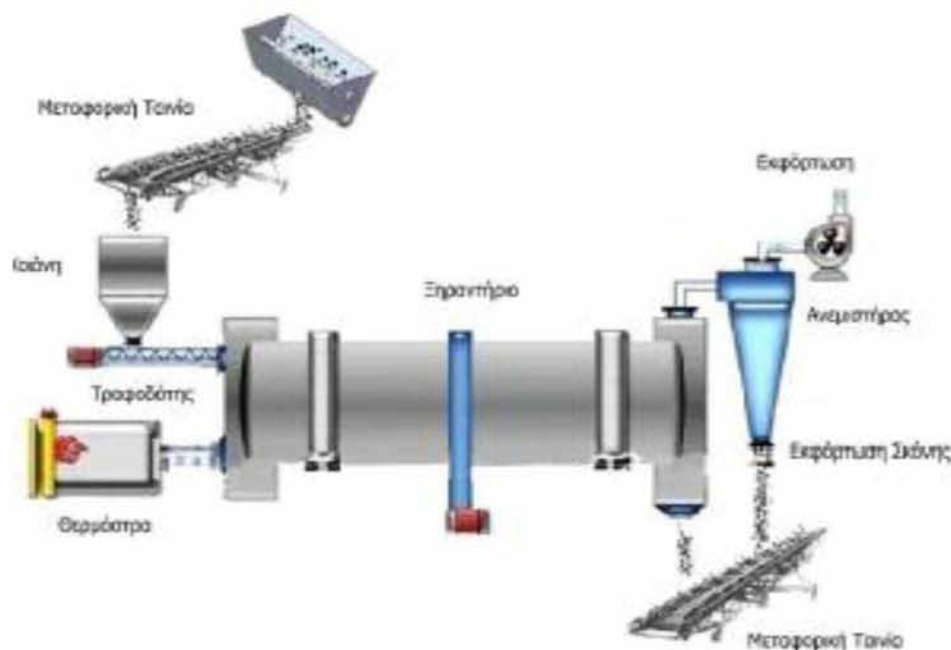
Μοντέλο RXDWC – 22 Weifang Runshine Machinery	
Μηχανή	22 HP Diesel Μηχανή
Ικανότητα θραύσης	6" διάμετρος / 150 mm
Σύστημα τροφοδοσίας	Roller
Μέγεθος δίσκου ρότορα	640 mm
Βάρος δίσκου ρότορα	85 kg
Αριθμός μαχαιριών	1 στατικό μαχαίρι και 2 περιστρεφόμενα
Διαστάσεις (εκφόρτωση χοάνης) (mm)	1300 Μήκος × 1400 Πλάτος × 1100 Ύψος
Διαστάσεις εσωτερικού ανοίγματος χοάνης (mm)	200 × 220
Ύψος παραπέτου εκφόρτωσης (m)	1800
Ονομαστικό rpm	1080
Παραγωγή	10 – 12 m <sup>3</sup> / h

Πίνακας 4.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά σπαστήρα

Το ξηραντήριο χρησιμοποιείται με σκοπό τη μείωση του ποσοστού υγρασίας της βιομάζας σε ίσο ή λιγότερο του 15%. Αποτελείται από τον κύλινδρο, τον κυκλώνα, τον θερμαντήρα, τη μεταφορική ταινία και το πάνελ ελέγχου.

Μοντέλο	Διάμετρος (mm)	Μήκος κυλίνδρου (m)	Μοντέλο μειωτήρα	Ταχύτητα rpm	Παραγωγή (t / h)	Ισχύς (kW)	Βάρος (t)	Όγκος (m <sup>3</sup> )
Φ1 × 10	Φ1000	10	RQ 450-16-11	6,73	1 – 3,8	5,5	7,5	7,85

**Πίνακας 4.3:** Τεχνικά χαρακτηριστικά ξηραντήριου



**Εικόνα 4.4:** Ξηραντήριο

#### Λειτουργία

Η είσοδος του ξηραντήριου τοποθετείται σε ανάκλιση της τάξεως του 3-5%. Η βιομάζα προς ξήρανση μεταφέρεται διαμέσου μεταφορικής ταινίας. Ο απαραίτητος θερμός αέρας παράγεται στο θερμαντήρα του ξηραντήριου και προωθείται στον κύλινδρο του ξηραντήριου.

Στον κύλινδρο υπάρχει μηχανισμός που διασκορπίζει τη βιομάζα ώστε να έρχεται σε πλήρη επαφή όλη η επιφάνεια της με το θερμό αέρα. Έτσι το τελικό αποτέλεσμα της αφαίρεσης υγρασίας είναι ομοιόμορφο. Ανάλογα με το είδος της βιομάζας και το ποσοστό υγρασίας που περιέχει η ταχύτητα περιστροφής του κυλινδρικού ξηραντήριου μπορεί να προσαρμοστεί μέσω μοτέρ ταχυτήτων με μειωτήρα και PLC.

Στο τέλος της επεξεργασίας η βιομάζα εκφορτώνεται καθώς ο κύλινδρος είναι σε ανάκλιση σε θερμοκρασία περίπου 70°C πάνω σε μεταφορική ταινία που είτε τροφοδοτεί απευθείας το συγκρότημα αεριοποίησης της βιομάζας είτε αποστέλλεται σε σιλό αποθήκευσης.



**Εικόνα 4.5:** Θερμαντήρας  
ξηραντήριου



**Εικόνα 4.6:** Κυκλώνας  
ξηραντήριου



**Εικόνα 4.7:** Κύλινδρος  
ξηραντήριου

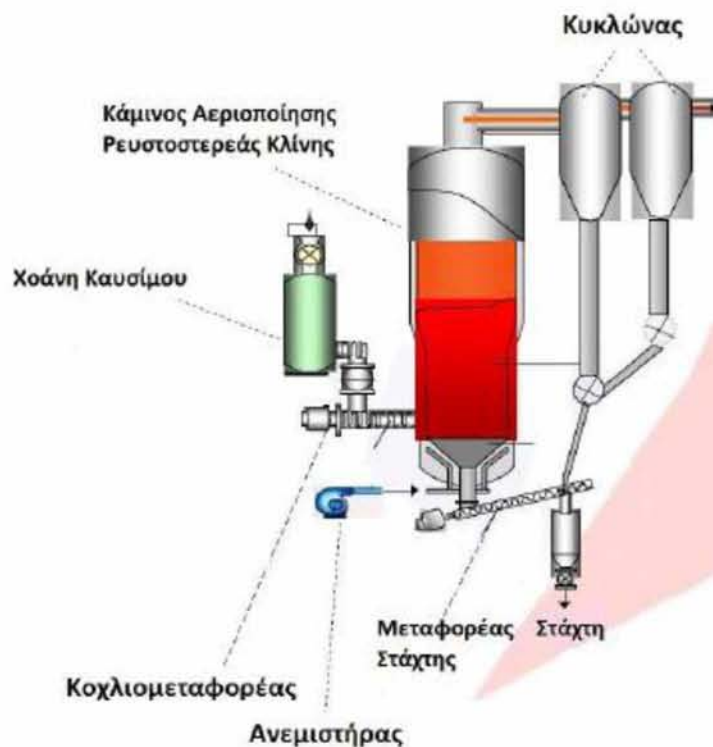


**Εικόνα 4.8:** Μεταφορική  
ταινία

#### 4.3.2 Αεριοποίηση

Η βιομάζα αφού έχει υποστεί την απαραίτητη επεξεργασία μετά τον σπαστήρα και το ξηραντήριο τροφοδοτείται στη χοάνη καυσίμου. Μέσω κοχλιομεταφορέα η βιομάζα προωθείται στην κάμινο αεριοποίησης. Στην κάμινο αεριοποίησης η βιομάζα θα αποτελέσει σε συνδυασμό με τον αέρα που θα διοχετευθεί με τη βοήθεια του ισχυρού ανεμιστήρα το καύσιμο που θα προκαλέσει ρευστοστερεά καύση υπό κανονική πίεση. Με τον έλεγχο της εσωτερικής θερμοκρασίας της καμίνου το καύσιμο πυρολύεται σαν  $syn - gas$  όπως τα  $CO$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CmHn$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ , σε σκόνη και ατμό, τα οποία προωθούνται στους ξηρού τύπου κυκλώνες σε δύο στάδια για να αφαιρεθεί η τεράστια ποσότητα σκόνης.





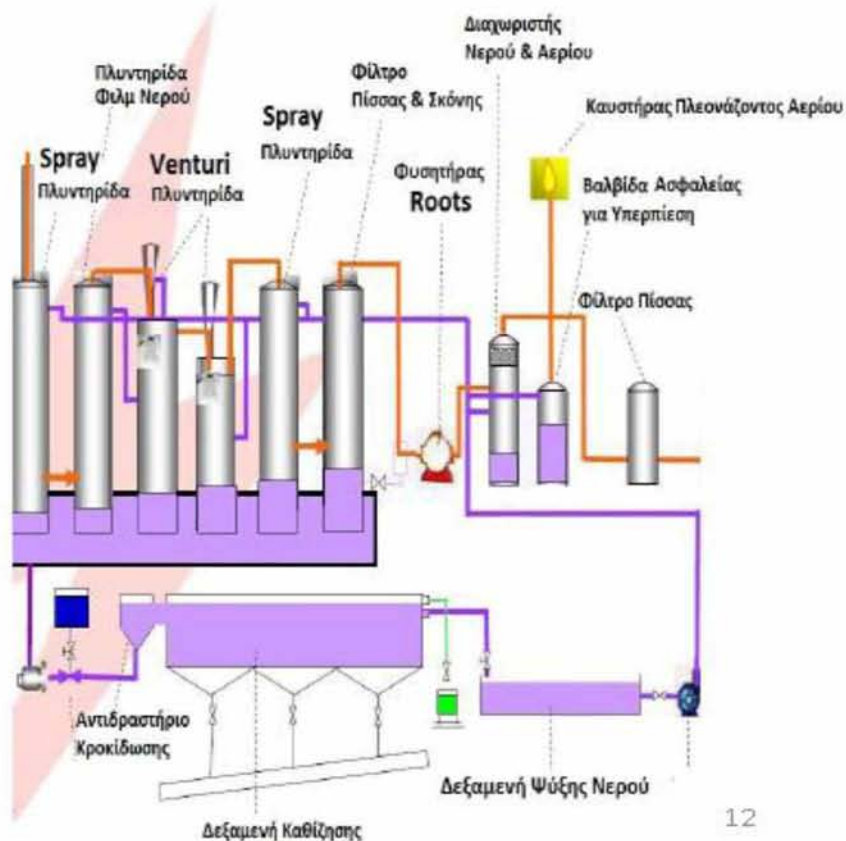
**Εικόνα 4.9:** Αρχικό στάδιο αεριοποίησης

Στη συνέχεια το αέριο περνάει από διπλές υγρού τύπου spray πλυντηρίδες, ακολουθούν διπλές πλυντηρίδες τύπου Venturi και μια πλυντηρίδα μονού φιλμ ψεκασμού νερού για να εξαλειφθεί η ποσότητα μικρο – σκόνης και να ψυχθεί.

Μετά τις πλυντηρίδες το αέριο προωθείται στη συνέχεια στα διπλά φίλτρα πίσσας βιομάζας και στον ηλεκτροστατικό κατακρημνιστή για να παγιδεύσει το περισσότερο μέρος της πίσσας.

Τελικά το καθαρό αέριο αντλείται σε έναν διαχωριστή/πλυντήριο G/W αλκαλικού νερού για να αφαιρεθεί η υγρασία και μετά αποστέλλεται στη δεξαμενή αποθήκευσης αερίου όπου θα αποτελέσει το καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας.

Ενώ αποθηκεύεται το αέριο, οι αισθητήρες μέσα στη δεξαμενή ανιχνεύουν την πίεση έως το ανώτατο επιτρεπτό όριό της, ώστε το πάνελ ελέγχου που με τη σειρά του ελέγχει τη βαλβίδα ασφαλείας υπερπίεσης να δίνει εντολή για την ανακούφιση του πλεονάζοντος αερίου από τον καυστήρα πλεονάζοντος αερίου.



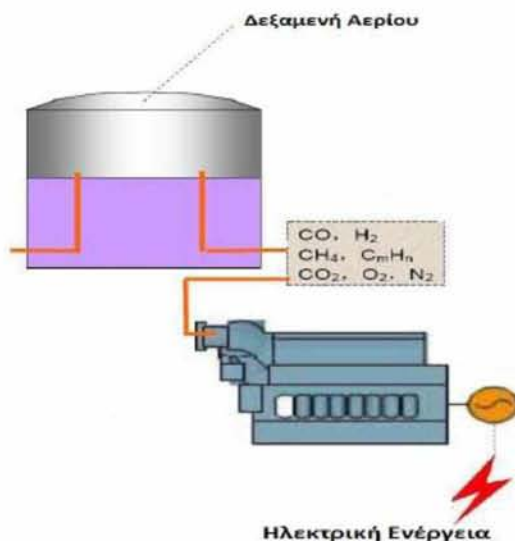
12

**Εικόνα 4.10:** Δεύτερο στάδιο αεριοποίησης

### 4.3.3 Παραγωγή Ενέργειας

Το αέριο που είναι αποθηκευμένο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη γεννήτρια με τις ακόλουθες προδιαγραφές:

Μία γεννήτρια περιστροφής 1000r/min, 50Hz, 500kW για παραγωγή ενέργειας με κατανάλωση του αερίου από το σύστημα αεριοποίησης.



**Εικόνα 4.11:** Γεννήτρια παραγωγής ενέργειας

Στον παρακάτω πίνακα ακολουθούν οι προδιαγραφές της γεννήτριας:

Περιγραφή	Τιμές παραμέτρων
Μοντέλο Σετ Γεννητριών Shengli Power Machinery Company	500GF1-P <sub>WG</sub>
Μοντέλο Μηχανής	G12V190Z <sub>LDK</sub> -2
Μοντέλο Γεννήτριας	1FC6 455-6LA42
Ονομαστική ισχύς, kW	500
Ονομαστικό ρεύμα, A	902
Τύπος ψύξης	MultiFan Δεξαμενή Νερού
Ονομαστική τάση, V	400
Ονομαστική συχνότητα, Hz	50
Ονομαστική ταχύτητα, r/min	1000
Ονομαστικός συντελεστής ισχύος, (cosφ)	0,8 (lagging)
Κατανάλωση αερίου θερμότητας (Gas Heat Consumption) MJ/(kWh)	10,3
Κατανάλωση λιπαντικού ελαίου g/(kWh)	≤1
Φάση και καλωδίωση	Τριφασικό, τετραπλής καλωδίωσης σύστημα
Ρύθμιση τάσης	Αυτόματη ρύθμιση τάσης
Μέθοδος διέγερσης	Χωρίς ψύκτρες
Μέθοδος εκκίνησης	DC24V έναρξη με μοτέρ
Διαστάσεις	5344×2170×2955
Καθαρό βάρος (kg)	10750

**Πίνακας 4.4:** Προδιαγραφές γεννήτριας

#### 4.4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

##### Χοάνη Καυσίμου Βιομάζας

Χωρητικότητα 12 m<sup>3</sup> περίπου. Υλικό από Q235A πάχους 4mm. Το κυλινδρικό container χρησιμεύει για αποθήκευση καυσίμου.

##### Μονάδα Κοχλιομεταφορέα

Μεταφέρει τη βιομάζα στη κάμινο αεριοποίησης. Η ταχύτητα τροφοδοσίας μπορεί να ρυθμιστεί για να ικανοποιεί διαφορετικές απαιτήσεις φορτίου χρησιμοποιώντας των 4kW Speed Motor.

##### Μονάδα Αεριοποίησης Βιομάζας

Κάμινος αεριοποίησης για καύση, αεριοποίηση και συνδυασμό αερίων όπως CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> κλπ. Το υλικό είναι από Q235A πάχους 4mm. Τα εσωτερικά τοιχώματα είναι επενδυμένα από 120mm πυρίμαχο υλικό και 120mm υλικό για να διατηρείται ζεστό το υλικό που περιέχει. Η κάμινος λειτουργεί σε θερμοκρασίες ανάμεσα στους 700°-800°C. Η ακριβής θερμοκρασία στην οποία επιτυγχάνεται αεριοποίηση εξαρτάται από το είδος της βιομάζας που τροφοδοτείται. Ο μέσος χρόνος αεριοποίησης είναι περίπου 5sec, όμως εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος της βιομάζας. Όσο μικρότερο το μέγεθος, τόσο λιγότερος χρόνος απαιτείται.

##### Επεξεργασία Παραγώγων Αεριοποίησης Syn-gas, Τέφρας, Ατμού

- N<sup>ο</sup>2 Ξηρού Τύπου Κυκλώνες  
Υλικό από Q235A πάχους 6mm. Αφαιρεί στερεά σωματίδια μέσω ξηρού στροβίλου.

- Ν°2 Υγρού Τύπου Πλυντηρίδα Spray  
Υλικό από Q235A πάχους 4mm. Ψύχει και απομακρύνει την τέφρα με ψεκασμό νερού.
- Ν°2 Πλυντηρίδες Venturi  
Υλικό από Q235A πάχους 4mm. Παγιδεύει μικρά σωματίδια τέφρας.
- Ν°1 Πλυντηρίδα Ψεκασμού Νερού  
Υλικό από Q235A πάχους 4mm. Ψύχει και απομακρύνει την τέφρα με φιλμ νερού.
- Ν°1 Διαχωριστής / πλυντήριο G/W αλκαλικού νερού  
Υλικό από Q235A πάχους 6mm. Χρησιμοποιούνται ορθογώνιες δεξαμενές για τέλειο φιλτράρισμα και διαχωρισμό.
- Ν°2 Φίλτρα Πίσσας Βιομάζας  
Υλικό από Q235A πάχους 6mm. Χρήση κυλινδρικού φίλτρου για να φιλτραριστεί η πίσσα.
- Ν°1 Ηλεκτροστατικός Κατακρημνιστής  
Υλικό από Q235A, πάχους 5mm. Το κυλινδρικό container παγιδεύει τα μόρια της πίσσας με μηχανισμό 380V, 5.5kW/h.

### **Μονάδες Αέρα**

#### **Ανεμιστήρας**

Αποστέλλει τον αέρα θερμοκρασίας δωματίου ομαλά και προωθούνται τα προϊόντα της αεριοποίησης προς τις πλυντηρίδες, με χρήση μεταβλητής ταχύτητας υψηλής πίεσης ανεμιστήρα για να ικανοποιεί απαιτήσεις για διαφορετικά φορτία αέρα. Με 3kW μοτέρ ταχυτήτων.

#### **Φυσητήρας τύπου roots**

Για να απορροφά το αέριο βιομάζας από τα φίλτρα, με χρήση φυσητήρα μεταβλητής ταχύτητας για να ικανοποιεί τα διαφορετικά φορτία αερίου.

### **Μονάδα Ψύξης**

#### **Βαλβίδα ασφαλείας νερού για υπερπίεση**

Υλικό από Q235A πάχους 6mm. Με μηχανισμό ασφαλείας.

#### **Αντλία τροφοδοσίας νερού**

36m<sup>3</sup>/h, 30m high, 2900rpm, 5.5kW

#### **Αντλία ανακύκλωσης νερού**

36m<sup>3</sup>/h, 20m high, 2900rpm, 4kW

### **Μονάδα Συλλογής και Αποθήκευσης Νερού**

#### **Δεξαμενή Διαλύματος Κροκιδωτικού**

Το διάλυμα του κροκιδωτικού χρησιμοποιείται για να παγιδεύσει την πίσσα κατά την διάρκεια του ψεκασμού στις πλυντηρίδες.

#### **Μηχανισμός Έγχυσης Κροκιδωτικού Διαλύματος**

#### **Αντιδραστήριο Κροκιδωτικού – Δεξαμενή**

#### **Δεξαμενή Καθίζησης**

Δεξαμενή στην οποία συλλέγεται το νερό (μίγμα νερού με κροκιδωτικό) το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί στις πλυντηρίδες για καθαρισμό των αερίων σε θερμοκρασία μικρότερη των 100 °C.



### **Δεξαμενή Ψύξης Νερού**

Στην δεξαμενή ψύξης, η θερμοκρασία του νερού μειώνεται ώστε να φτάσει ανάμεσα στους 40-50 °C.

### **Μονάδα Διαχείρισης Τέφρας**

#### **Μηχανισμός αφαίρεσης τέφρας**

Για απομάκρυνση τέφρας από τα φίλτρα.

#### **Μεταφορέας τέφρας**

Για αφαίρεση τέφρας από τους ξηρού τύπου κυκλώνες στον συλλέκτη τέφρας με χρήση μεταβλητής ταχύτητας μεταφορέα για διαφορετικά φορτία τέφρας με 2.2kW μοτέρ ταχυτήτων.

#### **Μονάδα δύο περιστρεφόμενων βαλβίδων**

Για αφαίρεση τέφρας από τον πάτο του κυκλώνα, με χρήση περιστρεφόμενης βαλβίδας κλειδώματος με 2 l/min, 24rpm, 0.75kW.

#### **Ηλεκτροστατικός Κατακρημνιστής**

Τοποθετημένος πριν το φίλτρο πίσσας για επιπλέον μείωση των εκλύσεων πίσσας κατά την καύση στη γεννήτρια.

### **Αγωγοί και μηχανισμοί μεταξύ των πύργων και των πλυντηρίδων**

### **Αποθήκευση Αερίου**

#### **Καυστήρας πλεονάζοντος αερίου**

Υλικό από Q235A πάχους 6mm. Ο καυστήρας καίει το πλεονάζον αέριο.

#### **Υγρού τύπου ρυθμιζόμενη δεξαμενή αερίου υπό πίεση**

Υλικό από Q235A πάχους 6mm. Η δεξαμενή διατηρεί την πίεση και αποθηκεύει το αέριο στους 40°C περίπου. Ανάλογα με τη ροή που υπάρχει μέσα στη δεξαμενή δίνεται σήμα στο πάνελ ελέγχου ώστε να αυξηθεί η ροή του αέρα και της ποσότητας βιομάζας που εισέρχεται στην κάμινο. Έτσι διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία.

#### **Πάνελ ελέγχου αεριοποίησης**

Το πάνελ επιτηρεί το συνολικό σύστημα αεριοποίησης ώστε να ικανοποιεί τα κριτήρια αεριοποίησης βιομάζας με τη χρήση ηλεκτροστατικών αισθητήρων.

#### **Σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου – Remote Control System**

## **4.5 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ**

### **Συγκρότημα Βιομάζας**

- Μηνιαία Συντήρηση: Γενικός έλεγχος και καθαρισμός των αγωγών και του κυκλώματος της αντλίας νερού.
- Ετήσια Συντήρηση: Αφορά σε όλο το συγκρότημα βιομάζας για την οποία απαιτείται η παύση λειτουργίας για 5 – 10 μέρες. Σε αυτή την συντήρηση εάν απαιτηθεί θα αντικατασταθούν κάποια μέρη με ανταλλακτικά.

### **Γεννήτρια**

- Ετήσια Συντήρηση: Η γεννήτρια απαιτεί ετήσια καθολική συντήρηση από ειδικευμένο προσωπικό.
- Τριετής Συντήρηση: Η γεννήτρια απαιτεί ανά τρία έτη αντικατάσταση κάποιων μερών.

#### 4.6 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ – ΕΙΚΟΝΕΣ – ΚΟΣΤΟΣ

##### **Σπαστήρας**

1.3 m Μήκος x 1.4 m Πλάτος x 1.1 m Ύψος

##### **Ξηραντήριο**

24 m Μήκος x 2 m Πλάτος x 2.5 m Ύψος

##### **Συγκρότημα Βιομάζας**

550 m<sup>2</sup> x 12 m ύψος



**Εικόνα 4.12:** 500 GF – RJG Biomass Generator Set, 500kW, 400V, 50Hz



**Εικόνα 4.13:** Biomass Fuel SILO & Hopper



**Εικόνα 4.14:** Fumace Purifying & Cooling Devices



**Εικόνα 4.15:** Device of cleaning and cooling system



**Εικόνα 4.16:** Gas Tank



**Εικόνα 4.17:** Facilities of circulating water treatment



**Εικόνα 4.18:** Circulating watercooling pond

Το κόστος εγκατάστασης του συγκροτήματος αεριοποίησης βιομάζας με τις παραπάνω προδιαγραφές θα κοστίσει σύμφωνα με πληροφορίες από την ΕΣΕΚ 747.500€.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Οι τρεις μεταβλητές παράμετροι που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη μελέτη είναι η απόδοση της καλλιέργειας αγριαγκινάρας (τόνοι ανά στρέμμα), η θερμογόνος δύναμη της αγριαγκινάρας (MJ/kg) και τέλος η απόσταση της έκτασης όπου καλλιεργείται η αγριαγκινάρα από τη μονάδα παραγωγής (km).

Η απόδοση παίρνει τιμές που κυμαίνονται όπως καταγράφεται στη βιβλιογραφία από 1 έως 3.4 τόνους ανά στρέμμα. Έτσι οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν για αυτή την παράμετρο είναι η χαμηλότερη (1 τόνος ανά στρέμμα), η μέση (2.2 τόνους ανά στρέμμα) και η υψηλότερη (3.4 τόνους ανά στρέμμα). Η θερμογόνος δύναμη της αγριαγκινάρας παίρνει τιμές σύμφωνα με τη βιβλιογραφία που κυμαίνονται από 14 έως 20 MJ/kg. Έτσι για τη συγκεκριμένη παράμετρο χρησιμοποιήθηκαν με την ίδια λογική η χαμηλότερη (14MJ/kg), η μέση (17MJ/kg) και η υψηλότερη θερμογόνος δύναμη (20MJ/kg). Τέλος η τρίτη παράμετρος αφορά στην απόσταση της μονάδας παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από την έκταση της ενεργειακής καλλιέργειας που την τροφοδοτεί με βιομάζα και παίρνει τις τιμές 10km, 20km και 30km που είναι αντιπροσωπευτικές για το νομό Καρδίτσας.

Ο αντικειμενικός στόχος είναι να επιτευχθεί η κάλυψη των αναγκών της μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται ως παράδειγμα. Πρόκειται για μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση βιομάζας ισχύος 500kW. Ο συντελεστής απόδοσης που υπολογίστηκε για τη συγκεκριμένη μονάδα είναι 18%, ποσοστό που εκφράζει τη θερμική ενέργεια που μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Για την παραγωγή του συγκεκριμένου ποσού ηλεκτρικής ισχύος, η απαιτούμενη εγκατεστημένη θερμική ισχύς ανέρχεται στα 2,8MW. Η μονάδα θα λειτουργεί αδιάλειπτα (350 ημέρες το χρόνο, 24 ώρες το 24ωρο, δηλαδή 8400 ώρες).

Η ΕΣΕΚ (Ενεργειακή Συνεταιριστική Εταιρία Καρδίτσας Συν.Π.Ε.) σκοπεύει με την παραπάνω μονάδα να δραστηριοποιηθεί στο χώρο της αξιοποίησης βιομάζας με άμεσο στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι συνεταιρισμός «ανοιχτού κεφαλαίου» με δυνατότητα συνεχών εγγραφών νέων μελών και αγοράς μερίδων το κόστος των οποίων ανέρχεται στα 1000€. Από την ίδρυση του συνεταιρισμού έχει συγκεντρωθεί ένα μέρος του κεφαλαίου.



## 5.2 ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΙΜΕΣ

Στον παρακάτω πίνακα ακολουθούν οι σταθερές τιμές που θα χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστούν τα κόστη σε κάθε μια από τις περιπτώσεις που προκύπτουν από το συνδυασμό των τιμών των τριών παραμέτρων.

Ώρες Λειτουργίας	8400	h
Απαιτ. Εγκατεστημένη Ισχύς	2.8	MW
Κόστος Σπόρου	60	€/kg
Αναλογία Σπόρου ανά Στρέμμα	400	gr/km <sup>2</sup>
Κόστος Λιπάσματος (20-8-14)	16	€/km <sup>2</sup>
Κόστος Ζιζανιοκτόνου	6	€/km <sup>2</sup>
Κόστος Dimetoate	4	€/km <sup>2</sup>
Ενοίκιο Αγρού	80	€/km <sup>2</sup>
Ημερομίσθιο Καλλιεργητών	40	€
Τρακτέρ 102 ίππων	50000	€
Άροτρο	3500	€
Δισκοσβάρνα	4500	€
Αυτοκινούμενο ψεκαστικό	60000	€
Σπαρτική μηχανή	7500	€
Τρακτέρ 82 ίππων	40000	€
Αριθμός Καλλιεργητών	2	άτομα
Ρυθμός Λίπ.-Ζιζ.-Εφαρμογή Dim.	10	km <sup>2</sup> /ημέρα
Κόστος Δεματοποιητή	150000	€
Κόστος Αρπάγης	5000	€
Ρυθμός Συγκομιδής Μηχανήματος	20	tn/h
Ώρες Ημερήσιας Εργασίας	8	h
Μέγιστο Φορτίο Μεταφοράς	15	tn
Κατανάλωση Καυσίμου	0.35	lt/km
Μέση Ταχύτητα Φορτηγού	80	km/h
Τιμή Πετρελαίου Κίνησης	1.523	€/lt
Ημερομίσθιο Οδηγού	50	€
Κόστος Ενοικίασης Φορτηγού	80	€/Ημέρα
Τιμή πώλησης της kWh από βιομάζα	0.175	€/kWh
Ετήσια Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας	4200	MWh

**Πίνακας 5.1:** Σταθερές Τιμές

Πέρα από τις παραπάνω τιμές που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς κάθε συνδυασμού έγιναν οι παρακάτω παραδοχές:

- Για το σύστημα αεριοποίησης θα καταβληθεί αρχικά το ποσό που έχει συγκεντρωθεί ήδη από τους μετόχους της ΕΣΕΚ. Έτσι τα 747.500€ θα καταβληθούν αρχικά.
- Το κόστος για την κάλυψη της υπόλοιπης επένδυσης θα καλυφθεί με δάνειο με επιτόκιο 7.5% το οποίο θα αποπληρωθεί σε βάθος χρόνου 15 ετών (15 έτη διαρκεί η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας) με σταθερές ετήσιες δόσεις.
- Ο πληθωρισμός που συνυπολογίζεται στη χρηματοροή είναι 4%.

### 5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 5.1 κάθε παράμετρος παίρνει τρεις διαφορετικές τιμές. Έτσι εξετάζονται 27 περιπτώσεις. Τα οικονομικά στοιχεία που υπολογίζονται για κάθε περίπτωση είναι η σταθερή ετήσια δόση που θα πρέπει να καταβάλλεται από την εταιρεία, η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης και τα συνολικά κέρδη σε βάθος χρόνου δεκαπενταετίας. Ακόμη σε κάθε περίπτωση αντιστοιχεί ένας πίνακας με τη χρηματοροή κατά τη διάρκεια των 15 ετών και ένα διάγραμμα που την απεικονίζει. Ο πίνακας με τα οικονομικά στοιχεία, τη χρηματοροή και το διάγραμμα της χρηματοροής για κάθε περίπτωση παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα.

Ο συνδυασμός των τιμών των τριών παραμέτρων οδηγεί σε μία συγκεκριμένη απαιτούμενη έκταση καλλιέργειας, με βάση την επιθυμητή ποσότητα ενέργειας που θέλει να παράγει το εργοστάσιο (4200MWh ετησίως), την απόδοση της αγριαγκινάρας (τόνοι ανά στρέμμα) και τη θερμογόνο δύναμη (MJ/kg). Χρησιμοποιώντας την έκταση αυτή υπολογίζονται τα κόστη που αντιστοιχούν σε κάθε περίπτωση. Τα περισσότερα κόστη που αφορούν στην καλλιέργεια καταβάλλονται κατά την έναρξη της καλλιέργειας, το πρώτο έτος, διότι η αγριαγκινάρα είναι μια πολυετής καλλιέργεια με διάρκεια μέχρι και 15 έτη, η οποία από το δεύτερο έτος και μετά δεν απαιτεί καμία εργασία πέραν της συγκομιδής καθώς αφενός αυτολιπαίνεται και αφετέρου δεν απαιτεί εφαρμογή ζιζανιοκτόνου καθώς εξαπλώνεται καλύπτοντας κατά μεγάλο ποσοστό το έδαφος χωρίς να επιτρέπει την εξάπλωση άλλων ζιζανίων. Επίσης από τη στιγμή που αναπτύσσει το βαθύ ριζικό της σύστημα κατά το πρώτο έτος της καλλιέργειας, στη συνέχεια δεν είναι επιρρεπής στις ασθένειες.

Έτσι στα κόστη που καταβάλλονται κατά την έναρξη της καλλιέργειας συγκαταλέγονται η αγορά του σπόρου τύπου C12 για αγριαγκινάρα που προορίζεται για την παραγωγή βιοκαυσίμου, του λιπάσματος τύπου 20-8-14 με προτεινόμενη δόση 30kg/στρέμμα, του ζιζανιοκτόνου (πενταμεθυλίνη) με προτεινόμενη δόση 400gr/στρέμμα, του φυτοφαρμάκου Dimetoate με προτεινόμενη δόση 200-250gr/στρέμμα για την πρόληψη των ασθενειών που απειλούν την καλλιέργεια κατά το πρώτο έτος όπως επίσης και ο μισθός των εργατών που απαιτούνται για την προετοιμασία του εδάφους και την εφαρμογή του σπόρου και των φυτοφαρμάκων. Ακόμη στα κόστη αυτά ανήκει και το ενοίκιο της απαιτούμενης έκτασης το οποίο ανέρχεται σε 80€/στρέμμα. Τέλος θεωρούμε ότι τα μηχανήματα που απαιτούνται για την προετοιμασία του εδάφους, τη σπορά, τη λίπανση, τη ζιζανιοκτονία, την εφαρμογή Dimetoate και τη συγκομιδή αποκτώνται πριν την έναρξη της καλλιέργειας.

Τα παραπάνω κόστη καταβάλλονται μία φορά κατά την έναρξη της καλλιέργειας και αφορούν το μεγαλύτερο ποσοστό του κόστους. Πέρα από αυτά τα κόστη όμως υπάρχουν και τα κόστη που καταβάλλονται κάθε έτος και αφορούν στη συγκομιδή της βιομάζας και τη μεταφορά της στη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτά τα κόστη συγκαταλέγονται ο μισθός των εργατών που απαιτούνται κατά τη συγκομιδή και τη φόρτωση της βιομάζας, το φορτηγό που μεταφέρει τη βιομάζα στο εργοστάσιο, τα ημερομίσθια του οδηγού μέχρι να μεταφερθεί ο απαιτούμενος όγκος βιομάζας και τα καύσιμα.

Τέλος, λαμβάνεται υπόψη και το κόστος απόκτησης του συστήματος αεριοποίησης που θα χρησιμοποιηθεί από τη μονάδα ύψους 747.500€.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η ΕΣΕΚ είναι ένας συνεταιρισμός ανοιχτού κεφαλαίου που από την ίδρυσή του έχει ήδη συγκεντρώσει κάποιο χρηματικό ποσό. Στη συγκεκριμένη μελέτη θεωρούμε ότι αυτό το ποσό καταβάλλεται αρχικά για την απόκτηση του συστήματος αεριοποίησης ύψους 747.500€. Για την κάλυψη της υπόλοιπης επένδυσης θεωρούμε ότι η εταιρεία λαμβάνει δάνειο με επιτόκιο ύψους 7.5%, την αποπληρωμή του οποίου θα επιτύχει με σταθερές ετήσιες δόσεις σε βάθος χρόνου 15 ετών.

### 5.3.1 Σταθερή Ετήσια Δόση

Για να υπολογιστεί η σταθερή ετήσια δόση που θα καταβάλλεται κάθε χρόνο ανάλογα με την περίπτωση προστίθενται τα ετήσια κόστη που αφορούν στη συγκομιδή και στη μεταφορά της βιομάζας και υπολογίζεται η ετήσια δόση που αντιστοιχεί σε κάθε ποσό για τα υπόλοιπα κόστη που καταβάλλονται μία φορά κατά την έναρξη της καλλιέργειας. Για να γίνει η αναγωγή αυτών των ποσών ανά έτος χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος:

$$A = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} * P \quad (\text{Σχέση 5.1})$$

όπου:

A: η σταθερή ετήσια δόση

P: η καθαρή παρούσα αξία του ποσού

n: οι χρονικές περίοδοι (15 έτη)

i: το επιτόκιο 7.5%

Τέλος προσθέτουμε όλα τα κόστη τόσο τα ετήσια όσο και τα υπόλοιπα που αναγάγαμε ανά έτος με αποτέλεσμα να προκύψει η σταθερή ετήσια δόση που θα πρέπει να καταβάλλεται συνολικά.

### 5.3.2 Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης

Για να υπολογίσουμε τη καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης για κάθε περίπτωση χρησιμοποιούμε τη συνολική σταθερή ετήσια δόση που υπολογίσαμε παραπάνω και εφαρμόζουμε τον παρακάτω τύπο:

$$P = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} * A \quad (\text{Σχέση 5.2})$$

όπου:

A: η συνολική σταθερή ετήσια δόση

P: η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης

n: οι χρονικές περίοδοι (15 έτη)

i: το επιτόκιο 7.5%

### 5.3.3 Χρηματοροή Επένδυσης

Για την χρηματοροή της επένδυσης θεωρούμε ότι στην αρχή του πρώτου έτους καταβάλλονται τα 747.500€ που έχουν συγκεντρωθεί ήδη από τους μετόχους της συνεταιριστικής εταιρείας. Για τα έτη 1 έως 15 ως έξοδα θεωρούμε τη συνολική σταθερή ετήσια δόση που υπολογίστηκε παραπάνω. Τα έσοδα της μονάδας παραγωγής για τα έτη 1 έως 15 υπολογίζονται από τον πολλαπλασιασμό της τιμής πώλησης μιας kWh από βιομάζα στη ΔΕΗ που ανέρχεται στα 0,175€/kWh επί την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της συγκεκριμένης μονάδας που είναι ίση με 4.200.000kWh. Άρα τα έσοδα ανά έτος είναι 735.000€. Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη διαφορά εσόδων-εξόδων συνυπολογίζοντας των πληθωρισμό με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Κέρδος} = \frac{\text{Έσοδα} - \text{Έξοδα}}{(1 + \text{Πληθωρισμός})^n} \quad (\text{Σχέση 5.3})$$

με πληθωρισμό 4% και  $n=1,2,3,\dots,15$ .

Ακολουθώντας τα παραπάνω βήματα υπολογίζουμε για τις 27 περιπτώσεις αυτής της μελέτης τη σταθερή ετήσια δόση, την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης και τα κέρδη στο τέλος της δεκαπενταετίας.

## 5.4 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι 27 πιθανές περιπτώσεις που προκύπτουν από τον συνδυασμό των τριών τιμών των τριών παραμέτρων και τα οικονομικά στοιχεία που αφορούν σε κάθε μία περίπτωση αντίστοιχα.

Περ.	Απόδοση τον/στρ.	Θερμ. Δύν. MJ/kg	Απόσταση km	Σταθερή Ετ. Δόση	Καθ. Παρ. Αξία Επέν.	Κέρδη
1	1	14	10	150.784 €	1.330.988 €	5.748.041 €
2	2.2			93.230 €	822.956 €	6.387.944 €
3	3.4			76.303 €	673.534 €	6.576.150 €
4	1	17		130.582 €	1.152.666 €	5.972.649 €
5	2.2			83.185 €	734.287 €	6.499.628 €
6	3.4			69.245 €	611.234 €	6.654.622 €
7	1	20		116.441 €	1.027.841 €	6.129.875 €
8	2.2			76.154 €	672.219 €	6.577.807 €
9	3.4			64.305 €	567.624 €	6.709.552 €
10	1	14	20	156.720 €	1.383.390 €	5.682.036 €
11	2.2			99.167 €	875.358 €	6.321.939 €
12	3.4			82.239 €	725.937 €	6.510.146 €
13	1	17		135.471 €	1.195.821 €	5.918.293 €
14	2.2			88.074 €	777.442 €	6.445.271 €
15	3.4			74.134 €	654.389 €	6.600.265 €
16	1	20		120.597 €	1.064.523 €	6.083.672 €
17	2.2			80.309 €	708.901 €	6.531.604 €
18	3.4			68.460 €	604.306 €	6.663.349 €
19	1	14	30	162.657 €	1.435.792 €	5.616.032 €
20	2.2			105.103 €	927.760 €	6.255.935 €
21	3.4			88.176 €	778.339 €	6.444.141 €
22	1	17		140.360 €	1.238.976 €	5.863.936 €
23	2.2			92.963 €	820.597 €	6.390.915 €
24	3.4			79.023 €	697.544 €	6.545.908 €
25	1	20		124.752 €	1.101.205 €	6.037.469 €
26	2.2			84.465 €	745.582 €	6.485.401 €
27	3.4			72.616 €	640.987 €	6.617.145 €

**Πίνακας 5.2:** Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι η περίπτωση που επιφέρει τα περισσότερα κέρδη είναι η περίπτωση 9 που παρουσιάζει τα χαμηλότερα κόστη με σταθερή ετήσια δόση 64.305€ και καθαρή παρούσα αξία επένδυσης 567.624€ και τα υψηλότερα κέρδη ύψους 6.709.552€. Όπως ήταν αναμενόμενο τα αποτελέσματα αυτά προκύπτουν από το συνδυασμό της υψηλότερης απόδοσης του φυτού (3.4 τόνοι ανά στρέμμα), της υψηλότερης

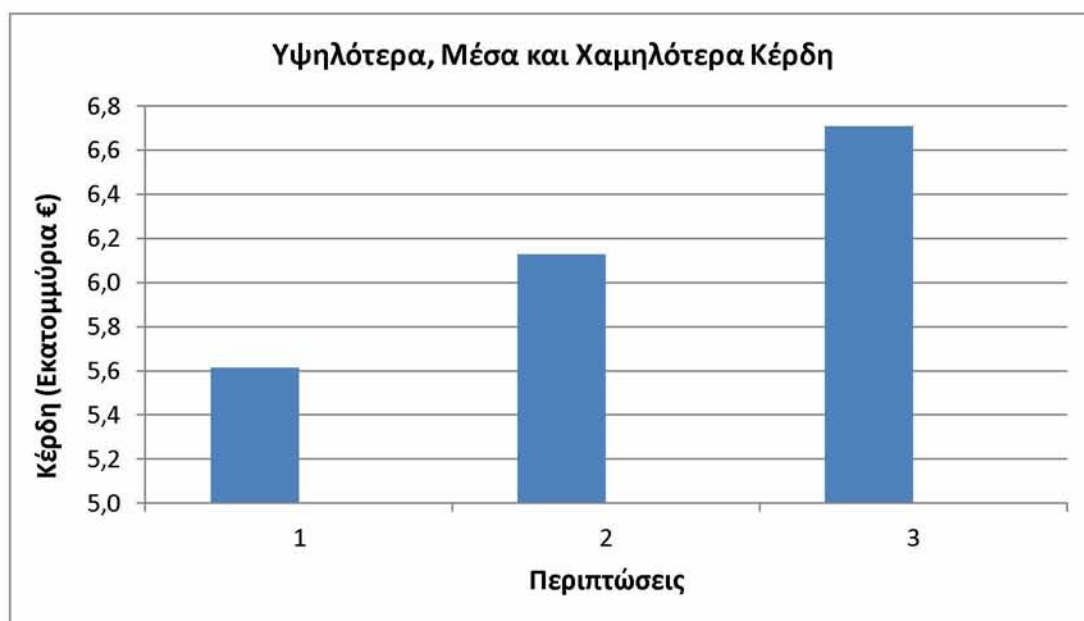


θερμογόνου δύναμης (20MJ/kg) και της μικρότερης χιλιομετρικής απόστασης ανάμεσα στο εργοστάσιο και την έκταση της καλλιέργειας (10km).

Αντίθετα η περίπτωση που παρουσιάζει τα υψηλότερα κόστη και τα χαμηλότερα κέρδη είναι η περίπτωση 19 με σταθερή ετήσια δόση 162.657€, καθαρή παρούσα αξία επένδυσης 1.435.792€ και κέρδη 5.616.032€. Τα αποτελέσματα αυτά προκύπτουν από τον συνδυασμό της χαμηλότερης απόδοσης του φυτού (1 τόνος ανά στρέμμα), της χαμηλότερης θερμογόνου δύναμης (14MJ/kg) και της μεγαλύτερης χιλιομετρικής απόστασης ανάμεσα στο εργοστάσιο και την έκταση της καλλιέργειας (30km).

## 5.5 ΥΨΗΛΟΤΕΡΑ – ΜΕΣΑ – ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΑ ΚΕΡΔΗ

Ανάλογα με το ποιες τιμές των τριών παραμέτρων συνδυάζονται προκύπτουν και τα αντίστοιχα οικονομικά αποτελέσματα. Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται τρεις περιπτώσεις: η βέλτιστη, αυτή που αποφέρει δηλαδή τα χαμηλότερα κόστη και τα υψηλότερα κέρδη, η μέση λύση που οδηγεί σε μέσα κέρδη και η χειρίστη λύση που αποφέρει τα υψηλότερα κόστη και τα χαμηλότερα κέρδη.



Διάγραμμα 5.1: Βέλτιστη-Μέση-Χειρίστη Λύση

Στη στήλη 1 αντιστοιχεί η περίπτωση 19 (απόδοση 1 τόνος ανά στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 14MJ/kg, χιλιομετρική απόσταση 30km) που οδηγεί στα χαμηλότερα κέρδη στο τέλος της 15ετίας. Το αποτέλεσμα ήταν αναμενόμενο καθώς οι παράμετροι σε αυτό τον συνδυασμό έχουν πάρει τις χειρότερες τους τιμές σε σχέση με την αύξηση του κόστους με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε στα χαμηλότερα κέρδη στο τέλος της επένδυσης. Τα κέρδη που σημειώνονται είναι 5.616.032€ και προέρχονται από τον συνδυασμό της χαμηλότερης απόδοσης του φυτού (1 τόνος ανά στρέμμα), της χαμηλότερης θερμογόνου δύναμης του φυτού (14MJ/kg) και της μεγαλύτερης απόστασης ανάμεσα στην μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και της έκτασης που καλλιεργείται με σκοπό συγκεκριμένα την τροφοδοσία του εργοστασίου με βιομάζα (30km).

Στη στήλη 2 αντιστοιχούν τα μέσα κέρδη 6.129.875€ που προκύπτουν από την περίπτωση 7. Στην περίπτωση αυτή παρατηρούμε ότι συμμετέχει η χαμηλότερη δυνατή απόδοση του

φυτού (1 τόνος ανά στρέμμα) αλλά οι άλλες δύο παράμετροι παίρνουν τις ευνοϊκότερες τους τιμές, δηλαδή υψηλή θερμογόνος δύναμη (20MJ/kg) και ελάχιστη χιλιομετρική απόσταση μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και έκτασης ενεργειακής καλλιέργειας (10km).

Βλέπουμε ακόμη ότι όταν συνδυάζονται οι τρεις μέσες τιμές των παραμέτρων δηλαδή απόδοση αγριαγκινάρας 2.2 τόννοι ανά στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 17MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 20km τα κέρδη είναι αρκετά υψηλά και βρίσκονται ανάμεσα στο διάστημα του μέσου κέρδους και του βέλτιστου κέρδους. Για την ακρίβεια σημειώνονται κέρδη ύψους 6.445.271€ που είναι 315.396€ υψηλότερα από τα μέσα κέρδη.

Τέλος στη στήλη 3 αντιστοιχεί η περίπτωση 9 όπου παρατηρούμε ότι συνδυάζονται οι πιο ευνοϊκές τιμές όλων των παραμέτρων όπως ήταν αναμενόμενο. Τα κέρδη ύψους 6.709.552€ που προκύπτουν από αυτό το συνδυασμό μπορούν να επιτευχθούν αν εξασφαλιστούν εξαιρετικά ευνοϊκές συνθήκες όπως η πολύ καλή απόδοση του φυτού 3.4 τόννοι ανά στρέμμα, η εξαιρετικής ποιότητας βιομάζα με θερμογόνο δύναμη 20MJ/kg και η ελάχιστη δυνατή χιλιομετρική απόσταση του εργοστασίου από την έκταση της ενεργειακής καλλιέργειας (10km).

## 5.6 ΕΥΡΟΣ ΚΕΡΔΟΥΣ

### 5.6.1 Ομαδοποίηση με βάση την Απόδοση

Η απόδοση της αγριαγκινάρας είναι η πρώτη παράμετρος που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των αποτελεσμάτων της μελέτης αυτής. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η απόδοση του φυτού μπορεί να κυμανθεί από 1 τόνο ανά στρέμμα μέχρι το πολύ 3.4 τόνους ανά στρέμμα. Έτσι στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τρεις τιμές για αυτή την παράμετρο: η ελάχιστη 1 τόνος ανά στρέμμα, μια μέση με βάση αυτές τις δύο τιμές 2.2 τόνους ανά στρέμμα και η μέγιστη 3.4 τόνους ανά στρέμμα.

Περ.	Απόδοση τον/στρ.	Θερμ. Δυν. MJ/kg	Απόσταση km	Σταθερή Ετ. Δόση	Καθ. Παρ. Αξία Επέν.	Κέρδη
1	1	14	10	150.784 €	1.330.988 €	5.748.041 €
4		17		130.582 €	1.152.666 €	5.972.649 €
7		20		116.441 €	1.027.841 €	6.129.875 €
10		14	20	156.720 €	1.383.390 €	5.682.036 €
13		17		135.471 €	1.195.821 €	5.918.293 €
16		20		120.597 €	1.064.523 €	6.083.672 €
19		14	30	162.657 €	1.435.792 €	5.616.032 €
22		17		140.360 €	1.238.976 €	5.863.936 €
25		20		124.752 €	1.101.205 €	6.037.469 €

**Πίνακας 5.3:** Περιπτώσεις με απόδοση 1 τόνο ανά στρέμμα



Περ.	Απόδοση τον/στρ.	Θερμ. Δυν. MJ/kg	Απόσταση km	Σταθερή Ετ. Δόση	Καθ. Παρ. Αξία Επέν.	Κέρδη
2	2.2	14	10	93.230 €	822.956 €	6.387.944 €
5		17		83.185 €	734.287 €	6.499.628 €
8		20		76.154 €	672.219 €	6.577.807 €
11		14	20	99.167 €	875.358 €	6.321.939 €
14		17		88.074 €	777.442 €	6.445.271 €
17		20		80.309 €	708.901 €	6.531.604 €
20		14	30	105.103 €	927.760 €	6.255.935 €
23		17		92.963 €	820.597 €	6.390.915 €
26		20		84.465 €	745.582 €	6.485.401 €

**Πίνακας 5.4:** Περιπτώσεις με απόδοση 2.2 τόνους ανά στρέμμα

Περ.	Απόδοση τον/στρ	Θερμ. Δυν. MJ/kg	Απόσταση km	Σταθερή Ετ. Δόση	Καθ. Παρ. Αξία Επέν.	Κέρδη
3	3.4	14	10	76.303 €	673.534 €	6.576.150 €
6		17		69.245 €	611.234 €	6.654.622 €
9		20		64.305 €	567.624 €	6.709.552 €
12		14	20	82.239 €	725.937 €	6.510.146 €
15		17		74.134 €	654.389 €	6.600.265 €
18		20		68.460 €	604.306 €	6.663.349 €
21		14	30	88.176 €	778.339 €	6.444.141 €
24		17		79.023 €	697.544 €	6.545.908 €
27		20		72.616 €	640.987 €	6.617.145 €

**Πίνακας 5.5:** Περιπτώσεις με απόδοση 3.4 τόνους ανά στρέμμα

Αύξηση στα κέρδη όταν αυξάνεται η απόδοση από 1 σε 2.2 τόνους/στρέμμα	Αύξηση στα κέρδη όταν αυξάνεται η απόδοση από 2.2 σε 3.4 τόνους/στρέμμα	Αύξηση στα κέρδη όταν αυξάνεται η απόδοση από 1 σε 3.4 τόνους/στρέμμα
639.903 €	188.207 €	828.109 €
526.979 €	154.994 €	681.972 €
447.932 €	131.745 €	579.676 €
639.903 €	188.207 €	828.109 €
526.979 €	154.994 €	681.972 €
447.932 €	131.745 €	579.676 €
639.903 €	188.207 €	828.109 €
526.979 €	154.994 €	681.972 €
447.932 €	131.745 €	579.676 €

**Πίνακας 5.6:** Διαφορές στα κέρδη σε σχέση με τη μεταβολή της απόδοσης

Παρατηρούμε ότι όταν αυξάνεται η απόδοση της αγριαγκινάρας από 1 σε 2.2 τόνους ανά στρέμμα τα κέρδη αυξάνονται τουλάχιστον κατά 447.932€ και το πολύ κατά 639.903€. Αντίστοιχα όταν η απόδοση αυξηθεί περαιτέρω στους 3.4 τόνους ανά στρέμμα από τους 2.2 παρατηρείται μια επιπλέον αύξηση κατά το λιγότερο 131.745€ έως το πολύ 188.207€.

Άρα στο σύνολο αν μετακινηθούμε από τον 1 στους 3.4 τόνους ανά στρέμμα όσον αφορά στην απόδοση της αγριαγκινάρας μπορούμε να επιτύχουμε αύξηση στα κέρδη που θα κυμαίνεται από το λιγότερο 579.676€ έως το πολύ 828.109€.

### 5.6.2 Ομαδοποίηση με βάση τη Θερμογόνο Δύναμη

Η δεύτερη παράμετρος που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη είναι η θερμογόνο δύναμη της αγριαγκινάρας η οποία στη βιβλιογραφία παίρνει τιμές από 14 MJ/kg έως 20 MJ/kg. Στην περίπτωση αυτής της παραμέτρου χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές 14 MJ/kg δηλαδή η ελάχιστη καταγεγραμμένη στη βιβλιογραφία, 20MJ/kg δηλαδή η μέγιστη και μια μέση θερμογόνο δύναμη 17MJ/kg με βάση αυτές τις τιμές.

Περ.	Απόδοση τον/στρ	Θερμ. Δυν. MJ/kg	Απόσταση km	Σταθερή Ετ. Δόση	Καθ. Παρ. Αξία Επέν.	Κέρδη
1	1	14	10	150.784 €	1.330.988 €	5.748.041 €
2	2.2			93.230 €	822.956 €	6.387.944 €
3	3.4			76.303 €	673.534 €	6.576.150 €
10	1		20	156.720 €	1.383.390 €	5.682.036 €
11	2.2			99.167 €	875.358 €	6.321.939 €
12	3.4			82.239 €	725.937 €	6.510.146 €
19	1		30	162.657 €	1.435.792 €	5.616.032 €
20	2.2			105.103 €	927.760 €	6.255.935 €
21	3.4			88.176 €	778.339 €	6.444.141 €

**Πίνακας 5.7:** Περιπτώσεις με θερμογόνο δύναμη 14MJ/kg

Περ.	Απόδοση τον/στρ	Θερμ. Δυν. MJ/kg	Απόσταση km	Σταθερή Ετ. Δόση	Καθ. Παρ. Αξία Επέν.	Κέρδη
4	1	17	10	130.582 €	1.152.666 €	5.972.649 €
5	2.2			83.185 €	734.287 €	6.499.628 €
6	3.4			69.245 €	611.234 €	6.654.622 €
13	1		20	135.471 €	1.195.821 €	5.918.293 €
14	2.2			88.074 €	777.442 €	6.445.271 €
15	3.4			74.134 €	654.389 €	6.600.265 €
22	1		30	140.360 €	1.238.976 €	5.863.936 €
23	2.2			92.963 €	820.597 €	6.390.915 €
24	3.4			79.023 €	697.544 €	6.545.908 €

**Πίνακας 5.8:** Περιπτώσεις με θερμογόνο δύναμη 17MJ/kg



Περ.	Απόδοση τον/στρ	Θερμ. Δυν. MJ/kg	Απόσταση Km	Σταθερή Ετ. Δόση	Καθ. Παρ. Αξία Επέν.	Κέρδη
7	1	20	10	116.441 €	1.027.841 €	6.129.875 €
8	2.2			76.154 €	672.219 €	6.577.807 €
9	3.4			64.305 €	567.624 €	6.709.552 €
16	1		20	120.597 €	1.064.523 €	6.083.672 €
17	2.2			80.309 €	708.901 €	6.531.604 €
18	3.4			68.460 €	604.306 €	6.663.349 €
25	1		30	124.752 €	1.101.205 €	6.037.469 €
26	2.2			84.465 €	745.582 €	6.485.401 €
27	3.4			72.616 €	640.987 €	6.617.145 €

**Πίνακας 5.9:** Περιπτώσεις με θερμογόνο δύναμη 20MJ/kg

Αύξηση στα κέρδη όταν αυξάνεται η θερμογόνος δύναμη από 14MJ/kg σε 17MJ/kg	Αύξηση στα κέρδη όταν αυξάνεται η θερμογόνος δύναμη από 17MJ/kg σε 20MJ/kg	Αύξηση στα κέρδη όταν αυξάνεται η θερμογόνος δύναμη από 14MJ/kg σε 20MJ/kg
224.608 €	157.226 €	381.834 €
111.684 €	78.179 €	189.864 €
78.472 €	54.930 €	133.402 €
236.256 €	165.379 €	401.636 €
123.332 €	86.333 €	209.665 €
90.119 €	63.084 €	153.203 €
247.904 €	173.533 €	421.437 €
134.980 €	94.486 €	229.466 €
101.767 €	71.237 €	173.004 €

**Πίνακας 5.10:** Διαφορές στα κέρδη σε σχέση με τη μεταβολή της θερμογόνου δύναμης

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι όταν η τιμή της θερμογόνου δύναμης αυξάνεται από τη χαμηλότερη της τιμή 14MJ/kg στη μέση τιμή 17MJ/kg τα κέρδη αυξάνονται τουλάχιστον κατά 78.472€ έως το πολύ κατά 247.904€.

Όταν η θερμογόνος δύναμη αυξηθεί επιπλέον από 17MJ/kg σε 20MJ/kg τα κέρδη αυξάνονται επίσης από τουλάχιστον 54.930€ έως το πολύ 173.533€.

Άρα συνολικά το εύρος της αύξησης αν θεωρήσουμε ότι η θερμογόνος δύναμη αυξάνεται από την ελάχιστη τιμή της 14MJ/kg στη μέγιστη 20MJ/kg είναι από 133.402€ έως 421.437€.

### 5.6.3 Ομαδοποίηση με βάση τη Χιλιομετρική Απόσταση

Η τρίτη παράμετρος που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των αποτελεσμάτων είναι η χιλιομετρική απόσταση ανάμεσα στη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και στην έκταση όπου καλλιεργείται η αγριαγκινάρα που τροφοδοτεί με βιομάζα τη μονάδα. Οι τιμές που χρησιμοποιούνται για τη χιλιομετρική απόσταση είναι 10km, 20km και 30km.



Περ.	Απόδοση τον/στρ	Θερμ. Δυν. MJ/kg	Απόσταση km	Σταθερή Ετ. Δόση	Καθ. Παρ. Αξία Επέν.	Κέρδη
1	1	14	10	150.784 €	1.330.988 €	5.748.041 €
2	2.2			93.230 €	822.956 €	6.387.944 €
3	3.4			76.303 €	673.534 €	6.576.150 €
4	1	17		130.582 €	1.152.666 €	5.972.649 €
5	2.2			83.185 €	734.287 €	6.499.628 €
6	3.4			69.245 €	611.234 €	6.654.622 €
7	1	20		116.441 €	1.027.841 €	6.129.875 €
8	2.2			76.154 €	672.219 €	6.577.807 €
9	3.4			64.305 €	567.624 €	6.709.552 €

**Πίνακας 5.11:** Περιπτώσεις με χιλιομετρική απόσταση 10km

Περ.	Απόδοση τον/στρ	Θερμ. Δυν. MJ/kg	Απόσταση km	Σταθερή Ετ. Δόση	Καθ. Παρ. Αξία Επέν.	Κέρδη
10	1	14	20	156.720 €	1.383.390 €	5.682.036 €
11	2.2			99.167 €	875.358 €	6.321.939 €
12	3.4			82.239 €	725.937 €	6.510.146 €
13	1	17		135.471 €	1.195.821 €	5.918.293 €
14	2.2			88.074 €	777.442 €	6.445.271 €
15	3.4			74.134 €	654.389 €	6.600.265 €
16	1	20		120.597 €	1.064.523 €	6.083.672 €
17	2.2			80.309 €	708.901 €	6.531.604 €
18	3.4			68.460 €	604.306 €	6.663.349 €

**Πίνακας 5.12:** Περιπτώσεις με χιλιομετρική απόσταση 20km

Περ.	Απόδοση τον/στρ	Θερμ. Δυν. MJ/kg	Απόσταση km	Σταθερή Ετ. Δόση	Καθ. Παρ. Αξία Επέν.	Κέρδη
19	1	14	30	162.657 €	1.435.792 €	5.616.032 €
20	2.2			105.103 €	927.760 €	6.255.935 €
21	3.4			88.176 €	778.339 €	6.444.141 €
22	1	17		140.360 €	1.238.976 €	5.863.936 €
23	2.2			92.963 €	820.597 €	6.390.915 €
24	3.4			79.023 €	697.544 €	6.545.908 €
25	1	20		124.752 €	1.101.205 €	6.037.469 €
26	2.2			84.465 €	745.582 €	6.485.401 €
27	3.4			72.616 €	640.987 €	6.617.145 €

**Πίνακας 5.13:** Περιπτώσεις με χιλιομετρική απόσταση 30km

Μείωση στα κέρδη όταν η χιλιομετρική απόσταση αυξάνεται από 10km σε 20km	Μείωση στα κέρδη όταν η χιλιομετρική απόσταση αυξάνεται από 20km σε 30km	Μείωση στα κέρδη όταν η χιλιομετρική απόσταση αυξάνεται από 10km σε 20km
66.004 €	66.004 €	132.009 €
66.004 €	66.004 €	132.009 €
66.004 €	66.004 €	132.009 €
54.357 €	54.357 €	108.713 €
54.357 €	54.357 €	108.713 €
54.357 €	54.357 €	108.713 €
46.203 €	46.203 €	92.406 €
46.203 €	46.203 €	92.406 €
46.203 €	46.203 €	92.406 €

**Πίνακας 5.14:** Διαφορές στα κέρδη σε σχέση με τη μεταβολή της χιλιομετρικής απόστασης

Στην περίπτωση της χιλιομετρικής απόστασης είναι λογικό να μειώνονται τα κέρδη όσο η παράμετρος αυτή αυξάνει, καθώς αυξάνονται τα κόστη που αφορούν στη μεταφορά.

Όταν η απόσταση του εργοστασίου από την καλλιέργεια που το τροφοδοτεί με βιομάζα αυξάνεται από 10km σε 20km τα κέρδη μειώνονται τουλάχιστον κατά 46.203€ και το πολύ κατά 66.004€.

Αντίστοιχα όταν η απόσταση αυξάνεται από 20km σε 30km τα κέρδη μειώνονται επιπλέον τουλάχιστον κατά 46.203€ και το πολύ κατά 66.004€.

Άρα συνολικά αν μεταβληθεί η χιλιομετρική απόσταση ανάμεσα στη μονάδα παραγωγής και την καλλιέργεια από 10km σε 30km αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους μεταφοράς της βιομάζας που θα συγκομιστεί για την τροφοδοσία του εργοστασίου και άρα τη μείωση των κερδών. Τα κέρδη όπως αποδείχτηκε θα μειωθούν κατά τουλάχιστον 92.406€, ενώ η μεγαλύτερη μείωση που δέχονται είναι κατά 132.009€.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η περιοχή που κινούνται τα κέρδη με βάση τη μεταβολή από τη μικρότερη στη μεγαλύτερη τιμή που αντιστοιχεί σε κάθε παράμετρο.

Παράμετροι	Τιμές	Μεταβολή	Εύρος
Απόδοση (τόνοι / στρέμμα)	1 έως 3.4	Αύξηση	579.676€ - 828.109€
Θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg)	14 έως 20	Αύξηση	133.402€ - 421.437€
Απόσταση	10 έως 30	Μείωση	92.406€ - 132.009€

**Πίνακας 5.15:** Εύρος μεταβολών στα κέρδη



## 5.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Στην προηγούμενη ενότητα καθορίσαμε το εύρος των τιμών που κινούνται τα κέρδη ανάλογα με τις μεταβολές και των τριών παραμέτρων ώστε να δημιουργηθεί μια εικόνα για το κατά πόσο επηρεάζει κάθε μια από τις μεταβολές τα κέρδη και ποιο είναι το εύρος των μεταβολών που προκαλεί. Με βάση τα αποτελέσματα της προηγούμενης ενότητας παρατηρούμε ότι η μεταβολή της απόδοσης προκάλεσε τις μεγαλύτερες μεταβολές στα κέρδη και συγκεκριμένα μπορεί να προκαλέσει αύξηση στα κέρδη από 579.676€ έως 828.109€ ανάλογα με την περίπτωση.

Στην ενότητα αυτή θέλουμε να εξετάσουμε την επιρροή της μεταβολής των τριών παραμέτρων στα κέρδη. Δηλαδή σε περίπτωση που ένα έτος τα κέρδη δεν είναι ικανοποιητικά, ποια παράμετρος πρέπει να είναι η πρώτη που αν καταφέρουμε να τη βελτιώσουμε, θα επιφέρει άμεση αύξηση των κερδών. Για να διαπιστώσουμε ποια είναι αυτή η παράμετρος κάνουμε την παρακάτω δοκιμές.

### 5.7.1 Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση την Χειρότερη Περίπτωση

Με βάση το χειρότερο συνδυασμό των τιμών των τριών παραμέτρων δηλαδή απόδοση 1 τόνο ανά στρέμμα, θερμογόνο δύναμη 14 MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 30km υπολογίζουμε τα κέρδη. Παρατηρούμε ότι σε αυτή την περίπτωση τα κέρδη είναι 5.616.032€. Στη συνέχεια μεταβάλλουμε τις τιμές κάθε παραμέτρου εναλλάξ κατά 1% και υπολογίζουμε για κάθε περίπτωση εκ νέου τα κέρδη. Αρχικά αυξάνουμε την απόδοση κατά 1% χωρίς να μεταβάλλουμε τις άλλες δύο τιμές και υπολογίζουμε τα κέρδη του συνδυασμού 1.01 τόνο ανά στρέμμα, 14 MJ/kg, 30km. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη είναι 5.627.647€. Στη συνέχεια αυξάνουμε την θερμογόνο δύναμη κατά 1% χωρίς να μεταβάλλουμε τις άλλες δύο τιμές και υπολογίζουμε τα κέρδη που αντιστοιχούν στο συνδυασμό 1 τόνο ανά στρέμμα, 14.14 MJ/kg, 30km. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη είναι 5.629.941€. Τέλος αυξάνουμε τη χιλιομετρική απόσταση κατά 1% χωρίς να μεταβάλλουμε τις τιμές των άλλων παραμέτρων και υπολογίζουμε τα κέρδη του συνδυασμού 1 τόνο ανά στρέμμα, 14 MJ/kg και 30.3km. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη είναι 5.614.052€.

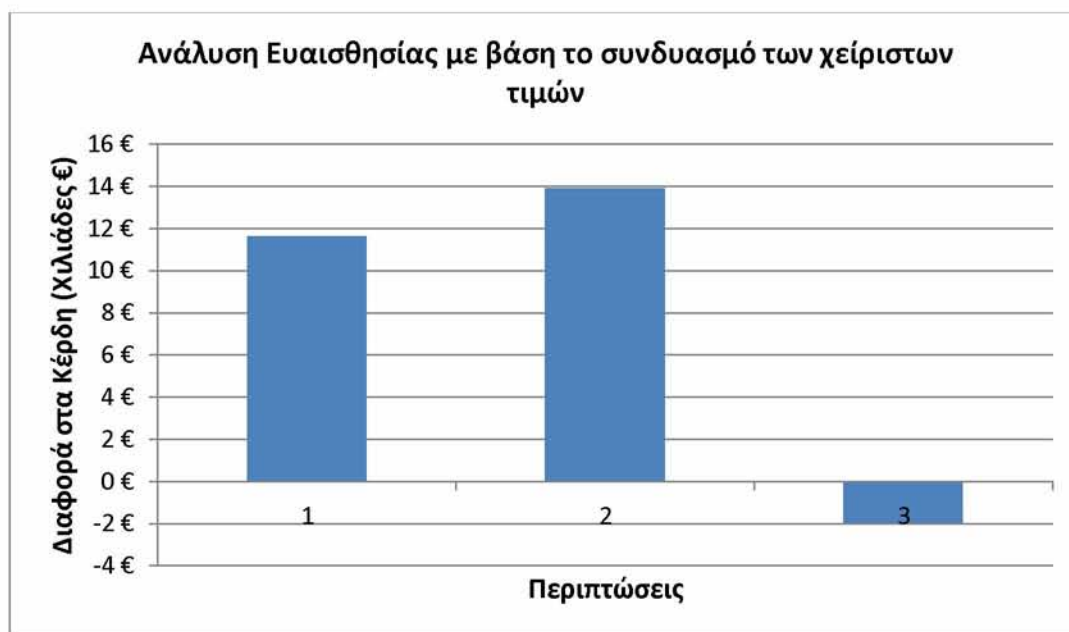
Απόδοση (τον/ στρ)	Θερμ. Δύναμη MJ/kg	Απόσταση km	Κέρδη	Διαφορά
1	14	30	5.616.032 €	
1.01	14	30	5.627.647 €	11.615 €
1	14.14	30	5.629.941 €	13.909 €
1	14	30.3	5.614.052 €	-1.980 €

**Πίνακας 5.16:** Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση την περίπτωση 1, 14, 30

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι ακόμη και η διαφορά της τάξεως του 1% σε κάθε μία από τις τιμές των παραμέτρων έχει επιφέρει κάποια διαφορά στα κέρδη. Στην περίπτωση της απόδοσης και της θερμογόνου δύναμης αυτή η μεταβολή αποτελεί αύξηση, ενώ στην περίπτωση της χιλιομετρικής απόστασης μείωση. Το θέμα είναι κατά πόσο

επηρεάζει αυτή η μεταβολή τα κέρδη πράγμα που φαίνεται από τις διαφορές των κερδών που υπολογίστηκαν με βάση τις νέες περιπτώσεις σε σχέση με τα κέρδη της περίπτωσης με απόδοση 1 τόνο ανά στρέμμα, θερμογόνο δύναμη 14MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 30km.

Οι διαφορές αυτές και άρα κατά πόσο τα κέρδη είναι ευαίσθητα σε μεταβολή των παραμέτρων φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.



**Διάγραμμα 5.2:** Διαφορές στα κέρδη με βάση το συνδυασμό των χειρίστων τιμών

Η στήλη 1 αντιστοιχεί στη διαφορά που επιφέρει στα κέρδη η αύξηση της τιμής 1 της απόδοσης κατά 1%. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη αυξάνονται κατά 11.615€.

Η στήλη 2 αντιστοιχεί στη διαφορά που επιφέρει στα κέρδη η αύξηση της τιμής 14 της θερμογόνου δύναμης κατά 1%. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη αυξάνονται κατά 13.909€.

Η στήλη 3 αντιστοιχεί στη διαφορά που επιφέρει στα κέρδη η αύξηση της τιμής 30 της χιλιομετρικής απόστασης κατά 1%. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη μειώνονται κατά 1.980€.

Άρα με βάση τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι σε περίπτωση χαμηλών κερδών η πρώτη παράμετρος που θα πρέπει να βελτιωθεί είναι η θερμογόνο δύναμη της αγριαγκινάρας καθώς θα επιφέρει άμεσα αύξηση στα κέρδη. Ακολουθεί η απόδοση του φυτού και τέλος τη μικρότερη επιρροή φαίνεται να έχει η χιλιομετρική απόσταση.

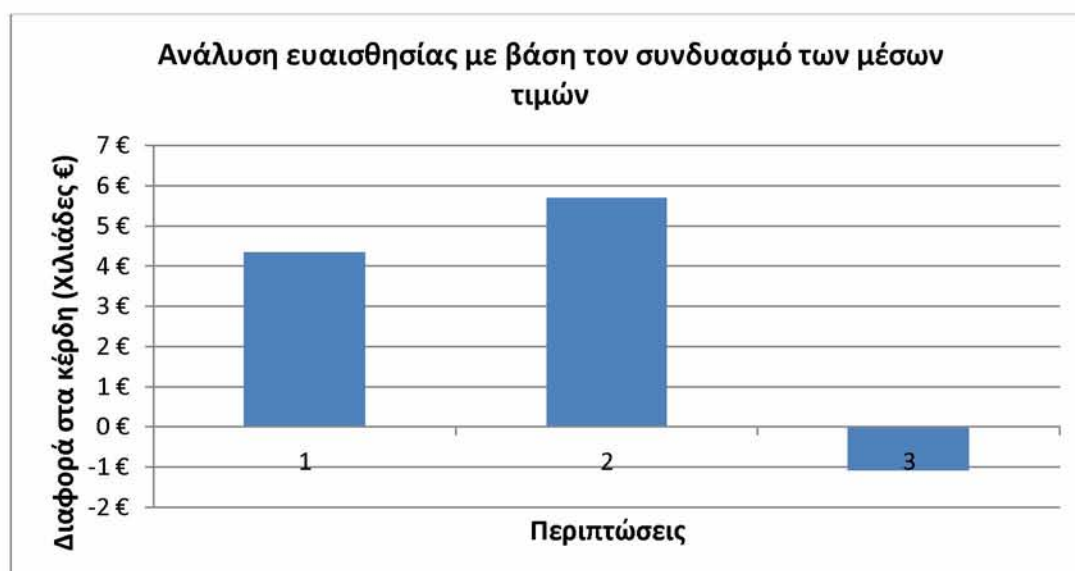
Οι βασικοί λόγοι που επηρεάζουν τη θερμογόνο δύναμη της αγριαγκινάρας είναι η υγρασία που περιέχει πριν την εισαγωγή της στο σύστημα αεριοποίησης, το μέγεθος που τεμαχίστηκε και οι προσμίξεις που περιέχει. Η επεξεργασία της πριν την εισαγωγή στο σύστημα μπορεί να βελτιώσει τη θερμογόνο δύναμη με αποτέλεσμα να βελτιωθούν άμεσα και τα κέρδη. Για να συμβεί αυτό απαιτείται βιομάζα με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, τεμαχισμένη στο κατάλληλο μέγεθος για τη συγκεκριμένη τεχνολογία αξιοποίησης βιομάζας που χρησιμοποιείται και με όσο το δυνατόν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε προσμίξεις που με την εισαγωγή της βιομάζας στο σύστημα θα προκαλέσουν αυξημένες ποσότητες τέφρας.

### 5.7.2 Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση την Μέση Περίπτωση

Στην ενότητα αυτή επαναλαμβάνουμε τη δοκιμή με βάση αυτή τη φορά το συνδυασμό των μέσων τιμών των παραμέτρων, δηλαδή απόδοση 2.2 τόνους ανά στρέμμα, θερμογόνο δύναμη 17MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 20km.

Απόδοση (τον./ στρ.)	Θερμ. Δύναμη MJ/kg	Απόσταση km	Κέρδη	Διαφορά
2.2	17	20	6.445.271 €	
2.222	17	20	6.449.619 €	4.348 €
2.2	17.17	20	6.450.970 €	5.699 €
2.2	17	20.2	6.444.184 €	-1.087 €

Πίνακας 5.17: Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση την περίπτωση 2.2, 17, 20



Διάγραμμα 5.3: Διαφορές στα κέρδη με βάση το συνδυασμό των μέσων τιμών

Η στήλη 1 αντιστοιχεί στη διαφορά που επιφέρει στα κέρδη η αύξηση της τιμής 2.2 της απόδοσης κατά 1%. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη αυξάνονται κατά 4.348 €.

Η στήλη 2 αντιστοιχεί στη διαφορά που επιφέρει στα κέρδη η αύξηση της τιμής 17 της θερμογόνου δύναμης κατά 1%. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη αυξάνονται κατά 5.699€.

Η στήλη 3 αντιστοιχεί στη διαφορά που επιφέρει στα κέρδη η αύξηση της τιμής 20 της χιλιομετρικής απόστασης κατά 1%. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη μειώνονται κατά 1.087€.

Άρα και σε αυτήν την περίπτωση παρατηρούμε ότι τη μεγαλύτερη επιρροή στα κέρδη παρουσιάζει η θερμογόνο δύναμη της αγριαγκινάρας. Ακολουθεί η απόδοση του φυτού και τέλος τη μικρότερη επιρροή φαίνεται να έχει η χιλιομετρική απόσταση.

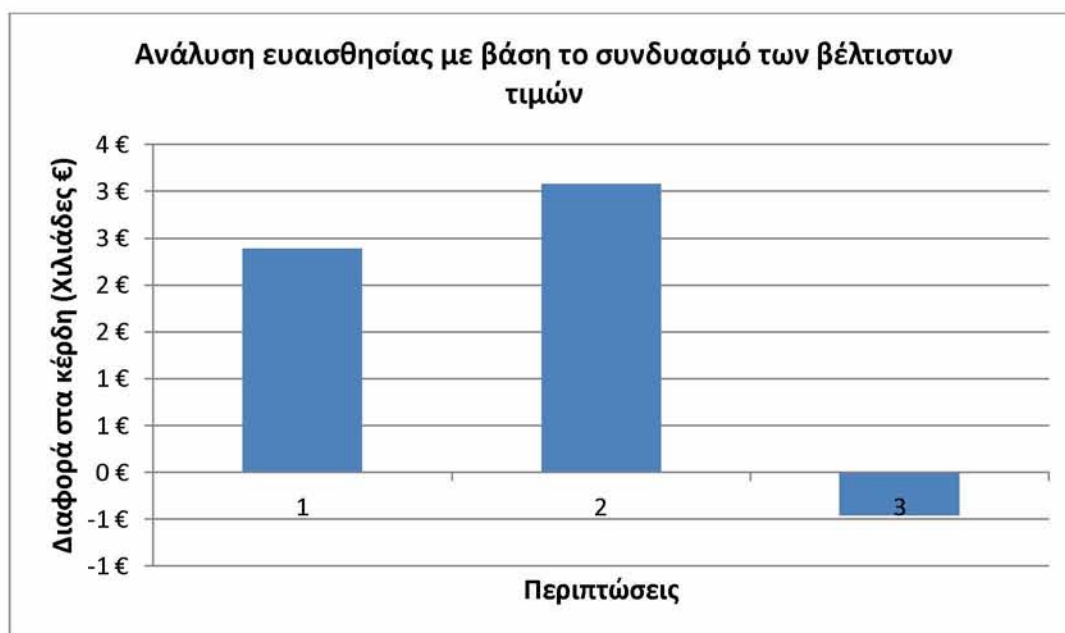


### 5.7.3 Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση την Βέλτιστη Περίπτωση

Τέλος γίνεται μια τελευταία δοκιμή με βάση τη βέλτιστη περίπτωση όπου συνδυάζονται οι πιο ευνοϊκές τιμές των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στη μελέτη, δηλαδή απόδοση 3.4 τόνους ανά στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 20MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 10km.

Απόδοση (τον./ στρ.)	Θερμ. Δύναμη MJ/kg	Απόσταση km	Κέρδη	Διαφορά
3.4	20	10	6.709.552 €	
3.434	20	10	6.711.943 €	2.391 €
3.4	20.2	10	6.712.634 €	3.082 €
3.4	20	10.1	6.709.090 €	-462 €

Πίνακας 5.18: Ανάλυση Ευαισθησίας με βάση την περίπτωση 3.4, 20, 10



Διάγραμμα 5.4: Διαφορές στα κέρδη με βάση το συνδυασμό των βέλτιστων τιμών

Η στήλη 1 αντιστοιχεί στη διαφορά που επιφέρει στα κέρδη η αύξηση της τιμής 3.4 της απόδοσης κατά 1%. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη αυξάνονται κατά 2.391€.

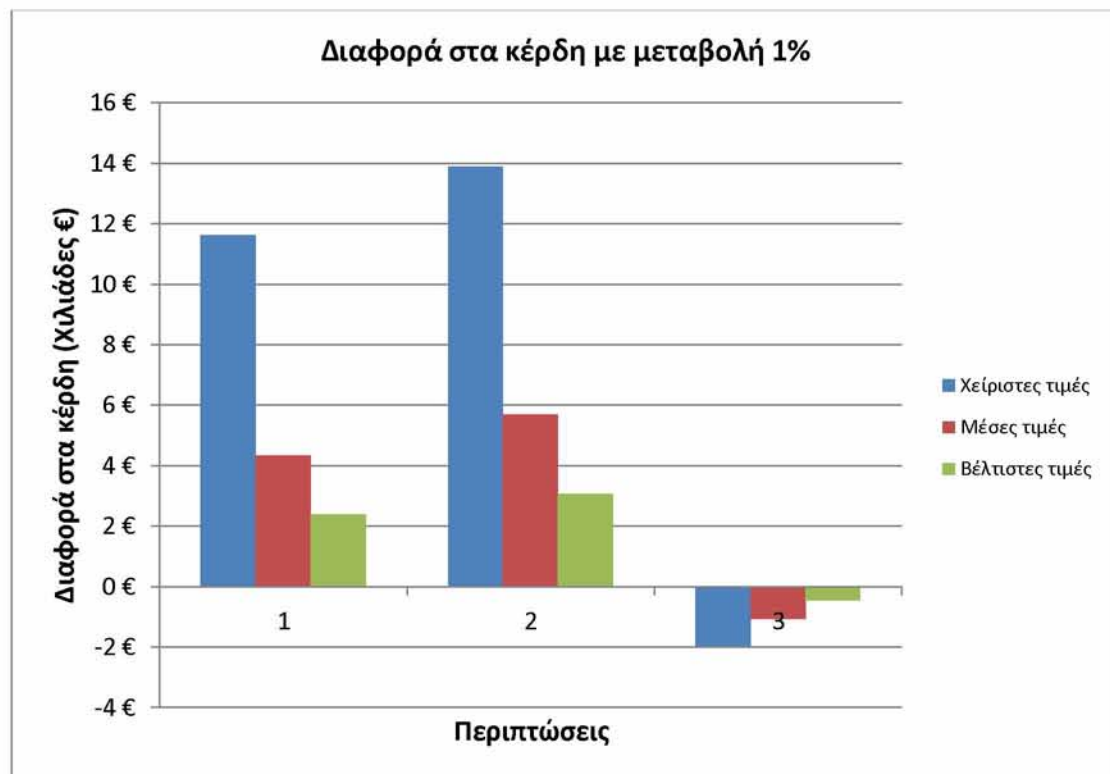
Η στήλη 2 αντιστοιχεί στη διαφορά που επιφέρει στα κέρδη η αύξηση της τιμής 20 της θερμογόνου δύναμης κατά 1%. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη αυξάνονται κατά 3.082€.

Η στήλη 3 αντιστοιχεί στη διαφορά που επιφέρει στα κέρδη η αύξηση της τιμής 10 της χιλιομετρικής απόστασης κατά 1%. Σε αυτήν την περίπτωση τα κέρδη μειώνονται κατά 462€.

Με βάση και αυτή την τελευταία δοκιμή επαληθεύουμε ότι η θερμογόνος δύναμη είναι η παράμετρος που αν μεταβληθεί επιφέρει άμεση μεταβολή στα κέρδη, ακολουθεί η απόδοση της αγριαγκινάρας και τέλος η χιλιομετρική απόσταση.

Στις τρεις παραπάνω δοκιμές αποδεικνύεται ότι η μεταβολή της θερμογόνου δύναμης επηρεάζει άμεσα τα κέρδη. Αυτό είναι ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα και σχετίζεται άμεσα με την μεταβολή ανάμεσα στις τιμές των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν. Η εκατοστιαία μεταβολή ανάμεσα στη χαμηλότερη και την υψηλότερη τιμή της απόδοσης είναι 240% καθώς από 1 τόνο ανά στρέμμα αυξάνεται στους 3.4 τόνους ανά στρέμμα. Αντίστοιχα η μεταβολή % της χιλιομετρικής απόστασης είναι κατά 200%, αφού η μικρότερη απόσταση είναι 10km και η μεγαλύτερη είναι 30km. Ενώ η θερμογόνος δύναμη μεταβάλλεται από 14MJ/kg σε 17MJ/kg που είναι μια μεταβολή μόνο κατά 21% περίπου. Ακόμη παρατηρούμε ότι και στις τρεις παραπάνω δοκιμές η τάση των διαφορών των κερδών των νέων περιπτώσεων σε σχέση με την περίπτωση που χρησιμοποιείται ως βάση είναι η ίδια. Η θερμογόνος δύναμη επιφέρει τη μεγαλύτερη αύξηση στα κέρδη με την απόδοση να την ακολουθεί με πολύ μικρή διαφορά, πράγμα που σημαίνει ότι είναι και οι παράμετροι με την πιο βαρύνουσα σημασία στο πρόβλημα. Η χιλιομετρική απόσταση από την άλλη είναι η παράμετρος που με την αύξησή της προκαλεί μείωση των κερδών καθώς αυξάνει τα κόστη μεταφοράς, αλλά η μεταβολή που προκαλεί είναι πολύ μικρότερης τάξεως από τις άλλες δύο παραμέτρους.

Τέλος παρατηρούμε ότι οι μεταβολές που προκαλεί η αύξηση κατά 1% των τιμών των παραμέτρων που χρησιμοποιούμε ακολουθούν την ίδια τάση ανεξάρτητα από την περίπτωση που χρησιμοποιείται ως βάση, αλλά το μέγεθος των μεταβολών που επιφέρουν διαφέρει. Όταν χρησιμοποιούνται οι χειρίστες τιμές η μεταβολή προκαλεί τη μεγαλύτερη διαφορά στα κέρδη, πράγμα λογικό γιατί είναι η ακραία περίπτωση όπου τα πράγματα δεν μπορούν να πάνε χειρότερα και έστω και μια μικρή ευνοϊκή για το πρόβλημα μεταβολή στις παραμέτρους επιφέρει άμεσα ένα άλμα στα κέρδη. Αντίστροφα τα κέρδη που προκύπτουν από τις μεταβολές της βέλτιστης περίπτωσης επηρεάζονται λιγότερο από όλα καθώς χρησιμοποιούνται ήδη σχεδόν ιδανικές συνθήκες που οδηγούν σε ήδη πολύ υψηλά κέρδη με βάση τα δεδομένα της μελέτης. Και τέλος στην περίπτωση όπου χρησιμοποιούνται οι μέσες τιμές συντελείται διαφορά στα κέρδη που βρίσκεται ανάμεσα στις δυο προηγούμενες.



**Διάγραμμα 5.5: Διαφορά στα κέρδη με μεταβολή 1%**

## 5.8 ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΚΑΙ ΠΛΗΘΩΡΙΣΜΟΣ

Οι τιμές που επιλέχθηκαν για το επιτόκιο του δανείου που θα πάρει η μονάδα για να καλύψει την επένδυση και για τον πληθωρισμό είναι 7.5% και 4% αντίστοιχα. Ωστόσο είναι γνωστό ότι το εύρος στο οποίο κυμαίνεται το επιτόκιο για τέτοιο ύψος επένδυσης είναι από 6% έως 9%. Η τιμή 7.5% χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των αποτελεσμάτων ως η μέση τιμή των δύο παραπάνω τιμών. Πέρα από αυτήν την τιμή έγινε μια παραμετρική μελέτη χρησιμοποιώντας επιπλέον τις τιμές 6% και 9%. Επίσης ο πληθωρισμός εκτιμήθηκε για τη συγκεκριμένη μελέτη στο 4%, τιμή που υποδεικνύει μια οικονομία ασταθή όπου οι τιμές των βασικών προϊόντων για κάποιο χρονικό διάστημα μεταβάλλονται. Είναι ευνόητο όμως ότι ανάλογα με την κατάσταση της οικονομίας ο πληθωρισμός μεταβάλλεται. Έτσι θεωρήσαμε σκόπιμο να εξετάσουμε παραμετρικά τον πληθωρισμό χρησιμοποιώντας πέραν της τιμής 4% που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη, τις τιμές 0% και 2%.

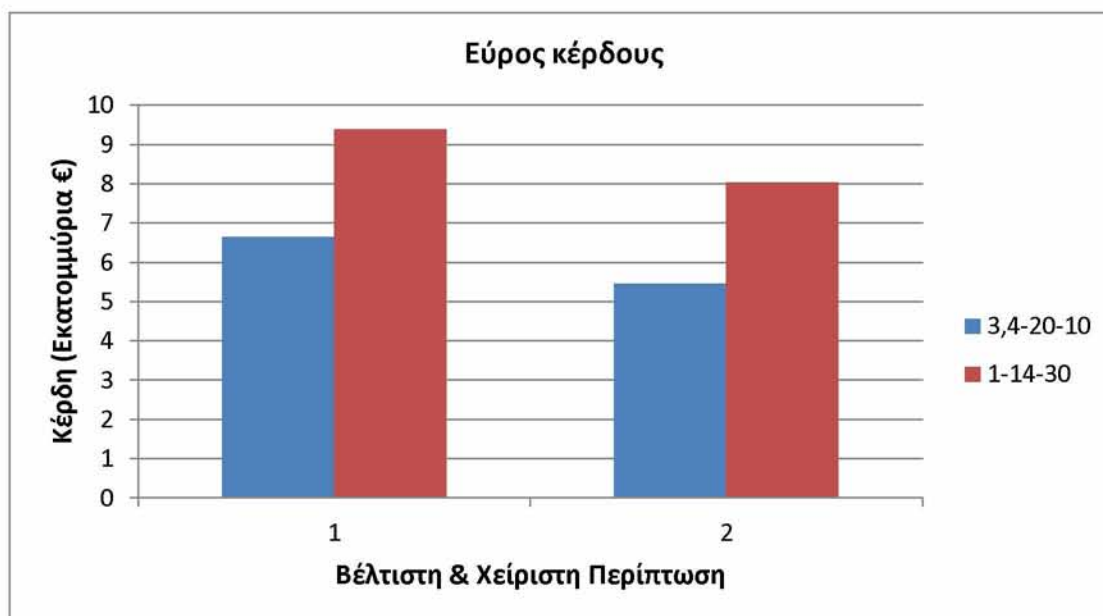
Στον Πίνακα 5.19 απεικονίζονται τα κέρδη που αντιστοιχούν στους συνδυασμούς των παραπάνω τιμών.

Περίπτωση	(Επιτόκιο, Πληθωρισμός)	Κέρδη (1 – 14 – 30)	Κέρδη (3.4 – 20 – 10)
1	(6%, 0%)	8.031.523 €	9.392.263 €
2	(6%, 2%)	6.772.765 €	7.938.399 €
3	(6%, 4%)	5.759.739 €	6.768.355 €
4	(7.5%, 0%)	7.837.646 €	9.312.932 €
5	(7.5%, 2%)	6.606.687 €	7.870.442 €
6	(7.5%, 4%)	5.616.032 €	6.709.552 €
7	(9%, 0%)	7.635.372 €	9.230.164 €
8	(9%, 2%)	6.433.415 €	7.799.542 €
9	(9%, 4%)	5.466.101 €	6.648.202 €

**Πίνακας 5.19:** Δοκιμές με επιτόκιο και πληθωρισμό/Επίδραση στα κέρδη

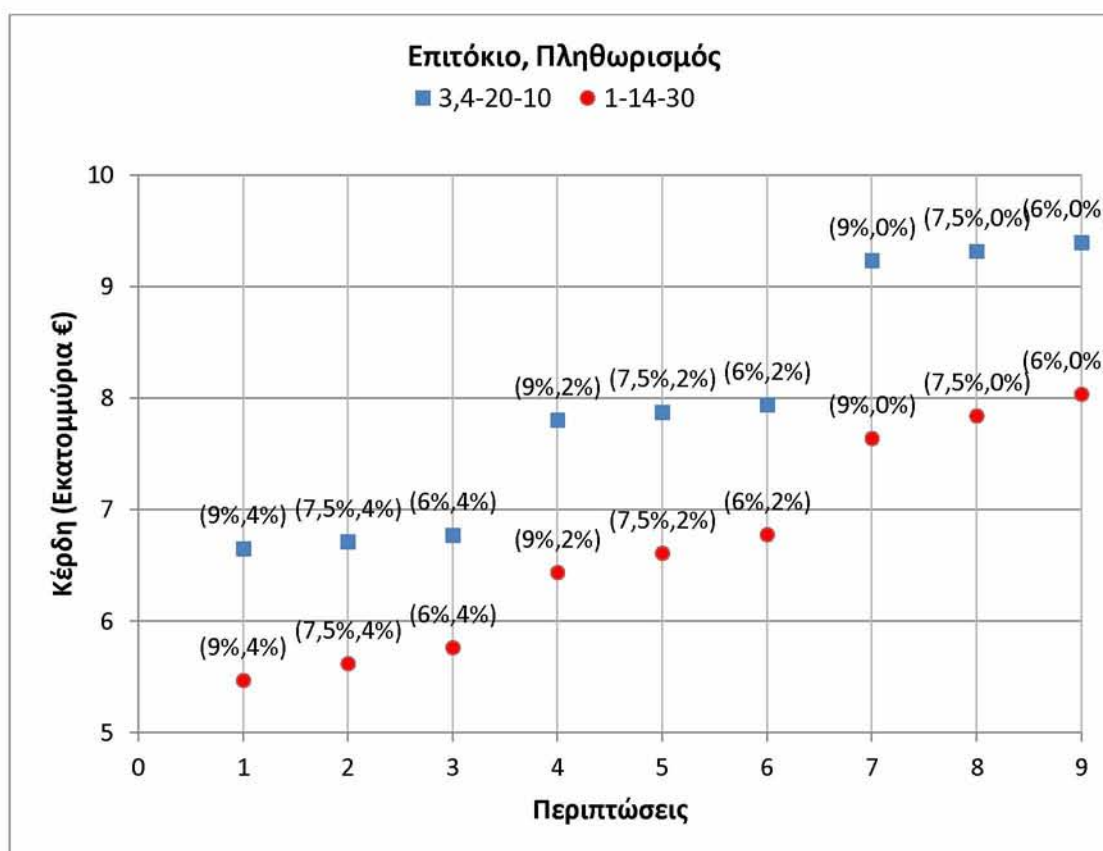
Χρησιμοποιώντας τις δύο ακραίες περιπτώσεις της μελέτης που επιφέρουν τα ελάχιστα και αντίστοιχα τα μέγιστα κέρδη και με βάση τις διαφορετικές τιμές στο επιτόκιο και τον πληθωρισμό υπολογίζουμε εκ νέου τα κέρδη για τις περιπτώσεις αυτές. Όπως βλέπουμε για την χειρίστη περίπτωση τα κέρδη που υπολογίστηκαν κυμαίνονται από 5.466.101€ έως 8.031.523€ ενώ για τη βέλτιστη από 6.648.202€ έως 9.392.263€. Το εύρος των νέων κερδών φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.





**Διάγραμμα 5.6:** Εύρος Κέρδους για βέλτιστη και χείριστη περίπτωση

Τέλος στο διάγραμμα 5.7 φαίνονται όλες οι πιθανές περιπτώσεις ταξινομημένες από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο κέρδος που μας δίνουν μια πλήρη εικόνα για το χώρο που κινούνται τα κέρδη τόσο με βάση τους πιθανούς συνδυασμούς των τριών παραμέτρων όσο και του επιτοκίου και του πληθωρισμού.



**Διάγραμμα 5.7:** Κέρδη ανάλογα με επιτόκιο και πληθωρισμό

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με αφορμή την μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 500kW από βιομάζα που μελετάται να γίνει στην πόλη της Καρδίτσας από τη νεοσύστατη Ενεργειακή Συνεταιριστική Εταιρεία Καρδίτσας (ΕΣΕΚ) με αρωγούς την Αναπτυξιακή Καρδίτσας (ΑΝΚΑ) και την τοπική Συνεταιριστική Τράπεζα. Η παρούσα μελέτη εξετάζει το κόστος που συνδέεται με την καλλιέργεια του ενεργειακού φυτού, που στην προκειμένη περίπτωση είναι η αγριαγκινάρα, με την συγκομιδή και τη μεταφορά του στο εργοστάσιο και με την εγκατάσταση του συστήματος αεριοποίησης που πρόκειται κατά πάσα πιθανότητα να εγκατασταθεί. Ακόμη πέρα από τα κόστη που συνδέονται με τις παραπάνω εργασίες διερευνήθηκαν και τα κέρδη του εργοστασίου με βάση την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που σκοπεύει να επιτύχει (4.200MWh) με βάση την τιμή πώλησης μιας kWh από βιομάζα στη ΔΕΗ που είναι ίση με 0.175€. Τα κόστη και τα κέρδη εξετάστηκαν σε βάθος χρόνου 15 ετών, καθώς τόση εκτιμάται ότι είναι η διάρκεια της πολυετούς ενεργειακής καλλιέργειας της αγριαγκινάρας.

Η μελέτη επικεντρώθηκε σε τρεις παραμέτρους ώστε να εξεταστούν ορισμένες πιθανές περιπτώσεις και το εύρος του κόστους και του κέρδους που συνδέονται με την καθεμία. Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι η απόδοση της αγριαγκινάρας, η θερμογόνος δύναμη της αγριαγκινάρας και η χιλιομετρική απόσταση του εργοστασίου από την ενεργειακή καλλιέργεια. Οι τιμές που αποδίδονται στην απόδοση είναι 1, 2.2 και 3.4 τόνοι ανά στρέμμα, στη θερμογόνο δύναμη 14, 17 και 20MJ/kg και στην απόσταση 10, 20 και 30km. Με βάση τους συνδυασμούς των τριών τιμών των τριών παραμέτρων υπολογίστηκαν δύο κόστη: η σταθερή ετήσια δόση που θα καταβάλλεται από την εταιρεία για την αποπληρωμή της επένδυσης και η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης συνολικά. Ακόμη υπολογίστηκαν τα κέρδη στο τέλος της δεκαπενταετίας για όλες τις περιπτώσεις.

Επιπλέον θεωρήσαμε ότι το ποσό απόκτησης του συστήματος αεριοποίησης ύψους 747.500€ καταβλήθηκε αρχικά, καθώς η ΕΣΕΚ είναι μια εταιρεία «ανοιχτού κεφαλαίου» που έχει συγκεντρώσει ήδη κάποιο πόσο από τους μετόχους της. Για το υπόλοιπο κόστος της επένδυσης θεωρούμε ότι λαμβάνεται δάνειο με επιτόκιο 7.5% το οποίο θα αποπληρωθεί σε 15 σταθερές ετήσιες δόσεις. Ακόμη για να υπολογιστεί η χρηματοροή κάθε περίπτωσης όπως επίσης και τα τελικά κέρδη λαμβάνεται υπόψη πληθωρισμός ύψους 4%.

Διευκρινίζουμε ότι τα οικονομικά στοιχεία που υπολογίστηκαν αφορούν μόνο ένα μέρος του κόστους που συνδέεται με μια τέτοια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα. Συμπεριλήφθηκαν μόνο τα κόστη καλλιέργειας, συγκομιδής και μεταφοράς της βιομάζας που θα τροφοδοτεί τη μονάδα, όπως επίσης και το κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος αεριοποίησης χωρίς να περιλαμβάνονται τα λειτουργικά κόστη του συστήματος.



Με βάση τα παραπάνω προέκυψαν τα οικονομικά στοιχεία ενός εύρους περιπτώσεων. Εξετάζοντας τα αποτελέσματα αυτά προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η σταθερή ετήσια δόση που πρέπει να καταβάλλεται κυμαίνεται από 64.305€ έως 162.657€.
- Η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης συνολικά κυμαίνεται από 567.624€ έως 1.435.792€.
- Τα κέρδη που εμφανίζονται στο τέλος της δεκαπενταετίας κυμαίνονται από 5.616.032€ έως 6.709.552€.
- Τα υψηλότερα κέρδη ύψους 6.709.552€ παρουσιάζονται στην περίπτωση όπου συνδυάζονται απόδοση της αγριαγκινάρας 3.4 τόνοι ανά στρέμμα, θερμογόνος δύναμη του φυτού 20MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση εργοστασίου – ενεργειακής καλλιέργειας 10km.
- Τα χαμηλότερα κέρδη ύψους 5.616.032€ παρουσιάζονται στην περίπτωση όπου συνδυάζονται απόδοση της αγριαγκινάρας 1 τόνος ανά στρέμμα, θερμογόνος δύναμη του φυτού 14MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση εργοστασίου – ενεργειακής καλλιέργειας 30km.
- Τα αποτελέσματα αυτά ήταν αναμενόμενα διότι παρατηρούμε ότι στην περίπτωση των υψηλότερων κερδών από τη μία συνδυάζονται οι ευνοϊκότερες τιμές των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη και από την άλλη στην περίπτωση των χαμηλότερων κερδών συνδυάζονται οι χειρότερες τιμές των τριών παραμέτρων.
- Το κέρδος είναι πιο ευαίσθητο στη μεταβολή της θερμογόνου δύναμης. Δηλαδή δεδομένων των τιμών των παραμέτρων οποιαδήποτε έστω και μικρή μεταβολή στη θερμογόνο δύναμη μπορεί να επιφέρει άμεση μεταβολή στα κέρδη. Αυτό αποδεικνύει ότι σε περίπτωση που σε ένα έτος τα κέρδη δεν είναι ικανοποιητικά η θερμογόνο δύναμη είναι η πρώτη από τις τρεις παραμέτρους που θα έπρεπε να βελτιωθεί. Η θερμογόνο δύναμη σχετίζεται με την ποιότητα της βιομάζας που εισέρχεται στο σύστημα αεριοποίησης και η βελτίωσή της έχει να κάνει με την επεξεργασία που επιδέχεται πριν την εισαγωγή της στο σύστημα. Πρέπει το επίπεδο της βιομάζας σε υγρασία να είναι χαμηλό, να έχει τεμαχιστεί σε κατάλληλο μέγεθος για το εκάστοτε σύστημα μετατροπής βιομάζας που χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας και να έχει καθαριστεί από όσο το δυνατόν περισσότερες προσμίξεις που οδηγούν σε βλαβερή για το σύστημα παραγωγή τέφρας.
- Η δεύτερη παράμετρος που φαίνεται να έχει βαρύνουσα σημασία στη διαμόρφωση του κέρδους είναι η απόδοση της αγριαγκινάρας που ακολουθεί τη θερμογόνο δύναμη αλλά με πολύ μικρή διαφορά. Αυτό σημαίνει ότι η δεύτερη παράμετρος που αυξάνει άμεσα τα κέρδη αν βελτιωθεί έστω και κατά μικρό ποσοστό είναι η

απόδοση της αγριαγκινάρας. Γενικά οι υψηλότερες τιμές της απόδοσης που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη προέρχονται από πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα, πράγμα που καθιστά τη συγκεκριμένη ενεργειακή καλλιέργεια κατάλληλη για την τροφοδοσία του εργοστασίου με βιομάζα. Ωστόσο χαμηλές αποδόσεις συνήθως καταγράφονται κατά το πρώτο έτος της καλλιέργειας όπου το φυτό αναπτύσσει κυρίως το ριζικό του σύστημα, με αποτέλεσμα να μην παράγεται μεγάλος όγκος βιομάζας. Επιπλέον κάτι τέτοιο μπορεί να αντιμετωπιστεί σε περιπτώσεις που κάποιο έτος οι οικολογικές συνθήκες που απαιτεί το φυτό (κλίμα, χώμα, εχθροί και ασθένειες) δεν είναι οι κατάλληλες. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να θεωρηθεί απαραίτητο ο καλλιεργητής να ενισχύσει την καλλιέργεια με κατάλληλα φυτοφάρμακα και κατά τη διάρκεια ορισμένων από τα υπόλοιπα έτη της καλλιέργειας πέραν του έτους έναρξης. Τέλος η απόδοση της καλλιέργειας είναι μια παράμετρος που είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το επίπεδο βροχοπτώσεων την εκάστοτε χρονιά.

- Η παράμετρος που έχει τη μικρότερη επιρροή στα κέρδη που συγκεντρώνονται στο τέλος της επένδυσης είναι η χιλιομετρική απόσταση του εργοστασίου από την καλλιέργεια που το τροφοδοτεί με βιομάζα. Σε σχέση με τις άλλες δύο παραμέτρους που είναι σχετικά κοντά η μία με την άλλη και επηρεάζουν κατά πολύ τα κέρδη, η χιλιομετρική απόσταση έχει μικρότερη επιρροή κατά 6 φορές και πλέον από τις άλλες δύο. Αυτό είναι λογικό καθώς η παράμετρος αυτή επηρεάζει ένα μικρό μερίδιο του κόστους που εξετάζεται στη συγκεκριμένη μελέτη, και συγκεκριμένα μόνο το κόστος μεταφοράς της βιομάζας στο εργοστάσιο. Επιπλέον το κόστος αυτό είναι πολύ χαμηλότερο από τα άλλα κόστη που συμμετέχουν στη μελέτη με αποτέλεσμα να μην έχει σημαντικό αντίκτυπο στα κέρδη που συγκεντρώνονται στο τέλος της δεκαπενταετίας.
- Για να διαπιστωθεί σε σχέση με ποια παράμετρο το κέρδος είναι πιο ευαίσθητο πραγματοποιήθηκαν τρεις δοκιμές με βάση την περίπτωση που αποφέρει τα λιγότερα κέρδη, τα περισσότερα κέρδη και μία μέση περίπτωση. Και στις τρεις δοκιμές αποδείχτηκε ότι ακολουθείται η ίδια τάση. Δηλαδή ότι η βελτίωση της θερμογόνου δύναμης επηρεάζει άμεσα τα κέρδη αυξάνοντας τα, ακολουθεί η απόδοση με πολύ μικρή διαφορά η οποία επίσης αν βελτιωθεί έστω και κατά λίγο αυξάνει τα κέρδη, ενώ τη μικρότερη επιρροή ασκεί η χιλιομετρική απόσταση που όταν αυξάνεται μειώνει μεν τα κέρδη αλλά κατά πολύ μικρό ποσοστό.
- Αυτό που διαφέρει είναι το κατά πόσο κάθε περίπτωση μπορεί να διαφοροποιηθεί. Η περίπτωση που βελτιώνεται περισσότερο είναι αυτή στην οποία συνδυάζονται οι χειρότερες τιμές των παραμέτρων. Οι διαφορές που προκύπτουν στα κέρδη από αυτή τη δοκιμή είναι κατά περίπου 55% μεγαλύτερες από τη μέση περίπτωση και κατά περίπου 77% από τη βέλτιστη. Αυτό υποδεικνύει ότι η αλλαγή που επέρχεται στα κέρδη όταν βελτιώνεται ένας πολύ κακός συνδυασμός είναι πολύ πιο σημαντική από όταν τα αποτελέσματα που καταγράφονται προκύπτουν από το συνδυασμό ικανοποιητικών τιμών ή και ακόμα περισσότερο βέλτιστων τιμών των παραμέτρων.

- Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκε η τιμή 7.5% για το επιτόκιο και 4% για τον πληθωρισμό. Επιπλέον έγινε παραμετρική ανάλυση για τα δύο μεγέθη με χρήση των τιμών 6% και 9% επιπλέον για το επιτόκιο και 0% και 2% για τον πληθωρισμό. Όπως ήταν αναμενόμενο τα υψηλότερα κέρδη που σημειώθηκαν και στις δύο περιπτώσεις ήταν με βάση τις τιμές 6% και 0% για επιτόκιο και πληθωρισμό αντίστοιχα όπου καταγράφηκε αύξηση περίπου 29%, ενώ τα χαμηλότερα κέρδη προέκυψαν από το συνδυασμό των τιμών 9% και 4% αντίστοιχα όπου καταγράφηκαν μειώσεις κατά 2% περίπου σε σχέση με τους βασικούς υπολογισμούς που χρησιμοποιείται ο συνδυασμός 7.5% για το επιτόκιο και 4% για τον πληθωρισμό.

Τα συμπεράσματα αυτά δίνουν μια εικόνα για τα κόστη και τα κέρδη που εμπλέκονται σε μια τέτοια προσπάθεια. Η συγκεκριμένη μελέτη ασχολείται κυρίως με τα κόστη που αφορούν στην καλλιέργεια, τη συγκομιδή και τη μεταφορά της βιομάζας όπως επίσης και στο κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος αεριοποίησης χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα τη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 500kW που σχεδιάζεται να γίνει στο νομό Καρδίτσας. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης έγινε προσπάθεια να συλλεχθούν οι πιο πρόσφατες πληροφορίες που αφορούν τόσο στην ενεργειακή καλλιέργεια της αγριαγκινάρας, τη συγκομιδή και τη μεταφορά της όταν χρησιμοποιείται ως βιοκαύσιμο όσο και στην εγκατάσταση ενός συστήματος αεριοποίησης που είναι πολύ πιθανό να χρησιμοποιηθεί από μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση βιομάζας τέτοιας ισχύος.

Ωστόσο υπάρχουν ακόμη παρά πολλές παράμετροι που μένουν να εξεταστούν σε σχέση με την εγκατάσταση και την τροφοδοσία με βιομάζα ενός τέτοιου εργοστασίου που αφορούν πολλά επιστημονικά πεδία. Τα τελευταία χρόνια έχουν σχεδιαστεί πολλές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα, αρκετές από τις οποίες έχουν πάρει και άδεια από τη ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας). Ωστόσο καμία δεν έχει κατασκευαστεί για διάφορους λόγους που δεν σχετίζονται μόνο με την οικονομική κρίση αλλά και με την τεχνολογία αξιοποίησης της βιομάζας που, παρότι είναι κατά βάση πανάρχαια, η σημερινή της έκφραση δεν έχει πάρει την τελική της μορφή, όπως επίσης και με την αξιοποίηση ειδικών μορφών βιομάζας, όπως για παράδειγμα η αγροτική, η οποία περιέχει πολλές παραμέτρους οι οποίες ακόμη ερευνώνται.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Demirbas A., (2000): "Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals".

Cuff DJ, Young WJ.,(1980): "US energy atlas." New York: Free Press/McMillan;

Twidell J.,(1998): "Biomass energy. Renew Energy World 1998"; 38-9.

Demirbas A., (1998): "Fuel properties and calculation of higher heating values of vegetable oils." Fuel 1998;77:117-1120.

Demirbas A., (1998): "Determination of combustion heat of fuels by using non-calorimetric experimental data." Energy Edu Sci Technol 1998;1:7-12.

Ramage J, Scurlock J., (1996): "Biomass. Renewable energy-power for a sustainable future." In: Boyle G, editor. Oxford University Press;.

Demirbas A., (2000): "Biomass resources for energy and chemical industry." Energy Edu Sci Technol 2000;5:21-45.

Garg HP, Datta G., (19-20 May 1998): "Global Status on Renewable Energy." International Workshop, Iran University of Science and Technology.

Reddy BS., (1994): "Biomass energy for India: an overview." Energy Convers Mgmt 1994;35:341-61.

Goldstein IS., (1981): "Organic chemical from biomass." Boca Raton, Florida, USA: CRC Press;p.64

EUR 21350 (2005). European Commission report – BIOMASS – Green energy for Europe. Luxembourg, ISBN 92-894-8466-7, pp.46.

Reinhard Madlener, Carlos Henggeler Antunes, Luis C. Dias, (2008): "Assessing the performance of biogas plants with multi-criteria and data envelopment analysis".

Antonio C. Caputo, Mario Palumbo, Pacifico M. Pelagagge, Federica Scacchia, (2004): "Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables".

McKendry P., (2002): "Energy production from biomass (part 2): conversion technologies" Bioresources Technology; 83:47-54.

McKendry P., (2002): "Energy production from biomass (part 1): overview of biomass" Bioresources Technology; 83: 37-46.

Sarah C. Brechbill and Wallace E. Tyner, (2008): "The economics of biomass collection, transportation, and supply to Indiana cellulosic and electric utility facilities".

J. Fernandez, M.D. Curt "State of the art of *Cynara cardunculus* L. as an energy crop"

Fernandez J., (1993): "Production and utilization of *Cynara cardunculus* L. biomass for energy, paper pulp and food industry". Final Report JOUB 0030-ECCE, Commission of the European Communities, Brussels, 92 pp.

Fernandez J., (1998): *Cynara cardunculus* Network. Final Report AIR CTT 921089, Commission of the European Communities, Brussels, 248 pp.

Curt M.D., Aguado P.L., Fernandez J., (1998): "Adaptation of Mediterranean temperatures". In: Kopetz H., Weber T., Palz W., Chartier P., Ferrero G.L. (Eds). Proceedings of the 10<sup>th</sup> European Conference on Biomass for Energy and Industry. Rimpar: Carmen, 846-848.

Fernandez J., Hidalgo M., Monte J.P., Curt M.D., (2005): "*Cynara cardunculus* L. as a perennial crop for non irrigated lands: yields and applications". Proceedings IV<sup>th</sup> Int. Congress on Artichoke. Ed V.V. Bianco et al., ISHS. Acta Horticola, 681: 109-115.

Fernandez J., (2000): "El cardo como cultivo energetico. Boletin informativo del Servicio Agrario de la Caja de Burgos". Junio (2000), 19-27.

Fernandez J. Curt M.D., Aguado P.L., (2005): "Industrial applications of *cynara cardunculus* for energy and other uses". In Pascual-Villalobos M.J., Nakayama F.S., Bailey C.A., Correal E., and Schloman W.W. Jr (Eds.) Industrial Crops and rural development. Proceedings of the 2005 annual meeting of AAIC. Pardo Comunicacion S.L., 153-163.

Benlloch-Gonzalez M., Fournier J.M., Ramos J., Benlloch M., (2005): "Strategies underlying salt tolerance in helophytes are present in *Cynara cardunculus*". Plant Science, 168 (3): 653-659.

Fernandez J., (1998b). "Cardoon (*Cynara cardunculus* L.) as an energy crop for Spanish rainfed lands". Biobase. European Energy Crops InterNetwork, Utwente, The Netherlands.

Kelly M., et al. (1996). "Controlling *Cynara cardunculus* (Artichoke Thistle, Cardoon, etc.)". Crop Biotechnology Center, Texas A&M Univ., College Station.

Gominho J., Fernandez J. and H. Pereira, (2000): "*Cynara cardunculus* L. – a new fibre crop for pulp and paper production", Industrial Crops and Products, Vol. 13

Foti S., Mauromicale G., Raccuia S.A., Fallico B., Fanella F., Maccarone E., (1999): "Possible alternative utilization of *Cynara* spp. I. Biomass, grain yield and chemical composition of grain. Industrial Crops and Products 10:219-228.

Lindh T., Paappanen T., Rinne S., Sivonen K., Wihersaari M., (2008): "Reed canary grass transportation costs – Reducing costs and increasing feasible transportation distances". Science Direct. (xxx):1-4.



Ravula P., Grisso R., Cundiff J., (2007): "Cotton logistics as a model for a biomass transportation system". Science Direct. (32): 314-325.

Achten W.M.L., Verchot L., Franken Y.J., Mathijs E., Singh V.P., Aerts R. and Muys B., (2008): "Jatropha bio-diesel production and use". Science Direct. (32):1063-1084.

Sokhansanj S., Kumar A., Turhollow A., (2006): "Development and implementation of integrated biomass supply analysis and logistics model (IBSAL)". Science Direct. (30):838-847.

G. Alexander, G. Boyle, (2004): "Introducing Renewable Energy" in G. Boyle (ed) "Renewable Energy: Power for a sustainable future", New York: Oxford University Press.

European Comission, (2001), Annual Energy Review. Directorate General for Energy and Transport. Brussels.

### *ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ*

Κασσέλας Θ., (2009): «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Στελέχη Βαμβακόφυτου μέσω Θερμοχημικής και Βιομηχανικής Μετατροπής».

Σκουφογιάννη Ε., (2006), «Εναλλακτικές Καλλιέργειες Παραγωγής Βιο-Ενέργειας και οι Προοπτικές τους στην Ελλάδα. Οι περιπτώσεις του μίσχανθου και της αγριαγκινάρας».

Μεμάκη Α., (2009), Διπλωματική Εργασία: «Συγκριτική Αξιολόγηση Καλλιέργειας Ηλίανθου σε τρεις Νομούς (Αιτωλοακαρνανία, Καρδίτσα και Κιλκίς)»

Εγχειρίδιο καλλιέργειας αγριαγκινάρας που διανέμεται από την εταιρεία «Ελληνική Βιομάζα Α.Ε.» του Ομίλου «Apollo Capital Group».

Καζαή Π., (2008): «Φυτά για την παραγωγή στερεού βιοκαυσίμου στην Ευρώπη».

Παπαδούλης Ν., (2009): «Αύξηση και ανάπτυξη της αγριαγκινάρας κάτω από τρία διαφορετικά επίπεδα λίπανσης στην Κ. Ελλάδα».

Δαναλάτος Ν., Αρχοντούλης Σ., (2008): «Οδηγός καλλιεργητικών φροντίδων Αγριαγκινάρας, Ηλίανθου, Σόργου».

Παπαγεωργίου Α., (2010), Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία: «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα – Βιοκαύσιμα». Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Γιαννακού Π., (2011): «Πρότυπα συγκομιδής βιομάζας από υπολείμματα βαμβακιού για παραγωγή ενέργειας». Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών.

Κοκόσης Α., (2010): «Προοπτικές Αξιοποίησης Βιομάζας».

Δαναλάτος Ν., Θωμαΐδης Θ., (2010): «Τεχνολογίες Αξιοποίησης Βιομάζας».

Ζαμπανιώτου Α., (2010): «Μικρές κινούμενες μονάδες αεριοποίησης για πράσινη ενέργεια και επιχειρηματικότητα (Το έργο SMART-CHP)».

Τσατσαρέλης Κ., (2003): «Μηχανική Συγκομιδή Γεωργικών Προϊόντων». Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.

Ντογκούλης Π., (2008), Μεταπτυχιακή Διατριβή: «Αξιοποίηση των υπολειμμάτων βάμβακος του νομού Λάρισας για τηλεθέρμανση». Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη. Σελ.:32-34, 40-43.

*Διαδικτυακές Αναφορές*

[www.cres.gr](http://www.cres.gr)

[www.agricon.gr](http://www.agricon.gr)

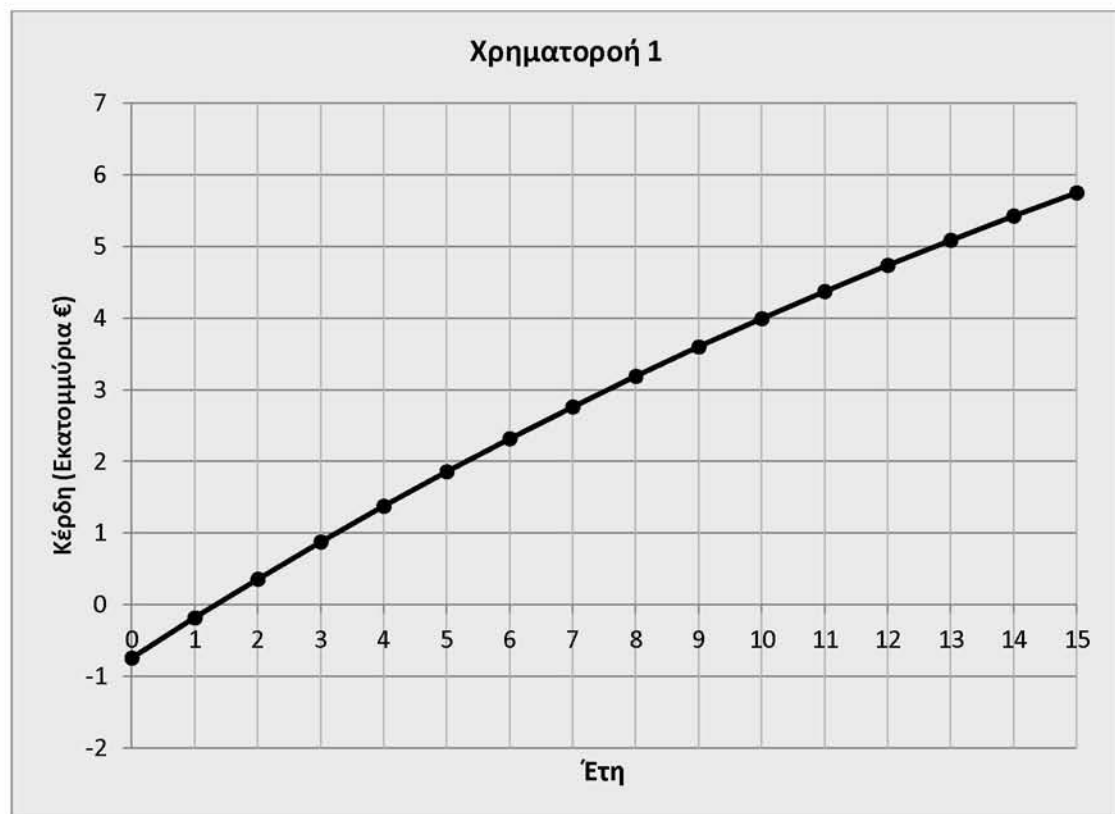
[www.energypress.gr](http://www.energypress.gr)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1:** Απόδοση 1 τόνος/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 14MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 10km.

Σπόρος	145.152 €	Ετήσια Δόση	16.444 €
Λίπανση	96.768 €	Ετήσια Δόση	10.963 €
Ζιζανιοκτονία	36.288 €	Ετήσια Δόση	4.111 €
Ασθένειες	24.192 €	Ετήσια Δόση	2.741 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	483.840 €	Ετήσια Δόση	54.813 €
Εργάτες Λίπανσης	48.384 €	Ετήσια Δόση	5.481 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	48.384 €	Ετήσια Δόση	5.481 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	48.384 €	Ετήσια Δόση	5.481 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Καύσιμα	4.299 €	Ανά έτος	4.299 €
Οδηγός	630 €	Ανά έτος	630 €
Φορτηγό	1.008 €	Ανά έτος	1.008 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			150.784 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			1.330.988 €

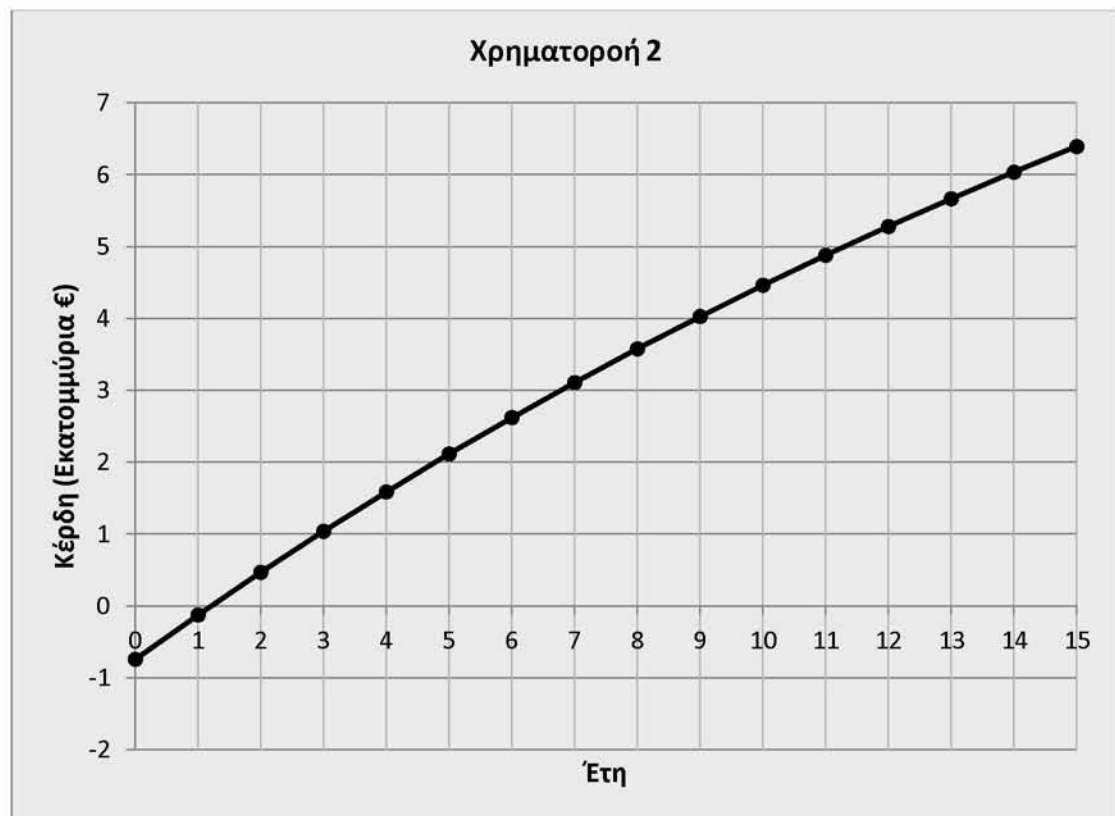
Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	150.784 €	735.000 €	561.746 €	-185.754 €
2	150.784 €	735.000 €	540.141 €	354.387 €
3	150.784 €	735.000 €	519.366 €	873.753 €
4	150.784 €	735.000 €	499.390 €	1.373.143 €
5	150.784 €	735.000 €	480.183 €	1.853.326 €
6	150.784 €	735.000 €	461.714 €	2.315.041 €
7	150.784 €	735.000 €	443.956 €	2.758.997 €
8	150.784 €	735.000 €	426.881 €	3.185.878 €
9	150.784 €	735.000 €	410.462 €	3.596.340 €
10	150.784 €	735.000 €	394.675 €	3.991.016 €
11	150.784 €	735.000 €	379.496 €	4.370.512 €
12	150.784 €	735.000 €	364.900 €	4.735.411 €
13	150.784 €	735.000 €	350.865 €	5.086.276 €
14	150.784 €	735.000 €	337.370 €	5.423.646 €
15	150.784 €	735.000 €	324.394 €	5.748.041 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2:** Απόδοση 2,2 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 14MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 10km.

Σπόρος	65.978 €	Ετήσια Δόση	7.474 €
Λίπανση	43.985 €	Ετήσια Δόση	4.983 €
Ζιζανιοκτονία	16.495 €	Ετήσια Δόση	1.869 €
Ασθένειες	10.996 €	Ετήσια Δόση	1.246 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	219.927 €	Ετήσια Δόση	24.915 €
Εργάτες Λίπανσης	21.993 €	Ετήσια Δόση	2.491 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	21.993 €	Ετήσια Δόση	2.491 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	21.993 €	Ετήσια Δόση	2.491 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Καύσιμα	4.299 €	Ανά έτος	4.299 €
Οδηγός	630 €	Ανά έτος	630 €
Φορτηγό	1.008 €	Ανά έτος	1.008 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			93.230 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			822.956 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	93.230 €	735.000 €	617.086 €	-130.414 €
2	93.230 €	735.000 €	593.352 €	462.938 €
3	93.230 €	735.000 €	570.531 €	1.033.469 €
4	93.230 €	735.000 €	548.587 €	1.582.057 €
5	93.230 €	735.000 €	527.488 €	2.109.544 €
6	93.230 €	735.000 €	507.200 €	2.616.744 €
7	93.230 €	735.000 €	487.692 €	3.104.436 €
8	93.230 €	735.000 €	468.935 €	3.573.371 €
9	93.230 €	735.000 €	450.899 €	4.024.270 €
10	93.230 €	735.000 €	433.557 €	4.457.827 €
11	93.230 €	735.000 €	416.881 €	4.874.708 €
12	93.230 €	735.000 €	400.847 €	5.275.555 €
13	93.230 €	735.000 €	385.430 €	5.660.986 €
14	93.230 €	735.000 €	370.606 €	6.031.592 €
15	93.230 €	735.000 €	356.352 €	6.387.944 €

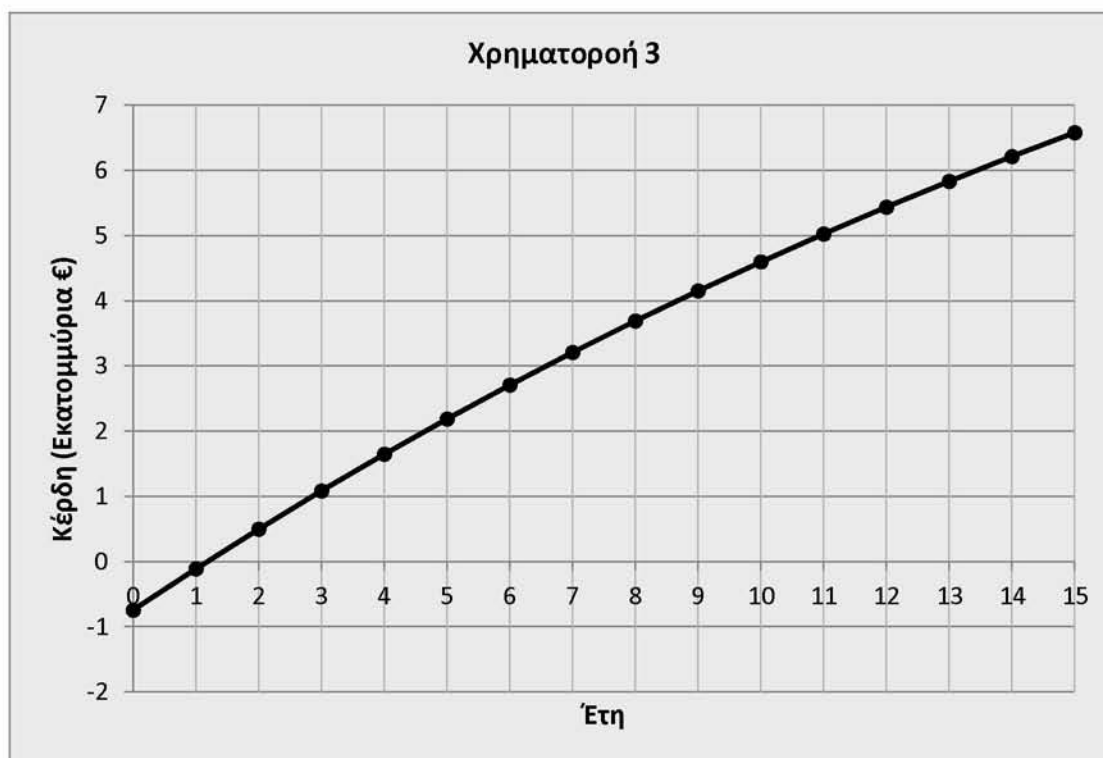




**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 3:** Απόδοση 3,4 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 14MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 10km.

Σπόρος	42.692 €	Ετήσια Δόση	4.836 €
Λίπανση	28.461 €	Ετήσια Δόση	3.224 €
Ζιζανιοκτονία	10.673 €	Ετήσια Δόση	1.209 €
Ασθένειες	7.115 €	Ετήσια Δόση	806 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	142.306 €	Ετήσια Δόση	16.121 €
Εργάτες Λίπανσης	14.231 €	Ετήσια Δόση	1.612 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	14.231 €	Ετήσια Δόση	1.612 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	14.231 €	Ετήσια Δόση	1.612 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Καύσιμα	4.299 €	Ανά έτος	4.299 €
Οδηγός	630 €	Ανά έτος	630 €
Φορτηγό	1.008 €	Ανά έτος	1.008 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			76.303 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			673.534 €

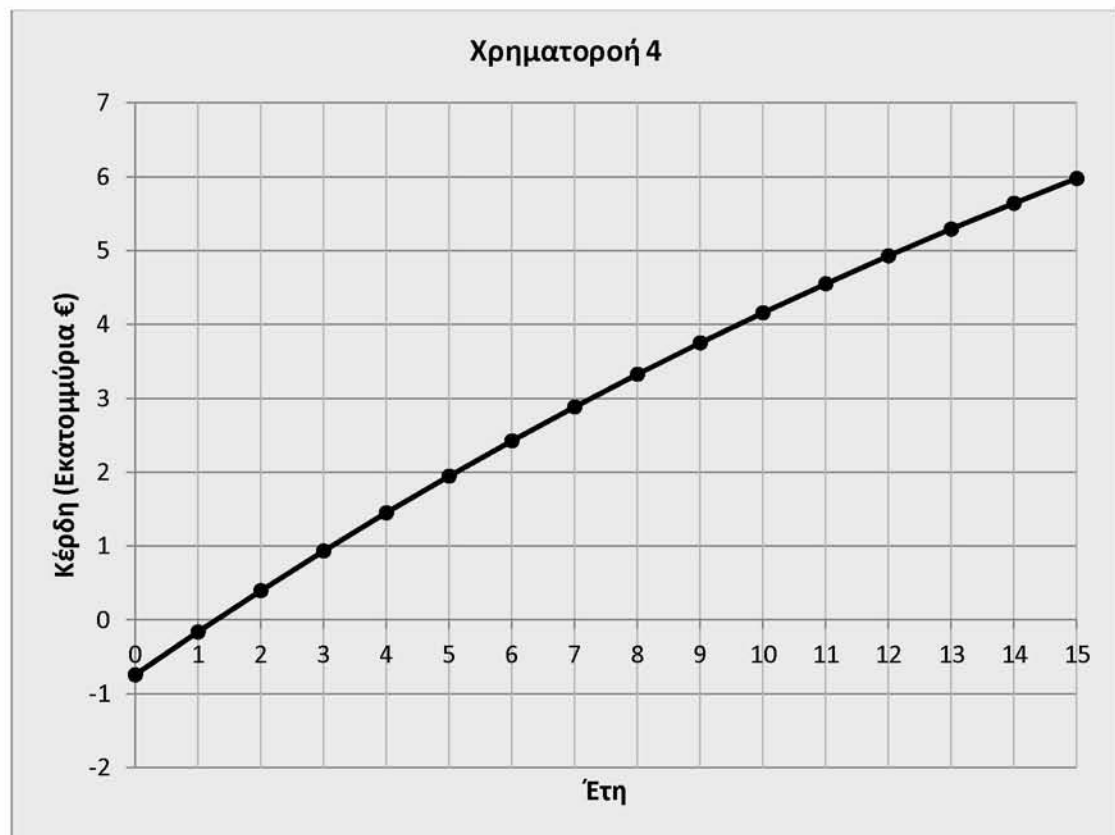
Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	76.303 €	735.000 €	633.363 €	-114.137 €
2	76.303 €	735.000 €	609.003 €	494.865 €
3	76.303 €	735.000 €	585.579 €	1.080.445 €
4	76.303 €	735.000 €	563.057 €	1.643.502 €
5	76.303 €	735.000 €	541.401 €	2.184.903 €
6	76.303 €	735.000 €	520.578 €	2.705.481 €
7	76.303 €	735.000 €	500.556 €	3.206.036 €
8	76.303 €	735.000 €	481.304 €	3.687.340 €
9	76.303 €	735.000 €	462.792 €	4.150.132 €
10	76.303 €	735.000 €	444.992 €	4.595.124 €
11	76.303 €	735.000 €	427.877 €	5.023.001 €
12	76.303 €	735.000 €	411.420 €	5.434.421 €
13	76.303 €	735.000 €	395.596 €	5.830.018 €
14	76.303 €	735.000 €	380.381 €	6.210.399 €
15	76.303 €	735.000 €	365.751 €	6.576.150 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4:** Απόδοση 1 τόνος/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 17MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 10km.

Σπόρος	119.537 €	Ετήσια Δόση	13.542 €
Λίπανση	79.691 €	Ετήσια Δόση	9.028 €
Ζιζανιοκτονία	29.884 €	Ετήσια Δόση	3.386 €
Ασθένειες	19.923 €	Ετήσια Δόση	2.257 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	398.456 €	Ετήσια Δόση	45.140 €
Εργάτες Λίπανσης	39.846 €	Ετήσια Δόση	4.514 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	39.846 €	Ετήσια Δόση	4.514 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	39.846 €	Ετήσια Δόση	4.514 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Καύσιμα	3.540 €	Ανά έτος	3.540 €
Οδηγός	519 €	Ανά έτος	519 €
Φορτηγό	830 €	Ανά έτος	830 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			130.582 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			1.152.666 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	130.582 €	735.000 €	581.171 €	-166.329 €
2	130.582 €	735.000 €	558.818 €	392.489 €
3	130.582 €	735.000 €	537.325 €	929.814 €
4	130.582 €	735.000 €	516.659 €	1.446.473 €
5	130.582 €	735.000 €	496.787 €	1.943.260 €
6	130.582 €	735.000 €	477.680 €	2.420.940 €
7	130.582 €	735.000 €	459.308 €	2.880.248 €
8	130.582 €	735.000 €	441.642 €	3.321.890 €
9	130.582 €	735.000 €	424.656 €	3.746.546 €
10	130.582 €	735.000 €	408.323 €	4.154.868 €
11	130.582 €	735.000 €	392.618 €	4.547.487 €
12	130.582 €	735.000 €	377.517 €	4.925.004 €
13	130.582 €	735.000 €	362.998 €	5.288.002 €
14	130.582 €	735.000 €	349.036 €	5.637.038 €
15	130.582 €	735.000 €	335.612 €	5.972.649 €

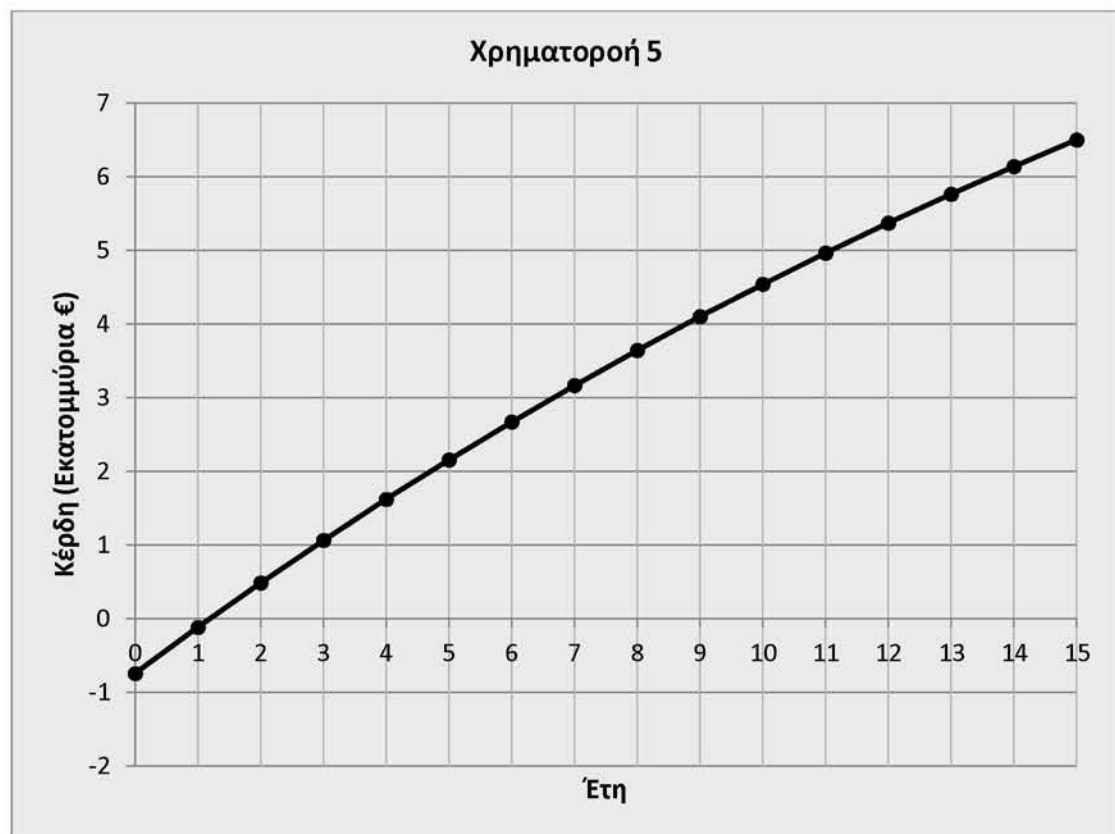




**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 5:** Απόδοση 2,2 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 17MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 10km.

Σπόρος	54.335 €	Ετήσια Δόση	6.155 €
Λίπανση	36.223 €	Ετήσια Δόση	4.104 €
Ζιζανιοκτονία	13.584 €	Ετήσια Δόση	1.539 €
Ασθένειες	9.056 €	Ετήσια Δόση	1.026 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	181.117 €	Ετήσια Δόση	20.518 €
Εργάτες Λίπανσης	18.112 €	Ετήσια Δόση	2.052 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	18.112 €	Ετήσια Δόση	2.052 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	18.112 €	Ετήσια Δόση	2.052 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Καύσιμα	3.540 €	Ανά έτος	3.540 €
Οδηγός	519 €	Ανά έτος	519 €
Φορτηγό	830 €	Ανά έτος	830 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			83.185 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			734.287 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	83.185 €	735.000 €	626.745 €	-120.755 €
2	83.185 €	735.000 €	602.639 €	481.884 €
3	83.185 €	735.000 €	579.461 €	1.061.345 €
4	83.185 €	735.000 €	557.174 €	1.618.519 €
5	83.185 €	735.000 €	535.744 €	2.154.263 €
6	83.185 €	735.000 €	515.139 €	2.669.402 €
7	83.185 €	735.000 €	495.326 €	3.164.727 €
8	83.185 €	735.000 €	476.275 €	3.641.002 €
9	83.185 €	735.000 €	457.956 €	4.098.958 €
10	83.185 €	735.000 €	440.343 €	4.539.301 €
11	83.185 €	735.000 €	423.406 €	4.962.707 €
12	83.185 €	735.000 €	407.122 €	5.369.829 €
13	83.185 €	735.000 €	391.463 €	5.761.292 €
14	83.185 €	735.000 €	376.407 €	6.137.698 €
15	83.185 €	735.000 €	361.930 €	6.499.628 €

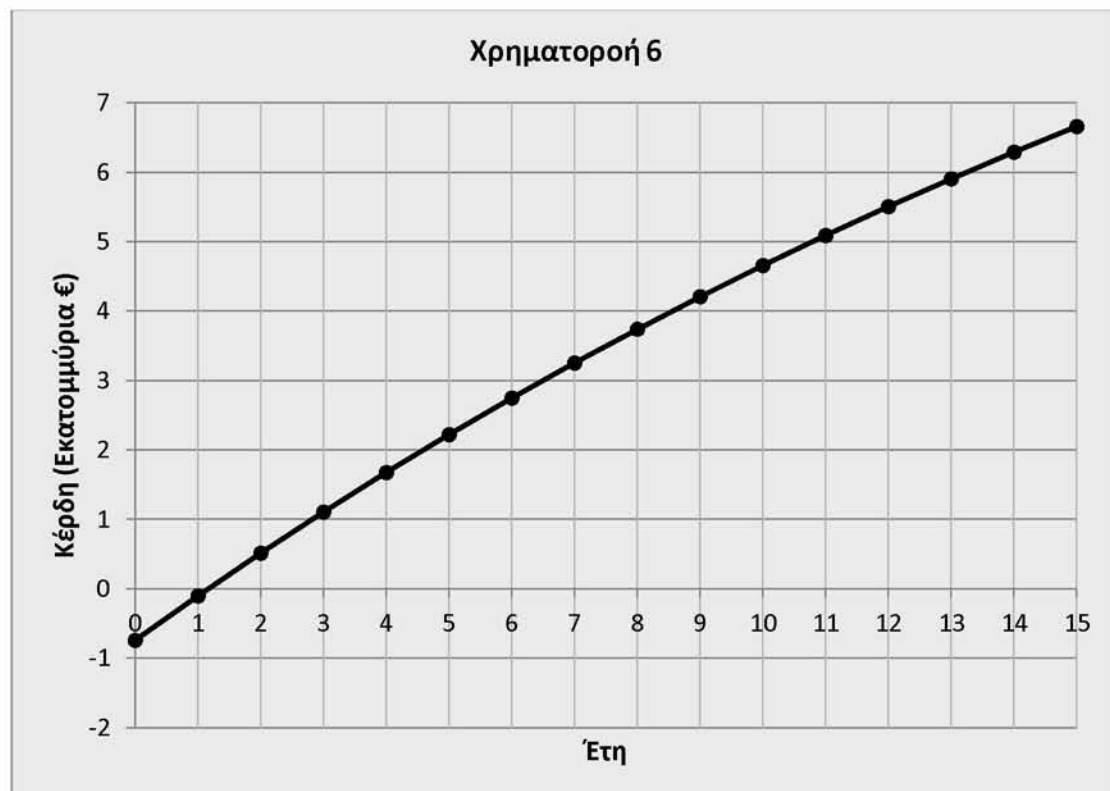


**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 6:** Απόδοση 3,4 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 17MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 10km.

Σπόρος	35.158 €	Ετήσια Δόση	3.983 €
Λίπανση	23.439 €	Ετήσια Δόση	2.655 €
Ζιζανιοκτονία	8.789 €	Ετήσια Δόση	996 €
Ασθένειες	5.860 €	Ετήσια Δόση	664 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	117.193 €	Ετήσια Δόση	13.276 €
Εργάτες Λίπανσης	11.719 €	Ετήσια Δόση	1.328 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	11.719 €	Ετήσια Δόση	1.328 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	11.719 €	Ετήσια Δόση	1.328 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Καύσιμα	3.540 €	Ανά έτος	3.540 €
Οδηγός	519 €	Ανά έτος	519 €
Φορτηγό	830 €	Ανά έτος	830 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			69.245 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			611.234 €



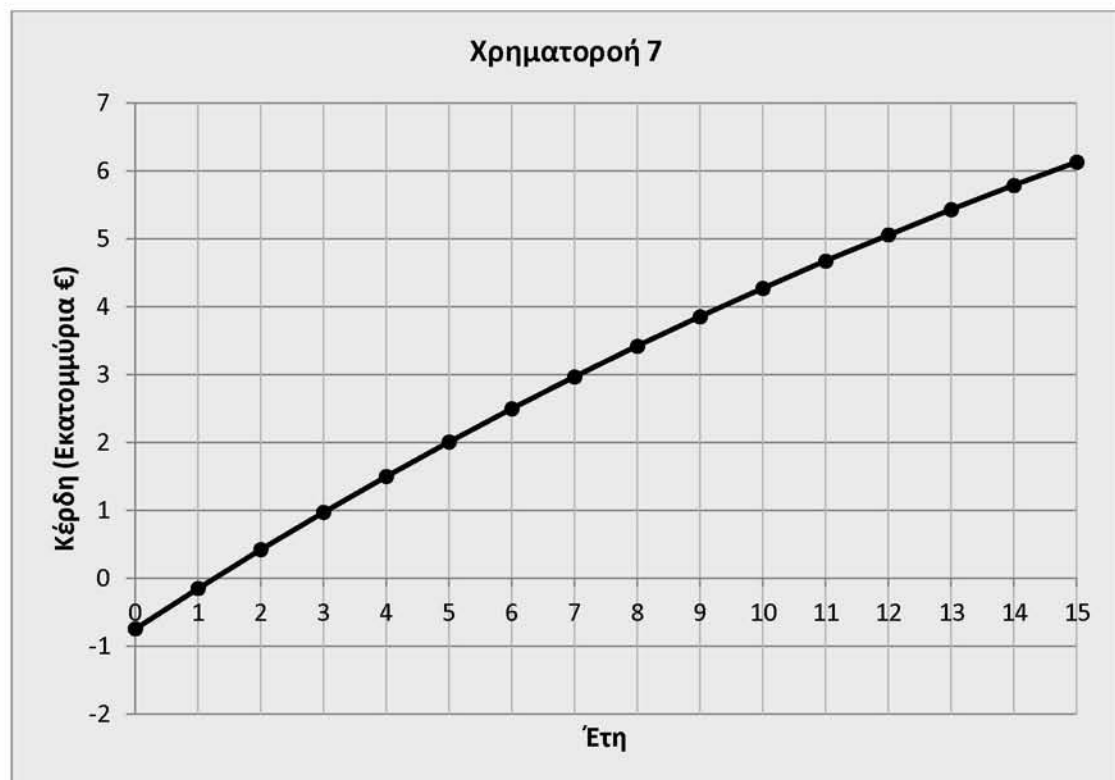
Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	69.245 €	735.000 €	640.149 €	-107.351 €
2	69.245 €	735.000 €	615.528 €	508.177 €
3	69.245 €	735.000 €	591.854 €	1.100.031 €
4	69.245 €	735.000 €	569.090 €	1.669.121 €
5	69.245 €	735.000 €	547.202 €	2.216.323 €
6	69.245 €	735.000 €	526.156 €	2.742.479 €
7	69.245 €	735.000 €	505.919 €	3.248.398 €
8	69.245 €	735.000 €	486.461 €	3.734.858 €
9	69.245 €	735.000 €	467.751 €	4.202.609 €
10	69.245 €	735.000 €	449.760 €	4.652.369 €
11	69.245 €	735.000 €	432.462 €	5.084.831 €
12	69.245 €	735.000 €	415.829 €	5.500.659 €
13	69.245 €	735.000 €	399.835 €	5.900.495 €
14	69.245 €	735.000 €	384.457 €	6.284.952 €
15	69.245 €	735.000 €	369.670 €	6.654.622 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 7:** Απόδοση 1 τόνος/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 20MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 10km.

Σπόρος	101.606 €	Ετήσια Δόση	11.511 €
Λίπανση	67.738 €	Ετήσια Δόση	7.674 €
Ζιζανιοκτονία	25.402 €	Ετήσια Δόση	2.878 €
Ασθένειες	16.934 €	Ετήσια Δόση	1.918 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	338.688 €	Ετήσια Δόση	38.369 €
Εργάτες Λίπανσης	33.869 €	Ετήσια Δόση	3.837 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	33.869 €	Ετήσια Δόση	3.837 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	33.869 €	Ετήσια Δόση	3.837 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Καύσιμα	3.009 €	Ανά έτος	3.009 €
Οδηγός	441 €	Ανά έτος	441 €
Φορτηγό	706 €	Ανά έτος	706 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			116.441 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			1.027.841 €

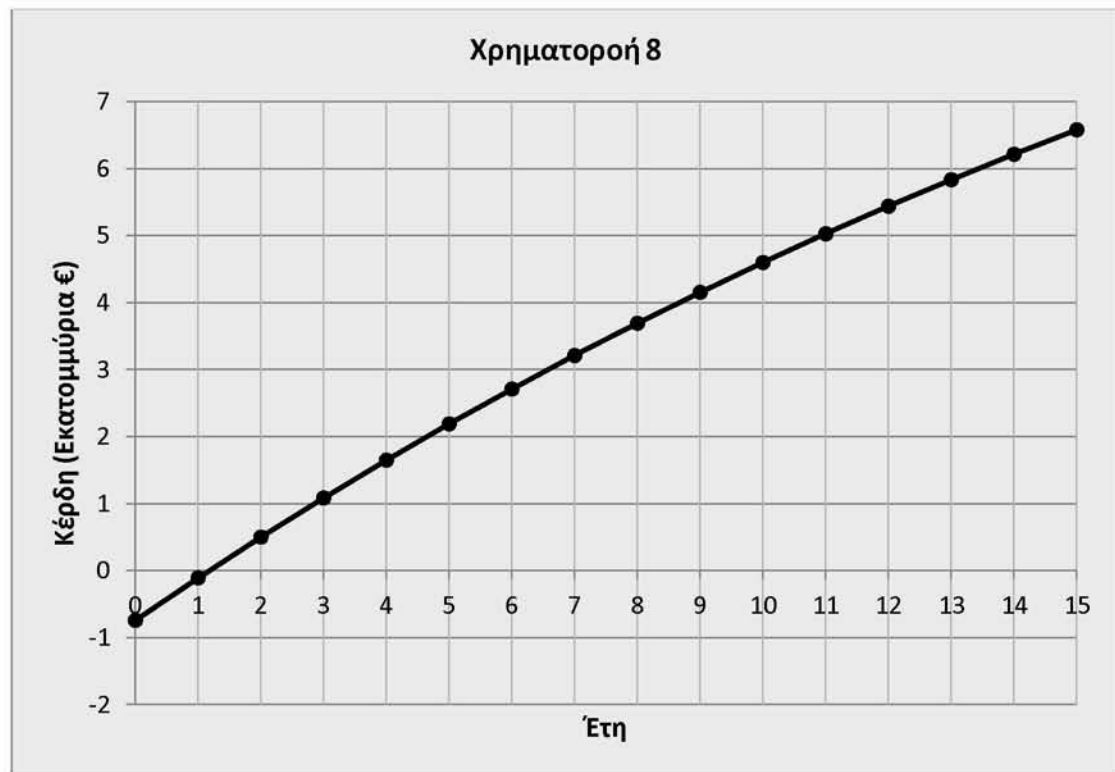
Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	116.441 €	735.000 €	594.768 €	-152.732 €
2	116.441 €	735.000 €	571.892 €	419.160 €
3	116.441 €	735.000 €	549.896 €	969.057 €
4	116.441 €	735.000 €	528.747 €	1.497.803 €
5	116.441 €	735.000 €	508.410 €	2.006.213 €
6	116.441 €	735.000 €	488.856 €	2.495.069 €
7	116.441 €	735.000 €	470.054 €	2.965.123 €
8	116.441 €	735.000 €	451.975 €	3.417.098 €
9	116.441 €	735.000 €	434.591 €	3.851.689 €
10	116.441 €	735.000 €	417.876 €	4.269.565 €
11	116.441 €	735.000 €	401.804 €	4.671.369 €
12	116.441 €	735.000 €	386.350 €	5.057.719 €
13	116.441 €	735.000 €	371.490 €	5.429.209 €
14	116.441 €	735.000 €	357.202 €	5.786.412 €
15	116.441 €	735.000 €	343.464 €	6.129.875 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 8:** Απόδοση 2,2 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 20MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 10km.

Σπόρος	46.185 €	Ετήσια Δόση	5.232 €
Λίπανση	30.790 €	Ετήσια Δόση	3.488 €
Ζιζανιοκτονία	11.546 €	Ετήσια Δόση	1.308 €
Ασθένειες	7.697 €	Ετήσια Δόση	872 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	153.949 €	Ετήσια Δόση	17.440 €
Εργάτες Λίπανσης	15.395 €	Ετήσια Δόση	1.744 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	15.395 €	Ετήσια Δόση	1.744 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	15.395 €	Ετήσια Δόση	1.744 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Καύσιμα	3.009 €	Ανά έτος	3.009 €
Οδηγός	441 €	Ανά έτος	441 €
Φορητό	706 €	Ανά έτος	706 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			76.154 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			672.219 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	76.154 €	735.000 €	633.506 €	-113.994 €
2	76.154 €	735.000 €	609.140 €	495.146 €
3	76.154 €	735.000 €	585.712 €	1.080.858 €
4	76.154 €	735.000 €	563.184 €	1.644.043 €
5	76.154 €	735.000 €	541.524 €	2.185.566 €
6	76.154 €	735.000 €	520.696 €	2.706.262 €
7	76.154 €	735.000 €	500.669 €	3.206.931 €
8	76.154 €	735.000 €	481.412 €	3.688.343 €
9	76.154 €	735.000 €	462.897 €	4.151.240 €
10	76.154 €	735.000 €	445.093 €	4.596.333 €
11	76.154 €	735.000 €	427.974 €	5.024.307 €
12	76.154 €	735.000 €	411.513 €	5.435.820 €
13	76.154 €	735.000 €	395.686 €	5.831.506 €
14	76.154 €	735.000 €	380.467 €	6.211.973 €
15	76.154 €	735.000 €	365.834 €	6.577.807 €



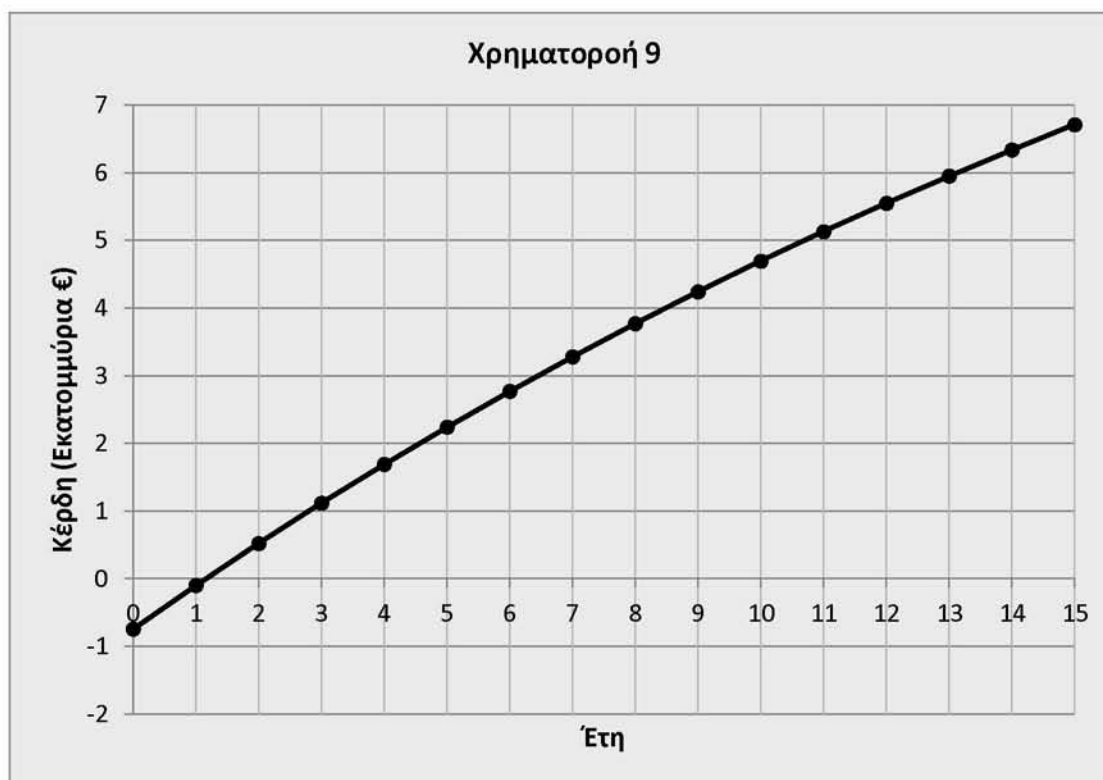


**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 9:** Απόδοση 3,4 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 20MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 10km.

Σπόρος	29.884 €	Ετήσια Δόση	3.386 €
Λίπανση	19.923 €	Ετήσια Δόση	2.257 €
Ζιζανιοκτονία	7.471 €	Ετήσια Δόση	846 €
Ασθένειες	4.981 €	Ετήσια Δόση	564 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	99.614 €	Ετήσια Δόση	11.285 €
Εργάτες Λίπανσης	9.961 €	Ετήσια Δόση	1.129 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	9.961 €	Ετήσια Δόση	1.129 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	9.961 €	Ετήσια Δόση	1.129 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Καύσιμα	3.009 €	Ανά έτος	3.009 €
Οδηγός	441 €	Ανά έτος	441 €
Φορτηγό	706 €	Ανά έτος	706 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			64.305 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			567.624 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	64.305 €	735.000 €	644.899 €	-102.601 €
2	64.305 €	735.000 €	620.096 €	517.495 €
3	64.305 €	735.000 €	596.246 €	1.113.741 €
4	64.305 €	735.000 €	573.313 €	1.687.054 €
5	64.305 €	735.000 €	551.263 €	2.238.317 €
6	64.305 €	735.000 €	530.060 €	2.768.377 €
7	64.305 €	735.000 €	509.673 €	3.278.051 €
8	64.305 €	735.000 €	490.071 €	3.768.121 €
9	64.305 €	735.000 €	471.222 €	4.239.343 €
10	64.305 €	735.000 €	453.098 €	4.692.441 €
11	64.305 €	735.000 €	435.671 €	5.128.112 €
12	64.305 €	735.000 €	418.914 €	5.547.026 €
13	64.305 €	735.000 €	402.802 €	5.949.828 €
14	64.305 €	735.000 €	387.310 €	6.337.138 €
15	64.305 €	735.000 €	372.413 €	6.709.552 €

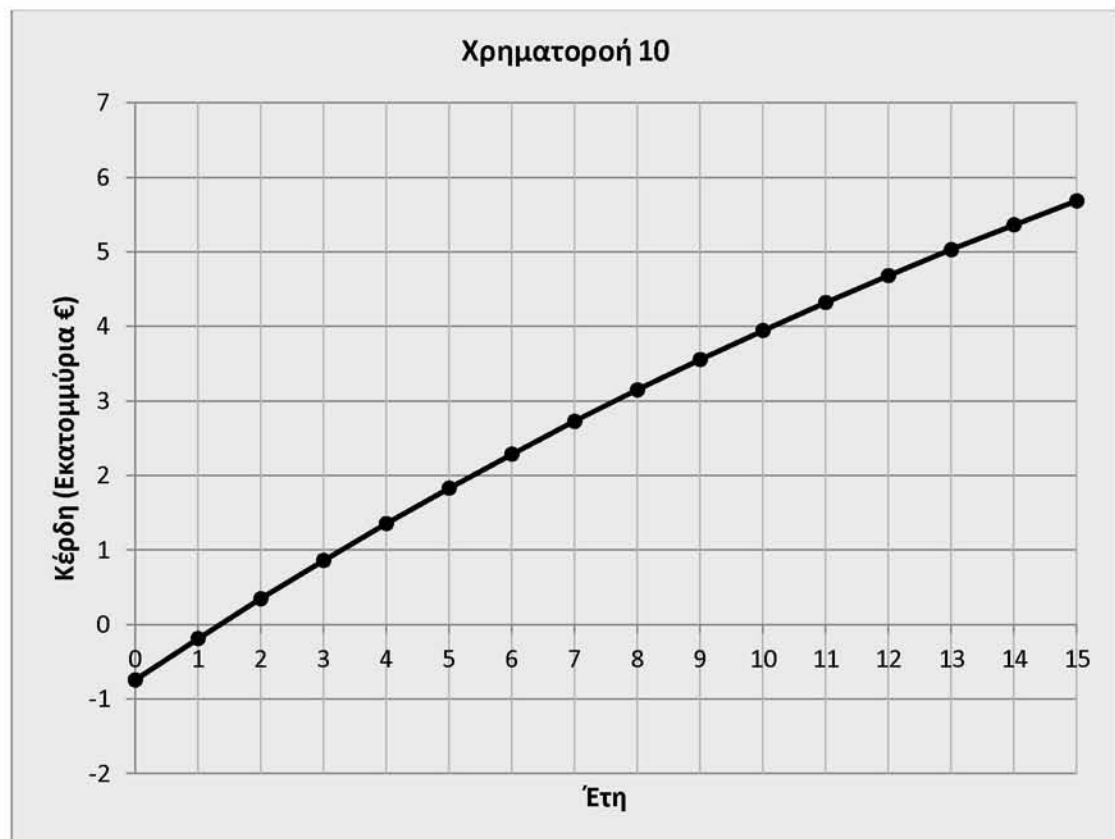




**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 10:** Απόδοση 1 τόνος/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 14MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 20km.

Σπόρος	145.152 €	Ετήσια Δόση	16.444 €
Λίπανση	96.768 €	Ετήσια Δόση	10.963 €
Ζιζανιοκτονία	36.288 €	Ετήσια Δόση	4.111 €
Ασθένειες	24.192 €	Ετήσια Δόση	2.741 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	483.840 €	Ετήσια Δόση	54.813 €
Εργάτες Λίπανσης	48.384 €	Ετήσια Δόση	5.481 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	48.384 €	Ετήσια Δόση	5.481 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	48.384 €	Ετήσια Δόση	5.481 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Καύσιμα	8.597 €	Ανά έτος	8.597 €
Οδηγός	1.260 €	Ανά έτος	1.260 €
Φορηγό	2.016 €	Ανά έτος	2.016 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			156.720 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			1.383.390 €

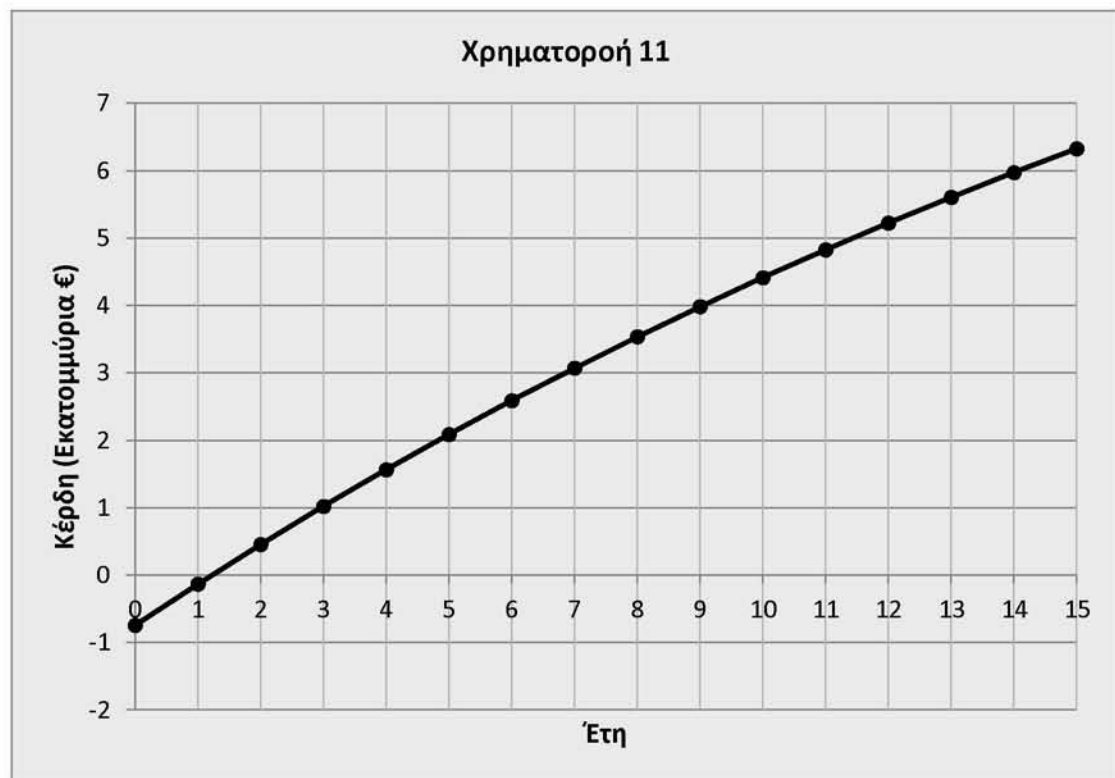
Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	156.720 €	735.000 €	556.038 €	-191.462 €
2	156.720 €	735.000 €	534.652 €	343.190 €
3	156.720 €	735.000 €	514.088 €	857.278 €
4	156.720 €	735.000 €	494.316 €	1.351.594 €
5	156.720 €	735.000 €	475.304 €	1.826.898 €
6	156.720 €	735.000 €	457.023 €	2.283.921 €
7	156.720 €	735.000 €	439.445 €	2.723.366 €
8	156.720 €	735.000 €	422.543 €	3.145.909 €
9	156.720 €	735.000 €	406.292 €	3.552.200 €
10	156.720 €	735.000 €	390.665 €	3.942.865 €
11	156.720 €	735.000 €	375.639 €	4.318.505 €
12	156.720 €	735.000 €	361.192 €	4.679.697 €
13	156.720 €	735.000 €	347.300 €	5.026.996 €
14	156.720 €	735.000 €	333.942 €	5.360.938 €
15	156.720 €	735.000 €	321.098 €	5.682.036 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 11:** Απόδοση 2,2 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 14MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 20km.

Σπόρος	65.978 €	Ετήσια Δόση	7.474 €
Λίπανση	43.985 €	Ετήσια Δόση	4.983 €
Ζιζανιοκτονία	16.495 €	Ετήσια Δόση	1.869 €
Ασθένειες	10.996 €	Ετήσια Δόση	1.246 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	219.927 €	Ετήσια Δόση	24.915 €
Εργάτες Λίπανσης	21.993 €	Ετήσια Δόση	2.491 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	21.993 €	Ετήσια Δόση	2.491 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	21.993 €	Ετήσια Δόση	2.491 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Καύσιμα	8.597 €	Ανά έτος	8.597 €
Οδηγός	1.260 €	Ανά έτος	1.260 €
Φορτηγό	2.016 €	Ανά έτος	2.016 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			99.167 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			875.358 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	99.167 €	735.000 €	611.378 €	-136.122 €
2	99.167 €	735.000 €	587.863 €	451.741 €
3	99.167 €	735.000 €	565.253 €	1.016.995 €
4	99.167 €	735.000 €	543.513 €	1.560.508 €
5	99.167 €	735.000 €	522.608 €	2.083.116 €
6	99.167 €	735.000 €	502.508 €	2.585.624 €
7	99.167 €	735.000 €	483.181 €	3.068.805 €
8	99.167 €	735.000 €	464.597 €	3.533.402 €
9	99.167 €	735.000 €	446.728 €	3.980.130 €
10	99.167 €	735.000 €	429.546 €	4.409.676 €
11	99.167 €	735.000 €	413.025 €	4.822.701 €
12	99.167 €	735.000 €	397.139 €	5.219.841 €
13	99.167 €	735.000 €	381.865 €	5.601.706 €
14	99.167 €	735.000 €	367.178 €	5.968.883 €
15	99.167 €	735.000 €	353.056 €	6.321.939 €

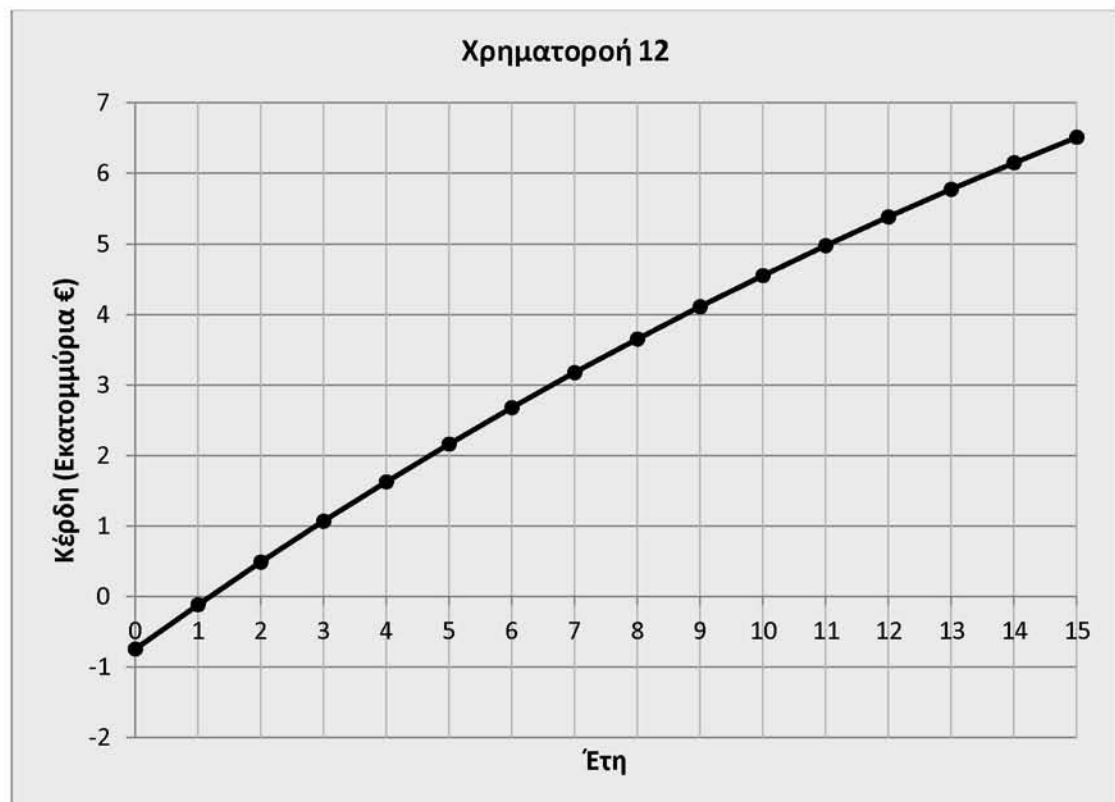


**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 12:** Απόδοση 3,4 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 14MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 20km.

Σπόρος	42.692 €	Ετήσια Δόση	4.836 €
Λίπανση	28.461 €	Ετήσια Δόση	3.224 €
Ζιζανιοκτονία	10.673 €	Ετήσια Δόση	1.209 €
Ασθένειες	7.115 €	Ετήσια Δόση	806 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	142.306 €	Ετήσια Δόση	16.121 €
Εργάτες Λίπανσης	14.231 €	Ετήσια Δόση	1.612 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	14.231 €	Ετήσια Δόση	1.612 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	14.231 €	Ετήσια Δόση	1.612 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Καύσιμα	8.597 €	Ανά έτος	8.597 €
Οδηγός	1.260 €	Ανά έτος	1.260 €
Φορτηγό	2.016 €	Ανά έτος	2.016 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			82.239 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			725.937 €



Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	82.239 €	735.000 €	627.654 €	-119.846 €
2	82.239 €	735.000 €	603.514 €	483.668 €
3	82.239 €	735.000 €	580.302 €	1.063.970 €
4	82.239 €	735.000 €	557.983 €	1.621.953 €
5	82.239 €	735.000 €	536.522 €	2.158.474 €
6	82.239 €	735.000 €	515.886 €	2.674.361 €
7	82.239 €	735.000 €	496.044 €	3.170.405 €
8	82.239 €	735.000 €	476.966 €	3.647.371 €
9	82.239 €	735.000 €	458.621 €	4.105.992 €
10	82.239 €	735.000 €	440.982 €	4.546.974 €
11	82.239 €	735.000 €	424.021 €	4.970.994 €
12	82.239 €	735.000 €	407.712 €	5.378.707 €
13	82.239 €	735.000 €	392.031 €	5.770.738 €
14	82.239 €	735.000 €	376.953 €	6.147.691 €
15	82.239 €	735.000 €	362.455 €	6.510.146 €

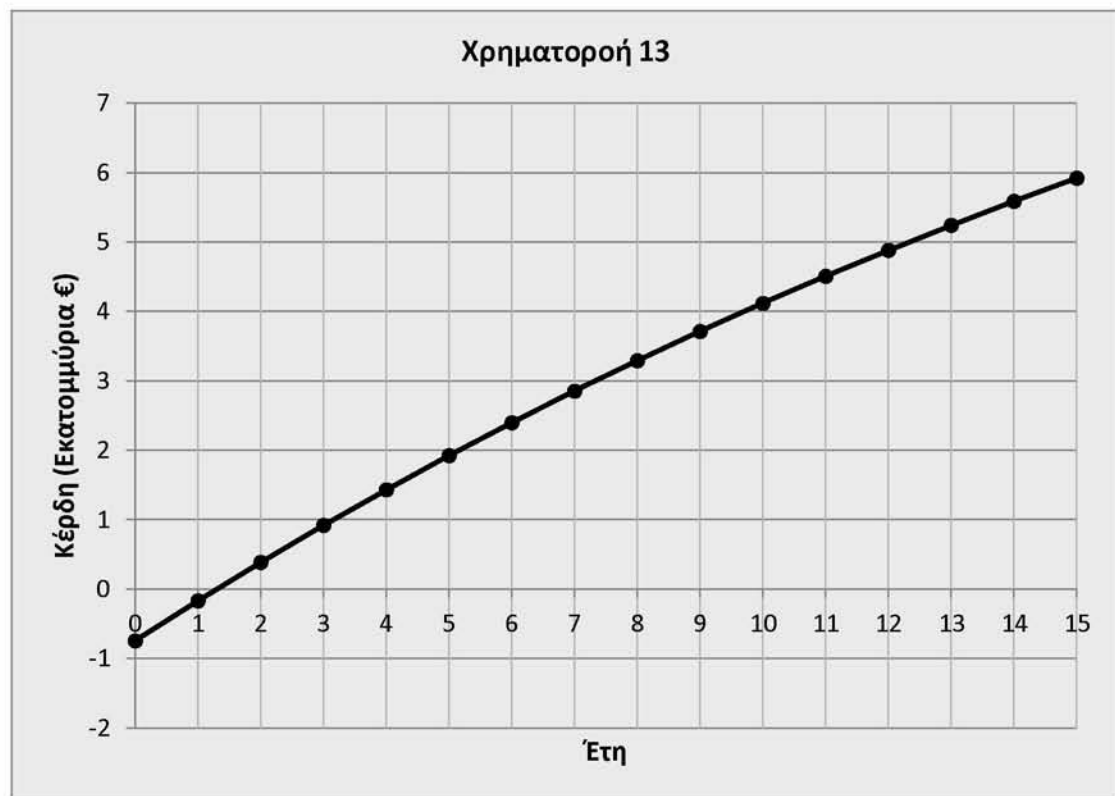




**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 13:** Απόδοση 1 τόνος/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 17MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 20km.

Σπόρος	119.537 €	Ετήσια Δόση	13.542 €
Λίπανση	79.691 €	Ετήσια Δόση	9.028 €
Ζιζανιοκτονία	29.884 €	Ετήσια Δόση	3.386 €
Ασθένειες	19.923 €	Ετήσια Δόση	2.257 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	398.456 €	Ετήσια Δόση	45.140 €
Εργάτες Λίπανσης	39.846 €	Ετήσια Δόση	4.514 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	39.846 €	Ετήσια Δόση	4.514 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	39.846 €	Ετήσια Δόση	4.514 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Καύσιμα	7.080 €	Ανά έτος	7.080 €
Οδηγός	1.038 €	Ανά έτος	1.038 €
Φορτηγό	1.660 €	Ανά έτος	1.660 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			135.471 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			1.195.821 €

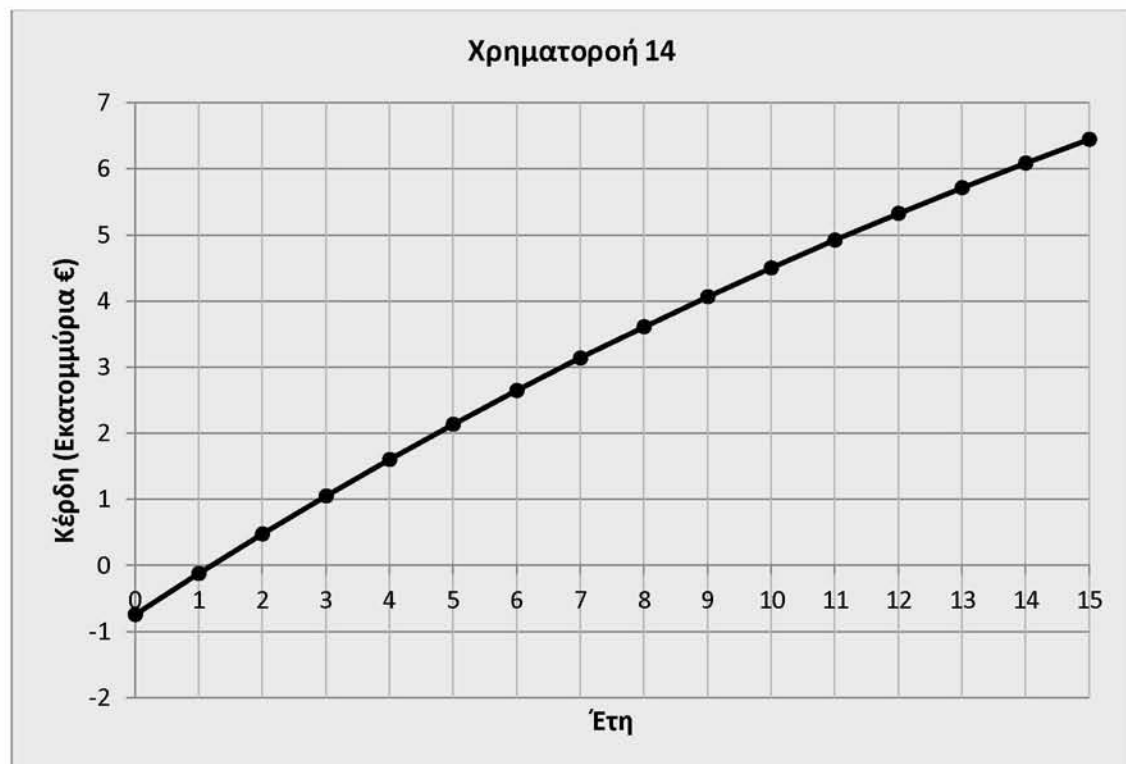
Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	135.471 €	735.000 €	576.470 €	-171.030 €
2	135.471 €	735.000 €	554.298 €	383.268 €
3	135.471 €	735.000 €	532.979 €	916.247 €
4	135.471 €	735.000 €	512.480 €	1.428.726 €
5	135.471 €	735.000 €	492.769 €	1.921.495 €
6	135.471 €	735.000 €	473.816 €	2.395.312 €
7	135.471 €	735.000 €	455.593 €	2.850.904 €
8	135.471 €	735.000 €	438.070 €	3.288.974 €
9	135.471 €	735.000 €	421.221 €	3.710.195 €
10	135.471 €	735.000 €	405.020 €	4.115.215 €
11	135.471 €	735.000 €	389.442 €	4.504.658 €
12	135.471 €	735.000 €	374.464 €	4.879.121 €
13	135.471 €	735.000 €	360.061 €	5.239.183 €
14	135.471 €	735.000 €	346.213 €	5.585.396 €
15	135.471 €	735.000 €	332.897 €	5.918.293 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 14:** Απόδοση 2,2 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 17MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 20km.

Σπόρος	54.335 €	Ετήσια Δόση	6.155 €
Λίπανση	36.223 €	Ετήσια Δόση	4.104 €
Ζιζανιοκτονία	13.584 €	Ετήσια Δόση	1.539 €
Ασθένειες	9.056 €	Ετήσια Δόση	1.026 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	181.117 €	Ετήσια Δόση	20.518 €
Εργάτες Λίπανσης	18.112 €	Ετήσια Δόση	2.052 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	18.112 €	Ετήσια Δόση	2.052 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	18.112 €	Ετήσια Δόση	2.052 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Καύσιμα	7.080 €	Ανά έτος	7.080 €
Οδηγός	1.038 €	Ανά έτος	1.038 €
Φορτηγό	1.660 €	Ανά έτος	1.660 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			88.074 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			777.442 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	88.074 €	735.000 €	622.044 €	-125.456 €
2	88.074 €	735.000 €	598.119 €	472.663 €
3	88.074 €	735.000 €	575.115 €	1.047.778 €
4	88.074 €	735.000 €	552.995 €	1.600.773 €
5	88.074 €	735.000 €	531.726 €	2.132.499 €
6	88.074 €	735.000 €	511.275 €	2.643.773 €
7	88.074 €	735.000 €	491.610 €	3.135.384 €
8	88.074 €	735.000 €	472.702 €	3.608.086 €
9	88.074 €	735.000 €	454.521 €	4.062.608 €
10	88.074 €	735.000 €	437.040 €	4.499.647 €
11	88.074 €	735.000 €	420.231 €	4.919.878 €
12	88.074 €	735.000 €	404.068 €	5.323.946 €
13	88.074 €	735.000 €	388.527 €	5.712.473 €
14	88.074 €	735.000 €	373.584 €	6.086.056 €
15	88.074 €	735.000 €	359.215 €	6.445.271 €



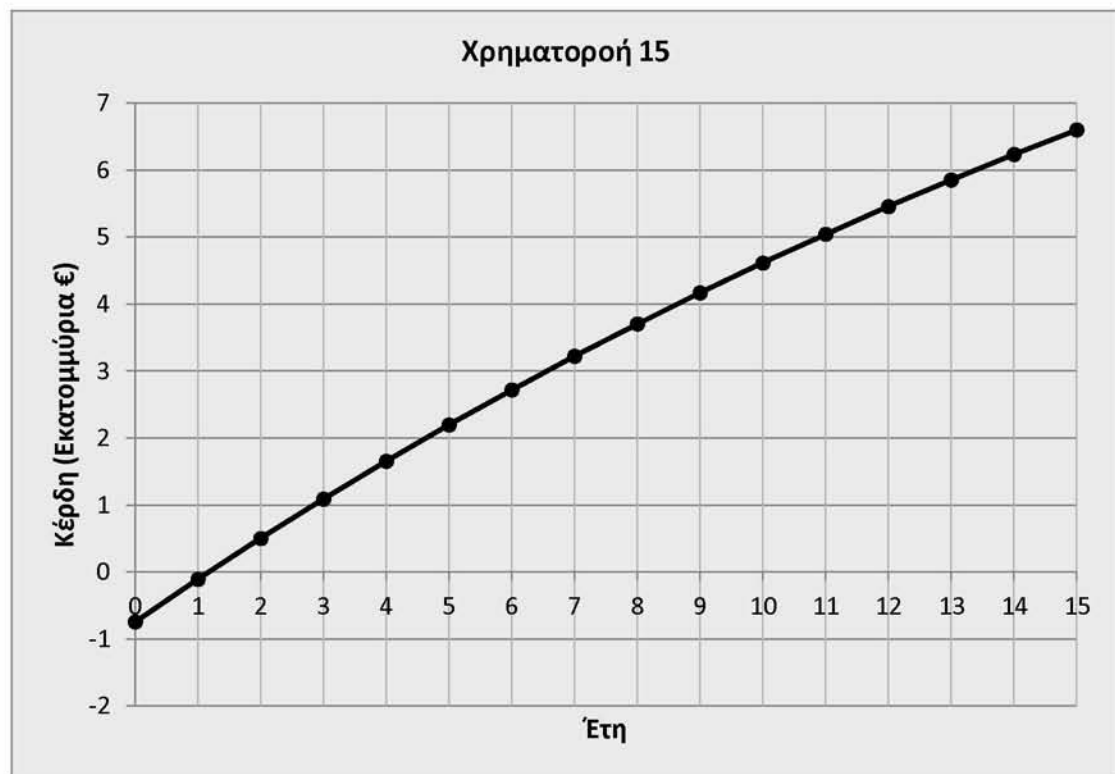


**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 15:** Απόδοση 3,4 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 17MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 20km.

Σπόρος	35.158 €	Ετήσια Δόση	3.983 €
Λίπανση	23.439 €	Ετήσια Δόση	2.655 €
Ζιζανιοκτονία	8.789 €	Ετήσια Δόση	996 €
Ασθένειες	5.860 €	Ετήσια Δόση	664 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	117.193 €	Ετήσια Δόση	13.276 €
Εργάτες Λίπανσης	11.719 €	Ετήσια Δόση	1.328 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	11.719 €	Ετήσια Δόση	1.328 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	11.719 €	Ετήσια Δόση	1.328 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Καύσιμα	7.080 €	Ανά έτος	7.080 €
Οδηγός	1.038 €	Ανά έτος	1.038 €
Φορτηγό	1.660 €	Ανά έτος	1.660 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			74.134 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			654.389 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	74.134 €	735.000 €	635.448 €	-112.052 €
2	74.134 €	735.000 €	611.008 €	498.956 €
3	74.134 €	735.000 €	587.508 €	1.086.464 €
4	74.134 €	735.000 €	564.911 €	1.651.375 €
5	74.134 €	735.000 €	543.184 €	2.194.558 €
6	74.134 €	735.000 €	522.292 €	2.716.850 €
7	74.134 €	735.000 €	502.204 €	3.219.054 €
8	74.134 €	735.000 €	482.888 €	3.701.943 €
9	74.134 €	735.000 €	464.316 €	4.166.258 €
10	74.134 €	735.000 €	446.457 €	4.612.716 €
11	74.134 €	735.000 €	429.286 €	5.042.002 €
12	74.134 €	735.000 €	412.775 €	5.454.777 €
13	74.134 €	735.000 €	396.899 €	5.851.676 €
14	74.134 €	735.000 €	381.634 €	6.233.310 €
15	74.134 €	735.000 €	366.955 €	6.600.265 €

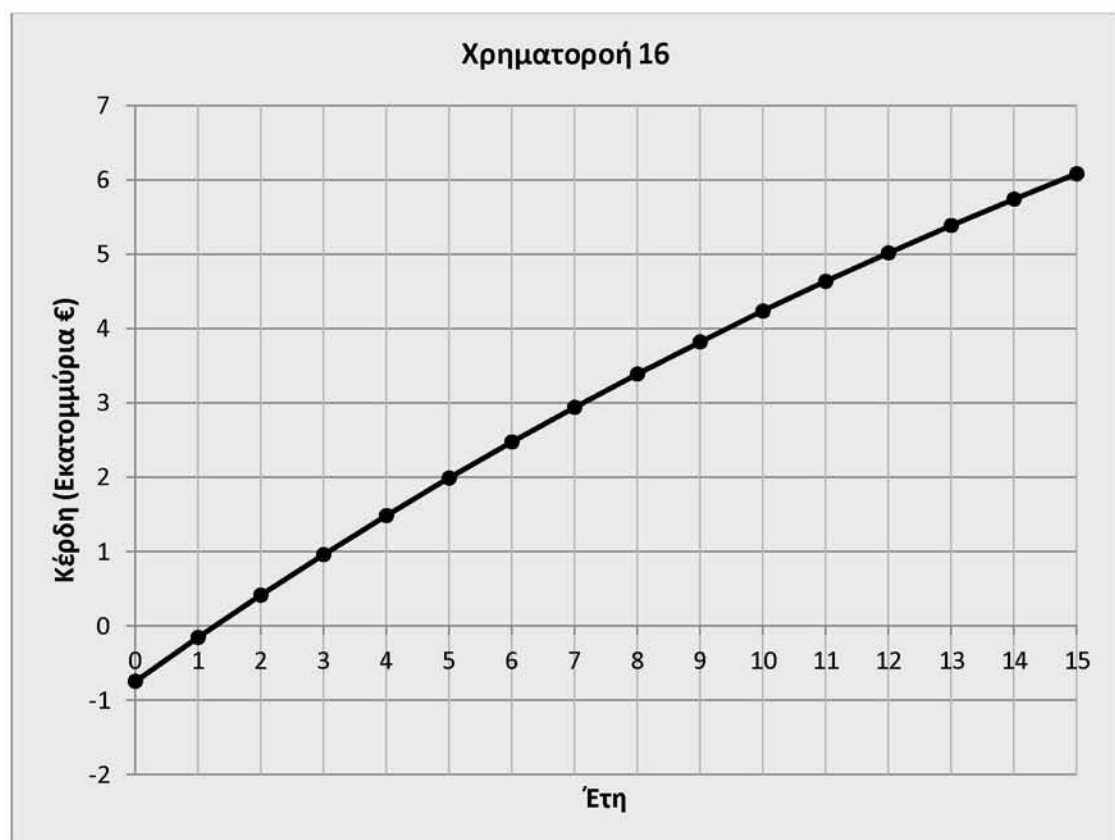




**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 16:** Απόδοση 1 τόνος/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 20MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 20km.

Σπόρος	101.606 €	Ετήσια Δόση	11.511 €
Λίπανση	67.738 €	Ετήσια Δόση	7.674 €
Ζιζανιοκτονία	25.402 €	Ετήσια Δόση	2.878 €
Ασθένειες	16.934 €	Ετήσια Δόση	1.918 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	338.688 €	Ετήσια Δόση	38.369 €
Εργάτες Λίπανσης	33.869 €	Ετήσια Δόση	3.837 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	33.869 €	Ετήσια Δόση	3.837 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	33.869 €	Ετήσια Δόση	3.837 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Καύσιμα	6.018 €	Ανά έτος	6.018 €
Οδηγός	882 €	Ανά έτος	882 €
Φορτηγό	1.411 €	Ανά έτος	1.411 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			120.597 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			1.064.523 €

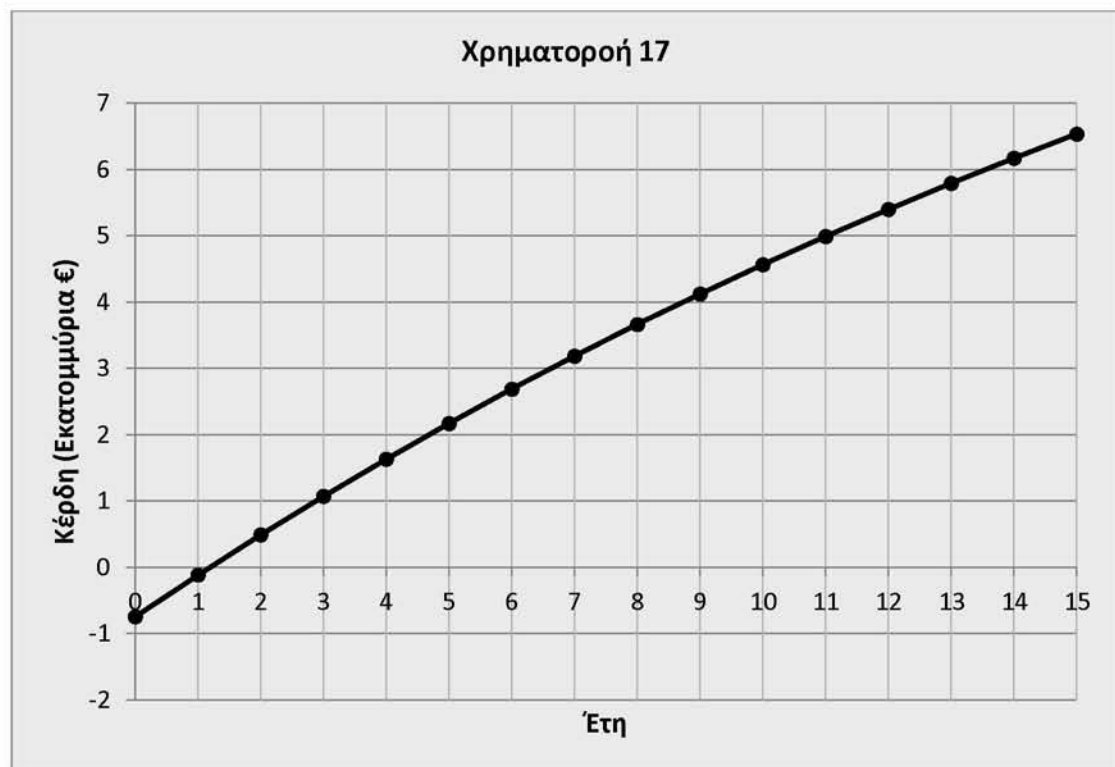
Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	120.597 €	735.000 €	590.772 €	-156.728 €
2	120.597 €	735.000 €	568.050 €	411.322 €
3	120.597 €	735.000 €	546.202 €	957.525 €
4	120.597 €	735.000 €	525.194 €	1.482.719 €
5	120.597 €	735.000 €	504.995 €	1.987.714 €
6	120.597 €	735.000 €	485.572 €	2.473.285 €
7	120.597 €	735.000 €	466.896 €	2.940.181 €
8	120.597 €	735.000 €	448.938 €	3.389.120 €
9	120.597 €	735.000 €	431.671 €	3.820.791 €
10	120.597 €	735.000 €	415.069 €	4.235.860 €
11	120.597 €	735.000 €	399.105 €	4.634.964 €
12	120.597 €	735.000 €	383.754 €	5.018.719 €
13	120.597 €	735.000 €	368.995 €	5.387.713 €
14	120.597 €	735.000 €	354.803 €	5.742.516 €
15	120.597 €	735.000 €	341.156 €	6.083.672 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 17:** Απόδοση 2,2 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 20MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 20km.

Σπόρος	46.185 €	Ετήσια Δόση	5.232 €
Λίπανση	30.790 €	Ετήσια Δόση	3.488 €
Ζιζανιοκτονία	11.546 €	Ετήσια Δόση	1.308 €
Ασθένειες	7.697 €	Ετήσια Δόση	872 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	153.949 €	Ετήσια Δόση	17.440 €
Εργάτες Λίπανσης	15.395 €	Ετήσια Δόση	1.744 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	15.395 €	Ετήσια Δόση	1.744 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	15.395 €	Ετήσια Δόση	1.744 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Καύσιμα	6.018 €	Ανά έτος	6.018 €
Οδηγός	882 €	Ανά έτος	882 €
Φορτηγό	1.411 €	Ανά έτος	1.411 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			80.309 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			708.901 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	80.309 €	735.000 €	629.510 €	-117.990 €
2	80.309 €	735.000 €	605.298 €	487.308 €
3	80.309 €	735.000 €	582.018 €	1.069.326 €
4	80.309 €	735.000 €	559.632 €	1.628.958 €
5	80.309 €	735.000 €	538.108 €	2.167.066 €
6	80.309 €	735.000 €	517.412 €	2.684.478 €
7	80.309 €	735.000 €	497.511 €	3.181.989 €
8	80.309 €	735.000 €	478.376 €	3.660.365 €
9	80.309 €	735.000 €	459.977 €	4.120.342 €
10	80.309 €	735.000 €	442.286 €	4.562.627 €
11	80.309 €	735.000 €	425.275 €	4.987.902 €
12	80.309 €	735.000 €	408.918 €	5.396.820 €
13	80.309 €	735.000 €	393.190 €	5.790.010 €
14	80.309 €	735.000 €	378.068 €	6.168.078 €
15	80.309 €	735.000 €	363.526 €	6.531.604 €

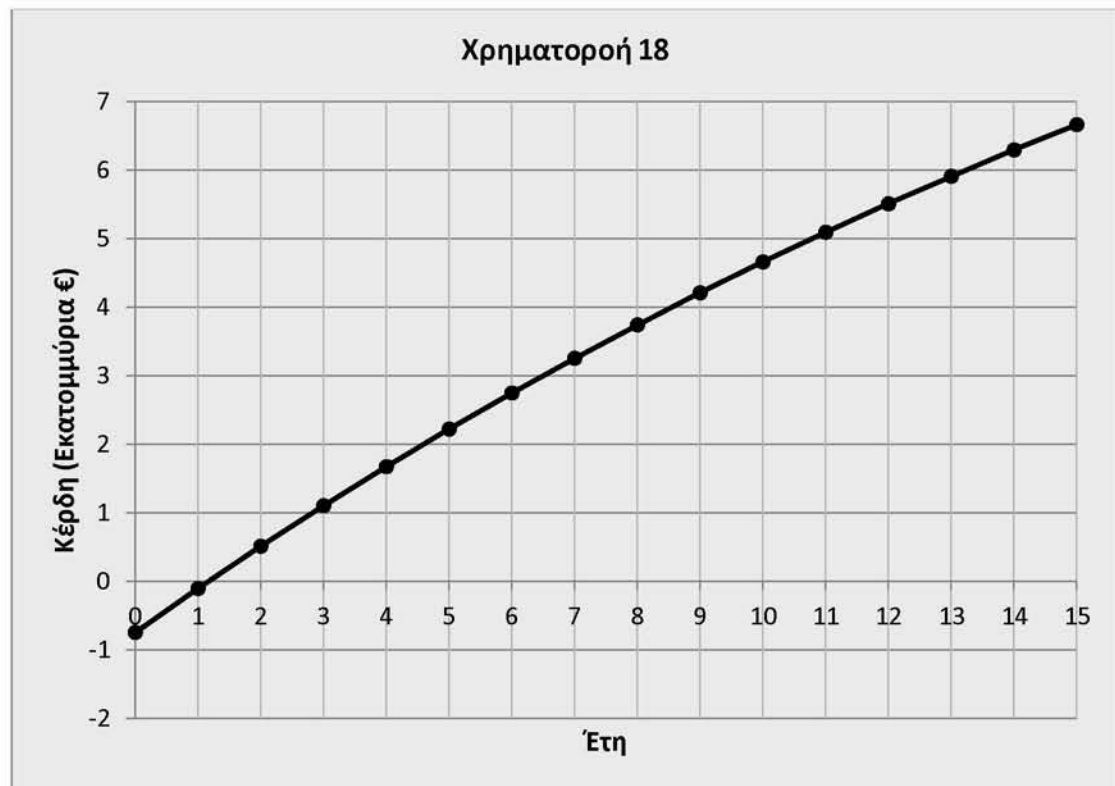


**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 18:** Απόδοση 3,4 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 20MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 20km.

Σπόρος	29.884 €	Ετήσια Δόση	3.386 €
Λίπανση	19.923 €	Ετήσια Δόση	2.257 €
Ζιζανιοκτονία	7.471 €	Ετήσια Δόση	846 €
Ασθένειες	4.981 €	Ετήσια Δόση	564 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	99.614 €	Ετήσια Δόση	11.285 €
Εργάτες Λίπανσης	9.961 €	Ετήσια Δόση	1.129 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	9.961 €	Ετήσια Δόση	1.129 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	9.961 €	Ετήσια Δόση	1.129 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Καύσιμα	6.018 €	Ανά έτος	6.018 €
Οδηγός	882 €	Ανά έτος	882 €
Φορητό	1.411 €	Ανά έτος	1.411 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			68.460 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			604.306 €



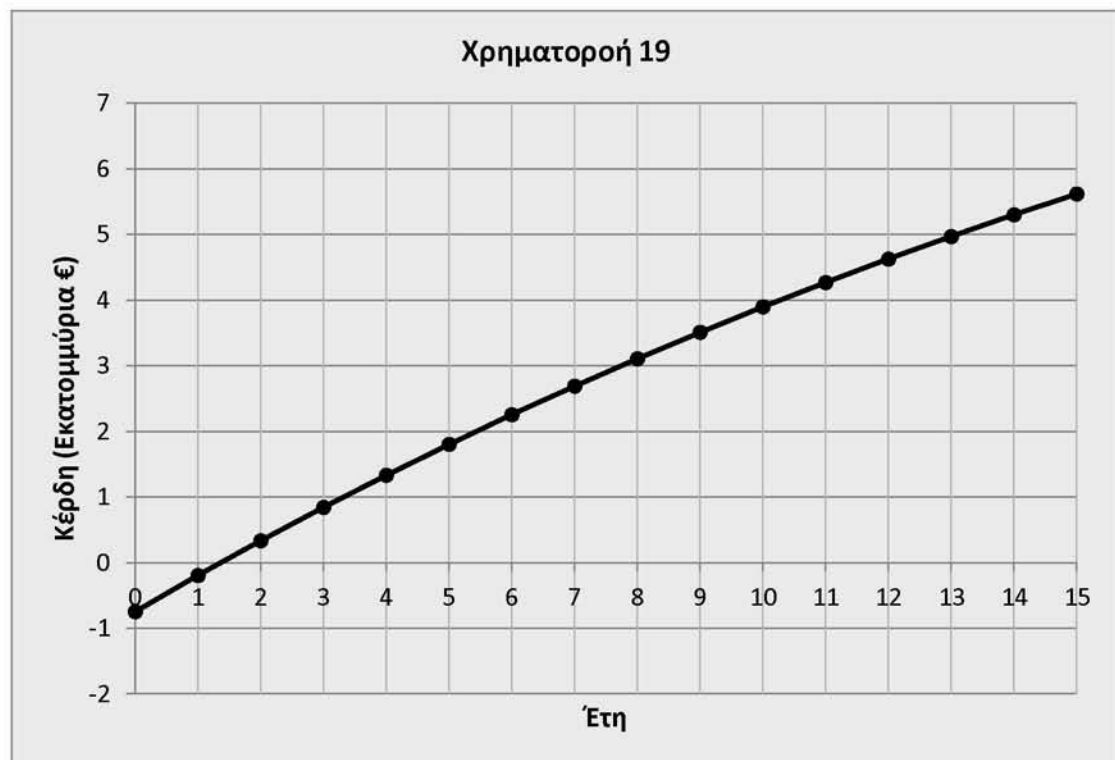
Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	68.460 €	735.000 €	640.904 €	-106.596 €
2	68.460 €	735.000 €	616.254 €	509.657 €
3	68.460 €	735.000 €	592.552 €	1.102.209 €
4	68.460 €	735.000 €	569.761 €	1.671.970 €
5	68.460 €	735.000 €	547.847 €	2.219.817 €
6	68.460 €	735.000 €	526.776 €	2.746.593 €
7	68.460 €	735.000 €	506.516 €	3.253.109 €
8	68.460 €	735.000 €	487.034 €	3.740.143 €
9	68.460 €	735.000 €	468.302 €	4.208.445 €
10	68.460 €	735.000 €	450.290 €	4.658.735 €
11	68.460 €	735.000 €	432.972 €	5.091.707 €
12	68.460 €	735.000 €	416.319 €	5.508.026 €
13	68.460 €	735.000 €	400.307 €	5.908.333 €
14	68.460 €	735.000 €	384.910 €	6.293.243 €
15	68.460 €	735.000 €	370.106 €	6.663.349 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 19:** Απόδοση 1 τόνος/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 14MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 30km.

Σπόρος	145.152 €	Ετήσια Δόση	16.444 €
Λίπανση	96.768 €	Ετήσια Δόση	10.963 €
Ζιζανιοκτονία	36.288 €	Ετήσια Δόση	4.111 €
Ασθένειες	24.192 €	Ετήσια Δόση	2.741 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	483.840 €	Ετήσια Δόση	54.813 €
Εργάτες Λίπανσης	48.384 €	Ετήσια Δόση	5.481 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	48.384 €	Ετήσια Δόση	5.481 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	48.384 €	Ετήσια Δόση	5.481 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Καύσιμα	12.896 €	Ανά έτος	12.896 €
Οδηγός	1.890 €	Ανά έτος	1.890 €
Φορτηγό	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			162.657 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			1.435.792 €

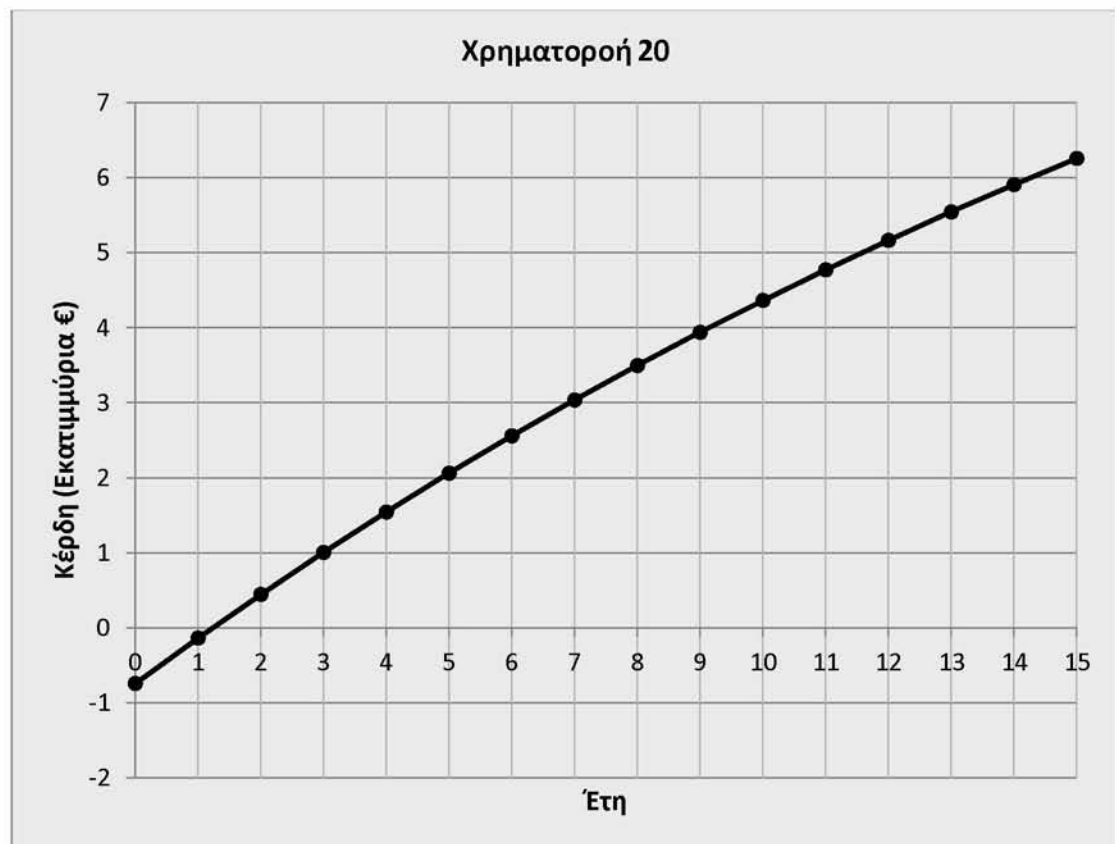
Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	162.657 €	735.000 €	550.330 €	-197.170 €
2	162.657 €	735.000 €	529.163 €	331.993 €
3	162.657 €	735.000 €	508.811 €	840.804 €
4	162.657 €	735.000 €	489.241 €	1.330.045 €
5	162.657 €	735.000 €	470.424 €	1.800.470 €
6	162.657 €	735.000 €	452.331 €	2.252.801 €
7	162.657 €	735.000 €	434.934 €	2.687.734 €
8	162.657 €	735.000 €	418.205 €	3.105.940 €
9	162.657 €	735.000 €	402.121 €	3.508.061 €
10	162.657 €	735.000 €	386.654 €	3.894.715 €
11	162.657 €	735.000 €	371.783 €	4.266.498 €
12	162.657 €	735.000 €	357.484 €	4.623.982 €
13	162.657 €	735.000 €	343.734 €	4.967.716 €
14	162.657 €	735.000 €	330.514 €	5.298.230 €
15	162.657 €	735.000 €	317.802 €	5.616.032 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 20:** Απόδοση 2,2 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 14MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 30km.

Σπόρος	65.978 €	Ετήσια Δόση	7.474 €
Λίπανση	43.985 €	Ετήσια Δόση	4.983 €
Ζιζανιοκτονία	16.495 €	Ετήσια Δόση	1.869 €
Ασθένειες	10.996 €	Ετήσια Δόση	1.246 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	219.927 €	Ετήσια Δόση	24.915 €
Εργάτες Λίπανσης	21.993 €	Ετήσια Δόση	2.491 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	21.993 €	Ετήσια Δόση	2.491 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	21.993 €	Ετήσια Δόση	2.491 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Καύσιμα	12.896 €	Ανά έτος	12.896 €
Οδηγός	1.890 €	Ανά έτος	1.890 €
Φορτηγό	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			105.103 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			927.760 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	105.103 €	735.000 €	605.670 €	-141.830 €
2	105.103 €	735.000 €	582.375 €	440.545 €
3	105.103 €	735.000 €	559.976 €	1.000.520 €
4	105.103 €	735.000 €	538.438 €	1.538.959 €
5	105.103 €	735.000 €	517.729 €	2.056.688 €
6	105.103 €	735.000 €	497.816 €	2.554.504 €
7	105.103 €	735.000 €	478.670 €	3.033.174 €
8	105.103 €	735.000 €	460.259 €	3.493.433 €
9	105.103 €	735.000 €	442.557 €	3.935.990 €
10	105.103 €	735.000 €	425.536 €	4.361.526 €
11	105.103 €	735.000 €	409.169 €	4.770.695 €
12	105.103 €	735.000 €	393.432 €	5.164.126 €
13	105.103 €	735.000 €	378.300 €	5.542.426 €
14	105.103 €	735.000 €	363.750 €	5.906.175 €
15	105.103 €	735.000 €	349.759 €	6.255.935 €

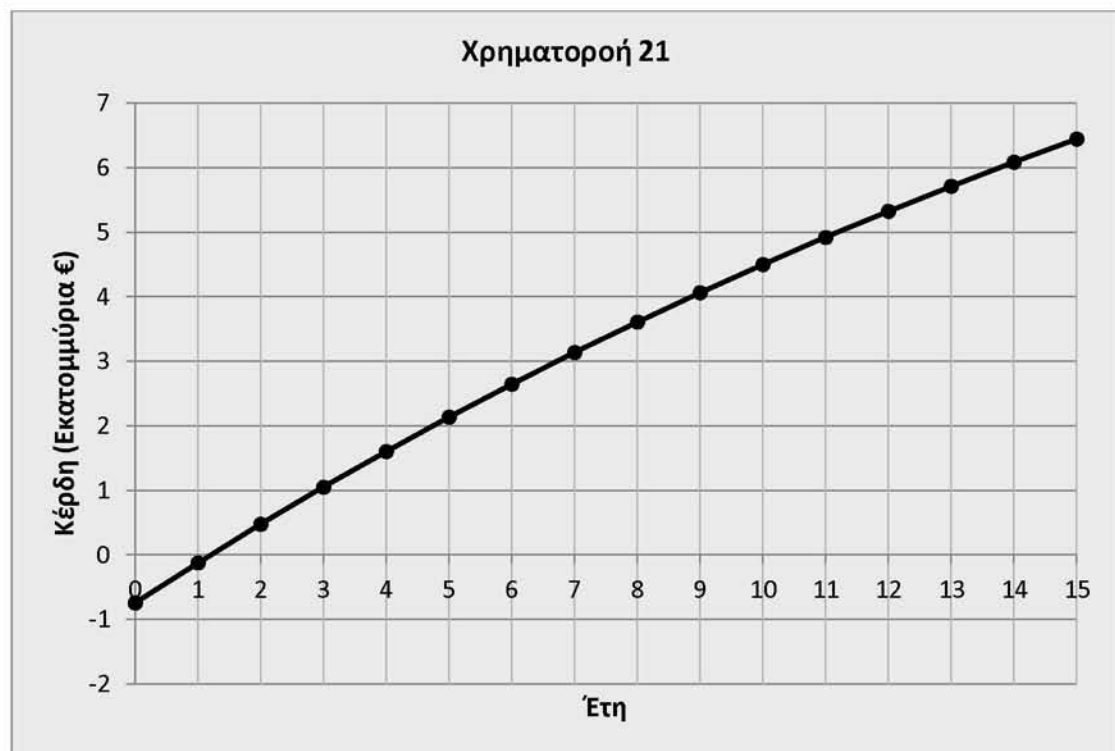




**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 21:** Απόδοση 3,4 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 14MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 30km.

Σπόρος	42.692 €	Ετήσια Δόση	4.836 €
Λίπανση	28.461 €	Ετήσια Δόση	3.224 €
Ζιζανιοκτονία	10.673 €	Ετήσια Δόση	1.209 €
Ασθένειες	7.115 €	Ετήσια Δόση	806 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	142.306 €	Ετήσια Δόση	16.121 €
Εργάτες Λίπανσης	14.231 €	Ετήσια Δόση	1.612 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	14.231 €	Ετήσια Δόση	1.612 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	14.231 €	Ετήσια Δόση	1.612 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Καύσιμα	12.896 €	Ανά έτος	12.896 €
Οδηγός	1.890 €	Ανά έτος	1.890 €
Φορτηγό	3.024 €	Ανά έτος	3.024 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			88.176 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			778.339 €

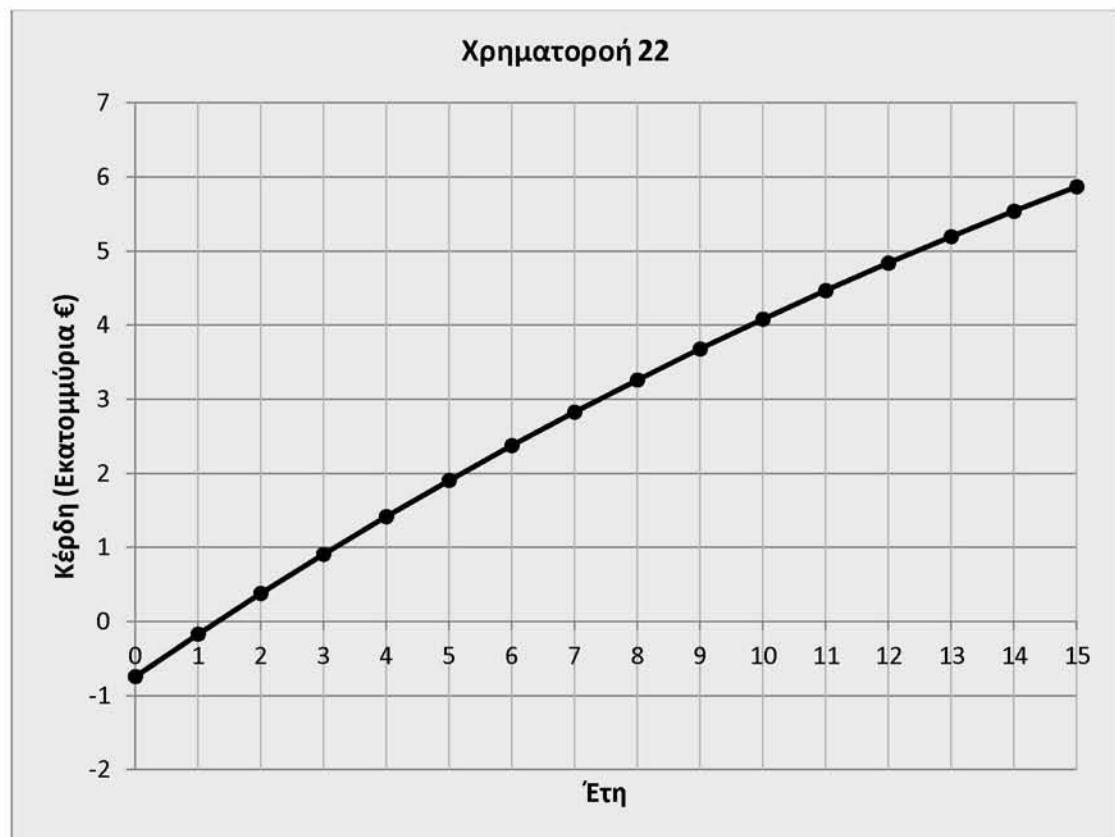
Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	88.176 €	735.000 €	621.946 €	-125.554 €
2	88.176 €	735.000 €	598.025 €	472.472 €
3	88.176 €	735.000 €	575.024 €	1.047.496 €
4	88.176 €	735.000 €	552.908 €	1.600.404 €
5	88.176 €	735.000 €	531.642 €	2.132.046 €
6	88.176 €	735.000 €	511.194 €	2.643.241 €
7	88.176 €	735.000 €	491.533 €	3.134.774 €
8	88.176 €	735.000 €	472.628 €	3.607.402 €
9	88.176 €	735.000 €	454.450 €	4.061.852 €
10	88.176 €	735.000 €	436.971 €	4.498.823 €
11	88.176 €	735.000 €	420.165 €	4.918.988 €
12	88.176 €	735.000 €	404.004 €	5.322.992 €
13	88.176 €	735.000 €	388.466 €	5.711.458 €
14	88.176 €	735.000 €	373.525 €	6.084.983 €
15	88.176 €	735.000 €	359.158 €	6.444.141 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 22:** Απόδοση 1 τόνος/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 17MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 30km.

Σπόρος	119.537 €	Ετήσια Δόση	13.542 €
Λίπανση	79.691 €	Ετήσια Δόση	9.028 €
Ζιζανιοκτονία	29.884 €	Ετήσια Δόση	3.386 €
Ασθένειες	19.923 €	Ετήσια Δόση	2.257 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	398.456 €	Ετήσια Δόση	45.140 €
Εργάτες Λίπανσης	39.846 €	Ετήσια Δόση	4.514 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	39.846 €	Ετήσια Δόση	4.514 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	39.846 €	Ετήσια Δόση	4.514 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Καύσιμα	10.620 €	Ανά έτος	10.620 €
Οδηγός	1.556 €	Ανά έτος	1.556 €
Φορητό	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			140.360 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			1.238.976 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	140.360 €	735.000 €	571.769 €	-175.731 €
2	140.360 €	735.000 €	549.778 €	374.047 €
3	140.360 €	735.000 €	528.633 €	902.680 €
4	140.360 €	735.000 €	508.301 €	1.410.980 €
5	140.360 €	735.000 €	488.751 €	1.899.731 €
6	140.360 €	735.000 €	469.953 €	2.369.683 €
7	140.360 €	735.000 €	451.877 €	2.821.561 €
8	140.360 €	735.000 €	434.498 €	3.256.058 €
9	140.360 €	735.000 €	417.786 €	3.673.844 €
10	140.360 €	735.000 €	401.717 €	4.075.562 €
11	140.360 €	735.000 €	386.267 €	4.461.828 €
12	140.360 €	735.000 €	371.410 €	4.833.239 €
13	140.360 €	735.000 €	357.125 €	5.190.364 €
14	140.360 €	735.000 €	343.390 €	5.533.754 €
15	140.360 €	735.000 €	330.182 €	5.863.936 €



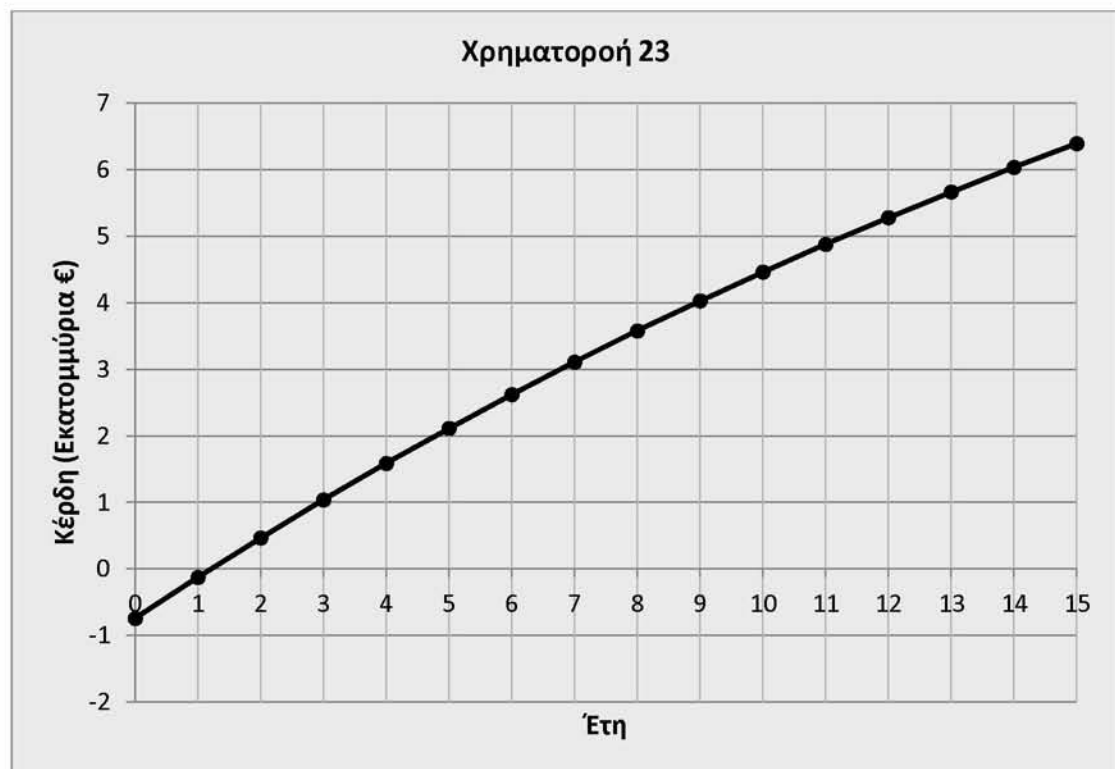


**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 23:** Απόδοση 2,2 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 17MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 30km.

Σπόρος	54.335 €	Ετήσια Δόση	6.155 €
Λίπανση	36.223 €	Ετήσια Δόση	4.104 €
Ζιζανιοκτονία	13.584 €	Ετήσια Δόση	1.539 €
Ασθένειες	9.056 €	Ετήσια Δόση	1.026 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	181.117 €	Ετήσια Δόση	20.518 €
Εργάτες Λίπανσης	18.112 €	Ετήσια Δόση	2.052 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	18.112 €	Ετήσια Δόση	2.052 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	18.112 €	Ετήσια Δόση	2.052 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Καύσιμα	10.620 €	Ανά έτος	10.620 €
Οδηγός	1.556 €	Ανά έτος	1.556 €
Φορτηγό	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			92.963 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			820.597 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	92.963 €	735.000 €	617.343 €	-130.157 €
2	92.963 €	735.000 €	593.599 €	463.442 €
3	92.963 €	735.000 €	570.768 €	1.034.211 €
4	92.963 €	735.000 €	548.816 €	1.583.027 €
5	92.963 €	735.000 €	527.708 €	2.110.734 €
6	92.963 €	735.000 €	507.411 €	2.618.145 €
7	92.963 €	735.000 €	487.895 €	3.106.040 €
8	92.963 €	735.000 €	469.130 €	3.575.170 €
9	92.963 €	735.000 €	451.087 €	4.026.257 €
10	92.963 €	735.000 €	433.737 €	4.459.994 €
11	92.963 €	735.000 €	417.055 €	4.877.049 €
12	92.963 €	735.000 €	401.014 €	5.278.063 €
13	92.963 €	735.000 €	385.591 €	5.663.654 €
14	92.963 €	735.000 €	370.760 €	6.034.414 €
15	92.963 €	735.000 €	356.500 €	6.390.915 €

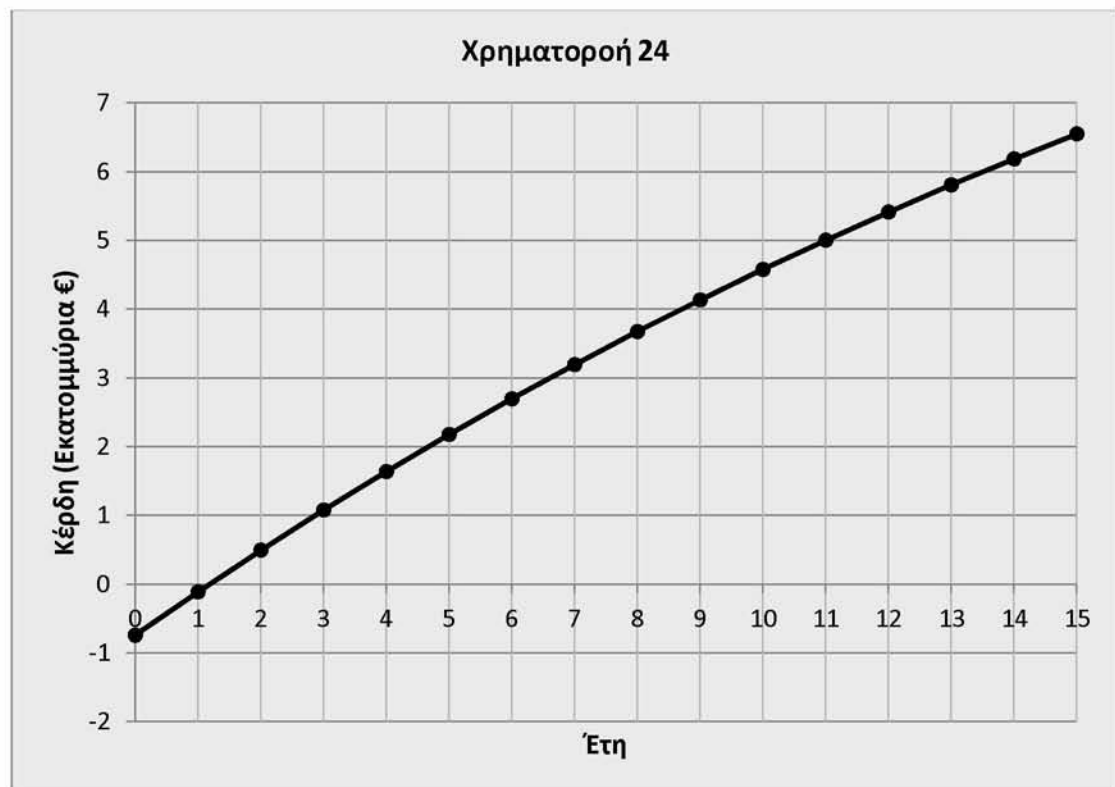




**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 24:** Απόδοση 3,4 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 17MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 30km.

Σπόρος	35.158 €	Ετήσια Δόση	3.983 €
Λίπανση	23.439 €	Ετήσια Δόση	2.655 €
Ζιζανιοκτονία	8.789 €	Ετήσια Δόση	996 €
Ασθένειες	5.860 €	Ετήσια Δόση	664 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	117.193 €	Ετήσια Δόση	13.276 €
Εργάτες Λίπανσης	11.719 €	Ετήσια Δόση	1.328 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	11.719 €	Ετήσια Δόση	1.328 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	11.719 €	Ετήσια Δόση	1.328 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Καύσιμα	10.620 €	Ανά έτος	10.620 €
Οδηγός	1.556 €	Ανά έτος	1.556 €
Φορτηγό	2.490 €	Ανά έτος	2.490 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			79.023 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			697.544 €

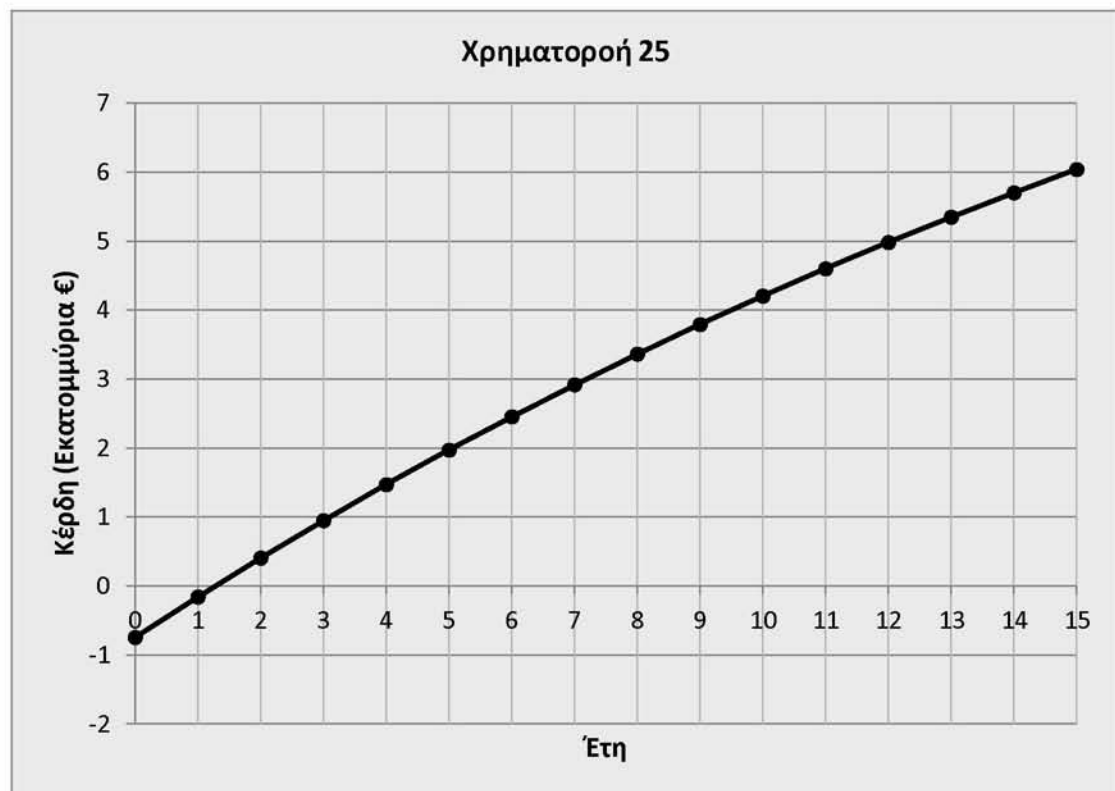
Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	79.023 €	735.000 €	630.747 €	-116.753 €
2	79.023 €	735.000 €	606.488 €	489.735 €
3	79.023 €	735.000 €	583.161 €	1.072.896 €
4	79.023 €	735.000 €	560.732 €	1.633.628 €
5	79.023 €	735.000 €	539.165 €	2.172.794 €
6	79.023 €	735.000 €	518.428 €	2.691.222 €
7	79.023 €	735.000 €	498.489 €	3.189.711 €
8	79.023 €	735.000 €	479.316 €	3.669.027 €
9	79.023 €	735.000 €	460.881 €	4.129.908 €
10	79.023 €	735.000 €	443.155 €	4.573.063 €
11	79.023 €	735.000 €	426.110 €	4.999.173 €
12	79.023 €	735.000 €	409.721 €	5.408.894 €
13	79.023 €	735.000 €	393.963 €	5.802.857 €
14	79.023 €	735.000 €	378.810 €	6.181.668 €
15	79.023 €	735.000 €	364.241 €	6.545.908 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 25:** Απόδοση 1 τόνος/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 20MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 30km.

Σπόρος	101.606 €	Ετήσια Δόση	11.511 €
Λίπανση	67.738 €	Ετήσια Δόση	7.674 €
Ζιζανιοκτονία	25.402 €	Ετήσια Δόση	2.878 €
Ασθένειες	16.934 €	Ετήσια Δόση	1.918 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	338.688 €	Ετήσια Δόση	38.369 €
Εργάτες Λίπανσης	33.869 €	Ετήσια Δόση	3.837 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	33.869 €	Ετήσια Δόση	3.837 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	33.869 €	Ετήσια Δόση	3.837 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Καύσιμα	9.027 €	Ανά έτος	9.027 €
Οδηγός	1.323 €	Ανά έτος	1.323 €
Φορτηγό	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			124.752 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			1.101.205 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	124.752 €	735.000 €	586.777 €	-160.723 €
2	124.752 €	735.000 €	564.208 €	403.485 €
3	124.752 €	735.000 €	542.508 €	945.993 €
4	124.752 €	735.000 €	521.642 €	1.467.635 €
5	124.752 €	735.000 €	501.579 €	1.969.214 €
6	124.752 €	735.000 €	482.288 €	2.451.501 €
7	124.752 €	735.000 €	463.738 €	2.915.239 €
8	124.752 €	735.000 €	445.902 €	3.361.141 €
9	124.752 €	735.000 €	428.752 €	3.789.893 €
10	124.752 €	735.000 €	412.261 €	4.202.155 €
11	124.752 €	735.000 €	396.405 €	4.598.560 €
12	124.752 €	735.000 €	381.159 €	4.979.719 €
13	124.752 €	735.000 €	366.499 €	5.346.217 €
14	124.752 €	735.000 €	352.403 €	5.698.620 €
15	124.752 €	735.000 €	338.849 €	6.037.469 €

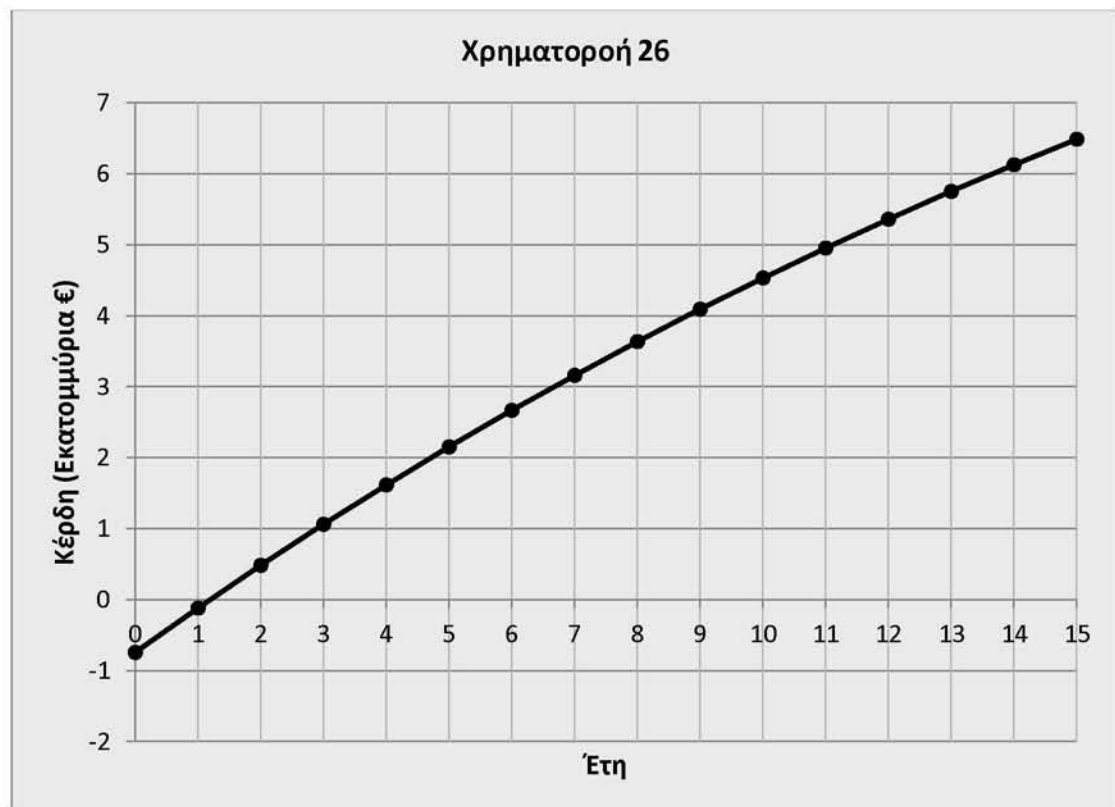


**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 26:** Απόδοση 2,2 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 20MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 30km.

Σπόρος	46.185 €	Ετήσια Δόση	5.232 €
Λίπανση	30.790 €	Ετήσια Δόση	3.488 €
Ζιζανιοκτονία	11.546 €	Ετήσια Δόση	1.308 €
Ασθένειες	7.697 €	Ετήσια Δόση	872 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	153.949 €	Ετήσια Δόση	17.440 €
Εργάτες Λίπανσης	15.395 €	Ετήσια Δόση	1.744 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	15.395 €	Ετήσια Δόση	1.744 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	15.395 €	Ετήσια Δόση	1.744 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Καύσιμα	9.027 €	Ανά έτος	9.027 €
Οδηγός	1.323 €	Ανά έτος	1.323 €
Φορτηγό	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			84.465 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			745.582 €



Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	84.465 €	735.000 €	625.514 €	-121.986 €
2	84.465 €	735.000 €	601.456 €	479.471 €
3	84.465 €	735.000 €	578.323 €	1.057.794 €
4	84.465 €	735.000 €	556.080 €	1.613.874 €
5	84.465 €	735.000 €	534.692 €	2.148.567 €
6	84.465 €	735.000 €	514.127 €	2.662.694 €
7	84.465 €	735.000 €	494.353 €	3.157.047 €
8	84.465 €	735.000 €	475.340 €	3.632.387 €
9	84.465 €	735.000 €	457.057 €	4.089.444 €
10	84.465 €	735.000 €	439.478 €	4.528.922 €
11	84.465 €	735.000 €	422.575 €	4.951.497 €
12	84.465 €	735.000 €	406.322 €	5.357.820 €
13	84.465 €	735.000 €	390.694 €	5.748.514 €
14	84.465 €	735.000 €	375.668 €	6.124.182 €
15	84.465 €	735.000 €	361.219 €	6.485.401 €



**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 27:** Απόδοση 3,4 τόνοι/στρέμμα, θερμογόνος δύναμη 20MJ/kg και χιλιομετρική απόσταση 30km.

Σπόρος	29.884 €	Ετήσια Δόση	3.386 €
Λίπανση	19.923 €	Ετήσια Δόση	2.257 €
Ζιζανιοκτονία	7.471 €	Ετήσια Δόση	846 €
Ασθένειες	4.981 €	Ετήσια Δόση	564 €
Μηχανήματα έναρξης	165.500 €	Ετήσια Δόση	18.749 €
Ενοικίαση έκτασης	99.614 €	Ετήσια Δόση	11.285 €
Εργάτες Λίπανσης	9.961 €	Ετήσια Δόση	1.129 €
Εργάτες Ζιζανιοκτονίας	9.961 €	Ετήσια Δόση	1.129 €
Εργάτες Εφαρμογής Dimetoate	9.961 €	Ετήσια Δόση	1.129 €
Μηχανήματα Συγκομιδής	155.000 €	Ετήσια Δόση	17.560 €
Εργάτες Συγκομιδής	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Καύσιμα	9.027 €	Ανά έτος	9.027 €
Οδηγός	1.323 €	Ανά έτος	1.323 €
Φορτηγό	2.117 €	Ανά έτος	2.117 €
Σύνολο Σταθερής Ετήσιας Δόσης			72.616 €
Καθαρή Παρούσα Αξία Επένδυσης			640.987 €

Έτη	Έξοδα	Έσοδα	Διαφορά	Αθροιστικά
0	747.500 €	0 €	-747.500 €	-747.500 €
1	72.616 €	735.000 €	636.908 €	-110.592 €
2	72.616 €	735.000 €	612.412 €	501.820 €
3	72.616 €	735.000 €	588.857 €	1.090.677 €
4	72.616 €	735.000 €	566.209 €	1.656.886 €
5	72.616 €	735.000 €	544.432 €	2.201.317 €
6	72.616 €	735.000 €	523.492 €	2.724.809 €
7	72.616 €	735.000 €	503.358 €	3.228.167 €
8	72.616 €	735.000 €	483.998 €	3.712.165 €
9	72.616 €	735.000 €	465.382 €	4.177.547 €
10	72.616 €	735.000 €	447.483 €	4.625.030 €
11	72.616 €	735.000 €	430.272 €	5.055.302 €
12	72.616 €	735.000 €	413.723 €	5.469.026 €
13	72.616 €	735.000 €	397.811 €	5.866.837 €
14	72.616 €	735.000 €	382.510 €	6.249.347 €
15	72.616 €	735.000 €	367.798 €	6.617.145 €

