



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ
ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ
ΑΞΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΚΡΕΚΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Επιβλέπων: Μιχαήλ Κονσολάκης,

Επίκουρος Καθηγητής Πολυτεχνείου Κρήτης

Χανιά, Οκτώβριος 2015

“Intentionally Blank”



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ
ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ
ΑΞΙΑΣ**

Εγκρίθηκε από τους:

Κονσολάκης Μιχαήλ (Επιβλέπων)

Επίκουρος Καθηγητής, Πολυτεχνείο Κρήτης,

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

Κορνίτσας Κωνσταντίνος

Καθηγητής, Πολυτεχνείο Κρήτης,

Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων

Παπαευθυμίου Σπύρος

Επίκουρος Καθηγητής, Πολυτεχνείο Κρήτης,

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

ΧΑΝΙΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015

“Intentionally Blank”

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελ.
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΟΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	9
1.1. ΟΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	10
1.2. ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)	
2.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	17
2.2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΠΕ	20
2.3. ΕΙΔΗ ΑΠΕ	22
2.3.1. Αιολική ενέργεια	22
2.3.2. Ηλιακή ενέργεια	28
2.3.3. Άλλες μορφές ΑΠΕ	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΒΙΟΜΑΖΑ	38
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΑΖΑ	38
3.2. ΒΙΟΧΗΜΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ	40
3.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	42
3.4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ	47
4.1. Η ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΣΤΗΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ 2ης ΓΕΝΙΑΣ	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΑΠΟ ΑΓΡΟΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΛΑΚΩΝΙΑΣ	
6.1. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΟΜΟ ΛΑΚΩΝΙΑΣ	60
6.2. ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΑΠΟ ΕΛΑΙΟΠΟΛΤΟ	61
6.3. ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΑΠΟ ΣΤΕΜΦΥΛΑ	63
6.4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙΩΝ	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	67
ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	71

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο πολιτισμός και τα τεχνολογικά επιτεύγματα των τελευταίων 300 περίπου χρόνων βασίστηκαν στη χρήση των ορυκτών καυσίμων, τα οποία ο άνθρωπος χρησιμοποίησε άπληστα εξαντλώντας τα αποθέματά τους και μολύνοντας το περιβάλλον. Είναι πλέον φανερό ότι η ενέργεια πρέπει να παράγεται από πηγές που μπορούν να ανανεωθούν όπως ο ήλιος, τα νερά και ο άνεμος του πλανήτη. Έτσι, πλέον γίνεται λόγος για ηλιακή, αιολική, γεωθερμική και υδροηλεκτρική ενέργεια, καθώς και για ενέργεια παραγόμενη από βιομάζα, από την εκμετάλλευση των παλιτροϊκών κυμάτων κ.α.

Προς την κατεύθυνση αυτή η παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων μπορεί να συντελέσει τα μέγιστα προς το περιορισμό της επικείμενης κλιματικής αλλαγής και της εξάρτησης μας από τα ορυκτά καύσιμα. Η βιοαιθανόλη (Bio-ethanol), η οποία μπορεί εύκολα να παραχθεί σε περιοχές που διαθέτουν βιομάζα πλούσια σε ζάχαρα, άμυλο και κυτταρινούχες ουσίες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε αμιγώς είτε σε πρόσμιξη με τα συμβατικά καύσιμα, καλύπτοντας σημαντικό μέρος των ενεργειακών αναγκών.

Η εργασία αυτή ασχολείται αρχικά με τις συμβατικές μορφές ενέργειας και το ενεργειακό πρόβλημα και ακολουθεί αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Κατόπιν παρατίθενται πληροφορίες για τη βιομάζα και τη βιοαιθανόλη και γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στη βιοαιθανόλη 2^{ης} γενιάς. Στη συνέχεια αναφέρονται οι δυνατότητες για παραγωγή βιοαιθανόλης από τα αγροτικά υπολείμματα του νομού Λακωνίας και τέλος γίνεται αναφορά στον ποιοτικό έλεγχο της βιοαιθανόλης και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της.

ABSTRACT

The culture and technological achievements of the last 300 or so years were based mainly on the use of fossil fuels. However it is now clear that energy should be produced from renewable sources as the sun the wind and biomass due to their low environmental footprint and high energy efficiency.

Towards this direction, the production and use of biofuels could contribute greatly to the environmental protection and sustainable development. Bioethanol, which can easily be produced in areas with biomass rich in sugar, starch and cellulose substances can be used either pure or in admixture with conventional fuels, covering a significant part of the energy needs.

In the present thesis, the conventional and renewable energy sources were at first provided. Then, the potential of biomass as energy source is discussed, with particular emphasis on the production of biofuels, such as bioethanol. Finally, the potential of bioethanol production from agricultural residue is presented from agricultural residue is presented and critically discussed.

Ευχαριστίες

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Αρχικά θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου που με έμαθαν ότι όλα στη ζωή κερδίζονται με αγώνες και θυσίες και ήταν πάντα δίπλα μου ενθαρρύνοντάς με να παλέψω για όσα ονειρεύομαι. Η αγάπη τους και τα όσα μου δίδαξαν αποτελούν το φάρο που φωτίζει την πορεία της ζωής μου.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κονσολάκη Μιχαήλ χωρίς τις υποδείξεις και τη βοήθεια του οποίου δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Κάθε χρόνο ως αποτέλεσμα των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) καθώς και άλλων αερίων όπως το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου, απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αλλάζοντας τη σύστασή της που παρέμενε σταθερή για δεκάδες χιλιάδες χρόνια. Η ανατροπή αυτή αναμένεται να αλλάξει δραστικά το κλίμα τις επρχόμενες δεκαετίες. Το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται υπεύθυνο για το 50% της υπερθέρμανσης της ατμόσφαιρας. Σε λιγότερο από 2 αιώνες οι άνθρωποι αυξήσαμε κατά 25% την συνολική ποσότητα CO_2 της ατμόσφαιρας. Κάθε χρόνο επιβαρύνουμε την ατμόσφαιρα με 6 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία της γης θα ανέβει τα επόμενα 100 χρόνια από 2 έως και 6 βαθμούς κελσίου.

Πρόσφατες έρευνες σε Αμερική και Ευρώπη δείχνουν ότι κάτω από τις παρούσες συνθήκες, έντονα κλιματολογικά φαινόμενα όπως οι ξηρασίες, οι πλημύρες, το *el nino* και άλλα, αναμένεται να εμφανίζονται πιο συχνά. Οι σημαντικότερες συνέπειες της παγκόσμιας υπερθέρμανσης είναι: 1) η μείωση στα αποθέματα του νερού 2) οι απότομες μεταβολές στη θερμοκρασία του πλανήτη 3) οι υψηλές θερμοκρασίες στη θερινή περίοδο 4) η είσοδος των θαλάσσιων υδάτων στον παράκτιο υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, 5) οι σημαντικές μετακινήσεις πληθυσμών και αγαθών, 6) η δραματική μείωση του αριθμού των ειδών.

Η αλλαγή του κλίματος αμφισβητήθηκε στο παρελθόν και σε οποιασδήποτε προσπάθειες για την έγκαιρη αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού αντέδρασαν λόμπι ισχυρών συμφερόντων. Πλέον όμως αυτή η πραγματικότητα είναι αδιαμφισβήτητη καθώς οι συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι ήδη πραγματικότητα. Την τελευταία δεκαετία, εκδηλώθηκαν τρεις φορές περισσότερες φυσικές καταστροφές –κυρίως πλημύρες και τυφώνες –στον κόσμο από ότι στην δεκαετία του 60, ενώ τετραπλασιάστηκε το κόστος των καταστροφών από παρόμοια φαινόμενα.

1.1. ΟΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Οι κύριες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην σημερινή εποχή, προέρχονται από τα αποθέματα που βρίσκονται στο εσωτερικό της γης και τα οποία βρίσκονται σε στερεή, υγρή και αέρια μορφή.

- Πηγές ενέργειας που βρίσκονται σε στερεά μορφή: Σε αυτές περιλαμβάνονται το πρώτο υλικό που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, δηλαδή το ξύλο (το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ανανεώσιμη πηγή) ο άνθρακας και ο λιγνίτης. Τα δύο τελευταία είναι αυτά που χρησιμοποιήθηκαν κατά κόρον για την παραγωγή ενέργειας από το τέλος του 18^{ου} αιώνα και μετέπειτα και χρησιμοποιούνται εντατικά ακόμα και σήμερα, αν και τα αποθέματα συνεχώς μειώνονται.¹ Επίσης, στις στερεές πηγές συμπεριλαμβάνονται και τα διάφορα πυρηνικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα πυρηνικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας. Το πρόβλημα της αποθήκευσης των αποβλήτων που δημιουργεί η χρήση τους καθώς και οι επιπτώσεις της διαρροής τους στο περιβάλλον είναι γνωστό. Το ίδιο γνωστές είναι και οι συνέπειες από ένα ατύχημα στις εγκαταστάσεις και τη διαρροή ραδιενέργειας είτε στον αέρα, είτε στη γη, είτε στο νερό.¹ Το ατύχημα που συνέβη στη Φουκουσίμα της Ιαπωνίας το 2011 είναι πολύ χαρακτηριστικό παράδειγμα. Μετά από έναν ισχυρό σεισμό και ένα καταστροφικό τσουνάμι 3 από τους 6 αντιδραστήρες ενός πυρηνικού εργοστασίου ενέργειας υπέστησαν τήξη. Αποτέλεσμα ήταν να εκλυθεί στην ατμόσφαιρα ποσότητα ραδιενεργού καισίου ίση με 168 πυρηνικές βόμβες, σαν αυτήν που έπεσε στη Χιροσίμα.² Περισσότεροι από 150.000 άνθρωποι αναγκάστηκαν να φύγουν από τα σπίτια τους σε μια ακτίνα 50 χιλιομέτρων από τον πυρηνικό σταθμό. Περιμετρικά του σταθμού δημιουργήθηκε μια ζώνη εκκένωσης 20 χιλιομέτρων, η οποία προβλέπεται να μείνει ακατοίκητη και ουσιαστικά νεκρή για αρκετές ακόμα δεκαετίες. Τα επίπεδα του καισίου στη θάλασσα ένα μήνα μετά βρέθηκαν να είναι 50 εκατομμύρια φορές υψηλότερα από τα αντίστοιχα πριν το ατύχημα.² Οι έρευνες έδειξαν υψηλά επίπεδα ραδιενεργού καισίου σε ψάρια, φύκια αλλά και αγροτικά προϊόντα (π.χ. ρύζι, μοσχάρι φρούτα και λαχανικά) ενώ περίπου 29 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα ραδιενεργού χώματος πρέπει να αφαιρεθεί μόνο από την περιφέρεια της Φουκουσίμα για να προστατευθούν οι εγκαταστάσεις και οι άνθρωποι. Ένα χρόνο μετά εξακολουθούσε να υπάρχει διαρροή μολυσμένου νερού στη θάλασσα και στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.²



Εικόνα 1 : Τσουνάμι μετά το σεισμό το 2011 στην Φοκοσίμα της Ιαπωνίας

- Πηγές ενέργειας που βρίσκονται σε υγρή μορφή. Περιλαμβάνουν μία πηγή που αποτέλεσε τη βάση του σύγχρονου πολιτισμού και της τεχνολογικής ανάπτυξης, δηλαδή το πετρέλαιο και τα παράγωγά του. Από τα μέσα περίπου του 19^{ου} αιώνα το πετρέλαιο και όλα του τα παράγωγα αποτέλεσαν την κινητήρια δύναμη της ανθρώπινης εξέλιξης τόσο σε τεχνολογικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο, όπως απέδειξε και η πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του '70. Πρόκειται για την πρωταρχική πηγή ενέργειας παγκοσμίως η οποία καλύπτει περίπου το 35% των παγκόσμιων αναγκών. Είναι, επίσης, το καύσιμο που χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για βασικές χρήσεις, π.χ. για τις μεταφορές.³ Η ανάπτυξη αυτή έφερε με τη σειρά της πολιτικές και κοινωνικές ανακατατάξεις και αναταράξεις αλλά και καταστροφικά αποτελέσματα στο περιβάλλον.¹ Καταστροφική υπήρξε η διαρροή πετρελαίου κατά το μεγαλύτερο ατύχημα που συνέβη ποτέ στην ιστορία των ΗΠΑ, δηλαδή το δυστύχημα στον κόλπο του Μεξικού το 2010. Μία έκρηξη συνέβη σε μια πλατφόρμα άντλησης πετρελαίου οδηγώντας στην απώλεια της ζωής 11 ανθρώπων. Λόγω μη λειτουργίας του αυτόματου μηχανικού σφραγίσματος της υποβρύχιας πετρελαιοπηγής τουλάχιστον 4 εκατομμύρια βαρέλια αργού πετρελαίου διέρρευσαν στη θάλασσα στους 3 μήνες που χρειάστηκαν για να «ταπωθεί» η πετρελαιοπηγή.³ Τα επίπεδα του κριλ και του πλαγκτόν που αποτελούν τροφή των μεγάλων θαλάσσιων θηλαστικών μειώθηκαν δραματικά. Εκατοντάδες νεκρά δελφίνια, φάλαινες, θαλάσσιες χελώνες και καρχαρίες ξεβράστηκαν νεκρά στις γύρω ακτές. Πολλοί από τους ανθρώπους που εργάστηκαν για τον καθαρισμό της πετρελαιοκηλίδας και εκτέθηκαν σε τοξικά

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

χημικά και αέρια έχασαν τη ζωή τους κυρίως από καλπάζουσες μορφές καρκίνου.³ Αν και η υπεύθυνη εταιρεία ισχυρίζεται ότι το πετρέλαιο διαλύθηκε στην πραγματικότητα το μεγαλύτερο μέρος του απλά βυθίστηκε στον πυθμένα με τη βοήθεια των τοξικών χημικών που χρησιμοποιήθηκαν (χημικά που είναι απαγορευμένα σε 20 χώρες), όπου έχει δημιουργήσει ένα μαύρο «σεντόνι» πάχους δέκα πόντων.³



Εικόνα 2.: Μερικά από τα καταστροφικά για το περιβάλλον αποτελέσματα του δυστυχήματος στον Κόλπο του Μεξικού.^{4,5,6}

- Πηγές ενέργειας που βρίσκονται σε αέρια μορφή: Σε αυτές ανήκει το φυσικό αέριο το οποίο εντοπίζεται συνήθως στα ίδια σημεία που εντοπίζεται το πετρέλαιο. Ο άνθρωπος άρχισε να το χρησιμοποιεί τον 20^ο αιώνα και σε πολλές χώρες η χρήση του έχει εξαπλωθεί όσο και του πετρελαίου. Κοστίζει λιγότερο από το πετρέλαιο αλλά κι τα δικά του αποθέματα δεν είναι απεριόριστα. Είναι πιο επικίνδυνο από το πετρέλαιο καθώς η διαρροή του δεν εντοπίζεται εύκολα γιατί είναι άοσμο.¹

1.2. ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Οι επιπτώσεις της αλόγιστης κατανάλωσης των ενεργειακών πόρων του πλανήτη έχουν γίνει αντιληπτές εδώ και κάποιες δεκαετίες. Οι σημαντικότερες εξ αυτών εντοπίζονται στον τομέα του περιβάλλοντος και κατ' επέκταση αφορούν την ανθρώπινη υγεία, επιβίωση και ευημερία. Τα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί είναι σημαντικά και κάποια εξ αυτών έχουν μη αναστρέψιμα αποτελέσματα.¹

Το φαινόμενο της παγκόσμιας υπερθέρμανσης είναι ένα από αυτά. Ο ΟΗΕ προειδοποιεί ότι λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας και την παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου από αυτή, έχει αυξηθεί η μέση θερμοκρασία του πλανήτη κατά 0,6 βαθμούς τον τελευταίο αιώνα, ενώ αναμένεται να αυξηθεί κατά 5 έως 6 βαθμούς μέχρι το τέλος του τρέχοντος αιώνας, αν δεν γίνουν σημαντικά βήματα περιορισμού του φαινομένου.¹

Τα επονομαζόμενα «αέρια του θερμοκηπίου» είναι κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου. Εκλύονται από την καύση των ορυκτών καυσίμων και, ευρισκόμενα στην ατμόσφαιρα, απορροφούν ακτινοβολία ένα μέρος της οποίας το εκπέμπουν προς τη γη θερμαίνοντας τον αέρα και την επιφάνειά της.¹

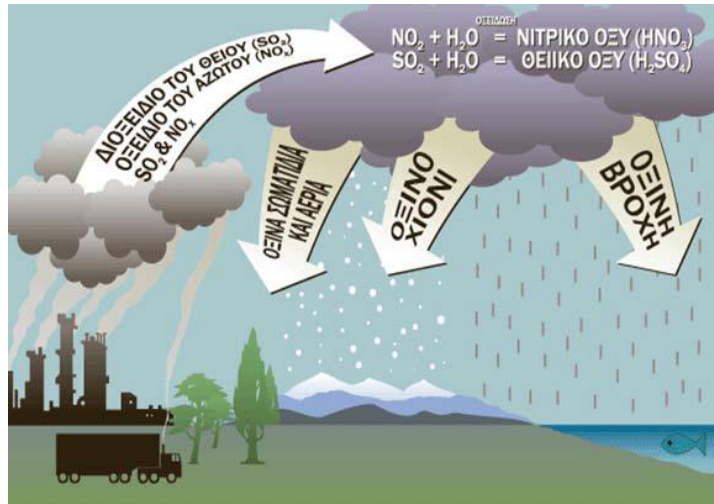
Τα αποτελέσματα της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας είναι αισθητά και συμπεριλαμβάνουν το λιώσιμο των πάγων στους πόλους. Η τήξη των πάγων θα επιφέρει άνοδο του επιπέδου της θάλασσας και οι παράκτιες περιοχές θα βυθιστούν κάτω από τα κύματα. Από μετρήσεις που έχουν γίνει με τη χρήση δορυφόρων την τελευταία δεκαεπενταετία έχει διαπιστωθεί ότι η θάλασσα ανεβαίνει κατά μέσο όρο 2,8 mm το έτος, αν και εκφράζονται επιφυλάξεις για την αξιοπιστία των μετρήσεων αυτών.¹

Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη αλλάζει, επίσης, το κλίμα προκαλώντας μεταβολές στη συχνότητα και την ένταση των βροχοπτώσεων και την εμφάνιση διάφορων ακραίων καιρικών φαινομένων (π.χ. εμφάνιση ανεμοστρόβιλων ή κυκλώνων), με δυσμενείς συνέπειες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.¹

Ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα που δημιουργείται από τη χρήση των συμβατικών μορφών ενέργειας είναι και η όξινη βροχή, η οποία δημιουργείται από την αντίδραση στην ατμόσφαιρα των οξειδίων του θείου και του αζώτου με τους υδρογονάνθρακες (εικόνα 1.2). Πηγές του διοξειδίου του θείου περιλαμβάνουν τη βιομηχανία παραγωγής μετάλλων, τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής καθώς και τα μέσα

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

μεταφοράς που χρησιμοποιούν για την κίνησή τους ντίζελ. Τα οξείδια του αζώτου προέρχονται από τις ίδιες πηγές και επιπλέον από τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν βενζίνη για την κίνησή τους.¹



Εικόνα 3.: Η δημιουργία όξινης βροχής¹

Τα οξείδια του θείου και του αζώτου, υπό μορφή νιτρικού και θειικού οξέος, πέφτουν στο έδαφος με τη βροχή και το χιόνι αλλάζοντας το pH του εδάφους και του νερού προσδίδοντάς τους έντονα όξινο χαρακτήρα, οδηγώντας στην εξόντωση διαφόρων μορφών χλωρίδας και πανίδας. Ανεπηρέαστα δεν μένουν ούτε τα πετρώματα όπως ο βασάλτης, το μάρμαρο και ο ασβεστόλιθος, τα οποία υπό την επίδρασή της καταστρέφονται.¹

Εκτός από το ζήτημα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ένα πολύ σημαντικό θέμα είναι αυτό της εξάντλησης όλων των φυσικών, μη ανανεώσιμων πόρων. Η ζήτηση και η κατανάλωση είναι τεράστια και αυξάνει συνεχώς. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας μέχρι το 2030 αναμένεται αύξηση της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης κατά 60%. Η Ευρώπη αναμένεται να αυξήσει τις εισαγωγές ενέργειας από 50% που είναι σήμερα στο 70% καθώς το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής της (περίπου 80%) καλύπτεται από ορυκτούς πόρους, οι οποίοι εξαντλούνται.¹

Πιο συγκεκριμένα, τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη και τύρφης που έχει η Ελλάδα αναμένεται να καλύψουν τις ανάγκες της χώρας για περισσότερο από 45 χρόνια, αν τηρηθεί ο προγραμματιζόμενος ρυθμός κατανάλωσης.⁷ Τα παγκόσμια αποθέματα λιγνίτη και άνθρακα υπολογίζεται ότι φτάνουν για τα επόμενα 137 χρόνια, με την προϋπόθεση να τηρηθεί ο σημερινός ρυθμός ζήτησης και οι τρέχουσες

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

μέθοδοι παραγωγής. Επειδή παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά σε ολόκληρο τον κόσμο είναι πιθανό, όσο κάποια κοιτάσματα εξαντλούνται, να προκληθούν πολιτικές εντάσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε μικρότερες ή μεγαλύτερες ένοπλες συγκρούσεις.⁸

Υπάρχει βέβαια και η αντίθετη άποψη. Ειδικά για τα αποθέματα άνθρακα αναφέρεται ότι είναι ομαλά κατανεμημένα στον κόσμο και βρίσκονται εν αφθονία. Τα αποθέματά του είναι γνωστά και δεν αναμένεται να ανακαλυφθούν νέα κοιτάσματα καθώς είναι υλικό που χρησιμοποιείται μαζικά εδώ και δύο αιώνες. Αυτά τα αποθέματα είναι μεγαλύτερα από τα αποθέματα όλων των ορυκτών καυσίμων και οι περισσότερες χώρες έχουν κάποιες ποσότητες. Αν διατηρηθούν οι σημερινοί ρυθμοί ανάπτυξης μέχρι το 2030 θα έχει καταναλωθεί το 20% των αποθεμάτων ενώ μέχρι το 2050 περίπου το 40%.⁹

Αυτό που θα εξαντληθεί άμεσα είναι το ουράνιο, καθώς τα οικονομικά εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματά του είναι λίγα και επιπλέον η κατανομή τους δεν είναι ευρεία. Τα τρία τέταρτα των παγκόσμιων κοιτασμάτων ελέγχονται από πέντε κράτη και πιο συγκεκριμένα από τον Καναδά, τη Ρωσία, την Αυστραλία, το Καζακστάν και τη Δημοκρατία του Νίγηρα. Η Ρωσία, που είναι μία από τις χώρες που καταναλώνει σημαντικές ποσότητες, αναμένεται να έχει εξαντλήσει τα αποθέματά της σε 10 περίπου χρόνια.⁹

Το μισό των παγκόσμιων κοιτασμάτων αφορούν δευτερεύουσες πηγές, όπως παλιά κοιτάσματα, αλλά κι αυτά αναμένεται να εξαντληθούν σύντομα. Έκθεση του ΟΟΣΑ και της Διεθνούς Υπηρεσίας Ατομικής Ενέργειας υπολόγιζε, πριν 10 χρόνια, ότι με τη σημερινή τεχνολογία όλα τα πυρηνικά εργοστάσια θα έχουν εξαντλήσει τα καύσιμά τους μέσα στα επόμενα 70 χρόνια. Αν ληφθεί υπόψη το εύρος των σεναρίων για την παγκόσμια ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας, αναμένεται εξάντληση των αποθεμάτων ουρανίου κάπου ανάμεσα στο 2026 και το 2070.⁹

Όσον αφορά τα αποθέματα πετρελαίου, οι πληροφορίες που έχουν κατά καιρούς δημοσιοποιηθεί είναι αντιφατικές και αναξιόπιστες για λόγους νομικούς, εμπορικούς, ιστορικούς και πολιτικούς. Τα στοιχεία που επικαλούνται οι περισσότεροι και τα οποία είναι ευρύτερα διαθέσιμα είναι εκδόσεις της βιομηχανίας της ενέργειας, οπότε είναι σχετικά αναξιόπιστα. Επίσης, δεν υπάρχει κάποιος κοινά αποδεκτός ορισμός των αποθεμάτων ή κάποια κοινά αποδεκτή μέθοδος καταγραφής τους, οπότε, όπως

είναι φυσικό, συνήθως τα στοιχεία φανερώνουν διαφορετικά μεγέθη. Η σύγχυση επιτείνεται περισσότερο από τη χρήση όρων όπως, «αποδείχτηκε», «πιθανόν», «αξιοποιήσιμα», «με σχετική βεβαιότητα» κ.α.⁹

Όσον αφορά το φυσικό αέριο, θεωρείται γενικά ότι βρίσκεται εν αφθονία, αν και δεν υπάρχουν πολλές μελέτες που να έχουν ασχοληθεί εμπειριστικώς με το ζήτημα. Το κοιτάσματά του είναι πολύ πιο συγκεντρωμένα οπότε κάποια τεράστια σε μέγεθος πεδία είναι το σύνολο των παγκόσμιων αποθεμάτων. Το μεγαλύτερο από αυτά τα πεδία αποτελεί το 15% των Ανώτατων Αξιοποιήσιμων Πηγών. Επειδή, όμως, τα κοιτάσματα φυσικού αερίου εντοπίζονται στους ίδιους γεωλογικούς σχηματισμούς που εντοπίζονται και τα του πετρελαίου και εμπλέκονται οι ίδιοι φορείς, η πληροφόρηση έχει τις ίδιες αδυναμίες που έχει και η αντίστοιχη για το πετρέλαιο.⁹

Έτσι, ενώ αρχικά υποτιμήθηκε το μέγεθος των περισσότερων κοιτασμάτων, στη συνέχεια αναθεωρήθηκε προς τα πάνω, κάτι που έδωσε μια εντύπωση αύξησης. Αντίθετα, τα μεγαλύτερα κοιτάσματα του κόσμου, δηλαδή αυτά της Ρωσίας, θεωρούνται υπερεκτιμημένα κατά 30%. Η μείωση των αποθεμάτων καθώς και οι κύκλοι ανακάλυψης και παραγωγής ακολουθούν τον ίδιο ρυθμό με αυτόν του πετρελαίου, λόγω γεωλογικών ομοιοτήτων. Βέβαια, τα στοιχεία για το φυσικό αέριο είναι πιο αναξιόπιστα από τα αντίστοιχα για το πετρέλαιο και έχουν πολλές ασάφειες ως προς το μέγεθος της παραγωγής καθώς σε αυτά δεν προσμετρώνται οι ποσότητες που εξαερώνονται ή καίγονται.⁹

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

2.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ο άνθρωπος από την αυγή της ύπαρξής του προσπάθησε με κάθε τρόπο να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσής του. Για να το πετύχει αυτό χρησιμοποίησε αφειδώς τους φυσικούς πόρους που είχε στη διάθεσή του. Η πρώτες πηγές ενέργειας που είχε στη διάθεσή του ο άνθρωπος ήταν η μυϊκή δύναμη ανθρώπων και ζώων, το ξύλο, η υδραυλική ενέργεια από την κίνηση του νερού και η αιολική ενέργεια.

Η πρώτη γραπτή αναφορά για χρήση της υδραυλικής ενέργειας γίνεται από τον Στράβωνα, ο οποίος περιγράφει τα ανάκτορα του βασιλιά του Πόντου Μιθριδάτη ΣΤ΄, του Ευπάτορα στα κάβειρα και αναφέρει την ύπαρξη «υδραλέτη». Αυτόν τον μύλο που κινούνταν με τη βοήθεια του νερού τον ανακάλυψαν οι Ρωμαίοι το 34μ.Χ. Η επόμενη αναφορά είναι από τον Βιτρούβιο, ο οποίος δίνει το 25μ.Χ. στο έργο του «De architectura» την πρώτη περιγραφή νερόμυλου.¹⁰

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας άργησε λίγο περισσότερο. Πιο συγκεκριμένα, ο πρώτος γνωστός ανεμόμυλος εμφανίστηκε στο Σεϊσταν της Περσίας το 700μ.Χ. περίπου και είχε οριζόντια φτερωτή. Ο ανεμόμυλος με τη γνωστή όρθια ξύλινη φτερωτή εμφανίζεται περίπου το 1000μ.Χ. στην περιοχή της Φλάνδρας, αν και δεν υπάρχει ομοφωνία των ερευνητών ως προς αυτό.¹⁰

Με την βιομηχανική επανάσταση το ξύλο αντικαταστάθηκε από τον άνθρακα, που απέδιδε πολύ περισσότερο.¹¹ Έτσι, η οικονομία «απογειώθηκε», ο πληθυσμός αυξήθηκε αλματωδώς, η τεχνολογία σημείωσε εντυπωσιακή πρόοδο. Η παραγωγική δύναμη των κοινωνιών απελευθερώθηκε από τα δεσμά της και οι κοινωνίες μπορούσαν πλέον να πετύχουν τον «συνεχή, ταχύ και, έως σήμερα, απεριόριστο πολλαπλασιασμό ανθρώπων, αγαθών και υπηρεσιών»¹².

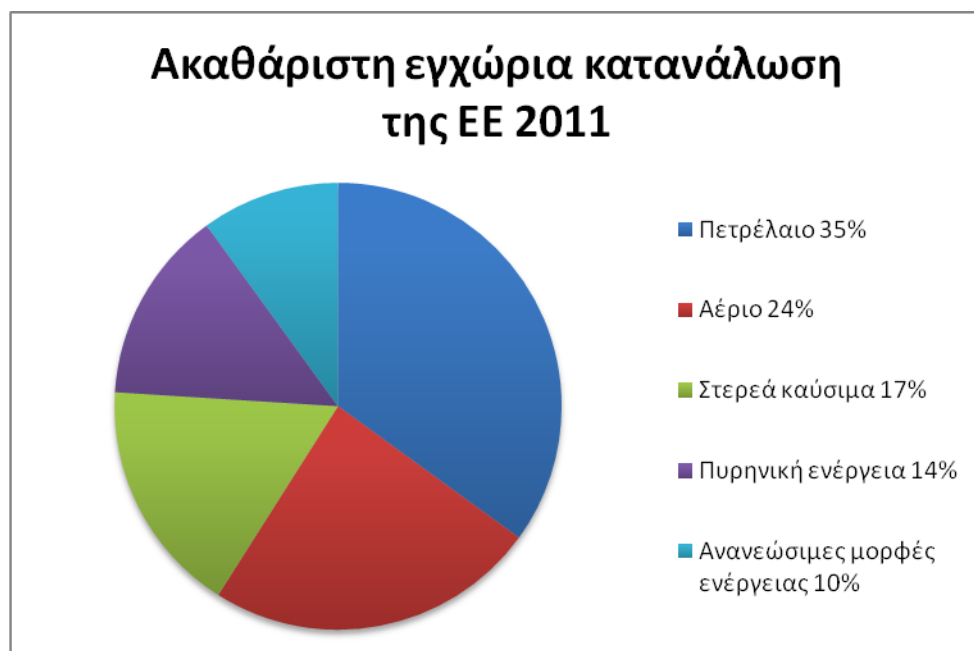
Στο τέλος του 19^{ου} αιώνα και στις αρχές του 20^{ου} παρατηρήθηκε μαζική στροφή προς μια νέα πηγή ενέργειας, το πετρέλαιο. Η νέα πηγή ήταν πιο εύχρηστη και πιο αποδοτική και υποκατέστησε τον άνθρακα. Η εξέλιξη της οικονομίας και της τεχνολογίας υπήρξε έκτοτε αλματώδης. Ο άνθρωπος μέσα σε 100 μόλις χρόνια κατανάλωσε τεράστιο μέρος των αποθεμάτων πρώτων υλών, που αποταμιεύτηκαν στον πλανήτη στη διάρκεια εκατομμυρίων αν όχι δισεκατομμυρίων ετών.¹¹

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Η συνεχής εξέλιξη και κατανάλωση επηρέασε αρνητικά το ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη και η αντικατάσταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για παράδειγμα του ξύλου, από τις συμβατικές, μη ανανεώσιμες, όπως το πετρέλαιο, θέτει σε κίνδυνο την εξασφάλιση του σημερινού επιπέδου ζωής του ανθρώπου αλλά και του οικοσυστήματος.¹¹

Η ανθρωπότητα συνειδητοποίησε ότι οι φυσικοί πόροι δεν είναι ανεξάντλητοι μετά και την δεύτερη ενεργειακή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του '80. Η δεύτερη έκθεση της λέσχης της Ρώμης, το 1991, ανέφερε ότι οι τέσσερις πληγές του ανθρώπινου είδους είναι η μείωση των ενεργειακών αποθεμάτων, η ρύπανση του περιβάλλοντος, ο υπερπληθυσμός και η εξάντληση των φυσικών πόρων. Έτσι, οι ειδικοί πρότειναν τη χρήση ήπιων ή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως της αιολικής, της ηλιακής, της γεωθερμικής, της υδροηλεκτρικής κ.α.¹¹

Παρόλα αυτά ο άνθρωπος σήμερα εξακολουθεί να βασίζεται κυρίως στις συμβατικές πηγές ενέργειας. Το 2011 μόνο το 10% της ενέργειας που καταναλώθηκε στην Ευρώπη προερχόταν από ΑΠΕ (εικόνα 2.1).¹³



Εικόνα 4.: Οι πηγές ενέργειας της ΕΕ το 2011¹³

Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της ενέργειας (33%) χρησιμοποιείται για να καλύψει τις ανάγκες των μεταφορών (εικόνα 2.2).¹³



Εικόνα 5.: Κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ ανά τομέα το 2011¹³

2.2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΠΕ

Ως ΑΠΕ ορίζονται οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και οι οποίες περιλαμβάνουν την αιολική, την ηλιακή, την γεωθερμική, την κυματική, την παλιρροϊκή καθώς και την υδραυλική ενέργεια. Στις ΑΠΕ περιλαμβάνονται επίσης η βιομάζα καθώς και τα καύσιμα αέρια που εκλύονται από τους χώρους υγειονομικής ταφής και από τις εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού.¹⁴



Εικόνα 6.: Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας¹⁵

Οι ΑΠΕ θεωρούνται το μέλλον της ανθρωπότητας για την παραγωγή ενέργειας αν και είναι αμφίβολο το αν και κατά πόσο θα καταφέρει ο άνθρωπος να απεξαρτηθεί από τις ορυκτές και μη ανανεώσιμες πηγές.¹⁶ Η αισιοδοξία για το ότι μπορούν να αποτελέσουν το μέλλον πηγάζει από τα σημαντικά πλεονεκτήματά τους στα οποία συγκαταλέγονται τα εξής:

- + Ανεξάντλητη ποσότητα.
- + Φιλικότητα προς το περιβάλλον καθώς η χρήση τους δεν αφήνει κατάλοιπα και απόβλητα.
- + Ο εξοπλισμός είναι απλός τόσο στην κατασκευή όσο και στη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- + Βοηθούν στην ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών.
- + Μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου για τις μικρές και αναπτυσσόμενες χώρες.
- + Πρόκειται για ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του πληθυσμού γύρω και κοντά τους.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

- ✚ Καταργούν την ανάγκη τεράστιων μονάδων παραγωγής ενέργειας και την ανάγκη μεταφοράς της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.¹⁶

Υπάρχουν, όμως, και αρκετοί προβληματισμοί, που δεν έχουν επιτρέψει την ευρεία χρήση τους μέχρι σήμερα. Προβληματισμοί που πηγάζουν από τα μειονεκτήματά τους, στα οποία συγκαταλέγονται τα ακόλουθα:

- ✚ Οι περισσότερες ΑΠΕ έχουν χαμηλό συντελεστή απόδοσης (30% ή και λιγότερο).
- ✚ Ο χαμηλός συντελεστής απόδοσής τους απαιτεί αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης και δεν επιτρέπει τη χρήση τους για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- ✚ Δεν έχουν σταθερή παραγωγή καθώς η παροχή και η απόδοση ενέργειας τουλάχιστον τριών εξ αυτών (της υδροηλεκτρικής, της αιολικής και της ηλιακής) εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες κάθε εποχής, το γεωγραφικό πλάτος αλλά και το γενικότερο κλίμα της περιοχής εγκατάστασής τους.¹⁶
- ✚ Τα υδροηλεκτρικά έργα, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων, προκαλούν καταστροφές στα υδάτινα οικοσυστήματα και κυρίως στην ιχθυοπανίδα τους.¹⁷

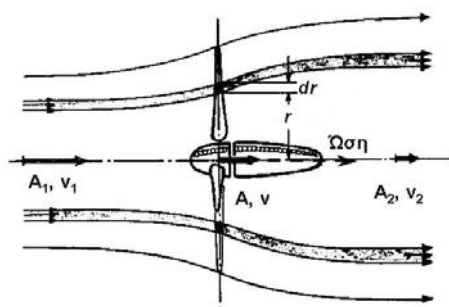
2.3. ΕΙΔΗ ΑΠΕ

2.3.1. Αιολική ενέργεια

Πρόκειται για την κινητική ενέργεια του κινούμενου αέρα, ο οποίος προκαλείται από την ακανόνιστη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο. Η γη και το νερό απορροφούν τη θερμότητα και τη μεταφέρουν στον αέρα, όπου προκαλεί διαφορές στη θερμοκρασία, την πίεση και την πυκνότητά του. Οι διαφορές αυτές προκαλούν δυνάμεις που κινούν τον αέρα, ο οποίος, σύμφωνα με τη μηχανική των ρευστών, κινείται από της περιοχές υψηλής πίεσης του πλανήτη προς αυτές που έχουν χαμηλή πίεση.¹⁸

Η κατεύθυνση και η ταχύτητα των ανέμων επηρεάζονται από τις διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των πόλων και των τροπικών (σε παγκόσμιο επίπεδο), μεταξύ του εδάφους και της θάλασσας (σε τοπική κλίμακα) αλλά και από την περιστροφή της γης, τα τοπικά τοπογραφικά χαρακτηριστικά και την τραχύτητα του εδάφους.¹⁸

Η ενέργεια που περιέχει ο άνεμος μπορεί, με τη χρήση ανεμογεννητριών (Α/Γ), να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια και η παραγόμενη ποσότητα αυτής εξαρτάται από την ποσότητα της ενέργειας του διερχομένου ανέμου μέσω της επιφάνειας που σαρώνεται από τα πτερύγια της Α/Γ στη μονάδα του χρόνου (εικόνα 2.4). Αυτή η ροή ενέργειας ονομάζεται πυκνότητα ισχύος του ανέμου.¹⁸



Εικόνα 7.: Ροή του ανέμου μέσω μιας Α/Γ¹⁸

Θεωρητικά σε ιδανικές συνθήκες μια Α/Γ μπορεί να αποσπάσει το 59,3% του ενεργειακού περιεχομένου του αέρα αλλά υπό πραγματικές περιστάσεις το ποσοστό αυτό είναι αρκετά μικρότερο αφού υφίστανται και αεροδυναμικές απώλειες της Α/Γ.¹⁸

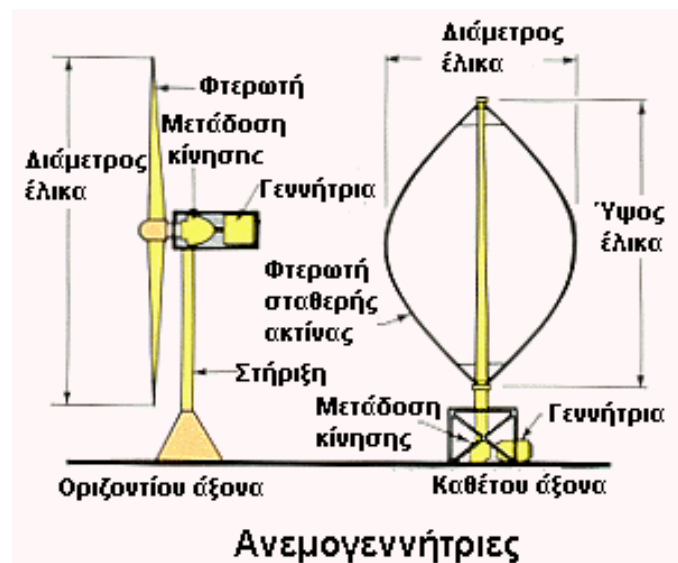
Η πυκνότητα ισχύος του ανέμου εξαρτάται και από την πυκνότητα του αέρα. Επειδή σε μεγάλο ύψος μειώνεται η πυκνότητα του αέρα μειώνεται και η ισχύς του ανέμου με

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

αποτέλεσμα μείωση στην παραγωγή ισχύος των Α/Γ στα ψηλά βουνά κατά 40% σε σύγκριση με την ισχύ που θα παραγόταν με τις ίδιες ταχύτητες ανέμου στο επίπεδο της θάλασσας. Τέλος, η πυκνότητα του αέρα εξαρτάται αντίστροφα από τη θερμοκρασία, πράγμα που σημαίνει ότι οι χαμηλότερες θερμοκρασίες ευνοούν τη μεγαλύτερη παραγωγή ισχύος καθώς αντιστοιχούν σε μεγαλύτερες πυκνότητες αέρα.¹⁸

Οι πρώτες εγκαταστάσεις Α/Γ έγιναν στη Δανία τη δεκαετία του '70 και αποτελούνταν από μικρές συστάδες μηχανών (το πολύ 3 ή περισσότερες Α/Γ) διασκορπισμένες γεωγραφικά σε ένα μεγάλο μέρος της χώρας. Τα πρώτα αιολικά πάρκα, δηλαδή η εμπορική συνάθροιση μεγάλου αριθμού μηχανών σε στενή γεωγραφική εγγύτητα, εγκαταστάθηκαν στην Καλιφόρνια στις αρχές της δεκαετίας του '80 και οι πρόσφατες ευρωπαϊκές εγκαταστάσεις ακολούθησαν το ίδιο μοντέλο.¹⁸

Η Α/Γ μπορεί να είναι οριζόντιου ή κάθετου άξονα (εικόνα 2.5) αν και η πιο συνήθης είναι η οριζόντιου.¹⁸



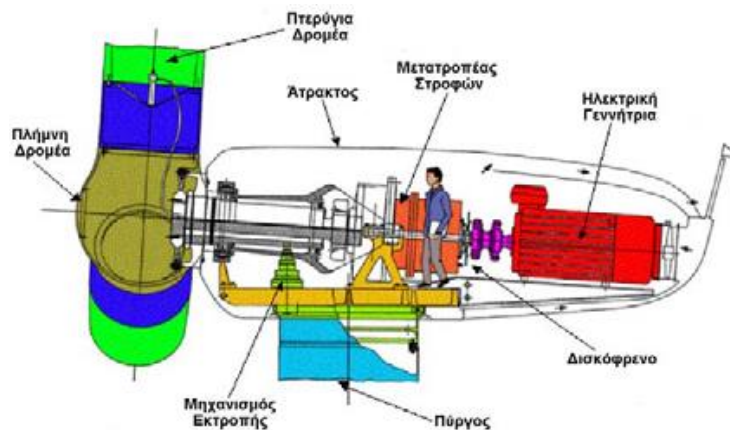
Εικόνα 8.: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου (αριστερά) και κάθετου (δεξιά) άξονα¹⁹

Μια Α/Γ αποτελείται από:

- ✚ Το δρομέα που έχει δύο ή τρία πτερύγια, μια πλήμνη μέσω της οποίας συνδέονται τα πτερύγια με τον χαμηλής ταχύτητας κινητήριο άξονα και, κάποιες φορές, υδραυλικά ή μηχανικά οδηγούμενα συστήματα συνδέσμων για τη μεταβολή του βήματος του συνόλου ή μέρους των πτερυγίων.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

- ✚ Την άτρακτο, που περιλαμβάνει έναν μετατροπέα στροφών και μια γεννήτρια, άξονες, συνδέσμους, ένα κάλυμμα ολόκληρης της ατράκτου και συχνά ένα μηχανικό δισκόφρενο και ένα σύστημα εκτροπής (εικόνα 2.6).
- ✚ Τον πύργο και τη θεμελίωση που στηρίζει το δρομέα και την άτρακτο.
- ✚ Τους ηλεκτρικούς ελεγκτές, καλωδιώσεις, εξοπλισμό εποπτείας και ελέγχου.¹⁸



Εικόνα 9.: Σχηματική απεικόνιση της ατράκτου της Α/Γ.¹⁸

Η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος γίνεται με τον εξής τρόπο:

- Ο άνεμος επιδρά με το δρομέα της Α/Γ, παράγοντας μια ροπή.
- Η χαμηλή ταχύτητα του δρομέα αυξάνεται μέσω ενός μετατροπέα στροφών, ο άξονας εξόδου του οποίου περιστρέφει μια γεννήτρια.
- Η γεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια που διέρχεται μέσω του συστήματος ελέγχου και των αποζευκτών της Α/Γ και ενισχύεται σε μια μέση τάση από τον μετασχηματιστή.
- Το σύστημα καλωδίωσης της θέσης μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στο μετασχηματιστή, ο οποίος ενισχύει την τάση στην τιμή του δικτύου.¹⁸

Με τον ίδιο τρόπο παράγεται και η ενέργεια από τις Α/Γ κάθετου άξονα. Το πλεονέκτημα που εμφανίζουν οι κάθετοι άξονα σε σύγκριση με τις του οριζόντιου άξονα είναι ότι δεν απαιτούν κάποιο μηχανισμό που να τις στρέφει προς τον άνεμο αφού μπορούν να τον εκμεταλλευτούν ανεξάρτητα από την κατεύθυνσή του. Ωστόσο, οι Α/Γ κάθετου άξονα δεν χρησιμοποιούνται ευρέως γιατί διαθέτουν πολλά μειονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα:

- ✚ Έχουν μικρή ταχύτητα περιστροφής, η οποία ασκεί μεγάλες ροπές στον άξονα περιστροφής με αποτέλεσμα αυξημένο κόστος κατασκευής.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

- ✚ Η κατά 360° περιστροφή μέσα στη ροή του ανέμου δημιουργεί μεγάλα φορτία στους έλικες και μειωμένη απόδοση, καθώς προκαλείται οπισθέλκουσα.
- ✚ Η σταθερή ροπή περιστροφής προκαλεί στο κιβώτιο ταχυτήτων μεγάλες πιέσεις.¹⁶

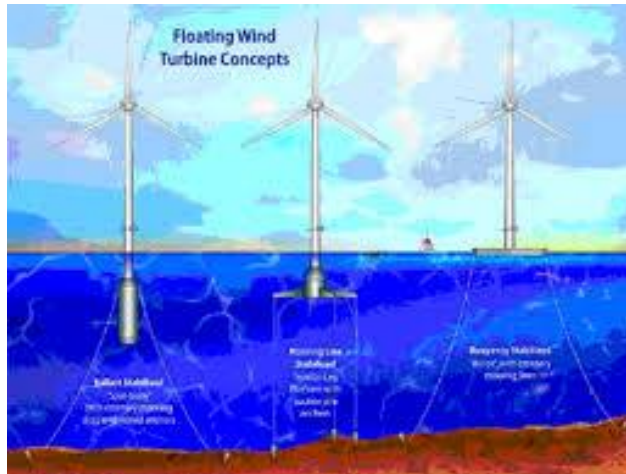
Εξαιτίας της μεγάλης έκτασης που απαιτείται για τη δημιουργία αιολικών πάρκων αναζητούνται συνεχώς νέοι τρόποι εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας. Ένας από αυτούς είναι και η κατασκευή υπεράκτιων αιολικών πάρκων που έχουν ήδη εγκατασταθεί στη Σουηδία, τη Δανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και αλλού (εικόνα 2.7).¹⁶



Εικόνα 9.: Υπεράκτιο αιολικό πάρκο²⁰

Η συγκεκριμένη εγκατάσταση έχει το μειονέκτημα ότι απαιτούνται σχετικά ρηχά νερά για την κατασκευή των ανεμογεννητριών. Γίνονται, όμως, μελέτες και προτάσεις για την κατασκευή πλωτών κατασκευών, οι οποίες θα μπορούν να αγκυροβολούν στον πυθμένα της θάλασσας χωρίς να απαιτείται η κατασκευή θεμελίων (εικόνα 2.8).¹⁶

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ



Εικόνα 10.: Σχέδιο πλωτών Α/Γ που αγκυροβολούν στο βυθό χωρίς την ανάγκη θεμελίων²¹

Στην Ελλάδα η εγκατεστημένη ισχύς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας έχει διπλασιαστεί μέσα σε 5 χρόνια και συγκεκριμένα από 846MW το 2007 ανήλθε σε 1640MW το 2011, ενώ ο στόχος για το 2014 είναι 4000MW (πίνακας 2.1.).²²

Πίνακας 2.1.: Εγκατεστημένη στην Ελλάδα ισχύς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε MW (2007-2011)²²

Έτος	Ισχύς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική ενέργεια σε MW
2007	846
2008	1022
2009	1140
2010	1298
2011	1640
2014 (στόχος Υπουργείου Ανάπτυξης)	4000

Η παραγομένη ενέργεια από τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα ανήλθε το 2012 στα 1745,9 MW, ενώ για το 2013 δεν στάθηκε δυνατό να ανευρεθούν στοιχεία.²³ Το 2014 εγκαταστάθηκε συνολική καθαρή αιολική ισχύς 113,9 MW, ελαφρότατα μειωμένη σε σχέση με το 2013. Εκτός από αυτή τη νέα ισχύ, κατά την 31/12/14 ήταν υπό

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

κατασκευή ή είχαν συμβολαιοποιηθεί νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 246,5 MW. Δυστυχώς, δεν κατέστη δυνατό να βρεθούν στοιχεία για το 2015.²⁴

Με το συνδυασμό αυτών των δύο μεγεθών αθροίζονται 360,4 MW γεγονός που αποδεικνύει ότι οι αιολικές επενδύσεις στη χώρα έχουν αναπτυξιακή δυναμική και προοπτικές. Υλοποιούνται μάλιστα σε μία κρίσιμη περίοδο για την ελληνική οικονομία προσφέροντας απασχόληση και εισόδημα και συμβάλλοντας παράλληλα στην επίτευξη των στόχων του 2020 αλλά και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και της προστασίας του περιβάλλοντος.

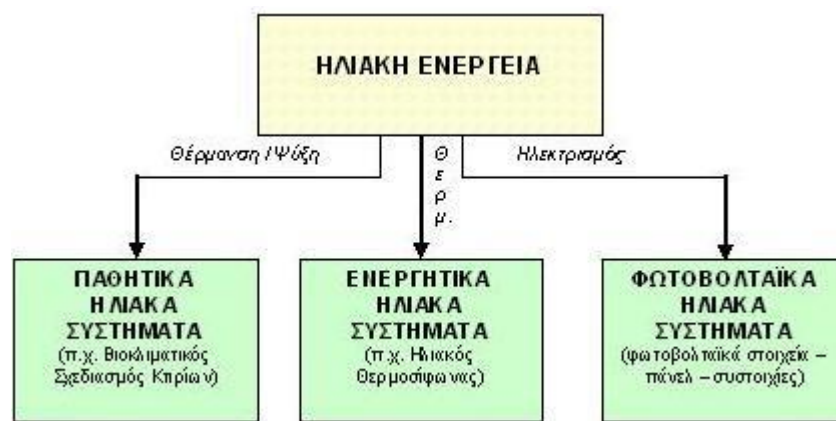
Το σύνολο της αιολικής ισχύος που βρισκόταν κατά τα τέλη του 2014 σε εμπορική ή δοκιμαστική λειτουργία ανερχόταν σε 1979,8 MW, αυξημένη κατά 6,5% σε σύγκριση με το 2013. Η κατανομή αυτής της ισχύος είναι η εξής:

- Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά: 316,3 MW
- Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα: 16636,5 MW

Όσον αφορά τις Περιφέρειες, στην κορυφή των αιολικών εγκαταστάσεων παραμένει η Στερεά Ελλάδα καθώς φιλοξενεί 602,8 MW (30,6%), ακολουθεί η Πελοπόννησος με 367,95 MW (18,6%) και η Ανατολική Μακεδονία – Θράκη στην οποία βρίσκονται 282,55 MW (14.3%).²⁴

2.3.2. Ηλιακή ενέργεια

Με τον όρο Ηλιακή Ενέργεια χαρακτηρίζονται οι διάφορες μορφές ενέργειας που έχουν ως πηγή τους τον ήλιο. Ο ήλιος ακτινοβολεί φως και θερμότητα που απορροφούνται από διάφορα στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί σήμερα ένα πολύ μικρό ποσοστό από την ηλιακή ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια του πλανήτη. Η χρήση αυτής της ενέργειας γίνεται με τριών ειδών συστήματα και πιο συγκεκριμένα με τα θερμικά ηλιακά, με τα παθητικά ηλιακά και με τα φωτοβολταϊκά συστήματα (εικόνα 11).²⁵



Εικόνα 11.: Συστήματα παραγωγής ενέργειας με χρήση ηλιακής ενέργειας²⁶

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα έχουν διαδοθεί ευρύτατα με την πιο απλή μορφή τους που δεν είναι άλλη από αυτήν του ηλιακού θερμοσίφωνα. Ο ηλιακός θερμοσίφωνας απορροφά ηλιακή ενέργεια, μεταφέροντάς τη και αποθηκεύοντάς τη, στη συνέχεια, με τη μορφή θερμότητας σε κάποιο ρευστό, π.χ. το νερό.²⁵

Για την απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιούνται ηλιακοί συλλέκτες, οι οποίοι είναι σκουρόχρωμες επιφάνειες καλά προσανατολισμένες στον ήλιο. Οι συλλέκτες μεταδίδουν και αποθηκεύουν μέρος της θερμότητας που έλαβαν στο νερό με το οποίο βρίσκονται σε επαφή.^{25,27} Το ζεστό νερό που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απλή οικιακή χρήση και για βιομηχανική χρήση. Εσχάτως, χρησιμοποιείται και για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας (ψύξη – θέρμανση) χώρων, η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλων διατάξεων.²⁵

Οι ηλιακοί συλλέκτες, οι οποίοι είναι εναλλάκτες θερμότητας ειδικής μορφής, απορροφούν ηλιακή ακτινοβολία και μεταφέρουν την ενέργεια στο εργαζόμενο μέσο που διαπερνά το συλλέκτη. Ανάλογα με το είδος τους κατατάσσονται σε:

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

- ✚ Επίπεδους: αποτελούνται από ένα διάφανο κάλυμμα, μία φωτοαπορροφητική πλάκα, το, συνήθως μεταλλικό ή πλαστικό, περίβλημα και τη μόνωση στην πίσω και στις πλάγιες πλευρές.
- ✚ Συλλέκτες κενού: αποτελούνται από ένα σύστημα αρθρωτών σωλήνων ο οποίοι έχουν στο κέντρο τους έναν λεπτό μεταλλικό αγωγό με απορροφητική επιφάνεια.
- ✚ Συγκεντρωτικούς συλλέκτες: χρησιμοποιούνται για την απόδοση της ενέργειας σε θερμοκρασίες υψηλότερες από αυτές που επιτυγχάνονται με τους επίπεδους συλλέκτες. Η ηλιακή ακτινοβολία συγκεντρώνεται σε μικρή επιφάνεια απορρόφησης μειώνοντας τις θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον επιτυγχάνοντας έτσι τελικές υψηλές θερμοκρασίες.¹

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα υποβοηθούν το φωτισμό ή τη ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα σε κτίρια αποτελώντας την αρχή της Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής. Αποτελούνται από δομικά στοιχεία κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδεδεμένα μεταξύ τους και μπορούν να εφαρμοστούν σχεδόν σε όλους τους τύπους κτιρίων.²⁵

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα είναι αυτά που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ενέργεια. Η πιο απλή χρήση τους είναι σε μικρούς υπολογιστές και ρολόγια. Χρησιμοποιούνται, επίσης, αρκετά χρόνια για να ηλεκτροδοτηθούν εγκαταστάσεις που δεν είναι συνδεδεμένες στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η παραδοσιακή εφαρμογή τους γίνεται για να ηλεκτροδοτηθούν δορυφόροι, φάροι και απομονωμένα σπίτια.²⁵

Με κριτήριο τη χρήση του παραγόμενου ρεύματος διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

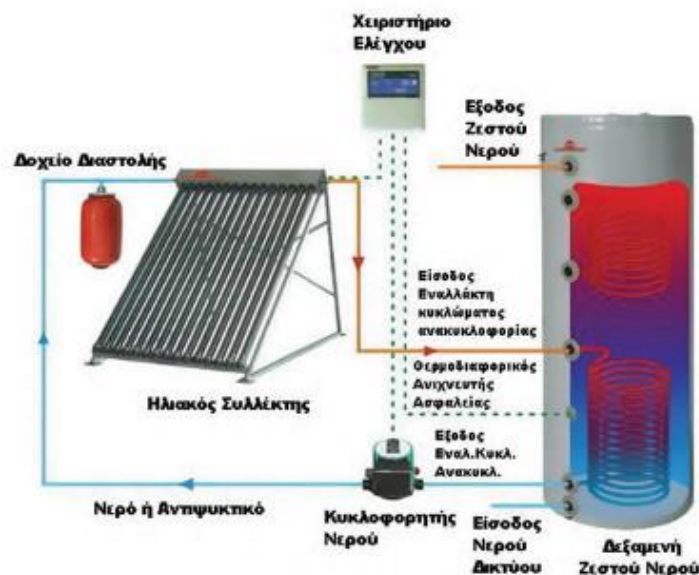
- ✚ Αυτόνομα: η ενέργεια που παράγουν καταναλώνεται επιτόπου.
- ✚ Διασυνδεδεμένα: η ενέργεια που παράγουν δεν καταναλώνεται επιτόπου αλλά διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο με σκοπό να μεταφερθεί και να καταναλωθεί αλλού.²⁵

Η παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι μια από τις επιλογές με τις μεγαλύτερες προοπτικές στη δυνατότητα κάλυψης των μελλοντικών ενεργειακών αναγκών. Η εξέλιξη της τεχνολογίας μειώνει συνέχεια το κόστος κατασκευής και συνεπώς το κόστος παραγωγής αλλά και την τιμή πώλησης της

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

παραγόμενης ενέργειας. Στη μείωση της τελικής τιμής πώλησης συντελεί και ο πολλαπλασιασμός των συστημάτων για την εγκατάσταση των οποίων είναι αρκετή ακόμα και μια ταράτσα.²⁷

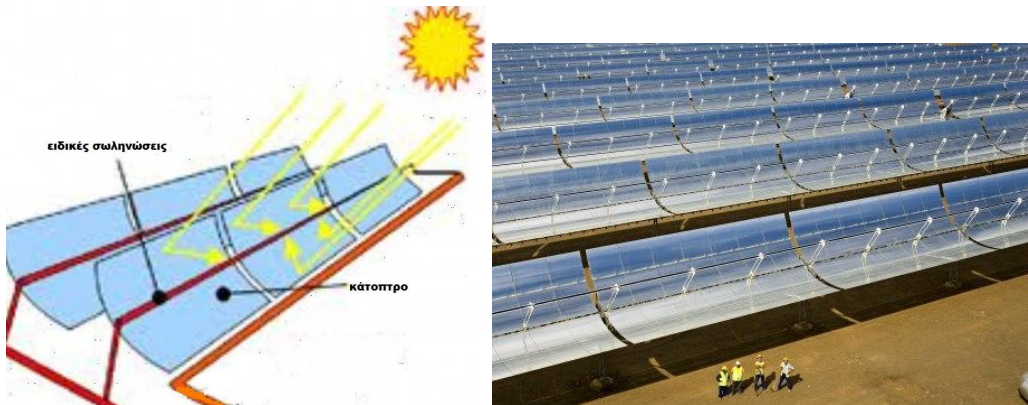
Προαναφέρθηκε ότι η πιο απλή μορφή χρήσης των θερμικών ηλιακών συλλεκτών είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας. Η λειτουργία του βασίζεται στην ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο κρύο νερό του δικτύου και στο θερμό νερό, ή σε κάποιο άλλο υγρό μεταφοράς θερμότητας, το οποίο θερμάνθηκε από την ηλιακή ακτινοβολία. Μεταλλικοί σωλήνες τοποθετούνται σε ένα μεταλλικό πλαίσιο. Μέσα τους κυκλοφορεί νερό. Ο ήλιος θερμαίνει το νερό αυτό και ένας κυκλοφορητής, δηλαδή μια αντλία νερού το μεταφέρει στη δεξαμενή του θερμοσίφωνα. Εκεί μπορεί να αποθηκευτεί προκειμένου να χρησιμοποιηθεί όταν χρειαστεί.¹⁶



Εικόνα 12.: Σχεδιάγραμμα ηλιακού θερμοσίφωνα με σωλήνες κενού²⁷

Με τον τρόπο που λειτουργεί ο θερμοσίφωνας λειτουργούν και άλλες εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας από την ηλιακή θερμότητα, αν και διαφέρει η κλίμακα. Στις συγκεκριμένες εγκαταστάσεις γίνεται χρήση παραβολικών κατόπτρων τα οποία τοποθετούνται σε πολλές σειρές παράλληλες μεταξύ τους, οι οποίες, προκειμένου να επιτύχουν τη μέγιστη αποδοτικότητα, στοχεύουν στον ήλιο. Οι σειρές των κατόπτρων είναι δυνατό να φτάσουν σε μήκος τα 100 μέτρα ενώ η διάμετρός τους ποικίλλει ανάμεσα στα 5-6 μέτρα. Για να εστιάσουν στις σωληνώσεις ανεξάρτητα από τη θέση του ηλίου στη διάρκεια της ημέρας η γωνία τοποθέτησής τους αλλάζει στη διάρκεια της ημέρας (εικόνα 2.10).¹⁶

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ



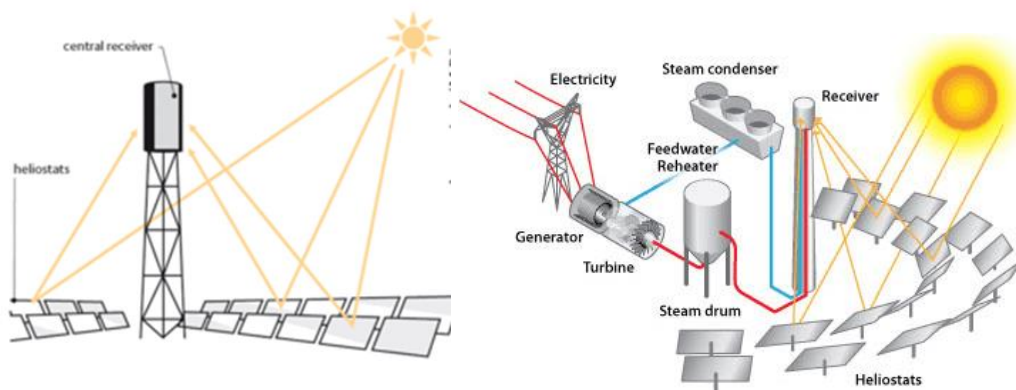
Εικόνα 13.: Σχεδιάγραμμα παραβολικού κατόπτρου (αριστερά)²⁹, σειρές παραβολικών κατόπτρων(δεξιά)³⁰

Με τα κάτοπτρα θερμαίνεται ειδικό λάδι το οποίο κυκλοφορεί μέσα από σωληνώσεις που είναι ειδικά επιστρωμένες, ώστε να απορροφούν τη μέγιστη θερμότητα και οι οποίες είναι τοποθετημένες στο σημείο εστίασης του φωτός του ήλιου. Το λάδι, που θερμαίνεται μέχρι τη θερμοκρασία των 400°C περίπου, περνάει μέσα από έναν εναλλάκτη θερμότητας οπότε δημιουργείται ατμός. Ο ατμός με τη σειρά του κινεί ατμοστροβίλους που είναι συνδεδεμένοι με γεννήτριες παραγωγής ρεύματος. Το νερό μετά τη χρήση του από τους ατμοστροβίλους υγροποιείται εκ νέου και ξαναχρησιμοποιείται.¹⁶

Τα κάτοπτρα συνήθως επιστρώνονται με γυαλί. Πριν 5 χρόνια κατασκευάστηκαν κάτοπτρα από φύλλα μετάλλου με βάση πολυμερή ασημιού, τα οποία είχαν μικρότερο κόστος παραγωγής κατά 30% και απόδοση ίδια με αυτή των γυάλινων. Η εγκατάστασή τους ήταν, επίσης, πιο εύκολη καθώς το συνολικό βάρος μειώθηκε αρκετά.¹⁶

Οι πιο γνωστές εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη μέθοδο αυτή είναι της Νεβάδα με ισχύ 64MW, της Καλιφόρνια με ισχύ 33MW και της Ισπανίας με ισχύ 49,9MW.¹⁶

Παρόμοια με τη μέθοδο των παραβολικών κατόπτρων είναι η μέθοδος με τη χρήση πύργων συλλογής της ηλιακής ενέργειας (ηλιοστάσια). Στην περίπτωση αυτή γίνεται χρήση πολλών γραμμικών κατόπτρων.



Εικόνα 14.: Βασική λειτουργία συστήματος ηλιακού πύργου^{16,31}

Τα κάτοπτρα συγκεντρώνουν το ηλιακό φως στην κορυφή ενός πύργου, όπου υπάρχει ένας συλλέκτης θερμότητας. Αυτός θερμαίνει ειδικό λάδι που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού, ο οποίος θέτει σε κίνηση ατμοστροβίλους που παράγουν ηλεκτρισμό.¹⁶

Η κύρια διαφορά που έχουν από τις σειρές παραβολικών κατόπτρων είναι το κόστος. Τα γραμμικά κάτοπτρα είναι πιο εύκολα στην κατασκευή, τη μεταφορά και την εγκατάστασή τους από τα παραβολικά με αποτέλεσμα να έχουν και μικρότερο κόστος.¹⁶

Η χρήση παραβολικών κατόπτρων και ηλιακών πύργων με γραμμικά κάτοπτρα έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να είναι υβριδική μέθοδος παραγωγής ενέργειας, δηλαδή να χρησιμοποιούνται ορυκτά καύσιμα για την κίνηση των ατμοστροβίλων τις ημέρες που δεν έχει ηλιοφάνεια. Ένα σημαντικό μειονέκτημά τους είναι το γεγονός ότι δεν αποθηκεύουν την ενέργεια που μπορεί να παραχθεί, όταν υπάρχει αυξημένη ηλιοφάνεια, ώστε να την αποδώσουν όταν θα υπάρχει ζήτηση, π.χ. τις νυχτερινές ώρες. Το πρόβλημα αυτό, βέβαια, μπορεί να λυθεί με τη χρήση ειδικών τηγμένων αλάτων στα οποία μπορεί να μεταφέρεται ένα μέρος της θερμότητας που συγκεντρώνεται από τον ήλιο, καθώς έχουν την ιδιότητα να κρατούν την ενέργεια που περιέχουν μερικές ώρες έως και μερικές ημέρες.¹⁶

Τα παραβολικά κάτοπτρα χρησιμοποιούνται και στη μέθοδο Stirling. Πιο συγκεκριμένα, μια σειρά παραβολικών κατόπτρων συγκεντρώνουν το ηλιακό φως σε ένα σημείο, όπου έχει τοποθετηθεί μία μηχανή Stirling, που μετατρέπει την ηλιακή

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

ενέργεια σε κινητική παράγοντας περιστροφική κίνηση με τη θέρμανση αέριου υδρογόνου, που στη συνέχεια κινεί ένα πιστόνι. Αυτό, με τη σειρά του κινεί ένα στροφαλοφόρο άξονα που συνδέεται με μια ηλεκτρική γεννήτρια (εικόνα 2.12).¹⁶

Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει την υψηλότερη αποδοτικότητα από οποιαδήποτε άλλη που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια, καθώς έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια το 30% της ηλιακής ακτινοβολίας. Έχει, επίσης, τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί είτε ατομικά σαν μια μονάδα είτε σαν μια ομάδα μονάδων τοποθετημένων στον ίδιο χώρο. Τέλος, έχει, σε αντίθεση με τις προαναφερόμενες μεθόδους, ελάχιστες απαιτήσεις σε νερό.¹⁶



Εικόνα 15.: Παραβολικό κάτοπτρο και συσκευή Stirling³²

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι το υψηλό κόστος κατασκευής αλλά και συντήρησης της μηχανής Stirling, η οποία έχει διάφορα ευπαθή κομμάτια. Απαιτεί, όπως και οι προαναφερόμενες μέθοδοι, ένα αυτόματο σύστημα που θα διατηρεί το πιάτο των κατόπτρων στραμμένα προς τον ήλιο. Επιπλέον, εμφανίζει δραματική μείωση αποδοτικότητας όταν χάνεται η άμεση επαφή με τον ήλιο λόγω συννεφιάς ή άλλων καιρικών φαινομένων.¹⁶

Όπως, όμως, προαναφέρθηκε, η πιο διαδεδομένη μορφή παραγωγής ηλεκτρισμού από την ηλιακή ενέργεια είναι αυτή που χρησιμοποιεί φωτοβολταϊκά πάνελ. Η ευρεία διάδοση και εφαρμογή της οφείλεται στο χαμηλότερο κόστος παραγωγής και εγκατάστασης καθώς και στην ευκολία τοποθέτησής τους. Πρακτικά, είναι δυνατό να έχει κάθε ιδιώτης ένα πάνελ στη σκεπή του σπιτιού του.¹⁶

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών βασίζεται στις ιδιότητες που έχουν τα ημιαγώγιμα υλικά και ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει τα φωτοβολταϊκά που κατασκευάζονται από κρυσταλλικό πυρίτιο, και τα οποία έχουν απόδοση που κυμαίνεται από 13% έως και 21%. Πιο συγκεκριμένα όσα κατασκευάζονται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο έχουν απόδοση από 14,5% έως 21% και αυτά που κατασκευάζονται από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο έχουν απόδοση από 13% έως 14,5%.¹⁶

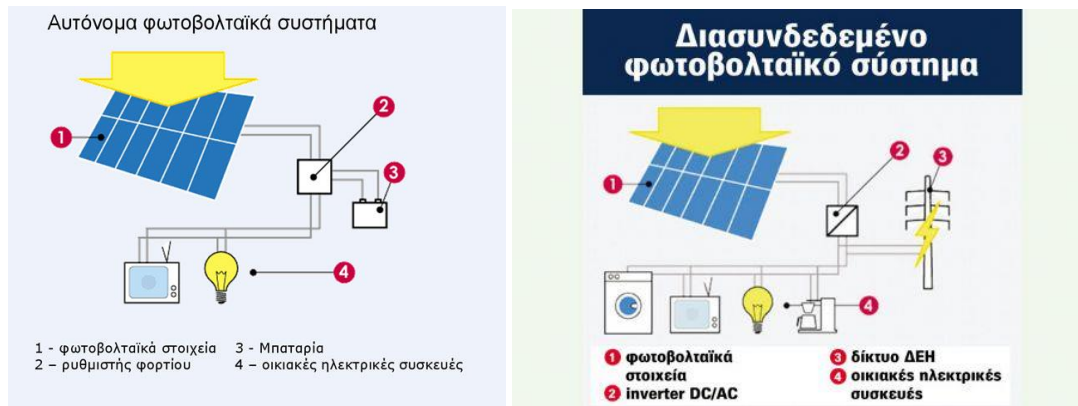
Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα φωτοβολταϊκά λεπτών μεμβρανών, τα οποία διακρίνονται σε αυτά που κατασκευάζονται από άμορφο πυρίτιο και έχουν τη χαμηλότερη απόδοση όλων (περίπου 7%) και σε αυτά που κατασκευάζονται από χαλκοπυρίτες και η απόδοσή τους κυμαίνεται από 7% έως 11%.

Το πυρίτιο, που είναι το βασικό συστατικό των φωτοβολταϊκών στοιχείων ανήκει στα ημιαγώγιμα υλικά, δηλαδή σε αυτά που επιτρέπουν υπό προϋποθέσεις τη διέλευση του ηλεκτρικού φορτίου. Η πρόσπτωση του φωτός σε συνδυασμό με τις ιδιότητες που έχουν τα ημιαγώγιμα υλικά οδηγεί στη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.¹⁶

Η ισχύ που παρέχει ένα τυπικό φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι της τάξεως του ενός έως 1,5W με τάση 0,5 V – 0,6 V. Επειδή η ισχύς και η τάση δεν ανταποκρίνονται στα μεγέθη που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία οικιακών ή εργοστασιακών συσκευών και μηχανημάτων, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδέονται σε σειρά προκειμένου η ισχύς και η τάση τους να αυξηθούν, ώστε να είναι αξιοποιήσιμα. Σε μια οικιακή εγκατάσταση συνδέονται όσα φωτοβολταϊκά είναι απαραίτητα για την παραγωγή τάσεως 6 V ή 12 V.

Η ενέργεια αυτής της τάσεως μπορεί να αποθηκευτεί σε συσσωρευτές και στη συνέχεια να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα με τη βοήθεια μετατροπέα. Ανάλογα με το μέγεθος της και τον τύπο της η εγκατάσταση μπορεί είτε να είναι συνδεδεμένη σε δίκτυο είτε να τροφοδοτεί ένα συγκεκριμένο σπίτι. Στην πρώτη περίπτωση το σύστημα ονομάζεται διασυνδεδεμένο, ενώ στη δεύτερη αυτόνομο ή μη διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα (εικόνα 2.13).¹⁶

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ



Εικόνα 16.: Σχέδιο αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος (αριστερά) και διασυνδεδεμένου (δεξιά)³³

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν μια σειρά πλεονεκτημάτων, ενώ το βασικό μειονέκτημά τους είναι ο χαμηλός βαθμό απόδοσής τους (13% - 20%) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ΑΠΕ. Μερικά από τα βασικότερα πλεονεκτήματά τους είναι τα εξής:

16

- ✚ Απευθείας παραγωγή ρεύματος ακόμα και σε μικρά μεγέθη.
- ✚ Αθόρυβη λειτουργία.
- ✚ Μηδενικοί ρύποι.
- ✚ Μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης.
- ✚ Δυνατότητα εγκατάστασης σε κτίρια χωρίς χρήση γης.
- ✚ Δυνατότητα εγκατάστασης στον αστικό ιστό και συνδυασμού τους με άλλες πηγές ενέργειας.
- ✚ Δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης του συστήματος χωρίς απαίτηση τροποποίησης του αρχικού.
- ✚ Μεγάλη διάρκεια ζωής.

2.3.3. Άλλες μορφές ΑΠΕ

Εκτός από την αιολική και την ηλιακή ενέργεια που προαναφέρθηκαν και την υδροηλεκτρική που αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο υπάρχουν κάποιες ακόμη ΑΠΕ. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για τις εξής:

1. Γεωθερμική ενέργεια. Είναι η ενέργεια που προέρχεται από τις γεωθερμικές πηγές, οι οποίες χρησιμοποιούνται για χιλιετίες από τον άνθρωπο, λόγω των ιαματικών ιδιοτήτων τους. Τον 20^ο αιώνα άρχισε να υπάρχει ενδιαφέρον για την πιθανότητα εναλλακτικής χρήσης της. Έτσι, σήμερα χρησιμοποιείται σε περισσότερες από 80 χώρες για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.³⁴

Ο τρόπος με τον οποίο παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από γεωθερμικές πηγές εξαρτάται από τον τύπο αυτών. Η μία μέθοδος περιλαμβάνει την παραγωγή από πηγές ξηρού ατμού, που δεν έχει θερμοκρασία υψηλότερη των 150°C. Ο ατμός οδηγείται μέσω σωληνώσεων και κινεί έναν ατμοστρόβιλο. Αυτός με τη σειρά του συνδέεται με ηλεκτρογεννήτρια, η οποία αναλαμβάνει τη διανομή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο.³⁵

Ο ατμός, αφού περάσει από τον ατμοστρόβιλο, οδηγείται σε έναν συμπυκνωτή, στον οποίο η θερμοκρασία του μειώνεται πολύ και υγροποιείται εκ νέου. Στη συνέχεια μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί ως ψυκτικό μέσο για τον συμπυκνωτή είτε να επιστρέψει στο υπέδαφος με τις κατάλληλες σωληνώσεις. Τα συστήματα τέτοιου είδους έχουν αυξημένη αποδοτικότητα, η οποία κυμαίνεται από 50% έως και 70%.³⁵

Η δεύτερη μέθοδος, που είναι και η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη σήμερα αξιοποιεί τις πηγές, από τις οποίες αναβλύζει νερό υπό πίεση. Η θερμοκρασία του νερού αυτού είναι τουλάχιστον 180°C. Έτσι, όταν φτάσει στην επιφάνεια του εδάφους, μετατρέπεται, λόγω διαφοράς πίεσης και θερμοκρασίας, σε ένα μείγμα ατμού και νερού. Το μείγμα αυτό οδηγείται σε ένα φυγοκεντρικό διαχωριστή που διαχωρίζει το νερό από τον ατμό. Ο ατμός οδηγείται σε συμπυκνωτή και η πορεία που ακολουθεί στη συνέχεια είναι ακριβώς ίδια με την προηγούμενη μέθοδο.³⁵

Την τελευταία δεκαετία αναπτύσσονται συστήματα που μπορούν να παράξουν ηλεκτρισμό ακόμα και από υγρά θερμοκρασίας 57°C, με τη χρήση εγκαταστάσεων δυαδικού κύκλου. Στη μέθοδο αυτή το νερό της πηγής μεταφέρει τη θερμότητά του, με τη χρήση ενός εναλλάκτη θερμότητας, σε ένα άλλο υγρό, με θερμοκρασία

βρασμού χαμηλότερη του νερού. Το νερό επιστρέφει στο έδαφος ενώ το υγρό, έχοντας μετατραπεί σε αέριο από τη θερμότητα του νερού, οδηγείται σε έναν ατμοστρόβιλο. Η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρισμού στη συνέχεια είναι η γνωστή από τα προαναφερόμενα. Το υγρό, μετά τον ατμοστρόβιλο, οδηγείται σε συμπυκνωτή, για να υγροποιηθεί εκ νέου και στη συνέχεια ξανά στον εναλλάκτη θερμότητας και ο κύκλος ξεκινά από την αρχή.^{35,36}

2. Ενέργεια από Βιομάζα. Με τον όρο «βιομάζα» εννοείται συνήθως κάθε υλικό οργανικής προέλευσης. Είναι ευρέως γνωστό ότι τα φυτά υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας παράγουν ενέργεια με τη μέθοδο της φωτοσύνθεσης. Αυτό που δεν είναι τόσο γνωστό, είναι το γεγονός ότι η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται στο φυτό με τη μορφή χημικών δεσμών και αποδεσμεύεται, όταν οι δεσμοί αυτοί σπάσουν με οποιονδήποτε τρόπο.³⁷

Αυτό αποτελεί τη βάση της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα και γίνεται με διάφορες μεθόδους. Οι μέθοδοι που κρίθηκε σκόπιμο να αναφερθούν είναι μόνο η καύση και η αεριοποίηση, γιατί μόνο με αυτές τις δύο παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, έστω και έμμεσα. Η καύση αποτελεί τον πιο εύκολο τρόπο χρήσης της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με την καύση παράγονται θερμοκρασίες της τάξεως των 800°C έως 1000°C με τη χρήση των οποίων παράγεται ατμός, ο οποίος μέσω ενός ατμοστροβίλου μπορεί να παράξει ηλεκτρική ενέργεια. Η αεριοποίηση είναι η μερική οξείδωση της βιομάζας, η οποία γίνεται σε θερμοκρασίες 800°C έως 900°C που παράγει εύφλεκτο αέριο. Το αέριο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρικής ενέργειας.³⁸

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΒΙΟΜΑΖΑ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΑΖΑ

Ως βιομάζα χαρακτηρίζονται όλα τα οργανικά υλικά, τα οποία έχουν βιολογική προέλευση π.χ. ξύλο, γεωργικά υπολείμματα και απόβλητα. Η πιο βασική πηγή βιομάζας είναι κάθε μορφής βλάστησης, η οποία δια μέσου της φωτοσύνθεσης παράγει ενέργεια.

Η ηλιακή ενέργεια που λαμβάνουν τα φυτά αποθηκεύεται με τη μορφή χημικών δεσμών, οι οποίοι μόλις σπάσουνε την αποδεσμεύουν. Αυτό συμβαίνει με διάφορους τρόπους όπως η καύση, η αποσύνθεση και η χώνεψη.³⁹

Είτε όμως γίνεται θερμοχημικά, είτε βιοχημικά, ο άνθρακας που περικλείεται οξειδώνεται παράγοντας έτσι διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Το διοξείδιο του άνθρακα που απελευθερώνεται χρησιμοποιείται στη συνέχεια εκ νέου από τα φυτά για την παραγωγή βιομάζας.

Στη θερμοχημική μετατροπή υπάρχουν τέσσερεις τρόποι για την εκμετάλλευση της ενέργειας της βιομάζας:

- η καύση
- η αεριοποίηση
- η πυρόλυση
- η υδροθερμική αναβάθμιση/υγροποίηση.

Για την υδροθερμική αναβάθμιση/υγροποίηση δεν υπάρχει μεγάλη ανάπτυξη εξαιτίας της πολυπλοκότητάς της.

- Καύση: Ο πιο εύκολος και συνηθής τρόπος είναι με την καύση, η οποία παράγει θερμοκρασίες 800-1000°C και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού, ο οποίος στη συνέχεια μπορεί να αξιοποιηθεί είτε για τη θέρμανση χώρων, είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού με τη χρήση ατμοστρόβιλων, είτε ακόμα και για την κίνηση οχημάτων. Η αποδοτικότητα τέτοιων διεργασιών μετατρέπει 20% - 40% της βιομάζας σε ενέργεια.⁴⁰

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

- Αεριοποίηση: Η αεριοποίηση περιλαμβάνει τη μερική οξείδωση της βιομάζας σε υψηλές θερμοκρασίες που κυμαίνονται στους 800-900°C και έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενός αερίου μίγματος - καυσίμου. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί, μετά από ειδικό καθαρισμό, για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρικής ενέργειας ή για την κίνηση οχημάτων. Η αποδοτικότητα της αεριοποίησης είναι περίπου 50%.⁴⁰
- Πυρόλυση: Η πυρόλυση επιτυγχάνεται με τη θερμική καταστροφή, σε θερμοκρασίες περίπου 500°C, της βιομάζας απουσία οξυγόνου, η οποία τη μετατρέπει σε στερεά, υγρά ή αέρια κλάσματα. Έτσι είναι δυνατή η παραγωγή ξυλάνθρακα, βιοελαίου και βιοαερίου τα οποία χρησιμοποιούνται για την κάλυψη διάφορων αναγκών. Η αποδοτικότητά της μπορεί να φτάσει μέχρι και 80%.⁴⁰

3.2. ΒΙΟΧΗΜΙΚΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ

Στη βιοχημική μετατροπή χρησιμοποιούνται δύο βασικοί τρόποι εκμετάλλευσης της ενέργειας που περικλείεται στη βιομάζα.

Αυτοί είναι η αναερόβια χώνευση και η ζύμωση.

1. Αναερόβια χώνευση: Στην αναερόβια χώνευση γίνεται μετατροπή του οργανικού φορτίου της βιομάζας σε βιοαέριο μέσω της δράσης μικροοργανισμών με απουσία οξυγόνου. Το παραγόμενο αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Χρησιμοποιείται για βιομάζα η οποία περιέχει μεγάλες ποσότητες υγρασίας από 80% και πάνω. Το θετικότερο ίσως στοιχείο αυτής της μεθόδου είναι πως μπορεί να μετατρέψει ακόμα και χώρους υγειονομικής ταφής απορριμάτων ή λύματα σε πηγές ενέργειας. Ο τρόπος που θα γίνει αυτό ποικίλει ανάλογα με το είδος της βιομάζας. Αν το αρχικό υλικό αποτελείται από λύματα, τότε συγκεντρώνεται σε στεγανές δεξαμενές, όπου και αποσυντίθεται με τη χρήση μικροοργανισμών. Στην περίπτωση της εκμετάλλευσης χώρου υγειονομικής ταφής απορριμάτων γίνονται ειδικές γεωτρήσεις σε ολόκληρη την επιφάνει του χώρου μέσα από τις οποίες αντλείται το βιοαέριο που παράγεται από την αποσύνθεσή τους.⁴⁰
2. Ζύμωση: Η ζύμωση χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα για την παραγωγή αιθανόλης. Σε αυτή η βιομάζα αλέθεται και μετατρέπεται μέσω ενζύμων σε σάκχαρα. Τα σάκχαρα στη συνέχεια με την προσθήκη μαγιάς μετατρέπονται σε αιθανόλη. Η αιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλές εφαρμογές η βασικότερη των οποίων είναι η κίνηση οχημάτων.⁴⁰

Τα τρία βασικά δομικά συστατικά της βιομάζας είναι:

- Κυτταρίνη
- Ημικυτταρίνη
- Λιγνίνη

Τα δομικά στοιχεία της βιομάζας πυρολύονται με διαφορετικούς ρυθμούς και μηχανισμούς ακολουθώντας διαφορετικές διαδρομές. Ο ρυθμός και η έκταση της αποσύνθεσης εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους της διεργασίας όπως είναι ο

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

τύπος του αντιδραστήρα, το μέγεθος των σωματιδίων, ο ρυθμός θέρμανσης και η πίεση.

Η θερμική διάσπαση της κυτταρίνης πραγματοποιείται σε χαμηλές θερμοκρασίες 240-350°C. Όταν θερμαίνεται με χαμηλούς ρυθμούς στους 250 °C παράγεται μια μεγάλη ποσότητα αερίου που αποτελείται κυρίως από διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα. Τα άλλα δύο δομικά συστατικά της βιομάζας η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη διασπώνται στους 200-260°C και στους 280-500°C αντίστοιχα.

Η ημικυτταρίνη μετατρέπεται σε πτητικά, ενώ η λιγνίνη σε κώκ.

Η δυνατότητα μεταφοράς του καυσίμου από το σημείο παραγωγής του σε διαφορετικό σημείο παραγωγής ενέργειας παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία στο σύστημα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, μειώνοντας αποφασιστικά τις απώλειες του δικτύου. Τα πλεονεκτήματα που διαθέτει η τεχνολογία πυρόλυσης της βιομάζας έχουν οδηγήσει σε ραγδαία αύξηση των ερευνητικών προσπαθειών στο αντικείμενο. Το αποτέλεσμα των προσπαθειών αυτών, είναι η εμφάνιση των πρώτων μονάδων πυρόλυσης της βιομάζας σε εμπορική, πλέον, κλίμακα. Μια τέτοια μονάδα παραγωγής ενέργειας από πυρόλυση βιομάζας βρίσκεται στη φάση του σχεδιασμού και της αδειοδότησης στην Αλμπέρτα του Καναδά. Η συγκεκριμένη μονάδα, η οποία θα είναι και μεγαλύτερη στο είδος της, θα επεξεργάζεται 400 τόνους βιομάζας ημερησίως και αναμένεται ότι θα παράγει αρκετή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να καλυφθούν πλήρως οι ετήσιες ανάγκες 3.800 κατοικιών.

Η πυρόλυση επιτυγχάνει μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια σε ποσοστό 90%. Από αυτήν την ενέργεια ένα ποσοστό που ανέρχεται σε ~10% απαιτείται για την ίδια τη διαδικασία της πυρόλυσης.

3.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι:

- Η αποτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα δεν συνεισφέρει στην αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στην ατμόσφαιρα γιατί, ενώ κατά την καύση της παράγεται CO_2 , κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου.
- Η αποφυγή της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO_2) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της “όξινης βροχής”. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.
- Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, που είναι αποτέλεσμα της εισαγωγής καυσίμων από τρίτες χώρες, με αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- Η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές, με αποτέλεσμα την περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας.

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της βιομάζας και αφορούν, ως επί το πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της, είναι:

- Ο μεγάλος όγκος της και η μεγάλη περιεκτικότητά της σε υγρασία, ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας.
- Η δυσκολία στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της, έναντι των ορυκτών καυσίμων.
- Οι δαπανηρότερες εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που απαιτούνται για την αξιοποίηση της βιομάζας, σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Όλα τα προαναφερόμενα μειονεκτήματα συντελούν ώστε το κόστος της βιομάζας να παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό. Υπάρχουν όμως εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ' ενός λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου, αφ' ετέρου και σημαντικότερο, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας. Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

3.4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λ.π.) είτε με απ' ευθείας καύση, είτε με μετατροπή της σε αέρια, υγρά ή/και στερεά καύσιμα μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών διεργασιών. Επειδή η αξιοποίηση της βιομάζας αντιμετωπίζει συνήθως τα μειονεκτήματα της μεγάλης διασποράς, του μεγάλου όγκου και των δυσχερειών συλλογής-μεταποίησης- μεταφοράς-αποθήκευσης, επιβάλλεται η αξιοποίησή της να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στον τόπο παραγωγής της. Έτσι, αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευχερέστερα σε μια πληθώρα εφαρμογών.

Με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλες ποσότητες θερμότητας απορρίπτονται στο περιβάλλον, είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων, είτε μέσω των καυσαερίων. Με τη συμπαραγωγή, όπως ονομάζεται η συνδυασμένη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την ίδια ενεργειακή πηγή, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας αυτής ανακτάται και χρησιμοποιείται επωφελώς. Έτσι, αφ' ενός επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς αυξάνεται ο βαθμός ενεργειακής μετατροπής του καυσίμου σε ωφέλιμη ενέργεια, αφ' ετέρου μειώνονται και οι εκπομπές ρύπων.

Επίσης, ελαττώνονται οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς τα συστήματα συμπαραγωγής είναι συνήθως αποκεντρωμένα και βρίσκονται πιο κοντά στους καταναλωτές απ' ό,τι οι κεντρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής. Πράγματι, οι συμβατικοί σταθμοί παρουσιάζουν βαθμό απόδοσης 15-40%, ενώ στα συστήματα συμπαραγωγής αυτός φθάνει μέχρι και 75-85%. Η συμπαραγωγή από βιομάζα στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον σε αστικό-περιφερειακό επίπεδο.

Η εξάπλωση της εφαρμογής της πρέπει να εξετασθεί με βασικό στόχο τη δημιουργία πολλών μικρών αποκεντρωμένων σταθμών συμπαραγωγής. Αυτοί θα πρέπει να εγκατασταθούν σε περιοχές της χώρας με σημαντικές ποσότητες διαθέσιμης βιομάζας, οι οποίες να βρίσκονται συγχρόνως κοντά σε καταναλωτές θερμότητας, καθώς η μεταφορά της θερμότητας παρουσιάζει υψηλές απώλειες και αυξημένο κόστος.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Οι καταναλωτές της παραγόμενης θερμότητας των προαναφερθέντων σταθμών συμπαραγωγής μπορεί να είναι χωριά ή πόλεις, τα οποία θα θερμαίνονται μέσω κάποιας εγκατάστασης συστήματος τηλεθέρμανσης, θερμοκήπια, βιομηχανικές μονάδες με αυξημένες απαιτήσεις σε θερμότητα κ.ά. Η παραγόμενη από τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρική ενέργεια είναι δυνατό είτε να ιδιοκαταναλώνεται, είτε να πωλείται στη ΔΕΗ, σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Ν. 2244/94 (“Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα”).

Ένα παράδειγμα βιομηχανίας όπου με την εγκατάσταση μονάδας συμπαραγωγής υποκαταστάθηκαν, πολύ επιτυχώς, συμβατικά καύσιμα από βιομάζα, είναι ένα εκκοκκιστήριο στην περιοχή της Βοιωτίας. Σ’ αυτό εκκοκκίζονται ετησίως 40.000-50.000 τόνοι βαμβακιού και, από την παραγωγική αυτή διαδικασία, προκύπτουν ετησίως 4.000-5.000 τόνοι υπολειμμάτων, τα οποία στο παρελθόν καίγονταν σε πύργους αποτέφρωσης, χωρίς ιδιαίτερο έλεγχο, δημιουργώντας έτσι κινδύνους αναφλέξεως.

Η απαραίτητη ξήρανση του βαμβακιού πριν τον εκκοκκισμό παλαιότερα γινόταν με την καύση πετρελαίου και διοχέτευση των καυσαερίων στο προς ξήρανση βαμβάκι, μέχρι που εγκαταστάθηκε σύστημα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού, το οποίο αξιοποιεί, μέσω καύσης, τα υπολείμματα του εκκοκκισμού.

Η ισχύς του λέβητα βιομάζας είναι 4.000.000 kcal/h και ο παραγόμενος ατμός έχει πίεση 10 bar. Το έργο που παράγεται, κατά την εκτόνωση του ατμού σε ένα στρόβιλο, μετατρέπεται στη γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια ισχύος 500 kW. Μετά την εκτόνωσή του, ο ατμός οδηγείται, μέσω σωληνώσεων, αφ’ ενός σε εναλλάκτες θερμότητας, όπου θερμαίνεται ο αέρας σε θερμοκρασία 130°C, ο οποίος, εν συνεχεία, χρησιμοποιείται για την ξήρανση του βαμβακιού σε ειδικούς γι’ αυτό το σκοπό πύργους, αφ’ ετέρου στο σπορελαιοουργείο, όπου χρησιμοποιείται στις πρέσες ατμού για την εξαγωγή του βαμβακόλαδου.

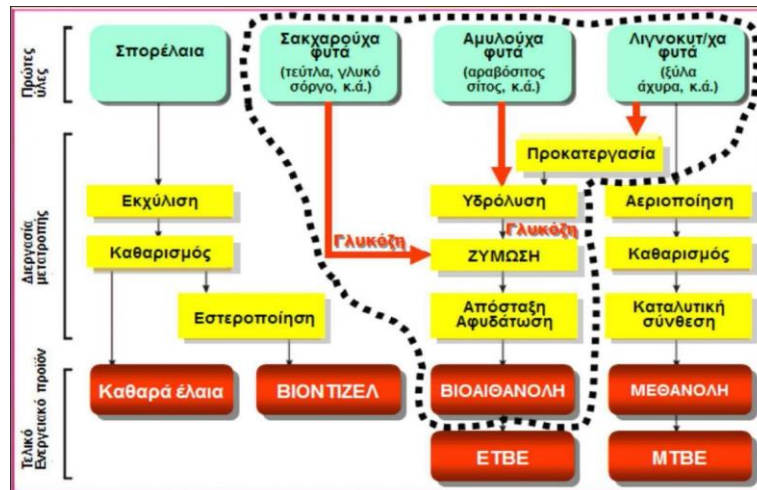
Με την εγκατάσταση του παραπάνω συστήματος, καλύπτεται το σύνολο των αναγκών σε θερμότητα του εκκοκκιστηρίου, καθώς και μέρος των αναγκών του σε ηλεκτρική ενέργεια. Η εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων που επιτυγχάνεται ετησίως φθάνει τους 630 τόνους πετρελαίου. Έτσι, η αρχική επένδυση, συνολικού ύψους 300.000.000 δρχ., αποσβέσθηκε σε μόλις 6-7 εκκοκκιστικές περιόδους.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Ανάλογες μονάδες, μόνο για παραγωγή θερμότητας όμως, έχουν ήδη εγκατασταθεί και λειτουργούν σε 17 εκκοκκιστήρια βαμβακιού στη χώρα μας, στα οποία αντικαταστάθηκε πλήρως η χρήση του πετρελαίου και του μαζούτ από αυτή των υπολειμμάτων του εκκοκκισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ

Η βιοαιθανόλη παράγεται με τη μέθοδο της ενζυματικής υδρόλυσης. Για την παραγωγή βιοαιθανόλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν αγροτικά προϊόντα που περιέχουν σάκχαρα, όπως ζαχαρότευτλο, ζαχαροκάλαμο, γλυκό σόργο, μελάσα κ.α., καθώς και άμυλο όπως δημητριακά, καλαμπόκι, πατάτα κτλ, ή κυτταρινικό υλικό (ξυλεία, υπολείμματα χαρτοβιομηχανίας).



Στην περίπτωση που πρώτη ύλη είναι το ζαχαροκάλαμο ή το γλυκό σόργο, τα στελέχη τους (καλάμια) θρυμματίζονται και στο αλεσμένο προϊόν γίνεται αποχύμωση (μηχανικά με πίεση) και με την προσθήκη ζεστού νερού γίνεται εκχύλιση και συλλογή του υδατικού σακχαρούχου διαλύματος.

Σε αντίθεση με το ζαχαροκάλαμο και το σόργο που λαμβάνεται απευθείας ο σακχαρούχος χυμός των βλαστών, στα σιτηρά (σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι) απαιτείται προσθήκη ακριβών ενζύμων (αμυλάσες) για τη διάσπαση (υδρόλυση) του αμύλου σε σάκχαρα. Το άμυλο αποτελείται από μακριές αλυσίδες μορίων γλυκόζης, γεγονός που το καθιστά κατάλληλο ώστε να υποστεί ζύμωση και να παραχθεί βιοαιθανόλη.

Κατά τη διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης απαιτείται υδρόλυση του αμύλου ώστε να διασπαστεί σε σάκχαρα ικανά να υποστούν ζύμωση. Η διεργασία αυτή ονομάζεται σακχαροποίηση και επιβαρύνει το κόστος παραγωγής. Η ζύμωση του σακχαρούχου διαλύματος γίνεται σταδιακά σε τεράστιες δεξαμενές (ζυμωτήρες) με την προσθήκη κατάλληλων σακχαρομυκήτων, συνήθως στελέχη του *Saccharomyces cerevisiae*. Στο τελικό προϊόν της ζύμωσης γίνεται καθαρισμός με φυγοκέντριση ή διήθηση και το υγρό οδηγείται στην τελική δεξαμενή όπου γίνεται διαχωρισμός και ανάκτηση της

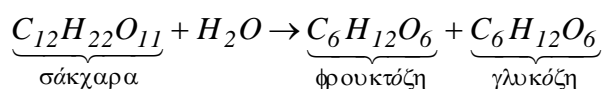
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

καθαρής βιοαιθανόλης. Με τη ζύμωση παράγεται βιοαιθανόλη που περιέχει σημαντική ποσότητα νερού.

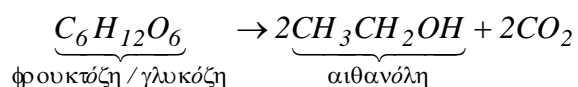
Ακολουθεί απόσταξη της βιοαιθανόλης, που απομακρύνει το μεγαλύτερο μέρος του νερού παράγοντας ένα μίγμα με 95% βιοαιθανόλη και 5% νερό. Αυτό το μίγμα ονομάζεται ένυδρη βιοαιθανόλη. Αν το νερό που έχει απομείνει (5%) απομακρυνθεί τότε προκύπτει η άνυδρη βιοαιθανόλη που είναι κατάλληλη για να αναμιχθεί με βενζίνη.

Η διαδικασία παραλαβής της βιοαιθανόλης είναι το τελευταίο στάδιο παραγωγής και περιλαμβάνει απόσταξη και αφυδάτωση με θέρμανση. Το τελευταίο αυτό στάδιο είναι από τα πλέον ενεργοβόρα άρα και πιο δαπανηρά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και αποτελεί κρίσιμο παράγοντα της βιομηχανικής παραγωγής βιοαιθανόλης.

Κατά την ενζυματική υδρόλυση η βιομάζα υφίσταται την διεργασία της υδρόλυσης κατά την οποία τα μεγάλα μόρια αμύλου και σακχαρόζης διασπώνται σε μικρότερα μόρια σακχάρων, τα οποία μπορούν να ζυμωθούν και να μετατραπούν σε αιθανόλη. Η μαγιά περιέχει το ένζυμο *invertase* που δρα ως καταλύτης και βοηθά στην μετατροπή σακχάρων σε γλυκόζη και φρουκτόζη, όπως φαίνεται από την παρακάτω απλοποιημένη αντίδραση:



Η ζύμωση μορίων της ζάχαρης (φρουκτόζη και γλυκόζη) συντελεί στη παραγωγή αιθανόλης, μία μέθοδος πολύ διαδεδομένη στη βιομηχανία τροφίμων. Κατά τη ζύμωση, οι σακχαρομύκητες συντελούν στο μεταβολισμό της ζάχαρης απουσία οξυγόνου προς αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα, όπως φαίνεται με την παρακάτω αντίδραση:



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Αξίζει να σημειωθεί ότι η φύση της βιομάζας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαιθανόλης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση της διεργασίας. Όπως προαναφέρθηκε, για την παραγωγή βιοαιθανόλης χρησιμοποιείται βιομάζα πλούσια σε άμυλο και σάκχαρα αλλά και λιγνοκυτταρινική βιομάζα. Γενικότερα το κυτταρινικό και ημικυτταρινικό υλικό μπορεί με τη χρήση καττάλληλων ενζύμων να μετατραπεί ως ένα μεγάλο ποσοστό σε βιοαιθανόλη. Ωστόσο η λιγνίνη δεν μπορεί να διασπαστεί και να δώσει βιοαιθανόλη.

Στον Πίνακα 3 παραθέτονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μερικών τύπων βιομάζας και συγκεκριμένα η περιεκτικότητά τους σε υδρογονάνθρακες (κυτταρινικό υλικό) και μη-υδρογονάνθρακες.

Πίνακας 3. Περιεκτικότητα υδρογονανθράκων σε διάφορους τύπους βιομάζας ⁴¹							
	<u>Υδρογονάνθρακες (% ισοδύναμο ζάχαρης)</u>					<u>Μη-υδρογονάνθρακες</u>	
	Γλυκόζη	Μαννόζη	Γαλακτόζη	Ξυλόζη	Αραμπινόζη	Λιγνίνη	Στάχτη
Σπάδικας Καλαμποκιού	39.0	0.3	0.8	14.8	3.2	15.1	4.3
Άχυρο σιταριού	36.6	0.8	2.4	19.2	2.4	14.5	9.6
Άχυρο ρυζιού	41.0	1.8	0.4	14.8	4.5	9.9	12.4
Τσόφλια ρυζιού	36.1	3.0	0.1	14.0	2.6	19.4	20.1
Υπολείμματα εκχύλισης σακχάρων	38.1	-	1.1	23.3	2.5	18.4	2.8
Σκληρό ξύλο	40.0	8.0	-	13.0	2.0	20.0	1.0
Μαλακό ξύλο	50.0	12.0	1.3	3.4	1.1	28.3	0.2

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Όπως φαίνεται από τον πίνακα, το άχυρο ρυζιού έχει τη μικρότερη περιεκτικότητα σε μη-υδρογονάνθρακες ενώ το μαλακό ξύλο τη μεγαλύτερη. Ωστόσο το μαλακό ξύλο έχει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε γλυκόζη που μετατρέπεται πολύ εύκολα σε αιθανόλη. Ανάλογα με τα ένζυμα (εκλεκτικότητα και απόδοση) που θα χρησιμοποιηθούν μπορούν διάφοροι τύποι βιομάζας να αποφέρουν μεγάλες αποδόσεις για παραγωγή βιοαιθανόλης.

Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μίγμα 5% με βενζίνη σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο ποιότητας EN 228. Η χρήση τέτοιου μίγματος δεν απαιτεί μετατροπή του κινητήρα. Κάποιοι κατασκευαστές οχημάτων προδιαγράφουν ως μέγιστη περιεκτικότητα βιοαιθανόλης σε μίγμα με βενζίνη το 5% κατ' όγκο, ενώ άλλοι προδιαγράφουν σαν μέγιστο ποσοστό το 10%. Αν αυτό το όριο ξεπεραστεί τότε δεν ισχύουν οι εγγυήσεις του οχήματος.

Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί 100% βιοαιθανόλη σε τροποποιημένους κινητήρες με ηλεκτρική ανάφλεξη παρ' όλο που για την αντιμετώπιση του προβλήματος της εκκίνησης σε χαμηλές θερμοκρασίες απαιτείται η χρήση ενός μικρού ποσοστού πτητικού καυσίμου – συνήθως βενζίνης.

Μίγμα 5% βιοαιθανόλης με βενζίνη κατ' όγκο σημαίνει 3,4% κατά αναλογία ενέργειας, εφόσον το ενεργειακό περιεχόμενο της βιοαιθανόλης είναι περίπου τα δύο τρίτα αυτού της βενζίνης. Η χρήση οχημάτων πολλαπλών καυσίμων (flexible fuelled vehicles, FFVs), που είναι ειδικά σχεδιασμένα για τη χρήση βιοαιθανόλης σε διάφορες συγκεντρώσεις, είναι μια εναλλακτική προσέγγιση. Η Ford διαθέτει ένα μοντέλο FFV Focus βιοαιθανόλης στη Σουηδία. Η Saab και η Volvo σχεδιάζουν να κυκλοφορήσουν FFVs βιοαιθανόλης, που θα μπορούν να λειτουργούν με μίγμα 85% βιοαιθανόλης και 15% βενζίνη.

Η βιοαιθανόλη όταν αναμιγνύεται με βενζίνη αυξάνει σημαντικά τον αριθμό οκτανίου των καυσίμων. Μερικές χώρες χρησιμοποιούν τη βιοαιθανόλη ως ένα ενισχυτή του αριθμού οκτανίου με σκοπό τη σταδιακή αντικατάσταση του μόλυβδου στη βενζίνη. Η βιοαιθανόλη μεταφέρεται από έναν αποκλειστικό αγωγό επειδή οποιοδήποτε ίχνος νερού στον αγωγό θα μολύνει τη βιοαιθανόλη, με αποτέλεσμα να πρέπει να ακολουθηθεί μία ακριβή διαδικασία διαχωρισμού του νερού από τη βιοαιθανόλη.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Η ανάγκη αποφυγής της μόλυνσης της με το νερό είναι και ένας από τους λόγους που αναμιγνύεται με βενζίνη στα τερματικά και αναμιγνύεται πριν από τη φόρτωση σε φορτηγά που πηγαίνουν να γεμίσουν τα πρατήρια καυσίμων. Αυτό καθιστά τη μεγάλης απόστασης μεταφορά της βιοαιθανόλης πολύ ακριβή, καθώς οι αγωγοί μεταφοράς δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, επομένως μεταφέρεται με φορτηγά. Δεν υπάρχει αγωγός μεταφοράς της βιοαιθανόλης στις Ηνωμένες Πολιτείες. Στη Βραζιλία, τρεις αγωγοί χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της βιοαιθανόλης.

Η έρευνα σήμερα στρέφεται στην εξεύρεση ενζύμων που θα μετατρέπουν όλο και μεγαλύτερα ποσοστά της βιομάζας σε βιοαιθανόλη, ακόμα και τη λιγνίνη. Στο μέλλον η παραγωγή βιοαιθανόλης θα αυξηθεί δραστικά λόγω της αναμενόμενης εξέλιξης στον τομέα της βιοτεχνολογίας.

4.1. Η ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΣΤΗΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΓΟΡΑ

Η βιοαιθανόλη είναι ένα βιοκαύσιμο ευρεως παραγόμενο με παγκόσμια παραγωγή 3.553.000 τόνους το 2009. Το 2013 η παραγωγή της αυξήθηκε κατά 55,62 %. Στην Ευρώπη οι τρεις πρώτες χώρες που παράγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες βιοαιθανόλης είναι η Γαλλία, η Γερμανία και η Ισπανία. Στον παρακάτω πίνακα παρατηρείται η ετήσια αύξηση της παραγωγής από το 2009-2013 στην Ευρώπη.

Πίνακας 4: Ετήσια παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ευρώπη για τη χρονική περίοδο 2009-2013⁴²

Country	Production 2009	Production 2010	Production 2011	Production 2012	Production 2013
Austria	175	197	195	216	200
Belgium	220	315	400	450	435
Bulgaria	0	0	10	47	20
Cyprus	0	0	0	0	0
Czech Republic	113	120	110	130	132
Croatia	0	0	0	0	0
Denmark	0	0	5	5	5
Estonia	0	0	0	0	0
Finland	10	10	10	10	10
France	1,040,000	1,050,000	1,007,000	1,010,000	960
Germany	749	761	770	777	852
Greece	0	0	0	0	0
Hungary	150	186	173	220	400
Ireland	10	10	10	10	10
Italy	50	60	60	150	15
Latvia	17	19	5	15	20
Lithuania	31	49	18	27	25
Luxembourg	0	0	0	0	0
Malta	0	0	0	0	0
Netherlands	0	100	275	450	519
Poland	166	200	167	212	235
Portugal	0	0	0	0	0
Romania	0	67	65	20	55
Slovakia	118	127	130	130	132
Slovenia	0	0	0	0	0
Spain	465	472	463	381	443
Sweden	164	205	200	230	219
United Kingdom	75	320	320	167	225
Total	3,553,000	4,268,000	4,393,000	4,657,000	4,912,000

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Στον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε την παραγωγική ικανότητα βιοαιθανόλης των εγκαταστάσεων της Ευρώπης. Πρωταρχικό ρόλο στην παραγωγικότητα κατέχουν οι Γαλλία, Γερμανία, ακολουθούμενες από την Μεγάλη Βρετανία, την Ισπανία και το Βέλγιο.

Πίνακας 5: Παραγωγική ικανότητα βιοαιθανόλης των Ευρωπαϊκών εγκαταστάσεων⁴³

Country	IPC (cubic meters)
Austria	240
Belgium	532
Bulgaria	115
Croatia	0
Cyprus	0
Czech Republic	199
Denmark	5
Estonia	0
Finland	126
France	2,318,000
Germany	1,050,000
Greece	0
Hungary	517
Ireland	13
Italy	251
Latvia	8
Lithuania	23
Luxembourg	0
Malta	0
Netherlands	565
Poland	582
Portugal	0
Romania	137
Slovakia	185
Slovenia	0
Spain	618
Sweden	310
United Kingdom	985
Total	8,779,000

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται οι εισαγωγές αιθανόλης, που έγιναν από την Ευρώπη την περίοδο 2007-2013 από τρίτες χώρες. Παρατηρείται ότι το 2008, 2007 και 2011 υπήρξαν οι χρονιές με τις υψηλότερες εισαγωγές.

Πίνακας 6: Εισαγωγές αιθανόλης Παγκόσμια την περίοδο 2007-2013⁴⁴

COUNTRY	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ARGENTINA	6,83	12,602	11,009	9,17	5,479	0	3,889
ARUBA	1,649	3,787	0	0	0	0	0
BARBADOS	0	0	923	556	3,007	3,53	1,876
BELARUS	149	45	10	1,17	618	148	352
BOLIVIA	5,072	55,183	55,835	50,255	11,76	33,705	51,356
BRAZIL	953,759	1,325,476	806,987	349,446	67,12	93,253	112,403
CAMBODIA	0	0	34,006	4,491	0	0	0
CANADA	26	92	87	184	7	56	1
CHINA	7,346	879	0	0	18	0	1
CONGO	2,907	0	0	0	0	0	0
COSTA RICA	26,785	34,517	47,083	4,038	11,711	7,352	1,544
CROATIA	10,002	5,546	4,351	8,042	3,983	5,443	3,873
CUBA	4,993	2,079	0	0	0	0	0
DOMINICAN REPUBLIC	7	17	143	0	0	128	371
DR CONGO	0	3,034	0	0	0	0	0
ECUADOR	0	0	74	168	118	338	161
EGYPT	42,087	56,525	55,327	60,66	62,091	52,97	48,478
EL SALVADOR	0	47,832	9,822	0	0	0	0
ETHIOPIA	4,242	2,041	0	0	0	0	0
GUATEMALA	52,164	42,663	111,249	35,094	99,05	107,197	200,907
GUYANA	0	0	280	106	696	1,102	5,368
INDIA	0	146	0	0	0	0	0
INDONESIA	0	0	0	0	250	811	0
ISRAEL	231	70	38	29	96	37	11
JAMAICA	32,348	0	23,219	5,048	8,167	6,399	5,345
KAZAKHSTAN	0	1,297	8,51	7,43	739	0	0
FYROM	54	24	23	31	50	57	73
MALAWI	741	1,498	0	0	0	0	0
MAURITIUS	4,374	4,561	2,757	119	230	333	158
MOLDOVA	227	7	802	0	3	0	0
NICARAGUA	19,757	0	60,833	1,423	0	2,726	4,187
NORWAY	15,016	13,68	17,22	11,848	11,2	11,72	12,02
PAKISTAN	76,116	103,814	62,448	3,902	37,5	31,834	8,963
PAKISTAN	0	0	0	0	0	4,114	95,032
PANAMA	150	385	50	149	554	333	25
PERU	42,853	59,571	60,441	54,054	42,344	55,727	117,062

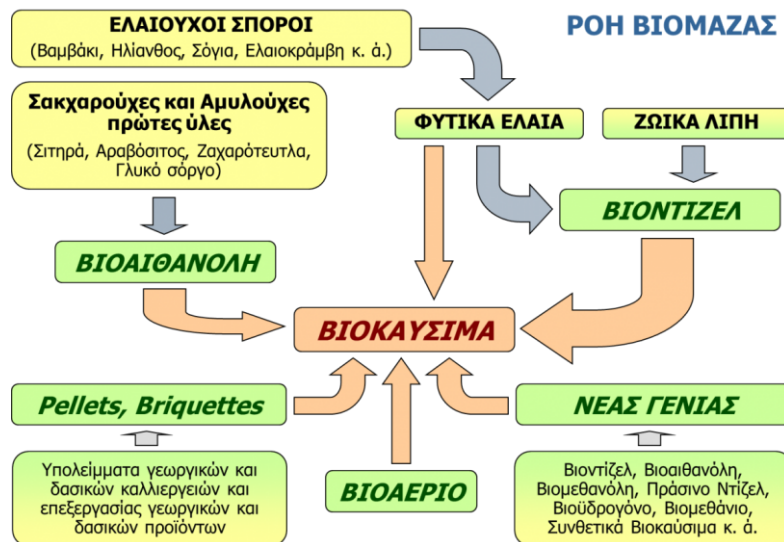
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

RUSSIA	3,424	3,517	4,906	6,411	19,261	37,859	58,72
SERBIA	8,092	1,989	1,784	3,655	1,921	333	0
SOUTH AFRICA	14,116	5,781	1,419	8,353	15,006	15,185	19,971
SOUTH KOREA	0	0	0	0	0	304	0
SUDAN	0	0	0	20,349	28,535	32,379	30,97
SWAZILAND	25,71	20,441	15,242	2,948	2,248	7,614	11,304
SWITZERLAND	521	373	447	470	239	504	718
TRINIDAD AND TOBAGO	0	422	26	27	1,102	773	27
TURKEY	18,008	5,371	6,165	17,682	25,917	31,299	6,266
UKRAINE	23,229	11,005	6,625	3,21	881	751	71
UNITED ARAB EMIRATES	821	2,949	0	0	1	0	5
UNITED STATES	94,116	80,687	67,991	421,849	1,072,920	608,558	97,66
ZIMBABWE	14,973	9,097	10,226	1,543	1,022	0	0
ALL OTHERS	110	1	26	5	24	38	101
TOTAL	1,513,008	1,919,007	1,488,386	1,093,916	1,535,864	1,154,909	899,269

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ 2^{ης} ΓΕΝΙΑΣ

Η παραγωγή των βιοκαυσίμων στη σύγχρονη εποχή βασίζεται σε φυσικοχημικές διεργασίες καθώς και στη βιοτεχνολογία. Αυτά τα βιοκαύσιμα είναι τα γνωστά βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς.

Με την έρευνα και την τεχνολογία των βιοκαυσίμων, υπάρχει πλέον η παραγωγή των βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς. Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς είναι τα βιοκαύσιμα που παράγονται με πρωτοποριακές διεργασίες και από περισσότερους τύπους βιομάζας από ότι τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς.



Εικόνα 17: Τα βιοκαύσιμα και η παραγωγή τους⁴⁵

Στα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς ανήκουν τα συνθετικά βιοκαύσιμα που παράγονται από θερμοχημικές και καταλυτικές διεργασίες, όπως πυρόλυση, εξαερίωση, και η διεργασία Fischer-Tropsch. Στην κατηγορία αυτή ανήκει και η βιοαιθανόλη που παράγεται από λιγνοκυτταρινικό υλικό, το οποίο δύσκολα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σήμερα. Το υδρογόνο από αέριο σύνθεσης καθώς και το βιοαέριο αποτελούν τα κύρια αέρια βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς.

Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς θεωρούνται ως μία πολλά υποσχόμενη απάντηση που αναμένεται να αλλάξει το ενεργειακό αλλά και κατ' επέκταση το οικονομικό-πολιτικό τοπίο της Ευρώπης αλλά και ολόκληρου του πλανήτη.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Οι βελτιώσεις των βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς αναμένεται ότι θα περιλαμβάνουν τους τομείς αποδοτικότητας, κόστους και συνδυασμένης μακροχρόνιας προστασίας του περιβάλλοντος και της γεωργίας, καθώς θα αξιοποιούν παραπροϊόντα και απόβλητα ως πρώτες ύλες.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλη προσπάθεια από τους επιστήμονες να προσαρμόσουν τη μέθοδο Fischer-Tropsch στην παραγωγή βιοκαυσίμων από βιομάζα. Η διεργασία παραγωγής βιοκαυσίμων με τη μέθοδο Fischer-Tropsch είναι μια διεργασία μετατροπής βιομάζας σε υγρά καύσιμα (Biomass To Liquid ή BTL).

Η βιομάζα έρχεται σε επαφή με αέρα και πυρολύεται. Το παραγόμενο αέριο και κωκ περνάει στη συνέχεια στον αεροποιητή και το παραγόμενο βιοαέριο σύνθεσης, αφού καθαριστεί και αποθειωθεί, διέρχεται μέσα από αντιδραστήρα F-ischer-Tropsch. Εκεί το βιοαέριο ($\text{CO} + \text{H}_2$) αντιδρά καταλυτικά και συνθέτει ένα μίγμα αλειφατικών υδρογονανθράκων που αποτελείται από ελαφρούς υδρογονάνθρακες (C_1 και C_4), νάφθα (C_5 και C_{11}), ντίζελ (C_{12} και C_{20}) και κηρό ($>\text{C}_{20}$).

Η απόδοση της αντίδρασης Fischer-Tropsch εξαρτάται από τον καταλύτη που χρησιμοποιείται και τις παραμέτρους λειτουργίας, ωστόσο η απόδοση σε υγρά προϊόντα (νάφθα, ντίζελ και FT-κηρό) ανέρχεται στο 95%. Η παραγόμενη νάφθα και ντίζελ αποτελούν βιοκαύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αναλόγως με τα αντίστοιχα ορυκτά καύσιμα. Ο FT-κηρός ωστόσο πυρολύεται με τη βοήθεια υδρογόνου και το παραγόμενο προϊόν δίνει ένα εύρος προϊόντων όπως νάφθα, ντίζελ κτλ.

Σήμερα οι υπάρχουσες τεχνολογίες Fischer-Tropsch και οι παρεμφερείς τους, παράγουν βιοντίζελ από βιομάζα με υψηλό κόστος επένδυσης. Όμως, καθώς η τεχνολογία προχωρά, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι οι οποίες ανεβάζουν τον βαθμό απόδοσης πάνω από το 80% ενώ ταυτόχρονα ρίχνουν το κόστος του παραγόμενου βιοντίζελ (σχεδόν από κάθε είδος βιομάζας) στα όρια οικονομικής εκμετάλλευσης ευρείας κλίμακας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα δεύτερης γενιάς βιοντίζελ είναι το SunDiesel, ένα νέο συνθετικό BTL βιοκαύσιμο (Biomass-To-Liquid) που παράγεται με παραλλαγή της μεθόδου Fischer-Tropsch. Η συγκεκριμένη τεχνολογία αναπτύχθηκε από τις εταιρίες Shell και Choren και ήδη κατασκευάζεται πιλοτικό εργοστάσιο στην ανατολική

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Γερμανία. Το εργοστάσιο θα παράγει ετησίως 15.000 τόνους SunDiesel από βιομάζα, με πρώτη ύλη πριονίδι, τεμαχίδια ξύλου και άχυρο ενώ έχει ήδη προωθηθεί η κατασκευή και δεύτερου εργοστασίου δυναμικότητας 200.000 τόνων.

Το BTL δεν περιέχει θείο ή αρωματικές ενώσεις και παράγει κατά την καύση του στον κινητήρα 90% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από ότι το ορυκτό πετρέλαιο, 30%-50% λιγότερα σωματίδια και υδρογονάνθρακες, 90% λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα και 35% λιγότερα οξείδια του αζώτου, χωρίς μετατροπές στους υπάρχοντες κινητήρες.

Η έρευνα για την παραγωγή δεύτερης γενιάς βιοντίζελ, εκτός από τη βιομάζα, έχει στραφεί και στην ανάπτυξη τεχνολογιών παραγωγής του βιοντίζελ από φύκη και φυτοπλαγκτόν. Αρχικά, για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν μικροάλγη με μεγάλη περιεκτικότητα σε έλαια όπως είδη του γένους *Nannochloropsis* με περιεκτικότητα 60% σε λιπίδια, ενώ πλέον η έρευνα επεκτείνεται σε διάφορα είδη που είναι ιδιαίτερα παραγωγικά σε βιομάζα και αναπτύσσονται σε μεγάλο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών. Η εταιρεία Bio Fuel Systems που βρίσκεται στην Αλικάντε της Ισπανίας, ανακοίνωσε τη δυνατότητα βιομηχανικής παραγωγής βιοντίζελ από φυτοπλαγκτόν που αναπτύσσεται σε ειδικές δεξαμενές.

Το κυρίως πρόβλημα της μεθόδου ακόμα είναι το ραφινάρισμα αλλά οι επιστήμονες της εταιρίας θεωρούν ότι σύντομα θα έχουν λύσει το πρόβλημα και η εταιρία θα παράγει βιοντίζελ με κόστος 0,25 ευρώ το λίτρο. Παρόμοιες μεθόδους έχει αναπτύξει και η εταιρεία GreenFuel Technologies Corporation, για παραγωγή βιοντίζελ και βιοαιθανόλης από άλγη (φύκια).

Σύμφωνα με τη μέθοδο που ανέπτυξε η εταιρεία, είναι δυνατή η παραγωγή βιομάζας από άλγη με εξαιρετικά υψηλούς ρυθμούς που φτάνουν τα 174 g/m²/d (γραμμάρια βιομάζας ανά τετραγωνικό μέτρο ανά ημέρα). Για λόγους σύγκρισης αναφέρεται ότι τα καλλιεργούμενα φυτά έχουν μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης 40-60 g/m² ανά ημέρα (φυτά C4), ενώ οι C3 καλλιέργειες 20-40 g/m² ανά ημέρα. Η εταιρία υπολογίζει ότι θεωρητικά μπορούν να παράγονται 4.500 λίτρα βιοκαυσίμου ανά στρέμμα το χρόνο.

Σήμερα 18 εταιρείες δραστηριοποιούνται παγκοσμίως στην παραγωγή βιοκαυσίμων από φύκια. Είναι προφανές ότι με τη συνεχή πρόοδο της τεχνολογίας και την ανάπτυξη σε βιομηχανικό επίπεδο της παραγωγής βιοντίζελ δεύτερης γενιάς, με

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

πρώτη ύλη τη βιομάζα, θα μειωθεί ο ανταγωνισμός για καλλιεργούμενες εκτάσεις και άλλες αγροτικές πρώτες ύλες. Με πρώτες ύλες φύκη, φυτοπλαγκτόν ή κυτταρίνη θα γίνει φθηνή η βιομηχανική παραγωγή βιοντίζελ από γεωργικά υπολείμματα (άχυρο κτλ), πριονίδια, οικιακά απορρίμματα και προϊόντα χαρτιού καθώς και από μη διατροφικά φυτά με πολύ μεγάλη στρεμματική παραγωγή βιομάζας όπως ινώδες σόργο, καλάμι, αγριαγκινάρα και κεχρί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΑΠΟ ΑΓΡΟΤΙΚΑ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΝΟΜΟΥ ΛΑΚΩΝΙΑΣ

6.1. ΛΙΓΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΟΜΟ ΛΑΚΩΝΙΑΣ

Ο Νομός Λακωνίας αποτελεί το νοτιότερο νομό της Πελοποννήσου και της Ηπειρωτικής Ελλάδας. Στα βόρεια και βορειοανατολικά συνορεύει με το Νομό Αρκαδίας και στα δυτικά με το Νομό Μεσσηνίας. Βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος, το Μεσσηνιακό και το Λακωνικό Κόλπο. Κατά μήκος των ακτών του υπάρχουν μικρά νησιά τα κυριότερα εκ των οποίων είναι η Καραβόπετρα, τα Πετρονήσια, τα Τρίνησα και η Ελαφώνησος.

Διοικητικά διαιρείται σε τέσσερις επαρχίες: της Λακεδαίμονος, του Γυθείου, της Επιδαύρου Λιμηράς και του Οιύλου. Πρωτεύουσά του είναι η Σπάρτη, η οποία κατά την αρχαιότητα ήταν μία από τις δύο ισχυρότερες πόλεις – κράτη μαζί με την Αθήνα.

Ο Νομός διαθέτει πολλές φυσικές ομορφιές, παραλίες και λίμνες. Οι κύριες οροσειρές του είναι δύο: Ο Ταΰγετος (με ύψος 2407 m) και ο Πάρνωνας (1961 m). Ο μοναδικός ποταμός του Νομού είναι ο Ευρώτας.

Η οικονομία του είναι κατά βάση αγροτική. Τα κυριότερα γεωργικά προϊόντα του Νομού είναι το ελαιόλαδο, τα εσπεριδοειδή και το κρασί.⁴⁶ Τα υπολείμματα από τα δύο πρώτα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαιθανόλης, όπως θα αναπτυχθεί περαιτέρω στα επόμενα υποκεφάλαια.

6.2. ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΑΠΟ ΕΛΑΙΟΠΟΛΤΟ

Με τον όρο «ελαιοπολτός» στην προκειμένη περίπτωση εννοούνται τα υγρά απόβλητα των ελαιουργείων (ελαιοπυρήνας με τη μορφή ιλύος) που είναι πλούσια σε νερό (περίπου 70% του περιεχομένου τους) και παράγονται κατά τη διαδικασία εξαγωγής ελαιολάδου από τα ελαιουργεία που χρησιμοποιούν το συνεχές σύστημα δύο φάσεων. Τα βασικά συστατικά του και οι αναλογίες του επί τη βάση ξηρού βάρους είναι τα εξής:^{47,48}

- Λιγνίνη (22%-28%)
- Γλυκόζη (16%-20%)
- Ξυλόζη (12%-20%)
- Αραβινόζη (1,9%-2%)

Τα απόβλητα αυτά δεν είναι εύκολο να διαχειριστούν λόγω των φυσικοχημικών και βιοτοξικών ιδιοτήτων τους που δεν επιτρέπουν την άμεση λιπασματοποίηση (κομποστοποίηση) ή το κάψιμό τους χωρίς κάποια προεπεξεργασία. Η προεπεξεργασία, όμως, αυξάνει πολύ το κόστος διαχείρισής τους. Στην Ελλάδα τα συγκεκριμένα απόβλητα δεν γίνονται δεκτά ούτε στα πυρηνελαιουργεία γιατί δεν υπάρχει η δυνατότητα να τα διαχειριστούν.^{49,50}

Στην Ισπανία, που παράγονται περίπου 4 εκατομμύρια τόνοι των συγκεκριμένων αποβλήτων, συνήθως γίνεται δεύτερη εκχύλιση του ελαιοπυρήνα προκειμένου να ανακτηθεί το ελαιόλαδο που έχει απομείνει, κατόπιν κομποστοποίηση και τελικά χρήση τους ως εδαφοβελτιωτικό. Για την αποξήρανσή τους χρησιμοποιείται συνήθως η θερμική ενέργεια που παράγεται από τα εργοστάσια συμπαραγωγής ενέργειας – θερμότητας. Ένα μέρος από τα απόβλητα αυτά χρησιμοποιούνται ως στερεό οικιακό καύσιμο (πελέτ) το οποίο η Ισπανία εξάγει σε άλλες χώρες.^{49,51}

Η αξιοποίηση της κυτταρίνης και ημικυτταρίνης που περιέχουν τα συγκεκριμένα απόβλητα για την παραγωγή βιοαιθανόλης θα μπορούσε να αποτελεί μία ελκυστική και βιώσιμη λύση για τη διάθεσή τους. Αν και η παραγωγή βιοαιθανόλης μπορεί να μην απομακρύνει τις φαινολικές ενώσεις που είναι το κύριο ρυπογόνο συστατικό αυτών των αποβλήτων παρόλα αυτά θα μπορούσε ακόμα να είναι επωφελής.⁴⁷

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

Οι τρόποι με τους οποίους θα μπορούσε να παραχθεί αιθανόλη από αυτά τα υγρά απόβλητα εξετάστηκαν από διάφορους ερευνητές. Σε σχετική έρευνα⁵² εφαρμόστηκε μία προκατεργασία οξείδωσης στην υγρή φάση η οποία ακολουθήθηκε από ενζυματική υδρόλυση. Οι δύο διαδικασίες (δηλαδή και η υγρή οξείδωση και η ενζυματική επεξεργασία) αξιολογήθηκαν με βάση την αιθανόλη που λαμβάνεται σε ένα μετέπειτα στάδιο ζύμωσης.

Η τετραήμερη υδρόλυση οδήγησε σε ικανοποιητική απελευθέρωση γλυκόζης και ξυλόζης αν και ο συνδυασμός υγρής οξείδωσης και ενζυματικής διεργασίας έδωσε ακόμα καλύτερα αποτελέσματα. Η υψηλότερη παραγωγή αιθανόλης, όμως, έλαβε χώρα κατά τη χρήση μόνο ενζυματικής προ-επεργασίας. Όταν, μάλιστα, αυξήθηκε η περιεκτικότητα της ιλύος σε στερεά δεν υπήρξε αρνητική επίδραση στην απλή απελευθέρωση των σακχάρων, γεγονός που υποδεικνύει ότι το περιεχόμενο της κυτταρίνης και της ξυλάνης του ελαιοπολτού είναι εύκολα ανακτήσιμο.⁵²

Έχει, επίσης, αναφερθεί παραγωγή αιθανόλης από την ταυτόχρονη σακχαροποίηση (με την προσθήκη κυτταρινασών) και διαδικασία της ζύμωσης με τη χρήση ως υποστρώματος των δύο κύριων συστατικών των αποβλήτων ελαιουργείων, δηλαδή του ελαιοπυρήνα και των υγρών αποβλήτων.⁵³

Για τη βελτίωση της παραγωγής αιθανόλης έχει δοκιμαστεί ακόμη η προ-επεξεργασία των αποβλήτων με ζεστό νερό (θερμοκρασίας 200°C - 250°C) σε ένα αναδευόμενο αυτόκλειστο, σε συνδυασμό με τη χρήση της διαδικασίας ασυνεχούς τροφοδοσίας.⁵⁴

Τέλος, έχει δοκιμαστεί και η ενζυματική υδρόλυση των μη επεξεργασμένων αποβλήτων με διάφορους βαθμούς περιεκτικότητας σε ξηρή ύλη καθώς και η επακόλουθη ζύμωση γλυκόζης με τη χρήση του μύκητα που χρησιμοποιείται για τη ζύμωση του ψωμιού.⁴⁸

Συμπερασματικά, μπορεί να αναφερθεί ότι αν και υπάρχει μία ασυμφωνία μεταξύ των δεδομένων των διαφόρων ερευνών όσον αφορά τη χρησιμότητα ενός σταδίου προ-επεξεργασίας, στις περισσότερες από τις περιπτώσεις η υψηλή θερμοκρασία και μία προεπεξεργασία πίεσης θα μπορούσαν να συνεισφέρουν στον αποπολυμερισμό της κυτταρίνης. Το μόνο ζήτημα που φαίνεται ότι μένει να επιλυθεί (καθώς οι μεταβλητές της διαδικασίας φαίνεται ότι έχουν ήδη βελτιστοποιηθεί) είναι η εξεύρεση μίας μεθόδου που θα καθιστά την προ-επεξεργασία όσο πιο φθηνή γίνεται.

6.3. ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΑΠΟ ΣΤΕΜΦΥΛΑ

Τα στέμφυλα είναι το στερεό υπόλειμμα που προκύπτει από την εξαγωγή του χυμού των σταφυλιών. Αντιστοιχούν στο 11% - 15% περίπου των σταφυλιών που πολτοποιούνται και η υγρασία τους ανέρχεται στο 70% περίπου. Ένας τόνος στέμφυλων περιέχει 249 kg κοτσάνια, 225 kg κουκούτσια και 425 kg φλοιό σταφυλιού. Τα κύρια συστατικά τους είναι υδατάνθρακες, φαινόλες και λιπίδια.

Η ποσότητα των υδατανθράκων που περιέχεται μπορεί να κυμαίνεται από 12% έως και 48%. Αυτές οι μεγάλες διαφορές εξαρτώνται από το ποσοστό της υγρασίας που απομένει στα στέμφυλα μετά τη σύνθλιψη των σταφυλιών. Στην πραγματικότητα, ο χυμός που απομένει περιλαμβάνει σάκχαρα τα οποία θα προσκολληθούν στους φλοιούς των σταφυλιών όταν ξηρανθούν και έτσι θα αυξήσουν την περιεκτικότητά τους σε υδατάνθρακες.⁵⁵

Η κοινή πρακτική της διαχείρισης των στέμφυλων είναι η άμεση ενσωμάτωσή τους σε γεωργική γη. Μία πρακτική που μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα καθώς τα προϊόντα της βιοαποικοδόμησής τους υπάρχει ενδεχόμενο να προκαλέσουν αναστολή ανάπτυξης των ριζών. Μία εναλλακτική λύση για τη διάθεση των στέμφυλων αποτελεί η λιπασματοποίηση ή η χρήση τους ως μέσο ζύμωσης για την παραγωγή μοιας ποικιλίας ενώσεων, όπως ενζύμων, κιτρικού οξέος, γλυκανικού οξέος, βιοαιθανόλης κ.α.⁵⁶

Σε σχετική έρευνα⁵⁷ συγκρίθηκε η παραγωγή αιθανόλης από ζύμωση της στερεής φάσης των στέμφυλων με εκείνη της ζύμωσης σε υγρή φάση του χυμού τεύτλων. Οι αποδόσεις σε αιθανόλη από τη στερεή φάση των στέμφυλων ήταν ίσες ή και μεγαλύτερες από εκείνες της υγρής ζύμωσης. Το γεγονός αυτό καθιστά την παραγωγή αιθανόλης λιγότερο δαπανηρή ενώ ταυτόχρονα μειώνει σημαντικά τη μάζα των αποβλήτων.

Παρόλα αυτά, απαιτούνται περαιτέρω μελέτες προκειμένου να μπορεί να επιχειρηθεί η κλιμάκωση αυτής της διαδικασίας.

6.4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙΩΝ

Τα εσπεριδοειδή αποτελούν τα πιο σημαντικά ίσως φρούτα που καλλιεργούνται και καταναλώνονται σε όλον τον κόσμο. Τα πορτοκάλια μόνο αντιπροσωπεύουν το 55% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής εσπεριδοειδών, η οποία φέρεται ότι υπερβαίνει τους 88 εκατομμύρια τόνους ετησίως.⁵⁸

Τα υπολείμματα πορτοκαλιών είναι ουσιαστικά το στερεό υπόλειμμα μετά την εξαγωγή του χυμού από τα φρούτα. Πρόκειται για απόβλητο που αποτελείται από φλούδες, ράκη του φρούτου (τμήματα μεμβρανών και κουκούτσια) και θύλακες χυμού και το οποίο αντιστοιχεί περίπου στο 44% της υγρής μάζας του φρούτου. Τα αποξηραμένα υπολείμματα πορτοκαλιών περιέχουν 10% υγρασία, 30-40% σάκχαρα, 15-25% πηκτίνη, 8-10% κυτταρίνη και 5-7% ημικυτταρίνη.^{59,60}

Παρά το γεγονός ότι τα υπολείμματα αυτά είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά δεν βρίσκουν καμία εμπορική αξιοποίηση και σε μεγάλο βαθμό διατίθενται είτε σε χωματερές υγειονομικής ταφής είτε αποξηραίνονται και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζωοτροφών.⁶¹

Θα μπορούσαν όμως να υποστούν επεξεργασία και να παράγουν βιοαιθανόλη αποδίδοντας περισσότερα οικονομικά οφέλη και μειώνοντας ταυτόχρονα των όγκο των αποβλήτων. Υπάρχει, εν τούτοις, ένα συστατικό στο έλαιο της φλούδας των πορτοκαλιών (το λιμονένιο) που εμποδίζει τη ζύμωση τους.⁶²

Με διάφορες έρευνες έχει καθοριστεί η συγκέντρωση του λιμονένιου που αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα της ζύμωσης και εφόσον αποτελεί ένα πολύτιμο παραπροϊόν κρίνονται απαραίτητες και προτιμητέες οι μέθοδοι που θα απομακρύνουν όσο μεγαλύτερο ποσοστό του είναι δυνατόν.^{63,64}

Για το είδος και τον τρόπο προ-επεξεργασίας καθώς και για τους τρόπους απομάκρυνσης των ανασχετικών παραγόντων έχουν δημοσιευτεί κατά καιρούς αρκετές μελέτες. Εδώ κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν συνοπτικά οι πιο πρόσφατες που στάθηκε δυνατό να ανευρεθούν.

Πιο συγκεκριμένα, σε σχετική έρευνα⁶⁵ μελετήθηκαν οι επιδράσεις της συγκέντρωσης λιμονένιου, των ενζύμων που προστίθενται και του pH στην παραγωγή αιθανόλης

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

από την ταυτόχρονη σακχαροποίηση και ζύμωση των στερεών υπολειμμάτων πορτοκαλιού. Πριν από τη διαδικασία σακχαροποίησης και ζύμωσης τα απόβλητα υποβλήθηκαν σε μία διαδικασία έκρηξης – ατμού προκειμένου να αφαιρεθεί περισσότερο από το 90% της αρχικής ποσότητας λιμονένιου που υπήρχε στα υπολείμματα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παραγωγή αιθανόλης εξαρτάται άμεσα από τη συγκέντρωση του λιμονένιου αλλά και το ενζυματικό φορτίο. Όσον αφορά το pH μεγαλύτερη ποσότητα αιθανόλης παράγεται όταν αυτό έχει αρχική τιμή 6 παρά όταν έχει μικρότερη (από 4,4 έως και 5,6).⁶⁵

Ερευνήθηκαν επίσης οι επιδράσεις του χρόνου, της συγκέντρωσης οξέος, της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης των στερεών στο διαλυμένο οξύ της υδρόλυσης (dilute-acid hydrolysis). Βρέθηκε ότι η υδρόλυση μέχρι τη θερμοκρασία των 210 °C δεν ήταν σε θέση να υδρολύσει την πηκτίνη σε γαλακτουρονικό οξύ ενώ τα πολυμερή σακχάρου υδρολύθηκαν σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία.

Τα καλύτερα αποτελέσματα παρήχθησαν με θερμοκρασία στους 116 °C, με συγκέντρωση θειικού οξέως κάτω του 1%, με 6% στερεό κλάσμα και χρόνο παραμονής 12,9 min.⁶⁶

Η τεχνική της έκρηξης ατμού εφαρμόστηκε και σε μία άλλη έρευνα⁶⁷ που μελέτησε την προ-επεξεργασία υπό διάφορες συνθήκες pH, θερμοκρασίας, και χρόνου προκειμένου να καθορίσει τις επιπτώσεις τους στην αφαίρεση του λιμονένιου, τη διαλυτοποίηση, τη σύνθεση των υδατανθράκων και τις αποδόσεις σε αιθανόλη μετά από μία διαδικασία ταυτόχρονης σακχαροποίησης και ζύμωσης.

Προκειμένου να παραμείνουν ποσοστά λιμονένιου μικρότερα από 0,1% απαιτήθηκε προ-επεξεργασία σε θερμοκρασία 160 °C. Το όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον δεν φάνηκε να επηρεάζει την απόδοση του ενζύμου που χρησιμοποιήθηκε ενώ η παραγωγή αιθανόλης (με βάση την περιεκτικότητα σε σάκχαρα μετά την ενζυματική υδρόλυση) κυμαινόταν από 76% έως και 94% της θεωρητικής απόδοσης μετά από 48 ώρες ταυτόχρονης σακχαροποίησης και ζύμωσης.⁶⁷

Οι Oberoi et al (2010)⁶⁸ αξιολόγησαν τη σκοπιμότητα μίας προ-επεξεργασίας δύο σταδίων υδρόλυσης για την παραγωγή σακχάρων από σκόνη φλούδας πορτοκαλιού για την ελαχιστοποίηση του σχηματισμού των ανασταλτικών ενώσεων και τη

βελτιστοποίηση παραγωγής αιθανόλης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το όξινο περιβάλλον αυξάνει τα επίπεδα των ανασταλτικών ενώσεων και μειώνει τις συγκεντρώσεις των σακχάρων, ενώ η ζύμωση πέραν των 9 ωρών δεν αύξησε σημαντικά την παραγωγή αιθανόλης.

Τέλος, έχουν γίνει έρευνες⁶⁹ που μελετούν την τεχνική και οικονομική σκοπιμότητα και βιωσιμότητα των εργοστασίων (με την κατασκευή πιλοτικών εγκαταστάσεων) παραγωγής βιοαιθανόλης από υπολείμματα πορτοκαλιών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παραγωγή βιοαιθανόλης και η ανάκτηση του λιμονενίου μαζί με την επακόλουθη ξήρανση των υπολειμμάτων μετά την απόσταξη για χρήση τους ως ζωοτροφή, μπορεί να είναι εφικτή.

Παρόλα αυτά, η μακροπρόθεσμη οικονομική βιωσιμότητα της διαδικασίας αυτής θα μπορούσε να βελτιωθεί σημαντικά με την ανάκτηση επιπλέον παραπροϊόντων σημαντικής αξίας από τα κατάλοιπα της απόσταξης.⁶⁹

Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι οι περισσότερες έρευνες που μελετούν την παραγωγή βιοαιθανόλης από τα υπολείμματα πορτοκαλιών φαίνεται να συμφωνούν ότι είναι απαραίτητο κάποιο είδος επεξεργασίας με έκρηξη ατμού πριν την ενζυματική υδρόλυση. Επιπλέον, το μεγαλύτερο κόστος της εφαρμογής σχετίζεται με την ενεργειακή κατανάλωση που απαιτεί ένα εργοστάσιο τέτοιου είδους.

Είναι φανερό, λοιπόν, ότι προοπτικές ανάπτυξης υπάρχουν αν και απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μειωθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις της διαδικασίας διατηρώντας ταυτόχρονα ή ακόμα και βελτιώνοντας τη συνολική απόδοσή της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Βιομάζα καλείται το υλικό το οποίο παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς και χρησιμοποιείται ως καύσιμο για παραγωγής ενέργειας. Είναι η μόνη φυσική πηγή ενέργειας που περιέχει άνθρακα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων.

Η χρήση της βιομάζας γίνεται με την καύση σε λέβητες υψηλής τεχνολογίας, που τροφοδοτείται αυτόματα με καύσιμα και ηλεκτρονικά παρεχόμενο αέρα.

Ο οργανισμός που ασχολείται με την βιομάζα και την ποιότητα των διαδικασιών είναι το Τμήμα Βιομάζας του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και έχει τις εξής αρμοδιότητες :

- Ενεργειακές Καλλιέργειες.
- Διερεύνηση και αξιολόγηση του ενεργειακού δυναμικού
- Εκτέλεση πιλοτικών έργων εκμετάλλευσης βιομάζας
- Εφαρμογές Βιομάζας
- Τεχνολογίες μετατροπής Βιομάζας.

Η οδηγία για τα βιοκαύσιμα επηρεάζει τη ζήτηση ποικιλίας καλλιεργειών στην Ευρώπη: καλλιεργειών ελαιούχων προϊόντων, όπως ελαιοκράμβη, ηλίανθος και σόγια, για τη μετατροπή τους σε ντίζελ βιολογικής προέλευσης (βιοντίζελ) και καλλιεργειών αμύλου, όπως σίτος και ζαχαρότευτλα που παρέχουν πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης, η οποία είναι υποκατάστατο του πετρελαίου.

Η τρέχουσα διάρθρωση τιμών και η ζήτηση προϊόντων διατροφής στην Ευρώπη και παγκοσμίως συνεπάγεται ότι η αυξημένη ζήτηση για βιοκαύσιμα μπορεί να ικανοποιηθεί μόνο εν μέρει, με τη μείωση της παραγωγής προϊόντων διατροφής από ενδεχόμενες καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση είναι συνεπώς πιθανόν ότι θα αυξηθεί.

Μελέτες καταδεικνύουν ότι, εάν επιτευχθεί ο στόχος του 5.75 % που καθορίζεται στην οδηγία για τα βιοκαύσιμα και η συνολική παραγωγή είναι εγχώρια, οι καλλιέργειες

που προορίζονται για την παραγωγή βιοκαυσίμων θα αντιστοιχούν σε ποσοστό 4% έως 13 % των συνολικών γεωργικών γαιών στην ΕΕ των 25.⁷¹

Εάν οι εκτάσεις σε μακροχρόνια αγρανάπαυση χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών ή για την εντατική παραγωγή προϊόντων διατροφής, προκειμένου να ικανοποιηθεί η αυξημένη ζήτηση γης, θα αποδεσμευτούν μεγάλες ποσότητες CO₂ — πιθανώς αρκετές για να ανατρέψουν για πολλά χρόνια τα οφέλη από τη στροφή στα βιοκαύσιμα.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η προστασία των γεωργικών γαιών υψηλής φυσικής αξίας στην Ευρώπη, οι οποίες χαρακτηρίζονται κυρίως από εκτατικές γεωργικές πρακτικές, έχει αναγνωριστεί ως βασικός παράγοντας για την επίτευξη του στόχου αυτού. Πρόσφατη έκθεση του προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον (UNEP) και του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος προβάλλει τη σημασία τέτοιων γεωργικών εκτάσεων και επισημαίνει τη σοβαρή υποβάθμιση της κατάστασης διατήρησης των περιοχών αυτών.

Η χρησιμοποίηση των εκτάσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί για εκτατική καλλιέργεια για την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών ή την εντατική παραγωγή προϊόντων διατροφής, προκειμένου να εξυπηρετηθεί η αυξημένη ζήτηση γης, θα οδηγήσει στην απώλεια βιοπικιλότητας, επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις η μετατροπή αυτή συνεπάγεται πρότυπα εντατικοποίησης της παραγωγής.⁷¹

ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πρόβλημα που δημιουργήθηκε στους τρεις τελευταίους αιώνες με την βιομηχανική επανάσταση, καθώς και τα προβλήματα των μεγάλων πόλεων από τη αρχαιότητα μέχρι σήμερα αποτέλεσαν τα κύρια πεδία αφύπνισης απέναντι στο περιβάλλον. Η τεχνολογική έκρηξη οδήγησε σε καταλυτική πλέον επίδραση του ανθρώπου στο περιβάλλον, απελευθέρωσε νέες δυνατότητες πληθυσμιακής ανάπτυξης της ανθρωπότητας και μια τελείως διαφορετικής κλίμακας επίδραση στην παγκόσμια βιοποικιλότητα.

Όμως τα γεγονότα αυτά σε συνδυασμό με την πλάνη της απειρότητας των φυσικών πόρων και των δυνατοτήτων της φέρουσας ικανότητας του οικοσυστήματος είχαν ως αποτέλεσμα να οδηγηθούμε σε μια ακραία μεταβαλλόμενη παγκόσμια περιβαλλοντική και οικολογική ισορροπία. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η χρήση των συμβατικών καυσίμων αποτελούν τη βάση λειτουργίας, ανάπτυξης και ευημερίας των επί μέρους κοινωνιών.

Η παγκόσμια επιστημονική όμως κοινότητα αρχίζει να συνειδητοποιεί ότι πρέπει σταδιακά να μειωθεί το περιβαλλοντικό και οικολογικό αποτύπωμα της οικονομίας. Σήμερα, στον κατάλογο των προτεινόμενων λύσεων για μείωση του ενεργειακού προβλήματος, έρχονται να προστεθούν εκτός από τις γνωστές ΑΠΕ και οι «εξωτικές» πηγές ενέργειας, οι οποίες προβλέπεται να ανοίξουν νέες τεράστιες προοπτικές.

Η χρήση της βιοαιθανόλης αποτελεί μία από τις εναλλακτικές στρατηγικές αντιμετώπισης της μείωσης των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων ενώ παράλληλα αποτελεί μία αποτελεσματική μέθοδο μείωσης του όγκου των απορριμμάτων και μία μορφή ενέργειας, η παραγωγή και η κατανάλωση της οποίας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον.

Σημαντικό συμπέρασμα της παρούσας εργασίας αποτελεί η διαπίστωση ότι η βιοαιθανόλη μπορεί να παραχθεί από μία ποικιλία πρώτων υλών καθιστώντας δυνατή την εκμετάλλευση αυτών που υπάρχουν σε κάθε περιοχή. Η περίπτωση του Νομού Λακωνίας είναι χαρακτηριστική. Τα κύρια αγροτικά προϊόντα του νομού είναι το ελαιόλαδο, τα εσπεριδοειδή (και συγκεκριμένα τα πορτοκάλια) και τα σταφύλια.

Τα υπολείμματα δύο εξ αυτών, αν όχι και των τριών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να παραχθεί βιοαιθανόλη. Δεν απαιτείται έτσι τροποποίηση των

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

καλλιεργειών της περιοχής. Παράλληλα προσφέρεται στους παραγωγούς μία ικανοποιητική εναλλακτική λύση για τη διαχείριση των αποβλήτων και πιθανώς κάποια οικονομικά οφέλη από τη διάθεση των αποβλήτων αυτών στις μονάδες επεξεργασίας τους για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κοιλιάκος Σ. *Παραμετρική μελέτη μηδενισμού σκίασης ηλιακών συλλεκτών – κώδικας – εφαρμογές*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας. Αθήνα 2010
2. Φουκουσίμα: Ένας χρόνος μετά. Greenpeace Hellas. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: http://www.greenpeace.org/greece/Global/greece/image/2012/reports/nuclear/Fukushima_Year_Brief.pdf (πρόσβαση: 15/09/15)
3. Ένας χρόνος από το δυστύχημα στον Κόλπο του Μεξικού. Εφημερίδα ΤΟ ΒΗΜΑ, 20/04/2011
4. Περισσότερα από 5.000 κήτη πέθαναν από την πετρελαιοκηλίδα της BP. ΣΚΑΪgr, 30/03/11. Φωτογραφία διαθέσιμη στον ιστότοπο: <http://www.skai.gr/news/environment/article/166043/perissotera-apo-5000-kiti-pethanan-apo-tin-petrelaiokhlida-tis-vr-/#ixzz345MmRnr5> (πρόσβαση: 15/09/15)
5. Βακτήρια καθάρισαν την πετρελαιοκηλίδα. CRETA LIVE.GR Η ΚΡΗΤΗ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ. Φωτογραφία διαθέσιμη στον ιστότοπο: <http://www.cretalive.gr/culture/view/bakthria-katharisan-thn-petrelaiokhlida/74990> (πρόσβαση: 15/09/15)
6. Μπαλή Κ. Κόλπος του Μεξικού: Μια προκλητική πετρελαιοκηλίδα... Εφημερίδα Η ΑΥΓΗ, 30/05/2010
7. Αποθέματα – Ποιότητα λιγνίτη. ΔΕΗ, Ορυχεία, Αποθέματα και Ποιότητα. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.dei.gr/el/oruxeia/apothemata-kai-poiotita> (πρόσβαση: 15/09/15)
8. *Coal industry across Europe*. EUROCOAL, European Association for Coal and Lignite, 5th edition, 2013
9. European Renewable Energy Council (EREC). *Ενεργειακή Επανάσταση*. Greenpeace 2009
10. Νομικός Σ. *Υδροκίνητες και ανεμοκίνητες εγκαταστάσεις στον ελληνικό χώρο*. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: http://www.hellenicmills.gr/basic_info_gr.html (πρόσβαση: 15/09/15)

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

11. Καλδέλλης Ι. *Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας – 2^η Έκδοση*. Εκδόσεις Σταμούλη, 2005, σελ. 27
12. Hobsbawm Eric J., *Η εποχή των επαναστάσεων, 1789-1848*. Αθήνα, ΜΙΕΤ, 1992
13. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. *Προκλήσεις και πολιτική στον τομέα της ενέργειας*. Εισήγηση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο της 22ας Μαΐου 2013. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/energy2_el.pdf (πρόσβαση: 15/09/15)
14. EUR – Lex , Access to European Union Law. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX:32001L0077> (πρόσβαση: 15/09/15)
15. Της έκτης τα ... σαΐνια. *Ανανεώσιμες και μη πηγές ενέργειας*. Φωτογραφία διαθέσιμη στον ιστότοπο: http://st22npsyhicko.blogspot.gr/2012/11/blog-post_22.html (πρόσβαση: 17/09/15)
16. Παπαμελέτης Κ. *Αξιοποίηση τεχνολογιών υδρογόνου*. Πτυχιακή εργασία. ΤΕΙ Χαλκίδας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών. Χαλκίδα 2012, σελ. 9
17. Κουτράκης Μ. Παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και επιπτώσεις στην ιχθυοπανίδα των ποταμών. *Αμφίβιον* 2009;80(2):10-13
18. ΚΑΠΕ CRES, ECOLE DES MINES DE PARIS, ZREU. *Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ*. Αθήνα, Αύγουστος 2001.
19. *Τεχνολογία ανεμογεννητριών*. Δήμος Καστοριάς, Εκπαιδευτικό πρόγραμμα: ενέργεια και περιβάλλον. Φωτογραφία διαθέσιμη στον ιστότοπο: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/technologia.htm> (πρόσβαση: 17/09/15)
20. *Θαλάσσιο αιολικό πάρκο αντί για πυρηνικά στη Γερμανία*. Metrogreece.gr, 27/08/2013. Φωτογραφία διαθέσιμη στον ιστότοπο: <http://www.metrogreece.gr/ArticleDetails/tabid/82/ArticleID/366385/Default.aspx> (πρόσβαση: 17/09/15)
21. University of Cambridge, Geotechnical and Environmental Research Group. *Offshore Wind Farms for Deep Water Sites – The Future*. Φωτογραφία διαθέσιμη

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

στο:

<http://www.geo.eng.cam.ac.uk/directory/themes/energy/foundations/Windfarms>

(πρόσβαση: 17/09/15)

22. ICAP GROUP A.E. *Ετήσια Έκθεση 2012 με θέμα «Η κατάσταση και οι προοπτικές των ΜΜΕ στην Ελλάδα».* Κλαδική ανάλυση: *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.* Φεβρουάριος 2012

23. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα. Οι ΑΠΕ στην Ελλάδα σήμερα. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://renewablegreece.wikispaces.com/%CE%9F%CE%B9+%CE%91%CE%A0%CE%95+%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD+%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1+%CF%83%CE%AE%CE%BC%CE%B5%CF%81%CE%B1> (πρόσβαση: 17/09/15)

24. Econews.gr. Αιολική ενέργεια στην Ελλάδα: γεωγραφία, ισχύς, εγκαταστάτες και κατασκευαστές. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.econews.gr/2015/01/28/aioliki-energeia-2014-120246> (πρόσβαση: 17/09/15)

25. *Ηλιακή ενέργεια & φωτοβολταϊκά.* Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=286&language=el-GR> (πρόσβαση: 17/09/15)

26. Σχεδιάγραμμα διαθέσιμο στον ιστότοπο: http://1lyk-lykovr.att.sch.gr/index_files/index_fakeloi/errases_project/enalaktikes_piges/hliaki.htm (πρόσβαση: 17/09/15)

27. Green MA. Photovoltaics: Technology overview, Green. *Energy Policy* 2000;28(14):989–998

28. Z.M. Κανελλοπούλου & ΣΙΑ Ο.Ε. *Ηλιακοί θερμοσίφωνες με σωλήνες κενού.* Φωτογραφία διαθέσιμη στον ιστότοπο: <http://www.cocoon.gr/solar-water-heater.html> (πρόσβαση: 17/09/15)

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

29. Βουρδουμπάς Γ. *Προώθηση της ηλιακής ενέργειας*. Εφημερίδα Χανιώτικα Νέα, 23/01/13. Διαθέσιμη και στον ιστότοπο: <http://www.haniotika-nea.gr/114687-prowthisi-tis-iliakis-energeias> (πρόσβαση: 17/09/15)
30. Παπαναγιώτου Β. *Παραβολικά κάτοπτρα – το ηλιοθερμικό σύστημα για τη Μεσόγειο*. Κάθε Μέρα NEWS. Φωτογραφία διαθέσιμη στον ιστότοπο: <http://www.kathemera.gr/2011/07/3999/%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%BA%CE%AC%CF%84%CE%BF%CF%80%CF%84%CF%81%CE%B1-%CF%84%CE%BF-%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CF%83> (πρόσβαση: 17/09/15)
31. Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ). *Πληροφορίες για ΑΠΕ. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.eac.com.cy/EL/EAC/RenewableEnergySources/Pages/educationalmaterialres.aspx> (πρόσβαση: 17/09/15)
32. Υπερσύγχρονο ηλιοθερμικό πάρκο στη Φλώρινα με καινοτόμο τεχνολογία Στέρλινγκ. Econews, 28/01/13. Φωτογραφία διαθέσιμη στον ιστότοπο: <http://www.econews.gr/2013/01/28/iliothermiko-florina-95111/> (πρόσβαση: 17/09/15)
33. Βασικές γνώσεις φ/β συστημάτων. Φωτογραφίες διαθέσιμες στον ιστότοπο: <http://www.prosolar.gr/default.asp?cmsid=8> (πρόσβαση: 17/09/15)
34. Fridleifsson IB. Geothermal energy for the benefit of the people. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2001;5(3):299-312
35. DiPippo R. Geothermal energy Electricity generation and environmental impact. *Energy Policy* 1991;19(8):798-807
36. Erkan K, Holdmann G, Benoit W, Blackwell D. Understanding the Chena Hot Springs. Alaska, geothermal system using temperature and pressure data from exploration boreholes. *Geothermics* 2008;37(6):565-585
37. McKendry P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology* 2002;83(1): 37-46
38. McKendry P. Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. *Bioresource Technology* 2002;83(1): 47-54

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ

39. Υδροηλεκτρική ενέργεια. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=484> (πρόσβαση: 20/09/15)
40. Peter McKendry, Review article "Energy production from biomass (part 1): overview of biomass", *Bioresource Technology*, Vol. 83, Issue 1, Pages 37- 46, May 2002
41. Lee, J., Biological Conversion of Lignocellulosic Biomass to Ethanol. *J. Biotechnology*, 56, p.1-24, 1997
42. ePURE. Resources & Statistics. EU renewable ethanol production and consumption for fuel. 2015. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.epure.org/resources/statistics/eu-renewable-ethanol-production-and-consumption-for-fuel> (πρόσβαση: 20/09/15)
43. ePURE. Resources & Statistics. EU renewable ethanol installed production 2015. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.epure.org/resources/statistics/eu-renewable-ethanol-installed-production-capacity> (πρόσβαση: 20/09/15)
44. ePURE. Resources & Statistics. EU ethanol imports. 2015. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.epure.org/resources/statistics/eu-ethanol-imports-2007-2013> (πρόσβαση: 20/09/15)
45. AGROENERGY. Βιοκαύσιμα. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.agroenergy.gr/categories/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%B1%CF%8D%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B1> (πρόσβαση: 20/09/15)
46. Περιφέρεια Πελοποννήσου . Περιφερειακή Ενότητα Λακωνίας. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://www.lakonia.gr/frontoffice/portal.asp?cpage=NODE&cnode=2&cuser=6738998C-C71B-4B92-809C-59E7048ED765> (πρόσβαση: 05/10/15)
47. El Asli A, Qatibi Al. Ethanol production from olive cake biomass substrate. *Biotechnol Bioprocess Eng* 2009;14:118-122
48. Georgieva TI, Ahring BK. Potential of agroindustrial waste from olive oil industry for fuel ethanol production. *Biotechnol J* 2007;2:1547-1555

49. Ouzounidou G, Zervakis GI, Gaitis F. Raw and Microbiologically Detoxified Olive Mill Waste and their Impact on Plant Growth. *Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology*, 2010;4(Special Issue 1): 21-38
50. Markou G, Georgakakis D, Plagou K, Salakou G, Christopoulou N. Balanced Waste Management of 2- and 3-Phase Olive Oil Mills in Relation to the Seed Oil Extraction Plant. *Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology*, 2010;4(Special Issue 1):109-112
51. Niaounakis M, Halvadakis CP. *Olive Processing Waste Management: Literature Review and Patent Survey*. 2nd edition. USA: Elsevier, 2006
52. Haagenzen F, Skiadas IV, Gavala HN, Ahring BK. Pre-treatment and ethanol fermentation potential of olive pulp at different dry matter concentrations. *Biom Bioenerg* 2009;33:1643-1651
53. Ballesteros I, Oliva JM, Saez F, Ballesteros M. Ethanol production from lignocellulosic byproducts of olive oil extraction. *Appl Biochem Biotechnol* 2001;91-93:237-252.
54. Ballesteros I, Oliva JM, Negro MJ, Manzanares P, Ballesteros M. Ethanol production from olive oil extraction residue pretreated with hot water. *Appl Biochem Biotechnol* 2002;98-100:717-732
55. Kammerer D, Claus A, Carle R, Schieber A. Polyphenol Screening of Pomace from Red and White Grape Varieties (*Vitis vinifera* L.) by HPLC-DAD-MS/MS. *J Agric Food Chem* 2004;52:4360-4367
56. Nerantzis ET, Tataridis P. Integrated Enology- Utilization of winery by-products into high added value products. *E J Sci Technol* 2006;1:179-189
57. Rodríguez LA, Toro ME, Vazquez F, Correa-Daneri ML, Gouiric SC, Vallejo MD. Bioethanol production from grape and sugar beet pomaces by solid-state fermentation. *Int J Hydrogen Energy* 2010;35:5914-5917
58. Marin FR, Soler-Rivas C, Benavente-Garcia O, Castillo J, Perez-Alvarez JA. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chem* 2007;100:736-741

59. Grohmann K, Cameron RG, Buslig BS. Fractionation and pretreatment of orange peel by dilute acid hydrolysis. *Bioresour Technol* 1995;54:129-141
60. Braddock RJ. Handbook of Citrus By-products and Processing Technology. John Wiley and Sons Inc., New York, 1999
61. Tripodo MM, Lanuzza F, Micali G, Coppolino R, Nucita F. Citrus waste recovery: a new environmentally friendly procedure to obtain animal feed. *Bioresource Technol* 2004;91: 111-115
62. Wilkins MR, Suryawati L, Maness NO, Chrz D. Ethanol production by *Saccharomyces cerevisiae* and *Kluyveromyces marxianus* in the presence of orange-peel oil. *World J Microb Biot* 2007;23:1161-1168
63. Wilkins MR. Effect of orange peel oil on ethanol production by *Zymomonas mobilis*. *Biomass Bioenerg* 2009;33: 538-541
64. Odio C. D-limonene recovery. *Citrus Eng Conf* 1996, 42;45-54
65. Wilkins MR, Widmer WW, Grohmann K. Simultaneous saccharification and fermentation of citrus peel waste by *Saccharomyces cerevisiae* to produce ethanol. *Process Biochem* 2007;42: 1614-1619
66. Talebnia F, Pourbafrani M, Lundin M, Taherzadeh MJ. Optimization study of citrus wastes saccharification by dilute acid hydrolysis. *BioResour*, 2008;3:108-122
67. Widmer W, Zhou W, Grohmann K. Pretreatment effects on orange processing waste for making ethanol by simultaneous saccharification and fermentation. *Bioresour Technol*, 2010;101:5242-5249
68. Oberoi HS, Vadlani PV, Madl RL, Saida L, Abeykoon JP. Ethanol Production from Orange Peels: Two-Stage Hydrolysis and Fermentation Studies Using Optimized Parameters through Experimental Design. *J Agric Food Chem* 2010;58: 3422-3429
69. Zhou W, Widmer W, Grohmann K. Developments in Ethanol Production from Citrus Peel Waste. *Proc Fla State Hon Soc* 2008, 121: 307-310
70. Pourbafrani M, Forgács G, Horváth IS, Niklasson C, Taherzadeh MJ. Production of biofuels, limonene and pectin from citrus wastes. *Bioresour Technol* 2010;101: 4246-4250

71. Κίττας Κ., Γέμτος Θ., Φουντάς Σ. & Μπαρτζάνας Θ. Βιοκαύσιμα και Ενεργειακές Καλλιέργειες. Πρακτικά συνεδρίου με θέμα : Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Η θέση τους στο νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας, ΤΕΕ–ΚΔΘ, Λάρισα, 29 Νοεμ.–1 Δεκεμ., 2007.