

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

2021-2023

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: LOGISTICS MANAGEMENT



«Logistics της Βιομάζας»

Διπλωματική Εργασία

της

ΙΩΑΝΝΑΣ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ

ΑΜ:TML2125

Επιβλέπων Καθηγητής: Αναπληρωτής Καθηγητής
ΡΑΧΑΝΙΩΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Πειραιάς, Νοέμβριος 2023

«Της παιδείας οι ρίζες είναι πικρές, μα οι καρποί γλυκοί»

Αριστοτέλης, (384-322 π.χ.)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	6
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	7
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ΔΗΛΩΣΗ).....	8
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	9
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	10
ABSTRACT	12
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	14
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	16
1.1 ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ	16
1.1.1 Ορισμός.....	16
1.1.2 Η έννοια της βιωσιμότητας στην Ε.Ε. ως κινητήριος δύναμη του 21ου αιώνα	16
1.1.3 Το εύρος της έννοιας της βιωσιμότητας στην Ε.Ε.	17
1.2 ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.....	18
1.3 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	21
1.4 COVID-19 ΚΑΙ ΒΙΟΜΑΖΑ	21
1.4.1 Οικονομικός αντίκτυπος της covid-19 στη βιομάζα	23
1.4.2 Περιβαλλοντικός αντίκτυπος της covid-19 στη βιομάζα	24
1.4.3 Κοινωνικός αντίκτυπος της covid-19 στη βιομάζα	25
1.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ	26
1.5.1 Το νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα για τη βιομάζα	28
1.5.2 Η συνεισφορά της βιομάζας στο Ισοζύγιο ενέργειας της Ελλάδας.....	28
1.6 ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	32
2.1. ΟΡΙΣΜΟΙ	32
2.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	33
2.3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	34
2.3.1 Παραδοσιακή βιομάζα.....	34
2.3.2 Σύγχρονη βιομάζα	35
2.3.3 Υπολειμματική μορφή.....	35
2.3.4 Ενεργειακές καλλιέργειες.....	36
2.4. ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΛΥΣΙΔΑ ΑΞΙΑΣ ΒΙΟΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ.....	40
2.4.1 Πρώτη γενιά βιοκαυσίμων: Χρήση και μετατροπή.....	40

2.4.2	Δεύτερη γενιά βιοκαυσίμων: μη εδώδιμες καλλιέργειες και λιγνοκυτταρινούχα απόβλητα.....	41
2.4.3	Τρίτη γενιά βιοκαυσίμων: Μη τροφική χερσαία βιομάζα.....	41
2.5.	ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	42
2.5.1	Θερμομηχανική επεξεργασία	42
2.5.2	Βιοεπεξεργασία	43
2.6.	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε.ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	44
2.6.1	Πλεονεκτήματα	44
2.6.2	Μειονεκτήματα.....	45
2.7.	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:	ΤΑ LOGISTICS ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	47
3.1	ΟΡΙΣΜΟΙ	47
3.2	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε. (ΕΛΛΑΔΑ) ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ IBLC.....	50
3.2.1	Πλεονεκτήματα	50
3.2.2	Μειονεκτήματα.....	51
3.3	ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (IBLC) ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ.....	53
3.4	ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ.....	55
3.5	Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΑ ΚΕΝΤΡΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	55
3.6	ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	56
3.7	ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ: ΜΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ SWOT.....	61
3.7.1.	Δυνάμεις.....	62
3.7.2.	Αδυναμίες.....	62
3.7.3.	Ευκαιρίες.....	62
3.7.1.	Απειλές.....	63
3.8	ΑΛΥΣΙΔΑ ΑΞΙΑΣ LOGISTICS- IBLC	63
3.9	ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΔΙΑ ΓΙΑ ΤΟ IBLC.....	65
3.10	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΟΥ ΒΑΣΙΚΟΥ ΑΓΡΟΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ (ALC) ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΕΝΤΡΟ LOGISTICS (IBLC).....	68
3.11	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	72
3.12	ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΚΕΝΤΡΑ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ.....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΙΣΠΑΝΙΑ .	77

4.1	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ I ΤΗΣ ΙΣΠΑΝΙΑΣ (AGROINDUSTRIAL PASCUAL SANZ)	82
4.1.1	Δραστηριότητα αγροτοβιομηχανίας.....	82
4.1.2	Μελλοντική ιδέα ανάπτυξης μονάδας παραγωγής και δραστηριότητας	84
4.2	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ II ΤΗΣ ΙΣΠΑΝΙΑΣ: ΣΑΡΑΓΟΣΑ	88
4.2.1	Πρόβλημα.....	88
4.2.2	Μεθοδολογία	90
4.2.3	Οικονομική ανάλυση.....	91
4.2.4	Αποτελέσματα	93
4.3	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ III: ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΓΡΟΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ	94
4.3.1	Δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα.....	94
4.3.2	Αποτελέσματα	96
4.4	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ IV: ΕΛΛΑΔΑ.....	97
4.4.1	Πρόβλημα.....	97
4.4.2	Τρόποι διαχείρισης & αξιοποίηση της βιομάζας.....	99
4.4.3	Αλυσίδα αξίας της ελιάς για το ολοκληρωμένο κέντρο βιομάζας	100
4.4.4	Αποτελέσματα	101
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	104
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	107
	Αγγλική	107
	Ελληνική.....	116

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1:Ασθενή αιφορία	20
Εικόνα 2:Ισχυρή αιφορία	20
Εικόνα 3: Αποτελέσματα COVID-19 και σχέδια ανθεκτικότητας	23
Εικόνα 4: Η παγκόσμια τάση των εκπομπών CO2	25
Εικόνα 5: Ποσοστά συμμετοχής ειδών ανανεώσιμης ενέργειας	27
Εικόνα 6:χρήση των ΑΠΕ στην ΕΕ	29
Εικόνα 7: παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ	30
Εικόνα 8: Ταξινόμηση της βιομάζας.....	35
Εικόνα 9: Βιομάζα υπολειμματική μορφή.	36
Εικόνα 10: Ενεργειακές καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας	37
Εικόνα 11:Miscanthus	38
Εικόνα 12:Switchgrass	39
Εικόνα 13: Willow	39
Εικόνα 14:Ζαχαροκάλαμο.....	40
Εικόνα 15: Ολοκληρωμένο κέντρο διαχείρισης βιομάζα.....	47
Εικόνα 16: Εφοδιαστική αλυσίδα στο σύστημα παραγωγής βιοενέργεια	54
Εικόνα 17: Γενικός σχεδιασμός εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας	58
Εικόνα 18: Σχηματική θέση ενός IBLC στην αλυσίδα αξίας.....	64
Εικόνα 19: Η έννοια SUCELLO.....	70
Εικόνα 20: Ελαιοποιήσιμη ελιά	80
Εικόνα 21:Επιτραπέζια ελιά	80
Εικόνα 22: Βαμβάκι	80
Εικόνα 23: Πατάτα.....	81
Εικόνα 24: Πορτοκάλια	81
Εικόνα 25: Σιτάρι	81
Εικόνα 26: Αμπέλια	82
Εικόνα 27: Δείγματα της ερευνας από την παραγωγή πέλλετ.....	87
Εικόνα 28: Σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου MILP για ένα IBCLC.....	88
Εικόνα 29: Χάρτης προμήθειας ελαιόλαδου της NUTRIA.....	97
Εικόνα 30:Εργαλείο χαρτογράφησης GIS	100
Εικόνα 31: Αλυσίδα αξίας επίδειξης συγκομιδής OTP στον Άγιο Κωνσταντίνο Φθιώτιδας.....	100
Εικόνα 32: Απαλλαγή των συγκομισθέντων κλαδεμάτων στην πλατφόρμα αριστερά. Χώρος αποθήκευσης των συγκομισθέντων κλαδεμάτων δεξιά	101
Εικόνα 33: Δυνατότητα κλαδέματος ελιάς για διαφορετική ακτίνα γύρω από τα NUTRIA.....	102

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Γενικό διάγραμμα παραγωγής ζωοτροφών	85
Διάγραμμα 2: Κατανάλωση αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας	86
Διάγραμμα 3: Διάφορα κόστη και δυνητικό κέρδος για καθένα από τα τρία προϊόντα.....	92
Διάγραμμα 4: Εναλλακτικές επιχειρηματικές έννοιες της NUTRIA	99

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Νομοθεσίες στην Ελλάδα για τις ΑΠΕ	28
Πίνακας 2: Ποσοστά Υγρασίας	34
Πίνακας 3: Ευκαιρίες & Εμπόδια ενός ολοκληρωμένου κέντρου Logistics βιομάζας (IBLC).....	65
Πίνακας 4: Σύγκριση της έννοιας του βασικού κέντρου εφοδιαστικής αγροτοβιομηχανίας (ALC) και της ενημερωμένης ολοκληρωμένης βιομάζας IBLC	69

Πίνακας 5: Περίοδοι αδράνειας βιομηχανιών.....	77
Πίνακας 6: Διαθεσιμότητα καλλιεργειών	78
Πίνακας 7:κόστη μεταφοράς βιομάζα /μεταφορικό μέσο & είδος.....	79
Πίνακας 8: Γεωργικά κατάλοιπα στην Ελλάδα.....	94
Πίνακας 9: Αγροτοβιομηχανικά υποπροϊόντα στην Ελλάδα	94

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Το σχήμα απεικονίζει το γραμμικό ανοιχτό μοντέλο και το μοντέλο κυκλικού κλειστού βρόχου	18
Σχήμα 2: Διαδικασία φωτοσύνθεσης	33
Σχήμα 3: Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας.....	42
Σχήμα 4: Βιοχημική μετατροπή της βιομάζας.	43
Σχήμα 5:Αλυσίδα εφοδιασμού βιομάζας και δραστηριότητες εφοδιαστικής.....	49
Σχήμα 6: Μοντέλο MILP για ένα IBCLC.	88
Σχήμα 7: Χρήση εξοπλισμού και παραγωγή της τρέχουσας κατάστασης και του βασικού σεναρίου.	91

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ΔΗΛΩΣΗ)

ΔΗΛΩΣΗ

«Η Μεταπτυχιακή διπλωματική δημιουργήθηκε από την Σακελλαρίου Ιωάννα και έπειτα εκπονήθηκε. Η παρούσα διπλωματική εργασία εμφανίζει στοιχεία πρωτοτυπίας και αποτελεί θεμελιώδη πυλώνα για να επιτευχθεί η απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου: « Logistics Management ». «Τα πνευματικά δικαιώματα χρήσης μη πρωτότυπου υλικού Μεταπτυχιακής διατριβής ανήκουν αποκλειστικά στην μεταπτυχιακή φοιτήτρια. Το δικαίωμα χρήσης των αυθεντικών μερών του Μεταπτυχιακής διατριβής ανήκει στην μεταπτυχιακή φοιτήτρια. Για την αξιοποίηση της μελέτης χρειάζεται άδεια πνευματικών δικαιωμάτων και από την φοιτήτρια. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η δημοσίευση πρωτότυπων τμημάτων της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας σε επιστημονικά περιοδικά ή πρακτικά συνεδρίων ή ένταξη στην Πανεπιστημιακή Βιβλιοθήκη και από τους δύο ή ένας εκ αυτών, υπό την προϋπόθεση ότι και τα δύο ονόματα αναφέρονται ως συν-συγγραφείς. Σε αυτή την περίπτωση, προαπαιτούμενο είναι η γραπτή ειδοποίηση από μη συμμετέχοντες της συγγραφής του επιστημονικού άρθρου. Το υλικό που έχει κηρυχθεί απόρρητο εγγράφως δεν μπορεί να δημοσιοποιηθεί με κανέναν τρόπο».

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2022– 2023, στο πλαίσιο του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών του Τμήματος Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιά με κατεύθυνση Logistics Management. Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Νικόλαο Ραχανιώτη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου ένα καινοτόμο αντικείμενο έρευνας.

Επιπλέον, θα ήθελα να αποδώσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Επιστημονικό Συνεργάτη του Π.Μ.Σ. μας Βλάση Γιαννάκαινα για το χρόνο του και τις άριστες επιστημονικές γνώσεις που μοιράστηκε μαζί μου, καθώς και για την προθυμία του και τη συμβολή του σε οποιαδήποτε δυσκολία αντιμετώπισα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την αμέριστη στήριξη καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου, και ιδιαίτερα τους γονείς μου, που μου έδειξαν αμέριστη εμπιστοσύνη σε εμένα και στις δυνατότητες μου, στους οποίους αφιερώνω την εργασία αυτή.

Ιωάννα Σακελλάριου

2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τις πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας της βιομάζας. Ο πρωταρχικός στόχος είναι να προσδιοριστούν οι αναδυόμενες τάσεις, προκλήσεις και ευκαιρίες, το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει αυτόν τον τομέα τους, τομείς και να προταθούν στρατηγικές για την ενίσχυση του ρόλου της, στην επίτευξη των στόχων βιώσιμης ανάπτυξης και την δημιουργία ολοκληρωμένων κέντρων βιομάζας.

Η βιομάζα, ως ανανεώσιμη και ουδέτερη σε άνθρακα πηγή ενέργειας, έχει κερδίσει αυξανόμενη προσοχή στην αναζήτηση βιώσιμης ανάπτυξης. Η διπλωματική διερευνά τις δυνατότητες μετατροπής της βιομάζας σε βιοενέργεια, βιοκαύσιμα και βιοπροϊόντα, τονίζοντας τη σημασία των αποδοτικών και φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών μετατροπής. Οι τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνουν βιοχημικές, θερμοχημικές και υβριδικές μεθόδους, οι οποίες επιτρέπουν την εξόρυξη πολύτιμων προϊόντων από τη βιομάζα, μειώνοντας παράλληλα τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η μελέτη προσδιορίζει επίσης τα εμπόδια στη χρήση βιομάζας, όπως η διαθεσιμότητα πρώτων υλών, τα ζητήματα της αλυσίδας εφοδιασμού και οι ρυθμιστικοί περιορισμοί. Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, προτείνεται η ανάπτυξη ολοκληρωμένων κέντρων βιομάζας, η ενίσχυση της έρευνας και της ανάπτυξης και η εφαρμογή υποστηρικτικών πολιτικών για την προώθηση της υιοθέτησης βιομάζας και της ανάπτυξης της αγοράς.

Στην συνέχεια, η διπλωματική αναδεικνύει προτάσεις δημιουργίας ολοκληρωμένων κέντρων βιομάζας μέσω της ανάλυσης του εξωτερικού τους περιβάλλοντος, αξιοποιώντας το στρατηγικό εργαλείο PESTEL, από όπου προκύπτουν πέραν της στρατηγικής ανάπτυξης και δεδομένα διαχείρισής τους. Επιπρόσθετα, πραγματοποιείται ανάλυση του εσωτερικού περιβάλλοντος με το στρατηγικό εργαλείο SWOT, η οποία έδωσε στοιχεία για τις λειτουργίες και τα συστήματα ενός κέντρου εφοδιαστικής βιομάζας. Παρουσιάζεται αναφορικά ένα μοντέλο MILP που βελτιστοποιεί την διαδικασία λήψης των σχετικών αποφάσεων.

Από τα αποτελέσματα της διπλωματικής προκύπτει ότι η επιτυχημένη διαχείριση των ολοκληρωμένων κέντρων βιομάζας, βασίζεται στη βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων με στόχο την μείωση χρόνου αδράνειας των μηχανημάτων της βιομηχανικής

εγκατάστασης σε συνδυασμό με την εφαρμογή ενός μοντέλου χωροθέτησης, το οποίο ελαχιστοποιεί της άσκοπες μετακινήσεις και την απώλεια υλικού, καθώς και σωστή διαχείριση των πόρων βιομάζας. Συμπερασματικά, η παρούσα διπλωματική εργασία παρέχει μια ολοκληρωμένη ανάλυση των εξελίξεων στον τομέα της εφοδιαστικής της βιομάζας, δίνοντας έμφαση στη δυνατότητα βιώσιμης ανάπτυξης στη διαχείριση των logistics βιομάζας.

Λέξεις - κλειδιά: ολοκληρωμένα κέντρα βιομάζας, βιωσιμότητα κέντρων διαχείρισης βιομάζας, ενεργειακές καλλιέργειες βιομάζας, στρατηγική και λήψη αποφάσεων κέντρων βιομάζας, είδη βιομάζα, κυκλική οικονομία και βιομάζας, κέντρο εφοδιαστικής βιομάζας.

ABSTRACT

This dissertation thesis explores recent developments in the field of biomass supply chain. The primary objective is the identification of emerging trends, challenges, and the regulations opportunities, laws governing these sectors and the proposition of strategies to strengthen its role in achieving sustainable development goals and creating integrated biomass centers.

Biomass, as a renewable and carbon-neutral energy source, has gained increasing attention in the pursuit of sustainable development. The thesis investigates the potential for converting biomass into bioenergy, biofuels and bioproducts, emphasizing the importance of efficient and environmentally friendly conversion technologies. These technologies include biochemical, thermochemical and hybrid methods, which allow for the extraction of valuable products from biomass, while simultaneously reducing greenhouse gas emissions. The thesis also identifies barriers to biomass use such as raw material availability, supply chain issues and regulatory constraints. To address these challenges, the thesis suggests the development of integrated biomass centers, enhanced research and development and supportive policies to promote the adoption of biomass and market development.

The thesis highlights proposals for developing integrated biomass centers through the analysis of the external environment using the strategic tool PESTEL, which, in addition to strategic development, extracts and manages data. Furthermore, an analysis of the internal environment followed, which provided information on the functions and systems of a biomass supply center. A MILP model that optimizes the decision-making process is presented.

The results of the thesis suggest that the successful management of integrated biomass centers is based. The optimal utilization of resources, on the in order minimize the downtime of the machinery in the industrial facility in combination with the development of a location model that minimizes the distance the unnecessary handling and material loss. In conclusion, this thesis provides a comprehensive analysis of the developments in the field biomass logistics, emphasizing their potential to lead to sustainable development in the management of logistic biomass.

Keywords: Integrated Biomass Logistics Center, sustainability of biomass management centers, energy crops, strategy and decision making for biomass centers, types of biomass, circular economy and biomass, Biomass Logistics Center.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Όνομασία	Αγγλικά	Ελληνικά
IBLC / (ΟΚΕΒ)	Integrated Biomass Logistics Center	Ολοκληρωμένα Κέντρα Εφοδιαστικής Βιομάζας
EE	European Union	Ευρωπαϊκή Ένωση
EC	EUROPEAN COMMISSION	Ευρωπαϊκή Επιτροπή
BSP / (ΣΕΒ)	Biomass Supply Point	Σημείο Εφοδιασμού Βιομάζας
BPF ή ΕΕΒ	Biomass Processing Facility	Εγκατάσταση Επεξεργασίας Βιομάζας
BDC / (ΚΖΒ)	Biomass Demand Center	Κέντρο Ζήτησης Βιομάζας
GIS /(ΣΓΠ)	Geographical Information System	Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών
LBPDs / (ΤΑΕΒ)	Local Biomass Processing Depots	Τοπικές Αποθήκες Επεξεργασίας Βιομάζας
ARBPDs / (ΠΠΑΕΒ)	Advanced Regional Biomass Processing Depots	Προηγμένες Περιφερειακές Αποθήκες Επεξεργασίας Βιομάζας.
BL	Biomass Logistic	
BLC /(ΑΕΒ)	Biomass Logistic Center	Αλυσίδα Εφοδιασμού Βιομάζας
DLC	Distribution Processes in The Biomass Logistics System	
BDPN	Biomass Depots Processing network	
HHV	Higher Heating Value	
LHV	Lower Heating Value	
TRL	Technology Readiness Level	
ΧΥΤΑ		Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων
ΠΟΕ		Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου
ΣΔΕΑ		Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόκρισης
ΑΠΕ		Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας
ΣΗΘ		Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη για βιώσιμες ενεργειακές λύσεις έχει γίνει όλο και πιο εμφανής, καθώς η ζήτηση ενέργειας συνεχίζει να ξεπερνά την προσφορά. Στο πλαίσιο αυτό, οι έννοιες της βιωσιμότητας, της κυκλικής οικονομίας και της εφαρμογής της νομοθεσίας έχουν καταστήσει σημαντική τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου κέντρου βιομάζας. Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία έχει ως στόχο να διερευνήσει τις δυνατότητες δημιουργίας ενός ολοκληρωμένου κέντρου διαχείρισης βιομάζας ώστε να παραχθούν νέα βιο-προϊόντα και να μειωθεί το φαινόμενο εποχικότητας και αδράνειας εξοπλισμού που χαρακτηρίζει συνήθως τις περισσότερες βιομηχανίες.

Το Κεφάλαιο 1 εμβαθύνει στην έννοια της βιωσιμότητας, εστιάζοντας στους τρεις πυλώνες της: οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική. Στο κεφάλαιο υπογραμμίζεται η σημασία μιας κυκλικής οικονομίας, η οποία προάγει την αποδοτικότητα των πρώτων υλών και τη μείωση των απορριμμάτων. Αναλύεται, επίσης, ο ρόλος της νομοθεσίας στη διαμόρφωση βιώσιμων πρακτικών και τις προκλήσεις που θέτει η ενεργειακή κρίση στον απόηχο της πανδημίας COVID-19.

Το Κεφάλαιο 2 παρέχει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της βιομάζας ως δυνητικής πηγής ενέργειας. Ορίζει τη βιομάζα, συζητά τα διάφορα χαρακτηριστικά, τους τύπους και τις μεθόδους επεξεργασίας της, καθώς και την εφοδιαστική βιομάζας που περιλαμβάνει αλληλεξαρτώμενες λειτουργίες που σχετίζονται με τη συγκομιδή και τη συλλογή, την αποθήκευση, την προ επεξεργασία και τη μεταφορά. Το κεφάλαιο διερευνά επίσης τα οφέλη και τους περιορισμούς της ενέργειας από βιομάζα.

Το Κεφάλαιο 3 εισάγει την έννοια των ολοκληρωμένων κέντρων βιομάζας. Αυτές είναι εγκαταστάσεις που δημιουργήθηκαν με στόχο τη βελτιστοποίηση της διοίκησης λειτουργιών και της παραγωγής βιομάζας για ενέργεια. Αυτό το κεφάλαιο αναλύει τα δυνατά και αδύνατα σημεία αυτών των κέντρων, τη διαδικασία λήψης αποφάσεων για την ίδρυσή τους και τους παράγοντες επιτυχίας για την αποτελεσματική λειτουργία τους.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τρεις περιπτώσιολογικές μελέτες που καταδεικνύουν τη σημασία της λειτουργίας και υλοποίηση κέντρων βιομάζας. Αυτές οι περιπτώσιολογικές μελέτες ρίχνουν φως στις μοναδικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει κάθε έργο και στα διδάγματα που αντλήθηκαν από τις επιτυχίες και τις αποτυχίες τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1 ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ

1.1.1 Ορισμός

Η βιωσιμότητα είναι η ικανότητα αναγνώρισης, ανάπτυξης και προώθησης βιώσιμων πρακτικών και στρατηγικών για τη διατήρηση ενός υγιούς φυσικού περιβάλλοντος με οικονομικά σταθερό και επιπλέον κοινωνικά πρακτικό τρόπο (Golroudbary et al., 2019).

1.1.2 Η έννοια της βιωσιμότητας στην Ε.Ε. ως κινητήριος δύναμη του 21ου αιώνα

Η αειφορία, ή αλλιώς γνωστή ως βιωσιμότητα, είναι ένα από τα πιο σημαντικότερα, θέματα στον κόσμο, τον 21ο αιώνα. Σύμφωνα με το Agriculture and Rural Development (AGROinLOG, 2023), η σύγχρονη έννοια της βιωσιμότητας, αναδύεται ως σημαντικό θέμα στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα και πιο συγκεκριμένα από τις δεκαετίες του 1970 και του 1980, όταν οι επιπτώσεις των περιβαλλοντικών θεμάτων και της κλιματικής αλλαγής άρχισαν να γίνονται όλο και πιο σημαντικές ως έννοιες στην ανθρωπότητα.

Υποστηρίζεται ότι οφείλεται στους Meadows et al. (1972) και στην έκθεσή τους «Limits to Growth» του 1972 που ανέδειξαν την βιωσιμότητα στις επιχειρήσεις και έπειτα την ένταξαν στην κοινωνία με στόχο την αξιοποίηση των πόρων από τα υπολείμματα καθώς λάμβαναν υπόψη την πληθυσμιακή αύξηση και την μείωση των ορυκτών καυσίμων (Donella H. Meadows et al., 1972). Σε αντίθεση με ό,τι πίστευαν οι ειδικοί ευρέως μέχρι τότε, η έρευνα οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η οικονομική ανάπτυξη στην πραγματικότητα δεν είναι αόριστη και ότι υπάρχουν πραγματικά όρια στην ανάπτυξη της οικονομικής βιωσιμότητας των επιχειρήσεων (Vos, 2007). Επιπρόσθετα, «το να είσαι μη βιώσιμος» θα παρεμποδίσει πραγματικά τις συνθήκες διαβίωσης των μελλοντικών γενεών (Vos, 2007). Έτσι, φτάνει κανείς στην έννοια της «αειφόρου ανάπτυξης». Το 1987 (WCED, 1987) η αειφόρος ανάπτυξη ορίστηκε ως «η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες» (European Union, 2006).

Η αειφορία και συνεπώς η αειφόρος ανάπτυξη, περιλαμβάνουν διαδεδομένες έννοιες που επηρεάζουν όλους τους ανθρώπους, τις επιχειρήσεις, τους οργανισμούς και τις κυβερνήσεις. Η βιωσιμότητας – λόγω της εκτεταμένης φύσης της – θα πρέπει να καθοριστεί ειδικά στο περιβάλλον και την διαχείριση του, στην κοινωνία και κατά πόσο είναι ευαισθητοποιημένη ως προς το περιβάλλον αλλά και ότι η ευαισθητοποίηση δεν θα προκαλέσει πρόβλημα στα οικονομικά ζητήματα παγκοσμίως (Fichter and Tiemann, 2020). Η Ε.Ε. έχει δεσμευτεί, να γίνει ο «παγκόσμιος ηγέτης» στη βιώσιμη ανάπτυξη (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2023). Οι σχετικές συνθήκες και οι συζητήσεις της Ε.Ε. προωθούν διαρκώς τη βιωσιμότητα. Ωστόσο, η Πράσινη Συμφωνία που θα πραγματοποιηθεί έως το 2050 αποτελεί σημείο αναφοράς στην ευρωπαϊκή πολιτική για το κλίμα, καθώς θέτονται τα όρια για να λειτουργήσει βιώσιμα η κοινωνία.

1.1.3 Το εύρος της έννοιας της βιωσιμότητας στην Ε.Ε.

Από τον ορισμό της βιωσιμότητας στην έκθεση Brundtland του 1987 η χάραξη βιώσιμης πολιτικής αφορούσε ουσιαστικά τη συμφιλίωση των αναφερόμενων τριών διαστάσεων οι οποίες είναι **οικονομική γραμμή, κοινωνία γραμμή, περιβαλλοντική γραμμή** (Vos, 2007). Αυτό το τρίπτυχο ονομάζεται ως «Triple Bottom Line» ή τριπλή κατώτατη γραμμή, και οδηγεί στην επιτυχία των επιχειρήσεων να γίνουν βιώσιμες.

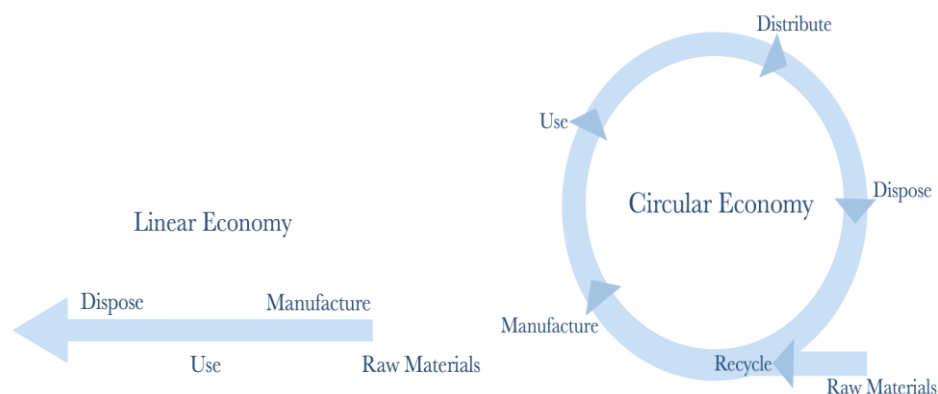
Ως εκ τούτου, υπήρχαν ενδείξεις τόσο διεθνών όσο και ευρωπαϊκών κατευθύνσεων προς πιο ολοκληρωμένες μορφές διακυβέρνησης, όπως η ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής πολιτικής (EPI). Αυτό συνεπάγεται την εξισορρόπηση των κοινωνικών και οικονομικών προτεραιοτήτων σε συνδυασμό με το περιβάλλον (Bartle and Vass, 2007). Επομένως, ο πρωταρχικός στόχος της χάραξης βιώσιμης πολιτικής στην Ευρωπαϊκή Ένωση, έγκειται στην κλιματική και περιβαλλοντική πτυχή της αειφορία με στόχο την καλύτερη διαχείρισή της. Αυτή η εστίαση μπορεί να μεταφραστεί σε στόχους που μπορούν να επιτευχθούν κυρίως μέσω της επιρροής στους οικονομικούς τομείς με τη μορφή πολιτικών στρατηγικών κινήσεων. Με την επίτευξη μιας βιώσιμης οικονομικής διάστασης, η Ευρωπαϊκή Ένωση φιλοδοξεί να αναλάβει την ηγετική περιβαλλοντική θέση και να γίνει το κύριο παράδειγμα βιωσιμότητας την επόμενη δεκαετία.

Στην κατάσταση αυτή, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, δηλαδή ο εκτελεστικός βραχίονας της Ε.Ε., έχει συχνά επικριθεί για την διαχείριση των προβλημάτων, με τον οποίο έχει επι-

λύσει ή δεν κατάφερε να επιλύσει, τις προκλήσεις διακυβέρνησης που συνοδεύουν ακανθώδη ζητήματα, λόγω αυστηρής δικαιοδοσίας και εξάρτησης από άλλα θεσμικά όργανα της Ε.Ε. (Candel et al., 2016).

1.2 ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Προκειμένου να λυθούν τα σχετικά κρίσιμα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις σήμερα, έχει εμφανιστεί ένας νέος τρόπος επιχειρηματικής δραστηριότητας, που ονομάζεται κυκλική οικονομία. Σύμφωνα με τους Lau et al το 2020, αυτό το νέο πλαίσιο βιωσιμότητας που συνεπάγει διαδικασίες σε κύκλο αδιάσπαστη η μία από την άλλη διαδικασία και με την προσθήκη ακόμα ένα στάδιο που είναι η επαναχρησιμοποίηση. Αυτό σημαίνει ότι η παραλαβή πρώτων υλών μέχρι το τελικό στάδιο που είναι και το επιπλέον βήμα της, πιστεύεται ότι διαταράσσει τα τρέχοντα γραμμικά μοντέλα τα οποία εμπεριέχουν την διαδικασία σε σειριακή μορφή η οποία δεν περιλαμβάνει στάδια επαναχρησιμοποίησης (Lau et al., 2020). Το παραπάνω μοντέλο της γραμμικής βιωσιμότητας ανοιχτού γραμμικού βρόχου αποτρέπει ζημίες στις επιχειρήσεις, όταν ο εσωτερικός βρόχος της κυκλικής οικονομίας (ανακατασκευή, εφοδιαστική, διαχείριση πρώτων υλών, παραγωγή, ανακύκλωση δηλαδή ο κύκλος του νέου μοντέλου βιωσιμότητα) προωθεί την διερεύνηση της λειτουργίας, και αυτό το μοντέλο απεικονίζεται στο **Σχήμα 1** (Geissdoerfer et al., 2017).



Σχήμα 1: Το σχήμα απεικονίζει το γραμμικό ανοιχτό μοντέλο και το μοντέλο κυκλικού κλειστού βρόχου (Geissdoerfer et al., 2017).

Σημαντική παράμετρος της κυκλικής οικονομίας είναι τα μοντέλα ανοιχτού και κλειστού βρόχου που έχουν ως βασική επιδίωξη την παράταση της ζωής των προϊόντων και προτείνονται δυο τρόποι διαχείρισης της επέκτασης ζωής (Moore et al. 2022). Πρώτος τρόπος, ο χρόνος χρήσης του προϊόντος (επισκευή) και ο δεύτερος τρόπος να δοθεί νέα ζωή στο προϊόν (ανακατασκευή). Εξάγεται το συμπέρασμα πως ότι η κυκλική οικονομία χρησιμοποιεί πόρους αλλά και τους συντηρεί σε έναν συνεχή βρόχο ανατροφοδότησης. Επίσης, οι Moore et al αναλύουν τους τρόπους επέκτασης ζωής των προϊόντων, στηριζόμενοι στην θεωρία των δύο βρόχων δηλαδή το μοντέλο βιωσιμότητας που αναφέρθηκε παραπάνω (Moore et al. 2022). Επομένως, όσο παρατείνεται ο χρόνος λειτουργίας δημιουργείται προστιθέμενη αξία για το προϊόν ή/και των μερών που το απαρτίζουν, το οποίο διατηρεί συνεχώς την υψηλότερη χρησιμότητα και αξία για υλικά και προϊόντα. Ο Stahel το 2016 υποστηρίζει τη συγκεκριμένη θέση αναφέροντας «...αντικαταστήστε την παραγωγή με επάρκεια. επαναχρησιμοποιήστε ό,τι μπορείτε, ανακυκλώστε ό,τι δεν μπορείτε να ξαναχρησιμοποιήσετε, επισκευάστε ό,τι είναι χαλασμένο, ανακατασκευάστε ό,τι δεν επισκευάζεται» (Stahel, 2016).

Διαφορετικοί ερευνητές εξηγούν έτσι την κυκλική οικονομία με ελαφρώς διαφορετικούς τρόπους. Ως εκ τούτου, παρουσιάζονται εδώ διάφορες εξηγήσεις ερευνητών για την έννοια. Πρώτον, οι Zhijun και Nailing γράφουν το 2007 ότι μια κυκλική οικονομία μπορεί να στηριχθεί σε τρεις αρχές (Zhijun and Nailing, 2007):

1. Μειωμένη χρήση πόρων - ελαχιστοποίηση της χρήσης πρώτων υλών και ενέργειας και μείωση της ρύπανσης.

Επαναχρησιμοποίηση – χρήση προϊόντων σε άλλες εφαρμογές μετά την κατανάλωση στη χώρα.

2. Ανακύκλωση - Επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος πολλές φορές.

Αντίθετα, ένας άλλος ορισμός του TU Delft βασίζεται σε δύο αρχές, ως εξής (Chen, 2023):

- α. τα υπολείμματα πρέπει να παράγουν προστιθέμενη αξία,
- β. να υπάρχει μεγαλύτερη βιοποικιλότητα ώστε να διαθέτει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα. Επομένως, ένας κρίσιμος παράγοντας είναι η συστημική σκέψη η

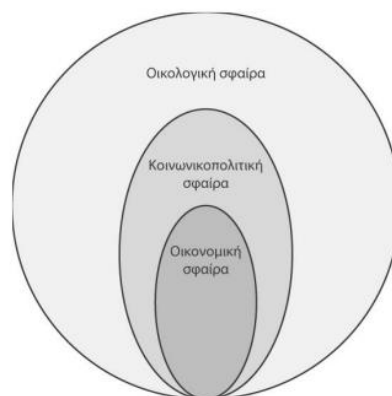
οποία παρατηρεί όλους τους εμπλεκόμενους ενός συστήματος εφοδιαστικής και βιομηχανικής περιοχής και εστιάζει στην δημιουργία ευκαιριών αξίας.

Η βιώσιμη ανάπτυξη των επιχειρήσεων ορίζεται ως θεμιτός στόχος της κυκλικής οικονομίας. Η βιωσιμότητα των επιχειρήσεων εμφανίζεται με δυο μορφές την ασθενή και την ισχυρή. Δηλαδή όταν αναφερόμαστε σε ασθενή κυκλική οικονομία (**Εικόνα 1**), αυτό σημαίνει ότι η κοινωνία, οικονομία, περιβάλλον εντάσσονται σαν ξεχωριστές οντότητες, που δεν αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, αλλά λειτουργούν μόνο για το δικό τους συμφέρον (Ιωάννης Χαϊδούλης, 2023).



Εικόνα 1:Ασθενή αειφορία (Ιωάννης Χαϊδούλης, 2023).

Από την άλλη πλευρά έχουν την ισχυρή αειφορία (**Εικόνα 2**) η οποία λαμβάνει υπόψη τα όρια που έχουν τεθεί για το περιβάλλον τα οποία συνήθως πηγάζουν από την φέρουσα ικανότητα των οικοσυστημάτων. Αυτή μορφή προλαμβάνει κινδύνους προς το περιβάλλον θεσπίζοντας όρια για τις επιχειρήσεις και για τους ανθρώπους, έτσι ενσωματώνει την οικονομία στο περιβάλλον αντί να μεταβάλλουμε το περιβάλλον στην οικονομία (Ιωάννης Χαϊδούλης, 2023).



Εικόνα 2:Ισχυρή αειφορία (Ιωάννης Χαϊδούλης, 2023).

1.3 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι Α.Π.Ε. αναφέρονται στην ενέργεια που προέρχεται από τη χρήση φυσικών πόρων που διατίθενται στο φυσικό περιβάλλον, μια από αυτές τις μορφές είναι και η βιομάζα που είναι πηγή πλούτου όταν αξιοποιηθεί. Η αξιοποίηση στην καθημερινότητα των Α.Π.Ε. είναι υψηλής σημασίας για την ελαχιστοποίηση της εξάρτησής μας από τα παραδοσιακά είδη ενέργειας, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, και για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται από τη χρήση αυτών των πηγών ενέργειας (US Energy Information Administration, 2023).

1.4 COVID-19 ΚΑΙ ΒΙΟΜΑΖΑ

Γενικά, κάθε επιδημία ή πανδημία επηρεάζει ουσιαστικά τις επιχειρήσεις και τις αλυσίδες εφοδιασμού μειώνοντας την αποτελεσματικότητα και την ποιότητα των επιδόσεων τους (Ivanov, 2020) και διαταράσσοντας τις αλυσίδες εφοδιασμού(δημιουργώντας το φαινόμενο ripple effect), οι οποίες επηρεάζουν αρνητικά την ανθεκτικότητα και τη βιωσιμότητά τους (Kinra et al., 2020). Η νόσος του κορονοϊού, εξαπλώθηκε γρήγορα σε όλο τον κόσμο και αναγνωρίστηκε σύντομα ως σημαντική μολυσματική ασθένεια. Εκατομμύρια άνθρωποι νοσηλεύτηκαν μετά τη νοσηλεία του πρώτου ασθενούς στις 12 Δεκεμβρίου 2019 (Ryu and Chun, 2020). Τα περισσότερα ποσοστά μόλυνσης και θανάτου καταγράφηκαν στην Ισπανία, τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ιταλία (Guo et al., 2020). Η δημόσια υγεία έχει επηρεαστεί σε όλο τον κόσμο λόγω της πανδημίας. Η κρίση COVID-19 έχει επιζήμιες επιπτώσεις στον ενεργειακό τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι αλυσίδες παραγωγής και εφοδιασμού έχουν διαταραχθεί από τα μέτρα αντιμετώπισης, όπως εκτεταμένους περιορισμούς των πολιτών (Lockdown), η συρρίκνωση της ζήτησης αγαθών και υπηρεσιών, η συμπίεση των τιμών των εμπορευμάτων και η πρόκληση σημαντικής οικονομικής συρρίκνωσης παγκοσμίως. Εκτός από την υγειονομική κρίση, η πανδημία προκάλεσε την απώλεια εργασίας σε πολλούς ανθρώπους, απειλώντας τα προς το ζην (δηλαδή να μην έχουν οικονομική ευχέρεια ούτε για τα βασικά προϊόντα για να ζήσουν, λόγω των μειωμένων θέσεων εργασίας). Ωστόσο, χώρες όπως η Αυστραλία έχουν λάβει ορισμένα αυστηρά μέτρα για την πρόληψη της COVID-19 που οδηγεί σε καλύτερες συνθήκες διαβίωσης (Eroğlu, 2021). Επιπλέον, ήταν μόνο η πανδημία COVID-19 που θα μπορούσε να επηρεάσει ταυτόχρονα όλους τους κόμβους (μέλη της αλυσίδας εφοδιασμού) σε μια

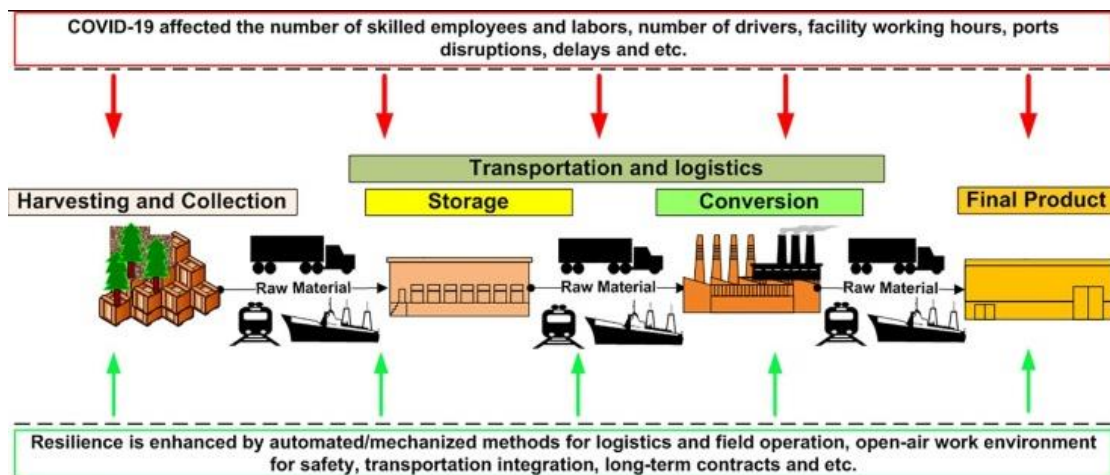
αλυσίδα εφοδιασμού η οποία είχε ως αποτέλεσμα σημαντική διακοπή της ροής της αλυσίδας εφοδιασμού (Gunessee and Subramanian, 2020). Οδήγησε σε αύξηση, για παράδειγμα, της ζήτησης για βασικά είδη όπως αποξηραμένα και κονσερβοποιημένα τρόφιμα, ατομικό προστατευτικό εξοπλισμό και αναπνευστήρες. Λόγω τέτοιων πολυδιάστατων επιπτώσεων στις αλυσίδες εφοδιασμού, μαζί με πολλές άλλες χρηματοοικονομικές/οικονομικές προκλήσεις, η COVID-19 επηρέασε σοβαρά το διεθνές εμπόριο παγκοσμίως (Dontoh et al., 2018). Για παράδειγμα, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου (ΠΟΕ) ανέφερε πτώση 13-32% στο παγκόσμιο εμπόριο το 2020 λόγω της πανδημίας (Martelli-Júnior et al., 2020).

Ο Hosseini το 2020 βοήθησε στην ανάπτυξη ανανεώσιμης και βιώσιμης ενέργειας κατά τη διάρκεια της COVID-19 για την ανάκτηση της πράσινης παραγωγής ενέργειας και των προσεγγίσεων χαμηλών εκπομπών άνθρακα από την βιομάζα (Hosseini, 2020), για την τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος σε εργοστάσια.

Επίσης, σημαντική παράμετρος για το κλείσιμο παραγωγικής δραστηριότητας στην Κίνα των εργοστασίων παραγωγής αιολικής ενέργειας κατά 50% ήταν η οικονομική ύφεση (κρίση) λόγω της πανδημίας. Αποτέλεσμα αυτού του παγκόσμιου "ripple effect" ήταν ότι μείωσε την ταχύτητα ανάπτυξης ανανεώσιμης ενέργειας σε διάφορα μέρη του κόσμου (Zahraee et al., 2022). Η αλυσίδα εφοδιασμού βιομάζας (BSC) επηρεάστηκε αναπόφευκτα από τη συνέχιση του lockdown της COVID-19. Περιορισμός πρώτων υλών και μείωση παραγωγής επέφερε η COVID-19 στις επιχειρήσεις. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της βιομάζας φοινικέλαιου, λόγω της μεγάλης εξάρτησης του BSC φοινικέλαιου από τις πρώτες ύλες χαμηλότερης αξίας, όπως τα υπολείμματα δασών που προκύπτουν από τη διαχείριση των δασών, οι αλυσίδες εφοδιασμού περιορίστηκαν και δεν επαρκούσε διαθεσιμότητα τους με αποτέλεσμα να γίνετε λαθρεμπόριο από μεταποιητές και μεταπωλητές, επέφερε πλήγμα στις ήδη υπάρχοντες επιχειρήσεις που δραστηριοποιούντουσαν στην διανομή βιομάζας. Έτσι, λόγω του κλεισίματος των σημαντικότερων εγκαταστάσεων παραγωγής και της μείωσης των δραστηριοτήτων τους, ορισμένες επιπτώσεις έγιναν αισθητές στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Το επίκεντρο των ενδιαφερομένων στη βιομηχανία βιομάζας είναι να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα και την ευελιξία των αλυσίδων εφοδιασμού τους (Zahraee et al., 2022). Επίσης, οι επιχειρήσεις θέλουν επενδύσεις υψηλής απόδοσης για το περιβάλλον και τις επιχειρήσεις μέσω πιο πράσινων αλυσίδων εφοδιασμού καθώς η πράσινη

συμφωνία δίνει οικονομικές ελαφρύνσεις και τις επιβραβεύει για τα οφέλη που προσφέρουν στο περιβάλλον (Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Beyond COVID, 2019). Η COVID-19 έχει μειώσει τον αριθμό των ειδικευμένων εργαζομένων και έχει διαταράξει τη βιομηχανία ξυλείας στο κομμάτι της αλυσίδα εφοδιασμού βιομάζας (BSC), επηρεάζοντας έτσι τις κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές συνθήκες του BSC, καθώς και την παραγωγή, μεταφορά και χρήση γεωργικής βιοενέργειας (Zahraee et al., 2019). Η πανδημία COVID-19 έχει διαρκείς επιπτώσεις στην εργασία των ανθρώπων και στον τρόπο λειτουργίας των αλυσίδων εφοδιασμού. Για να διαχειριστούν κατάλληλα τις μελλοντικές προκλήσεις, οι βιομηχανίες που σχετίζονται με τη βιομάζα πρέπει να οικοδομήσουν μακροπρόθεσμη ανθεκτικότητα στις αλυσίδες αξίας τους. Οι εταιρείες βιομάζας και οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να ανταποκριθούν γρήγορα και με σιγουριά στην κρίση με αποτελεσματικά βραχυπρόθεσμα τακτικά σχέδια για τον μετριασμό των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία και τη διατήρηση της παγκόσμιας λειτουργικότητας του BSC (*Εικόνα 3*).



Εικόνα 3: Αποτελέσματα COVID-19 και σχέδια ανθεκτικότητας (Zahraee et al., 2019).

Είναι ζωτικής σημασίας να αναλυθεί αυστηρά η επίδραση της τρέχουσας πανδημίας στη συμμόρφωση με τη βιωσιμότητα. Αυτή η ενότητα έχει αναφέρει αναλυτικά τις γενικές και ειδικές επιπτώσεις της πανδημίας στις οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές πτυχές.

1.4.1 Οικονομικός αντίκτυπος της covid-19 στη βιομάζα

Εκτός από τη μεταποιητική βιομηχανία, ο τομέας των μεταφορών καταναλώνει το μεγαλύτερο μέρος του ορυκτελαίου (Zahraee et al., 2021). Μεταξύ των χωρών που

συμμετέχουν στον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ), η κατανάλωση ορυκτών αντιπροσωπεύει το 50% των οδικών μεταφορών, το 9% για τους οικιακούς, γεωργικούς και εμπορικούς τομείς, το 14% για τα πετροχημικά και το 8% για τις αερομεταφορές και τέλος διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες αντιπροσωπεύουν περίπου το 15% (Jefferson, 2020).

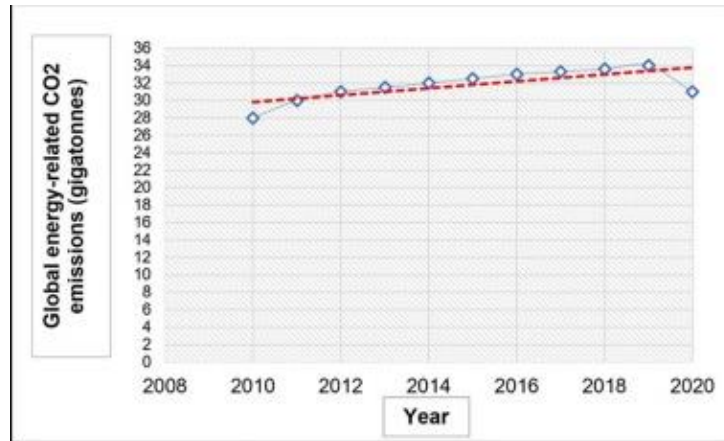
Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, ο οποίος αναγνωρίζει τις αβεβαιότητες σχετικά με τις προοπτικές της αγοράς πετρελαίου, δήλωσε ότι η ζήτηση καυσίμων για τις μεταφορές ήταν ο τομέας που επηρεάστηκε περισσότερο ((Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, 2020), (“Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας,” 2023)). Η COVID-19 επηρέασε αρνητικά πολλές εθνικές οικονομίες, ενώ ορισμένες άλλες μπόρεσαν να δείξουν ανθεκτικότητα σε κάποιο βαθμό (Bagchi et al., 2020). Υπήρχαν διάφοροι κίνδυνοι διακοπής στις εγκαταστάσεις μεταφορών και υποδομής λόγω ανθρωπογενών και φυσικών καταστροφών που είχαν ως αποτέλεσμα σημαντικές απώλειες στην αλυσίδα εφοδιασμού (Wang et al., 2020). Από αυτή την άποψη, η απόδοση της BSC επηρεάζεται σημαντικά από την αβεβαιότητα της ζήτησης λόγω του εξαιρετικά ανταγωνιστικού επιχειρηματικού περιβάλλοντος (Ji et al., 2020). Επιπλέον, τα βιοδιυλιστήρια συχνά παρουσιάζουν συμφόρηση λόγω της διαθεσιμότητας πρώτων υλών, όπως οι περίοδοι συγκομιδής βιομάζας. Αυτό αυξάνει το κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας και μειώνει την απόδοση του βιοδιυλιστηρίου. Με βάση αυτή την προοπτική, οι επιπτώσεις των ζητημάτων συμφόρησης θα μπορούσαν να μετριαστούν χρησιμοποιώντας ένα σύστημα διαχείρισης βιομάζας (Poudel et al., 2016).

1.4.2 Περιβαλλοντικός αντίκτυπος της covid-19 στη βιομάζα

Σε αντίθεση με την οικονομική πτυχή, το περιβάλλον επηρεάζεται θετικά από την επιδημία COVID-19. Επίσης, σημαντική παράμετρος ήταν ότι οι χώρες εμπόδισαν τα άτομα να ταξιδεύουν ως μέρος των μέτρων lockdown, με αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών βλαβερών αερίων. Η COVID-19 μείωσε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται από ορισμένες χώρες όπως η Ιταλία και η Κίνα (Le Quére et al., 2020). Η έρευνα που διεξήχθη με επίκεντρο τη COVID-19, π.χ. στην Ισπανία, την Ουγκάν και τις ΗΠΑ, έδειξε μείωση της ρύπανσης κατά 30% (Muhammad et al., 2020).

Αυτό προσφέρει μια ευκαιρία για τον κόσμο να επανεξετάσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούσαν οι επιχειρήσεις πριν από την πανδημία, να αρχίσει να επενδύει

περισσότερες σε αξιόπιστες και καθαρές πηγές ενέργειας και να διευκολύνει τις εταιρείες να στραφούν σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Zahraee et al. 2022).



Εικόνα 4: Η παγκόσμια τάση των εκπομπών CO₂ για (2010 -2020) (Zahraee et al. 2022).

Η παγκόσμια εκπομπή CO₂ φαίνεται (*Εικόνα 4*) να μειώνεται ακόμη πιο γρήγορα, φτάνοντας τους 30,6 Giga tonnes (Gt) για το 2020, το οποίο είναι σχεδόν 8% χαμηλότερο από αυτό το 2019. Από το 2010, αυτό ήταν το χαμηλότερο επίπεδο. Αυτή είναι η πιο σημαντική μείωση που έχει σημειωθεί ποτέ, η οποία είναι έξι φορές μεγαλύτερη από την προηγούμενη μείωση κατά 0,4 Gt το 2009 λόγω της παγκόσμιας ύφεσης και διπλάσια από τις προηγούμενες μειώσεις από το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου (Aktar et al., 2021).

1.4.3 Κοινωνικός αντίκτυπος της covid-19 στη βιομάζα

Οι κοινωνικές πτυχές διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στην επίτευξη επιτυχούς βιωσιμότητας των επιχειρήσεων της παγκόσμιας οικονομίας (Zahraee et al., 2022). Οι κοινότητες επηρεάζονται διαφορετικά. Η μείωση των νέων φορολογικών εσόδων και η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρήθηκαν θετικές επιπτώσεις.

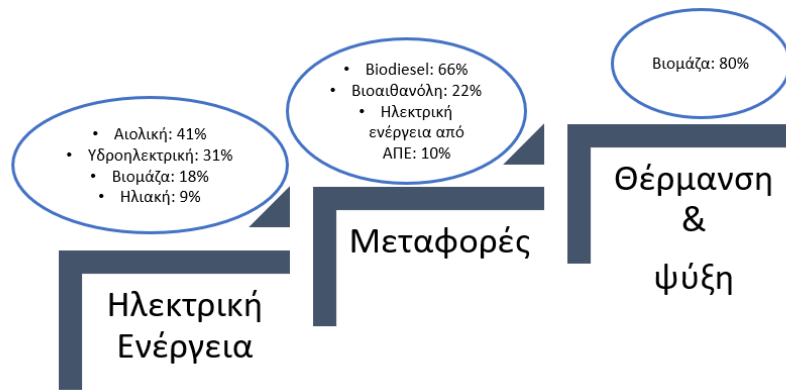
Η Ευρώπη και οι περισσότερες χώρες είδαν παρόμοιες κοινωνικές επιπτώσεις. Ένας στους δύο στον ιδιωτικό τομέα, που είναι περισσότεροι από 10 εκατομμύρια εργαζόμενοι, στη Γαλλία έχασε τη δουλειά του λόγω του lockdown (ανεξάρτητος πάροχο συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, 2020). Οι μεταποιητικές βιομηχανίες αναγκάστηκαν να διακόψουν τις δραστηριότητές τους μακροπρόθεσμα κατά τη

διάρκεια αυτών των περιόδων υποβαθμίζοντας τις επιχειρήσεις τους. Ως εκ τούτου, οι περισσότεροι από αυτούς δεν μπορούσαν εύκολα να αντιμετωπίσουν τις απώλειες μέχρι να επιτραπεί στις βιομηχανίες να λειτουργήσουν ξανά. Υπήρξε σημαντική πτώση στην παραγωγή ηλιακών μονάδων λόγω του κλεισίματος των κινεζικών εργοστασίων τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο (Hoang et al., 2021). Σταδιακά μετά από το κλείσιμο βιομηχανιών της Κίνας, υπήρξε η εμφάνιση κλεισίματος παραγωγής αργότερα σε άλλες χώρες, όπως σε μέρη της Ευρώπης και της Ινδίας καθώς εξαπλωνόταν η ασθένεια της COVID-19. Η διαταραχή αυτή οφείλεται στις εργασίες υψηλής έντασης εργασίας που πρέπει να διεξάγονται από άτομα στο BSC, ιδίως στη διαδικασία συγκομιδής και συλλογής βιομάζας. Για παράδειγμα, η Μαλαισία (ως η δεύτερη μεγαλύτερη χώρα στην κατάταξη των παραγωγών φοινικέλαιου) εξαρτάται περίπου από το 70% της ξένης εργασίας σε κρίσιμες δραστηριότητες, όπως η συγκομιδή και η συλλογή βιομάζας φοινικέλαιου. Καλύπτει περίπου το 30% έως 40% του συνολικού κόστους παραγωγής φοινικέλαιου (Zahraee et al., 2022). Με τον ίδιο τρόπο, στην Ινδία και τη Βραζιλία, η βιομηχανία ζαχαροκάλαμου που χρησιμεύει ως η πιο σημαντική πηγή ενεργειακής μήτρας για τα βιοκαύσιμα εξαρτάται εξαιρετικά από χειρωνακτικές εργασίες για τις διαδικασίες όπως η κοπή και η στοίβαξη του ζαχαροκάλαμου πριν από την παραγωγή ζάχαρης (Kamali et al., 2018).

1.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ

Οι νόμοι που ισχύουν για τη βιομάζα διαφέρουν ανάλογα με τη χώρα ή την περιοχή (Energy.gov, 2023):

- Στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι νόμοι και οι κανονιστικές απαιτήσεις για τη βιομάζα εξαρτώνται από την πηγή και τη χρήση της. Ως παράδειγμα, η βιομάζα ως καύσιμο ρυθμίζεται από πολιτειακές ή ομοσπονδιακές κυβερνήσεις.
- Στην Ε.Ε, ο τρόπος χρήσης των Α.Π.Ε και ειδικά της βιομάζας πραγματοποιείται από τα αρμόδια υπουργεία τα οποία ακολουθούν νόμους και οδηγίες σε εθνικό επίπεδο.
- Εστίαση των κρατών μελών στο προσδιορισμό των Α.Π.Ε. στους τομείς όπως στην *Εικόνα 5*.



Εικόνα 5: Ποσοστά συμμετοχής ειδών ανανεώσιμης ενέργειας (Hugo & Minna, 2015).

Όπως αναφέρεται από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο στην Οδηγία 2003/30 Ε.Κ., αναπτύχθηκε μια στρατηγική για τη προστασία της βιώσιμης ανάπτυξης με βάση τις όλες τις μορφές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, στοχεύουν στην πραγματοποίηση ενός ολοκληρωμένου κέντρου βιομάζας με επίκεντρο τη δημιουργία βιοκαυσίμων και βιοπροϊόντων. Έτσι, καθορίστηκαν μέτρα επίτευξης και στόχους που πρέπει να πραγματοποιηθούν σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2003). Επιπλέον, τα βιοκαύσιμα, καθαρά ή σε μείγμα, μπορούν κατ' αρχήν να χρησιμοποιηθούν σε υπάρχοντα οχήματα και σε υπάρχοντα συστήματα διανομής καυσίμων. Η ανάμειξη βιοκαυσίμων με ορυκτά καύσιμα μπορεί να μειώσει το κόστος στα τοπικά συστήματα διανομής. Λαμβάνονται μέτρα για την απαλλαγή από τις μεταφορές που στηρίζονται στα ορυκτά καύσιμα και την προώθηση μιας πράσινης και βιώσιμης οικονομίας.

Το σχέδιο δράσης υποστηρίζει τα εξής (Energia, 2020):

- 1 Αναβάθμιση εξοπλισμού για ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.
- 2 Κτήρια με ενεργειακή συμπεριφορά («παθητικά κτίρια»).
- 3 Πιο αποδοτική παραγωγή και διανομή ενέργειας.
- 4 Αναβαθμισμένα αυτοκίνητα και πιο φιλικά προς το περιβάλλον.
- 5 Επιδοτήσεις ως προς τις Α.Π.Ε..
- 6 Ωθηση των νέων μελών της κοινότητας στις πράσινες ενέργειες.
- 7 Παγκόσμια Ευρωπαϊκή ενεργειακή φορολογική πολιτική.
- 8 Αποτελεσματικότερη κατανόηση στα θέματα ενεργειακής κατανάλωσης και παραγωγής.
- 9 Προβίβαση σε κατοικήσιμες περιοχές της ενεργειακής απόδοσης.
- 10 Ενίσχυση/ενθάρρυνση των ενεργειακών αποδόσεων σε παγκόσμιο επίπεδο.

1.5.1 Το νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα για τη βιομάζα

Στόχος της Ε.Ε. είναι μείωση χρήση πετρελαίου και αύξηση των Α.Π.Ε σε 20% έως το 2020 (ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ, 2003). Στον **Πίνακα 1** αναλύονται, οι νόμοι και οι εφαρμογή τους (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017).

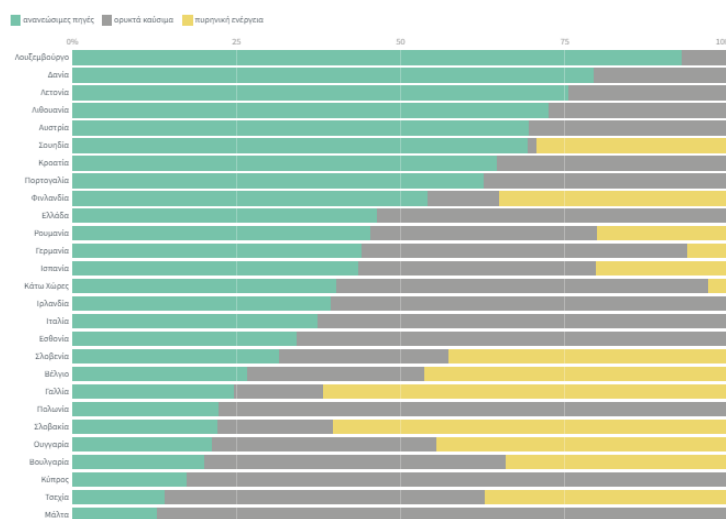
Πίνακας 1: Νομοθεσίες στην Ελλάδα για τις ΑΠΕ (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017)

Νόμοι	ΦΕΚ	Εφαρμογές
N. 1559/1985	ΦΕΚ 135/A/85	«Ρύθμιση Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας και Θέματα Ειδικότητας Θεμάτων Παραγωγής Συμβατικής Ενέργειας Καυσίμου και Άλλοι Κανονισμοί»
N. 2244/1994	(ΦΕΚ 68/A/94)	«Ρύθμιση θεμάτων που σχετίζονται με την παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και άλλες ρυθμίσεις από συμβατικά καύσιμα»
N. 2773/99	(ΦΕΚ 286/A/99)	«Κανονισμός Παραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας» Ενέργεια και Συμβατικά Καύσιμα και Διάφοροι Κανονισμοί»
N. 3175/2003	(ΦΕΚ 207/A/03)	«Κανονισμοί για τη γεωθερμία και την κεντρική θέρμανση»
N. 3661/2008	(ΦΕΚ 89/A/08).	«Μέτρα για μείωση κατανάλωση ενέργειας των κτηρίων»
Νόμος 3423/2005	(ΦΕΚ 304/A/05).	Εισαγόμενα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα με βάση την οδηγία 2003/30/EK

1.5.2 Η συνεισφορά της βιομάζας στο Ισοζύγιο ενέργειας της Ελλάδας

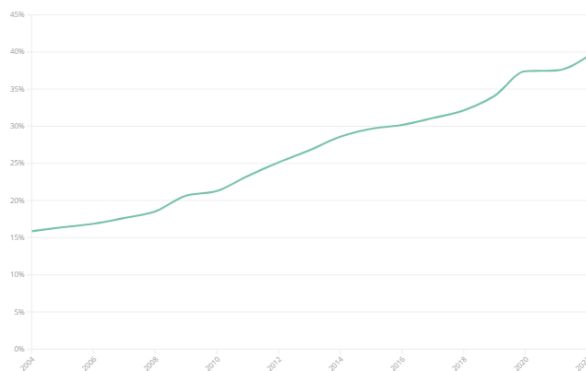
Στις αναπτυσσόμενες χώρες, η βιομάζα μπορεί να είναι επαρκής ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες έως και το $\frac{1}{3}$ των ενεργειακών αναγκών. Η ποσότητα βιομάζας που χρησιμοποιείται παγκοσμίως είναι πολύ χαμηλότερη από τις δυνατότητές της στις περισσότερες περιοχές. Στην Ελλάδα, η συνεισφορά της βιομάζας στο ενεργειακό

ισοζύγιο εκτιμάται ότι είναι περίπου 3-5% τα τελευταία 30 χρόνια. Στην Ευρώπη, η βιομάζα χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή ενέργειας. Το 2010, ο ρυθμός αύξησης της χρήσης ενέργειας από στερεά βιομάζα κατετάγη δεύτερος, 10 φορές χαμηλότερος από το 2003 (9,8%), αλλά αντιστοιχεί σε υψηλότερη παραγωγή ενέργειας. Αυτή η απότομη αύξηση μπορεί να αποδοθεί εν μέρει στις εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες το 2010. Στην Ευρώπη, αυτό οδήγησε σε αύξηση της ζήτησης θέρμανσης. Έπειτα, η αυξημένη υποδομή για μονάδες επεξεργασίας βιομάζας ώστε να αυξηθεί η παραγωγή ενέργειας (νέοι λέβητες στερεάς βιομάζας, σύγχρονες μονάδες συμπαραγωγής κ.λπ.) και η καλύτερη οργάνωση της εφοδιαστικής αλυσίδας έπαιξαν επίσης σημαντικό ρόλο. Η Γερμανία, η Γαλλία και η Σουηδία είναι οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας από στερεά βιομάζα. Η Ελλάδα ήταν τελευταία στη σχετική λίστα το 2010. Σχετικά με το 2010 τώρα η Ελλάδα το 2022 κατάφερε να ανέβει στην 10 θέση για χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (**Εικόνα 6**).



Εικόνα 6: Χρήση των ΑΠΕ στην ΕΕ (2004-2022), (Candel et al., 2016).

Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο (**Εικόνα 7**), με έμφαση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην Ε.Ε.. Το 2004 συνεισφορά ήταν στο 15,9%, έπειτα 2005 στο 16,4% παρατηρείται ανοδική πορεία, για τον εξής λόγο ότι υλοποιήθηκαν επένδυσής στις ΑΠΕ με αποτέλεσμα το 2022 να παραχθεί ενέργεια σε ποσοστό 39,4%.



Εικόνα 7: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε. (2004-2022), (Candel et al., 2016).

1.6 ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Η συνεισφορά αυτή της διπλωματικής εργασίας για τα logistic βιομάζας έγκειται στην απόδειξη του κρίσιμου ρόλου που διαδραματίζει η έρευνα της διπλωματικής εργασίας στην ανάπτυξη ενός κέντρου βιομάζας και στην αποτελεσματική διαχείριση της προσφοράς βιομάζας. Καθώς η παγκόσμια ζήτηση για βιώσιμες ενεργειακές λύσεις συνεχίζει να αυξάνεται, είναι απαραίτητο να διερευνηθούν καινοτόμοι και αποτελεσματικοί τρόποι αξιοποίησης της βιομάζας και της παραγόμενης ενέργειας που δημιουργείται από την βιομάζα. Η εις βάθος έρευνα συμβάλλει στην κατανόηση των προκλήσεων και των ευκαιριών που συνδέονται με τα κέντρα βιομάζας και παρέχει μια σταθερή βάση για τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων.

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, διερευνάμε την ανάπτυξη μίας αλυσίδας εφοδιασμού βιομάζας και την λειτουργία ενός κέντρου βιομάζας. Συγκεκριμένα, εξετάζουμε πώς η ενσωμάτωση διαφόρων παραμέτρων και μεταβλητών μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια εφοδιασμού πόρων και την αξιοπιστία αυτών των κέντρων βιομάζας. Επιπλέον, εξετάζουμε τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουμε κατά την ανάπτυξη του στρατηγικού σχεδιασμού και της διαχείρισης των πόρων στη βελτιστοποίηση της προσφοράς βιομάζας. Η κατανομή της βιομάζας εφοδιασμού είναι μια κρίσιμη πτυχή που εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία κέντρων βιομάζας. Οι αποδοτικές και καλά οργανωμένες αλυσίδες εφοδιασμού μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά τη συνολική απόδοση αυτών των κέντρων, οδηγώντας σε υψηλότερη παραγωγή ενέργειας, ελαχιστοποιημένα απόβλητα και μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επιπλέον, η παρούσα διπλωματικής εργασίας υπογραμμίζει την ανάγκη διεπιστημονικής έρευνας για την αντιμετώπιση των πολύπλοκων ζητημάτων που

σχετίζονται με τα κέντρα βιομάζας. Η συνεργασία μεταξύ διαφόρων τομέων, συμπεριλαμβανομένης της μηχανικής, της περιβαλλοντικής επιστήμης και της οικονομίας, μπορεί να οδηγήσει σε καινοτόμες λύσεις που βελτιώνουν τη βιωσιμότητα και την κερδοφορία των κέντρων βιομάζας.

Με την βοήθεια μοντέλων λήψης αποφάσεων όπως για παράδειγμα MILP, συντελεί στην αποδοτικότερη και ταχύτερη διαχείριση των πόρων και των κέντρων βιομάζας, όπως θα εξηγηθούν στο κεφάλαιο 4. Επίσης, με την χρήση γεωγραφικών συστημάτων εντοπίζονται οι περιοχές που διαθέτουν αφθονία σε βιομάζα, άρα υπάρχει ανάγκη διαχείρισης του, καθώς και της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως στην Ελλάδα που υπάρχει πολύ βιομάζα ιδιαίτερα της περίοδο πριν την συγκομιδή της ελιάς. Εντοπίστηκε από την διπλωματική εργασία ότι υπάρχει ανάγκη για διαχείριση της βιομάζας με την ανάπτυξη κέντρων βιομάζας.

Συμπερασματικά, η αναγκαιότητα της παρούσας διπλωματικής εργασίας για την logistic βιομάζα έγκειται στην ικανότητά της να αναδεικνύει τον ζωτικό ρόλο της έρευνας στην ανάπτυξη και διαχείριση κέντρων βιομάζας. Παρέχοντας πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τις περιπλοκά ζήτημα της προσφοράς βιομάζας και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τέλος, αυτή η εργασία συμβάλλει στις συνεχιζόμενες παγκόσμιες προσπάθειες μετάβασης προς πιο βιώσιμες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. ΟΡΙΣΜΟΙ

Σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πόρων και Εξοικονόμησης Ενέργειας, η βιομάζα ορίζεται ως η πρώτη ύλη που προέρχεται είτε από απόβλητα ή είτε από απορρίμματα τα οποία βιοδιασπώνται είτε με αεριοποίηση ή κομποστοποίηση ή είτε με αναερόβια χώνευση, με στόχο την παραγωγή βιοπροϊόντων. Ο κάθε τύπος μικροοργανισμού που υπάρχει ανάλογα την διαδικασία που θα χρησιμοποιηθεί συμβάλλει στην απόκτηση καυσίμου (υγρό/στερεό/αέριο), (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Διατήρησης, 2020).

Μια ακόμα οπτική για την βιομάζα είναι το υλικό το οποίο παράγεται έμμεσα ή άμεσα από το φυσικό περιβάλλον δηλαδή (Energia, 2018) αποτελείται από δυο κατηγορίες ανάλογα την προέλευση όπως ορίζει η οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2021):

- a. Υπολειμματική μορφή (γεωργικά: σιτηρά/δημητριακά, ελιά/ελαιόλαδο, ζωική: από την εκτροφή ζώων αλλά και από τα υποπροϊόντα κατά την διαδικασία σφαγής, κοπριά, αλιεύματα περίσσια, δασικής: αποψίλωση δασών, υλοτομία, αστικά απόβλητα ((ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 2020), (Zahraee et al., 2020)).
- b. Ενεργειακές καλλιέργειες (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2023): είναι αυτοφυή είδη ή αλλιώς παραδοσιακά καλλιεργήσιμα είδη (αραβόσιτος, κριθάρι, ηλιάνθος ζαχαρότευτλα/ζαχαροκάλαμο κ.λ.π.) τα οποία προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες για την παραγωγή ενέργειας, θερμότητας και για τη δημιουργία βιοκαυσίμων (Αγροσύμβουλος, 2021).

Ομόγνωμα με το τροποποιημένο ΦΕΚ 2185/Β, το οποίο παραθέτει τους κανόνες διατήρησης και προστασίας του περιβάλλοντος ως βιομάζα, οριοθετεί ότι προέρχεται από γεωργικά, δασοκομικά και υδρόβια απόβλητα τα οποία όταν γίνουν αντικείμενο επεξεργασίας, συμπράττουν στην παραγωγή ενέργειας (Ελληνική Κυβέρνηση, 2021). Επίσης, η δημιουργία της βιομάζας προέρχεται από την διαδικασία της φωτοσύνθεσης (Volton, 2021). Πιο αναλυτικά, η αναερόβια διαδικασία των μικροοργανισμών σε συνδυασμό με τον αέρα της ατμόσφαιρας βοηθούν στην απελευθέρωση της αποθηκευμένης ενέργειας που εντοπίζεται στην χλωροφύλλη των φυτών και οδηγούν

στην παραγωγή ενέργειας. Μια προσομοίωση του μοντέλου φωτοσύνθεσης είναι η εξής (Σχήμα 2):



Σχήμα 2: Διαδικασία φωτοσύνθεσης (Nagel et al., 2009).

Τα βιο-εμπορεύματα είναι πρώτες ύλες, προϊόντα ή ενδιάμεσα προϊόντα που είναι ανταλλάξιμα και αποτελούν αντικείμενο εμπορικών συναλλαγών σε μεγάλες ποσότητες παγκοσμίως. Τα προϊόντα βιολογικής προέλευσης μπορούν να αποτελούνται είτε από επιλεγμένα μέρη μιας καλλιέργειας είτε από εξαγόμενα και παράγωγα συστατικά. Η σύνθεση είναι γνωστή και καθορισμένη (Europra, 2009).

2.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα έχει πέντε κύριες ιδιότητες:

Στοιχειακή ανάλυση: αποτελείται από 100% σύνθεση C, H, O₂, N και S που συνθέτουν τη βιομάζα.

Θερμοχωρητικότητα: αντιστοιχεί στη θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται από την καύση 1 kg καυσίμου υπό ορισμένες συνθήκες. Χωρίζεται σε HHV (υψηλή θερμιδική αξία) και LHV (χαμηλή θερμιδική αξία), (Kor-Bicakci και Eskicioglu, 2019).

Περιεκτικότητα σε υγρασία: Ανάλογα με την πηγή και τη μορφή της βιομάζας, περιέχει υγρασία και επομένως πρέπει να στεγνώσει για επεξεργασία (Πίνακας 2). Η υγρασία είναι η κύρια παράμετρος στο αποτέλεσμα της ποιότητας του τελικού προϊόντος που θα πάρουμε στο πέρας των διαδικασιών επεξεργασίας. Άρα, το χαμηλό ποσοστό υγρασίας της βιομάζας εξαρτάται από τις μεθόδους και τις τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς και από το μεταβλητό κόστος ξήρανσης. Δηλαδή, αυξάνει το κόστος ξήρανσης, διαχείρισης και αποθήκευσης, καθώς και το κόστος προμήθειας πρώτων υλών (Tuo et al., 2023).

Πίνακας 2: Ποσοστά Υγρασίας (Tuo et al., 2023).

Είδος προέλευσης βιομάζας	Δραστηριότητα	Υγρασία
Αστική	Κλάδεμα Δέντρων	>70 %
	Κούρεμα Γκαζόν	
	Καθάρισμα Κήπων	
Αγροτική	Άχυρο	<8 έως 15 %
	Αγκινάρα	
Δασική	Κοπή	<30 %

Περιεκτικότητα σε τέφρα: αναφέρεται στο ανόργανο τμήμα της βιομάζας, δημιουργείται μετά από την καύση. Συμβάλλει στην απόδοση του καυσίμου, διότι αν υφίσταται υψηλό ποσοστό τέφρας κατά συνέπεια έχει χαμηλή απόδοση, αν διατίθεται χαμηλό ποσοστό τέφρας έχουμε υψηλής αξίας καύσιμο με μεγαλύτερη απόδοση. Επιπρόσθετα, το ποσοστό τέφρας καθορίζει και τη θερμική αξία του προϊόντος (Kor-Bicakci and Eskicioglu, 2019). Επίσης, η τέφρα είναι σημαντικός παράγοντας στην αύξηση κόστους εξοπλισμού, στην μείωση διάρκειάς ζωής του εξοπλισμού γιατί προκαλεί διάβρωσής στα μηχανήματα.

Πυκνότητα: Δεδομένου ότι η βιομάζα τεμαχίζεται για χρήση, η «χύδην» πυκνότητα είναι τεχνικά η πιο χρήσιμη. Αυτό είναι ένα κλάσμα της συνολικής πυκνότητας ανά τεμάχιο. Η πυκνότητα «όγκου» συνδυάζεται με τη θερμογόνο δύναμη της βιομάζας για να σχηματιστεί η «ενεργειακή πυκνότητα» (Lu et al., 2022).

2.3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Σύμφωνα με μελέτες ο διαχωρισμός της βιομάζας επιτυγχάνεται με την προσέγγιση πως υπάρχουν δυο μεγάλες κατηγορίες την παραδοσιακή και τη σύγχρονη βιομάζα (Panwar et al., 2019).

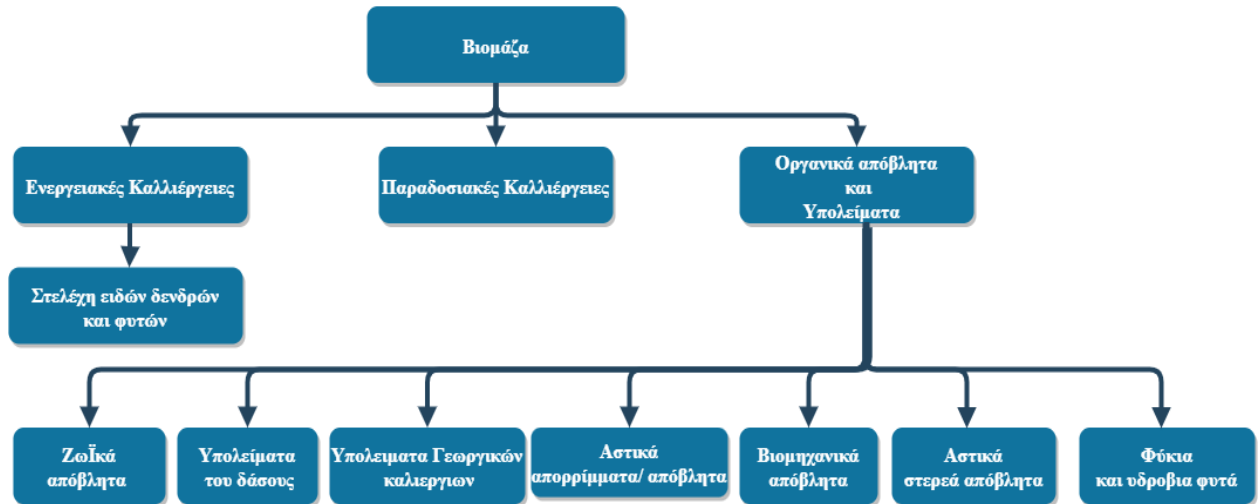
2.3.1 Παραδοσιακή βιομάζα

Ευρέως διαδεδομένη και διαχρονική είναι η μορφή της παραδοσιακής βιομάζας όπως ξύλα τα οποία με την καύση παράγουν ενέργεια και θέρμανση. Έπειτα, στην κατηγορία αυτή εντάσσονται φλοιοί ρυζιού, φυτικά υπολείμματα και ζωικά απορρίμματα, όπως προαναφέρθηκαν και παραπάνω.

2.3.2 Σύγχρονη βιομάζα

Η σύγχρονη βιομάζα: περιλαμβάνει κλαδιά από δάση και αγροκτήματα, αστικά απόβλητα και ενεργειακές καλλιέργειες.

Για την αποτελεσματικότερη κατανόηση της βιομάζας δημιουργήθηκε μια ιεραρχία (ταξινόμηση) στην **Εικόνα 8** όπως και στην μελέτη των (Panwar et al., 2019).



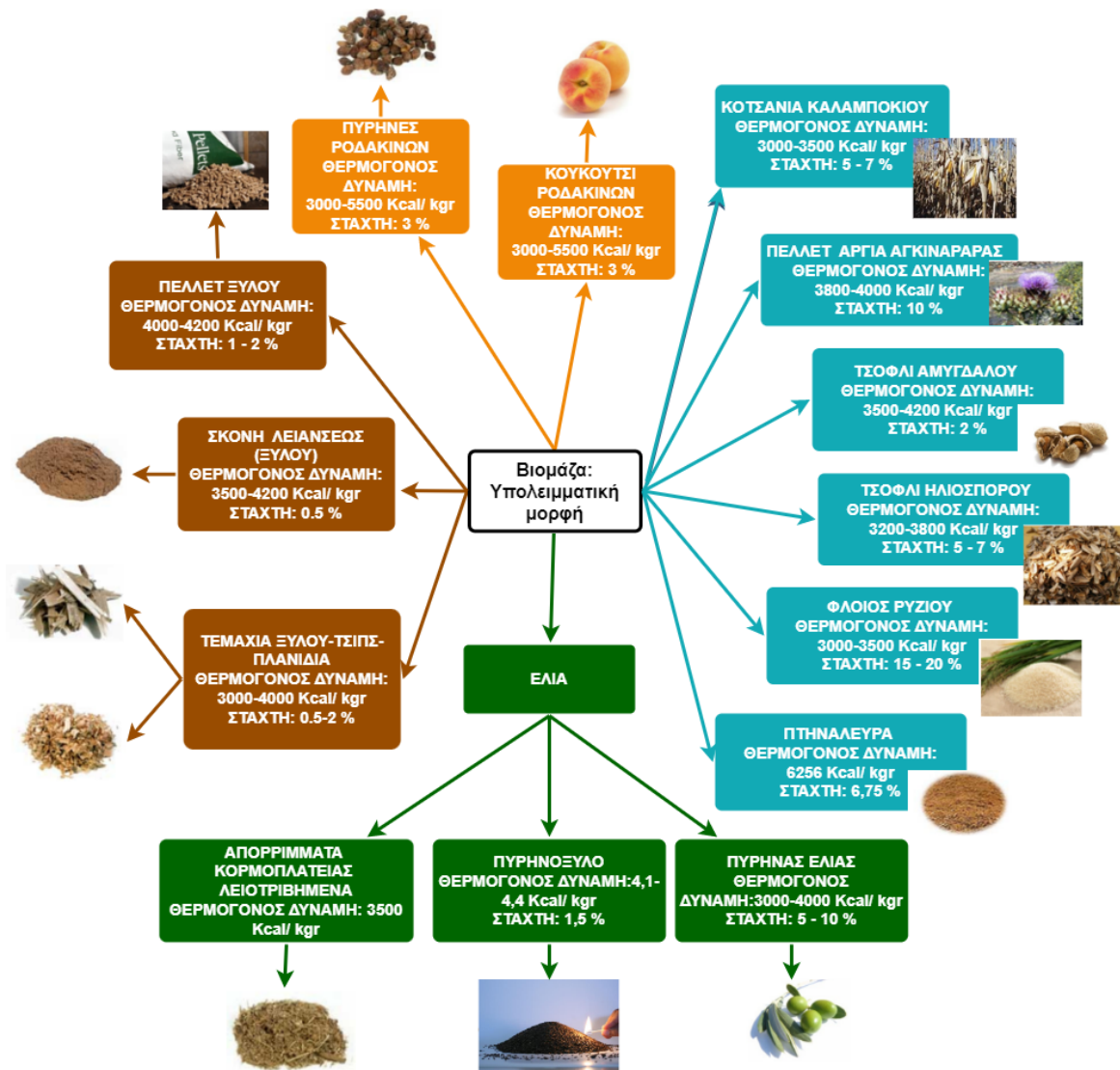
Εικόνα 8: Ταξινόμηση της βιομάζας.

Έπειτα από το διαχωρισμό στις δύο κρίσιμες κατηγορίες, επιτυγχάνεται η τοποθέτηση των πηγών προέλευσης της βιομάζας στις κατηγορίες. Ανάλογα την πηγή προέλευσης έχουμε τις μη ενεργειακές εφαρμογές οι οποίες προέχονται από υπολειμματική μορφή και της ενεργειακές καλλιέργειες.

2.3.3 Υπολειμματική μορφή

Η βιομάζα που προέρχεται από υπολειμματική μορφή περιλαμβάνει διάφορα αγροτικά υπολείματα, ζωική κοπριά και αστικά απόβλητα. Εμπίπτουν σε τρεις βασικές κατηγορίες (**Εικόνα 9**):

- Υπολείματα που αφήνονται στο χωράφι μετά τη συγκομιδή.
- Υπολείματα αγροδοσοπονίας και βιομηχανικά υπολείματα.
- Σκουπίδια και αστικά απορρίμματα.



Εικόνα 9: Βιομάζα υπολειμματική μορφή.

2.3.4 Ενεργειακές καλλιέργειες

Ενεργειακές Καλλιέργειες: Τα φυτά καλλιεργούνται με μοναδικό σκοπό τη χρήση τους ως μορφή βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας. Η πιο σημαντικές χρήσεις βιομάζας στον κόσμο από αυτές τις καλλιέργειες, στις ανεπτυγμένες χώρες, παρατίθεται στην **Εικόνα 10** και τίθεται και ένα ερώτημα αν η Ελλάδα θα μπορούσε να επιτύχει παραγωγή μεγάλης κλίμακας και να ενταχθεί στις ενεργειακές καλλιέργειες και να γίνει ανταγωνίσιμη.



Εικόνα 10: Ενεργειακές καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας (ΚΑΠΕ, 2020).

Αποδεικνύεται ότι όλο και περισσότερες καλλιέργειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παράγωγα βιοενέργειας, αλλά πάντα εξαρτάται από τη διαθέσιμη περιοχή καλλιέργειας και τις κλιματικές συνθήκες (Ladanai and Vinterbäck, 2016). Επιλεγμένες καλλιέργειες λινοκυτταρικές (Houghton et al., 2009) είναι πιθανό να παρέχουν την ανάγκη για υπέργεια βιομάζα, όχι μόνο για συγκομιδή, όπως η *jatropha* ως τροφοδοσία βιοενέργειας, ακολουθούμενη από το *switchgrass* και το *miscanthus*, καθώς τα υπολείμματα/δέσμες φυτών μπορεί να διαθέτουν χαμηλότερες απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά και καλύτερη αποδοτικότητα νερού (Ciais et al., 2013).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία προσδιορίζονται κάποια ενδεικτικά είδη ενεργειακών καλλιεργειών, τα οποία καλλιεργούνται ανά τον κόσμο (είδη ενεργειακών καλλιεργειών). Η βιομάζα που προέρχεται από ενεργειακές καλλιέργειες μπορεί να ταξινομηθεί ως βιοκαύσιμο όπως αναφέρεται στην Οδηγία 2003/30/ΕΚ. Αυτά τα βιοκαύσιμα περιλαμβάνουν βιο-αιθανόλη, βιοντίζελ, βιοαέριο, βιομεθανόλη, βιομεθυλαιθέρα, βιοΕΤΒΕ, βιοΜΤΒΕ και συνθετικά βιοκαύσιμα. Το βιοϋδρογόνο και τα καθαρά φυτικά έλαια ανήκουν επίσης σε αυτή την κατηγορία (ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ, 2003).

Miscanthus (Miscanthus spp.):

Το *Miscanthus* είναι ένα ψηλό γρασίδι και η χώρα προέλευση της ποικιλίας είναι η Ασία και καλλιεργείται συνήθως ως καλλιέργεια ενέργειας βιομάζας στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική. Έχει υψηλό δυναμικό απόδοσης και είναι ανεκτικό σε μια σειρά περιβαλλοντικών συνθηκών. Δηλαδή το *Miscanthus* (**Εικόνα 11**) είναι ένα φυτό ικανό

να διατηρεί υψηλό φωτοσυνθετικό ρυθμό και υψηλή βιομάζα, σύμφωνα με έρευνα του (Khanna et al., 2021). Επίσης, είναι συμβατό σε διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες με υψηλή κατανάλωση νερού. Μπορεί να καλλιεργηθεί σε οριακή γη χωρίς άρδευση ή έντονη λίπανση και θεωρείται σημαντική ενεργειακή καλλιέργεια σύμφωνα με την μελέτη (Lewandowski and Schmidt, 2006). Σαν φυτό είναι εξαιρετικά ανθεκτικό στο ψυχρό κλίμα, των εύκρατων περιοχών της Ευρώπης. Στην Ευρώπη, το miscanthus (Liu et al., 2014) φυτεύεται κυρίως της χρονικές περιόδους του Απριλίου έως του Νοέμβριου και συνιστάται η συγκομιδή της βιομάζας του προηγούμενου χρόνου από τον Φεβρουάριο έως τον Μάρτιο για να ληφθεί η βιομάζα με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και αλκάλια (Lewandowski και Schmidt, 2006). Τέλος, μια ακόμα μελέτη που δημοσιεύθηκε στο GCB Bioenergy διαπίστωσε ότι ο miscanthus μπορεί να παράγει έως και 25 τόνους ξηράς ουσίας ανά εκτάριο ετησίως, καθιστώντας την μία από τις πιο παραγωγικές διαθέσιμες ενεργειακές καλλιέργειες βιομάζας (Qin et al., 2014).



Εικόνα 11: Miscanthus (ΚΑΠΕ, 2020).

I. Switchgrass (*Panicum virgatum*):

Το Switchgrass είναι ένα ψηλό γρασίδι που μπορεί να μεγαλώσει έως και 2-2.5 μέτρα σε ύψος, με βαθιές ρίζες που μπορούν να εκτείνονται έως και 3 μέτρα στο έδαφος (Switchgrass Reports AgNL, 2013). Η ποικιλία προέρχεται από τη Βόρεια Αμερική και χρησιμοποιείται συνήθως ως καλλιέργεια ενέργειας. Έχει υψηλό δυναμικό απόδοσης, και ειδικά σε ορισμένες ποικιλίες έχει την ικανότητα να παράγει έως και 16 τόνους ξηράς ουσίας ανά εκτάριο ετησίως και μπορεί να αναπτυχθεί σε ποικίλα κλίματα και τύπους εδάφους (Casler et al., 2012). Όσον αφορά το ποσοστό χρήσης, το switchgrass χρησιμοποιήθηκε κυρίως για την παραγωγή ζωοτροφών στο παρελθόν, με εκτιμήσεις που κυμαίνονται από 70 έως 80% της ιστορικής χρήσης του (Lehr et al., 2016). Εν κατακλείδι, καθίσταται μια πολλά υποσχόμενη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας (**Εικόνα 12**).



Εικόνα 12: Switchgrass (ΚΑΠΕ, 2020).

II. Willow (Salix):

Η ιτιά (**Εικόνα 13**).είναι ένα ταχέως αναπτυσσόμενο δέντρο που μπορεί να συλλεχθεί για χρήση ως καλλιέργεια ενέργειας βιομάζας μετά από λίγα μόνο χρόνια ανάπτυξης. Υπάρχουν περίπου 400 διαφορετικά είδη ιτιών, τα οποία βρίσκονται σε όλο τον κόσμο σε διάφορους οικοτόπους, συμπεριλαμβανομένων υγροτόπων, ρυακιών και δασών (Hayer, 2017). Έχει αποδειχθεί ότι έχει υψηλές αποδόσεις ενέργειας και μπορεί να αναπτυχθεί σε περιοχές με κακή ποιότητα εδάφους. Μια μελέτη που δημοσιεύθηκε στο Βιομάζα και Βιοενέργεια διαπίστωσε ότι η ιτιά μπορεί να παράγει έως και 14 τόνους ξηράς ουσίας ανά εκτάριο ετησίως, καθιστώντας την δυνητικά πολύτιμη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας (Xu and Mola-Yudego, 2021). Σύμφωνα με Schmer et al το 2014, το ποσοστό του switchgrass που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοενέργειας στις Η.Π.Α. προβλέπεται να αυξηθεί από 1,3% το 2010 σε 5,5% το 2030, αποτέλεσμα της μελέτης ήταν ότι το switchgrass έχει τη δυνατότητα να ελαχιστοποιήσει τις εκπομπές CO₂ έως και 94% εν συγκρίσει με τα ορυκτά καύσιμα (Schmer et al., 2014).



Εικόνα 13: Willow (wikipedia, 2023).

III. Ζαχαροκάλαμο (Saccharum spp.):

Το ζαχαροκάλαμο είναι ένα τροπικό γρασίδι που καλλιεργείται κυρίως για την περιεκτικότητά του σε ζάχαρη, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως καλλιέργεια ενέργειας βιομάζας. Έχει υψηλή ενεργειακή απόδοση και μπορεί να καλλιεργηθεί σε περιοχές με υψηλές βροχοπτώσεις και θερμοκρασίες (**Εικόνα 14**). Τα ποσοστά και οι αριθμοί για την ποσότητα σε ζάχαρη στο ζαχαροκάλαμο μπορεί να διαφέρουν αναλόγως με το είδος και τις συνθήκες καλλιέργειας, αλλά ένα τυπικό εύρος κυμαίνεται μεταξύ 10-20% σακχαρόζης (Sage et al., 2013). Η παγκόσμια παραγωγή ζαχαροκάλαμου εκτιμήθηκε σε περίπου 1,9 δισεκατομμύρια μετρικούς τόνους το 2020, με τη Βραζιλία να είναι ο μεγαλύτερος ανταγωνιστής της αγοράς, ακολουθούμενη από την Ινδία και την Κίνα (Wimm., 2023). Σύμφωνα με μια μελέτη που δημοσιεύθηκε στο *Energy* για βιώσιμη ανάπτυξη, το ζαχαροκάλαμο μπορεί να παράγει έως και 83 τόνους ξηράς ουσίας ανά εκτάριο ετησίως, καθιστώντας το μία από τις πιο παραγωγικές διαθέσιμες ενεργειακές καλλιέργειες βιομάζας (Gallan et al., 2023).



Εικόνα 14: Ζαχαροκάλαμο (Υραϊθρος, 2023).

2.4. ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΛΥΣΙΔΑ ΑΞΙΑΣ ΒΙΟΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ

Έπειτα από έρευνα διάφορων μελετών της παρούσας διπλωματικής εργασίας τα καύσιμα που προέρχονται από βιομάζα χωρίζονται σε τρεις γενιές (Cao et al., 2021).

2.4.1 Πρώτη γενιά βιοκαυσίμων: Χρήση και μετατροπή

Η πρώτη γενιά βιοκαυσίμων αποτελείται από ζάχαρη και φυτικό έλαιο (Banerjee et al., 2010). Η πρώτη γενιά πρώτων υλών αποτελούνταν από εύκολα προσβάσιμα και βρώσιμα κλάσματα καλλιεργειών (τροφίμων), με κύριο προϊόν το βιοκαύσιμο (Hassan et al., 2019). Η βιοαιθανόλη μπορεί να παραχθεί από καλλιέργειες ζάχαρης (π.χ. ζαχαροκάλαμο, ζαχαροκάλαμο και γλυκό σόργο) και αμύλου (π. χ. καλαμπόκι και μανιόκα), ενώ το βιοντίζελ παράγεται από καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων (π. χ. σόγια,

φοινικέλαιο, κραμβέλαιο και ηλίανθος), (Mohr and Raman, 2013). Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, έχουν εγερθεί σοβαρές επικρίσεις σχετικά με τον ανταγωνισμό στη χρήση γης που έχει προκύψει ως άμεση συνέπεια της παροχής κινήτρων για ενεργειακές και πετρελαϊκές καλλιέργειες σε βάρος των καλλιεργειών «τροφίμων».

2.4.2 Δεύτερη γενιά βιοκαυσίμων: μη εδώδιμες καλλιέργειες και λιγνοκυτταρινούχα απόβλητα

Έπειτα ακολουθεί η δεύτερη γενιά βιοκαυσίμων που παράγονται από μη εδώδιμα υλικά, όπως γεωργικά υπολείμματα, ποώδεις καλλιέργειες και αστικά ξυλώδη απόβλητα. Η αυξανόμενη διαμάχη για το "φαγητό έναντι καυσίμου", μαζί με τα συναφή οικονομικά της παραγωγής, τις πολιτικές για τα βιοκαύσιμα και τις τάσεις βιωσιμότητας, προώθησαν την άνοδο μιας δεύτερης γενιάς πρώτων υλών που βασίζονται στη λιγνοκυτταρική βιομάζα (Amaducci et al., 2017). Τα τελευταία περιλαμβάνουν μη τρόφιμα, χόρτα μικρής πυκνότητας που έχουν υψηλή απόδοση και καταλληλόλητα για περιθωριακές εκτάσεις ή φτωχά εδάφη (π.χ. λεύκα, ιτιά, ευκάλυπτος, μηδική και χόρτα όπως διακόπτης, καναρίνι καλαμιού (Pora and Volf, 2018), γεωργικά υπολείμματα (π. χ. υπολείμματα δασών, πριονίδι, ζαχαροκάλαμο, φλοιός ρυζιού, πίτουρο ρυζιού, καλαμπόκι, άχυρο σίτου και πίτουρο σίτου), (Sadh et al., 2018) και αγροτοβιομηχανικά απόβλητα (π. χ. πατάτα και φλούδα πορτοκαλιού, υπολείμματα καφέ, πυρηνέλαιο μήλου, αλεσμένο καρύδι και κέικ σόγιας). Η χρήση της πλεονάζουσας βιομάζας συνεισφέρει στην ελαχιστοποίηση της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα, ενώ παράλληλα μειώνει την ανάγκη για πρόσθετους πόρους βιομάζας (Albizzati et al., 2021).

2.4.3 Τρίτη γενιά βιοκαυσίμων: Μη τροφική χερσαία βιομάζα

Οι μη τροφικές ενεργειακές καλλιέργειες ή τρίτης γενιάς έχουν λάβει μεγάλη προσοχή ως εναλλακτική λύση στις καλλιέργειες τροφίμων κατά την πρώτη φάση της μετάβασης προς τη δεύτερη γενιά βιοδιωλιστηρίου και αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν κυρίως σε ξυλώδεις και υπολειμματικές καλλιέργειες ξύλου και υπολείμματα ξύλου (Hassan et al., 2019). Στην πρόσφατα αναπτυγμένη τρίτη γενιά τα βιοκαύσιμα παράγονται από φύκια. Ένα από τα κρίσιμα εμπόδια απόκτησης βιοπροϊόντων 2^{ης} ή 3^{ης} γενιάς είναι η παραγωγική διαδικασία. Τα υλικά βιομάζας συλλέγονται από ζώνες εφοδιασμού και υποβάλλονται σε μια σειρά διαδικασιών μεταφοράς, ολοκλήρωσης, αποθήκευσης, μετασχηματισμού και διανομής στο σύστημα εφοδιαστικής βιομάζας DLS (Berndes et al., 2003).

2.5. ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η διπλωματική εργασία στηρίζεται στους πιο διαδεδομένους τρόπους επεξεργασίας με βάση τις μελέτες της τελευταίας δεκαετίας, οι οποίες έχουν συνεισφέρει το μέγιστο ώστε η μέθοδος επεξεργασίας να δώσει το πιο αποδοτικό προϊόν. Επίσης, στην διπλωματική αναφέρονται οι πιο βασικοί τρόποι επεξεργασίας.

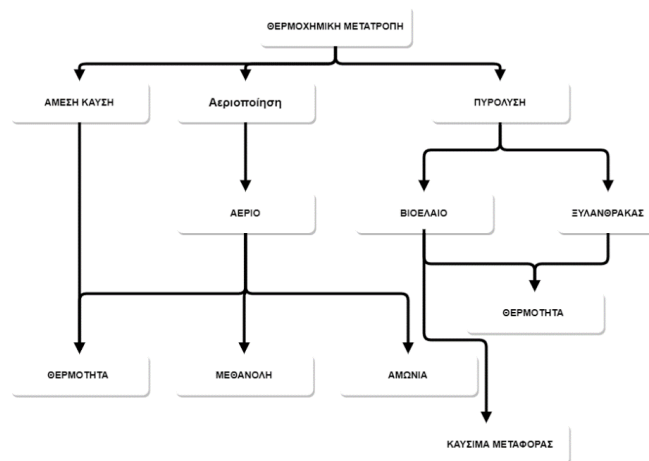
2.5.1 Θερμομηχανική επεξεργασία

Περιλαμβάνει τις ακόλουθες διαδικασίες:

- Παραγωγή άνθρακα: πχ. Κάρβουνο.
- Πυρόλυση πχ παραγωγή υδρολυμένου ελαίου.

Πυρόλυση: Η πυρόλυση είναι η διαδικασία με την οποία τα οργανικά υλικά θερμαίνονται απουσία οξυγόνου για την παραγωγή υγρού βιοελαίου και βιοαερίου (Kong et al., 2023). Αυτή η διαδικασία έχει τη δυνατότητα να μετατρέψει διάφορες πρώτες ύλες βιομάζας σε πολύτιμα βιοκαύσιμα και άλλα προϊόντα. Μια μελέτη που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Energy Conversion and Management διαπίστωσε ότι η πυρόλυση θα μπορούσε να είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για την παραγωγή βιοκαυσίμων από γεωργικά υπολείμματα (Kor-Bicakci and Eskicioglu, 2019).

Αεριοποίηση (Gasification): Η αεριοποίηση είναι μια διαδικασία που μετατρέπει τη βιομάζα σε αέριο θερμαίνοντάς την παρουσία περιορισμένης ποσότητας οξυγόνου. Από την διαδικασία προκύπτουν νέα προϊόντα και ενέργεια (Verma et al., 2023). Μια μελέτη που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό Energy διαπίστωσε ότι η αεριοποίηση μπορεί να είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος μετατροπής της ξυλώδους βιομάζας σε αέριο υδρογόνο για χρήση ως καύσιμο.



Σχήμα 3: Παραγωγή υγρών καυσίμων με θερμοχημική μετατροπή βιομάζας.

Το **Σχήμα 3** συνοψίζει τις θερμοχημικές οδούς για τη μετατροπή της βιομάζας, συμπεριλαμβανομένης της άμεσης καύσης για παροχή θερμότητας, υγρών καυσίμων και άλλων στοιχείων για παραγωγή θερμότητας και ενέργειας (Panwar et al., 2017).

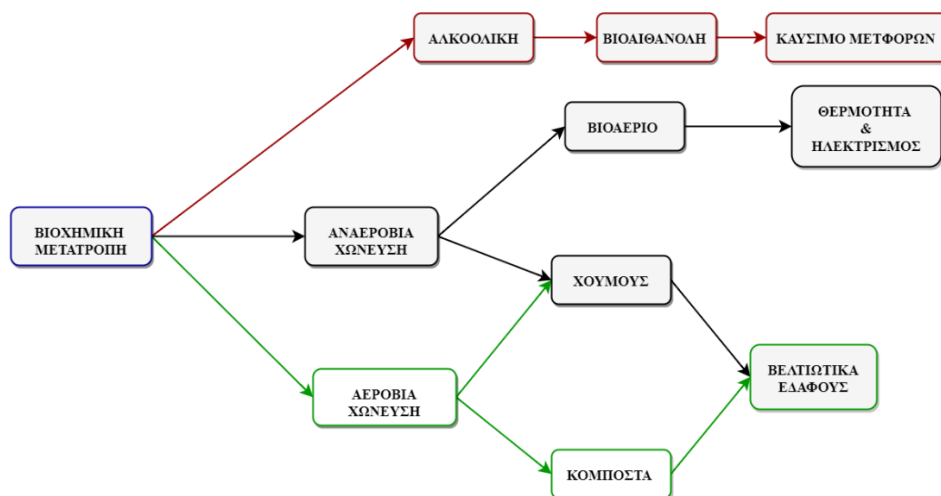
2.5.2 Βιοεπεξεργασία

Περιλαμβάνει τις ακόλουθες διαδικασίες:

- Παραγωγή βιοαερίου από αναερόβια ζύμωση.
- Υδρόλυση - αναερόβια ζύμωση, πχ παραγωγή αιθανόλης.

Αναερόβια: Η αναερόβια χώνευση είναι η διαδικασία με την οποία οι μικροοργανισμοί διασπών βιοαποδομήσιμα υλικά απουσία οξυγόνου. Η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία οργανικών αποβλήτων και την παραγωγή βιοαερίου, είναι μια μορφή ανανεώσιμης ενέργειας. Σύμφωνα με μια μελέτη που δημοσιεύτηκε στο Renewable and Sustainable Energy Reviews, η αναερόβια χώνευση είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη μετατροπή μιας ποικιλίας οργανικών υλικών σε βιοαέριο (Ge et al., 2023).

Ζύμωση: Η ζύμωση είναι η διαδικασία μετατροπής των σακχάρων σε αλκοόλη ή οργανικά οξέα χρησιμοποιώντας μικροοργανισμούς. Η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοκαυσίμων, όπως αιθανόλη και βουτανόλη, από πρώτες ύλες βιομάζας. Σύμφωνα με μια μελέτη που δημοσιεύτηκε στο Journal of Cleaner Production, η ζύμωση μπορεί να είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για την παραγωγή βιοκαυσίμων από λιγνοκυτταρική βιομάζα (Pati et al., 2023).



Σχήμα 4: Βιοχημική μετατροπή της βιομάζας.

Στο **Σχήμα 4** συνοψίζεται η διαδικασία της βιοεπεξεργασίας καθώς και τα στάδια μετατροπής της.

2.6. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε.ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.6.1 Πλεονεκτήματα

Πλεονεκτήματα της βιομάζας

1. Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.
2. Μειωμένες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου: Η ενέργεια από βιομάζα έχει σημαντικά χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα (διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)) από τα ορυκτά καύσιμα επειδή τα φυτά απορροφούν CO₂ κατά τη διάρκεια του κύκλου ανάπτυξής τους (McKendry, 2002).
3. Μείωση του διοξειδίου του θείου (SO₂): καθώς η ποσότητα της βιομάζας είναι αμελητέα, η καύση άνθρακα μπορεί να προκαλέσει φαινόμενο όξινης βροχής.
4. Μείωση των απορριμμάτων: Η βιομάζα μπορεί να δημιουργηθεί από απόβλητα όπως γεωργικά απόβλητα, δασικά απόβλητα και αστικά στερεά απόβλητα, μειώνοντας την ποσότητα των απορριμμάτων που πηγαίνουν στις χωματερές.
5. Τοπική οικονομική ανάπτυξη: μπορεί να δημιουργήσει θέσεις εργασίας λόγω των καινούργιων μονάδων παραγωγής ή επέκταση γραμμών. Τα παραπάνω συντελούν στην ανάπτυξη των τοπικών οικονομιών, ιδίως σε αγροτικές περιοχές και τις πιο δύσβατες, όπου οι πόροι βιομάζας είναι άφθονοι (Hohenstein and Wright, 1994).
6. Βελτιωμένη ποιότητα εδάφους: η παραγωγή βιομάζας μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα του εδάφους επιστρέφοντας οργανική ύλη και θρεπτικά συστατικά στο έδαφος (Rovere et al., 2010).
7. Ενεργειακή ασφάλεια: Η ενέργεια από βιομάζα μπορεί να συμβάλει στην ενεργειακή ασφάλεια διαφοροποιώντας το ενεργειακό μείγμα και μειώνοντας την εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα (Tursi, 2019).
8. Εξασφαλίζει μείωση των απορριμμάτων (υπολειμματική βιομάζα).
9. Μεγάλο εύρος ειδών βιομάζας.

2.6.2 Μειονεκτήματα

Μειονεκτήματα της βιομάζας

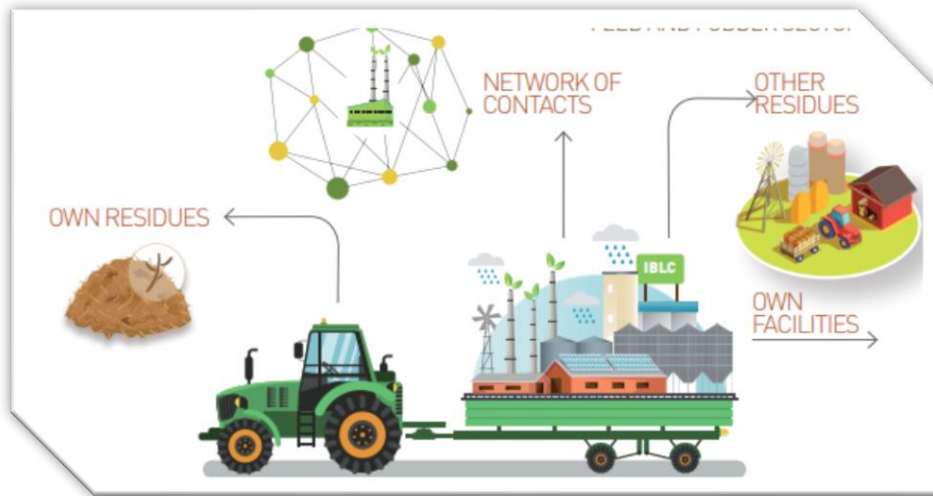
1. Επιπτώσεις στη χρήση γης: Η παραγωγή βιοενέργειας μπορεί να απαιτεί μεγάλες ποσότητες γης, οι οποίες μπορεί να ανταγωνιστούν άλλες χρήσεις γης, όπως η παραγωγή ή η διατήρηση τροφίμων (Boukris et al., 2009).
2. Ατμοσφαιρική ρύπανση: η καύση καυσίμων βιομάζας μπορεί να εκπέμπει ατμοσφαιρικούς ρύπους όπως σωματίδια, μονοξείδιο του άνθρακα και οξείδια του αζώτου, τα οποία μπορούν να συμβάλλουν σε κακή ποιότητα αέρα και προβλήματα υγείας .
3. Χρήση νερού: Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα μπορεί να απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού, κάτι που μπορεί να είναι πρόβλημα σε περιοχές με λειψυδρία.
4. Κόστος μεταφοράς και επεξεργασίας: Οι πόροι βιομάζας μπορεί να είναι απομακρυσμένοι από τη ζήτηση, με αποτέλεσμα υψηλό κόστος μεταφοράς. Σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, είναι δύσκολη η συλλογή, η επεξεργασία, η μεταφορά και η αποθήκευση της (Rovere et al., 2010)..
5. Εξάρτηση από τον καιρό και την εποχή: οι καιρικές συνθήκες όπως οι βροχοπτώσεις και η θερμοκρασία, που επηρεάζουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών και τη διαθεσιμότητα πόρων βιομάζας. Η παραγωγή είναι ευρέως διαδεδομένη και άκρως εποχιακή.
6. Ο όγκος που παράγεται ανά μονάδα ενέργειας είναι μεγάλος και η περιεκτικότητα σε υγρασία υψηλή (McKendry, 2002).
7. Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας, το κόστος των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού που απαιτούνται για τη χρήση της βιομάζας είναι υψηλότερο (Tursi, 2019)..
8. Συμβάλλει στην αποψίλωση των δασών.

2.7. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

- Χρήση της βιομάζας για παραγωγή θερμότητας
- Θέρμανση κτιρίων με βιομάζα
- Χρήση της βιομάζας με τηλεθέρμανση
- Παραγωγή ενέργειας σε βιοτεχνίες ξύλου
- Θέρμανση θερμοκηπίων
- Παραγωγή βιοαερίου από ΧΥΤΑ στερεών αποβλήτων

- Παραγωγή βιοαερίου από την ύλη που παράγεται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων
- Χρήση βιομάζας για θερμότητα και ηλεκτρισμού
- Καύση της βιομάζας μαζί με στερεά συμβατικά καύσιμα
- Παραγωγή οργανοχουμικών λιπασμάτων από πτηνοτροφικά απόβλητα
- Πυρηνελαιουργεία: παράγουν πυρηνόξυλο και πυρηνέλαιο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΑ LOGISTICS ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ



Εικόνα 15: Ολοκληρωμένο κέντρο διαχείρισης βιομάζας (AGROinLOG, 2017).

Οι αποφάσεις για την εφοδιαστική βιομάζας λαμβάνονται γενικά σε μεσοπρόθεσμα και βραχυπρόθεσμα επίπεδα σχεδιασμού. Περιλαμβάνουν εργασίες της αλυσίδας εφοδιασμού που σχετίζονται με τη συγκομιδή και τη συλλογή, την αποθήκευση, την προεπεξεργασία και τη μεταφορά βιομάζας. Επίσης, μετά από την επεξεργασία των πρώτων υλών οδηγείτε στην δεύτερη φάση η οποία είναι της αλυσίδας εφοδιασμού που σχετίζεται με την αποθήκευση, τη μεταφορά και τη διανομή βιοενέργειας και βιοκαυσίμων (*Εικόνα 15*).

3.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Ένα ολοκληρωμένο κέντρο εφοδιαστικής βιομάζας ορίζεται ως μια επιχειρηματική στρατηγική για τις αγροτοβιομηχανίες να επωφεληθούν από ανεκμετάλλευτες συνέργειες όσον αφορά τις εγκαταστάσεις, τον εξοπλισμό και τις ικανότητες του προσωπικού, να διαφοροποιήσουν την τακτική δραστηριότητα τόσο από την πλευρά των εισροών (πρώτες ύλες τροφίμων, ζωοτροφών δηλαδή της βιομάζας) όσο και από την πλευρά της παραγωγής (τρόφιμα, ζωοτροφές, βιοκοινότητες και ενδιαμέσες βιολογικές πρώτες ύλες) ενισχύοντας έτσι την ισχύ των γεωργικών βιομηχανιών και αυξάνοντας την προστιθέμενη αξία που παρέχουν οι εταιρείες αυτές (AGROinLOG, 2017). Η έννοια IBLC (Integrated Biomass Logistics Center) μπορεί να προσδιοριστεί περαιτέρω όταν υποδιαιρείται στα τέσσερα ξεχωριστά στοιχεία (AGROinLOG, 2017):

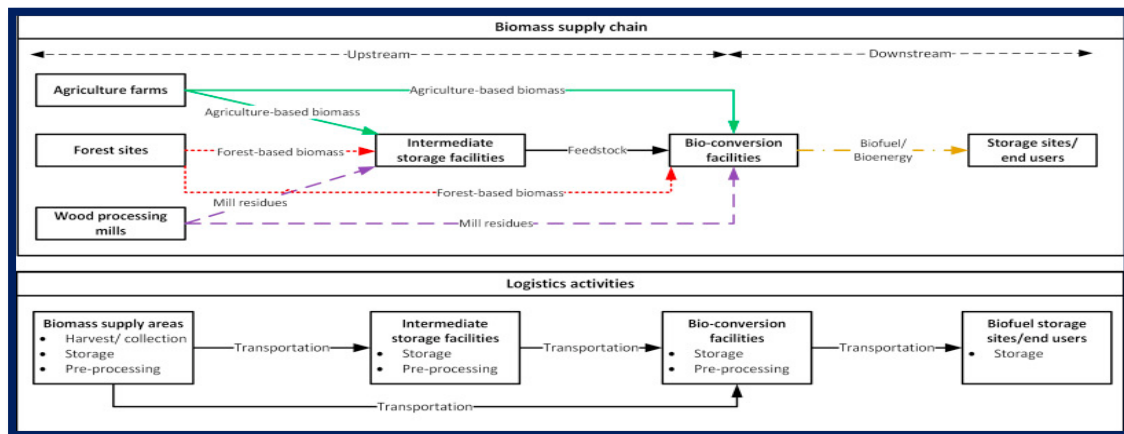
- Ενοποιημένο (Integrated): αναφέρεται στην ενσωμάτωση δραστηριοτήτων προστιθέμενης αξίας προς τις αγορές τροφίμων, ζωοτροφών και βιολογικών προϊόντων.
- Βιομάζα (Biomass): αναφέρεται στη βιομάζα που είναι διαθέσιμη στη γύρω περιοχή της αγροβιομηχανίας, η οποία είναι υποχρησιμοποιημένη ή ανεκμετάλλευτη αυτή τη στιγμή και έχει τη δυνατότητα ως πόρος με προστιθέμενη αξία.
- Logistics: αναφέρεται στο ρόλο μιας αγροβιομηχανίας που χρησιμοποιεί τις διαθέσιμες εγκαταστάσεις Logistics, αποθήκευσης και προεπεξεργασίας:
 - ❖ Συλλογής και μεταφοράς υπολειμμάτων βιομάζας.
 - ❖ Προ-επεξεργασία και μετατροπή αυτών των υπολειμμάτων σε τρόφιμα, ζωοτροφές και βιοκοινότητες και ενδιάμεσα βιοκοινοτικά προϊόντα.
 - ❖ Αποθήκευσή τους.
 - ❖ Διανομή των βιοκοινοτικών και ενδιάμεσων προϊόντων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας.
- Κέντρο (Center): αναφέρεται στην εκμετάλλευση της κεντρικής θέσης της αγροβιομηχανίας σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Κέντρο βιομάζας: μια εγκατάσταση ή ίδρυμα που ειδικεύεται στην έρευνα, την ανάπτυξη και τη χρήση πόρων βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας, καυσίμων, χημικών και άλλων προϊόντων. Τα κέντρα βιομάζας διεξάγουν συνήθως έρευνα για διάφορες πτυχές της βιομάζας, συμπεριλαμβανομένης της σύνθεσής της, των τεχνολογιών μετατροπής και των πιθανών περιβαλλοντικών και οικονομικών επιπτώσεων (forestresearch, 2020).

Τα κέντρα εφοδιαστικής βιομάζας είναι εγκαταστάσεις που χρησιμεύουν ως κόμβοι για τη συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία και μεταφορά της πρώτης ύλης βιομάζας για παραγωγή ενέργειας. Το κέντρο λειτουργεί ως σημείο συντονισμού μεταξύ των παραγωγών βιομάζας και των χρηστών ενέργειας, διασφαλίζοντας ότι η παράδοση βιομάζας είναι αποδοτική και οικονομικά αποδοτική (Bioenergy_kdf, 2023).

Ολοκληρωμένο κέντρο διαχείρισης εφοδιαστικής βιομάζας είναι μια στρατηγικά τοποθετημένη εγκατάσταση που παρέχει ολοκληρωμένες υπηρεσίες στους παραγωγούς βιομάζας, συμπεριλαμβανομένων των δοκιμών ποιότητας βιομάζας, της επεξεργασίας βιομάζας και της αποθήκευσης βιομάζας (Malladi and Sowlati, 2018).

Το κέντρο έχει σχεδιαστεί για να εξασφαλίζει την έγκαιρη παράδοση πρώτων υλών βιομάζας στους τελικούς χρήστες, ελαχιστοποιώντας παράλληλα το κόστος μεταφοράς και μειώνοντας τις εκπομπές άνθρακα (Bioenergy insight, 2023). Επιπρόσθετα, το κέντρο αξιοποιεί οικονομίες κλίμακας για τη βελτιστοποίηση του χειρισμού της βιομάζας και τη μείωση του κόστους μεταφοράς, καθιστώντας τελικά τη βιομάζα πιο προσιτή και προσβάσιμη στους τελικούς χρήστες (IEA bioenergy, 2023).



Σχήμα 5: Αλυσίδα εφοδιασμού βιομάζας και δραστηριότητες εφοδιαστικής (Malladi and Sowlati, 2018).

Το **Σχήμα 5** απεικονίζει το δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας και τις αποφάσεις εφοδιαστικής σε κάθε στάδιο της αλυσίδας εφοδιασμού.

Ένα ολοκληρωμένο κέντρο εφοδιαστικής βιομάζας (IBLC) είναι μια νέα ιδέα εφοδιαστικής που στοχεύει στην ενσωμάτωση λειτουργιών διαφορετικών αλυσίδων εφοδιασμού βιομάζας (π.χ. τρόφιμα, ζωοτροφές και ενέργεια) προκειμένου να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της χρήσης των διαθέσιμων πόρων, όπως μηχανήματα και εργασία. Πιο συγκεκριμένα, η IBLC είναι μια εγκατάσταση που παράγει τρόφιμα ή/και ζωοτροφές ως κύρια δραστηριότητά της, αλλά χρησιμοποιεί την αδρανή ικανότητα του εξοπλισμού και της εργασίας για την παραγωγή προϊόντων βιολογικής βάσης. Στην πράξη, πολλά εργοστάσια επεξεργασίας τροφίμων ή/και ζωοτροφών είναι εξοπλισμένα με σφαιροποιητές, συστήματα ξήρανσης, σιλό, μεταφορείς κ.λ.π. (Ilze Dzene et al., 2015). Μέσα σε ένα περιβάλλον IBLC, κατά τη διάρκεια μερικών μηνών μετά την περίοδο συγκομιδής, ο εξοπλισμός και το εργατικό δυναμικό του IBLC θα αφιερωθούν στην επεξεργασία πρωτογενών τροφίμων ή/και προϊόντων ζωοτροφών. Για το υπόλοιπο του έτους, ο ίδιος εξοπλισμός και το εργατικό δυναμικό του IBLC θα χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία βιομάζας σε βιολογικά προϊόντα για τη βελτίωση της χρησιμοποίησης της παραγωγικής ικανότητας. Ο

συνδυασμός της επεξεργασίας τροφίμων και μη τροφίμων σε μία εγκατάσταση οδηγεί σε μικρότερο χρόνο αδράνειας του (ήδη υπάρχοντος) εξοπλισμού, γεγονός που συνεπάγεται μείωση του συνολικού κόστους (Rentizelas et al., 2009).

Επίσης, οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις αποθήκευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση τόσο των τροφίμων όσο και των μη εδώδιμων προϊόντων καθώς και των πρώτων υλών τους (Atashbar et al., 2016). Γενικά, η έννοια του IBLC εισάγει ευελιξία ευθυγραμμίζοντας τις αποφάσεις που σχετίζονται με την προσφορά διαφόρων τύπων βιομάζας (π.χ. λαμβάνοντας υπόψη την εποχικότητα), την (προ)επεξεργασία πρώτων υλών και την κάλυψη της ζήτησης των διαφόρων προϊόντων βιολογικής βάσης (Cambero and Sowlati, 2014). Ως αποτέλεσμα, η χρήση των διαθέσιμων εγκαταστάσεων προεπεξεργασίας, μετατροπής και αποθήκευσης στην αλυσίδα αξίας μπορεί να βελτιστοποιηθεί (Roni et al., 2019).

3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ Ε.Ε. (ΕΛΛΑΔΑ) ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ IBLC

3.2.1 Πλεονεκτήματα

Οφέλη που παρέχει ένα κέντρο εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας:

1. Ελαχιστοποίηση των αέριων ρύπων: Σύμφωνα με AgroinLog, τα κέντρα εφοδιαστικής βιομάζας μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου προωθώντας τη εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η βιομάζα (Sustainable Biomass Program, 2023).
2. Μείωση αποβλήτων: τα κέντρα εφοδιαστικής βιομάζας (SUCELLOG, 2018) μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση των αποβλήτων εκτρέποντας υλικά βιομάζας που διαφορετικά θα κατέληγαν σε ΧΥΤΑ και μετατρέποντάς τα σε χρήσιμα προϊόντα όπως βιοκαύσιμα και λιπάσματα (European Commission, 2023).
3. Δημιουργία θέσεων εργασίας: τα κέντρα εφοδιαστικής βιομάζας μπορούν να δημιουργήσουν θέσεις εργασίας στη βιομηχανία βιομάζας, συμπεριλαμβανομένων θέσεων εργασίας στη συγκομιδή, τη μεταφορά και την επεξεργασία υλικών βιομάζας (Energy Technologies Institute, 2015).

4. Ενεργειακή ασφάλεια: τα κέντρα εφοδιαστικής βιομάζας μπορούν να συνδράμουν στην υπεραύξηση της ενεργειακής ασφάλειας προωθώντας τη χρήση βιομάζας εγχώριας προέλευσης ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (Nuclear Security & Nonproliferation, 2020.).
5. Βελτίωση της υγείας του εδάφους: η χρήση προϊόντων βιομάζας, όπως αλφαλάφα (όπως ονομάζεται σιτηρά που είναι πλούσιο σε γλυκοκιταρίνη) και κομπόστ που παράγονται σε κέντρα εφοδιαστικής βιομάζας, μπορεί να βελτιώσει την υγεία του εδάφους προσθέτοντας οργανική ύλη και θρεπτικά συστατικά στο έδαφος (“Bioenergy Europe,” 2023).
6. Αυξημένη γεωργική παραγωγικότητα: η χρήση προϊόντων βιομάζας, όπως βιοκαύσιμα και λιπάσματα που παράγονται σε κέντρα εφοδιαστικής βιομάζας, μπορεί να αυξήσει τη γεωργική παραγωγικότητα βελτιώνοντας την υγεία του εδάφους και τη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών (Panwar et al., 2019).
7. Μειωμένη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα: τα κέντρα εφοδιαστικής βιομάζας μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση της εξάρτησης (Steiner et al., 2007) από τα ορυκτά καύσιμα προωθώντας τη εφαρμογή της βιομάζας ως ΑΠΕ (IEA Bioenergy, 2021).
8. Διαφοροποίηση των αγροτικών οικονομιών: τα κέντρα εφοδιαστικής βιομάζας μπορούν να βοηθήσουν στη διαφοροποίηση των αγροτικών οικονομιών δημιουργώντας νέες ευκαιρίες για τους αγρότες και άλλες αγροτικές επιχειρήσεις να συμμετάσχουν στη βιομηχανία βιομάζας. (European commission, 2023).
9. Παρέχει οικονομίες κλίμακας: επειδή πρέπει να μεταφερθούν περισσότερες πρώτες ύλες βιομάζας για επεξεργασία (AGROinLOG, 2020).
10. Μειώνει τις αδρανείς περιόδους και ικανότητες: επειδή οι εγκαταστάσεις σε ένα IBLC μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλήρως για επεξεργασία πολλαπλές πρώτες ύλες βιομάζας για τρόφιμα, ζωοτροφές ή βιολογικά προϊόντα (AGROinLOG, 2020).

3.2.2 Μειονεκτήματα

Πέντε πιθανά μειονεκτήματα ενός κέντρου αλυσίδας εφοδιασμού βιομάζας:

1. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις: Η παραγωγή και η μεταφορά βιομάζας μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένης της

αποψίλωσης των δασών, της υποβάθμισης του εδάφους και των αυξημένων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (AGROinLOG, 2020).

2. Υψηλό κόστος: Σύμφωνα με το European Union's Horizon το κόστος δημιουργίας και λειτουργίας ενός κέντρου εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας μπορεί να είναι υψηλό, απαιτώντας σημαντικές επενδύσεις σε εξοπλισμό, υποδομές και σε προσωπικό. Επιπλέον, το κόστος παραγωγής και μεταφοράς βιομάζας ποικίλλει ευρέως, ανάλογα με παράγοντες όπως η διαθεσιμότητα πρώτης ύλης, η απόσταση μεταφοράς και η ζήτηση της αγοράς (European Union's Horizon, 2020).
3. Ανταγωνισμός στις χρήσεις γης: Καθώς η παραγωγή βιομάζας επεκτείνεται, είναι πιθανό να υπάρχει ανταγωνισμός στις χρήσεις γης με άλλους τομείς όπως η παραγωγή και η διατήρηση τροφίμων. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την επισιτιστική ασφάλεια και τη βιοποικιλότητα και μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε κοινωνικές συγκρούσεις (Bio based industries Consortium, 2019).
4. Εξάρτηση από τις επιδοτήσεις: Η βιομηχανία βιομάζας μπορεί να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από κρατικές επιδοτήσεις και κίνητρα για να παραμείνει οικονομικά βιώσιμη. Μια μελέτη που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Energy Policy διαπίστωσε ότι η βιομάζα μπορεί να προσφέρει περιβαλλοντική και οικονομική αντιστάθμιση από το κόστος (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2023). Οι συγγραφείς σημειώνουν ότι το κόστος και τα οφέλη των επιδοτήσεων βιομάζας πρέπει να αξιολογηθούν προσεκτικά για να διασφαλιστεί ότι οι δημόσιοι πόροι χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά. Η βιομηχανία βιομάζας μπορεί να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από κρατικές επιδοτήσεις και κίνητρα για να παραμείνει οικονομικά βιώσιμη. Μια μελέτη που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό Energy Policy διαπίστωσε ότι ενώ η βιομάζα μπορεί να προσφέρει περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, τα οφέλη αυτά μπορεί να αντισταθμίζονται από το κόστος των επιδοτήσεων και άλλων κρατικών ενισχύσεων (European commission, 2023). Οι συγγραφείς σημειώνουν ότι απαιτείται προσεκτική αξιολόγηση του κόστους και των οφελών των επιδοτήσεων βιομάζας για να διασφαλιστεί ότι οι δημόσιοι πόροι χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά.
5. Κοινωνικές επιπτώσεις: η δημιουργία αλυσίδων εφοδιασμού βιομάζας μπορεί να έχει κοινωνικές επιπτώσεις, τόσο θετικές όσο και αρνητικές. Από τη μία πλευρά, η παραγωγή βιομάζας μπορεί να προσφέρει νέες οικονομικές ευκαιρίες και θέσεις εργασίας στις αγροτικές περιοχές. Από την άλλη πλευρά, μπορεί επίσης να

οδηγήσει σε αρπαγές γης, εκτοπισμό κοινοτήτων και άλλες αρνητικές κοινωνικές επιπτώσεις (AGROinLOG, 2020).

3.3 ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (IBLC) ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Τα ολοκληρωμένα κέντρα εφοδιαστικής βιομάζας (IBLC) έχουν σχεδιαστεί για να διευκολύνουν την αλυσίδα εφοδιασμού για την παραγωγή βιομάζας, συγκεντρώνοντας διάφορους ενδιαφερόμενους και διαδικασίες σε μια κεντρική τοποθεσία (Kulkarni et al., 2022). Ωστόσο, υπάρχουν αρκετές κρίσιμες προκλήσεις που σχετίζονται με τη δημιουργία και τη λειτουργία των IBLC, συμπεριλαμβανομένων:

- Έλλειψη τυποποίησης: η βιομηχανία βιομάζας είναι ιδιαίτερα κατακερματισμένη, με διαφορετικές πρώτες ύλες, διαδικασίες και εξοπλισμό που χρησιμοποιούνται σε διάφορες περιοχές και ενδιαφερόμενους. Αυτή η έλλειψη τυποποίησης μπορεί να δυσχεράνει τον αποτελεσματικό σχεδιασμό και τη λειτουργία των IBLC (Zhang et al., 2018).
- Προκλήσεις συντονισμού: τα IBLC περιλαμβάνουν πολλούς ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων των γεωργών, των μεταφορέων, των μεταποιητών και των τελικών χρηστών. Ο συντονισμός μεταξύ αυτών των ενδιαφερομένων μπορεί να είναι προκλητικός, καθώς κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί να έχει διαφορετικούς στόχους και προτεραιότητες (Brennan et al., 2021).
- Προκλήσεις εφοδιαστικής: η εφοδιαστική των αλυσίδων εφοδιασμού βιομάζας μπορεί να είναι πολύπλοκη, με πολλαπλούς τρόπους μεταφοράς και διαδρομές (Ahmad et al., 2019).
- Ποιοτικός έλεγχος: η ποιότητα βιομαζών μπορεί να ποικίλει σημαντικά βασισμένη στον τύπο πρώτων υλών, τους όρους αποθήκευσης, και τις μεθόδους επεξεργασίας. Η εξασφάλιση σταθερής ποιότητας βιομάζας είναι κρίσιμη για την αξιόπιστη παραγωγή και την ικανοποίηση του τελικού χρήστη (Ozgun et al., 2019).
- Προκλήσεις χρηματοδότησης: Η ίδρυση ενός IBLC μπορεί να απαιτεί σημαντική αρχική επένδυση, η οποία μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί λόγω των υψηλών κινδύνων και αβεβαιοτήτων που συνδέονται με την παραγωγή βιομάζας. Επιμερισμός κινδύνου για τη μείωση του κινδύνου και την παροχή κινήτρων για επενδύσεις (Feng et al., 2019).

Για την αντιμετώπιση αυτών των κρίσιμων προκλήσεων, μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες στρατηγικές, μεταξύ των οποίων:

- Έλλειψη τυποποίησης: Δημιουργία σωστών με λεπτομέρειες πρωτοκόλλων και πρότυπα για τις λειτουργίες και τις διαδικασίες IBLC για τον εξορθολογισμό των λειτουργιών και την αύξηση της αποτελεσματικότητας (Choi et al., 2019).
- Προκλήσεις συντονισμού: Δημιουργία ισχυρών διαύλων επικοινωνίας και συμφωνιών μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών για την ενθάρρυνση της συνεργασίας και της ευθυγράμμισης (Zhang et al., 2019).
- Προκλήσεις εφοδιαστικής: Υιοθετήστε προηγμένα εργαλεία μοντελοποίησης και προσομοίωσης για τη βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας (Chen et al., 2018).
- Ποιοτικός έλεγχος: Εφαρμογή πρωτοκόλλων ποιοτικού ελέγχου (Wu, 2019) και παρακολούθησης σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού για τη διασφάλιση της συνεπούς ποιότητας της βιομάζας (Martínez-Moya et al., 2019).
- Προκλήσεις χρηματοδότησης: Αξιοποίηση συμπράξεων δημόσιου (García-Segura et al., 2018) και ιδιωτικού τομέα, κρατικών επιδοτήσεων και συμφωνιών καταμερισμού κινδύνου για την εξασφάλιση χρηματοδότησης και τη μείωση του επενδυτικού κινδύνου (Yuan et al., 2021).

Η αλυσίδα εφοδιασμού εμπεριέχει τρία σημαντικά στάδια (*Εικόνα 16*):

- ❖ Προμήθεια συγκέντρωσης βιομάζας (BSP: Biomass Supply Point).
- ❖ Εγκατάσταση επεξεργασίας βιομάζας (BPF: Biomass Processing Facility).
- ❖ Κέντρο ζήτησης βιομάζας (BDC: Biomass Demand Centre) ή αγορά.



Εικόνα 16: Εφοδιαστική αλυσίδα στο σύστημα παραγωγής βιοενέργεια (Salleh, et al., 2019).

3.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ

Η δομή της αλυσίδας εφοδιασμού βιομάζας ποικίλλει ανάλογα με:

- Τον τύπο βιομάζας,
- Τις τεχνολογίες μετατροπής
- Τον χαρακτηρισμό των βιοπροϊόντων.

Η γενική αλυσίδα εφοδιασμού της βιομάζας από τα χωράφια έως τις εγκαταστάσεις βιοδιυλιστηρίων συμβάλλει με αριθμό οντοτήτων που περιλαμβάνουν το πεδίο, την αποθήκη επεξεργασίας και τις εγκαταστάσεις βιοδιυλιστηρίων (Rentizelas et al., 2009). Οι οντότητες αυτές συμβάλλουν σε έξι κύριες υπο-διαδικασίες της αλυσίδας εφοδιασμού βιομάζας οι οποίες είναι:

- Συγκομιδή
- Συλλογή
- Μεταφορά
- Προεπεξεργασία
- Αποθήκευση
- Χειρισμός

Η μεταφορά βιομάζας αποτελεί σημαντικό συστατικό στοιχείο του κόστους της αλυσίδας εφοδιασμού βιομάζας, της χρήσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂ (Bussemaker et al., 2017). Εξίσου, σημαντική και κρίσιμη σημασία είναι η προέλευση των πρώτων υλών διότι διατίθενται με ευρεία μέσα μεταφοράς βιομάζας (Lautala et al., 2015):

- Την απόσταση μεταφοράς.
- Τις τοπικές συνθήκες (δηλαδή την κατασκευή υποδομών και τους περιορισμούς του εδάφους).

3.5 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΑ ΚΕΝΤΡΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Σύμφωνα με την εκτίμηση του Ekşioğlu et al. το 2009, το κόστος προμήθειας βιομάζας αντιπροσωπεύει περίπου το 20 - 40% του συνολικού κόστους παραγωγής βιοκαυσίμων (Ekşioğlu et al., 2009). Για να μειωθεί περαιτέρω το κόστος παραγωγής βιοκαυσίμων, είναι επιτακτική ανάγκη ο σχεδιασμός μηχανισμών συντονισμού και διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας χαμηλού κόστους και υψηλής απόδοσης (Cellura et al., 2017).

Για την ανάπτυξη οικονομικά αποδοτικών μοντέλων εφοδιαστικής αλυσίδας, οι στρατηγικές και τα επίπεδα λήψης αποφάσεων είναι απαραίτητα γιατί περιλαμβάνουν μακροπρόθεσμη στρατηγική σε επίπεδο στρατηγικής λήψης αποφάσεων, μεσοπρόθεσμη στρατηγική σε επίπεδο τακτικής λήψης αποφάσεων και βραχυπρόθεσμη στρατηγική λήψης αποφάσεων σε επιχειρησιακό επίπεδο (Atashbar et al., 2016). Το τακτικό επίπεδο λήψης αποφάσεων διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη σύνδεση μακροπρόθεσμης και βραχυπρόθεσμης στρατηγικής λήψης αποφάσεων (Luo and Wang, 2017). Επιπλέον, το κόστος εφοδιαστικής βιομάζας που σχετίζεται με τη λήψη τακτικών αποφάσεων μοιράζεται το μεγαλύτερο μέρος του κόστους εφοδιασμού, περίπου 90% (Ekşioğlu et al., 2009).

3.6 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΣΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Οι μορφές προεπεξεργασίας μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τους τύπους βιομάζας και την εφαρμογή της. Για παράδειγμα, η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα συχνά απαιτεί αύξηση της χύδην πυκνότητας και μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία της πρώτης ύλης βιομάζας για τη μείωση του κόστους μεταφοράς και τη βελτίωση της αποδοτικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού (Lautala et al., 2015). Ο κύριος σκοπός της προεπεξεργασίας είναι η επεξεργασία χαμηλής πυκνότητας και ασταθούς βιομάζας, καθιστώντας την κατάλληλη για μεταφορά και χρήση (Eranki et al., 2011).

Γενικά, η αύξηση της υψηλότερης πυκνότητας χύδην χρειάζεται υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας και πιο περίπλοκη διαδικασία λειτουργίας διαχείρισης και επεξεργασίας. Η λογική πυκνότητα μπορεί να σώσει όχι μόνο το κόστος στην κατανάλωση ενέργειας και τη μεταφορά αλλά και το διάστημα αποθήκευσης στις αποθήκες (Zhang et al., 2022).

Λόγω των εποχιακών διακυμάνσεων, η βιομάζα απαιτεί αποθήκευση στο ολοκληρωμένο κέντρο βιομάζας (εργοστάσιο βιοδιωλιστηρίου) όλο το χρόνο. Επομένως, η διατήρηση υψηλής ποιότητας και χαμηλής απώλειας ξηρής ύλης είναι το κύριο καθήκον της αποθήκευσης βιομάζας, όπως αναφέρουν οι Rentizelas et al. Το 2009, θεώρησαν ότι η υψηλή υγρασία είναι βασικός παράγοντας για τη διατήρηση της

ποιότητας της βιομάζας, σημειώνοντας ότι η βιομάζα συλλέχθηκε με περιεκτικότητα σε υγρασία μεταξύ 40% και 50%, ενώ η ασφαλής αποθήκευση θα πρέπει να διατηρείται στο 15% έως 20% (Rentizelas et al., 2009). Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση της ποιότητας και σε επικίνδυνους μικροοργανισμούς (Zhang et al., 2022).

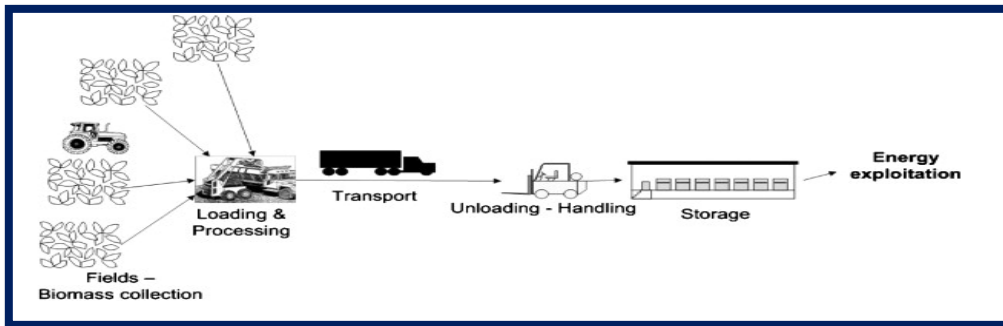
Η σωστή διαχείριση του τρόπου μεταφοράς βιομάζας καθώς και η αποθήκευσης της επιτυγχάνεται επίσης και με την χρήση ενός μοντέλου μαθηματικού προγραμματισμού. Δηλαδή, οι Min και Zhou στην μελέτη τους το 2002 τεκμηριώνουν ότι ο μαθηματικός προγραμματισμός είναι η πιο κοινή προσέγγιση βελτιστοποίησης στον σχεδιασμό μεταφορών, η οποία περιλαμβάνει αλγόριθμους όπως γραμμικός προγραμματισμός (LP), γραμμικός προγραμματισμός μικτών ακέραιων αριθμών (MILP), μικτός ακέραιος μη γραμμικός προγραμματισμός (MINLP) και μη γραμμικός προγραμματισμός (NLP), (Min and Zhou, 2002). Καρπός της έρευνας τους είναι ότι με την χρήση των παραπάνω μοντέλων και την έννοια της βιωσιμότητας επιτυγχάνεται μείωση κόστους και ρύπων και βελτιστοποιείται η αλυσίδα βιομάζας (Talarí et al., 2018).

Ανάλογα με τις αντικειμενικές λειτουργίες, η βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί να ταξινομηθεί σε:

- ❖ Οικονομική (π.χ. μεγιστοποίηση του κέρδους, ελαχιστοποίηση του κόστους και μεγιστοποίηση της καθαρής παρούσας αξίας), (Christian et al., 2006).
- ❖ Περιβαλλοντική (π. χ. ελαχιστοποίηση εκπομπών CO₂ και ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας), (Raeisossadati et al., 2019).
- ❖ Κοινωνική (π. χ. ευκαιρία εργασίας και κοινωνικός αντίκτυπος) (Zhang et al., 2022).
- ❖ Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical information system (GIS)) έχει εφαρμοστεί ευρέως σε προβλήματα που σχετίζονται με το οδικό δίκτυο και τις υποδομές βιοδιυλιστηρίων, τα οποία ενισχύουν την αξιοπιστία του μοντέλου της αλυσίδας εφοδιασμού και την ορατότητα των τοπικών συνθηκών, όπως το οδικό δίκτυο, τις ροές νερού και τα διοικητικά όρια (Sharma et al., 2013).

Ένα παράδειγμα λειτουργίας προεπεξεργασίας είναι η ξήρανση για τη μείωση του κόστους μεταφοράς, η οποία συχνά απαιτείται πριν χρησιμοποιηθεί η βιομάζα για

παραγωγή ενέργειας (Flisberg et al., 2012). **Εικόνα 17** δείχνει ένα απλοποιημένο διάγραμμα μιας αλυσίδας εφοδιασμού βιομάζας.



Εικόνα 17: Γενικός σχεδιασμός εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας (Rentizelas et al., 2009).

Οι βασικοί πυλώνες των κέντρων εφοδιαστικής αλυσίδας:

Ένα ολοκληρωμένο κέντρο εφοδιαστικής βιομάζας (ΟΚΕΒ) είναι ένα πολύπλοκο σύστημα που διαχειρίζεται ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού της βιομάζας, από το σημείο προέλευσης έως τους τελικούς χρήστες. Αυτό το σύστημα αποτελείται από διάφορους πυλώνες που είναι απαραίτητοι για την επιτυχή λειτουργία του ΟΚΕΒ. Σε αυτό το άρθρο, θα διερευνηθούν οι πυλώνες που υποστηρίζουν ένα ολοκληρωμένο κέντρο εφοδιαστικής βιομάζας και οι σύνδεσμοι από τους οποίους προήλθε η πηγή.

- *Συγκομιδή και συλλογή βιομάζας*

Ο πρώτος πυλώνας του ΟΚΕΒ είναι η συλλογή βιομάζας. Η συγκομιδή βιομάζας περιλαμβάνει τη συλλογή και τη μεταφορά της βιομάζας από το σημείο προέλευσής της σε κέντρα Logistics (AGROinLOG, 2020). Η διαδικασία απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού όπως φορτηγά, τρακτέρ και ρυμουλκούμενα για τη συλλογή και τη μεταφορά της βιομάζας. Στη συνέχεια, η βιομάζα αποθηκεύεται σε καθορισμένη περιοχή του κέντρου Logistics μέχρι να είναι έτοιμη για επεξεργασία Guo et al., 2020).

Για τη συλλογή και την αφαίρεση της βιομάζας από τα χωράφια, πρέπει τα ανθρώπινα χέρια να συλλέξουν την βιομάζα. Υγρασία που περιλαμβάνεται στην πρώτη ύλη κατά το στάδιο συλλογής και η τελική χρήση της βιομάζας δηλαδή σε τη βιο - προϊόν θα δημιουργηθεί επηρεάζει επίσης τον τρόπο βιομάζας διαχείριση που θα χρησιμοποιηθεί στο ολοκληρωμένο κέντρο βιομάζας (Biomass Energy Centre, 2011). Η μέθοδος

συλλογής, από την άποψη της αποτελεσματικότητας και το κόστος, μπορεί να επηρεάσει την αποθήκευση και τη μεταφορά. Υπάρχουν μερικοί παράγοντες που πρέπει να λάβουμε υπόψη στο μοντέλο όπως συχνότητα συγκομιδής, επιλεκτική συγκομιδή, ανεπιθύμητη οικολογικές επιπτώσεις των μηχανημάτων συγκομιδής και ούτω καθεξής (Liu et al., 2013). Υπάρχουν μερικές κοινές δραστηριότητες συλλογής βιομάζας, όπως δεματοποίηση, φόρτωση, ξηρή κοπή, υγρή κοπή, συγκομιδή πολλαπλών περασμάτων, συγκομιδή μονής διέλευσης και συγκομιδή ολόκληρων καλλιεργείων.

- *Επεξεργασία Βιομάζας*

Ο δεύτερος πυλώνας του ΟΚΕΒ (IBLC) είναι η επεξεργασία βιομάζας. Η επεξεργασία βιομάζας περιλαμβάνει τη μετατροπή της ακατέργαστης βιομάζας σε χρήσιμες πηγές ενέργειας (AGROinLOG, 2020). Αυτή η διαδικασία μπορεί να περιλαμβάνει ξήρανση, άλεση και σφαιροποίηση της βιομάζας για τη δημιουργία μιας πιο ομοιόμορφης και αποτελεσματικής πηγής καυσίμου. Η επεξεργασία βιομάζας περιλαμβάνει επίσης την απομάκρυνση ακαθαρσιών και ρύπων από τη βιομάζα για να εξασφαλιστεί η ποιότητα του παραγόμενου καυσίμου. (SUCELLOG, 2018).

Υπάρχουν διάφοροι τύποι προεπεξεργασίας, όπως η torrefaction (ανθρακοποίηση), ξήρανση, pelletization, αναερόβια χώνευση, αλκοολική ζύμωση και πυρόλυση (Gold and Seuring, 2011). Οι πιο συνηθισμένοι τύποι είναι η ξήρανση και πελλετοποίηση. Το pelletizing μπορεί να οριστεί ως «ξηρανση και συμπίεση βιομάζας υπό υψηλή πίεση για την παραγωγή κυλινδρικών θραυσμάτων συμπιεσμένης και εξωθημένης βιομάζας». Η ξήρανση μειώνει την περιεκτικότητα σε υγρασία της βιομάζας (Möller and Nielsen, 2007). Το ενσίρωμα είναι «η διαδικασία παραγωγής ενσίρωσης με αναερόβια ζύμωση» (US EPA, 2012). Η Torrefaction είναι "μια τεχνική θερμικής προεπεξεργασίας που εκτελείται σε ατμοσφαιρική πίεση απουσία οξυγόνου, χρησιμοποιώντας θερμοκρασίες μεταξύ 200 και 300 βαθμών, παράγει στερεά με πολύ χαμηλό δείκτη υγρασίας και υψηλή θερμιδική αξία σε σύγκριση με το ομοιογενές προϊόν φρέσκου βιομάζας (Uslu et al., 2008). Η πυρόλυση περιγράφεται ως "η άμεση θερμική αποσύνθεση της βιομάζας στην απουσία οξυγόνου". Θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται στην πυρόλυση είναι 400-800 μοίρες. Τα προϊόντα είναι αέριο, υγρό και στερεό και οι σχετικές αναλογίες τους εξαρτώνται από τη μέθοδο πυρόλυσης, τα χαρακτηριστικά της βιομάζας και τις παραμέτρους αντίδρασης (Uslu et al., 2008). Αυξανόμενη πυκνότητα

χωρίς μείωση του ενεργειακού περιεχομένου κάνει τη βιομάζα φθηνότερη στη μεταφορά. Συνεπώς, επηρεάζεται το κόστος μεταφοράς και η αποδοτικότητα καύσης στα βιο-διυλιστήρια. Επομένως, είναι σημαντικό να εξεταστεί η προεπεξεργασία στη βιομάζα στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Atashbar et al., 2016). Με τη χρήση της προεπεξεργασίας, μπορούν να μειωθούν οι κίνδυνοι υποβάθμισης και να αυξηθεί η ενέργεια της βιομάζας (Paolucci et al., 2016).

- *Αποθήκευση Βιομάζας*

Ο τρίτος πυλώνας του ΟΚΕΒ είναι η αποθήκευση βιομάζας. Η βιομάζα πρέπει συχνά να αποθηκεύεται από τη στιγμή της συγκομιδής έως ότου χρειαστεί από το Βιοδιυλιστήριο μια αποθήκη (Hall and Scrase, 1998). Η αποθήκευση βιομάζας περιλαμβάνει την ασφαλή και αποτελεσματική αποθήκευση της μεταποιημένης βιομάζας έως ότου είναι έτοιμη να μεταφερθεί στον τελικό χρήστη (SUCELLOG, 2018).

Αυτή η διαδικασία απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένων εγκαταστάσεων αποθήκευσης, όπως σιλό, αποθήκες και αποθήκες, για την αποθήκευση της βιομάζας. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να προστατεύουν τη βιομάζα από τις καιρικές συνθήκες, τα παράσιτα και άλλες πιθανές απειλές (Ye et al., 2021).

- *Μεταφορά Βιομάζας*

Ο τέταρτος πυλώνας του ΟΚΕΒ είναι η μεταφορά βιομάζας. Η μεταφορά βιομάζας περιλαμβάνει την παράδοση επεξεργασμένης βιομάζας από το κέντρο εφοδιαστικής στον τελικό χρήστη (AGROinLOG, 2020). Αυτή η διαδικασία απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού μεταφοράς, όπως φορτηγά, τρένα και πλοία, για τη μεταφορά της βιομάζας (SUCELLOG, 2018). Η διαδικασία μεταφοράς πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να διασφαλίζει την ασφαλή και αποτελεσματική παράδοση της βιομάζας, ελαχιστοποιώντας παράλληλα το κόστος μεταφοράς (Valette et al., 2020).

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τρόποι μεταφοράς, όπως: δρόμοι, σιδηρόδρομοι, πλωτές οδοί ή συνδυασμός αυτών. Οι οδικές μεταφορές χρησιμοποιούνται συνήθως για μικρές αποστάσεις και έχει σημαντική ευελιξία (Bowling et al., 2011). Οι σιδηροδρομικές μεταφορές εφαρμόζονται για μεσαία έως μεγάλη απόσταση. Ανάλογα με τον τύπο της βιομάζας, το σχήμα, την απόσταση που

διασχίζεται και η απαίτηση των πελατών, μπορούν να επιλεγούν διάφοροι τρόποι μεταφοράς (Axelsson et al., 2012). Το σύστημα μεταφορών πρέπει να είναι από τα αγροκτήματα έως προεπεξεργασία, από προεπεξεργασία έως κεντρική αποθήκευση θέση, από την κεντρική αποθήκευση στα βιοδιυλιστήρια ή κέντρα βιομάζας και από βιοδιυλιστήρια ή κέντρα βιομάζας έως σημεία ζήτησης (Fazlollahi and Maréchal, 2013).

- *Διαχείριση Πληροφοριών*

Ο πέμπτος πυλώνας του ΟΚΕΒ είναι η διαχείριση πληροφοριών. Η διαχείριση πληροφοριών περιλαμβάνει τη χρήση δεδομένων και τεχνολογίας για τη διαχείριση ολόκληρης της αλυσίδας εφοδιασμού βιομάζας (AGROinLOG, 2020). Αυτό περιλαμβάνει την παρακολούθηση της κίνησης της βιομάζας από το σημείο προέλευσης στους τελικούς χρήστες, τη διαχείριση των επιπέδων αποθέματος και τη βελτιστοποίηση των διαδρόμων μεταφοράς (Ronit et al., 2019). Η διαχείριση πληροφοριών είναι κρίσιμη για την αποτελεσματική λειτουργία του ΟΚΕΒ και απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού και τεχνολογίας. Συμπερασματικά, ένα IBLC είναι ένα πολύπλοκο σύστημα που απαιτεί την επιτυχή ενοποίηση πολλών πυλώνων. Αυτοί οι πυλώνες περιλαμβάνουν τη συλλογή, επεξεργασία, αποθήκευση, μετάδοση και διαχείριση πληροφοριών για τη βιομάζα. Η επιτυχής εφαρμογή αυτών των πυλώνων μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία μιας αποτελεσματικής και βιώσιμης αλυσίδας εφοδιασμού βιομάζας, μειώνοντας τελικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, της παραγωγής ενέργειας.

3.7 ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ: ΜΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ SWOT

Η παρούσα μελέτη διενήργησε μια ολοκληρωμένη ανάλυση SWOT (δυνατά σημεία, αδυναμίες, ευκαιρίες και απειλές) της αξιοποίησης της βιομάζας στο ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν τα πιθανά οφέλη και τις προκλήσεις της βιομάζας και παρέχουν συστάσεις για την ενίσχυση του ρόλου της στο ενεργειακό μείγμα της χώρας.

3.7.1. Δυνάμεις

- **Αφθονία πόρων βιομάζας:** Η Ελλάδα έχει τεράστιο δυναμικό βιομάζας σε αγροτικά και δασικά υπολείμματα και ζωική κοπριά για παραγωγή ενέργειας.
- **Κλιματικές και γεωγραφικές συνθήκες:** οι κλιματικές και γεωγραφικές συνθήκες της Ελλάδας είναι κατάλληλες για την καλλιέργεια ενεργειακών καλλιεργειών και την παραγωγή βιομάζας.
- **Διαφοροποίηση του ενεργειακού μίγματος:** Η ελαχιστοποίηση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα επιτυγχάνεται από την χρήση βιομάζας και συμμετέχει ενεργά στη διαφοροποίηση του ενεργειακού μίγματος της Ελλάδας, και προωθείται η ενεργειακή ασφάλεια.
- **Αγροτική ανάπτυξη και δημιουργία θέσεων εργασίας:** ο τομέας της βιομάζας μπορεί να συμβάλει στην Αγροτική Ανάπτυξη και να δημιουργήσει ευκαιρίες απασχόλησης στη γεωργία, τη δασοκομία και την παραγωγή ενέργειας.

3.7.2. Αδυναμίες

- **Περιορισμένη υποδομή:** η υπάρχουσα υποδομή της Ελλάδας για τη συλλογή, αποθήκευση και μεταφορά βιομάζας είναι ανεπαρκής και απαιτεί επενδύσεις.
- **Έλλειψη ευαισθητοποίησης του κοινού:** η ευαισθητοποίηση και η κατανόηση του κοινού για τη βιομάζα και τα οφέλη της παραμένουν περιορισμένα, εμποδίζοντας την ευρύτερη υιοθέτησή της.
- **Κατακερματισμένη ιδιοκτησία γης:** η μικρή και κατακερματισμένη ιδιοκτησία γης στην Ελλάδα μπορεί να δημιουργήσει προκλήσεις για την αποτελεσματική και μεγάλης κλίμακας παραγωγή βιομάζας.
- **Ανεπαρκής υποστήριξη πολιτικής:** έλλειψη κινήτρων από την πολιτική το οποίο αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για την ανάπτυξη του τομέα, για την αξιοποίηση της βιομάζας.

3.7.3. Ευκαιρίες

- **Στόχοι και υποστήριξη της Ε.Ε.:** Οι στόχοι της Ε.Ε. για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και οι ευκαιρίες χρηματοδότησης μπορούν να τονώσουν την ανάπτυξη του τομέα της ελληνικής βιομάζας.
- **Ανάπτυξη τεχνολογίας:** Η ανάπτυξη τεχνολογιών μετατροπής βιομάζας μπορεί να βελτιώσει την απόδοση και τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα.

- **Ενοποίηση με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας:** Η βιομάζα μπορεί να ενσωματωθεί με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια για τη δημιουργία υβριδικών ενεργειακών συστημάτων και τη βελτίωση της σταθερότητας του δικτύου.
- **Διαχείριση αποβλήτων και κυκλική οικονομία:** Η χρήση βιομάζας για ενέργεια μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση των πρακτικών διαχείρισης απορριμμάτων και στην προώθηση της κυκλικής οικονομίας.

3.7.1. Απειλές

- **Ανταγωνισμός για πόρους:** η ζήτηση για πόρους βιομάζας για μη ενεργειακούς σκοπούς, όπως ζωοτροφές και κλινοσκεπάσματα, μπορεί να δημιουργήσει ανταγωνισμό και να επηρεάσει τη διαθεσιμότητα βιομάζας για παραγωγή ενέργειας.
- **Περιβαλλοντικές ανησυχίες:** οι μη βιώσιμες πρακτικές παραγωγής βιομάζας μπορούν να οδηγήσουν σε αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως υποβάθμιση του εδάφους, ρύπανση των υδάτων και απώλεια βιοποικιλότητας.
- **Κυμαινόμενες τιμές ορυκτών καυσίμων:** Η αστάθεια των τιμών των ορυκτών καυσίμων μπορεί να επηρεάσει την ανταγωνιστικότητα της βιομάζας ως πηγής ενέργειας.
- **Κλιματική αλλαγή:** η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει τη διαθεσιμότητα και την παραγωγικότητα των πόρων βιομάζας, θέτοντας προκλήσεις στη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του τομέα.

Με βάση την ανάλυση SWOT, η μελέτη συνιστά στην Ελλάδα να επικεντρωθεί στη βελτίωση των υποδομών βιομάζας, στην ευαισθητοποίηση του κοινού, στην εφαρμογή αποτελεσματικών πολιτικών και στην προώθηση βιώσιμων πρακτικών παραγωγής βιομάζας. Αντιμετωπίζοντας αυτές τις προκλήσεις, η βιομάζα μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας και να συμβάλει στην επίτευξη των στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης.

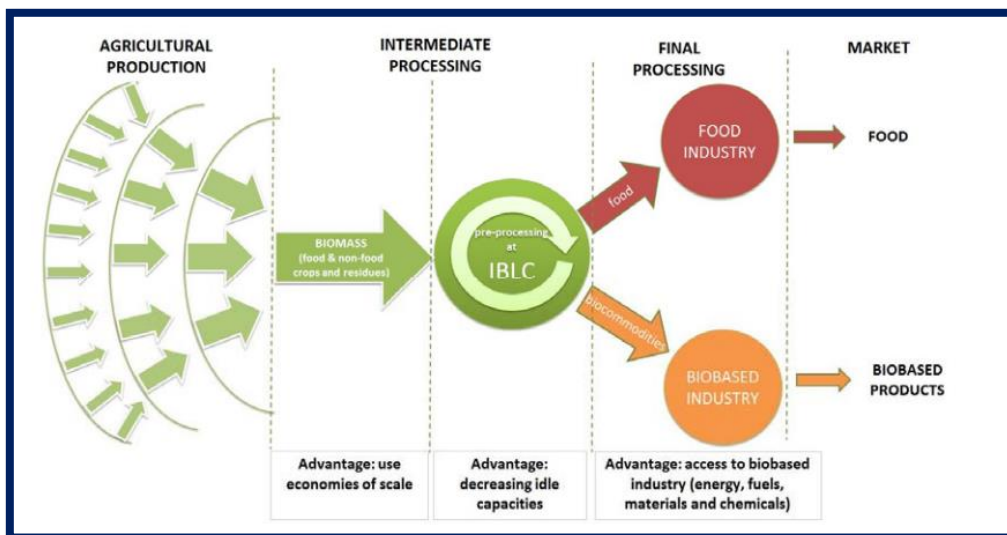
3.8 ΑΛΥΣΙΔΑ ΑΞΙΑΣ LOGISTICS- IBLC

Το κύκλωμα και τα εμπλεκόμενα μέρη ενός IBLC εντός της αλυσίδας αξίας παρουσιάζεται στην **Εικόνα 18**. Σημαντικά μέρη της αλυσίδας αξίας είναι:

- i) Η γεωργική παραγωγή με τους προμηθευτές πρώτων υλών βιομάζας για τρόφιμα και μη.
- ii) Ενδιάμεση προεπεξεργασία τροφίμων και βιομάζας /Βιομηχανία προεπεξεργασίας (IBLC).
- iii) Τελική επεξεργασία από τη βιομηχανία τροφίμων και βιολογικών προϊόντων.
- iv) Τις αγορές τροφίμων και προϊόντων βιολογικής βάσης.

Τα πλεονεκτήματα μιας ολοκληρωμένης εγκατάστασης βιομάζας τόσο για τις αλυσίδες αξίας των τροφίμων όσο και για τις αλυσίδες αξίας που βασίζονται σε βιολογικά (μη τρόφιμα) είναι:

- i) Χρήση οικονομιών κλίμακας επειδή χρειάζεται να μεταφερθούν περισσότερες πρώτες ύλες βιομάζας.
- ii) Μείωση των χρονικών περιόδων αδράνειας - επειδή οι εγκαταστάσεις σε ένα IBLC μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλήρως για επεξεργασία.
- iii) Πρόσβαση στη βιομηχανία - επειδή η IBLC παράγει όχι μόνο τρόφιμα ή ζωοτροφές αλλά και βιοπροϊόντα που μπορούν να μεταποιηθούν σε βιοενέργεια, βιοκαύσιμα, υλικά με βάση τα βιοκαύσιμα και βιοχημικά για βιομηχανίες περαιτέρω στην αλυσίδα αξίας.



Εικόνα 18: Σχηματική θέση ενός IBLC στην αλυσίδα αξίας (Sucelllog, 2017).

3.9 ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΔΙΑ ΓΙΑ ΤΟ IBLC

IBLC ως μονάδα μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της οικονομικής, περιβαλλοντικής και κοινωνικής βιωσιμότητας, της γεωργικής παραγωγής και μεταποίησης στην περιοχή. Επιπλέον, η έννοια του IBC επηρεάζεται από τη διακυβέρνηση του γεωργικού τομέα (συμπεριλαμβάνονται νόμοι και κανονισμοί) καθώς και με ειδικές πολιτικές σχετικά με τη βιομάζα, τα απόβλητα και την αξιοποίηση των υπολειμμάτων από τη γεωργία σε νέα προϊόντα. Στον **Πίνακα 3** παρατίθενται οι κύριες ευκαιρίες και τα αντιληπτά εμπόδια, ταξινομημένα ανά κατηγορίες επιπτώσεων (οικονομική, περιβαλλοντική, κοινωνική, διακυβέρνηση και τεχνική).

Πίνακας 3: Ευκαιρίες και Εμπόδια ενός ολοκληρωμένου κέντρου Logistics βιομάζας (IBLC)

	Ευκαιρίες	Εμπόδια
Οικονομικό Περιβάλλον	Διαφοροποίηση στις πρώτες ύλες και τελικά προϊόντα: χρήση υπολειμμάτων βιομάζας ως πόρος βιοενέργειας και ενδιάμεσα προϊόντα με βάση την βιοενέργεια.	Αστάθεια των τιμών, των διαθέσιμων πόρων βιομάζας (παράδειγμα από τη γαλλική μελέτη περίπτωσης: καλλιέργεια δημητριακών).
	Μείωση του πάγιου κόστους μέσω της βέλτιστης χρήσης των υφιστάμενων αγροβιομηχανιών εγκαταστάσεων. Δηλαδή, χρήση του εξοπλισμού στις χρονικές περιόδους που δεν χρησιμοποιείται.	Υψηλότερο λειτουργικό κόστος των υφιστάμενων εγκαταστάσεων π.χ. μέσω της αυξημένης συντήρησης.
	Ελαχιστοποίηση του επενδυτικού κόστους για την ικανότητα επεξεργασίας της βιομάζας.	Έλλειψη εμπειρίας και γνώσης σχετικά με το δυναμικό της αγοράς των προϊόντων βιοενέργειας / βιολογικής βάσης.
	Ευνοϊκή θέση της γεωργίας βιομηχανία εντός της αγροαλυσίδας για τη βελτίωση της οικονομικής (υγής) κατάστασης μέσω επενδύσεων σε νέους	• Σε ορισμένες περιοχές υπάρχει πλεόνασμα ξυλώδους βιομάζας στην αγορά και έτσι παρεμποδίζεται η χρήση εναλλακτικών πόρων βιομάζας.

	επιχειρηματικούς τομείς (τεχνική ικανότητα, οργάνωση)	<ul style="list-style-type: none"> Χαμηλή τιμολόγηση ομολόγων ορυκτών προϊόντων (πετρέλαιο και φυσικό αέριο). Έλλειψη κατάλληλων τεχνολογιών για το μετασχηματισμό της βιομάζας
Φυσικό Περιβάλλον	Συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων βιωσιμότητας: <ul style="list-style-type: none"> μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG), αποτελεσματική χρήση των πόρων. 	<ul style="list-style-type: none"> Τιμές ανταλλαγής: π.χ. θρεπτικό συστατικό, Επιπτώσεις στην εξάντληση του εδάφους
	Μείωση GHG (μέσω μείωσης της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων)	Διαφάνεια του περιβαλλοντικού κόστους (Σύγκριση ΑΚΖ).
	Προμήθεια ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	
Κοινωνικό Περιβάλλον	Περισσότερη απασχόληση μέσω αυξημένης επιχειρηματικής δραστηριότητας.	Κοινωνική αποδοχή / αντίληψη της ποιότητας του παραχθέντος προϊόντος.
	Η ενίσχυση του ρόλου και της λειτουργίας του αγροτικού τομέα στη βιοοικονομία θα τονώσει την οικονομική ανάπτυξη και ενίσχυση των αγροτικών περιοχών.	<ul style="list-style-type: none"> Οι ριζωμένες γεωργικές πρακτικές εμποδίζουν την εναλλακτική χρήση υπολειμμάτων. Απροθυμία να αλλάξει το business as usual στη γεωργία Ανεπαρκείς εμπειρίες επιτυχίας (και μεταφορά γνώσης και τεχνογνωσίας).
	Νέες επιχειρηματικές δραστηριότητες ως διάσωση για τις αγροβιομηχανίες που σήμερα παρακμάζουν και την αποφυγή της εγκατάλειψης αγροτικών περιοχών.	<ul style="list-style-type: none"> Μολυσμένα τρόφιμα και μη γεωργικά υπολείμματα τροφίμων. Αβεβαιότητα / διαφορετική ερμηνεία των εθνικών νομοθεσιών, για το ποια βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και εάν είναι απόβλητο ή όχι.

Διακυβέρνηση Νόμου και κανονισμοί (πολιτικό & νομικό Περιβάλλον)	Απάντηση στις αλλαγές στην ΚΓΠ της ΕΕ: π.χ. κατάργηση της ποσόστωσης ζάχαρης και ο αντίκτυπός της στην παραγωγή και τη μεταποίηση.	Περιορισμένη διαθεσιμότητα και πρόσβαση σε πόρους χρηματοδότησης.
	Θετική συμβολή στους στόχους της ΕΕ/εθνικού χαρακτήρα σχετικά με τη χρήση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας από την αξιοποίηση της βιομάζας.	Χαμηλή (πολιτική) προτεραιότητα για βιομάζα από τη γεωργία σε αντίθεση με τους ξυλώδεις πόρους.
	Τρέχουσα προώθηση εγκυκλίου.	Δυσμενή φορολογικά καθεστάτα για τις πρώτες ύλες, τα προϊόντα και τα καύσιμα.
	Η οικονομία πρέπει να μετατραπεί σε νέους κανονισμούς (βραχυπρόθεσμα).	Δυσκολίες στην εξασφάλιση υπογεγραμμένων δεσμεύσεων ή ενσωμάτωση στις αλυσίδες εφοδιασμού μεταξύ αγροκτημάτων/βιομηχανιών, απαιτεί μεγαλύτερη ποσότητα μόλυβδου.
Τεχνολογικό Περιβάλλον	<ul style="list-style-type: none"> • Θερμοκοιτίδα τεχνικών και κοινωνικών, καινοτομίες για τη βιομάζα. • Αυξημένη φθορά του επεξεργασία και αξιοποίηση σε προϊόντα βιοενέργειας και βιολογικής βάσης. 	<p>Η επεξεργασία του βιοδιυλιστηρίου είναι μια βρεφική βιομηχανία με γενικά χαμηλά TRL.</p> <p>Οι αγορές προϊόντων και οι ευκαιρίες υστερούν σε σχέση με τη σκοπιμότητα της τεχνολογίας επεξεργασίας.</p>
	Οι έννοιες IBLC είναι κατάλληλες για ενεργειακή ολοκλήρωση και, ως εκ τούτου, βελτιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης εντός των υφιστάμενων εγκαταστάσεων.	Έλλειψη γνώσης σχετικά με την επεξεργασία (νέων) τύπων πρώτης ύλης (συμπεριλαμβανομένου του τρόπου αντιμετώπισης της μεταβλητής ποιότητας της πρώτης ύλης).
	Κάποιος από τον εξοπλισμό είναι ήδη γνωστός (στεγνωτήρια,	• Κενό επεξεργασίας: αναγκαιότητα επένδυσης σε πρόσθετο εξοπλισμό

	σφαιροποιητές, εγκαταστάσεις αποθήκευσης κ.λπ.), αλλά η βέλτιστη ενσωμάτωση μεταξύ τόσο διαφορετικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων οι διαδικασίες (τρόφιμα / μη τρόφιμα) είναι μια τεχνική πρόκληση (συντήρηση, σύστημα ελέγχου, όργανα, κ.λπ.).	για επεξεργασία (ή για συγκομιδή ή μεταφορά). • Αυξημένη φθορά του, επεξεργασία και αξιοποίηση σε προϊόντα βιοενέργειας και βιολογικής βάσης.
		• Απαιτείται επιπλέον καθαρισμός μεταξύ επεξεργασίας τροφίμων και μη πρώτων υλών. • Δύσκολο να επιτευχθεί το τέλος της βιομάζας απαιτήσεις συμβατότητας προϊόντος/ ποιότητας.

3.10 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΟΥ ΒΑΣΙΚΟΥ ΑΓΡΟΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ (ALC) ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΕΝΤΡΟ LOGISTICS (IBLC).

Η βασική ιδέα ALC από το έργο Sucelllog και η ενημερωμένη ιδέα IBLC από το έργο AgroinLog συγκρίνονται στον **Πίνακα 4**. Η ενημερωμένη ιδέα IBLC δεν περιλαμβάνει μόνο την επεξεργασία στερεάς βιομάζας αλλά και άλλους τύπους όπως η πράσινη («φρέσκια») βιομάζα. Θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένα βήμα προεπεξεργασίας σε ένα IBLC. Επομένως, δεν αρκεί μόνο η χρήση εγκαταστάσεων αποθήκευσης για υπολείμματα από των γεωργικό και δασοκομικό κλάδο. Επίσης, μεγάλες επενδύσεις σε νέα οργανικά απόβλητα γεωργίας ως ενδιάμεσο, για βιολογική βάση προμήθειας τελικού προϊόντος (στερεά βιοκαύσιμα) σε αγορές χρηστών (καταναλωτικές / επιχειρήσεις /θεσμικές αγορές), (Bert Annevelink & Bart van Gogh et al., 2017).

Η Sucelllog το 2017 στην αρχή δεν έδωσε τόση σημασία στη χωρητικότητα αποθήκευσης, ωστόσο οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης είναι πραγματικά ακριβές, επομένως είναι εξίσου σημαντικές με τον υπόλοιπο εξοπλισμό (Sucelllog, 2017). Ο

σκοπός της προεπεξεργασίας της βιομάζας σε ένα IBLC είναι να γίνει πιο ομοιογενής, ξηρότερη, πιο συμπαγής κ.λ.π. ώστε να απαιτείται λιγότερο χώρος αποθήκευσης. Υπάρχει διαφορά μεταξύ της προμήθειας σε μια βιομηχανική αγορά που επεξεργάζεται περαιτέρω τα ενδιάμεσα προϊόντα σε τελικά προϊόντα και της παροχής στο τελικό καταναλωτή. Η τρέχουσα βασική ιδέα περιορίζεται σε ενεργειακά pellet με υψηλή περιβαλλοντική αξία αλλά δυστυχώς χαμηλή οικονομική αξία. Επομένως, ο μόνος κερδοφόρος τρόπος παραγωγής τους είναι η χρήση μηχανών χωρίς επιπλέον επενδυτικό κόστος. Η μελλοντική ιδέα IBLC δεν περιλαμβάνει μόνο βιοενέργεια, αλλά και προϊόντα με βάση τη βιομάζα με υψηλότερη αξία, γεγονός που θα μπορούσε να δικαιολογήσει την επένδυση σε επιπλέον χωρητικότητα (*Εικόνα 19*). Έτσι, η ιδέα της IBLC εξετάζει τόσο τις αγορές χαμηλής όσο και υψηλής αξίας.

Πίνακας 4: Σύγκριση της έννοιας του βασικού κέντρου εφοδιαστικής αγροτοβιομηχανίας (ALC) και της ενημερωμένης ολοκληρωμένης βιομάζας IBLC (Bert Annevelink & Bart van Gogh et al., 2017).

Σύγκριση		
	Βασική ιδέα ALC	Μελλοντική ιδέα IBLC επίτευξη της Ε.Ε μέχρι το 2050
Πρωτογενείς πηγές βιομάζας	Υπολείμματα από τη γεωργία και τη δασοκομία. Οργανικά απόβλητα από αγροτοβιομηχανίες.	Υπολείμματα από τη γεωργία και τη δασοκομία. Οργανικά απόβλητα από αγροτοβιομηχανίες, Ενεργειακές καλλιέργειες και δασική ανάπτυξη.
Τύπος βιομάζας	Στερεά βιομάζα.	Τόσο στερεά όσο και υγροποιημένη βιομάζα.
Αποθήκευση	Υπάρχουσα ικανότητα αδράνειας	Τόσο η υπάρχουσα ικανότητα αδράνειας όσο και χωρητικότητα η νέα χωρητικότητα.
Επενδύσεις	Μικρές επενδύσεις για προσαρμογές στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις.	Επίσης μεγάλες επενδύσεις σε νέες εγκαταστάσεις.
Επιμελητεία (δίκτυα)	Υφιστάμενο συγκοινωνιακό δίκτυο	Τόσο υφιστάμενα όσο και νέα συγκοινωνιακά δίκτυα.

Επεξεργασία με βάση τη βιομάζα (βιομηχανία)	Ενέργεια (θερμότητα και ενέργεια).	Ενέργεια (θερμότητα και ενέργεια), καύσιμα, υλικά, χημικά.
Αγορά	Προμήθεια τελικού προϊόντος (στερεά βιοκαύσιμα) σε αγορές χρηστών (καταναλωτικές-/επιχειρήσεις-/θεσμικές αγορές).	Προμήθεια βιοεμπορευματικού προϊόντος ως ενδιάμεσο για βιολογική βάση στις βιομηχανίες.



Εικόνα 19: Η έννοια SUCELLOG (Sucellog, 2017).

Ειδικά στον τομέα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας συναντάται μεγάλη πηγή βιομάζας η οποία όταν γίνει αντικείμενο εκμετάλλευσης προσφέρει μεγάλη αξία για αυτό με βάση το project AgroiLog προτείνει ότι για να γίνει μια αγροβιομηχανία κέντρο εφοδιαστικής βιομάζας θα πρέπει να υλοποιηθούν τα εξής:

- **Υπέρβαση της εποχικότητας:** αγροτοβιομηχανικές εγκαταστάσεις συνδέονται με τους κύκλους των καλλιεργειών και λειτουργούν υπό εποχικό καθεστώς. Εκτός εποχής, οι αγροτοβιομηχανικές εγκαταστάσεις π.χ. τομέας ζωοτροφών και φρούτων/λαχανικών είναι κλειστές.
- **Στήριξη της τοπικής αγροτικής οικονομίας:** IBLC μπορούν να παρέχουν εναλλακτικές πηγές εισόδημα για τομέας ζωοτροφών και φρούτων/λαχανικών στους αγρότες και τις αρτοβιομηχανίες. Για παράδειγμα, ένα IBLC μπορεί να μετασχηματίσει και να συνδυάσει πολλαπλά τοπικά αγροτικά υπολείμματα για

την παραγωγή ενεργειακών προϊόντων που μπορούν να πωληθούν χύμα ή ως μείγματα πελλετών (δεματοποιημένα ή τυποποιημένα). Για το σκοπό αυτό, η συνεργασία με τους τοπικούς αγρότες είναι το «κλειδί».

- **Βελτιστοποιημένη χρήση εξοπλισμού:** όταν μειώνονται οι κύριες δραστηριότητες στη γεωργία, ο εξοπλισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία διαφόρων πρώτων υλών βιομάζας: ξηραντήρια, εξοπλισμός/μηχανήματα επεξεργασίας, σφαιροποιητές. Η συμβατότητα του εξοπλισμού και των πρώτων υλών πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά για να διασφαλιστεί ότι η κύρια επιχειρηματική γραμμή δεν θα διακοπεί κατά την επανέναρξη των εργασιών.
- **Υπολείμματα βιομάζας:** Οι υφιστάμενες βιομηχανίες μεταποίησης γεωργίας συχνά δημιουργούν υπολείμματα βιομάζας που σχετίζονται με τις διεργασίες τους, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή μιας ποικιλίας προϊόντων με βάση τη βιομάζα. Αυτό είναι ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα γιατί προσφέρει μεγαλύτερη ανεξαρτησία από τα παραδοσιακά κέντρα βιομάζας που απαιτούν εξωτερικό εξοπλισμό.
- **Δίκτυα διανομής:** Οι αγροβιομηχανίες συνήθως εμπλέκονται στην εμπορία χύδην υλικών και διαθέτουν τα δικά τους δίκτυα εμπορικής διανομής. Επιπλέον, τα αγαθά που παράγουν έχουν ήδη οργανωμένες αλυσίδες εφοδιασμού. Αυτά τα καθιερωμένα δίκτυα διανομής μπορούν να αξιοποιηθούν περαιτέρω με νέους επιχειρηματικούς κλάδους.
- **Επιχειρηματικό δίκτυο:** Οι αγροβιομηχανίες έχουν δημιουργήσει εμπορικές και υλικοτεχνικές σχέσεις με τους προμηθευτές και τους πελάτες του. Τα αγροβιομηχανικά υπολείμματα που βρίσκονται σε δίκτυα διανομής και εμπορίας παρουσιάζουν ευκαιρίες για νέους επιχειρηματικούς τομείς. Όπως, στους τομείς επεξεργασίας βιομάζας ή/και ολοκληρωμένων κέντρων προμήθειας βιομάζας ζωοτροφών και οπωροκηπευτικών ή διανομής.

Η μετατροπή μιας βιομηχανίας που βασίζεται στη γεωργία σε μια IBLC ενδέχεται να απαιτεί νέες επενδύσεις και αυξημένο λειτουργικό κόστος. Η οικονομική και τεχνική σκοπιμότητα πρέπει να αναλυθεί σε βάθος, καθώς και να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

3.11 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα δεν χρησιμοποιείται μόνο ως πηγή για την παραγωγή βιοενέργειας, αλλά χρησιμοποιείται επίσης για την παραγωγή τροφίμων, ζωοτροφών και άλλων βιολογικών προϊόντων, όπως βιοπλαστικά και χημικά (Hatti-Kaul et al., 2007). Λόγω της παγκόσμιας έλλειψης, η γεωργική γη και η αυξανόμενη ζήτηση για βιολογικά προϊόντα, η αξιοποίηση της βιομάζας θα πρέπει να βελτιστοποιηθεί στο μέγιστο των δυνατοτήτων της (Cambero and Sowlati, 2014). Ένας από τους τρόπους για να επιτευχθεί αυτό είναι ο επανασχεδιασμός των αλυσίδων εφοδιασμού βιομάζας για τη βελτίωση των οικονομικών και περιβαλλοντικών επιδόσεών τους (De Meyer et al., 2014). Στο στάδιο επανασχεδιασμού προσφοράς βιομάζας η επιτροπή θα πρέπει να εξετάσει το ενδεχόμενο να προχωρήσει σε μια νέα διαδικασία υλοποίησης (Gargalo et al., 2017). Η αξιολόγηση αυτή απαιτεί προηγμένα μοντέλα υποστήριξης αποφάσεων, ωστόσο υπάρχουν μοντέλα για τη βελτιστοποίηση των αποφάσεων της αλυσίδας εφοδιασμού βιομάζας (Zhu and Yao, 2011), αλλά σχεδόν κανένας μέχρι σήμερα δεν έχει εξετάσει τη βέλτιστη χρήση του εξοπλισμού και των διαθέσιμων πόρων

Αιτίες αύξησης της πολυπλοκότητας του σχεδιασμού επεξεργασίας βιομάζας:

- **Αρχικά**, η αλυσίδα εφοδιασμού βιομάζας για την παραγωγή βιοενέργειας περιλαμβάνει πέντε γενικά στοιχεία του συστήματος, δηλαδή:
 - I. Συλλογή βιομάζας.
 - II. Προεπεξεργασία.
 - III. Αποθήκευση.
 - IV. Μεταφορά.
 - V. Μετατροπή ενέργειας.

Ο στόχος της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας είναι να ελαχιστοποιήσει το κόστος και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας και να εξασφαλίσει τη συνεχή παροχή πρώτων υλών (Mafakheri and Nasiri, 2014).

- **Δεύτερον**, διαφορετικοί τύποι βιομάζας μπορούν να παράγουν ένα ευρύ φάσμα βιολογικών προϊόντων μέσω διαφορετικών τεχνικών επεξεργασίας, γεγονός που περιπλέκει την αλυσίδα εφοδιασμού βιομάζας.

Εκτός από τις ειδικά εκτρεφόμενες νέες μη εδώδιμες καλλιέργειες και τα υπολείμματα παραδοσιακών καλλιεργειών τροφίμων, υπάρχουν τριτογενή υπολείμματα, τα λεγόμενα προϊόντα βιομάζας μετά την κατανάλωση, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή προϊόντων βιολογικής βάσης (Annevelink, et al., 2016). Η ποικιλία των εισροών, των επιλογών επεξεργασίας και των βιολογικών προϊόντων ως εκροών καθιστά το σύστημα πολύ περίπλοκο.

- **Τρίτον**, η διαθεσιμότητα πρώτων υλών βιομάζας εξαρτάται από την περίοδο συγκομιδής της καλλιέργειας (Rentizelas et al., 2009).

Η εποχικότητα οδηγεί σε μη συνεχή χρήση του εξοπλισμού που απαιτείται για την επεξεργασία βιομάζας (SUCELLOG, 2014). Εάν εφαρμόζεται επεξεργασία βιομάζας όλο το χρόνο για να αποφευχθεί η χαμηλή αξιοποίηση της παραγωγικής ικανότητας, μεγάλες ποσότητες βιομάζας πρέπει να αποθηκεύονται για μεγάλο χρονικό διάστημα και να συνεπάγονται σημαντικό κόστος αποθήκευσης. Αυτό αυξάνει περαιτέρω την πολυπλοκότητα του σχεδιασμού επεξεργασίας βιομάζας.

3.12 ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΚΕΝΤΡΑ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Αξίζει να σημειωθούν κάποιες στρατηγικές μείζονος σημασίας, για την διαχείριση και την αξιοποίηση της βιομάζας με βιώσιμο τρόπο:

Ένα από τα πιο κρίσιμα σημεία συμφόρησης στην αυξημένη αξιοποίηση της βιομάζας είναι το κόστος των εργασιών εφοδιαστικής (Iakovou et al., 2010). Στη μελέτη τους, αναφέρονται συγκεκριμένα στην αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας, αλλά ένα τέτοιο πρόβλημα συμφόρησης μπορεί επίσης να θεωρηθεί έγκυρο για οποιαδήποτε άλλη έξοδο βιοδυλιστηρίου ή ενός IBLC.

Το θέμα των βιώσιμων αλυσίδων εφοδιασμού βιομάζας μελετήθηκε από την άποψη της διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού (Hong et al., 2016). Στην εν λόγω μελέτη, οι αλυσίδες εφοδιασμού βιώσιμης βιομάζας ή το δίκτυο αλυσίδων εφοδιασμού θεωρούνται ως η μέθοδος επιχειρησιακής διαχείρισης και η προσέγγιση βελτιστοποίησης για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και του κόστους

παραγωγής στον πλήρη κύκλο ζωής των βιοπροϊόντων: από τη πρώτη ύλη στο τελικό προϊόν. Επίσης, σε μια βιώσιμη αλυσίδα εφοδιασμού βιομάζας δεν πρέπει μόνο να δίνει έμφαση στην αποτελεσματική μεταφορά αλλά και στη διατήρηση της μάζας (χαρακτηριστικά).

Ομοίως, οι Eranki et al. στην μελέτη τους αναφέρουν την εισαγωγή της έννοιας των προηγμένων περιφερειακών αποθηκών επεξεργασίας βιομάζας (ARBPDs: Advanced Regional Biomass Processing Depots), (Eranki et al., 2011). Αυτές οι αποθήκες δημιουργούνται για την μείωση των αποστάσεων και των άσκοπων μετακινήσεων, για την εξοικονόμηση καυσίμων. Ένα προηγμένο Advanced Regional Biomass Processing Depots δίκτυο ή Biomass Processing Depots: εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν συγκεκριμένες τεχνολογίες και παράγει ενδιάμεσα προϊόντα και προϊόντα πέραν εκείνων για βιοχημική και θερμοχημική παραγωγή βιοκαυσίμων, συμπεριλαμβανομένων ζωοτροφών υψηλότερης αξίας, διατροφικών προϊόντων, και βιοσύνθετα υλικά, και έτσι αξιοποιώντας το κεφάλαιο και την τεχνογνωσία αυτών των καθιερωμένων βιομηχανιών.

Επιπλέον, Eranki et al έρχονται με την έννοια της εξατομικευμένης ή ενισχυμένης BPD (Biomass Processing Depots): εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν συγκεκριμένες τεχνολογίες που εξαρτώνται κυρίως από τη διαθεσιμότητα περιφερειακών πρώτων υλών και τα χαρακτηριστικά βιομάζας και από συνέργειες μεταξύ αυτών των τεχνολογικών δεδομένων, των χαρακτηριστικών, της περιφερειακής διαθεσιμότητας βιομάζας και της τεχνολογικής συνέργειας, το ενισχυμένο BPDF (Biomass Processing Facility Depots) μπορεί να θεωρηθεί παρόμοιο με ένα IBLC (Integrate Biomass Logistic Center) (Eranki et al., 2011).

Οι Lautala et al. Το 2015 έρχονται με την έννοια των προηγμένων συστημάτων τροφοδοσίας πρώτων υλών, δηλαδή, ευέλικτες αποθήκες προεπεξεργασίας που μπορούν να χρησιμοποιήσουν πολλαπλούς τύπους βιομάζας (Lautala et al., 2015). Οι τυπικές εργασίες προεπεξεργασίας σε τέτοιες αποθήκες θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν μείωση του μεγέθους των σωματιδίων, μείωση της υγρασίας, πυκνότητα και ορισμένες προηγμένες διαδικασίες όπως ανάμειξη, μερική προεπεξεργασία, ακόμη και κλασμάτωση σε λάδι, ζάχαρη ή ενδιάμεσα προϊόντα άνθρακα. Η βιομάζα αφήνει αυτές τις αποθήκες ως πρώτη ύλη εμπορευμάτων που είναι σταθερή, πυκνή, ρευστή και έχει καθορισμένο βαθμό προδιαγραφών υλικού και την

ενέργεια που χρησιμοποιείται στις διεργασίες, καθώς και τη δυνατότητα εκμετάλλευσης πολλαπλών πηγών βιομάζας. Στην ίδια μελέτη, η έννοια της βιομηχανικής συμβίωσης συζητείται μαζί με τη σύνθεση του δικτύου με πολλαπλούς στόχους περιβαλλοντικών, τεχνικών, οικονομικών, ασφάλειας και κοινωνικών παραγόντων. Αυτό είναι σύμφωνο με την έννοια του IBLC που εξετάζει τη συνέργεια μεταξύ των υφιστάμενων γεωργικών βιομηχανιών, την (περιφερειακή) διαθεσιμότητα βιομάζας (κατάλοιπα) και την ευκαιρία ανάπτυξης αλυσίδων αξίας για προϊόντα βιολογικής βάσης.

Μια παρόμοια προσέγγιση αναπτύσσεται από τους Bals και Dale «Οι τοπικές αποθήκες επεξεργασίας βιομάζας (LBPDs)» (Bals and Dale, 2012). Για να ξεπεραστεί η δυσκολία της βιομάζας ως ογκώδους, ανομοιογενούς, δύσκολης μεταφοράς και ευπαθούς προϊόντος, προτείνουν τη δημιουργία ενός δικτύου περιφερειακών ή τοπικών αποθηκών επεξεργασίας βιομάζας. Η βιομάζα που παρέχεται σε LBPDs μπορεί στη συνέχεια να ομογενοποιηθεί, να υποστεί επεξεργασία και να πυκνωθεί σε αγροτικό (τοπικό) επίπεδο πριν από τη μεταφορά της σε βιοδυλιστήριο για μετατροπή σε τελικά βιοπροϊόντα όπως καύσιμα, χημικά. Επιπλέον, ο Jacobson et al. περιγράφει τα LBPDs ως έννοια για την επεξεργασία περιφερειακών συγκεκριμένων ροών βιομάζας σε πυκνοποιημένα, σταθερά και μεταφερόμενα προϊόντα. Στην διερεύνηση τους αναγνώρισαν τις ακόλουθες λειτουργίες: για ένα LBPD (Energy National Laboratory, 2014):

- Αγορά βιομάζας από αγρότες/καλλιεργητές.
- Βραχυπρόθεσμη αποθήκευση.
- Διαλογή και καθαρισμός.
- Προεπεξεργασία βιομάζας.
- Πύκνωση (π.χ. Pellet).

Σε μια άλλη μελέτη, διερευνήθηκαν εναλλακτικές επιλογές και διαμόρφωσης συστημάτων παροχής βιομάζας για τη βιομηχανία κυτταρινικών βιοκαυσίμων των Η.Π.Α. (Lamers et al., 2015). Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μπορεί να χρειαστούν αποκεντρωμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομάζας ή αποθήκες για την επίτευξη χαμηλότερου κόστους πρώτων υλών, ώστε να διατελεί διαθεσιμότητα σε ανώτερης ιδιοσυστασίας και ποσότητα την απαιτούμενη χρονική στιγμή.

Υπάρχουν δύο τύποι αποθηκών:

- Η κύρια λειτουργία μιας τυποποιημένης αποθήκης είναι η βελτίωση της σταθερότητας της πρώτης ύλης (για αποθήκευση), η αύξηση της πυκνότητας όγκου (για μεταφορά), η βελτίωση της ρευστότητας (για σταθερούς ρυθμούς τροφοδοσίας) και η μείωση των απωλειών υλικών (Lamers et al., 2015).
- Αντίθετα, μια αποθήκη ποιότητας αντιμετωπίζει ενεργά πτυχές ποιότητας πρώτων υλών που είναι ειδικές για την αγορά στην οποία στοχεύει. Παράγει την ενισχυμένη πρώτη ύλη (με χαμηλότερο επίπεδο μόλυνσης) ή ακόμη και ενδιάμεσα προϊόντα επεξεργασίας και, ως εκ τούτου, μειώνει τις απαιτήσεις προεπεξεργασίας στην εγκατάσταση του πελάτη. Για την ικανοποίηση της ζήτησης στις τελικές αγορές της, είναι δυνατά διάφορα είδη βημάτων προεπεξεργασίας σε προηγμένες αποθήκες (θερμική/χημική προεπεξεργασία), (Lamers et al., 2015).

Στην Αυστρία, το Περιφερειακό γεωργικό Επιμελητήριο Steiermark (Landwirtschaftskammer Steiermark) καθιέρωσε το "Biomassehof" ως περιφερειακό κέντρο εξυπηρέτησης στερεών βιοκαυσίμων (Loibnegger, et al., 2010). Στόχος του κέντρου είναι να διαθέσει ξυλώδη βιομάζα τοπικής καλλιέργειας για την αγορά βιοενέργειας και να εγγυηθεί τα πρότυπα ποιότητας τόσο των προϊόντων όσο και των υπηρεσιών στην αγορά. Εκτός από την προαναφερθείσα ευρωπαϊκή έρευνα, υπάρχουν επίσης μελέτες των Η.Π.Α. που αξίζει να αναφερθούν. Για παράδειγμα, Perlack et al (U.S. Department of Energy, 2011) διεξήγαγε μια εις βάθος ανάλυση των πόρων βιομάζας και την αξιοποίησή τους, στο πλαίσιο των Η.Π.Α., ενώ οι Langholtz et al. (Langholtz, et al., 2020) συζήτησε τα οφέλη των ανεπιθύμητων εκπομπών CO₂ αντικαθιστώντας τα ορυκτά καύσιμα με βιοκαύσιμα. Επιπλέον, οι Lautala, et al. ανέπτυξαν μια υποδομή βιοκαυσίμων, Logistics και μοντέλο μεταφοράς για τον υπολογισμό των βέλτιστων τοποθεσιών πολλαπλών βιοδιυλιστηρίων και IBLC (Lautala et al., 2015).

Ένας τρόπος για τη βελτίωση της χρήσης των μηχανημάτων είναι ο συνδυασμός της επεξεργασίας τροφίμων ή/και ζωοτροφών με την επεξεργασία βιομάζας στην ίδια εγκατάσταση επεξεργασίας, δηλαδή σε ένα ολοκληρωμένο κέντρο εφοδιαστικής/ υποστήριξης βιομάζας ("Jornada informativa regional H2020 Reto Social 2: Bioeconomía," 2014).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΙΣΠΑΝΙΑ



Λόγω της εποχικότητας των καλλιεργειών υπάρχουν μεγάλη περίοδοι αδράνειας των επιχειρήσεων και δημιουργούνται προβλήματα οικονομικά και κοινωνικά. Για να αντιμετωπίσουν αυτή την κατάσταση, οι βιομηχανίες προσπαθούν να συνδυάσουν και τις υπολειμματικές μορφές ώστε να μην υπάρχουν νεκρές χρονικές περίοδοι ώστε να ελαχιστοποιούνται τα κόστη και τα προβλήματα που συνδέονται με αυτό τον κρίσιμο παράγοντα (AGROinLOG, 2020).

Πίνακας 5: Περίοδοι αδράνειας βιομηχανιών (AGROinLOG, 2020).

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΔΡΆΝΕΙΑΣ	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Αφυδάτωση ζωοτροφών												
Παραγωγός ζωοτροφών												
Στεγνωτήριο δημητριακών												
Ξηραντήρας ρυζιού												
στεγνωτήριο καπνού												
αποστακτήριο												
βιομηχανία ζάχαρης												
βιομηχανία ελαιολάδου												
αποξηραμένα φρούτα												

Πίνακας 6: Διαθεσιμότητα καλλιιεργειών (AGROinLOG, 2020).

Διαθεσιμότητα καλλιιεργειών	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Υπολείμματα ζωοτροφών												
Άχυρο δημητριακών												
Άχυρο σόγιας												
Rape stalks												
Μίσχοι καλαμποκιού												
Στάχυ καλαμποκιού												
Φλοιοί και σκόνη σιλό από στεγνωτήρια δημητριακών												
Φλούδες ρυζιού												
Φλοιοί και υπολείμματα από ελαιούχους σπόρους												
Υπολείμματα καπνού												
Υπολείμματα αποστακτηρίου												
Πολτός τεύτλων												
Κλαδέματα αμπελώνα												
Κλαδέματα ελιάς												
Κλάδεμα φρούτων σπόρων												
Υπολείμματα φρούτων												
Κλάδεμα ξηρών καρπών												
Κλάδεμα εσπεριδοειδών												
Υπολείμματα πολτού ελαιούχων σπόρων αμπέλου												
Στέμφυλα και μίσχοι σταφυλιών												
Κουκούτσι σταφυλιών												
Κουκούτσι ελιάς												
Ελαιοπυρήνας												
Κέλυφος καρυδιών												

Οι περίοδοι αδράνεια των αγροβιομηχανιών για κάθε κλάδο της γεωργίας και της κτηνοτροφίας είναι με πράσινο χρώμα στο **Πίνακα 5**. Επίσης, οι περίοδοι αδράνειας εννοείται η κατάσταση που ο εξοπλισμός μένει αδρανείς, λόγω της αναμονής που υπάρχει κατά την σπορά μιας καλλιέργειας. Επιπλέον, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η εποχική διαθεσιμότητα των καλλιεργειών των διάφορων κλάδων γεωργίας και της κτηνοτροφίας. Στο **Πίνακα 6** είναι με καφέ χρώμα η διαθεσιμότητα των πρώτων υλών (AGROinLOG, 2020).

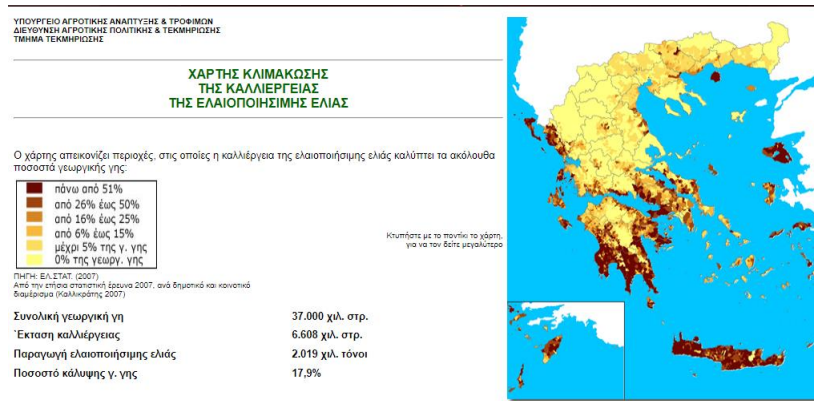
Ένας κρίσιμος παράγοντας για την δημιουργία ενός κέντρου βιομάζας επεξεργασίας είναι και το κόστος μεταφοράς από και προς τα κέντρα, όπως έχει προαναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο. Για την Ελλάδα συλλέχθηκαν κάποια στοιχεία ενδεικτικά για την μεταφορά της βιομάζας προς ΟΚΕΒ (IBLC) με διαφορετικά μέσα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το Κ.Α.Π.Ε. και το πρόγραμμα AgroinLog ώστε να δημιουργηθεί ο παρακάτω **Πίνακας 7**.

Πίνακας 7: Κόστη μεταφοράς βιομάζα /μεταφορικό μέσο και είδος.

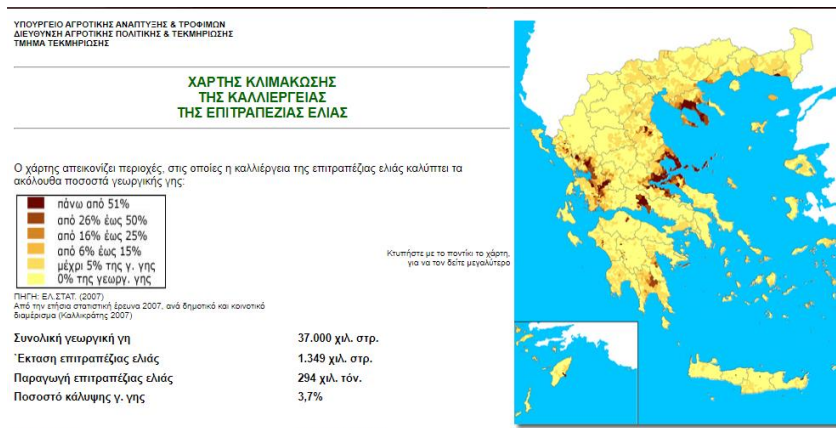
Μέσο	Είδος μεταφοράς	Μεταβλητό κόστος απόστασης	Τιμές	Σταθερό κόστος μεταφοράς	Τιμές
Φορτηγό	Άχυρα- υπολείμματα	0,12	€ · tn/km	4,39	€/tn
	Πελλετ– ξύλου υπολείμματα	0,07	€ · tn/km	3,01	€/tn
	Βιοαιθανόλη	0,05	€ · tn/km	3,86	€/tn
Τρένο	Άχυρα- υπολείμματα	0,023	€ · tn/km	14,15	€/tn
	Πελλετ– ξύλου υπολείμματα	0,017	€ · tn/km	5,48	€/tn
Αγωγοί	Βιομάζα ξηρή	$23,4 * C^{0.4806}$	€ · tn/km	$4,19 * C^{0.8656}$	€/tn
	Αιθανόλη	0,062	€ · tn/km	0	€/tn

Επίσης, για την επιτυχής δημιουργίας μιας τέτοιας μονάδας (κέντρου βιομάζας) κρίνεται αναγκαία η αποτύπωση παραγόμενης βιομάζας καθώς και η απεικόνιση μέσο γεωγραφικών συστημάτων για την τοποθεσία του κέντρου, ώστε να είναι κοντά σε όλες

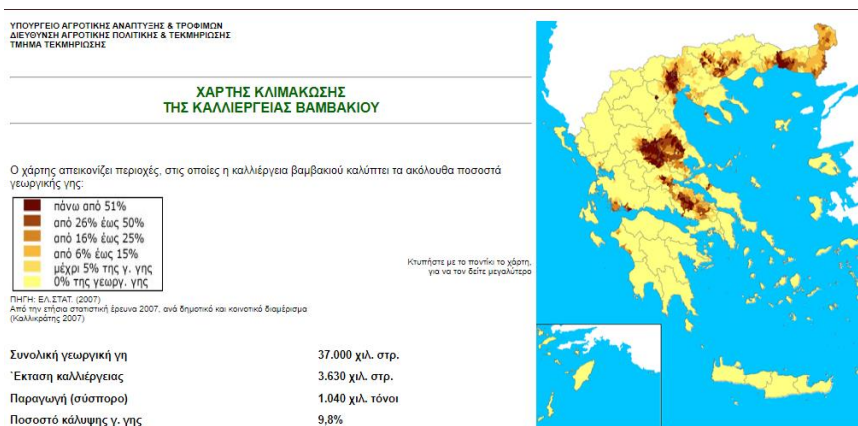
τις πηγές βιομάζας. Μια συνολική εικόνα για τα είδη και το δυναμικό παραγωγής βιομάζας για την Ελλάδα παρατίθενται παρακάτω. Ουσιαστικά, αναλύονται ανά περιοχή: το είδος, η έκταση τις καλλιέργειας, τα ποσοστά του είδους ανά περιοχή, και πολλά αλλά στοιχεία που κρίνονται απαραίτητα για την επίτευξη ενός ολοκληρωμένου κέντρου βιομάζας.



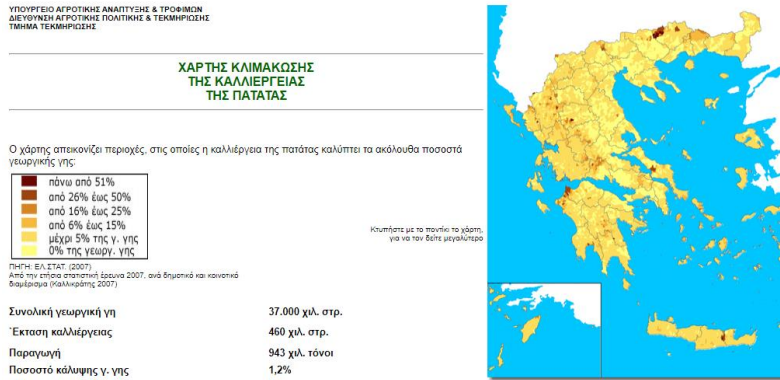
Εικόνα 20: Ελαιοποιήσιμη ελιά (ΚΑΠΕ, 2020).



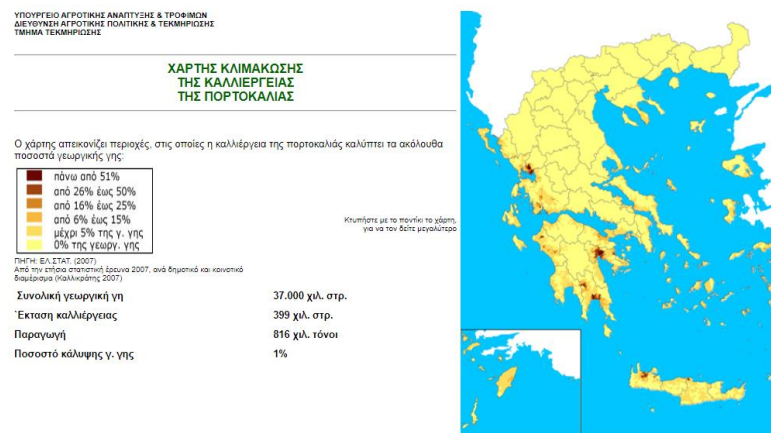
Εικόνα 21:Επιτραπέζια ελιά (ΚΑΠΕ, 2020).



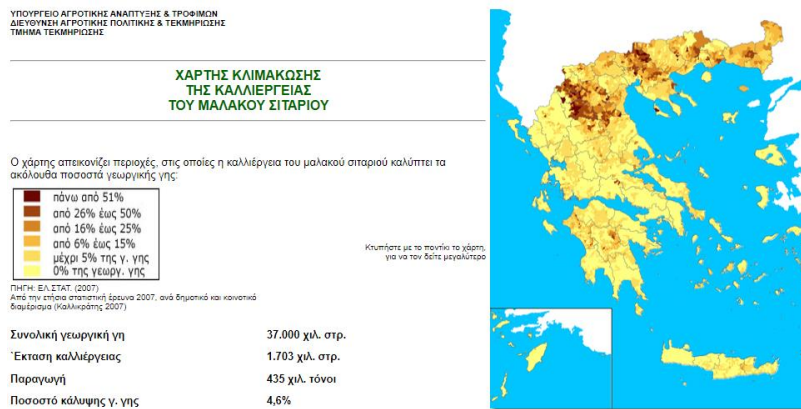
Εικόνα 22: Βαμβάκι (ΚΑΠΕ, 2020).



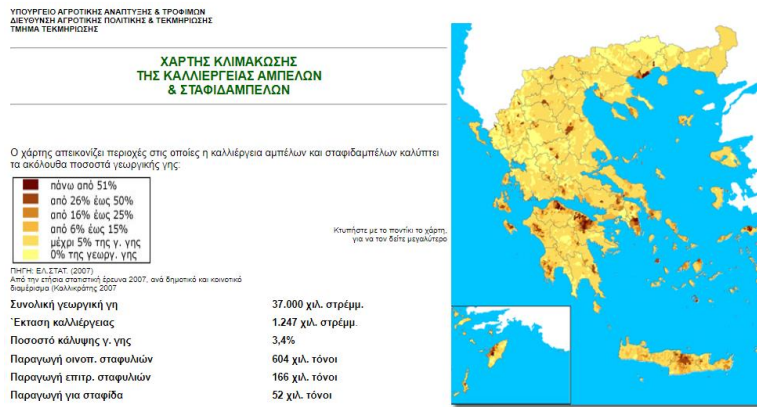
Εικόνα 23: Πατάτα (ΚΑΠΕ, 2020).



Εικόνα 24: Πορτοκάλια (ΚΑΠΕ, 2020).



Εικόνα 25: Σιτάρι (ΚΑΠΕ, 2020).



Εικόνα 26: Αμπέλια (ΚΑΠΕ, 2020).

4.1 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ Ι ΤΗΣ ΙΣΠΑΝΙΑΣ (AGROINDUSTRIAL PASCUAL SANZ)

Η πρώτη μελέτη αφορά την αγροτοβιομηχανία Agroindustrial Pascual Sanz (APS) και την Fundación Circe (CIRCE), για την δημιουργία ενός κέντρου βιομάζας logistics για την αξιοποίηση των αγροτικών υπολειμμάτων, ώστε να παραχθούν ζωοτροφές και να μειωθεί ο χρόνος αδράνειας του εξοπλισμού. Όπως αναφέρεται στα παραδοτέα του προγράμματος AgroinLog στην Ισπανία, υπάρχουν μεγάλες φάρμες που χρειάζονται τρόφιμα για τα ζώα (Berndes et al., 2003). Ως εκ τούτου, η έρευνα αυτή επικεντρώνεται κυρίως στον τομέα των ζωοτροφών. Μια σημαντική συνεισφορά της μελέτης είναι η συνεργασία κατά τη διάρκεια του έργου στο οποίο η Agroindustrial Pascual Sanz (APS) ενεργεί ως εταίρος επίδειξης αγροτοβιομηχανίας και το Fundación Circe (CIRCE) ενεργεί ως το κύριο τεχνολογικό κέντρο για την παροχή υποστήριξης επεξεργασίας βιομάζας

4.1.1 Δραστηριότητα αγροτοβιομηχανίας

Η APS ειδικεύεται στην παραγωγή αφυδατωμένων ζωοτροφών σε μπάλες ή πέλλετ. Οι πρώτες ύλες είναι κυρίως μηδική (άχυρο) ή πολύτιμο τριφύλλι, οι οποίες μπορούν να αγοραστούν με δύο τρόπους ("IBLC Success Story Entering Agro-Industry Deliverables for Animal Feed Sector D3.7", 2016):

- Η αγροτοβιομηχανία αγοράζει από επίσημους εμπόρους μπάλες (περίπου το 10% των αγορών μηδικής ή τριφυλλιού πολυτελείας ή άχυρου).

- Σύμβαση των αγροτών από τα υπολείμματα που παράγουν, να τα μεταφέρουν στην αρτοποιομηχανία με πλατφόρμες (περίπου 90% πρώτη ύλη από 100 αγρότες).

Σε δευτερεύουσες περιπτώσεις, οι καταναλωτές αγοράζουν άλλα προϊόντα μηδικής όπως το sundangorto για να αναμειχθούν με μηδική ή αγοράζουν μηδική σύμφωνα με τις ποιοτικές τους ανάγκες (Berndes et al., 2003). Περίπου 50 τόνοι μηδικής ή άχυρου ή μηδικής συγκομίζονται από τον Απρίλιο έως τον Νοέμβριο, την εργάσιμη περίοδο που η αγροτοβιομηχανία παράγει δέματα (85% της παραγωγής) και πέλλετ (15% της παραγωγής) για την αγορά ζωοτροφών ("IBLC Success Stories Go to Agro-Industry Deliverable D3.7 for the Animal Feed Sector," 2016).

Η APS ειδικεύεται στην παραγωγή αφυδατωμένων ζωοτροφών σε μπάλες ή πέλλετ. Η πρώτη ύλη είναι κυρίως μηδική ή πολυτελείας τριφύλλι (περιέχει μεγάλο ποσοστό λυγνίνης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοπροϊόντων) και υπάρχουν δύο τρόποι αγοράς:

- Η αγροτοβιομηχανία αγοράζει από επίσημους εμπόρους και η μορφή της πρώτης ύλης είναι μπάλες (περίπου το 10% των αγορών μηδικής ή τριφυλλιού πολυτελείας ή άχυρου).
- Υπηρεσίες συγκομιδής για αγρότες που παράγουν τριφύλλι ή άχυρο πολυτελείας και αγορά των προϊόντων τους, τα οποία μεταφέρονται από τους ίδιους τους αγρότες σε τεμαχισμένα προϊόντα σε πλατφόρμες μεταφοράς (περίπου 90% πρώτη ύλη).

Αγορά

Γίνεται διαχωρισμός των πελατών σε 2 μεγάλες κατηγορίες καταναλωτών σε τοπικό και σε διεθνές επίπεδο:

1. Κτηνοτροφικός κλάδος Ισπανίας αντιπροσωπεύει το 55% της αγοράς.
2. Οι εξαγωγές αντιπροσώπευαν το 45% της παραγωγής

Όπως κάθε άλλη εταιρεία στον κλάδο των αγροτοβιομηχανιών (ζωοτροφών), οι δραστηριότητες της APS εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη ζήτηση και τις τιμές της αγοράς,

οι οποίες ποικίλλουν σημαντικά από έτος σε έτος ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των πρώτων υλών και τις αντίστοιχες τιμές τους.

- Παραγωγή 27.000 t/έτος μπάλες σε μορφή δεμάτων υψηλής πυκνότητας, που είναι περίπου 22-24.000 t/έτος 100% μηδικής (65-80% αυτών των δεμάτων είναι για διεθνή αγορά) και 3-5.000 t/έτος μείγμα ζωοτροφών (100% για τη διεθνή αγορά).
- Παραγωγή 18.000 t/έτος σφαιριδίων μηδικής μορφής για την αγορά ζωοτροφών (10% για διεθνή αγορά).

Κλάδος μεταφορών

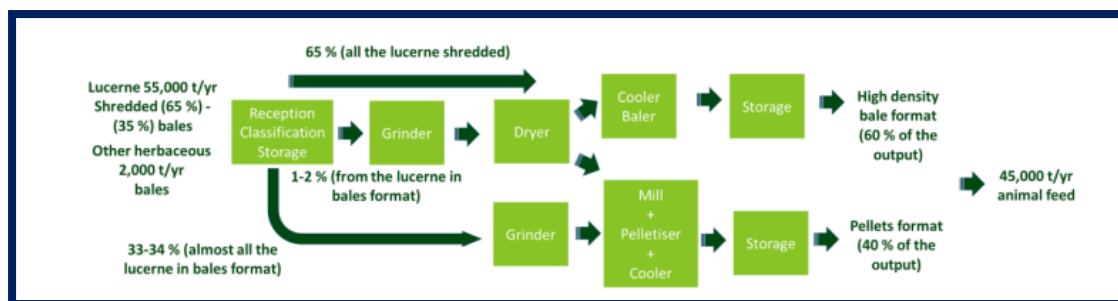
Λόγω του ότι δεν διατίθεται τεράστιος στόλος και δίκτυα εκτός Ισπανίας οι διανομές εκτός εθνικού επιπέδου υλοποιούνται με μεταφορικές εταιρίες.

Αποθήκευση & Επεξεργασία

Η αποθήκευση της πρώτης ύλης που είναι η εισροή εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του και κατατάσσεται ανάλογα την ποιότητα. Επίσης, υπάρχουν στην συγκεκριμένη μονάδα 3 στάδια λειτουργίας εντός του έτους. Η πρώτη χρονική περίοδος συγκομιδής ώστε να είναι ενεργή περίοδος αξιοποίησης της βιομάζας είναι από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο. Η εισροή/πρώτη ύλη περνάει από το άλεσμα έπειτα, από ένα περιστροφικό στεγνωτήριο και λειτουργεί 100% (24 ώρες την ημέρα, 6 ημέρες την εβδομάδα) των δυνατοτήτων του. Έπειτα, το δεύτερο στάδιο ορίζεται από τον Οκτώβριο έως τον Νοέμβριο και αρχίζει η πρώτη πτώση της παραγωγής στο 70% της λειτουργίας. Επιπρόσθετα, το τρίτο στάδιο είναι από τον Δεκέμβριο μέχρι τον Μάρτιο, οπότε η δυναμικότητα έχει πέσει στο 30% και αρχίζει μια περίοδο αδράνειας. Τέλος, τον Απρίλιο έως τον Νοέμβριο λειτουργούν τα μηχανήματα στο 50% ενώ η περίοδος αδράνειας της εγκατάστασης είναι Δεκέμβριο μέχρι τον Μάρτιο (“Success case of an IBLC into an agroindustry of the animal feed sector Deliverable D3.7,” 2016).

4.1.2 Μελλοντική ιδέα ανάπτυξης μονάδας παραγωγής και δραστηριότητας
Για την μείωση της αδράνειας του εξοπλισμού προτείνεται να μπει μια νέα γραμμή παραγωγής συμπληρωματικά ώστε να μην υπάρχει αδράνεια του εξοπλισμού. Η λογική αυτή στηρίζεται στους πυλώνες της βιωσιμότητας. Αυτή, η νέα γραμμή θα προσφέρει

την ανάπτυξη νέων πελλετών και χρήση ενέργειας – βιοπροϊόντων. Στο **Διάγραμμα 1** φαίνονται οι δυο γραμμές και τα στάδια παραγωγής (“Success case of an IBLC into an agroindustry of the animal feed sector Deliverable D3.7,” 2016).



Διάγραμμα 1: Γενικό διάγραμμα παραγωγής ζωοτροφών (“Success case of an IBLC into an agroindustry of the animal feed sector Deliverable D3.7,” 2016).

Όσον αφορά αυτή τη διαδικασία παραγωγής, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες σκέψεις:

- Υπάρχει ένας περιστροφικός στεγνωτήρας που είναι κοινός στις δύο γραμμές παραγωγής (δέματα και σβόλοι).
- Η έξοδος των πρώτων υλών (βιομάζας) από το μηχάνημα τεμαχισμού ή «κυκλώνα» (που βρίσκεται μεταξύ του στεγνωτηρίου και του ψυγείου) είναι το μόνο σημείο στην εγκατάσταση όπου η γραμμή είναι ανοιχτή. Ακόμη και κατά την παραγωγή δεμάτων, υπάρχει πάντα μια μικρή ποσότητα υλικού (5-10% του στεγνωτηρίου έξοδος) που εξέρχεται από τη γραμμή λόγω προβλήματος διαρροής και αυτό το υλικό χρησιμοποιείται για την παραγωγή σφαιριδίων.
- Η θερμική κατανάλωση της εγκατάστασης προέρχεται αποκλειστικά από το περιστροφικό στεγνωτήριο (φυσικό καυστήρα αερίου). Τα σφαιρίδια δεν λειτουργούν με ατμό.
- Οι δύο ψύκτες λειτουργούν με ανακυκλωμένο αέρα περιβάλλοντος από ανεμιστήρες (δεν παράγεται κρύο για χρήση σε αυτή τη διαδικασία).
- Η μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από τη γραμμή πελλετοποίησης, κυρίως του μύλου και των σφαιροποιητών (υπάρχουν δύο).

Κατανάλωση ενέργειας

Γενικά στατιστικά όσον αφορά τις χρονικές περιόδους λειτουργίας της κάθε γραμμής. (“Success case of an IBLC into an agroindustry of the animal feed sector Deliverable D3.7,” 2016).



Διάγραμμα 2: Κατανάλωση αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας (“Success case of an IBLC into an agroindustry of the animal feed sector Deliverable D3.7,” 2016).

Η κύρια κατανάλωση αερίου, η οποία αντιστοιχεί πλήρως στην γραμμή αποξήρανσης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή δεμάτων ή pellet πραγματοποιείται από τον Μάιο έως τον Οκτώβριο του 2018 και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που αντιστοιχεί κυρίως στην παραγωγή pellets γίνεται από τον Απρίλιο έως τον Νοέμβριο του 2018 παρατηρείται στο **Διάγραμμα 2** στην αριστερή πλευρά. Με βάση τις δυο γραμμές και τον συνδυασμών πολλών προϊόντων το κόστος κατανάλωσης ρεύματος αυξήθηκε ελάχιστα αλλά τα οικονομικά οφέλη από τα προϊόντα είναι περισσότερα από ότι η μικρή αύξηση του κόστους κατά την παραγωγή.

Στόχοι

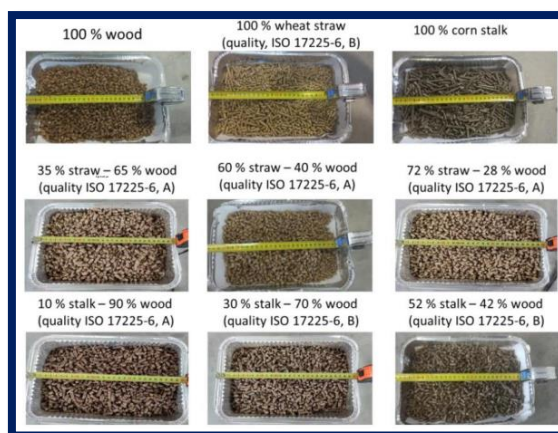
- I. Αξιοποίηση αγροτικών υπολειμμάτων.
- II. Αύξηση κύκλων εργασιών.
- III. Αύξηση εισοδημάτων.
- IV. Αύξηση χαρτοφυλακίου προϊόντων και πελατών.
- V. Ανάπτυξη θέσεων εργασίας και οικονομική ενίσχυση χώρας.

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με Success case of an IBLC into an agroindustry of the animal feed sector Deliverable D3.7 το 2016, τα αποτελέσματα της έρευνας για την εγκατάσταση ενός ολοκληρωμένου κέντρου logistic βιομάζας είναι (“Success case of an IBLC into an agroindustry of the animal feed sector Deliverable D3.7,” 2016):

- Μείωση της αδράνειας της εγκατάστασης.

- Αύξηση της ποικιλίας και της ποιότητας των προϊόντων εν συγκρίσει με το αρχικό πλάνο λειτουργίας.
- Μείωση των αποβλήτων καθότι χρησιμοποιούνται όλα τα υπολείμματα.
- Ενίσχυση της οικονομίας της Ισπανίας από την δημιουργία θέσεων εργασίας.
- 7 κιλότονοι αχρησιμοποίητων πρώτων υλών (κυρίως άχυρο, στάχυα καλαμποκιού) μπορούν να αγοραστούν ετησίως από αγρότες σε χαμηλές τιμές για να προστεθεί αξία σε αυτή τη ροή υλικών.
- Λαμβάνοντας υπόψη την τιμή αγοράς των νέων παραγόμενων pellets στα 110 ευρώ/τόνο, ο κύκλος εργασιών της APS αυξήθηκε κατά τουλάχιστον 660.000 ευρώ. Αυτό αποκλείει την πιθανότητα αυξήσεων των τιμών ανάλογα με το μείγμα σωματιδίων και την τελική χρήση (βιοενέργεια/βιοσύνθετα υλικά). Θα έχει αντίκτυπο ανάπτυξης 11%.
- Η συμβατότητα του εξοπλισμού (στεγνωτήρια, μύλοι, σφαιροποιητές και συστήματα αποθήκευσης) θα συντομεύσει την περίοδο απόσβεσης. Σε αυτή τη γραμμή παραγωγής, ο συντελεστής απόσβεσης του μεμονωμένου προϊόντος θα μειωθεί κατά 25% για το στεγνωτήριο και 62,5% για τη σύνθλιψη (τεμαχισμός από σφαιροποίηση) και τη σφαιροποίηση, επειδή ο εξοπλισμός θα χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς. Αυτό θα είναι επωφελές για τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των τιμών των τελικών προϊόντων ή την αύξηση της κερδοφορίας της γεωργίας.
- Με βάση την έρευνα το καλύτερο μείγμα είναι το 60% άχυρο – 40% ξύλο, καθότι το περισσότερο ξύλο δεν προσδίδει καλύτερη απόδοση στην παραγωγή ενέργειας (*Εικόνα 27*).



Εικόνα 27: Δείγματα της έρευνας από την παραγωγή πέλλετ (“Success case of an IBLC into an agroindustry of the animal feed sector Deliverable D3.7,” 2016).

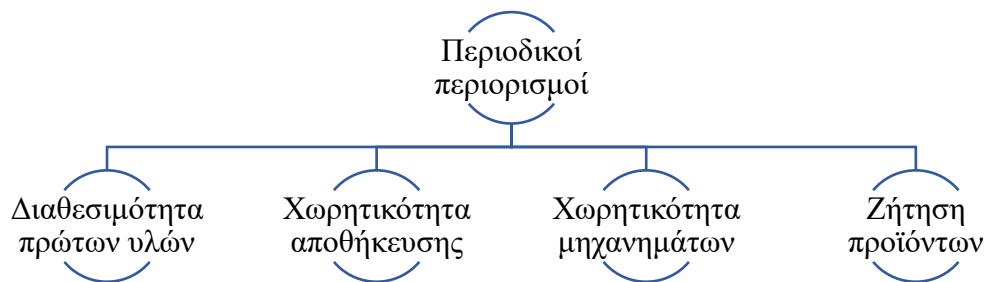
4.2 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ II ΤΗΣ ΙΣΠΑΝΙΑΣ: ΣΑΡΑΓΟΣΑ

Δεύτερη μελέτη περίπτωσης της Ισπανίας στην περιοχή Σαραγόσα εστιασμένη στην επέκταση γραμμών και στην λήψη αποφάσεων στην δημιουργία ενός IBLC.

4.2.1 Πρόβλημα

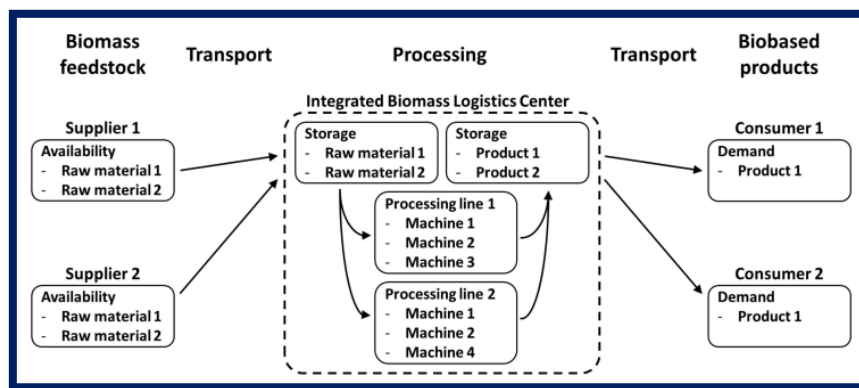
Μοντέλο MILP για ένα IBCLC

Το μοντέλο MILP μεγιστοποιεί το κέρδος μιας καθορισμένης αλυσίδας εφοδιασμού βιομάζας (IBLC) που υπόκειται σε ένα σύνολο περιοδικών περιορισμών (Σχήμα 6):



Σχήμα 6: Μοντέλο MILP για ένα IBLC.

Λαμβάνει επίσης υπόψη τις πτυχές της εφοδιαστικής και της επεξεργασίας εντός του IBLC για την εξαγωγή της βέλτιστης εφοδιαστικής υποστήριξης και εργοστάσια επεξεργασίας. Το μοντέλο MILP αντιπροσωπεύεται σχηματικά στην **Εικόνα 28**.



Εικόνα 28: Σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου MILP για ένα IBLC (Guo, et al., 2020).

Πολλοί προμηθευτές (π.χ. αγροκλήματα) μπορούν να προμηθεύσουν διάφορες πρώτες ύλες. Κάθε προμηθευτής βρίσκεται σε καθορισμένη απόσταση από το IBLC. Οι πρώτες ύλες διατίθενται σε διαφορετικές περιόδους (συγκομιδής). Μπορεί να προσδιοριστεί η αποσύνθεση βάρους (φεύγει η περιεκτικότητα σε νερό) των πρώτων υλών που αποθηκεύονται στον προμηθευτή λόγω υποβάθμισης. Σε κάθε περίοδο, για κάθε προμηθευτή, το μοντέλο MILP αποφασίζει τις ποσότητες πρώτων υλών που αποθηκεύονται στον προμηθευτή ή μεταφέρονται στο IBLC (Guo et al., 2020). Το κόστος αποθήκευσης στον προμηθευτή και το κόστος μεταφοράς προστίθενται στο κόστος των πρώτων υλών. Όταν οι πρώτες ύλες μεταφέρονται στο IBLC, το μοντέλο MILP αποφασίζει είτε να τις επεξεργαστεί την ίδια περίοδο κατά την άφιξή τους είτε να τις μεταφέρει στην αποθήκευση του IBLC.

Για την επεξεργασία πρώτων υλών, χρησιμοποιείται μια συγκεκριμένη γραμμή επεξεργασίας που υπάρχει από μία ή περισσότερες μηχανές. Κάθε μία από τις μηχανές έχει σταθερή ικανότητα επεξεργασίας ανά περίοδο. Όταν η χωρητικότητα ενός μηχανήματος είναι ο περιοριστικός παράγοντας, το μοντέλο MILP επιτρέπει στο IBLC να αγοράσει ένα επιπλέον μηχάνημα. Το απαιτούμενο επενδυτικό κόστος υπολογίζεται ετησίως λαμβάνοντας υπόψη μια περίοδο απόσβεσης 10 ετών. Κάθε πρώτη ύλη έχει καθορίσει το κόστος επεξεργασίας (Guo et al., 2020). Το κόστος καθαρισμού και το κόστος μεταγωγής δηλαδή: το κόστος που σχετίζεται με την υιοθέτηση μιας γραμμής επεξεργασίας για την επεξεργασία μιας διαφορετικής πρώτης ύλης. Για κάθε γραμμή επεξεργασίας, μια παραγωγή προϊόντων εφαρμόζεται στον απολογισμό για την απώλεια υλικού κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας.

Τόσο οι πρώτες ύλες όσο και τα προϊόντα μπορούν να αποθηκευτούν στο IBLC με καθορισμένο κόστος αποθήκευσης. Όταν η χωρητικότητα αποθήκευσης είναι ο περιοριστικός παράγοντας, υπάρχει η δυνατότητα αύξησης της χωρητικότητας αποθήκευσης με επιπλέον κόστος. Τόσο για τις πρώτες ύλες όσο και για τα προϊόντα που βρίσκονται στην αποθήκευση του IBLC, ένας συντελεστής αποσύνθεσης ανά χρόνο οροθετείται με βάση στατιστικά δεδομένα. Κάθε προϊόν έχει την τιμή πώλησης και μια συγκεκριμένη ζήτηση σε καθορισμένη απόσταση. Η τιμή πώλησης περιλαμβάνει τα έξοδα εξερχόμενης μεταφοράς.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου MILP παρέχουν πληροφορίες σχετικά με (Guo et al., 2020):

- Διάκριση στο κόστος παραγωγής (π.χ. κόστος πρώτων υλών, κόστος επεξεργασίας).
- Σχέδια αποθήκευσης πρώτων υλών και προϊόντων στον προμηθευτή και στο IBLC.
- Πρόγραμμα επεξεργασίας του IBLC συμπεριλαμβανομένου του ποσοστού χρήσης των μηχανημάτων, πιθανή επένδυση για επιπλέον μηχανήματα και χωρητικότητα αποθήκευσης στο IBLC.

Το μοντέλο MILP που περιεγράφηκε παραπάνω εφαρμόστηκε για να αναλύσει τις δυνατότητες ενός IBLC για μια αλυσίδα εφοδιασμού ζωοτροφών στη Σαραγόσα της Ισπανίας. Εν κατακλείδι, το μοντέλο βοήθησε να λαμβάνονται γρήγορες αποφάσεις όσο αναφορά σε θέματα εφοδιαστικής αλυσίδας, και να οδηγούμαστε σε άμεσες λύσεις στην λήψη αποφάσεων.

4.2.2 Μεθοδολογία

Διαχειρίζεται δυο είδη πρώτων υλών α) η μορφή σε δέματα υπολείμματα γεωργικά β) δέματα σε μπάλες - χύδην μηδικής, τα οποία μεταποιούνται σε αντίστοιχα δέματα ζωοτροφών και σφαιρίδια ζωοτροφών. Η πρώτη περίπτωση είναι διαθέσιμη 8 μήνες το χρόνο, με αποτέλεσμα οι 3 μήνες να είναι αδρανείς. Οπότε, για να μειωθεί η αδράνεια των τριών μηνών για τα περισσότερα μηχανήματα προτείνεται να χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία ενός μείγματος άχυρου, σιταριού και τσιπς ξύλου για να δημιουργήσουν ενεργειακά σφαιρίδια ή αλλιώς η ποιο γνωστή ονομασία τα «pellet».

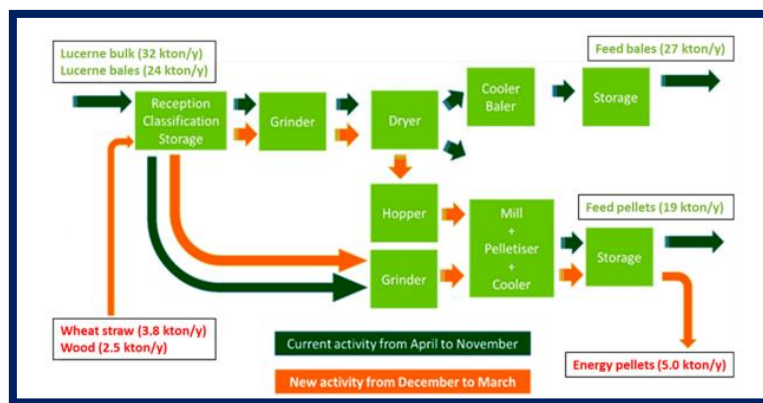
Στο μοντέλο MILP ορίστηκαν οι επόμενες γραμμές επεξεργασίας:

- [1] **Γραμμή επεξεργασίας 1:** ο όγκος πρώτης ύλης υποβάλλεται σε επεξεργασία στα δέματα τροφών αλφάφα (είδος ψυχανθού με παρόμοιες ιδιότητες με το τριφύλλι) χρησιμοποιώντας έναν ξηραντήριο, έναν ψύκτη, και έναν χορτοδετικό. Ο όγκος της αλφάφα είναι διαθέσιμος σε απόσταση 30 χιλιομέτρων από το IBLC την χρονική περίοδο των μηνών: Απρίλιο μέχρι και τον Νοέμβριο.
- [2] **Γραμμή επεξεργασίας 2:** Τα δέματα αλφάφα μεταποιούνται σε σφαιρίδια τροφοδοσίας χρησιμοποιώντας μύλο, μύλο-σφαιροποιητή και ξηραντήριο. Η αλφάφα σε μπάλες έχει συνήθως χαμηλότερη ποιότητα σε σύγκριση με τη αλφάφα χύδην. Οι μπάλες της αλφάφα βρίσκονται σε απόσταση 100

χιλιομέτρων από το IBLC και είναι διαθέσιμες την χρονική περίοδο των μηνών από τον Απρίλιο μέχρι Νοέμβριο.

- [3] **Γραμμή επεξεργασίας 3:** το άχυρο σιταριού (60%) και τα ξύλινα τσιπ (40%) υποβάλλονται σε επεξεργασία στους ενεργειακούς σβόλους χρησιμοποιώντας έναν ξύλινο μύλο, έναν ξηραντήριο, μια χοάνη, έναν μύλο, έναν μύλο-σφαιροποιητή, έναν pelletizer, και έναν ψύκτη. Η σύνθεση του άχυρου σίτου και των τσιπ ξύλου επιλέγεται με κριτήριο την τέφρα η οποία εκφράζει την ποιότητα του υλικού. Όσο πιο χαμηλή περιεκτικότητα σε τέφρα έχει τόσο πιο άριστο είναι το προϊόν (Yamamoto et al., 2001). Τα ξύλινα τσιπ υποβάλλονται σε επεξεργασία σε έναν ξύλινο μύλο, έναν στεγνωτήρα, και μια χοάνη προτού να αναμιχθούν με το αλεσμένο άχυρο σίτου και να εισαγάγουν τη διαδικασία pelletizing. Το άχυρο σιταριού είναι διαθέσιμο σε απόσταση 30 χιλιομέτρων από το IBLC τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Τα ξύλινα τσιπ υποτίθεται ότι είναι διαθέσιμα όλο το χρόνο, αλλά η απόσταση μεταφοράς είναι μεγαλύτερη από 100 χιλιόμετρα. Και οι δύο πρώτες ύλες υποτίθεται ότι είναι διαθέσιμες σε αφθονία. Ως εκ τούτου, το μείγμα θεωρείται ότι είναι διαθέσιμο από τον Ιούλιο έως τον Αύγουστο σε απόσταση 100 χιλιομέτρων από το IBLC.

Μια απλοποιημένη επισκόπηση της τρέχουσας κατάστασης και του βασικού σεναρίου δίνεται στο **Σχήμα 7**.

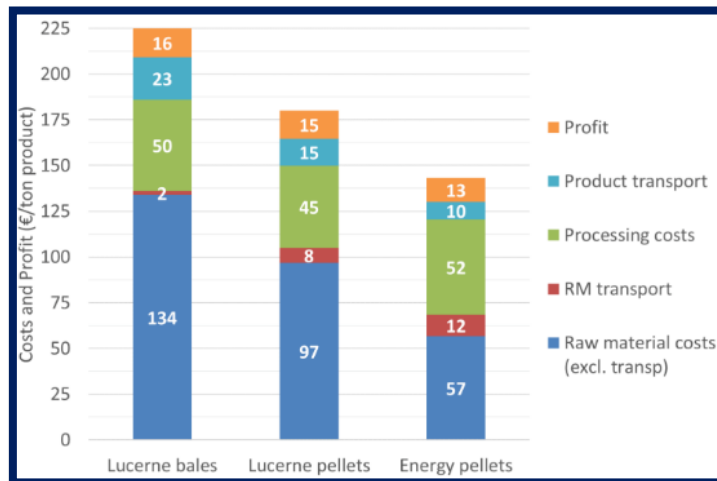


Σχήμα 7: Χρήση εξοπλισμού και παραγωγή της τρέχουσας κατάστασης και του βασικού σεναρίου. (Guo , et al., 2020).

4.2.3 Οικονομική ανάλυση

Οι τιμές πώλησης των προϊόντων (ανά τόνο υγρού βάρους, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς προϊόντων στον αγοραστή) θεωρούνται ότι είναι 225 €/τόνο για τα δέματα ζωοτροφών της αλφάλα, 180 €/τόνο για τα σφαιρίδια ζωοτροφών της αλφάλα και

143 €/τόνο για τα σφαιρίδια ενέργειας (pellet). Το κόστος παραγωγής κατανέμεται στο κόστος πρώτων υλών (εξαιρουμένων των μεταφορών), στη μεταφορά πρώτων υλών (RM), στο κόστος επεξεργασίας, στο κόστος απόκτησης επιπλέον εξοπλισμού και στη μεταφορά προϊόντων στον αγοραστή. Μια επισκόπηση των διαφόρων δαπανών και του δυνητικού κέρδους δίνεται στο **Διάγραμμα 3**.



Διάγραμμα 3: Διάφορα κόστη και δυνητικό κέρδος για καθένα από τα τρία προϊόντα (χρησιμοποιώντας τη μέση απόσταση μεταφοράς πρώτων υλών, εξαιρουμένων των δαπανών για επιπλέον εξοπλισμό).

Αυτή η επισκόπηση βασίζεται στις παραμέτρους εισόδου του μοντέλου MILP, πράγμα που σημαίνει ότι χρησιμοποιείται μια μέση απόσταση μεταφοράς πρώτων υλών και εξαιρείται το κόστος για επιπλέον εξοπλισμό. Αυτές οι πτυχές λαμβάνονται υπόψη στην ανάλυση σεναρίων του μοντέλου MILP (Yamamoto et al., 2001). Αποδεικνύεται ότι και για τα τρία προϊόντα το κόστος πρώτων υλών και το κόστος επεξεργασίας κυριαρχούν στο κόστος παραγωγής. Λόγω των μικρών αποστάσεων μεταφορών πρώτης ύλης, η μεταφορά πρώτης ύλης έχει μόνο μια μικρή συμβολή στο κόστος παραγωγής. Το κόστος μεταφοράς πρώτων υλών είναι υψηλότερο για ενεργειακά σφαιρίδια, λόγω μεγαλύτερων αποστάσεων. Με βάση τις γενικές υποθέσεις, ελαφρώς μικρότερο κέρδος μπορεί να είναι κατασκευασμένα τα ενεργειακά σφαιρίδια (13 €/τόνο) σε σύγκριση με τα σφαιρίδια τροφοδοσίας από αλφάλα (15 €/τόνο) και τα δέματα ζωοτροφών από αλφάλα (είδος ψυχανθού με παρόμοιες ιδιότητες με το τριφύλλι) (16 €/τόνο).

Για το σκοπό αυτό, το μοντέλο MILP είναι ένα σημαντικό εργαλείο υποστήριξης για την κάλυψη του κενού (αναφορικά με παράγοντες που σχετίζονται με το κόστος, χρόνο,

ταχύτητα) για την υποστήριξη αποφάσεων σχετικά με την εγκατάσταση IBLC στις αλυσίδες εφοδιασμού βιομάζας.

4.2.4 Αποτελέσματα

Ο συλλογισμός πίσω από ένα IBLC είναι η βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων μιας υπάρχουσας αλυσίδας εφοδιασμού βιομάζας. Οι πόροι δεν είναι μόνο διαθεσιμότητα βιομάζας, αλλά και χωρητικότητα αποθήκευσης, χωρητικότητα μηχανημάτων και διαθεσιμότητα εργασίας. Μέσω της μόχλευσης μεταξύ της πρωτογενούς παραγωγής τροφίμων ή/και ζωοτροφών, και η παραγωγή άλλων προϊόντων Bio based, το IBLC μπορεί να βελτιώσει τα ποσοστά χρησιμοποίησης μηχανημάτων, επεξεργασίας με αποτέλεσμα την αύξηση του περιθώριο κέρδους.

Το μοντέλο MILP λαμβάνει υπόψη τη διαθεσιμότητα πρώτων υλών, τη μεταφορά πρώτων υλών από τους προμηθευτές στο IBLC, επεξεργασία πρώτων υλών στο IBLC, μεταφορά προϊόντων από το IBLC στην αγορά και τα ενδιάμεσα βήματα αποθήκευσης στους προμηθευτές και το IBLC. Υπολογίζει την καλύτερη επιχειρηματική στρατηγική που σχετίζεται με τον προγραμματισμό προμηθειών πρώτων υλών, τον σχεδιασμό διαδικασιών IBLC και πιθανές επενδύσεις σε μηχανήματα.

- Επίδειξη της προστιθέμενης αξίας του μοντέλου MILP για τη διευκόλυνση της λήψης αποφάσεων της IBLC.
- Το κόστος των πρώτων υλών και το κόστος επεξεργασίας συνήθως κυριαρχούν στο συνολικό κόστος παραγωγής.
- Τα έξοδα μεταφοράς πρώτων υλών έχουν μικρή μόνο συμβολή στο συνολικό κόστος, στην περίπτωση που η απόσταση μεταφοράς προς το IBLC είναι σχετικά μικρή. Σε μεγαλύτερες αποστάσεις, το κόστος μεταφοράς θα υπάρξει φυσικά πιο σημαντική συμβολή.
- Απαιτείται ο αποτελεσματικός σχεδιασμός της χρήσης των γραμμών επεξεργασίας και της χωρητικότητας αποθήκευσης στο IBLC.
- Χρήση του χρόνου μη απασχόλησης και του υπάρχοντος εξοπλισμού επεξεργασίας για να παραγάγει τα προϊόντα, όπως τα ενεργειακά σφαιρίδια, τα οποία μπορούν να αυξήσουν το κέρδος του IBLC.

4.3 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΙΙΙ: ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΓΡΟΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ

4.3.1 Δυναμικό βιομάζας στην Ελλάδα

Γεωργικά Κατάλοιπα

Η Ελλάδα παράγει περίπου 3,5 εκατομμύρια τόνους γεωργικών υπολειμμάτων ετησίως, που προέρχονται κυρίως από άχυρο δημητριακών και υπολείμματα κλαδέματος από μόνιμες καλλιέργειες όπως ελιές, σταφύλια και οπωροφόρα δέντρα (Elghali et al., 2007). Αυτά τα υπολείμματα (**Πίνακας 8**) μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εισροή στο σύστημα για παραγωγή ενέργειας ή καυσίμων (Zervas et al., 2021).

Πίνακας 8: Γεωργικά κατάλοιπα στην Ελλάδα (AGROinLOG, 2023).

Τύπος καλλιέργειας	Παραγωγή υπολειμμάτων (τόνοι/ έτος)
Άχυρο Δημητριακών	2,200,000
Κλαδέματα Ελιάς	550,000
Κλαδέματα Σταφυλιών	450,000
Κλαδέματα Οπωροφόρων Δέντρων	300,000
Σύνολο	3,500,000

Αγροτοβιομηχανικά Υποπροϊόντα

Η αγροτοβιομηχανία (“Managing olive oil residues in Greece,” 2023) είναι πλούσια πηγή πρώτων υλών καθώς παράγει μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, όπως τα απόβλητα ελαιοτριβείων, ο πυρήνας σταφυλιών και τα απόβλητα επεξεργασίας φρούτων που αντιπροσωπεύουν σημαντικές πηγές αγροτοβιομηχανικών υποπροϊόντων (**Πίνακας 9**), τα οποία μπορούν να μετατραπούν σε βιοενέργεια ή άλλα προϊόντα υψηλής αξίας (AGROinLOG, 2023).

Πίνακας 9: Αγροτοβιομηχανικά υποπροϊόντα στην Ελλάδα (“Managing olive oil residues in Greece,” 2023).

Τύπος Υποπροϊόντος	Παραγωγή (τόνοι / έτος)
Απόβλητα Ελαιοτριβείου	300,000
Ελαιοπυρήνα	200,000

Απόβλητα Επεξεργασίας Φρούτων	100,000
Σύνολο	600,000

Η Ελλάδα διαθέτει πλούσια ποικιλία πόρων βιομάζας λόγω του ποικίλου τοπίου της, το οποίο περιλαμβάνει δάση, γεωργικές εκτάσεις και θαλάσσια οικοσυστήματα. Σύμφωνα με το έργο AgroiInLog, (AGROInLOG, 2023) το δυναμικό βιομάζας της Ελλάδας εκτιμάται σε περίπου 3,5 εκατομμύρια τόνους ξηράς ύλης ετησίως, με τα γεωργικά υπολείμματα να αντιπροσωπεύουν το 50% του συνολικού δυναμικού βιομάζας, ακολουθούμενα από τα υπολείμματα δασοκομίας (30%), την κοπριά ζώων και τα αστικά στερεά απόβλητα (20%) (Alatzas et al., 2019).

Οι βασικοί παράγοντες της αλυσίδας εφοδιασμού περιλαμβάνουν τους αγρότες, τους μεταποιητές βιομάζας και τους τελικούς χρήστες. Το έργο AgroiInLog το 2020 αναδεικνύει τη σημασία μιας αποδοτικής και αποτελεσματικής αλυσίδας εφοδιασμού για τη μεγιστοποίηση της αξίας της βιομάζας στην Ελλάδα (AGROInLOG, 2023).

Αξιοποίηση βιομάζας στην Ελληνική Ελαιοβιομηχανία

Μια μελέτη από τους García Martín et al το 2020, διερεύνησε τις δυνατότητες αξιοποίησης του ελαιόλαδου από προϊόντα, όπως πυρηνέλαιο και υπολείμματα κλαδέματος δέντρων, για την παραγωγή βιομάζας στην Ελλάδα (García Martín et al., 2020). Η μελέτη αναδεικνύει το σημαντικό δυναμικό αυτών των πόρων, εκτιμώντας ότι 1,8 εκατομμύρια τόνοι πυρηνέλαιου και 0,5 εκατομμύρια τόνοι υπολειμμάτων κλαδέματος δέντρων παράγονται ετησίως στην Ελλάδα (Manzanares et al., 2017). Αυτά τα υποπροϊόντα μπορούν να μεταποιηθούν σε στερεά καύσιμα βιομάζας ή βιοαέριο. Τέλος, τονίζεται η σημασία των αποτελεσματικών συστημάτων συλλογής και μεταφοράς για τη μεγιστοποίηση της αξίας αυτών των πόρων.

Αξιοποίηση βιομάζας στην Ελληνική οινοβιομηχανία

Ένα άλλο παράδειγμα δυναμικής βιομάζας στην Ελλάδα μπορεί να βρεθεί στον κλάδο της οινοβιομηχανίας. Μελέτη των Bharathiraja et al. το 2020, εξετάζει τις δυνατότητες του σταφυλιού, ενός υποπροϊόντος της παραγωγής κρασιού, ως πόρου βιομάζας (Bharathiraja et al., 2020). Η έρευνα εκτιμά ότι η Ελλάδα παράγει περίπου 310.000 τόνους σταφυλιού ετησίως, με την απαραίτητη επεξεργασία σε μονάδα διαχείρισης βιομάζας να οδηγεί στην παραγωγή βιοαερίου. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας μονάδες

αναερόβιας χώνευσης που βρίσκονται κοντά σε οινοποιεία επιτυγχάνεται αρίστη παραγωγή μικρή κλίμακας βιοαέριου (Rodrigues et al., 2022). Συμπερασματικά, αυτό ο τρόπος συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση του κόστους, στην ανάπτυξη οφελών για την αμπελοοινική βιομηχανία (Muhlack, et al., 2018).

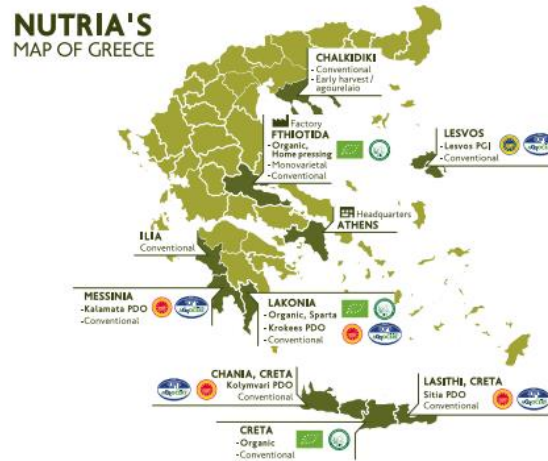
Αξιοποίηση βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελληνική

Οι ενεργειακές καλλιέργειες, όπως ο μισάκανθος, η αγκινάρα, και η ιτιά, μπορούν να καλλιεργηθούν ειδικά για την παραγωγή βιοενέργειας. Ωστόσο, η καλλιέργειά τους στην Ελλάδα είναι περιορισμένη, εν μέρει λόγω του ανταγωνισμού για γη με καλλιέργειες τροφίμων και άλλων περιβαλλοντικών ανησυχιών (Kaldellis & Kapsali, 2013).

4.3.2 Αποτελέσματα

- **Κύρια γεωργικά κατάλοιπα:** η μελέτη εντόπισε τα σιτηρά (σιτάρι, κριθάρι και αραβόσιτο), τις ελιές και το βαμβάκι ως τις κύριες πηγές γεωργικών καταλοίπων στην Ελλάδα. Οι καλλιέργειες αυτές συνέβαλαν στην πλειοψηφία του δυναμικού βιομάζας από γεωργικά υπολείμματα (Fang, et al., 2010).
- **Ποσόστωση του δυναμικού βιομάζας ανά περιοχή:** η έρευνα αποκάλυψε ότι το δυναμικό βιομάζας από γεωργικά υπολείμματα ήταν άνισα κατανεμημένο σε όλη την Ελλάδα. Το υψηλότερο δυναμικό βιομάζας παρατηρήθηκε στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, ακολουθούμενη από την Κεντρική Μακεδονία και τη Δυτική Ελλάδα. Αυτές οι περιοχές έχουν υψηλότερη συγκέντρωση γεωργικών δραστηριοτήτων και φυτικής παραγωγής, οδηγώντας σε μεγαλύτερη διαθεσιμότητα υπολειμμάτων για την παραγωγή βιομάζας (Say, et al., 2007).

4.4 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ IV: ΕΛΛΑΔΑ



Εικόνα 29: Χάρτης προμήθειας ελαιόλαδου της NUTRIA (NUTRIA, 2020).

4.4.1 Πρόβλημα

Στον Άγιο Κωνσταντίνο Φθιώτιδας βρίσκεται το ελαιοτριβείο-τυποποιητήριο ελαιόλαδου, το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως IBLC. Η μελέτη περίπτωσης που θα αναλυθεί παρακάτω στηρίχθηκε στο ελαιοτριβείο του αγίου Κωνσταντίνου. Για την δημιουργία ενός IBLC θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι χρονικές περίοδοι αδράνειας του εξοπλισμού και της διαθέσιμης πρώτης ύλης. Για την καλύτερη κατανόηση του προβλήματος, θα προσδιοριστούν οι παράγοντες που αναφέρθηκαν.

Η χρονική περίοδος δημιουργίας βιομάζας ξεκινά όταν κλαδεύονται τα ελαιόδεντρα δηλαδή από τον Φεβρουάριο έως τον Μάρτιο. Έπειτα, το ελαιοτριβείο μένει σε αδράνεια περίπου 8 μηνών μέχρι όταν έρθει η περίοδος συγκομιδής της ελιάς που η διάρκειας της είναι 4 μήνες.

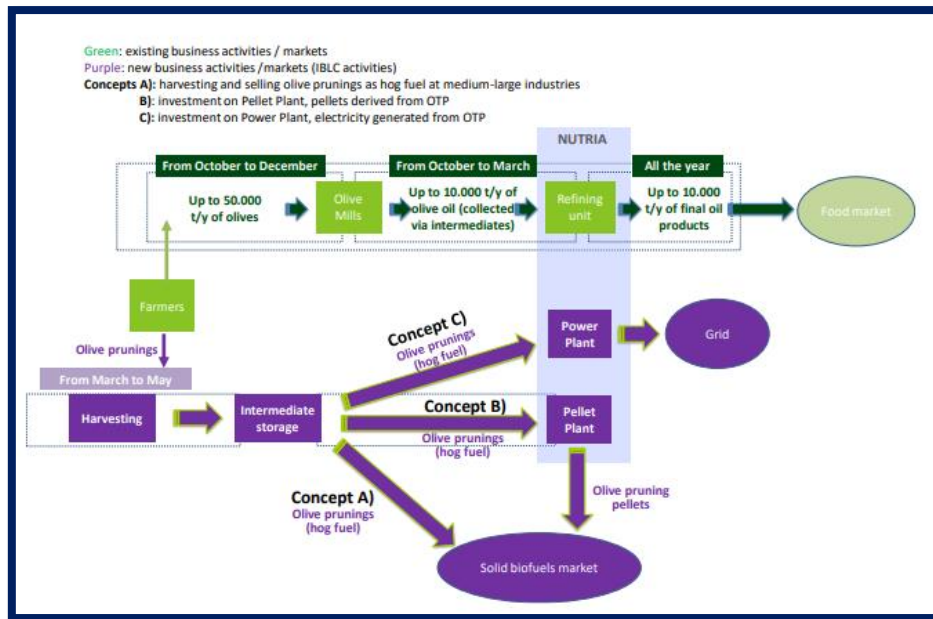
Το IBLC που δημιουργήθηκε τους αδρανείς μήνες συνέβαλε στην τοπική κοινωνία με την μείωση των κλαριών και τον περιττών μερών που δεν αξιοποιείται από τους αγρότες και καθιστά παραπάνω βάρος, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες καθώς αποτελεί εμπόδιο σε άλλες γεωργικές εργασίες καθώς και πιθανό κίνδυνο πυρκαγιάς. Αυτό σημαίνει ότι η περίοδος συγκομιδής μπορεί να επεκταθεί από τον Φεβρουάριο έως το αργότερο τον Μάιο, απαιτώντας έτσι λύσεις μακροπρόθεσμης αποθήκευσης για την ετήσια λειτουργία μιας μονάδας IBLC.

Η καινοτομία στον τομέα των ελαιούχων συνδέεται επί του παρόντος με τα στάδια του τελικού προϊόντος ή της τελικής επεξεργασίας (και όχι με τα βιομηχανικά υποπροϊόντα). Για παράδειγμα, με νέο εξοπλισμό που συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγικής ικανότητας, της ποιότητας της παραγωγής ή των νέων γραμμών συσκευασίας. Επιπλέον, η βιομηχανία ελαίων έχει καταβάλει μεγάλη προσπάθεια για την παροχή σκευασμάτων με βελτιωμένο διατροφικό προφίλ στη βιομηχανία τροφίμων. Οι πρώτες ύλες και οι καινοτόμες διαδικασίες βρίσκονται σε συνεχή ανάπτυξη με σαφή επίπτωση στο κόστος.

Ένα IBLC αυξάνει την ανταγωνιστικότητα μιας αγροτοβιομηχανίας ανοίγοντας νέες αγορές, παρατείνοντας τις περιόδους λειτουργίας τους και διατηρώντας τους εργαζομένους στις περιόδους αδράνειας τους (NUTRIA, 2020).

- **Σενάριο A:** πωλήσεις βιο-καυσίμων OTP: Η NUTRIA παραμένει με την υπάρχουσα υποδομή και εξοπλισμό (τον ένα ολοκληρωμένο θεριζοαλωνιστικό μηχανισμό/τεμαχιστή και εγκαταστάσεις αποθήκευσης/διακίνησης της NUTRIA) και γίνεται ένα ολοκληρωμένο κέντρο βιομάζας, υποστήριξης για τη συγκομιδή, την αποθήκευση, το χειρισμό και την πώληση προερχόμενων βιο-καυσίμων από κλαδέματα ελιάς. Το καύσιμο παράγεται για εξωτερικούς καταναλωτές (π.χ. μονάδες παραγωγής ενέργειας βιομάζας, βιομηχανικοί καταναλωτές βιομάζας, ίσως 1-2 λέβητες τοπικής θέρμανσης). Αυτό σημαίνει ότι συλλέγονται περίπου 2.500 τόνοι καυσίμου ετησίως.
- **Σενάριο B:** εργοστάσιο pellet OTP: Η NUTRIA επενδύει σε μονάδα pellet OTP με στοχευμένη ετήσια παραγωγή 5.000 τόνων pellets. Τα pellets OTP θα πωλούνται στην ελληνική αγορά για στερεά βιοκαύσιμα.
- **Σενάριο Γ:** μονάδα ηλεκτροπαραγωγής OTP: επένδυση σε μονάδα ηλεκτροπαραγωγής βιομάζας 1 MWe που θα λειτουργεί χρησιμοποιώντας αποκλειστικά βιο-καύσιμο τύπου OTP. Η ηλεκτρική ενέργεια που θα παραχθεί από την καινούργια μονάδα παραγωγής, θα πωλείται στην υπάρχουσα αγορά.

Το **Διάγραμμα 4** παρουσιάζει τις τρεις παραδοχές για την ανάπτυξη καινούργιας μονάδας καθώς και τα διαφορετικά προϊόντα που θα παράγει από τις νέες επενδύσεις στην αξιοποίηση της βιομάζας που μένει ανεκμετάλλευτη.

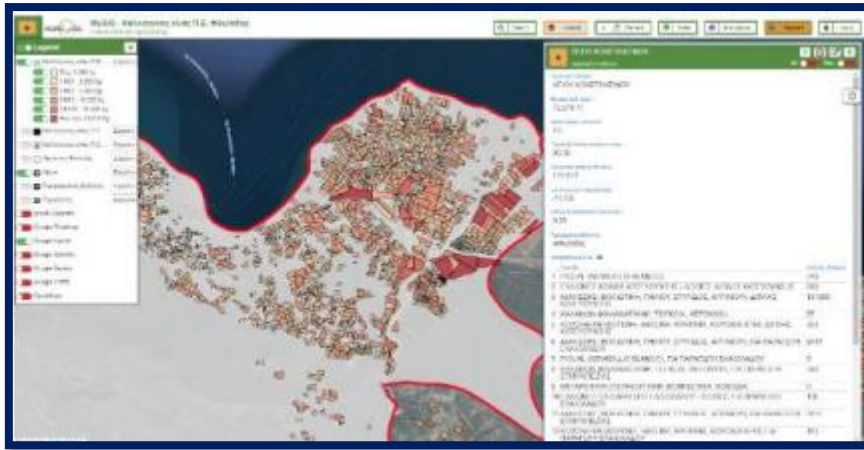


Διάγραμμα 4: Εναλλακτικές επιχειρηματικές έννοιες της NUTRIA (NUTRIA, 2020).

4.4.2 Τρόποι διαχείρισης και αξιοποίηση της βιομάζας

Ένα πρώτο βήμα προς την αξιοποίηση και τη συγκομιδή των κλαδεμάτων ελιάς είναι η χαρτογράφηση της βιομάζας, η εύρεση των πηγών προέλευσης, και η ακριβής εκτίμηση της παραγωγικότητας βιομάζας στη γύρω περιοχή προκειμένου να εξασφαλιστεί σταθερή παροχή OTP στις εγκαταστάσεις IBLC (Yamamoto et al., 2001). Υπό αυτό το πρίσμα, μια πλατφόρμα χαρτογράφησης GIS για τη γεωγραφική τοποθεσία της βιομάζας συμβάλει στην εκτίμηση του δυναμικού βιομάζας από κλαδέματα ελαιόδεντρων αναπτύχθηκε από το Ε.Κ.Ε.Τ.Α.. Το εργαλείο GIS ο αναπτύχθηκε με στόχο να βοηθήσει στην ακριβέστερη εκτίμηση του κλαδέματος της ελιάς και στις δυνατότητες σε τομείς ενδιαφέροντος για την ιδέα IBLC στην Ελλάδα (NUTRIA, 2020):

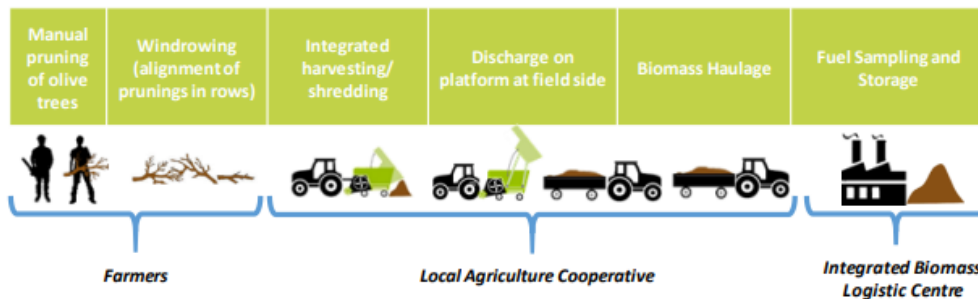
- 1 Χρησιμοποιεί αρκετά ακριβείς χωρικές πληροφορίες για τις περιοχές του ελαιώνα, με βάση τα παρεχόμενα δεδομένα από τα καθεστώτα ενισχύσεων της Ελληνικής Αρχής Πληρωμών της Κοινής Γεωργικής Πολιτικής (Κ.Α.Π.). Στοιχεία στα οποία περιλαμβάνονται το μέγεθος του αγρού, τον αριθμό των δέντρων και οι ποικιλίες ελιάς.
- 2 Υπολογίζει τη διαθεσιμότητα βιομάζας χρησιμοποιώντας αναλογία βιομάζας ανά δέντρο, η οποία μπορεί να προσαρμοστεί σε τοπικές συνθήκες βασισμένες σε εμπειρικά δεδομένα από μετρήσεις πεδίου.



Εικόνα 30:Εργαλείο χαρτογράφησης GIS (NUTRIA, 2020).

4.4.3 Αλυσίδα αξίας της ελιάς για το ολοκληρωμένο κέντρο βιομάζας

Η αλυσίδα αξίας της συγκομιδής των κλαδεμάτων ελιάς απεικονίζεται στην **Εικόνα 31**.



Εικόνα 31: Αλυσίδα αξίας επίδειξης συγκομιδής OTP στον Άγιο Κωνσταντίνο Φθιώτιδας (NUTRIA, 2020).

Πρώτον, οι αγρότες χειροκίνητα κλαδεύουν την ελιά μεταξύ των σειρών των ελαιόδεντρων. Έπειτα, τα κλαριά διαχωρίζονται σε μεγάλα και μικρά (πάνω από 5 cm διάμετρος). Τα τελευταία συλλέγονται από αγρότες για να χρησιμοποιηθούν ως καυσόξυλα. Τα λεπτά κλαριά αφήνονται στους ελαιώνες για ένα μήνα πριν από τη συγκομιδή, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η περιεκτικότητα σε υγρασία και να μειωθεί η ποσότητα των φύλλων.

Μετά την ευθυγράμμιση, η ενσωματωμένη θεριστική μηχανή Facma TR 200 μεταβαίνει στις σειρές των κλαδεμάτων και των συγκομιδών κλαδεύονται με τεμαχισμό τους σε μικρά και ανομοιογενή κομμάτια. Τα παραγόμενα πελεκημένα κλαδέματα αποθηκεύονται προσωρινά μέσα στον αυτόματο κάδο ανύψωσης της θεριζοαλωνιστικής μηχανής (Όγκος 5 m³). Αφού ο κάδος γεμίσει με συγκομισμένα κλαδέματα, η θεριστική μηχανή τοποθετεί τα κλαδέματα σε πλατφόρμες

(προσαρτημένες σε ελκυστήρες) που περιμένουν στην πλευρά του αγρού (**Εικόνα 32**). Αφού φορτωθεί πλήρως η πλατφόρμα με υλικό που συλλέγεται, μεταφέρεται σε ενδιάμεσο αποθηκευτικό χώρο κοντά στην αγροβιομηχανία στον Άγιο Κωνσταντίνο (**Εικόνα 32**).



Εικόνα 32: Απαλλαγή των συγκομισθέντων κλαδεμάτων στην πλατφόρμα αριστερά. Χώρος αποθήκευσης των συγκομισθέντων κλαδεμάτων δεξιά (NUTRIA, 2020).

4.4.4 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα του εργαλείου GIS σχετικά με τη διαφορετική προαναφερθείσα ακτίνα γύρω από τα NUTRIA.

Η απαιτούμενη ποσότητα κλαδέματος ελιάς στο *σενάριο Α*, όπου η NUTRIA χρησιμοποιεί τον δικό της εξοπλισμό για να εμπορευματοποιήσει το OTP ως έλαιο ή καύσιμο, χωρίς περαιτέρω επενδύσεις, είναι περίπου 2,500 τόνοι βιο-καύσιμα ή βιο-εμπορεύματα (ή περίπου 1.800 ξηροί τόνοι κλαδέματος, περιεκτικότητα σε υγρασία 27,5%). Το ποσό αυτό μπορεί να καλυφθεί από όλες τις επιλεγμένες ακτίνες.

Στο IBLC, *σενάριο (Β και Γ)* όπου η NUTRIA επενδύει περαιτέρω στη συγκομιδή OTP και αυξάνει την ικανότητα συγκομιδής της ώστε να φτάσει το πολύ 8.000 τόνους βιοκαυσίμων ή βιο-εμπορεύματα (περίπου 5.800 ξηροί τόνοι κλαδέματος), για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις και των δύο εννοιών, του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής ή του σταθμού σφαιριδίων, η ακτίνα προμήθειας πρέπει να αυξηθεί (NUTRIA, 2020). Η πιο λογική ακτίνα θα ήταν στην περιοχή από 7 χλμ. έως 10 χλμ. γύρω από τη NUTRIA, προκειμένου να βασιστεί σε μια επιπλέον ποσότητα κλαδέματος σε αυτό εύρος ως εφεδρικό (π.χ. σε περίπτωση που ορισμένοι ελαιώνες έχουν πολύ υψηλή κλίση και είναι δύσκολο να συγκομιστούν κλαδέματα από εκεί) (Jäger-Waldau and Ossenbrink, 2004). Η ακτίνα πάνω από 10 χιλιόμετρα φυσικά είναι μια επαρκής απόσταση για να καλύψει

τη ζήτηση του ελληνικού IBLC, ωστόσο συνεπάγεται αύξηση της απόστασης συγκομιδής από το IBLC, και ως εκ τούτου το κόστος εφοδιαστικής (**Εικόνα 33**).

OTP potential around NUTRIA				
	5 km	7 km	10 km	15 km
Number of trees	167,260	212,629	393,760	1,118,294
Cultivated olive groves (ha)	1,143	1,428	2,386	6,089
OTP Productivity (dry t)	4,918	6,173	11,163	32,186

Εικόνα 33: Δυνατότητα κλαδέματος ελιάς για διαφορετική ακτίνα γύρω από τα NUTRIA (NUTRIA, 2020).

Με μια πρώτη ματιά, από τη σύγκριση των προϊόντων από τα οποία παράγεται έλαιο ή βιοκαύσιμο/pellet/ηλεκτρική ενέργεια, η έννοια του καυσίμου φαίνεται να είναι κερδοφόρα με την εφαρμογή στο IBLC. Επιπλέον, όσον αφορά τους απόλυτους αριθμούς, ο κύκλος εργασιών για το σενάριο Β & Γ (~125 κ€) είναι σχετικά χαμηλός σε σύγκριση με τον τρέχοντα κύκλο εργασιών (σενάριο Α) της NUTRIA (~32 εκατ.€).

Για το σενάριο Β της εγκατάστασης pellet, τα οικονομικά αποτελέσματα είναι αποδεκτά με τιμή πώλησης 150 €/t. Παρ' όλα αυτά, αυτή η τιμή είναι ήδη υψηλή σε σύγκριση με άλλα βιομηχανικά καύσιμα, επομένως, μια τέτοια έννοια δεν μπορεί να θεωρηθεί βιώσιμη, καθώς η ζήτηση της αγοράς θα ήταν αμφίβολη για ένα βιομηχανικό καύσιμο με τόσο υψηλό κόστος.

Τέλος, η ιδέα με το εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας (σενάριο Γ) φαίνεται να είναι η πιο ελπιδοφόρα. Από τα οικονομικά αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι η ιδέα του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής είναι μια οικονομικά βιώσιμη επένδυση. Επιπλέον, το κύριο πλεονέκτημα που προσφέρει η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας από OTP βιομάζα είναι η εξασφαλισμένη, 20 ετής σύμβαση με τον πάροχο ενέργειας.

Με την ίδια προσέγγιση της μελέτης μπορούμε να διαχειριστούμε και τα υπολείμματα από αμπελώνες, ώστε να παραχθεί κάποιο βιο-προϊόν του ξύλου που αποτελείται και έχει παρεμφερείς ιδιότητες με της ελιάς. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να παραχθεί pellet ή βιοκαύσιμο ή ηλεκτρική ενέργεια. Οπότε, με επιπλέον επενδύσεις θα μπορεί κάποιος να έχει βέλτιστα οικονομικά οφέλη από ένα υποπροϊόν του αμπελώνα το οποίο δεν αξιοποιούνταν. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου κέντρου βιομάζας που να αξιοποιεί βιομάζα από διαφορετική

προέλευση με κοινά στοιχεία ώστε να επιτυγχάνεται η διαχείριση και η αξιοποίηση τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η εφοδιαστική διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στη βιομηχανία βιομάζας καθώς περιλαμβάνει τη μεταφορά, το χειρισμό και την αποθήκευση υλικών βιομάζας. Η αποτελεσματική διαχείριση των αλυσίδων εφοδιασμού βιομάζας συμβάλλει θετικά στους παράγοντες κόστους όταν υπάρχουν βέλτιστες στρατηγικές εφοδιασμού. Επηρεάζει επίσης τη διαθεσιμότητα πρώτων υλών στη διαδικασία παραγωγής ενέργειας. Επιπλέον για να δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο κέντρο βιομάζας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιοι κρίσιμοι παράγοντες για να μην σταματήσει η παραγωγική διαδικασία και να μην αυξηθεί το κόστος είναι η τοποθεσία, η εποχή και η εφοδιαστική της αλυσίδας εφοδιασμού. Όταν όλες οι παράμετροι είναι εναρμονισμένες δεν αυξάνεται το κόστος.

Μέσω της επιχειρησιακής έρευνας προσδίδονται τεχνικές για την διαχείριση της αβεβαιότητας στοχαστικών προβλημάτων των κέντρων εφοδιαστικής βιομάζας (IBLC) οι οποίες στοχεύουν στο πρώτο στάδιο συλλογής της βιομάζας και προσωρινής αποθήκευσης. Δηλαδή, συντελεί στην βέλτιστη διαχείριση του υλικού το οποίο μειώνει τους κινδύνους αβεβαιότητας ώστε το σύστημα να μην διαταραχθεί και επέλθει στο κέντρο βιομάζας διακοπή παραγωγής. Όπως, αναφέρθηκε και στην διπλωματική εργασία το μοντέλο MILP μπορεί να υπολογίσει τη βέλτιστη επιχειρηματική στρατηγική σε σχέση με το σχέδιο προμήθειας πρώτων υλών, το πρόγραμμα επεξεργασίας IBLC και τις πιθανές επενδύσεις σε μηχανήματα. Να καταδείξει την προστιθέμενη αξία του μοντέλου MILP για τη διευκόλυνση της λήψης αποφάσεων σχετικά με τις λειτουργίες και τις επενδύσεις IBLC.

Επίσης, το IBLC εξασφαλίζει σταθερό εφοδιασμό πρώτων υλών, στη μείωση του κινδύνου ελλείψεων πρώτων υλών και στη βελτίωση της ποιότητας των τελικών προϊόντων. Επίσης, με τη βελτιστοποίηση της μεταφοράς και αποθήκευσης βιομάζας, οι IBLC μπορούν επίσης να ελαχιστοποιήσουν τις απώλειες και τα απόβλητα. Για να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες του IBLC είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν υποστηρικτικά πλαίσια πολιτικής, να προωθηθούν συμπράξεις δημόσιου και ιδιωτικού τομέα και να ενθαρρυνθεί η ζήτηση της αγοράς για προϊόντα βιολογικής προέλευσης. Με τη συνεργασία, τα ενδιαφερόμενα μέρη στην αλυσίδα αξίας της βιομάζας μπορούν να

συμβάλουν στη διασφάλιση της επιτυχίας και της βιωσιμότητας των IBLC. Επιπρόσθετα, τα IBLC μπορούν να παράγουν μια σειρά βιοκαυσίμων και βιοπροϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των στερεών βιοκαυσίμων, των υγρών βιοκαυσίμων και του βιοαερίου. Αυτά τα προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή θερμότητας και ενέργειας, μεταφορά και άλλες εφαρμογές, παρέχοντας μια εναλλακτική λύση χαμηλών εκπομπών άνθρακα αντί να χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα, το οποίο οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στηρίζετε στις αρχές τις κυκλικής οικονομίας. Επίσης, δίνει την δυνατότητα να αναπτυχθούν μοντέλα για τη βελτιστοποίηση του μείγματος καυσίμων για τη μεταφορά βιομάζας στο πλαίσιο διαφορετικών ρυθμιστικών πολιτικών για τον άνθρακα.

Με την δημιουργία νέων προϊόντων από τα IBLC και γενικότερα η δημιουργία τέτοιων κέντρων συντελούν στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Δηλαδή, η περαιτέρω επεξεργασία υποπροϊόντων μπορεί να παρέχει εναλλακτικές πηγές εισοδήματος σε ανθρώπους και βιομηχανίες κατά μήκος της αλυσίδας αξίας. Τα επιχειρηματικά μοντέλα IBLC μπορούν να προσφέρουν νέες οικονομικές ευκαιρίες στον τομέα της ελαιοπαραγωγής και να αδράξει νέες ευκαιρίες, οι πολιτικές που στηρίζουν την κυκλική οικονομία. Συντελεί η δημιουργία και η έρευνα σε νέα προϊόντα στις εξαγωγές πολυτελών βιοπροϊόντων. Έτσι, αυξάνεται και το μερίδιο αγοράς των ελληνικών επιχειρήσεων στην αγορά του εξωτερικού. Η εξαγωγή χημικών ενώσεων από φύλλα ελιάς και ελαιοπυρήνα μπορεί να οδηγήσει σε πολλά υποσχόμενες εμπορικές οδούς με την δημιουργία νέων βιο-προϊόντων. Οι φαινολικές ενώσεις αναγνωρίζονται ως ιδιαίτερα πολύτιμες. Τα ολοκληρωμένα κέντρα εφοδιαστικής βιομάζας μπορούν να προσφέρουν ένα νέο πλαίσιο για την περαιτέρω εκμετάλλευση όλων αυτών που παράγονται από την ελιά.

Κάποιες προτάσεις σχετικά με μελλοντική περαιτέρω έρευνα σχετικά με Logistic της βιομάζας θα αναλυθούν παρακάτω. Πρώτη πρόταση είναι η ανάπτυξη προηγμένων τεχνολογιών για την εφοδιαστική και την επεξεργασία βιομάζας: για την περαιτέρω ενίσχυση της αποτελεσματικότητας και της βιωσιμότητας των IBLC, είναι απαραίτητο να επενδύσουμε σε προηγμένες τεχνολογίες για την εφοδιαστική και την επεξεργασία βιομάζας. Δεύτερη πρόταση είναι η διερεύνηση του μοντέλου MILP ώστε να αναπτυχθεί πιο ρεαλιστική και λεπτομερής προσφορά δραστηριοτήτων αλυσίδας, ειδικά εντός του IBLC. Διερεύνηση της τεχνολογίας blockchain στο supply chain ενός ολοκληρωμένου κέντρου εφοδιαστικής βιομάζας. Τελευταία πρόταση είναι τα

μελλοντικά μοντέλα IBLC ότι θα μπορούσαν να ενσωματώσουν κοινωνικές ανησυχίες που απαρτίζονται με την κυκλοφοριακή συμφόρηση λόγω της μεταφοράς βιομάζας σε κατοικημένες περιοχές, καθώς οι κοινωνικές ανησυχίες καθίστανται ζωτικής σημασίας για την εύρυθμη λειτουργία των IBLC.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγγλική

- AGROinLOG, 2017. Updated Conceptual decsption of an intergated biomass logistics center. Demonstration of innovative integrated biomass logistics center sector in europe.
- AGROinLOG, 2020. Best Practice Guidelines.
- AGROinLOG, 2023. Managing olive oil residues in Greece. URL <http://agroinlog-h2020.eu/en/2018/02/13/managing-olive-oil-residues-in-greece/>
- Ahmad, F.B., Zhang, Z., Doherty, W.O.S., O'Hara, I.M., 2019. The outlook of the production of advanced fuels and chemicals from integrated oil palm biomass biorefinery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 109, 386–411. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.009>
- Aktar, Most.A., Alam, Md.M., Al-Amin, A.Q., 2021. Global economic crisis, energy use, CO2 emissions, and policy roadmap amid COVID-19. *Sustainable Production and Consumption* 26, 770–781. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.029>
- Alatzas, S., Moustakas, K., Malamis, D., Vakalis, S., 2019. Biomass Potential from Agricultural Waste for Energetic Utilization in Greece. *Energies* 12, 1095. <https://doi.org/10.3390/en12061095>
- Albizzati, P.F., Tonini, D., Astrup, T.F., 2021. High-value products from food waste: An environmental and socio-economic assessment. *Science of The Total Environment* 755, 142466. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142466>
- Amaducci, S., Facciotto, G., Bergante, S., Perego, A., Serra, P., Ferrarini, A., Chimento, C., 2017. Biomass production and energy balance of herbaceous and woody crops on marginal soils in the Po Valley. *GCB Bioenergy* 9, 31–45. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12341>
- Annevelink, E., van Gogh, J.B., 2013. Mogelijkheden voor de implementatie van het biomassawerf concept in de Greenport Betuwse Bloem.
- Axelsson, L., Franzén, M., Ostwald, M., Berndes, G., Lakshmi, G., Ravindranath, N.H., 2012. Jatropha cultivation in southern India: assessing farmers' experiences. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 6, 246–256. <https://doi.org/10.1002/bbb.1324>
- Bagchi, B., Chatterjee, S., Ghosh, R., Dandapat, D., 2020. Plummeting Oil Prices and Oil Demand, in: *Coronavirus Outbreak and the Great Lockdown*, SpringerBriefs in Economics. Springer Singapore, Singapore, pp. 27–32. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7782-6_4
- Bals, B.D., Dale, B.E., 2012. Developing a model for assessing biomass processing technologies within a local biomass processing depot. *Bioresource Technology* 106, 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.12.024>
- Banerjee, S., Mudliar, S., Sen, R., Giri, B., Satpute, D., Chakrabarti, T., Pandey, R.A., 2010. Commercializing lignocellulosic bioethanol: technology bottlenecks and possible remedies. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 4, 77–93. <https://doi.org/10.1002/bbb.188>
- Bartle, I., Vass, P., 2007. Independent economic regulation: A reassessment of its role in sustainable development. *Utilities Policy* 15, 261–269. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2007.06.001>

- Berndes, G., Hoogwijk, M., van den Broek, R., 2003. The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass and Bioenergy* 25, 1–28. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(02\)00185-X](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00185-X)
- Bert Annevelink & Bart van Gogh (WFBR), Fernando Sebastián Nogués, Sergio Espatolero (CIRCE), Teresa De la Cruz, Davide Luzzini (ZLC), Manolis Karampinis, Michalis Kougioumtzis (CERTH), Johanna Olsson (RI), 2017. Demonstration of innovative integrated biomass logistics centres for the Agro-industry sector in Europe.
- Bharathiraja, B., Iyyappan, J., Jayamuthunagai, J., Kumar, R.P., Sirohi, R., Gnansounou, E., Pandey, A., 2020. Critical review on bioconversion of winery wastes into value-added products. *Industrial Crops and Products* 158, 112954. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112954>
- Bio based industries Consortium, 2019. Recommendations for a circular economy in European agriculture.
- Bioenergy Europe, 2023. URL <https://www.bioenergyeurope.org/what-is-bioenergy/biomass.html>
- Bioenergy insight, 2019. Biomass-logistics-centres-are-key-to-successful-biomass-supply. URL <https://www.bioenergy-news.com/features/biomass-logistics-centres-are-key-to-successful-biomass-supply/>
- Bioenergy_kdf, 2023. Bioenergy knowledge discovery framework. URL <https://bioenergykdf.net/biomass-logistics-centers>
- Boukis, I., Vassilakos, N., Kontopoulos, G., Karellas, S., 2009. Policy plan for the use of biomass and biofuels in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 971–985. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.02.007>
- Brennan, L., Langley, S., Verghese, K., Lockrey, S., Ryder, M., Francis, C., Phan-Le, N.T., Hill, A., 2021. The role of packaging in fighting food waste: A systematised review of consumer perceptions of packaging. *Journal of Cleaner Production* 281, 125276. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125276>
- Bussemaker, M.J., Day, K., Drage, G., Cecelja, F., 2017. Supply Chain Optimisation for an Ultrasound-Organosolv Lignocellulosic Biorefinery: Impact of Technology Choices. *Waste Biomass Valor* 8, 2247–2261. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0043-6>
- Camero, C., Sowlati, T., 2014. Assessment and optimization of forest biomass supply chains from economic, social and environmental perspectives – A review of literature. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 36, 62–73. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.041>
- Candel, J.J.L., Breeman, G.E., Termeer, C.J.A.M., 2016. The European Commission’s ability to deal with wicked problems: an in-depth case study of the governance of food security. *Journal of European Public Policy* 23, 789–813. <https://doi.org/10.1080/13501763.2015.1068836>
- Cao, J.X., Wang, X., Gao, J., 2021. A two-echelon location-routing problem for biomass logistics systems. *Biosystems Engineering* 202, 106–118. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.12.007>
- Casler, M., Mitchell, R., Vogel, K., 2012. Switchgrass, in: Shonnard, D. (Ed.), *Handbook of Bioenergy Crop Plants*. CRC Press, pp. 563–590. <https://doi.org/10.1201/b11711-25>
- Cellura, M., Guarino, F., Longo, S., Mistretta, M., 2017. Modeling the energy and environmental life cycle of buildings: A co-simulation approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 80, 733–742. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.273>
- Chen, B., 2023. Utilization of mswi bottom ash as a mineral resource for low-carbon construction materials. Delft University of Technology. <https://doi.org/10.4233/UUID:0793986F-B875-4693-A0F9-568978F2D632>

- Chen, X., Huang, J., Yang, Q., Nielsen, C.P., Shi, D., McElroy, M.B., 2018. Changing carbon content of Chinese coal and implications for emissions of CO₂. *Journal of Cleaner Production* 194, 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.128>
- Choi, J.-H., Jang, S.-K., Kim, J.-H., Park, S.-Y., Kim, J.-C., Jeong, H., Kim, H.-Y., Choi, I.-G., 2019. Simultaneous production of glucose, furfural, and ethanol organosolv lignin for total utilization of high recalcitrant biomass by organosolv pretreatment. *Renewable Energy* 130, 952–960. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.05.052>
- Christian, D., Poulton, P., Riche, A., Yates, N., Todd, A., 2006. The recovery over several seasons of 15N-labelled fertilizer applied to *Miscanthus x giganteus* ranging from 1 to 3 years old. *Biomass and Bioenergy* 30, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.11.002>
- De Meyer, A., Cattrysse, D., Rasinmäki, J., Van Orshoven, J., 2014. Methods to optimise the design and management of biomass-for-bioenergy supply chains: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31, 657–670. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.036>
- Dontoh, A., Elayan, F.A., Ronen, J., Ronen, T., 2018. Unfair “Fair Value” in Illiquid Markets: Excessive Spillover Effects in Times of Crisis. *SSRN Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3386459>
- European, Union’s Horizon, 2020. Best Practice Guidelines to design an Integrated Biomass Logistics Centre feed and fodder sector.
- Eksioglu, S.D., Acharya, A., Leightley, L.E., Arora, S., 2009. Analyzing the design and management of biomass-to-biorefinery supply chain. *Computers & Industrial Engineering* 57, 1342–1352. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2009.07.003>
- Emilsson, E., Dahllöf, L., 2019. Lithium-Ion Vehicle Battery Production C.444.
- Energy National Laboratory, 2014. Biomass Feedstock Supply System Design and Analysis.
- Energy Technologies Institute, 2015. Bioenergy Insights into the future UK Bioenergy Sector, gained using the ETI’s Bioenergy Value Chain Model (BVCM).
- EPA United states environmental protection, 2023. Basic Information about Landfill Gas. URL <https://www.epa.gov/lmop/basic-information-about-landfill-gas>
- Eranki, P.L., Bals, B.D., Dale, B.E., 2011. Advanced Regional Biomass Processing Depots: a key to the logistical challenges of the cellulosic biofuel industry. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 5, 621–630. <https://doi.org/10.1002/bbb.318>
- Eroglu, H., 2021. Effects of Covid-19 outbreak on environment and renewable energy sector. *Environ Dev Sustain* 23, 4782–4790. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00837-4>
- European Commission, 2023. Agricultural biomass.
- European commission, 2023. EIP-AGRI Workshop: Opportunities for farm diversification in the circular bioeconomy. URL <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/event/eip-agri-workshop-opportunities-farm>
- European Commission. Joint Research Centre., 2021. The use of woody biomass for energy production in the EU. Publications Office, LU.
- European Parliament, 2023 Energy policy: general principles. URL <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/68/energy-policy-general-principles>

- European Parliament, n.d. Energy policy: general principles, 2023. URL <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/68/energy-policy-general-principles>
- Feng, W., Zhang, Q., Ji, H., Wang, R., Zhou, N., Ye, Q., Hao, B., Li, Y., Luo, D., Lau, S.S.Y., 2019. A review of net zero energy buildings in hot and humid climates: Experience learned from 34 case study buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 114, 109303. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109303>
- Fichter, K., Tiemann, I., 2020. Impacts of promoting sustainable entrepreneurship in generic business plan competitions. *Journal of Cleaner Production* 267, 122076. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122076>
- Flisberg, P., Frisk, M., Rönnqvist, M., 2012. FuelOpt: a decision support system for forest fuel logistics. *Journal of the Operational Research Society* 63, 1600–1612. <https://doi.org/10.1057/jors.2011.157>
- forestresearch, 2020. Biommas center. URL <https://www.forestresearch.gov.uk/>
- Gargalo, C.L., Carvalho, A., Gernaey, K.V., Sin, G., 2017. Optimal Design and Planning of Glycerol-Based Biorefinery Supply Chains under Uncertainty. *Ind. Eng. Chem. Res.* 56, 11870–11893. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b02882>
- Ge, Y., Tao, J., Wang, Z., Chen, C., Mu, L., Ruan, H., Rodríguez Yon, Y., Su, H., Yan, B., Chen, G., 2023. Modification of anaerobic digestion model No.1 with Machine learning models towards applicable and accurate simulation of biomass anaerobic digestion. *Chemical Engineering Journal* 454, 140369. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.140369>
- Golroudbary, S.R., Zahraee, S.M., Awan, U., Kraslawski, A., 2019. Sustainable Operations Management in Logistics Using Simulations and Modelling: A Framework for Decision Making in Delivery Management. *Procedia Manufacturing* 30, 627–634. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.088>
- Gunessee, S., Subramanian, N., 2020. Ambiguity and its coping mechanisms in supply chains lessons from the Covid-19 pandemic and natural disasters. *IJOPM* 40, 1201–1223. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-07-2019-0530>
- Guo, X., Voogt, J., Annevelink, B., Snels, J., Kanellopoulos, A., 2020. Optimizing Resource Utilization in Biomass Supply Chains by Creating Integrated Biomass Logistics Centers. *Energies* 13, 6153. <https://doi.org/10.3390/en13226153>
- Guo, Y.-R., Cao, Q.-D., Hong, Z.-S., Tan, Y.-Y., Chen, S.-D., Jin, H.-J., Tan, K.-S., Wang, D.-Y., Yan, Y., 2020. The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak – an update on the status. *Military Med Res* 7, 11. <https://doi.org/10.1186/s40779-020-00240-0>
- Hassan, S.S., Williams, G.A., Jaiswal, A.K., 2019. Moving towards the second generation of lignocellulosic biorefineries in the EU: Drivers, challenges, and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 101, 590–599. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.041>
- Hayer, S., 2017. Fossil fuel subsidies. hellabioma, 2023 URL <https://www.google.com/search?q=hellabiomaz&oq=hellabiomaz&aqs=chrome..69i57j0i13i19i512j69i60.3329j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8> (accessed 2.25.23).
- Hoang, A.T., Sandro Nižetić, Olcer, A.I., Ong, H.C., Chen, W.-H., Chong, C.T., Thomas, S., Bandh, S.A., Nguyen, X.P., 2021. Impacts of COVID-19 pandemic on the global energy system and the shift progress to renewable energy: Opportunities, challenges, and policy implications. *Energy Policy* 154, 112322. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112322>
- Hohenstein, W.G., Wright, L.L., 1994. Biomass energy production in the United States: an overview. *Biomass and Bioenergy* 6, 161–173. [https://doi.org/10.1016/0961-9534\(94\)90073-6](https://doi.org/10.1016/0961-9534(94)90073-6)

- Hong, B.H., How, B.S., Lam, H.L., 2016. Overview of sustainable biomass supply chain: from concept to modelling. *Clean Techn Environ Policy* 18, 2173–2194. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1155-6>
- Hosseini, S.E., 2020. An outlook on the global development of renewable and sustainable energy at the time of COVID-19. *Energy Research & Social Science* 68, 101633. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101633>
- Houghton, R.A., Hall, F., Goetz, S.J., 2009. Importance of biomass in the global carbon cycle: BIOMASS IN THE GLOBAL CARBON CYCLE. *J. Geophys. Res.* 114, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1029/2009JG000935>
- Iakovou, E., Karagiannidis, A., Vlachos, D., Toka, A., Malamakis, A., 2010. Waste biomass-to-energy supply chain management: A critical synthesis. *Waste Management* 30, 1860–1870. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.02.030>
- IEA bioenergy, 2023. Biomass supply. URL https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/07/IEA-Bioenergy_Task_43_Biomass_Logistics_Aug2021.pdf
- Ilinova, A., Dmitrieva, D., Kraslawski, A., 2021. Influence of COVID-19 pandemic on fertilizer companies: The role of competitive advantages. *Resources Policy* 71, 102019. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102019>
- Ilze Dzene, Rainer Janssen, Alfred Kindler, Tanja Solar, Eva López, Fernando Sebastián, 2015. Handbook for agro-industries interested in starting a new activity as biomass logistic centre: carrying out a feasibility study.
- Ivanov, D., 2020. Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 136, 101922. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101922>
- Jäger-Waldau, A., Ossenbrink, H., 2004. Progress of electricity from biomass, wind and photovoltaics in the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 8, 157–182. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.10.003>
- Jefferson, M., 2020. A crude future? COVID-19s challenges for oil demand, supply and prices. *Energy Research & Social Science* 68, 101669. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101669>
- Ji, L., Zheng, Z., Wu, T., Xie, Y., Liu, Z., Huang, G., Niu, D., 2020. Synergetic optimization management of crop-biomass coproduction with food-energy-water nexus under uncertainties. *Journal of Cleaner Production* 258, 120645. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120645>
- Jornada informativa regional H2020 Reto Social 2: Bioeconomía, 2014.
- Kamali, D., Thomas, M., van Loo, P., Nichol, I., 2018. Association between crural vessel patency and successful transtatarsal amputation: a single centre experience. *S. Afr. j. surg.* 56, 50–53. <https://doi.org/10.17159/2078-5151/2018/v56n2a2351>
- Khanna, M., Chen, L., Basso, B., Cai, X., Field, J.L., Guan, K., Jiang, C., Lark, T.J., Richard, T.L., Spawn-Lee, S.A., Yang, P., Zipp, K.Y., 2021. Redefining marginal land for bioenergy crop production. *GCB Bioenergy* 13, 1590–1609. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12877>
- Kirkan, B., Sarikurcu, C., Ozer, M.S., Cengiz, M., Atılgan, N., Ceylan, O., Tepe, B., 2018. Phenolic profile, antioxidant and enzyme inhibitory potential of *Onosma tauricum* var. *tauricum*. *Industrial Crops and Products* 125, 549–555. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.09.043>

- Kor-Bicakci, G., Eskicioglu, C., 2019. Recent developments on thermal municipal sludge pretreatment technologies for enhanced anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 110, 423–443. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.002>
- Lamers, P., Roni, M.S., Tumuluru, J.S., Jacobson, J.J., Cafferty, K.G., Hansen, J.K., Kenney, K., Teymouri, F., Bals, B., 2015. Techno-economic analysis of decentralized biomass processing depots. *Bioresource Technology* 194, 205–213. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.009>
- Lau, W.W.Y., Shiran, Y., Bailey, R.M., Cook, E., Stuchtey, M.R., Koskella, J., Velis, C.A., Godfrey, L., Boucher, J., Murphy, M.B., Thompson, R.C., Jankowska, E., Castillo Castillo, A., Pilditch, T.D., Dixon, B., Koerselman, L., Kosior, E., Favoino, E., Gutberlet, J., Baulch, S., Atreya, M.E., Fischer, D., He, K.K., Petit, M.M., Sumaila, U.R., Neil, E., Bernhofen, M.V., Lawrence, K., Palardy, J.E., 2020. Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science* 369, 1455–1461. <https://doi.org/10.1126/science.aba9475>
- Lautala, P.T., Hilliard, M.R., Webb, E., Busch, I., Richard Hess, J., Roni, M.S., Hilbert, J., Handler, R.M., Bittencourt, R., Valente, A., Laitinen, T., 2015. Opportunities and Challenges in the Design and Analysis of Biomass Supply Chains. *Environmental Management* 56, 1397–1415. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0565-2>
- Le Quéré, C., Jackson, R.B., Jones, M.W., Smith, A.J.P., Abernethy, S., Andrew, R.M., De-Gol, A.J., Willis, D.R., Shan, Y., Canadell, J.G., Friedlingstein, P., Creutzig, F., Peters, G.P., 2020. Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nat. Clim. Chang.* 10, 647–653. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>
- Lewandowski, I., Schmidt, U., 2006. Nitrogen, energy and land use efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112, 335–346. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.003>
- Liu, X., Beyrend-Dur, D., Dur, G., Ban, S., 2014. Effects of temperature on life history traits of *Eodiaptomus japonicus* (Copepoda: Calanoida) from Lake Biwa (Japan). *Limnology* 15,85–97. <https://doi.org/10.1007/s10201-013-0417-9>
- Luo, X., Wang, M., 2017. Study of solvent-based carbon capture for cargo ships through process modelling and simulation. *Applied Energy* 195, 402–413. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.027>
- Malladi, K.T., Sowlati, T., 2018. Biomass logistics: A review of important features, optimization modeling and the new trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 94, 587–599. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.052>
- Manzanares, P., Ruiz, E., Ballesteros, M., Negro, M.J., Gallego, F.J., López-Linares, J.C., Castro, E., 2017. Residual biomass potential in olive tree cultivation and olive oil industry in Spain: valorization proposal in a biorefinery context. *Span J Agric Res* 15, e0206. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017153-10868>
- Martelli-Júnior, H., Machado, R.A., Martelli, D.R.B., Coletta, R.D., 2020. Dental journals and coronavirus disease (COVID-19): A current view. *Oral Oncology* 106, 104664. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2020.104664>
- McKendry, P., 2002. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology* 83, 37–46. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00118-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00118-3)
- Min, H., Zhou, G., 2002. Supply chain modeling: past, present and future. *Computers & Industrial Engineering* 43, 231–249. [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(02\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(02)00066-9)
- Mohr, A., Raman, S., 2013. Lessons from first generation biofuels and implications for the sustainability appraisal of second generation biofuels. *Energy Policy* 63, 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.08.033>

- Moore, K.R., Segura-Salazar, J., Bridges, L., Diallo, P., Doyle, K., Johnson, C., Foster, P., Pollard, N., Whyte, N., Wright, O., 2022. The out-of-this-world hype cycle: Progression towards sustainable terrestrial resource production. *Resources, Conservation and Recycling* 186, 106519. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106519>
- Muhammad, S., Long, X., Salman, M., 2020. COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise? *Science of The Total Environment* 728, 138820. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138820>
- Meadows, Donella H. Dennis L. Meadows, Jorgen Randers, William W. Behrens III, 1972. A Report for THE CLUB OF ROME'S Project on the Predicament of Mankind. A POTOMAC ASSOCIATES BOOK.
- Nagel, F.P., Schildhauer, T.J., Biollaz, S.M.A., 2009. Biomass-integrated gasification fuel cell systems – Part 1: Definition of systems and technical analysis. *International Journal of Hydrogen Energy* 34, 6809–6825. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.05.125>
- National geographic, 2023. production of biomass from olives. URL <https://www.nationalgeographic.com/>
- Nuclear Security & Nonproliferation, n.d. Biomass center security, 2023. URL <https://www.energy.gov/national-security-safety>
- NUTRIA, 2020. Success case of the integration of a logistics centre into an agro-industry of the olive oil sector Deliverable D4.8.
- Panwar, N.L., Pawar, A., Salvi, B.L., 2019. Comprehensive review on production and utilization of biochar. *SN Appl. Sci.* 1, 168. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0172-6>
- Parmar, K., 2017. Biomass- An Overview on Composition Characteristics and Properties. *IRA-JAS* 7, 42. <https://doi.org/10.21013/jas.v7.n1.p4>
- Pati, S., De, S., Chowdhury, R., 2023. Exploring the hybrid route of bio-ethanol production via biomass co-gasification and syngas fermentation from wheat straw and sugarcane bagasse: Model development and multi-objective optimization. *Journal of Cleaner Production* 395, 136441. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136441>
- Popa, V.I., Volf, I. (Eds.), 2018. Biomass as renewable raw material to obtain bioproducts of high-tech value. Elsevier, Amsterdam.
- Poudel, S.R., Marufuzzaman, M., Bian, L., 2016. Designing a reliable bio-fuel supply chain network considering link failure probabilities. *Computers & Industrial Engineering* 91, 85–99. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.11.002>
- Qin, Z., Zhuang, Q., Zhu, X., 2014. Carbon and nitrogen dynamics in bioenergy ecosystems: 1. Model development, validation and sensitivity analysis. *GCB Bioenergy* 6, 740–755. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12107>
- Rentizelas, A.A., Tolis, A.J., Tatsiopoulos, I.P., 2009. Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 887–894. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.01.003>
- Rizos, V., Tuokko, K., Behrens, A., 2017. A review of definitions, processes and impacts. European Union's Horizon 2020 R.
- Rodrigues, R., Alves, R.C., Oliveira, M.B.P.P., 2023. Exploring Olive Pomace for Skincare Applications: A Review. *Cosmetics* 10, 35. <https://doi.org/10.3390/cosmetics10010035>
- Roni, M.S., Thompson, D.N., Hartley, D.S., 2019. Distributed biomass supply chain cost optimization to evaluate multiple feedstocks for a biorefinery. *Applied Energy* 254, 113660. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113660>

- Rovere, E.L.L., Soares, J.B., Oliveira, L.B., Lauria, T., 2010. Sustainable expansion of electricity sector: Sustainability indicators as an instrument to support decision making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 422–429. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.033>
- Ryu, S., Chun, B.C., 2020. An interim review of the epidemiological characteristics of 2019 novel coronavirus. *Epidemiol Health* 42, e2020006. <https://doi.org/10.4178/epih.e2020006>
- Sadh, P.K., Duhan, S., Duhan, J.S., 2018. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresour. Bioprocess.* 5, 1. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
- Sage, R.F., Peixoto, M.M., Sage, T.L., 2013. Photosynthesis in Sugarcane, in: Moore, P.H., Botha, F.C. (Eds.), *Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, pp. 121–154. <https://doi.org/10.1002/9781118771280.ch6>
- Schmer, M.R., Vogel, K.P., Varvel, G.E., Follett, R.F., Mitchell, R.B., Jin, V.L., 2014. Energy Potential and Greenhouse Gas Emissions from Bioenergy Cropping Systems on Marginally Productive Cropland. *PLoS ONE* 9, e89501. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089501>
- Stahel, W.R., 2016. The circular economy. *Nature* 531, 435–438. <https://doi.org/10.1038/531435a>
- Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macêdo, J.L.V., Blum, W.E.H., Zech, W., 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant Soil* 291, 275–290. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9193-9>
- Success case of an IBLC into an agroindustry of the animal feed sector Deliverable D3.7, 2016.
- SUCELLOG, 2014. D3.2a Summary of the regional situation, biomass resources and priority areas of action in Spain.
- SUCELLOG, 2018. Publications & reports.
- Svetlana Ladanai, Johan Vinterbäck, 2009. *Global Potential of Sustainable Biomass for Energy*.
- Switchgrass report AgNL, 2013. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) A perennial biomass grass for efficient production of feedstock for the biobased economy. URL https://english.rvo.nl/sites/default/files/2013/12/Switchgrass%20report%20AgNL%20June%202013_0.pdf
- Talari, S., Shafie-khah, M., Osório, G.J., Aghaei, J., Catalão, J.P.S., 2018. Stochastic modelling of renewable energy sources from operators’ point-of-view: A survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 81, 1953–1965. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.006>
- The Sustainable Biomass Program (SBP), 2023. The promise of good biomass.
- Tuo, Y., Wang, Z., Zheng, Y., Shi, X., Liu, X., Ding, M., Yang, Q., 2023. Effect of water and fertilizer regulation on the soil microbial biomass carbon and nitrogen, enzyme activity, and saponin content of *Panax notoginseng*. *Agricultural Water Management* 278, 108145. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108145>
- Tursi, A., 2019. A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion. *Biofuel Res. J.* 6, 962–979. <https://doi.org/10.18331/BRJ2019.6.2.3>
- U.S. Energy Information Administration, 2023. Renewable energy explained. U.S. Energy Information Administration. 2023, URL <https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/>

- Uslu, A., Faaij, A.P.C., Bergman, P.C.A., 2008. Pre-treatment technologies, and their effect on international bioenergy supply chain logistics. Techno-economic evaluation of torrefaction, fast pyrolysis and pelletisation. *Energy* 33, 1206–1223. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.03.007>
- Verma, S., Dregulo, A.M., Kumar, V., Bhargava, P.C., Khan, N., Singh, A., Sun, X., Sindhu, R., Binod, P., Zhang, Z., Pandey, A., Awasthi, M.K., 2023. Reaction engineering during biomass gasification and conversion to energy. *Energy* 266, 126458. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126458>
- Vos, R.O., 2007. Defining sustainability: a conceptual orientation. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 82, 334–339. <https://doi.org/10.1002/jctb.1675>
- Wang, L., Zhao, N., Liu, D., 2020. Complex disaster management: A dynamic game among the government, enterprises, and residents. *Journal of Cleaner Production* 266, 122091. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122091>
- Wu, Z., 2019. Rotor power performance and flow physics in lateral sinusoidal gusts. *Energy* 176, 917–928. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.067>
- Xu, X., Mola-Yudego, B., 2021. Where and when are plantations established? Land-use replacement patterns of fast-growing plantations on agricultural land. *Biomass and Bioenergy* 144, 105921. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105921>
- Yamamoto, H., Fujino, J., Yamaji, K., 2001. Evaluation of bioenergy potential with a multi-regional global-land-use-and-energy model. *Biomass and Bioenergy* 21, 185–203. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(01\)00025-3](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(01)00025-3)
- Ye, B., Jiang, J., Liu, J., Zheng, Y., Zhou, N., 2021. Research on quantitative assessment of climate change risk at an urban scale: Review of recent progress and outlook of future direction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 135, 110415. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110415>
- Zahraee, S.M., Golroudbary, S.R., Shiwakoti, N., Kraslawski, A., Stasinopoulos, P., 2019. An investigation of the environmental sustainability of palm biomass supply chains via dynamic simulation modeling: A case of Malaysia. *Journal of Cleaner Production* 237, 117740. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117740>
- Zahraee, S.M., Rahimpour Golroudbary, S., Shiwakoti, N., Stasinopoulos, P., 2021. Particle-Gaseous pollutant emissions and cost of global biomass supply chain via maritime transportation: Full-scale synergy model. *Applied Energy* 303, 117687. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117687>
- Zahraee, S.M., Shiwakoti, N., Stasinopoulos, P., 2022. Agricultural biomass supply chain resilience: COVID-19 outbreak vs. sustainability compliance, technological change, uncertainties, and policies. *Cleaner Logistics and Supply Chain* 4, 100049. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100049>
- Zhang, X., Bayulken, B., Skitmore, M., Lu, W., Huisingh, D., 2018. Sustainable urban transformations towards smarter, healthier cities: Theories, agendas and pathways. *Journal of Cleaner Production* 173, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.345>
- Zhijun, F., Nailing, Y., 2007. Putting a circular economy into practice in China. *Sustain Sci* 2, 95–101. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0018-1>
- Zhu, X., Yao, Q., 2011. Logistics system design for biomass-to-bioenergy industry with multiple types of feedstocks. *Bioresource Technology* 102, 10936–10945. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.08.121>

Ελληνική

Αγροσύμβουλος, 2021. Αγροσύμβουλος: Ενεργειακές Καλλιέργειες. URL <https://agrosimvoulos.gr/energeiakes-kalliergeies/>

Ελληνική Κυβέρνηση, 2021. ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ.

Ευρωπαϊκή Ένωση, 2017.
ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2017/ 2096 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ - της 15ης Νοεμβρίου 2017 - για την τροποποίηση του παραρτήματος II της οδηγίας 2000/ 53/ ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, 2017/2096.

Ευρωπαϊκή Ένωση, 2019. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2019/2146 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 26ης Νοεμβρίου 2019 για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1099/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τις στατιστικές ενέργειας, όσον αφορά την εφαρμογή των επικαιροποιήσεων των ετήσιων, μηνιαίων και βραχυπρόθεσμων μηνιαίων στατιστικών ενέργειας.

Ευρωπαϊκή Ένωση, 2023. Βιώσιμη γεωργία στην ΕΕ, 2023. Agriculture and rural development. URL https://agriculture.ec.europa.eu/sustainability_el

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ, 2003. ΟΔΗΓΙΑ 2003/30/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 8ης Μαΐου 2003 σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές, L 123/42.

Energia, 2018. Βιομάζα-Βιοκαύσιμα. URL <https://www.energia.gr/article/142927/1-orismo/>

Energia, 2020. ΣΧΕΔΙΑ ΔΡΑΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΣΔΕΑ) Ε.Ε. & ΕΛΛΑΔΑ.

Europa, 2009. ΟΔΗΓΙΑ 2009/28/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 23ης Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ.

ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΕΞΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 2020. Βιομάζα. URL http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_biomass.htm

Μπόχτης, S G Sørensen, O Green, A Klose, K A Andersen, D D Bochtis, 2009. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ PERSPECTIVES ON THE IMPLEMENTATION OF NEW TECHNOLOGIES IN BIOMASS SUPPLY CHAIN. <https://doi.org/10.13140/2.1.2993.1526>

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ενέργειας από βιομάζα, 2020. URL <https://www.renovablesverdes.com/el/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-de-la-biomasa/>

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2021. Οδηγία 2001/77/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Σεπτεμβρίου 2001, για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, 2001/77/ΕΚ.

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2023. Βιομάζα/ Βιορευστά/ Βιοαέριο. URL <https://ypen.gov.gr/energeia/ape/technologies/viomaza-vioefsta-vioaerio/>

Volton, 2021. Παραγωγή Ενέργειας από Βιομάζα. URL <https://volton.gr/paragogi-energeias-apo-viomaza/>