



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ο ρόλος των βιοκαυσίμων στο πλέγμα νερού – τροφής – ενέργειας



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μεταξία Μ. Κυρίου

Επιβλέπων: Νικόλαος Μαμάσης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2021

Ο ρόλος των βιοκαυσίμων στο πλέγμα νερού – τροφής – ενέργειας

Λέξεις Κλειδιά: βιοκαύσιμα, βιοενέργεια, βιομάζα, βιοντίζελ, βιοαιθανόλη, βιοαέριο, βιουδρογόνο, βιοέλαιο, ενεργειακές καλλιέργειες.

The role of biofuels in the water – food – energy nexus

Keywords: biofuels, bioenergy, biomass, biodiesel, bioethanol, biogas, biohydrogen, bio-oil, energy crops.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μεταξία Μ. Κυρίου

Επιβλέπων Καθηγητής : Ν. Μαμάσης, Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Το περιεχόμενο της ανά χειράς διπλωματικής εργασίας αποτελεί προϊόν της δικής μου πνευματικής προσπάθειας. Η ενσωμάτωση υλικού τρίτων σε αυτή, δημοσιευμένου ή μη, γίνεται με δόκιμη αναφορά στις πηγές, που δεν επιτρέπει ασάφειες ή παρερμηνείες.

Αθήνα, Μάρτιος 2021

Ευχαριστίες

Με την ευκαιρία της περάτωσης της παρούσας εργασίας, που σηματοδοτεί και την ολοκλήρωση των προπτυχιακών σπουδών μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές και ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς όλους όσους βοήθησαν στην προσπάθειά μου αυτή. Πρώτον από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Νικόλαο Μαμάση, για την καθοδήγηση και την αμέριστη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον Επίκουρο Καθηγητή του Ε.Μ.Π. Ανδρέα Ευστρατιάδη για τις πολύτιμες συμβουλές του και την βοήθεια του. Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω ένα τεράστιο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, που όλα αυτά τα χρόνια πιστεύει στις δυνατότητές μου και στηρίζει κάθε προσπάθειά μου και στους φίλους μου για τη στήριξη και την ενθάρρυνση τους.

Με εκτίμηση ,
Μεταξία Κυρίου
Αθήνα, Μάρτιος 2021

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Αντικείμενο και σκοπός της διπλωματικής εργασίας.....	1
1.2. Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας	2
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	3
2.1. Χαρακτηριστικά βιοκαυσίμων	3
2.2. Πολιτική Βιοκαυσίμων	5
2.3. Νομοθεσία	6
3. ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	10
3.1. Κατηγορίες Πρώτης Ύλης	10
3.1.1. Ενεργειακές Καλλιέργειες	10
3.1.2. Υπολείμματα φυτικά και ζωικά	18
3.1.3. Αστικά απόβλητα.....	20
3.1.4. Έλαια.....	20
3.2. Ενεργειακή αξιοποίηση πρώτης ύλης.....	22
3.2.1. Παραδείγματα παραγωγής βιοκαυσίμου παγκοσμίως	22
3.2.1.1. Air Liquide	22
3.2.1.2. Enerkem.....	22
3.2.1.3. Argent Energy	23

4. ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ	26
4.1. Μέθοδοι.....	26
4.1.1. Εκτιμήσεις Γλυκού Νερού BECCS	29
4.2. Αποτελέσματα Μεθόδων.....	31
4.2.1. Γενικά.....	31
4.2.2. Μελέτη διαφορών στις επιλογές παραμέτρων	31
4.2.3. Παγκόσμια ζήτηση νερού άρδευσης στις φυτείες βιοκαλλιέργειας	37
4.2.4. Χρήση νερού στη βιοενέργεια σε σχέση με άλλους τομείς.....	41
4.3. Συμπεράσματα.....	43
5. ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ.....	46
5.1. Βιοαιθανόλη.....	46
5.1.1. Γενικά.....	46
5.1.2. Διαδικασία παραγωγής	46
5.1.3. Κόστος παραγωγής.....	50
5.2. Βιοαέριο	52
5.2.1. Γενικά.....	52
5.2.2. Διαδικασία παραγωγής	52
5.2.3. Κόστος Παραγωγής	55
5.3. Βιοέλαιο	55
5.3.1. Γενικά.....	55

5.3.2. Διαδικασία παραγωγής.....	56
5.4. Βιοντίζελ.....	57
5.4.1. Γενικά.....	57
5.4.2. Διαδικασία παραγωγής.....	58
5.4.3. Κόστος Παραγωγής.....	61
5.5. Βιουδρογόνο.....	62
5.5.1. Γενικά.....	62
5.5.2. Διαδικασία παραγωγής.....	63
5.5.3. Κόστος Παραγωγής.....	65
6. ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ.....	67
6.1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	67
6.2. Παραγωγή και Κατανάλωση Βιοκαυσίμων.....	68
7. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ.....	75
7.1. Γενικά.....	75
7.2. Τσιμεντοβιομηχανίες.....	77
7.3. Μέσα Μεταφοράς.....	79
7.3.1. Επίγεια Μέσα Μεταφοράς.....	79
7.4. Θαλάσσιες Μεταφορές.....	83
7.4.1. Εναέριες Μεταφορές.....	86

8. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ & ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	87
8.1. Τσιμεντοβιομηχανίες	87
8.2. Ενεργειακές Καλλιέργειες	87
8.3. Εγκαταστάσεις Παραγωγής Βιοκαυσίμων	91
8.3.1. Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ)	91
8.3.2. Αειφορική Ηπείρου	91
8.3.3. Ενεργειακή Συνεταιριστική Εταιρεία Καρδίτσας	92
8.3.4. Παραγωγή Βιοντίζελ.....	92
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	94
9.1. Σύνοψη Συμπερασμάτων	94
9.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	95
Βιβλιογραφικές Αναφορές	96

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 3.1 Καλάμι (Πηγή: https://kalathaki.wordpress.com).....	10
Εικόνα 3.2 Μίσχανθος (Πηγή: https://horomidis.gr/).....	11
Εικόνα 3.3 Αγριαγκινάρα (Πηγή: https://www.agriamanitaria.gr/).....	12
Εικόνα 3.4 Switchgrass (Πηγή: https://www.switchgrass.nl/)	13
Εικόνα 3.5 Γλυκό Σόργο (Πηγή: https://blog.farmacon.gr/)	13
Εικόνα 3.6 Κυτταρινούχο Σόργο (Πηγή: http://library.tee.gr/).....	14
Εικόνα 3.7 Κενάφ (Πηγή: http://www.gaiapedia.gr/).....	14
Εικόνα 3.8 Ελαιοκράμβη (Πηγή: https://giorgoskatsadonis.blogspot.com/)	15
Εικόνα 3.9 Ευκάλυπτος (Πηγή: https://www.mistikakipou.gr/)	16
Εικόνα 3.10 Ψευδακακία (Πηγή: https://www.kipogeorgiki.gr/)	16
Εικόνα 3.11 Από την Βιομάζα στην Βιοενέργεια (Πηγή: Agroenergy.gr).....	19
Εικόνα 3.12 Συνοπτικός μηχανισμός μετεστερεοποίησης τριγλυκεριδίου (Πηγή: www.agroenergy.gr).....	22
Εικόνα 3.13 Βασικές παρατηρήσεις για την αιθανόλη	23
Εικόνα 4.1 Ζήτηση γλυκού νερού ανά χρόνο (Πηγή: Hydrology and Earth System Sciences).....	29
Εικόνα 4.2 Παράμετροι που καθορίζουν τις ανάγκες νερού για την βιοενέργεια. (Πηγή: <i>Global scenarios of irrigation water use for bioenergy production: a systematic review</i>).....	34

Εικόνα 4.3 Χρήση μπλε νερού κατά την παραγωγή βιοενέργειας μέσω φυτειών βιομάζας (Πηγή: <i>Global scenarios of irrigation water use for bioenergy production: asystematic review</i>)	40
Εικόνα 4.4 Χρήσεις νερού σε άλλους τομείς (Πηγή: <i>Global scenarios of irrigation water use for bioenergy production: asystematic review</i>)	41
Εικόνα 4.5 Επισκόπηση της αναφερόμενης συνολικής παγκόσμιας έκτασης βιοενέργειας (Πηγή: <i>Global scenarios of irrigation water use for bioenergy production: asystematic review</i>).....	45
Εικόνα 5.1 Παραγωγή αιθανόλης ανά ήπειρο (Πηγή: <i>Energy Conversion and Management 2008</i>)	48
Εικόνα 5.2 Εκπομπές CO ₂ από διαφορετικής προέλευσης βιοντίζελ σε σύγκριση με τις αντίστοιχες από μη ανανεώσιμα ορυκτά καύσιμα (Πηγή: <i>www.kallipos.gr</i>).....	58
Εικόνα 5.3 Μετεστερεοποίηση (Πηγή: <i>agroenergy.gr</i>)	59
Εικόνα 5.4 Παραγωγή Βιοντίζελ (Πηγή: <i>agroenergy.gr</i>)	60
Εικόνα 5.5 Εστεροποίηση (Πηγή: <i>agroenergy.gr</i>)	61
Εικόνα 6.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 2018 και 2024 (Πηγή: <i>www.iea.org</i>).....	67
Εικόνα 6.2 Αύξηση παραγωγής σε βασικές αγορές 2019-2024 (Πηγή: <i>www.iea.org</i>)	69
Εικόνα 6.3 Παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων 2010-2019 σε σύγκριση με την κατανάλωση στο σενάριο αειφόρου ανάπτυξης (Πηγή: <i>www.iea.org</i>)	70
Εικόνα 6.4 Παραγωγή βιοκαυσίμων 2019 σε σύγκριση με την κατανάλωση το 2030 στο πλαίσιο του σεναρίου της αειφόρου ανάπτυξης (Πηγή: <i>www.iea.org</i>)	70

Εικόνα 6.5 Ανάλυση κατανάλωσης βιοκαυσίμων στο σενάριο αειφόρου ανάπτυξης, 2015-2030 (Πηγή: <i>www.iea.org</i>)	72
Εικόνα 6.6 Παραγωγή προηγμένων καυσίμων κατά χώρα 2018 και 2024 (<i>www.iea.org</i>)	74
Εικόνα 7.1 Μέρη εναλλακτικών καυσίμων σε σύγκριση με τη συνολική κατανάλωση καυσίμων αυτοκινήτων στον κόσμο. (Πηγή: <i>Shares of alternative fuels compared to the total automotive fuel consumption in the world</i>)	76
Εικόνα 8.1 Περιφερειακή κατανομή καλλιέργειας ηλίανθου (Πηγή: <i>Επεξεργασία στοιχείων ΕΛΣΤΑΤ</i>)	88
Εικόνα 8.2 Περιφερειακή κατανομή καλλιέργειας αραβοσίτου (Πηγή: <i>Επεξεργασία στοιχείων ΕΛΣΤΑΤ</i>)	90

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2.1 Ενεργειακό περιεχόμενο των καυσίμων κίνησης (Πηγή: https://eur-lex.europa.eu/)	7
Πίνακας 2.2 Εκπομπές αέριων θερμοκηπίου (Πηγή: https://eur-lex.europa.eu/)	8
Πίνακας 3.1 Τα παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά και οι αποδόσεις ανά τετραγωνικό σε σπόρο και σε καύσιμο	17
Πίνακας 3.2 Η παραγόμενη ενέργεια απο ξηρή βιομάζα, απόδοση σε προϊόν και ενέργεια	18
Πίνακας 4.1 Συντομογραφίες	27
Πίνακας 5.1 Παραγωγή προϊόντων και αιθανόλης ανά καλλιέργεια	51
Πίνακας 5.2 Κόστος παραγόμενης βιοαιθανόλης ανά καλλιέργεια	51
Πίνακας 5.3 Κατάλογος ορισμένων υλικών βιομάζας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υδρογόνου	64
Πίνακας 5.4 Τιμή υδρογόνου σε συνάρτηση με την τιμή της βιοαιθανόλης	66
Πίνακας 6.1 Σύγκριση προβλεπόμενης με απαιτούμενης παραγωγής βιοκαυσίμων ανά βασική αγορά (Πηγή: www.iea.org).....	71

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολλά σενάρια μελλοντικής οικονομικής και τεχνολογικής εξέλιξης περιλαμβάνουν τη βιοενέργεια ως πηγή καυσίμου ή για την τελική παραγωγή ενέργειας. Λόγω των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων του, το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην αγορά καυσίμων αυτοκινήτων θα αυξηθεί γρήγορα την επόμενη δεκαετία.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών. Συγκεκριμένα, μελετούνται οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοκαυσίμων οι οποίες διακρίνονται σε ενεργειακές καλλιέργειες, φυτικά και ζωικά υπολείμματα, αστικά απόβλητα και έλαια. Σχετικά με τις ενεργειακές καλλιέργειες εκτελείται επιπλέον μελέτη για τις απαιτήσεις γλυκού νερού για άρδευση. Η ενεργειακή αξιοποίηση της πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοκαυσίμου επιτυγχάνεται σε πολλούς σταθμούς ανά τον κόσμο.

Οι τεχνολογίες παραγωγής βιοκαυσίμων παρουσιάζονται εκτενώς σε συνδυασμό με τα απαραίτητα προϊόντα και το αντίστοιχο κόστος παραγωγής. Οι τεχνολογίες αυτές αποτελούν την διαδικασία παραγωγής της βιοαιθανόλης, του βιοαερίου, του βιοελαίου, του βιοντίζελ και του βιουδρογόνου.

Σημαντικό μέρος της εργασίας είναι η ποσοτικοποίηση των δεδομένων και των προβλέψεων για την κατανάλωση, την παραγωγή βιοκαυσίμων ανά έτος έως 2024 και ανά αγορά Ηνωμένων Πολιτειών, Βραζιλίας, Ευρώπης. Επίσης, γίνεται πρόβλεψη για αυξημένη παραγωγή προηγμένων βιοκαυσίμων έως το 2024.

Στη συνέχεια, στο κείμενο παρουσιάζονται εφαρμογές των βιοκαυσίμων στις επίγειες, θαλάσσιες και στις εναέριες μεταφορές. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα αυξάνεται η δράση σε σχέση με τα βιοκαύσιμα καθώς παρατηρείται αύξηση ενεργειακών καλλιέργειων κάθε χρόνο, δημιουργία σταθμών παραγωγής ενέργειας και βιοκαυσίμων καθώς και χρήση βιοκαυσίμων από μεγάλες βιομηχανίες όπως για παράδειγμα αυτές του τσιμέντου.

ABSTRACT

Many scenarios of future financial and technological development include bioenergy as fuel source or for final energy production. Due to environmental benefits, the share of biofuels in the automotive fuel market will increase rapidly over the next decade.

Purpose of this thesis is to examine biofuels in the transport sector. In particular, the raw materials used in the production of biofuels that are divided into energy crops, plant and animal residues, municipal waste and oils are envisaged. In the case of energy crops, an additional study shall be carried out on freshwater requirements for irrigation. The energy use of the raw material for biofuel production is achieved in many power stations around the world.

Biofuel production technologies are presented extensively in conjunction with the necessary products and the corresponding production costs. These technologies are the production process of bioethanol, biogas, biooil, biodiesel and biohydrogen.

An important part of the work is the quantification of data and forecasts of consumption, the production of biofuels per year up to 2024 and per market in the United States, Brazil, Europe. Provision is also made for increased production of advanced biofuels by 2024.

Furthermore, the diplomatic assignment presents applications of biofuels in land, sea and air transport. Particularly in Greece, the use of biofuels is increasing, as there is an increase in energy crops every year, the creation of power stations and biofuels and the use of biofuels by large industries such as cement.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αντικείμενο και σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Οι ουσίες που ενώνονται με το οξυγόνο και παράγουν θερμότητα λέγονται καύσιμα. Τα καύσιμα χρησιμοποιούνται ποικιλοτρόπως για την παραγωγή ενέργειας συγκεκριμένα θερμικής. Το βασικό χαρακτηριστικό των καυσίμων είναι η παραγόμενη θερμότητα να μπορεί να μετατραπεί σε μηχανικό έργο στις μηχανές. Τα πιο διαδεδομένα καύσιμα είναι τα προϊόντα της απόσταξης αργού πετρελαίου δηλαδή το πετρέλαιο, η βενζίνη η κηροζίνη κ.α. Η επίδραση των καυσίμων στο περιβάλλον είναι σημαντική καθώς αυξάνει το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα προκαλώντας υπερθέρμανση του πλανήτη και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Με αφορμή την επιβλαβή δράση του καυσίμου στον πλανήτη η ανάγκη για εναλλακτικά καύσιμα αυξάνεται χρόνο με τον χρόνο.

Τα βιοκαύσιμα προέρχονται από βιομάζα και είναι είτε υγρά είτε στερεά είτε αέρια. Τα βιοκαύσιμα κατά την καύση τους εκπέμπουν περίπου ίσες ποσότητες CO_2 με τα αντίστοιχα πετρελαϊκής προέλευσης καύσιμα με την διαφορά ότι ο άνθρακας τον οποίο περιέχουν έχει δεσμευτεί κατά την ανάπτυξη οργανικής ύλης από την ατμόσφαιρα στην οποία επανέρχεται μετά την καύση μηδενίζοντας το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής των βιοκαυσίμων. Οι πρώτες ύλες των εναλλακτικών καυσίμων είναι συγκεκριμένες καλλιέργειες, υπολείμματα φυτικά ή ζωικά, απόβλητα, έλαια κ.α.

Αντικείμενο, λοιπόν, της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η μελέτη των πρώτων υλών και των κατάλληλων τεχνολογιών για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Επίσης, διερεύνηση των πολιτικών, οικολογικών, οικονομικών οφελών της παραγωγής και κατανάλωσης εναλλακτικών καυσίμων. Ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τα βιοκαύσιμα χρησιμοποιούνται ως καύσιμο μεταφοράς αρκετά χρόνια και έχουν ήδη ποικίλες εφαρμογές. Σκοπός είναι η παραγωγή και κατανάλωση των βιοκαυσίμων σε παγκόσμια κλίμακα καθώς και η εδραίωση της νομοθεσίας για την επίτευξη τους.

1.2. Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας

Η εργασία περιλαμβάνει εκτός από την παρούσα εισαγωγή (Κεφάλαιο 1), οκτώ επιπλέον κεφάλαια, που περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια.

- Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται τα βιοκαύσιμα, τα πλεονεκτήματα τους κάποιες ιδιότητές τους καθώς και το θεσμικό πλαίσιο τους.
- Στο Κεφάλαιο 3 αναλύονται οι των πρώτες ύλες με τις οποίες παράγονται τα εναλλακτικά καύσιμα . Επίσης, παρατίθενται παγκόσμιες πρακτικές κατά τις οποίες αξιοποιούνται οι πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοκαυσίμων.
- Στο Κεφάλαιο 4, παρουσιάζονται μελέτες για την ανάγκη σε νερό των ενεργειακών καλλιεργειών.
- Στο Κεφάλαιο 5 περιγράφονται τα προϊόντα των βιοκαυσίμων, οι διαδικασίες και το κόστος της παραγωγής τους.
- Στο Κεφάλαιο 6 παρατίθενται τα ποσοτικά μεγέθη που περιγράφουν την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την παραγωγή και κατανάλωση βιοκαυσίμων από το έτος 2010 έως το 2024 με χρήση γραφημάτων
- Στο Κεφάλαιο 7 διατυπώνονται εφαρμογές εναλλακτικών καυσίμων τόσο σε βιομηχανίες όσο και σε ποικίλα μέσα μεταφοράς σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Στο Κεφάλαιο 8 αναφέρονται οι εφαρμογές και οι προοπτικές των καυσίμων στην Ελλάδα περιλαμβάνοντας τσιμεντοβιομηχανίες, ενεργειακές καλλιέργειες και εγκαταστάσεις παραγωγής βιοκαυσίμων.
- Στο Κεφάλαιο 9 συνοψίζονται τα κύρια συμπεράσματα της εργασίας και διατυπώνονται ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Χαρακτηριστικά βιοκαυσίμων

Ο όρος βιοκαύσιμο αναφέρεται σε υγρά, αέρια και στερεά καύσιμα που παράγονται από την βιομάζα. Τα βιοκαύσιμα περιλαμβάνουν περιβαλλοντικές ανησυχίες, εξοικονόμηση συναλλάγματος και οικονομικά ζητήματα που σχετίζονται με τον αγροτικό τομέα. Στα βιοκαύσιμα συγκαταλέγονται η βιοαιθανόλη, η βιομεθανόλη, τα φυτικά έλαια, το βιοντίζελ, το βιοαέριο, το βιο-συνθετικό αέριο (bio-syngas), το βιο-έλαιο, ο βιο-άνθρακα και το βιοϋδρογόνο. Τα περισσότερα παραδοσιακά βιοκαύσιμα, όπως η αιθανόλη από το καλαμπόκι, το σιτάρι ή τα ζαχαρότευτλα και το βιοντίζελ από ελαιούχους σπόρους, παράγονται από κλασικές καλλιέργειες γεωργικών τροφίμων που απαιτούν υψηλής ποιότητας γεωργική γη για ανάπτυξη. Η βιοαιθανόλη είναι ένα πρόσθετο/ υποκατάστατο της βενζίνης. Η βιομεθανόλη μπορεί να παραχθεί από βιομάζα με τη χρήση βιοσύνθεσης που λαμβάνεται από τη διαδικασία αναμόρφωσης ατμού της βιομάζας. Η αιθανόλη σχηματίζει αζεοτροπικό με νερό, οπότε είναι ακριβό να καθαριστεί κατά την ανάκτηση. Η μεθανόλη ανακυκλώνεται ευκολότερα επειδή δεν σχηματίζει αζεοτροπικό μείγμα. Το βιοντίζελ είναι ένα φιλικό προς το περιβάλλον εναλλακτικό υγρό καύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιονδήποτε πετρελαιοκινητήρα χωρίς τροποποίηση. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση φυτικών ελαίων για την παραγωγή βιοντίζελ λόγω του λιγότερο ρυπογόνου και ανανεώσιμου χαρακτήρα του έναντι του συμβατικού πετρελαίου ντίζελ. Λόγω των πλεονεκτημάτων του περιβάλλοντος, το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην αγορά καυσίμων αυτοκινήτων θα αυξηθεί γρήγορα την επόμενη δεκαετία. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τα βιοκαύσιμα να θεωρηθούν ειδικές τεχνολογίες τόσο από τις αναπτυσσόμενες όσο και από τις βιομηχανικές χώρες.

Η οικονομία των βιοκαυσίμων θα αναπτυχθεί ραγδαία κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα. Η ανάπτυξη της οικονομίας βασίζεται στη γεωργική παραγωγή και οι περισσότεροι άνθρωποι ζουν στις αγροτικές περιοχές. Η εκσυγχρονισμένη ενέργεια βιομάζας συμβάλλει έως το 2050 περίπου το ήμισυ της συνολικής ζήτησης ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Τα γνωστά αποθέματα πετρελαίου είναι περιορισμένοι πόροι. Διάφορες μελέτες έθεσαν την ημερομηνία της παγκόσμιας αιχμής στην παραγωγή πετρελαίου μεταξύ

1996 και 2035. Οι τεχνολογίες ενέργειας από βιομάζα χρησιμοποιούν απόβλητα ή φυτικά υλικά για την παραγωγή ενέργειας με χαμηλότερο επίπεδο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τις πηγές ορυκτών καυσίμων. Στις ανεπτυγμένες χώρες υπάρχει μια αυξανόμενη τάση προς χρήση σύγχρονων τεχνολογιών και αποτελεσματικής μετατροπής βιοενέργειας χρησιμοποιώντας μια σειρά βιοκαυσίμων, τα οποία γίνονται οικονομικά ανταγωνιστικά με τα ορυκτά καύσιμα.

Τα βιοκαύσιμα χρησιμοποιούνται κυρίως για την τροφοδότηση οχημάτων αλλά μπορούν επίσης να τροφοδοτήσουν και κινητήρες ή κυψέλες καυσίμου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τα βιοκαύσιμα να θεωρηθούν σχετικές τεχνολογίες τόσο από τις αναπτυσσόμενες όσο και από τις βιομηχανικές χώρες. Λόγω των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων του, το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην αγορά καυσίμων αυτοκινήτων θα αυξηθεί γρήγορα την επόμενη δεκαετία. Τα πλεονεκτήματα των βιοκαυσίμων είναι τα ακόλουθα:

- Εύκολα διαθέσιμα από κοινές πηγές βιομάζας
- Φιλικά προς το περιβάλλον
- Ωφελούν το περιβάλλον, την οικονομία και τους καταναλωτές στη χρήση
- Είναι βιοαποικοδομήσιμα και συμβάλλουν στη βιωσιμότητα

Η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ βιοκαυσίμων και πρώτων υλών πετρελαίου είναι η περιεκτικότητα σε οξυγόνο. Τα βιοκαύσιμα έχουν επίπεδα οξυγόνου από 10% έως 45%, ενώ το πετρέλαιο ουσιαστικά δεν διαθέτει καθόλου έτσι οι χημικές ιδιότητες των βιοκαυσίμων καθίστανται πολύ διαφορετικές από του πετρελαίου. Όλα τα βιοκαύσιμα έχουν πολύ χαμηλά επίπεδα θείου και πολλά από αυτά έχουν χαμηλά επίπεδα αζώτου. Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε υγρά και αέρια καύσιμα μέσω θερμοχημικών και βιολογικών οδών. Το βιοκαύσιμο είναι ένα μη ρυπογόνο, τοπικά διαθέσιμο, προσιτό, βιώσιμο και αξιόπιστο καύσιμο που λαμβάνεται από ανανεώσιμες πηγές. Τα υγρά βιοκαύσιμα χωρίζονται παγκοσμίως στις ακόλουθες κατηγορίες: βιοαλκοόλες, φυτικά έλαια και βιοντίζελ, βιο-αργό και βιο-συνθετικά έλαια.

Η βιομάζα φαίνεται να είναι μια ελκυστική πρώτη ύλη για τρεις βασικούς λόγους. Πρώτον, είναι ένας ανανεώσιμος πόρος που θα μπορούσε να αναπτυχθεί με βιώσιμο τρόπο στο μέλλον. Δεύτερον, φαίνεται ότι έχει θετικές περιβαλλοντικές ιδιότητες που δεν οδηγούν σε καθαρές απελευθερώσεις διοξειδίου του άνθρακα και έχει πολύ

χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο. Τρίτον, φαίνεται να έχει σημαντικό οικονομικό δυναμικό, υπό την προϋπόθεση ότι οι τιμές των ορυκτών καυσίμων θα αυξάνονται στο μέλλον.

Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας θεωρείται μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), λόγω της εξάπλωσής της και της διαθεσιμότητάς της παγκοσμίως. Εκτός από αυτό, η βιομάζα έχει το μοναδικό πλεονέκτημα μεταξύ των υπόλοιπων ΑΠΕ, ότι είναι σε θέση να παρέχει στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα που μπορούν να αποθηκευτούν, να μεταφερθούν και να χρησιμοποιηθούν, πολύ μακριά από το σημείο προέλευσης. (Reijnders L., 2006)

Η αύξηση πολιτικής στήριξης στις ευρωπαϊκές χώρες συνέβαλε στην αυξημένη χρήση των βιοκαυσίμων για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Παρόλα αυτά, απαιτούνται νέες τυποποιημένες αναλυτικές μέθοδοι για την εφαρμογή νέων τεχνολογιών για την παραγωγή βιοκαυσίμων από υλικά βιομάζας.

2.2. Πολιτική Βιοκαυσίμων

Η ενέργεια έχει θεμελιώδη συμβολή στην οικονομική ανάπτυξη. Ως εκ τούτου, στις αναπτυγμένες οικονομίες οι ενεργειακές πολιτικές αποτελούν ένα σημαντικό στοιχείο των συνολικών ρυθμιστικών πλαισίων που διαμορφώνουν την ανταγωνιστικότητα και την ολοκλήρωση της αγοράς του ιδιωτικού τομέα. Η συνολική ανταγωνιστικότητα περιλαμβάνει την απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου καθώς και με το διαχωρισμό των ενεργειακών δραστηριοτήτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής.

Η πολιτική για τα βιοκαύσιμα στοχεύει στην προώθηση της χρήσης των καυσίμων μεταφοράς που παράγονται από βιομάζα, καθώς και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων. Τα βιοκαύσιμα παρέχουν την προοπτική νέων οικονομικών ευκαιριών σε αγροτικές περιοχές και αναπτυσσόμενες χώρες. Η κεντρική πολιτική των βιοκαυσίμων αφορά στη δημιουργία θέσεων εργασίας, τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στο γενικό επιχειρηματικό περιβάλλον και την προστασία του περιβάλλοντος.

Η παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων για μεταφορά προσφέρει εναλλακτικές λύσεις έναντι των ορυκτών καυσίμων που μπορούν να βοηθήσουν στην παροχή λύσεων σε πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα. Η χρήση βιοκαυσίμων σε μηχανοκίνητα οχήματα συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Το

βιοντίζελ και η αιθανόλη παρέχουν σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές GHG σε σύγκριση με τη βενζίνη και το ντίζελ. Λόγω της χαμηλής ή μηδενικής περιεκτικότητας ρύπων όπως το θείο, η εκπομπή ρύπων των βιοκαυσίμων είναι πολύ χαμηλότερη από την εκπομπή συμβατικών καυσίμων. Πολλά σενάρια χαμηλών εκπομπών έχουν δείξει ότι το Πρωτόκολλο του Κγγοτο δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς να καθοριστεί μεγάλος ρόλος για τα βιοκαύσιμα στην παγκόσμια ενεργειακή οικονομία έως το 2050. Τα σενάρια χαμηλών εκπομπών συνεπάγονται 50-70 EJ πρώτης ύλης βιοκαυσίμων το 2050. Τα καλά σχεδιασμένα έργα βιοκαυσίμων θα είχαν πολύ σημαντικά οφέλη αειφόρου ανάπτυξης για τις αγροτικές περιοχές, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας αγροτικής απασχόλησης, της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στην ύπαιθρο, της προστασίας του εδάφους και των περιβαλλοντικών ωφελών.

Οι κύριες ευκαιρίες βιοκαυσίμων είναι στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου υπάρχει κατάλληλη γη. Το ζήτημα της ενεργειακής ασφάλειας έχει προτεραιότητα. Πρέπει να καταβληθεί κάθε προσπάθεια για την ενίσχυση του αυτοχθούς περιεχομένου της ενέργειας με χρονικά δεσμευμένο και προγραμματισμένο τρόπο. Το επιπρόσθετο όφελος της ανάπτυξης βιοκαυσίμων είναι η δημιουργία νέων ευκαιριών απασχόλησης στην βιομηχανοποίηση, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση του εργοστασίου και την παροχή καυσίμων. Οι αγροτικές θέσεις εργασίας δημιουργούνται στη συλλογή καυσίμων, τη μεταφορά και τη συντήρηση των περιοχών επεξεργασίας.

2.3. Νομοθεσία

Σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/EK η ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές πρέπει να είναι τουλάχιστον 10% το 2020. Το ενεργειακό περιεχόμενο των βιοκαυσίμων κίνησης παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1 και δίνεται κατά βάρος (MJ/kg) και κατ' όγκο (MJ/L). Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται οι τυπικές εκπομπές αέριων του θερμοκηπίου καθώς και οι προκαθορισμένες εκπομπές για κάθε οδό παραγωγής βιοκαυσίμου στο σύνολο για καλλιέργεια, επεξεργασία, μεταφορά και διανομή.

Πίνακας 2.1 Ενεργειακό περιεχόμενο των καυσίμων κίνησης (Πηγή: <https://eur-lex.europa.eu/>)

Καύσιμο	Ενεργειακό περιεχόμενο κατά βάρος (κατώτερη θερμογόνος δύναμη, MJ/kg)	Ενεργειακό περιεχόμενο κατ' όγκο (κατώτερη θερμογόνος δύναμη, MJ/l)
Βιοαιθανόλη (αιθανόλη που παράγεται από βιομάζα)	27	21
Βιο-ETBE (αιθυλοτριτοβουτυλαιθέρας που παράγεται από βιοαιθανόλη)	36 (εκ των οποίων 37 % από ανανεώσιμες πηγές)	27 (εκ των οποίων 37 % από ανανεώσιμες πηγές)
Βιομεθανόλη (μεθανόλη που παράγεται από βιομάζα, για χρήση ως βιοκαύσιμο)	20	16
Βιο-MTBE (μεθυλοτριτοβουτυλαιθέρας που παράγεται από βιομεθανόλη)	35 (εκ των οποίων 22 % από ανανεώσιμες πηγές)	26 (εκ των οποίων 22 % από ανανεώσιμες πηγές)
Βιο-ΔΜΕ (διμεθυλαιθέρας που παράγεται από βιομάζα, για χρήση ως βιοκαύσιμο)	28	19
Βιο-TΑΕΕ (τριταμυλαιθυλαιθέρας που παράγεται από βιοαιθανόλη)	38 (εκ των οποίων 29 % από ανανεώσιμες πηγές)	29 (εκ των οποίων 29 % από ανανεώσιμες πηγές)
Βιοβουτανόλη (βουτανόλη που παράγεται από βιομάζα, για χρήση ως βιοκαύσιμο)	33	27
Βιοντίζελ (μεθυλεστέρας που παράγεται από φυτικά ή ζωικά έλαια, ποιότητας ντίζελ, για χρήση ως βιοκαύσιμο)	37	33
Ντίζελ Fischer-Tropsch (συνθετικός υδρογονάνθρακας ή μείγμα συνθετικών υδρογονανθράκων που παράγεται από βιομάζα)	44	34
Υδρογονοκατεργασμένα φυτικά έλαια (φυτικά έλαια που έχουν υποβληθεί σε θερμοχημική κατεργασία με υδρογόνο)	44	34
Καθαρά φυτικά έλαια (έλαια από ελαιούχα φυτά, παραγόμενα με συμπίεση, έκθλιψη ή ανάλογες μεθόδους, φυσικά ή εξευγενισμένα αλλά μη χημικώς τροποποιημένα, όταν είναι συμβατά με τον τύπο του οικείου κινητήρα και τις αντίστοιχες απαιτήσεις όσον αφορά τις εκπομπές)	37	34
Βιοαέριο (καύσιμο αέριο που παράγεται από βιομάζα ή/και από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων, το οποίο μπορεί να καθαριστεί και να αναβαθμιστεί σε ποιότητα φυσικού αερίου, για χρήση ως βιοκαύσιμο, ή ξυλαέριο)	50	—
Βενζίνη	43	32
Ντίζελ	43	36

Πίνακας 2.2 Εκπομπές αέριων θερμοκηπίου (Πηγή: <https://eur-lex.europa.eu/>)

οδός παραγωγής βιοκαυσίμου και βιορευστού	Τυπικές εκπομπές αέριων θερμοκηπίου (g CO _{2eq} /Mj)	Προκαθορισμένες εκπομπές αέριων θερμοκηπίου (g CO _{2eq} /Mj)
αιθανόλη ζαχαρότευτλων	33	40
αιθανόλη σίτου (δεν διευκρινίζεται το καύσιμο διεργασίας)	57	70
αιθανόλη σίτου (με χρήση λιγνίτη ως καυσίμου διεργασίας σε σταθμό ΣΠΗΘ)	57	70
αιθανόλη σίτου (με χρήση φυσικού αερίου ως καυσίμου διεργασίας σε συμβατικό λέβητα)	46	55
αιθανόλη σίτου (με χρήση φυσικού αερίου ως καυσίμου διεργασίας σε σταθμό ΣΠΗΘ)	39	44
αιθανόλη σίτου (με χρήση άχυρου ως καυσίμου διεργασίας σε σταθμό ΣΠΗΘ)	26	26
αιθανόλη αραβοσίτου (με χρήση φυσικού αερίου ως καυσίμου διεργασίας σε σταθμό ΣΠΗΘ), παραγόμενη στην Κοινότητα	37	43
αιθανόλη ζαχαροκάλαμου	24	24
το ποσοστό ETBE που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές	Ίδιες τιμές με εκείνες που προβλέπονται για τη χρησιμοποιούμενη οδό παραγωγής αιθανόλης	
το ποσοστό ΤΑΕΕ που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές	Ίδιες τιμές με εκείνες που προβλέπονται για τη χρησιμοποιούμενη οδό παραγωγής αιθανόλης	
βιοντίζελ κράμβης	46	52
βιοντίζελ ηλιανθού	35	41
βιοντίζελ σπόρων σόγιας	50	58
βιοντίζελ φοινικέλαιου (δεν διευκρινίζεται η μέθοδος επεξεργασίας)	54	68
βιοντίζελ φοινικέλαιου (με δέσμευση μεθανίου στη μονάδα επεξεργασίας)	32	37
βιοντίζελ από χρησιμοποιημένα φυτικά έλαια ή ζωικά λίπη	10	14
υδρογονοκατεργασμένο κραμβέλαιο	41	44
υδρογονοκατεργασμένο ηλιέλαιο	29	32
υδρογονοκατεργασμένο φυτικό έλαιο από φοινικέλαιο (δεν διευκρινίζεται η μέθοδος επεξεργασίας)	50	62
υδρογονοκατεργασμένο φυτικό έλαιο από φοινικέλαιο (με δέσμευση μεθανίου στη μονάδα επεξεργασίας)	27	29
καθαρό κραμβέλαιο	35	36
Βιοαέριο από αστικά οργανικά απόβλητα, ως συμπιεσμένο φυσικό αέριο	17	23
Βιοαέριο από υγρή ζωική κοπριά, ως συμπιεσμένο φυσικό αέριο	13	16
Βιοαέριο από ξηρή ζωική κοπριά, ως συμπιεσμένο φυσικό αέριο	12	15

Σύμφωνα με το Ν. 3054/2002, από το 2005 στην Ελλάδα, το βιοντίζελ αναμιγνύεται με το πετρέλαιο κίνησης. Το ποσοστό ανάμειξης δείχνει να αυξάνεται με τον καιρό καθώς το 2005 ξεκίνησε με ποσοστό 2,5% κατ' όγκο σε βιοντίζελ, έπειτα ανέβηκε στο 4,5% και στις αρχές του 2010 έφτασε στο 6.5%. Το 2013 εμφανίστηκε στην Ελλάδα το καύσιμο B7 το οποίο είναι ένα πετρέλαιο κίνησης που αποτελείται από βιοντίζελ 7%. Στην περίπτωση όπου δεν τηρείται η υποχρέωση ανάμειξης του ντίζελ κίνησης με βιοντίζελ επιβάλλονται πρόστιμα σύμφωνα με την ΥΑ Δ19/Φ11/οικ.13098/1156/25.06.2010 «Κατηγορίες παραβάσεων του Ν. 3054/2002 (ΦΕΚ 230Α'), όρια προστίμου και άλλα σχετικά θέματα – Σφράγιση εγκαταστάσεων» (ΦΕΚ Β' 1039). Με βάση το άρθρο 15Α του ν. 3054/2002, από 01/01/2019 η βενζίνη

που καταναλώνεται από τα οχήματα για την κίνηση περιέχει βιοαιθανόλη ή βιοαιθέρες που παράγονται από αλκοόλες βιολογικής προέλευσης. Το ποσοστό της βιοαιθανόλης ή της αλκοόλης που χρησιμοποιούνται ήταν 1% για το έτος 2019 και 3,3% για το 2020 και τα επόμενα έτη, το οποίο όμως μπορεί να αυξηθεί. Σε περίπτωση μη τήρησης της υποχρέωσης επιβάλλονται πρόστιμα σύμφωνα με την ΥΑ Δ19/Φ11/οικ.13098/1156/25.06.2010 «Κατηγορίες παραβάσεων του Ν. 3054/2002 (ΦΕΚ 230Α'), όρια προστίμου και άλλα σχετικά θέματα – Σφράγιση εγκαταστάσεων» (ΦΕΚ Β' 1039).

Με την ΚΥΑ «Σύστημα αειφορίας βιοκαυσίμων και βιορευστών σύμφωνα με το άρθρο 32η του ν. 3468/2006» (ΦΕΚ Β' 1473/3.5.2019) καθορίζεται η διαδικασία και οι απαιτήσεις πιστοποίησης των οικονομικών φορέων και επαλήθευσης των πληροφοριών που υποβάλλουν σχετικά με την τήρηση των κριτηρίων αειφορίας για τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά, η διαδικασία και το είδος των πληροφοριών που διακινούνται μεταξύ των οικονομικών φορέων και υποβάλλονται στην αρμόδια αρχή.

Με την ΥΑ «Κατηγοριοποίηση παραβάσεων και καθορισμός διαδικασίας επιβολής προστίμων σχετικά με την τήρηση των κριτηρίων αειφορίας βιοκαυσίμων και βιορευστών και αναπροσαρμογή ανωτάτου ορίου προστίμων, σύμφωνα με το άρθρο 32Η του ν. 3468/2006» (ΦΕΚ Β' 2102/5.6.2019) καθορίζονται οι παραβάσεις για μη τήρηση των υποχρεώσεων σχετικά με τα κριτήρια αειφορίας και τα σχετικά πρόστιμα.

3. ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

3.1. Κατηγορίες Πρώτης Ύλης

3.1.1. Ενεργειακές Καλλιέργειες

Η παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων προέρχεται από την επεξεργασία ενεργειακών καλλιεργειών. Οι ενεργειακές καλλιέργειες καλλιεργούνται με κύριο σκοπό την παραγωγή της βιομάζας. Οι προαναφερθείσες καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα. Ο όρος «παραδοσιακές» ενεργειακές καλλιέργειες χρησιμοποιείται κυρίως για τις καλλιέργειες του σιταριού, κριθαριού, αραβοσίτου, τα ζαχαρότευτλα, τον ηλίανθο όταν πρόκειται για παραγωγή ενέργειας με σκοπό την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλης και βιοντίζελ). Οι «νέες» ενεργειακές καλλιέργειες έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης και χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές. Περαιτέρω διακρίνονται οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες σε ετήσιες και πολυετείς.

Νέες Ενεργειακές Καλλιέργειες

A. Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες

i. Πολυετείς Καλλιέργειες

ΚΑΛΑΜΙ (*Arundo donax* L.)



Εικόνα 3.1 Καλάμι (Πηγή: <https://kalathaki.wordpress.com>)

Το καλάμι (Εικόνα 3.1) ανήκει στα αγρωστώδη πολυετή φυτά με φωτοσυνθετικό μηχανισμό. Βρίσκεται συνήθως κοντά σε ποτάμια και λίμνες, γενικά σε αγρούς με

υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία. Το καλάμι είναι ιθαγενές φυτό της μεσογειακής ζώνης, αυτοφυόμενο στην Ελλάδα.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Απόδοση 2,0 - 2,5 kg/m² ξηρού βάρους στη νότια Γαλλία, 3,5 - 5,0 kg/m² στη Νότια Ιταλία.

ΜΙΣΧΑΝΘΟΣ (Miscanthus x giganteus GREEF et DEU)



Εικόνα 3.2 Μίσχανθος (Πηγή: <https://horomidis.gr/>)

Ο μίσχανθος, Εικόνα 3.2, είναι ένα αγρωστώδες, ριζωματώδες φυτό, που κατάγεται από τις χώρες της νότιο-ανατολικής Ασίας και καλλιεργείται στην Ευρώπη ως καλλωπιστικό φυτό. Διαθέτει χλωρή και ξηρή ουσία σε αρκετά υψηλές αποδόσεις, ενώ έχει χαμηλές σε υγρασία και είναι ανθεκτικοί σε ασθένειες και παθογόνα.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Τα στελέχη έχουν θερμική αξία (μέση τιμή 18 MJ/kg ξηρού βάρους). Η περιεκτικότητα σε τέφρα των στελεχών (μέση τιμή 1,64% επί του ξηρού βάρους) είναι σχετικά χαμηλή, αυξάνοντας την θερμιδική τους αξία. Τα φύλλα είναι κατώτερης ποιότητας καύσιμο λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητας τους σε τέφρα (μέση τιμή 7,66% επί του ξηρού βάρους). Όσον αφορά στην απόδοση σε ενέργεια το εκτιμώμενο εύρος βάσει των αποδόσεων κυμαίνεται από 18 10⁶ ως 27 M J/m²/έτος.

ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑ (*Cynara cardunculus* L.)



Εικόνα 3.3 Αγριαγκινάρα (Πηγή:<https://www.agriamanitaria.gr/>)

Η αγριαγκινάρα (Εικόνα 3.3) καλλιεργείται σε περιοχές της μεσογειακής ζώνης. Είναι προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών, και επειδή δεν είναι χειμερινό φυτό δίνει το μέγιστο των αποδόσεων, ακόμα και χωρίς άρδευση, καθώς φτάνει στο μέγιστο της παραγωγής βιομάζας εκμεταλλευόμενη τις βροχοπτώσεις του φθινοπώρου και του χειμώνα. Στην Ελλάδα, η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής της αγριαγκινάρας εντοπίζεται στο διάστημα από τέλη Ιουλίου έως αρχές Αυγούστου.

Ενεργειακές Εκτιμήσεις

Έχει εκτιμηθεί από ένα στρέμμα αγριαγκινάρας μπορεί να παραχθούν 28 με 40 L βιοντίζελ. Η θερμογόνος δύναμη, για τα διάφορα μέρη του φυτού της αγριαγκινάρας, κυμαίνεται από 14,545 MJ/kg, για τα φύλλα και τα βράκτια φύλλα σε 24,735 MJ/kg, για τους σπόρους. Οι σπόροι έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε έλαια. Τα φύλλα όπου παράγουν λίγη θερμική ενέργεια κατά την καύση, έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε τέφρα, περίπου 14%. Στα υπόλοιπα φυτικά μέρη, το ποσοστό της τέφρας κυμαίνεται από 3,3% ως 5,3%. Αναλόγως την θερμογόνο δύναμη κάθε τμήματος του φυτού και συνεπώς τις αντίστοιχες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα, το ενεργειακό περιεχόμενο της καλλιέργειας ποικίλει από 18 ως 27 MJ/m²/έτος.

Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)



Εικόνα 3.4 Switchgrass (Πηγή: <https://www.switchgrass.nl/>)

Το switchgrass (Εικόνα 3.4) είναι φωτοευαίσθητο φυτό των εύκρατων κλιμάτων, προσαρμόζεται εύκολα σε πολλές περιοχές και τύπους εδαφών, που έχει εξελιχθεί πρόσφατα σε ενεργειακή καλλιέργεια. Επίσης, καλλιεργείται κυρίως στις ΗΠΑ και οι αποδόσεις του σε βιομάζα είναι αυξημένες. Η καλλιέργεια του switchgrass είναι πολυετής και θερμής περιόδου. Μέγιστη απόδοση της καλλιέργειας είναι ο τρίτος χρόνος, ενώ μπορεί να παράγει βιομάζα έως και δώδεκα χρόνια.

Ενεργειακές Εκτιμήσεις

Με μέσο ενεργειακό περιεχόμενο της τάξης των 18 MJ/kg ξηρής ουσίας, η απόδοση σε ενέργεια ανέρχεται σε 18 με 36 MJ/m²/έτος.

I. Ετήσιες Καλλιέργειες

ΓΛΥΚΟ ΣΟΡΓΟ (*Sorghum bicolor* L.)



Εικόνα 3.5 Γλυκό Σόργο (Πηγή: <https://blog.farmacon.gr/>)

Το γλυκό σόργο (Εικόνα 3.5) είναι ένα μονοετές φυτό με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα, υψηλό ποσοστό σε διαλυτά σάκχαρα και κυτταρίνες, και σχετικά χαμηλές απαιτήσεις σε άρδευση και λίπανση. Φυτρώνει σε διάφορα είδη εδαφών και αντέχει σε διαφορετικές κλιματικές συνθήκες.

Αποδόσεις σε σάκχαρα και παραγωγή αιθανόλης

Η αναλογία σε σάκχαρα, ποικίλει από 9,0 έως 13,2% επί του χλωρού βάρους των στελεχών, οι δε αποδόσεις με βάση την παραγωγή φτάνουν τους 1,2 kg/m², η ποσότητα αυτή των σακχάρων επιτυγχάνεται στις αρχές Σεπτεμβρίου για τις πρώιμες ποικιλίες, και περίπου δεκαπέντε μέρες αργότερα για τις όψιμες. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, που βασίζονται στο χλωρό βάρος των στελεχών και στην περιεκτικότητα τους σε σάκχαρα, μπορεί να εξασφαλιστεί, θεωρητικά, παραγωγή 0.7 με 0.9 L/m² αιθανόλης.

ΚΥΤΤΑΡΙΝΟΥΧΟ ΣΟΡΓΟ



Εικόνα 3.6 Κυτταρινούχο Σόργο (Πηγή: <http://library.tte.gr/>)

Το κυτταρινούχο σόργο (Εικόνα 3.6) είναι ετήσιο φυτό, με υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Αντίθετα με το γλυκό, το κυτταρινούχο έχει σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυτά σάκχαρα και το ενεργειακό δυναμικό του βασίζεται κυρίως στην υψηλή περιεκτικότητά του σε λιγνοκυτταρινούχα συστατικά.

Ενεργειακές Εκτιμήσεις

Η εκτιμώμενη ενεργειακή απόδοση του φυτού μπορεί να κυμανθεί από 36 έως 63 MJ/m²/έτος.

ΚΕΝΑΦ (Hibiscus cannabinus L.)



Εικόνα 3.7 Κενάφ (Πηγή: <http://www.gaiapedia.gr/>)

Το Κενάφ (Εικόνα 3.7) είναι ετήσιο, αυτογονιμοποιούμενο, ανοιξιάτικο φυτό. Κυμαίνεται από 1,5 – 4,2 m ύψος και εισχωρεί αρκετά σε βάθος. Η βλάστηση των σπόρων πραγματοποιείται 3 με 6 ημέρες μετά την σπορά. Το φυτό αυτό προσαρμόζεται σε ποικίλες κλιματικές συνθήκες αλλά προτιμά τα υποτροπικά και τροπικά κλίματα.

Ενεργειακές Εκτιμήσεις

Τις εαρινές καλλιέργειες, η παραγωγή της ξηρής ουσίας εκτιμάται 2,5 kg/m² ενώ αντίστοιχα τις χειμερινές καλλιέργειες 0,43 – 0,64 kg/m².

ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗ (Brassica napus, Brassica carinata)



Εικόνα 3.8 Ελαιοκράμβη (Πηγή: <https://giorgoskatsadonis.blogspot.com/>)

Η ελαιοκράμβη ή αλλιώς *Brassica napus* L. (Εικόνα 3.8) είναι ετήσιο φυτό κι ανήκει στην οικογένεια των Σταυρανθών ή Βρασσικίδων. Το φυτό αυτό είναι πολύ ευαίσθητο στα ζιζάνια στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του. Η *Brassica napus* L. είναι πρώιμη, επικρατεί στα εύκρατα δροσερά κλίματα. Ευδοκίμει και στην χειμερινή και στην καλοκαιρινή καλλιέργεια. Πρόκειται για φυτό, με προέλευση από την Αιθιοπία, ψηλό, με μεγάλη επιφάνεια των φύλλων, συγγενές της ελαιοκράμβης (*Brassica napus* L.). Καλλιεργείται και σαν χειμερινή σε περιοχές με ήπιο χειμώνα, ενώ σε αυτές με βαρύ χειμώνα προτείνεται μόνο ως ανοιξιάτικη καλλιέργεια.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Από 1000 m² ελαιοκράμβη παράγονται κατά μέσο όρο 150 – 300 kg σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 60 – 115 L βιοντίζελ.

B. Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες

ΕΥΚΑΛΥΠΤΟΣ (*Eucalyptus globulus* Labill, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh)



Εικόνα 3.9 Ευκάλυπτος (Πηγή: <https://www.mistikakipou.gr/>)

Ο Ευκάλυπτος (Εικόνα 2.9) είναι αγγειόσπερμο, δικότυλο, ιθαγενές φυτό. Τα φύλλα του είναι μακρυνά. Οι φυτείες ευκαλύπτων χαρακτηρίζονται από γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης, μετά τη συγκομιδή.

Ενεργειακές Εκτιμήσεις

Το ενεργειακό δυναμικό του ανέρχεται σε 1.29 kg ισοδύναμου πετρελαίου/ m^2 /έτος, 35 και 58 MJ/ m^2 /έτος.

ΨΕΥΔΑΚΑΚΙΑ (*Robina pseudoacacia* L.)



Εικόνα 3.10 Ψευδακακία (Πηγή: <https://www.kipogeorgiki.gr/>)

Η ψευδακακία (Εικόνα 3.10) είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές, δενδρώδες. Το φυτό αυτό, εξ αιτίας του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης, της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, σε σχέση με άλλα είδη, θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα.

Ενεργειακές Εκτιμήσεις

Το ενεργειακό δυναμικό της ψευδακακίας είναι περίπου 17,8 MJ/kg με αντίστοιχη απόδοση που κυμαίνεται μεταξύ 14 και 23 MJ/m²/έτος.

Στον Πίνακα 2.1 υπολογίζεται για τις δύο κατηγορίες βιοκαυσίμων, το βιοντίζελ και τη βιοαιθανόλη, η απόδοση τους σε βιοκαύσιμο, ύστερα από την επεξεργασία της απαραίτητης πρώτης ύλης.

Η απόδοση σε βιοαιθανόλη (L/m²) της επεξεργαζόμενης πρώτης ύλης (σιτάρι, αραβόσιτος, τεύτλα, σόργο) είναι πολύ μεγαλύτερη, της τάξης 0.05-1 L/m², σε σχέση με την απόδοση σε βιοντίζελ από την επεξεργασία της πρώτης ύλης (ηλίανθο – ελαιοκράμβρη, αγριαγκινάρα, βαμβάκι, σόγια), η οποία είναι της τάξης 0.02-0.06 L/m². Στον Πίνακα 3.1 παραθέτετε επίσης από τις προαναφερόμενες πρώτες ύλες για τα δύο βιοκαύσιμα, βιοντίζελ και βιοαιθανόλη, η απόδοση σε προϊόν (kg/m²) και η απόδοση σε βιοκαύσιμο (kg/m²).

Πίνακας 3.1 Τα παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά και οι αποδόσεις ανά τετραγωνικό σε σπόρο και σε καύσιμο

Βιοκαύσιμο	Πρώτη Ύλη	Απόδοση σε προϊόν (kg/m ²)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (kg/m ²)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (l/ m ²)
Βιοντίζελ	Ηλίανθος - Ελαιοκράμβη	0.15 – 0.3	0.05 – 0.1	0.058 – 0.116
	Αγριαγκινάρα	0.1 – 0.15	0.024 – 0.036	0.028 – 0.041
	Βαμβάκι	0.12 – 0.16	0.017 – 0.023	0.020 – 0.027
	Σόγια	0.16 – 0.24	0.027 – 0.041	0.032 – 0.048
Βιοαιθανόλη	Σιτάρι	0.15 – 0.8	0.036 – 0.192	0.046 – 0.243
	Αραβόσιτος	0.8– 1.2	0.189 -0.284	0.24 – 0.36
	Τεύτλα	5.5- 7	0.435 – 0.554	0.55 – 0.700
	Σόργο	7 - 9	0.553 – 0.711	0.7 – 0.9

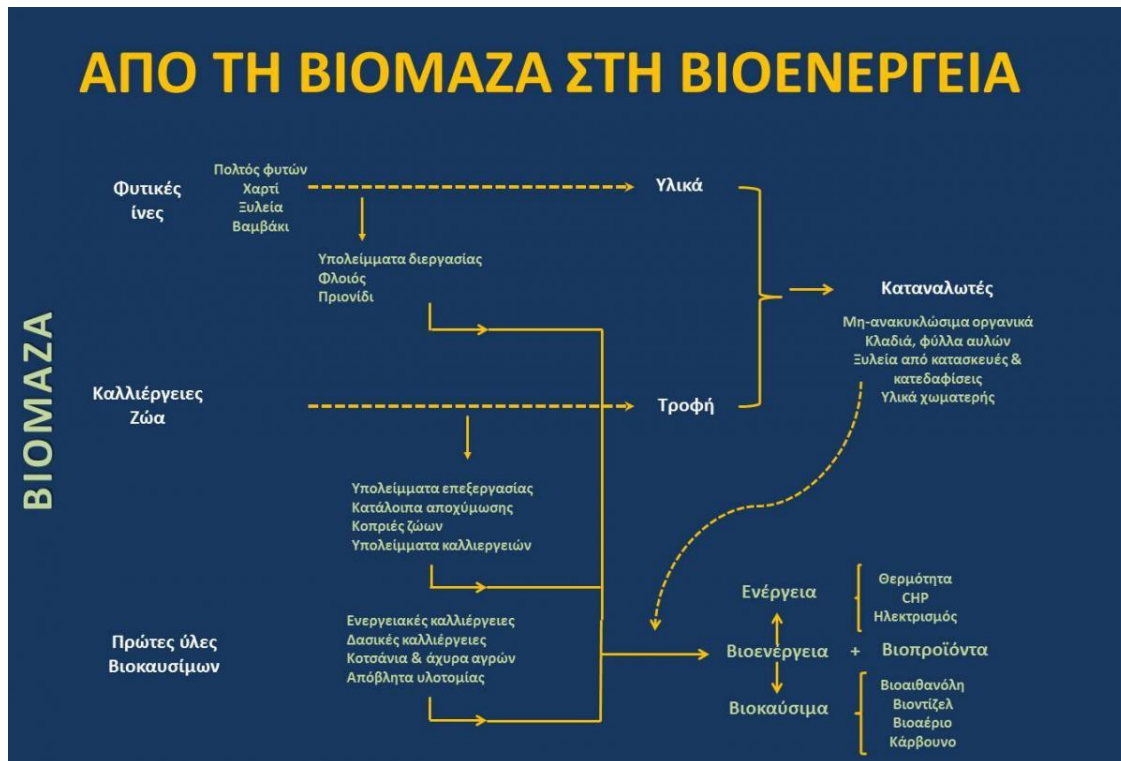
Στον Πίνακα 3.2 δίνεται η παραγόμενη ενέργεια από ξηρή βιομάζα (J/kg) των πολυετών, ετήσιων και δασικών καλλιεργειών, η οποία είναι περίπου ίδια (18 MJ/kg) και στις τρεις κατηγορίες καλλιεργειών. Ο Πίνακας 3.2 καταγράφει επίσης την μέση απόδοση σε ξηρή βιομάζα (kg/m²/έτος) η οποία κυμαίνεται από 1,0 ως 3,0 kg/m²/έτος. Αξίζει να σημειωθεί το κυτταρινούχο σόργο, που ανήκει στις ετήσιες καλλιέργειες, το οποίο έχει μέση απόδοση σε ξηρή βιομάζα 2,0 - 3,5 (kg/m²/έτος), καθώς όλα τα υπόλοιπα προϊόντα κατά μέσο όρο κυμαίνονται από 1,0 ως 2,0 kg/m²/έτος. Τέλος, αναλύεται η απόδοση σε ενέργεια, που έχει εκτιμηθεί κατά μέσο όρο στις καλλιέργειες 15 - 35 MJ/m²/έτος, με αυξημένη απόδοση σε ενέργεια καταγράφεται το κυτταρινούχο σόργο με 36 – 63 MJ/m²/έτος, καθώς και ο ευκάλυπτος, που ανήκει στις δασικές καλλιέργειες, με 34,8 - 58,0 MJ/m²/έτος.

Πίνακας 3.2 Η παραγόμενη ενέργεια από ξηρή βιομάζα, απόδοση σε προϊόν και ενέργεια

Είδος	Προϊόν	Θερμογόνος Δύναμη (J/kg)	Μέση Απόδοση σε Ξηρή Βιομάζα (kg/m ² /έτος)	Απόδοση σε ενέργεια (MJ/m ² /έτος)
Πολυετείς Καλλιέργειες	Καλάμι	18 10 ⁶	1,0 - 2,0	18 – 36
	Αγριαγκινάρα	18 10 ⁶	1,0 - 1,5	18 – 27
	Switchgrass	18 10 ⁶	1,0 - 2,0	18 – 36
	Μίσχανθος	18 10 ⁶	1,0 - 1,5	18 – 27
Ετήσιες Καλλιέργειες	Κέναφ	18,6 10 ⁶	0,8 - 1,8	14,9 - 33,4
	Κυτταρινούχο Σόργο	18 10 ⁶	2,0 - 3,5	36 – 63
Δασικές Καλλιέργειες	Ευκάλυπτος	19,4 10 ⁶	1,8 - 3,0	34,8 - 58,0
	Ψευδακακία	17,8 10 ⁶	0,8 - 1,3	14,3 - 23,2

3.1.2. Υπολείμματα φυτικά και ζωικά

Καταλυτικό ρόλο στην παραγωγή βιοκαυσίμων (βιοαέριο), παίζουν και τα υπολείμματα των φυτών και των ζώων. Το βιοαέριο, παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων (λύματα από χοιροστάσια, βουστάσια, πτηνοτροφεία), αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων.



Εικόνα 3.11 Από την Βιομάζα στην Βιοενέργεια (Πηγή: Agroenergy.gr)

Σήμερα, λόγω της κρίσης που επικρατεί στα ορυκτά καύσιμα, αλλά και λόγω της μόλυνσης του περιβάλλοντος από αυτά, η παγκόσμια κοινότητα στράφηκε, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.11, προς τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας. Σκοπός σήμερα είναι η παραγωγή ενέργειας με αρκετά υψηλή απόδοση αλλά με ελάχιστη περιβαλλοντική επιβάρυνση, το οποίο επιτυγχάνεται με χρήση προϊόντων υψηλής ενεργειακής αξίας δηλαδή χαμηλής αξίας με ταυτόχρονα υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο.

Η βιομάζα αποτελείται από ενώσεις που περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο οι οποίες παράγονται από διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό (H_2O) με την βοήθεια της ηλιακής ενέργειας που απορροφούν, η οποία μετατρέπεται σε περιεχόμενη χημική ενέργεια. Οι ζωικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν την ενέργεια αυτή με την τροφή τους και αποθηκεύουν κάποιο μέρος. Η ενέργεια της φυσικής και ζωικής βιομάζας αποδίδεται μετά από επεξεργασία για παράδειγμα ως καύσιμη ύλη. Συνεπώς, η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με επιπλέον διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), καθώς αυτό ανακυκλώνεται.

Η **Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας** βασίζεται στην ενέργεια που προέρχεται από την βιομάζα. Όπως προαναφέρθηκε οι φυτικοί οργανισμοί αποθηκεύουν ηλιακή ενέργεια μέσω της φωτοσύνθεσης και την αποθηκεύουν ως χημική ενέργεια. Η ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά, χρησιμοποιείται ποικιλοτρόπως από τον άνθρωπο χωρίς την επιπλέον μόλυνση του περιβάλλοντος.

3.1.3. Αστικά απόβλητα

Σήμερα, λόγω της ραγδαίας αύξησης των αστικών κέντρων παρατηρείται αύξηση των στερεών αποβλήτων, τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και στην Ελλάδα. Τα στατιστικά δεδομένα κάνουν λόγο ότι τα στερεά αστικά απόβλητα αυξήθηκαν τον 21ο αιώνα και υπολογίζονται ότι κατά μέσο όρο παράγονται 1,3 δισεκατομμύρια τόνοι σε παγκόσμιο επίπεδο. Το 2016 παράχθηκαν 5.0 τόνοι αποβλήτων ανά κάτοικό της ΕΕ, στην ΕΕ το 2016, το 45,7% των αποβλήτων απορρίφθηκε σε χώρους υγειονομικής ταφής και το 37,8% ανακυκλώθηκε. Σύμφωνα με έρευνες θα αυξηθούν σε 2,2 δισεκατομμύρια τόνους το 2025. Στην Ελλάδα παράγονται συνολικά 8,8 εκατ. τόνοι στερεών απορριμμάτων. Το 61% αφορά αστικά απόβλητα, τα σκουπίδια από τα νοικοκυριά, και το 39% απορρίμματα της βιομηχανίας και του εμπορίου. Από το σύνολο των αποβλήτων τα 4,4 εκατ. τόνοι επεξεργάζονται (π.χ ανακύκλωση, κομποστοποίηση) και 2,1 εκατ. τόνοι θάβονται. Το 80% των σκουπιδιών στην Ελλάδα καταλήγει σε χωματερές και μόλις το 20% ανακυκλώνεται. (Αθανάσιος Βαλαβανίδης, Θωμαΐς Βλαχογιάννη, 2015)

Κύρια μέθοδος διαχείρισης των αστικών αποβλήτων, ήταν η διάθεση σε Χώρους Απόθεσης Δημοτικών Αποβλήτων (ΧΑΔΑ), σε ΧΥΤΑ ή παράνομες χωματερές. Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων οι οποίοι προσφέρονται για παραγωγή βιοαερίου.

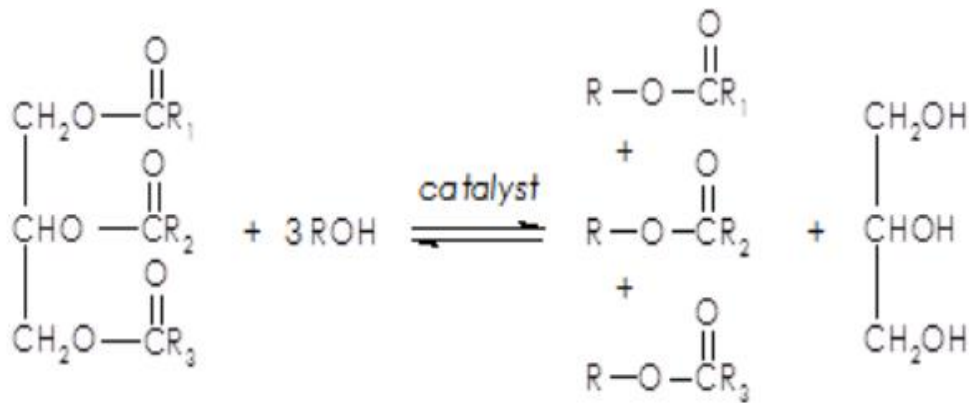
3.1.4. Έλαια

Το βιοντίζελ πρώτης γενιάς παράγεται από ορυκτά, φυτικά έλαια και ζωικά λίπη. Παρόλα αυτά, η ανάγκη διάθεσης φαγώσιμων φυτών και λιπών για την παραγωγή βιοντίζελ μπορεί να προκαλέσει έλλειψη βασικών αγαθών κυρίως σε φτωχές χώρες. Επίσης, η χρήση δασικών εκτάσεων ως προς καλλιέργεια, για την παραγωγή βιοντίζελ

έχει αρνητικές επιπτώσεις στην βιοποικιλότητα, την ποιότητα του εδάφους και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Έτσι λοιπόν, πολλές μελέτες επικεντρώνονται στην ανάπτυξη βιοντίζελ δεύτερης γενιάς που παράγεται από μη φαγώσιμες φυτικές πηγές, έλαια φυκιών και απόβλητα της βιομηχανίας βρώσιμων ελαίων. Η χρήση των απόβλητων μαγειρικών ελαίων για την παραγωγή βιοντίζελ είναι ένας καλός τρόπος για την αποφυγή των προαναφερθέντων αρνητικών που συνδέονται με τα βιοκαύσιμα ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί το πρόβλημα της διάθεσης των τοξικών ελαιούχων αποβλήτων.

Τα φυτικά έλαια είναι μια φθηνή πρώτη ύλη, τα έλαια αυτά χρησιμοποιούνται καθημερινά στο μαγείρεμα με αποτέλεσμα να παράγονται τεράστιες ποσότητες ημερησίως. Το λάδι μαγειρέματος που ανακυκλώνεται από τα απόβλητα φυτικών ελαίων εκτιμάται ότι είναι πού βλαβερό για την υγεία συνεπώς, και λόγω αυτού, είναι αναγκαία η ενημέρωση προς ανακύκλωση των αποβλήτων φυτικών ελαίων ώστε να χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ. Με την δημιουργία καλά οργανωμένων δικτύων συλλογής και ανακύκλωσης τηγανέλαιων καθώς και την ευαισθητοποίηση του κόσμου επιτυγχάνεται από την μία, μείωση του κόστους παραγωγής του βιοντίζελ ως και 90%, καθώς δεν θα χρησιμοποιούνται παρθένα φυτικά έλαια, και από την άλλη θα αποτρέψει την ανακύκλωση τους στο μαγείρεμα τόσο στα νοικοκυριά όσο και στα καταστήματα εστίασης στα οποία γίνεται επαναλαμβανόμενη χρήση αυτών των ελαίων.

Μετεστεροποίηση λέγεται ο βασικός τρόπος παραγωγής βιοντίζελ. Η παραγωγή βιοντίζελ από φυτικά έλαια ή ζωικά λίπη περιλαμβάνει την καταλυόμενη από βάση μετεστεροποίηση των λιπαρών οξέων με μεθανόλη ή αιθανόλη για να δώσει τους αντίστοιχους μεθυλεστέρες ή αιθυλεστέρες. Η γλυκερίνη είναι ένα αναπόφευκτο προϊόν της αντίδρασης. Στην Εικόνα 3.12 βλέπουμε τον συνοπτικό μηχανισμό της στερεοποίησης.



Εικόνα 3.12 Συνοπτικός μηχανισμός μετεστερεοποίησης τριγλυκεριδίου (Πηγή: www.agroenergy.gr)

3.2. Ενεργειακή αξιοποίηση πρώτης ύλης

3.2.1. Παραδείγματα παραγωγής βιοκαυσίμου παγκοσμίως

3.2.1.1. Air Liquide

Η Air Liquide ειδικεύεται στα αέρια (οξυγόνο, άζωτο και υδρογόνο), τις τεχνολογίες και τις υπηρεσίες για την βιομηχανία και την υγεία. Η Air Liquide είναι παρούσα σε 80 χώρες, με περίπου 67.000 υπαλλήλους και εξυπηρετεί περισσότερους από 3,7 εκατομμύρια πελάτες και ασθενείς. Το οξυγόνο, το άζωτο και το υδρογόνο είναι απαραίτητα μικρά μόρια για την ζωή, την ύλη και την ενέργεια. Τα μόρια αυτά αποτελούν τον πυρήνα των δραστηριοτήτων της εταιρείας από την δημιουργία της το 1902.

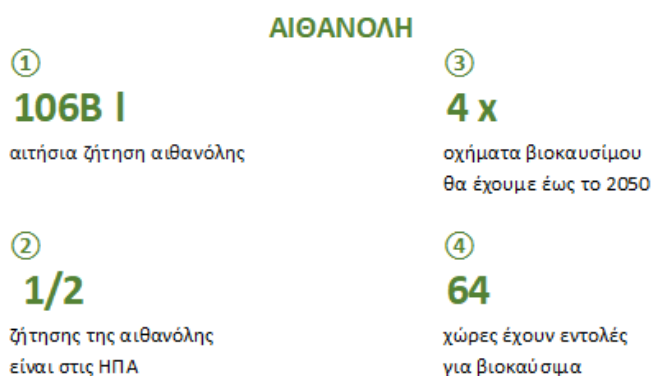
Στον τομέα των βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς συμβάλει σε μεγάλο βαθμό η Air Liquide. Συγκεκριμένα, η 100% θυγατρική του ομίλου της Air Liquide, Lurgi είναι μονάδα παραγωγής υψηλής ποιότητας βιοντίζελ από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη. Η Lurgi Biodiesel χρησιμοποιεί μια διαδικασία μετεστερεοποίησης με πλύσιμο νερού κλειστού βρόχου για την ελαχιστοποίηση των λυμάτων. Η απόδοση βελτιστοποιείται πλήρως, παράγοντας 1 l βιοντίζελ από 1 kg πρώτης ύλης.

3.2.1.2. Enerkem

Η εγκατάσταση λυμάτων Enerkem στο Edmonton του Καναδά αναμένεται να κρατήσει περίπου το 90% των απορριμμάτων της πόλης εκτός χωματερής. Η Enerkem παράγει ανανεώσιμη μεθανόλη και αιθανόλη από μη ανακυκλώσιμα αστικά στερεά

απόβλητα. Η εταιρεία προμηθεύεται από αστικά απόβλητα και είδη τα οποία δεν μπορούν να ανακυκλωθούν όπως ορισμένα πλαστικά και ίνες, ξύλο, βότσαλα και πολλά άλλα. Το κόστος επεξεργασίας των αποβλήτων στο πλαίσιο του νέου συστήματος είναι 75\$ ανά τόνο έναντι 70\$ ανά τόνο σύμφωνα με το παλιό σύστημα με το οποίο 40% των λυμάτων της πόλης κατέληγε στις χωματερές. Η Enerkem προσφέρει μια βιώσιμη λύση για τη διαχείριση αποβλήτων, τη διαφοροποίηση της ενέργειας και την εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας.

Το 2017, η Enerkem ήταν η πρώτη εταιρεία που παρήγαγε εμπορικά αιθανόλη από απόβλητα, μετά την εγκατάσταση μονάδας μετατροπής μεθανόλης σε αιθανόλη στη μονάδα Enerkem Alberta Biofuels στο Edmonton της Alberta. Η Enerkem παρήγαγε και πούλησε περίπου 5 εκατομμύρια L ανανεώσιμης μεθανόλης πριν ξεκινήσει την εγκατάσταση της νέας μονάδας μετατροπής μεθανόλης σε αιθανόλη. Η αιθανόλη είναι απο το πιο δημοφιλές από τα βιοκαύσιμα, όπως συμπεραίνεται και από την Εικόνα 3.13, καθώς αντιπροσωπεύει το 76% παγκόσμιας κατανάλωσης βιοκαυσίμων. Η αιθανόλη της Enerkem είναι ένα ανανεώσιμο, μη τοξικό, υδατοδιαλυτό εξαιρετικά βιοαποικοδομήσιμο και καθαρό καύσιμο.



Εικόνα 3.13 Βασικές παρατηρήσεις για την αιθανόλη

3.2.1.3. Argent Energy

Η Argent Energy, που είναι μια ιδιωτική εταιρεία με δραστηριότητες στη Σκωτία και τη Βορειοδυτική Αγγλία, πρωτοστάτησε στη μεγάλης κλίμακας εμπορική παραγωγή βιοντίζελ στο Ηνωμένο Βασίλειο και είναι τώρα ο κυριότερος βιώσιμος παραγωγός βιοντίζελ και προμηθευτής καυσίμων στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ιδρύθηκε το 2001 και

εξαγοράστηκε από την John Swire & Sons (Green Investments) Ltd το 2013. Ειδικεύονται στην προμήθεια υψηλής ποιότητας, βιώσιμου ντίζελ για χειριστές στόλου, παρέχοντας σε πάνω από 100 αποθήκες του Ηνωμένου Βασιλείου από το Κεντ στο Νταντί. Όλα τα βιολογικά συστατικά του ντίζελ κατασκευάζονται στο Ηνωμένο Βασίλειο από απόβλητα λίπη και λάδια. Η Argent διαθέτει δύο εγκαταστάσεις παραγωγής βιοντίζελ με βάση τα απόβλητα και μετά από μια πρόσφατη επένδυση 75 εκατομμυρίων λιρών, η παραγωγική ικανότητα θα είναι 145 εκατομμύρια λίτρα ετησίως. Υπάρχουν πολλές εγκαταστάσεις στο Ηνωμένο Βασίλειο. Επίσης, στο Motherwell το εργοστάσιο ναυαρχίδας προμηθεύει ντίζελ στη Σκωτία και τη Βόρεια Αγγλία, στο Stanlow η νέα μονάδα παραγωγής βιοντίζελ τελευταίας τεχνολογίας τέθηκε σε λειτουργία το 2016 και μπορεί να παράγει 75.000 τόνους ετησίως και η εγκατάσταση αποθήκευσης, ανάμειξης και διανομής καυσίμων που εδρεύει στο Ellesmere Port. Η Argent Energy ανακοίνωσε την εξαγορά του Biodiesel Amsterdam με τις σχετικές εγκαταστάσεις καθαρισμού και αποθήκευσης δεξαμενών.

Ο ανεφοδιασμός των αυτοκινήτων, των λεωφορείων και των φορτηγών είναι η πιο συνηθισμένη χρήση για το βιοντίζελ και είναι ένα καλό εναλλακτικό καύσιμο εξοικονόμησης άνθρακα για χρήση στη θέρμανση ή / και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το βιοντίζελ είναι ένα καθαρό καύσιμο που μπορεί να συντεθεί από μια σειρά διαφορετικών υλικών με βάση το λάδι, το οποίο περιλαμβάνει, χρησιμοποιημένο μαγειρικό λάδι (UCO) και στέαρ (ζωικό λίπος), απόβλητα τροφίμων, FOG και γράσο αποχέτευσης μέσω μιας διαδικασίας διεστεροποίησης. Αυτό το μη τοξικό και βιοαποικοδομήσιμο καύσιμο μπορεί να αναμειχθεί με ορυκτό ντίζελ για να δημιουργήσει ένα μείγμα βιοντίζελ που περιέχει έως 7% βιοντίζελ σύμφωνα με το EN590 που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μη τροποποιημένους κινητήρες ντίζελ. Οι πρώτες ύλες της Argent Energy χρησιμοποιούνται επί του παρόντος μαγειρικό λάδι, στέαρ και FOGs, αν και το εργοστάσιο είναι σε θέση να χρησιμοποιεί μια μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών.

Το εργοστάσιο στο Motherwell, στη Σκωτία, είναι το μόνο εργοστάσιο στο Ηνωμένο Βασίλειο που χρησιμοποιεί τεχνολογία απόσταξης, που θεωρείται ευρέως ως η μόνη διαδικασία ικανή να λαμβάνει μεταβλητές και χαμηλής ποιότητας πρώτες ύλες και να τις μετατρέπει σε βιοντίζελ για την επίτευξη όλων των πτυχών του προτύπου

EN14214. Αυτή η τεχνολογία έχει αναπαραχθεί στο νέο εργοστάσιο στο Stanlow Cheshire που θα διπλασιάσει την παραγωγή.

Η μεθανόλη, που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με έναν κατάλληλο καταλύτη υπό ελεγχόμενες συνθήκες επιτρέπει την εστεροποίηση με βάση το έλαιο υλικό σε μεθυλεστέρα λιπαρού οξέος (FAME). Η διεστεροποίηση ουσιαστικά βλέπει την αντικατάσταση της μεθανόλης (μονοϋδρικής αλκοόλης) για τα τριγλυκερίδια. Τα υποπροϊόντα της γλυκερίνης και του λιπάσματος αποσύρονται και το FAME υποβάλλεται στη συνέχεια σε μια σειρά βημάτων πλύσης πριν τελικά αποσταχθεί για να παράγει βιοντίζελ υψηλής προδιαγραφής.

4. ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ

Μελλοντικά σενάρια σχετικά με την κλιματική αλλαγή και τους ανθρωπογενείς παράγοντες, περιλαμβάνουν την ανάγκη σημαντικών ποσοτήτων βιοενέργειας ως πηγή καύσιμων ή για τελική παραγωγή ενέργειας. Οι σχετικές απαιτήσεις γλυκού νερού για άρδευση αποκλειστικών φυτειών βιομάζας είναι σημαντικές και τείνουν να αυξάνουν τον περιορισμό του νερού και το άγχος στις πληγείσες περιοχές. Ωστόσο, οι παραδοχές και οι ποσότητες χρήσης νερού που αναφέρονται στην βιβλιογραφία ποικίλλουν σημαντικά. Συγκεκριμένα η παγκόσμια ετήσια ζήτηση νερού για άρδευση φυτειών βιομάζας, εκτιμάται σε $125 - 11.350 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$, σε σύγκριση με περίπου $1.100 - 11.600 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{yr}$ για άλλες χρήσεις νερού (γεωργικές, βιομηχανικές και οικιακές). Συμπεραίνουμε ότι λόγω των υψηλών απαιτήσεων σε νερό και τις αντισταθμίσεις που θα μπορούσαν να συνοδεύονται από αυτές, η βιοενέργεια πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο μέρος στις παγκόσμιες εκτιμήσεις της ζήτησης και χρήσης γλυκού νερού. Για την ερμηνεία και τη σύγκριση των αναφερόμενων εκτιμήσεων για πιθανές μελλοντικές απαιτήσεις βιοενέργειας σε νερό, είναι απαραίτητη η πλήρης αποκάλυψη παραμέτρων και παραδοχών.

4.1. Μέθοδοι

Οι προβλέψεις της μελλοντικής ενεργειακής ζήτησης και η κατανομή της, προϋποθέτουν όλο και περισσότερο την αντικατάσταση της ορυκτής ενέργειας με έντονη περιεκτικότητα σε άνθρακα, με την βιομάζα, η οποία θα μπορούσε να παρέχει ενέργεια. Ωστόσο προκειμένου να περιοριστεί η μέση υπερθέρμανση του πλανήτη σε 2°C ή ακόμα και $1,5^\circ\text{C}$, ενδεχομένως απαιτούνται τεχνολογίες ώστε να αντισταθμίσουν τις υπολειπόμενες και τις προηγούμενες εκπομπές. Στον Πίνακα 4.1 αναλύονται οι συντομογραφίες που θα αναφερθούν στο παρακάτω κείμενο σχετικά με τις τεχνολογίες που προαναφέρθηκαν.

Πίνακας 4.1 Συνοτομογραφίες

BECCS	βιοενέργεια με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα
BP	φυτείες βιοενέργειας
CCS	δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα
Ceff	αποδοτικότητα μετατροπής άνθρακα
DGVM	παγκόσμιο δυναμικό μοντέλο βλάστησης
EFR	ανάγκη περιβαλλοντικής ροής
ESM	μοντέλο προσομοίωσης γης
IAM	ολοκληρωμένο μοντέλο αξιολόγησης
NE	αρνητική εκπομπή ρύπων
NET	τεχνολογία αρνητικών εκπομπών ρύπων
PyCCS	δέσμευση και αποθήκευση πυρογενούς άνθρακα
SSP	κοινή κοινωνικοοικονομική πορεία

Μια τέτοια τεχνολογία NE (NET) είναι η βιοενέργεια με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (BECCS). Η βιοενέργεια χρησιμοποιεί την φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών για να διαθέσει ενέργεια από το φως του ήλιου στην βιομάζα, μέσω του οποίου εξάγεται CO₂ από την ατμόσφαιρα αλλά ταυτόχρονα καταναλώνεται νερό από το έδαφος. Λόγω της μεγάλης ποσότητας NE, η πρώτη ύλη θα πρέπει πιθανώς να καλλιεργηθεί σε μεγάλες φυτείες καθώς και να διασφαλιστεί σημαντική άρδευση. Όπως έχει αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, οι φορείς της ενέργειας είτε είναι πλούσια σε ενέργεια φυτικά όργανα που μετατρέπονται απευθείας σε βιοκαύσιμα (βιοενέργεια πρώτης γενιάς) ή καθαρή βιομάζα από ταχέως αναπτυσσόμενα φυτά (βιοενέργεια δεύτερης γενιάς). Τα διάφορα αυτά φυτά έχουν διαφορετική ανάπτυξη,

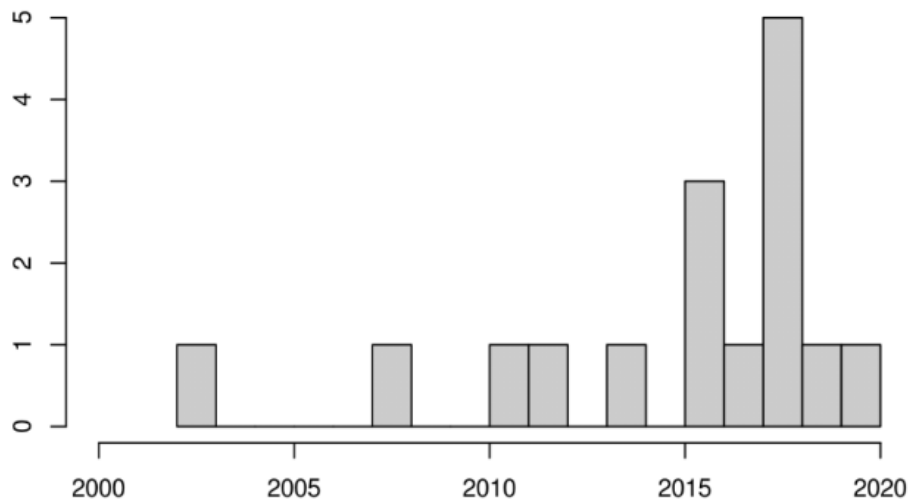
προτιμώμενες κλιματικές ζώνες και επίσης ανάλογα με την τοποθεσία που πρόκειται να αναπτυχθούν έχουν διαφορετικές απαιτήσεις γλυκού νερού.

Καθώς η καύση ορυκτής ενέργειας οδηγεί σε καθαρά θετικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, η χρήση βιοενέργειας είναι ουδέτερη σε εκπομπές, εκτός από τις εκπομπές στη χρήση γης και στη αλυσίδα διεργασιών (π.χ από τις συγκοινωνίες και τις μετατροπές). Έτσι, η χρήση της βιοενέργειας μπορεί να αντισταθμίσει άλλα μέσα παραγωγής ενέργειας, όπως άνθρακα, φυσικό αέριο ή πετρέλαιο. Για την παροχή αντίστοιχων NE, η χρήση βιοενέργειας πρέπει να συμπληρωθεί με μέσα αποθήκευσης άνθρακα. Οι προτεινόμενες μέθοδοι περιλαμβάνουν πυρογενική δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (PyCCS), BECCS ή άλλη μακροχρόνια αποθήκευση που εμποδίζει την απελευθέρωση του δεσμευμένου άνθρακα πίσω στην ατμόσφαιρα.

Στις αξιολογήσεις της χρήσης νερού για φυτείες βιοενέργειας (BP) είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη ότι μπορεί να είναι καθαρός εξαρτώμενες από την βροχή ή (μερικώς) αρδευόμενες. Οι φυτείες εξαρτώνται είτε από το “πράσινο” νερό βροχόπτωσης που αποθηκεύεται στο έδαφος είτε λιγότερο, λόγω της μη έντονης χρήσης, του “μπλε” νερού, από λίμνες, ποτάμια, ταμιευτήρες και υδροφορείς. Η παραγωγικότητα της βιομάζας προάγει την άρδευση για την μείωση των αντισταθμίσεων π.χ. στην παραγωγή φαγητού, υποδηλώνοντας ότι και η παραγωγική χρήση μπορεί να χρησιμοποιεί άρδευση για την μεγιστοποίηση των αποδόσεων.

Το εύρος της ζήτησης βιοενέργειας στο πράσινο νερό κυμαίνεται από 50 έως 3000 km³ συγκομιδής βιομάζας. Επιπλέον, η αλυσίδα της διαδικασίας από βιομάζα έως NE απαιτεί νερό αλλά δεν έχει ποσοτικοποιηθεί πλήρως. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή το CCS μεγάλης κλίμακας δεν έχει ακόμα τεθεί σε εφαρμογή καθώς και η διαδικασία μετατροπής σε ενέργεια και η επακόλουθη μακροχρόνια αποθήκευση δεν έχουν μοντελοποιηθεί λεπτομερώς, από τα υπάρχοντα μοντέλα. Οι απαιτήσεις για τα μπλέ νερά μπορούν να εκφραστούν ως απόληψη νερού (από ποτάμια, λίμνες, ταμιευτήρες) ή ως κατανάλωση νερού (εξατμισοδιαπνοή).

Στην Εικόνα 4.1 παριστάνεται η συχνότητα των μελετών παγκόσμιας κλίμακας για τη ζήτηση γλυκού νερού στις φυτείες βιοενέργειας (κατακόρυφος άξονας) ανά χρόνο από το 2002 έως 2020 (οριζόντιος άξονας).



Εικόνα 4.1 Ζήτηση γλυκού νερού ανά χρόνο (Πηγή: Hydrology and Earth System Sciences)

4.1.1. Εκτιμήσεις Γλυκού Νερού BECCS

Η σύγκριση των τιμών της ζήτησης νερού για BECCS είναι πολύπλοκη λόγω των διαφορετικών μελετών σε σημαντικές παραμέτρους και ρυθμίσεις μοντέλων. Παρόλα αυτά παρουσιάζοντας τις παγκόσμιες εκτιμήσεις της χρήσης και της κατανάλωσης γλυκού νερού, τα αποτελέσματα αυτών το μελετών γίνονται άμεσα συγκρίσιμα. Πιο συγκεκριμένα, ο βαθμός ανάπτυξης της βιοκαλλιέργειας ποικίλλει έντονα μεταξύ των μελετών, γι' αυτό σχετίζεται η δεδομένη ζήτηση γλυκού νερού για την ποσότητα της βιομάζας, που θεωρείται ότι αυξάνεται. Με αυτό ποσοτικοποιούμε την εκτιμώμενη ζήτηση νερού ανά μονάδα συγκομιδής βιομάζας. Για την ανάλυση διαχωρίστηκαν τα σενάρια σε εκείνα που αναφέρουν την ζήτηση νερού ανά ενεργειακή μονάδα που παρέχεται από βιοενέργεια (“ενεργειακές μελέτες”) και εκείνες που αναφέρουν ΝΕ μαζί με εκτιμήσεις αποσύρσεων ή κατανάλωσης (μελέτες ΝΕ). Από τις ενεργειακές μελέτες θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε τις κατά προσέγγιση συγκομιδές ξηρής βιομάζας χρησιμοποιώντας την ακάθαρτη θερμογόνο δύναμη $18.5 \text{ MJ kgDM}^{-1}$. Αυτό ισοδυναμεί σε 37 MJ kg DM^{-1} ή 37 EJ GtC^{-1} , με την μέση περιεκτικότητα σε άνθρακα της ξηρής βιομάζας 0.5 kgCkgDM^{-1} .

Αρχική συγκομιδή βιομάζας από την ενέργεια:

$$[\text{GtC}] = \frac{\text{energy [EJ]}}{37 \text{ EJ GtC}^{-1}} \quad (1)$$

Με αυτόν τον τρόπο προσεγγίστηκε η αρχική συγκομιδή της βιομάζας από την αναφερόμενη προσφορά βιοενέργειας, παραμελώντας όμως τις απώλειες κατά την διάρκεια της επεξεργασίας, εφόσον αυτές θεωρήθηκαν. Μια τιμή για την περιεκτικότητα σε άνθρακα, της βιομάζας, είναι μια υπερβολική απλοποίηση, η τιμή εξαρτάται από τον τύπο της βιοκαλλιέργειας της βιοενέργειας. Επομένως, για την ιδανική συγκρισιμότητα θα πρέπει να αναφέρονται, εκτός από τον τύπο της πρώτης ύλης, και τα μερίδια συγκομιδής. Για μελέτες NE που καταγράφουν την απόδοση μετατροπής άνθρακα (c_{eff} - το κλάσμα του άνθρακα από την συγκομιδή βιομάζας που τελικά αποσυνδέεται και αφαιρείται από τον κύκλο του άνθρακα) η ξηρή συγκομιδή βιομάζας προέρχεται με διαίρεση της ποσότητας NE κατά c_{eff} . Δεδομένου ότι οι μεταφορές και άλλες απώλειες περιέχονται συνήθως στο c_{eff} , οι εκτιμώμενες αρχικές τιμές βιομάζας για μελέτες NE είναι περισσότερο αξιόπιστες από αυτές για μελέτες ενέργειας.

Αρχική συγκομιδή βιομάζας από NE:

$$[\text{GtC}] = \frac{NE [\text{GtC}]}{c_{eff}} \quad (2)$$

Ορισμένες μελέτες προϋποθέτουν επίσης την χρήση υπολειμμάτων από την γεωργία και την δασοκομία, τη συγκομιδή ξυλείας από τη μετατροπή της χρήσης γης, τα αστικά στερεά απόβλητα ή την κοπριά ζώων ως πρώτη ύλη βιοενέργειας. Ωστόσο, τα αντίστοιχα ποσά αναφέρονται μόνο στην δημοσίευση του Beninger et al. (2011) με τίτλο “Δυναμικό παραγωγής βιοενέργειας των παγκόσμιων φυτειών βιομάζας στο περιβάλλον και οι γεωργικοί περιορισμοί”. Επομένως, μια λύση είναι να υπερεκτιμηθούν οι πρώτες συγκομιδές βιοενέργειας ή αντιστρόφως να υποτιμηθεί η ζήτηση νερού ανά μονάδα βιομάζας από αποκλειστικά BPs.

4.2. Αποτελέσματα Μεθόδων

4.2.1. Γενικά

Το σύνολο των δεδομένων που διατίθεται ως “*Stenzel, F., Hanasaki, N., and Gerten, D.: Water demand of bioenergy V.1.0, GFZ Data Services, <https://dataservices.gfz-potsdam.de/panmetaworks/review/46e4043dd95b623e0ba8dbc09fb437b7c92d1aa56bf264547e6d37646cb381ae-pik/>, 2020*”, περιέχει αποτελέσματα από 16 δημοσιεύσεις που συνδέθηκαν σε 34 σεμινάρια (με παρόμοιες παραμέτρους) σχετικά με την ζήτηση γλυκού νερού για βιοενέργεια. Ως απαίτηση γλυκού νερού αποσπάστηκαν αναφερόμενες εκτιμήσεις κατανάλωσης μπλέ νερού. Υπάρχουν περαιτέρω μελέτες για την παγκόσμια εξατμισοδιαπνοή για καθορισμένη παραγωγή βιοενέργειας, οι οποίες ωστόσο είτε δεν υπολογίζουν τις αρδευόμενες ΒΡs, είτε δεν προσδιορίζουν που βρίσκεται η πηγή του αναδυόμενου νερού.

4.2.2. Μελέτη διαφορών στις επιλογές παραμέτρων

Η εκτίμηση των μελλοντικών παγκόσμιων υδάτινων απαιτήσεων των ΒΡ’s προσεγγίζεται με ποικιλία μοντέλων και μεθοδολογιών. Οι περισσότερες μελέτες βασίζονται σε μοντέλα αριθμητικής προσομοίωσης, με βάση μια τροχιά ενέργειας (ή ΝΕ) που ελέγχει την θέση, την παραγωγικότητα και στο τέλος την ζήτηση νερού των ΒΡ (αναφέρονται ως “μελέτες ζήτησης”) ή τον στόχο για την εύρεση της μέγιστης ενέργειας (ή ΝΕ) εντός δεδομένων περιορισμών διαθέσιμης γης, νερού.

Σχετικά με την δημοσίευση του Berndes et al.(2002) όπου αφορά στην σκοπιμότητα μεγάλης κλίμακας παραγωγής βιοενέργειας με βάση την λιγνοκυτταρίνη και του Hu et al. (2020) που ερευνά την επιδείνωση της παγκόσμιας κρίσης του νερού λόγω της δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα από την βιοενέργεια, τα αποτελέσματα τους προέκυψαν από την μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και από τις προσεγγίσεις των παγκόσμιων απαιτήσεων νερού, παρέχοντας παρέκταση των τρεχουσών αποδόσεων χρήσης νερού για μελλοντικά σενάρια ζήτησης ενέργειας. Ο Bonsch et al (2016) δημοσίευσε έρευνα σχετικά με τις αντισταθμίσεις μεταξύ χερσαίων και υδάτινων απαιτήσεων για την παραγωγή μεγάλης κλίμακας ενέργειας, η Mouratiadou et al. (2016) δημοσίευσε μια ολοκληρωμένη ανάλυση που βασίζεται στις κοινές κοινωνικοοικονομικές οδούς και αφορά τον αντίκτυπο του μετριασμού της

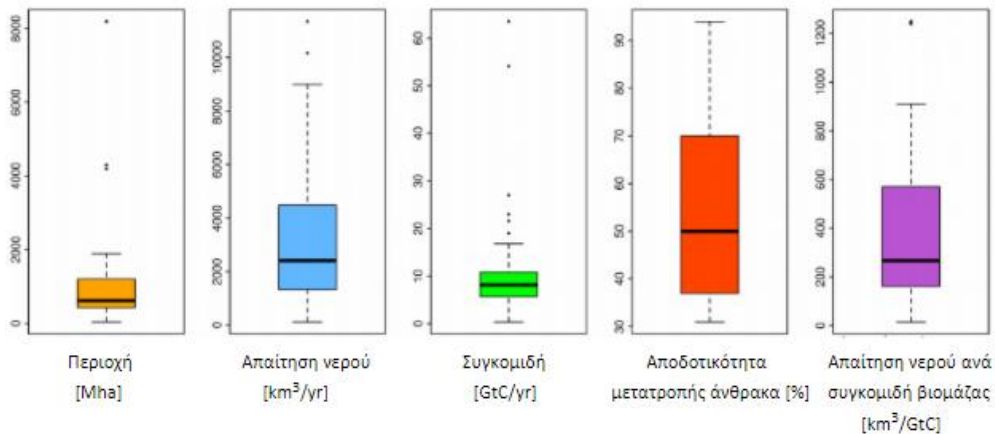
κλιματικής αλλαγής στη ζήτηση νερού για ενέργεια και τρόφιμα και ο Humpenoder et al. (2018) δημοσίευσε την μελέτη σχετικά με την επίλυση αντιστάθμισης της αειφορίας στην παραγωγή βιοενέργειας μεγάλης κλίμακας, χρησιμοποίησαν το αγροοικονομικό μοντέλο MAgPIE που καθορίζει την χρήση νερού των BPs για μοντέλα με διαφορετικούς περιορισμούς. Ο Bonsch et al. (2016) διερεύνησε συγκεκριμένα τις αντισταθμίσεις μεταξύ της ζήτησης περιοχής και νερού, τη σύγκριση μεταξύ των βροχοπτώσεων και των αρδευόμενων BPs, ενώ ο Humpenoder et al. (2018) ανέλυσε περιβαλλοντικούς και κοινωνικοοικονομικούς σε σενάρια βιοενέργειας. Η πλειονότητα των προαναφερθέντων μελετών βασίστηκε σε ένα ενιαίο δυναμικό παγκόσμιο μοντέλο βλάστησης (DGVM), LPJmL, ωστόσο χρησιμοποιώντας διαφορετικές ρυθμίσεις του μοντέλου (βιοφυσικά δυναμικά από LPJmL χρησιμοποιήθηκαν επίσης ως είσοδος σε μελέτες που βασίζονται σε MAgPIE). Οι κύριοι στόχοι της μελέτης ήταν τα παγκόσμια δυναμικά βιοενέργειας και οι συναφείς αντισταθμίσεις με την παγκόσμια χρήση νερού, τη ζήτηση φυτειών ή τα πλανητικά όρια.

Οι επιπτώσεις στο νερό (και στη γη) από μια αυξηνόμενη παραγωγή βιοκαυσίμων στο μέλλον, αναλύθηκαν απ' τον de Fraiture et al. (2008) με το μοντέλο χρήσης νερού WaterSIM και από τον Gerbens-Leenes et al. (2012) με το εργαλείο υποστήριξης γεωργικών αποφάσεων CROPWAT. Ο Yagamata et al. (2018) αξιολόγησε τον αντίκτυπο της μεγάλης κλίμακας της ανάπτυξης BECCS στη χρήση γης, στους υδάτινους πόρους και στις υπηρεσίες οικοσυστήματος χρησιμοποιώντας το παγκόσμιο υδρολογικό μοντέλο H08 μαζί με το επίγειο μοντέλο οικοσυστήματος VISIT. Ο Fajardy et al. (2018) βασίζει την ανάλυση του για όλη την αλυσίδα εφοδιασμού BECCS στο μοντέλο MONET ενώ ο Hejazi et al. (2014) χρησιμοποίησε ένα συνδυασμό GCAM (ένα ολοκληρωμένο μοντέλο αξιολόγησης - IAM) σε συνδυασμό με το παγκόσμιο υδρολογικό μοντέλο GWAM για τον ποσοτικό προσδιορισμό της παγκόσμιας λειψυδρίας σε πολλά μελλοντικά σενάρια αλλαγής του κλίματος.

Ως εκ τούτου, οι προσεγγίσεις μοντελοποίησης διαφέρουν, κάθε μοντέλο επικεντρώνεται σε ένα διαφορετικό μέρος της διαδικασίας ανάπτυξης της BECCS. Παρόλο που τα μοντέλα Earth System αντιπροσωπεύουν δυναμικά ανατροφοδοτήσεις μεγάλης κλίμακας μεταξύ ατμόσφαιρας, ωκεανού και

βιόσφαιρας με συγκριτικά λιγότερες λεπτομέρειες διαδικασίας σχετικά με την ανθρώπινη διαχείριση της βιόσφαιρας, συμπεριλαμβανομένων των BPs, τα IAM εστιάζουν σε μελλοντικές εξελίξεις, π.χ. χρήσης γης και νερού, βάσει βιοφυσικών και οικονομικών οριακών συνθηκών για αποφάσεις σχετικά με τις τοποθεσίες BP και τη χρήση πόρων. Αντίθετα, τα πρότυπα χρήσης κλίματος ή γης συνήθως περιγράφονται σε μοντέλα καλλιέργειας / βλάστησης και υδρολογικά, τα οποία με την σειρά τους λειτουργούν συνήθως σε υψηλότερη χωρική - χρονική ανάλυση και παρέχουν περισσότερες αλληλεπιδράσεις βασισμένες στη διαδικασία, ιδίως όσον αφορά την προσομοίωση διαθεσιμότητας και απαιτήσεων νερού. Εάν η απόκτηση παγκόσμιων εκτιμήσεων για την χρήση ή την κατανάλωση γλυκού νερού της BP είναι στόχος μιας μελέτης, ίσως αρκούν υπολογιστικά απλές εκτιμήσεις. Μελέτες που μοντελοποιούν την μελλοντική βιοενέργεια, θεωρούν συνήθως τις κλιματικές προβολές ως συμβολή στις προσομοιώσεις τους το οποίο καθορίζει σημαντικά τη διαθεσιμότητα του νερού, καθώς η κλιματική αλλαγή επηρεάζει και τις πιθανές τοπικές βροχοπτώσεις και την εξατμοδιαπνοή.

Θα μπορούσε να υπάρξει πιθανή μεροληψία του συνόλου δεδομένων λόγω ενός μοντέλου που βασίζεται στην πλειοψηφία των μελετών (9 στα 16 περιλαμβάνουν μελέτες που βασίζονται στο μοντέλο MAgPIE που χρησιμοποιεί κάποια είσοδο από το LPJmL), ωστόσο αυτές οι μελέτες διαφέρουν στους όρους του εδάφους και της έκτασης που χρησιμοποιούνται για καλλιέργεια βιοενέργειας, διαχείριση άρδευσης ή διαρθρωτικές παράμετροι (μετατροπή άνθρακα αποτελεσματικότητα / τροχιά ζήτησης βιοενέργειας). Στην Εικόνα 4.2 απεικονίζεται το εύρος των βασικών παραμέτρων (συνολικές εκτιμήσεις) που καθορίζουν τις προβλέψεις των αναγκών σε νερό για βιοενέργεια στα σενάρια που εξετάστηκαν. Η έκταση της φυτείας και η απόδοση μετατροπής άνθρακα δεν αναφέρεται σε όλες τις μελέτες. Οι ανάγκες σε νερό ανά συγκομιδή βιομάζας υπολογίζονται για κάθε σενάριο, χρησιμοποιώντας τα μέσα ζήτησης νερού και συγκομιδής βιομάζας εάν δίνεται το εύρος.



Εικόνα 4.2 Παράμετροι που καθορίζουν τις ανάγκες νερού για την βιοενέργεια. (Πηγή: *Global scenarios of irrigation water use for bioenergy production: a systematic review*)

Η παγκόσμια δυνητική περιοχή φυτείας που προσδιορίζεται ως κατάλληλη για BP's διαφέρει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ 42 Mha (de Fraitute et al., 2008) (μόνο βιοκαύσιμα) και 8.195 Mha (Hejazi et al., 2014) με την μέση έκταση να είναι 616 Mha (βλ. Εικόνα 4.2, A1). Οι τοποθεσίες που αναφέρθηκαν είναι διάσπαρτες σε όλο τον κόσμο (Stenzel et al., 2019) με συστάδες στην Κεντρική Ευρώπη, Βόρεια και Νότια Αμερική και Βορειοανατολική Κίνα σύμφωνα με τον Beringer et al. (2011) ή Νότια Αμερική και Κεντρική Αφρική (Bonsch et al., 2016). Το μέγεθος της περιοχής BP και οι τοποθεσίες μαζί με τους χάρτες χρήσης νερού για συγκεκριμένη τοποθεσία δεν αναφέρονται σε κάθε μελέτη αλλά είναι σημαντικό να συγκριθούν και να ερμηνευθούν τα προβλεπόμενα μεγέθη της παγκόσμιας κατανάλωσης γλυκού νερού, όπως καθορίζονται από τη διαθεσιμότητα και τις απαιτήσεις νερού στις αντίστοιχες τοποθεσίες (King et al., 2013). Οι μελέτες χωρίς σαφείς τοποθεσίες βιοενέργειας πρέπει επομένως να ερμηνεύονται με προσοχή. Οι αναφερόμενοι τύποι γης, που προβλέπεται να μετατραπούν σε φυτείες βιοενέργειας, δείχνουν μια μεγάλη ποικιλία που καλύπτει ελάχιστη γη (π.χ. Smith et al., 2016), φυσική βλάστηση (π.χ., Jans et al., 2018), με εξαίρεση εν μέρει προστατευόμενες ή ευάλωτες περιοχές (π.χ., Beringer et al., 2011). Ορισμένες μελέτες δημιουργούν νέα χρήση γης πρότυπα που βασίζονται στη χωρική και χρονική βελτιστοποίηση του κόστους (π.χ., Humprenöder et al., 2018) ή περιβαλλοντικές επιπτώσεις (π.χ., Heck et al., 2018), άλλοι χρησιμοποιούν υπάρχουσες εξωγενείς προβολές για καθορισμένη περιοχή βιοενέργειας (π.χ. από

μελέτες που βασίζονται στο RCP2.6, Boysen et al.,2017). Γενικά, αποφεύγεται η μετατροπή καλλιεργήσιμων εκτάσεων σε φυτείες βιοενέργειας (εκτός από τους Yamagata et al.,2018 και Heck et al.,2016).

Μέσα στις μελέτες που μοντελοποιούν την άρδευση των BP, υπάρχει επίσης έντονη διακύμανση στην παραμετροποίηση των αρδευτικών συστημάτων. Ορισμένες μελέτες επιτρέπουν πιθανή άρδευση, δηλαδή υποθέτοντας απεριόριστη διαθεσιμότητα (μη) ανανεώσιμων επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και παραμελώντας τις ανατροφοδοτήσεις που προκύπτουν από απαιτήσεις νερού υψηλότερες από τους διαθέσιμους πόρους (Hejazi et al.,2014). Αντίθετα, η άρδευση σε ορισμένες μελέτες προσομοιώνεται ότι περιορίζεται από τη διαθεσιμότητα των επιφανειακών υδάτων (Beringer et al.,2011; Heck et al.,2016), ή ακόμη περισσότερο περιοριζόμενοι, λαμβάνοντας υπόψη τις αποκαλούμενες "απαιτήσεις περιβαλλοντικής ροής" (EFRs) που πρέπει να παρακρατούνται για την προστασία των ποταμών οικοσυστημάτων (Jans et al., 2018, Humpenöder et al.,2018, Stenzel et al.,2019). Επιπλέον, οι απώλειες νερού λόγω διαφορετικών αποδόσεων των αρδευτικών συστημάτων μπορούν θεωρητικά να κυμαίνονται μεταξύ του 30% για επιφανειακή άρδευση και 70% για στάγδην άρδευση (παραγωγικό μερίδιο των αποσύρσεων) (Jägermeyr et al.,2015). Η αποτελεσματικότητα της άρδευσης για BPs θεωρείται συνήθως ότι είναι μάλλον στο άνω άκρο αυτού του εύρους (π.χ. 66% στους Humpenöder et al.,2018). Επίσης το κλάσμα των φυτειών που επιτρέπεται να αρδεύονται ποικίλλει πολύ. Για παράδειγμα, στα σενάρια τους "IrrExp", οι Stenzel et al.,(2019) επιτρέπουν άρδευση σε όλες τις φυτείες που θα επωφεληθούν από αυτήν την άρδευση, περιοριζόμενη μόνο από τη διαθεσιμότητα επιφανειακών υδάτων και EFR, ενώ τα σενάρια "TechUp" και "Basic" περιορίζονται στο 30% των αρδευόμενων περιοχών, εκείνες με υψηλή παραγωγικότητα νερού.

Η πλειονότητα των σεναρίων θεωρεί C4 χόρτα όπως το *Miscanthus* ή *switchgrass* , εύκρατο και τροπικό δέντρο, είδη ως πρώτη ύλη βιοενέργειας (π.χ. Boysen et al., 2017, Yamagata et al.,2018, Heck et al.,2018). Μεταξύ των μελετών είναι μόνο δύο που θεωρούν τα φυτά βιοενέργειας πρώτης γενιάς ως πρώτη ύλη όπως ελαιοκράμβη, ελαιοφούνικα ή ζαχαροκάλαμο(deFraiture et al.,2008, Gerbens-Leenes et al.,2012).

Ορισμένα μοντέλα υποθέτουν ότι η παραγωγικότητα μεταβάλλει τη συγκομιδή βιοενέργειας τον 21ο αιώνα με βάση τις προηγούμενες αυξήσεις παραγωγικότητας που παρατηρήθηκαν στις συγκομιδές. Ωστόσο, αυτά μπορεί να είναι πιο δύσκολο να επιτευχθούν, καθώς για καλλιέργειες βιοενέργειας δεύτερης γενιάς, όλη η βιομάζα πάνω από το έδαφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας, αντί για μια μικρή αναλογία όπως στην περίπτωση των καλλιεργειών τροφίμων (Krausmann et al., 2013).

Για μελέτες ζήτησης κρίσιμες παράμετροι (αλλά κυρίως εξωγενείς) είναι το έτος έναρξης και πορεία για τη ζήτηση BECCS, π.χ. αν η ανάπτυξη υποτίθεται ότι ξεκινά το 2015 (Humpenöder et al., 2018) ή το 2030 (Stenzel et al., 2019). Υπάρχει αρκετή ποικιλία στις τροχιές της ζήτησης ενέργειας (ή BE) (Boysen et al., 2017, Hejazi et al., 2014, Berndes et al., 2002), που θα μπορούσε ενδεχομένως να αλλάξει σημαντικά τη ζήτηση γλυκού νερού αυτών των σεναρίων για τον 21ο αιώνα, καθώς οι υψηλότερες ετήσιες απαιτήσεις απόδοσης βιομάζας που ενδέχεται να προκύψουν από μεταγενέστερη έναρξη ανάπτυξης θα μπορούσαν να απαιτήσουν περισσότερη άρδευση στο τέλος του αιώνα. Οι ετήσιες τιμές ζήτησης νερού που δίνονται στις μελέτες δεν είναι πάντα ενδεικτικές της μέσης ζήτησης νερού άρδευσης ετησίως, καθώς οι μελέτες ζήτησης αναφέρουν ως επί το πλείστον τιμές τέλους της περιόδου μελέτης (π.χ. μέσος όρος 2090-2099) όπου οι αρδευόμενες περιοχές είναι στο μέγιστο.

Μια σημαντική παράμετρος στην αλυσίδα διεργασίας BECCS (και επηρεάζοντας έμμεσα τη ζήτηση νερού από BP) είναι η αποδοτικότητα μετατροπής άνθρακα (ceff), την οποία ορίζουμε ως το συνολικό κλάσμα του συλλεχθέντος άνθρακα βιομάζας που μπορεί να απομονωθεί και έτσι να αφαιρεθεί από τον κύκλο του άνθρακα. Οι Gough and Vaughan (2015) αναφέρουν ότι τα ποσοστά σύλληψης των διαδικασιών CCS είναι 85-90%, αλλά αυτές είναι μόνο οι απώλειες στο τελευταίο βήμα της αλυσίδας διεργασιών. Οι Smith and Torn (2013) δίνουν συνολική απόδοση μετατροπής 47% για τυπικές αλυσίδες διεργασίας BECCS. Στη συγκεκριμένη βιβλιογραφία, η ceff (εάν αναφέρεται καθόλου) κυμαίνεται από 31-33% (Bonsch et al., 2016, Fajardy et al., 2018, Yamagata et al., 2018) έως 94% (Hejazi et al., 2014) (Εικόνα 4.2).

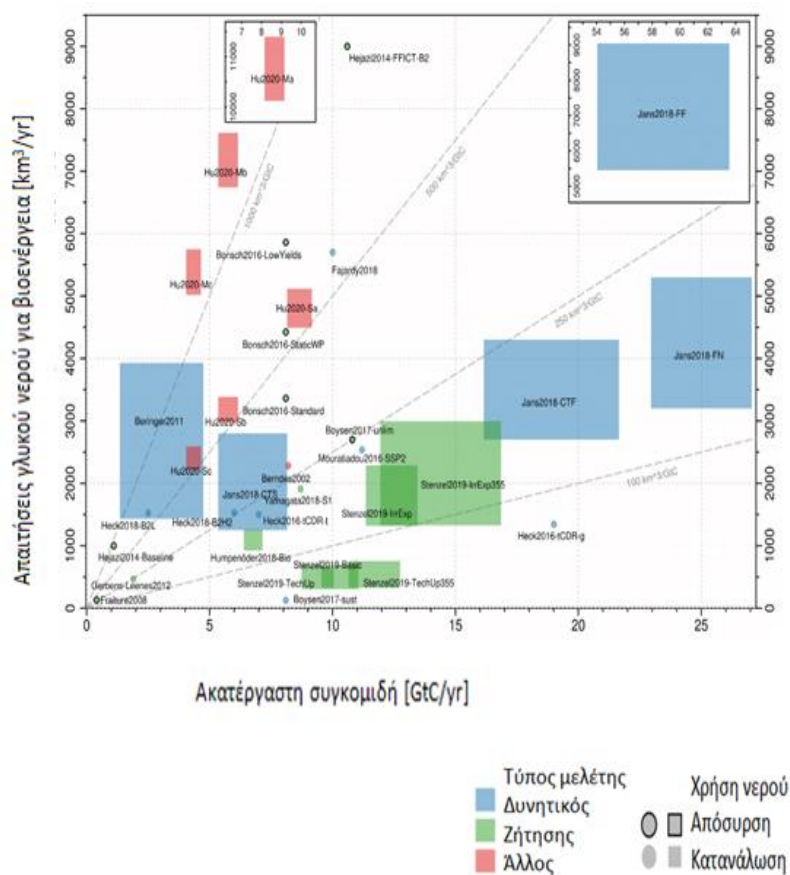
Στο πλαίσιο των παραμέτρων άρδευσης, οι μελέτες εξετάζουν ορισμένους άλλους περιορισμούς στην εφαρμογή μεγάλης κλίμακας BECCS, οι οποίοι είναι πιθανό να επηρεάσουν επίσης τις ανάγκες τους σε γλυκά ύδατα. Ο περιορισμός της ανθρώπινης παρέμβασης με το περιβάλλον, ιδίως με σεβασμό των πλανητικών ορίων (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015) μπορεί να περιορίσει σημαντικά το δυναμικό BECCS, όπως φαίνεται από τους Heck et al., (2018). Ομοίως, οι Bonsch et al., (2016) εντοπίζει μια αντιστάθμιση μεταξύ της ζήτησης νερού άρδευσης και της περιοχής φυτείας, η οποία αντιστοιχεί σε αντισταθμίσεις με πλανητικά όρια για χρήση γλυκού νερού, ακεραιότητα βιόσφαιρας και αλλαγή συστήματος εδάφους. Επιπλέον οικονομικοί περιορισμοί, όπως η προσβασιμότητα των BP, η απόσταση τους από πόλεις όπου απαιτείται περισσότερη ενέργεια και η διαθεσιμότητα μεγάλης γεωλογικής χωρητικότητας αποθήκευσης κοντά στις τοποθεσίες κατανάλωσης ενέργειας πρέπει να αναφέρονται ως περαιτέρω καθοριστικοί παράγοντες της ζήτησης και της χρήσης βιοενέργειας νερού (π.χ. εξετάζονται από τους Fajardy et al., 2018).

4.2.3. Παγκόσμια ζήτηση νερού άρδευσης στις φυτείες βιοκαλλιέργειας

Σύμφωνα με τις διαφορές του δομικού μοντέλου, των σεναρίων και των μεθοδολογιών που περιγράφονται στη μελέτη των διαφορών της προηγούμενης ενότητας, οι προβλέψεις των πιθανών μελλοντικών ετήσιων απαιτήσεων γλυκού νερού για άρδευση BPs ποικίλλουν σημαντικά μεταξύ 125 και 11.350 km³. Ακραίες περιπτώσεις είναι το σενάριο FFICT-B2 από τους Hejazi et al., (2014) και το σενάριο Food First (FF) από τους Jans et al., (2018), οι οποίοι προσομοιώνουν την καλλιέργεια BP σε 4.000–8.000 Mha με σχετικές απαιτήσεις νερού 5.500–9.000 km³. Αυτά τα σενάρια περιλαμβάνουν εξαιρετικά υψηλές ποσότητες αρδευόμενων BP (Hejazi et al., 2014) ή είναι τα μέγιστα πιθανά σενάρια (σε μεγάλο βαθμό χωρίς περιορισμούς όσον αφορά τη διαθέσιμη περιοχή) (Jans et al., 2018), τουλάχιστον στην τελευταία περίπτωση που δεν προορίζεται να εφαρμοστεί ως έχει. Με αποδοτικότητα χρήσης νερού 585 m³t⁻¹ για *Miscanthus*, Hu et al. (2020) οι απαιτήσεις νερού και σε σταθερές περιοχές είναι RCP2.6 (431 Mha) έως 11.350 km³yr⁻¹. Συλλέχθηκαν επίσης δεδομένα σχετικά με τον τύπο μελέτης, τη μοντελοποίηση των παραμέτρων, την πρώτη ύλη της βιοενέργειας, τον τύπο εδάφους που μετατράπηκε σε βιοκαλλιέργειες, την ύπαρξη παγκόσμιων χαρτών με τοποθεσίες βιοενέργειας, την

αναφορά απόσυρσης ή κατανάλωσης, τον τύπο νερού (μπλε / πράσινο / γκρι), το έτος προσομοίωσης για το οποίο εξάγονται δεδομένα, την *ceff*, την περιοχή φυτείας, παρεχόμενη βιοενέργεια και / ή NEs (ανάλογα με τον τύπο μελέτης) μαζί με τις σχετικές απαιτήσεις γλυκού νερού. Η αναφερόμενη πρωτογενής βιοενέργεια κυμαίνεται από 40 έως 2.350 EJ ετησίως, ενώ οι NE κυμαίνονται από 1,2 έως 10 GtC. Μετά τη μετατροπή της πρωτογενούς βιοενέργειας και των NEs σε αρχικές συγκομιδές βιομάζας διαπιστώνουμε ότι οι προβλέψεις της παγκόσμιας ζήτησης γλυκού νερού ανά συγκομιδή βιομάζας κυμαίνονται μεταξύ 15 και 2.761 km³ GtC⁻¹. Το μεγάλο αυτό εύρος δείχνει ότι δεν υπάρχει απλή εξάρτηση της ζήτησης γλυκού νερού από την ποσότητα της καλλιεργούμενης βιομάζας, είναι μάλλον η μεγάλη ποικιλία σε άλλες παραμέτρους μελέτης (οι οποίες δεν μπορούν να γίνουν συγκρίσιμες) που διακρίνουν κυρίως τα σενάρια (Εικόνες 4.3 και Εικόνα 4.4). Στο θεωρητικό σενάριο tCDR-g των Heck κ.α. (2016), δεν προσδιορίζονται πρόσθετες τοποθεσίες BP, αλλά απλώς όλες οι εκτάσεις καλλιεργήσιμων εκτάσεων που υπήρχαν το έτος 2005 θεωρείται ότι αντικαθίστανται με BP και θεωρείται ότι αρδεύονται πολύ αποτελεσματικά, γεγονός που οδηγεί σε υψηλές συγκομιδές και, συνεπώς, σε χαμηλά ποσοστά νερού/συγκομιδής. Στο “συνεχές” σενάριο από τους Boysen et al., (2017), "Basic", "TechUp" και "TechUp355" από τους Stenzel et al., (2019) και "tCDR-g" από τους Heck et al., (2016) δείχνουν τιμές κάτω των 100 km³GtC⁻¹ (15, 50, 49, 46 και 71 km³GtC⁻¹). Επίσης, οι Boysen et al.,(2017), εξετάζουν μόνο 40 από τη συνολική έκταση 441 Mha BP που θεωρείται ότι αρδεύονται, αλλά οι συγγραφείς δεν παρέχουν τιμές για τη διάκριση των αντίστοιχων συγκομιδών. Στο σενάριο «TechUp-WM», οι Stenzel et al.,(2019) υποθέτουν υψηλό ποσοστό *ceff*, 70%, μαζί με περιορισμούς EFR στις αποσύρσεις γλυκού νερού, γεγονός που διατηρεί τις απαιτήσεις σε νερό κάτω από 100 km³GtC⁻¹. Οι υψηλότερες προβλεπόμενες τιμές για τη ζήτηση νερού ανά συγκομιδή βιομάζας προέρχονται από τα σενάρια M * από τους Hu et al.,(2020), Beringer et al.,(2011), το σενάριο «Βασική γραμμή» και «FFICT-B2» από τον Hejazi (2014) και το σενάριο "Low-Yields" από τον Bonsch (2016) (1102-1402, 315–2761, 909, 849 και 723 km³GtC⁻¹). Τέλος, υποδηλώνεται ότι η πολύ υψηλή τιμή (2.771 km³GtC⁻¹) για τους Beringer et al., (2011) μπορεί να είναι ένα τεχνούργημα του τρόπου με τον οποίο χειρίζονται το εύρος τιμών δεδομένων, καθώς το σενάριο που παράγει τις χαμηλότερες ενεργειακές αποδόσεις, πιθανότατα δεν είναι αυτό με την

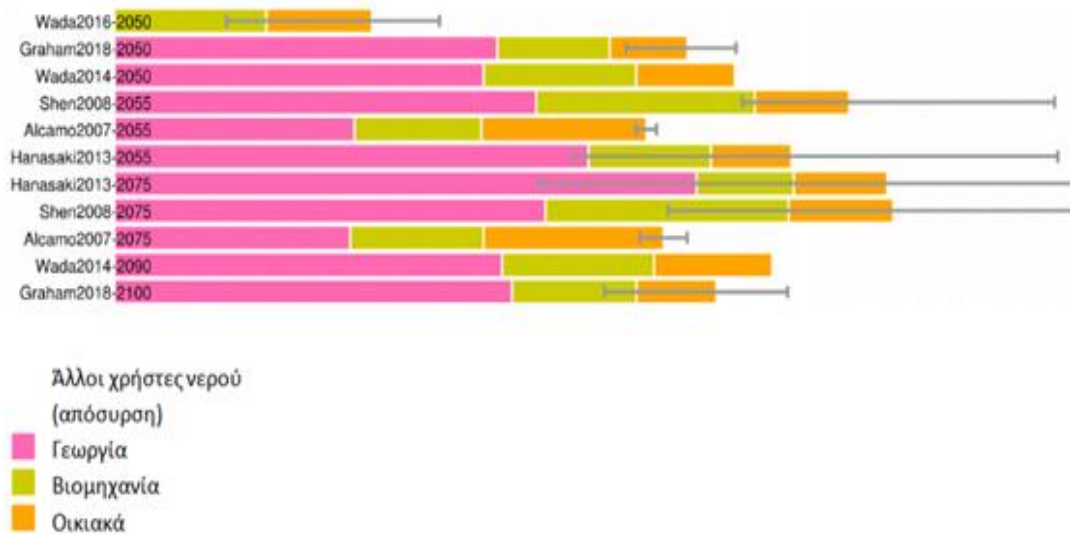
υψηλότερη ζήτηση νερού, έτσι το σενάριο μάλλον ακολουθεί μια τάση $1.000 \text{ km}^3 \text{ GtC}^{-1}$. Ωστόσο, οι πιθανές μελέτες δεν υποδηλώνουν με συνέπεια υψηλότερη συγκομιδή από τις μελέτες ζήτησης. Συνεπώς, ακόμη και μελέτες ζήτησης λειτουργούν στα όρια του συστήματος της γης και πιθανές μελέτες, ειδικά όταν εξετάζονται περιορισμοί αειφορίας, δεν μπορούν να παρέχουν περισσότερες αρνητικές εκπομπές από ό, τι ήδη απαιτούνται για φιλόδοξους κλιματικούς στόχους όπως το $1,5^\circ\text{C}$, τα οποία (εκτός από τη ζήτηση νερού άρδευσης της πρώτης ύλης βιοενέργειας που εξετάζεται σε αυτήν την ανασκόπηση) απαιτούν επιπλέον νερό για επεξεργασία. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή η πρόσθετη ζήτηση νερού για τη διαδικασία διύλισης βιοκαυσίμων (πάνω από την επιτόπια ζήτηση νερού) εξετάζεται σε πολλές περιφερειακές μελέτες αξιολόγησης κύκλου ζωής και θεωρείται ότι είναι περίπου 4 μονάδες νερού ανά μονάδα αιθανόλης σύμφωνα με τη Fike (2007) και τους Keeney and Muller (2006). Οι γενικές εκτιμήσεις, συμπεριλαμβανομένων τόσο της πρωτογενούς βιοενέργειας όσο και των βιοκαυσίμων, θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη διαφορετικές αποδόσεις μετατροπής για τις διαφορετικές οδούς βιομάζας (όπως στου Bonsch et al., 2016 ή στους Heck et al., 2018).



Εικόνα 4.3 Χρήση μπλε νερού κατά την παραγωγή βιοενέργειας μέσω φυτειών βιομάζας (Πηγή: *Global scenarios of irrigation water use for bioenergy production: a systematic review*)

Στην Εικόνα 4.3 γίνεται επισκόπηση των σεναρίων των αναφερόμενων τιμών των παγκόσμιων όγκων γαλάζιου νερού (απόσυρση ή κατανάλωση όπως σημειώνεται) που απαιτούνται για την παραγωγή βιοενέργειας μέσω φυτειών βιομάζας (οι εισοδοί δείχνουν σεσάρια εκτός της περιοχής σχεδίασης). Τα σεσάρια χαρακτηρίζονται από τη ζήτηση νερού για βιοενέργεια που σχεδιάζεται ενάντια στην ακατέργαστη συγκομιδή (συνάγεται από αναφερόμενη ενέργεια με βάση βιομάζα ή αρνητικές εκπομπές). Μπορούν να παρέχουν εύρος στη ζήτηση νερού ή ακατέργαστη συγκομιδή (απεικονίζεται με κουτιά) ή περιέχουν μεμονωμένες τιμές (απεικονίζονται από κύκλους). Ο τύπος της μελέτης χαρακτηρίζεται από το χρώμα και εάν δοθεί απόσυρση αντί για κατανάλωση, εμφανίζεται με μαύρο περίγραμμα.

Στην Εικόνα 4.4 παρουσιάζονται οι προβολές για άλλες χρήσεις νερού (απολήψεις) εμφανίζονται στα δεξιά, μαζί με το εύρος αβεβαιότητας. Τα ονόματα των σεναρίων βιοενέργειας έχουν οι συγγραφείς και το έτος δημοσίευσης.



Εικόνα 4.4 Χρήσεις νερού σε άλλους τομείς (Πηγή: *Global scenarios of irrigation water use for bioenergy production: a systematic review*)

4.2.4. Χρήση νερού στη βιοενέργεια σε σχέση με άλλους τομείς

Προκειμένου να ενταχθούν οι παραπάνω αναφερόμενες εκτιμήσεις των απαιτήσεων νερού άρδευσης για βιοενέργεια, συλλέχθηκαν προηγούμενες προβλέψεις μελλοντικής χρήσης νερού για τους τρεις κύριους άλλους τομείς (Alcamo et al.,2007, Shen et al.,2008 , Hanasaki et al.,2013 b,a, Wada and Bierkens 2014, Wada et al.,2016, Graham et al., 2018) και συγκρίθηκαν (Εικόνα 4.5). Η γεωργία είναι παγκοσμίως ο μεγαλύτερος τομέας χρήσης υδάτων μεταξύ των τριών, με συνολική αρδευόμενη έκταση που αναφέρθηκε να είναι 306 Mha το 2000 (Siebert et al., 2015). Οι τρέχουσες εκτιμήσεις (μεταξύ 2000 και 2010) της απόσυρσης των γεωργικών υδάτων κυμαίνονται από 2.402–3.214 km³. Η μελλοντική απόσυρση των γεωργικών υδάτων έχει προβλεφθεί με αριθμητικά, υδρολογικά ή καλλιεργητικά μοντέλα με βάση το δίκτυο. Για τα μέσα (περίπου το 2050) και τα τέλη του 21ου αιώνα (μεταξύ 2075 και 2090), οι εκτιμήσεις κυμαίνονται μεταξύ 2.256-6.037 km³ και 2.211-8.443 km³, αντίστοιχα. Αυτά τα μεγάλα εύρη εκτιμήσεων αποδίδονται κυρίως στην υπόθεση για μελλοντικές αρδευόμενες εκτάσεις, οι οποίες διαφέρουν πολύ, όπως στην περίπτωση των προβολών BP. Τα κατώτερα όρια υποδεικνύουν ότι η αρδευόμενη έκταση δεν αυξάνεται στο μέλλον, με βάση την άποψη ότι η γη για νέα αρδευτικά

έργα δεν είναι πλέον διαθέσιμη (π.χ. Alcamo et al.,2007 και το σενάριο χαμηλού επιπέδου των Hanasaki et al.,2013a). Τα υψηλότερα σημεία υποδεικνύουν ότι η αρδευόμενη περιοχή αυξάνεται με ρυθμό 0,6% ετησίως – 1 (δηλαδή το σενάριο υψηλού επιπέδου των Hanasaki et al.,2013a). Μια άλλη περίπτωση προϋποθέτει ότι το γεωργικό νερό αυξάνεται ανάλογα με τον συνολικό πληθυσμό, όπως παρατηρήθηκε στο δεύτερο μισό του 20ού αιώνα (Shen et al.,2008). Άλλες υποθέσεις σχετικά με τις αλλαγές στην απόδοση της άρδευσης, την ένταση των καλλιεργειών και την κλιματική αλλαγή διευρύνουν περαιτέρω το φάσμα των εκτιμήσεων.

Η βιομηχανία και ο δήμος είναι οι δεύτεροι και τρίτοι μεγαλύτεροι τομείς που χρησιμοποιούν νερό. Οι εκτιμήσεις της τρέχουσας βιομηχανικής και οικιακής απόσυρσης νερού κυμαίνονται μεταξύ 691–894 km³ και 328–474 km³, αντίστοιχα. Η μελλοντική απόσυρση βιομηχανικών και δημοτικών υδάτων έχει προβλεφθεί χρησιμοποιώντας εμπειρικές προσεγγίσεις. Για παράδειγμα, ο Alcamo (2003, 2007) ανέπτυξε παλινδρομικά μοντέλα σε εθνικό επίπεδο για να μοντελοποιήσει την απόσυρση νερού σε απόκριση βασικών παραγόντων (π.χ. πληθυσμός, εισόδημα, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, βελτιώσεις απόδοσης) που χρησιμοποιούνται σε εκθετική μορφή για να εκφράσουν τα εμπειρικά γεγονότα ότι ανά δραστηριότητα η χρήση νερού μειώνεται συνεχώς με το χρόνο. Το μελλοντικό βιομηχανικό νερό στα μέσα και στα τέλη του 21ου αιώνα εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 433 και 3.313 km³ και μεταξύ 246 και 3.772 km³, αντίστοιχα. Αυτές οι περιοχές αντικατοπτρίζουν κυρίως τις διαφορές στις ρυθμίσεις βελτίωσης της απόδοσης. Όσον αφορά τα οικιακά ύδατα, το εύρος είναι 628-1.563 km³ και 573-1.726 km³, αντίστοιχα, για τις δύο μελλοντικές χρονικές περιόδους. Το μέσο (πρώτο και τρίτο τεταρτημόριο) της συνολικής απόσυρσης νερού για το παρόν, στα μέσα και στα τέλη του 21ου αιώνα είναι 3.770 (3.724–3.824), 5.806 (5.311–6.378) και 6.076 (5.063–6.984) km³, αντίστοιχα. Η Εικόνα 4.3 δείχνει ότι 19 από τις 35 εκτιμήσεις ξεπερνούν τα 2.000 km³ της πρόσθετης απόσυρσης νερού άρδευσης για βιοενέργεια παγκοσμίως, που αντιστοιχεί στο ήμισυ των σημερινών αποσύρσεων νερού. Αυτός ο πρόσθετος όγκος είναι περίπου ισοδύναμος με τις διαφορές στη συνολική απόληψη νερού μεταξύ SSP1 (4.295 km³), SSP2 (6,369 km³) και SSP3 (8,827 km³) το 2050 (Hanasaki et al.,2013a). Μια σημαντική αύξηση της απόληψης νερού για παραγωγή βιομάζας είναι πιθανό να εντείνει την

πίεση του νερού στις αντίστοιχες περιοχές, εάν δεν έχει σχεδιαστεί προσεκτικά ενόψει άλλων χρήσεων νερού. Ο εκτιμώμενος παγκόσμιος συνολικός πληθυσμός υπό πίεση για τα SSP1, SSP2 και SSP3 είναι 2.853, 3.642, 4.265 εκατομμύρια άτομα. Παρόλο που η χρήση του νερού είναι διαφορετική, συνεπάγεται ότι 2.000 km³ πρόσθετης άρδευσης μπορεί να αυξήσει τον πληθυσμό κατά 600-800 εκατομμύρια ανθρώπους (Hanasaki et al., 2013a). Ωστόσο, σε ολοκληρωμένες μελέτες που καλύπτουν όλους τους μεγάλους χρήστες νερού, η βιοενέργεια σε ένα συνεπές πλαίσιο, σε παγκόσμια κλίμακα αλλά χωρικά ρητή, ουσιαστικά λείπει.

4.3. Συμπεράσματα

Η παγκόσμια ζήτηση νερού για άρδευση φυτειών βιομάζας θεωρείται από την διαθέσιμη βιβλιογραφία στο εύρος των 125–11.350 km³ χρήση νερού (κατανάλωση), σε σύγκριση με περίπου 1.100–11.600 km³ για άλλες χρήσεις νερού (γεωργικές, βιομηχανικές και οικιακές).

Στην εκτίμηση της ζήτησης νερού άρδευσης των BPs χρησιμοποιούνται πολύ διαφορετικοί παράμετροι και κριτήρια σεναρίων που είναι κρίσιμα, συμπεριλαμβανομένων των πρωτογενών ενεργειών ή των αρνητικών ποσοτήτων εκπομπών, της υποτιθέμενης απόδοσης μετατροπής άνθρακα και της περιοχής φυτείας. Ωστόσο, για πολλές παραμέτρους δεν υπάρχουν αντίστοιχες δημοσιεύσεις. Για τον λόγο αυτό συνίσταται η αναφορά όλων των παραμέτρων σε δημοσιεύσεις, επιτρέποντας μια πιο απλή ερμηνεία και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Ένα ελάχιστο σύνολο αναφερόμενων παραμέτρων θα πρέπει να περιλαμβάνει την ετήσια κατανάλωση μπλε νερού και απόσυρση, είδη καλλιέργειας βιοενέργειας, βροχές και αρδευόμενες τοποθεσίες βιοενέργειας (συμπεριλαμβανομένης της συνολικής έκτασης), και συνολικές ποσότητες συγκομιδής βιοενέργειας.

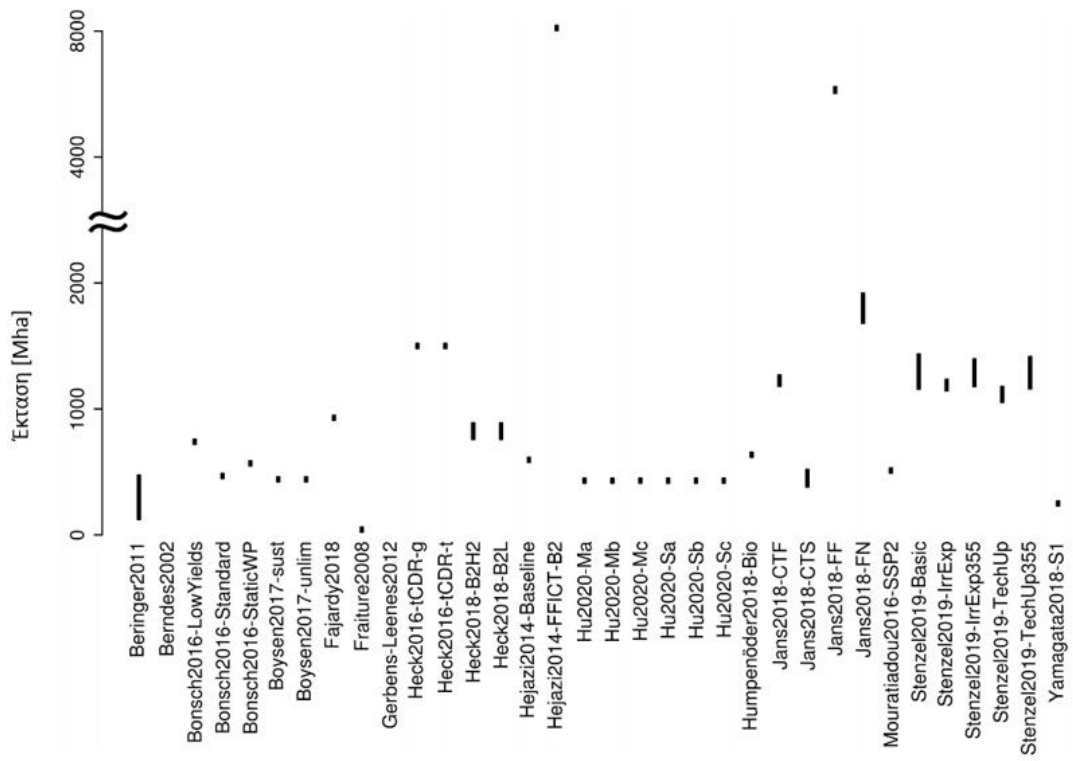
Παραδόξως, δεν υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ των αναγκών σε νερό και της συνολικής παραγωγής βιοενέργειας. Ωστόσο, συγκρίνοντας τη ζήτηση γλυκού νερού ανά συγκομιδή βιομάζας, διαπιστώνουμε ότι τα περισσότερα από τα σεναρία κυμαίνονται μεταξύ 100-1000 km³GtC⁻¹. Το πλήρες εύρος των 15–1,250 km³GtC⁻¹ για τη συγκομιδή βιομάζας συνεπάγεται ότι δεδομένης της απόδοσης μετατροπής άνθρακα 50%, ίσως χρειάζονται 99–8.250 km³ για τα NEs 3,3 GtC. Αυτές οι πρόσθετες

απαιτήσεις σε νερό για βιοενέργεια, οι οποίες είναι στο ίδιο μέγεθος των προβλέψεων της ζήτησης νερού για συμβατική χρήση φαίνεται να σκιαγράφουν μια εικόνα του μέλλοντος όπου η λειψυδρία μπορεί να γίνει παγκόσμιο και διαρκές ζήτημα.

Επιθυμητό θα ήταν να συμπεριληφθούν, επίσης, τοπικές μελέτες σε αυτή την ανάλυση, αλλά αυτό απαιτεί περισσότερες πληροφορίες από αυτές που παρέχονται συνήθως, όπως για παράδειγμα ανάλυση της τοπικής απόδοσης ή/και της παραγωγικότητας του νερού, καθώς και δεδομένα για άλλους τομείς χρήσης νερού.

Εκτός από τη ζήτηση γλυκού νερού, οι πιθανές επιπτώσεις των BP προέρχονται κυρίως από την κάλυψη γης και τη μετατροπή της χρήσης γης. Η αντικατάσταση της φυσικής βλάστησης με φυτείες βιοενέργειας μπορεί να επηρεάσει τη βιοποικιλότητα, ενώ, αν καλλιεργηθεί σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, θα παραβίαζε την ασφάλεια των τροφίμων. Συνολικά, τα περισσότερα σενάρια που αναλύθηκαν δεν αντικαθιστούν ρητά τα υφιστάμενα καλλιεργήσιμα εδάφη από τις BP. Αυτό με τη σειρά του σημαίνει ότι οι περισσότερες μελέτες (τουλάχιστον σιωπηρά) προϋποθέτουν επενδύσεις σε πρόσθετες υποδομές άρδευσης. Ορισμένα σενάρια προστατεύουν επίσης ρητά τις ευάλωτες φυσικές περιοχές. Αυτές οι εκτιμήσεις προωθούν τη χρήση οριακών ή υποβαθμισμένων εκτάσεων για BP.

Αυτή η ανασκόπηση παρέχει μια πρώτη ολοκληρωμένη επισκόπηση της τρέχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με τις παγκόσμιες προβολές της ζήτησης γλυκού νερού για αρδευόμενες φυτείες βιοενέργειας. Επιπλέον, είναι η πρώτη μελέτη που υπογραμμίζει την πιθανή εξάρτηση από την άρδευση για την BECCS για την παροχή NE για φιλόδοξους κλιματικούς στόχους και ζητεί περαιτέρω διερεύνηση και αναφορά σχετικά με τις υποκείμενες υποθέσεις (μοντέλο). Ολοκληρωμένες μελέτες λαμβάνοντας υπόψη όλους τους τομείς της χρήσης νερού, η βιοενέργεια (μαζί με πιθανές αντισταθμίσεις βάσει λεπτομερούς κατανόησης των τοπικών περιορισμών) είναι ιδιαίτερα επιθυμητή και μια απαίτηση για καλύτερη κατανόηση των ορίων και των επιλογών της μελλοντικής συνολικής χρήσης και κατανάλωσης νερού. Στην Εικόνα 4.5 παρουσιάζεται η συνολική παγκόσμια έκταση βιοενέργειας που έχει αναφερθεί στην παραπάνω ανάλυση.



Εικόνα 4.5 Επισκόπηση της αναφερόμενης συνολικής παγκόσμιας έκτασης βιοενέργειας (Πηγή: *Global scenarios of irrigation water use for bioenergy production: a systematic review*)

5. ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

5.1. Βιοαιθανόλη

5.1.1. Γενικά

Το πρώτο υποκατάστατο της βενζίνης σε κινούμενα οχήματα είναι η βιοαιθανόλη. Η αιθανόλη μπορεί να αναμειχθεί με βενζίνη χωρίς προβλήματα, με αλκοόλη 15 – 20% κατ' όγκο. Οι αλκοόλες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τα καύσιμα κίνησης είναι η μεθανόλη (CH₃OH), αιθανόλη (C₂H₅OH), προπανόλη (C₃H₇OH), και η βουτανόλη (C₄H₉OH). Ωστόσο, μόνο οι δύο πρώτες αλκοόλες είναι τεχνικά και οικονομικά κατάλληλες ως καύσιμα για κινητήρες εσωτερικής καύσης (ICEs). Τα καύσιμα αλκοόλης είναι συνήθως βιολογικά παρά πετρελαιοπηγές. Όταν λαμβάνονται από βιολογικές πηγές, μερικές φορές είναι γνωστές ως βιοαλκοόλες.

5.1.2. Διαδικασία παραγωγής

Η βιολογικά παραγόμενη αιθανόλη περιέχει περίπου 5% νερό. Αυτό το μείγμα μπορεί επίσης να μην καθαριστεί με απλή απόσταξη, καθώς σχηματίζει αζεοτροπικό μείγμα. Οι βιοαλκοόλες βρίσκονται ακόμη σε αναπτυξιακά και ερευνητικά στάδια.

Τα μείγματα βενζίνης και αιθανόλης ονομάζονται gasohol. Το E10, μερικές φορές ονομάζεται gasohol, είναι ένα μείγμα καυσίμου 10% αιθανόλης και 90% βενζίνης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα ICE των περισσότερων σύγχρονων αυτοκινήτων. Gasohol μια επέκταση βενζίνης κατασκευασμένη από ένα μείγμα βενζίνης (90%) και αιθανόλης (10% συχνά λαμβάνεται με ζύμωση γεωργικών καλλιεργειών ή αποβλήτων καλλιέργειας) ή βενζίνης (97%) και μεθανόλης (3%). Το Gasohol έχει πιο έντονες ιδιότητες οκτανίου ή αντικραδασμικής από τη βενζίνη και καίει πιο αργά, δροσερά και πλήρως, με αποτέλεσμα μειωμένες εκπομπές ορισμένων ρύπων, αλλά εξατμίζεται επίσης πιο εύκολα, δυνητικά επιδεινώνοντας τη ρύπανση του όζοντος σε ζεστό καιρό.

Η άνυδρη αιθανόλη αναμιγνύεται εύκολα με βενζίνη. Η ενυδατωμένη αιθανόλη που περιέχει περισσότερο από 2% κατ' όγκο νερό δεν αναμιγνύεται εντελώς με βενζίνη. Η ενυδατωμένη αιθανόλη δεν αναμιγνύεται με το ντίζελ αλλά μπορεί να σχηματίσει ένα γαλάκτωμα χρησιμοποιώντας έναν κατάλληλο γαλακτωματοποιητή. Το Diesohol

είναι ένα καύσιμο που περιέχει αλκοόλη που περιλαμβάνει ένα μείγμα καυσίμου ντίζελ (84,5%), ενυδατωμένης αιθανόλης (15%) και γαλακτωματοποιητή (0,5%). Ο γαλακτωματοποιητής που επιτρέπει την ανάμειξη στην αιθανόλη και στο ντίζελ αποτελείται από συμπολυμερές στυρολίου-βουταδιενίου το οποίο διαλύεται στο καύσιμο ντίζελ και ένα πολυαιθυλενοξειδίο-πολυστυρόλιο υμπολυμερές που διαλύεται στην ενυδατωμένη αλκοόλη.

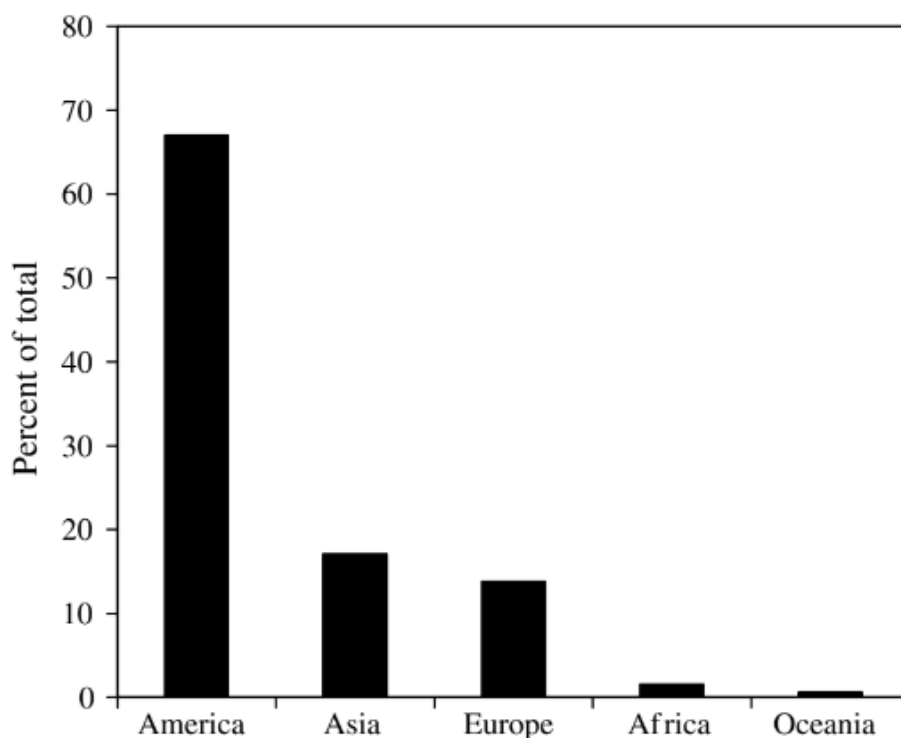
Η ενυδατωμένη (ή αζεοτροπική) αιθανόλη είναι αιθυλική αλκοόλη που περιέχει περίπου 5% νερό. Ενυδατωμένη αιθανόλη προερχόμενη από ζάχαρη ή αιθανόλη προερχόμενη από άμυλο σίτου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή Diesohol. Η παραγωγή ενυδατωμένης αιθανόλης είναι διύλιση ενός σταδίου. Η αιθανόλη παράγεται με τη ζύμωση διαλυμάτων ζάχαρης από ζαχαροκάλαμο ή καλλιέργειες σιτηρών. Η δράση της ζύμης στη ζάχαρη παράγει ένα διάλυμα που περιέχει περίπου 12% αιθανόλη. Η αλκοόλη μπορεί να συμπυκνωθεί με απόσταξη για παραγωγή έως 96% αιθανόλης. Η απομάκρυνση του υπόλοιπου νερού 4% απαιτεί ειδική επεξεργασία.

Η κύρια επίδραση του diesohol στην απόδοση του κινητήρα είναι η σημαντική μείωση των ορατών εκπομπών καπνού και σωματιδίων. Η θερμική απόδοση του κινητήρα αυξάνεται έως και οκτώ τοις εκατό όταν λειτουργεί με το Dieohol. Υπάρχει επίσης μια σημαντική συνολική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα .

Αιθανόλη ή αιθυλική αλκοόλη που παράγεται με υδρόλυση και στη συνέχεια με διαδικασίες ζύμωσης από βιομάζα ονομάζεται βιοαιθανόλη. Οι υδατάνθρακες (ημικυτταρίνες και κυτταρίνη) σε φυτικά υλικά μπορούν να μετατραπούν σε σάκχαρα με διαδικασία υδρόλυσης. Η ζύμωση είναι μια αναερόβια βιολογική διαδικασία στην οποία τα σάκχαρα μετατρέπονται σε αλκοόλ με τη δράση μικροοργανισμών, συνήθως ζύμης. Η αλκοόλη που προκύπτει από τις διεργασίες είναι αιθανόλη. Η αξία οποιουδήποτε συγκεκριμένου τύπου βιομάζας ως πρώτη ύλη για ζύμωση εξαρτάται από την ευκολία με την οποία μπορεί να μετατραπεί σε σάκχαρα.

Η βιοαιθανόλη είναι ένα καύσιμο που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές πρώτων υλών. Συνήθως φυτά όπως σιτάρι, ζαχαρότευτλα, καλαμπόκι, άχυρο και ξύλο. Η βιοαιθανόλη είναι ένα πρόσθετο / υποκατάστατο βενζίνης. Είναι πιθανό το ξύλο, το άχυρο και ακόμη και τα απόβλητα οικιακής χρήσης να μετατραπούν οικονομικά σε

βιοαιθανόλη. Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζεται η παραγωγή της αιθανόλης σε διαφορετικές ηπείρους.



Εικόνα 5.1 Παραγωγή αιθανόλης ανά ήπειρο (Πηγή: *Energy Conversion and Management 2008*)

Σύμφωνα με το πρότυπο ποιότητας EN 228 της ΕΕ η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μείγμα 5% με βενζίνη. Αυτό το μείγμα δεν απαιτεί τροποποίηση κινητήρα και καλύπτεται από εγγυήσεις οχημάτων. Με τροποποίηση κινητήρα, η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υψηλότερα επίπεδα, για παράδειγμα, E85 (85% βιοαιθανόλη).

Η βιοαιθανόλη μπορεί να παραχθεί από μια μεγάλη ποικιλία υδατανθράκων με γενικό τύπο $(CH_2O)_n$. Η ζύμωση της σακχαρόζης πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ζυμομύκητα του εμπορίου όπως το *Saccharomyces cerevisiae*. Πρώτο, το ένζυμο invertase στη ζύμη καταλύει την υδρόλυση της σακχαρόζης για να την μετατρέψει σε γλυκόζη και φρουκτόζη. Δεύτερον, η ζυμάση, ένα άλλο ένζυμο που υπάρχει επίσης στο ζυμομύκητα, μετατρέπει τη γλυκόζη και τη φρουκτόζη σε αιθανόλη. Αυτό το βήμα απαιτεί μακροχρόνια επεξεργασία και ακολουθεί κανονικά ένα βραχυπρόθεσμο στάδιο προεπεξεργασίας.

Η μεθανόλη, επίσης γνωστή ως «αλκοόλη ξύλου», είναι ευκολότερο να βρεθεί από την αιθανόλη. Η μεθανόλη, μία από τις πιο σημαντικές βιομηχανικά χημικές ουσίες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ως καθαρό καύσιμο ή ως πρόσθετο στη βενζίνη. Μπορεί να μετατραπεί σε βενζίνη χρησιμοποιώντας έναν καταλύτη επιλεκτικό σχήματος (ZSM-5). Οι βιώσιμες μέθοδοι παραγωγής μεθανόλης δεν είναι οικονομικά βιώσιμες. Η παραγωγή μεθανόλης από βιομάζα είναι μια χημική διεργασία με υψηλό κόστος. Συνεπώς, υπό τις τρέχουσες συνθήκες, για την παραγωγή μεθανόλης χρησιμοποιούνται μόνο απόβλητα βιομάζας όπως παλιό ξύλο ή βιολογικά απόβλητα. Οι περισσότερες διαδικασίες απαιτούν συμπληρωματικό οξυγόνο για την ενδιάμεση μετατροπή της βιομάζας σε αέριο σύνθεσης ($H_2 + CO$). Μια άμεσα διαθέσιμη παροχή υδρογόνου και οξυγόνου, επομένως, θα βελτιώσει τη συνολική παραγωγικότητα της μεθανόλης που προέρχεται από βιομάζα. Η μεθανόλη παράγεται επί του παρόντος από φυσικό αέριο αλλά μπορεί επίσης να παρασκευαστεί χρησιμοποιώντας βιομάζα μέσω μερικών αντιδράσεων οξείδωσης. Η μεθανόλη είναι πολύ πιο εύκολο να ανακτηθεί από την αιθανόλη.

Η αιθανόλη σχηματίζει αζεοτροπικό με νερό, οπότε είναι ακριβό να καθαριστεί η αιθανόλη κατά την ανάκτηση. Εάν το νερό δεν αφαιρεθεί, θα επηρεάσει τις αντιδράσεις. Η μεθανόλη ανακυκλώνεται ευκολότερα επειδή δεν σχηματίζει αζεοτροπικό. Αυτοί οι δύο παράγοντες είναι ο λόγος ότι παρόλο που η μεθανόλη είναι πιο τοξική, είναι η προτιμώμενη αλκοόλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Η μεθανόλη έχει σημείο ανάφλεξης 283 K, ενώ το σημείο ανάφλεξης της αιθανόλης είναι 281 K, οπότε και τα δύο θεωρούνται πολύ εύφλεκτα.

Η αιθανόλη παράγει ένα καύσιμο ευνοϊκό για το περιβάλλον. Το συστηματικό αποτέλεσμα της αιθυλικής αλκοόλης διαφέρει από αυτό της μεθυλικής αλκοόλης. Η αιθυλική αλκοόλη οξειδώνεται ταχέως στο σώμα σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό, και σε αντίθεση με τη μεθυλική αλκοόλη δεν εμφανίζεται σωρευτική επίδραση. Η αιθανόλη είναι επίσης μια προτιμώμενη αλκοόλη στη διαδικασία διεστεροποίησης σε σύγκριση με τη μεθανόλη επειδή προέρχεται από γεωργικά προϊόντα και είναι ανανεώσιμη και βιολογικά λιγότερο απορριπτέα στο περιβάλλον.

Επειδή οι αλκοόλες, ειδικά η μεθανόλη, μπορούν να αναφλεγούν εύκολα από θερμές επιφάνειες, μπορεί να προκληθεί προανάφλεξη. Πρέπει να τονιστεί εδώ ότι η προανάφλεξη και η πρόσκρουση των κινητήρων με οινόπνευμα είναι πολύ πιο επικίνδυνη κατάσταση από τους κινητήρες με βενζίνη. Άλλες ιδιότητες, ωστόσο, είναι ευνοϊκές για την αύξηση της ισχύος και τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Τέτοιες ιδιότητες έχουν ως εξής: (1) ο αριθμός μορίων ή προϊόντων είναι μεγαλύτερος από αυτόν των αντιδρώντων. (2) τα εκτεταμένα όρια αναφλεξιμότητας (3) ο υψηλός αριθμός οκτανίων % (4) η υψηλή λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης. (5) η σταθερή θερμοκρασία βρασμού. και (6) η υψηλή πυκνότητα. (Ayhan Demirbas, 2008)

5.1.3. Κόστος παραγωγής

Η βιοαιθανόλη παράγεται κυρίως στην Βραζιλία και στις ΗΠΑ. Παράγουν το 75% περίπου της αιθανόλης του πλανήτη. Για την παραγωγή της βιοαιθανόλης χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη το ζαχαροκάλαμο στη Βραζιλία, αραβόσιτος στις ΗΠΑ, δημητριακά, (σιτάρι, κριθάρι κ.α.) και ζαχαρότευτλα στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Το κόστος παραγωγής της αιθανόλης από καλαμπόκι στις ΗΠΑ είναι 0,21€/L και στα πρατήρια καυσίμων η τιμή πώλησης του καυσίμου E85 (85% αιθανόλη + 15% βενζίνη) είναι 0,50€/L όταν η αντίστοιχη τιμή της βενζίνης είναι 0,58€/lt (Ιούλιος 2007). Λόγω της διαφοράς του ενεργειακού περιεχομένου μεταξύ αιθανόλης και βενζίνης, το κόστος της αιθανόλης που ισοδυναμεί με ένα λίτρο βενζίνης είναι 0,71€/L. Στον Πίνακα 5.1 αναλύεται το κόστος παραγωγής της σόγιας, του καλαμποκιού και της ζάχαρης καθώς και των προϊόντων παραγωγής αιθανόλης. Στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζεται το κόστος παραγωγής βιοαιθανόλης ανά κυβικό για κάθε καλλιέργεια.

Πίνακας 5.1 Παραγωγή προϊόντων και αιθανόλης ανά καλλιέργεια

	Παραγωγή kg/m ²	€ / Κιλό	Παραγωγή €/m ²
Προϊόντα:			
Σόγια	0,3	0,218	0,0654
Καλαμπόκι	0,2	0,083	0,0166
Ζάχαρη	1,1	0,173	0,1903
Παραγωγή αιθανόλης απο:			
Καλαμπόκι	0,079		
Ρύζι	0,21	0,398	0,08358
Σόγια	0,12	0,513	0,06156
Ζαχαροκάλαμο	0,51	0,346	0,17646

Πίνακας 5.2 Κόστος παραγόμενης βιοαιθανόλης ανά καλλιέργεια

Καλλιέργεια	Κόστος Βιοαιθανόλης (€/m³)
Ζαχαρότευλο (15€/tn)	230-530
Ζαχαροκάλαμο	170-200
Πατάτες	760
Καλαμπόκι (90€/tn)	230-320
Σιτάρι (110€/tn)	590
Γλυκό Σόργο	155-230
Λιγνίνη (υδρόλυση με οξύ)	345
Λιγνίνη (ενζυματική υδρόλυση)	140
Αιθανόλη χημικά παρασκευασμένη	415

5.2. Βιοαέριο

5.2.1. Γενικά

Το οργανικό κλάσμα σχεδόν οποιασδήποτε μορφής βιομάζας, συμπεριλαμβανομένης της ύλης λυμάτων, των ζωικών αποβλήτων και των βιομηχανικών λυμάτων, μπορεί να αναλυθεί μέσω αναερόβιας πέψης σε μείγμα μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα ονομάζεται «βιοαέριο». Το βιοαέριο είναι ένα φιλικό προς το περιβάλλον, καθαρό, φθινό και ευέλικτο καύσιμο. Το βιοαέριο είναι ένα πολύτιμο καύσιμο που παράγεται σε χωνευτικά γεμάτα με πρώτες ύλες όπως κοπριά ή λύματα. Η πέψη πραγματοποιείται για μια περίοδο από δέκα ημέρες έως μερικές εβδομάδες.

Το πρώτο εργοστάσιο χώνευσης μεθανίου χτίστηκε σε αποικία λεπρών στη Βομβάη της Ινδίας το 1859. Ένα σύστημα χωνευτή μεθανίου, που συνήθως αναφέρεται ως αναερόβιος χωνευτής (AD) είναι μια συσκευή που προωθεί την αποσύνθεση της κοπριάς ή την πέψη των οργανικών στην κοπριά σε απλά οργανικά και αέρια προϊόντα βιοαερίου. Υπάρχουν τρεις τύποι συνεχών χωνευτών: συστήματα κάθετων δεξαμενών, συστήματα οριζόντιας δεξαμενής ή βύσματος και συστήματα πολλαπλών δεξαμενών. Ο σωστός σχεδιασμός, η λειτουργία και η συντήρηση των συνεχών χωνευτών παράγουν μια σταθερή και προβλέψιμη παροχή χρήσιμου βιοαερίου. Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι βιο-χωνευτών, συμπεριλαμβανομένων του κυμαινόμενου τυμπάνου, του σταθερού θόλου, του σάκου, του πλαστικού σωλήνα, της ροής βύσματος και των αναερόβιων χωνευτή κάλυψης αναερόβιας λάσπης.

5.2.2. Διαδικασία παραγωγής

Η αναερόβια αποσύνθεση είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Το μεθάνιο παράγεται σε περιβάλλον όπου η οργανική ύλη συσσωρεύεται και το οξυγόνο απουσιάζει. Η διαδικασία με την οποία τα αναερόβια βακτήρια αποσυνθέτουν οργανική ύλη σε μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και μια πλούσια σε θρεπτικά συστατικά λάσπη περιλαμβάνει μια σταδιακή σειρά αντιδράσεων που απαιτούν τη συνεργατική δράση πολλών οργανισμών. Εμφανίζεται σε τρία βασικά στάδια ως αποτέλεσμα της δραστηριότητας μιας ποικιλίας μικροοργανισμών. Αρχικά, μια ομάδα μικροοργανισμών μετατρέπει το οργανικό υλικό σε μορφή που μια δεύτερη ομάδα

οργανισμών χρησιμοποιεί για να σχηματίσει οργανικά οξέα. Τα αναερόβια βακτήρια που παράγουν μεθάνιο (μεθανογόνα) χρησιμοποιούν αυτά τα οξέα και ολοκληρώνουν τη διαδικασία αποσύνθεσης. Στο πρώτο στάδιο, μια ποικιλία πρωτογενών παραγωγών (acidogens) διασπά τα ακατέργαστα απόβλητα σε απλούστερα λιπαρά οξέα. Στο δεύτερο στάδιο, μια διαφορετική ομάδα οργανισμών (μεθανογόνα) καταναλώνει τα οργανικά οξέα που παράγονται από τα οξινογόνα, δημιουργώντας βιοαέριο ως μεταβολικό υποπροϊόν. Κατά μέσο όρο, τα οξινογόνα αναπτύσσονται πολύ πιο γρήγορα από τα μεθανογόνα. Τέλος, τα οργανικά οξέα μετατρέπονται σε βιοαέριο.

Μια ποικιλία παραγόντων επηρεάζουν το ρυθμό πέψης και παραγωγής βιοαερίου. Το πιο σημαντικό είναι η θερμοκρασία. Οι κοινότητες των αναερόβιων βακτηρίων μπορούν να αντέξουν σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από κάτω από την κατάψυξη έως πάνω από 330,4 K, αλλά ευδοκίμουν καλύτερα σε θερμοκρασίες περίπου 309,9 K (μεσοφιλικές) και 327,6 K (θερμοφιλικές). Η δραστηριότητα των βακτηρίων, και συνεπώς η παραγωγή βιοαερίου, μειώνεται σημαντικά μεταξύ περίπου 312,6 K και 324,9 K και σταδιακά από 308,2 K σε 273,2 K. Κατά μέσο όρο το 68% της καλλιεργούμενης γης παράγει σπόρους με το σιτάρι να κατατάσσεται πρώτο, το κριθάρι δεύτερο και το καλαμπόκι τρίτο στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τα γεωργικά στερεά υπολείμματα είναι δυνητικοί ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι. Τα απόβλητα αχύρου σίτου αντιπροσωπεύουν έναν πιθανό ενεργειακό πόρο εάν μπορούν να μετατραπούν σωστά και βιολογικά σε μεθάνιο. Είναι ανανεώσιμα και η καθαρή συνεισφορά CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι μηδενική. Κοπριές και μείγματα κοπριάς / άχυρο έχουν ερευνηθεί εκτενώς ως πηγές του βιοαερίου.

Σε μια διαδικασία χώνευσης μείγματος κοπριάς και αχύρου, για τις πρώτες 3 ημέρες, η απόδοση μεθανίου ήταν σχεδόν 0% και η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα ήταν σχεδόν 100%. Σε αυτήν την περίοδο, η πέψη έγινε ως αερόβια ζύμωση σε διοξείδιο του άνθρακα. Οι αποδόσεις των αερίων μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα ήταν πενήντα-πενήντα την 11η ημέρα. Στο τέλος της 20ής ημέρας, η πέψη έφτασε στη στάσιμη φάση. Η περιεκτικότητα του βιοαερίου σε μεθάνιο ήταν της τάξης του 73-79% για τις διαδρομές, ενώ το υπόλοιπο ήταν κυρίως διοξείδιο του άνθρακα. Κατά τη διάρκεια μιας περιόδου πέψης 30 ημερών, το 80-85% του βιοαερίου παρήχθη τις

πρώτες 15-18 ημέρες. Αυτό υπονοεί ότι ο χρόνος κατακράτησης του χωνευτήρα μπορεί να σχεδιαστεί σε 15-18 ημέρες αντί για 30 ημέρες.

Η αποσύνθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής συμβαίνει σε μια σειρά σταδίων, καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από την αύξηση ή μείωση συγκεκριμένων βακτηριακών πληθυσμών και τον σχηματισμό και χρήση ορισμένων μεταβολικών προϊόντων. Το πρώτο στάδιο της αποσύνθεσης, το οποίο συνήθως διαρκεί λιγότερο από μία εβδομάδα, χαρακτηρίζεται από την αφαίρεση οξυγόνου από τα απόβλητα από αερόβια βακτήρια. Στο δεύτερο στάδιο, το οποίο έχει ονομαστεί στάδιο αναερόβιου οξέος, ένας ποικίλος πληθυσμός υδρολυτικών και ζυμωτικών βακτηρίων υδρολύει πολυμερή, όπως κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, πρωτεΐνες και λιπίδια, σε διαλυτά σάκχαρα, αμινοξέα, καρβοξυλικά οξέα μακράς αλυσίδας και γλυκερόλη. Τα κύρια συστατικά του αερίου υγειονομικής ταφής είναι υποπροϊόντα της αποσύνθεσης οργανικού υλικού, συνήθως με τη μορφή οικιακών απορριμμάτων, από τη δράση φυσικών βακτηρίων υπό αναερόβιες συνθήκες.

Τα γεωργικά υπολείμματα είναι δύσκολο να αποικοδομηθούν βιοχημικά. Η προεπεξεργασία αχύρου με μηχανική μείωση μεγέθους, θερμική επεξεργασία ή / και χημική επεξεργασία με ισχυρά οξέα ή βάσεις συνήθως βελτιώνει την πεπτικότητα. Οι μέθοδοι χημικής προεπεξεργασίας είναι η επεξεργασία με ανθρακικό άλας, η αλκαλική υπεροξείδιο και η αμμωνία. Η επεξεργασία αμμωνίας έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις άλλες θεραπείες, όπως είναι η πηγή αζώτου για βιοαποικοδόμηση και το γεγονός ότι δεν δημιουργούνται ξεχωριστά ρεύματα λυμάτων από τη διαδικασία προεπεξεργασίας. Τα γεωργικά υπολείμματα περιέχουν χαμηλό άζωτο και έχουν αναλογίες άνθρακα προς άζωτο (C / N) περίπου 60-90. Η κατάλληλη αναλογία C / N για την αναερόβια πέψη είναι 25-35. Επομένως, το άζωτο πρέπει να συμπληρωθεί για να ενισχύσει την αναερόβια χώνευση των γεωργικών στερεών υπολειμμάτων. Το άζωτο μπορεί να προστεθεί σε ανόργανη μορφή όπως αμμωνία ή σε οργανική μορφή όπως κοπριά ζώων, ουρία ή απόβλητα τροφίμων. Μόλις απελευθερωθεί άζωτο από την οργανική ύλη, είναι το αμμώνιο που είναι υδατοδιαλυτό. Η ανακύκλωση του αζώτου στο χωνεμένο υγρό μειώνει την απαιτούμενη ποσότητα αζώτου. Η αναερόβια βιολογική επεξεργασία των γεωργικών στερεών αποβλήτων είναι μια διαδικασία που έχει λάβει μεγαλύτερη προσοχή τα

τελευταία χρόνια. Η μετατροπή αυτών των αποβλήτων σε μεθάνιο παρέχει λίγη ενέργεια και μπορεί να έχει ευεργετική επίδραση στο περιβάλλον και κατά τη διάρκεια της διαδικασίας πέψης σκοτώνονται βακτήρια στην κοπριά, πράγμα που είναι ένα μεγάλο όφελος για την υγεία του περιβάλλοντος. Η παραγωγή μεθανίου κατά τη διάρκεια της αναερόβιας πέψης βιολογικά αποικοδομήσιμης οργανικής ύλης εξαρτάται από την ποσότητα και το είδος του υλικού που προστίθεται στο σύστημα. (Ayhan Demirbas, 2008)

5.2.3. Κόστος Παραγωγής

Στην Σουηδία το 2005 λειτουργούσαν 230 μονάδες βιοαερίου με συνολική παραγωγή περίπου 1400 GWh. Το κόστος παραγωγής του βιοαερίου είναι 0,17 – 0,50 €/m³ και η τιμή αγοράς του αναβαθμισμένου αερίου είναι 0,50 – 0,90 €/m³, ενώ η τιμή της βενζίνης αντίστοιχα ανερχόταν 1,1 – 1,2 €/L.

5.3. Βιοέλαιο

5.3.1. Γενικά

Ο όρος βιο-έλαιο χρησιμοποιείται κυρίως για αναφορά σε υγρά καύσιμα. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τα βιολογικά έλαια να θεωρηθούν σχετικές τεχνολογίες τόσο από τις αναπτυσσόμενες όσο και από τις βιομηχανικές χώρες. Περιλαμβάνουν λόγους ενεργειακής ασφάλειας, περιβαλλοντικές ανησυχίες, εξοικονόμηση συναλλάγματος και κοινωνικοοικονομικά ζητήματα που σχετίζονται με τον αγροτικό τομέα. Τα βιο-έλαια είναι υγρά ή συμπυκνώσιμα αέρια καύσιμα κατασκευασμένα από υλικά βιομάζας, όπως γεωργικές καλλιέργειες, αστικά απόβλητα και γεωργικά και δασικά υποπροϊόντα μέσω βιοχημικών ή θερμοχημικών διεργασιών. Μπορούν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά καύσιμα σε κινητήρες οχημάτων είτε πλήρως είτε εν μέρει σε συνδυασμό.

5.3.2. Διαδικασία παραγωγής

Η πυρόλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιο-λαδιού, εάν χρησιμοποιούνται διαδικασίες πυρόλυσης flash και βρίσκονται επί του παρόντος σε πιλοτικό στάδιο. Ορισμένα προβλήματα στη διαδικασία μετατροπής και τη χρήση του λαδιού πρέπει να ξεπεραστούν. Αυτά περιλαμβάνουν κακή θερμική σταθερότητα και διαβρωτικότητα του λαδιού. Ενδέχεται να απαιτείται αναβάθμιση με μείωση της περιεκτικότητας σε οξυγόνο και αφαίρεση αλκαλίων μέσω υδρογόνωσης και καταλυτικής πυρόλυσης του λαδιού για ορισμένες εφαρμογές.

Η πυρόλυση παράγει ενεργειακά καύσιμα με υψηλές αναλογίες καυσίμου προς τροφοδοσία, καθιστώντας την την πιο αποτελεσματική διαδικασία για μετατροπή βιομάζας και τη μέθοδο που είναι πιο ικανή να ανταγωνίζεται και τελικά να αντικαθιστά μη ανανεώσιμους πόρους ορυκτών καυσίμων. Η μετατροπή της βιομάζας σε βιο-έλαιο μπορεί να έχει απόδοση έως και 70% για τις γρήγορες διαδικασίες πυρόλυσης.

Πυρόλυση / ρωγμή, που ορίζεται ως η διάσπαση σε μικρότερα μόρια με θερμική ενέργεια. Το υδρογόνο μπορεί να παραχθεί οικονομικά από ξυλώδη βιομάζα. Η βιομάζα μπορεί να υποστεί θερμική επεξεργασία μέσω αεριοποίησης ή πυρόλυσης για την παραγωγή υδρογόνου.

Η συμβατική πυρόλυση της βιομάζας σχετίζεται με το προϊόν ενδιαφέροντος με υψηλή περιεκτικότητα άνθρακα, αλλά η γρήγορη πυρόλυση σχετίζεται με προϊόντα όπως πίσσα, σε χαμηλή θερμοκρασία (675-775 K), και / ή αέριο, σε υψηλή θερμοκρασία. Τα υγρά Fischer – Tropsh θα διεισδύσουν εάν υπάρχουν μεγάλες ποσότητες λανθάνοντος φυσικού αερίου που πωλούνται σε πολύ χαμηλές τιμές, ενώ ταυτόχρονα το πετρέλαιο είναι ακριβό ή απαιτείται πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο στο καύσιμο ντίζελ.

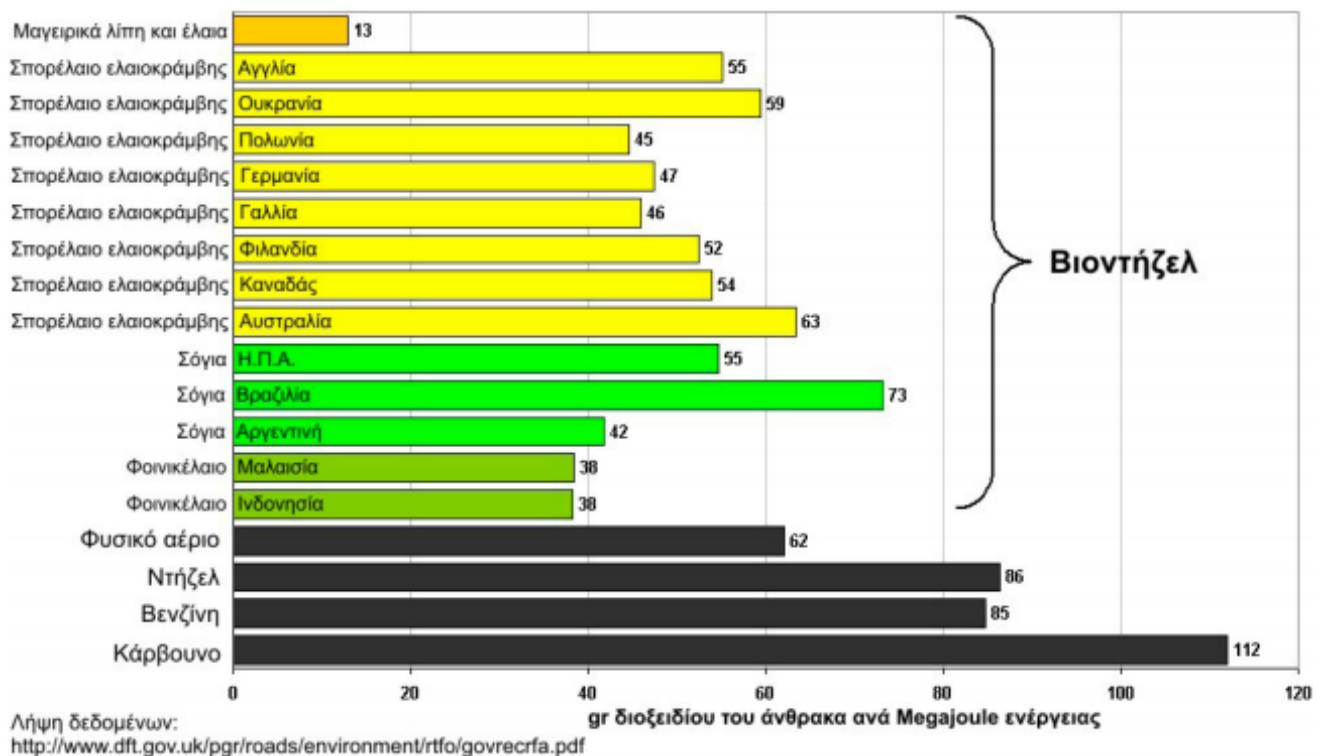
Το FTS μπορεί να πραγματοποιηθεί σε υπερκρίσιμο ρευστό μέσο (SFM). Όταν το εξάνιο χρησιμοποιείται ως ρευστό, με αυξανόμενη πίεση στο υπερ-κρίσιμο μέσο, αυξάνεται η πυκνότητα και η θερμική ικανότητα της φάσης που κυριαρχεί το εξάνιο. Η μείωση των ποσοστών μεταφοράς μάζας στην υψηλότερη πίεση αντισταθμίζεται κάπως από την αύξηση των εγγενών ρυθμών αντίδρασης. Σε ταχύτητα χώρου 135 g

εξανίου / g καταλύτη / ώρα, ο ισομερισμός στο τέλος της εκτέλεσης (8 ώρες) είναι περίπου διπλάσιος και οι ρυθμοί απενεργοποίησης είναι τριπλάσιοι σε σχεδόν κρίσιμο σε σύγκριση με το μείγμα υποκριτικής αντίδρασης. (Ayhan Demirbas, 2008)

5.4. Βιοντίζελ

5.4.1. Γενικά

Κάθε φυτικό έλαιο ή ζωικό λίπος που έχει (ή μπορεί σχετικά εύκολα να αποκτήσει) συγκρίσιμες ιδιότητες ως καύσιμο με το ντίζελ ονομάζεται βιοντίζελό και για αυτό το λόγο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιολογικής προέλευσης υποκατάστατο του. Χημικά, αποτελείται από μακρές αλυσίδες καρβοξυλικούς αλκυλεστέρες (RCOOR), μεθυλεστέρες (RCOOCH₃), αιθυλεστέρες (RCOOCH₂CH₃) ή προπυλεστέρες (RCOOCH₂CH₂CH₃). Το βιοντίζελ πρόκειται να χρησιμοποιείται σε κινητήρες ντίζελ και γι' αυτό διακρίνεται από καύσιμα σε κινητήρες ντίζελ που παράγονται από φυτικά και απόβλητα έλαια και έχουν υποστεί κατάλληλη μετατροπή. Ως καύσιμο ντίζελ χρησιμοποιείται το βιοντίζελ, σκέτο ή σε μίγματα πετροντίζελ, σε διάφορες αναλογίες. Τα μίγματα βιοντίζελ χρησιμοποιούνται και ως πετρέλαιο θέρμανσης. Το βιοντίζελ χρησιμοποιείται στην Ευρώπη, ενώ στις ΗΠΑ η χρήση του αυξάνεται με το χρόνο. Με βάση την οδηγία, της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2003/30/ΕC προγραμματίζεται η αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων στα καύσιμα κίνησης. Υπάρχουν πολλά περιβαλλοντικά οφέλη υπέρ της χρήσης βιοντίζελ ενάντια του συμβατικού ντίζελ. Το παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 5.2) παρουσιάζει την εκπομπή CO₂ από βιοντίζελ διαφόρων πηγών προέλευσης, σε σύγκριση με συμβατικά μη ανανεώσιμα καύσιμα (φυσικό αέριο, ντίζελ, βενζίνη και κάρβουνο) για την παραγωγή συγκεκριμένου ποσού ενέργειας. (Hamid Omidvarborna, Ashok Kumar, Dong-ShikKim, 2014)



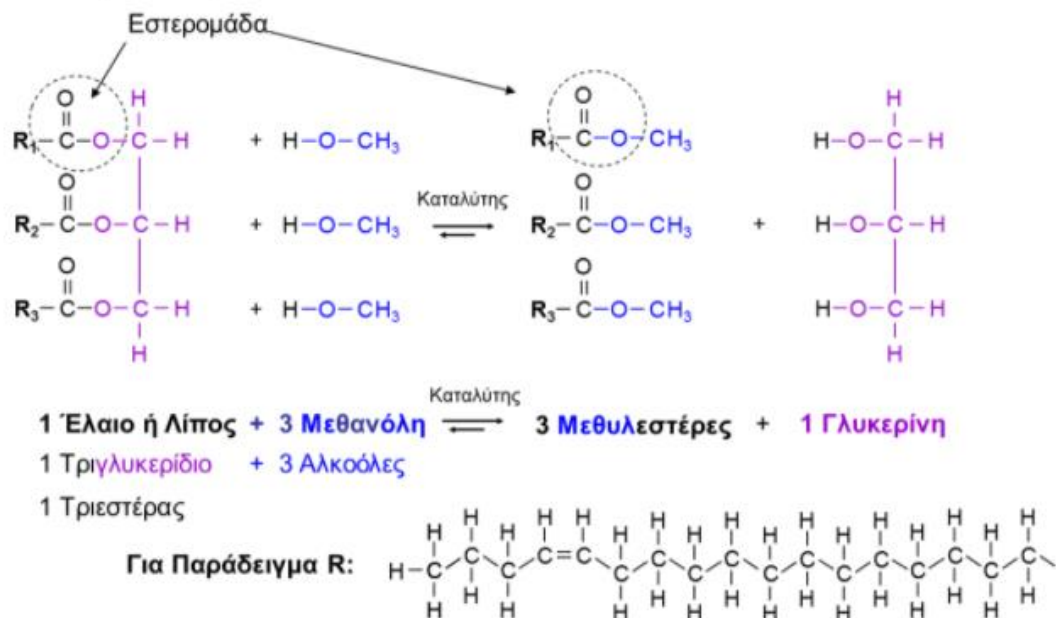
Εικόνα 5.2 Εκπομπές CO₂ από διαφορετικής προέλευσης βιοντίζελ σε σύγκριση με τις αντίστοιχες από μη ανανεώσιμα ορυκτά καύσιμα (Πηγή: www.kallipos.gr)

5.4.2. Διαδικασία παραγωγής

Το βιοντίζελ παράγεται από την μετεστεροποίηση των τριγλυκεριδίων (TGs) και της εστεροποίησης των ελεύθερων λιπαρών οξέων (FFAs) με αλκοόλες μικρού μοριακού βάρους. Η μεθανόλη και η αιθανόλη χρησιμοποιούνται ως ακυλοδότες για την παραγωγή των εστέρων των λιπαρών οξέων κατά την παραγωγή του βιοντίζελ με τη μέθοδο της αλκοόλυσης. Τις περισσότερες φορές χρησιμοποιείται η μεθανόλη επειδή είναι πιο φθηνή και λόγω των φυτικών και χημικών πλεονεκτημάτων που διαθέτει. Η αντίδραση καταλύεται από βάσεις, οξέα και ένζυμα και πραγματοποιείται σε χαμηλές ή υψηλές συνθήκες. Επίσης, οι αιθυλεστέρες παράγονται από αιθανόλη, η οποία μπορεί να παραχθεί από αγροτικά παραπροϊόντα ή από βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς, καθιστώντας τη διεργασία περιβαλλοντικά φιλικότερη. Η προπανόλη, ισοπροπανόλη, βουτανόλη (κανονική ή τριτοταγής), διακλαδισμένες αλκοόλες και οκτανόλη λειτουργούν ως εναλλακτικοί ακυλο-δότες στις αντιδράσεις αλκοόλυσης. Για την παραγωγή εστέρων των λιπαρών οξέων ως βιοντίζελ μπορούν να χρησιμοποιηθούν άκυλο-δότες όπως μεθυλ- και αιθυλ- οξικό, ώστε να αντιδράσουν

με τριγλυκερίδια (τριακυλογλυκερίδια, TAG). Προκειμένου οι αντιδράσεις να καταλυθούν, ως καταλύτης λειτουργεί μια βάση, ένα οξύ ή μία λίπανση.

Μετεστεροποίηση



Εικόνα 5.3 Μετεστεροποίηση (Πηγή: *agroenergy.gr*)

Το κύριο συστατικό των φυτικών ελαίων και των ζωικών λιπών, αποτελούν τα τριγλυκερίδια. Στα απόβλητα ή υπολειμματικά φυτικά έλαια και ζωικά λίπη περιέχονται σε σημαντικές περιεκτικότητες τα ελεύθερα λιπαρά οξέα.

Η μετεστεροποίηση βασίζεται συνήθως στη χρήση βασικών ομογενών καταλυτών όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.3 στην διαδικασία της μετεστεροποίησης. Η βασική ομογενής κατάλυση απαιτεί ως πρώτες ύλες φυτικά έλαια και ζωικά λίπη χωρίς υγρασία (<0,05% κ.β.) και ελεύθερα λιπαρά οξέα (<0,5% κ.β.). Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν πρώτες ύλες με υψηλότερες συγκεντρώσεις υγρασίας και οξύτητας εμφανίζονται προβλήματα που σχετίζονται με τον σχηματισμό σαπώνων λόγω της ανεπιθύμητης αντίδρασης της σαπωνοποίησης των ελεύθερων οξέων από τον βασικό καταλύτη. Ως αποτέλεσμα των προβλημάτων αυτών είναι η αύξηση του κόστους παραγωγής του βιοντίζελ. Επίσης, αύξηση του κόστους συμβαίνει στην διαδικασία καθαρισμού της γλυκερίνης που προκύπτει ως παραπροϊόν της αντίδρασης, για την παραγωγή της γλυκερίνης υψηλής αξίας όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.4.

Η αντίδραση της μετεστερεοποίησης καταλύεται επίσης και από οξέα. Οι όξινοι ομογενείς καταλύτες ολοκληρώνουν την αντίδραση με μικρότερους όμως ρυθμούς αντίδρασης χωρίς να επηρεαστούν από την παρουσία ελεύθερων οξέων στην πρώτη ύλη. Οι καταλύτες αυτοί προκαλούν διάβρωση του μηχανολογικού εξοπλισμού έτσι το βιοντίζελ πρέπει να καθαριστεί από τα υπολείμματα όξινου καταλύτη, για να μην προκαλέσουν διάβρωση στον κινητήρα αλλά και επειδή είναι ρυπογόνα για το περιβάλλον όταν καούν σε συνδυασμό με το καύσιμο. Συνεπώς, η όξινη ομογενής κατάλυση δεν προτιμάτε πλέον για βιομηχανικές εφαρμογές.



Εικόνα 5.4 Παραγωγή Βιοντίζελ (Πηγή: agroenergy.gr)

Η εστεροποίηση των λιπαρών οξέων σε εστέρες (βιοντίζελ) ως πριν από την διαδικασία της μετεστερεοποίησης έχει ως πλεονέκτημα την αξιοποίηση ελεύθερων λιπαρών οξέων, παράγοντας βιοντίζελ καθώς και να απλουστεύσει την διαδικασία της μετεστερεοποίησης. Στην αντίδραση της εστεροποίησης δρούν επίσης ως καταλύτες οι ομογενείς όξινοι καταλύτες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.5, όμως έχουν τα ίδια προβλήματα διάβρωσης επομένως δεν χρησιμοποιούνται πλέον στην βιομηχανία.

Εστεροποίηση

ΣΤΟΧΟΣ

- Η προ-επεξεργασία των ελεύθερων λιπαρών οξέων, οξίνων ελαίων και λιπών



Εικόνα 5.5 Εστεροποίηση (Πηγή: agroenergy.gr)

Στις συμβατικές διεργασίες εφαρμογής της κλασσικής μεθόδου μετεστερεοποίησης βασίζεται έως τώρα η ανάπτυξη των εργοστασίων παραγωγής βιοντίζελ πρώτης γενιάς σε όλο τον κόσμο. Στα εργοστάσια πρώτης γενιάς χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη ραφινρισμένα ή εξουδετερωμένα φυτικά έλαια και ζωικά λίπη. Για την παραγωγή βιοντίζελ χωρίς προβλήματα, στις διεργασίες που ακολουθούνται, γίνονται προσπάθειες για νέες μεθόδους οικονομικότερες και αποτελεσματικότερες με χρήση νέων στερεών ετερογενών καταλυτών, στις οποίες βασίζεται η ανάπτυξη μονάδων παραγωγής βιοντίζελ δεύτερης γενιάς. Στης δεύτερης γενιάς βιομηχανίες μπορούν να χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες όξινα χρησιμοποιημένα και απόβλητα φυτικά έλαια, απόβλητα και υπολειμματικά ζωικά λίπη υψηλής οξύτητας, λιπαρά οξέα κ.α. (Ayhan Demirbas, 2008)

5.4.3. Κόστος Παραγωγής

Το κόστος παραγωγής του βιοντίζελ εξαρτάται από την πρώτη ύλη και την διαδικασία παραγωγής. Με βάση μια πιλοτική παραγωγική διαδικασία, το εργοστάσιο περιλαμβάνει μια μονάδα παραγωγής 5.000 τόνων βιοντίζελ το χρόνο, ημιραφινερία ισοδύναμης δυναμικότητας, μονάδα επεξεργασίας ελαιούχων σπόρων (πολυσπορικό σπορελαιουργείο) δυναμικότητας 7.000 τόνων σπόρου το χρόνο και μονάδα εκμετάλλευσης της στερεής βιομάζας των ενεργειακών καλλιεργειών με μέγιστη έκταση 10 στρέμματα. Ισοδύναμη με την δυναμικότητα του σπορελαιουργείου είναι η δυνατότητα απορρόφησης της παραγωγής 20.000 στρεμμάτων ελαιούχων σπόρων μονοετών ενεργειακών καλλιεργειών φυτών όπως ο ηλιάνθος, η ελαιοκράμβη κ.ά. Το βιοντίζελ θα προμηθεύεται την απαραίτητη πρώτη ύλη αποκλειστικά από το

εργοστάσιο ενώ η ημιραφινιέρα θα προμηθεύτει και επιπλέον ποσότητες μπρούτου φυτικού ελαίου. Το εργοστάσιο θα λειτουργεί 330 μέρες το χρόνο, 24 ώρες για την κάλυψη των απαιτήσεων. Το κόστος της καλλιέργειας του ηλίανθου για 350kg ανά στρέμμα ανά έτος υπολογίζεται περίπου 91€ ανά στρέμμα συνυπολογίζοντας όλα τα απαραίτητα έξοδα της καλλιέργειας. Προς 550 €/τόνο μπρούτου λαδιού υπολογίζεται ότι αγοράζεται το επιπλέον ηλιέλαιο (μπρούτο) που χρειάζεται η ραφινερία. Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα έξοδα στα οποία συμπεριλαμβάνονται της αγοράς, της διαμόρφωσης του χώρου εγκατάστασης του εργοστασίου (χωματουργικά κ.ά.), τα κόστη των μελετών για την αδειοδότηση του εργοστασίου και την υπαγωγή της επένδυσης στον Αναπτυξιακό Νόμο, υπολογίστηκε το σύνολο της επένδυσης περίπου 3.500.000 €. Έτσι, με την επίτευξη της αναμενόμενης παραγωγής 5.000 τόνων βιοντίζελ ετησίως και πώλησής του προς 0,78 €/l επιτυγχάνεται ένα κέρδος προ φόρων της τάξης των 650.000 € ετησίως, χωρίς να έχουν συμπεριληφθεί τα κέρδη από την εκμετάλλευση της στερεής βιομάζας. Τα προϊόντα που παράγονται στο τελικό στάδιο είναι το βιοντίζελ, η γλυκερίνη, η πίτα και η στερεή βιομάζα. Ορισμένα από τα τελικά προϊόντα συγκεκριμένα το βιοντίζελ, η πίτα και η γλυκερίνη πωλούνται και έτσι προκύπτουν τα κέρδη. Το βιοντίζελ πωλείται 0,78 €/L, η πίτα περίπου 160 €/tn και η γλυκερίνη στα 75 €/tn συνεπώς τα έσοδα της επιχείρησης υπολογίζονται από την πώληση αυτών των προϊόντων 4.431.818€ από την πώληση βιοντίζελ, 40.116€ από την πώληση Γλυκερίνης και 4.896.974€ από την πώληση Ηλιόπιτας. (Μπαράκος Ν., Πασιάς Σ, Παπαγιαννάκος Ν, 2007)

5.5. Βιοδρογόνο

5.5.1. Γενικά

Το υδρογόνο δεν είναι βασικό καύσιμο. Μπορεί να καεί για να παράγει θερμότητα ή να περάσει από μια κυψέλη καυσίμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ευρεία χρήση του υδρογόνου ως πηγή ενέργειας θα μπορούσε να βελτιώσει την παγκόσμια αλλαγή του κλίματος, την ενεργειακή απόδοση και την ποιότητα του αέρα. Το αέριο υδρογόνο έχει δυναμικό εάν χρησιμοποιείται σε μια κυψέλη καυσίμου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κυψέλες καυσίμου δεν έχουν

κινούμενα μέρη, παράγουν μόνο καθαρό νερό ως εκπομπές και είναι περίπου 70% αποδοτικές (σε σύγκριση με τις υψηλότερες αποδόσεις κινητήρα IC μόνο περίπου 45%). Το πρόβλημα με τις κυψέλες καυσίμου είναι ότι η ρεαλιστική, οικονομικά αποδοτική μαζική παραγωγή αερίου υδρογόνου απέχει πολλά χρόνια.

5.5.2. Διαδικασία παραγωγής

Το υδρογόνο μπορεί να παραχθεί με πυρόλυση από βιομάζα. Η παραγωγή υδρογόνου από βιομάζα απαιτεί πολλαπλά στάδια αντίδρασης για την παραγωγή υδρογόνου υψηλής καθαρότητας, η αναμόρφωση των καυσίμων ακολουθείται από δύο στάδια αντίδρασης αλλαγής αερίου νερού, έναν τελικό καθαρισμό μονοξειδίου του άνθρακα και απομάκρυνση διοξειδίου του άνθρακα. Οι διαδικασίες θερμοχημικής μετατροπής, όπως πυρόλυση, αεριοποίηση και αεριοποίηση ατμού είναι διαθέσιμες για τη μετατροπή της βιομάζας σε μια πιο χρήσιμη ενέργεια. Η απόδοση από την αεριοποίηση ατμού αυξάνεται με την αύξηση της αναλογίας νερού προς δείγμα. Οι αποδόσεις υδρογόνου από την πυρόλυση και την αεριοποίηση ατμού αυξάνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ο κατάλογος ορισμένων υλικών βιομάζας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υδρογόνου δίνεται στον Πίνακα 5.3. Οι κυψέλες καυσίμου με υδρογόνο είναι μια σημαντική τεχνολογία ενεργοποίησης για το μέλλον του υδρογόνου και αποτελεσματικότερες εναλλακτικές λύσεις για την καύση βενζίνης και άλλων ορυκτών καυσίμων. Το υδρογόνο έχει τη δυνατότητα να λύσει δύο μεγάλα ενεργειακά προβλήματα: τη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και τη μείωση της ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Πίνακας 5.3 Κατάλογος ορισμένων υλικών βιομάζας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υδρογόνου

Είδη Βιομάζας	Κύρια Διαδικασία Μετατροπής
Κέλυφος βιο-καρυδιών	Αεριοποίηση ατμού
Φλοιός ελιάς	Πυρόλυση
Απόβλητα τσαγιού	Πυρόλυση
Άχυρο	Πυρόλυση
Μαύρος πολτός	Αεριοποίηση ατμού
Δημοτικά στερεά απόβλητα	Υπερκρίσιμη εκχύλιση νερού
Υπολείμματα σοδιάς σιτηρών	Υπερκρίσιμη εκχύλιση υγρών
Απορρίμματα χαρτοπολτού και χαρτιού	Ζύμωση μικροβίων
Πλαστικά απόβλητα με βάση το πετρέλαιο	Υπερκρίσιμη εκχύλιση υγρών
Πολτός κοπριάς	Ζύμωση μικροβίων

Βιολογική παραγωγή τεχνολογιών υδρογόνου (βιοϋδρογόνου) παρέχουν ένα ευρύ φάσμα προσεγγίσεων για την παραγωγή υδρογόνου, συμπεριλαμβανομένων άμεση βιοφωτολύση, έμμεση βιοφωτόλυση, φωτοζυμώσεις και σκοτεινή ζύμωση. Οι διαδικασίες βιολογικής παραγωγής υδρογόνου είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον και λιγότερο ενεργειακές εντάσεις σε σύγκριση με τις θερμοχημικές και ηλεκτροχημικές διεργασίες. Οι ερευνητές έχουν αρχίσει να ερευνούν την αναρρόφηση με αναερόβια βακτήρια από τη δεκαετία του 1980.

Υπάρχουν τρεις τύποι μικροοργανισμών παραγωγής υδρογόνου: κυανο-βακτήρια, αναερόβια βακτήρια και ζυμωτικά βακτήρια. Τα κυανο-βακτήρια αποσυνθέτουν άμεσα νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο παρουσία φωτεινής ενέργειας με φωτοσύνθεση. Τα φωτοσυνθετικά βακτήρια χρησιμοποιούν οργανικά υποστρώματα όπως οργανικά οξέα. Τα αναερόβια βακτήρια χρησιμοποιούν οργανικές ουσίες ως τη μοναδική πηγή ηλεκτρονίων και ενέργειας, μετατρέποντάς τα σε υδρογόνο. Το βιοϋδρογόνο μπορεί να δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας βακτήρια όπως το Clostridia με θερμοκρασία, έλεγχο pH, χρόνο υδραυλικής κατακράτησης αντιδραστήρα (HRT) και άλλους παράγοντες του συστήματος επεξεργασίας.

Το βιολογικό υδρογόνο μπορεί να παραχθεί από φυτά με βιοφωτολύσεις νερού χρησιμοποιώντας μικροφύκη (πράσινα φύκια και κυανοβακτήρια), ζύμωση οργανικών ενώσεων και φωτοσύνθεση οργανικών παραμέτρων από φωτοσυνθετικά βακτήρια. Για την παραγωγή υδρογόνου με ζύμωση βιομάζας, είναι επιθυμητή μια συνεχής διαδικασία με τη χρήση μη στείρου υποστρώματος με ευκόλως διαθέσιμη

μικτή μικροχλωρίδα. Η επιτυχής βιολογική μετατροπή βιομάζας σε υδρογόνο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επεξεργασία πρώτων υλών για την παραγωγή πρώτων υλών που μπορούν να ζυμωθούν από τους μικροοργανισμούς.

Η παραγωγή υδρογόνου από τη βακτηριακή ζύμωση σακχάρων έχει εξεταστεί σε μια ποικιλία συστημάτων αντιδραστήρων. Η συγκέντρωση εξόζης έχει μεγαλύτερη επίδραση στις αποδόσεις H_2 από την HRT. Η κροκίδωση ήταν επίσης ένας σημαντικός παράγοντας στην απόδοση του αντιδραστήρα.

Το αέριο υδρογόνο είναι προϊόν της μικτής ζύμωσης οξέος του *Escherichia coli*, της ζύμωσης βουτυλενικής γλυκόλης του *Aerobacter* και των ζυμώσεων βουτυρικού οξέος του *Clostridium spp.* Διεξήχθη για τη βελτίωση της ζύμωσης υδρογόνου των απορριμμάτων τροφίμων σε έναν αντιδραστήρα απόπλυσης με αναερόβια λάσπη με θερμικό σοκ, και επίσης για τη διερεύνηση του επιπέδου αραίωσης στην παραγωγή υδρογόνου και μεταβολιτών στη ζύμωση υδρογόνου.

Στην αντίδραση βιομάζας που αναμορφώνει τον ατμό, ο ατμός αντιδρά με υδρογονάνθρακες στην τροφοδοσία για να παράγει κυρίως μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο, κοινώς αποκαλούμενα αέρια σύνθεσης. Η αναμόρφωση του ατμού μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα στερεά απόβλητα, συμπεριλαμβανομένων των αστικών οργανικών αποβλήτων, των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων, της λυματολάσπης, της λάσπης χαρτοποιίας, των μαύρων υγρών, των απορριμμάτων καυσίμων και των γεωργικών αποβλήτων. (Ayhan Demirbas, 2008)

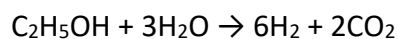
5.5.3. Κόστος Παραγωγής

Η παραγωγή υδρογόνου από βιοαιθανόλη είναι αρκετά οικονομική. Αξίζει να σημειωθεί, ότι για την μείωση της τιμής του υδρογόνου μπορεί η ίδια εγκατάσταση να παράγει την βιοαιθανόλη από εγκαταστάσεις που θα διατηρεί ή θα προμηθεύεται προϊόντα από άλλες διεργασίες που δεν θα χρησιμοποιούνται ή πολύ χαμηλού κόστους έτσι ώστε το κόστος της αιθανόλης να είναι πολύ χαμηλό.

Η διαδικασία αναμόρφωσης έχει βελτιστοποιηθεί όσον αφορά την αναμόρφωση του φυσικού αερίου με αποτέλεσμα να υπάρχει όσον τον δυνατόν μεγαλύτερη απόδοση. Η βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών είναι ένας τομέας που αναμένεται να βελτιωθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια. Η αύξηση στην καλλιέργεια κατά 40% θα

είχε ανάλογη μείωση στην τιμή της αιθανόλης κατά 20% περίπου. Η παραγωγή υδρογόνου από αιθανόλη υπό ορισμένες προϋποθέσεις είναι οικονομικά εφικτή και αποδοτική.

Η αντίδραση της αναμόρφωσης της αιθανόλης είναι εξής:



Με βάση την στοιχειομετρία της αντίδρασης θα έχουμε παραγωγή 0,2177 Kg H₂/kg . Συγκεκριμένα, για την παραγωγή 1 kg υδρογόνου θα χρειαστούν 4,592 kg αιθανόλης. Κατά συνέπεια το κόστος παραγωγής 1 kg υδρογόνου, από βιοαιθανόλη με τιμή 0,45€/kg , θα είναι 2,0664€. Το κόστος υδρογόνου σε ενεργειακά μεγέθη είναι 17,24€/GJ. Τα παραπάνω υπολογίστηκαν για μια ενδεικτική τιμή αιθανόλης. Πιο αναλυτικά παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.4 η τιμή του υδρογόνου σε συνάρτηση με την τιμή της βιοαιθανόλης.

Πίνακας 5.4 Τιμή υδρογόνου σε συνάρτηση με την τιμή της βιοαιθανόλης

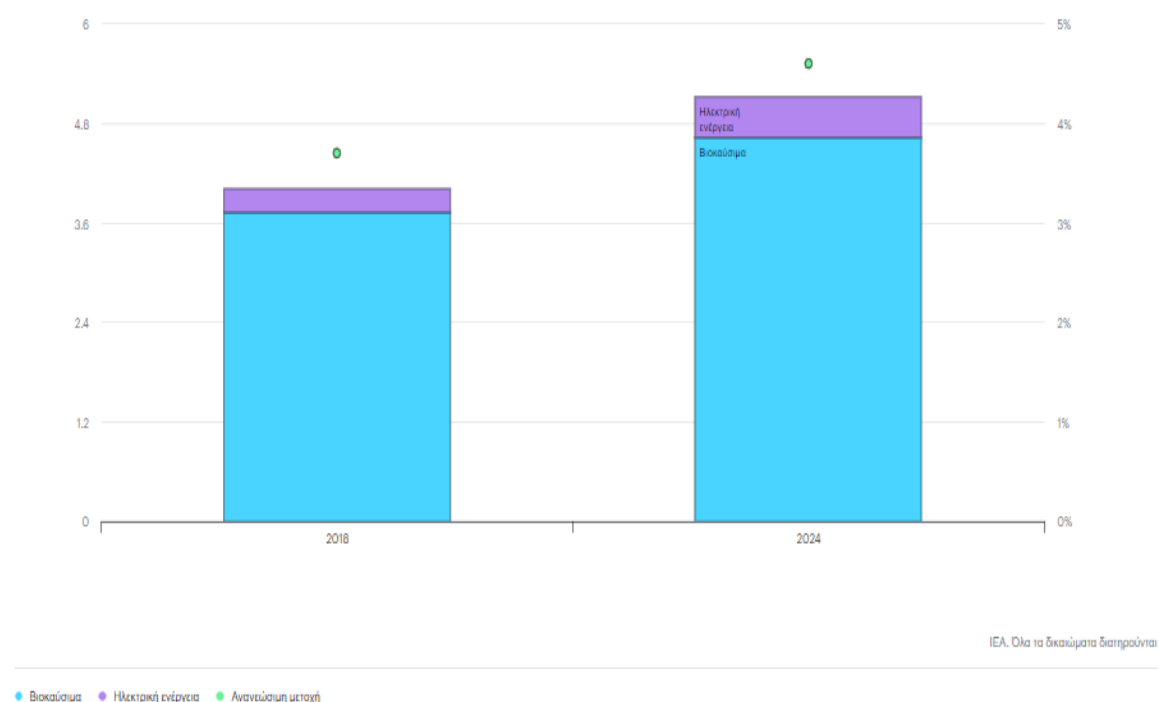
Πρώτη ύλη	Τιμή βιοαιθανόλης (kg)	Τιμή Υδρογόνου € /GJ
Ζαχαρότευτλα (15€/tn)	0,292 - 0,393	11,19 - 15,06
Ζαχαροκάλαμο	0,253	9,69
Πατάτες	0,963	36,89
Καλαμπόκι (90€/tn)	0,292 - 0,406	11,19 - 15,55
Σιτάρι (110€/tn)	0,748	28,66
Cassava	0,773	29,61
Λιγνίνη (υδρόλυση με οξύ)	0,437	16,74
Λιγνίνη (ενζυματική υδρόλυση)	0,177	6,78
Αιθανόλη χημικά παρασκευασμένη	0,526	20,15

6. ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

6.1. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

2018 – 2024

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κάλυψαν περίπου το 3,7% της ζήτησης καυσίμων μεταφορών το 2018, με περίπου 4 (EJ) κατανάλωσης. Τα βιοκαύσιμα παρείχαν το 93% του συνόλου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενώ το υπόλοιπο είναι ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγωγή βιοκαυσίμων επεκτείνεται κατά 24% (0,9 EJ) την περίοδο πρόβλεψης (2019-24), ενώ η ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια στις μεταφορές αναμένεται να αυξηθεί κατά 70% (0,2 EJ) με μεγαλύτερη χρήση ηλεκτροκίνητων σιδηροδρομικών καθώς και ηλεκτρικών οχημάτων, σε συνδυασμό με υψηλότερα μερίδια ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το μερίδιο βιοκαυσίμων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές το 2024 μειώνεται ελαφρώς σε 90%.



Εικόνα 6.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 2018 και 2024 (Πηγή: www.iea.org)

Στην Εικόνα 6.1 παρουσιάζεται η χρήση ανανεώσιμων πηγών το 2018 η οποία αντιστοιχεί σε βιοκαύσιμα κατά 3,7 EJ και ηλεκτρική ενέργεια κατά 0,3 EJ. Επίσης, εκτιμάται για το 2024 η χρήση ανανεώσιμων πηγών στις μεταφορές με βιοκαύσιμα

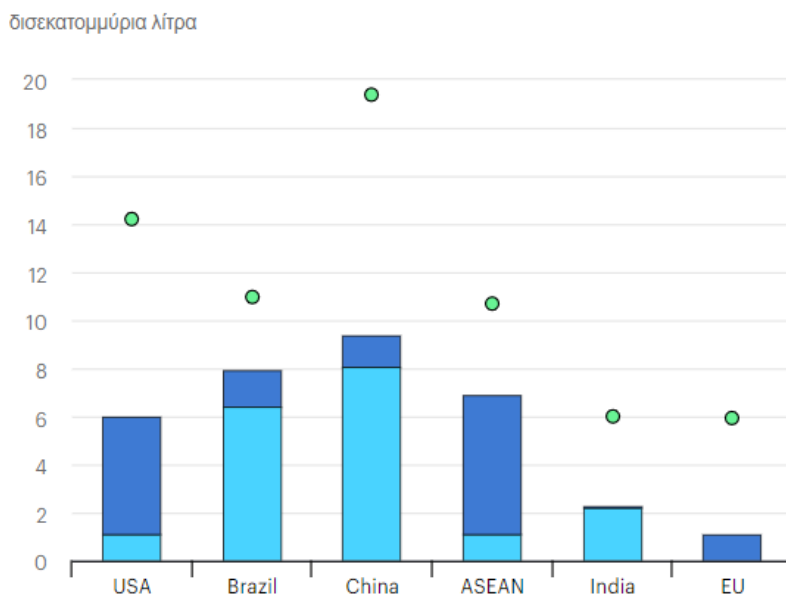
κατά 4,6 EJ και η ηλεκτρική ενέργεια κατά 0,5 EJ. Συγκεκριμένα, μέχρι το 2024 το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη ζήτηση μεταφορών αυξάνεται οριακά μόνο στο 4,6% (5,1 EJ). Καθώς η ζήτηση ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές αυξάνεται επίσης κατά 3% (3EJ) η αύξηση των ανανεώσιμων πηγών μέχρι το 2024 θεωρείται σχετικά μικρή. Επιπλέον, οι περισσότερες εντολές για βιοκαύσιμα απαιτούν επίπεδα ανάμειξης μόλις 10% ή λιγότερο, αν και οι πολιτικές στη Βραζιλία, την Ινδονησία και την Ταϊλάνδη αποτελούν αξιοσημείωτες εξαιρέσεις.

6.2. Παραγωγή και Κατανάλωση Βιοκαυσίμων

2010 - 2024

Το 2018 η παγκόσμια παραγωγή αυξήθηκε κατά 10 δισεκατομμύρια λίτρα και έφτασε συνολικά τα 154 δισεκατομμύρια λίτρα.

Η παραγωγή βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών αυξήθηκε κατά 6% από έτος σε έτος το 2019 και αναμένεται ετήσια αύξηση της παραγωγής κατά 3% τα επόμενα πέντε χρόνια. Η αύξηση αναμένεται να είναι κατά 25% έως το 2024 και οφείλεται στις καλύτερες προοπτικές της αγοράς στη Βραζιλία, τις Ηνωμένες Πολιτείες και ειδικά την Κίνα. Στην Εικόνα 6.2 παρουσιάζεται αναλυτικά η αύξηση της παραγωγής στις βασικές αγορές από το 2019 έως 2024.

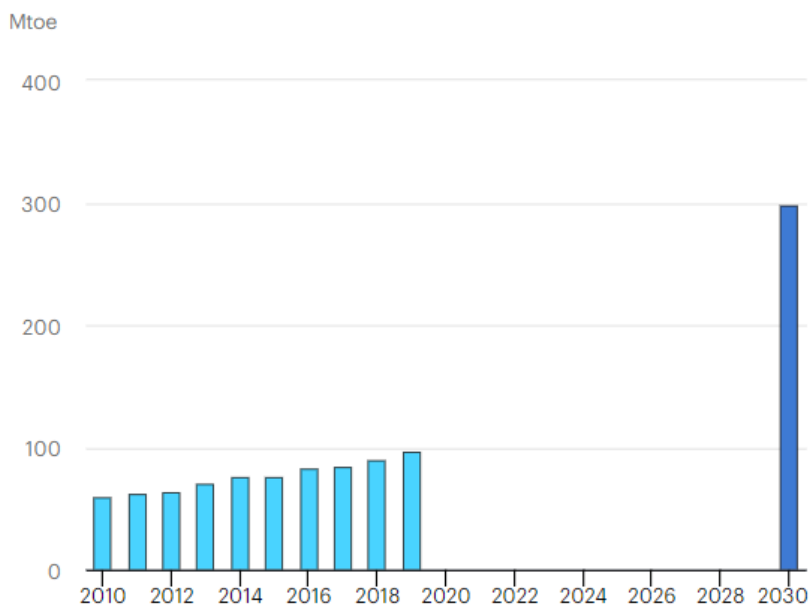


IEA. Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται

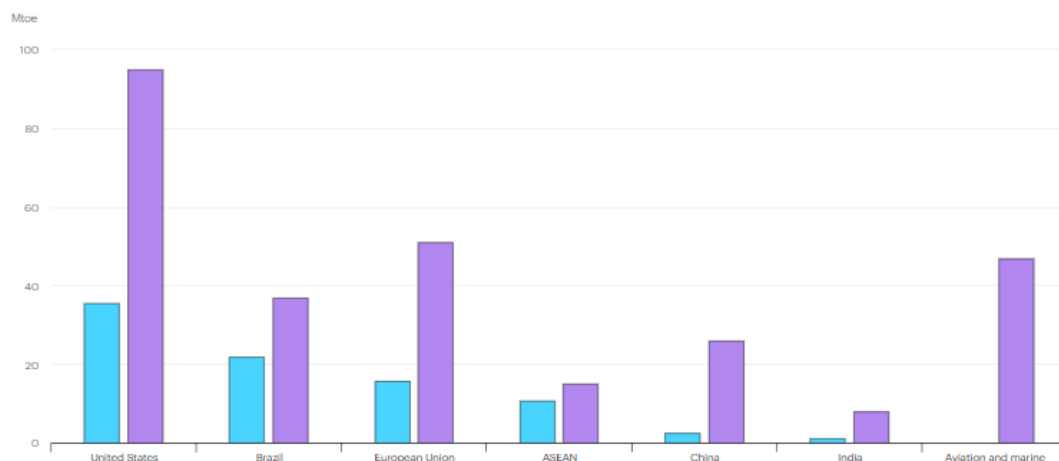
● Αιθανόλη ● Biodiesel και HVO ● Ταχεία θήκη

Εικόνα 6.2 Αύξηση παραγωγής σε βασικές αγορές 2019-2024 (Πηγή: www.iea.org)

Προκειμένου να ευθυγραμμιστεί έως το 2030 με το SDS όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.3 απαιτείται συνεχής αύξηση παραγωγής 10%. Συνεπώς, απαιτείται ισχυρότερη πολιτική στήριξη και καινοτομία για τη μείωση του κόστους, ώστε να αυξηθεί τόσο η προηγμένη κατανάλωση βιοκαυσίμων όσο και η υιοθέτηση βιοκαυσίμων στις αεροπορικές και θαλάσσιες μεταφορές, όπως προβλέπεται στο SDS. Καθώς μόνο τα βιώσιμα βιοκαύσιμα έχουν θέση στο SDS, η ευρύτερη διακυβέρνηση αειφορίας πρέπει να συμπληρώνει την υψηλότερη παραγωγή βιοκαυσίμων. Η κατανάλωση βιοκαυσίμων στις μεταφορές πρέπει να τριπλασιαστεί σχεδόν έως το 2030 για να είναι σε καλό δρόμο με το σενάριο βιώσιμης ανάπτυξης βλέπε Εικόνα 6.3. Αυτό ισοδυναμεί με το 9% της παγκόσμιας ζήτησης καυσίμων μεταφορών, σε σύγκριση με το επίπεδο του 2018 περίπου 3%. Η παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων δεν αυξάνεται αρκετά γρήγορα για να καλύψει τη ζήτηση SDS Εικόνα 6.4. Η παραγωγή αυξήθηκε 6% από έτος σε έτος το 2019 και έφτασε τα 161 δισεκατομμύρια λίτρα, αλλά αναμένεται μέση αύξηση της παραγωγής μόνο 3% ετησίως τα επόμενα πέντε χρόνια. Αυτό υπολείπεται της διαρκούς ετήσιας ανάπτυξης από 10% έως το 2030 που απαιτείται για να συμβαδίζει με το SDS.



Εικόνα 6.3 Παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων 2010-2019 σε σύγκριση με την κατανάλωση στο σε-
νάριο αειφόρου ανάπτυξης (Πηγή: www.iea.org)



IEA. Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται

● Παραγωγή 2019 ● 2030 Κατανάλωση (SDS)

Εικόνα 6.4 Παραγωγή βιοκαυσίμων 2019 σε σύγκριση με την κατανάλωση το 2030 στο πλαίσιο του
σεναρίου της αειφόρου ανάπτυξης (Πηγή: www.iea.org)

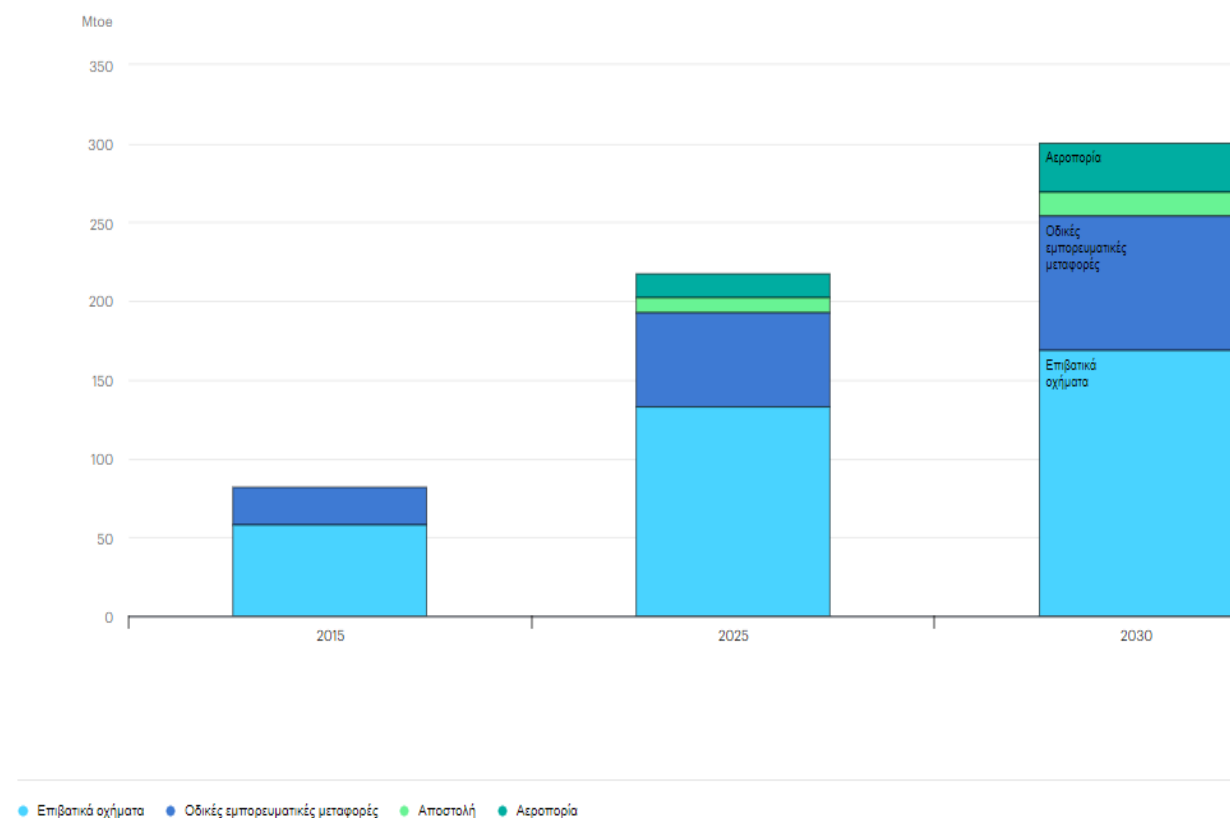
Πίνακας 6.1 Σύγκριση προβλεπόμενης με απαιτούμενης παραγωγής βιοκαυσίμων ανά βασική αγορά
(Πηγή: www.iea.org)

Χώρα / περιοχή	Προβλέπεται ετήσια αύξηση της παραγωγής (2019-25)	Απαιτείται ετήσια αύξηση παραγωγής για την κάλυψη της SDS (2019-30)
Ηνωμένες Πολιτείες	1,9%	7%
Ευρωπαϊκή Ένωση	0,5%	9%
Βραζιλία	1,7%	5%
Ινδία	11,8%	22%
Κίνα	15,3%	19%
ASEAN	13,3%	10%

Σημείωση: ASEAN = Ένωση Εθνών Νοτιοανατολικής Ασίας.

Η παραγωγή βιοκαυσίμων στις Ηνωμένες Πολιτείες και στα κράτη μέλη της ΕΕ δεν τείνει να καλύψει τη ζήτηση SDS το 2030. Η περισσότερη κατανάλωση βιοκαυσίμων σε αυτές τις χώρες πραγματοποιείται σε χαμηλά ποσοστά ανάμειξης με ορυκτά καύσιμα. Η χαμηλότερη ζήτηση καυσίμων μεταφορών στις ΗΠΑ και στην ΕΕ είναι αποτέλεσμα της βελτιωμένης απόδοσης των οχημάτων συνεπώς χωρίς αύξηση ανάμειξης βιοκαυσίμων ή μεγαλύτερη χρήση μειωμένων βιοκαυσίμων, η κατανάλωση βιοκαυσίμων πρόκειται να μειωθεί. Αν και η παραγωγή βιοκαυσίμων στη Βραζιλία και την Ινδία αναμένεται να επεκταθεί, η ανάπτυξη πρέπει να επιταχυνθεί ακόμη περισσότερο για να επιτύχει τον όγκο SDS για το 2030. Η Βραζιλία έφτασε τα επίπεδα παραγωγής αιθανόλης και βιοντίζελ το 2019. Αναμένεται συνεχής αύξηση της παραγωγής λόγω της βελτιωμένης οικονομίας της παραγωγής και του υποστηρικτικού περιβάλλοντος για επενδύσεις παραγωγικής ικανότητας που θα δημιουργήσει η νέα πολιτική. Η Βραζιλία ανακοίνωσε επίσης σχέδια για κλιμάκωση της εντολής της για βιοντίζελ από 11% σε 15%. Στην Ινδία, απαιτείται επιταχυνόμενη παραγωγή αιθανόλης για να επιτευχθεί το επίπεδο SDS έως το 2030. Η πολιτική βιοκαυσίμων της Ινδίας το 2018 διέυρνε την επιτρεπόμενη βάση πρώτων υλών για αιθανόλη και εισήγαγε επιδοτήσεις για την επέκταση της παραγωγικής ικανότητας, δημιουργώντας τα θεμέλια για την αύξηση της παραγωγής αιθανόλης. Οι χώρες της Κίνας και της ASEAN παρουσιάζουν επίσης αύξηση της παραγωγής, η οποία εάν διατηρηθεί θα παραδώσει τους όγκους βιοκαυσίμων του 2030 που απαιτούνται από την SDS. Η Κίνα σχεδιάζει να διαθέσει μείγματα αιθανόλης 10% σε βενζίνη από 11 έως 15 επαρχίες και αναπτύσσεται νέα ικανότητα αιθανόλης. Δεδομένης της ταχέως

αυξανόμενης ζήτησης καυσίμων μεταφορών, η πολιτική υποστήριξη για τα βιοκαύσιμα μεταφορών στις χώρες της ASEAN είναι ισχυρή, επειδή η εγχώρια κατανάλωση βιοκαυσίμων είναι ένα μέσο για την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας, διασφαλίζοντας παράλληλα τη ζήτηση για στρατηγικά σημαντικά γεωργικά προϊόντα. Στο Μεξικό και τη Νότια Αφρική, οι βιομηχανίες βιοκαυσίμων μεταφορών βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο.

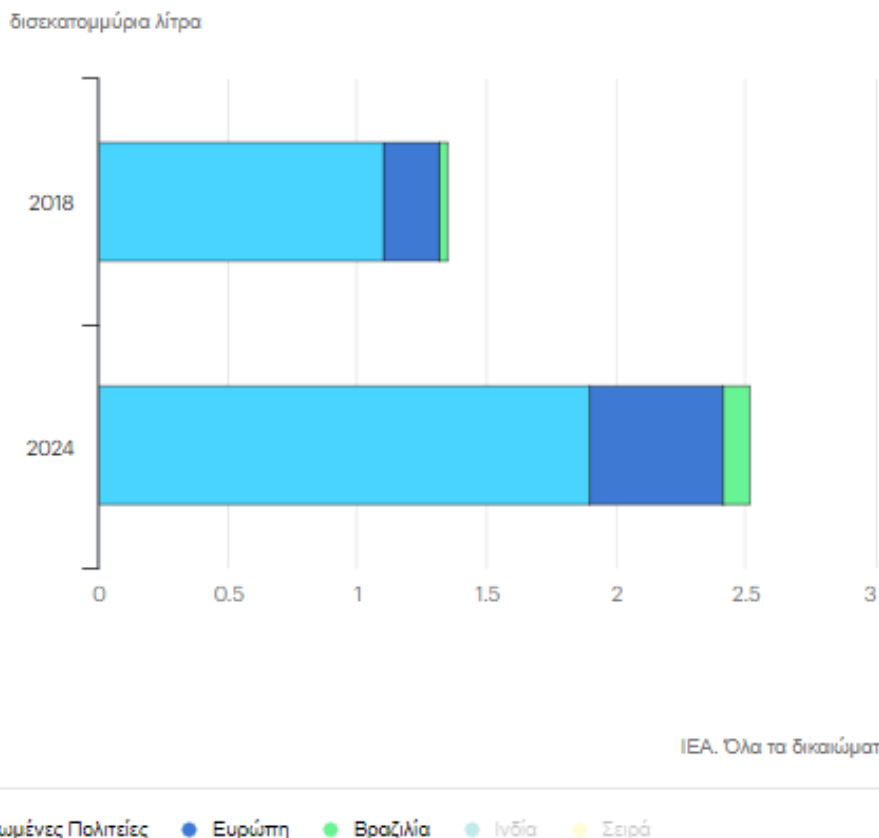


Εικόνα 6.5 Ανάλυση κατανάλωσης βιοκαυσίμων στο σενάριο αειφόρου ανάπτυξης, 2015-2030 (Πηγή: www.iea.org)

Η παραγωγή βιοκαυσίμων των αερομεταφορών περίπου 15 εκατομμυρίων λίτρων το 2018 αντιπροσώπευε λιγότερο από το 0,01% της ζήτησης καυσίμων αεροπορίας. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται πολύ σημαντική ανάπτυξη της αγοράς για την παράδοση της παραγωγής βιοκαυσίμων των αερομεταφορών που απαιτείται να είναι στην τροχιά SDS το 2030. Στον θαλάσσιο τομέα, η χρήση βιοκαυσίμων εξετάζεται σε ορισμένες περιπτώσεις, αν και το σημερινό υψηλότερο κόστος για τα βιοκαύσιμα σημαίνει ότι η πρόσληψη παραμένει χαμηλή.

Σε αυτό το στάδιο απαραίτητη είναι η αναβάθμιση προηγμένων βιοκαυσίμων. Οι τεχνολογίες παραγωγής βιοντίζελ και υδρογονοκατεργασμένου φυτικού ελαίου (ΗVΟ) από χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια και ζωικές λιπαρές ύλες είναι τεχνικά ώριμες και παρείχαν το 8% της συνολικής παραγωγής βιοκαυσίμων το 2018. Ωστόσο, η παραγωγή νέων προηγμένων βιοκαυσίμων από άλλες τεχνολογίες είναι ακόμα μέτρια. Αυτές οι τεχνολογίες είναι όμως σημαντικές, καθώς μπορούν να χρησιμοποιούν πρώτες ύλες με υψηλή διαθεσιμότητα και περιορισμένες άλλες χρήσεις (π.χ. γεωργικά υπολείμματα και αστικά στερεά απόβλητα). Παρόλα αυτά, το επενδυτικό τοπίο για προηγμένα βιοκαύσιμα είναι δύσκολο, με μόνο ένα μικρό μερίδιο των ανακοινωθέντων έργων να προχωρούν σε πράξεις. Ωστόσο, το πολιτικό ενδιαφέρον παραμένει ισχυρό, ιδίως στην Ευρώπη, την Ινδία και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Η πλατφόρμα Biofuture, μια συνεργασία 20 χωρών, υποστηρίζει την αύξηση της κατανάλωσης βιοκαυσίμων χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Στην Εικόνα 6.6 αναλύεται η παραγωγή προηγμένων βιοκαυσίμων ανά χώρα από το 2018 έως και το 2024. Αναλυτικά η παραγωγή για το 2018 στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν 1,1 δισεκατομμύρια λίτρα (γαλάζιο), στην Ευρώπη 0,2 δισεκατομμύρια λίτρα (μπλε) και στην Βραζιλία πολύ μικρότερη (πράσινο). Αντίστοιχα για το 2024, στις Ηνωμένες Πολιτείες η παραγωγή εκτιμάται 1,9 δισεκατομμύρια λίτρα, στην Ευρώπη 0,5 δισεκατομμύρια λίτρα και στην Βραζιλία 0,1 δισεκατομμύρια λίτρα.



Εικόνα 6.6 Παραγωγή προηγμένων καυσίμων κατά χώρα 2018 και 2024 (www.iea.org)

Δεδομένου ότι αυτά τα καύσιμα απαιτούν συνεχή υποστήριξη για να ξεπεραστούν τα οικονομικά και τεχνικά εμπόδια στην αγορά, προκύπτει ότι αυτές οι χώρες (Ηνωμένες Πολιτείες, Ευρώπη, Βραζιλία, Ινδία) αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής.

Στο σενάριο επιταχυνόμενου επίπεδου παραγωγής, η νέα προηγμένη παραγωγή καυσίμων φτάνει τα 4,2 δισεκατομμύρια λίτρα έως το 2024, με την προϋπόθεση μεγάλης και αξιόπιστης απόδοσης των εργοστασίων. Στην περίπτωση αυτή τα νέα προηγμένα καύσιμα θα αντιστοιχούσαν μόνο στο 2% της συνολικής παραγωγής βιοκαυσίμων το 2024 καθώς ο υψηλός κίνδυνος επενδύσεων σε διυλιστήρια εμπορικής κλίμακας χρησιμοποιώντας πρωτοποριακές τεχνολογίες, εκτός από το υψηλό κόστος παραγωγής, εμποδίζει την ανάπτυξη.

7. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΣ

7.1. Γενικά

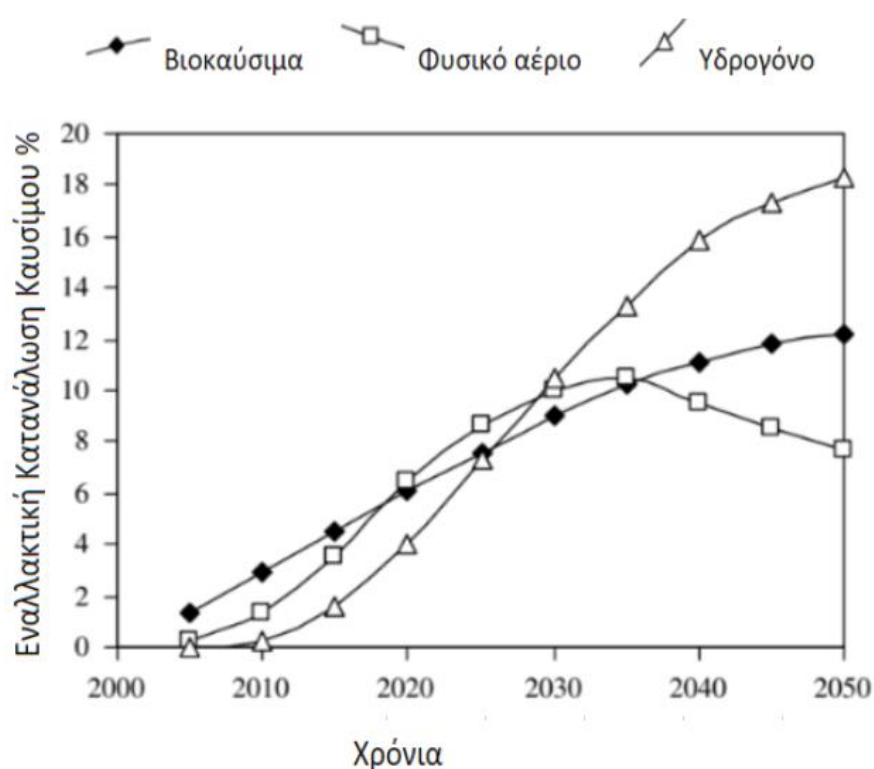
Διάφορα σενάρια έχουν οδηγήσει σε υψηλές εκτιμήσεις βιοκαυσίμων στο μελλοντικό ενεργειακό σύστημα. Η διαθεσιμότητα των πόρων είναι ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει εάν υψηλά μερίδια βιοκαυσίμων διεισδύσουν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας ή υγρών καυσίμων. Ένας σημαντικός παράγοντας εάν υψηλά μερίδια βιοκαυσίμων διεισδύσουν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας ή υγρών καυσίμων είναι η διαθεσιμότητα των πόρων. Το σκεπτικό είναι να διευκολυνθεί η μετάβαση από την οικονομία υδρογονανθράκων στην οικονομία υδατανθράκων χρησιμοποιώντας βιομάζα για την παραγωγή βιοαιθανόλης και βιομεθανόλης ως υποκατάστατα των παραδοσιακών καυσίμων και πρώτων υλών με βάση το πετρέλαιο. Το σενάριο βιοκαυσίμων παρήγαγε ισοδύναμους ρυθμούς αύξησης του GDP (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν) και κατά κεφαλήν ευημερία, μείωσε τις εντάσεις ορυκτής ενέργειας του GDP, μείωσε τις εισαγωγές πετρελαίου και έδωσε μια αναλογία ενέργειας. Κάθε σενάριο έχει πλεονεκτήματα είτε είναι οι ρυθμοί αύξησης του GDP, οι μειώσεις των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, η ενεργειακή αναλογία της παραγωγικής διαδικασίας, η άμεση δημιουργία θέσεων εργασίας ή η περιοχή της βιομάζας φυτειών που απαιτείται για να καταστεί εφικτό το σύστημα παραγωγής.

Οι ανανεώσιμες πηγές κατανέμονται πιο ομοιόμορφα από τους ορυκτούς και τους πυρηνικούς πόρους και οι ροές ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είναι περισσότερες από τρεις τάξεις μεγέθους υψηλότερες από την τρέχουσα παγκόσμια χρήση ενέργειας. Το σημερινό ενεργειακό σύστημα δεν είναι βιώσιμο λόγω ζητημάτων δικαιοσύνης καθώς και περιβαλλοντικών, οικονομικών και γεωπολιτικών ανησυχιών που έχουν επιπτώσεις στο μέλλον.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA), τα σενάρια που αναπτύχθηκαν για τις ΗΠΑ και την ΕΕ δείχνουν ότι βραχυπρόθεσμοι στόχοι έως και 6% μετατόπισης καυσίμων πετρελαίου με βιοκαύσιμα φαίνεται εφικτοί χρησιμοποιώντας συμβατικά βιοκαύσιμα, δεδομένου του διαθέσιμου καλλιεργήσιμου εδάφους. Η μετατόπιση βενζίνης 5% στην ΕΕ απαιτεί περίπου 5% των διαθέσιμων καλλιεργήσιμων εκτάσεων

για την παραγωγή αιθανόλης, ενώ στις ΗΠΑ απαιτείται 8%. Η μετατόπιση ντίζελ 5% απαιτεί το 13% των καλλιεργήσιμων εκτάσεων των ΗΠΑ, το 15% στην ΕΕ. Η πρόσφατη δέσμευση της κυβέρνησης των ΗΠΑ για τριπλάσια αύξηση της βιοενέργειας σε 10 χρόνια έχει προσθέσει ώθηση στην αναζήτηση βιώσιμων βιοκαυσίμων.

Οι φθίνουσες πηγές ορυκτών καυσίμων και η αυξανόμενη εξάρτηση των ΗΠΑ από το εισαγόμενο αργό πετρέλαιο οδήγησαν σε μεγάλο ενδιαφέρον για την επέκταση της χρήσης βιοενέργειας. Η ΕΕ ενέκρινε επίσης πρόταση οδηγίας για την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων με μέτρα που διασφαλίζουν ότι τα βιοκαύσιμα αντιπροσωπεύουν τουλάχιστον το 2% της αγοράς βενζίνης και ντίζελ που πωλήθηκε ως καύσιμο μεταφοράς μέχρι το τέλος του 2005, αυξάνοντας σταδιακά σε τουλάχιστον 5,75% έως το τέλος του 2010. Στην Εικόνα 6.1 παρουσιάζονται τα μερίδια εναλλακτικών καυσίμων σε σύγκριση με την κατανάλωση καυσίμου αυτοκινήτων στον κόσμο ως φουτουριστική οπτική.



Εικόνα 7.1 Μερίδια εναλλακτικών καυσίμων σε σύγκριση με τη συνολική κατανάλωση καυσίμων αυτοκινήτων στον κόσμο. (Πηγή: *Shares of alternative fuels compared to the total automotive fuel consumption in the world*)

Το υδρογόνο είναι, επί του παρόντος, πιο ακριβό από τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες που εφαρμόζονται σήμερα για την παραγωγή υδρογόνου από βιομάζα. Η τεχνολογία βιουδρογόνου θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο μέλλον, επειδή μπορεί να χρησιμοποιήσει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το υδρογόνο για οχήματα στόλου πιθανότατα θα κυριαρχούσε στο τομέα μεταφορών. Η παραγωγή υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης και η μεταφορά υγροποιημένου υδρογόνου σε αγροτικές περιοχές με σωλήνες θα ήταν δαπανηρή. Η τεχνολογία παραγωγής θα είναι ειδική για την τοποθεσία και θα περιλαμβάνει την αναμόρφωση του ατμού του μεθανίου και την ηλεκτρόλυση σε χώρες πλούσιες σε υδροηλεκτρική ενέργεια. Μακροπρόθεσμα, όταν το υδρογόνο είναι ένας πολύ κοινός φορέας ενέργειας, η διανομή με αγωγό είναι πιθανώς η προτιμώμενη επιλογή.

7.2. Τσιμεντοβιομηχανίες

Η τσιμεντοβιομηχανία στην Ευρωπαϊκή Ένωση παρήγαγε (2011-2012) περίπου 180 εκατομμύρια τόνους τσιμέντου το χρόνο. Οι τσιμεντοβιομηχανίες προκαλούν κατά 7% τις παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Σύμφωνα με την ΕΕ, τις Εθνικές νομοθεσίες και τις εσωτερικές διαδικασίες το τσιμέντο παράγεται κάτω από αυστηρές ποιοτικές προδιαγραφές όπου εφαρμόζονται αυστηροί κανονισμοί και τα εργοστάσια λειτουργούν με βάση τις απαραίτητες άδειες που απαιτούν οι αρμόδιες αρχές.

Στην βιομηχανία χρησιμοποιούνται άχρηστα υλικά ως εναλλακτικά καύσιμα ή πρώτες ύλες προκειμένου να ενισχύουν την ανταγωνιστικότητα τους και ταυτόχρονα να συνεισφέρουν σε λύσεις των προβλημάτων της κοινωνίας που αφορούν την διαχείριση των αποβλήτων τους, με τέτοιο τρόπο ώστε να τα αξιοποιεί προς όφελος του περιβάλλοντος. Σε 8 εκ περίπου τόνους ετησίως ανερχόταν η χρήση βιοκαυσίμων στην Ευρώπη το 2012, υποκαθιστώντας 4 εκ τόνους άνθρακα. Επιπλέον, 6,2 εκ. περίπου τόνοι φυσικών πρώτων υλών υποκαθιστάνται από εναλλακτικά υλικά. Σημαντικό κομμάτι της ορθής πολιτικής διαχείρισης απορριμμάτων αποτελεί η εφαρμογή των εναλλακτικών καυσίμων και πρώτων υλών στην τσιμεντοβιομηχανία. Αυτή η πρακτική προάγει την επαναφορά και την ανακύκλωση υλικών στη

βιομηχανία, σύμφωνα με τις βασικές αρχές των μεθόδων διαχείρισης απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η χρήση άχρηστων υλικών είτε ως εναλλακτικά καύσιμα είτε ως πρώτες ύλες είναι ορθή και αβλαβής καθώς το οργανικό μέρος καταστρέφεται πλήρως ενώ το ανόργανο μέρος δεσμεύεται και ενσωματώνεται στο προϊόν. Ιδανικές εγκαταστάσεις θεωρούνται οι κλίβανοι τσιμέντου καθώς διαθέτουν ένα σύνολο χαρακτηριστικών όπου μπορούν να αξιοποιηθούν και να καούν με ασφάλεια εναλλακτικά καύσιμα. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι οι υψηλές θερμοκρασίες καύσης, ο μεγάλος χρόνος παραμονής, η οξειδωτική ατμόσφαιρα, το αλκαλικό περιβάλλον, η δέσμευση τέφρας κλίνκερ και η συνεχής τροφοδοσία καυσίμου. Σχεδόν όλες οι Ευρωπαϊκές χώρες (Ολλανδία, Γαλλία, Σουηδία, Ελβετία, Γερμανία κ.α.) αξιοποιούν τα απόβλητα στους κλιβάνους των τσιμεντοβιομηχανιών τους, εξοικονομώντας συνάλλαγμα και πρώτες ύλες, ενώ παράλληλα προστατεύουν το περιβάλλον. Στην Ελλάδα η πρακτική αυτή εκλείπει παρά τις προσπάθειες των παραγωγών τσιμέντου. Ενδεικτικά, η αντικατάσταση καυσίμων με βιοκαύσιμα στις χώρες της Ε.Ε. υπερβαίνει το 36%, ενώ η αντίστοιχη στην Ελλάδα είναι κάτω από 5%.

Σε αρχικό στάδιο βρίσκονται και άλλες τεχνολογίες παραγωγής “πράσινου” τσιμέντου. Η HeidelbergCement με έδρα τη Γερμανία ανακοίνωσε το Σεπτέμβριο του 2019 τη συμμετοχή της στο πρόγραμμα Northern Lights, ένα έργο που δεσμεύει και αποθηκεύει το διοξειδίου του άνθρακα με σκοπό την έγχυσή του κάτω από τη Βόρεια Θάλασσα. Η δράση αυτή τρέχει σε συνεργασία με την Equinor από τη Νορβηγία, μαζί με άλλες εταιρείες πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ο Κρίστοφ Μπόιμελμπουργκ, υπεύθυνος επικοινωνίας της HeidelbergCement, η οποία επιδιώκει να εμπορευείται σκυρόδεμα με ουδέτερο ανθρακικό αποτύπωμα ως το 2050, ανακοίνωσε ότι τα τελευταία χρόνια έχουν επενδυθεί στην Γερμανία περίπου 350 εκατομμύρια ευρώ σε νέες τεχνολογίες επεξεργασίας, στην ενεργειακή αποδοτικότητα, σε εναλλακτικά καύσιμα και την προστασία του περιβάλλοντος.

7.3. Μέσα Μεταφοράς

7.3.1. Επίγεια Μέσα Μεταφοράς

Λεωφορεία – Φορτηγά

Το πρώτο λεωφορείο που κινείται με εναλλακτικά καύσιμα διαθέτει 40 θέσεις και λειτουργεί με αέριο βιομεθάνιο το οποίο παράγεται από ανθρώπινα απόβλητα και απόβλητα τρόφιμα μέσω μιας διαδικασίας αναερόβιας ζύμωσης. Αποτέλεσμα της επεξεργασίας του βιοαερίου είναι και το μεθάνιο, το οποίο προστίθεται σε προπάνιο με σκοπό την παραγωγή βιοκαυσίμου για το λεωφορείο, η αποθήκευση του γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένο μέρος στην οροφή του οχήματος. Στον χώρο επεξεργασίας λυμάτων του Μπριστόλ παράγεται το βιοαέριο. Το λεωφορείο έχει αυτονομία έως και 300 χιλιόμετρα με μια γεμάτη δεξαμενή καυσίμου, το καύσιμο αυτό ισούται με την παραγωγή αποβλήτων περίπου πέντε ανθρώπων ετησίως. Το λεωφορείο λειτουργεί με μία ΜΕΚ πανομοιότυπη με τους πετρελαιοκινητήρες των συμβατικών λεωφορείων με την διαφορά ότι οι εκπομπές του σε CO₂ είναι 30% λιγότερες. Ο διευθυντής της GENeco, κος Mohammed Saddiq, εκφράζει ότι το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων έχει μέγιστη παραγωγή αερίου που αντιστοιχεί στην τροφοδότηση περίπου 8,500 κατοικιών. Το λεωφορείο αυτό που η πρώτη ύλη του καυσίμου του είναι τα ανθρώπινα και οικιακά απόβλητα, εκτελεί δρομολόγια αρχικά μεταξύ Μπρίστολ και Μπαθ και πρόκειται να συνεχίσει με μια διαδρομή 24 χιλιομέτρων 4 φορές την εβδομάδα. Τροφοδοτούμενο με αέριο βιομεθάνιο, το βιολεωφορείο θα χρησιμοποιεί τα απόβλητα περισσότερων από 32,000 νοικοκυριών στην 15 μιλίων διαδρομή του. Ο ανεφοδιασμός του λεωφορείου γίνεται σε ένα σταθμό στο Avonmouth, Bristol, όπου λύματα και απόβλητα μετατρέπονται σε αέριο βιομεθάνιο. Το λεωφορείο, που μπορεί να μεταφέρει μέχρι 40 επιβάτες, παρουσιάστηκε το φθινόπωρο του 2015.

Η Argent Energy προμηθεύει οδικό ντίζελ σε φορείς εκμετάλλευσης φορτηγών και λεωφορείων σε ολόκληρο το Ηνωμένο Βασίλειο. Ως παραγωγός αποσταγμένου βιοντίζελ (που παράγεται μόνο από απόβλητα) παρέχει σε φορείς εκμετάλλευσης στόλων, αναμεμιγμένο κανονικό ντίζελ με το βρετανικό πρότυπο ποιότητας BS 590. Αυτό επιτρέπει περιεκτικότητα σε βιοντίζελ έως και 7%. Επίσης, συνδυάζει και

προμηθεύει υψηλό βιο-μείγμα ντίζελ όπως B20 (20% βιοντίζελ / 80% τυπικό ντίζελ) και B30. Και τα δύο καλύπτονται από το βρετανικό πρότυπο ποιότητας, BS 16709. Τα υψηλά μείγματα προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση άνθρακα από τις μεταφορές που μπορεί να είναι πολύ ελκυστικές για τις τοπικές αρχές, τους πελάτες των μεταφορέων και κάθε επιχείρηση που ενδιαφέρεται να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Γύρω από το Ηνωμένο Βασίλειο, πάνω από 5.000 οχήματα λειτουργούν με υψηλό βιο-μείγμα ντίζελ, έχοντας τα περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς και μειωμένες εκπομπές σωματιδίων και αυξημένη λιπαντικότητα. Το B100 (καθαρό βιοντίζελ) χρησιμοποιείται επίσης από ορισμένους στόλους όπου αυτή η εξοικονόμηση άνθρακα είναι υψίστης σημασίας. Κατασκευασμένο μόνο από απόβλητα, η βιωσιμότητα του B100 μας είναι αναμφισβήτητη.

Το Bloomberg (εταιρεία αξιολόγησης και στατιστικής ανάλυσης για την καθαρή ενέργεια και τις προηγμένες μεταφορές) εκτιμά ότι μέχρι το 2040 το 56% των ελαφρών επαγγελματικών οχημάτων θα αντικατασταθεί από ηλεκτρικά οχήματα και ότι το 31 όλων των επαγγελματικών οχημάτων σε Κίνα, ΗΠΑ και Ευρώπη. Επίσης προβλέπεται ότι έως το 2050 περίπου 20 εκατομμύρια φορτηγά και 5 εκατομμύρια αυτοκίνητα θα κινούνται με υδρογόνο.

Η Scania έχει δημιουργήσει ντιζελοκινητήρες αιθανόλης 95% σε περιεκτικότητα από το 1989. Υπάρχουν 600 λεωφορεία στους δρόμους με αυτούς τους κινητήρες. Τεχνολογίες για υβριδικούς κινητήρες καθώς και άλλους κινητήρες υδρογόνου κ.λ.π. θα είναι διαθέσιμα για χρήση σε επαγγελματικά οχήματα τα επόμενα 10 χρόνια. Η χρήση αιθανόλης ως καύσιμο μειώνει τους ρύπους στην ατμόσφαιρα κατά 90% CO₂ και σωματιδίων 93%. Η αιθανόλη είναι 30% φθηνότερη από ότι είναι σήμερα το αργό πετρέλαιο. Η τιμή της αιθανόλης είναι 0,30€/L και ανάλογα με την φορολογική αντιμετώπιση η αιθανόλη δύναται να είναι σημαντικά φθηνότερη είτε από το ντίζελ είτε από το βιοντίζελ. Οι τροποποιήσεις στον κινητήρα Scania αιθανόλης συνεπάγονται με την αύξηση του βαθμού συμπίεσης από 18:1 σε 24:1, αλλαγή στον χρονισμό έγχυσης του καυσίμου, αύξηση των εξόδων καυσίμου στα μπεκ του κινητήρα και αύξηση στην χωρητικότητα αντλίας καυσίμου. Όσον αφορά τα σωματίδια, ένα λεωφορείο του 2001 ρυπαίνει όσο 15 λεωφορεία αιθανόλης. Επίσης, ένα φορτηγό απορριμματοφόρο ή διανομών του 1990 ρυπαίνει όσο 100 φορτηγά

αιθανόλης. Για να επιτραπεί η κυκλοφορία λεωφορείων ή φορτηγών του δημοσίου, όπως απορριμματοφόρα με χρήση αιθανόλης, χρειάζεται η επέμβαση της πολιτείας. Επιπλέον, για την χρήση φορτηγών αιθανόλης από ιδιώτες για την διανομή προϊόντων εντός πόλεων θα πρέπει να επιδοτηθεί είτε να δημιουργηθούν κίνητρα.

Η ανάγκη για μείωση του CO₂ και του κόστους, οδήγησε τους μεταφορείς και τους πελάτες της Volvo προς την χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο. Για το λόγο αυτό, οι κινητήρες των νέων φορτηγών Volvo FH και Volvo FM θα λειτουργούν με υγροποιημένο φυσικό αέριο και βιοαέριο, οι οποίοι προσφέρουν την ίδια υψηλή απόδοση με τους κινητήρες ντίζελ. Η Πράσινη Συμφωνία της ΕΕ κατευθύνει τον κλάδο των μεταφορών προς ένα «καθαρότερο» μέλλον. Το σύστημα της Volvo Trucks για λειτουργία με υγροποιημένο βιοαέριο και φυσικό αέριο έχει ενεργειακή απόδοση αντίστοιχη με αυτή των κινητήρων πετρελαίου, αλλά διαθέτει μείωση εκπομπών CO₂. Η χρήση υγροποιημένου βιοαερίου, γνωστού και ως Bio-LNG, μειώνει τις εκπομπές ρύπων έως και 100% κατά τη διάρκεια της κίνησης του οχήματος (κύκλος TTW), ενώ η χρήση φυσικού αερίου μειώνει τις εκπομπές κατά περίπου 20% (κύκλος TTW) σε σύγκριση με το πετρέλαιο κίνησης ευρωπαϊκών προδιαγραφών. Η παραγωγή βιοαερίου που δεν προκύπτει από εξόρυξη απαιτεί μεγαλύτερο αριθμό εγκαταστάσεων παραγωγής για την αναεροβίωση αποβλήτων με δυνατότητα συμπύκνωσης του αερίου σε υγρή μορφή. Το 20% του ντίζελ στην Ευρώπη υπολογίζεται ότι θα μπορούσε να αντικατασταθεί από ανανεώσιμο αέριο στη μορφή του Bio-LNG έως το 2030. Οι σταθμοί ανεφοδιασμού υγροποιημένου αερίου αυξάνονται συνεχώς και αποτελούν ήδη εναλλακτική λύση του πετρελαίου σε πολλές διαδρομές. Ωστόσο, τα πρατήρια καυσίμων πρέπει συνεχίσουν να αυξάνονται παράλληλα με την αύξηση του αριθμού των φορτηγών που κινούνται με αέριο.

Αυτοκίνητα

Το 2005 η Ένωση Αυτοκινητοβιομηχανιών της Βραζιλίας Anfavea ανακοίνωσε πως το μερίδιο αγοράς των αυτοκινήτων που κινούνται με βιοκαύσιμα (αιθανόλη που παράγεται από την επεξεργασία του ζαχαροκαλάμου) ξεπέρασε το αντίστοιχο εκείνων που κινούνται με συμβατικά καύσιμα. Το 2005 στην Βραζιλία παρήχθησαν 2.400.000 αμάξια, από τα οποία τα 1.700.000 ήταν για την δική της αγορά. Στα αρχικά χρόνια της πετρελαϊκής κρίσης ξεκίνησε ο προβληματισμός για την χρήση

εναλλακτικών καυσίμων. Το 2003 ξεκίνησε η νέα γενιά που μπορούσε να κινείται και με βενζίνη και με αιθανόλη. Η φορολογία κινήθηκε υπέρ των αυτοκινήτων που καίνε αιθανόλη με 14% έναντι των συμβατικών 16%. Πλέον, η χώρα διαθέτει βενζινάδικα για προμήθεια αιθανόλης, εξαπλωμένα σε ολόκληρη την Βραζιλία.

Το πρώτο αυτοκίνητο κυψελών καυσίμου βιοαιθανόλης παγκοσμίως, φέρνει η ιαπωνική βιομηχανία Nissan που θα χρησιμοποιεί βιοαιθανόλη για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Η κυψέλη καυσίμου στερεών οξειδίων θα χρησιμοποιεί πολλαπλά καύσιμα μαζί με αιθανόλη και φυσικό αέριο, τα οποία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα αντιδρούν με το οξυγόνο. Το αυτοκίνητο θα χρησιμοποιεί σύστημα που θα αποθηκεύει και θα κινείται με βιοαιθανόλη χωρίς γέμισμα για 600 χιλιόμετρα, ισοδύναμης αυτονομίας με ένα συμβατικό βενζινοκίνητο αυτοκίνητο. Με βάση επίσημες ανακοινώσεις της βιομηχανίας αυτοκινήτων η τεχνολογία αυτή παρέχει ίδιες ικανότητες επιταγχύσεως και αθόρυβης λειτουργίας με τα συμβατικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Το όχημα θα εκπέμπει διοξείδιο του άνθρακα, ωστόσο οι εκπομπές θα εξισορροπούνται κατά τη διαδικασία της καλλιέργειας βιομάζας για την παραγωγή της βιοαιθανόλης, με αποτέλεσμα ένα ουδέτερο αποτύπωμα άνθρακα. Οι καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου και καλαμποκίου για την παραγωγή βιοαιθανόλης θα λαμβάνουν χώρα χωρίς ιδιαίτερες υποδομές στην Βόρεια και Νότια Αμερική. Η Nissan, διαθέτοντας ήδη στην αγορά ηλεκτρικά αυτοκίνητα από το 2010, δήλωσε ότι το κόστος για την λειτουργία ενός τέτοιου αυτοκινήτου θα είναι παραπλήσιο με ένα ηλεκτρικό αμάξι. Σημαντική διαφορά με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι ο χρόνος ανεφοδιασμού καυσίμου ο οποίος είναι μικρότερος στην προκειμένη περίπτωση.

Η πρωτοβουλία Co-Optima στοχεύει να επιτρέψει την εμφάνιση μιας νέας γενιάς αυτοκινήτων και φορτηγών που χρησιμοποιούν πιο βιώσιμα καύσιμα, με μεγαλύτερη απόδοση καυσίμου και λιγότερες εκπομπές ρύπων. Αυτό επιτυγχάνεται, με την επέκταση της επιστημονικής βάσης ότι η βιομηχανία χρειάζεται ταυτόχρονα να βελτιώσει τόσο τα καύσιμα όσο και τους κινητήρες καύσης. Ένα μέρος του έργου Co-Optima επικεντρώνεται στην πολύ λιτή λειτουργία των καυσίμων και κινητήρων ανάφλεξης με σπινθήρα δηλαδή, καύση λιγότερου καυσίμου σε μια δεδομένη ποσότητα αέρα από ό, τι σε έναν συμβατικό κινητήρα ανάφλεξης με σπινθήρα. Η λιτή

λειτουργία μπορεί να βελτιώσει την ισχύ και να μειώσει τις εκπομπές CO₂. Η πρωτοβουλία Co-Optima ξεκίνησε το 2015 και αναμένεται να διαρκέσει μέχρι τον Σεπτέμβριο του 2021. Η αρχική φάση επικεντρώθηκε στις ιδιότητες του καυσίμου που μοιάζουν με βενζίνη σε συμβατικούς κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα. Η επόμενη φάση επικεντρώνεται στις ιδιότητες του καυσίμου στην φτωχού μείγματος καύση σε έναν κινητήρα ανάφλεξης με σπινθήρα πολλαπλών τρόπων που συνδυάζει τη συμβατική καύση για μέγιστη ισχύ με συμβατική καύση για χαμηλότερα φορτία, τα οποία είναι πιο συχνά.

Τρένα

Η έναρξη του πρώτου επιβατικού τρένου, με χρήση βιοκαυσίμων ξεκίνησε από σταθμό του Λονδίνου με σκοπό την εκπλήρωση των πρώτων πειραματικών δοκιμών. Στόχος των δοκιμών ήταν η αντικατάσταση του ντίζελ από βιοκαύσιμα. Το τρένο, το οποίο ανήκει στην εταιρεία Virgin Trains, χρησιμοποίησε μείγμα καυσίμων όπου περιείχε 20% βιοντίζελ, το οποίο προερχόταν από βιολογικά προϊόντα, κυρίως από λάδι λαχανικών. Ορισμένες εταιρείες εξετάζουν ακόμα εάν είναι δυνατή η χρήση βιοκαυσίμων στους συρμούς τους. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε συνεργασία με την Ένωση Εταιρειών Διαχείρισης Τρένων, που αντιπροσωπεύει το Σιδηροδρομικό κλάδο της Βρετανίας καθώς και το Συμβούλιο Ασφαλείας των Σιδηροδρομικών Γραμμών. Το τρένο επί έξι μήνες ήταν εν κινήσει προκειμένου οι μηχανικοί να παρατηρήσουν την επίδραση των βιοκαυσίμων στον κινητήρα. Τελικά, το πείραμα είχε θετικά αποτελέσματα και η Virgin προχώρησε σε αλλαγή όλων των κινητήρων των τρένων της, τροποποίησε 78 από τα 131 τρένα του στόλου της. Επόμενος στόχος είναι η πλήρης αντικατάσταση του ντίζελ με βιοντίζελ το οποίο απαιτεί τροποποιήσεις στους κινητήρες του τρένου.

7.4. Θαλάσσιες Μεταφορές

Στην ναυτιλία χρησιμοποιούνται ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα εξής εναλλακτικά καύσιμα: υγροποιημένο φυσικό αέριο, υγραέριο, μεθανόλη και αιθανόλη, διμεθυλαιθέρας, συνθετικά καύσιμα, βιοντίζελ, βιοαέριο, υδρογόνο, πυρηνικά καύσιμα. Το καύσιμο χαρακτηρίζεται από την θερμογόνο δύναμη του η

οποία μετριέται σε ενέργεια ανά μάζα. Διακρίνεται σε κατώτερη (Hu) και ανώτερη (Ho) θερμογόνο δύναμη. Η ανώτερη θερμογόνος δύναμη είναι μεγαλύτερη από την κατώτερη κατά την θερμότητα υγροποίησης του υδρατμού ($r = 2449 \text{ kJ/kg}$ για νερό 20oC) που βρίσκεται στο καυσαέριο.

MERIAURA

Η Meriaura ως θαλάσσιος μεταφορέας, αποτελείται από πλοία ξηρού φορτίου και φορτηγά πλοία πολλαπλών χρήσεων, έχει εισαγάγει συμβάσεις μεταφοράς σχεδόν ουδέτερου άνθρακα. Το Meriaura EcoVoy βασίζεται στα πλοία EcoCoaster με χαμηλή κατανάλωση και βιοκαύσιμα. Τα νεότερα σκάφη EcoCoaster χρησιμοποιούν 100% βιο-λάδι. Το βιολογικό έλαιο με βάση τα απόβλητα είναι ηθικά βιώσιμο και μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έως 97%. Το VG Marine EcoFuel παράγεται από την VG EcoFuel Ltd στο Uusikaupunki, της Φινλανδίας. Κατά την χρήση βιοκαυσίμων με βάση τα απόβλητα, οι εκπομπές κύκλου ζωής των μεταφορών είναι 92 - 96% χαμηλότερες από ό,τι με τα ορυκτά καύσιμα. Επίσης, χρησιμοποιούνται δευτερεύοντα παράγωγα της βιομηχανίας τροφίμων, όπως το αργό ιχθυέλαιο, μαζί με τα ήδη χρησιμοποιούμενα φυτικά έλαια. Η παραγωγή ελέγχεται από την DNV GL και διαθέτει πιστοποιητικό συστήματος αειφορίας. Το βιοκαύσιμο είναι η πιο φιλική προς το κλίμα επιλογή για θαλάσσιες μεταφορές που υπάρχει σήμερα. Η Meriaura δεσμεύεται να προμηθεύει, να παράγει και να χρησιμοποιεί το EcoFuel τουλάχιστον το ποσό που ισούται με τη συνολική κατανάλωση των ταξιδιών που εκτελούνται βάσει της σύμβασης.

Eastern Pacific Shipping

Η Eastern Pacific Shipping (EPS) συνεργάστηκε με την εταιρεία παροχής βιοκαυσίμων GoodFuels προκειμένου να τροφοδοτηθεί το δεξαμενόπλοιο της M/T «Pacific Beryl» με εναλλακτικά καύσιμα. Η διαδικασία του ανεφοδιασμού έλαβε χώρα στις 9 Οκτωβρίου σε Ολλανδικά χωρικά ύδατα και ήταν σε πλήρη ευθυγράμμιση με την περιβαλλοντική πολιτική της EPS.

Samuel G. Fuqua

Το USS Arizona Ferry Boat # 39-2, Samuel G. Fuqua, καλωσόρισε τους επισκέπτες στην παρθενική του διαδρομή στις 18 Αυγούστου 2009 ως το νεότερο σκάφος βιοντίζελ

που λειτουργεί στο Ναυτικό Σταθμό Περγλ Χάρμπουργκ. Είναι το δεύτερο από τα πέντε νέα υπερσύγχρονα σκάφη βιοντίζελ που ξεκινούν στο Περγλ Χάρμπουργκ. Το # 39-1 John W. Finn, έφτασε τον Απρίλιο για να γίνει το πρώτο πλοίο του Ναυτικού στη Χαβάη που ενσωματώνει εξαρτήματα τεχνολογίας καθαρών καυσίμων. Τα νέα σκάφη αντικατέστησαν τελικά τα υπάρχοντα 20 χρόνων πλοία που διοικούνται από το Πολεμικό Ναυτικό των Η.Π.Α. που μεταφέρουν τους επισκέπτες από και προς το μνημείο USS Arizona. Τα εξαρτήματα της τεχνολογίας καθαρού καυσίμου περιλαμβάνουν κινητήρες διπλού καυσίμου που συμμορφώνονται πλήρως με τα πρότυπα εκπομπών EPA και ένα σύνθετο σύστημα καυσίμου βελτιστοποιημένο για καύσιμα βιοντίζελ και σχεδιασμένο για περαιτέρω μείωση των εκπομπών. Το σύστημα αναγωγής ντίζελ έχει σχεδιαστεί για τη χημική μετατροπή υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα σε νερό και διοξείδιο του άνθρακα. Τα νέα σκάφη χρησιμοποιούν ανανεώσιμο βιοντίζελ 100% τοπικής παραγωγής.

Υβριδικό Ρυμουλκό LNG

Ένα νέο υβριδικό ρυμουλκό υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) που λέγεται ότι είναι το πρώτο στον κόσμο θα είναι εξοπλισμένο με δύο κινητήρες αερίου 16V 4000 M55RN mtu από τον κατασκευαστή Rolls-Royce. Το ρυμουλκό θα κατασκευαστεί από την Sembcorp Marine Integrated Yard και θα λειτουργεί στη Σιγκαπούρη από την Jurong Marine Services, θυγατρική της Sembcorp Marine. Το νέο υβριδικό ρυμουλκό LNG είναι το πρώτο από τα 12 ρυμουλκά που η Sembcorp Marine πρόκειται να σχεδιάσει και να κατασκευάσει για να αντικαταστήσει τα υπάρχοντα πετρελαιοκίνητα από τώρα έως το 2025. Το ΥΦΑ ως καύσιμο ουσιαστικά εξαλείφει τις εκπομπές οξειδίου του θείου, ενώ η Λιμενική Αρχή της Σιγκαπούρης (MPA) ενθαρρύνει επίσης τη χρήση της για να υποστηρίξει τους στόχους του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού να μειώσουν κατά το ήμισυ τις εκπομπές CO₂ στα πλοία έως το 2050. Αυτό είναι το πρώτο υβριδικό ρυμουλκό LNG που τροφοδοτείται από κινητήρες αερίου mtu παγκοσμίως. Σχεδιασμένο από την LMG Marin (Νορβηγία), μέρος του ομίλου Sembcorp Marine, με ελκτική ικανότητα 65 t Bollard Pull (BP) και κλάση από τον ABS, το υβριδικό ρυμουλκό LNG εκτιμάται ότι θα ολοκληρωθεί στο τέλος του 2021. Το κύριο σύστημα πρόωσης του ρυμουλκού περιλαμβάνει δύο κινητήρες αερίου 16 κυλίνδρων mtu σειρά 4000, οι οποίες παρέχουν συνολική ισχύ

2984 KW στα 1600 RPM (περιστροφές ανά λεπτό). Οι νέοι κινητήρες αερίου είναι σε θέση να προσφέρουν απόδοση συγκρίσιμη με έναν κινητήρα ντίζελ υψηλής ταχύτητας, σύμφωνα με την Rolls-Royce. Εξοπλισμένοι με ψεκασμό καυσίμου πολλαπλών σημείων, δυναμικό έλεγχο κινητήρα και βελτιωμένο υπερσυμπιεστή, οι κινητήρες ικανοποιούν δυναμικές δυνατότητες επιτάχυνσης, υψηλή ισχύ εξόδου και μειωμένες εκπομπές σημαντικά κάτω από τα τρέχοντα όρια του IMO TIER III χωρίς την ανάγκη μετεπεξεργασίας καυσαερίων. Το υβριδικό σύστημα προώθησης LNG θα είναι σε θέση να παρέχει ευελιξία για την κάλυψη διαφόρων τρόπων λειτουργίας και είναι σε θέση να εναλλάσσεται μεταξύ κινητήρων LNG χαμηλών εκπομπών και μπαταρίας μηδενικών εκπομπών.

7.4.1. Εναέριες Μεταφορές

Έχει σημειωθεί κάποια πρόοδος στα βιοκαύσιμα για την αεροπορία. Οι πτήσεις που χρησιμοποιούν μείγματα βιοκαυσίμων έχουν ξεπεράσει τις 200.000. Διατίθεται συνεχής παροχή βιοκαυσίμων σε έξι αεροδρόμια και η υποστήριξη πολιτικής βελτιώθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ευρώπη το 2018.

Boeing 747, Virgin Atlantic

Την πρώτη δοκιμή βιοκαυσίμων σε επιβατικό αεροσκάφος Boeing 747 της Virgin Atlantic πραγματοποίησαν το Φεβρουάριο του 2008 πετώντας από την Βρετανία στην Ολλανδία χωρίς επιβάτες. Ένας από τους τέσσερις κινητήρες του αεροπλάνου έκαιγε βιοκαύσιμο από ξεχωριστή δεξαμενή, καθώς το τζάμπο τζετ των 400 θέσεων πετούσε από το Χίθροου του Λονδίνου στο αεροδρόμιο του Σίπχολ κοντά στο Άμστερνταμ. Το είδος του βιοκαυσίμου που χρησιμοποιήθηκε στην πτήση παραμένει άγνωστο. Η πτήση πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με την Boeing και τον κατασκευαστή των κινητήρων General Electric. Η Virgin, η Boeing και η GE δεν ήταν οι μόνες εταιρείες της αεροπορικής βιομηχανίας που πειραματίζονταν τότε με εναλλακτικά καύσιμα. Νωρίτερα, ένα «σούπερ τζάμπο» Airbus A380, με κινητήρες Rolls-Royce είχε πετάξει από τη Βρετανία στη Γαλλία καίγοντας συνθετικό υγρό καύσιμο της BP που παράγεται από φυσικό αέριο.

8. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ & ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

8.1. Τσιμεντοβιομηχανίες

Η βιομηχανία ΗΡΑΚΛΗΣ χρησιμοποιεί ήδη εναλλακτικά καύσιμα και πρώτες ύλες από βιομηχανικά, εμπορικά και αστικά απόβλητα. Η ΑΓΕΤ Ηρακλής συνεργάζεται με βιομηχανίες που επιθυμούν να προμηθεύσουν τα υποπροϊόντα και τα απόβλητα τους για την παραγωγή βιοκαυσίμων με βάση την κυκλική οικονομία. Επιπλέον, σε συνεργασία με μονάδες ανακύκλωσης, αξιοποιεί τα υπολείμματα των ανακυκλώσιμων υλικών ως καύσιμα και πρώτες ύλες στα εργοστάσια. Η πρακτική αυτή ξεκίνησε το 2004 και συνεχίζει έως σήμερα και στα δύο εργοστάσια της εταιρείας. Η χρήση των εναλλακτικών καυσίμων RDF ή SRF (κλάσμα από αστικά και εμπορικά απορρίματα) πραγματοποιείται και στις δύο παραγωγικές μονάδες του ομίλου ΗΡΑΚΛΗΣ στο Βόλο και στο Μηλάκι. Το 2017, περίπου το 20% από τα συνολικά καύσιμα που καταναλώθηκαν για την παραγωγή κλίνκερ προήλθαν από βιοκαύσιμα, αντίστοιχα το 2,5% των πρώτων υλών προήλθε από εναλλακτικές πρώτες ύλες. Από τον Μάρτιο του 2012, η Ένωση Τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδος έχει υπογράψει Συμφωνία Εθελοντικής Συνεργασίας με το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής για την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων, αναλαμβάνοντας την υποχρέωση για την εφαρμογή ασφαλών τεχνικών και ελέγχων. Οι πρώτες ύλες για τα βιοκαύσιμα ποικίλουν και είναι οι εξής: χρησιμοποιούμενα ελαστικά, πλαστικά, ζωοτροφές, ιλύς βιολογικών καθαρισμών, γεωργικά και οργανικά απορρίματα, απορρίματα συσκευασίας, χαρτί, ξύλο, πριονίδι, λάσπες καθαρισμών, διαλύτες και χρησιμοποιημένα λάδια και λιπαντικά.

8.2. Ενεργειακές Καλλιέργειες

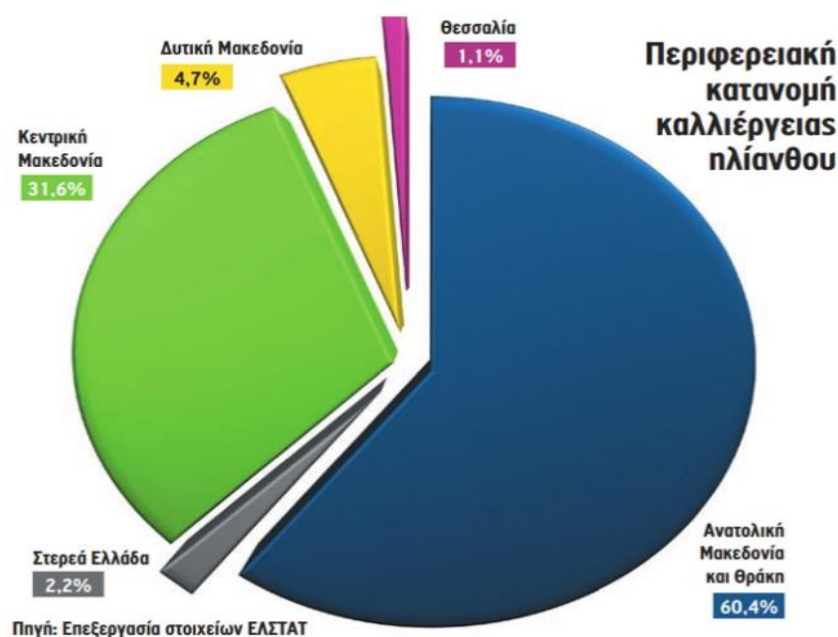
Ελαιοκράμβη

Στην Ελλάδα, η ενασχόληση με την ελαιοκράμβη ξεκίνησε πριν από 10 έτη λόγω της κοινοτικής οδηγίας 2003/30/ΕΚ για χρήση βιοκαυσίμων σε ποσοστό 5,75% έως το 2010. Το 2011 δημιουργήθηκαν 132.000 m³ βιοκαυσίμων, που το 87% προήλθε από Ελληνική πρώτη ύλη. Επίσης, η καλλιέργεια ελαιοκράμβης στην Ελλάδα είναι επιδοτούμενη από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα με το υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, το 2010 στη χώρα μας καλλιεργήθηκαν σχεδόν 100.000

στρέμματα και από αυτά παρήχθησαν 30.000 τόνοι ελαιοκράμβης. Οι φυτείες Ελαιοκράμβης καλλιεργούνται κυρίως στην Μακεδονία και στην Θράκη. Στις συμβάσεις με τα εργοστάσια βιοντίζελ η αξία της ανέρχεται στα 0,40 €/kg. Το 2019 οι φυτείες ελαιοκράμβης στην Ελλάδα έφτασαν τα 150.000 στρέμματα αγγίζοντας 15% άνοδο, συγκριτικά με το 2018.

Ηλίανθος

Η παραγωγή του ηλίανθου στην Ελλάδα η οποία συγκεντρώνεται στο Βόρειο – Ανατολικό μέρος της χώρας, έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Ο ηλίανθος παράγεται ως επί το πλείστον για τη διατροφική του αξία, καθώς είναι πλούσιος σε φυτικά έλαια. Το 2011 υπήρχαν καλλιεργημένα 80.000 στρέμματα με αντίστοιχη παραγωγή 16.000 τόνων σπόρου. Το 2020 εκτιμάται οι καλλιέργειες ηλίανθου κυμάνθηκαν στα 900.000 στρέμματα σε σχέση με το 2018 που ήταν περίπου 800.000 στρέμματα. Ο αριθμός των επιθυμητών φυτών ανά στρέμμα κυμαίνεται μεταξύ 4500-5000 φυτά στο στρέμμα στην ξηρή καλλιέργεια και 5500-6000 στην ποτιστική καλλιέργεια. Η τιμή της καλλιέργειας ηλίανθου από τις μονάδες παραγωγής βιοκαυσίμου φτάνει και τα 0,37€ το κιλό. Στην Εικόνα 7.1 διακρίνεται η κατανομή κατά τόπους της καλλιέργειας του Ηλίανθου στην Ελλάδα.



Εικόνα 8.1 Περιφερειακή κατανομή καλλιέργειας ηλίανθου (Πηγή: Επεξεργασία στοιχείων ΕΛΣΤΑΤ)

Σιτάρι – Κριθάρι

Το σιτάρι καλύπτει το 25% των καλλιεργούμενων ελληνικών εκτάσεων, δηλαδή περίπου 10 εκ. στρέμματα. Το βάθος σποράς είναι 3-5 εκατοστά, με 20 κιλά σπόρου ανά στρέμμα. Το 2020 η παραγωγή του μαλακού σίτου εκτιμάται στα 252.000 τόνους έναντι 240.000 τόνους το 2019. Σε ό,τι αφορά το σκληρό σιτάρι, για το 2020 εκτιμάται μια μικρή αυξητική τάση στις καλλιεργούμενες εκτάσεις (3,1 έναντι 3 εκατομμυρίων στρεμμάτων) που όμως σε συνδυασμό με μια εκτιμώμενη πτώση στις αποδόσεις κατά περίπου 10% αναμένεται να επιφέρει μικρή πτώση στην παραγωγή (620.000 έναντι 600.000 τόνων).

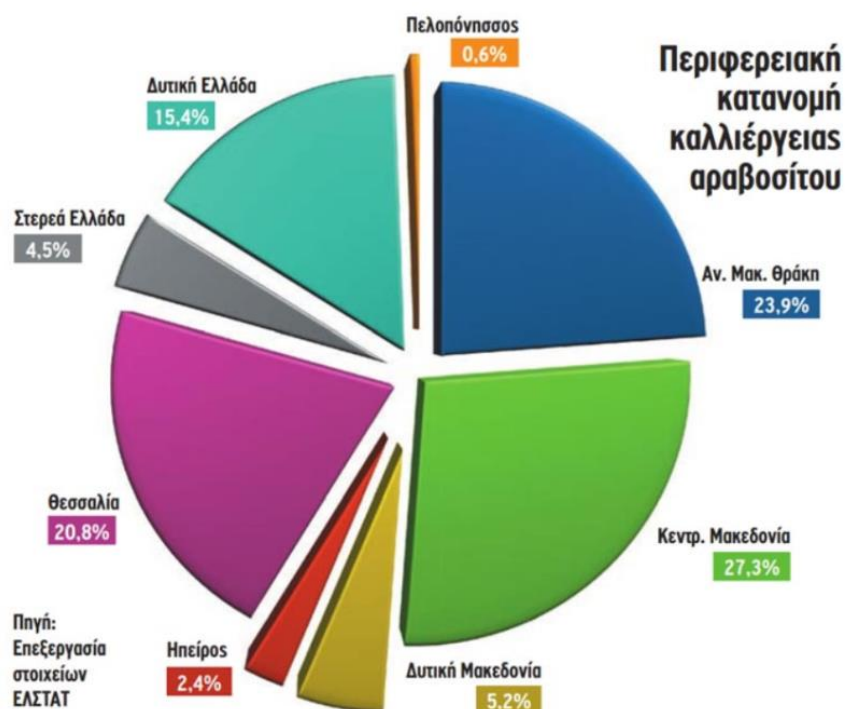
Το κριθάρι στην Ελλάδα κατέχει την τρίτη θέση σε έκταση μετά το μαλακό και σκληρό σιτάρι. Η καλλιέργεια του κριθαριού γίνεται σε πολλές περιοχές της χώρας ακόμα και στα νησιά, με έκταση 1,5 εκ. στρέμματα. Το 2019 η μέση στρεμματική απόδοση του κριθαριού ανερχόταν στα 250 κιλά ανά στρέμμα ενώ το 2020 εκτιμάται μείωση των αποδόσεων κατά 12% συνεπώς η μέση στρεμματική απόδοση θα πέσει στα 220 κιλά ανά στρέμμα.

Ζαχαρότευτλα

Η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων είναι διάσπαρτη σε όλη την χώρα. Το 2019 καλλιεργήθηκαν περισσότερα από 16.000 στρέμματα που υπολογίζονται σε 96.000 τόνους. Το 2020 με βάση τα λεγόμενα των παραγωγών η καλλιέργεια 20.000 στρέμματα δηλαδή συνολική παραγωγή 120.000 ζαχαρότευτλα.

Αραβόσιτος

Το καλαμπόκι καλύπτει περίπου 1,5 εκ. στρέμματα για καρπό και χλωρή μάζα. Οι απαιτήσεις του καλαμποκιού σε νερό για μία ικανοποιητική παραγωγή κυμαίνονται από 440-800 λίτρα νερού ανά στρέμμα ανά καλλιεργητική περίοδο. Στην Εικόνα 7.2 φαίνεται η περιφερειακή κατανομή στην Ελλάδα της καλλιέργειας του αραβοσίτου.



Εικόνα 8.2 Περιφερειακή κατανομή καλλιέργειας αραβοσίτου (Πηγή: Επεξεργασία στοιχείων ΕΛΣΤΑΤ)

Αγριαγκινάρα

Η απόδοση προς αγριαγκινάρας σε ξηρή ουσία κυμαίνεται από 1200-1600 κιλά σε μη αρδευόμενα χωράφια ενώ με 2-3 αρδεύσεις από τα μέσα Απριλίου μέχρι το τέλος Μαΐου (στην περίοδο αυτή η διαθεσιμότητα νερού είναι υψηλή προς περισσότερες περιοχές) οι αποδόσεις κυμαίνονται από 2500 – πάνω από 3000 κιλά ξηρής ουσίας ανά στρέμμα. Η καλλιέργεια προς αγριαγκινάρας έχει πολύ μικρό κόστος. Στη Θεσσαλία εκτιμάται ότι θα καλλιεργηθούν άμεσα 10.000 στρέμματα που θα αποφέρουν 15.000 τόνους πελλέτας (7500 τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου), η οποία θα διατίθεται σε τιμές υπο-τριπλάσιες του ισοδυνάμου πετρελαίου θέρμανσης. Σύμφωνα με εργαστηριακές μελέτες το παραπάνω βιοκαύσιμο θα παραχθεί σε μονάδα που έχει αρχίσει να κατασκευάζεται στην Α' ΒΙΠΕ Βόλου, ενώ η προμήθεια προς η βάση συμβολαιακής γεωργίας, προς 70 ευρώ ανά τόνο, με σημαντικά οφέλη για όλους: τον παραγωγό, την τοπική απασχόληση, τον τελικό χρήστη-καταναλωτή και φυσικά το περιβάλλον.

8.3. Εγκαταστάσεις Παραγωγής Βιοκαυσίμων

8.3.1. Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ)

Ο Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ) Α.Ε. έχει την ευθύνη της λειτουργίας, της διαχείρισης, της εκμετάλλευσης και της ανάπτυξης του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ) και των διασυνδέσεών του. Βάσει νομοθετικού πλαισίου, ο ΔΕΣΦΑ ανέλαβε πλήρως τον έλεγχο του ΕΣΦΑ, το οποίο και περιλαμβάνει το Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου, δηλαδή το σύστημα αγωγών με πίεση σχεδιασμού άνω των 19 barg και το σταθμό Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ) της Ρεβυθούσας.

Ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου είναι στη νήσο Ρεβυθούσα στην Πάχη Μεγάρων. Είναι ένας από τους 28 σταθμούς υγροποιημένου φυσικού αερίου που λειτουργούν σήμερα στην Ευρώπη και μοναδικός στην Ελλάδα για την υποδοχή δεξαμενόπλοιων ΥΦΑ, παραλαβή, αποθήκευση, αεριοποίηση ΥΦΑ και για την τροφοδοσία με φυσικό αέριο του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς. Ο σταθμός μπορεί να αποθηκεύσει 225.000 m³ ΥΦΑ και έχει ωριαία δυναμικότητα αεριοποίησης 1250 m³ LNG υπό συνθήκες κανονικής λειτουργίας. Τον Οκτώβριο του 2007 και το Δεκέμβριο του 2018 ολοκληρώθηκαν η 1^η και η 2^η φάση αναβάθμισης του Τερματικού Σταθμού αντίστοιχα, αυξάνοντας την δυναμικότητα αποθήκευσης με την λειτουργία της 3^{ης} δεξαμενής αποθήκευσης, την δυναμικότητα αεριοποίησης ΥΦΑ και την δυνατότητα υποδοχής μεγαλύτερων πλοίων ΥΦΑ μέχρι και του μεγέθους του Q max.

8.3.2. Αειφορική Ηπείρου

Η εταιρεία Αειφορική Ηπείρου ΜΑΕΕΣ ιδρύθηκε με στόχο την υλοποίηση του έργου ΣΔΙΤ “ Εγκατάσταση Επεξεργασία Αστικών Στερεών Αποβλήτων Περιφέρειας Ηπείρου”. Η διάρκεια της Σύμβασης Σύμπραξης είναι 27 έτη συγκεκριμένα 18 μήνες κατασκευαστική περίοδος και 25,5 χρόνια λειτουργία. Το έργο περιλαμβάνει

1. Μονάδα μηχανικής διαλογής η οποία ανακτά αυτοματοποιημένα ανακυκλώσιμα υλικά όπως σιδηρούχα υλικά, αλουμίνιο, χαρτί, πλαστικά, γυαλί.

2. Δεματοποίηση ανακυκλώσιμων υλικών. Μετά την μηχανική επεξεργασία, τα δευτερογενή προϊόντα της ΜΕΑ δεματοποιούνται και προωθούνται προς ανακύκλωση σε ειδικές μονάδες.

3. Μονάδα βιολογικής επεξεργασίας. Η μονάδα αυτή επεξεργάζεται το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων και αποτελείται από την αναερόβια και την αερόβια επεξεργασία. Κατά την αναερόβια επεξεργασία το οργανικό κλάσμα οδηγείται σε κλειστούς αντιδραστήρες υπό συνθήκες έλλειψης οξυγόνου και παράγεται βιοαέριο. Το βιοαέριο αξιοποιείται από μηχανές εσωτερικής καύσης και παράγεται πράσινη ενέργεια. Κατά την αναερόβια επεξεργασία το οργανικό κλάσμα παρουσία οξυγόνου και στη συνέχεια ραφινάρεται, για την παραγωγή υλικού τύπου κοσμούστ.

8.3.3. Ενεργειακή Συνεταιριστική Εταιρεία Καρδίτσας

Η Ενεργειακή Συνεταιριστική Εταιρεία Καρδίτσας ΕΣΕΚ ιδρύθηκε στις 15/07/2010 και είναι αστικός συνεταιρισμός. Σκοπός της εταιρείας είναι να οργανώσει την παραγωγή, τη διαχείριση, την επεξεργασία και την διάθεση βιομάζας ή και βιοκαυσίμων καθώς και την παραγωγή και τη διάθεση ενέργειας που προκύπτει από την αξιοποίηση κάθε μορφής ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Η εταιρεία ΕΣΕΚ συνεργάζεται με αγρότες, κτηνοτρόφους και βιομηχανίες προκειμένου να συλλέξει παραπροϊόντα βιομάζας ικανά για την παραγωγή ενέργειας και βιοαερίου. Επίσης, συνάπτει συμβόλαια συνεργασίας με αγρότες ώστε να καλλιεργήσουν ενεργειακά φυτά με στόχο την παραγωγή βιομάζας. Ακόμα, οργανώνει συναντήσεις και σεμινάρια ενημέρωσης μελών για τα θέματα βιομάζας και υποστηρίζει τεχνικά τους αγρότες στην επιλογή προσφορότερων καλλιεργειών για την παραγωγή βιομάζας και βιοκαυσίμων.

Στην ΕΣΕΚ είναι εγγεγραμμένοι 340 συνέταιροι. Το παρόν κεφάλαιο που έχουν εξασφαλίσει ξεπερνάει τις 420.000 € και πολλαπλασιάζεται διαρκώς. Είναι κατατεθειμένο στη Συνεταιριστική Τράπεζα Καρδίτσας. Τα 33 από τα συνολικά μέλη κατέχουν αγροτική εκμετάλλευση (?), ενώ οι 23 είναι κατ' επάγγελμα αγρότες.

8.3.4. Παραγωγή Βιοντίζελ

Η Agroenergy A.E. δραστηριοποιείται σε πολλούς τομείς που σχετίζονται με την παραγωγή, διαχείριση, επεξεργασία και εκμετάλλευση της βιομάζας. Η εταιρεία

αναλαμβάνει τις μελέτες, τις διαδικασίες αδειοδότησης της εγκατάστασης και λειτουργίας, τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την τεχνική υποστήριξη εργοστασίων παραγωγής βιοντίζελ. Επίσης, εξασφαλίζει τις πρώτες ύλες και τη διαχείριση τους καθώς πιστοποιεί το παραγόμενο βιοντίζελ και τα προϊόντα και παραπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας. Η Agroenergy παρέχει εγγύηση για την σωστή λειτουργία του εργοστασίου, του επιμέρους εξοπλισμού καθώς και την απόδοση του. Με βάση το πλάνο υλοποίησης του παραπάνω έργου η Agroenergy έχει καταφέρει την επίτευξη των εξής έργων:

1ο Εργοστάσιο παραγωγής βιοντίζελ στην Κάτω Αχαΐα, Ν. Αχαΐας

Ακολουθεί την κλασσική μέθοδο παραγωγής βιοντίζελ δεύτερης γενιάς, ονομαστικής δυναμικότητας 100 MTD ή 30.000 τόνων βιοντίζελ το χρόνο. Ένα τμήμα από το παραγόμενο βιοντίζελ θα οδηγείται στα διυλιστήρια για ανάμιξη με συμβατικό ντίζελ και διάθεση του μίγματος στην κίνηση.

Εργοστάσιο παραγωγής βιοντίζελ στο Σχηματάρι, Βοιωτίας

Ακολουθεί την κλασσική μέθοδο παραγωγής βιοντίζελ πρώτης γενιάς, ονομαστικής δυναμικότητας 72 MTD ή 24.000 τόνων βιοντίζελ το χρόνο. Το εκτιμώμενο κόστος εργοστασίου είναι 3.400.000€. Ένα τμήμα από το παραγόμενο βιοντίζελ θα οδηγείται στα διυλιστήρια για ανάμιξη με συμβατικό ντίζελ και διάθεση του μίγματος στην κίνηση.

Εργοστάσιο παραγωγής βιοντίζελ στα Ίσθια, Ν. Κορινθίας

Λειτουργεί σύμφωνα με την κλασσική μέθοδο παραγωγής βιοντίζελ πρώτης γενιάς, ονομαστικής δυναμικότητας 5.000 κυβικών βιοντίζελ το χρόνο. Το εκτιμώμενο κόστος εργοστασίου είναι 300.000€. Ένα τμήμα από το παραγόμενο βιοντίζελ θα οδηγείται στα διυλιστήρια για ανάμιξη με συμβατικό ντίζελ και διάθεση του μίγματος στην κίνηση.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

9.1. Σύνοψη Συμπερασμάτων

Ο όρος βιοκαύσιμο αναφέρεται ως υγρά ή αέρια καύσιμα για τον τομέα των μεταφορών που παράγονται κυρίως από βιομάζα.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε ο τρόπος παραγωγής των βιοκαυσίμων, αντίστοιχες πρώτες ύλες και η ανάγκή τους σε νερό. Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε βιοκαύσιμα μέσω χημικών ουσιών, όπως η βιομεθανόλη και το βιοντίζελ. Η βιοιθανόλη είναι ένα καύσιμο που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές πρώτων υλών. Συνήθως φυτά όπως σιτάρι, ζαχαρότευτλα, καλαμπόκι, άχυρο και ξύλο. Η βιοιθανόλη είναι ένα πρόσθετο / υποκατάστατο βενζίνης. Το βιοντίζελ είναι καλύτερο από το πετρέλαιο ντίζελ όσον αφορά την περιεκτικότητα σε θείο, το σημείο ανάφλεξης, το αρωματικό περιεχόμενο και τη βιοαποικοδομησιμότητα. Η βιοιθανόλη μπορεί να παραχθεί από άφθονους, οικιακούς, κυτταρινικούς πόρους βιομάζας, όπως ποώδη και ξυλώδη φυτά, γεωργικά και δασικά υπολείμματα, και ένα μεγάλο μέρος των δημοτικών στερεών αποβλήτων και βιομηχανικών αποβλήτων.

Το βιοαέριο ως καύσιμο μεταφοράς οδηγείται σε σύστημα αποθείωσης και απομάκρυνσης CO₂ με σκοπό την παραγωγή βιο μεθανίου. Το βιο μεθάνιο που παράγεται θεωρείται ισοδύναμο με το φυσικό περιεχόμενο όσον αφορά τη χημική σύσταση και το ενεργειακό περιεχόμενο. Οι βασικές πρώτες ύλες για το βιοαέριο είναι τα αστικά απόβλητα και τα ζωικά υπολείμματα.

Σχετικά με τις ανάγκες σε νερό για την παραγωγή βιοκαυσίμων μέσω φυτειών βιοκαλλιέργειών, συμπεραίνεται ότι δεν υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ των αναγκών σε νερό και της συνολικής παραγωγής βιοενέργειας. Ωστόσο, συγκρίνοντας τη ζήτηση γλυκού νερού ανά συγκομιδή βιομάζας, διαπιστώνουμε ότι τα περισσότερα από τα σενάρια κυμαίνονται μεταξύ 100-1000 km³GtC⁻¹. Το πλήρες εύρος των 15-1,250 km³GtC⁻¹ για τη συγκομιδή βιομάζας συνεπάγεται ότι δεδομένης της απόδοσης μετατροπής άνθρακα 50%, ίσως χρειάζονται 99-8.250 km³ για τα NEs 3,3 GtC.

Χρόνο με τον χρόνο αυξάνεται η κατανάλωση και η παραγωγή βιοκαυσίμων λόγω της προστασίας του περιβάλλοντος, της απεξάρτησης από πετρελαιοπαραγωγές χώρες καθώς και την ενίσχυση την ενεργειακής ασφάλειας.

Η παραγωγή των βιοκαυσίμων έχει εξαπλωθεί σε ποικίλες αγορές ανά τον κόσμο ενώ η κατανάλωση τους σε ολόκληρο. Τα βιοκαύσιμα βρίσκουν εφαρμογή παγκοσμίως στις μεταφορές τόσο τις επίγειες όσο και τις θαλάσσιες και τις εναέριες με μεγάλη επιτυχία. Τα κράτη πλέον θεσπίζουν όλο και περισσότερους νόμους με σκοπό την εντατικοποίηση της χρήσης βιοκαυσίμων.

9.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Οι εξελίξεις στην παραγωγή βιοκαυσίμων οδηγούν σε ανάγκες που πρέπει να επεξεργαστούν. Προτείνεται λοιπόν, η χρήση πρώτων υλών που δεν χρησιμοποιούνται ως τροφή, έχουν μεγάλη στρεμματική απόδοση ή θεωρούνται απόβλητα και υπολείμματα με σκοπό την αύξηση βιοκαυσίμων δεύτερης και τρίτης γενιάς.

Σημαντική ενίσχυση της χρήσης βιοκαυσίμων είναι η παραγωγή προηγμένων βιοκαυσίμων, με βελτιωμένες ιδιότητες και αποφυγή παραγωγής υποπροϊόντων κατά την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Ανάγκη για περαιτέρω έρευνα αποτελεί ο ρόλος του νερού στην παραγωγή βιοκαυσίμων. Προτείνονται λοιπόν, επενδύσεις σε πρόσθετες τεχνολογίες άρδευσης. Επίσης, σχετικά με την παραγωγή βιοκαυσίμων σε σχέση με το νερό χρήζουν τοπικές μελέτες σχετικά με την τοπική απόδοση παραγωγικότητας του νερού.

Τέλος, σαν αναπόσπαστο κομμάτι της μέγιστης παραγωγής και της κατανάλωσης βιοκαυσίμων ανά τον κόσμο συνίσταται η προστασία των ευάλωτων περιοχών.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Παπανικολάου Π., Κουτσογιάννης Δ., Στάμου Α., *Guidelines for the presentation of academic works in the Department of Water Resources & Environmental Engineering*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2012. (<http://www.itia.ntua.gr/el/>)

Μαμάσης Ν., Ευστρατιάδης Α., *Ενέργεια από βιομάζα*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2018 – 2019. (<http://mycourses.ntua.gr/>)

Μαμάσης Ν., Ευστρατιάδης Α., *Αντικείμενα Πολιτικού Μηχανικού σχετικά με την ενεργειακή τεχνολογία και συναφή έργα*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα. (<http://mycourses.ntua.gr/>)

Κατσίρη Α., Μαμάσης Ν., *Εισαγωγή στην Ενεργειαία Τεχνολογία, Ενέργεια από βιομάζα*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2015. (<http://mycourses.ntua.gr/>)

Dermibas A., *Energy conversion and management 49, Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections*, Turkey, 2008.

Reijnders L. *Conditions for the sustainability of biomass based fuel use*, EnergyPolicy 2006, 34:863–76

Αθανάσιος Βαλαβανίδης, Θωμαΐς Βλαχογιάννη, *Περιβαλλοντικές έρευνες και εκθέσεις για την κατάσταση των Ελληνικών πηγών γλυκού νερού*, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2015

HESS (Hydrology and Earth System Sciences), Stenzel F., Gerten D., Hanasaki N., *Global scenarios of irrigation water use for bioenergy production: a systematic review*, 2020. (<https://hess.copernicus.org/preprints/hess-2020-338/>)

Beringer, T., Lucht, W., and Schaphoff, S.: *Bioenergy production potential of global biomass plantations under environmental and agricultural constraints*, GCB Bioenergy, 3, 299–312, 2011, (<https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01088.x>, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1757-1707.2010.01088.x/abstract>).

Heck, V., Gerten, D., Lucht, W., and Popp, A.: *Biomass-based negative emissions difficult to reconcile with planetary boundaries*, Nature Climate Change, σελ. 151–155, 2018, (<https://doi.org/10.1038/s41558-017-0064-y>),.

Hejazi, M. I., Edmonds, J., Clarke, L., Kyle, P., Davies, E., Chaturvedi, V., Wise, M., Patel, P., Eom, J., and Calvin, K.: *Integrated assessment of global water scarcity over the 21st century under multiple climate change mitigation policies*, *Hydrology and Earth System Sciences*, 18, 2859–2883, 2014, (<https://doi.org/10.5194/hess-18-2859-2014>, <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/18/2859/2014/>)

Stenzel, F., Hanasaki, N., and Gerten, D.: *Water demand of bioenergy V.1.0*, *GFZ Data Services*, 2020, (<https://dataservices.gfz-potsdam.de/panmetaworks/review/46e4043dd95b623e0ba8dbc09fb437b7c92d1aa56bf264547e6d37646cb381ae-pik/>).

Stenzel, F., Gerten, D., Werner, C., and Jägermeyr, J.: *Freshwater requirements of large-scale bioenergy plantations for limiting global warming to 1.5°C*, *Environmental Research Letters*, 14, 084 001, 2019, (<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab2b4b>, <http://iopscience.iop.org/10.1088/1748-9326/ab2b4b>.)

de Fraiture, C., Giordano, M., and Liao, Y.: *Biofuels and implications for agricultural water use: blue impacts of green energy*, *Water Policy*, 10, 67 - 81, 2008, (<https://doi.org/10.2166/wp.2008.054>, <https://doi.org/10.2166/wp.2008.054>).

Berndes, G.: *Bioenergy and water—the implications of large-scale bioenergy production for water use and supply*, *Global Environmental Change*, 12, 253 – 271, 2002, ([https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(02\)00040-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0959-3780(02)00040-7), <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378002000407>).

Bonsch, M., Humpenöder, F., Popp, A., Bodirsky, B., Dietrich, J. P., Rolinski, S., Biewald, A., Lotze-Campen, H., Weindl, I., Gerten, D., and Stevanovic, M.: *Trade-offs between land and water requirements for large-scale bioenergy production*, *GCB Bioenergy*, 8, 11 - 24, 2016, (<https://doi.org/10.1111/gcbb.12226>, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcbb.12226/abstract>).

Mouratiadou, I., Biewald, A., Pehl, M., Bonsch, M., Baumstark, L., Klein, D., Popp, A., Luderer, G., and Kriegler, E.: *The impact of climate change mitigation on water demand for energy and food: An integrated analysis based on the Shared Socioeconomic Pathways*, *Environmental Science & Policy*, 64, 48–58, 2016, (<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.007>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146290111630301X>)

Humpenöder, F., Popp, A., Bodirsky, B. L., Weindl, I., Biewald, A., Lotze-Campen, H., Dietrich, J. P., Klein, D., Kreidenweis, U., Müller, 450C., et al.: *Large-scale bioenergy production: how to resolve sustainability trade-offs?*, Environmental Research Letters, 13, 024 011, 2018, (<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9e3b>),

Gerbens-Leenes, P. W., van Lienden, A. R., Hoekstra, A. Y., and van der Meer, T. H.: *Biofuel scenarios in a water perspective: The global blue and green water footprint of road transport in 2030*, GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE-HUMAN AND POLICY DIMENSIONS, 22, 764–775, 2012, (<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.04.001>),

Yamagata, Y., Hanasaki, N., Ito, A., Kinoshita, T., Murakami, D., and Zhou, Q.: *Estimating water–food–ecosystem trade-offs for the global negative emission scenario (IPCC-RCP2.6)*, Sustainability Science, 13, 301–313, 2018, (<https://doi.org/10.1007/s11625-017-0522-5>), <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-017-0522-5>)

Fajardy, M., Chiquier, S., and Mac Dowell, N.: *Investigating the BECCS resource nexus: delivering sustainable negative emissions*, Energy & Environmental Science, 11, 3408–3430, 2018, (<https://doi.org/10.1039/C8EE01676C>),

Hu, B., Zhang, Y., Li, Y., Teng, Y., and Yue, W.: *Can bioenergy carbon capture and storage aggravate global water crisis?*, Science of The Total Environment, 714, 136 856, 2020, (<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sci-totenv.2020.136856>), <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720303661>)

Hamid Omidvarborna, Ashok Kumar, Dong-Shik Kim, *Characterization of particulate matter emitted from transit buses fueled with B20 in idle modes*, Journal of Environmental Chemical Engineering, (<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2213343714002140?token=70EB688B32746A6A6A532898A122CCCE81C330233EFF7E3DC864DE7F1AA43EE3DCA46386DC19559CFA781B B306AE112>)

Μπαράκος Ν., Πασιάς Σ, Παπαγιαννάκος Ν., *Μοντέλο βιώσιμης αξιοποίησης βιομάζας για τη παραγωγή βιοντίζελ*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2007.

(http://www.agroenergy.gr/sites/default/files/downloads/070330_model_biomass_biodiesel.pdf)

Ιστοσελίδες

<https://ypen.gov.gr/> (τελευταία πρόσβαση 07/02/2021)

<https://eur-lex.europa.eu/> (τελευταία πρόσβαση 07/02/2021)

<https://enerkem.com/> (τελευταία πρόσβαση 10/11/2020)

<https://energypress.gr/news/shedio-kyklikis-oikonomias-sti-diaheirisi-aporrimmaton>
(τελευταία πρόσβαση 15/11/2020)

<http://7gym-trikal.tri.sch.gr/images/2013-4/pe/energeia.pdf> (τελευταία πρόσβαση 15/11/2020)

<https://www.ego.gr/news-recycling-garbage> (τελευταία πρόσβαση 15/11/2020)

https://www.ethnos.gr/oikonomia/91703_neo-kaysimo-gia-tin-anakyklosi-i-apolignitopoiisi (τελευταία πρόσβαση 15/11/2020)

<https://www.airliquide.com/> (τελευταία πρόσβαση 05/12/2020)

<https://argentenergy.com/> (τελευταία πρόσβαση 05/12/2020)

<https://hess.copernicus.org/preprints/hess-2020-338/hess-2020-338.pdf> (τελευταία πρόσβαση 05/12/2020)

<https://www.journals.elsevier.com/> (τελευταία πρόσβαση 15/12/2020)

<https://el.wikipedia.org/wiki/> (τελευταία πρόσβαση 15/12/2020)

<https://www.agroenergy.gr> (τελευταία πρόσβαση 16/12/2020)

<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/bioenergy> (τελευταία πρόσβαση 05/02/2021)

<http://www.hcia.gr/> (τελευταία πρόσβαση 05/01/2021)

<https://www.lafarge.gr> (τελευταία πρόσβαση 05/01/2021)

<https://www.dw.com/> (τελευταία πρόσβαση 05/01/2021)

<https://www.kathimerini.gr> (τελευταία πρόσβαση 05/01/2021)

<https://www.marinelink.com> (τελευταία πρόσβαση 05/01/2021)

<http://www.cres.gr/> (τελευταία πρόσβαση 05/01/2021)

<http://www.futuremobility.gr/> (τελευταία πρόσβαση 06/01/2021)

<https://www.naftemporiki.gr/> (τελευταία πρόσβαση 06/01/2021)

<https://www.4troxoi.gr/> (τελευταία πρόσβαση 05/01/2021)
<https://www.in.gr/> (τελευταία πρόσβαση 07/01/2021)
www.fao.org (τελευταία πρόσβαση 02/02/2021)
<https://energypress.gr/> (τελευταία πρόσβαση 02/02/2021)
<http://www.orykta.gr> (τελευταία πρόσβαση 03/02/2021)
<https://www.desfa.gr/> (τελευταία πρόσβαση 04/02/2021)
<https://gr.boell.org/> (τελευταία πρόσβαση 04/02/2021)
<http://www.itia.ntua.gr/> (τελευταία πρόσβαση 07/02/2021)
<https://www.yara.gr/> (τελευταία πρόσβαση 07/09/2020)
<https://www.elsevier.com/> (τελευταία πρόσβαση 07/02/2021)
<https://kalathaki.wordpress.com> (τελευταία πρόσβαση 10/02/2021)
<https://horomidis.gr/> (τελευταία πρόσβαση 10/02/2021)
<https://www.agriamanitaria.gr> (τελευταία πρόσβαση 10/02/2021)
<https://www.switchgrass.nl/> (τελευταία πρόσβαση 10/02/2021)
<https://blog.farmacon.gr/> (τελευταία πρόσβαση 10/02/2021)
<http://library.tee.gr/> (τελευταία πρόσβαση 10/02/2021)
<http://www.gaiapedia.gr/> (τελευταία πρόσβαση 10/02/2021)
<https://giorgoskatsadonis.blogspot.com/> (τελευταία πρόσβαση 10/02/2021)
<https://www.mistikakiprou.gr/> (τελευταία πρόσβαση 10/02/2021)
<https://www.kipogeorgiki.gr/> (τελευταία πρόσβαση 10/02/2021)