



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

Μεταπτυχιακή Εργασία

**«ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ
ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ
ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΩΝ ΜΕ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ
ΧΩΝΕΥΣΗΣ»**

**Αρβανιτάκης Ανδρέας
Μηχανικός Μεταλλείων-Μεταλλουργός**

**Επιβλέπων:
Δ. Δαμίγος, Επίκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

Αθήνα, Οκτώβριος 2012

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**



Μεταπτυχιακή Εργασία

**«ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΩΝ ΜΕ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ»**

**Αρβανιτάκης Ανδρέας
Μηχανικός Μεταλλείων-Μεταλλουργός**

Η παρούσα διπλωματική εξετάστηκε επιτυχώς.

Η τριμελής επιτροπή

.....
Δαμίγος Δημήτριος
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Καλαμπάκος Δημήτριος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Κορωναίος Χριστοφής
Επισκέπτης Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα έρευνα αποτελεί την Πτυχιακή μου εργασία στο πλαίσιο των σπουδών μου στο Διεπιστημονικό - Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου «Περιβάλλον και Ανάπτυξη». Αντικείμενο της εργασίας αποτέλεσε η χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση μιας ολοκληρωμένης μονάδας επεξεργασίας υπολειμμάτων εσπεριδοειδών που προκύπτουν από αντίστοιχες βιομηχανίες χυμοποίησης, με τη χρήση τεχνολογίας αναερόβιας χώνευσης, στην περιοχή του Άργους. Αφορμή για την ενασχόλησή μου με το εν λόγω αντικείμενο υπήρξε η εγκατάστασή μου για μεγάλο χρονικό διάστημα στην περιοχή αυτή, η οποία έχει σημαντική παραγωγή εσπεριδοειδών.

Η εκπόνησή της ξεκίνησε τον Οκτώβριο του 2011 και ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2012, υπό την επίβλεψη του κ. Δαμίγου Δημήτριου, Επίκουρου Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για όλες τις συμβουλές, την ουσιαστική βοήθεια και την καθοδήγησή του, που υπήρξαν πολύτιμες και καθοριστικές για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Αισθάνομαι, επίσης, την υποχρέωση να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Κορωναίο Χριστοφή, Επισκέπτη Καθηγητή του Διεπιστημονικού - Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.) «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» της Σχολής Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για τις συμβουλές και τις υποδείξεις του και τον κ. Καλιαμπάκο Δημήτριο, Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για τις συμβουλές του και την προθυμία του να συμμετάσχει στην Εξεταστική Επιτροπή.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κ. Ρόκο Δημήτριο, Ομότιμο Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, γιατί διεύρυνε τους ορίζοντές μου και μου πρόσφερε εναλλακτικές επιλογές σκέψης και κρίσης.

Οφείλω επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους συμφοιτητές μου, με τους οποίους ανέπτυξα μια ιδιαίτερη φιλία, για τις ωραίες στιγμές, τη στήριξη και την άψογη συνεργασία τους κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος, στην αξιότιμη κα. Γρομητσάρη Άννα για όσα μου έχει προσφέρει μέχρι σήμερα, και στους υπόλοιπους

φίλους μου, και ειδικότερα τον αδελφικό μου φίλο, και παθιασμένο επιστήμονα με σπάνιο ήθος, Γαβριελάτο Γεράσιμο, για την απλόχερη και δημιουργική φιλία τους.

Τέλος, ευχαριστώ ιδιαίτερα τους γονείς μου, Νίκο και Ουρανία και την αδερφή μου Καλλιόπη για την τεράστια αγάπη και την αμέριστη ηθική και οικονομική συμπαράσταση, καθ' όλη τη διάρκεια της μέχρι τώρα πορείας μου.

Ξεχωριστά θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αδαμαντία-Ηλέκτρα Λύρα που είναι δίπλα μου στις καλές αλλά και στις άσχημες στιγμές και, κυρίως, για την υπομονή της, το κουράγιο που μου προσέφερε όλα αυτά τα χρόνια, την εμπιστοσύνη της στις δυνάμεις μου, και την πολύτιμη στήριξη και ενθάρρυνσή της κατά την προσπάθεια πραγματοποίησης των στόχων μου.

Σας ευχαριστώ όλους!

Οκτώβριος 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού και, δυστυχώς, της αλόγιστης υπερκατανάλωσης ενέργειας, η διαρκώς αυξανόμενη τιμή του πετρελαίου, αλλά και ο φόβος εξάντλησής του τις επόμενες δεκαετίες, η εξόρυξη και χρήση ορυκτών καυσίμων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις όλων των παραπάνω, είναι οι παράγοντες που ορίζουν το ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη.

Η Ελληνική ενεργειακή πολιτική για λόγους γεωπολιτικής και ενεργειακής ανεξαρτησίας στηρίχθηκε στην εκμετάλλευση των αποθεμάτων λιγνίτη, χρησιμοποιώντας συμπληρωματικά τα μεγάλα υδροηλεκτρικά φράγματα. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει στροφή προς το φυσικό αέριο με σκοπό τη μείωση της ζήτησης πετρελαίου, το οποίο, όμως, αποτελεί επίσης πηγή περιορισμένη και εξαντλήσιμη. Οι επιλογές λοιπόν για τις μελλοντικές ενεργειακές πηγές περιορίζονται στην πυρηνική ενέργεια και τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως οι κάτοικοι αντιδρούν στην προοπτική της πυρηνικής ενέργειας. Στην Ελλάδα η πυρηνική επιλογή έχει από καιρό αποκλειστεί (αν και είχαν γίνει σχετικές δηλώσεις περί πυρηνικής ενέργειας το 2008 χωρίς αποτέλεσμα). Η επιλογή που μένει να ερευνηθεί λοιπόν είναι αυτή των ΑΠΕ, καθώς είναι οι μόνες πηγές ενέργειας που επιβαρύνουν το περιβάλλον κατά το ελάχιστο δυνατό και λόγω της συνεχούς τεχνολογικής τους εξέλιξης βελτιώνεται η απόδοσή τους.

Στην παρούσα εργασία διερευνάται ένα από τα συστήματα ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας που ονομάζεται Αναερόβια Χώνευση. Πρόκειται για μια βιολογική διεργασία κατά την οποία παράγεται κυρίως μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) από οργανική ύλη, με τη συνδυασμένη δράση μεικτού μικροβιακού πληθυσμού, υπό συνθήκες απουσίας οξυγόνου. Ως τελικό προϊόν προκύπτει σταθεροποιημένη ιλύς, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό ή υλικό επικάλυψης. Η αναερόβια επεξεργασία χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για παραπάνω από ένα αιώνα. Κύριος σκοπός της αναερόβιας χώνευσης είναι η αποδόμηση και καταστροφή των οργανικών ενώσεων.

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική ανάλυση μιας ολοκληρωμένης μονάδας επεξεργασίας υπολειμμάτων που προκύπτουν από βιομηχανίες χυμοποίησης εσπεριδοειδών. Η παραγωγή εσπεριδοειδών αποτελεί μια καλλιέργεια αρκετά κερδοφόρα και απευθύνεται τόσο στην εγχώρια όσο και στην αγορά

του εξωτερικού. Τα προϊόντα τους χρησιμοποιούνται στη φαρμακευτική, την αρωματοποιεία, την ποτοποιία, τη ζαχαροπλαστική και τη μαγειρική. Τα απόβλητα όμως που προκύπτουν από την επεξεργασία τους αποτελούνται από 75 - 80% στερεά και 20 - 25% υγρά απόβλητα. Τα στερεά απόβλητα (φλοιός, πούλπα) επεξεργάζονται για την παραγωγή αιθέριων ελαίων, ζωοτροφών και compost (εδαφοβελτιωτικό), ενώ τα υγρά απόβλητα ακολουθούν βιολογικές διεργασίες. Ο λόγος εκπόνησης της παρούσας μελέτης ήταν η ουσιαστική έλλειψη ολοκληρωμένης μέριμνας για τη διαχείριση αυτών των αποβλήτων με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος και της ζωής των κατοίκων των γύρω περιοχών. Αφορμή για την ενασχόλησή μου υπήρξε η εγκατάστασή μου για μεγάλο χρονικό διάστημα σε αντίστοιχη περιοχή και, συγκεκριμένα, στο Ναύπλιο.

Αρχικά στην εργασία αναφέρεται γιατί επιλέγεται η τεχνολογία της αναερόβιας χώνευσης και έπειτα ακολουθεί μια μικρή ανάλυση της συγκεκριμένης μεθόδου, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της, παράγοντες που την επηρεάζουν και ο μηχανισμός λειτουργίας της. Γίνεται αναφορά στη διάκριση των 'καθαρών' τεχνολογιών σε φυσικοχημικές και βιολογικές ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους και στις γενικές απαιτήσεις και τα μέρη ενός συστήματος αναερόβιας χώνευσης. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται στοιχεία για τα εσπεριδοειδή, τη χυμοποίηση και την επεξεργασία των υπολειμμάτων τους. Έπειτα ακολουθεί η χρηματοοικονομική ανάλυση μιας μονάδας αναερόβιας χώνευσης υπολειμμάτων εσπεριδοειδών και οι παραδοχές στις οποίες στηρίζεται. Τέλος, παρουσιάζεται η κοινωνικοοικονομική ανάλυση της ίδιας εγκατάστασης, οι παράγοντες που μεταβάλλονται σε σχέση με τη χρηματοοικονομική ανάλυση και τα συμπεράσματα.

ABSTRACT

The continuous increase of population and, unfortunately, the thoughtless overconsumption of energy, the permanently increasing price of oil, but also the fear of exhaustion the next decades, the excavation and use of fossil fuels and the provoked environmental consequences are the main factors that shape the energy problem of the planet.

For geopolitical reasons and energy independence, the Greek energy policy was based on the exploitation of lignite reserves, using additionally the big hydroelectric dams. The last few years there was a turn to natural gas aiming at the reduction of oil demand, which, however, constitutes also a limited power source. The choices therefore for the future energy sources are limited in the nuclear energy and the Renewable Energy Sources (RES). In most cases however the residents react in the prospect of nuclear energy. In Greece the nuclear choice has been excluded for a long time (even though there were relative statements to nuclear energy in 2008, but without a result). The choice that remains therefore is that of RES, while they are the only source of energy that pollutes the environment at the minimal possible rate and because of their continuous technological development, their output is improved.

At the present study we investigate one of the biomass exploitation energy systems that is called Anaerobic Digestion. It is a biological activity whose main products are methane (CH_4) and dioxide of coal (CO_2) from organic matter, with the combined action of mixed microbial population, under conditions of oxygen's absence. The final product is stabilised silt, which can be used as fertile or groundcovering material. The anaerobic treatment is effectively used for more than one century. Main aim of anaerobic digestion is the deconstruction and destruction of organic unions.

Objective of the present study is the financing and socio-economic analysis of a citrus industrial remains treatment unit. The citrus production is very profitable and refers both to the domestic and the market abroad. Their products are used in pharmaceutical, perfumes, liquors, pastries and cooking. The results however of their treatment are 75 - 80% solid and 20 - 25% humid waste. The solid waste (skin, pulp) is further processed to produce ethereal oil, forages and compost, while the humid waste goes through biological treatment. The reason of development of the present study was the essential lack of a

completed plan for the management of those wastes, that drives to the devalorisation of the environments' quality and the residents' lives. My motive was my installation for a long period in a place like that and specifically in Nauplio.

Initially it is explained why the anaerobic digestion technology was selected and then there is a small analysis of this particular method, the advantages and the disadvantages, factors that influence the process and the operation mechanism. There is a report in the discrimination of “clean” technologies in physicochemical and biological depending on their characteristics and their general requirements and the parts of an anaerobic digestion system. Afterwards, information is presented about the citrus fruits, the juicing and the treatment of their remains. Next comes the financing analysis of a citrus waste anaerobic digestion unit and the assumptions in which it is based. Finally comes the socio-economic analysis of the same unit, the factors that are altered concerning the financing analysis and the conclusions.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

- 2.1 Ιστορική αναδρομή
- 2.2 Υφιστάμενη κατάσταση
- 2.3 Βιολογική διαδικασία
- 2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα
- 2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση
 - 2.5.1 Θερμοκρασία
 - 2.5.2 Ph
 - 2.5.3 Αναλογία C/N
 - 2.5.4 Θρεπτικά στοιχεία
 - 2.5.5 Τοξικές ουσίες
 - 2.5.6 Υδραυλικός χρόνος παραμονής και οργανική φόρτιση
- 2.6 Μικροβιολογία
 - 2.6.1 Υδρόλυση
 - 2.6.2 Οξεογένεση
 - 2.6.3 Οξικογένεση
 - 2.6.4 Μεθανογένεση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- 3.1 Εισαγωγή
- 3.2 Φυσικοχημικές Μέθοδοι
- 3.3 Βιολογικές Μέθοδοι
- 3.4 Μέθοδοι Ανάλυσης
- 3.5 Σχεδιασμός συστήματος αναερόβιας χώνευσης
 - 3.5.1 Γενικές απαιτήσεις
- 3.6 Μέρη συστήματος
- 3.7 Προβλήματα στην αξιοποίηση του βιοαερίου στην Ελλάδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΥΜΟΥ

- 4.1 Ο μύθος του πορτοκαλιού
- 4.2 Ιστορικά
- 4.3 Χυμοποίηση
- 4.4 Επεξεργασία υπολειμμάτων χυμοποιείων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ

ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΩΝ

- 5.1 Εισαγωγή
- 5.2 Περιγραφή μονάδας
- 5.3 Χρηματοοικονομική ανάλυση της μονάδας
 - 5.3.1 Παραδοχές
 - 5.3.2 Κόστος συντήρησης και λειτουργίας
 - 5.3.3 Έσοδα μονάδας
 - 5.3.4 Ιδιωτική αξιολόγηση της επένδυσης
- 5.4 Κοινωνικοοικονομική ανάλυση της μονάδας
 - 5.4.1 Παραδοχές
 - 5.4.2 Κοινωνική αξιολόγηση της επένδυσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Περιεχόμενοι Πίνακες

- Πίνακας 1.1: Χώρες με τη μεγαλύτερη κάλυψη ενεργειακών αναγκών από πυρηνική ενέργεια το 2005.
- Πίνακας 1.2: Παραδείγματα πυρηνικών ατυχημάτων
- Πίνακας 2.1: Ισοδύναμα καύσιμα με βιοαέριο που παράγεται ανά τόνο οργανικών
- Πίνακας 2.2: Εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς από βιομάζα στην Ελλάδα
- Πίνακας 2.3: Διάφορες τιμές pH για τη βέλτιστη ανάπτυξη ορισμένων μεθανογόνων μικροοργανισμών
- Πίνακας 2.4: Συστατικά αναγκαία για την αναερόβια χώνευση
- Πίνακας 2.5: Επίδραση της αμμωνίας στη διεργασία
- Πίνακας 2.6: Οριακές τιμές συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων σε διαλυτή μορφή
- Πίνακας 2.7: Οριακές τιμές συγκεντρώσεων ανόργανων στοιχείων
- Πίνακας 2.8: Τα κυριότερα υδρολυτικά ένζυμα
- Πίνακας 2.9: Κύρια οξέα και αλκοόλες
- Πίνακας 3.1: Διαδικασία αδειοδότησης
- Πίνακας 4.1: Παγκόσμια παραγωγή εσπεριδοειδών & συμμετοχή (%) παραγωγών χωρών (μέσος όρος πενταετίας 98/99-02/03)
- Πίνακας 4.2: Κατανομή των εσπεριδοειδών στις κυριότερες χώρες της Ευρώπης (2004)
- Πίνακας 4.3: Παραγωγή εσπεριδοειδών των χωρών της Παραμεσόγειου Ζώνης (CLAM), μέσος όρος πενταετίας 98/99-02/03
- Πίνακας 4.4: Περίοδος συγκομιδής διαφόρων ποικιλιών
- Πίνακας 4.5: Κατανομή καλλιεργούμενων εκτάσεων και ειδών εσπεριδοειδών στους νομούς της χώρας για το έτος 2004
- Πίνακας 5.1: Τυπική σύσταση βιοαερίου
- Πίνακας 5.2: Αναγκαίες υποδομές της μονάδας και κόστος
- Πίνακας 5.3: Βοηθητικός μηχανολογικός εξοπλισμός και κόστος
- Πίνακας 5.4: Προϋπολογισμός έργου
- Πίνακας 5.5: Κόστος συντήρησης κτηριακών υποδομών και εξοπλισμού
- Πίνακας 5.6: Μισθολογικό κόστος
- Πίνακας 5.7: Έσοδα μονάδας
- Πίνακας 5.8: Ταμειακές ροές αποτελέσματα χρηματοοικονομικής ανάλυσης

Πίνακας 5.9: Έσοδα μονάδας

Πίνακας 5.10: Εκτίμηση εξωτερικού κόστους για τη λιγνιτική μονάδα του Αγ. Δημητρίου

Πίνακας 5.11: Οικονομικά αποτελέσματα κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης

Περιεχόμενα Σχήματα

- Σχήμα 2.1: Σχηματική αναπαράσταση κύκλου αναερόβιας χώνευσης
- Σχήμα 2.2: Χρήσεις βιοαερίου
- Σχήμα 2.3: Μετατροπή οργανικού υλικού
- Σχήμα 2.4: Βιοαποδόμηση οργανικού υλικού
- Σχήμα 2.5: Στάδια αναερόβιας χώνευσης
- Σχήμα 2.6: Διεργασία αναερόβιας χώνευσης
- Σχήμα 3.1: Τυπική μονάδα αναερόβιας χώνευσης
- Σχήμα 3.2: Διάγραμμα ροής τυπικής μονάδας χώνευσης
- Σχήμα 3.3: Συμβατικοί αντιδραστήρες α) Μερικής ανάμιξης, β) πλήρους ανάμιξης
- Σχήμα 3.4 :Συμβατικοί αντιδραστήρες δύο σταδίων
- Σχήμα 4.1: Συμμετοχή των οπωρώνων εσπεριδοειδών επί του συνόλου των ευρωπαϊκών οπωρώνων (2002)
- Σχήμα 4.2: Αξιοποίηση ελληνικής παραγωγής εσπεριδοειδών, μέσου όρου τριετίας 01-02 μέχρι 03-04

Περιεγόμενες Εικόνες

Εικόνα 1.1: Πυρηνικά εργοστάσια ανά τον κόσμο

Εικόνα 1.2: Η Διεθνής Κλίμακα Πυρηνικών Συμβάντων (International Nuclear Event Scale), κλίμακα επικινδυνότητας, όπως την όρισε η Διεθνής Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΙΑΕΑ).

Εικόνα 1.3: Διαμαρτυρία της περιβαλλοντικής οργάνωσης Greenpeace

Εικόνα 1.4: Ποσοστιαία σύσταση οικιακών απορριμμάτων

Εικόνα 2.1: Αναερόβιος χώνευτήρας

Εικόνα 2.2: Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας

Εικόνα 2.3: Ρυθμός αναερόβιας χώνευσης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία

Εικόνα 3.1 : Εγκαταστάσεις Αναερόβιας χώνευσης

Εικόνα 4.1: Ο Ηρακλής και οι Εσπερίδες

Εικόνα 4.2: Άνθη πορτοκαλιάς

Εικόνα 4.3: Καρποί πορτοκαλιού

Εικόνα 4.4: Δομή των οπωρώνων εσπεριδοειδών στην Ε.Ε. (2004)

Εικόνα 4.5: Γεωγραφική κατανομή της καλλιέργειας πορτοκαλιών στην Ελλάδα

Εικόνα 4.6: Η πεδιάδα του Αργους και των Μυκηνών

Εικόνα 4.7: Οι πορτοκαλέωνες της Αργολίδας σήμερα

Εικόνα 4.8: Χάρτης μονάδων μεταποίησης εσπεριδοειδών νότιας Ευρώπης

Εικόνα 5.1: Αεριομηχανές (καύση βιοαερίου)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι επιλογές για τις μελλοντικές ενεργειακές πηγές περιορίζονται είτε στα ορυκτά καύσιμα, είτε στην πυρηνική ενέργεια και τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Δεδομένου του ποσοτικού περιορισμού των ορυκτών καυσίμων για τα επόμενα χρόνια, απομένουν μακροπρόθεσμα οι δύο τελευταίες πηγές. Σήμερα, λειτουργούν 443 πυρηνικοί αντιδραστήρες (Εικόνα 1.1) για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε 30 χώρες και το 2004 κάλυπταν το 16% της παγκόσμιας ζήτησης σε ηλεκτρισμό (ο λιγνίτης και ο λιθάνθρακας αποτελούν το 39%) (Πίνακας 1.1), ενώ ήδη κατασκευάζονται 27 νέοι σταθμοί. Ως το 2030 εκτιμάται πως η παγκόσμια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας θα έχει αυξηθεί κατά 85%, ενώ αν η πυρηνική βιομηχανία καταφέρει να διπλασιάσει την απόδοσή της, θα έχει επιτύχει μόλις να κρατήσει το 16% της αγοράς (Naftemporiki, 2012).

Οι κάτοικοι όμως των περισσότερων χωρών είναι είτε επιφυλακτικοί, είτε αντίθετοι με την πυρηνική ενέργεια. Βασικές αιτίες είναι ο φόβος και η συνεχής απειλή (Εικόνα 1.2) των συνεπειών πιθανών ατυχημάτων (Πίνακας 1.2), με πιο πρόσφατο παράδειγμα το 2011 στην Ιαπωνία (λίστα συμβάντων και ατυχημάτων υπάρχει στις σελίδες <http://www.infoplease.com/ipa/A0001457.html> και <http://archive.greenpeace.org/comms/nukes/chernob/rep02.html>) και η επισφαλής διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων.

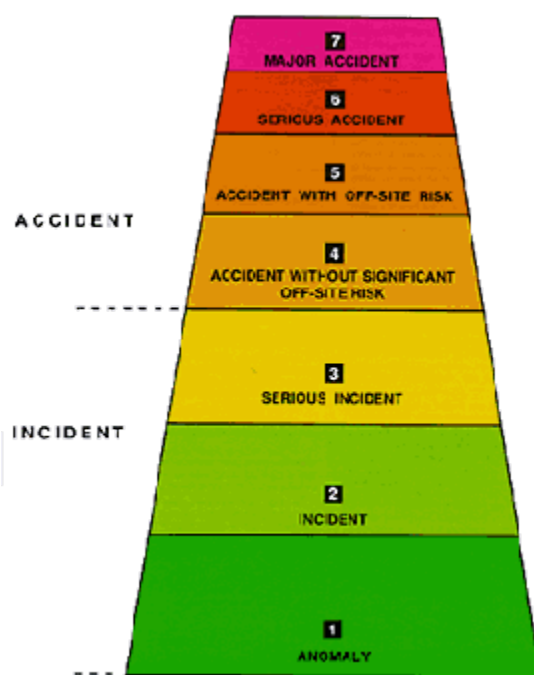


Εικόνα 1.1: Πυρηνικά εργοστάσια ανά τον κόσμο (Πηγή: International Nuclear Safety Center)

Πίνακας 1.1: Χώρες με τη μεγαλύτερη κάλυψη ενεργειακών αναγκών από πυρηνική ενέργεια το 2005

Χώρα	(%)
Γαλλία	78.5
Λιθουανία	69.6
Σλοβακία	56.1
Βέλγιο	55.6
Ουκρανία	48.5
Σουηδία	46.7
Κορέα	44.7
Βουλγαρία	44.1
Αρμενία	42.7
Σλοβενία	42.4
Ουγγαρία	37.2
Φινλανδία	32.9

(Πηγή: Βιβλιοθήκη Ελληνοαμερικάνικου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος, 2009)



Εικόνα 1.2: Η Διεθνής Κλίμακα Πυρηνικών Συμβάντων (International Nuclear Event Scale), κλίμακα επικινδυνότητας, όπως την όρισε η Διεθνής Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΙΑΕΑ).

Πίνακας 1.2: Παραδείγματα πυρηνικών ατυχημάτων

Βαθμίδα	Παράδειγμα ατυχήματος
Βαθμίδα 7:	<ul style="list-style-type: none"> Έκρηξη στη μονάδα 4 του πυρηνικού σταθμού Τσερνόμπιλ (Ουκρανία, 26 Απριλίου 1986).
Βαθμίδα 6:	<ul style="list-style-type: none"> Ατύχημα στο σταθμό επεξεργασίας πυρηνικών αποβλήτων Kyshtym με διαρροή ραδιενεργών υλικών (Ρωσία, 1957).
Βαθμίδα 5:	<ul style="list-style-type: none"> Διαρροή ραδιενεργών υλικών στο Windscale (Ηνωμένο Βασίλειο, 1957). Μερική τήξη του πυρήνα του αντιδραστήρα στον πυρηνικό σταθμό Three-Mile Island (ΗΠΑ, 29 Μαρτίου 1979).
Βαθμίδα 4:	<ul style="list-style-type: none"> Διαρροή ραδιενεργών υλικών στη μονάδα επεξεργασίας πυρηνικών αποβλήτων Windscale (Ηνωμένο Βασίλειο, 1973). Σημαντικές ζημιές σε πυρηνικές εγκαταστάσεις (Saint Laurent, Γαλλία, 1980). Έκθεση εργατών σε ακτινοβολία (Αργεντινή, 1983)

(Πηγή: Βιβλιοθήκη Ελληνοαμερικάνικου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος, 2009)

Στην Ελλάδα η πυρηνική επιλογή έχει αποκλειστεί από καιρό αφήνοντας ανοιχτό το δρόμο στην έρευνα επί των ΑΠΕ. Οι ΑΠΕ αποτελούν πηγές ενέργειας που προσπαθούν να μην επιβαρύνουν κατά το δυνατό το περιβάλλον και μπορούν να στηρίξουν,

χρησιμοποιώντας τη ραγδαία αναπτυσσόμενη σχετική τεχνολογία, μια ολοκληρωμένη πρόταση που να ικανοποιεί τις μακροπρόθεσμες απαιτήσεις των επερχόμενων ενεργειακών αναγκών της χώρας. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) χαρακτηρίζονται εκείνες που εκμεταλλεύονται την ήδη υπάρχουσα ροή ενέργειας της φύσης και άρα είναι ανεξάντλητες και δεν προκαλούν ρύπανση στο περιβάλλον. Σε αυτές περιλαμβάνονται η αιολική ενέργεια, η ηλιακή, η υδραυλική, η γεωθερμική, η ενέργεια από τη θάλασσα και η βιομάζα. Διαφέρουν ως προς το πεδίο εφαρμογής, την αποδοτικότητα, και την εξέλιξη της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας (Βικιπαιδεία, 2010).

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας αποτελεί η αναερόβια χώνευση στερεής οργανικής ύλης από υπολείμματα χυμοποιείων εσπεριδοειδών. Επιλέγεται αυτή η μέθοδος γιατί η αναερόβια διεργασία είναι κατάλληλη για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου από ιδιαίτερα μολυσμένα υγρά απόβλητα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται πια στην επεξεργασία των στερεών βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης επιτυγχάνεται χάρη στη βοήθεια μεθανογόνων βακτηρίων που δεν έχουν ανάγκη από οξυγόνο προκειμένου να διασπάσουν τις οργανικές ενώσεις από τα απόβλητα. Μειονέκτημα της αναερόβιας επεξεργασίας αποτελεί το γεγονός της αργής αποικοδόμησης των οργανικών ενώσεων λόγω της χαμηλότερης μεταβολικής δραστηριότητας των μικροοργανισμών που δρουν σε αυτή, σε σχέση με τους αερόβιους, με αποτέλεσμα η μέθοδος αυτή να παρουσιάζει μεγαλύτερη ευαισθησία από την αερόβια επεξεργασία. Πλεονέκτημα αποτελεί η ανάκτηση συμαντικής ποσότητας μεθανίου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο, γεγονός που εξηγεί την ολοένα και αυξανόμενη εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας για την επεξεργασία των αποβλήτων. Επίσης, παράγονται πολύ μικρότερες ποσότητες ιλύος (Malina et al, 1992). Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση είναι η θερμοκρασία, το pH, η αλκαλικότητα, τα θρεπτικά στοιχεία, οι τοξικές ουσίες κ.α. Το κόστος της βιολογικής αυτής μεθόδου είναι αρκετά χαμηλό λόγω της ταυτόχρονης παραγωγής βιοαερίου.

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί καθαρή, κλειστή και άοσμη διαδικασία μετατροπής οργανικών αποβλήτων σε αέριο καύσιμο και σε σταθεροποιημένο λίπασμα μέσω της δράσης μικροβιακής καλλιέργειας. Το βιοαέριο που παράγεται από το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη παραγωγή θερμότητας, ατμού ή ηλεκτρικής ενέργειας, προϊόντα που είτε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για της λειτουργικές ανάγκες της εγκατάστασης ή να

πωληθούν. Τα υπόλοιπα προϊόντα αποδίδουν πρόσθετο κέρδος, που αυξάνουν τα έσοδα της επιχείρησης. Η διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα ήδη αποβλήτων όπως, απορρίμματα χαρτιού, απορρίμματα επεξεργασίας τροφίμων, γεωργικά απορρίμματα, ακαθαρσίες υπονόμων και βιομηχανική ιλύς, απορρίμματα αυλών ή πρασινάδων, κ.ά.

Ανάλογα με την επιλεγμένη ενεργειακή πολιτική κάθε χώρας, ποικίλλει και ο αριθμός των μονάδων παραγωγής βιοαερίου σε αυτές. Ακόμα και/ή ειδικά σε μικρά ή απομονωμένα χωριά με ελάχιστα έργα υποδομής η χρήση μεθόδων αναερόβιας χώνευσης μπορεί να αποτελέσει έργο προτεραιότητας με ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα στη δημόσια υγιεινή καθώς και στην παραγωγή λιπασμάτων και καύσιμης ύλης (μαγείρεμα ή θέρμανση). Το ενδιαφέρον και ο αριθμός αντίστοιχων μονάδων για παραγωγή βιοαερίου αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια σε παγκόσμια κλίμακα. Στη χώρα μας η χρήση της αναερόβιας χώνευσης βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο, ενώ οι υπάρχουσες εφαρμογές περιορίζονται σε μονάδες επεξεργασίας της παραγόμενης λυματολάσπης στις Μονάδες Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων (π.χ. Ηράκλειο, Πάτρα, κ.λπ.) και σε ελάχιστες υποβοηθητικές μονάδες σε χοιροτροφεία και σφαγεία.

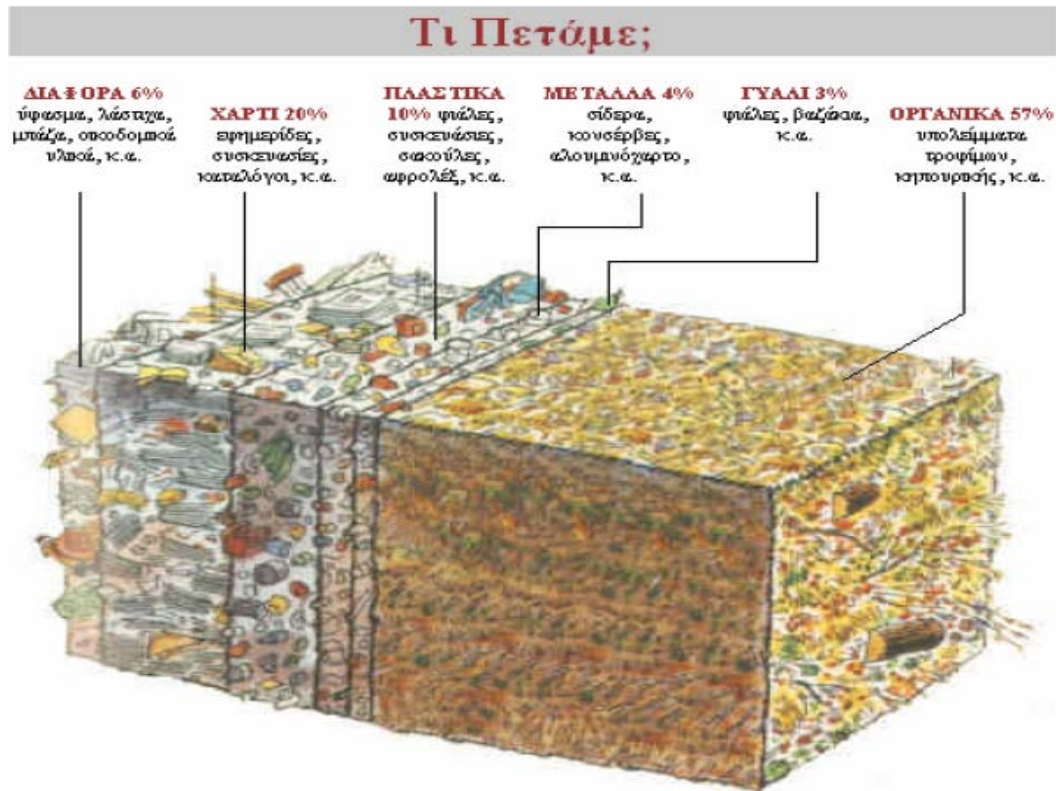
Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, λόγω της ταχύτατης πληθυσμιακής αύξησης, αλλά και της ανάγκης του ανθρώπου για αναβάθμιση του βιοτικού του επιπέδου, χωρίς όμως δυστυχώς την απαιτούμενη επένδυση στην καλλιέργεια της παιδείας, παρατηρείται μεγάλη αύξηση του όγκου των αποβλήτων, με αποτέλεσμα να δημιουργείται σοβαρό παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Η τεχνολογική ανάπτυξη ωστόσο μας δίνει τη δυνατότητα να επεξεργαστούμε τα διάφορα απορρίμματα με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην ρυπαίνουμε το περιβάλλον ή τουλάχιστον να ρυπαίνουμε όσο το δυνατό λιγότερο.

Ένας από τους διεθνείς στόχους είναι η ανάπτυξη της γεωργίας και της βιομηχανίας χωρίς επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Δυστυχώς, σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες όπως και στην Ελλάδα, γεωργικά και κτηνοτροφικά παραπροϊόντα και υπολείμματα αντίστοιχων βιομηχανιών συνήθως απορρίπτονται σαν στείρα και δημιουργούν σοβαρά προβλήματα μόλυνσης του περιβάλλοντος (Εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.3: Διαμαρτυρία της περιβαλλοντικής οργάνωσης Greenpeace (Greenpeace, 2012)

Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος των σημερινών παραγόντων ρύπανσης θα μπορούσε, με κατάλληλη επεξεργασία, να αποτελέσει νέο εισοδηματικό πόρο υπό τους κανόνες περιβαλλοντικής προστασίας. Η αξιοποίηση αυτών των πρώτων υλών (Εικόνα 1.4), που συνήθως είναι χαμηλού ή και αρνητικού κόστους, μπορεί να μειώσει το κόστος παραγωγής και ταυτόχρονα να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας.



Εικόνα 1.4: Ποσοστιαία σύσταση οικιακών απορριμμάτων (Πηγή: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 2009)

Τα περιβαλλοντικά οφέλη ενός συστήματος αναερόβιας χώνευσης είναι πολλά. Σε αντίθεση με την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων και την αερόβια διεργασία, η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης εμποδίζει την απελευθέρωση αερίων και οσμών. Η ίδια διαδικασία καταστρέφει τους παθογόνους μικροοργανισμούς δημιουργώντας εδαφοβελτιωτικό πολλαπλών εφαρμογών και ασφαλούς απόθεσης. Το αναερόβιο σύστημα έχει την ικανότητα να μετατρέψει μέχρι και το 85% του οργανικού άνθρακα των στερεών οργανικών αποβλήτων σε βιοαέριο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων ή προκειμένου να παράγει ηλεκτρική ενέργεια προς πώληση. Συμπερασματικά, μειώνει κατά το δυνατό τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse Gases - GHG) και τα ποσοστά μόλυνσης των υπόγειων υδάτινων πόρων με αποδέκτες θάλασσες, λίμνες και ποτάμια. Η διαδικασία ανάλογα με την τροφοδοσία μειώνει τον όγκο των στερεών πρώτων υλών μέχρι και 45% (Malina et al, 1992) και το compost που προκύπτει μπορεί να θεωρηθεί σαν προϊόν ικανό προς πώληση (αν είναι καλής ποιότητας ή έστω σαν υλικό επικάλυψης για τους ΧΥΤΑ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

2.1 Ιστορική αναδρομή

Η φυσική διεργασία της αναερόβιας χώνευσης μπορεί να περιγραφεί ως η βιολογική διεργασία κατά την οποία οργανικό υλικό, απουσία οξυγόνου, μετατρέπεται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και απαντάται σε έλη, λίμνες ή θαλάσσια ιζήματα όπου δεν υπάρχει οξυγόνο (όπως και στο πρώτο στομάχι των μηρυκαστικών). Το βιοαέριο παράγεται συνήθως σε χώρους υγειονομικής ταφής αποβλήτων (ΧΥΤΑ) ή κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, σε εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης οργανικών αποβλήτων, σε κατάλληλους αντιδραστήρες,.

Η ύπαρξη αυτών των αερίων ήταν γνωστή από την αρχαιότητα. Αρχικά οι Πέρσες το 18^ο και οι Ασσύριοι το 10^ο αιώνα πΧ τα χρησιμοποιούσαν για να ζεσταίνουν νερό. Πολύ αργότερα, η αφορμή που οδήγησε την επιστημονική κοινότητα στην μελέτη της βιολογικής παραγωγής μεθανίου ήταν η αντίστοιχη παρατήρηση παραγωγής εύφλεκτου αερίου σε βαλτώδη ιζήματα. Το 1764 ο Βενιαμίν Φραγκλίνος έγραψε πως μπορούσε να βάλει φωτιά σε μεγάλη επιφάνεια μιας ρηχής βαλτώδους λίμνης στο New Jersey.

Η πρώτη παρατήρηση αναερόβιων μικροοργανισμών έγινε το 1680 από το Leeuwenhoek, αν και δεν έγινε κατανοητή η ανακάλυψή του. Έπειτα από 200 χρόνια (1862) ακολούθησε η πιστοποίηση της ύπαρξης αναερόβιων βακτηρίων από το Louis Pasteur, ενώ το 1913 ο Beijerinck ταυτοποίησε την ύπαρξη του αναερόβιου μικροοργανισμού *Clostridium butyricum* επαναλαμβάνοντας με ακρίβεια τα πειράματα του Leeuwenhoek. Στα τέλη του 19^{ου} και τις αρχές του 20^{ου} αιώνα η μελέτη της μεθανογένεσης αποτέλεσε αντικείμενο εργασίας μικροβιολόγων όπως οι Poroff, Hoppe-Seyler και Omelianskii. Η πρώτη καλλιέργεια μεθανογόνου μικροοργανισμού, του *Methanobacillus omelianskii* πραγματοποιήθηκε από τον Barker το 1936 (Oremland, 1988).

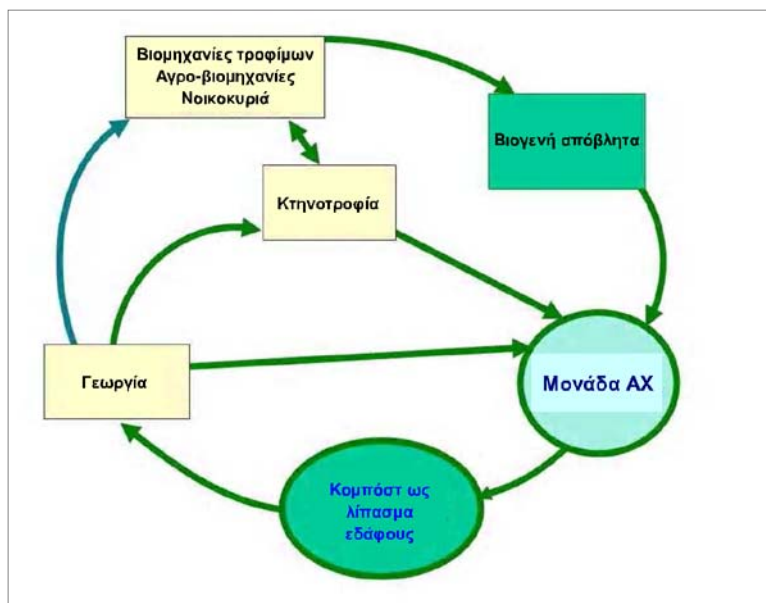
Τη δεκαετία του 1930, έρευνα με επικεφαλής τον Buswell και άλλους επιστήμονες είχε ως αποτέλεσμα την ταυτοποίηση αναερόβιων βακτηρίων και τον εντοπισμό των συνθηκών που οδηγούν στην παραγωγή μεθανίου. Η μεταγενέστερη πρόοδος υπήρξε εφικτή λόγω της ανάπτυξης της μικροβιολογίας.

Η αναερόβια χώνευση για την επεξεργασία της ιλύος βιολογικών καθαρισμών χρησιμοποιείται για περισσότερο από έναν αιώνα τώρα. Το πρώτο εργοστάσιο αναερόβιας χώνευσης λειτούργησε το 1859 στη Βομβάη (Ινδία), ενώ το 1895 στο Έξετερ της Μεγάλης Βρετανίας χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων απ' όπου ανακτήθηκε βιοαέριο από τον Donald Cameron, που κατασκεύασε την πρώτη δεξαμενή χώνευσης, ο οποίος παρατήρησε πως κατά τη χώνευση των στερεών αποβλήτων παράγεται καύσιμο αέριο που περιέχει μεθάνιο το οποίο τελικά χρησιμοποίησε και φωτοδότησε τις λάμπες στους δρόμους της πόλης. Την ίδια εποχή ο Louis H. Mouras στην πόλη Vesoul της Γαλλίας έφτιαξε αναερόβιους αντιδραστήρες για την επεξεργασία της ιλύος των αστικών λυμάτων (Malina and Pohland, 1992).

Με την πάροδο του χρόνου γινόταν πιο κατανοητή η διαδικασία και η μικροβιολογία της αναερόβιας χώνευσης, ενώ παράλληλα αρτιότερος εξοπλισμός και καλύτερες τεχνικές εφευρίσκονταν προκειμένου να εκμεταλλευτούν τα όλο και πιο ορατά οφέλη της. Εκείνη τη χρονική περίοδο όμως ήταν που έγινε άφθονη η παραγωγή χαμηλού κόστους άνθρακα και πετρελαίου με αποτέλεσμα η παραγωγή μεθανίου να κριθεί οικονομικά ασύμφορη. Σχετική ανάκαμψη της παραγωγής μεθανίου εμφανίστηκε κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, λόγω της έλλειψης καυσίμων, έπειτα όμως η αναερόβια χώνευση ξεχάστηκε και πάλι.

Παρά τις επιφυλάξεις των Δυτικών, που χρησιμοποιούσαν αυτή τη μέθοδο αρχικά μόνο ως τεχνική χώνευσης ιλύος λυμάτων, οι αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Ινδία και η Κίνα άρχισαν να δείχνουν έντονο ενδιαφέρον γι' αυτήν την τεχνολογία σημειώνοντας σταδιακή αύξηση των -μικρής κλίμακας- συστημάτων αναερόβιας χώνευσης. Η συστηματική βιομηχανική παραγωγή βιοαερίου και η χρήση κλειστών θερμαινόμενων δεξαμενών για τη βελτιστοποίηση της αναερόβιας χώνευσης προέκυψαν μετά το 1962 και την εγκατάσταση του πρώτου θερμαινόμενου αντιδραστήρα στη Γερμανία. Σήμερα θεωρείται λογικό, εξάλλου είχε συμβεί ξανά στο πρόσφατο παρελθόν, η ενεργειακή κρίση του 1973 και του 1979 να υπήρξε ο λόγος που αναζωπυρώθηκε το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη απλών συστημάτων αναερόβιας χώνευσης για την παραγωγή μεθανίου ως ενεργειακό

καύσιμο. Ωστόσο, η βιασύνη και η ελλιπής, ακόμα και τότε, γνώση σχετικά με την κατανόηση του μηχανισμού της αναερόβιας χώνευσης οδήγησαν σε πολλές αποτυχίες. Εκτός όμως από την παραγωγή βιοαερίου, η αναερόβια χώνευση έγινε γενικότερα αποδεκτή ως μια φθηνή περιβαλλοντική τεχνολογία για τη σταθεροποίηση των αποβλήτων και την επεξεργασία της οργανικής ύλης (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1: Σχηματική αναπαράσταση κύκλου αναερόβιας χώνευσης (Πηγή: Περιβαλλοντικές Απόψεις, 2011)

2.2 Υφιστάμενη κατάσταση

Σήμερα, η αναερόβια επεξεργασία με ταυτόχρονη παραγωγή μεθανίου είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τη σταθεροποίηση της παραγόμενης λάσπης στις μονάδες βιολογικής επεξεργασίας αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, ενώ χρησιμοποιείται ακόμη για την επεξεργασία στερεών απορριμμάτων και αστικών λυμάτων (Gunaseelan, 1997).

Παρά το γεγονός της ύπαρξης πλήθους δημοσιευμάτων, από την έναρξη ακόμα της έρευνας επί της αναερόβιας χώνευσης, για την λειτουργία των αναερόβιων χωνευτών και τη μικροβιολογία της διεργασίας, η πληθώρα υποστρωμάτων και μικροοργανισμών που λαμβάνουν μέρος στη συνολική διεργασία προκαλεί δυσκολίες στην σύγκριση των αποτελεσμάτων, γι' αυτό τελευταία γίνεται προσπάθεια σύνδεσης της μικροβιολογίας της

αναερόβιας χώνευσης με τις πρακτικές παρατηρήσεις επί των αναερόβιων αντιδραστήρων.

Στις ΗΠΑ η βιομάζα καλύπτει περίπου το 7% της ενεργειακής ζήτησης, ενώ στη Σουηδία το 20% και στον Καναδά το 11%. Η χρήση βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες: καύσιμα από ξύλο και δασικά υπολείμματα, απόβλητα γεωργικών βιομηχανιών και αγροτικά παραπροϊόντα, αστικά και κτηνοτροφικά απόβλητα, και ενεργειακές καλλιέργειες.

Προκειμένου η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στους φιλόδοξους στόχους που τέθηκαν το 1992 (Ρίο), το 1997 (Κιότο) και το 2002 (Γιοχάνεσμπουργκ) στις συνδιασκέψεις του ΟΗΕ για το περιβάλλον και την βιώσιμη ανάπτυξη, αποφάσισε να αυξήσει το ποσοστό συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην ακαθάριστη εσωτερική ενεργειακή κατανάλωση, θέτοντας στόχους ποσοτικούς αλλά και δεσμευτικά για τα κράτη-μέλη χρονοδιαγράμματα.

Τα τελευταία χρόνια, η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Ελληνική νομοθεσία, με Κοινοτικές Οδηγίες (π.χ. Οδηγία ΕΚ/99/31, 1774/2002. Άρθρο 15. για την έγκριση μονάδων παραγωγής βιοαερίου και μονάδων λιπασματοποίησης, κ.ά.) και χρηματικές επιδοτήσεις [(με το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα του ΚΠΣ "Ανταγωνιστικότητα", το νέο Αναπτυξιακό Νόμο 2601, τη χρηματοδότηση της ΕΕ για προγράμματα ΑΠΕ, όπως «Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη» (2007-2013), το Έβδομο Πρόγραμμα Πλαίσιο για την έρευνα (2007-2013), το σύστημα τιμολόγησης για την ηλεκτροπαραγωγή των ΑΠΕ σύμφωνα με τον Ν.3468/2006) ασκεί πιέσεις για στροφή προς την τεχνολογία αναερόβιας χώνευσης κυρίως για δύο λόγους: α) τις ολοένα αυξανόμενες και ήδη αρκετά υψηλές τιμές της ενέργειας (υψηλή ανάκτηση ενέργειας-παραγωγή βιοαερίου) και β) τους αυστηρούς διεθνείς περιβαλλοντικούς κανονισμούς (περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την λειτουργία μονάδας αναερόβιας χώνευσης), ειδικά για τους ελέγχους στην οργανική ύλη που διατίθενται σε ΧΥΤΑ καθώς και για τους αυστηρούς όρους και προδιαγραφές για την περαιτέρω επέκταση των χώρων υγειονομικής ταφής.

Η νομοθεσία (ΚΥΑ114218/ΦΕΚ1016/17-11-1997 και ΚΥΑ29407/3508/ΦΕΚ1572Β/16-12-02) επιβάλλει τη συλλογή και ενεργειακή εκμετάλλευση του βιοαερίου (ΚΑΠΕ, 2005). Με την καύση του βιοαερίου για ηλεκτροπαραγωγή περιορίζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η συμβολή της διαδικασίας αυτής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου φαίνεται από τα παρακάτω:

- Έκλυση 1 m³ βιοαερίου αντιστοιχεί σε 8,96 kg CO_{2eq}, ενώ
- Καύση 1 m³ βιοαερίου αντιστοιχεί σε 1,96 kg CO_{2eq}.

Το 2002 στην Ευρωπαϊκή Ένωση γινόταν παραγωγή βιοαερίου που αντιστοιχούσε σε 2.762 χιλιάδες τόνους ισοδύναμου πετρελαίου και μάλιστα εμφάνισε αύξηση κατά 9,8% σε σχέση με το 2001. Σήμερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση λειτουργούν περισσότερες από 4.000 μονάδες αναερόβιας χώνευσης με όλους τους τύπους αποβλήτων (περίπου 1.500 μονάδες για κτηνοτροφικά, 1.500 για αστικά, 400 για βιομηχανικά, 600 για απορρίμματα) και παράγουν συνολικά περίπου 2.400 * 10⁶ m³ βιοαερίου (ΚΑΠΕ, 2007).

Το Δεκέμβριο 2005 η Ευρωπαϊκή Ένωση ενέκρινε το Σχέδιο Δράσης για τη Βιομάζα (Biomass action plan) στο οποίο γίνεται ιδιαίτερα αισθητή η επιθυμία και ανάγκη ουσιαστικής συμμετοχής της βιομάζας και του βιοαερίου στην παραγωγή ενέργειας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο (αναφερόμενοι στην Ευρώπη των 25 τότε). Αυτή τη στιγμή το 4% των ενεργειακών αναγκών της Ευρωπαϊκής Ένωσης καλύπτεται από τη χρήση βιομάζας (Πίνακας 2.1). Μάλιστα σε κάποιες χώρες έχουν τεθεί ήδη συγκεκριμένες κατευθύνσεις, όπως στη Δανία προς δημιουργία κεντρικών μονάδων συνδυασμένης χώνευσης αποβλήτων, στη Γερμανία για ανάπτυξη μικρής κλίμακας αγροτοκτηνοτροφικών μονάδων και σε Σουηδία, Ελβετία, Γερμανία και Αυστρία, προς χρήση βιοαερίου ως καύσιμο αυτοκινήτων και διοχέτευσή του στο δίκτυο του φυσικού αερίου. Αν όλα τα κράτη-μέλη αξιοποιούσαν πλήρως το εκάστοτε δυναμικό τους, τότε η Ευρωπαϊκή Ένωση θα αύξανε τη χρήση βιομάζας από 69 εκατομμύρια τόνους το 2003, σε 185 εκατομμύρια τόνους το 2010. Κάτι τέτοιο θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά περισσότερους από 210 εκατ. τόνους ισοδύναμου CO₂ ανά έτος, χιλιάδες νέες θέσεις εργασίας, κυρίως σε αγροτικές περιοχές και ιδανικά, ανάσχεση της αύξησης της τιμής του πετρελαίου λόγω μειωμένης ζήτησης (ΚΑΠΕ, 2005).

Πίνακας 2.1: Ισοδύναμα καύσιμα με βιοαέριο που παράγεται ανά τόνο οργανικών

Βενζίνη	61 λίτρα
Άνθρακας	90 kg
Ηλεκτρική ενέργεια	170 kWh
Θερμότητα	250 kWh

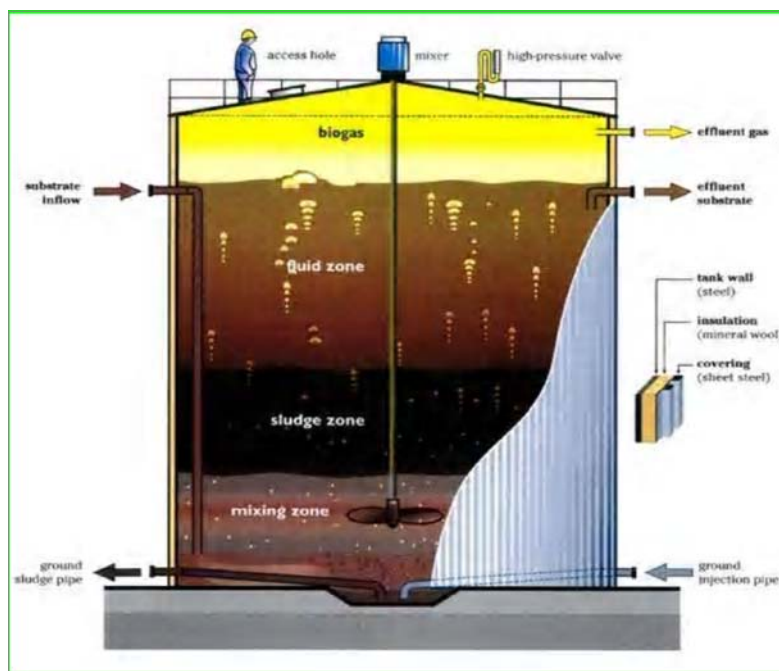
(Πηγή: Biomass Energy, 2010)

Η Ελλάδα λόγω του ορεινού της χαρακτήρα, διαθέτει αρκετές περιοχές με μεγάλη δυναμικότητα γεωργικών, δασικών και κτηνοτροφικών παραπροϊόντων και δύναται να καλύψει ικανοποιητικό ποσοστό των ενεργειακών αναγκών αυτών των περιοχών. Έχουν γίνει διάφορες απόπειρες για την αξιοποίηση της βιομάζας, αλλά εμφανίζονται διάφορα πρακτικά και γραφειοκρατικά προβλήματα, αν και γίνονται συνεχώς προσπάθειες για την ανάπτυξη νέων συστημάτων (Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης). Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όπως είπαμε, για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της μονάδας και το πλεόνασμα είναι δυνατό να πωλείται στη ΔΕΗ (Πίνακας 2.2). Χρήση τέτοιας τεχνολογίας στην Ελλάδα μπορεί να γίνει σε βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων, ελαιολιθραμύδα, τυροκομεία, σφαγεία κ.α. (εικόνα 2.1).

Πίνακας 2.2: Εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς από βιομάζα στην Ελλάδα

Μονάδα	Καύσιμο	Εγκατεστημένη ισχύς (KW)
Ψυτάλλεια	Ιλύς από αστικά απόβλητα	7.500
Άνω Λιόσια	Βιοαέριο χωματερής	13.200
Βόλος	Ιλύς από αστικά απόβλητα	353
Θεσσαλονίκη	Απορρίμματα	240
Ηράκλειο	Ιλύς από αστικά απόβλητα	193
Χανιά	Ιλύς από αστικά απόβλητα	160
Σύνολο		21.646

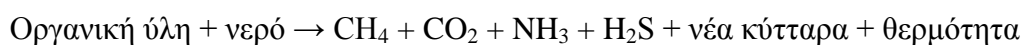
(Πηγή: Invest in Greece, 2009)



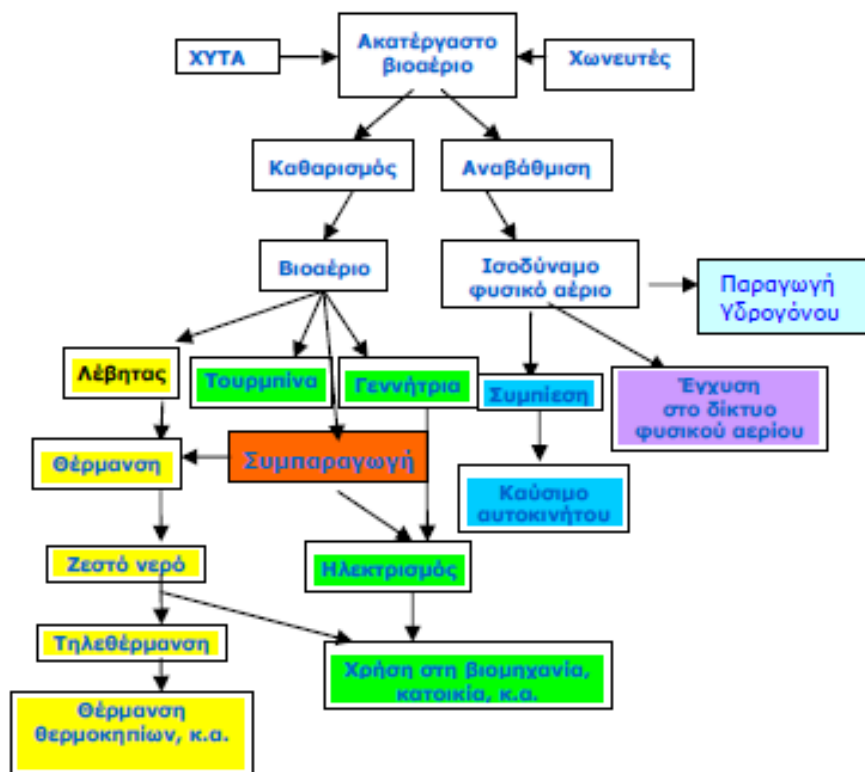
Εικόνα 2.1: Αναερόβιος χωνευτήρας (Πηγή: Sirmet, 2011)

2.3 Βιολογική διαδικασία

Κατά την αναερόβια επεξεργασία, τα οργανικά απόβλητα βιοαποικοδομούνται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες και ελλείψει οξυγόνου και παράγεται βιοαέριο (μίγμα μεθανίου (CH₄ 65-70%) και διοξειδίου του άνθρακα (CO₂ 30-35%)) και χωνεμένη ιλύς.



Τα αποτελέσματα της αναερόβια χώνευσης κρίνονται ικανοποιητικά όταν το ποσοστό του μεθανίου στο παραγόμενο βιοαέριο είναι περίπου 55-70%. Σε περίπτωση μείωσης της περιεκτικότητας (και συνηθέστερα αύξησης αυτής του διοξειδίου) πρέπει να ερευνάνται το σύστημα για παρεμποδιστές. Το βιοαέριο αποδίδει περίπου 20-26 (MJ/m³) ή 6 κιλοβατώρες ανά κυβικό (KWh/m³). Η πιο εύκολη χρήση του είναι να καεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης με αποδοτικότητα περίπου 24% ή σε κλιβάνους με 54%, ενώ για να θεωρηθεί βιώσιμη λύση απαιτείται ημερήσια παραγωγή τουλάχιστον 10 κυβικών (m³/day) (ΚΑΠΕ, 2005).



Σχήμα 2.2: Χρήσεις βιοαερίου (Πηγή: ΚΑΠΕ, 2005)

Κύριος στόχος της αναερόβιας χώνευσης είναι η βιοσταθεροποίηση του οργανικού υλικού χωρίς οσμές, μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών και της τελικής απορροής. Τρία είναι τα κύρια είδη μικροοργανισμών που εμπλέκονται στην αναερόβια χώνευση:

- Τα υδρολυτικά και οξυγενή βακτήρια
- Τα οξικογενή βακτήρια και οι
- Μεθανογόνοι μικροοργανισμοί

Τα είδη των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται και τα μεταβολικά προϊόντα τους εξαρτώνται από τη χημική σύσταση του υποστρώματος, το είδος του χωνευτήρα και τον υδραυλικό χρόνο παραμονής.

Η ιλύς μπορεί να διατηρηθεί ενεργή για αρκετούς μήνες χωρίς να τροφοδοτείται με υπόστρωμα. Η χωνεμένη ιλύς αφού πληροί τις απαραίτητες προδιαγραφές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας μετά την αναερόβια επεξεργασία. Το υγρό υπόλειμμα μπορεί να κυκλοφορεί στον αντιδραστήρα προκειμένου να εξασφαλίζεται η υγρασία του υλικού ή να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα.

Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης εξαρτάται ιδιαίτερα από την κατάσταση ισορροπίας των μικροοργανισμών. Τα συστήματα αναερόβιας χώνευσης που

χρησιμοποιούνται μπορούν να ταξινομηθούν βάσει τεσσάρων κύριων χαρακτηριστικών τους:

- Τη συγκέντρωση των στερεών, διακρινόμενα σε συστήματα χαμηλής, μέσης και υψηλής συγκέντρωσης στερεών
- Τη θερμοκρασία, διακρινόμενα σε θερμόφιλα και μεσόφιλα συστήματα
- Το σύστημα ανάμιξης, διακρίνονται σε συστήματα με μηχανική ανάδευση και σε συστήματα με ανάδευση μέσω αερίων
- Τον αριθμό των φάσεων/ αντιδράσεων, διακρινόμενα σε συστήματα ενός σταδίου και σε συστήματα πολλαπλών σταδίων

Ο χρόνος παραμονής στα συστήματα αναερόβιας χώνευσης διαρκεί περίπου 2 – 3 εβδομάδες.

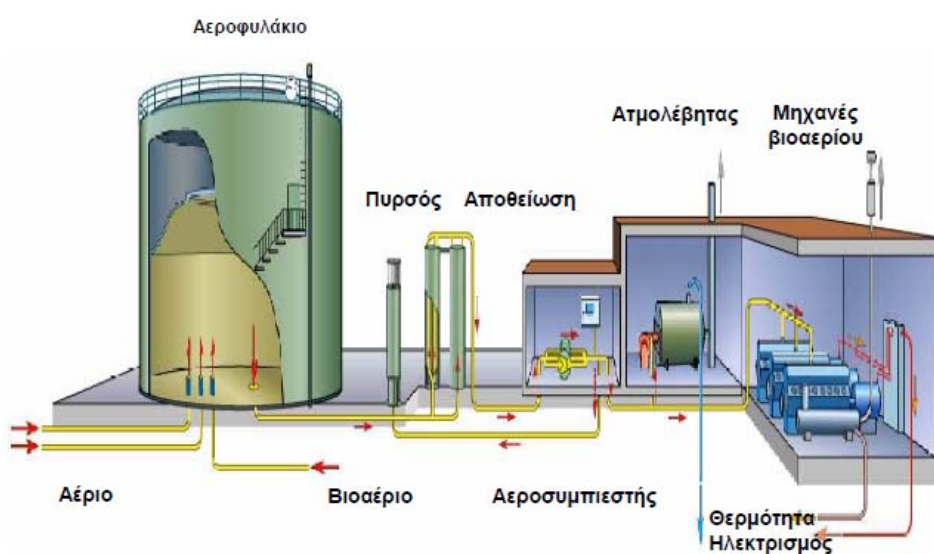
2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Η αναερόβια χώνευση έχει τα εξής πλεονεκτήματα (Lettinga, ,1979, Gerardi, 2003, Gray, 2004, (Bitton, 2005):

- ✓ Δεν απαιτείται πολλή ενέργεια για την επεξεργασία των αποβλήτων, ενώ έχει χαμηλά λειτουργικά έξοδα.
- ✓ Η πρώτη ύλη (οργανικά απόβλητα) έχει μηδενική ή και αρνητική αξία, ενώ τα προϊόντα της μονάδας έχουν εμπορική αξία.
- ✓ Μικρές απαιτήσεις σε θρεπτικά, γιατί ο συντελεστής απόδοσης βιομάζας των αναερόβιων βακτηρίων είναι σχετικά χαμηλός.
- ✓ Επιτυγχάνεται υψηλή απομάκρυνση οργανικού φορτίου (μπορεί να φτάσει μέχρι και το 98%).
- ✓ Παράγεται καλής ποιότητας βιοαέριο το οποίο αφού καθαριστεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμικής (θέρμανση χωνευτήρα ή και εγκαταστάσεων) και ηλεκτρικής ενέργειας (κάλυψη ενεργειακών αναγκών και πώληση) (εικόνα 2.2).
- ✓ Το παραγόμενο βιοαέριο αποτελεί καθαρή, εναλλακτική και ανανεώσιμη μορφή ενέργειας με τεράστια περιβαλλοντικά οφέλη. Το βιοαέριο από την αναερόβια χώνευση δεν βελτιώνει μόνο το ενεργειακό ισοζύγιο μιας χώρας, αλλά συμβάλλει

σημαντικά στη μείωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων, στη διατήρηση των φυσικών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

- ✓ Μείωση της εξάρτησης της χώρας από ξένες ενεργειακές πηγές λόγω εξοικονόμησης συμβατικών καυσίμων.
- ✓ Μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων. Συγκρατούνται οι εκπομπές μεθανίου (CH_4) και νιτρώδους οξειδίου (N_2O) λόγω περιορισμού της ανεξέλεγκτης απόθεσης των αποβλήτων, π.χ. ζωικών περιττωμάτων στην ύπαιθρο ή χρήσης τους ως λίπασμα χωρίς προηγούμενη επεξεργασία.
- ✓ Δημιουργία θέσεων εργασίας και αποαστικοποίηση.
- ✓ Παραγωγή λιγότερης βιομάζας (3-20 φορές) από την αερόβια χώνευση. Μόνο το 5% του οργανικού άνθρακα μετατρέπεται σε βιομάζα, έναντι 50% της αερόβιας χώνευσης. Έτσι για παράδειγμα από έναν τόνο οργανικού υλικού προκύπτουν 20-150 κιλά βιομάζας, έναντι 400-600 κιλών.
- ✓ Παράγεται χαμηλού κόστους εδαφοβελτιωτικό, πλούσιο σε άζωτο, φωσφόρο, κάλιο, ιχνοστοιχεία και ωφέλιμους μικροοργανισμούς, που μπορεί να διατεθεί προς πώληση.
- ✓ Μέθοδος κατάλληλη για τη βιοαποδόμηση αγροτο-βιομηχανικών αποβλήτων.
- ✓ Η ιλύς μπορεί να παραμείνει ενεργή, χωρίς τροφοδοσία για μεγάλο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 2.2: Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (Πηγή: Jenbacher, άγνωστο)

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα είναι τα εξής (Seghezze et al., 1998, Gerardi, 2003, Gray, 2004, (Bitton, 2005):

- ✓ Απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα εγκλιματισμού της μικροβιακής καλλιέργειας, ενώ η συνολική διαδικασία είναι πιο αργή από την αερόβια επεξεργασία.
- ✓ Οι μικροοργανισμοί είναι ευαίσθητοι σε πολλές τοξικές ενώσεις.
- ✓ Τα μεθανογόνα βακτήρια έχουν μικρό ειδικό ρυθμό ανάπτυξης και γι' αυτό απαιτούνται μεγάλοι υδραυλικοί χρόνοι παραμονής.
- ✓ Απαιτείται μεγάλη προσοχή στις απότομες αυξομειώσεις της οργανικής φόρτισης.
- ✓ Μικρότερη ικανότητα καταστροφής παθογόνων μικροοργανισμών σε σχέση με την αερόβια επεξεργασία.
- ✓ Απαιτείται μεγάλη προσοχή στη θερμοκρασία της διεργασίας.
- ✓ Δυσσομία σε περίπτωση που στην εισροή του συστήματος υπάρχουν θειικά.
- ✓ Απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία των εκροών.

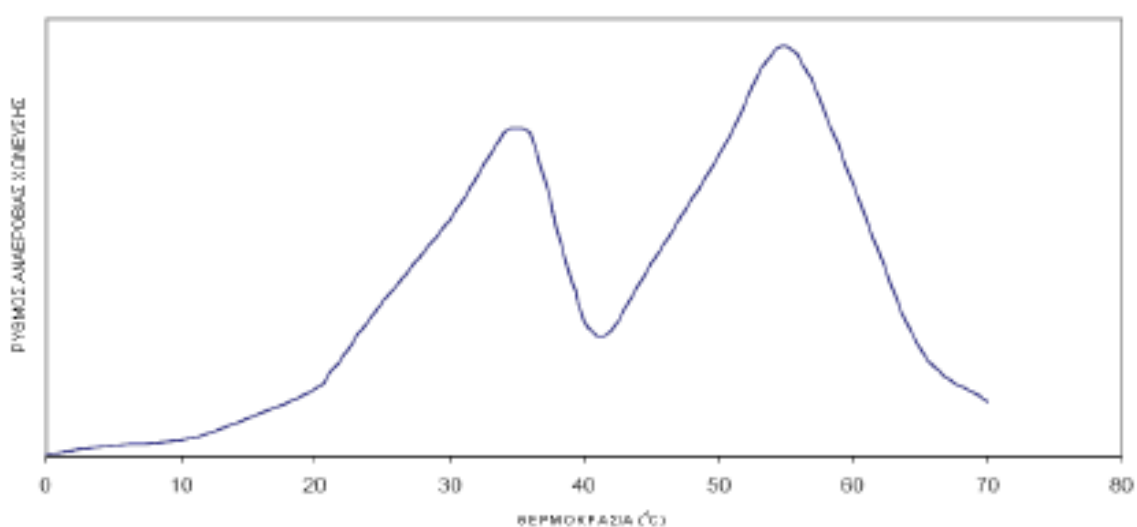
2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση

Παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το pH, η αλκαλικότητα, τα θρεπτικά στοιχεία και οι τοξικές ουσίες επιδρούν στη διαδικασία παραγωγής μεθανίου και μάλιστα πάνω από κάποια όρια έχουν παρεμποδιστική ή ακόμα και ανασταλτική δράση. Πιο συγκεκριμένα, :

- ❖ Θερμοκρασία
- ❖ pH: οι περισσότερες διεργασίες αναερόβιας χώνευσης έχουν ουδέτερο Ph
- ❖ Ο λόγος Carbon / Nitrogen: είναι το μέτρο της σχετικής ποσότητας οργανικού άνθρακα και αζώτου που υπάρχει στην πρώτη ύλη.
- ❖ Αλκαλικότητα: η επάρκειά της είναι σημαντική για τη ρύθμιση του Ph
- ❖ Θρεπτικά στοιχεία: χρειάζονται για την ανάπτυξη και το μεταβολισμό των μικροοργανισμών
- ❖ Τοξικές ουσίες: παρεμποδίζουν την παραγωγή μεθανίου ουσίες όπως το οξυγόνο, η αμμωνία και άλλες ενώσεις
- ❖ Υδραυλικός χρόνος παραμονής και οργανική φόρτιση.

2.5.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι ο κύριος παράγοντας που επιδρά στην ανάπτυξη της μικροβιακής καλλιέργειας. Οι μικροοργανισμοί (κυρίως οι μεθανογόνοι) είναι εξαιρετικά ευαίσθητοι ακόμα και σε μικρές αυξομειώσεις. Υπάρχουν πέντε θερμοκρασιακές περιοχές στις οποίες επιτυγχάνεται η βέλτιστη ανάπτυξη των μικροοργανισμών (υπερθερμόφιλη $T > 80^{\circ}\text{C}$, θερμοφιλή $45-75^{\circ}\text{C}$, μεσόφιλη $30-40^{\circ}\text{C}$, ψυχροαυτοθεκτική $20-30^{\circ}\text{C}$, ψυχρόφιλη $10-20^{\circ}\text{C}$), ενώ από τη θερμοκρασιακή περιοχή στην οποία παρατηρείται η βέλτιστη ανάπτυξη τους χαρακτηρίζονται ανάλογα και τα ίδια τα βακτήρια (Καραγκούνη-Κύρτσου, 1999). Η θερμοκρασία επηρεάζει και τους διαφορετικούς ρυθμούς ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Οι ιδανικές συνθήκες αναερόβιας χώνευσης περιλαμβάνουν υγρό, θερμό και σκοτεινό περιβάλλον. Η βέλτιστη θερμοκρασιακή περιοχή θεωρείται μέχρι τους 60°C , οπότε και ο ρυθμός των αντιδράσεων αυξάνεται (Εικόνα 2.3). Έχουν βρεθεί βέβαια και μεθανογόνοι μικροοργανισμοί σε ακραίες συνθήκες, από 2°C έως και άνω των 100°C . Πρέπει να τονιστεί ωστόσο, πως αν και οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί αντέχουν σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, όπως αναφέρθηκε ήδη, απότομες αυξομειώσεις μπορούν να αποβούν μοιραίες γι' αυτούς άρα και ανασταλτικές για την παραγωγή μεθανίου.



Εικόνα 2.3: Ρυθμός αναερόβιας χώνευσης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία (Ostream, 2004).

2.5.2 pH

Το pH επηρεάζει άμεσα την απόδοση των μικροοργανισμών. Το ιδανικό pH ανάπτυξης και λειτουργίας για τους περισσότερους μεθανογόνους μικροοργανισμούς είναι μεταξύ 6.7 και 7.4 (αν και έχουν παρατηρηθεί και μεθανογόνοι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται στην ακραία γι' αυτούς τιμή pH 3.5 ή και 9) (Bitton G, 1994) (Πίνακας 2.3), ενώ οι ζυμωτικοί μικροοργανισμοί λειτουργούν ικανοποιητικά και σε pH 5 (Angelidaki, et al., 2003). Μεταβολές στις τιμές του pH δύναται να παρατηρηθούν ανάλογα με την αυξομείωση των πτητικών λιπαρών οξέων (οξύ) ή της αμμωνίας (βάση). Σε τέτοιες περιπτώσεις κανονικά το pH αυτορυθμίζεται είτε από τα HCO^{3-} ιόντα που παράγονται κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης (Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater) (επηρεάζουν ουσιαστικά την αλκαλικότητα η οποία οδηγεί σε αλλαγή του pH – με υψηλές τιμές αλκαλικότητας το σύστημα είναι ασφαλέστερο σε διακυμάνσεις του pH, ενώ με χαμηλές τιμές αλκαλικότητας, μια απότομη αύξηση στη συγκέντρωση των πτητικών λιπαρών οξέων μπορεί να προκαλέσει μείωση στο pH και παύση της βιολογικής δραστηριότητας), είτε από την κατανάλωση των οξέων κατά τη μεθανογένεση (Bitton, 1994). Όπως και στην περίπτωση της θερμοκρασίας, έτσι και εδώ οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί είναι οι πιο ευαίσθητοι στη μείωση του pH.

Πίνακας 2.3: Διάφορες τιμές pH για τη βέλτιστη ανάπτυξη ορισμένων μεθανογόνων μικροοργανισμών

Γένος	pH
Methanolobus	6,5-6,8
Methanosaera	6,8
Methanohalobium	6,5-7,5
Methanococcoides	7,0-7,5
Methanospirillum	7,0-7,5
Methanogenium	7,0
Methanothrix	7,1-7,8

(Πηγή: Οδηγός BISSYPLAN, 2012)

2.5.3 Αναλογία C/N

Υπόστρωμα με χαμηλή αναλογία C / N (ή πάρα πολύ άζωτο) μπορεί να προκαλέσει συσσώρευση αμμωνίας με αποτέλεσμα τιμές pH άνω του 8,5 (και αντίστοιχη μείωση της ποιότητας του παραγόμενου κομπόστ), ενώ από την άλλη, σε υπόστρωμα με υψηλή αναλογία C / N, τα μεθανογόνα βακτήρια καταναλώνουν γρηγορότερα το άζωτο και παράγεται λιγότερο φυσικό αέριο (Sanders and Bloodgood, 1965). Ιδανική αναλογία C / N θεωρείται μεταξύ 20-30.

2.5.4 Θρεπτικά στοιχεία

Είναι ουσιαστικής σημασίας η γνώση της χημικής σύστασης και τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος για τον κατάλληλο σχεδιασμό και την κατανόηση της συμπεριφοράς ενός αναερόβιου συστήματος (Kotze et al., 1969). Η επιλογή των μικροοργανισμών εξαρτάται από τα οργανικά και ανόργανα συστατικά της εισροής. Μπορούμε να πούμε πως το διαθέσιμο προς χώνευση υλικό είναι αυτό που διαμορφώνει το μικροβιακό πληθυσμό, καθώς επικρατούν εκείνοι οι μικροοργανισμοί οι οποίοι είναι ικανοί να μεταβολίσουν το συγκεκριμένο υπόστρωμα έναντι αυτών των μικροοργανισμών που δεν έχουν αυτήν την ικανότητα. Για την ομαλή εξέλιξη της διαδικασίας, τα βακτήρια πρέπει να έχουν, εκτός από άνθρακα (C), επαρκείς ποσότητες θρεπτικών [άζωτο (N), φωσφόρος (P)] και ιχνοστοιχείων [θειό (S), σίδηρος (Fe), κοβάλτιο (Co), μολυβδαίνιο (Mo), νικέλιο (Ni), μαγνήσιο (Mg), ασβέστιο (Ca), νάτριο (Na), βάριο (Ba), σελήνιο (Se) και ψευδάργυρος (Zn)] (Gerardi, 2003) (Πίνακας 2.4). Αν το προς επεξεργασία απόβλητο δεν έχει την απαραίτητη ποσότητα θρεπτικών τότε απαιτείται η προσθήκη τους. Τα ιχνοστοιχεία βοηθούν στη μετατροπή του οξικού οξέος σε μεθάνιο και συνήθως βρίσκονται σε επάρκεια στα περισσότερα απόβλητα.

Πίνακας 2.4: Συστατικά αναγκαία για την αναερόβια χώνευση

Στοιχεία	Ιχνοστοιχεία	Θρεπτικά	Ελάχιστες απαιτήσεις (% ΧΑΟ)
Άζωτο		x	3-4
Φώσφορος		x	0,5-1
Θείο	x		0,2
Κοβάλτιο	x		0,01
Σίδηρος	x		0,2
Νικέλιο	x		0,001

(Πηγή: Gerardi, 2003)

2.5.5 Τοξικές ουσίες

Η τοξικότητα παρεμποδίζει τη μεθανογένεση με αποτέλεσμα τη μειωμένη παραγωγή μεθανίου και την αύξηση των πτητικών λιπαρών οξέων με ουσιαστική επίδραση στο pH. Οξυγόνο (παρεμποδίζει την ανάπτυξη των μεθανογόνων), αμμωνία (ανάλογα με το pH αυξάνεται και η τοξικότητά της, ενώ άνω των 3 g/l προκαλεί αναστολή της διεργασίας ανεξαρτήτως pH) (Πίνακας 2.5), θειούχα και θειικά ανιόντα (παρεμποδιστική δράση άνω των 200 mg/l), βαρέα μέταλλα (Ni > Ca > Pb > Cr > Zn κατά σειρά μείωσης τοξικότητας) (Πίνακας 2.6), χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (τοξικοί για τους μεθανογόνους μικροοργανισμούς), φορμαλδεΰδη (κανονικές συγκεντρώσεις κάτω των 5-10 mg/l, παρεμπόδιση μεθανογένεσης στα 50-100 mg/l), αρωματικές ενώσεις (βενζόλιο, τολουόλιο και φαινόλες εμποδίζουν τη μεθανογένεση επειδή μπορούν να δημιουργούν σύμπλοκα με μακρομόρια και μέταλλα), αλατότητα (άνω των 0.2 M NaCl), ανόργανα στοιχεία (Na⁺, K⁺, Ca⁺² και Mg⁺² δρουν παρεμποδιστικά) (Πίνακας 2.7), ανώτερα λιπαρά οξέα (ελαϊκό, καπριλικό, καπρινικό, μυριστικό, παλμιτικό, στεατικό και λαυρικό, δρουν παρεμποδιστικά) και πτητικά λιπαρά οξέα (οξικό, βαλερικό και βουτυρικό εμφανίζουν μικρή τοξικότητα σε ουδέτερο pH) είναι ουσίες με τοξική δράση που οδηγούν σε μείωση της παραγωγής μεθανίου και σε συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων, με επίδραση στο pH [(De Baere et al., 1984), (Hickey et al., 1987), (Malina et al, 1992), (Gallert et al., 1997), (Σκιαδάς, 1998), (Σταματελάτου, 1999), (Mignone, 2005), (Gerardi, 2006)] .

Πίνακας 2.5: Επίδραση της αμμωνίας στη διεργασία

Συγκέντρωση Αμμωνιακού Αζώτου (NH ₃ -N) σε mg/l	Επίδραση
50-200	Ευεργετική
200-300	Όχι αρνητική
1500-3000	Ανασταλτική για pH > 7.4
Πάνω από 3000	Τοξική

(Πηγή: Gallert et al., 1997)

Πίνακας 2.6: Οριακές τιμές συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων σε διαλυτή μορφή

Βαρέα Μέταλλα	Συγκέντρωση σε mg/l
Αρσενικό, As ³⁺	0.5-1
Κάδμιο, Cd ²⁺	0.01-0.02
Νικέλιο, Ni ²⁺	1-2
Χαλκός, Cu ⁺	0.5-1
Χρόμιο, Cr ³⁺	1-1.5
Ψευδάργυρος, Zn ²⁺	0.5-1

(Πηγή: Mignone, 2005)

Πίνακας 2.7: Οριακές τιμές συγκεντρώσεων ανόργανων στοιχείων

	Συγκέντρωση ουσίας (mg/l)	
	Μέτρια παρεμπόδιση	Ισχυρή παρεμπόδιση
Κατιόν		
Na ⁺	3500-5500	8000
K ⁺	2500-4500	12000
Ca ⁺²	2500-4500	8000
Mg ⁺²	1000-1500	3000

(Πηγή: Mignone, 2005)

2.5.6 Υδραυλικός χρόνος παραμονής και οργανική φόρτιση

Υδραυλικός χρόνος παραμονής (Hydraulic Retention Time, HRT ή ΥΧΠ) ονομάζεται το χρονικό διάστημα που μένει στον αναερόβιο αντιδραστήρα το απόβλητο. Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής υπολογίζεται από τη σχέση: $HRT = VR/F_w$, όπου VR ο όγκος του αντιδραστήρα και F_w η ημερήσια ογκομετρική παροχή αποβλήτου. Απαιτείται μεγάλος υδραυλικός χρόνος παραμονής, τέτοιος ώστε να προλάβουν οι μικροοργανισμοί να ολοκληρώσουν το έργο τους. Επομένως εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του υποστρώματος και του βιοαντιδραστήρα. Μικροί χρόνοι παραμονής συνεπάγονται μικρές αποδόσεις στη διάσπαση της οργανικής ύλης, ενώ αντιθέτως πολύ μεγάλοι χρόνοι παραμονής συνεπάγονται αυξημένο οικονομικό κόστος για την επιχείρηση (Bitton, 1994). Γενικά, πρέπει να βρίσκεται η χρυσή τομή μεταξύ απόδοσης και οικονομίας κατά το σχεδιασμό του συστήματος.

Ο ρυθμός με τον οποίο τροφοδοτείται ένα σύστημα αναερόβιας χώνευσης είναι η μάζα της οργανικής ύλης (εκφρασμένη σε κιλά πτητικών αιωρούμενων στερεών ή κιλά χημικά απαιτούμενου οξυγόνου) ανά μονάδα όγκου του αντιδραστήρα και ημέρα και πρέπει να κρατείται σε ελεγχόμενα χαμηλά επίπεδα γιατί καθορίζει τον υδραυλικό χρόνο παραμονής (HRT) αφού μπορεί να προκαλέσει συγκέντρωση πτητικών λιπαρών οξέων. Η μέγιστη τιμή του καθορίζεται από τον αρχικό σχεδιασμό του αντιδραστήρα και από τη σύσταση του υποστρώματος (Bitton, 1994).

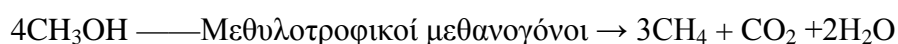
2.6 Μικροβιολογία

Στην περίπτωση μιας μονάδας αναερόβιας χώνευσης εσπεριδοειδών η τεχνολογική πρόκληση συγκριτικά με τις πιο συνηθισμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών αποβλήτων έγκειται στη φύση του υποστρώματος. Ειδικότερα, το λιμονένιο, που περιέχεται στα εσπεριδοειδή (αποτελεί την κύρια αρωματική ένωση στο έλαιο πορτοκαλιού), αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για τη δράση των μεθανογενών βακτηρίων που παράγουν το βιοαέριο (το λιμονένιο είναι 19.000 φορές δραστικότερο από το μεθάνιο με βάση την ταχύτητα αντίδρασής του με ελεύθερες ρίζες υδροξυλίου), οπότε ο έλεγχος της ποσότητάς του κρίνεται απαραίτητος.

Η μικροβιακή δράση για τη βιοαποικοδόμηση των οργανικών αποβλήτων απαιτεί προσεκτική μεταχείριση προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απόδοση της συνολικής διεργασίας.

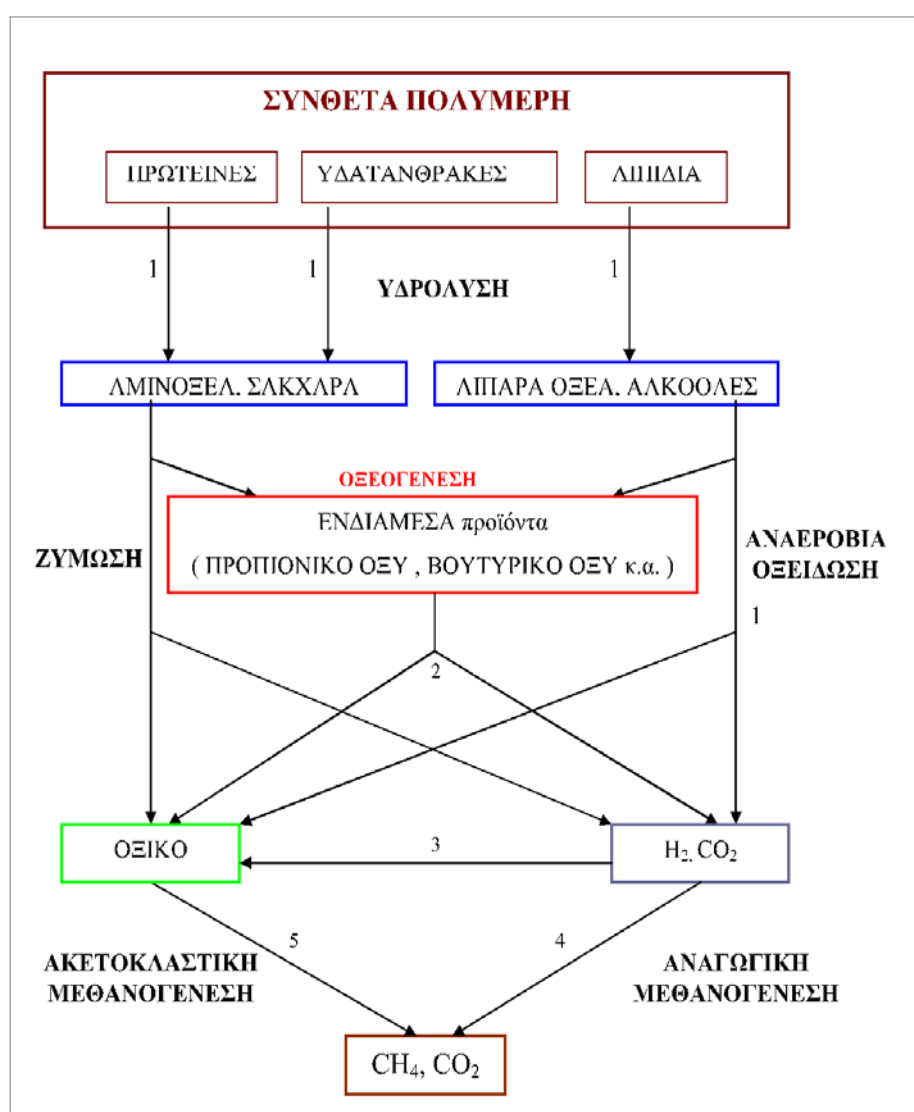
Οι βασικότεροι μικροοργανισμοί που δρουν στους αναερόβιους αντιδραστήρες είναι τα βακτήρια. Διακρίνονται τέσσερα στάδια στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, υδρόλυση, οξεογένεση, οξικογένεση και μεθανογένεση (Ahning, 2003).

Πρώτα, σύνθετες πολυμερείς ενώσεις όπως είναι οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες και τα λίπη υδρολύονται από εξωκυτταρικά ένζυμα σε αντίστοιχες σχετικά απλές διαλυτές ενώσεις μικρότερου μεγέθους έτσι ώστε να μπορούν να εισχωρήσουν διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης στο εσωτερικό του κυττάρου. Έπειτα τα διαλυτά μονομερή προϊόντα οξειδώνονται προς οργανικά οξέα, αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο (Μονοσακχαρίτες + λιπαρά οξέα + αμινοξέα → Οργ. οξέα + αλκοόλες + CO₂ + H₂). Ακολουθεί η φάση της οξικογένεσης, όπου τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες μετατρέπονται σταδιακά σε οξικό οξύ (CH₃COOH), ενώ παράλληλα παράγεται υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα (Λιπαρά οξέα + αλκοόλες → οξικό οξύ + CO₂ + H₂). Στο τελευταίο στάδιο, τη μεθανογένεση, παράγεται μεθάνιο από τη συμμετοχή τριών διαφορετικών ειδών μεθανογόνων μικροοργανισμών (Toerien and Hattingh, 1969). Οι τύποι αυτοί χωρίζονται σε 1) οξικολυτικούς, που καταναλώνουν το οξικό οξύ, 2) υδρογονοτροφικούς, που χρησιμοποιούν το υδρογόνο για να ανάγουν το διοξείδιου του άνθρακα σε μεθάνιο και γ) μεθυλοτροφικούς μεθανογόνους μικροοργανισμούς, οι οποίοι αφαιρούν τις μεθυλομάδες (-CH₃) από απλές ενώσεις. Τα 2/3 – 3/4 περίπου από το μεθάνιο που παράγεται σε αυτό το στάδιο προέρχεται από τους οξικολυτικούς μεθανογόνους μικροοργανισμούς, ενώ το υπόλοιπο από την αναγωγή του διοξειδίου του άνθρακα. Οι μεθυλοτροφικοί μεθανογόνοι μικροοργανισμοί συμμετέχουν σε ελάχιστο ποσοστό στη συνολικά παραγόμενη ποσότητα μεθανίου (Bitton, 2005). Οι βασικές βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά τη μεθανογένεση είναι οι εξής:



Η συνολική διαδικασία της μετατροπής του σύνθετου οργανικού υλικού σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα μπορεί λοιπόν να υποδιαιρεθεί σε επτά στάδια σύμφωνα με το σχήμα 2.3 (Gujer και Zehnder, 1983; Pavlostathis and Giraldo-Gomez, 1991) :

- ✓ Υδρόλυση του σύνθετου οργανικού υλικού
- ✓ Ζύμωση των αμινοξέων και των σακχάρων
- ✓ Αναερόβια οξείδωση των μεγάλου μήκους λιπαρών οξέων και αλκοολών
- ✓ Αναερόβια οξείδωση των ενδιάμεσων προϊόντων
- ✓ Παραγωγή οξικού από διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο
- ✓ Μετατροπή του οξικού οξέος σε μεθάνιο
- ✓ Παραγωγή μεθανίου με αναγωγή του διοξειδίου του άνθρακα από υδρογόνο



Σχήμα 2.3: Μετατροπή οργανικού υλικού (Πηγή: Gujer και Zehnder, 1983; Pavlostathis and Giraldo-Gomez, 1991)

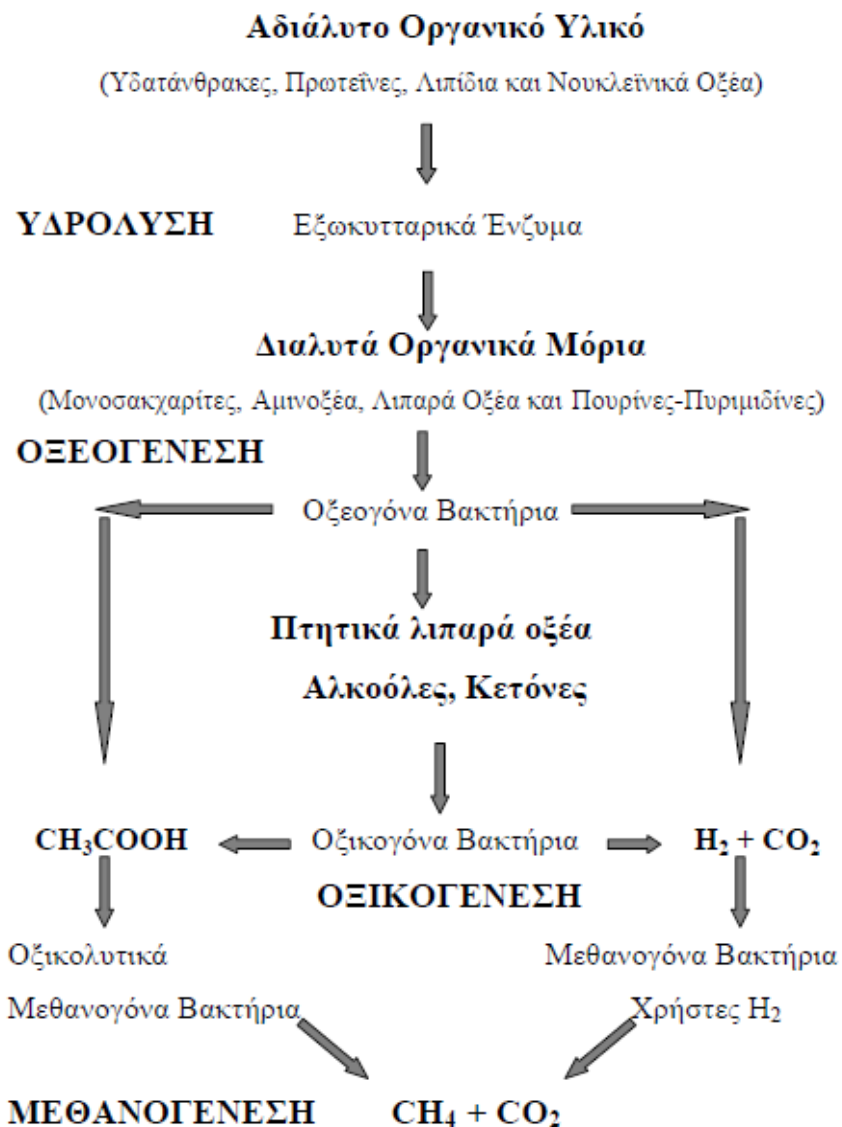
2.6.1 Υδρόλυση

Η κυτταρική μεμβράνη του οργανικού υλικού αρχικά είναι αδιαπέρατη και οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να το μεταβολίσουν. Τη δουλειά αυτή αναλαμβάνουν εξωκυτταρικά ένζυμα με αποτέλεσμα τα πολύπλοκα οργανικά μακρομόρια (πολυμερή όπως υδατάνθρακες, πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες, λίπη και νουκλεϊνικά οξέα) να υδρολύονται στα αντίστοιχα απλούστερα οργανικά μικρομόρια (μονομερή όπως μονοσακχαρίτες, αμινοξέα, λιπαρά οξέα και πουρίνες), έτσι ώστε αυτά να μπορούν να εισχωρήσουν μέσω της κυτταρικής μεμβράνης στο εσωτερικό του κυττάρου [(Gujer και Zehnder, 1983), (Gerardi, 2006)] (Σχήμα 2.4). Τα ένζυμα αυτά (υδρολάσες) δρουν είτε εξωκυτταρικά (στα πολυμερή), είτε ενδοκυτταρικά (σε μικρά διμερή όπως η λακτόζη) (Πίνακας 2.8).

Πίνακας 2.8: Τα κυριότερα υδρολυτικά ένζυμα

Ένζυμο	Υπόστρωμα	Προϊόν Υδρόλυσης
<i>Υδρολάσες υδατανθράκων</i>		
Φρουκτοσιδάση	Σακχαρόζη	Φρουκτόζη + γλυκόζη
α- γλυκοσιδάση	Μαλτόζη	Γλυκόζη
β- γλυκοσιδάση	Κελλοβιόζη	Γλυκόζη
β- γαλακτοσιδάση	Λακτόζη	Γαλακτόζη + γλυκόζη
Αμυλάσες	Άμυλο	Μαλτόζη
Κυτταρινάση	Κυτταρίνη	Κελλοβιόζη
Πολυγαλακτουρονάση	Πολυγαλακτουρονικό οξύ	Γαλακτουρονικό οξύ
<i>Υδρολάσες αζωτούχων ενώσεων</i>		
Πρωτεάσες ή πεπτιδάσες	Πρωτεΐνες	
Ενδοπεπτιδάσες	Μέσο πρωτεϊνών	Πεπτίδια
Εξωπεπτιδάσες	Άκρα πρωτεϊνών	Αμινοξέα
Απαμινάσες	Αμινοξέα	NH ₃ + οργανικά οξέα
Αμινοπεπτιδάσες	Αμινομάδα (NH ₂ -) τελικό άκρο πρωτεϊνών ή πεπτιδίων	Αμινοξέα
Καρβοξυπεπτιδάσες	Καρβοξυλομάδα (COOH-) τελικό άκρο πρωτεϊνών ή πεπτιδίων	Αμινοξέα
<i>Εστεράσες</i>		
Λιπάσες	Γλυκερίδια (λίπη)	Γλυκερόλη + λιπαρά οξέα
<i>Φωσφατάσες</i>		
Λεκιθινάση	Λεκιθίνη	Χολίνη + φωσφορικό οξύ + λίπος
Εστεράση πηκτίνης	Μεθυλεστέρας πηκτίνης	Μεθανόλη + Πολυγαλακτουρονικό οξύ

Πηγή: Bailey and Ollis, 1986, Doelle, 1975



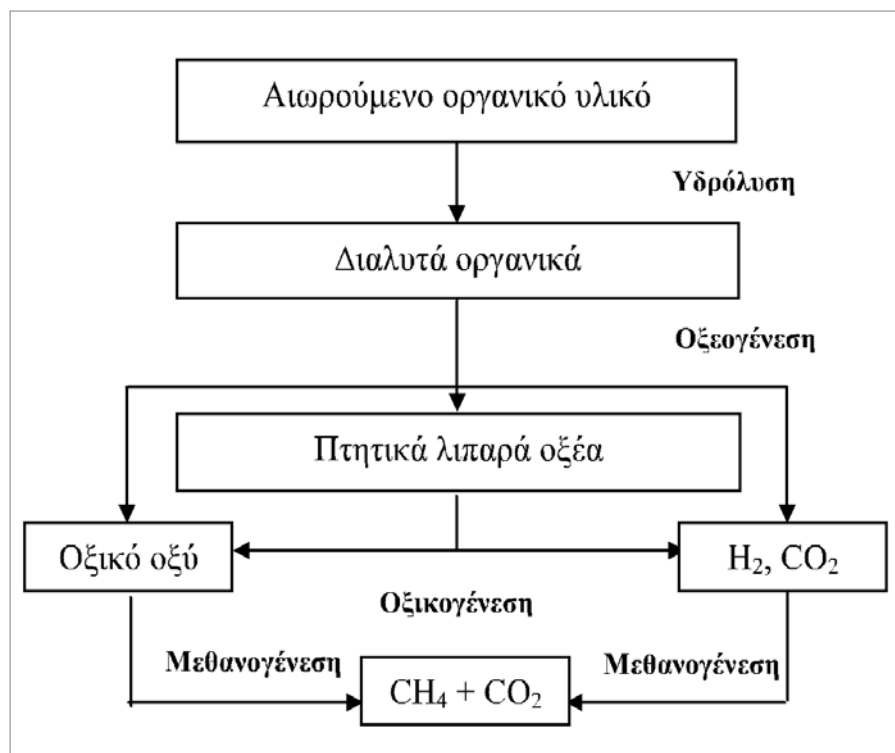
Σχήμα 2.4: βιοαποδόμηση οργανικού υλικού (Pavlostathis and Giraldo-Gomez,1991)

2.6.2 Οξεογένεση

Στο δεύτερο στάδιο τα ευδιάλυτα συστατικά και τα αντίστοιχα που δημιουργούνται από το πρώτο στάδιο ζυμώνονται με αποτέλεσμα την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, αέριου υδρογόνου, πτητικών λιπαρών οξέων, αλκοόλης και άλλων οργανικών ενώσεων (σχήμα 2.5).

Στον (πίνακα 2.9) παρουσιάζονται οι πιο συχνοί τύποι οξέων και αλκοολών που παράγονται στο δεύτερο στάδιο. Τα βακτήρια αποτελούν τους βασικότερους

μικροοργανισμούς και αυτού του σταδίου (Toerien and Hattingh, 1969) και μάλιστα τα οξεογόνα βακτήρια αποτελούν τη συντριπτική πλειοψηφία του συνόλου της μικροβιακής καλλιέργειας ενός αντιδραστήρα (Bitton, 2005).



Σχήμα 2.5: Στάδια αναερόβιας χώνευσης (Pavlostathis and Giraldo-Gomez, 1991)

Πίνακας 2.9: Κύρια οξέα και αλκοόλες

ΟΥΣΙΑ	ΤΥΠΟΣ
Οξικό οξύ	CH_3COOH
Βουτανόλη	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{OH}$
Βουτυρικό οξύ	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{COOH}$
Καπροϊκό οξύ	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
Μυρμηγκικό οξύ	HCOOH
Αιθανόλη	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
Γαλακτικό οξύ	$\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$

(Πηγή: Gerardi, 2003)

2.6.3 Οξικογένεση

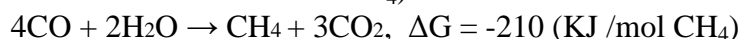
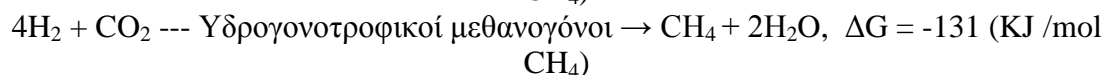
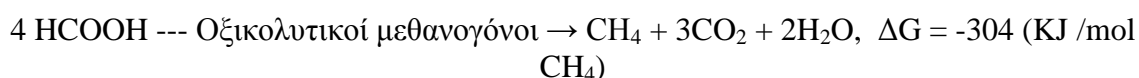
Τα παράγωγα της οξεογένεσης, τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες μετατρέπονται σταδιακά σε οξικό οξύ (CH_3COOH), ενώ παράλληλα παράγεται υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα (Λιπαρά οξέα + αλκοόλες \rightarrow οξικό οξύ + CO_2 + H_2) (Bitton, 2005). Το οξικό οξύ είναι σημαντικό στοιχείο για το σχηματισμό στη συνέχεια του μεθανίου.

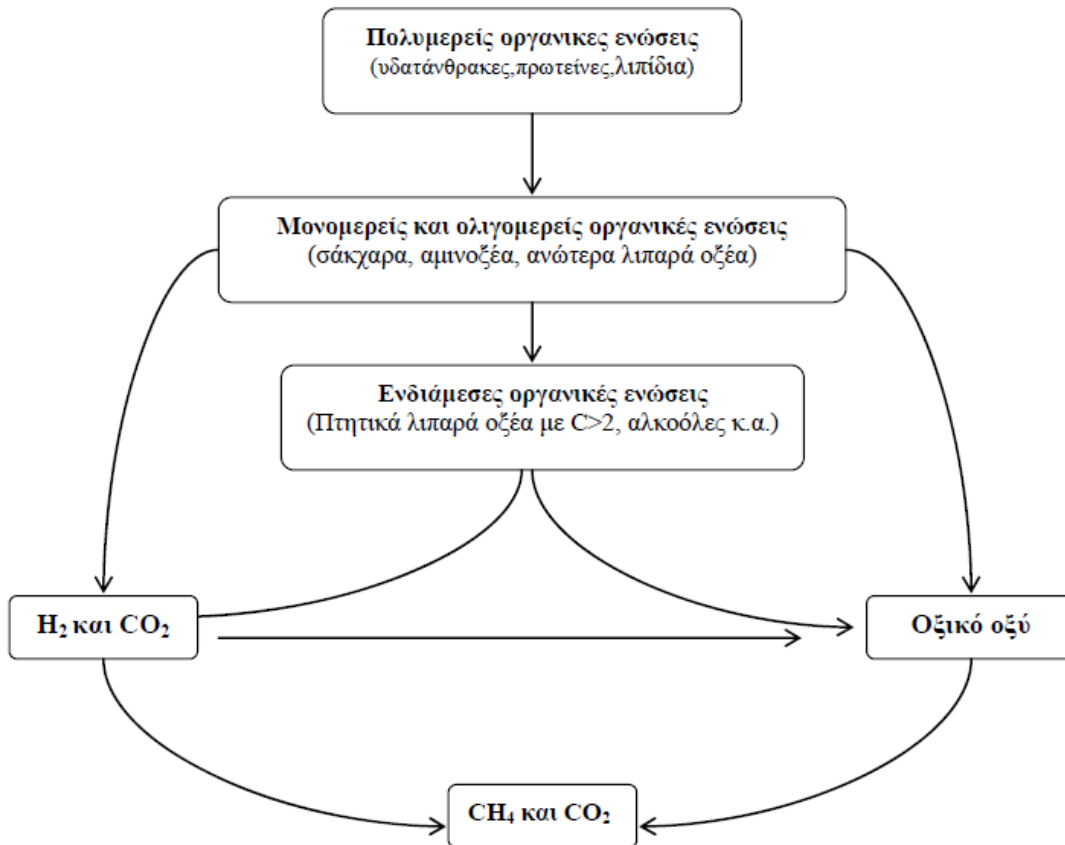
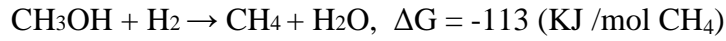
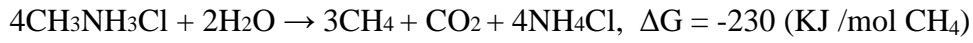
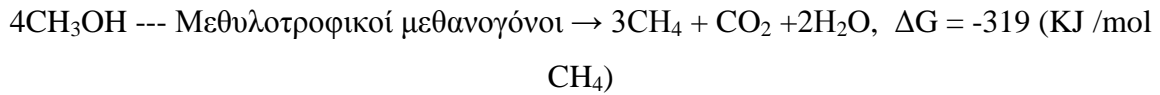
2.6.4 Μεθανογένεση

Οι αναερόβιοι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί παράγουν μεθάνιο με την κατανάλωση απλών οργανικών ενώσεων. Κατάλληλα υποστρώματα για τους μεθανογόνους μικροοργανισμούς είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθανικό οξύ (HCOOH), το οξικό οξύ, η μεθανόλη, οι μεθυλαμίνες ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{Cl}$) και το διμεθυλοσουλφίδιο (CH_3SCH_3). Κατατάσσονται σύμφωνα με τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, τη θερμοκρασία στην οποία αναπτύσσονται, την κατανάλωσή τους και τα ένζυμα που παράγουν, ενώ είναι ευαίσθητοι σε διάφορες τοξικές ενώσεις. Στο τελευταίο στάδιο το μεθάνιο παράγεται κυρίως από το οξικό οξύ, το διοξείδιο του άνθρακα και το υδρογόνο. Έτσι, όλα τα υπόλοιπα προϊόντα της ζύμωσης πρέπει πρώτα να μετατραπούν, ενώ όσα δε μετατρέπονται, συσσωρεύονται στο υπερκείμενο υγρό του χωνευτή (Oremland, 1988).

Η ταχύτητα της μεθανογένεσης είναι περίπου η ίδια με αυτήν της οξεογένεσης. Στο στάδιο αυτό δημιουργείται ένα σχετικά αλκαλικό μίγμα μέσα στον αντιδραστήρα καθώς τα οξέα καταναλώνονται και δημιουργείται αμμωνία. Η αμμωνία που παράγεται αντιδρά με το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό προς ανθρακικό αμμώνιο το οποίο προσθέτει επιπλέον αλκαλικότητα στο σύστημα. Αυτό με την σειρά του αντιδρά με τα πτητικά λιπαρά οξέα, παράγοντας πτητικά άλατα (σχήμα 2.6).

Οι βιοχημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη μεθανογένεση είναι οι εξής (Vogels et al., 1988):





Σχήμα 2.6: Διεργασία αναερόβιας χώνευσης (Πηγή: Ahring, 2003)

Στις διαδικτυακές σελίδες [http:// www.theicsp.org/misc/methanogens_images.htm](http://www.theicsp.org/misc/methanogens_images.htm) και [http:// www.bacterio.cict.fr/index.html](http://www.bacterio.cict.fr/index.html) μπο ρί κανείς να δει ό λα τα γνωστά είδη μεθανογόνων βακτηρίων ταξινομημένα σε τρεις κλάσεις, καθεμία από τις οποίες χωρίζεται σε τάξεις, οικογένειες και είδη μικροοργανισμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Για να χρησιμοποιηθεί η βιομάζα απευθείας για παραγωγή ενέργειας απαιτείται συνήθως η προεπεξεργασία και ο εξευγενισμός της για τη μετατροπή της σε εύχρηστο καύσιμο, με εξαίρεση την καύση του ξύλου. Η ολοένα αυξανόμενη περιβαλλοντική ρύπανση δημιούργησε την ανάγκη να βρεθούν αξιόπιστες και βιώσιμες λύσεις στο πρόβλημα της διάθεσης των αποβλήτων και η ανάγκη αυτή υπήρξε αφορμή για την έρευνα και ανάπτυξη διάφορων «καθαρών» τεχνολογιών για την επεξεργασία των αποβλήτων. Αυτές οι τεχνολογίες διακρίνονται σε φυσικοχημικές και βιολογικές, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Κάποιες από αυτές αποτελούν βιώσιμες, αξιοποιήσιμες λύσεις με οικονομικό συμφέρον και υψηλή αποδοτικότητα, ενώ υπάρχει η δυνατότητα ανακύκλωσης του περιεχόμενου νερού και η παραγωγή τελικά λιπάσματος και καυσίμου βιοαερίου.

3.2 Φυσικοχημικές Μέθοδοι

Αυτές που έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως είναι οι εξής:

1. Καθίζηση - Εξουδετέρωση: αποτελεί μέθοδο αφαίρεσης του ρυπαντικών ουσιών από τα απόβλητα υπό μορφή στερεού ιζήματος. Με την προσθήκη χημικών που ευνοούν τη συσσωμάτωση δημιουργείται στερεό κλάσμα το οποίο αφαιρείται με αποτέλεσμα να μειώνεται το COD, τα λίπη και τα αιωρούμενα στερεά. Τα ογκώδη στερεά αφαιρούνται, το υγρό απόβλητο ρέει στη δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης, όπου τα αιωρούμενα στερεά βυθίζονται και η πρωτοβάθμια ιλύς που καθιζάνει οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία.

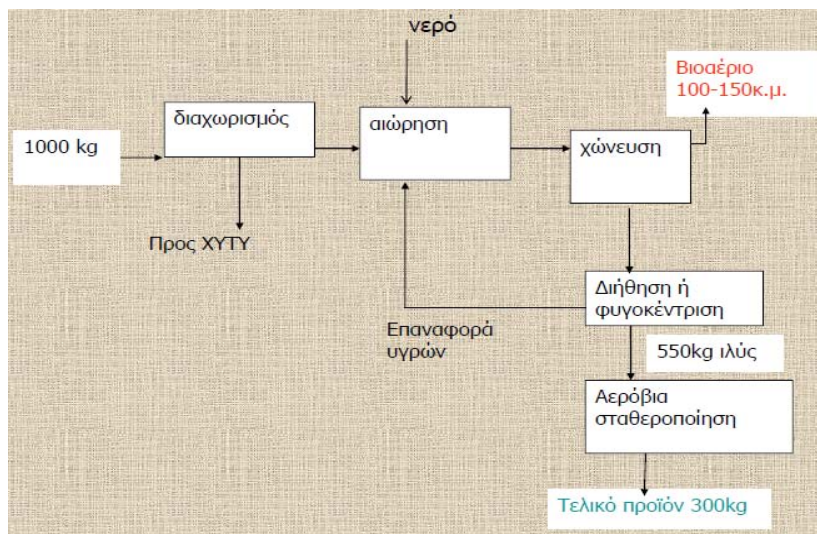
2. Οξειδωση: χρησιμοποιείται όζον και υπεροξείδιο του υδρογόνου σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας περιβάλλοντος.
3. Θερμικές μέθοδοι: πραγματοποιούνται α) με τεχνητά μέσα (αεριοποίηση, καύση και πυρόλυση) ή β) με φυσικά μέσα (αέρας και ήλιος) σε λίμνες εξάτμισης.
4. Χρήση ειδικών μεμβρανών: Επιλέγονται οι μεμβράνες μέσω των οποίων επιτυγχάνεται ο βέλτιστος ρυθμός ροής για το κάθε είδος αποβλήτου. Βασικός μηχανισμός αυτής της μεθόδου είναι η άσκηση πίεσης, που αναγκάζει το διάλυμα να περάσει μέσα από την πορώδη μεμβράνη επιτυγχάνοντας έτσι εκλεκτικό διαχωρισμό.
5. Φυγοκέντριση: διαχωρισμός στερεού – υγρού
6. Φωτοκατάλυση: υδροξύλια που παράγονται κατά τη διεργασία οξειδώνουν την οργανική ύλη και καταστρέφουν τις κυτταρικές μεμβράνες

3.3 Βιολογικές Μέθοδοι

Οι βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας δρουν με τη χρήση μικροοργανισμών ώστε να αποικοδομήσουν την οργανική ύλη του υποστρώματος. Διακρίνονται σε:

- ❖ Αερόβια επεξεργασία: Χρήση αερόβιων μικροοργανισμών και μυκήτων για την επίτευξη του σκοπού της.
- ❖ Αναερόβια επεξεργασία: Χρήση μικτού αναερόβιου μικροβιακού πληθυσμού με σκοπό την αποδόμηση της οργανικής ύλης με παράλληλη παραγωγή βιοαερίου.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση αποβλήτων απαιτεί τη συνδυασμένη χρήση κατάλληλων τεχνολογιών για την επίτευξη αφενός της μέγιστης περιβαλλοντικής προστασίας, αφετέρου βέλτιστων οικονομικών οφελών για την επιχείρηση. Τέτοια οφέλη αποτελούν για παράδειγμα η παραγωγή οργανικών λιπασμάτων από την αερόβια σταθεροποίηση και η καύση του παραγόμενου βιοαερίου προς παραγωγή ενέργειας από την αναερόβια χώνευση.



Σχήμα 3.1: Τυπική μονάδα αναερόβιας χώνευσης (Πηγή: Λυμπεράτος, 2009)

3.4 Μέθοδοι Ανάλυσης

Οι συγκεντρώσεις, ολικού και αμμωνιακού αζώτου, διαλυτού σιδήρου, θειικών ιόντων, θειούχων ιόντων, ολικών πτητικών στερεών, ολικών αιωρούμενων στερεών μετρούνται σύμφωνα με τις πρότυπες μεθόδους ανάλυσης. Οι απαιτούμενες αναλύσεις περιλαμβάνουν (Standard Methods for the examination of water and wastewater):

- Μέτρηση παροχής και σύστασης βιοαερίου
- Μέτρηση pH
- Μέτρηση ολικών και πτητικών αιωρούμενων στερεών
- Προσδιορισμός ολικού και διαλυτού COD (Chemical Oxygen Demand, Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο)
- Μέτρηση ολικής αλκαλικότητας
- Προσδιορισμός αμμωνίας και ολικού αζώτου κατα Kjeldahl
- Μέτρηση συγκέντρωσης φαινολικών ενώσεων, λιπών και ελαίων
- Μέτρηση υδατανθράκων
- Μέτρηση πτητικών λιπαρών οξέων
- Μέτρηση πυκνότητας λάσπης
- Δοκιμή καθιζηματικότητας
- Χαρακτηριστικά Καθίξεσης
- Ενεργότητα Βιολογικής Λάσπης

3.5 Σχεδιασμός συστήματος αναερόβιας χώνευσης

Ο σχεδιασμός και ο εξοπλισμός των μονάδων επεξεργασίας πρέπει να είναι σύμφωνος με τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων και με τον έλεγχο οσμών και τον εξαιρισμό. Το νομικό πλαίσιο, στο οποίο υπόκειται μια μονάδα αναερόβιας χώνευσης αποβλήτων και παραγωγής ενέργειας, είναι διαφορετικό σε κάθε χώρα, με κοινή αφετηρία βέβαια τις Κοινοτικές Οδηγίες. Στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμα υπό διαμόρφωση, πράγμα που αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την εξέλιξη αντίστοιχων εγχειρημάτων και την προσέλκυση επενδυτικού ενδιαφέροντος («Διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας»).



Εικόνα 3.1 : Εγκαταστάσεις Αναερόβιας χώνευσης (Πηγή: Biomass Energy, 2010)

Σε τέτοιες περιπτώσεις, βασικές προτεραιότητες στη φάση της μελέτης πρέπει να αποτελούν, η διαδικασία αδειοδότησης μιας τέτοιας μονάδας (Πίνακας 3.1), τα πιθανά γραφειοκρατικά κολλήματα και η μελέτη των απαιτήσεων σχετικά με τους περιβαλλοντικούς όρους λειτουργίας.

Πίνακας 3.1: Διαδικασία αδειοδότησης

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗΣ
Αίτηση προς ΡΑΕ για χορήγηση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
Θετική γνωμοδότηση της ΡΑΕ
Χορήγηση άδειας από ΥΠΑΝ ΤΜΗΜΑ Α/ΔΝΣΗ ΑΠΕ/ΓΕΝ.ΔΝΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ/ΥΠΑΝ
Άδεια εγκατάστασης ΔΝΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ/ ΓΕΝΙΚΗ ΔΝΣΗ/ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ
Σύμβαση πώλησης και αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας
Άδεια λειτουργίας ΔΝΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ/ ΓΕΝΙΚΗ ΔΝΣΗ/ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ
Έναρξη λειτουργίας

(Πηγή: Παπακωνσταντίνου Α., 2003)

Η εξεύρεση κατάλληλης τοποθεσίας και η βέλτιστη χωροθέτηση της μονάδας αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την οικονομικά αποδοτική και κοινωνικά αποδεκτή λειτουργία της. Η περιοχή χωροθέτησης ενδέχεται να κολλήσει στη στάση της τοπικής κοινωνίας λόγω της πρώτης ύλης επεξεργασίας μιας μονάδας διαχείρισης αποβλήτων. Εξάλλου, υπάρχουν πάρα πολλά παραδείγματα καθυστέρησης, ή ακόμη και ματαίωσης, στην επίτευξη αναπτυξιακών έργων στην Ελλάδα. Σε περιοχές τουριστικές ή περιοχές ιδιαίτερης σημασίας (π.χ. περίξ προστατευόμενων περιοχών, αρχαιολογικών χώρων, χώρων ιδιαίτερων πολιτιστικών εκδηλώσεων κ.ά.) απαιτείται ειδική μελέτη. Σε αγροτικές, ή μη αστικές περιοχές τα πράγματα είναι ευκολότερα και η κοινωνική αντίδραση πιο ήπια. Σε κάθε περίπτωση, η προηγούμενη χρήση και η διαθεσιμότητα ελεύθερων εκτάσεων και η αποδοχή από την τοπική κοινωνία της προτεινόμενης για τη δημιουργία της μονάδας περιοχής αποτελούν παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν σε πιθανά προβλήματα και πρέπει να επιλυθούν πριν ακόμα από την έναρξη του έργου.

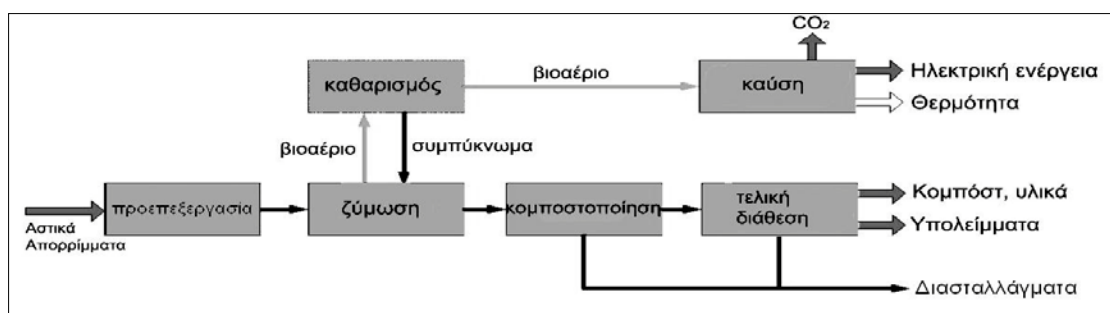
Η χρήση γεωργικών αποβλήτων και βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας είναι από κάθε οπτική περιβαλλοντικά αποδεκτή. Τα οφέλη που απορρέουν από την αξιοποίηση στείρων και περιβαλλοντικά επιβλαβών οργανικών υλικών είναι πολλαπλά και σε αυτά συγκαταλέγονται η εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων, η μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων και η μείωση του όγκου των υπολειμμάτων που εναλλακτικά θα οδηγούνταν προς τελική διάθεση σε κάποιο ΧΥΤΑ και η εμπορική παραγωγή εδαφοβελτιωτικού.

3.5.1 Γενικές απαιτήσεις

Οι αντοχές των δομικών κατασκευών των επιμέρους μονάδων πρέπει να ικανοποιούν τις απαραίτητες απαιτήσεις και να είναι συμβατές με τον εξοπλισμό που πρόκειται να εγκατασταθεί.

Στα τμήματα που απαιτούνται εργασίες καθαρισμού, θα πρέπει να προβλέπονται υδροληψίες από το εσωτερικό δίκτυο βιομηχανικού νερού της εγκατάστασης. Πρέπει να αποφεύγεται κατά το δυνατό η χρήση πόσιμου νερού για εργασίες καθαρισμού. Πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για την αποφυγή μόλυνσης του δικτύου πόσιμου νερού από το δίκτυο βιομηχανικού νερού και απαιτείται σήμανση του βιομηχανικού και πόσιμου νερού, σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές. Πρέπει επίσης όλες οι δεξαμενές να μπορούν να εκκενωθούν πλήρως, είτε με βαρύτητα ή με φορητή υποβρύχια αντλία, για τον καθαρισμό τους και τη συντήρηση του εξοπλισμού. Για το λόγο αυτό απαιτούνται ρήσεις ή άλλα μέσα για την στράγγιση του πυθμένα των δεξαμενών.

Η διάταξη και ο σχεδιασμός τέτοιων μονάδων πρέπει να προσαρμόζεται στην τοπογραφία της περιοχής. Απαιτείται άρτιος τεχνικός σχεδιασμός του δικτύου αποχέτευσης και η εξασφάλιση της στεγανότητάς του, ενώ σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης πρέπει να υπάρχει δυνατότητα παύσης της λειτουργίας.



Σχήμα 3.2: Διάγραμμα ροής τυπικής μονάδας χώνευσης (Πηγή: Lutz P., 2005)

Η λειτουργία μιας τυπικής μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας μέσω αναερόβιας χώνευσης (Σχήμα 3.2) ακολουθεί συνήθως τα παρακάτω στάδια:

- Μεταφορά και αποθήκευση της πρώτης ύλης
- Αναερόβια χώνευση και παραγωγή βιοαερίου

- Αποθήκευση του βιοαερίου, αναβάθμιση και χρήση
- Αποθήκευση του σταθεροποιημένου υπολείμματος και χρήση
- Αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας και διοχέτευση της ηλεκτρικής στο δίκτυο της ΔΕΗ.

3.6 Μέρη συστήματος

Το σύστημα θα περιλαμβάνει:

- Δεξαμενή τροφοδοσίας
- Φυγοκεντρικό διαχωριστή
- Αναερόβιους αντιδραστήρες
- Κύκλωμα βιοαερίου
- Μονάδα συμπαραγωγής
- Ολοκληρωμένο σύστημα μεμβρανών
- Μονάδα κομποστοποίησης
- Αυτοματοποιημένο σύστημα αναλύσεων, μετρήσεων, ελέγχου, ασφαλείας και ηλεκτρονικής διαχείρισης

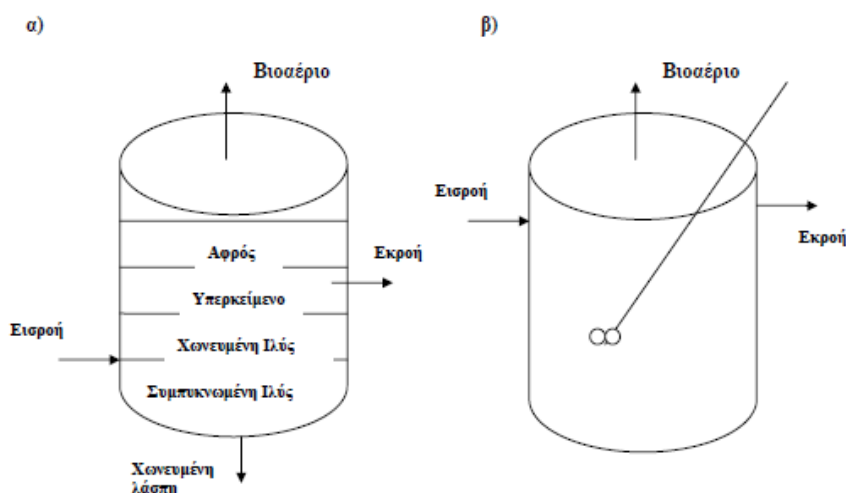
Οι αναερόβιοι αντιδραστήρες έχουν την ικανότητα επεξεργασίας αδιάλυτων και διαλυτών αποβλήτων. Οι αδιάλυτες ουσίες για να επεξεργαστούν χρειάζονται πρώτα μεγάλες περιόδους χώνευσης προκειμένου να πραγματοποιηθεί η υδρόλυση.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την αποτελεσματική λειτουργία. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι αναερόβιας χώνευσης και κάθε μια έχει επίδραση στον χρόνο παραμονής. Για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος ελέγχεται το τεχνικοοικονομικό κόστος και τα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του απόβλητου.

Για να είναι ένα αναερόβιο σύστημα αποδοτικό πρέπει η ενεργός βιομάζα του χωνευτή να κατακρατείται σε μεγάλο ποσοστό, να βρίσκεται σε επαφή με το απόβλητο, να έχει τη δυνατότητα προσαρμογής σε πιθανούς διαφορετικούς τύπους αποβλήτων, να επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες για τους μικροοργανισμούς και να απουσιάζουν κατά το δυνατό οι παράγοντες που περιορίζουν τη μικροβιακή δράση. Από τα παραπάνω προκύπτουν τρεις διαφορετικές κατηγορίες συστημάτων αναερόβιας χώνευσης, 1) συμβατική αναερόβια

χώνευση ενός ή δύο σταδίων (βασίζεται στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών σε αιώρημα με πλήρη ή μερική ανάμιξη), 2) ταχύρρυθμη αναερόβια χώνευση (βασίζεται στην ανάπτυξη μικροοργανισμών που προσκολλούνται σε πληρωτικό υλικό και σχηματίζουν βιολογικό στρώμα (biofilm) ή δημιουργούν συσσωματώματα) και 3) υβριδικοί αναερόβιοι αντιδραστήρες (συνδυασμός των δύο παραπάνω περιπτώσεων ή σχηματισμός κοκκώδους λάσπης στο εσωτερικό τους) (Κάλφας, 2007).

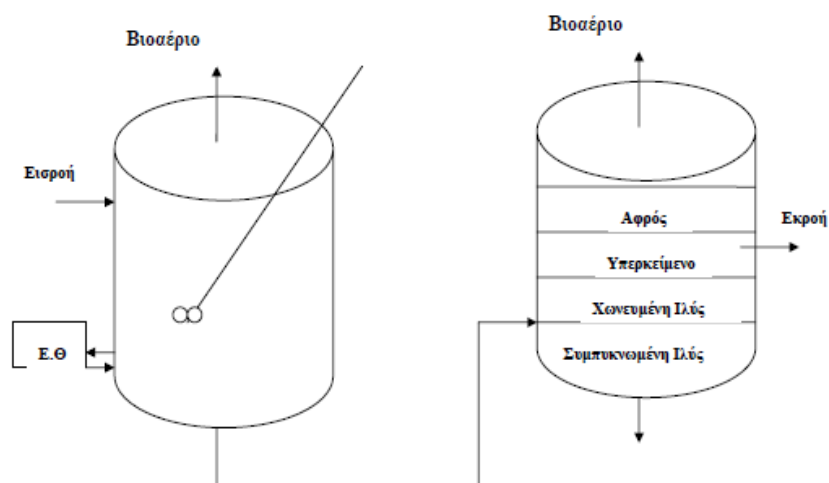
Η πιο απλή διάταξη αντιδραστήρα είναι αυτή της συμβατικής αναερόβιας χώνευσης που αποτελείται από μια κυλινδρική δεξαμενή (Σχήμα 3.3). Ο αντιδραστήρας αυτός βασίζεται στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών σε αιώρημα, με πλήρη ή μερική ανάμιξη, που επιτυγχάνεται με τη χρήση μηχανικού αναδευτήρα, με επανακυκλοφορία του παραγόμενου βιοαερίου ή και με επανακυκλοφορία υγρού μέσα από εναλλάκτες θερμότητας (Σκιαδάς, 1998).



Σχήμα 3.3: Συμβατικοί αντιδραστήρες α) Μερικής ανάμιξης, β) πλήρους ανάμιξης (Πηγή: Σκιαδάς, 1998)

Επειδή όμως το σύστημα αυτό παρουσιάζει κάποια λειτουργικά προβλήματα, αναπτύχθηκε η χρήση δύο αντιδραστήρων σε σειρά (Σχήμα 3.4) όπου στον πρώτο πραγματοποιείται η υδρόλυση και διάσπαση των οργανικών ενώσεων σε οξέα και στο δεύτερο η μεθανογένεση (Σκιαδάς, 1998).

Συνήθως η αποδοτικότητα της διεργασίας αναερόβιας χώνευσης δύο σταδίων είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του ενός σταδίου.



Σχήμα 3.4 :Συμβατικοί αντιδραστήρες δύο σταδίων (Πηγή: Σκιαδάς, 1998)

3.7 Προβλήματα στην αξιοποίηση του βιοαερίου στην Ελλάδα

Τα προβλήματα στα οποία εστιάζουν ιδιαίτερα οι επενδυτές και οι κατασκευαστικές εταιρείες, σχετικά με τη δημιουργία μιας μονάδας βιοαερίου σχετίζονται με (ΚΑΠΕ, 2005):

- Τον τρόπο χρηματοδότησης,
Η δημόσια επιχορήγηση δεν υπερβαίνει το 40%, ενώ οι τράπεζες λόγω σχετικής απειρίας στη δανειοδότηση αντίστοιχων επενδύσεων είναι διστακτικές.
- Το μονοπώλιο της ΔΕΗ και η παρούσα κατάσταση διάλυσης που παρουσιάζει, η οποία δημιουργεί καθυστερήσεις και ανασφάλεια στους επενδυτές.
- Την αδυναμία της Ελληνικής νομοθεσίας και την έλλειψη πολιτικής βούλησης να ρυθμίζει ενιαία το κόστος διάθεσης αποβλήτων με βάση την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» και
- Την ελλιπή ακόμα ενημέρωση (ή και αρνητική σε περιπτώσεις μικροκομματικών σκοπιμοτήτων, κυρίως σε προεκλογικές περιόδους και σε τοπικό/δημοτικό επίπεδο) σχετικά με την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου και τα αναμενόμενα οφέλη στην Αυτοδιοίκηση, τις Περιφέρειες, τους Οργανισμούς, τους επιχειρηματίες/ επενδυτές και τις τοπικές κοινωνίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΥΜΟΥ

4.1 Ο μύθος του πορτοκαλιού

Δεν είναι γνωστός ο ακριβής τρόπος με τον οποίο οι αρχαίοι Έλληνες έμαθαν τα εσπεριδοειδή. Η πλέον αποδεκτή θεωρία είναι πως τα γνώρισαν και τα δοκίμασαν πρώτοι αυτοί που ταξίδευαν σε μακρινούς τόπους για εμπορικούς λόγους και έφτασαν ως την Ασία, ο οποίος είναι και ο τόπος καταγωγής και καλλιέργειας αυτών των δέντρων. Οι αρχαίοι Έλληνες θέλησαν να αποκτήσουν αυτούς τους νόστιμους καρπούς με τον ωραίο χυμό και κάπως έτσι πιθανολογείται πως προέκυψε ο μύθος των Εσπερίδων που συμβολίζει αυτήν ακριβώς την επιθυμία. Σύμφωνα με την αρχαία ελληνική μυθολογία το πορτοκάλι ταυτίζεται με τους χρυσούς καρπούς των δέντρων στον κήπο των Εσπερίδων. Σε αυτόν το μύθο αναφέρονται ως τα «χρυσά μήλα», τα οποία είχε χαρίσει η Γαία ως γαμήλιο δώρο στην Ήρα για το γάμο της με το Δία. Ίσως γι' αυτό το πορτοκάλι θεωρείται σύμβολο της γονιμότητας και της ευτυχισμένης συζυγικής ζωής. Η Ήρα φύτεψε τα δέντρα αυτά στον κήπο των Εσπερίδων, τον οποίο φρουρούσε ο Λάδωνας, ο μυθικός ακοίμητος δράκοντας με τα εκατό κεφάλια, στη χώρα των Υπερβορείων. Έξω από τον κήπο αυτόν βρισκόταν ο τιτάνας Άτλας, τον οποίο ο Δίας είχε καταδικάσει να σηκώνει αιώνια στους ώμους του τον ουράνιο θόλο. Οι κόρες του Άτλαντα έκλεβαν αυτά τα χρυσά μήλα, για το λόγο αυτό η Ήρα ανέθεσε στις νύμφες Εσπερίδες και στο Λάδωνα την προστασία τους (εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1: Ο Ηρακλής και οι Εσπερίδες (Πηγή: Orange Health, άγνωστο)

Η σχέση του ποταμού με την Αργολίδα ξεκινά όταν ο βασιλιάς της Τύρουθας, Ευρυσθέας, έδωσε εντολή στον Ηρακλή να κλέψει τα μήλα των Εσπερίδων και να του τα παραδώσει. Αυτός ήταν ο ενδέκατος άθλος του Ηρακλή. Περνώντας ο Ηρακλής από τον Καύκασο, με κατεύθυνση τη Χώρα των Εσπερίδων, σκοτώνει τον αετό που έτρωγε τα σπλάχνα του Προμηθέα και σπάει τις αλυσίδες του Ηφαίστου με τις οποίες τον είχε δέσει ο Δίας στα βράχια απελευθερώνοντάς τον. Ο Προμηθέας, από ευγνωμοσύνη προς τον ημίθεο, του λέει πως να πάρει τα χρυσά μήλα. Με σύντροφο πλέον τον Προμηθέα έφτασε έξω από τον κήπο των Εσπερίδων.

Στο σημείο αυτό δίνονται τρεις εκδοχές σχετικά με τον τρόπο που κατάφερε τελικά ο Ηρακλής να αποσπάσει τα χρυσά μήλα. Σύμφωνα με την πρώτη εκδοχή ο Προμηθέας συμβούλεψε τον Ηρακλή να ζητήσει βοήθεια από τον Άτλαντα και να του φέρει εκείνος τα χρυσά μήλα με αντάλλαγμα ο Ηρακλής να τον αντικαταστήσει στα βαριά του καθήκοντα, όσο ο Άτλαντας θα έκλεβε τα εσπεριδοειδή. Πράγματι, ο Άτλας έκλεψε τους καρπούς, όπως είχε συμφωνήσει με τον Ηρακλή, όμως αντί να παραδώσει τους πολύτιμους καρπούς σε αυτόν, του είπε πως δεν ήθελε να ξανακρατήσει τον ουρανό και πως θα παρέδιδε ο ίδιος τους καρπούς στον Ευρυσθέα, αφήνοντας τον Ηρακλή στη θέση του για πάντα. Ο Ηρακλής ωστόσο κατάφερε να ξεγελάσει τον Άτλαντα και προσποιούμενος πως χρειάζεται λίγη βοήθεια για να κρατήσει τον θόλο καλύτερα κατάφερε να αφήσει στον Άτλαντα όλο το βάρος και έτσι εκείνος συνέχισε τη τιμωρία του, ενώ ο Ηρακλής του πήρε τα χρυσά μήλα.

Σύμφωνα με τη δεύτερη εκδοχή ο Ηρακλής πηγαίνει μόνος του στον Κήπο των Εσπερίδων, σκοτώνει το δράκοντα Λάδωνα και κλέβει τα χρυσά μήλα. Τέλος, σύμφωνα με την τρίτη εκδοχή ο Ηρακλής πείθει τις Εσπερίδες να αποκοιμίσουν το δράκοντα και να

του δώσουν εκείνες τους χρυσούς καρπούς. Έτσι ο Ηρακλής μετά από πολλές περιπέτειες κατάφερε να πάρει τους χρυσούς καρπούς και να τους παραδώσει στον Ευρυσθέα. Ο Ευρυσθέας δε θέλησε να τους κρατήσει, αφού η κλοπή τους ήταν πράξη ανίερη και βέβηλη, και τους έδωσε πάλι πίσω στον Ηρακλή και αυτός με τη σειρά του στη θεά Αθήνα η οποία επέστρεψε τα χρυσά μήλα στον κήπο των Εσπερίδων. Από τα μυθολογικά μήλα των Εσπερίδων προέρχεται και η ονομασία της κατηγορίας των φρούτων που ονομάζονται εσπεριδοειδή (Αργολική Αρχαική Βιβλιοθήκη Ιστορίας και Πολιτισμού, 2012, Βικιπαιδεία, 2012, Orange Health (άγνωστο).

4.2 Ιστορικά

Τα εσπεριδοειδή αποτελούν μία ομάδα φυτών που κατατάσσεται στην οικογένεια των ρυτοειδών. Είναι δένδρα χαμηλά, αειθαλή και ευδοκιμούν στις τροπικές ή ημιτροπικές και στις εύκρατες χώρες. Στα εσπεριδοειδή ανήκουν η πορτοκαλιά, η λεμονιά, η γλυκολεμονιά, η μανταρινιά, η νεραντζιά, η κιτριά, η φράπα και το περγαμόντο. Τα εσπεριδοειδή λέγονται και "λεμονοπορτόκαλα", "ξινόδενδρα", ή "ξινά", γιατί η γεύση των καρπών τους είναι ξινή ή υπόξινη. Τα φύλλα και τα άνθη τους ευωδιάζουν (εικόνα 4.2).

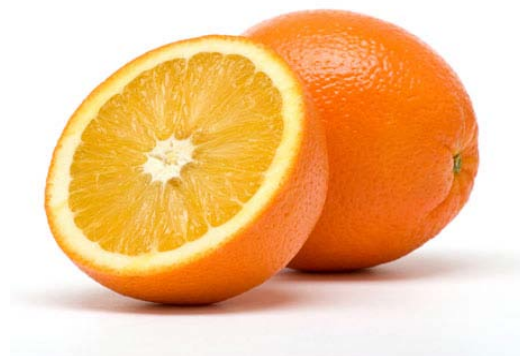


Εικόνα 4.2: Άνθη πορτοκαλιάς (Πηγή: Βικιπαιδεία, 2012)

Το πρώτο είδος εσπεριδοειδούς της Ευρώπης ήταν το κίτρο (*citrus medica*), του οποίου η καλλιέργεια επεκτάθηκε στη Μικρά Ασία και την Ευρώπη μετά την επέλαση του Μεγάλου Αλεξάνδρου στα περσικά εδάφη. Ο ιστορικός Θεόφραστος περιγράφει με ακρίβεια τον καρπό του κίτρου, ενώ ο ιατροφιλόσοφος και βοτανολόγος Διοσκουρίδης τα αναφέρει ως «Περσικά μήλα» ή «Μηδικά μήλα»¹ και τα χρησιμοποιούσε για φαρμακευτικούς λόγους (ίαση του ήπατος και του στομάχου). Το κίτρο έγινε γνωστό αργότερα και στους Ρωμαίους. Στο δυτικό ημισφαίριο τα εσπεριδοειδή ήταν άγνωστα μέχρι την έλευση του Κολόμβου, ο οποίος κατά το δεύτερο ταξίδι του μετέφερε σπόρους από πορτοκάλια, λεμόνια και κίτρα στη νήσο Ταϊτή. Αργότερα τον 16^ο αιώνα εισήχθησαν και νέοι σπόροι από τους Πορτογάλους και τους Ισπανούς (Διαδίκτυο 2, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2007).

Η πορτοκαλιά (κιτρέα η σινική, *citrus sinensis*) είναι αγγειόσπερμο, δικότυλο, αειθαλές φυτό που ανήκει στην τάξη των Σαπινδωδών και στην οικογένεια των Ρυτοειδών (*Rutaceae*) = Εσπεριδοειδών (*Hesperidaceae*) και προέρχεται από την Κίνα, την Ινδία και την Ιαπωνία (εικόνα 4.3). Διαδόθηκε από τους Πορτογάλους το 10^ο αιώνα και εξαπλώθηκαν σε όλες τις χώρες που έχουν κατάλληλο δροσερό κλίμα και αμμοαργιλώδες έδαφος. Το νέο αυτό φρούτο πήρε το όνομά του από την Πορτογαλία (Ελληνικά-πορτοκάλι, Βουλγαρικά-πορτοkan & πορτοkal, Ρουμανικά-portocala, Περσικά-porteghal). Αντίθετα στις Αγγλοσαξωνικές γλώσσες το όνομα του φρούτου αυτού προέρχεται από παραφθορά της σανσκριτικής λέξης *maranga* (*orange*) που σημαίνει ευώδες (Αργολική Αρχαική Βιβλιοθήκη Ιστορίας και Πολιτισμού, 2012, *Orange Health*, άγνωστο).

¹ Η Μηδία ήταν αρχαία χώρα της Ασίας που βρισκόταν μεταξύ της Αρμενίας, της Ασσυρίας, της Περσίας, της Παρθίας και της Υρκανίας. Βρισκόταν στη σημερινή βόρεια Περσία και Ιράκ. Ήταν κυρίως χώρα ορεινή τη διέσχιζαν όμως τρεις ποταμοί, ο Καμβύσης, ο Κύρος και ο Αμάρδος που έκαναν τα εδάφη της εύφορα. Παρήγαγε μέλι, κρασί και εσπεριδοειδή, κυρίως κίτρα, τα λεγόμενα "μηδικά μήλα". Όταν το Περσικό κράτος κυριεύτηκε από το Μέγα Αλέξανδρο η Μηδία διαιρέθηκε σε δύο τμήματα: το βόρειο τμήμα, που αποτέλεσε την Ατροπατηνή Μηδία με πρωτεύουσα τα Γάζακα και το νότιο τμήμα, την Μεγάλη Μηδία με πρωτεύουσα τα Εκβάτανα. (Πηγή: Βικιπαιδεία, 2010)



Εικόνα 4.3: Καρποί πορτοκαλιού (Πηγή: Βικιπαιδεία, 2012)

Κύρια χώρα παραγωγής είναι η Βραζιλία με 19,5 εκατομμύρια τόνους περίπου, ακολουθεί η Μεσογειακή Ζώνη (Comité de Liaison de l'Agrumiculture Méditerranéenne-CLAM-Επιτροπή Εσπεριδοπαραγωγών Χωρών Μεσογείου) με σύνολο 17 εκατομμύρια τόνους, οι ΗΠΑ (Φλόριδα, Καλιφόρνια) και η Κίνα, στην οποία παρατηρείται ταχύτατη ανάπτυξη (Πίνακας 4.1) (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2007).

Πίνακας 4.1: Παγκόσμια παραγωγή εσπεριδοειδών & συμμετοχή (%) παραγωγών χωρών (μέσος όρος πενταετίας 98/99-02/03)

ΧΩΡΑ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (σε χιλιάδες τόνους)	% ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
Βραζιλία	19.494,2	24,18 %
Μεσογειακή ζώνη (CLAM)	16.773,8	20,81 %
ΗΠΑ	14.831,6	18,40 %
Κίνα	9.761,2	12,11 %
Μεξικό	5.204,2	6,46 %
Ινδία	3.437,2	4,26 %
Αργεντινή	2.470,4	3,06 %
Κούβα	2.169,0	2,69 %
Λοιπές χώρες	2.094,4	2,60 %
Ιαπωνία	1.665,8	2,07 %
Αφρική	1.327,2	1,65 %
Αυστραλία	609,8	0,76 %
Βενεζουέλα	474,0	0,59 %
Ουρουγουάη	306,4	0,38 %
Σύνολο	80.619,2	100,00 %

Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων "Σχέδιο Ειδικού Προγράμματος Ανασύστασης - Αναδιάρθρωσης των Εσπεριδοειδών", Νοέμβριος 2004

Από τις Μεσογειακές Ευρωπαϊκές χώρες, αυτές που παράγουν τη μεγαλύτερη ποσότητα εσπεριδοειδών σήμερα είναι η Ισπανία με παραγωγή 6.400 χιλιάδων τόνων (πίνακας 4.2), η Ιταλία με 3.350 χιλιάδες τόνους, η Ελλάδα με 1.100 χιλιάδες τόνους, η Κύπρος με 150 χιλιάδες τόνους και η Γαλλία με 30 χιλιάδες τόνους. Από μη Ευρωπαϊκές χώρες, στη Μεσόγειο, η μεγαλύτερη παραγωγή εσπεριδοειδών εμφανίζεται στην Αίγυπτο με 3050 χιλιάδες τόνους ακολουθεί η Τουρκία με 2500 χιλιάδες τόνους, το Ισραήλ με 600 χιλιάδες τόνους και η Τυνησία με 240 χιλιάδες τόνους (Πρωτοπαπαδάκης Ε., 2006) (πίνακας 4.3).

Πίνακας 4.2: Κατανομή των εσπεριδοειδών στις κυριότερες χώρες της Ευρώπης (2004), (παρατηρείται μειωμένη ελληνική παραγωγή λόγω των τεράστιων καταστροφών από πάγο)

ΧΩΡΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (χιλ. τόνοι)	% της ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΚΥΡΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΙΣΠΑΝΙΑ	6400	57,6	Valencia (2/3 της παραγωγής), Andalucia, Murcia
ΙΤΑΛΙΑ	3335,6	30	Sicilia (2/3), South Italy (1/4 στην Calabria, και επίσης Apulia, Campania, Sardinia), Central (Tuscany, Latium), North Italy (Liguria)
ΕΛΛΑΔΑ	896,3	7,8	Πελοπόννησος, Δυτική Ελλάδα (Ακαρνανία, Άρτα), Κρήτη
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	326,5	2,9	Algarve (70% της παραγωγής), Azores, Setubal, Coimbra, Amares, Vale de Besteiros

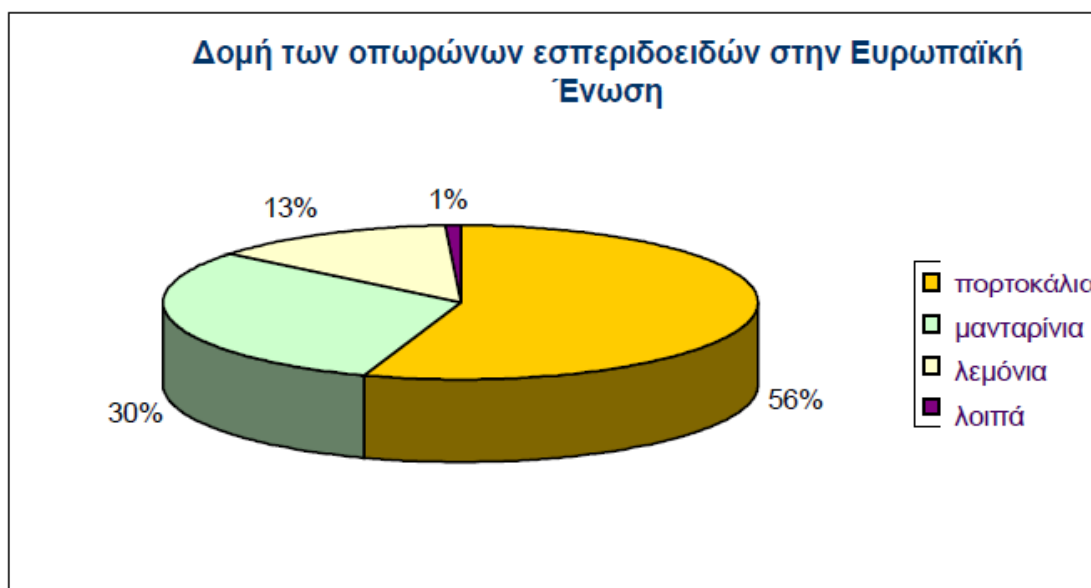
(Πηγή: Πρωτοπαπαδάκης Ε., 2006)

Πίνακας 4.3: Παραγωγή εσπεριδοειδών των χωρών της Παραμεσόγειου Ζώνης (CLAM) , μέσος όρος πενταετίας 98/99-02/03

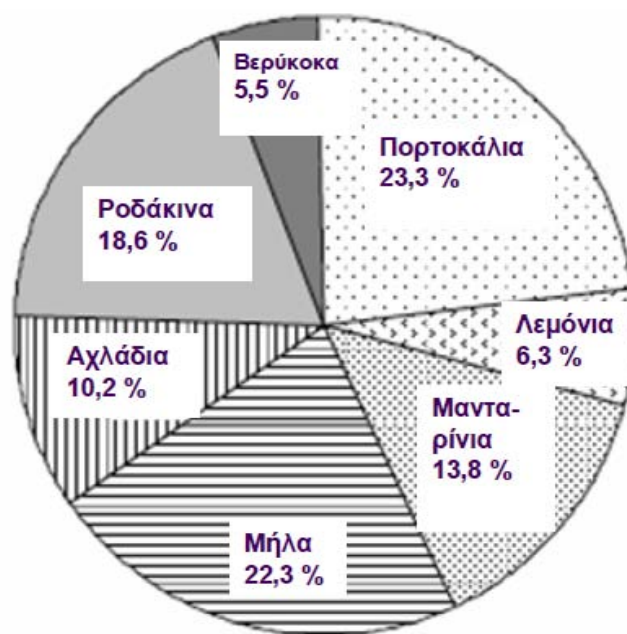
ΧΩΡΑ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (σε χιλιάδες τόνους)	% ΕΠΙ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΧΩΡΩΝ CLAM
ΙΣΠΑΝΙΑ	5.607,60	33,41 %
ΙΤΑΛΙΑ	2.941,40	17,52 %
ΑΙΓΥΠΤΟΣ	2.566,40	15,29 %
ΤΟΥΡΚΙΑ	1.774,00	10,57 %
ΕΛΛΑΔΑ	1,251,60	7,46 %
ΜΑΡΟΚΟ	1,235,00	7,36 %
ΙΣΡΑΗΛ	598,40	3,56 %
ΑΛΓΕΡΙΑ	251,00	1,50 %
ΤΥΝΗΣΙΑ	236,00	1,41 %
ΚΥΠΡΟΣ	228,40	1,36 %
ΓΑΖΑ	72,20	0,43 %
ΓΑΛΛΙΑ	24,30	0,14 %
ΣΥΝΟΛΟ	16.786,30	100,00 %

(Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων "Σχέδιο Ειδικού Προγράμματος Ανασύστασης - Αναδιάρθρωσης των Εσπεριδοειδών", Αναφορά σε στοιχεία πενταετίας 98/99-02/03)

Ως προς την κατανομή των ειδών επί του συνόλου των εσπεριδοειδών κυριαρχεί το πορτοκάλι με συνολική παραγωγή κοντά στους 10.000.000 τόνους, άνω του 56% της συνολικής παραγωγής των εσπεριδοειδών της Μεσογειακής Ζώνης (CLAM) (εικόνα 4.4). Σε παγκόσμιο επίπεδο το ποσοστό αυτό φτάνει το 68%.



Εικόνα 4.4: Δομή των οπωρώνων εσπεριδοειδών στην Ε.Ε. (2004) (Πηγή: Πρωτοπαπαδάκης Ε., 2006)



Σχήμα 4.1: Συμμετοχή των οπωρώνων εσπεριδοειδών επί του συνόλου των ευρωπαϊκών οπωρώνων (2002) (Πηγή: Eurostat 2002)

Στην Ελλάδα υπάρχουν περίπου 160 ποικιλίες πορτοκαλιάς. Τα πιο διαδεδομένα είδη είναι: Βαλέντσια, Χίου, Άρτας, Σουλτανί του Φόδελε, Σαγκουίνι ή αιματόσαρκο, ξινά, γλυκόξινα, μυρωδάτα, Γιάφας, Κρήτης και η πλέον διαδεδομένη ποικιλία Μέρλιν. Η

ποικιλία Μέρλιν πήρε το όνομα της από τον Άγγλο βοτανολόγο Σίδνεϋ Μέρλιν (Sidney Louis Waller Merlin) ο οποίος το 1925 έφερε από την Καλιφόρνια στην Ελλάδα το είδος Ουάσιγκτον Νάβελ (Washington Navel) ή ομφαλοφόρο της Ουάσιγκτον. Η ποικιλία Μέρλιν καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά συστηματικά σε μεγάλη εμπορική κλίμακα στην Κέρκυρα από τον ίδιο το Βρετανό, στον οποίο αποδίδεται επίσης η εισαγωγή του μικρού Ιαπωνικού πορτοκαλιού Κουμ- Κουάτ που ευδοκιμεί και καλλιεργείται από τότε μόνο στην Κέρκυρα. Πολλαπλασιάζονται με μπόλιασμα ή καταβολάδες, αλλά ο καλύτερος τρόπος πολλαπλασιασμού τους είναι με σπόρους νεραντζιάς και κατόπιν με μπόλιασμα του μικρού δέντρου στην ποικιλία που θέλουμε (Αργολική Αρχαική Βιβλιοθήκη Ιστορίας και Πολιτισμού, 2012). Στον πίνακα 4.4 φαίνεται η περίοδος συγκομιδής των σημαντικότερων ποικιλιών.

Πίνακας 4.4: Περίοδος συγκομιδής διαφόρων ποικιλιών

Προϊόν -Μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
NEVELINES												
NAVELS												
KLIMENTIN												
GREIP - FRUIT												
MANTARIN												
JUICE ORANGE (SOUR)												
VALENTSIA												

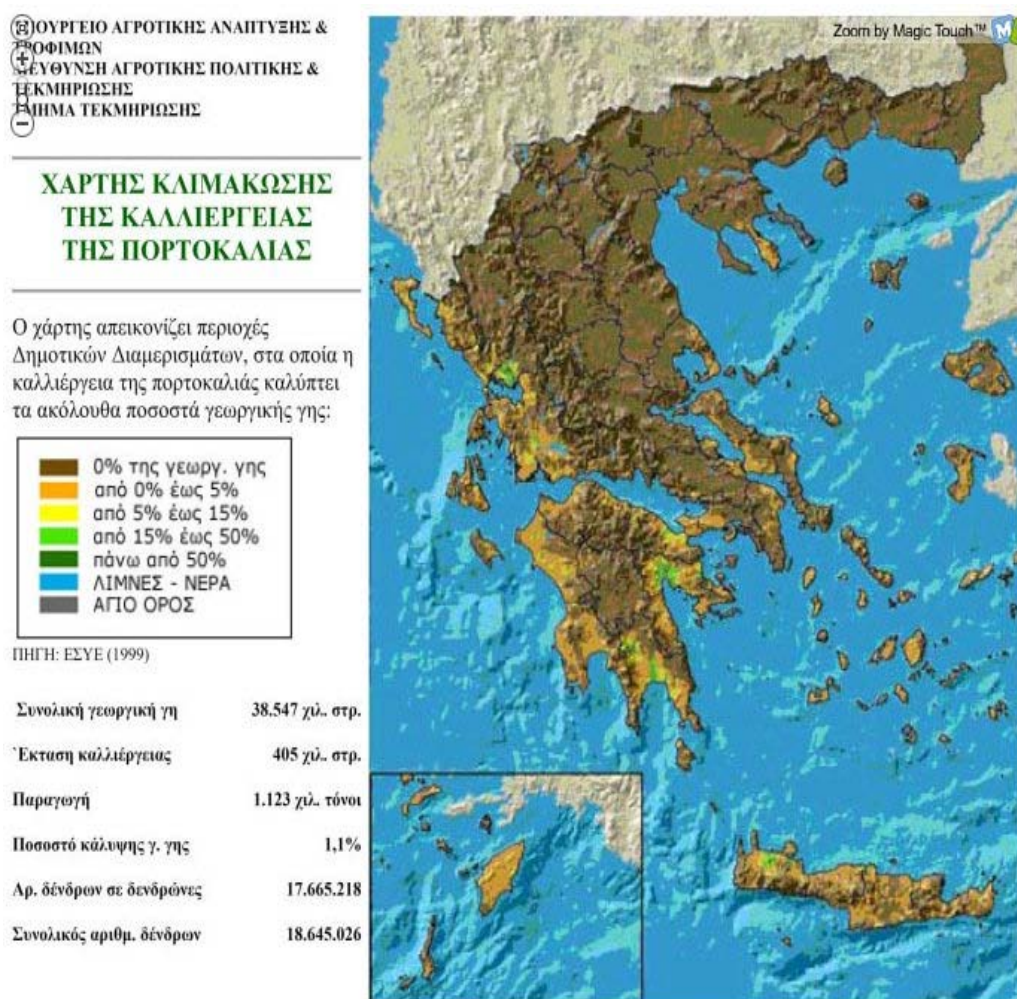
(Πηγή: elios, 2009)

Τα εσπεριδοειδή ευδοκιμούν πολύ στην Ελλάδα και ιδιαίτερα στα παράλια μέρη και στα νησιά με ζεστό παραθαλάσσιο κλίμα, και σχετική υγρασία. Η απότομη ή/και παρατεταμένη πτώση της θερμοκρασίας και η παγωνιά τα καταστρέφει. Η ποσότητα και η ποιότητα των προϊόντων εξαρτάται τόσο από φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες, όσο και από την επάρκεια άρδευσης. Οι σημαντικότεροι παράγοντες μειωμένης παραγωγής είναι η ανεπαρκής άρδευσης και οι ασθένειες: ανθοτρήτης (μικρό λεπιδόπτερο έντομο Prays citri), η κορυφοξήρα που προκαλεί άμεση ξήρανση των δέντρων και η κο μίωση (μύκητας που προκαλεί τη σήψη του λαιμού του δέντρου) (AgroSpeCom Ltd, 2010).

Η καλλιέργειά τους στην Ελλάδα έχει εξαπλωθεί πολύ και γίνεται εξαγωγή μεγάλης ποσότητας. Στην Ελλάδα, μεγάλοι πορτοκαλεώνες υπάρχουν στην Άρτα, το Βόλο, την

Αττική, το Άργος, την Εύβοια, την Κρήτη και στα νησιά του Αιγαίου (στη Νάξο μάλιστα παράγεται και το περίφημο τοπικό παραδοσιακό ποτό «Κίτρον Νάξου»).

Στην Ελλάδα, η έκταση καλλιέργειας των εσπεριδοειδών ανέρχεται κατά μέσο όρο στα 543.000 στρέμματα με κυρίαρχη την έκταση της πορτοκαλιάς (εικόνα 4.5), η οποία καλύπτει το 70%. Ακολουθεί η λεμονιά με ποσοστό 19%, η μανταρινιά με ποσοστό 11% και τέλος τα γκρέιπφρουτ με ποσοστό 0,4% της συνολικά καλλιεργούμενης έκτασης, επί του μέσου όρου της πενταετίας 2001-2006 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2007).



Post your own screenshots using VVCap at <http://www.vvcap.net>, where they go straight to web

Εικόνα 4.5: Γεωγραφική κατανομή της καλλιέργειας πορτοκαλιών στην Ελλάδα (Πηγή: ΕΣΥΕ 1999)

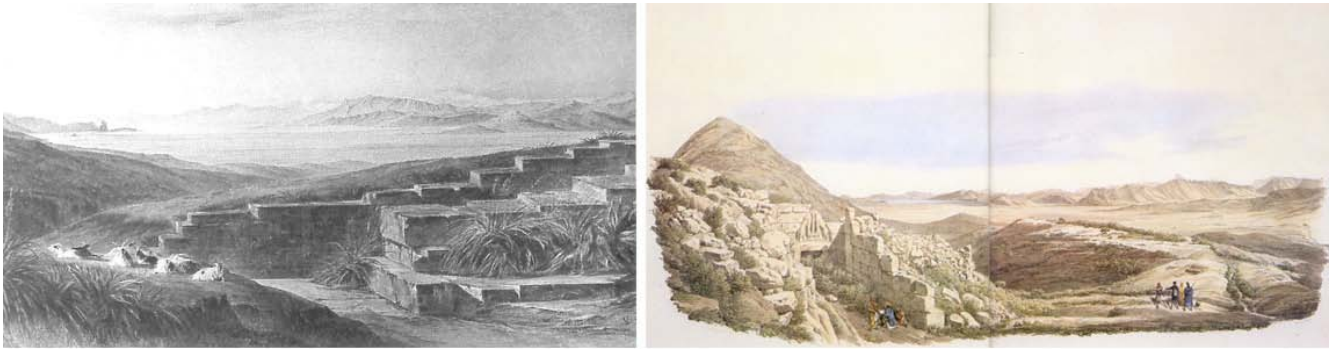
Πίνακας 4.5: Κατανομή καλλιεργούμενων εκτάσεων και ειδών εσπεριδοειδών στους νομούς της χώρας για το έτος 2004

ΝΟΜΟΣ	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙΑ	ΛΕΜΟΝΙΑ	ΜΑΝΤΑΡΙΝΙΑ	ΛΟΙΠΑ ΕΣΠ/ΕΙΔΗ
	(έκταση σε στρέμματα)			
ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ	102.200	1.600	19.650	
ΑΡΤΑΣ	63.000	350	5.200	
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	68.450	100	2.070	
ΧΑΝΙΩΝ	41.000	800	3.200	
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	18.500	37.000	3.200	
ΑΧΑΪΑΣ	4.350	28.700	420	100 (ΚΙΤΡΑ)
ΗΛΕΙΑΣ	18.000	7.200	3.700	
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	6.500	1.600	1.100	
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	25.800	4.000	4.250	
ΠΡΕΒΕΖΑΣ	4.650	3.500	1.200	
ΠΕΙΡΑΙΑ	1.700	7.700	1.100	
ΧΙΟΥ	2.200	1.100	3.900	
ΘΕΣΣΠΡΩΤΙΑΣ	3.500	450	5.600	
ΔΩΕΚΑΝΗΣΟΥ	4.300	1.400	2.500	
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0	0	0	600 (ΚΙΤΡΑ)
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	0	0	0	380 (ΚΟΥΜ ΚΟΥΑΤ)
ΛΟΙΠΟΙ ΝΟΜΟΙ	2.600	1.500	200	
ΣΥΝΟΛΟ	366.750	97.000	57.290	1.080

(Πηγή: Δ/νσεις Αγροτικής Ανάπτυξης & Τμήμα Εσπεριδοειδών - Υποτροπικών της Δ/νσης ΠΑΠ Δενδροκοιτητικής (ΥπΑΑΤ), Στοιχεία 2004)

Από τον παραπάνω πίνακα (4.5) συμπεραίνουμε πως στην καλλιέργεια πορτοκαλιών και μανταρινιών ο Νομός Αργολίδας συγκεντρώνει περίπου το 1/3 της συνολικής έκτασης πορτοκαλιών και μανταρινιών. Αντίστοιχα το 1/3 της λεμονιάς εκτίνεται στο νομό Κορινθίας (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2007).

Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα η άνυδρη πεδιάδα της Αργολίδας ήταν εντελώς γυμνή (Εικόνα 4.6). Προπολεμικά οι κτριές ήταν περισσότερες από σήμερα, αντικαταστάθηκαν όμως σταδιακά από πορτοκαλιές μέχρι την περίοδο του μεσοπολέμου όταν έγινε δυνατή η άρδευση της πεδιάδας με νερό από τις ανορύξεις πηγαδιών (Greekscapes, 2009).



Post your own screenshots using VVCap at <http://www.vvcap.net>, where they go straight to vweb

Εικόνα 4.6: Αριστερά, η πεδιάδα του Άργους και των Μυκηνών, λιθογραφία του Brulloff σε σχέδιο του Stackelberg. Δεξιά, Αποψη του Άργους, υδατογραφία του Edward Lear, 1862. Και στις δύο εικόνες βλέπουμε την Αργολική πεδιάδα πριν αρχίσει η καλλιέργεια πορτοκαλιών (Πηγή: Greekscapes, 2009).



Εικόνα 4.7: Οι πορτοκαλεώνες της Αργολίδας σήμερα (Πηγή: Greekscapes, 2009)

Αυτή τη στιγμή η εύφορη Αργολική πεδιάδα (Εικόνα 4.7) αποτελεί την κατεξοχήν περιοχή παραγωγής πορτοκαλιών στην Ελλάδα συνεισφέροντας σχεδόν το 1/3 περίπου της εγχώριας παραγωγής. Σε όλη τη διάρκεια της περιόδου 1955-1985, λόγω των ευνοϊκών συνθηκών για τη διάθεση των νωπών πορτοκαλιών τόσο στην εγχώρια αγορά, όσο και στη Σοβιετική Ένωση, η καλλιέργεια της πορτοκαλιάς αυξήθηκε με γρήγορους ρυθμούς. Με εξαίρεση μικρά αγροτεμάχια με διαφορετικά δέντρα, οι πορτοκαλιές

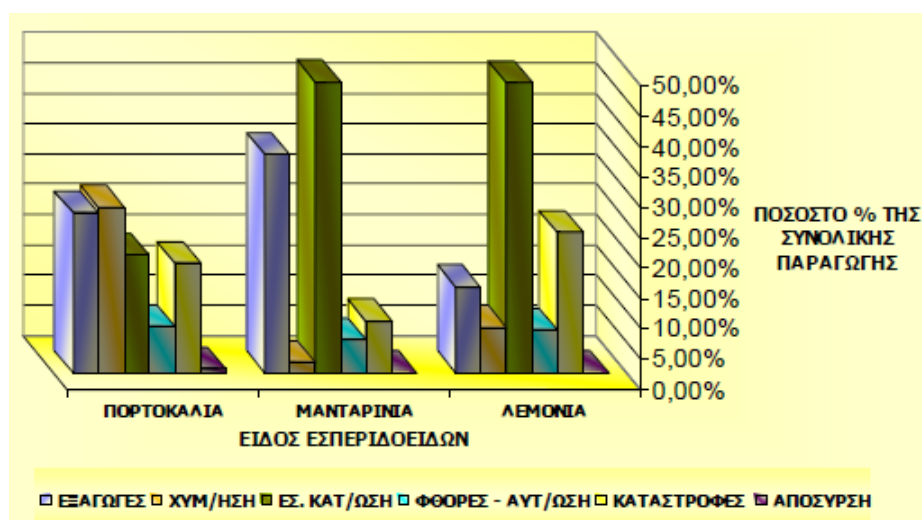
σύντομα αποτέλεσαν τη βασική καλλιέργεια της πεδιάδας και των παράκτιων περιοχών του νομού και τελικά σήμερα κατέληξαν να προσδιορίζουν το τοπίο της Αργολίδας (Greekscapes, 2009).

4.3 Χυμοποίηση

Η γεύση τους, και η μεγάλη περιεκτικότητα σε χυμό κάνει τα εσπεριδοειδή ιδανικά για μαγειρική, ζαχαροπλαστική και ποτοποιία. Άλλες χρήσεις τους είναι ως αιθέρια έλαια στη φαρμακευτική και στην παραγωγή καλλυντικών. Επίσης αποτελούν πηγή φυτικών ινών, βιταμινών, ιχνοστοιχείων και άλλων στοιχείων, πολύ σημαντικών για την ανθρώπινη υγεία (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2007).

Τα φύλλα και οι καρποί των εσπεριδοειδών χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ηδύποτων και γλυκισμάτων αντίστοιχα. Ανάλογα με τη γεύση του χυμού τους οι ποικιλίες διακρίνονται σε γλυκόχυμες και οξύχυμες. Οι καρποί των οξύχυμων δέντρων δεν καταναλώνονται νωποί. Μετά από επεξεργασία των καρπών όμως, παρασκευάζεται γλυκό του κουταλιού, ενώ από την απόσταξη των φύλλων παράγεται λικέρ. Από τη σάρκα των εσπεριδοειδών παρασκευάζονται 19 γλυκά, ενώ από το φλοιό τους παρασκευάζονται στην Κορσική τα ποτά Cedratine και liqueur de Cedrat και από τα φύλλα τους στη Γαλλία (Grasse) παρασκευάζουν αρώματα. Χρησιμοποιούνται επίσης στην αραβική και περσική κουζίνα για να αρωματίσουν τις φρουτοσαλάτες και να μαρινάρουν το κρέας (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2007).

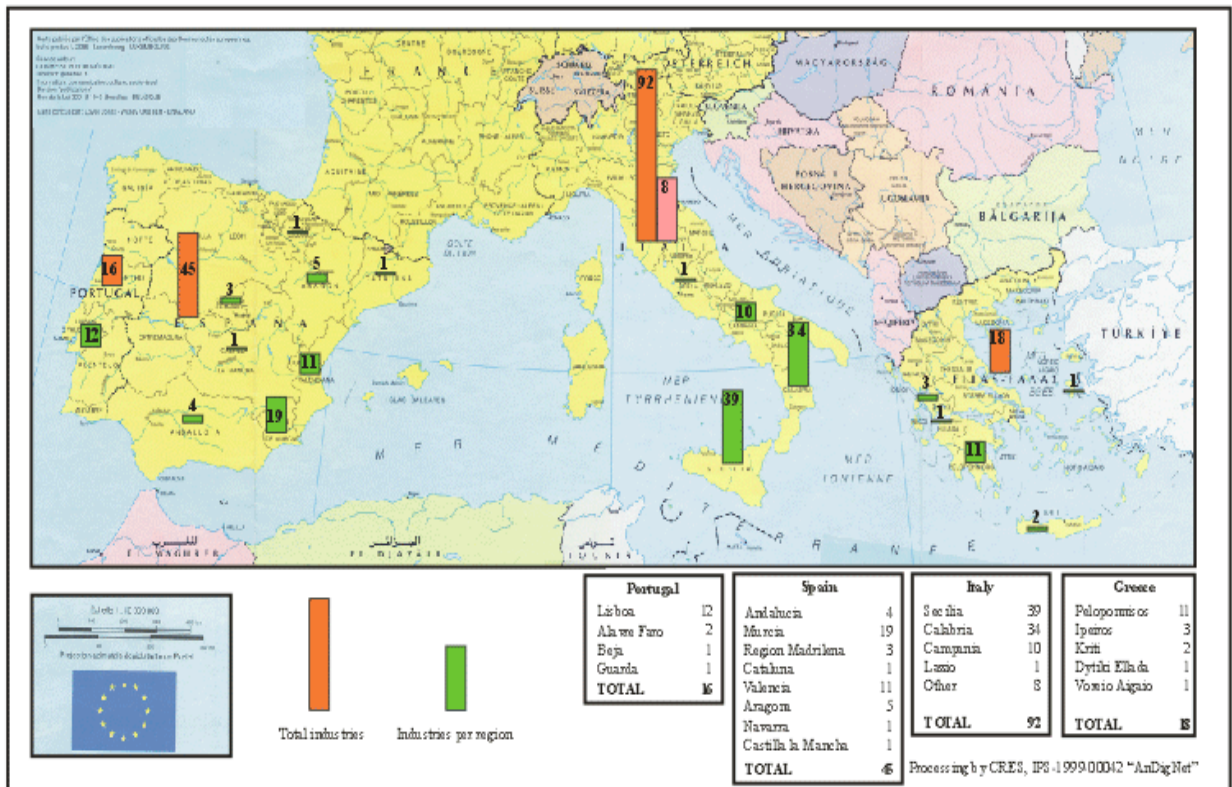
Στην Ελλάδα ιδιαίτερη σημασία δίνεται στο εξαγωγικό εμπόριο και τη μεταποίηση. Όπως φαίνεται και από το σχήμα 4.2 που ακολουθεί, οι εξαγωγές καλύπτουν περίπου το 26% της παραγωγής, ενώ προς χυμοποίηση οδηγείται περίπου το 28%. Η εσωτερική κατανάλωση κατέχει το 20% περίπου της παραγωγής (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2007).



Σχήμα 4.2: Αξιοποίηση ελληνικής παραγωγής εσπεριδοειδών, μέσου όρου τριετίας 01-02 μέχρι 03-04 (Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων "Σχέδιο Ειδικού Προγράμματος Ανασύστασης - Αναδιάρθρωσης των Εσπεριδοειδών", 2004)

Τα εσπεριδοειδή των Μεσογειακών χωρών προορίζονται κυρίως για διάθεση σε νωπή κατανάλωση. Σημαντικό είναι όμως και το ποσοστό της παραγωγής που προορίζεται για χυμοποίηση. Τα ποσοστά χυμοποίησης για τις Ευρωπαϊκές χώρες είναι: για την Ιταλία 38%, για την Ελλάδα 25% και για την Ισπανία 16%. Οι χυμοί της Ελλάδας είναι ποιοτικά ανώτεροι έναντι των άλλων χωρών όπως και οι χυμοί των Μεσογειακών χωρών γενικότερα είναι ανώτεροι από αυτούς της Βραζιλίας και της Φλόριδας. Τα ποσοστά χυμοποίησης για τις μη ευρωπαϊκές Μεσογειακές χώρες είναι πολύ μικρά: Τουρκία 7%, Αίγυπτος 3% και Μαρόκο 2%, με εξαίρεση το Ισραήλ του οποίου η μισή σχεδόν παραγωγή οδηγείται προς χυμοποίηση (47% της παραγωγής) (Πρωτοπαπαδάκης Ε., 2006).

Σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας το σύνολο της παραγωγής εσπεριδοειδών στην Ελλάδα κάθε χρόνο, κυμαίνεται περί τους 1.000.000 έως 1.300.000 τόνους, από τους οποίους περίπου το 1/4 έως 1/3 επεξεργάζονται προς χυμοποίηση από 18 συνολικά μονάδες, από τις οποίες οι 11 βρίσκονται στην Πελοπόννησο (Εικόνα 4.8). Από αυτές τις ποσότητες το 70% - 80% αφορούν πορτοκάλια, το 12.5% λεμόνια, το 6.5% μανταρίνια και περίπου 1% grape fruit (αν και τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση στα ποσοστά χυμοποίησης λεμονιού).



Εικόνα 4.8: Χάρτης μονάδων μεταποίησης εσπεριδοειδών νότιας Ευρώπης (Πηγή: Anaerobic Digestion Network, 2003)

Οι χυμοί των διάφορων φρούτων αποτελούν το αρχαιότερο ποτό του ανθρώπου. Οι αρχαίοι Έλληνες πίστευαν πως οι θεοί τους τρέφονταν με αμβροσία και ξεδιψούσαν με νέκταρ, που τα συστατικά του ήταν χυμοί φρούτων, μέλι και γύρη λουλουδιών.

Η παραγωγή χυμών εμφανίζεται εκτός από μεγάλο θρεπτικό, και οικονομικό ενδιαφέρον. Η βιομηχανική παραγωγή χυμών ξεκίνησε στην Ελβετία στα τέλη του 19^{ου} αιώνα με την παρασκευή χυμού μήλων. Τις τελευταίες δεκαετίες, με τους ρυθμούς που ακολουθεί η τεχνολογική εξέλιξη ο κλάδος της μεταποίησης έχει εξελιχθεί ταχύτατα.

Ο χυμός φρούτων σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων & Ποτών είναι «το ζυμώσιμο αλλά μη ζυμωθέν προϊόν που λαμβάνεται από υγιή και ώριμα φρούτα, ενός ή πολλών ειδών νωπά ή διατηρημένα με ψύξη και έχει το χρώμα, το άρωμα και τη χαρακτηριστική γεύση των φρούτων από τα οποία προέρχεται. Το άρωμα, η πούλπα και τα κύτταρα του χυμού που αποχωρίστηκαν κατά την επεξεργασία είναι δυνατόν να αποκαθίστανται στον ίδιο χυμό».

Η χυμοποίηση είναι μια μέθοδος διατήρησης κατά την οποία χρησιμοποιούμε την αποστείρωση, δηλαδή την υψηλή θερμοκρασία (βρασμό), ώστε να πετύχουμε την

ολοκληρωτική καταστροφή των μικροοργανισμών και να διατηρούμε τα προϊόντα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η χυμοποίηση είναι ένας πολύ καλός τρόπος αξιοποίησης των φρούτων και λαχανικών, ιδιαίτερα όταν προέρχονται από το πλεόνασμα της παραγωγής ή όταν η τιμή τους είναι χαμηλή (Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου, 2009).

Η πιο γνωστή ποικιλία για χυμό είναι τα πορτοκάλια Βαλέντσια, τα οποία φημίζονται για τον πλούσιο χυμό τους και τη γεύση τους. Πολύ γνωστές ποικιλίες είναι επίσης τα Μέρλιν και οι Ναβαλίνες. Τα Μέρλιν είναι μεγάλα, έχουν μέτριο έως παχύ φλοιό και η σάρκα τους είναι τρυφερή, τραγανή, με πλούσιο άρωμα και γεύση. Προορίζονται κυρίως για τροφή και όχι τόσο για χυμό. Οι Ναβαλίνες δεν έχουν κουκούτσια, το μέγεθός τους είναι μέτριο, έχουν έντονο χρώμα και η σάρκα τους είναι χυμώδης αλλά όχι τόσο γλυκιά όσο τα Μέρλιν. Ιδιαίτερα εύγευστα είναι και τα Σαγκουίνια, που έχουν σκούρο πορτοκαλί έως βαθύ κόκκινο χρώμα και η γεύση τους είναι ιδιαίτερη και απολαυστική. Τα Σαγκουίνια περιέχουν περισσότερο λυκοπένιο (αντιοξειδωτική ουσία), γιατί φέρουν μέσα τους και το φυσικό πλούτο του ροδιού, καθώς προέρχονται από διασταύρωση της πορτοκαλιάς με τη ροδιά. Γνωστή ποικιλία γλυκόχυμων πορτοκαλιών είναι και τα πολύ γλυκά και ζουμερά Ντόλτσε (Εθνος, 2011).

Η διαδικασία παραγωγής χυμών ακολουθεί τα εξής βήματα:

- Παραλαβή πρώτων υλών
- Πλύσιμο - ταξινόμηση
- Εκχύλιση
- Πίεση-Συμπίεση
- Προθέρμανση
- Απαέρωση
- Παστερίωση
- Ψύξη-Συμπύκνωση
- Ασηπτική διατήρηση
- Ασηπτική πλήρωση
- Αποθήκευση

Μετά τη συγκομιδή τα ώριμα φρούτα μεταφέρονται με θερμό ρεύμα νερού και περνούν από διαλογή για να διασφαλισθεί η χρήση κατάλληλης πρώτης ύλης. Απομακρύνονται οι ακαθαρσίες και τα γεωργικά φάρμακα και με χειροδιαλογή τα προσβεβλημένα από

μικρόβια και έντομα, τα άγουρα και υπερώριμα φρούτα. Πρώτα φτάνουν οι Ναβαλίνες και έπειτα τα Μέρλιν.

Έπειτα πολτοποιούνται, αφού πρώτα αφαιρεθούν τα αιθέρια έλαια από την εξωτερική επιφάνεια, από ειδικά εκχυμωτικά μηχανήματα. Οι φλούδες και τα σπέρματα απομακρύνονται για να διατηρείται υψηλή η ποιότητα του χυμού. Η σύνθλιψη αποδιοργανώνει την κυτταρική δομή και φέρει ένζυμα, όπως οι φαινολοξειδάσες, σε άμεση επαφή με το υπόστρωμά τους και το οξυγόνο, οπότε εκδηλώνεται το ενζυμικό μαύρισμα (καφέτιασμα). Στο σημείο αυτό ο χυμός δεν πρέπει να εκτεθεί στον αέρα για να αποφευχθεί η οξείδωση της βιταμίνης C, ίσως και η υποβάθμιση του αρώματος και της γεύσης του. Ο χυμός υφίσταται προθέρμανση στους 70°C ώστε να διευκολυνθεί η απαέρωσή του, η οποία σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων & Ποτών είναι υποχρεωτική και έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη διατήρηση του L- ασκορβικού οξέος. Ο χυμός που βγαίνει από το πιεστήριο είναι θολός. Τα διάφορα σωματίδια απομακρύνονται με διαύγαση (όταν είναι επιθυμητή), με προσθήκη συνήθως διαυγαστικών υλών (ζελατίνη, αλβουμίνη), ή με τη χρήση ενζύμων (Εθνος, 2011).

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί καταστρέφονται ή αδρανοποιούνται κατά την παστερίωση, όπου ο χυμός θερμαίνεται στους 85-95°C για 5-30 δευτερόλεπτα. Η παστερίωση είναι κρίσιμη και πρέπει να ελέγχεται συνεχώς με την χρήση στοιχείων θερμικής επεξεργασίας και μικροβιολογικών ελέγχων του τελικού προϊόντος σε σχέση με τα μικροβιολογικά κριτήρια του Κανονισμού ΕΚ 1441/2007. Για να αποφευχθεί η ανάπτυξη θερμοφίλων βακτηρίων ή η εκβλάστηση σπορίων τους ο χυμός ψύχεται και διατηρείται σε μεγάλες δεξαμενές ή συσκευάζεται άμεσα. Σε περίπτωση συμπύκνωσης, αυτή γίνεται μετά την παστερίωση και αφού αφαιρεθεί η πούλα. Ο όγκος του χυμού μειώνεται στο 1/5 και από εκεί τοποθετείται σε δεξαμενές όπου θερμαίνεται στους 50°C για να μη χαθούν οι βιταμίνες και έπειτα φυλάσσεται στους -18°C σε ψυγεία ή πάει στην παραγωγή. Ο συμπυκνωμένος χυμός είναι σαν το μέλι. Επίσης μεγάλη σημασία παίζει το σωστό σφράγισμα και η χρήση κατάλληλων υλικών συσκευασίας για τρόφιμα και ποτά. Σε ασηπτικές συνθήκες αποθήκευσης μπορούν να προστεθούν ουσίες που περιέχουν θείο (διοξείδιο του θείου, θειούχο νάτριο, θειούχο ασβέστιο) ή άλλα συντηρητικά με σκοπό να αποφευχθεί η ενζυμική υποβάθμιση των προϊόντων. Η συνολική ποσότητα των ουσιών αυτών εκφράζεται σε διοξείδιο του θείου και πρέπει να είναι μικρότερη από 10mg/l (Εθνος, 2011).

Η ετικέτα του προϊόντος πρέπει να συμφωνεί με το ισχύον νομικό καθεστώς και να αναγράφονται σε αυτήν τα αλλεργιογόνα τα οποία προστίθενται στον χυμό ως συστατικά ή αυτά που δυνητικά μπορεί να περιέχονται λόγω διασταυρούμενης επιμόλυνσης σε περίπτωση που στο ίδιο εργοστάσιο γίνεται η επεξεργασία και άλλων τροφίμων που περιέχουν αλλεργιογόνα συστατικά (Εθνος, 2011).

4.4 Επεξεργασία υπολειμμάτων χυμοποιείων

Οι φλοιοί και η πούλπα που απομένουν μετά τη διαδικασία της χυμοποίησης αποτελούν τα στερεά υπολείμματά της. Μέρος της πούλπας χρησιμοποιείται σε κάποιους χυμούς για την παρασκευή προϊόντων που να μοιάζουν όσο το δυνατό περισσότερο με τα φυσικά. Από τα στερεά απόβλητα των βιομηχανιών χυμοποίησης παράγονται επίσης διάφορα υποπροϊόντα για παραγωγή ζωοτροφών μετά από ξήρανση, πηκτίνης (χρησιμοποιείται σε μαρμελάδες, μαγιονέζες, παγωτά, για την κατασκευή φωτογραφικού φιλμ, στη φαρμακευτική κ.ά.) και εσπεριδίνης, (επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις η παραγωγή πηκτίνης κρίνεται ασύμφορη στην Ελλάδα) (Ποντίκης,1993). Ασύμφορο κρίνεται επίσης το κόστος ξήρανσης των φλοίων κάτι που στην Ελλάδα κάνει μόνο μία βιομηχανία, η Λακωνία, και αυτή όχι κάθε χρόνο. Για το λόγο αυτό οι μονάδες χυμοποίησης επιδιώκουν τη, σχεδόν δωρεάν, διάθεση των στερεών αποβλήτων τους στους κτηνοτρόφους για ζωοτροφή, αν και η περιεκτικότητα των φλοίων εσπεριδοειδών ως έχουν, σε πρωτεΐνες είναι περίπου 3 - 6% επί ξηρού βάρους, δηλαδή φτωχή για ζωοτροφή ακόμα και για μηρυκαστικά. Από την ίδια πηγή παράγονται επίσης σπορέλαια και το αποκαλούμενο εσπεριδόκρασο, το οποίο παράγεται από τη μελάσα των καρπών των εσπεριδοειδών και είναι ουσιαστικά ένα συμπυκνωμένο σακχαρούχο υγρό απαλλαγμένο από αιθέρια έλαια (Ποντίκης,1993).

Τα υγρά απόβλητα τέτοιων βιομηχανιών επεξεργάζονται συνήθως σε βιολογικούς καθαρισμούς, αν και δεν εκλείπουν και οι περιπτώσεις όπου εκχύνονται, μέχρι και σήμερα, σε κοντινούς υδάτινους αποδέκτες όπως ρεματιές, ποτάμια, λίμνες και θάλασσες. Το πρόβλημα εμφανίζεται κυρίως στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλό οργανικό φορτίο. Οι μεγαλύτερες ποσότητες καταλήγουν έως τώρα σε χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης. Το πρόβλημα εντείνεται με το πρόσθετο

φορτίο εσπεριδοειδών από απόσυρση που πηγαίνουν σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ). Μετά την απόσυρση σε ΧΥΤΑ των εσπεριδοειδών που δεν μπορούν να διατεθούν στην αγορά (κυρίως πορτοκάλια) η ρύπανση είναι έντονη, και οξύνεται ακόμη περισσότερο όταν παρατηρούνται αλλαγές στη μορφολογία του εδάφους, τέτοιες που πολλές φορές βρίσκεται χυμός στον υδροφόρο ορίζοντα. Στις χώρες της Νότιας Ευρώπης (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία) παράγονται κάθε χρόνο κατά μέσο όρο περίπου 1.000.000 τόνοι αποβλήτων από τις βιομηχανίες επεξεργασίας εσπεριδοειδών, ποσότητες οι οποίες συνήθως διατίθενται ανεπεξέργαστες σε κοντινούς αποδέκτες ή χωματερές. Η αντιμετώπιση αυτή όχι μόνο υποβαθμίζει τον υδροφόρο ορίζοντα αλλά μειώνει και το διαθέσιμο όγκο των υφιστάμενων ΧΥΤΑ. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία για τους ΧΥΤΑ προωθεί τη μείωση της ποσότητας του οργανικού φορτίου το οποίο θα επιτρέπεται να ενταφιαστεί στο έδαφος με παράλληλη αύξηση της χρήσης της αναερόβιας χώνευσης η οποία αποτελεί μία εναλλακτική και ασφαλή μέθοδο για την απομάκρυνση των οργανικών αποβλήτων (ΚΑΠΕ, 2003).

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε πως για πολλές δεκαετίες υπήρχαν κενά στην ελληνική νομοθεσία σχετικά με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Το 1986 άρχισε να εφαρμόζεται η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (74/442/Ε.Ε., 15-6-1975), στην οποία ενδείκνυνται μέτρα για την ολοκληρωμένη διαχείριση των στερεών αποβλήτων από τα κράτη-μέλη. Ωστόσο, ακόμη και σήμερα σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, όπως και στην Ελλάδα, απουσιάζει ακόμα και το σχέδιο ολοκληρωμένης διαχείρισης των αποβλήτων (Λυμπεράτος, 2000).

Παρ' όλα αυτά, εκείνο που είναι κρίσιμο και απαραίτητο είναι η διασφάλιση της δημόσιας υγείας. Πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος τουλάχιστον γύρω από περιοχές με ιδιαίτερο κοινωνικό, οικολογικό, πολιτιστικό ή και αισθητικό ενδιαφέρον. Γίνονται λοιπόν προσπάθειες ώστε να αναπτυχθούν ολοκληρωμένες, αποτελεσματικές και οικονομικά βιώσιμες επενδύσεις για την επεξεργασία των αποβλήτων (Κάλφας, 2007).

Μια τέτοια μέθοδος διαχείρισης των στερεών αποβλήτων εσπεριδοειδών είναι και η αναερόβια χώνευση. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της είναι να απομακρυνθούν προηγουμένως τα αιθέρια έλαια που περιέχουν λιμονένιο, ανασταλτικό παράγοντα για τους μεθανογόνους μικροοργανισμούς. Βιώσιμη λύση αποτελεί και η αναβάθμιση των στερεών αποβλήτων σε υψηλής ποιότητας ζωοτροφή. Η περιεκτικότητα

σε πρωτεΐνη μπορεί έτσι ακόμα και να ξεπεράσει το 15% και η χωνεμένη πορτοκαλόφλουδα δύναται να υποκαταστήσει έως 30% τα δημητριακά στο σιτηρέσιο μηρυκαστικών (Iconomou et. al, 2001).

Η αναερόβια χώνευση είναι ιδιαίτερα αποδοτική και μπορεί να αποτελέσει μία αξιόπιστη λύση, τόσο για την ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων αυτών, όσο και για την προστασία του περιβάλλοντος. Η βιωσιμότητα - αποδοτικότητα μιας τέτοιας μονάδας, βασίζεται στο γεγονός ότι η πρώτη ύλη έχει μηδενική ή αρνητική αξία ενώ τα προϊόντα της έχουν εμπορική αξία. Η εποχιακή ή μειωμένου ρυθμού λειτουργία των χυμοποιείων (βασικά Νοέμβριο – Μάρτιο, αλλά υπάρχουν και οι καλοκαιρινές ποικιλίες) δεν αποτελεί μειονέκτημα για την αναερόβια διεργασία, λόγω των χαμηλών ρυθμών βιοαποδόμησης των μεθανογόνων μικροοργανισμών.

Το βιοαέριο που παράγεται κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας και ως καύσιμο μηχανών εσωτερικής καύσης. Ένα κυβικό μέτρο βιοαερίου υποκαθιστά 0,66 L ντίζελ ή 0,75 L πετρελαίου ή 0,85 kg κάρβουνου. Συγκεκριμένα, από την αξιοποίηση του συνόλου των 1.000.000 τόνων αποβλήτων εσπεριδοειδών, που παράγονται σήμερα στις χώρες της Νότιας Ευρώπης, εκτιμάται ότι μπορεί να παραχθεί προς διάθεση κατά μέσο όρο ηλεκτρική ενέργεια 180 GWhe/έτος και θερμική ενέργεια 272 Gwhth/έτος (ΚΑΠΕ, 2003).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΩΝ

5.1 Εισαγωγή

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση μιας ολοκληρωμένης μονάδας επεξεργασίας υπολειμμάτων εσπεριδοειδών που προκύπτουν από αντίστοιχες βιομηχανίες χυμοποίησης της Αργολίδας. Όπως έχει αναφερθεί ήδη στο κεφάλαιο 4.2, η Αργολική πεδιάδα αποτελεί την κατεξοχήν περιοχή παραγωγής πορτοκαλιών στην Ελλάδα συνεισφέροντας σχεδόν το 1/3 περίπου της εγχώριας παραγωγής. Εκεί βρίσκονται επίσης 9 από τα 18 χυμοποιεία της χώρας. Η πρώτη ύλη στις βιομηχανίες αυτές αποτελείται από: 80% πορτοκάλια, 12,5% λεμόνια, 6,5% μανταρίνια και 1% grape fruit (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, 2004). Λόγω της αυξημένης ζήτησης και της σωστής οργάνωσης το υ κλάδο υ οι βιομηχανίες της Αργολίδας λόγω αυξημένης ζήτησης έφτασαν τα τελευταία χρόνια στο σημείο να εξαντλούν την Αργολική παραγωγή ακόμα και να εισάγουν πορτοκάλια από άλλους νομούς. Ο Αργολικός κάμπος παράγει τα τελευταία χρόνια περίπου 355.000 τόνους πορτοκαλιών, από τους οποίους οι 175.000 tn περίπου οδηγούνται προς χυμοποίηση (Διαδίκτυο 20). Αν ληφθεί υπόψη πως το 70% αυτής της ποσότητας είναι απόβλητα και από αυτά το 75-80% είναι στερεά (περίπου 92.000 tn). Συνυπολογίζοντας το ύψος της παραγωγής και την ουσιαστική έλλειψη ολοκληρωμένης μέριμνας για τη διαχείριση των αποβλήτων, συμπεραίνεται πως στην περιοχή αυτή εμφανίζεται το μεγαλύτερο πρόβλημα διάθεσης στερεών αποβλήτων εσπεριδοειδών σε σχέση με την υπόλοιπη Ελλάδα. Αυτός είναι και ο λόγος που επιλέχθηκε η μελέτη κατασκευής της μονάδας επεξεργασίας υπολειμμάτων εσπεριδοειδών στη συγκεκριμένη περιοχή. Στα κεφάλαια που ακολουθούν εξετάζεται η οικονομική βιωσιμότητα και η κοινωνική σκοπιμότητα κατασκευής μιας μονάδας αναερόβιας χώνευσης υπολειμμάτων εσπεριδοειδών, παραπροϊόντων των βιομηχανιών χυμοποίησης της Αργολίδας.

5.2 Περιγραφή μονάδας

Τα βασικά μέρη του συστήματος είναι τα εξής: α) δεξαμενή τροφοδοσίας, β) φυγοκεντρικός διαχωριστής, γ) αναερόβιοι αντιδραστήρες, δ) κύκλωμα βιοαερίου, ε) μονάδα συμπαραγωγής, στ) μονάδα κομποστοποίησης, ζ) αυτοματοποιημένο σύστημα αναλύσεων, μετρήσεων, ελέγχου, ασφαλείας και ηλεκτρονικής διαχείρισης.

Η μονάδα γενικότερα θα λειτουργεί με την τεχνολογία αναερόβιας χώνευσης με δυνατότητα αποικοδόμησης στερεών οργανικών αποβλήτων, υπολειμμάτων εσπεριδοειδών με ταυτόχρονη παραγωγή χρήσιμου, λειτουργικού και εμπορικής αξίας βιοαερίου και εδαφοβελτιωτικού. Θα έχει δυνατότητα επεξεργασίας 70.000 tn αποβλήτων εσπεριδοειδών, τα οποία θα συγκεντρώνονται σε ανοξειδωτες δεξαμενές αποθήκευσης υπό συνθήκες ψύξης (3-5°C) και ανάδευσης. Στη συνέχεια, τα απόβλητα θα οδηγούνται σε μια δεξαμενή ανάμιξης από την οποία, με τη βοήθεια φυγοκεντρικών αντλιών (σύστημα μηχανικής πάχυνσης-διαχωρισμός στερεού-υγρού) η ιλύς θα συμπυκνώνεται και θα τροφοδοτεί τον πρώτο αναερόβιο αντιδραστήρα (υδρόλυσης και οξεογένεσης) και έπειτα το δεύτερο (μεθανογένεσης). Στο στάδιο αυτό, μέσω κατάλληλου συστήματος θα ρυθμίζεται η θερμοκρασία (30 – 55 °C) και η υγρασία στους αντιδραστήρες. Τα απόβλητα εντός των αντιδραστήρων θα αναμιγνύονται με τη χρήση κατάλληλων αναδευτήρων. Με κατάλληλο σύστημα αυτοματισμών θα ρυθμίζεται η λειτουργία των αντλιών και η τιμή του pH στους αντιδραστήρες, ενώ με κατάλληλο εξοπλισμό θα καταγράφεται και η παραγωγή βιοαερίου. Στη συνέχεια η ιλύς από το δεύτερο αντιδραστήρα θα οδηγείται σε δεξαμενή καθίζησης και έπειτα προς λιπασματοποίηση (compost). Το υλικό αυτό θα είναι σταθεροποιημένο, απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς και θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό ή ως υλικό επικάλυψης σε ΧΥΤΑ. Το αέριο που θα παράγεται θα συγκεντρώνεται στην κορυφή του κάθε αντιδραστήρα και θα οδηγείται στο αεριοφυλάκιο πλωτής οροφής όπου θα εξασφαλίζεται η προσωρινή αποθήκευσή του (Πίνακας 5.1). Έπειτα θα χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε αεριομηχανές για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού στη μονάδα συμπαραγωγής (Εικόνα 5.1). Με μέση θερμιδική αξία 6 kWh/m³, η καθαρή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι τυπικά 100-250 kWh/ton (Λυμπεράτος, 2009).



Εικόνα 5.1: Αεριομηχανές (καύση βιοαερίου) (Πηγή: Λυμπεράτος, 2009)

Πίνακας 5.1: Τυπική σύσταση βιοαερίου

Συστατικό	Χημικός Τύπος	Περιεκτικότητα (% κ.ο.)
Μεθάνιο	CH ₄	55-70
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	30-45
Άζωτο	N ₂	0-5
Οξυγόνο	O ₂	<1
Υδρογονάνθρακες	C _n H _{2n+2}	<1
Υδρόθειο	H ₂ S	0-0,5
Αμμωνία	NH ₃	0-0,05
Υδρατμοί	H ₂ O	1-5
Σιλοξάνες	C _n H _{2n+1} SiO	0-50 mg/m ³

(Πηγή: Biomass Energy, 2010)

Οι κατασκευαστικές ανάγκες της μονάδας σε επίπεδο υποδομών, σύμφωνα με την έρευνα αγοράς, περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα (5.2).

Πίνακας 5.2: Αναγκαίες υποδομές της μονάδας και κόστος

Κατασκευαστικά έργα	Κόστος (€)
Βασικές κτιριακές υποδομές	1.000.000
Χώρος απόθεσης διογκωτικών	4.000
Χώρος προσωρινής αποθήκευσης ιλύος	25.000
Τεμαχιστήριο	6.000
Χώρος σταθεροποίησης εδαφοβελτιωτικού	40.000
Χώρος κοσκίνισης	8.000
Χώρος φύλαξης εξοπλισμού	4.000
Τεχνητός υδροβιότοπος	200.000
Σύνολο	1.287.000

Ο **βασικός μηχανολογικός εξοπλισμός** που απαιτείται για την ορθή λειτουργία της μονάδας, σύμφωνα με την έρευνα αγοράς που πραγματοποιήθηκε, αποτελείται από: (2) αναερόβιους αντιδραστήρες με αεριοφυλάκια, (2) δεξαμενές τροφοδοσίας και αντλιοστάσια, δεξαμενή καθίζησης, φυγοκεντρικό διαχωριστή, μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, πυρσό καύσης, δεξαμενή τελικής απορροής, σύστημα μεμβρανών (επεξεργασία χωνεμένου νερού), βιόφιλτρα και κλειστή μονάδα κομποστοποίησης. Το συνολικό κόστος ανέρχεται σε περίπου **2.700.000 €**. Στον πίνακα 5.3 παρουσιάζεται ο βοηθητικός μηχανολογικός εξοπλισμός και το κόστος πιο αναλυτικά.

Πίνακας 5.3: Βοηθητικός μηχανολογικός εξοπλισμός και κόστος

Βοηθητικός μηχανολογικός εξοπλισμός	Κόστος (€)
Αφυγραντήρας	85.000
Τεμαχιστήρας	10.000
Κόσκινα και εξοπλισμός ενσάκισης εδαφοβελτιωτικού	80.000
Σύνολο	175.000

Η απαιτούμενη επιφάνεια υπολογίζεται σε :

- 3.000 m² για τα κατασκευαστικά έργα και το μηχανολογικό εξοπλισμό,
- 5.000 m² για τον τεχνητό υδροβιότοπο και
- 2.000 m² για την πρόσθετη επιφάνεια (παρκινγκ, ελεύθεροι χώροι), άρα **10.000 m²** συνολικά.

Τα **χωματουργικά έργα** που απαιτούνται για την προεργασία και τη διαμόρφωση της περιοχής εγκατάστασης της μονάδας εκτιμώνται περίπου σε **40.000 €**

Ο απαραίτητος **ηλεκτρομηχανικός εξοπλισμός**, σύμφωνα με την έρευνα αγοράς, περιλαμβάνει τους αυτοματισμούς ελέγχου, ασφαλείας και ηλεκτρονικής διαχείρισης, τον ηλεκτρομηχανικό εξοπλισμό της μονάδας κομποστοποίησης και τον εξοπλισμό του εργαστηρίου και των γραφείων, με εκτιμώμενο κόστος **440.000 €** (230.000, 160.000 και 50.000 € αντίστοιχα), ενώ ο **κινητός εξοπλισμός** της μονάδας περιλαμβάνει ένα (1) φορτωτή και ένα (1) φορτηγό μεταφοράς με κόστος **60.000 €το καθένα**.

Το εύρος διακύμανσης του πιθανού κόστους μιας τέτοιας μονάδας ποικίλει λόγω της πληθώρας τεχνολογιών, και ανάλογα με τη δυναμικότητα, τον κατασκευαστή και τη χώρα εγκατάστασης. Επίσης ο επιθυμητός βαθμός εξευγενισμού του παραγόμενου κομπόστ και η καθαρότητα του βιοαερίου αποτελούν επιπρόσθετους παράγοντες που επηρεάζουν το κατασκευαστικό και λειτουργικό κόστος. Γενικότερα ωστόσο, είναι εντυπωσιακή η μείωση του πάγιου κόστους τέτοιων μονάδων λόγω της συνεχώς αυξανόμενης τεχνολογικής ποικιλίας και του ανταγωνισμού των εταιρειών παραγωγής του απαιτούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού. Ενδεικτικά, το πάγιο κόστος μιας μονάδας αναερόβιας χώνευσης το 2005 με δυναμικότητα 50.000 tn/y ήταν 13.000.000 \$, ενώ συγκριτικά με το 1992 το κόστος αντίστοιχης μονάδας το 2000 εμφανίζεται εντυπωσιακά μειωμένο από 840 \$/tn/y σε 260 \$/tn/y (Λυμπεράτος, 2009).

5.3 Χρηματοοικονομική ανάλυση της μονάδας

Η χρηματοοικονομική ανάλυση (investment analysis) αποτελεί εργαλείο μέτρησης όλων των αρνητικών και θετικών επιπτώσεων που συνδέονται με ένα συγκεκριμένο έργο. Είναι επίσης ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για να εκτιμώνται και να συγκρίνονται τα αναμενόμενα οφέλη των έργων. Όσο περισσότερο τα οφέλη υπερβαίνουν το κόστος, τόσο μεγαλύτερη η αποδοτικότητα του έργου.

Σκοπός μιας χρηματοοικονομικής ανάλυσης είναι η ανάδειξη της βιωσιμότητας του έργου από την οπτική γωνία του ιδιώτη επενδυτή. Η ανάλυση των οικονομικών συνιστωσών λαμβάνει χώρα με βάση τις τιμές της αγοράς και στοχεύει στον υπολογισμό των

ταμειακών ροών που θα προκύψουν από την υλοποίηση του υπό διερεύνηση επενδυτικού σχεδίου. Η ταμειακή ροή ορίζεται από τη διαφορά δύο μεγεθών: της ταμειακής εισροής και της ταμειακής εκροής. Η διαφορά αυτή μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. Απαραίτητα στοιχεία για τον πίνακα ταμειακής ροής αποτελούν: το συνολικό κεφάλαιο επένδυσης, οι ετήσιες δαπάνες, τα ετήσια έσοδα και οι αποσβέσεις (Καλιαμπάκος, Δαμίγος, 2008).

Το οικονομικό όφελος από μια επένδυση μονάδας αναερόβιας χώνευσης μπορεί να προκύψει από την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση του βιοαερίου σε μονάδα συμπαραγωγής και από την πώληση της στερεής και υγρής απορροής ως λίπασμα (κομπόστ). Μη οικονομικό όφελος μπορεί να αποτελέσει η συμβολή της στην περιφερειακή πολιτική ανάπτυξης.

Τα κόστη μιας τέτοιας επένδυσης αφορούν στο βασικό εξοπλισμό (κτιριακές υποδομές, μηχανολογικός εξοπλισμός) και στα συνοδευτικά έργα, που περιγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Τα λειτουργικά κόστη και τα έξοδα συντήρησης της μονάδας αφορούν σε δαπάνες προσωπικού, συντήρησης εξοπλισμού και υποδομών, ασφάλισης του έργου, κ.λπ..

Σχετικά με τη δυνατότητα εξασφάλισης των πρώτων υλών, πρέπει να αναφερθεί πως στην Ευρώπη λειτουργούν μονάδες αναερόβιας χώνευσης που επεξεργάζονται τα απόβλητα που συγκεντρώνονται από την πλειοψηφία των περιφερειακών αγροτοβιομηχανικών μονάδων, έτσι ώστε να αποδίδουν ικανοποιητικές ποσότητες βιοαερίου. Το πρόβλημα εμφανίζεται στα μεταφορικά κόστη που προκύπτουν από μια τέτοια δραστηριότητα, τα οποία είναι σημαντικά και για το λόγο αυτό απαιτείται ουσιαστική και εξαρχής προκαταρκτική συνεννόηση, συναίνεση, συνεργασία και συντονισμός μεταξύ των εμπλεκόμενων (φορέων διαχείρισης, επενδυτές, αγροτοβιομηχανίες, προμηθευτές).

5.3.1 Παραδοχές

Η παρούσα μελέτη βασίζεται σε μια σειρά από τεχνικές και οικονομικές παραδοχές, οι οποίες αναφέρονται αμέσως παρακάτω και στηρίζονται στα χαρακτηριστικά της περιοχής και στα δεδομένα της αγοράς.

- Η πρώτη ύλη που θα χρησιμοποιηθεί είναι στερεά παραπροϊόντα, απόβλητα των βιομηχανιών χυμοποίησης εσπεριδοειδών από τα οποία έχουν αφαιρεθεί τα αιθέρια έλαια στις εν λόγω βιομηχανίες.
- Σε περίπτωση διαθεσιμότητας άλλων τύπων αποβλήτων (απόβλητα χοιροστασιών, υπολείμματα από σφαγεία, αγροτικά παραπροϊόντα κ.ά.) αυτά μπορούν να χρησιμοποιούνται επίσης για την τροφοδοσία της μονάδας. Η επεξεργασία κατάλληλων μιγμάτων αποβλήτων, σε τέτοια ποσότητα ώστε να μην εμφανίζεται πρόβλημα στη μικροβιακή καλλιέργεια της μονάδας, εμφανίζει πολλά οφέλη (εναρμόνιση τοξικότητας, συγκέντρωσης θρεπτικών κ.ά.).
- Το κόστος για την αγορά της γης, όπου θα γίνει η εγκατάσταση της μονάδας, υπολογίζεται σύμφωνα με την τρέχουσα τιμή της εκτός (τουλάχιστον 1.000 m) των ορίων της αστικής περιοχής (περίπου 3 €/m²), επομένως για τα 10.000 m² το κόστος είναι 30.000 €
- Η μονάδα θα επεξεργάζεται 70.000 tn αποβλήτων/ έτος.
- Η τιμή πώλησης του παραγόμενου κομπόστ ορίζεται στα 50 €/tn.
- Η μονάδα θα παράγει 2.000 tn εδαφοβελτιωτικού. Στην πραγματικότητα, η μονάδα έχει δυνατότητα παραγωγής πολύ μεγαλύτερης ποσότητας εδαφοβελτιωτικού, όμως επί του παρόντος εκτιμάται, μετά από επικοινωνία με παράγοντες της αγοράς, ότι δε θα μπορέσει να διατεθεί μεγαλύτερη ποσότητα στην αγορά. Η περιττή ποσότητα παραχωρείται στον τοπικό Δήμο για χρήση ως υλικό επικάλυψης στους ΧΥΤΑ και ο Δήμος επιβαρύνεται με τα έξοδα μεταφοράς.
- Καθαρή παραγωγή 8.400 MWh ηλεκτρικής ενέργειας / έτος (ΚΑΠΕ, 2003).
- Στο βασικό σενάριο η μονάδα χρηματοδοτείται μέσα από τις “Πράσινες Υποδομές” ή τον “Αναπτυξιακό Νόμο”. Σε αυτήν την περίπτωση, η χρηματοδότηση μπορεί να φτάσει (κατ' ελάχιστο) το 40% για ποσό άνω των 2.500.000 € και, σε αυτήν τη βάση, η τιμή ανά MWh ορίζεται από τη ΡΑΕ, σύμφωνα με το νόμο 3851, στα 220 €/MWh.

5.3.2 Κόστος συντήρησης και λειτουργίας

Οι παράγοντες που καθορίζουν το κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι:

- i. το κόστος συντήρησης των κτιριακών υποδομών και του εξοπλισμού προκύπτει ως ποσοστό της αρχικής επένδυσης (Φραντζής, 2011) (πίνακας 5.5) και
- ii. το μισθολογικό κόστος της μονάδας (πίνακας 5.6).

Πίνακας 5.5: Κόστος συντήρησης κτιριακών υποδομών και εξοπλισμού

Κόστος συντήρησης κτιριακών υποδομών και εξοπλισμού		
Δαπάνη		Κόστος (€)
Συντήρηση κτηρίων	2,5 % της επένδυσης	27.500
Συντήρηση εξοπλισμού	2,5 % της επένδυσης	86.000
Ασφάλιστρα	0,5 % της επένδυσης	24.500
Γενικά έξοδα λειτουργίας		10.000
Απρόβλεπτα έξοδα		20.000
Σύνολο (€)		183.000

Πίνακας 5.6: Μισθολογικό κόστος

Μισθολογικό κόστος			
Προσωπικό	Μισθός/μήνα	Μήνες	Ετήσιο κόστος (€)
Διευθυντής	2.500	13	32.500
Τεχνικός Υπεύθυνος	2.000	13	26.000
(3*) Συντηρητής (Υδραυλικός, Ηλεκτρολόγος)	1.500	39	58.500
(2*) Οδηγός	1.500	26	39.000
(2*) Ανειδίκευτος εργάτης	900	26	23.400
Λογιστής	1.000	13	13.000
Γραμματέας	1.000	13	13.000
Έξοδα διοίκησης			80.000
Σύνολο (€)			285.400
Εργοδοτικές εισφορές, ΦΜΥ μισθολογικές εισφορές, (~60%)			
Σύνολο (€)			460.000

5.3.3 Έσοδα μονάδας

Τα έσοδα της μονάδας ισούνται με το γινόμενο της τιμής πώλησης των προϊόντων επί την αντίστοιχη ετήσια παραγωγή και προέρχονται από (πίνακας 5.7):

- i. την πώληση 8.400 MWh ηλεκτρικής ενέργειας κατ' έτος. Η τιμή πώλησης, όπως αναφέραμε και στις παραδοχές, σύμφωνα με τη ΡΑΕ και το νόμο 3851, είναι 220 €/MWh για επιδοτούμενη επένδυσης.
- ii. την πώληση 2.000 tn καλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικού με τιμή πώλησης 50 €/ t.

Πίνακας 5.7: Έσοδα μονάδας

Προέλευση εσόδων	Τιμή ανά μονάδα (€)	Μονάδες	Σύνολο (€)
Πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	220	8.400	1.848.000
Πώληση εδαφοβελτιωτικού	50	2.000	100.000
Σύνολο (€)			1.948.000

5.3.4 Ιδιωτική αξιολόγηση της επένδυσης

Τα κόστη των κτιριακών εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού της μονάδας έχουν ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 5.2. Σύμφωνα με αυτά τα στοιχεία προκύπτει το ύψος της επένδυσης όπως εμφανίζεται στον πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4: Προϋπολογισμός έργου

ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ (€)	
Αγορά οικοπέδου	30.000
Χωματουργικά έργα	40.000
Κατασκευαστικά έργα, υποδομές	1.287.000
Μηχανολογικός εξοπλισμός	2.876.000
Ηλεκτρομηχανικός εξοπλισμός & Αυτοματισμοί	440.000
Κινητός εξοπλισμός	120.000
Λοιπά έξοδα (απρόβλεπτα)	60.000
Σύνολο (€)	4.853.000

Παρακάτω προσδιορίζεται το λειτουργικό κόστος και το οικονομικό όφελος από την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας και πώλησης κομπόστ (λίπασμα).

Οι βασικοί χρηματοοικονομικοί δείκτες που πρέπει να υπολογιστούν για την αξιολόγηση είναι (Καλιαμπάκος, Δαμίγος, 2008):

- η Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value, NPV) και
- ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (Internal Rate of Return, IRR).

Η Καθαρή Παρούσα Αξία εκφράζει την αξία της επένδυσης σήμερα, τη στιγμή που λαμβάνεται η απόφαση. Πρακτικά, μετά την κατασκευή του πίνακα ταμειακών ροών, η ΚΠΑ υπολογίζεται ως η διαφορά των χρηματικών εισροών (καθαρών ταμειακών ροών μετά φόρων) μείον το κόστος των επενδύσεων, όπως, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ΚΠΑ = \sum_{\tau=1}^{\nu} \frac{ΚΤΡ_{\tau}}{(1+\varepsilon)^{\tau}} - E_0$$

όπου: ΚΠΑ = η Καθαρά Παρούσα Αξία του σχεδίου,

ΚΤΡ_τ = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ

E₀ = η αρχική επένδυση το χρόνο τ=0

ν = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου και

ε = το επιτόκιο προεξόφλησης.

Κρίσιμη παράμετρος για την Καθαρή Παρούσα Αξία αποτελεί η επιλογή του επιτοκίου προεξόφλησης. Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης μπορεί να οριστεί ως το επιτόκιο προεξόφλησης που μηδενίζει τη χρηματοροή, δηλ. εκείνο το επιτόκιο που εξισώνει την

αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμιακών ροών και δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$ΚΠΑ = 0 = \sum_{\tau=1}^v \frac{ΚΤΡ_{\tau}}{(1 + ΕΒΑ)^{\tau}} - E_0$$

όπου: $ΚΤΡ_{\tau}$ = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ

E_0 = η αρχική επένδυση το χρόνο $\tau=0$

v = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου

$ΕΒΑ$ = το επιτόκιο προεξόφλησης που καθιστά την $ΚΠΑ = 0$

Για να εγκριθεί μια επένδυση πρέπει $NPV > 0$ και $IRR >$ από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο προεξόφλησης.

Στην επόμενη σελίδα (πίνακας 5.8) εμφανίζονται τα οικονομικά αποτελέσματα που προκύπτουν από τα παραπάνω στοιχεία.

Πίνακας 5.8: Ταμειακές ροές αποτελέσματα χρηματοοικονομικής ανάλυσης

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Επένδυση	2.911.800										
- Οικόπεδο	18.000										
- Κατασκευαστικές υποδομές	796.200										
- Εξοπλισμός	2.097.600										
Διαχείριση αποβλήτων (tn)		70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Έσοδα	1.948.000	1.948.000	1.948.000	1.948.000	1.948.000	1.948.000	1.948.000	1.948.000	1.948.000	1.948.000	1.948.000
- Κομπόστ	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
- Ενέργεια	1.848.000	1.848.000	1.848.000	1.848.000	1.848.000	1.848.000	1.848.000	1.848.000	1.848.000	1.848.000	1.848.000
Έξοδα	643.000	643.000	643.000	643.000	643.000	643.000	643.000	643.000	643.000	643.000	643.000
- Κόστος συντήρησης εξοπλ. & υποδ.	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000
- Μισθολογικό κόστος	460.000	460.000	460.000	460.000	460.000	460.000	460.000	460.000	460.000	460.000	460.000
Μεικτά κέρδη	1.305.000	1.305.000	1.305.000	1.305.000	1.305.000	1.305.000	1.305.000	1.305.000	1.305.000	1.305.000	1.305.000
Αποσβέσεις	289.380	289.380	289.380	289.380	289.380	289.380	289.380	289.380	289.380	289.380	289.380
Φορολογητέο εισόδημα	1.015.620	1.015.620	1.015.620	1.015.620	1.015.620	1.015.620	1.015.620	1.015.620	1.015.620	1.015.620	1.015.620
Φόροι	406.248	406.248	406.248	406.248	406.248	406.248	406.248	406.248	406.248	406.248	406.248
Καθαρά κέρδη μετά φόρων	609.372	609.372	609.372	609.372	609.372	609.372	609.372	609.372	609.372	609.372	609.372
Καθαρή Ταμειακή Ροή μετά φόρων	-2.911.800	898.752	898.752	898.752	898.752	898.752	898.752	898.752	898.752	898.752	898.752

5.4 Κοινωνικοοικονομική ανάλυση της μονάδας

Σε αυτήν την παράγραφο η επένδυση αξιολογείται από την πλευρά της κοινωνίας. Η μέθοδος της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης επιδιώκει να αποδώσει οικονομική διάσταση σε όλες τις παραμέτρους ενός έργου (τεχνικές, περιβαλλοντικές, κοινωνικές) και εξετάζει όχι μόνο τις άμεσες αλλά και τις έμμεσες επιπτώσεις του οικονομικού σχεδίου. Η κοινωνικοοικονομική ανάλυση στοχεύει στη διόρθωση των οικονομικών μεγεθών της ιδιωτικής οικονομικής ανάλυσης, σύμφωνα με τις εξωτερικές οικονομίες (externalities) του έργου (θετικές και αρνητικές), δηλαδή κόστη και οφέλη που δεν αποτιμώνται με το συμβατικό μηχανισμό και τις τιμές της αγοράς. Με την προσέγγιση αυτή αξιολογείται η συμβολή του επενδυτικού σχεδίου στην οικονομική ευημερία μιας περιφέρειας ή ολόκληρης της χώρας. Επομένως, η αξιολόγηση διενεργείται για λογαριασμό ολόκληρης της κοινωνίας και όχι μόνο του ιδιώτη επενδυτή (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2003).

Η κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση απαιτεί τη «διόρθωση» του πίνακα των χρηματοοικονομικών ταμειακών ροών. Στην κατεύθυνση αυτή το πρώτο βήμα έγκειται στην απαλλαγή των τιμών εισροών και εκροών από ΦΠΑ και άλλους έμμεσους φόρους καθώς επίσης και από τις επιδοτήσεις.

Έπειτα πρέπει να διορθωθεί η αγοραία με τη λογιστική τιμή του μισθολογικού κόστους σύμφωνα με τη σχέση:

$$SF = FW*(1-u)*(1-t)$$

όπου SF η λογιστική τιμή του μισθολογικού κόστους, FW η χρηματοοικονομική (αγοραία) τιμή του μισθολογικού κόστους, u το περιφερειακό ποσοστό ανεργίας και t το ποσοστό πληρωμών κοινωνικής ασφάλισης και σχετικών φόρων.

Εφόσον διορθωθούν οι αγοραίες τιμές των εισροών και εκροών με τις λογιστικές ώστε να αντανακλούν το πραγματικό κόστος και όφελος για την κοινωνία, το τελικό βήμα για τη σύνταξη του πίνακα σε κοινωνικές τιμές είναι η ενσωμάτωση των εξωτερικών οικονομιών του έργου λόγω των επιδράσεων του στην ποιότητα του περιβάλλοντος και κατ' επέκταση στη δημόσια υγεία και στην ποιότητα ζωής.

Μετά από τις παραπάνω «διορθώσεις» των αγοραίων τιμών, οι χρηματοοικονομικές ταμειακές ροές μετατρέπονται σε κοινωνικοοικονομικές και με τον τρόπο αυτό είναι

δυνατό να προσδιορισθεί η Κοινωνική Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΚΠΑ) και ο Κοινωνικός Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (ΚΕΒΑ).

Ο υπολογισμός της Κοινωνικής Καθαρής Παρούσας Αξίας πραγματοποιείται επίσης με τη χρήση του «κοινωνικού» επιτοκίου προεξόφλησης. Το κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης διαφέρει από το επιτόκιο προεξόφλησης που χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της χρηματοοικονομικής ανάλυσης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2003). Γενικότερα, μια ενδεικτική τιμή αναφοράς της τάξης του 4% θεωρείται αποδεκτή (Girola, 2005).

5.4.1 Παραδοχές

Η σύνταξη της κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης στηρίζεται στα δεδομένα της χρηματοοικονομικής ανάλυσης, τα οποία όπως αναφέρθηκε υφίστανται μια σειρά διορθωτικών παρεμβάσεων, σύμφωνα με τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου. Οι παραδοχές στις οποίες στηρίζεται η παρούσα κοινωνικοοικονομική ανάλυση είναι οι ακόλουθες:

- Απαλλαγή από ΦΠΑ, έμμεσους φόρους και επιδοτήσεις.
- Διορθώσεις εξωγενών επιδράσεων:
 - Αέριοι ρύποι: η ποσότητα της σκόνης που αναμένεται να παραχθεί κατά τη διάρκεια θεμελίωσης και κατασκευής της μονάδας είναι μικρή. Αν η μονάδα ΣΗΘ συντηρείται κατάλληλα ώστε να περιορίζονται οι εκπομπές ρύπων σύμφωνα με τη Νομοθεσία (Φ.Ε.Κ. 693/Β/12-11-85), τότε οι αέριοι ρύποι που εκπέμπονται από μια τέτοια μονάδα είναι αμελητέες ποσότητες χωρίς ουσιαστικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Τέλος, οι πιθανές αναδυόμενες οσμές από την λειτουργία της μονάδας περιορίζονται στο χώρο της εγκατάστασης, η οποία ούτως ή άλλως βρίσκεται μακριά από κατοικημένες περιοχές, όπως έχει αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο.
 - Υγρά απόβλητα: Τα παραγόμενα βιομηχανικά υγρά της μονάδας αποτελούν υλικό άρδευσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις καλλιέργειες πλησίον της εγκατάστασης. Υπάρχει μάλλον μεγάλη πιθανότητα να χρειαστεί η κατασκευή διβάθμιου στεγανού βόθρου από οπλισμένο σκυρόδεμα για τη συλλογή των λυμάτων των εργαζομένων,

δεδομένου ό,τι η εγκατάσταση της μονάδας βρίσκεται σε αγροτικές περιοχές όποτε η πιθανότητα ύπαρξης δικτύου αποχέτευσης είναι μικρή.

- ο Στερεά απόβλητα: Τα στερεά αστικά απορρίμματα συλλέγονται σε κάδους και απομακρύνονται με τα απορριμματοφόρα οχήματα του Δήμου στον οποίο βρίσκεται η μονάδα, ενώ τα αστικά οργανικά απόβλητα μπορούν να αναμιγνύονται με τα υπόλοιπα στερεά οργανικά για κομποστοποίηση.
- ο Θόρυβος: Ο θόρυβος από τέτοια μονάδα δεν επηρεάζει τους ανθρώπους, ούτε δημιουργεί όχληση στο περιβάλλον. Η μέγιστη τιμή του θορύβου θεωρείται ≤ 85 dB και περιορίζεται στην εγκατάσταση της μονάδας, ενώ τα επίπεδα έκθεσης των εργαζομένων σε θόρυβο είναι σύμφωνα με το ΦΕΚ 38/Α/18-3-91 όποτε δεν απαιτείται η λήψη πρόσθετων μέτρων.

Επομένως, σύμφωνα με τα παραπάνω, οι επιπτώσεις είναι αμελητέες ή έχουν μικρό αντίκτυπο προς το περιβάλλον.

- Υπολογίζεται το συνολικό εξωτερικό περιβαλλοντικό όφελος της παραγωγής πράσινης ενέργειας αντί για λιγνιτικές Μεγαβατώρες, το οποίο προκύπτει από το εξωτερικό περιβαλλοντικό κόστος της λιγνιτικής Μεγαβατώρας (6 € / MWh) και το κόστος κλιματικής μεταβολής (24 € / MWh) (ενδεικτικές τιμές σύμφωνα με: Τουρκολιάς, 2010 και πίνακας 5.10) επί τις παραγόμενες Μεγαβατώρες.
- Από τις τιμές της αγοράς στις λογιστικές τιμές:
 - ο Χρησιμοποιείται η σχέση $SF = FW \cdot (1-u) \cdot (1-t)$, όπωσ αναφέρθηκε παραπάνω για τη διόρθωση των στρεβλώσεων στην τιμή του μισθολογικού κόστους. Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ, το ποσοστό ανεργίας του Νομού Αργολίδας ανέρχεται στο 25%. Επομένως, σύμφωνα και με τον πίνακα μισθολογικού κόστους (5.6) που αναφέρθηκε στην παράγραφο 5.3.2, το μισθολογικό κόστος διαμορφώνεται τώρα στις 214.050 €.
- Η τιμή πώλησης ενέργειας απαλλάσσεται από τις επιδοτήσεις και καθορίζεται πλέον από το Εγχειρίδιο του ΑΔΜΗΕ (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) η οριακή τιμή συστήματος η οποία προκύπτει περί τα 60 €/MWh περίπου.
- Χρησιμοποιείται κοινωνικό επιτόκιο προεξόφλησης 4%.

5.4.2 Κοινωνική αξιολόγηση της επένδυσης

Σύμφωνα με τις ανωτέρω παραδοχές, τα βασικά μεγέθη από τα οποία υπολογίζονται η Κοινωνική Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΚΠΑ) και ο Κοινωνικός Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (ΚΕΒΑ) διαμορφώνονται ως ακολούθως.

Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας των κτιριακών εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού δε μεταβάλλεται (πίνακας 5.5).

Πίνακας 5.5: Κόστος συντήρησης κτιριακών υποδομών και εξοπλισμού

Κόστος συντήρησης κτιριακών υποδομών και εξοπλισμού		
Δαπάνη		Κόστος (€)
Συντήρηση κτηρίων	2,5 % της επένδυσης	27.500
Συντήρηση εξοπλισμού	2,5 % της επένδυσης	86.000
Ασφάλιστρα	0,5 % της επένδυσης	24.500
Γενικά έξοδα λειτουργίας		10.000
Απρόβλεπτα έξοδα		20.000
Σύνολο (€)		183.000

Το ετήσιο **μισθολογικό κόστος** διαμορφώνεται σε **214.050 €**

Τα έσοδα της μονάδας προέρχονται από την πώληση 8.400 MWh ηλεκτρικής ενέργειας κατ' έτος με τη μέση οριακή τιμή του συστήματος (60 €/MWh) και από την πώληση 2.000 tn καλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικού με τιμή 50 €/t.

Πίνακας 5.9: Έσοδα μονάδας

Προέλευση εσόδων	Τιμή ανά μονάδα (€)	Μονάδες	Σύνολο (€)
Πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	60	8.400	504.000
Πώληση εδαφοβελτιωτικού	50	2.000	100.000
Σύνολο (€)			604.000

Για τον υπολογισμό του εξωτερικού περιβαλλοντικού οφέλους χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία πρόσφατη έρευνα (Τουρκολιάς, 2010) για τη λιγνιτική μονάδα του Αγ. Δημητρίου (πίνακας 5.10).

Πίνακας 5.10: Εκτίμηση εξωτερικού κόστους για τη λιγνιτική μονάδα του Αγ. Δημητρίου

ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ V, 2008	
ΣΤΑΔΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
Θνησιμότητα	3,23
Νοσηρότητα	1,79
Καλλιέργειες	0,07
Υλικά	0,13
Μνημεία	0,02
Σύνολο Αέριας Ρύπανσης	5,24
Κλιματική Αλλαγή	23,39
Σύνολο Ηλεκτροπαραγωγής – Υπολογισμένο εξωτερικό κόστος	28,63

(Πηγή: Τουρκολιάς, 2010)

Με βάση τα παραπάνω, από την αντικατάσταση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές αντί για λιγνίτη προκύπτει **εξωτερικό περιβαλλοντικό όφελος** αξίας : $30 \text{ €} / \text{MWh} * 8.400 \text{ MWh} = \mathbf{252.000 \text{ €}}$

Στη βάση των παραπάνω, συντάσσεται ο πίνακας των κοινωνικών ταμειακών ροών (πίνακας 5.11), από τον οποίο προκύπτει ότι η ΚΚΠΑ ($\epsilon=4\%$) της εξεταζόμενης επένδυσης είναι -2,9 εκατ. €. Συνεπώς, η μονάδα δεν είναι κοινωνικά ωφέλιμη.

Πίνακας 5.11: Οικονομικά αποτελέσματα κοινωνικοοικονομικής ανάλυσης

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Επένδυση	4.853.000										
- Οικόπεδο	30.000										
- Κατασκευαστικές υποδομές	1.327.000										
- Εξοπλισμός	3.496.000										
Διαχείριση αποβλήτων (tn)		70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000
Έσοδα		856.000	604.000	604.000	604.000	604.000	604.000	604.000	604.000	604.000	604.000
- Κομποστ		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
- Ενέργεια		504.000	504.000	504.000	504.000	504.000	504.000	504.000	504.000	504.000	504.000
- Εξωτερικό περιβαλλοντικό όφελος		252.000	252.000	252.000	252.000	252.000	252.000	252.000	252.000	252.000	252.000
Έξοδα		397.050	397.050	397.050	397.050	397.050	397.050	397.050	397.050	397.050	397.050
- Κοςτος συντηρησης εξοπλ+υποδ		183.000	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000	183.000
- Μισθολογικο κοςτος		214.050	214.050	214.050	214.050	214.050	214.050	214.050	214.050	214.050	214.050
Κοινωνική Καθαρή Ταμειακή Ροή	-4.853.000	458.950	206.950	206.950	206.950	206.950	206.950	206.950	206.950	206.950	206.950

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τεχνολογία αναερόβιας χώνευσης ενδείκνυται ιδιαίτερα για περιοχές απομακρυσμένες από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για περιοχές ιδιαίτερης ευαισθησίας (τουριστικές, αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, πλησίον αστικής ζώνης κ.ά.) με άμεση ανάγκη για ολοκληρωμένη, περιβαλλοντικά αποδεκτή διαχείριση των αποβλήτων τους. Η τεχνολογία αυτή προσφέρει σημαντικές δυνατότητες εναλλακτικής διαχείρισης των αποβλήτων σε μια εποχή που τα περιβαλλοντικά προβλήματα εντείνονται και οι συμβατικές πηγές ενέργειας έχουν αρχίσει να εξαντλούνται.

Ειδικότερα, αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτέλεσε η διερεύνηση μιας μονάδας αναερόβιας χώνευσης των στερεών αποβλήτων επεξεργασμένων εσπεριδοειδών. Διεθνείς έρευνες συμπεραίνουν ότι τα υπολείμματα εσπεριδοειδών έχουν σημαντική περιεκτικότητα βιοαποδομήσιμης οργανικής ύλης, γεγονός που τα καθιστά ιδανικό υπόστρωμα για παραγωγή βιοαερίου μέσω της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Τα οφέλη από την κατασκευή μιας τέτοιας μονάδας, ειδικά σε περιοχές με σημαντική παραγωγή εσπεριδοειδών, όπως π.χ. η Κρήτη, η Χίος, Άρτα, η Λακωνία, η Αργολίδα, η Κορινθία κ.ά., θα είναι πολλαπλά λόγω της παραγόμενης ενέργειας και της φιλικότερης προς το περιβάλλον διαχείρισης των στερεών αποβλήτων επεξεργασμένων εσπεριδοειδών. Η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι περιοχές πλησίον βιομηχανιών χυμοποίησης εσπεριδοειδών, όπως η ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων, η επιβάρυνση των ΧΥΤΑ μετά από κάθε απόσυρση εσπεριδοειδών που δεν μπορούν να διατεθούν στην αγορά (κυρίως πορτοκάλια), κ.ά.

Η υψηλή περιεκτικότητα των υπολειμμάτων εσπεριδοειδών σε διαλυτούς και μη υδατάνθρακες τα καθιστά ιδανικά για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Ωστόσο, η παρουσία λιμονένιου και άλλων αρωματικών ενώσεων έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της μικροβιακής δράσης. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη είτε η προεπεξεργασία του υλικού ώστε να απομακρυνθούν τα αιθέρια έλαια, κάτι που γίνεται ως επί το πλείστον σε μεγάλες βιομηχανικές μονάδες λόγω οικονομικού κέρδους από την πώλησή τους, ή η

επεξεργασία τους με άλλα οργανικά απόβλητα π.χ. κοπριά, έτσι ώστε να μειωθεί η συγκέντρωση των τοξικών ενώσεων.

Με δεδομένα τα περιβαλλοντικά οφέλη μιας τέτοιας μονάδας, η παρούσα έρευνα επικεντρώθηκε στη μελέτη της οικονομικής βιωσιμότητας και της κοινωνικής σκοπιμότητάς της, χρησιμοποιώντας ως περίπτωση μελέτης την περιοχή του Άργους.

Η οικονομική απόδοση μιας τέτοιας μονάδας βασίζεται στο γεγονός ότι η πρώτη ύλη, από την οποία παράγονται τα εμπορικά προϊόντα, έχει συνήθως μηδενικό κόστος. Το σημαντικότερο προϊόν της μονάδας είναι η ηλεκτρική ενέργεια, η οποία εμπίπτει σε ειδικές διατάξεις Νόμου. Επίσης, παράγεται σταθεροποιημένο οργανικό υπόλειμμα, το οποίο μπορεί να προσφέρει επιπλέον έσοδα αν πωληθεί ως λίπασμα. Σημαντικό είναι και το γεγονός ότι με τις σύγχρονες εξελίξεις της τεχνολογίας, το λειτουργικό κόστος μειώνεται σημαντικά, βελτιώνοντας την οικονομική τους απόδοση.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της χρηματοοικονομικής ανάλυσης, η προτεινόμενη μονάδα είναι βιώσιμη από οικονομικής πλευράς (ΚΠΑ: 3,1 εκατ. € και ΕΒΑ: 28,3%). Ωστόσο, με βάση την κοινωνικοοικονομική ανάλυση, το υπό εξέταση έργο δεν θεωρείται κοινωνικά επωφελές (ΚΚΠΑ: -2,9 εκατ. €), αποτέλεσμα που αποδίδεται στην μη επιδοτούμενη τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στη βάση αυτή θα πρέπει η κοινωνία να αποφασίσει για την κοινωνική σκοπιμότητα της συγκεκριμένης μονάδας. Τα αποτελέσματα αυτά είναι μερικώς ενθαρρυντικά και δείχνουν την ανάγκη ενημέρωσης των αρμόδιων κρατικών φορέων αλλά και των τοπικών κοινωνιών, καθώς υπό προϋποθέσεις τα οφέλη της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι πολλαπλά. Η προτεινόμενη τεχνολογία μειώνει το περιβαλλοντικό φορτίο από τη διάθεση των υπολειμμάτων επεξεργασίας εσπεριδοειδών, παράγει ενέργεια από μια φιλική προς το περιβάλλον πηγή, παράγει εδαφοβελτιωτικά και, ταυτόχρονα, εξασφαλίζει μια ικανοποιητική απόδοση, η οποία δύναται υπό την προϋπόθεση επιδότησης στην τιμή πώλησης να επιστρέψει κατά το μεγαλύτερο μέρος της στην τοπική κοινωνία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. Ξενόγλωσση

Ahring, K.B., Perspectives for Anaerobic Digestion, In: *Biomethanation, Volume II*, Ed. Ahring K.B., Springer, 2003.

Angelidaki, I., Ellegaard, L., Ahring, K.B., Applications of the Anaerobic Digestion Process, In: *Biomethanation, Volume II*, Ed. Ahring K.B., Springer, 2003.

Arvanitoyannis, S.I., Chapter 9, Olive Oil Waste Management: Treatment Methods and Potential Uses of Treated Waste, In: *Waste Management for the Food Industries*, Ed. Taylor, L.S., Elsevier 2008

Bailey J.E. and Ollis D.F., (1986_a), applied enzyme catalysis. In: Biochemical engineering fundamentals. McGraw-Hill international editions

Bitton Gabriel, *Wastewater microbiology*, Third edition, John Wiley & Sons, 2005.

Bitton, G., 1994. "Anaerobic digestion of wastewater and sludge". In: *Wastewater microbiology*, Wiley series in ecological and applied microbiology, John Wiley & Sons, Inc., New York

De Baere, A.L., Devocht, M., Van Assche, P., Verstraete, W., Influence of High NaCl and NH₄Cl Salt Levels on Methanogenic Associations, 1984.

Doelle H.W., (1975), Fermentation. In: *Bacterial metabolism*, Academic Press, Inc., New York,

European Commission, Biofuels. Application of Biologically Derived Products as Fuels or Additives in Combustion Engines, Directorate General XII-Science, Research and Development, 1994.

European Commission, Biomass action plan, Brussels, 2005

Field, B.C. (1994). *Environmental Economics: An introduction*. McGraw-Hill International Editions, Sinapore.

Gallert, C., Winter, J., Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of source-sorted

- organic wastes: effect of ammonia on glucose degradation and methane production, *Applied Microbiology Biotechnology*, 1997
- Gerardi, H. Michael, *Microbiology of Anaerobic Digesters*, John Wiley & Sons, 2003.
- Gerardi, H. Michael, *Wastewater Bacteria*, John Wiley & Sons, 2006.
- Gray, F.N., *Biology of Wastewater Treatment*, Second Edition, Imperial College Press, 2004.
- Gujer, W. and Zehnder, A. J. B., 1983. "Conversion process in anaerobic digestion", *Water Science and Technology*
- Gunaseelan V.N., (1997), *Anaerobic digestion of biomass for methane production: a review*
- Hickey, R.F., Vanderwielen, J., Switzenbaum, M.S., The effects of organic toxicants on methane production and hydrogen gas levels during the anaerobic digestion of waste activated sludge, 1987.
- Iconomou, D., Zervas, G., Melanitou, M., Fegeros, K. and Papayianopoulou, D. (2001). *Fermentability of dried citrus pulp and their nutritive value in sheep*
- Kotzé, J. P., Thiel, P. G. and Hattingh, W. H. J., 1969. "Review paper: Anaerobic digestion II, The characterization and control of anaerobic digestion",
- Lettinga, G., *Anaerobic digestion and wastewater treatment systems*, *Antonie van Leeuwenhoek*, 1995.
- Lettinga, G., van Velsen, L., de Zeeuw, W. and Hobma, S. W., 1979. "The application of anaerobic digestion to industrial pollution treatment". In: *Anaerobic digestion*, Stafford et al., Applied Science Publishers, London, England
- Lutz P., Wittmaier M., 'Praxiserfahrungen mit Bioabfällen aus der Getrenntsammlung', 2005
- Malina J.F. and Pohland F.G., (1992), *Anaerobic sludge digestion*, In: *Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes*, Water Quality Management Library
- Mignone, N. A., 2005. "Biological inhibition/toxicity control in municipal anaerobic

digestion facilities”.

Orelmand R.S., (1988), Biogeochemistry of methanogenic bacteria, In: Biology of anaerobic microorganisms, A.J.B. Zehndew (editor), John Wiley and Sons, Inc., New York, p. 641

Ostream, K., *Anaerobic digestion for treating the organic fraction of municipal solid wastes*, M.S. thesis in Earth Resources Engineering, Columbia University, 2004.

Pavlostathis, S. G. and Giraldo-Gomez, E., 1991. "Kinetics of anaerobic treatment", Water Science and Technology

Sanders, F. A and Bloodgood, D. L., 1965. "The effect of nitrogen- to- carbon ratio on anaerobic decomposition", Journal Water Pollution Control Federation

Seghezzeo, L., Zeeman, G., van Liel, B.J., Hamelers, M.V.H., Lettinga, G., A review: The Anaerobic Treatment of Sewage in UASB and EGSB Reactors, 1998.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1995. 19th edn, American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation, Washington DC, USA

Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition, Ed. Eaton, D.A., Lenore, S.C., Greenberg, E.A., APHA-AWWA-WEP, 1995.

Toerien D.F. and Hattingh W.H.J. (1969) Anaerobic digestion I. The microbiology of anaerobic digestion.

USDA – Fruit Juices HACCP & CCPs, 2004

Vogels, G. D., Keltjens, J. T. and van der Drift, C., 1988. "Biochemistry of methane production". In: Biology of anaerobic microorganisms. A.J.B. Zehnder (editor) John Wiley and Sons, Inc., New York

World Commission on Environment and Development, Our Common Future (1987)

B. Ελληνική

- Αρβανιτογιάννης, Δ. Σάνδρου, Λ. Κούρτης, "Ασφάλεια Τροφίμων", University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2001.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2003. Οδηγός Ανάλυσης Κόστους – Ωφέλειας των Επενδυτικών Σχεδίων (Διαρθρωτικά Ταμεία – ΕΤΠΑ, Ταμείο Συνοχής και ΜΠΑΔΠ (ISPA)), Διοικητική Μονάδα Αξιολόγησης, Γ.Δ. Περιφερειακής Πολιτικής.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής Πολιτικής, Κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τη μεθοδολογία για τη διενέργεια ανάλυσης κόστους-οφέλους
- Καλιαμπάκος Δ., Δαμίγος Δ., Σημειώσεις μαθήματος "Οικονομικά του περιβάλλοντος και των υδατικών πόρων", Χρηματοοικονομική και κοινωνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων, Αθήνα 2008.
- Κάλφας, Χ., "Παραγωγή Βιοαερίου από Αναερόβια Χώνευση Προεπεξεργασμένου και μη Ελαιοπολτού", Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2007.
- ΚΑΠΕ, "Μελέτη διερεύνησης δυνατοτήτων για την αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ", Τομέας Βιομάζας, 1997.
- ΚΑΠΕ, "Οδηγός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Δυνατότητες αξιοποίησης στην Τοπική Αυτοδιοίκηση", Πικέρμι, Ιούνιος 1996.
- ΚΑΠΕ, Ενεργειακή Αξιοποίηση του Βιοαερίου: Τάσεις & Προοπτικές, 2005
- ΚΑΠΕ, Ηλεκτρική ενέργεια από απόβλητα βιομηχανιών επεξεργασίας εσπεριδοειδών, 2003
- Καραγκούνη-Κύρτσου, Α., Γενική Μικροβιολογία, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης Αθήνα, 1999.
- Λυμπεράτος Γ., Διαχείριση στερεών αποβλήτων, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, 2000
- Λυμπεράτος Γ., Παραγωγή Ενέργειας μέσω Αναερόβιας Χώνευσης Στερεών Αποβλήτων και Υπολειμμάτων, 2009
- Παπακωνσταντίνου Α., Αξιοποίηση βιοαερίου από αστικά λύματα Η περίπτωση της ΔΕΥΑ Λάρισας, 2003
- Ποντίκης Κ. Α., Ειδική δενδροκομία, Εσπεριδοειδή, Σταμούλη, 1993

- Πρωτοπαπαδάκης Ε., Τακτικός Ερευνητής, Ειδικός Εσπεριδοειδών ΕΘΙΑΓΕ, Παραγωγή και εμπορία εσπεριδοειδών στις Μεσογειακές χώρες: Προβλήματα και Προοπτικές, 2006
- ΡΑΕ, Έκθεση για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Επικαιροποιημένη έκθεση Μαΐου 2002, Αθήνα 2003.
- Σκιαδάς, Ι., Περιοδικός Αναερόβιος Χώνευτήρας Εναλλασσόμενης Καθοδικής και Ανοδικής Ροής, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, 1998
- Σταματελάτου, Κ., 1999. Συστήματα βελτιστοποίησης αναερόβιας χώνευσης, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστημίου Πατρών, Σχολή Πολυτεχνική, Τμήμα Χημικών Μηχανικών
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, Σχέδιο Ειδικού Προγράμματος Ανασύστασης - Αναδιάρθρωσης των Εσπεριδοειδών, Αναφορά σε στοιχεία πενταετίας 98/99-02/03
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, Σχέδιο Ειδικού Προγράμματος Ανασύστασης - Αναδιάρθρωσης των Εσπεριδοειδών, Νοέμβριος 2004
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, Προοπτικές αναδιάρθρωσης & ανάπτυξης τομέα εσπεριδοειδών (Με βάση προτάσεις & συμπεράσματα Περιφερειακών μελετών νέας ΚΑΠ), Σεπτέμβριος 2007

Γ. Διαδίκτυο

1. Greenpeace (άγνωστο). Τίτλος : «Calendar of Nuclear Accidents». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://archive.greenpeace.org/comms/nukes/chernob/rep02.html> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
2. Αργολική Αρχαική Βιβλιοθήκη Ιστορίας και Πολιτισμού (2012). Τίτλος : «Πορτοκάλι – Μια σύντομη ιστορία του». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://argolikivivliothiki.gr/2012/01/16/orange/> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).

3. Οδηγός BISYPLAN (2012). Τίτλος: «Οδηγός Σχεδιασμού Βιοενεργειακών Συστημάτων – BISYPLAN». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://bisyplan.bioenarea.eu/> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
4. Βικιπαιδεία (2010). Τίτλος: «Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : [http:// el.wikipedia.org/wiki/Ανανεώσιμες_πηγές_ ενέργειας](http://el.wikipedia.org/wiki/Ανανεώσιμες_πηγές_ενέργειας) (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
5. Βικιπαιδεία (2012). Τίτλος: «Εσπεριδοειδή». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : [http://el.wikipedia.org/ wiki/Εσπεριδοειδή](http://el.wikipedia.org/wiki/Εσπεριδοειδή) (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
6. Βικιπαιδεία (2010). Τίτλος: «Μηδία». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://el.wikipedia.org/wiki/Μηδία> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
7. Περιβαλλοντικές Απόψεις (2011). Τίτλος: « Στο θέμα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα, γίνεται... της ανακύκλωσης». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://envthink.blogspot.gr> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
8. Europa (2010). Τίτλος : «Έβδομο Πρόγραμμα Πλαίσιο για την έρευνα (2007-2013)». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/i23022_el.htm (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
9. Europa (2007). Τίτλος: «Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη (2007-2013)». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/i27046_el.htm, (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
10. Jenbacher (άγνωστο). Τίτλος: «Βιοαέριο: Εφαρμογές». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : [https:// information.jenbacher.com/index.php?{..}&lng=en](https://information.jenbacher.com/index.php?{..}&lng=en) (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
11. AgroSpeCom Ltd (2010). Τίτλος: « Κίνδυνοι στην παραγωγή Χυμών και Αναψυκτικών». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://www.agrospecom.gr/site5eb8.html?&file=pages.xml&catid= 60&lang=el> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
12. Agroenergy (2012). Τίτλος: « Επιχειρηματικές προτάσεις παραγωγής βιοκαυσίμων». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://www.agroenergy.gr> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
13. Biomass Energy (2010). Τίτλος: «Η χημική σύσταση του βιοαερίου». Διαθέσιμο

- στη διεύθυνση : <http://www.biomassenergy.gr/> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
14. CretaCert (2006). Τίτλος: « Παραγωγή και εμπορία εσπεριδοειδών στις Μεσογειακές χώρες: Προβλήματα και Προοπτικές». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : [http://www.conferences.gr/fileadmin / _temp_/proceedings_cretacert/Protopapadakis_PresentationCretacert.pdf](http://www.conferences.gr/fileadmin/_temp_/proceedings_cretacert/Protopapadakis_PresentationCretacert.pdf) (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
15. ΚΑΠΕ (2007). Τίτλος: «Προώθηση του Βιοαερίου για παραγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας Στις Χώρες τις ΕΕ». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : [http://www.cres.gr/kape/pdf/ download/Probiogas_leaflet_in_GREEK.pdf](http://www.cres.gr/kape/pdf/download/Probiogas_leaflet_in_GREEK.pdf) (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
16. Anaerobic Digestion Network (2003). Τίτλος: «Αναερόβια χωνευση-Δεδομένα». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://www.cres.gr/andignet/data.htm> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
17. ΚΑΠΕ (2003). Τίτλος: «Ηλεκτρική ενέργεια από απόβλητα βιομηχανιών επεξεργασίας εσπεριδοειδών». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : http://www.cres.gr/kape/news/deltia/forma_axiopiisi_esperidoidon.htm (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
18. Έθνος (2011). Τίτλος: «Ο καρπός της εύφορης κοιλάδας». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=22733&subid=2&pubid=53764950> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
19. Food Risk Organisation (2005). Τίτλος: «Guidance for Industry: Letter to State Regulatory Agencies and Firms That Produce Treated (but not Pasteurized) and Untreated Juice and Cider». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : www.foodrisk.org (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
20. Greekscapes (2009). Τίτλος: «Οι πορτοκαλεώνες της Αργολίδας και τα παγκοσμιοποιημένα αγρο-τροφικά δίκτυα». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://www.greekscapes.gr/index.php/2010-01-21-16-47-29/landscapescat/37-argolidas/> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
21. Greenpeace (2012). Τίτλος: «Toxic Chemicals in our daily lives». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : www.greenpeace.gr (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).

22. Βιβλιοθήκη Ελληνοαμερικάνικου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος (2009). Τίτλος «Πυρηνικές εγκαταστάσεις σε όλο τον κόσμο». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : http://www.haef.gr/libraries/find_out/nuclear.php (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
23. Infoplease (2011). Τίτλος: «Nuclear and Chemical Accidents». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://www.infoplease.com/ipa/A0001457.html> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
24. Invest in Greece (2009). Τίτλος: « Βιομάζα στην Ελλάδα». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : [http:// www.investingreece.gov.gr/](http://www.investingreece.gov.gr/) (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
25. Υπουργείο Γεωργίας Κύπρου (2009). Τίτλος: «Χυμοποίηση φρούτων και λαχανικών». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : [http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/04C528B2FD8C89C1C22576350022D321/\\$file/1_AOOHimopioisiFroutonLahanikon.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/04C528B2FD8C89C1C22576350022D321/$file/1_AOOHimopioisiFroutonLahanikon.pdf?OpenElement) (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
26. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (2007). Τίτλος: «Προοπτικές αναδιάρθρωσης και ανάπτυξης τομέα εσπεριδοειδών». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : http://www.minagric.gr/greek/enhm_fyladia_fytikhs/ESPERIDOEIDH.pdf (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
27. Υπουργείο Δικαιοσύνης, Διαφάνειας και Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων (1987). Τίτλος: «Κώδικας Τροφίμων και Ποτών». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://www.ministryofjustice.gr/site/kodikes/Eυρετήριο/ΚΩΔΙΚΑΣΤΡΟΦΙΜΩΝΚΑΙΠΙΟΤΩΝ/tabid/357/language/el-GR/Default.aspx> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
28. Naftemporiki (2012). Τίτλος: «Εκατοντάδες προβλήματα στα πυρηνικά εργοστάσια της Ε.Ε.». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://www.naftemporiki.gr> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
29. Orange Health (άγνωστο). Τίτλος: «Ιστορία και πορτοκάλι-Η μυθολογία για το πορτοκάλι». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://www.orange-health.gr/to-πορτοκάλι/ιστορία-και-πορτοκάλι> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
30. Sirmet (2011). Τίτλος: «Αναερόβια επεξεργασία υγρών αποβλήτων». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://www.sirmet.gr> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).

31. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων (2009). Τίτλος: «Ολοκληρωμένη διαχείριση στερεών αποβλήτων-Πρόταση για την Περ. Ηπείρου». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : <http://www.uoi.gr/research/labs/envitech> (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).
32. Υπουργείο Ανάπτυξης (2012). Τίτλος: «Γ' ΚΠΣ Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανταγωνιστικό-τητα». Διαθέσιμο στη διεύθυνση : http://www.3kps.antagonistikotita.gr/epan/site/SpecialSecretary/Secretary/t_section (προσπελάστηκε 25 Οκτωβρίου 2012).