



---

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

*«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»*

---

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*«Χαρακτηρισμός και Προκατεργασία του  
Θαλάσσιου Οργανισμού Ποσειδωνία  
(Posidonia Oceanica) για την Παραγωγή  
Ενεργειακών Προϊόντων με  
Χρήση Βιοχημικών Κατεργασιών»*

**Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή**

Χρήστου-Ιωάννη Μπόζε

**Επιβλέπων**

Κούκιος Εμμανουήλ, Καθηγητής, Χημικός Μηχανικός  
ΕΜΠ



## Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη διπλωματική εργασία στα πλαίσια του διατμηματικού μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας» υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Εμμανουήλ Κούκιου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω την ομάδα του εργαστηρίου, τον Λάζαρο Καραογλάνογλου, τον Δημήτριο Κούλλα και τη Σοφία Παπαδάκη. Πολύτιμη επίσης ήταν η βοήθεια της Χριστίνας Τσιόδρας και του Γιώργου Λύτρα του εργαστηρίου «Οργανικής Χημικής Τεχνολογίας» καθώς οι συμβουλές τους και ο εξοπλισμός που μας δάνεισαν ήταν σημαντικά για την εξέλιξη της εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και την Αναστασία που με στήριξαν σε αυτή τη διετή προσπάθεια για την ολοκλήρωση του μεταπτυχιακού αυτού. Επίσης να ευχαριστήσω το Βασίλη, το Λουκά, την Τέρρυ αλλά και το Δημήτρη, που βρίσκεται τώρα στη Δανία, για τις άμεσες ή έμμεσες συμβουλές τους.



## Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	19
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	29
ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	49
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	65



<b>ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:</b>	<b>«Χαρακτηρισμός και Προκατεργασία του Θαλάσσιου Οργανισμού Ποσειδωνία (Posidonia Oceanica) για την Παραγωγή Ενεργειακών Προϊόντων με Χρήση Βιοχημικών Κατεργασιών»</b>
<b>ΦΟΙΤΗΤΗΣ:</b>	<b>Χρήστος-Ιωάννης Μπόζες</b>
<b>ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:</b>	<b>Εμμανουήλ Κούκιος, Καθηγητής, Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ</b>
<b>ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ:</b>	<b>2015-16</b>

## Σύνοψη

Η Ποσειδωνία (*Posidonia oceanica*) αποτελεί ενδημικό θαλάσσιο φυτό της Μεσογείου. Θεωρείται ένας ιδανικός βιολογικός δείκτης για την ποιότητα του νερού. Τα υπολείμματα της Ποσειδωνίας έχουν σημαντικές λειτουργικές ομάδες όπως αμίνες, υδροξύλια, καρβονύλια, καρβοξυλικά οξέα και σουλφονύλια, οι οποίες μπορούν να αξιολογηθούν για χρήση σε διάφορες εφαρμογές υψηλής προστιθέμενης αξίας. Ωστόσο, η παρουσία των υπολειμμάτων αυτών στις ακτές αποτελεί ένα σημαντικό περιβαλλοντικό, οικονομικό κοινωνικό και υγειονομικό πρόβλημα στις θαλάσσιες ακτές της Μεσογειακής ζώνης. Έτσι, η έρευνα που θα στοχεύει στη διερεύνηση της σύστασης, και των δυνατοτήτων αξιοποίησης του διαθέσιμου δυναμικού για την παραγωγή ενεργειακών και άλλων προϊόντων αποτελεί πεδίο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.

Υπό αυτό το πρίσμα η παρούσα διπλωματική εργασία θα επικεντρωθεί στη διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης της συγκεκριμένης πρώτης ύλης ως προς τα περιεχόμενά της σάκχαρα, για την παραγωγή βιοκαυσίμων μέσω ζυμωτικών διεργασιών.

Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας πραγματοποιήθηκαν οι κάτωθι σειρές πειραμάτων:

1. Ποσοτική σακχαροποίηση – προσδιορισμός γλυκόζης – αναγωγικών σακχάρων αδιάλυτης/διαλυτής σε οξύ λιγνίνης – αδιάλυτης σε οξύ τέφρας
2. Προϋδρόλυση (για ημικυτταρίνες)
3. Άζωτο (Kjeldahl ή μέσω στοιχειακής ανάλυσης)
4. Προκατεργασίες (Φυσικές – Μηχανικές – Χημικές – Βιοχημικές)
5. Κλασμάτωση πρώτης ύλης με βάση την κοκκομετρία, κατόπιν μηχανικής προκατεργασίας αξιολόγησης των χαρακτηριστικών κλασμάτων διαφορετικής κοκκομετρίας
6. Ολική Τέφρα

Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής διερευνήθηκε το συνολικό δυναμικό της συγκεκριμένης πρώτης ύλης στις Ελληνικές συνθήκες, οι εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης της στην τροφική αλυσίδα, το κόστος και τα εκτιμώμενα περιβαλλοντικά οφέλη.

## Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται προσπάθεια να ερμηνευθεί μέσω βιβλιογραφικών πηγών, αλλά και μέσω πειραμάτων ο ρόλος της *Posidonia Oceanica* στην σημασία της υδρόβιας ζωής, και της σημασίας της ως ένα πιθανό μελλοντικό καύσιμο, ή μέσω παραγωγής ενεργειακών προϊόντων κατάλληλων να χρησιμοποιηθούν στην καθημερινότητα.

Αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στο ισχύον νομοθετικό πλαίσιο που εφαρμόζεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Παράλληλα, επισημαίνεται η σημασία της Ποσειδωνίας στην υδρόβια ζωή αλλά αναφέρεται και η δυνατότητα που προσφέρει, ως μια λύση για «πράσινη» ενέργεια καθώς μπορεί να δώσει λύση σε ενεργειακά προβλήματα ή, ακόμα και σε άλλους τομείς. Επιπλέον στο κεφάλαιο αυτό δίνονται οι λόγοι που επιλέγεται η Ποσειδωνία ανάμεσα στα υπόλοιπα ενεργειακά φυτά, αλλά και το πώς είναι εκμεταλλεύσιμη σήμερα. Ενώ παρουσιάζονται και οι στόχοι της παρούσας εργασίας.

Μετά από αυτό, επιχειρείται μια ανάλυση της σύστασής της, βάση των ερευνών από εργασίες που προηγήθηκαν. Η βιβλιογραφία έδειξε πως δόθηκε μεγάλη έμφαση στην ανάλυση TGA και σε μια κινητική ερμηνεία των αντιδράσεων που πραγματοποιήθηκαν. Στη συνέχεια, γίνεται μια αναφορά στα στοιχεία που υπάρχουν στην ποσειδωνία, στοιχειακά αλλά και σε μοριακό επίπεδο, ενώ αναλύονται τα σάκχαρα και οι πρωτεΐνες που υπάρχουν περαιτέρω και γίνεται μια σύγκρισή της με φύκια και φυτά της στεριάς, στα οποία βιολογικά είναι «κοντινότερα». Γίνεται αναφορά στην κυτταρίνη, την ημικυτταρίνη και τη λιγνίνη της Ποσειδωνίας και μια εκτενέστερη αναφορά στο δυναμικό της και πώς αυτό είναι εκμεταλλεύσιμο σήμερα.

Στη συνέχεια ακολουθούν τα πειραματικά δεδομένα που αφορούν αναλύσεις πάνω στα στοιχεία τα οποία αποτελείται η Ποσειδωνία, αναλύσεις DNS για εύρεση ολικών σακχάρων, αναλύσεις Gluco Test για εύρεση γλυκόζης, σακχαροποίηση για περαιτέρω κατεργασία της πρώτης ύλης, εφαρμογή της μεθόδου Kjeldahl, για να προσδιοριστεί το άζωτο και κατ' επέκταση οι πρωτεΐνες που υπάρχουν. Οι αναλύσεις αυτές έχουν ως στόχο να παρουσιάσουν ένα ισοζύγιο, στο οποίο να φαίνεται η σύσταση της Ποσειδωνίας. Παράλληλα, υπολογίζονται και οι απώλειες που υπάρχουν σε υγρασία και τέφρα, σε δείγματα πριν από την αρχική τους επεξεργασία και σε δείγματα μετά από σακχαροποίηση.

Ένα σημαντικό κομμάτι της εργασίας, το τέταρτο κεφάλαιό της, μελετά το κατά πόσο είναι βιώσιμο ένα επιχειρηματικό πλάνο, το οποίο θα επενδύσει στην κατασκευή μια βιοχημικής βιομηχανίας επεξεργασίας και παραγωγής βιοχημικών προϊόντων που θα έχουν ως πρώτη ύλη την Ποσειδωνία. Αναλύονται οι τρεις γενιές των βιοδιυλιστηρίων με την εξέλιξη της τεχνολογίας. Γίνεται αναφορά σε ποια περιοχή θα μπορούσε να δημιουργηθεί μια τέτοια μονάδα, ώστε να αξιοποιήσει στο έπακρο το υπάρχον δυναμικό. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα κόστη κατασκευής μια βιοχημικής μονάδας και, κλείνοντας το κεφάλαιο, δίνεται ένα απλό κριτήριο για το κατά πόσο το επιχειρηματικό αυτό πλάνο είναι βιώσιμο ως επένδυση.

Ταυτόχρονα, ακολουθούν συμπεράσματα και παρατηρήσεις στο τέλος κάθε τμήματος της εργασίας αναλύοντας τα πειραματικά αποτελέσματα που προέκυψαν και προτείνοντας λύσεις.



**POST-GRADUATE THESIS:**       **«Characterization and Pretreatment of the Seaweed Posidonia Oceanica for the Production of Energy Products with the use of Biochemical Processes»**

**STUDENT:**                       **Christos-Ioannis Bozes**

**SUPERVISOR:**               **Emmanouel Koukios, Professor, Chemical Engineering NTUA**

**ACADEMIC YEAR:**           **2015-16**

## **Abstract**

Posidonia (*Posidonia oceanica*) is an endemic marine plant of the Mediterranean Sea. It is also considered an ideal biomarker for the quality of the sea water. Moreover, the remainders of *Posidonia* have important functional groups such as amines, hydroxyls, carbonyls, carboxylic acids and sulfonyls, which can be evaluated so as to be used in various high value applications. However, the presence of these remainders on the coast creates an important environmental, economic, social and health problem in the coastal waters of the Mediterranean zone. Thus, research aimed at investigating the composition and possible uses of the available resources to produce energy and other products is an area of particular interest.

Under this light, this master thesis will focus on the exploration of possible uses of this raw material as far as its contents in sugar is concerned, for biofuel production through fermentative processes.

As part of this master thesis the following experiments have been carried out:

1. Quantitative saccharification – determination of glucose and sugars of insoluble/soluble lignin in acid solution – insoluble acid ash
2. Extractions (alkaline, acidic, organic solvents)
3. Nitrogen (Kjeldahl or via elemental analysis)
4. Pretreatments (Natural – Mechanicals – Chemicals - Biochemicals)
5. Fractioning of raw material based on granulometry, after mechanical pretreatment and evaluation of the characteristics of different granulometric fractions
6. Total Ash

Part of this work is to investigate the total potential of this raw material in the Greek conditions, the alternative ways of managing it in the food chain, the cost and the estimated environmental benefits.

## Summary

In this diploma thesis, primarily, it is explained the vital part Posidonia Oceanica has in marine life, how regulations have been applied and how useful Posidonia is today. At the same time, an analysis is made according to older projects about the ingredients Posidonia is made of.

At first, there is an introduction to the current legal framework which is applied in the European Union. At the same time, it is highlighted the importance of Posidonia Oceanica in marine life and the possibilities made possible as it can be used as a “green” source of energy, as it has been proved that it can provide a solution to energy problems or even in other areas.

In the next chapter, an analysis of Posidonia oceanica’s composition is made, based on survey prior to this project. Literature emphasizes mainly on TGA analysis giving also a kinetic interpretation of the reactions that are performed. Then, there is a reference to the elements that exist in Posidonia, on an elemental and a molecular level, while examining the total sugar and the protein levels of the sea plant. It is also compared with algae and plants, turning out that Posidonia oceanica is closer in biological level to the plants. There is also a reference to cellulose, hemicellulose and lignin of Posidonia oceanica and an extensive reference to its potential and how it can be exploited today.

There are experimental data about the ingredients Posidonia oceanica is consisted; DNS analysis for total sugars, Gluco Test for glucose. Saccharification is made to further process the material and Kjeldahl analysis is applied to determine nitrogen and hence the amount of proteins. All these analysis are carried out to extract an equilibrium of Posidonia oceanica’s composition. At the same time, the loss of moisture and ash in the samples before and after saccharification are taken into consideration.

This thesis is also focusing, in its fourth chapter, on how a project about a biochemical plant can be applied in real life, having a business plan that can result in funding the construction of a power plant fueled by Posidonia oceanica seagrass as a raw material. The three generations of biorefineries are analysed and according to the technological evolution. An area is selected in which such a power plant can be constructed so as to take advantage of Posidonia oceanica’s full potential. Moreover, manufacturing costs are estimated and in the end of the chapter there are useful observations whether a project of that magnitude is vital and affordable or not.

Simultaneously, there are points of interest at the end of every chapter in this project, discussing the results, pointing out and explaining tricky parts suggesting potential solutions.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία θα περιγραφεί μια σειρά πειραμάτων σχετικά με την προκατεργασία και το χαρακτηρισμό του θαλάσσιου οργανισμού Ποσειδωνία (*Posidonia Oceanica*) και εύρεση δεικτών για να το χαρακτηρίσουν κατάλληλο ως καύσιμη ύλη. Επιπλέον γίνεται μια περαιτέρω ανάλυση για το αν μια επένδυση σε μια βιομηχανία συλλογής και επεξεργασίας είναι βιώσιμη.

### 1.2 Ισχύον πλαίσιο στην Ε.Ε.

Ο Μεσογειακός Κανονισμός για την αλιεία (Ε.Κ. 1967/2006) αναγνωρίζοντας τη σημασία των λιβαδιών ποσειδωνίας, απαγορεύει την άσκηση αλιείας «με δίχτυα τράτας, δράγες, πεζότρατες (=βιντζότρατες) ή παρόμοια δίχτυα» (άρθρο 4, παρ. 1) πάνω σε αυτά, καθώς και σε όλες τις περιοχές που έχουν οριστεί για την προστασία τους. Ως απόρροια του κανονισμού αυτού, και δεδομένης της ελλιπούς γνώσης της πραγματικής κατανομής των λιβαδιών στα ελληνικά νερά, αποφασίστηκε ο περιορισμός χρήσης συρόμενων αλιευτικών εργαλείων σε βάθη μικρότερα των 50 μέτρων. Δεν λείπουν ωστόσο οι συχνές, ενίοτε συστηματικές, παραβάσεις.

Στη χώρα μας, περίπου το 20% της συνολικής έκτασης των λιβαδιών ποσειδωνίας προστατεύεται καθώς έχει ενταχθεί στο ευρωπαϊκό οικολογικό δίκτυο Natura 2000. Επιπλέον, η εφαρμογή της Οδηγίας 91/271/ ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων βελτίωσε σημαντικά την ποιότητα (και κατά συνέπεια διαύγεια) των παράκτιων υδάτων στα αστικά κέντρα της χώρας, επιτρέποντας τη δυνατότητα σταδιακής ανάκαμψης των παρακείμενων λιβαδιών. Παραμένει ωστόσο η απειλή των διάσπαρτων σημειακών πηγών ρύπανσης και των πολλών παραθεριστικών κέντρων με ελλειπείς (ή απύσες) μονάδες βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων.

Η παγκόσμια οικονομική αξία όλων των παρεχόμενων υπηρεσιών από τα υποθαλάσσια λιβάδια (παγκόσμια επικάλυψη 180.000 χλμ<sup>2</sup>) εκτιμάται σε 2,59 τρισεκατομμύρια ευρώ ανα έτος (σύγκριση με τα δάση: 3,2 τρισεκατομμύρια ανα έτος).

Τα υποθαλάσσια λιβάδια βρίσκονται σε κρίσιμη κατάσταση, υπερφορτωμένα από τη ανθρώπινη δραστηριότητα και τις κλιματικές αλλαγές, καθώς περίπου το 20% των υποθαλάσσιων λιβαδιών παγκοσμίως έχει εξαφανιστεί την τελευταία δεκαετία και που είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ανθρώπινη δραστηριότητα στην παράκτια ζώνη.

Έχουν υποστεί μείωση και συρρίκνωση, ενώ κάποια λιβάδια είναι στα πρόθυρα του αφανισμού για τους εξής λόγους:

- Η ανεξέλεγκτη ανάπτυξη στην παράκτια ζώνη (κατασκευές, λιμάνια, εγγειοβελτιωτικά έργα, κατασκευές προβόλων κάθετων στην ακτογραμμή).
- Η δημιουργία αμμωδών παραλιών σε περιοχές που δεν υπήρχαν πριν.
- Η θαλάσσια ρύπανση (κυρίως αυτή που σχετίζεται με την οργανική ρύπανση και προκαλείται από τη διάθεση ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον).
- Η ανεξέλεγκτη εγκατάσταση ιχθυοκαλλιέργειών (η μη καταναλωμένη τροφή που διαφεύγει στο θαλάσσιο περιβάλλον έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των οργανικών φορτίων, που συνεπακόλουθα επηρεάζουν την ευαίσθητη στην οργανική ρύπανση ποσειδώνια).
- Η παράνομη χρήση συρόμενων αλιευτικών εργαλείων (π.χ. τράτες βυθού) σε περιοχές που υπάρχουν λιβάδια.
- Η ανεξέλεγκτη αγκυροβόληση επαγγελματικών σκαφών και σκαφών αναψυχής σε περιοχές που υπάρχουν λιβάδια.
- Η παράνομη αλιεία με εκρηκτικές ύλες σε περιοχές που υπάρχουν λιβάδια. (natura2000.crete.gov.gr)

Τα υποθαλάσσια λιβάδια είναι σημαντικό είδος δείκτης για την υγεία παράκτιων οικοσυστημάτων και χρησιμοποιείται τόσο στην Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα όσο και από την Συνθήκη της Βαρκελώνης για την προστασία της βιοποικιλότητας στη Μεσόγειο. Οι μηχανισμοί απώλειας παγκοσμίως διαφέρουν καθώς διατάξεις και νομοθεσίες διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Στις κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπως η Ελλάδα, οι χρήζοντες προστασίας οικότοποι περιγράφονται από την οδηγία 92/43/ΕΟΚ.

Σήμερα τα λιβάδια Ποσειδωνίας απειλούνται έντονα κυρίως από τα συρόμενα αλιευτικά εργαλεία (μηχανότράτες) που ξεριζώνουν μεγάλες εκτάσεις [1].

Τα λιβάδια της *Posidonia oceanica* αποτελούν ένα ενδημικό είδος της Μεσογείου του οποίου ο ρυθμός αύξησης θεωρείται εξαιρετικά αργός, της τάξης των 2 εκατοστών ετησίως, ενώ παράλληλα ο ρυθμός καταστροφής τους είναι τεράστιος καθώς είναι πολύ ευαίσθητα στην ρύπανση του νερού. Τα λιβάδια λόγω της βιοποικιλότητας που απαντάται σε αυτά θεωρούνται ως ένας από τους πλέον σημαντικούς αναπαραγωγικούς βιοτόπους πολλών οργανισμών. Επίσης μέσω της συνεχούς ανανέωσης των φύλλων προσφέρουν τεράστιες ποσότητες οργανικής ύλης στο οικοσύστημα, άφθονο οξυγόνο, μέσω της φωτοσύνθεσης και δεσμεύουν τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Για την μεγάλη σημαντικότητα των λιβαδιών αυτών προστατεύονται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία για τους Οικοτόπους (Τύπος Οικοτόπου Προτεραιότητας (τύπος 1120) σύμφωνα με το Παράρτημα I της Ευρωπαϊκής Οδηγίας των Οικοτόπων 92/43/ΕΟΚ).

Τέλος, το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Υδατοκαλλιέργειες (ΦΕΚ 2505/2011) απαγόρευσε την εγκατάσταση υδατοκαλλιεργητικών μονάδων πάνω από ή κοντά σε λιβάδια ποσειδωνίας και άλλων λιβαδιών θαλάσσιων φανερόγαμων (π.χ. *Cymodoceanodosa*, *Zostera* spp.). Παρότι ο Μεσογειακός Κανονισμός, μέσω του Ευρωπαϊκού Ταμείου Αλιείας και του Επιχειρησιακού Προγράμματος Αλιείας (ΕΠΑΛ 2007-2013 και ΕΠΑΛ 2014-2020), προβλέπει την οικονομική ενίσχυση των Κρατών Μελών για την πλήρη χαρτογράφηση των λιβαδιών και την κάλυψη άλλων σχετικών υποχρεώσεων (π.χ. δημιουργία

δικτύου προστατευόμενων περιοχών, χωρική καταγραφή κοραλλιογενών βυθών και τραγάνων κ.α.), το ελληνικό κράτος σταθερά επιλέγει να αγνοεί αυτές και άλλες εξαιρετικής σημασίας διατάξεις. Γίνεται εν τέλει σαφές ότι η διαφύλαξη του πλούτου των ελληνικών θαλασσών σκοντάφτει σε βαθύτατο έλλειμμα πολιτικής βούλησης.

Έχουν παρθεί μέτρα και έχουν θεσμοθετηθεί νομοθεσίες για την οικολογική προστασία της Ποσειδωνίας. Αρχικά προστατεύεται από την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, από συνθήκες της Βαρκελώνης και εθνικές νομοθεσίες (Ισπανία, Αλγερία, Ελλάδα κ.α.). Επίσης έχουν οριστεί μέτρα για το ψάρεμα με μηχανότρατα (πάνω από 50m βάθος και σε συγκεκριμένη απόσταση από τις ακτές). Η Ποσειδωνία παρουσιάζεται σε μία μεγάλη ποικιλία θαλασσίων πάρκων σε χώρες γύρω από την Μεσόγειο.

Προσπάθειες έχουν γίνει για την φυσική αποκατάσταση των λιβαδιών της Ποσειδωνίας, που έχουν προκληθεί από την δραστηριότητα της μηχανότρατας, τοποθετώντας τεχνητούς υφάλους. Οι ύφαλοι αυτοί αποτελούνται από αιχμηρούς συνεκτικούς ογκόλιθους γύρω από την παράκτια ζώνη προστατεύοντας έτσι την Ποσειδωνία.

Η έρευνα για την προφύλαξη του είδους είναι αναγκαία καθώς επίσης και η παρακολούθηση για παράνομη αλιεία με μηχανότρατα. Σημαντικός παράγοντας για την προστασία της Ποσειδωνίας είναι η ενημέρωση των πολιτών και ο θέσπιση νομοθεσιών σε τοπικό και εθνικό επίπεδο (Pergent, G. et al.2010).

Σε ολόκληρη τη Μεσόγειο υπάρχουν εκτεταμένοι λειμώνες Ποσειδωνίας. Την τελευταία δεκαετία όμως, οι λειμώνες υποχωρούν και εξαφανίζονται από διάφορες περιοχές, όπως είναι οι ακτές της Νότιας Γαλλίας (Μασσαλία), αλλά και οι κόλποι των αστικών κέντρων. Η Ποσειδωνία είναι ένα μακρόβιο φυτό με αργό ρυθμό αύξησης (<10 cm/έτος) και είναι εξαιρετικά ευαίσθητο στις επιπτώσεις των ανθρωπογενών παρεμβάσεων στις παράκτιες περιοχές. Επίσης, όταν ένας λειμώνας καταστρέφεται, οι θέσεις που καταλάμβανε καλύπτονται από είδη φυκών που αυξάνονται γρήγορα, όπως για παράδειγμα τα ξενικά τροπικά φύκη *Caulerpa racemosa* και *Caulerpa taxifolia*. Ο συνδυασμός των ανωτέρω καθιστά εξαιρετικά δύσκολη την επανάκαμψη των θαλασσίων λειμώνων, σε περιπτώσεις όπου πλήγεται η ακεραιότητά τους.

Επιπλέον, πέρα από τα όσα παραπάνω αναφέρθηκαν, οι έμμεσες επιβαρύνσεις επιφέρουν την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, κάτι που συνεπάγεται τον περιορισμό της έκτασης των λειμώνων Ποσειδωνίας. Συγκεκριμένα, οι παρεμβάσεις στην παράκτια ζώνη, όπως η κατασκευή λιμένων και κυματοθραυστών ή η ανάπλαση ακτών αλλοιώνουν τη θαλάσσια υδροδυναμική, μειώνοντας τα ρεύματα και τη διαύγεια του νερού και αυξάνοντας την αιωρούμενη ύλη η οποία μπορεί ακόμα και να καλύψει τους παρακείμενους λειμώνες. Η ρύπανση των υδάτων προκαλείται από τη μη αειφόρο ανάπτυξη του τουρισμού, την αστικοποίηση και τη βιομηχανική ανάπτυξη στις παράκτιες περιοχές της Μεσογείου. Οι μεγάλες ποσότητες συχνά ακατέργαστων λυμάτων που καταλήγουν στο θαλάσσιο περιβάλλον έχουν πολλαπλές συνέπειες στα θαλάσσια οικοσυστήματα η υπέρμετρη αύξηση των θρεπτικών ουσιών, έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτερη αύξηση του φυτοπλαγκτού (γεγονός που καταλήγει στη μείωση της διαύγειας του νερού) και των μακροφυκών που αναπτύσσονται γρήγορα, ανταγωνιζόμενα την Ποσειδωνία (φαινόμενο ευτροφισμού). Τέλος, η

διάβρωση των χερσαίων οικοσυστημάτων, η οποία προκαλείται από την αποψίλωση της χλωρίδας και συνήθως οφείλεται σε παράγοντες όπως η ανεξέλεγκτη δόμηση και η υπερβόσκηση, έχει ως συνέπεια την κατάληξη μεγάλων ποσοτήτων θρεπτικών ουσιών και ιζημάτων στη θάλασσα, κατά τη διάρκεια των βροχοπτώσεων. (biodiversity-info.gr)

Η ανάγκη για την προστασία και διατήρηση της Ποσειδωνίας έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια καθώς γίνεται όλο και πιο αισθητή η μείωση του είδους αυτού (Marba, N. et al. 1996; Peres, J.M. 1984). [2]

### **1.3 Τα φύκη και η αξιοποίησή τους για παραγωγή ενεργειακών προϊόντων**

Τα φύκια όπως και άλλοι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται στις θάλασσες και στα γλυκά νερά μπορούν να αποτελέσουν τη λύση για «πράσινη» ενέργεια, καθώς η καλλιέργειά τους ανοίγει νέους ορίζοντες στην παραγωγή βιοκαυσίμων, αλλά και προϊόντων προς χρήση στη φαρμακευτική και καλλυντική βιομηχανία, σύμφωνα με τους επιστήμονες.

Η Ελλάδα, μάλιστα, αποτελεί ιδανικό τόπο για την καλλιέργεια μακροφυκών και μικροφυκών - όπως αποκαλούνται τα φύκη- επειδή ακριβώς περιβάλλεται από θάλασσα, διαθέτει σε αφθονία γλυκά και υφάλμυρα νερά καθώς και θερμές πηγές, ενώ μεγάλη είναι στη χώρα μας και η ηλιοφάνεια. Τα φύκη, προκειμένου ν' αναπτυχθούν και να πολλαπλασιαστούν απαιτούν δεξαμενές υδάτων και ηλιοφάνεια, οπότε, δεν διεκδικούν μερίδιο από αγροτικές εκτάσεις και δεν έχουν ανάγκη από το πολύτιμο αρδευτικό νερό αν και δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα.

Ωστόσο, η συστηματική παραγωγή και εμπορία βιοκαυσίμων από μικροφύκη δεν θα έρθει νωρίτερα από τουλάχιστον δέκα χρόνια, καθώς η σχετική τεχνολογία βρίσκεται παγκοσμίως σε πειραματικό στάδιο. Παρ' όλα αυτά, τα τελευταία χρόνια η ιδιωτική χρηματοδότηση της έρευνας αυξάνεται ραγδαία στις ΗΠΑ, όπου και ξεκίνησαν οι σχετικές έρευνες τη δεκαετία του '70 με αφορμή την πετρελαϊκή κρίση.

Στην Ελλάδα, η μόνη εφαρμογή μικροφυκών σχετίζεται με την παραγωγή της Σπιρουλίνας, ενός μικροφύκου που χρησιμοποιείται στη διατροφική βιομηχανία, καθώς περιέχει περισσότερες από εκατό θρεπτικές ουσίες και χρησιμοποιείται από τους αστροναύτες στο Διάστημα. Γενικά στην Ευρώπη προγραμματίζεται η επέκταση της παραγωγής της, που σήμερα ανέρχεται σε περίπου τεσσεράμισι τόνους ετησίως, προσβλέποντας στην ένταξη της Σπιρουλίνας στα αγροτικά προϊόντα.

Η επένδυση για την καλλιέργεια μικροφυκών σε ρηχές υπαίθριες ή μη δεξαμενές, είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστική σε σύγκριση με την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών (σόγια, ελαιοκράμβη, σόργο, αγριοαγκινάρες ή γαϊδουράγκαθα). Όπως αναφέρεται, τα φύκια είναι κατά εκατό φορές αποδοτικότερες από τα ενεργειακά φυτά, αφού ενδεικτικά, θερίζονται ανά δύο εβδομάδες, σε αντίθεση με τα ενεργειακά φυτά που υπόκεινται σε ετήσια περιοδικότητα.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της χρήσης μικροφυκών για την παραγωγή βιοντίζελ, και βιοκαυσίμων γενικότερα, αποτελεί το γεγονός ότι είναι η μόνη ανανεώσιμη πηγή για την επίτευξη αυτού του σκοπού. Επιπρόσθετα, τα μικροφύκη έχουν μικρότερο πολύ μικρότερο αντίκτυπο στο περιβάλλον και στην παγκόσμια αγορά τροφίμων από τις λοιπές συμβατικές πηγές όπως η βιοαιθανόλη. Ακόμη, στη σύγκριση του βιοντίζελ που παράγεται από μικροφύκη με αυτό που παράγεται από τις υπόλοιπες «πράσινες» πηγές, το πρώτο παρουσιάζει υψηλότερη θερμιδική αξία (calorific value), χαμηλότερο ιξώδες και χαμηλότερη πυκνότητα, ιδιότητες που το καθιστούν προτιμότερο από αυτό που παράγεται από τους περιβαλλοντικά φιλικούς ανταγωνιστές των μικροφυκών. Επίσης, τα μικροφύκη έχουν υψηλό λιπιδιακό περιεχόμενο και υψηλές τιμές παραγωγικότητας. Η επιλογή από μία πληθώρα στελεχών για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής και της παραγωγικότητας ταυτόχρονα, αποτελεί αποκλειστικό προνόμιο της παραγωγής βιοντίζελ από μικροφύκη. Επίσης, διαφορετικά στελέχη μπορούν να επιλεγούν ώστε να παραχθεί βιοντίζελ διαφορετικών προδιαγραφών. Επίσης, τα μικροφύκη χρησιμοποιούνται για την παραγωγή διαφόρων άλλων προϊόντων, εκτός από τα βιοκαύσιμα, όπως τρόφιμα, συμπληρώματα διατροφής, ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, ζωοτροφές, οργανικά λιπάσματα, βιοδιασπώμενα πλαστικά, ανασυνδυασμένες πρωτεΐνες, βαφές, ιατρικά και φαρμακευτικά προϊόντα καθώς και εμβόλια. [3]

#### **1.4 Γιατί συγκεκριμένα η Ποσειδωνία (Posidonia Oceanica)**

Συνοπτικά μπορεί να ειπωθεί για την Ποσειδωνία πως:

1. Προστατεύει κατά της διάβρωσης
2. Οδηγεί σε καλύτερη ποιότητα νερού
3. Αυξάνει την παραγωγή εμπορεύσιμων ειδών
4. Αποτελεί το μαιευτήριο των ψαριών
5. Φιλοξενεί εποχικούς επισκέπτες (ψάρια) για αναπαραγωγή και τροφή
6. Συνδράμει σημαντικά στη βιοποικιλότητα της παράκτιας ζώνης
7. Παράγει οξυγόνο
8. Δεσμεύει το διοξείδιο του άνθρακα

Τα φύλλα των υποθαλάσσιων λιβαδιών μειώνουν την ενέργεια των κυμάτων και οι ρίζες τους δεσμεύουν και σταθεροποιούν το υπόστρωμα. Τα λιβάδια Ποσειδωνίας λειτουργούν επίσης ως ιζηματοπαγίδες που απομακρύνουν ρυπογόνα οργανικά από το νερό και παρέχουν καθαρότερο νερό. Επίσης, δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και το αποθηκεύουν στο ίζημα. Παρέχουν υψηλή ποικιλία ειδών με την παροχή τροφής και καταφυγίου καθώς αποτελούν και το "μαιευτήριο" των ψαριών.

Σε πρόσφατη έρευνα του Υδροβιολογικού Σταθμού της Ρόδου – Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών που πραγματοποιήθηκε στις παράκτιες περιοχές της Ρόδου 39 είδη ψαριών ανάμεσα τους ο άσπρος και μαύρος γερμανός, το μελανούρι, ο λούτσος, η γόπα, ο σπάρος, το μπαρμπούνη, η κουτσομούρα, το λιθρίνη κ.α. χρησιμοποιούν την Ποσειδωνία για να περάσουν τα πρώτα στάδια της ζωής τους.

Τα υποθαλάσσια λιβάδια χαρακτηρίζονται ως πολυποίκιλες τόσο για ζώα όσο και για φύκη. Για τον λόγο αυτό οι Ποσειδωνίες έχουν μεγάλη σημασία για την τοπική βιοποικιλότητα, κυρίως σε περιοχές που δεν υπάρχουν σκληρά υποστρώματα. Σημειώνεται εδώ πως οι Ποσειδωνίες είναι πολύ ωραίες και συναρπαστικές περιοχές για κατάδυση και υπαίθριες δραστηριότητας καθώς είναι περιοχές με μεγάλη πιθανότητα τουριστικής και πολιτιστικής ανάπτυξης.

Η Ποσειδωνία αποτελεί βλάστηση μεγάλου μεγέθους, με μεγάλο χρόνο ζωής. Ωστόσο αναπτύσσεται με πολύ αργούς ρυθμούς. Τα φύλλα της, τα οποία έχουν την δυνατότητα να ζήσουν τουλάχιστον για 30 χρόνια, μεγαλώνουν με έναν αργό ρυθμό, περίπου 1-6 cm/year, φυτρώνοντας κάθετα από τις ρίζες (Pergent, G., et al., 2010). Με την πάροδο του χρόνου οι ρίζες σχηματίζουν έναν «τάπητα» δημιουργώντας έτσι έναν ύφαλο κατακρατώντας τα ιζήματα μεταξύ των ριζών της Ποσειδωνία και δεν επιτρέπεται η διείδυση της άμμου μέσα στη θάλασσα. Έτσι λοιπόν η καταστροφή αυτών των λιβαδιών μπορεί να έχει άμεσα και αμετάκλητα αποτελέσματα στη θέση της ακτής. [1], [4]

Επιπλέον η κάθετη αύξηση των λιβαδιών της *Posidonia Oceanica* ενεργεί ως υποβρύχιος κυματοθραύστης, μιας και ελαττώνει πολύ την ένταση των κυμάτων που δημιουργούνται από τον ήλιο και τον αέρα. Αυτή η ικανότητα των λιβαδιών της *Posidonia oceanica*, έχει ως αποτέλεσμα τη σταθεροποίηση και την αποφυγή της διάβρωσης των ακτών (Pergent, G., et al 2010).

Ο ρόλος των λιβαδιών της Ποσειδωνία στα παράκτια περιβάλλοντα συνήθως συγκρίνεται με τον ρόλο που έχουν τα δάση στην στεριά. Η Ποσειδωνία είναι ένας σημαντικός σχηματισμός του φυσικού περιβάλλοντος και προσφέρει φυσική κατοικία σε πολλούς οργανισμούς όπως στην Πράσινη θαλάσσια χελώνα (*Chelonia Mydas*) (Pergent, G., et al 2010). [5]

Υπάρχει μια άμεση σχέση ανάμεσα στην παρουσία της Ποσειδωνία και των υδρότοπων με την παραγωγή των ψαριών, αφού στα λιβάδια παράγεται περισσότερο από το 80% της ετήσιας παραγωγής των ψαριών στη Μεσόγειο. Πολλά από τα θαλάσσια είδη τα οποία απειλούνται με εξαφάνιση βρίσκουν καταφύγιο σε αυτά τα λιβάδια. [6].

Επιπλέον η Ποσειδωνία συγκροτεί σημαντικά θαλάσσια οικοσυστήματα καθώς διανέμει ένα δίκτυο απελευθέρωσης οξυγόνου και λειτουργεί σαν «συσκευή» δέσμευσης του άνθρακα (Hemminga, M.A. et al.2000; Mateo, M.A. et al. 1997; Romero, J. et al. 1994). [2]

Πέρα από τη σημασία της Ποσειδωνίας στην θαλάσσια ζωή, εξίσου σημαντική είναι και η ποσότητά της και η αυθονία στην οποία απαντάται, ούτως ώστε να είναι αρκετή ως πρώτη ύλη καυσίμου. Απαντάται σε βάθη από 1 έως 35m και στη θάλασσα της Μεσογείου καλύπτει συνολικά έκταση 18.000 τετραγωνικών χιλιομέτρων. [6]

Η βιόμαζα είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο του πετρελαίου. Η θαλάσσια βιόμαζα σαν ένα άλλο είδος ενεργειακών φυτών σε αφθονία αποτελεί μια ενδιαφέρουσα πηγή παραγωγής ενέργειας. Ειδικά η Ποσειδωνία είναι από τα πιο διαδεδομένα θαλάσσια φυτά στη λεκάνη της Μεσογείου. Αυτά τα θαλάσσια φυτά σχηματίζουν



εκτεταμένα θαλάσσια «λιβάδια» από σχεδόν την επιφάνεια του νερού έως βάθος 40 μέτρων καλύπτοντας περίπου επιφάνεια 40,000 τετραγωνικών μέτρων. Ξεκινώντας από την περίοδο Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου, φύλλα και μέρος των ριζών, αποσπώνται από το φυτό και φτάνει στις ακτές. Η κατάσταση αυτή προκαλεί μεγάλη αναστάτωση αρχικά στους λουόμενους αλλά και στους κατοίκους και επιβάλλεται η απομάκρυνση και τοποθέτηση σε χώρους υγειονομικής ταφής. Η δεύτερη λύση προκαλεί περιβαλλοντικά προβλήματα αλλά ταυτόχρονα υπάρχει και υψηλό κόστος (80-120€/τόνο στην Ιταλία).

## **1.5 Ερευνητικά ερωτήματα και απαντήσεις που θα επιδιώξει να δώσει η συγκεκριμένη εργασία**

Με τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα γίνει μια προσπάθεια ανάλυσης του ισοζυγίου της P. Oceanica στα βασικά συστατικά της: Σάκχαρα, Γλυκόζη, Πεντοζάνες, Πρωτεΐνες, Τέφρα και Υγρασία μέσα από αντίστοιχες βιοχημικές μεθόδους. Στόχος είναι να «κλείσει» ένα ισοζύγιο συστατικών, σημαντικών ως προς την κατηγοριοποίηση της Ποσειδωνίας ως καύσιμη πρώτη ύλη, για την παραγωγή καυσίμων με βιοχημική μετατροπή. Το συγκεκριμένο εγχείρημα αποτελεί μια προσπάθεια που έχει ξεκινήσει από διάφορες ερευνητικές ομάδες και θα συνεχιστεί σε αυτή τη διπλωματική εργασία. Βάση των βιβλιογραφικών πηγών, οι βιοχημικές μέθοδοι δεν έχουν αναλυθεί σε τέτοιο βαθμό όσο οι θερμοχημικές (όπως το TGA).

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο της εργασίας θα γίνει μια πρώτη προσπάθεια να αναλυθεί η βιωσιμότητα μιας επένδυσης που θα βασίζεται σε βιοχημικές μεθόδους, και κατά πόσο μπορεί να εφαρμοστεί σε βιομηχανική κλίμακα. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται σε πολλές απλοποιήσεις και χρήση βασικών κανόνων αξιολόγησης επενδύσεων, όπως είναι η Καθαρή Παρούσα Αξία, που εμφανίζεται σε πολλά οικονομοτεχνικά εγχειρίδια. Ταυτόχρονα και μια προσέγγιση των logistics, πόσο χρόνο και πόρους καταναλώνει η Ποσειδωνία από την εξαγωγή της από τη θάλασσα μέχρι την αξιοποίησή της στη βιομηχανία.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 2.1 Γενικά χαρακτηριστικά της Ποσειδωνίας

Η Ποσειδωνία απειλείται σε μεγάλο βαθμό από το αλιευτικό εργαλείο των αλιευτικών σκαφών, την μηχανότρατα, από την αγκυροβόληση και δραστηριότητα διαφόρων σκαφών και από την θολερότητα των νερών. Η ανάπτυξη στην παράκτια ζώνη που συμπεριλαμβάνει την οικοδόμηση των ακτών, αστικά και λιμενικά έργα υποδομής και εξόρυξη άμμου επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα όρια των λιβαδιών της *Posidonia Oceanica* (Pergent, G., et al 2010; Ramos-Espla et al. 1993).

Ο ευτροφισμός (που συνήθως δημιουργείται από την απόρριψη ή εισροή λιπασμάτων ή αστικών αποβλήτων) και η ρύπανση, ειδικά στις κατοικημένες παράκτιες περιοχές, είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την μείωση της Ποσειδωνίας.

Οι ιχθυοκαλλιέργειες είναι ένας ακόμα σοβαρός λόγος της παρακμής των λιβαδιών της Ποσειδωνία καθώς παίζουν σημαντικό ρόλο στη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στα φύλλα, εξηγεί την υπερανάπτυξη των επιφύτων, τη βοσκή των ψαριών στις κορυφές των φύλλων με αποτέλεσμα τη μείωση του μήκους τους, την αραίωση μη διαλυτών ουσιών και τις οξειδοαναγωγικές μεταβολές. Μόνο τα λιβάδια που απέχουν περίπου 800m. από αυτές τις δραστηριότητες δεν παρουσιάζουν κίνδυνο. Ωστόσο λιβάδια που μπορεί να απέχουν και 1 km. από μεγάλης έκτασης ιχθυοκαλλιεργητικής δραστηριότητας μπορούν να επηρεαστούν (Pergent, G., et al 2010). [7], [8]

Τέλος, ένας άλλος εν δυνάμει σοβαρός κίνδυνος, με τον οποίο θα έρθει αντιμέτωπη και η Ελλάδα τα επόμενα χρόνια, είναι η εισβολή της θαλάσσιας άλγης *Caulerpa Taxifolia* (Pergent, G., et al 2010). Έχει προέλευση τους τροπικούς ωκεανούς συμπεριλαμβανομένων αυτών της Αυστραλίας, Βραζιλίας, Ινδονησίας, των Φιλιππίνων, της Τανζανίας και του Βιετνάμ. Είναι ένα είδος που έχει την ιδιότητα να εισβάλλει και να εξαπλώνεται και που έχει εισβάλλει στις δυτικές ακτές της Μεσογείου, όπου και αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς, σε αντίθεση με τους ρυθμούς ανάπτυξης της στις περιοχές προέλευσής της.

Ουσιαστικά εισβάλλει στα λιβάδια της *Posidonia Oceanica* και εγκαθίσταται πάνω τους. Καθώς λοιπόν αναπτύσσεται πάνω στα φυλλώματα της Ποσειδωνίας ρουφάει από τα φύλλα της όλα τα θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για την επιβίωση της. Οι τοξικές ουσίες που παράγει απορροφώνται από τα φύλλα της Ποσειδωνίας με αποτέλεσμα η τελευταία να δηλητηριάζεται, ενώ παράλληλα με τη γρήγορη ανάπτυξη της *Caulerpa Taxifolia* μειώνεται αισθητά η προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία από την Ποσειδωνία με τελικό αποτέλεσμα το φυτό να πεθαίνει από ασφυξία. Στα λιβάδια που εισβάλλει μπορεί να προκαλέσει το θάνατο του 45% των φύλλων της *Posidonia Oceanica* μέσα σε ένα χρόνο [7]. Στη Μεσόγειο εισήχθη από τις ακαθαρσίες του Ωκεανογραφικού μουσείου του Μονακό, το 1984. Σήμερα εντοπίζεται στην ακτογραμμή της Γαλλίας, Ιταλίας, στη Μαγιόρκα και την Αδριατική θάλασσα. Η μετοίκισή της πιστεύεται ότι οφείλεται στη μεταφορά της από τις άγκυρες των πλοίων. Στην Ελλάδα επίσημα δεν

έχει εμφανιστεί. Υπάρχουν αναφορές από οργανώσεις (ecocorfu) για την εμφάνιση της στο Ιόνιο Πέλαγος (<http://ecocorfu.gr>). Ένα ακόμα είδος εισβολής θαλάσσιας άλγης είναι το είδος *Caulerpa racemosa* το οποίο στοχεύει στην αντικατάσταση της Ποσειδωνίας και δρα όπως η *Caulerpa Taxifolia* (Kiparissis, S., et al. 2010; Verlaque, M., et al. 2003). Αυτό το είδος εισβολέα έχει κάνει την εμφάνιση του στο νησί της Ζακύνθου (Kiparissis, S., et al. 2010) και έχει επηρεάσει τα λιβάδια της Ρ.Ο. Το είδος *Caulerpa racemosa* αποτελεί το πιο σοβαρό είδος εισβολής στην Μεσόγειο θάλασσα (Ceccherell και Piazzzi 2005; Piazzzi et al., 2005) με πρώτη εμφάνιση σε έρευνα στην Λιβύη το 1990 (Nizamuddin, 1991), και στην συνέχεια άρχισε να επεκτείνεται με τάχιστους ρυθμούς και πλέον εμφανίζεται σε δώδεκα ακτές γύρω από την Μεσόγειο (Klein και Verlaque, 2008). Η σχέση που έχει αυτό το είδος άλγης με την Ποσειδωνία είναι καθαρά ανταγωνιστική. Η *Caulerpa racemosa* εξαπλώνεται στα τμήματα όπου η Ποσειδωνία έχει υποβαθμιστεί και θεωρείται πως κάνει αποικίες στα τμήματα των λιβαδιών όπου έχει δράση η μηχανότρατα και έχει ξεγυμνώσει την Ποσειδωνία (Kiparissis, S., et al. 2010). [2]

Η αποδόμηση των θερμικών χαρακτηριστικών της Ποσειδωνίας, μιας θαλάσσιας βιομάζας η οποία βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στις ακτές της λεκάνης της Μεσογείου, έχει τεθεί υπό εξέταση, κυρίως με τη χρήση της μεθόδου TGA σε αδρανή και οξειδωτική ατμόσφαιρα. Οι κινητικές παράμετροι της θερμικής υποβάθμισης προσδιορίστηκαν με τη χρήση ενός κινηματικού μοντέλου με τη μέθοδο Coats-Redfern να χρησιμοποιείται για την εξήγηση των πιθανών μηχανισμών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η Ποσειδωνία θα μπορούσε να γίνει μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική πηγή για παραγωγή ενέργειας. [9]

Μετά από χημικές, φυσικές και φασματοσκοπικές μελέτες των χαρακτηριστικών της Ποσειδωνίας, βρέθηκε ότι το ινώδες τμήμα των καταλοίπων του φυτού μπορεί να χρησιμεύσει ως βιοκαύσιμο σύμφωνα με την κατώτερη θερμογόνο δύναμη (LHV) που κυμαίνονται μεταξύ 13,6-15,7MJ/kg, ενώ αφήνει υπόλειμμα χωρίς ιδιαίτερο ενεργειακό περιεχόμενο.

### 2.1.1 Βιβλιογραφικές Μετρήσεις

Σφαιρίδια από Ποσειδωνία συλλέχθηκαν από την περιοχή Chott Meriem – Sousse ανατολικά της ακτής Sahel της Τυνησίας. Τα δείγματα καθαρίζονται με απεσταγμένο νερό για απομάκρυνση της άμμου και των προσμίξεων και στη συνέχεια ξηραίνονται σε φυσικές συνθήκες.

Ποιοτικές και ποσοτικές αναλύσεις διεξήχθησαν για να αξιολογηθούν τα χαρακτηριστικά της βιομάζας. Επιπλέον, οι θερμικές τιμές συνοψίζονται στον πίνακα 1.

Οι τιμές που λήφθηκαν δείχνουν πως τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της Ποσειδωνίας είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με τη φυτική βιομάζα βάση της βιβλιογραφίας. Η υψηλή ποσότητα τέφρας που παρατηρείται στην Ποσειδωνία μπορεί να αποδοθεί στη συσσώρευση αλάτων και στο διοξείδιο του πυριτίου κατά τη διάρκεια του θαλάσσιου κύκλου ζωής.

	C	H	O	N	S	Na	K
PO	58.9	8.3	31.3	1.3	0.20	0.049	0.07
δείγμα	Υγρασία	VM	FC	Τέφρα	HHV (MJ/kg)	LHV (MJ/kg)	
PO	7.4	66.6	23.8	2.2	18.9	17.6	

*Πίνακας 1: οι αναλύσεις σε υγρή βάση [9]*

Η θερμική συμπεριφορά της Ποσειδωνίας εξετάστηκε με τη χρήση του θερμοζυγού CAHN 121. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε νιτρώδη και οξειδωτική ατμόσφαιρα, σε θερμοκρασίες δωματίου έως 900°C με ροή αερίου 12NL/h και με σταθερές τιμές θέρμανση 5°C/min. [9]

## 2.1.2 Βιβλιογραφική σύσταση Ποσειδωνίας

Τα προφίλ που λήφθηκαν παρουσιάζουν χαρακτηριστικά τις περιοχές της απελευθέρωσης υγρασίας και την απόσχιση των πτητικών. Η σύνθεση της Ποσειδωνίας βιβλιογραφικά αποτελείται από ημικυτταρίνες (21,8%), κυτταρίνη (40%), λιγνίνη (29,8%) και άλλες ενώσεις.

Στο paper των Orfao et al. υποστηρίζεται πως πραγματοποιείται απώλεια μάζας σε πρώτο στάδιο από την αποσύνθεση της ημικυτταρίνης και της κυτταρίνης και μερικώς από την αποσύνθεση της λιγνίνης και σε δεύτερο στάδιο από την αποσύνθεση της υπόλοιπης λιγνίνης.

Η συμπεριφορά και οι κινητικές παράμετροι των κυρίων σταδίων της αποικοδόμησης της Ποσειδωνίας υπό αδρανή ατμόσφαιρα και οξειδωτικές συνθήκες παρουσίασε ποικίλα αποτελέσματα: υπό αδρανή ατμόσφαιρα υπήρξαν δύο διαφορετικά στάδια απελευθέρωσης της υγρασίας. Υπό οξειδωτική ατμόσφαιρα πάλι παρουσιάστηκαν δύο στάδια αλλά το ένα αφορούσε τα πτητικά ενώ το άλλο το απανθρακωμένο υπόλειμμα. [9]

## 2.1.3 Πλεονεκτήματα εκμετάλλευσης Ποσειδωνίας

Η εφαρμογή της θαλάσσιας βιομάζας ως πρώτη ύλη για καύσιμο και χημικές μετατροπές έχει προσελκύσει την προσοχή εξαιτίας της ανανεώσιμης φύσης και της δυνατότητάς της για ευρεία εκμετάλλευση. Η θαλάσσια βιομάζα θεωρείται μια βιώσιμη εναλλακτική φυσική πηγή ενέργειας μέσω της χρήσης θερμοχημικών και βιοχημικών μετατροπών (Nigam & Singh, 2011). Πρόσφατα, δύο διαφορετικά είδη φυκών, τα *Scenedesmus subspicatus* και *Chlorella kessleri*, βρέθηκαν να είναι κατάλληλα υποστρώματα για την παραγωγή βιοαερίου (Takáčová et al., 2012). Η βιομάζα των φυκών θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί ως υλικό ρόφησης για την αφαίρεση τοξικών ουσιών από υγρά λύματα (Hornik et al., 2013). Επιπλέον, περισσότερα μακροφύκη (ή απλά φύκια)

έχουν πρόσφατα αναγνωριστεί ως πιθανή πρώτη ύλη για βιοδιύλιση. Το κύριο πλεονέκτημα της θαλάσσιας βιομάζας ως καύσιμο, συγκριτικά με άλλες πηγές βιομάζας στη στεριά, είναι ότι υπερτερεί στη διαμάχα «καύσιμο κατά τροφίμου» (fuel vs food), δηλαδή δε χρησιμεύει ως τροφή.

Θερμοσταθμικές αναλύσεις (TG) σε συνδυασμό με φασματοσκοπία υπερύθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR) αποτελούν μια διαδεδομένη μέθοδο για να μελετηθεί η απώλεια μάζας, τα θερμικά χαρακτηριστικά, οι μηχανισμοί αντίδρασης και τα προϊόντα κατά την πυρόλυση και τη θερμοοξειδωτική αποικοδόμηση. Η μέθοδος αυτή είναι μη καταστρεπτική και δίνει τη δυνατότητα μέτρησης σε πραγματικό χρόνο πολλών μιγμάτων. Η πυρόλυση και η θερμοοξειδωτική αποικοδόμηση σε TG περιλαμβάνουν θερμική αποικοδόμηση του δείγματος σε αδρανή ατμόσφαιρα, και ταυτόχρονα η απώλεια της μάζας του δείγματος και οι κινητικές παράμετροι καταγράφονται και αναλύονται (Lee & Fasina, 2009, Ahamad & Alshehri, 2012, Gao et al., 2013). Η μελέτη της κινητικής είναι πολύ σημαντική για τον προσδιορισμό των παραμέτρων που περιγράφουν συγκεκριμένα τη διεργασία αυτή.

Τα φύκια δεν απαιτούν ούτε γη, ούτε γλυκό νερό (Jung et al., 2013) για να αναπτυχθούν. Δημοσιευμένες μελέτες έδειξαν πως οι θερμοχημικές διεργασίες της θαλάσσιας βιομάζας είναι μια βιώσιμη εναλλακτική για παραγωγή βιοενέργειας. Οι διαφορετικές θερμοχημικές επιλογές για αξιοποίηση μακροφυκών περιλαμβάνουν άμεση καύση, αεριοποίηση, πυρόλυση και υγροποίηση. Ορισμένες πρώιμες μελέτες της θερμικής συμπεριφοράς που έχουν διεξαχθεί για τα χαρακτηριστικά της καύσης δεν έχουν ακόμα εκτιμηθεί πλήρως. Η μέθοδος TGA είναι πολύ διαδεδομένη για μελέτη διαφορετικών ειδών βιομάζας ως προς τις θερμοχημικές ιδιότητές τους, καθώς είναι πιθανό να παρουσιάζονται διαφορές από το μέρος το οποίο συλλέγεται η βιομάζα. Μεταξύ των διαφορετικών ειδών μακρο- και μικροφυκών που έχουν συλλεχθεί, η *Posidonia oceanica* έχει αναγνωριστεί ως μια πιθανή ενεργειακή πηγή, λόγω της ύπαρξής της σε πολλές παράκτιες περιοχές της Μεσογείου. Αναπτύσσεται κατά μήκος των ακτών έως και βάθος 40m. Έχει υπολογιστεί πως ο ρυθμός αύξησης της Ποσειδωνίας κυμαίνεται μεταξύ 300-2000g ξηρής μάζας ανά τετραγωνικό μέτρο το χρόνο. Υποστηρίζεται επίσης η υπέρμετρη ανάπτυξη της προκαλεί προβλήματα υγείας αλλά και περιβαλλοντικά, όπως είναι οι δυσάρεστες οσμές και η ύπαρξη εντόμων στη γύρω περιοχή. Ωστόσο, αυτή η θαλάσσια βιομάζα έχει αναγνωριστεί ως πρώτη ύλη για βιοκαύσιμα και βιοχημικά προϊόντα όπου η χαμηλή θερμαντική αξία της (LHV) εκτιμάται ότι είναι της τάξεως από 13,6 MJ/kg με 15,7 MJ/kg.

Ως τώρα, οι θερμοχημικές ιδιότητες της Ποσειδωνίας δεν έχουν ερευνηθεί εκτενώς και δεν υπάρχει ολοκληρωμένη μελέτη των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων της με τη μέθοδο TGA. [10]

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	TiO <sub>2</sub>	BaO	SrO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
27.52	6.62	9.86	21.77	4.36	0.19	2.51	0.13	1.95	0.02	0.13	4.81	1.34

Πίνακας 2: Σύσταση τέφρας μετά από θερμοοξειδωτική υποβάθμιση της Ποσειδωνίας βάση βιλιογραφίας. [10]

## 2.1.4 Πρωτεΐνες και Σάκχαρα

### 2.1.5 Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες είναι οργανικές αζωτούχες ενώσεις, πολυμερείς ενώσεις με δομικά συστατικά α-αμινοξέα. Η σύσταση των πρωτεϊνών στα βασικά χημικά στοιχεία κυμαίνεται στα παρακάτω όρια:

C: 50-55%, H: 6.5-7.0%, N: 15.0-17.6%, O: 19-24% ή/και S: 0.3-2.3% και P: 0.3%

Οι πρωτεΐνες παρουσιάζουν οργανωμένη δομή αποτελούμενη επί μέρους από πρωτοταγή, δευτεροταγή, τριτοταγή και τεταρτοταγή δομή. Τα α-αμινοξέα που περιλαμβάνονται στις δομές των πρωτεϊνών επηρεάζουν τις ιδιότητές τους. Στη φύση απαντώνται 20 περίπου αμινοξέα. Με βάση αυτά σχηματίζεται μεγάλος αριθμός συνδυασμών πολυπεπτιδικών αλυσίδων και κατ' επέκταση πρωτεϊνών.

Οι πρωτεΐνες (ή λευκώματα) είναι απαραίτητα συστατικά των ζώντων οργανισμών κυρίως ως δομικά στοιχεία και ως ένζυμα που χρησιμεύουν για τα φαινόμενα του μεταβολισμού. Η ονομασία τους, προερχόμενη από το πρώτος, υποδεικνύει ότι είναι ουσίες βασικές (πρωταρχικής σημασίας) για τη ζωή.

Οι πρωτεΐνες είναι οργανικές αζωτούχες ενώσεις μεγαλομοριακές, που έχουν ως δομικά στοιχεία α-L-αμινοξέα ενωμένα μεταξύ τους με πεπτιδικούς δεσμούς. Πρόκειται για ενώσεις πολύπλοκης σύστασης οι οποίες αποτελούνται από C, H, O, N, S και σε μερικές περιπτώσεις και από P. Είναι χαρακτηριστικό ότι η μέση περιεκτικότητα των πρωτεϊνών σε N είναι 16%, (Αζωτο:Πρωτεΐνη, N:P=6.25), γεγονός που χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό των πρωτεϊνών μέσω της περιεκτικότητάς τους σε N. [11]

### 2.1.6 Σάκχαρα

Οι υδατάνθρακες χωρίζονται σε μονοσακχαρίτες στις ακόλουθες ομάδες:

- α) Μονοσακχαρίτες ή απλά σάκχαρα τα οποία είναι τα απλούστερα μέλη των υδατανθράκων και δεν επιδέχονται υδρόλυση
- β) Ολιγοσακχαρίτες που αποτελούνται από μικρό αριθμό, συνήθως από δύο έως δέκα περίπου μόρια, μονοσακχαριτών και
- γ) Πολυσακχαρίτες οι οποίοι αποτελούνται από μεγάλο αριθμό μονοσακχαριτών, όπως για παράδειγμα η αμυλόζη που περιέχει 100-2000 μονάδες του μονοσακχαρίτη γλυκόζη στο μόριό της. Οι μεγαλομοριακές ενώσεις των πολυσακχαριτών παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις στις φυσικές και χημικές ιδιότητές τους, σε σχέση με τους μονοσακχαρίτες από τους οποίους αποτελούνται. Οι σπουδαιότεροι πολυσακχαρίτες στη φύση είναι το άμυλο (αποθηκευτικό υλικό των φυτών), το γλυκογόνο (αποθηκευτικό υλικό των ζώων) και η κυτταρίνη (υποστηρικτικό υλικό και στοιχείο δομής των φυτών). [11]

Οι μονοσακχαρίτες ή απλά σάκχαρα ταξινομούνται ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων άνθρακα και την περιεχόμενη αλδεϋδομάδα ή κετονομάδα. Έτσι:

- α) Αν περιέχουν 3, 4, 5 ή 6 άτομα άνθρακα στο μόριό τους διακρίνονται αντίστοιχα σε: τριόζες, τετρόζες, πεντόζες (φουρανόζες), και εξόζες (πυρανόζες) από τις οποίες μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τα τρόφιμα παρουσιάζουν οι εξόζες και σε μικρότερο βαθμό οι πεντόζες και
- β) Αν περιέχουν αλδεϋδομάδα ή κετονομάδα στο μόριό τους κατατάσσονται αντίστοιχα σε αλδόζες ή κετόζες.

Η αρίθμηση των ατόμων άνθρακα στο μόριο των σακχάρων αρχίζει από το πλησιέστερο προς την ανάγουσα ομάδα ακραίο άτομο άνθρακα. Τα απλούστερα σάκχαρα είναι οι τριόζες και από τις αλδόζες κυριότερη είναι η γλυκεριναλδεϋδη, ενώ από τις κετόζες η διϋδροξυακετόνη.

Η ύπαρξη στα μόρια των υδατανθράκων ασύμμετρων ατόμων άνθρακα έχει ως συνέπεια την εμφάνιση στερεοϊσομερών μορφών και ικανότητα στροφής του πολωμένου φωτός. Τα στερεοϊσομερή μόρια συμβολίζονται ως γνωστό με D ή L (εναντιομερή μόρια), ενώ η στροφική ικανότητα δηλώνεται ως (+)(d) αν το μόριο είναι δεξιόστροφο, ή ως (-)(l) αν είναι αριστερόστροφο.

Ο χαρακτηρισμός της ισομέρειας και των υπόλοιπων μορίων των υδατανθράκων γίνεται με βάση τη γλυκεριναλδεϋδη. Έτσι ανήκουν στη D- ή τη L- σειρά, αν στο με μεγαλύτερο αριθμό ασύμμετρο άτομο άνθρακα έχουν την ίδια διάταξη με το μεσαίο άτομο άνθρακα της D-γλυκεριναλδεϋδης ή L-γλυκεριναλδεϋδης αντίστοιχα.

Η διεύθυνση στροφής του επιπέδου πολωμένου φωτός είναι χαρακτηριστική για κάθε σάκχαρο και είναι ανεξάρτητη από την εναντιομέρεια D ή L, όπως για παράδειγμα η D-φρουκτόζη είναι αριστερόστροφη. Η ειδική στροφή  $[\alpha]_D^{20}$  αναφέρεται στους 20°C και σε μονοχρωματικό φως D του νατρίου και προσδιορίζεται με πολωσίμετρο - αντιστοιχεί στη γωνία στροφής που προκαλείται σε διάλυμα 1g/mL σακχάρου με διαδρομή 1dm. Η ειδική στροφή ισούται με:  $[\alpha]_D^{20} = \alpha \cdot 100/l \cdot c$ , όπου c: η συγκέντρωση του διαλύματος σακχάρου και χρησιμοποιείται για την αναγνώριση (διεύθυνση στροφής του φωτός και χαρακτηριστική γωνία του σακχάρου) και τον ποσοτικό προσδιορισμό των σακχάρων. [11]

Μέσα από τα κεφάλαια των Πρωτεϊνών και των Σακχάρων, δίνεται μια αρχική προσέγγιση για τη σημασία τους στην καθημερινότητα, αλλά κυρίως τη σημασία της εύρεσής τους στις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στην Ποσειδωνία. Αρχικά, η ένδειξη ύπαρξης ποσότητας πρωτεϊνών είναι σημαντική για τον καθορισμό της μεθόδου επεξεργασίας της Ποσειδωνίας, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια. Επιπλέον, η ιδιότητα των σακχάρων να πολώνουν το φως είναι σημαντική για τις αναλύσεις DNS και Gluco test που βασίζονται σε αυτό το φαινόμενο.



## 2.1.7 Τέφρα, λιγνίνη, κυτταρίνη και ημικυτταρίνη

Βιβλιογραφικά η τέφρα, η λιγνίνη η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη γενικά προσδιορίζονται ως ακολούθως: τέσσερα (4) δείγματα αποξηραμένα και αλεσμένα (0,5mm) βιομάζας φυκών (0,7g το καθένα) βρασμένα σε 5mL 72% w/w διάλυμα H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> για 4,5h προκειμένου να υδρολυθεί η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη. Το εναιώρημα που απομένει διηθείται σε κάψα και το στερεό υπόλειμμα ξηραίνεται στους 105°C για 24h και κατόπιν ζυγίζεται (W1). Το υπόλειμμα κατόπιν μεταφέρεται σε προζυγισμένη ξηρή πορσελάνινη κάψα και ζεσταίνεται στους 600°C για 5h. Αφού κρυώσει, ζυγίζεται (W2) και προσδιορίζεται το υπόλειμμα τέφρας επί τοις εκατό (%). Η αδιάλυτη στην τέφρα λιγνίνη προσδιορίστηκε με τη διαφορά W1-W2. Το διήθημα από την κατεργασία του H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> που περιείχε σάκχαρα που απελευθερώθηκαν από την κυτταρίνη και την ημικυτταρίνη αναδεύτηκε και ομογενοποιήθηκε. Η γλυκόζη (C1) και η μειούμενη συγκέντρωση ζαχάρου στο διήθημα (C2) προσδιορίζεται σύμφωνα με μια οξειδάση-υπεροξειδάση της γλυκόζης (Gluco-test) και με μέθοδο DNS, αντίστοιχα. Μετά από τις μετρήσεις, η περιεκτικότητα σε κυτταρίνη στο υλικό προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$\% \text{ w/w περιεχόμενη κυτταρίνη} = \left( \frac{0.9}{0.96} \right) * C1 * \left( \frac{V}{M} \right) * a * 100 \quad (1)$$

Όπου το 0,9 είναι ο συντελεστής που προκύπτει από την αναλογία του μοριακού βάρους του πολυμερούς με το μονομερές της εξόζης. Η απόδοση της σακχαροποίησης λήφθηκε ως 0,96, το C1 ως η συγκέντρωση της γλυκόζης (g/L), V ο συνολικός όγκος διαλύματος σακχάρου (L), M το ξηρό βάρος του δείγματος φυκών (ζ) και a η αρίωση του δείγματος (εάν έχει γίνει).

Η ημικυτταρίνη υπολογίστηκε από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\% \frac{w}{w} \text{ ημικυτταρίνες} = \left( \frac{0.88}{0.93} \right) * (C2 - C1) * \left( \frac{V}{M} \right) * a * 100 \quad (2)$$

Όπου 0,88 είναι ο συντελεστής που προκύπτει από την αναλογία του μοριακού βάρους του πολυμερούς με το μονομερές της πεντόζης. Η απόδοση της ξυλάνης σε ξυλόζη προσδιορίστηκε 0,93, το C2 είναι η συγκέντρωση των σακχάρων η οποία προσδιορίστηκε από το DNS (σε g/L) και C1 η γλυκόζη (g/L) από πριν. Επιπλέον, V είναι ο συνολικός όγκος του ζαχαρούχου διαλύματος (L), M το ξηρό βάρος του δείγματος φυκών (ζ) και a η αραίωση του δείγματος εφόσον υπάρχει.

Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων για διάφορα οργανικά υλικά που εξετάστικαν (βιβλιογραφικά) υπάρχουν στον επόμενο πίνακα. Η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, η λιγνίνη και η τέφρα από φλούδες πορτοκαλιού ήταν κοντά σε εκείνες που αναφέρθηκαν από τους Aravantinos-Zafiris et al. (1994). Η φλούδα του λεμονιού είχε λιγότερη κυτταρίνη και ημικυτταρίνη, καθώς και λιγνίνη. Η κυτταρίνη των φυκών του γλυκού νερού ήταν περίπου η μισή από τις φλούδες εσπεριδοειδών και κατά 1% υψηλότερη από την περιεκτικότητα των φυκών θαλασσινού νερού που αναφέρθηκε από τους Nicolucci et al. (1994).

Υλικά	Χημική σύσταση			
	Κυτταρίνη (%)	Ημικυτταρίνη (%)	Λιγνίνη (%)	Τέφρα (%)
Φύκη	7,10 ± 0,2	16,30 ± 0,5	1,52 ± 0,2	1,80 ± 0,1
Φλούδες πορτοκαλιού	13,61 ± 0,6	6,10 ± 0,2	2,10 ± 0,3	1,50 ± 0,1
Φλούδες λεμονιού	12,72 ± 0,5	5,3 ± 0,2	1,73 ± 0,2	1,92 ± 0,2

Πίνακας 3: Χημική σύσταση διαφόρων οργανικών υλικών

Παρόλα αυτά, η συγκέντρωση ημικυτταρίνης των φυκών ήταν περίπου τρεις φορές υψηλότερη από την αντίστοιχη των άλλων φρούτων. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως τα υλικά περιείχαν χαμηλή λιγνίνη (<2%) και τέφρα τα οποία τα καθιστά κατάλληλα ως συμπληρώματα πολτού. [12]

Η ανάλυση των παραπάνω στοιχείων είναι σημαντική για να φανεί κατά πόσο οι μετρήσεις της παρούσας εργασίας βρίσκονται σε αντιστοιχία με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί κατά καιρούς.

## 2.2 Ευδοκίμηση Ποσειδωνίας

Η Ποσειδωνία είναι ένα φυτό που ανήκει στην κατηγορία των θαλάσσιων Φανερόγαμων και είναι ενδημικό είδος που εκτείνεται ευρέως στην Μεσόγειο θάλασσα (Buia, M.C., et al. 2000; Phillips, R.C et al.,1988) σχηματίζοντας λιβάδια και είναι το επικρατέστερο φυτό στην Μεσόγειο καλύπτοντας περίπου 50.000km<sup>2</sup> (Boudouresque, C.F., et al.,1990) από την παράκτια ζώνη μέχρι την ζώνη που απέχει αρκετά από τον γιαλό. Οι περιοχές αυτές δύναται να είναι αμμώδεις έως πετρώδεις και η Ποσειδωνία απαντάται σε βάθη από 1 έως 45m.( Bethoux, J. et al.,1986 ; Peres, J.M et al., 1964; Phillips, R.C. et al., 1988 ; Short, F.T., et al., 2007 ; Duarte 1991; Pasqualini et al.1998).

Το είδος αυτό δεν είναι ανθεκτικό στις διακυμάνσεις της αλατότητας και της θερμοκρασίας και δεν απαντάται σε ανοξικές συνθήκες των νερών καθώς παρουσιάζει μεγάλη θνησιμότητα σε νερά με θερμοκρασίες 20-22°C (Phillips, R.C et al.,1988).

Η Ρ.Ο αναπτύσσεται σε διαφορετικούς τύπους υποστρωμάτων, από βραχώδεις σχηματισμούς μέχρι και αμμώδεις, εκτός από τις εκβολές των ποταμών (το χροανοειδές τμήμα της κατώτερης πορείας ενός ποταμού) όπου η εισροή του γλυκού και του λεπτόκοκκου υλικού είναι μεγάλη (Bethoux, J. et al.,1986). Το βέλτιστο υπόστρωμα απαντάται από άβαθα νερά έως νερά βάθους 40m. (Phillips, R.C. et al., 1988).

Η Posidonia Oceanica είναι ένα μονοκύτταρο είδος με θηλυκά και αρσενικά άνθη στην ίδια ταξιανθία (Phillips, R.C. et al., 1988). Τα βιολογικά χαρακτηριστικά της δεν είναι πρόσφορα για την γρήγορη επαναδημιουργία αποικιών. Η φυσική αποκατάσταση δεν συμβαίνει συχνά και η κάθετη ανάπτυξη των ριζών από ένα εφαπτόμενο στρώμα είναι πολύ αργή (Pergent, G., 2010). [13]

## 2.3 Συλλογή και Διαχείριση και Χρήσεις Ποσειδωνίας σήμερα

Ακόμα και σήμερα που η τεχνολογία στις ανανεώσιμες πηγές δεν είναι στο επιθυμητό επίπεδο, η Ποσειδωνία χρησιμοποιείται, μέσω κομποστοποίησης για άλλους σκοπούς. Η διαδικασία κομποστοποίησης σε ανοιχτά σειράδια ξεκινάει με το φύκος (*Posidonia oceanica*) και επιλεγμένα προϊόντα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας (υπολείμματα ελαιουργίας, κοπριά, στέμφυλα) αναμεμιγμένα και τοποθετημένα σε σειράδια. Οι κομποστοποιητές σε σειράδια χρησιμοποιούνται για την ανάμιξη και ανάδευση υλικών λιπάσματος. Στη γεωργία, κομποστοποίηση σε σειράδια, είναι η παραγωγή του λιπάσματος με τη συσσώρευση οργανικής ύλης ή των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων, όπως η ζωική κοπριά και καταλοίπων καλλιεργειών, σε μακριές σειρές (σειράδια). Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη για να παράγονται μεγάλες ποσότητες προϊόντων λιπασματοποίησης. Αυτές οι «σειρές, τα σειράδια» γενικά απευθύνονται α) για την βελτίωση του πορώδους και εμπλουτισμό σε οξυγόνο περιεχομένου β) την ανάδευση (ανακάτωμα) δύο διαφορετικών υλικών γ) την αφαίρεση της υγρασίας ή δ) το ανακάτωμα ψυχρών και θερμότερων σωρών λιπάσματος. Η κομποστοποίηση σε σειράδια, είναι μέθοδος κλιμακωτής κομποστοποίησης και χρησιμοποιείται πολύ αποτελεσματικά στην αγροτική οικονομία. Οι παράμετροι ελέγχου αυτής της διαδικασίας περιλαμβάνουν τις αρχικές πλούσιες αναλογίες των υλικών σε άνθρακα και άζωτο, τα διάφορα πρόσθετα για την βελτίωση του πορώδους υλικού, το μέγεθος του κόκκου, περιεκτικότητα σε υγρασία και την συχνότητα ανάδευσης. (intermachinery.com 11/09/2016)

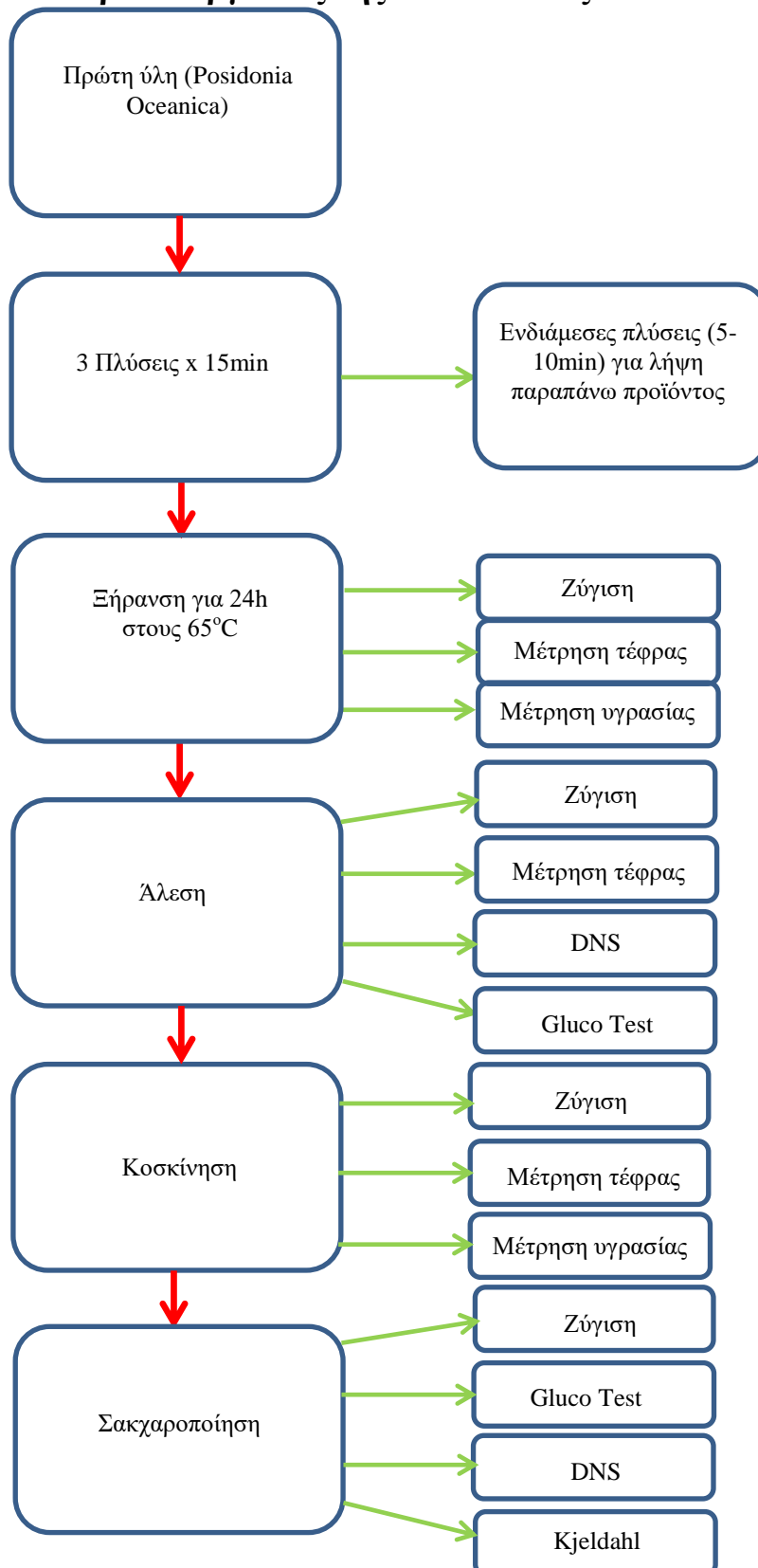
Το παραγόμενο κομπόστ μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα φάσμα τελικών χρήσεων, στην κηπευτική, σε χέρσες εκτάσεις, στην αρχιτεκτονική τοπίου καθώς και στην εντατική γεωργία. Οι διαστάσεις (διάμετρος των τεμαχιδίων) του κοσκινισμένου προϊόντος κυμαίνονται μεταξύ 0 και 20 χιλιοστών, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια ως φυσική λίπανση του εδάφους και εδαφοβελτιωτικό, στην εδαφοκάλυψη, ως χούμος και ως συστατικό θρεπτικού υποστρώματος. [14]

Στην Ισπανία εξετάζεται η χρήση της Ποσειδωνίας ως υποκατάστατο ζωοτροφών. Η ιδέα προέρχεται από τη χρήση των αποβλήτων που το καλοκαίρι δημιουργεί μεγάλο κόστος επειδή θεωρείται ενοχλητικό στις παραλίες. Έτσι, οι πάρα πολλοί τόνοι των καταλοίπων που συλλέγονται κάθε χρόνο από τις παραλίες, που προορίζονται για αποτέφρωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικά ως υποκατάστατο φυτικών τροφών μυρικαστικών. [15]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 3.1 Μέθοδοι προκατεργασίας της Ποσειδωνίας



Διάγραμμα 1: Η εξέλιξη των διαδικασιών της παρούσας εργασίας

### 3.2 Καθαρισμός της πρώτης ύλης

Την πρώτη πειραματική εβδομάδα πραγματοποιήθηκε ο καθαρισμός της πρώτης ύλης από τυχόν προσμίξεις ή και σκουπίδια που μπορεί να είχε από το χώρο συλλογής της. Χρησιμοποιήθηκε πρώτη ύλη που είχε συλλεχθεί από την περιοχή της Ραφήνας. Κάθε φορά ζυγίζονταν περίπου 1 - 2,5 kg πρώτης ύλης Ποσειδωνίας και στη συνέχεια τοποθετούνταν σε κουβά με νερό όπου ακολουθούσε ανάδευση για 15 min. Πραγματοποιήθηκαν 3 πλύσεις ανά παρτίδα, με ταυτόχρονη ανάδευση, ενώ έγιναν και ενδιάμεσες πλύσεις των 5-10 min για εκτενέστερο καθαρισμό.

### 3.3 Ξήρανση πρώτης ύλης

Με την ολοκλήρωση της έκπλυσης της πρώτης ύλης ακολούθησε ξήρανση στους 65°C, προκειμένου να εξατμιστεί το περιεχόμενο νερό και τυχόν πτητικά. Η ξήρανση διήρκησε ~24h σε φούρνο.

### 3.4 Μέτρηση υγρασίας

Μία από τις πρώτες μετρήσεις που έγιναν για τη *Posidonia Oceanica* ήταν η μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας της ακατέργαστης πρώτης ύλης, όπως λήφθηκε από τη θάλασσα και μετά την απόψυξή της. Για τον προσδιορισμό της εφαρμόστηκε η μέθοδος ASTM D-3173 (Ετήσιο Βιβλίο των ASTM προτύπων, έκδοση 05.06). Τρία δείγματα τοποθετήθηκαν σε φούρνο σε θερμοκρασία 105°C και αφέθηκαν εκεί για 24h. Το εκάστοτε δείγμα τοποθετείται σε μια πορσελάνινη κάψουλα η οποία έχει βάθος 22 mm και διάμετρο 44 mm και στη συνέχεια εισάγεται σε ένα φούρνο για να ξηραθεί και να απομακρυνθεί όλη η υγρασία του. Ο φούρνος πρέπει να έχει ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλα τα μέρη του η οποία να κυμαίνεται από 104°C έως 110°C. Παράλληλα, η πόρτα του φούρνου πρέπει να διαθέτει μία τρύπα διαμέτρου 3,2 mm στο κάτω μέρος της για να επιτρέπει την ελεύθερη ροή αέρα μέσα στο χώρο του φούρνου.

Η ακριβής πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

- Αρχικά, ζυγίστηκε η κάψουλα σε ζυγό ακριβείας με ευαισθησία 0,0001g και και καταγράφηκε η μάζα της.
- Στη συνέχεια, το δείγμα τοποθετήθηκε μέσα σε πορσελάνινη κάψουλα και μετρήθηκε η μάζα του.
- Το δείγμα με την κάψουλα εισήχθη στον προθερμασμένο φούρνο διαμέσου του οποίου περνά ξηρός αέρας και ο φούρνος παραμένει κλειστός για 24h.
- Μετά την πάροδο των 24 h ο φούρνος άνοιξε και λήφθηκε η κάψουλα με το δείγμα, όπου στη συνέχεια ζυγίστηκε στο ζυγό ακριβείας και σημειώθηκε η μάζα του. Ο υπολογισμός της υγρασίας έγινε με την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{Υγρασία (\%)} = [(A - B) / A] \times 100 \quad (3)$$

Όπου:

A: μάζα αρχικού δείγματος (g)

B: μάζα δείγματος μετά την ολοκλήρωση της ξήρανσης (g)



*Εικόνα 1: Ποσότητα πρώτης ύλης ύστερα από καθαρισμό και ξήρανση στους 60°C*

### **3.5 Κοσκίνιση**

Στη συνέχεια, η αλεσμένη πρώτη ύλη (379,4 gr) πέρασε σε μηχανήμα κοσκίνησης προκειμένου να διαχωριστεί σε περιοχές διαφορετικής κοκκομετρίας. Το μηχανήμα κοσκίνησης που χρησιμοποιήθηκε αποτελούταν από 4 κόσκινα:  $L > 800 \mu\text{m}$ ,  $500 \mu\text{m} < L < 800 \mu\text{m}$ ,  $125 \mu\text{m} < L < 500 \mu\text{m}$  και  $L < 125 \mu\text{m}$ .



*Εικόνα 2: Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την κοσκίνιση*

### **3.6 Μέτρηση τέφρας στην πρώτη ύλη και σε κοσκινισμένη πρώτη ύλη**

Η τέφρα μετρήθηκε και αφού η πρώτη ύλη αλέστηκε και χωρίστηκε σε κλάσματα μέσω κοσκίνησης. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίστηκε η τέφρα των κλασμάτων διαφορετικής κοκκομετρίας σε ξηρή βάση. Ακολουθήθηκε το πρότυπο ASTM **D-3174**, το ίδιο με τη μέτρηση τέφρας της ακατέργαστης πρώτης ύλης.





Εικόνα 3: Η διάταξη του μύλου που χρησιμοποιήθηκε για την άλεση

Αρχικά, ζυγίζεται η πορσελάνινη κάψουλα η οποία έχει βάθος 22 mm και διάμετρο 44 mm σε ζυγό ακριβείας με ευαισθησία 0,0001 g . Στη συνέχεια, τοποθετείται δείγμα μάζας περίπου 1 g στην κάψουλα η οποία έπειτα εισάγεται σε φούρνο του οποίου η θερμοκρασία ρυθμίζεται στους 600°C με επαρκή κυκλοφορία του αέρα. Η κάψουλα με το δείγμα παραμένουν στο φούρνο για 24 h. Μετά, απομακρύνεται η κάψουλα με το δείγμα και ζυγίζεται. Η τέφρα υπολογίζεται από την εξίσωση 10:

$$\text{Τέφρα (\%)} = [(A - B) / C] \times 100 \quad (4)$$

Όπου:

A = η μάζα της κάψουλας με την τέφρα (g)

B = η μάζα της άδειας κάψουλας (g)

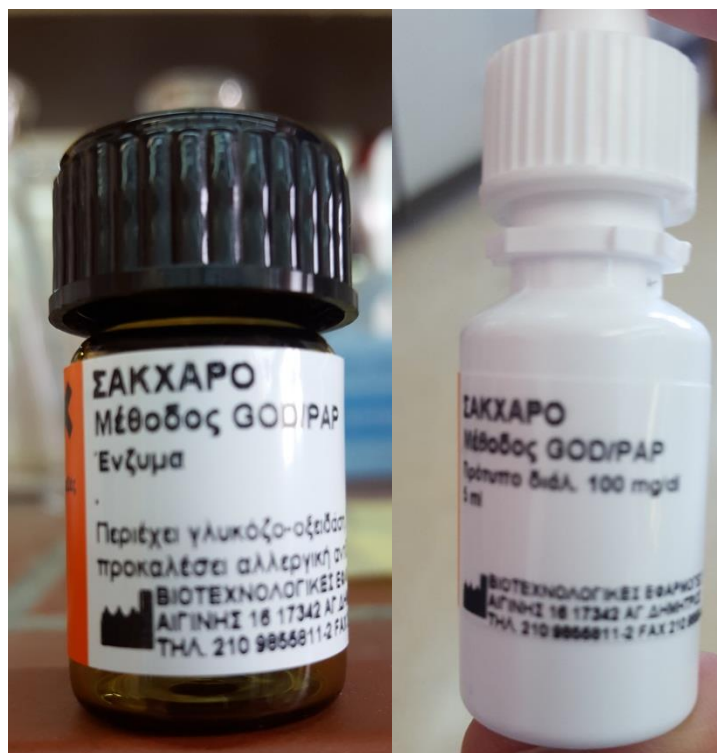
C = η μάζα του αρχικού δείγματος (g)

Στο παράρτημα της εργασίας αυτής αναφέρονται περισσότερες πληροφορίες για τη μέθοδο αυτή

### 3.7 Ποσοτική σακχαροποίηση αρχικού και αλεσμένου δείγματος

Η ποσοτική σακχαροποίηση αποτελεί μία αναλυτική μέθοδο για την υδρόλυση των λιγνοκυτταρινούχων υλικών και τη μετατροπή τους σε αναγωγικά σάκχαρα με αποδόσεις που αγγίζουν το 100%. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει 2 στάδια. Σε πρώτη φάση πραγματοποιείται κατεργασία του κυτταρινούχου υλικού με πυκνόθειικό οξύ 72 % w/w (d = 1,63 g/ml) για 45 min

στους 30°C. Ενώ στο δεύτερο στάδιο, το κατεργασμένο δείγμα υπόκειται σε συμπληρωματική υδρόλυση για 4,5 h στο σημείο βρασμού.



*Εικόνα 4: Το ένζυμο της μεθόδου GOD/POD*

Με τη μέθοδο αυτή και σε συνδυασμό με τον ενζυματικό προσδιορισμό σακχάρων μπορεί να προσδιοριστεί το περιεχόμενο σε λιγνίνη, κυτταρίνη και ημικυτταρίνη (ξυλάνη) των αποκατέργαστων πρώτων υλών και των υδρολυμένων στερεών

- ζύγιση δείγματος κατάλληλης κοκκομετρίας 0.85 g με 1 g
- τοποθέτηση δείγματος σε ποτήρι ζέσεως των 140 ml και προσθήκη 5 ή 10 ml διαλ/τος  $H_2SO_4$  72% w/w ( $d=1.63$  g/ml), σε αντιστοιχία με την αρχική ποσότητα στερεού δείγματος
- ανάδευση με σκοπό το βέλτιστο εμποτισμό του δείγματος για την επίτευξη αποτελεσματικότερης υδρόλυσης.
- επώαση σε υδατόλουτρο στους 30°C για 45 min
- μεταφορά του δείγματος (μεγάλου ιξώδους) σε σφαιρικές φιάλες των 250 ή 500 ml και προσθήκη 140 ή 280 ml απιονισμένου νερού, σε αντιστοιχία με την αρχική ποσότητα στερεού δείγματος, ώστε το διάλυμα  $H_2SO_4$  να φτάσει σε συγκέντρωση 2.5% w/w
- βρασμός του διαλύματος υπό σταθερό όγκο για 4.5 h (σύνδεση της σφαιρικής φιάλης με κάθετο ψυκτήρα και χρήση λύχνου Bunsen)
- ψύξη διαλύματος

- διήθηση υπό κενό με προζυγισμένους ξηρούς ηθμούς Gooch, με ταυτόχρονη έκπλυση του υπολείμματος με απιονισμένο νερό
- ξήρανση στερεού υπολείμματος στους 105°C για 24h και ζύγιση
- αραίωση διηθήματος μέχρι συνολικού όγκου 250 ή 500 ml (V) σε αντιστοιχία με την αρχική ποσότητα στερεού δείγματος



Εικόνα 5: Φασματόμετρο που χρησιμοποιήθηκε σε Gluco Test και DNS

### 3.8 Προσδιορισμός ολικών σακχάρων (Μέθοδος DNS)

Ο προσδιορισμός των αναγωγικών σακχάρων πραγματοποιήθηκε στο υδρόλυμα που προέκυψε από τη διεργασία υδρόλυσης. Βιβλιογραφικά είναι γνωστό ότι υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της απορρόφησης στο ορατό φάσμα και της συγκέντρωσης ενός δείγματος σε αναγωγικά σάκχαρα.. Έτσι, ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

- Αραίωση υδrolύματος, όπου αυτό ήταν απαραίτητο, ώστε το μετρούμενο δείγμα να βρίσκεται στο επιθυμητό εύρος του φωτομέτρου (0,2 – 0,8).
- Τοποθέτηση 0,2 ml (αραιωμένου) υδrolύματος, 0,5 ml διαλύτος DNS και 0,3 ml απιονισμένο νερό σε δοκιμαστικό σωλήνα (με πιπέτα).

- Προετοιμασία τυφλού δείγματος χρησιμοποιώντας απιονισμένο νερό.
- Ανάδευση σε vortex για 10sec.
- Αντίδραση σε υδατόλουτρο στους 100 °C για 5 min.



*Εικόνα 6: Η αντίδραση στο υδατόλουτρο*

- Προσθήκη 4 ml απιονισμένου νερού και εκ νέου ανάδευση.
- Μέτρηση της απορρόφησης του διαλύματος στο ορατό φάσμα (540 nm) σε φωτόμετρο.

### 3.9 Προσδιορισμός Γλυκόζης μέσω Gluco Test

Παρουσία του ενζύμου γλυκόζο-οξειδάση (GOD) η γλυκόζη οξειδώνεται και παράγει  $H_2O_2$ . Η αντίδραση του  $H_2O_2$  με φαινολικό παράγωγο και 4-αμινοφαιναζόνη καταλύεται από το ένζυμο υπεροξειδάση (POD) και παράγει έγχρωμο προϊόν ερυθρού χρώματος. Η αύξηση της απορρόφησης στα 540nm είναι ανάλογη της συγκέντρωσης της γλυκόζης στο δείγμα.

Ο προσδιορισμός της γλυκόζης πραγματοποιήθηκε στο εκχύλισμα που προέκυψε από την παραπάνω διεργασία. Βιβλιογραφικά είναι γνωστό ότι υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της απορρόφησης στο ορατό φάσμα και της συγκέντρωσης ενός δείγματος σε γλυκόζη. Έτσι, ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

- Αραίωση υδρολύματος, όπου αυτό ήταν απαραίτητο, ώστε το μετρούμενο δείγμα να βρίσκεται στο επιθυμητό εύρος του φωτομέτρου (0,2 – 0,8).
- Τοποθέτηση 3 ml διαλ/τος ενζύμου (ένζυμα μεθόδου GOD / PAP) σε δοκιμαστικό σωλήνα (με πιπέτα) και προσθήκη 30 μl (αραιωμένου) υδρολύματος.
- Προετοιμασία τυφλού δείγματος με χρήση απιονισμένου νερού.
- Ανάδευση σε vortex για 10sec.
- Επάωση σε υδατόλουτρο στους 37°C για 15 min.
- Μέτρηση της απορρόφησης του διαλ/τος στο ορατό φάσμα (510 nm) σε φωτόμετρο.

Ο υπολογισμός της συγκέντρωσης του δείγματος σε γλυκόζη (CI) έγινε με χρήση της καμπύλης αναφοράς, η οποία προέκυψε με χρήση προτύπων διαλ/των γλυκόζης, όπου θα πρέπει να συνυπολογιστεί και πιθανή αραίωση του υδρολύματος.

### 3.10 Μέθοδος Kjeldahl

Η πέψη με τη μέθοδο Kjeldahl χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό στοιχείων που δε θα περάσουν στην αέρια φάση (π.χ. N, P κλπ)

1. Μεταφέρεται ογκομετρημένη ποσότητα δείγματος (συνήθως 5ml μετά από φυγοκέντρωση) σε ειδική φιάλη χώνευσης των 100ml. Η μεταφερόμενη ποσότητα δε θα πρέπει να περιέχει περισσότερο από 0,5g που να μην είναι νερό. Ο μέγιστος όγκος για υδατικά διαλύματα είναι 40ml. Τα έλαια και τα οργανικά θα πρέπει να υπολογίζονται ως στερεά στον υπολογισμό του όγκου δείγματος
2. Προστίθενται 3ml πυκνού διαλύματος θειϊκού οξέως (ειδ. βαρ. 1,84g/L) και τουλάχιστον 2 πυρήνες βρασμού
3. Η θερμοκρασία ρυθμίζεται στους 440°C. Όταν η επιθυμητή θερμοκρασία επιτευχθεί., ανοίγεται η παροχή του νερού και ελέγχεται αν δημιουργείται κενό.
4. Τοποθετείται το βαρίδι, ο ψυκτήρας και το χωνί στη φιάλη. Η φιάλη τοποθετείται στη συσκευή και ακολουθεί θέρμανση μέχρι το θειϊκό οξύ να αρχίσει να βράζει (φαίνονται άσπροι ατμοί και το θειϊκό οξύ θα υγροποιείται)



*Εικόνα 7: Συσκευή πέψης που χρησιμοποιείται στη μέθοδο Kjeldahl*

5. Το δείγμα αφήνεται να βράσει για 4min ακόμα. Χρειάζεται προσοχή για να μην εξατμιστεί όλη η ποσότητα του υγρού. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει καθόλου θειϊκό οξύ μετά το πέρας των 4 λεπτών, δεν πρέπει να πραγματοποιηθεί το επόμενο στάδιο. Το δείγμα πρέπει να απορριφθεί και το πείραμα να επαναληφθεί χρησιμοποιώντας μεγαλύτερη ποσότητα θειϊκού οξέως στο 2ο στάδιο ή χρησιμοποιώντας μικρότερη ποσότητα δείγματος.
6. Το στάδιο αυτό δεν πρέπει να πραγματοποιηθεί αν δε φαίνεται θειϊκό οξύ στη φιάλη. Προστίθενται 10ml υπεροξειδίου του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ) 50% (ή 16,6ml  $H_2O_2$  30%) χρησιμοποιώντας το ειδικό χωνί στην κορυφή του ψυκτήρα.



*Εικόνα 8: Η φιάλη, το βαρίδι, ο ψυκτήρας και το ειδικό χωνί στην κορυφή*

7. Μόλις ολοκληρωθεί η προσθήκη του υπεροξειδίου του υδρογόνου, συνεχίζεται ο βρασμός μέχρι να φανούν εκ νέου λευκοί ατμοί και για 1-2 λεπτά επιπλέον. Δεν πρέπει να συνεχιστεί ο βρασμός μέχρι την εξάντληση του υγρού.
8. Η ζεστή φιάλη αφαιρείται από τη συσκευή, χρησιμοποιώντας ειδικά γάντια. Η φιάλη αφήνεται να κρυώσει για 1 λεπτό και στη συνέχεια αφαιρείται ο ψυκτήρας.
9. Όταν η φιάλη κρυώσει κι άλλο, έτσι ώστε το νερό να μην εξατμίζεται με την προσθήκη του, το διάλυμα αραιώνεται μέχρι τη χαραγή των 100ml με απιονισμένο νερό.

### 3.10.1 Μέθοδος Nessler

Στα νερά και στα απόβλητα οι μορφές του αζώτου που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον με σειρά ελαττούμενης κατάστασης οξειδωσης είναι: νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνία και οργανικό άζωτο. Το οργανικό άζωτο περιλαμβάνει ενώσεις όπως πρωτεΐνες, πεπτίδια, νουκλεϊκά οξέα και ουρία και πολλές συνθετικές ενώσεις. Το οργανικό άζωτο και η αμμωνία μπορούν να προσδιοριστούν μαζί και αναφέρονται ως ολικό άζωτο ή άζωτο κατά Kjeldahl. Ο τελευταίος όρος αναφέρεται στην αντίστοιχη μέθοδο προσδιορισμού. Το ολικά οξειδωμένο άζωτο είναι το άθροισμα του νιτρικού και του νιτρώδους αζώτου. Όλες οι παραπάνω μορφές του αζώτου, καθώς και το αέριο άζωτο, μπορούν να μετατραπούν βιοχημικά από τη μία στην άλλη και αποτελούν συστατικά του κύκλου του αζώτου.

Η αμμωνία υπάρχει σε φυσική κατάσταση στα επιφανειακά νερά και στα απόβλητα. Παράγεται κατά μεγάλο μέρος από την αποαμίνωση των ενώσεων που περιέχουν οργανικό άζωτο και από την υδρόλυση της ουρίας. Μπορεί επίσης να παραχθεί φυσικά από την αναγωγή των νιτρικών κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Για τον προσδιορισμό του αμμωνιακού αζώτου χρησιμοποιείται η φασματοφωτομετρική μέθοδος Nessler.

Η μέθοδος Nessler βασίζεται στην έντονη απορρόφηση των χρωμάτων (κίτρινο ως πορτοκαλί) που παράγονται κατά την αντίδραση Nessler - αμμωνίας σε μία ευρεία περιοχή μήκους κύματος (400 - 500nm) και σε συγκεκριμένο χρόνο μετά την προσθήκη.

#### Αντιδραστήριο Nessler

Διαλύονται 100g HgI<sub>2</sub> και 70g KI σε μικρή ποσότητα απιονισμένου νερού και το μίγμα αυτό προστίθεται αργά και υπό ανάδευση σ' ένα κρύο διάλυμα 160g NaOH σε 500ml νερό. Ακολουθεί αραιώση στο 1L. Διατηρείται στο ψυγείο, σε σκουρόχρωμη γυάλινη φιάλη με πλαστικό ή λαστιχένιο πώμα και μακριά από το φως, προκειμένου να παραμείνει σταθερό για περίπου ένα χρόνο κάτω από φυσιολογικές εργαστηριακές συνθήκες. Χρειάζεται προσοχή στο χειρισμό του γιατί είναι τοξικό.

#### Διαδικασία

Αν το δείγμα είναι θολό ή χρωματισμένο, λαμβάνουμε 50ml δείγματος ή αραιωμένου δείγματος, ώστε να είμαστε μέσα όρια ευαισθησίας της μεθόδου, προσθέτουμε 0,5ml διαλύματος και αναμιγνύουμε καλά. Προσθέτουμε λίγες σταγόνες διαλύματος NaOH (0,2 - 0,25ml και συνήθως 1 - 4N), ώστε το pH να φτάσει στην τιμή ~8. Αφήνουμε το μίγμα για λίγα λεπτά (έως 10min) μέχρις ότου καταβυθιστεί ένα βαρύ ίζημα και μείνει ένα καθαρό καιάχρωμο υπερκείμενο υγρό. Ακολουθεί φυγοκέντρηση ή διήθηση.

- Η τιμή pH του προς μέτρηση διαλύματος δε θα πρέπει να είναι ακραία και σε κάθε περίπτωση νέου είδους δείγματος θα πρέπει να ελέγχεται η επίδρασή της στο αποτέλεσμα



- Λαμβάνονται 10ml από το προεπεξεργασμένο (ή μη) δείγμα, το οποίο δεν πρέπει να παρουσιάζει θολερότητα ή χρώμα.
- Προστίθεται 1 σταγόνα (0,05ml) διαλύματος Rochelle και ακολουθεί ανάδευση (Vortex)
- Προστίθεται 0,2ml του αντιδραστηρίου Nessler και ακολουθεί ανάδευση (Vortex)
- Μετά από ακριβώς 12 λεπτά, μετράται η απορρόφηση με το φασματοφωτόμετρο Hitachi 2000 σε μήκος κύματος 415nm (Πρόγραμμα 12)
- Καταγράφεται τόσο η απορρόφηση, όσο και η τιμή της συγκέντρωσης.

### Υπολογισμοί

Η μέθοδος βασίζεται στο νόμο Lambert Beer (η απορρόφηση μιας ακτινοβολίας, όταν περνά μέσα από ένα διάλυμα, είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του διαλύματος). Ισχύει δηλαδή η σχέση:  $C = K (ABS-AO)$ . Με τη βοήθεια κατάλληλου προγράμματος που χρησιμοποιεί την καμπύλη αναφοράς, η περιεκτικότητα του δείγματος σε αμμωνιακού αζώτου δίνεται κατευθείαν από το όργανο. Η τιμή αυτή πολλαπλασιάζεται με την αραιώση.



*Εικόνα 9: Φασματοφωτόμετρο στο οποίο πραγματοποιείται ο προσδιορισμός του N*

### Αλγόριθμος υπολογισμού

$V3 = (\text{τιμή συγκέντρωσης φωτοφασματομέτρου}) * 5$  [ή 10 ανάλογα με την αραιώση]

$V2 = (\text{ml δείγματος} * \text{ml NaOH}) / V3$

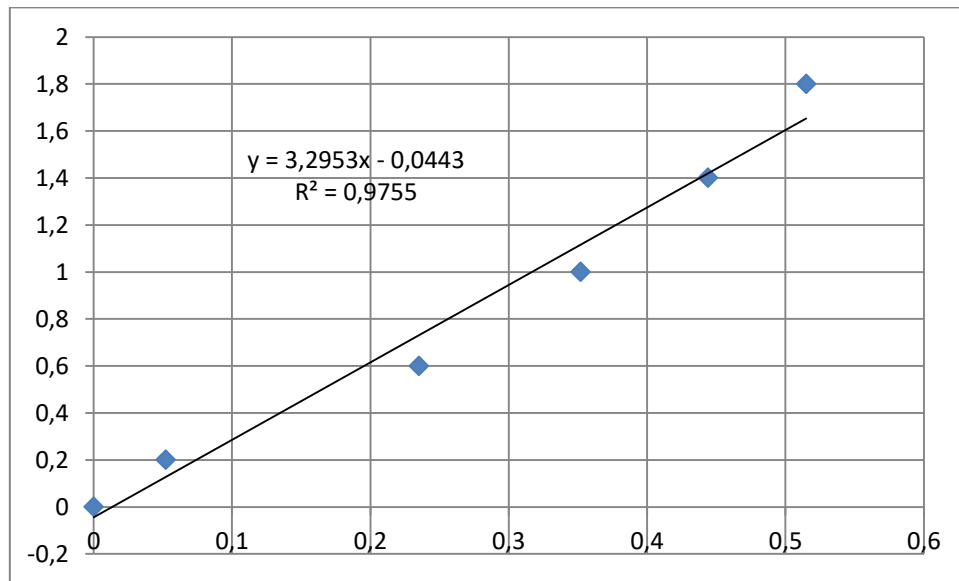
$V1 = V2/10$

$NH4 - N\% (db) = (V1 / \text{g δείγματος}) / 10$

### **3.11 Αποτελέσματα πειραματικών διαδικασιών**

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν αφορούν κυρίως τη σύσταση της Ποσειδωνίας και συγκεκριμένα τη σύστασή της σε γλυκόζη και ολικά σάκχαρα καθώς και ο προσδιορισμός του αζώτου για την εύρεση των πρωτεϊνών.

Παρακάτω παρατείνεται η πρότυπη καμπύλη για τον προσδιορισμό των ολικών σακχάρων μέσω του DNS.



Διάγραμμα 2: Η καμπύλη για τον προσδιορισμό των ολικών σακχάρων

Παρακάτω ο πίνακας των ολικών σακχάρων που προέκυψε από διαφορετικά δείγματα και επαναλήψεις:

Δείγμα\ Επανάληψη	1	2	3	Μέσος όρος	Ολικά σάκχαρα αραιωμένα	Τελικά ολικά σάκχαρα
1	0.09	0.037	0.093	0.073	0.197	0.493
2	0.218	0.217	0.218	0.218	0.673	1.682
3	0.201	0.229	0.113	0.181	0.552	1.380
4	0.194	0.162	0.148	0.168	0.509	1.273
<125μm	0.188	0.187	0.194	0.190	0.581	1.451
<125μm	0.143	0.159	0.158	0.153	0.461	1.152
<500μm	0.214	0.227	0.330	0.257	0.803	2.006
<500μm	0.249	0.323	0.259	0.277	0.868	2.171
>500μm	0.354	0.281	0.301	0.312	0.984	2.460
>500μm	0.251	0.175	0.219	0.215	0.664	1.660

Πίνακας 4: Τα αποτελέσματα όπως προέκυψαν από το DNS

Αντίστοιχα τα αποτελέσματα από το Gluco test και τον προσδιορισμό της γλυκόζης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Δείγμα\ Επανάληψη	1	2	3	Μέσος όρος	Γλυκόζη (g/L)
1	0.208	0.211	0.217	0.212	0.757
2	0.191	0.181	0.160	0.177	0.633
3	0.244	0.272	0.237	0.251	0.896
4	0.203	0.202	0.219	0.208	0.743
<125μm	0.160	0.207	0.153	0.173	0.619
<125μm	0.153	0.179	0.155	0.162	0.580
<500μm	0.220	0.266	0.231	0.239	0.854
<500μm	0.309	0.305	0.227	0.280	1.001
>500μm	0.249	0.291	0.243	0.261	0.932
>500μm	0.221	0.184	0.208	0.204	0.730

Πίνακας 5: Τα αποτελέσματα όπως προέκυψαν από το Gluco Test για τον προσδιορισμό της γλυκόζης

Βάση των παραπάνω, προκύπτει ότι τα ολικά σάκχαρα είναι, μέσω της σχέσης:

$$(0.9 \cdot \text{DNS} \cdot 0.25 \cdot 100) / (0.96 \cdot 0.86) \quad (5)$$

σε μέσο όρο το **46,14%** της πρώτης ύλης.

### 3.11.1 Τέφρα

Μέσω του προσδιορισμού της τέφρας της Ποσειδωνίας, είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η οργανική ύλη που εμπεριέχεται σε αυτή. Μέσω των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν κατέστη δυνατό να προσδιοριστεί η τέφρα σε ξηρή βάση. Σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες προκύπτουν 2 ενδιαφέροντα συμπεράσματα:

Κλάσμα	Επανάληψεις	Καθαρό βάρος πριν τη μέτρηση	Υπόλειμμα	Τέφρα (%)
<125μm	1	0,5037	0,065	12,90
	2	0,5064	0,0644	12,72
	3	0,5109	0,0648	12,68
>125μm	1	0,5237	0,0538	10,27
	2	0,5294	0,0540	10,20
	3	0,5120	0,0526	10,27
>500μm	1	0,5825	0,6240	10,71
	2	0,5188	0,0552	10,64
	3	0,5529	0,0566	10,24
>800μm	1	0,5324	0,0498	9,35
	2	0,5061	0,0428	8,46

*Πίνακας 6: Τέφρα μετά από κοσκίνιση ανά κλάσμα*

Αρχικά ότι η Ποσειδωνία δε συμπεριφέρεται όπως τα συνηθισμένα φύκια (άλλωστε δεν είναι) καθώς παρουσιάζει μεγαλύτερα ποσοστά τέφρας σε σύγκριση με τη βιβλιογραφία. Ενώ ταυτόχρονα, παρατηρείται πως όσο αυξάνεται το μέγεθος τόσο μειώνεται το ποσοστό της τέφρας.

Κλάσμα	1η μέτρηση τέφρας	2η μέτρηση τέφρας	Μ.Ο.
>500μm	1,22%	1,20%	1,21%
500μm>x>125μm	1,08%	1,14%	1,11%
<125μm	2,02%	1,90%	1,96%
Ανεξαρτήτως μεγέθους κόκκων	1,13%	1,08%	1,10%

*Πίνακας 7: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα σε τέφρα μετά απο σακχαροποίηση*

Για την τέφρα προκύπτει το εξής, ότι υπάρχει και καθαρή πρώτη ύλη σε όπως φαίνεται στον πίνακα παραπάνω, αλλά δημιουργείται και όταν η πρώτη ύλη υποστεί σακχαροποίηση. Συνεπώς, η τέφρα αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό **11,77%** και η αδιάλυτη σε οξύ τέφρα είναι **1,35%** μετά την ποσοτική σακχαροποίηση.

### 3.11.2 Υγρασία

Ο προσδιορισμός της υγρασίας είναι εξίσου σημαντικός με τον αντίστοιχο της τέφρας. Οι περισσότερες μετρήσεις χρειάζεται να έχουν μια κοινή βάση, ξηρή ή υγρή. Η ξηρή βάση (dry base) είναι αυτή που προτιμάται πάντα. Βασικός παράγοντας ωστόσο ήταν η εύρεση της υγρασίας που υπάρχει στα αρχικά δείγματα. Μέσα από επαναλήψεις (3) στην αρχική ακατέργαστη πρώτη ύλη προέκυψε ο παρακάτω πίνακας:

Ποσειδωνία προ ξήρανσης	1,063	1,073	1,069
Καθαρό βάρος μετά την ξήρανση	0,564	0,602	0,512
Ποσοστό	46,94%	43,90%	52,10%

*Πίνακας 8: Αποτελέσματα υγρασίας σε αρχικό δείγμα*

Συνολική υγρασία στην ακατέργαστη πρώτη ύλη προκύπτει πώς είναι περίπου 47,65%. Δηλαδή, σχεδόν το μισό βάρος της Ποσειδωνίας οφείλεται σε υγρασία λόγω του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσεται.

Επιπλέον παρατηρήθηκε ένα ποσοστό υγρασίας μετά τον καθαρισμό και την ξήρανση της Ποσειδωνίας, το οποίο ήταν **4,86%**. Το ποσοστό αυτό υγρασίας παρατηρήθηκε στα καθαρά φύκια και μετρήθηκε στους  $\sim 105^{\circ}\text{C}$ .

### 3.11.3 Προσδιορισμός Αζώτου για εύρεση πρωτεϊνών

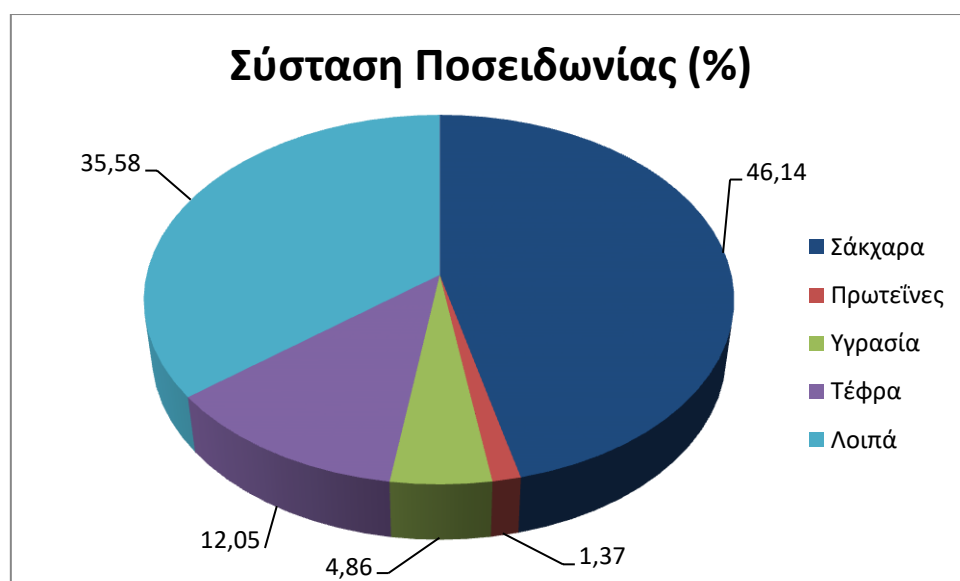
Ο προσδιορισμός του Αζώτου που υπάρχει στην Ποσειδωνία έγινε με τη χρήση της μεθόδου Kjeldahl. Παρατηρήθηκαν τα εξής αποτελέσματα:

Κλάσμα	Ποσοστό Αζώτου
Ενιαίο δείγμα	9,62%
L < 125 $\mu\text{m}$	8,51%
500 < L < 125 $\mu\text{m}$	7,51%

Πίνακας 9: Προσδιορισμός αζώτου ανά κλάσμα με τη μέθοδο Kjeldahl

Άρα το ποσοστό πρωτεϊνών που υπάρχουν στην Ποσειδωνία είναι περίπου **1,5%**, καθώς από τη βιβλιογραφία προκύπτει πως για αντίστοιχους οργανισμούς ισχύει:  $\text{N/P}=6,25$  (Αζωτο/Πρωτεΐνες).

Συνολικά λοιπόν για να ολοκληρωθεί ένα πρώιμο ισοζύγιο για τα στοιχεία της Ποσειδωνίας προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα για τη σύστασή της:



Διάγραμμα 4: Γραφικό διάγραμμα που αναπαριστά τη σύσταση της Ποσειδωνίας με την ολοκλήρωση των μετρήσεων σε ξηρή βάση (dry basis)

### 3.12 Συζήτηση αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα

Βάση των πειραμάτων που έχουν πραγματοποιηθεί, είναι σημαντικό να πραγματοποιηθεί περαιτέρω έλεγχος για το πώς «κλείνει» το ισοζύγιο των στοιχείων που υπάρχουν στην Ποσειδωνία και από ποιες επιπλέον ενώσεις ή στοιχεία αποτελείται. Πιθανότατα παραπάνω φασματομετρικές αναλύσεις, όπως AAS και FT-IR να έδιναν περισσότερα στοιχεία για τη σύσταση της Ποσειδωνίας συνολικά. Επιπλέον χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για να μελετηθεί ποιά είναι τα λοιπά στοιχεία του παραπάνω διαγράμματος. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, σε αυτό το κομμάτι θα βρίσκονται πτητικές και οργανικές ενώσεις καθώς το 60% περίπου της Ποσειδωνίας αποτελείται από άνθρακα (C), όπως φάνηκε στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο της εργασίας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέθοδος καθαρισμού δεν ήταν αποδοτική καθώς ένα πολύ μεγάλο μέρος της πρώτης ύλης απορριπτόταν εξαιτίας της μη καθαρότητάς του. Η απόρριψη αυτή ήταν αναγκαία στο να επιλεγθεί καλύτερη ποιότητα δείγματος, με όσο το δυνατόν λιγότερες προσμίξεις ώστε να πραγματοποιηθούν με επιτυχία οι μετρήσεις. Προφανώς σε βιομηχανικό επίπεδο οι απορρίψεις θα είναι λιγότερες και η διαδικασία καθαρισμού καλύτερη, για να συλλέγεται περισσότερη πρώτη ύλη, για να είναι αποδοτικότερη η διεργασία.

Εφόσον η αναλογία C/N δεν είναι ξεκάθαρη και τα επίπεδα υγρασίας της κυμαίνονται μπορεί να δοκιμαστεί και με βιοχημικές και με θερμοχημικές μεθόδους, για το εάν μπορεί να προσδώσει χρήσιμα προϊόντα μετά την επεξεργασία της. Στην παρούσα εργασία εξετάζονται οι βιοχημικές μέθοδοι ενώ στη συνέχεια θα ακολουθήσει αναλυτικά ανάλυση του κόστους μονάδας που βασίζεται σε αυτές τις μεθόδους.





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο**

# **ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

### **4.1 Βιοδιωλιστήρια**

Η βιομάζα αποτελεί μία πολλά υποσχόμενη εναλλακτική για την κάλυψη των αναγκών στη σημερινή κοινωνία, καθώς ήδη καλύπτει το 13% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών (IEA Statistics). Επίσης, αναγνωρίζεται ως η μοναδική ανανεώσιμη πηγή καυσίμων με βάση τον άνθρακα. Το 2007 υπολογίζεται ότι η βιομάζα ξεπερνά σε χρήση όλες τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές με ένα ποσοστό της τάξης του 53%, έναντι της υδροηλεκτρικής ενέργειας με 35%, της αιολικής ενέργειας με 5% και της ηλιακής ενέργειας με ποσοστό μόνο 1% [16].

Με κίνητρο την ανάγκη εύρεσης βιώσιμων λύσεων και τη γενική αβεβαιότητα που επικρατεί γύρω από τις τιμές του πετρελαίου και τον εφοδιασμό ενέργειας, η βιομηχανία παρουσιάζει σταθερή ανάπτυξη στην παραγωγή βιοκαυσίμων [17], κάτι που πλέον εξελίσσεται στην αναδυόμενη έννοια του βιοδιωλιστηρίου [18]. Τα βιοκαύσιμα παρέχουν πρόσβαση σε ένα μεγάλο εύρος χημικών ουσιών, στις οποίες συγκαταλέγονται οξυγονούχα (μεθανόλη, αιθανόλη, βουτανόλη, ανάμεικτες αλκοόλες, διμεθυλεστέρες) και υδατάνθρακες (βιοντίζελ, συνθετικό ντίζελ, συνθετική βενζίνη και μεθάνιο).

Το βιοδιωλιστήριο έχει την έννοια της μετατροπής βιομάζας, προερχόμενης από φυτά, σε χημικές ουσίες, ενέργεια και σε ύλες ζωτικής σημασίας, αντικαθιστώντας έτσι τις ανάγκες για πετρέλαιο, κάρβουνο, φυσικό αέριο και για άλλες μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και χημικών ουσιών.

Η βιομάζα είναι μία ανανεώσιμη πηγή, στην οποία τα φυτά συνθέτουν χημικές ουσίες απορροφώντας ενέργεια από τον ήλιο, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα και νερό από το περιβάλλον, αποβάλλοντας οξυγόνο. Ο κύκλος αυτός συνεχίζεται χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Η καύση της βιομάζας απελευθερώνει ενέργεια, διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η συλλογή και συσσώρευση της βιομάζας δεν επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον και είναι ουδέτερες ως προς τον άνθρακα. Επομένως, ο βασικός ρόλος των βιοδιωλιστηρίων είναι η διασφάλιση του κύκλου της παραγωγής βιομάζας.

Ο ρόλος των βιοδιωλιστηρίων είναι ανάλογος με εκείνο των διωλιστηρίων πετρελαίου. Πιο συγκεκριμένα, λαμβάνει χώρα η επεξεργασία της βιομάζας και παράγονται μια πληθώρα προϊόντων, όπως καύσιμα κίνησης, διάφορα χημικά, πολυμερή και ειδικές χημικές ουσίες με αποδόσεις και κατανομές που ποικίλουν ανάλογα με τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των πρώτων υλών. Με την παραγωγή να επικεντρώνεται στα βιοκαύσιμα, η διύλιση των ελαίων παραμένει ακόμα περισσότερο βιώσιμη, καθώς κάθε σταγόνα λαδιού χρησιμοποιείται στη δημιουργία εμπορευμάτων (καύσιμα, χημικά με χρήση ως πρώτες ύλες) και ειδικών χημικών ουσιών. [19]

### 4.1.1 Πρώτη Γενιά Βιοδιωλιστηρίων

Τα βιοδιωλιστήρια πρώτης γενιάς αφορούν τις αρχικές προσπάθειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων, όπου καθιερώθηκαν δύο μέθοδοι παραγωγής: η βιοχημική και η θερμοχημική. Επικεντρώνονται κυρίως στην παραγωγή ενός μόνο βιοκαυσίμου και χρησιμοποιούν πρώτες ύλες που προέρχονται από βρώσιμες πηγές.

Η βιοχημική μέθοδος βασίζεται προς το παρόν σε βιοχημικές διεργασίες μετατροπής και επικεντρώνεται στη ζύμωση των σακχάρων που εξάγονται από τη βιομάζα. Η παραγωγή βιοαιθανόλης απαιτεί τρία στάδια: ζύμωση των σακχάρων, απόσταξη για την απομάκρυνση του μεγαλύτερου μέρους του νερού και τέλος αφυδάτωση για περαιτέρω απομάκρυνση του νερού από το εναπομένον αζεοτροπικό μίγμα νερού/αιθανόλης [19].

Αφού η ζύμωση απαιτεί την παρουσία σακχάρων, η κύρια πηγή πρώτης ύλης είναι τα ζαχαροκάλαμα. Στις ΗΠΑ, η τεχνολογία παραγωγής βιοαιθανόλης από καλαμπόκι, η οποία παλαιότερα δεν μπορούσε να ανταγωνιστεί με τις χαμηλές τιμές του πετρελαίου, παρουσιάζει σήμερα άνθηση ιδιαίτερα στην κεντρική και βόρεια Αμερική όπου αναπτύσσονται σιτηρά. Η Ευρώπη, από την άλλη, στράφηκε στην παραγωγή βιοντίζελ (FAME) χρησιμοποιώντας φυτικά έλαια και μετεστεροποίηση με μεθανόλη, ενώ στη Γερμανία υπάρχουν ήδη 400 καταστήματα πώλησης βιοντίζελ. Η παραγωγή βιοαερίου πραγματοποιείται σε μικρότερη κλίμακα, το οποίο είναι βασικά παραπροϊόν της διαχείρισης αποβλήτων συνεισφέροντας σε μεγάλο βαθμό στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Εντούτοις, ευρεία παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας επιτυγχάνεται μέσω των θερμοχημικών τεχνολογιών, σύμφωνα με τις οποίες παράγονται αέρια καύσιμα (και κάρβουνο) χρησιμοποιώντας μια πληθώρα βιομάζας και αποβλήτων. Στις γνωστές αυτές τεχνολογίες ανήκουν η άμεση καύση, η αεριοποίηση (Fischer-Tropsch) και η τυρόλυση. [16]

### 4.1.2 Δεύτερη Γενιά Βιοδιωλιστηρίων

Παρόλο που η παραγωγή βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς συνεχίζει να αυξάνεται, η βιωσιμότητα και εφαρμοσιμότητά της παραμένει αβέβαιη και αμφιλεγόμενη. Η εφαρμοσιμότητα εξαρτάται από τις παγκόσμιες τιμές των σακχάρων, σιτηρών και ελαίων, οι οποίες μεταβάλλονται συνεχώς με την πάροδο των χρόνων. Μεγάλα ερωτήματα εγείρονται και όσον αφορά τη βιωσιμότητα της παραγωγής, καθώς οι πρώτες ύλες ανταγωνίζονται τις πηγές τροφίμων, ενώ η επεξεργασία βιομάζας χαμηλής πυκνότητας οδηγεί σε υπερβολικές ανάγκες γης [16]. Το ενδιαφέρον, όμως, επικεντρώνεται τόσο πολύ στα σάκχαρα και στο άμυλο, με αποτέλεσμα να παραμελείται το πλούσιο ενεργειακά κυτταρινούχο και ημικυτταρινούχο περιεχόμενο, το οποίο παρόλη τη δυσκολία στην επεξεργασία, αποτελεί το μεγαλύτερο κομμάτι της διαθέσιμης βιομάζας [16].

Τα βιοδιωλιστήρια δεύτερης γενιάς υιοθετούν μία διαφορετική προσέγγιση, η οποία βασίζεται στην επεξεργασία του συνόλου του φυτού. Πιο συγκεκριμένα, η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει πρόσθετες διεργασίες για την εκμετάλλευση των υπολειμμάτων και οδηγεί σε πολλαπλά προϊόντα (βιοκαύσιμα και ειδικά χημικά) ανάλογα με αυτά των συμβατικών διωλιστηρίων. Έτσι λοιπόν, η επιλογή των κατάλληλων πρώτων υλών γίνεται ευκολότερη, καθώς μεγαλώνουν τα εύρη επιλογών και οι πρόσθετες διεργασίες μπορούν να ανήκουν είτε σε αυτές της βιοχημικής είτε σε αυτές της θερμοχημικής μεθόδου που αναπτύχθηκαν προηγουμένως.

Οι διεργασίες της βιοχημικής μεθόδου αποτελούνται από ενζυμικές τεχνολογίες για την παραγωγή όχι μόνο C6 και C5 σακχάρων απαραίτητα για την κυτταρινούχα αιθανόλη, αλλά και πολυάριθμων ενδιάμεσων κλασμάτων στη μορφή υδατανθράκων, πρωτεϊνών και φαινολών. Κάποια ενδιάμεσα της μορφής των ολιγομερών και μονομερών χρησιμεύουν για την παραγωγή ειδικών χημικών, οργανικών οξέων και πολυολών, συστατικών για φυσικές υγιεινές τροφές (φυτοστερόλες, φολικό οξύ), πρεβιοτικών και πρόσθετων. Οι μηχανολογικές αποδόσεις και η αποδοτικότητα βρίσκονται υπό συνεχή ανάπτυξη με τη χρήση βελτιωμένων ενζυμικών τεχνολογιών και καταλυτικών διεργασιών. Η λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα, η διάσπαση της οποίας παραμένει δύσκολο να επιτευχθεί με την ενζυμική τεχνολογία, επεξεργάζεται θερμοχημικά είτε για την παραγωγή θερμότητας (ή ενέργειας) είτε για την παραγωγή χημικών (μεθανόλης, συνθετικού ντίζελ, βιοελαίων). Τα βιοδιωλιστήρια δεύτερης γενιάς συνδυάζουν την αεριοποίηση με αέριο σύνθεσης και τη σύνθεση Fischer-Tropsch για την παραγωγή LPG (liquefied petroleum gas), νάφθας, καυσίμου αεροσκαφών και λιπαντικών. Η υδρογόνωση των φυτικών ελαίων σε «πράσινο ντίζελ» οδηγεί στην παραγωγή καυσίμων με ανώτερα επίπεδα ενέργειας σε σχέση με τα αντίστοιχα του συμβατικού βιοντίζελ. [16]

Συγκριτικά με τα βιοδιωλιστήρια πρώτης γενιάς, τα βιοδιωλιστήρια δεύτερης γενιάς περιλαμβάνουν έναν μεγάλο εύρος πιθανών προϊόντων, πολυάριθμες διεργασίες και εκτεταμένες επιλογές τεχνολογιών.

### 4.1.3 Ολοκληρωμένα Βιοδιωλιστήρια

Ενώ τα βιοδιωλιστήρια δεύτερης γενιάς παρουσιάζουν σταθερή πρόοδο, γίνεται ήδη συζήτηση για βιοδιωλιστήρια τρίτης φάσης, τα οποία δεν ανταγωνίζονται τον τομέα των τροφίμων.

Σε αντίθεση με αυτά των προηγούμενων γενεών, οι διάφορες μέθοδοι συνδυάζονται μεταξύ τους έχοντας ως στόχο όχι μόνο τη μείωση του συνολικού κόστους, αλλά και την επίτευξη ευελιξίας στην παραγωγή προϊόντων [20]. Όσον αφορά στις πρώτες ύλες, υπάρχουν πολυάριθμες επιλογές όπως ακατέργαστα ορυκτά υλικά (αέριο, μαζούτ, κάρβουνο και λιγνίτης), βιοπροϊόντα που θεωρούνται απόβλητα (βιοαέριο, αστικά και γεωργικά λύματα) και υδάτινη βιομάζα. Πράγματι, η τελευταία αναφερθείσα πηγή πρώτων υλών αποτελεί την πιο πολλά υποσχόμενη στη μορφή των αλγών. Με μικρότερη απαίτηση σε καλλιεργήσιμο χώρο σε σχέση με την επίγεια βιομάζα, τα διάφορα είδη αλγών μπορούν να αναπτυχθούν υπό ήπιες συνθήκες προσφέροντας τη δυνατότητα καθαρισμού βιομηχανικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από καπναέρια και/ή βιομηχανικών

και αστικών λυμάτων. Η βιομάζα που παράγεται από την καλλιέργεια των αλγών θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στα βιοδιυλιστήρια δεύτερης γενιάς που αναφέρθηκαν παραπάνω, αλλά ο σχεδιασμός και η βελτιστοποίηση των εφοδιαστικών αλυσίδων θα απαιτούσαν οπωσδήποτε μια διαφορετική προσέγγιση. Ένα τέτοιου είδους βιοδιυλιστήριο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για την εκμετάλλευση της Ποσειδωνιάς.

Αντί να πραγματοποιείται διερεύνηση μόνο των προϊόντων και των μεθόδων, είναι πολύ σημαντικό να επιτευχθεί πρόοδος στις κοινές πλατφόρμες χημικών κατάλληλες για μοίρασμα των ενεργειακών προμηθειών και προϊόντων μεταξύ βιοδιυλιστηρίων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα βιοδιυλιστήρια τρίτης φάσης δεν απαιτούν ένα συγκεκριμένο είδος πρώτης ύλης και προϊόντος, το πρόβλημα σχεδιασμού παραμένει ανοιχτό όσον αφορά την επιλογή της κατάλληλης πλατφόρμας (σακχάρων, ελαίων, αερίου σύνθεσης και λιγνίνης) για την παραγωγή των προϊόντων σε μορφή καυσίμων που παρέχουν ενέργεια και χημικών. Οι πλατφόρμες ελαίων και αερίου σύνθεσης προπαντός αποτελούν μία πολύ καλή ευκαιρία επεξεργασίας βιομάζας ή ενδιάμεσων που προέρχονται από βιομάζα, αφού μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ήδη υπάρχουσες πετροχημικές εγκαταστάσεις, όπως η πυρόλυση πετρελαίου, η υδροκατεργασία, η αεριοποίηση και η χημική σύνθεση. Στα προϊόντα που παράγονται ανήκουν η βενζίνη, το ντίζελ, ολεφίνες, αλκοόλες, οξέα, κεριά και πολλά χημικά που προέρχονται από το αέριο σύνθεσης. [16]

## 4.2 Οικονομοτεχνικά στοιχεία

Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ  $> 1\text{MW}$  και  $\leq 5\text{MW}$  (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων):  $175\text{€/MWh}$  [21]. Για να επιτευχθεί μια επένδυση είναι χρήσιμο να είναι γνωστά διάφορα χαρακτηριστικά της από τον ορισμό της επένδυσης προκύπτει ότι τα κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία της είναι:

- Η διάρκεια ζωής της επένδυσης, η οποία δεν προσδιορίζεται μόνον από τη φυσική φθορά της αλλά εξαρτάται από την τεχνική πρόοδο και τα τεχνικοοικονομικά χαρακτηριστικά μιας μεταγενέστερης σχετικής επένδυσης καθώς επίσης από τις μεταβολές στο οικονομικό περιβάλλον (εισόδημα καταναλωτών, τιμές άλλων αγαθών, κλπ.) και από τις μεταβολές στις προτιμήσεις των καταναλωτών.
- Η ροή των οικονομικών πόρων που δεσμεύονται για την κατασκευή και λειτουργία της επένδυσης. Οι οικονομικοί πόροι εκφράζονται σε χρήμα και περιλαμβάνουν τις πληρωμές για την αγορά και κατασκευή της παραγωγικής μονάδας (κόστος επένδυσης) καθώς επίσης τις πληρωμές για μισθούς, πρώτες ύλες, υλικά συντήρησης κλπ. δηλαδή τις δαπάνες (κόστος) εκμετάλλευσης κατά τη διάρκεια ζωής της επένδυσης.
- Η ροή των ωφελειών από την παραγωγή αγαθών ή υπηρεσιών. Οι ωφέλειες εκφράζονται σε χρήμα και περιλαμβάνουν τα έσοδα από την πώληση των αγαθών ή υπηρεσιών.
- Η ημερομηνία κατασκευής ή πραγματοποίησης της επένδυσης, η οποία αποτελεί αντικείμενο επιλογής και εξαρτάται από την οικονομική συγκυρία καθώς επίσης και από τις επιπτώσεις της στη διαμόρφωση της αναμενόμενης ροής των εσόδων και δαπανών.

Πολλές φορές η πλήρης αποτίμηση της ροής των συνολικών ωφελειών και του συνολικού κόστους που προκαλεί μία επένδυση δεν είναι πάντοτε εφικτή, όχι μόνον σε επίπεδο επιχείρησης αλλά και στο περιβάλλον της, οικονομικό και κοινωνικό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η πλήρης αποτίμηση των ωφελειών από επενδύσεις στο χώρο της έρευνας, της εκπαίδευσης προσωπικού ή της αποτίμησης του κόστους από επενδύσεις που έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον ή γενικότερα η αποτίμηση των εξωτερικών επιδράσεων (εξωτερικές οικονομίες ή επιβαρύνσεις) που προκαλούν οι επενδύσεις. Όμως η πληρότητα της αξιολόγησης επιβάλλει μία κατ' εκτίμηση αποτίμηση του συνόλου των ωφελειών και του κόστους.

Στο εξής όταν θα χρησιμοποιείται ο όρος επένδυση, θα γίνεται σιωπηρά η υπόθεση ότι οι ροές των εσόδων και των δαπανών έχουν πλήρως εκτιμηθεί. Ειδικότερα κατά το στάδιο κατασκευής της επένδυσης οι ροές περιλαμβάνουν μόνον τα στοιχεία κόστους της επένδυσης ( $K_0$ ) ενώ κατά το στάδιο της λειτουργίας οι ροές των εσόδων και των δαπανών εκμετάλλευσης συνθέτουν τις λεγόμενες καθαρές ταμειακές ροές (ΚΤΡ) , δηλαδή τις καθαρές ωφέλειες. Έτσι ως επένδυση μπορούμε να ορίσουμε την πράξη αγοράς μελλοντικών καθαρών ταμειακών ροών. [21], [22]

#### Διαδικασία Επιλογής Σχεδίου Επένδυσης

Η διαδικασία επιλογής ενός Σχεδίου επένδυσης περιλαμβάνει τα ακόλουθα τέσσερα στάδια :

- Το πρώτο, είναι ο προσδιορισμός των εφικτών εναλλακτικών παραλλαγών του σχεδίου επένδυσης. Είναι σχέδια επενδύσεων τεχνικά ασυμβίβαστα, με την έννοια ότι η πραγματοποίηση του ενός αποκλείει την πραγματοποίηση των άλλων.
- Το δεύτερο, είναι η εκτίμηση της ροής των εσόδων και δαπανών που συνοδεύουν το έργο και συγκεκριμένα το κόστος της επένδυσης ( $K_0$ ) και των καθαρών ταμειακών ροών (ΚΤΡ) .
- Το τρίτο, είναι η αξιολόγηση των εναλλακτικών σχεδίων και η επιλογή ενός, το οποίο και θα κατασκευασθεί.
- Το τέταρτο, είναι η παρακολούθηση και η καταγραφή των αποκλίσεων ως προς τις προβλέψεις, μετά την πραγματοποίησή του, για την άσκηση μιας θετικής κριτικής χρήσιμης για το μέλλον.

Από όλα τα στάδια το πρώτο ίσως είναι το πιο σημαντικό, γιατί περιλαμβάνει την καταγραφή των εναλλακτικών σχεδίων και γενικότερα τις νέες ιδέες και τα νέα σχέδια για καρποφόρες επενδύσεις σε όλους τους τομείς της επιχείρησης.

#### Εκτίμηση των Καθαρών Ταμειακών Ροών (ΚΤΡ)

Όπως αναφέρθηκε η καθαρή ταμειακή ροή κάθε έτους είναι η διαφορά μεταξύ των εσόδων από τις πωλήσεις ή την εξοικονόμηση κόστους (ταμειακές εισροές) και των πληρωμών για τους διάφορους συντελεστές παραγωγής και τη διάθεση των προϊόντων καθώς επίσης για την πληρωμή του φόρου εισοδήματος που καταβάλλει η επιχείρηση (ταμειακές εκροές). Δηλαδή, η ΚΤΡ ενός σχεδίου επένδυσης για κάποιο έτος, είναι το άθροισμα του κέρδους μετά την φορολογία και των κρατήσεων για αποσβέσεις, ενώ όταν δεν υπάρχει φορολογία τότε η ΚΤΡ είναι ίση με το ακαθάριστο λειτουργικό κέρδος της παραγωγικής μονάδας.

Ας γίνει προσπάθεια να εκφραστεί αναλυτικά η ΚΤΡ ενός έτους μέσα από τα οικονομικά μεγέθη του λογαριασμού εκμετάλλευσης. Ειδικότερα, ας συμβολιστούν με:

Ε : τα έσοδα από πωλήσεις

ΛΔ : τις πληρωμές για τους συντελεστές παραγωγής και την διάθεση των προϊόντων δηλαδή τις λειτουργικές δαπάνες.

Α : τις προβλεπόμενες αποσβέσεις για την επένδυση

ΦΣ : ο φορολογικός συντελεστής για τον υπολογισμό του φόρου εισοδήματος.

Και έτσι προκύπτει η σχέση:

$$KTP = (E - \Lambda\Delta - A) * (1 - \Phi\Sigma) + A \quad (6)$$

Η καθαρή παρούσα αξία μιας επένδυσης στη χρονική στιγμή έναρξης της εμπορικής της λειτουργίας, ορίζεται από την ακόλουθη σχέση :

$$KΠΑ = -K_0 + \sum_{t=1}^n \frac{KTP_t}{(1+i)^t} \quad (7)$$

όπου

$K_0$  : το κόστος της επένδυσης

$KTP_t$  : οι καθαρές ταμειακές ροές του έτους  $t$  εκφρασμένες σε τιμές συγκεκριμένης περιόδου, δηλαδή χωρίς πληθωρισμό

$k$  : η ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση των κεφαλαίων που επενδύονται, χωρίς πληθωρισμό και σε περιβάλλον χωρίς κίνδυνο.

$n$  : η διάρκεια ζωής της επένδυσης

Παρατήρηση: Σχετικά με τον υπολογισμό της ΚΠΑ σημειώνεται ότι στην περίπτωση που έχουμε πληθωρισμό είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε τις καθαρές ταμειακές ροές σε τρέχουσες τιμές, δηλαδή όχι αποπληθωρισμένες, αλλά συγχρόνως να αναπροσαρμόσουμε και το επιτόκιο αναγωγής  $k$  κατά το ρυθμό πληθωρισμού. Τέλος όταν υπάρχει κίνδυνος, δηλαδή όταν οι καθαρές ταμειακές ροές δεν έχουν μια συγκεκριμένη τιμή αλλά είναι στοχαστικές μεταβλητές με γνωστές κατανομές πιθανότητας τότε ως καθαρές ταμειακές ροές κάθε έτους θα θεωρήσουμε τις αναμενόμενες  $E(KTP)$ , με κατάλληλη αναπροσαρμογή του επιτοκίου για να συνυπολογισθεί ο κίνδυνος. Το θέμα αυτό θα αναπτυχθεί στο σχετικό κεφάλαιο αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων σε περιβάλλον με κίνδυνο. [22]

### 4.3 Διατύπωση Κριτηρίου

Ο στόχος της μεγιστοποίησης της αξίας της επιχείρησης, δηλαδή της μεγιστοποίησης της παρούσας αξίας των κερδών, επιτυγχάνεται όταν μεταξύ των άλλων αποφάσεων, έχουμε επιλογές επενδυτικών σχεδίων με την μεγαλύτερη ΚΠΑ . Έτσι προκύπτει η ακόλουθη διατύπωση του κριτηρίου κατά περίπτωση ως εξής :

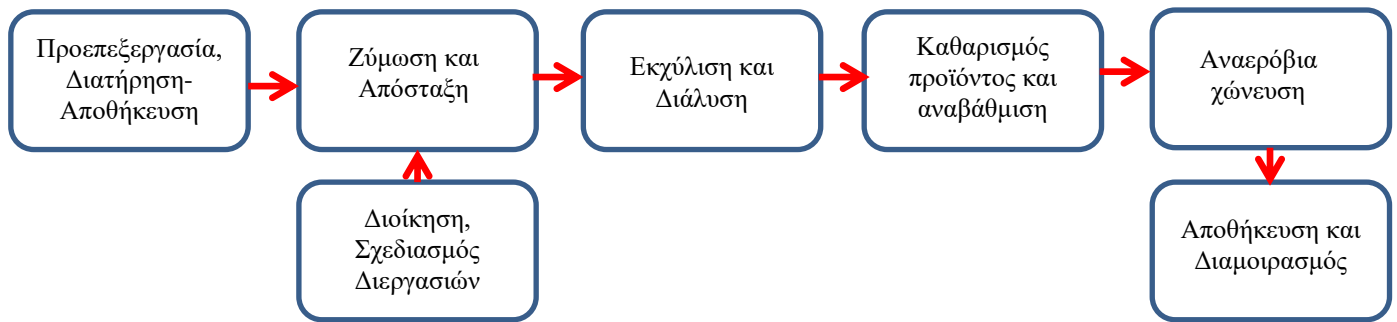
• Αξιολόγηση ενός επενδυτικού σχεδίου

Εάν  $KΠΑ > 0$  έχουμε επιλογή του επενδυτικού σχεδίου

Εάν  $KΠΑ < 0$  έχουμε απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου

Εάν  $KΠΑ = 0$  υπάρχει αδιαφορία του επενδυτή ως προς την αποδοχή ή απόρριψη (οριακή κατάσταση) [22].

### 4.4 Στοιχεία θεωρητικής εγκατάστασης για Αξιολόγηση Επένδυσης

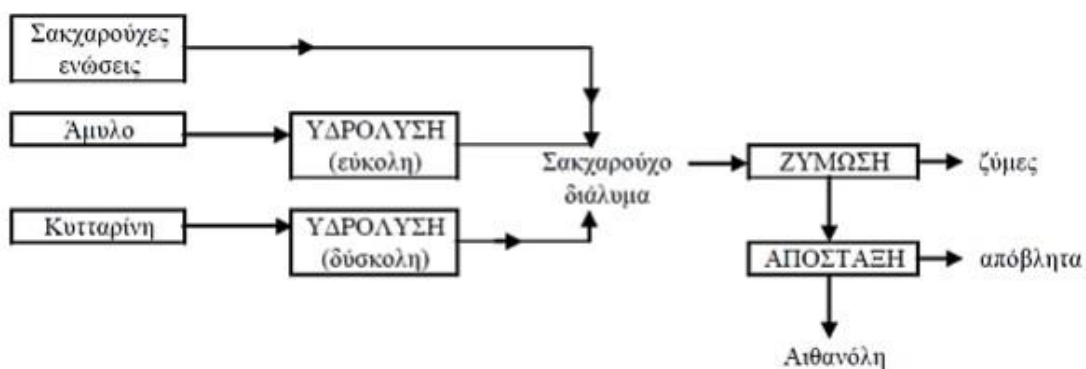
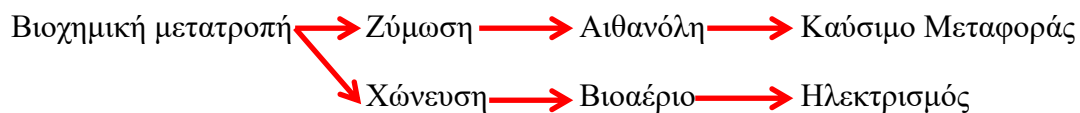


Διάγραμμα 5: διαγραμματική απεικόνιση μονάδας

Οι μέθοδοι μετατροπής της *Posidonia Oceanica* διακρίνονται βασικά σε δύο κατηγορίες:

1. Θερμοχημικές μέθοδοι
2. Βιοχημικές μέθοδοι

Κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την καταλληλότερη μέθοδο είναι η σχέση C/N (άνθρακα/αζώτου) και η περιεχόμενη υγρασία της βιομάζας κατά την συλλογή. Οι θερμοχημικές προτιμούνται κυρίως για είδη βιομάζας με σχέση C/N > 30 και υγρασία < 30 και παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό υγρασίας άνω των 50%, ενώ οι βιοχημικές μέθοδοι εφαρμόζονται σε φυτικά είδη που χαρακτηρίζονται από λόγο C/N < 30 και παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό υγρασίας άνω των 50%.



Εικόνα 10: Σχηματικό διάγραμμα διαδικασίας ζύμωσης βιομάζας και τα αντίστοιχα προϊόντα της (IEA 2009 Bioenergy)

Οι βιοχημικές μέθοδοι (ζύμωση και αναερόβια χώνευση) εφαρμόζονται κυρίως σε υποστρώματα που έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό. Η ζύμωση χρησιμοποιείται για την παραγωγή κυρίως αιθανόλης αλλά και άλλων προϊόντων όπως το γαλακτικό οξύ. Οι κυριότερες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της ζύμωσης είναι η γλυκόζη, το άμυλο κ.α. Η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαερίου από υγρά/στερεά συνήθως απόβλητα. [28]

Αν υποτεθεί μια βιομηχανική μονάδα βιοχημικής επεξεργασίας Ποσειδωνίας, αυτή θα αποτελείται από 7 περιοχές (areas):

1. Προεπεξεργασία και Διατήρηση: Η αποθήκευση της πρώτης ύλης χρησιμεύει πρωτίστως στο να αντισταθμιστούν οι εποχιακές διακυμάνσεις του εφοδιασμού με πρώτη ύλη και διευκολύνει την ανάμιξη των διαφορετικών ομο-υποστρωμάτων για συνεχή εφαρμογή στο χωνευτήρα.
2. Ζύμωση και Απόσταξη: Η σημαντικότερη ζύμωση που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενεργειακών προϊόντων από βιολογικές πρώτες ύλες είναι η αλκοολική ζύμωση κατά την οποία η γλυκόζη μετατρέπεται σε αιθανόλη με τη βοήθεια μικροοργανισμών (ζύμες) σε αναερόβιες συνθήκες. Η πρώτη ύλη που συνήθως χρησιμοποιείται είναι αμυλούχα ή/και κυτταρινούχα προϊόντα.
3. Εκχύλιση και Διάλυση: Περαιτέρω καθαρισμός και ομογενοποίηση της πρώτης ύλης.
4. Καθαρισμός Προϊόντος και Αναβάθμιση: Όταν το βιοαέριο φεύγει από το χωνευτήρα είναι κορεσμένο με υδρατμούς και περιέχει, εκτός από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), διάφορα ποσά υδρόθειου ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Το υδρόθειο είναι τοξικό, με μία ιδιαίτερη, δυσάρεστη οσμή και δημιουργεί θειικό οξύ σε συνδυασμό με τους υδρατμούς στο βιοαέριο. Το θειικό οξύ είναι διαβρωτικό και μπορεί να προκαλέσει φθορές στις μηχανές ΣΗΘ, τις σωληνώσεις του αερίου, τις καμινάδες, κλπ. Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η αποθείωση και η ξήρανση του βιοαερίου. Οι κατασκευαστές των μονάδων ΣΗΘ παρέχουν ελάχιστες προδιαγραφές για τις ιδιότητες του καύσιμου αερίου. Οι ιδιότητες της καύσης πρέπει να είναι εγγυημένες προκειμένου να αποτραπεί η ζημιά στις μηχανές. Αυτό ισχύει επίσης για τη χρήση του βιοαερίου. Ανάλογα με τη χρήση του βιοαερίου (π.χ. καύσιμο οχημάτων, κυψέλες καυσίμων), είναι απαραίτητα περαιτέρω μέτρα βελτίωσης του αερίου. Είναι απαραίτητη η απομάκρυνση υδρατμών, η αποθείωση, καθώς και η απομάκρυνση του  $\text{CO}_2$  του βιοαερίου.
5. Αναερόβια Χώνευση: Κύριως σκοπός της αναερόβιας χώνευσης είναι η σταθεροποίηση του οργανικού υλικού με ταυτόχρονη μείωση των οσμών, της συγκέντρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών και της μάζας του οργανικού υλικού που χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία. Το βιοαέριο που παράγεται αποτελείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα σε αναλογίες που ποικίλουν ανάλογα με την πρώτη ύλη και τη διεργασία που ακολουθείται. Η αναερόβια χώνευση του οργανικού υλικού οδηγεί και στο σχηματισμό ιλύος (ως παραπροϊόν) η οποία είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία και σε ιχνοστοιχεία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οργανικό λίπασμα. Από το βιοαέριο μπορεί να παραχθεί θερμική και ηλεκτρική ενέργεια.
6. Αποθήκευση: Όλες οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης πρέπει να είναι αεροστεγείς και ανθεκτικές στην πίεση και στην περίπτωση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης, που δεν



προστατεύονται από κτίρια, πρέπει να είναι ανθεκτικές στη θερμοκρασία, στις καιρικές συνθήκες και την υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Πριν από την εκκίνηση της εγκατάστασης, οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει να ελεγχθούν ως προς τη στεγανότητά τους. Για λόγους ασφαλείας πρέπει να είναι εξοπλισμένες με βαλβίδες ασφαλείας. Πρέπει επίσης να είναι εγγυημένη η προστασία από έκρηξη και απαιτείται μια φωτοβολίδα έκτακτης ανάγκης.

## 7. Λοιπά κτίρια/Διοίκηση

Οι περιοχές 1-4 ορίζουν και τη δυναμικότητα της μονάδας. [23]

Αντικείμενο	Περιγραφή	Ύψος
<b>Επιπλέον άμεσα κόστη</b>		
Αποθήκευση	Στο βιομηχανικό χώρο αποθήκευση εξοπλισμού και πρώτων υλών	4,0% του κόστους της δυναμικότητας της μονάδας
Ανάπτυξη βιομηχανίας	Περίφραξη, πάρκινγκ, δρόμοι, έδαφος. Περιλαμβάνει την προετοιμασία του εδάφους ή άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα	9,0% του κόστους της δυναμικότητας της μονάδας
Πρόσθετες σωληνώσεις	Για σύνδεση εξοπλισμού εντός στη μονάδα	4,5% του κόστους της δυναμικότητας της μονάδας
<b>Έμμεσα Κόστη</b>		
Πρόσθετα κόστη	Περιλαμβάνουν τα κόστη ασφαλείας του εξοπλισμού και πρόσθετες παροχές	10% του συνολικού κεφαλαίου
Έξοδα ανά τομέα	Αναλώσιμα, εργαλεία και εξοπλισμός προς ενοικίαση, προσωρινή εγκατάσταση και επίβλεψη	10% του συνολικού κεφαλαίου
Εργασία εξ αποστάσεως και κατασκευή	Μηχανικές χρεώσεις και κατασκευαστικά έξοδα	20% του συνολικού κεφαλαίου
Έκτακτες ανάγκες	Προβλήματα κατά την κατασκευή της μονάδας	10% του συνολικού κεφαλαίου
Άλλα κόστη	Εκκίνηση και θέση, έδαφος, δικαιώματα διέλευσης, άδειες, έρευνες, πρόστιμα, συμπίεση και ασυνήθιστα θεμέλια. Πωλήσεις, χρήση και άλλοι φόροι, δικαιώματα μεταφορών, εξασφάλιση κατά τη μεταφορά, δασμοί,	10% του συνολικού κεφαλαίου

	σωληνώσεις, υπερωρίες, ασφάλεια, οχήματα.	
Επιπλέον κόστη που καθορίζονται από το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης		

*Πίνακας 10: Αναλυτικά οι περιοχές της μονάδας [24]*

## 4.5 Παραπροϊόντα

Το νερό συμπυκνώνεται στα τοιχώματα των κεκλιμένων σωλήνων και μπορεί να συλλεχθεί σε έναν διαχωριστή συμπύκνωσης, στο χαμηλότερο σημείο της σωλήνωσης. Μια προϋπόθεση για την αποτελεσματική ψύξη του βιοαερίου στις σωληνώσεις είναι το ικανοποιητικό μήκος των αντίστοιχων σωλήνων. Εάν οι σωληνώσεις του αερίου είναι υπόγειες, το αποτέλεσμα της ψύξης είναι ακόμα καλύτερο. Οι υπόγειοι σωλήνες, είναι πολύ σημαντικό να τοποθετούνται σε μία σταθερή βάση, προκειμένου να είναι εγγυημένη η κλίση των σωλήνων, οι οποίοι μπορούν να επηρεαστούν από ένα βυθιζόμενο ή κινούμενο έδαφος. Ο διαχωριστής συμπύκνωσης πρέπει να συντηρείται ώστε να μην έχει πάγο και να είναι εύκολα προσβάσιμος, προκειμένου να καθαρίζεται τακτικά. Εκτός από τους αφαιρούμενους υδρατμούς, η συμπύκνωση αφαιρεί επίσης μερικές από τις ανεπιθύμητες ουσίες, όπως υδροδιαλυτά αέρια και αερολύματα. (REnInvest Group 2012)

Από τις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας των αποβλήτων ελαιουργείων, η αναερόβια χώνευση παρουσιάζει σημαντικότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μεθόδους, διότι παρέχεται η καλύτερη δυνατή επεξεργασία του αποβλήτου. Κατά συνέπεια, η δημιουργία μιας μεγάλης κεντρικής μονάδας επεξεργασίας, που θα συγκεντρώνει απόβλητα από πολλές μονάδες της εκάστοτε περιοχής ή ακόμη και νομού, μπορεί να ξεπεράσει τα οικονομικά εμπόδια που δημιουργούνται από την κατασκευή μιας τέτοιας πολύπλοκης μονάδας και από το εξειδικευμένο προσωπικό που απαιτεί.

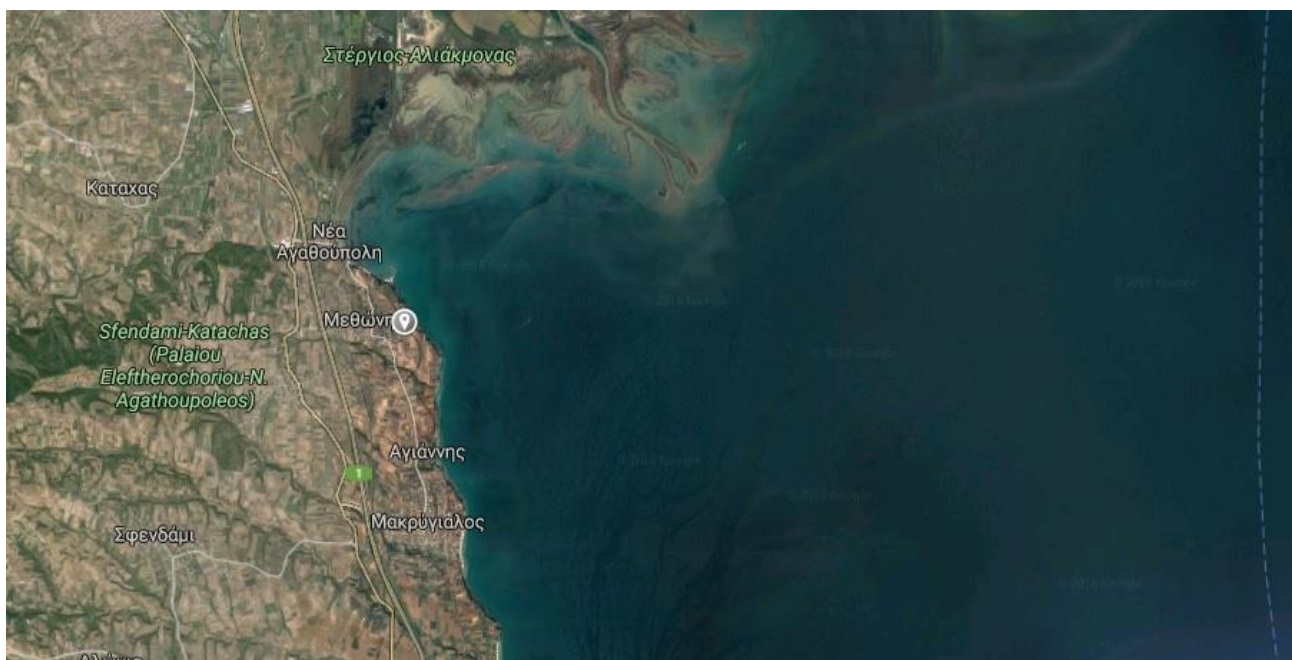
## 4.6 Επιλογή θέσης βιομηχανίας

Βασικό βήμα προγραμματισμού είναι να βρεθεί η κατάλληλη θέση για την εγκατάσταση της μονάδας παραγωγής και αναβάθμισης του βιοαερίου. Ο παρακάτω κατάλογος παρουσιάζει μερικές σημαντικές θεωρήσεις, που πρέπει να γίνονται πριν επιλεγεί η θέση της μελλοντικής εγκατάστασης:

- Η θέση πρέπει να βρίσκεται σε κατάλληλη απόσταση από κατοικημένες περιοχές προκειμένου να αποφευχθούν δυσχέρειες, ενοχλήσεις και ως εκ τούτου συγκρούσεις σχετικές με τις οσμές και την αυξημένη κυκλοφορία από και προς την εγκατάσταση παραγωγής βιοαερίου.
- Πρέπει να προσδιοριστεί η κατεύθυνση των κύριων ανέμων της περιοχής, προκειμένου να αποφευχθεί οι μυρωδιές που μεταφέρονται από τον αέρα να φθάσουν σε κατοικημένες περιοχές.

- Η θέση πρέπει να έχει εύκολη πρόσβαση σε υποδομές όπως είναι το δίκτυο ηλεκτρισμού, προκειμένου να διευκολυνθεί η πώληση του ηλεκτρισμού και οι κύριοι δρόμοι, προκειμένου να διευκολυνθεί η μεταφορά της πρώτης ύλης.
- Πρέπει να διερευνηθεί η ποιότητα του εδάφους στην υποψήφια θέση πριν αρχίσει η κατασκευή.
- Η επιλεγμένη θέση δεν πρέπει να βρίσκεται σε μια πιθανή περιοχή που μπορεί να πληγεί από πλημμύρα.
- Η θέση πρέπει να βρίσκεται σχετικά κοντά στην πρώτη ύλη, στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση των αποστάσεων, του χρόνου και των δαπανών για τη μεταφορά της πρώτης ύλης.
- Για λόγους οικονομικής αποδοτικότητας, η εγκατάσταση του πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στους δυνητικούς χρήστες των παραγόμενων προϊόντων. Εναλλακτικά, μπορούν να μεταφερθούν πιο κοντά στη θέση της εγκατάστασης άλλοι δυνητικοί χρήστες, όπως βιομηχανίες με απαιτήσεις σε θερμότητα ή θερμοκήπια.
- Το μέγεθος της θέσης πρέπει να είναι κατάλληλο για τις προβλεπόμενες δραστηριότητες και για το παρεχόμενο ποσό Ποσειδωνίας.

Για το λόγο αυτό επιλέγεται μια περιοχή στο Νομό Πιερίας, ανατολικά της Μεθώνης. Η περιοχή αυτή είναι προσβάσιμη από θάλασσα και κοντά σε αυτοκινητόδρομο, συνεπώς την καθιστά ιδανική περιοχή για συγκέντρωση της Ποσειδωνίας.



*Εικόνα 11: Η περιοχή στην οποία θα μπορούσε να γίνει η βιομηχανία εκμετάλλευσης της Ποσειδωνίας, ανατολικότερα της Μεθώνης [25]*

Η περιοχή είναι σχετικά εύκολα προσβάσιμη από την Αδριατική και από το Ιόνιο, χωρίς να είναι μακριά και η Ποσειδωνία που μπορεί να συλλεχθεί από το Αιγαίο Πέλαγος. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα κόστη για κάθε περιοχή της βιομηχανίας.

Περιοχή επεξεργασίας		Κόστος αγοράς	Κόστος εγκατάστασης
Περιοχή 1		30.000.000€	45.000.000€
Περιοχή 2		9.000.000€	16.500.000€
Περιοχή 3		28.500.000€	60.000.000€
Περιοχή 4		38.000.000€	38.000.000€
Περιοχή 5		15.500.000€	16.500.000€
Περιοχή 6		2.000.000€	3.500.000€
Περιοχή 7		3.750.000€	4.800.000€
Σύνολο		126.750.000€	184.300.000€
Αποθήκευση	4.0% του κόστους δυναμικότητας της μονάδας		6.380.000€
Ανάπτυξη βιομηχανίας	9.0% του κόστους δυναμικότητας της μονάδας		14.355.000€
Επιπλέον σωληνώσεις	4.5% του κόστους δυναμικότητας της μονάδας		7.177.500€
Συνολικά άμεσα κόστη			212.212.500€
Πρόσθετα κόστη	10% των ΣΑΚ		21.221.250€
Έξοδα ανά τομέα	10% των ΣΑΚ		21.221.250€
Εργασία εξ αποστάσεως και κατασκευή	20% των ΣΑΚ		42.442.500€
Έκτακτες ανάγκες	10% των ΣΑΚ		21.221.250€
Άλλα κόστη	10% των ΣΑΚ		21.221.250€
Συνολικά έμμεσα κόστη			127.327.500€
Σταθερό κεφάλαιο επένδυσης			339.540.000€
Γη			1.000.000€
Εργασιακό κεφάλαιο			6.000.000€
Συνολικό κεφάλαιο επένδυσης			346.540.000€
Τα κόστη του έργου συνολικά, τα οποία βασίζονται στην περίοδο του καλοκαιριού σε σενάριο ξηρασίας			

Πίνακας 11: Αναλυτικά το κόστος κτήσης και κατασκευής της μονάδας [26]

#### 4.7 Εφαρμογή Σεναρίου

Βασική προϋπόθεση είναι η αφθονία της πρώτης ύλης, δηλαδή της Ποσειδωνίας, η οποία όντως στην περιοχή του Αιγαίου απαντάται σχεδόν παντού. Είναι γεγονός, και έχει θεσμοθετηθεί από την ΕΕ (natura2000.crete.gov.gr) η επιβεβλημένη χαρτογράφηση όλων των λιβαδιών Ποσειδωνίας. Άρα, το δυναμικό της είναι πολύ πιο μεγάλο από αυτό που ως τώρα υπολογίζεται, ακόμα και αν συνυπολογιστεί το γεγονός πώς κάποια λιβάδια είναι εντός προστατευμένων περιοχών, λόγω της σημασίας τους στη θαλάσσια ζωή, η αφθονία της πρώτης ύλης πρέπει να θεωρείται δεδομένη.

Επιπλέον το μεταφορικό κόστος από τις παραλίες στην περιοχή της βιομηχανίας είναι μικρό σε σχέση με το κόστος της βιομηχανίας, μπορεί να συμπεριληφθεί στα επιπλέον έξοδα της βιομηχανίας, αλλά ταυτόχρονα μπορεί να υπάρχει η δυνατότητα να καλυφθεί από τον εκάστοτε δήμο που επιθυμεί τον καθαρισμό μιας παραλίας. Παράλληλα, επειδή η Ποσειδωνία δεν καλλιεργείται, δε χρειάζεται να καταβληθεί κάποιο αντίτιμο σε κάποιον άλλο φορέα ή ιδιώτη. Παράλληλα, στις περισσότερες περιοχές ξεβράζεται στις ακτές, ενώ πολύ εύκολα ένας εκσκαφέας αφαιρεί μεγάλες ποσότητες κατά μήκος παραλιών, ικανές για την τροφοδοσία της βιομηχανίας.

Αν θεωρήσουμε ένα ακραίο σενάριο με τη διάρκεια της επένδυσης να είναι 20 χρόνια και το Φορολογικό Συντελεστή να είναι 20% και το επιτόκιο (i) στο 6% (το χαμηλότερο δυνατό) τότε:

$$KTP = (E - \Lambda\Delta - A) * (1 - \Phi\Sigma) + A$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει πως τα έσοδα E θα είναι 175€/MWh με εγκατεστημένη ισχύ 3MW, καθώς το 1MW είναι η οριακή δυναμικότητα για τέτοια μονάδα και 5MW η μέγιστη και θα λειτουργεί για όλο το έτος άρα:

$$E = 175 * 3 * 8.760 = 4.599.000\text{€}$$

$$\Lambda\Delta = 6.000.000 + 1.000.000 = 7.000.000\text{€}$$

$$A = 346.540.000 / 20 = 17.327.000\text{€}$$

Προκύπτει πως  $KTP_t$  είναι:

$$KTP = (4.599.000 - 7.000.000 - 17.327.000) * (1 - 0,20) + 17.327.000$$

Συνεπώς  $KTP = 1.544.600\text{€}$ . Οπότε για την εφαρμογή του κριτηρίου της ΚΠΑ όπως φαίνεται και παρακάτω θα ισχύει ότι:

$$KPA = -K_0 + \sum_{t=1}^n \frac{KTP_t}{(1+i)^t}$$

Άρα:

$$KPA = -346.540.000 + \sum_{t=1}^{20} \frac{1.544.600}{(1+0.06)^t}$$

Όπου προκύπτει ότι  $KPA < 0$  οπότε δεν προκρίνεται μια τέτοια επένδυση. Σε αυτό μπορεί να οφείλονται αρκετοί λόγοι, όπως το μικρό επιτόκιο και τα μεγάλα έξοδα κεφαλαίου. Ίσως, εάν υπήρχε η κυριότητα της περιοχής ή είχε παραχωρηθεί για μια χρονική περίοδο, δηλαδή χωρίς τα έξοδα κτήσης, να προκρινόταν η επένδυση.

## 4.8 Συμπεράσματα

Το πιο σημαντικό πρόβλημα στην προώθηση της χρήσης του βιοαερίου για παραγωγή ενέργειας εστιάζεται στην έλλειψη αποδοτικότητας και ασφάλειας της επένδυσης. Αν το διπλό αυτό εμπόδιο δεν αρθεί έως κάποιο επίπεδο, δεν μπορεί να υπάρξει καμιά χρήση βιοαερίου. Το διπλό αυτό εμπόδιο είναι συχνά συνδεδεμένο με την έλλειψη στρατηγικής για τη χρήση βιομεθανίου αλλά και συνθετικού αερίου στο μέλλον, τόσο σε επίπεδο Ευρώπης όσο και σε επίπεδο κρατών-μελών, αλλά και περιφερειακό και τοπικό επίπεδο σε κάθε κράτος-μέλος.

Εκτός των παραπάνω αναφερόμενων εμποδίων, οι παρακάτω παράγοντες θεωρούνται επίσης βασικής σημασίας:

- Υψηλές τιμές αναβάθμισης βιοαερίου σε σχέση με τις τιμές του ΦΑ
- Μεγάλη γραφειοκρατία κατά τη διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας των μονάδων (Persson M. 2003, Zafiris, Ch. et.al. 2001)

Επιπλέον η διάρκεια της επένδυσης (20 έτη) ίσως να μην είναι η ενδεδειγμένη για κάτι τέτοιο. Ωστόσο, η δυναμικότητα της μονάδας είναι πολύ υψηλή και μπορεί στο βάθος χρόνου να έχει εξαντληθεί η πρώτη ύλη από τις γύρω περιοχές, κάτι που δημιουργεί άλλον ένα αποτρεπτικό παράγοντα καθώς θα πρέπει να συνυπολογιστούν έξοδα από τυχόν μετακινήσεις.

Πέραν αυτών, ο βαθμός απόδοσης, που επιτεύχθηκε εργαστηριακά, είναι απαγορευτικός για βιομηχανική μονάδα. Συνεπώς, νέες μέθοδοι προκατεργασίας πρέπει να αναπτυχθούν, ώστε να δοθεί η δυνατότητα επαρκούς καθαρισμού της πρώτης ύλης. Το συγκεκριμένο σενάριο βασίστηκε σε πραγματικά ποσά, συνεπώς αν θεωρητικά υπήρχαν περικοπές στα ποσά του Πίνακα 11, τότε το σενάριο αυτό ίσως να ήταν βιώσιμο. Πέρα από αυτά, αξίζει να γίνει μελέτη για το αν συμφέρει ο εμπλουτισμός του αερίου που παράγεται για καλύτερα ενεργειακά προϊόντα. Επιπλέον, αξίζει να αναλυθεί κατά πόσο θα βοηθούσε να ήταν μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού/θερμότητας, τουλάχιστον στο κομμάτι της αύξησης των εσόδων.

Παράλληλα θα πρέπει να αναλυθεί το κομμάτι της ζύμωσης στην παραγωγή καυσίμων: εφόσον γίνει ανάλυση για να εξακριβωθεί με ακρίβεια η σύσταση της Ποσειδωνίας, ίσως μπορεί να εξαχθεί καύσιμο και μέσω ζύμωσης, για την οποία υπάρχει πρόβλεψη στην παραπάνω βιομηχανία.

Γενικά, θα πρέπει να αναλυθεί περαιτέρω η βιωσιμότητα μιας τέτοιας επένδυσης, λαμβάνοντας υπόψη περισσότερες παραμέτρους και ένα πολυπλοκότερο, κατ' επέκταση, κριτήριο για ορθότερη εξαγωγή συμπερασμάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ιστοσελίδα: Οικολόγος στις 23/2/2016, 14:24 [www.oikologos.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=155&Itemid=192](http://www.oikologos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=155&Itemid=192)
- [2] The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits, Carole Sylvie Campagne, Jean-Michel Salles, Pierre Boissery, Julie Deter, *Marine Pollution Bulletin* 97 (2015), 391-400
- [3] Ιστοσελίδα: Καθημερινή στις 3/5/2016, 03:51 <http://www.kathimerini.gr/373592/article/epikairothta/ellada/paragwgh-energeias-apo-fykia>
- [4] Ιστοσελίδα: Seagreassrecovery στις 4/5/2016, 20:16 <http://www.seagreassrecovery.com/seagrass/posidonia-oceanica-neptune-grass>
- [5] The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: A natural capital assessment, Paolo Vassallo, Chiara Paoli, Alessio Rovere, Monica Montefalcone, Carla Morri, Carlo Nike Bianchi, *Marine Bulletin* 75 (2013), 157-167
- [6] Ιστοσελίδα: Wikipedia στις 10/12/2015, 11:05 [https://en.wikipedia.org/wiki/Posidonia\\_oceanica](https://en.wikipedia.org/wiki/Posidonia_oceanica)
- [7] Ιστοσελίδα: Solon στις 4/6/2016, 21:20 <http://www.solon.org.gr/index.php/2008-07-15-19-15-04/59-2008-07-15-14-21-06/1384-posidonia-oceanica.html>
- [8] Ιστοσελίδα: Πανεπιστήμιο Duisburg-Essen, 4/6/2016, 22:00, [https://www.uni-due.de/nomatec/themen\\_en.html](https://www.uni-due.de/nomatec/themen_en.html)
- [9] Characterization and thermal degradation kinetics of *Posidonia Oceanica*, Y. Elmay. M. Jeguirim, M. Lajili, L. Limousy, R. Said, International Chemical Engineering Congress, 2013 December 16-19, Djerba, Tunisia
- [10] Gasification and pyrolysis of *Posidonia oceanica* in the presence of dolomite, Juan A, Cinesa, A, Domene, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 113 (2015), 680-689
- [11] Ιστοσελίδα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνίο, σχολή Χημικών Μηχανικών στις 15/12/2015, 14:30 <http://www.chemeng.ntua.gr/courses/emt/files/>
- [12] Cellulose, hemicelluloses, lignin and ash content of some organic materials and their suitability for use as paper pulp supplements, C. Ververis, K. Georghiou, D. Danielidis, D.G. Hatzinikolaou, P. Santas, R. Santas, V. Corleti, *Bioresource Technology* 98 (2007), 296-301
- [13] Ιστοσελίδα: Cretaquarium στις 16/12/2015, 11:30 [www.cretaquarium.gr](http://www.cretaquarium.gr)
- [14] Ιστοσελίδα: Compost στις 4/5/2016, 03:45 [www.compost.gr](http://www.compost.gr)
- [15] The use of banquettes of *Posidonia oceanica* as a source of fiber and minerals in ruminant nutrition. An observational study, C. Castillo, A. R. Mantecon, J. Sotillo, J. L. Bedito, A. Abuelo, C. Gutierrez and J. Hernandez, *Animal* (2014) 1663-1666
- [16] On the use of systems technologies and a systematic approach for the synthesis and the design of future biorefineries, Kokossis A.C. & Yang A. *Computers and Chemical Engineering* 34 (2010), 1397-1405
- [17] Progress and recent trends in biofuels, Demirbas A., *Progress in Energy and Combustion Science* 33 (2007), 1-18

- [18] Green chemistry for the second generation biorefinery-sustainable chemical manufacturing based on biomass, Clark J.H., *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 82 (2007), 603-609
- [19] The future of industrial biorefineries, World Economic Forum, 2010
- [20] Biorefineries: Current status, challenges and future direction, Fernando S., Adhikari S., Chandrapal C. & Murali N., *Energy and Fuels* (2006), 1727-1737
- [21] Ιστοσελίδα: ΔΕΣΜΙΕ στις 23/2/2016, 13:18 [www.desmie.gr/ape-sithya/adeiodotiki-diadikasia-kodikoroiisi-nomothesis-ape/periechomena/timologisi-energeias-ape/](http://www.desmie.gr/ape-sithya/adeiodotiki-diadikasia-kodikoroiisi-nomothesis-ape/periechomena/timologisi-energeias-ape/)
- [22] Οικονομική Ανάλυση Επιχειρήσεων, Π. Κάπρου με τη Συνεργασία του Κ. Ντελκή, Αθήνα 2007, σελίδες 101-103, 105
- [23] Process Design and Economics for the Conversion of Algal Biomass to HydrocarbonsQ Whole Algae Hydrothermal Liquefaction and Upgrading, Jones S., et al Pacific Northwest National Laboratory (2014)
- [24] Ιστοσελίδα: Natural Gas Prices στις 25/6/2016, 14:10, [www.eia.gov/dnav/ng/ng\\_pri\\_sum\\_a\\_EPG0\\_PIN\\_DMcf\\_a.htm](http://www.eia.gov/dnav/ng/ng_pri_sum_a_EPG0_PIN_DMcf_a.htm)
- [25] Ιστοσελίδα: Google Maps στις 10/08/2016, 02:10, [maps.google.com](http://maps.google.com)
- [26] Chemicals and Allied Products/Industrial Inorganic Chemicals Index, Menlo Park, U.S. Producer Price Indexes (2008)
- [27] Ιστοσελίδα: GreenSpace στις 4/3/2016, 14:47: [http://documents.rec.org/publications/GreenSpace\\_issue05\\_GR\\_July2014.pdf](http://documents.rec.org/publications/GreenSpace_issue05_GR_July2014.pdf)
- [28] Λυμπεράτος Γ., (2000\_α), Διαχείριση στερεών αποβλήτων. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### 5.1 Gluco test (για μέτρηση α και β γλυκανών)

- 1) Σε ένα φιαλίδιο ρυθμιστικού διαλύματος μεταφέρεται ποσοτικά ένα φιαλίδιο ενζύμου
- 2) Σε δοκιμαστικούς σωλήνες:  
1ml διάλυμα + 10ml γλυκόζης (πρότυπο διάλυμα)  
1ml διάλυμα + 10ml δείγμα  
1ml διάλυμα + 10ml απεσταγμένο νερό
- 3) Επώαση για 15min στους 37°C
- 4) Ανάδευση και φωτομέτρηση έναντι τυφλού σε μήκος κύματος 510nm

#### Υπολογισμοί

mg/dl γλυκόζης = Απορρόφηση δείγματος/ Απορρόφηση προτύπου γλυκόζης \* 100

mmoles/l γλυκόζης = (Απορρόφηση δείγματος/ Απορρόφηση προτύπου γλυκόζης) \* 5,55

Η με δημιουργία καμπύλης αναφοράς που θα έχει προκύψει για μετρήσεις απορρόφησης σε διάφορες συγκεντρώσεις.

### 5.2 DNS Test (για μέτρηση ολικών σακχάρων)

- 1) Παρασκευή διαλύματος DNS και σταντάρισμα φωτομέτρου στα 540nm με διαλύματα γλυκόζης διαφόρων συγκεντρώσεων
- 2) 300μl νερό + 200μl δείγμα + 500μl διάλυμα DNS (500μl + 500μl DNS για το τυφλό)
- 3) Βρασμός στους 100°C για 5min
- 4) Αραίωση μέχρι 5ml
- 5) Φωτομέτρηση στα 540nm

Η διαφορά 5.2.5 – 5.1.4 δίνει τις πεντόζες, ενώ από την ποσότητα της γλυκόζης μπορεί να υπολογιστεί η κυτταρίνη (ή το άμυλο στην περίπτωση αμυλούχων δειγμάτων) στο αρχικό δείγμα.

### 5.3 Ποσοτικός προσδιορισμός πρωτεϊνών

Ο ακριβής προσδιορισμός των πρωτεϊνών στα τρόφιμα (πολύπλοκα συστήματα) παρουσιάζει δυσκολίες που αφορούν κυρίως την απομόνωση και καθαρισμό των πρωτεϊνών από τα άλλα συστατικά των τροφίμων που προκαλούν παρεμπόδισεις. Καθώς η μέση περιεκτικότητα των πρωτεϊνών σε N είναι 16%, ο συντελεστής μετατροπής αζώτου (Αζωτο:Πρωτεΐνη) (N:P)=6.25 χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό των πρωτεϊνών μέσω της περιεκτικότητας σε N.

Η περιεκτικότητα σε N των τροφίμων προσδιορίζεται ποσοτικά με τη μέθοδο Kjeldahl, η οποία προσδιορίζει το ολικό N και βασίζεται στη χώνευση των οργανικών ενώσεων με θειικό οξύ παρουσία καταλύτη και μετατροπή του αζώτου σε αμμωνία που προσδιορίζεται με τιτλοδότηση. Περαιτέρω ο λόγος Αζώτου: Πρωτεΐνης (N: P) = 6.25 (συντελεστής μετατροπής αζώτου) χρησιμοποιείται συνήθως για τον ποσοτικό προσδιορισμό των πρωτεϊνών μέσω της

περιεκτικότητας σε Ν. Έτσι το πρωτεϊνικό περιεχόμενο των τροφίμων δίνεται ως ακατέργαστη πρωτεΐνη που προκύπτει ως:

$$\% \text{ πρωτεΐνη} = \text{N} \times 6.25$$

Το άζωτο όμως των πρωτεϊνών στα διάφορα τρόφιμα μεταβάλλεται εξαρτώμενο από τα περιεχόμενα αμινοξέα, αλλά το άζωτο αποτελείται επιπλέον από πρωτεϊνικό Ν αλλά και από Ν που περιέχεται σε μη πρωτεϊνικά συστατικά (ελεύθερα πεπτίδια και αμινοξέα, νουκλεϊκά οξέα και προϊόντα υποβάθμισής τους, αμίνες, βεταΐνες, ουρία βιταμίνες και αλκαλοειδή. Ο μέσος συντελεστής μετατροπής για τον υπολογισμό της πραγματικής πρωτεΐνης με βάση την αναλογία των ολικών υπολειμμάτων αμινοξέων προς το άζωτο των αμινοξέων που προσδιορίστηκε για διάφορες κατηγορίες τροφίμων και βρέθηκε κυμαινόμενος όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. [11]

Προϊόν	Συντελεστής	Προϊόν	Συντελεστής
Γαλακτοκομικά	6.02-6.15	Πατάτες	5.18
Αυγά	5.73	Φυλλώδη λαχανικά	5.14-5.30
Κρέας και ψάρια	5.72-5.82	Φρούτα	5.18
Σιτηρά και όσπρια	5.40-5.93	Μικροβιακές πρωτεΐνες	5.78-6.61

Πίνακας 12. Συντελεστές μετατροπής (N:P) στα τρόφιμα [11]

## 5.4 Υπηρεσίες Οικοσυστημάτων

Πιο συγκεκριμένα, ως υπηρεσίες των οικοσυστημάτων ορίζονται οι υπηρεσίες που παρέχονται από το φυσικό περιβάλλον και ωφελούν τον άνθρωπο. Οι υπηρεσίες αυτές περιλαμβάνουν τη διατροφή, το νερό, την ξυλεία και άλλες πρώτες ύλες απαραίτητες για την κοινωνική ευημερία, φυσικές διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση, η εδαφογένεση κ.α. που διαμορφώνουν την καθαρότητα του αέρα, το κλίμα και τις βροχοπτώσεις, καθώς και πολιτιστικές υπηρεσίες, στις οποίες εντάσσονται η αισθητική του τοπίου και η αναψυχή. Η βιοποικιλότητα, ως συστατικό στοιχείο των λειτουργιών των οικοσυστημάτων, παίζει πρωταρχικό ρόλο στην ικανότητά τους να παρέχουν αυτές τις υπηρεσίες.

Η αποτίμηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών είναι ένα μέσο για την εκτίμηση με οικονομικούς όρους της παροχής των προϊόντων και υπηρεσιών οικοσυστήματος. Η έννοια αυτή γεννήθηκε μέσα από την αυξανόμενη ανησυχία που προκαλεί η απώλεια της βιοποικιλότητας και των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων, σε συνάρτηση με τη θέσπιση του θεσμού της εμπορίας δικαιωμάτων ρύπων. Καθώς πολλές από τις υπηρεσίες οικοσυστημάτων διατίθενται ήδη δωρεάν, χωρίς αγοραπωλησία και τιμές, και η πραγματική μακροπρόθεσμη αξία τους δεν περιλαμβάνεται στις οικονομικές εκτιμήσεις της κοινωνίας, σκοπός είναι η ενσωμάτωση των οικονομικών αξιών της βιοποικιλότητας και των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων στη χάραξη πολιτικής και η βελτίωση των διαδικασιών λήψης περιβαλλοντικών αποφάσεων.

Το 2000, ο ΟΗΕ ξεκίνησε μια πρωτοβουλία αποτίμησης των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων σε παγκόσμιο επίπεδο, τα συμπεράσματα της οποίας καταγράφηκαν στην αντίστοιχη έκθεση (Millennium Ecosystem Assessment) η οποία ολοκληρώθηκε το 2005 και καθορίζει τέσσερις κύριες κατηγορίες οικοσυστημικών υπηρεσιών:

Υπηρεσίες παροχής δηλ. προϊόντα που αποκτώνται από τα οικοσυστήματα όπως τροφή π.χ. σιτηρά, φρούτα, ψάρια, νερό, πρώτες ύλες και καύσιμα π.χ. ξυλεία, βαμβάκι, φαρμακευτικές ουσίες, γενετικό υλικό/τράπεζα γονιδίων π.χ. γονίδια και γενετική πληροφορία χρήσιμη για την εκτροφή ζώων, τη καλλιέργεια φυτών και τη βιοτεχνολογία, Αισθητική, καλλωπισμός π.χ. λουλούδια

Ρυθμιστικές υπηρεσίες δηλ. οφέλη από τις οικοσυστημικές λειτουργίες όπως επίδραση στην ποιότητα του αέρα, ρύθμιση του κλίματος, προστασία κατά τη διάρκεια ακραίων καιρικών φαινομένων, ρύθμιση των ροών ύδατος, βιορύθμιση αποβλήτων, καθαρισμός υδάτων, αποτροπή διάβρωσης εδάφους, διατήρηση κύκλου θρεπτικών στοιχείων και γονιμότητας εδάφους, επικονίαση, βιολογικός έλεγχος.

Πολιτιστικές υπηρεσίες όπως αισθητική απόλαυση, ευκαιρίες για αναψυχή και τουρισμό, καλλιτεχνική έμπνευση, πνευματική ευημερία, εκπαίδευση.

Θεμελιώδεις υπηρεσίες απαραίτητες για τη λειτουργία όλων των άλλων υπηρεσιών όπως η διατήρηση του κύκλου ζωής, ο κύκλος του νερού, η παροχή ενδιαιτήματος, η παραγωγή οξυγόνου, η εδαφογένεση.

Στην ίδια κατεύθυνση η Ευρωπαϊκή Ένωση ανέπτυξε μια αντίστοιχη πρωτοβουλία για την Ευρώπη και με βάση την Ευρωπαϊκή Στρατηγική για τη Βιοποικιλότητα για το έτος 2020, θέσπισε πρόσφατα ένα πλαίσιο εργασίας και τα κριτήρια για την Χαρτογράφηση και Αξιολόγηση των Οικοσυστημάτων και των Υπηρεσιών τους. [<http://www.ecovalue-crete.eu/el/node/155>, 4/3/2016 14:44]

Σύμφωνα με την παγκόσμια πρωτοβουλία η Οικονομία των Οικοσυστημάτων και της Βιοποικιλότητας (The Economics of Ecosystem and Biodiversity - TEEB), οι υπηρεσίες οικοσυστήματος είναι η άμεση και έμμεση συνεισφορά των οικοσυστημάτων στην ανθρώπινη ευημερία. Οι πιο πολλές μελέτες εντοπίζουν 4 κατηγορίες υπηρεσιών οικοσυστήματος:

1. Οικότοπος - Οικολογικές λειτουργίες που διέπουν την παραγωγή των υπηρεσιών οικοσυστήματος (βιότοποι, διατήρηση βιοποικιλότητας).
2. εφόδια – αγαθά που παράγονται, όπως: τροφή, νερό, ξύλο, καύσιμα, φάρμακα.
3. ρύθμιση - τα οφέλη που απορρέουν από διεργασίες οικοσυστήματος, όπως ρύθμιση του κλίματος, καθαρισμός του νερού, έλεγχος της διάβρωσης, πρόληψη των πλημμυρών.
4. Πολιτισμός - άυλα οφέλη από τα οικοσυστήματα: αναψυχή, τουρισμός, πνευματικότητα.

Το Μάιο του 2011, η ΕΕ ενέκρινε την ανακοίνωση «η ασφάλεια ζωής μας, το φυσικό μας κεφάλαιο: μια στρατηγική της εε για τη βιοποικιλότητα με ορίζοντα το 2020» (COM [2011] 244). στόχος για το 2020: η ανάσχεση της υποβάθμισης των οικοσυστημικών υπηρεσιών και η αποκατάστασή τους όσο είναι εφικτό.

Ο 2ος στόχος είναι να διασφαλιστεί ότι: «μέχρι το 2020, τα οικοσυστήματα και οι υπηρεσίες τους διατηρούνται και ενισχύονται με τη δημιουργία πράσινων υποδομών και την αποκατάσταση τουλάχιστον του 15% των υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων.» αυτό θα αφορά τη χαρτογράφηση και την αξιολόγηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών τους εντός του 2014. το ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο υιοθέτησε την ανακοίνωση με ψήφισμα τον απρίλιο 2012.

τον μαιο 2013, η εε υιοθέτησε την ανακοίνωση «Πράσινες υποδομές (GI) - Βελτίωση του Φυσικού Κεφαλαίου της ευρώπης», την οποία ενέκρινε το ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο τον Δεκέμβριο 2013. Ορίζει την πράσινη υποδομή ως «στρατηγικό σχεδιασμό του δικτύου των φυσικών και ημι-φυσικών περιοχών με άλλες περιβαλλοντικές λειτουργίες που έχουν σχεδιαστεί και διεθύνονται με σκοπό την παροχή ποικίλων υπηρεσιών οικοσυστήματος.» Η έννοια της πράσινης υποδομής εστιάζει στην ανάπτυξη των υπηρεσιών οικοσυστήματος με την ενσωμάτωση φυσικών λύσεων στη χωροταξία και την εδαφική ανάπτυξη. Απαιτούνται καλύτερη γνώση των υπηρεσιών οικοσυστήματος και σαφή παραδείγματα προώθησης των πολλαπλών ωφελειών τους. το έργο GreenInfraNet βοηθάει στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων προβάλλοντας καινοτόμα παραδείγματα και βέλτιστες πρακτικές. [27]

## 5.5 ASTM D-3173 και D-3174

Η μέθοδος D-3173 που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της υγρασίας χρησιμοποιείται για την ανάλυση δειγμάτων άνθρακα. Το ίδιο και η μέθοδος D-3174 για την τέφρα που παράγεται από καύση άνθρακα. Το χαρακτηριστικό αυτής της μεθόδου είναι η επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων όσες φορές εκτελεστεί.

Η μέθοδος έχει ως εξής: το δείγμα πρέπει να είναι κονιορτοποιημένο και να περάσει από κόσκινο 250mm σύμφωνα με τη μέθοδο D-2013 ή την εφαρμογή D-346. Η μεταφορά περίπου 1g (με ακρίβεια 0,1mg) από το δείγμα σε κάψουλα και καλύπτεται γρήγορα. Εναλλακτικά, χρησιμοποιείται ξηρός άνθρακας που έχει προσδιοριστεί η υγρασία του βάση της μεθόδου D-3173. Μετά την αφαίρεση των καλυμμάτων, τοποθετείται η κάψουλα σε κρύο κλίβανο και θερμαίνεται σε τέτοιο βαθμό ώστε να φτάσει τη θερμοκρασία των 450-500°C σε μία ώρα. Με το πέρας της δεύτερης ώρα η θερμοκρασία πρέπει να είναι 700-750°C. Για τις επόμενες 2 ώρες η κάψουλα παραμένει σε αυτή τη θερμοκρασία. Στη συνέχεια τοποθετείται το κάλυμμά της για να ελαχιστοποιηθεί η πρόσληψη υγρασίας και ζυγίζεται για να προσδιοριστεί η τέφρα

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής χρησιμοποιήθηκαν ελαφρώς τροποποιημένες οι παραπάνω μέθοδοι για τον προσδιορισμό της υγρασίας και της τέφρας σε δείγματα από Ποσειδωνία.

