

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

Εκτίμηση συνάρτησης κόστους επένδυσης σε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας από βιοαέριο στην Ευρώπη



Μεταπτυχιακή φοιτήτρια: Νικολακοπούλου Φωτεινή, ΑΜ 0810
Επιβλέπων Καθηγητής: Βενέτης Ιωάννης
Τριμελής επιτροπή: Βενέτης Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής
Σκούρας Δημήτριος, Καθηγητής
Τσεκούρας Κωνσταντίνος, Καθηγητής

Παρουσίαση εργασίας: Παρασκευή 18 Ιουνίου 2010, 11:00 ΠΑΜ2

Ιούνιος 2010

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται στη μητέρα μου.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Βενέτη Ιωάννη, επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Πατρών χωρίς τις πολύτιμες συμβουλές του οποίου δε θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Τέλος ολοκληρώνοντας τις ακαδημαϊκές μου σπουδές θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος Οικονομικών Σπουδών για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μετέδωσαν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2	ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ	4
2.1	ΒΙΟΑΕΡΙΟ: ΜΙΑ ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	4
2.1.1	ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ	4
2.1.2	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	6
2.2	ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	8
2.3	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	11
2.4	Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	13
2.5	ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	14
3	ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	16
3.1	ΒΙΟΑΕΡΙΟ: ΠΑΡΟΝ, ΠΑΡΕΛΘΟΝ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝ	16
3.2	ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	17
3.2.1	ΕΜΠΟΔΙΑ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΑΓΟΡΑ	17
3.2.2	ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΕΜΠΟΔΙΑ	18
3.3	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	19
3.4	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	20
3.5	ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	25
3.6	ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	26
3.7	ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ	27
4	ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	28
5	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	30
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	30
5.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	31
5.3	ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	32
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	41
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ραγδαίες εξελίξεις στα περιβαλλοντικά θέματα καθιστούν την ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος πιο άμεση και πιο επιτακτική από ποτέ. Γεγονός που με τη σειρά του γεννά την ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας όχι μόνο σε συνολικό αλλά και σε ατομικό επίπεδο. Η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση των εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου στα οποία οφείλεται σε μεγάλο βαθμό η υπερθέρμανση του πλανήτη. Εξάλλου η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ είναι φιλική προς το περιβάλλον και αποτελεί μια αρκετά προσοδοφόρα επένδυση. Στην Ελλάδα γίνονται προσπάθειες τα τελευταία χρόνια έτσι ώστε να καταφέρουμε να εναρμονιστούμε με την Ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική για παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στο 20% το 2020.

Μία από τις ΑΠΕ είναι και το βιοαέριο. Παράγεται από την αναερόβια χώνευση κυρίως κτηνοτροφικών και αγροτικών αποβλήτων ενώ είναι αρκετά αποδοτικό καθώς κατά προσέγγιση 1m³ παραγόμενου βιοαερίου δίνουν 6,5 KWh ηλεκτρικής ενέργειας. Στην Ευρώπη η τεχνολογία παραγωγής βιοαερίου είναι αρκετά διαδεδομένη. Πρωτοπόρος η Γερμανία η οποία σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία έχει περίπου 5000 εργοστάσια και παραγωγή 1650 MW.

Σε αντίθεση οι εφαρμογές βιοαερίου στην Ελλάδα είναι αρκετά περιορισμένες παρά το δυναμικό της Ελλάδας σε απόβλητα κατάλληλα για παραγωγή βιοαερίου γεγονός το οποίο οφείλεται κυρίως στην έλλειψη γνώσης και άλλα μη-τεχνικά εμπόδια όπως το ρυθμιστικό πλαίσιο και η γραφειοκρατία. Ο λιγνίτης, η κύρια εγχώρια ενεργειακή πηγή της χώρας διαφαίνεται ότι θα συνεχίζει να παίζει κυρίαρχο ρόλο στο ενεργειακό μίγμα της Ελλάδας και για τα επόμενα χρόνια, αλλά η περαιτέρω διεξόδυση των ΑΠΕ παραμένει επιτακτική. Υπάρχουν όμως αρκετά καλές προοπτικές μέσα από την ενημέρωση και την ενθάρρυνση για επενδύσεις στο βιοαέριο.

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να εκτιμηθούν συναρτήσεις κόστους. Στα πλαίσια αυτά χρησιμοποιήθηκε ένα δείγμα 108 εργοστασίων βιοαερίου εγκατεστημένα σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες όπως η Γερμανία ,η Δανία κα. Συλλέχθησαν στοιχεία για μεταβλητές οι οποίες πιθανόν επηρεάζουν το κόστος επένδυσης όπως το μέγεθος του εργοστασίου, το έτος κατασκευής , η εγκατεστημένη ισχύς κ.α. Φιλοδοξία του ερευνητή οι συναρτήσεις κόστους να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για επενδύσεις σε βιοαέριο έτσι ώστε κάποια στιγμή οι εγκαταστάσεις βιοαερίου να προσεγγίσουν τα ευρωπαϊκά επίπεδα.

2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ

2.1 ΒΙΟΑΕΡΙΟ: ΜΙΑ ΑΝΑΓΚΑΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ένα από τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα της σημερινής κοινωνίας είναι η συνεχώς αυξανόμενη παραγωγή αποβλήτων. Στις περισσότερες χώρες, η πρόληψη και η μείωση των αποβλήτων έχουν καταστεί προτεραιότητες και συνιστούν ένα σημαντικό μέρος των προσπαθειών για τη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης, των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και τη μετρίαση των αλλαγών του παγκόσμιου κλίματος. Οι προηγούμενες πρακτικές της ανεξέλεγκτης εναπόθεσης των αποβλήτων δεν είναι πλέον αποδεκτές. Η παραγωγή βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση (ΑΧ) των ζωικών περιττωμάτων και πολτών καθώς και ενός ευρέος φάσματος οργανικών αποβλήτων μετατρέπει αυτά τα υποστρώματα σε ανανεώσιμη ενέργεια και προσφέρει ένα φυσικό λίπασμα για τη γεωργία.

Η παραγωγή και η συλλογή του βιοαερίου από μια βιολογική διεργασία τεκμηριώθηκε για πρώτη φορά στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1895 (Metcalf και Eddy, 1979). Από τότε, η διεργασία αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε ευρέως για την επεξεργασία απόβλητων υδάτων και τη σταθεροποίηση της λάσπης. Η ενεργειακή κρίση του παρελθόντος (αρχές της δεκαετίας του '70 και αργότερα) ενέτεινε το ενδιαφέρον για τη χρήση των ανανεώσιμων καυσίμων, συμπεριλαμβανομένου του βιοαερίου από την ΑΧ. Το ενδιαφέρον για το βιοαέριο έχει αυξηθεί περισσότερο σήμερα λόγω των προσπαθειών σε παγκόσμια κλίμακα για την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς και της ανάγκης για εξεύρεση λύσεων επεξεργασίας και ανακύκλωσης των ζωικών περιττωμάτων και των οργανικών αποβλήτων.

2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

Η ΑΧ είναι μια μικροβιολογική διεργασία αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας, απουσία οξυγόνου, η οποία είναι συνήθης σε πολλά φυσικά περιβάλλοντα και εφαρμόζεται σήμερα για να παραχθεί το βιοαέριο σε αεροστεγείς δεξαμενές που λειτουργούν ως αντιδραστήρες, οι οποίες ονομάζονται χωνευτήρες (digesters). Ένα ευρύ φάσμα μικροοργανισμών εμπλέκεται στην αναερόβια διεργασία που έχει δύο κύρια τελικά προϊόντα. Τα προϊόντα της ΑΧ είναι: α) *το βιοαέριο*, το οποίο οδηγείται σε κατάλληλο αεριοφυλάκιο και αφού υποστεί διαδικασίες καθαρισμού και αφύγρανσης τροφοδοτεί μηχανές εσωτερικής καύσης ή αεριοστρόβιλους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας και β) *το χωνευμένο υπόλειμμα* (κομπόστ) που με κατάλληλες διαδικασίες διαχωρισμού και εξάτμισης μπορεί να μετατραπεί σε στερεό και υγρό λίπασμα.

Για την παραγωγή βιοαερίου από ΑΧ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα ευρύ φάσμα τύπων βιομάζας ως υπόστρωμα (πρώτη ύλη). Οι πιο κοινές κατηγορίες πρώτης ύλης που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή του βιοαερίου στην Ευρώπη παρατίθενται παρακάτω και στον Πίνακα 1 και είναι

- ❖ *Ζωικά περιττώματα και πολτοί*
- ❖ *Γεωργικά υπολείμματα και υποπροϊόντα*
- ❖ *Οργανικά απόβλητα που μπορούν να υποστούν χώνευση από τρόφιμα και αγροτοβιομηχανίες (φυτικής και ζωικής προέλευσης)*
- ❖ *Το οργανικό μέρος των αστικών αποβλήτων και από τις επιχειρήσεις εστίασης (φυτικής και ζωικής προέλευσης)*

- ❖ Λυματολόαση
- ❖ Ειδικές ενεργειακές καλλιέργειες (energy crops π.χ. αραβόσιτος, μίσχανθος, σόργο, τριφύλλι)

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονίσουμε ότι ανάλογα με το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται έχουμε και διαφορά στην παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου καθώς και στη σύστασή του. Για παράδειγμα ενώ ο πολτός χοίρων που ανήκει στην κατηγορία των ζωικών περιττωμάτων παράγει περίπου 0.5 m³/kg βιοαέριο (Al.Seadi 2003) το άχυρο που είναι γεωργικό υπόλειμμα παράγει περίπου 0.15 m³/kg. Το σύνηθες είναι να έχουμε μίξη υποστρωμάτων προκειμένου να πετύχουμε την βέλτιστη ποσότητα βιοαερίου.

Κωδικός αποβλήτων	Περιγραφή αποβλήτων	
02.00.00 ₁	Απόβλητα από τη γεωργία τη δένδροκτηποκομία τις υδατοκαλλιέργειες και τη δασοκομία το κυνήγι και την αλιεία την προετοιμασία και επεξεργασία τροφίμων	Απόβλητα από τη γεωργία τη δένδροκτηποκομία τις υδατοκαλλιέργειες τη δασοκομία το κυνήγι και την αλιεία Απόβλητα από την προετοιμασία και την επεξεργασία του κρέατος των ψαριών και άλλων τροφίμων ζωικής προέλευσης Απόβλητα από την προετοιμασία και επεξεργασία των φρούτων των λαχανικών των δημητριακών των ελαιών του κακάο του τσαγιού και του καπνού την κονσερβοποίηση την παραγωγή ζύμης και παραγώγων ζύμης την προετοιμασία και ζύμωση μελάσας Απόβλητα από την επεξεργασία ζάχαρης Απόβλητα από τη βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων Απόβλητα από την αρτοποιία και ζαχαροπλαστική Απόβλητα από την παράγωγη των οινοπνευματωχών και μη ποτών
03 00 00	Απόβλητα από την επεξεργασία ξυλείας και την παράγωγη κουφωμάτων επίπλων πολτού χαρτιού και χαρτονιού	Απόβλητα από την επεξεργασία της ξυλείας και την παραγωγή κουφωμάτων και επίπλων Απόβλητα από την παραγωγή και επεξεργασία πολτού χαρτιού και χαρτονιών
04 00.00	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δερμάτων γυνών και τις κλωστοϋφαντουργίες	Απόβλητα από τη βιομηχανία δέρματος και γούνας Απόβλητα από την κλωστοϋφαντουργία
15 00 00	Απόβλητα συσκευασιών απορροφητικά υφάσματα καθαρισμού υλικά φίλτρων και προστατευτικό ιματισμό ή μη καθοριζόμενα αλλιώς	Συσκευασίες (συμπεριλαμβανομένων των χωριστά συλλεχθέντων δημοτικών από συσκευασίες)
19 00 00	Απόβλητα από τις εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων τις εξωτερικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδάτινων αποβλήτων και την προετοιμασία του πόσιμου νερού και του ύδατος για βιομηχανική χρήση	Απόβλητα από την αναερόβια επεξεργασία αποβλήτων Απόβλητα από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδάτων αποβλήτων που δεν διευκρινίζονται αλλιώς Απόβλητα από την προετοιμασία του πόσιμου νερού ή του ύδατος για βιομηχανική χρήση
20 00.00	Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια εμπορικά, βιομηχανικά και σχολικά απόβλητα) συμπεριλαμβανομένων των χωριστά συλλεχθέντων μερών	Χωριστά συλλεχθέντα μέρη Απόβλητα κήπων και πάρκων (συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων των νεκροταφείων)

Πίνακας 1:Βιοαπόβλητα, κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων 2007 (EWC)

Εκτός από την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα σημαντικό ρόλο στην αναερόβια χώνευση υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της ΑΧ όπως η θερμοκρασία (μεσόφιλη , θερμόφιλη, ψυχρόφιλη),και η τιμή του pH.

2.1.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Η παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ χρησιμοποιείται ευρέως από τη σύγχρονη κοινωνία για την επεξεργασία των αποβλήτων από εκτρεφόμενα ζώα (ζωικά περιττώματα και πολτοί). Κύριος σκοπός είναι να παραχθεί ανανεώσιμη ενέργεια από την καύση του βιοαερίου και κομπόστ για λίπασμα. Στις ανεπτυγμένες χώρες με μεγάλη γεωργική παραγωγή, οι συνεχώς αυστηρότεροι κανονισμοί σχετικά με την αποθήκευση και ανακύκλωση του λιπάσματος, των φυτικών αποβλήτων, αύξησαν το ενδιαφέρον για την ΑΧ. Επιπλέον, οι πρόσφατες εξελίξεις στην Ευρώπη, την Αμερική και άλλα μέρη στον κόσμο έχουν επίσης καταδείξει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον μεταξύ των αγροτών για τις ενεργειακές καλλιέργειες, με στόχο να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου. Η ΑΧ αποτελεί επίσης την κύρια τεχνολογία σταθεροποίησης της πρωτεύουσας και δευτερεύουσας λυματολάσπης, για την επεξεργασία των βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, από βιομάζα, από την επεξεργασία τροφίμων και τις βιομηχανίες ζύμωσης καθώς επίσης και από την επεξεργασία του οργανικού μέρους των αστικών στερεών αποβλήτων.

Συνοπτικά οι κυριότερες εφαρμογές του βιοαερίου είναι :

- *Αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου*
- *Εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων*
- *Εγκαταστάσεις επεξεργασίας δημοτικών (αστικών) στερεών αποβλήτων (MSW)*
- *Βιομηχανικές εγκαταστάσεις βιοαερίου*
- *Εγκαταστάσεις ανάκτησης αερίου χωματερής*

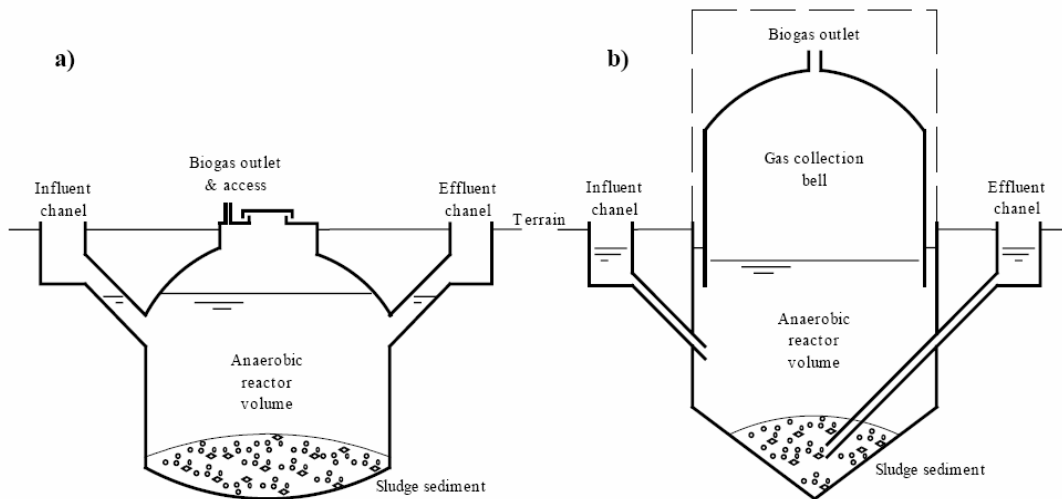
Αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου

Οι αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου επεξεργάζονται τα υποστρώματα πρώτης ύλης που προέρχονται κυρίως από την αγροτική παραγωγή (ενεργειακές καλλιέργειες, ζωικά περιττώματα, υπολείμματα και υποπροϊόντα από τις συγκομιδές λαχανικών κ.α.) με τις περισσότερες εγκαταστάσεις να χρησιμοποιούν περιττώματα και πολτούς από βοοειδή. (Εικόνα 2).

Οι αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος και την τεχνολογία παραγωγής και διακρίνονται σε:

- Εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας (μικρής κλίμακας)
- Εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας)
- Κεντρικές εγκαταστάσεις βιοαερίου / κοινή συγχώνευση (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας)

Εγκαταστάσεις οικογενειακής κλίμακας (μικρής κλίμακας) συναντάμε κυρίως στην Ασία σε χώρες όπως η Ινδία, η Κίνα και το Νεπάλ. Χρησιμοποιούνται πολύ απλές τεχνολογίες και πρώτη ύλη που προέρχεται από τα νοικοκυριά ενώ το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται για μαγείρεμα και φωτισμό. Οι χωνευτήρες είναι απλοί φθηνοί και κατασκευάζονται από τοπικά παραγόμενα υλικά.(Εικόνα 1)



Εικόνα 1: Αρχές λειτουργίας των αγροτικών τύπων αντιδραστήρων βιοαερίου:
α) Κινέζικος τύπος,
β) Ινδικός τύπος (Angelidaki & Ellegaard, (2003))

Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας) είναι συνδεδεμένες με ένα μόνο αγρόκτημα και χρησιμοποιούν πρώτη ύλη που παράγεται αποκλειστικά στο αγρόκτημα ή από τα γειτονικά αγροκτήματα. Στην Ευρώπη πολλά τέτοια εργοστάσια είναι εγκατεστημένα στη Γερμανία, και την Αυστρία. Το ενδιαφέρον των αγροτών για επενδύσεις σε εργοστάσια κλίμακας αγροκτήματος έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια γιατί εκτός από όλα τα άλλα πλεονεκτήματα δημιουργεί νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες και τους καθιστά προμηθευτές ανανεώσιμης ενέργειας. Το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας ενώ κομπόστ χρησιμοποιείται για τις ανάγκες του αγροκτήματος. Τέλος τέτοιες εγκαταστάσεις έχουν διάφορα μεγέθη και χρησιμοποιούν διάφορες τεχνολογίες ανάλογα με τη χώρα και την πρώτη ύλη.



Εικόνα 2: Μονάδα παραγωγής βιοαερίου
 (Πηγή www.biofuelsrevolution.com/.../Biogas-plant.jpg)

Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου κοινής συγχώνευσης βασίζονται στην χώνευση ζωικών περιττωμάτων τα οποία συλλέγονται από διάφορα αγροκτήματα σε μια κεντρική μονάδα βιοαερίου που είναι εγκατεστημένη κεντρικά στην περιοχή συλλογής της κοπριάς. Αυτό εξυπηρετεί τη μείωση των δαπανών, του χρόνου και του εργατικού δυναμικού που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της πρώτης ύλης. Σημαντικό είναι να σημειώσουμε ότι οι κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης οργανώνονται ως συνεταιρισμοί όπου ο κάθε αγρότης είναι και μέτοχος. Κεντρικές εγκαταστάσεις βιοαερίου συναντάμε κυρίως στη Δανία.

Εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Η ΑΧ χρησιμοποιείται ευρέως για την επεξεργασία της πρωτεύουσας και δευτερεύουσας λάσπης που προκύπτει από την αερόβια επεξεργασία των δημοτικών υγρών αποβλήτων. Το σύστημα εφαρμόζεται σε πολλές χώρες, σε συνδυασμό με συστήματα επεξεργασίας δημοτικών υγρών αποβλήτων, όπου η διεργασία της ΑΧ χρησιμοποιείται για να σταθεροποιήσει και να μειώσει την τελική ποσότητα της λάσπης. Οι περισσότερες τεχνικές εταιρείες που παρέχουν σχήματα επεξεργασίας των λυμάτων έχουν επίσης την ικανότητα να παρέχουν και συστήματα ΑΧ. Στις ευρωπαϊκές χώρες ένα ποσοστό μεταξύ του 30 και 70% της λυματολάσπης υφίσταται επεξεργασία μέσω της ΑΧ, ανάλογα με την εθνική νομοθεσία και τις εκάστοτε προτεραιότητες.

Εγκαταστάσεις επεξεργασίας δημοτικών (αστικών) στερεών αποβλήτων

Στις περισσότερες χώρες τα δημοτικά στερεά απόβλητα συλλέγονται και αποτεφρώνονται χωρίς προηγουμένως να έχει διαχωριστεί το οργανικό τους μέρος με αποτέλεσμα να χάνεται ενέργεια που δεν παράγεται. Ωστόσο η χρήση του διαχωρισμένου στην πηγή οργανικού μέρους των αποβλήτων από νοικοκυριά για την παραγωγή βιοαερίου έχει μεγάλο δυναμικό και αρκετές εκατοντάδες εγκαταστάσεις ΑΧ, που επεξεργάζονται το οργανικό μέρος των ΔΣΑ, είναι σε λειτουργία σε όλο τον κόσμο

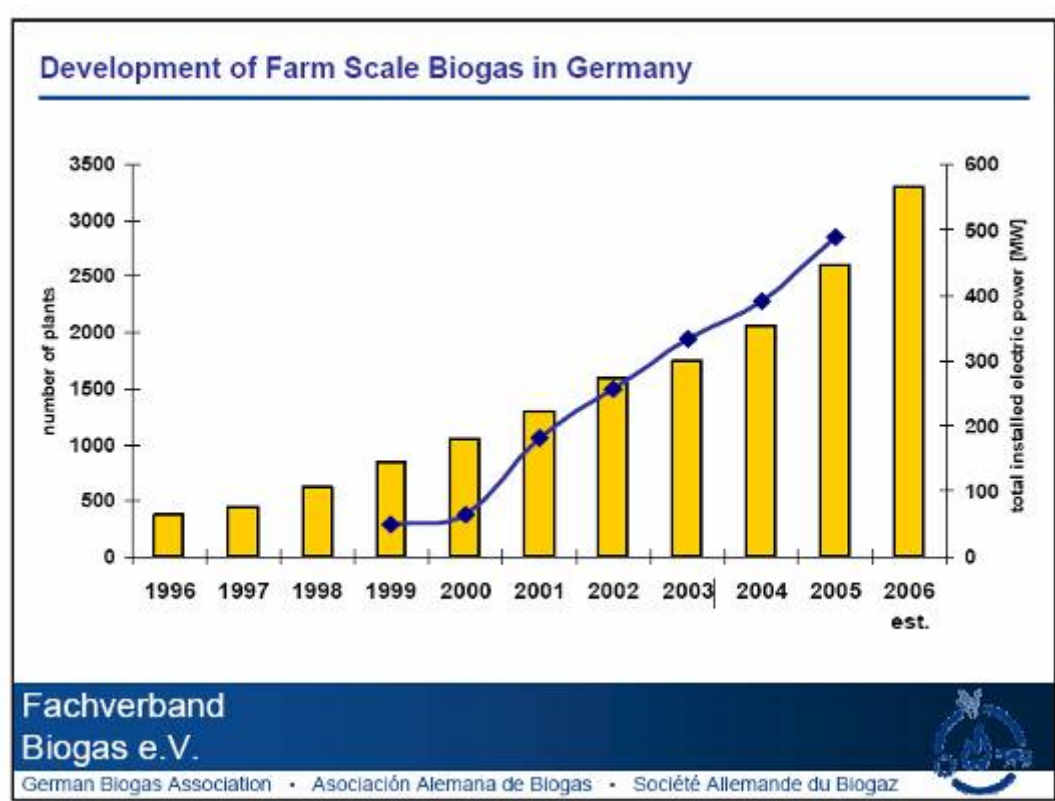
Βιομηχανικές εγκαταστάσεις βιοαερίου

Οι αναερόβιες διεργασίες χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων και των υγρών αποβλήτων. Η αναερόβια χώνευση των βιομηχανικών και υγρών αποβλήτων είναι σήμερα μια τυπική τεχνολογία επεξεργασίας διάφορων αποβλήτων βιομηχανικών υγρών από την επεξεργασία των τροφίμων, τις αγροτοβιομηχανίες, και τις φαρμακευτικές βιομηχανίες. Στην Ευρώπη είναι αρκετά διαδεδομένη αυτή η εφαρμογή της ΑΧ. Στις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν την ΑΧ για την επεξεργασία των απόβλητων υδάτων περιλαμβάνονται οι: βιομηχανία κατεργασίας τροφίμων: (π.χ. κονσερβοποίηση λαχανικών, παραγωγή γάλακτος και τυριών, σφαγεία), βιομηχανία επεξεργασίας πατάτας, βιομηχανίες ποτών(π.χ. ζυθοποιεία, μη αλκοολούχα ποτά, αποστακτήρια, καφές, χυμοί φρούτων).

2.2 ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Αρκετές χιλιάδες γεωργικές εγκαταστάσεις ΑΧ είναι σε λειτουργία στην Ευρώπη. Πολλές από αυτές είναι μεγάλης κλίμακας και με εφαρμογή υψηλής τεχνολογίας και ο αριθμός τους έχει αυξηθεί αρκετά τα τελευταία έτη. Πρωτοπόρες στον τομέα παραγωγής βιοαερίου είναι η Γερμανία, η Σουηδία, η Δανία κ.α.(βλέπε πίνακα 2 για περισσότερες λεπτομέρειες). Στη Γερμανία το 2007 λειτουργούσαν περισσότερες από

3700 εγκαταστάσεις βιοαερίου. Το 2010 σύμφωνα με στοιχεία του German Biogas Association ο αριθμός των εργοστασίων θα φτάσει τα 5000. Έχει συνολική παραγωγή 1650 MW και καλύπτει την ανάγκη 3.8 εκατομμυρίων νοικοκυριών. Η διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των εργοστασίων στη Γερμανία φαίνεται στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 1). Όπως παρατηρούμε παρά την αρχική δειλή θα λέγαμε τάση για δημιουργία εργοστασίων τη δεκαετία του '90, τη δεκαετία του '00 έχουμε ικανοποιητικούς ρυθμούς αύξησης του αριθμού των εργοστασίων βιοαερίου.



Γράφημα 1: Διαχρονική εξέλιξη των εργοστασίων βιοαερίου στη Γερμανία

Πηγή :German Biogas Association

Στη Σουηδία σύμφωνα με στοιχεία του Swedish Gas Center, το 2007 λειτουργούν 233 μονάδες, με συνολική παραγωγή βιοαερίου 1,3 TWh/y. Από τις ανωτέρω μονάδες 139 είναι βιολογικοί καθαρισμοί, 70 ΧΥΤΑ, 13 κεντρικές μονάδες συνδυασμένης χώνευσης, με συνολική παραγωγή βιοαερίου 0.56 TWh/y, 0.46 TWh/y και 0,16 TWh/y αντιστοίχως. Επίσης υπάρχουν 31 μονάδες αναβάθμισης βιοαερίου (δημόσιοι σταθμοί διανομής βιοαερίου, 18 σταθμοί διανομής βιοαερίου ειδικά για λεωφορεία (slow filling bus), και 5298 οχήματα που κινούνται με μεθάνιο, εκ των οποίων 4519 επιβατικά, 225 φορτηγά και 554 λεωφορεία. Το σύνολο των πωλήσεων αερίου στη Σουηδία ανέρχεται σε 45.000 kNm³ εκ των οποίων το 54% (24.300 kNm³) αφορά βιοαέριο και το υπόλοιπο αφορά το φυσικό αέριο.

Φυσικά και άλλες χώρες όπως η Δανία και η Ισπανία πρωτοπορούν στον τομέα αυτό.

2006					2007			
Countries	Landfill gas	Sewage sludge gas ₁	Other biogases ₂	Total	Landfill gas	Sewage sludge gas ₁	Other biogases ₂	Total
<i>Germany</i>	383.2	270.2	1011.7	1665.3	416.4	270.2	1696.5	2383.1
<i>UK</i>	1318.5	180.0	-	1498.5	1433.1	191.1	-	1624.2
<i>Italy</i>	337.4	1.0	44.8	383.2	357.7	1.0	47.5	406.2
<i>Spain</i>	251.3	48.6	19.8	319.7	259.6	49.1	21.3	329.9
<i>France</i>	150.5	144.0	3.6	298.1	161.3	144.2	3.7	309.2
<i>The Netherlands</i>	46.0	48.0	47.1	141.1	43.2	48	82.8	174.0
<i>Austria</i>	11.2	3.5	103.4	118.1	10.7	2.0	126.4	139.1
<i>Denmark</i>	14.3	21.0	57.6	92.9	14.3	21.0	62.6	97.9
<i>Belgium</i>	51.0	17.6	9.1	77.6	48.1	18	12.5	78.6
<i>Czech Rep.</i>	24.5	31.1	7.8	63.4	29.4	32.1	17.0	78.5
<i>Poland</i>	18.9	43.1	0.5	62.4	19.1	43.0	0.5	62.6
<i>Greece</i>	21.2	8.6	-	29.8	38.0	9.8	-	47.8
<i>Finland</i>	26.1	10.4	-	36.4	26.4	10.3	-	36.7
<i>Ireland</i>	25.4	5.1	1.8	32.3	23.9	7.9	1.7	33.5
<i>Sweden</i>	9.2	17.1	0.8	27.2	9.2	17.1	0.8	27.2
<i>Hungary</i>	1.1	8.0	3.1	12.2	2.1	12.4	5.7	20.2
<i>Portugal</i>	-	-	9.2	9.2	-	-	15.4	15.4
<i>Slovenia</i>	6.9	1.1	0.4	8.4	7.6	0.6	3.8	111.9
<i>Luxemburg</i>	-	-	9.2	9.2	-	-	10.00	10.0
<i>Slovakia</i>	0.4	6.9	0.4	7.6	0.5	7.6	0.5	8.6
<i>Estonia</i>	3.1	1.1	-	4.2	3.1	1.1	-	4.2
<i>Lithuania</i>	-	1.5	0.5	2.0	1.6	0.8	-	2.5
<i>Cyprus</i>	-	-	0.0	0.0	-	-	0.2	0.2
<i>EU</i>	2007.3	867.8	1330.8	4898.9	2905.2	887.2	2108.0	5901.2

Πίνακας 2: Παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2006 και 2007*

1 Δημοτικά και βιομηχανικά

2 Decentralised agricultural plants, municipal solid waste methanisation plants, centralised co digestion plants.

*Εκτίμηση

** Οι τιμές είναι σε ΚΤΟΕ (Kilo tonne of Oil Equivalent)

Πηγή: EurObserv'ER 2008

Υπολογίζεται ότι υπάρχει σημαντικό δυναμικό για την αύξηση της πραγματικής παραγωγής βιοαερίου στην Ευρώπη, βάσει των διάφορων γεωργικών πρώτων υλών. Η Ευρωπαϊκή Ένωση Βιομάζας (AEBIOM) υπολογίζει ότι η Ευρωπαϊκή παραγωγή ενέργειας που βασίζεται στην βιομάζα μπορεί να αυξηθεί από τα 72 Mtoe που ήταν το 2004 σε 220 Mtoe το 2020. Το μεγαλύτερο δυναμικό για αύξηση εμφανίζει η βιομάζα που προέρχεται από τη γεωργία όπου το βιοαέριο παίζει σημαντικό ρόλο. Σύμφωνα με την AEBIOM, 20 έως 40 εκατομμύρια εκτάρια (Mha) εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, χωρίς καμία επίδραση στον ευρωπαϊκό ανεφοδιασμό με τρόφιμα.

Μετά από τη διεύρυνση της ΕΕ, οι νέες χώρες μέλη από την Ανατολική Ευρώπη (ανάμεσα τους και η Ελλάδα) πρέπει και αυτές να χρησιμοποιήσουν και να ωφεληθούν από το δυναμικό τους σε βιοαέριο. Η εφαρμογή των τεχνολογιών ΑΧ σε αυτές τις χώρες θα συμβάλει στην επίλυση σημαντικών προβλημάτων περιβαλλοντικής ρύπανσης, ενώ θα ενισχύσει την βιώσιμη ανάπτυξη των αγροτικών κοινοτήτων και του γεωργικού τομέα γενικότερα.

Για το λόγο αυτό κατά καιρούς τίθενται σε εφαρμογή τεράστια έργα προώθησης των πλεονεκτημάτων του βιοαερίου ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Μερικά παραδείγματα είναι το PROBIOPOL (1/1/05-31/06/07) με στόχο της προώθησης του βιοαερίου για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από κεντρικές μονάδες βιοαερίου (centralized biogas plants) Επίσης το έργο BiG>East (9/09-2/10) προωθεί την παραγωγή και χρήση του βιοαερίου ως μία ασφαλή και αειφόρο ενεργειακή πηγή σε επιλεγμένες χώρες της Νοτίου και Ανατολικής Ευρώπη (ανάμεσά τους και η Ελλάδα).

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Η παραγωγή και η χρήση του βιοαερίου από την ΑΧ παρέχουν πολλά περιβαλλοντικά και κοινωνικο-οικονομικά οφέλη για το σύνολο και για τους εμπλεκόμενους αγρότες. Τα σημαντικότερα από τα οφέλη είναι τα ακόλουθα

Οφέλη για την κοινωνία

✓ Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

Ως γνωστόν τα ορυκτά καύσιμα είναι μη ανανεώσιμοι πόροι και τα αποθέματά τους μειώνονται πολύ γρηγορότερα από ότι διαμορφώνονται νέα. Σύμφωνα μάλιστα με κάποιες μελέτες έχει επέλθει ήδη η <<πετρελαϊκή αιχμή>>. Με τον όρο πετρελαϊκή αιχμή εννοούμε είναι το χρονικό σημείο κατά το οποίο έχει επιτευχθεί ο μέγιστος ρυθμός παραγωγής αργού πετρελαίου μετά από το οποίο ο ρυθμός παραγωγής αρχίζει να φθίνει.

✓ Συμβολή στη μείωση των εκπομπών ΑΦΘ (Αέρια Φαινομένου Θερμοκηπίου) και της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας

Η χρήση καυσίμων όπως ο λιγνίτης το πετρέλαιο και άλλα μετατρέπει τον άνθρακα που είναι αποθηκευμένος στο φλοιό της Γης και τον απελευθερώνει ως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα από τα κύρια αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου η υπερβολική συγκέντρωση του οποίου προκαλεί την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας. Η καύση του βιοαερίου απελευθερώνει και αυτή CO₂ αλλά ο κύκλος του άνθρακα είναι κλειστός εξαιτίας του ότι ο άνθρακας στο βιοαέριο ελήφθη πρόσφατα από τη φωτοσυνθετική

δραστηριότητα των φυτών. Επίσης μειώνει τις εκπομπές μεθανίου(CH₄) και του νιτρώδους οξειδίου(N₂O) από την αποθήκευση και τη χρήση των ζωικών περιττωμάτων ως λίπασμα.

✓ **Μειωμένη εξάρτηση από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα**

Τα περισσότερα ορυκτά καύσιμα περιορίζονται σε πολύ λίγες γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη πράγμα το οποίο καθιστά τις υπόλοιπες χώρες εξαρτώμενες. Το βιοαέριο δημιουργεί μια ασφάλεια στις χώρες όσον αφορά τον ενεργειακό εφοδιασμό. Σύμφωνα με μελέτες του ΚΑΠΕ έχει αναφερθεί ότι μια μέτρια μονάδα βιοαερίου με εισροή βιομάζας 70 - 100 τόνους ανά ημέρα, μπορεί να παράγει 2.800 - 4.600 κυβ. μέτρα βιοαέριο την ημέρα. Αυτό αντιστοιχεί σε εγκατεστημένη ισχύ 3 MW και παραγωγή θερμικής ενέργειας 6.500 MWth το χρόνο και από την επεξεργασία της λάσπης προκύπτουν 100 τόνοι εδαφοβελτιωτικών. Τα κέρδη μόνο από την πώληση του ρεύματος στη ΔΕΗ το έτος υπολογίζεται σε 96,750 ευρώ.

✓ **Συμβολή στους στόχους της ΕΕ για την ενέργεια και την προστασία του περιβάλλοντος**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει στόχους σχετικά με την αειφόρο ανάπτυξη την διαχείριση αποβλήτων στόχους στους οποίους συμβάλλει η παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο. Πιο συγκεκριμένα έχουν τεθεί στόχοι μείωσης των εκπομπών των ΑΦΘ της ΕΕ κατά 20% μέχρι το 2020.

✓ **Μείωση των αποβλήτων**

Το κυριότερο ίσως πλεονέκτημα της παραγωγής βιοαερίου είναι η δυνατότητα μετασχηματισμού των αποβλήτων ουσιαστικά σε ενέργεια.

✓ **Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας**

Η παραγωγή βιοαερίου από την ΑΧ απαιτεί εργατικό δυναμικό για την παραγωγή συλλογή και μεταφορά της πρώτης ύλης, την κατασκευή του τεχνικού εξοπλισμού, την παραγωγή λειτουργία και συντήρηση των μονάδων παραγωγής βιοαερίου. Σύμφωνα με μελέτες του ΚΑΠΕ για κάθε 1MW εγκατεστημένης ισχύος δημιουργούνται κατά προσέγγιση 2-3 θέσεις εργασίας.

✓ **Ευέλικτη και αποδοτική τελική χρήση του βιοαερίου**

Το βιοαέριο είναι κατάλληλο για αρκετές χρήσεις όπως ο φωτισμός, το μαγείρεμα κ.α.

✓ **Χαμηλές ανάγκες σε νερό**

Η ΑΧ χώνευση είναι μια διαδικασία που έχει χαμηλές σχετικά ανάγκες σε νερό γεγονός το οποίο είναι πολύ θετικό υπό τον κίνδυνο λειψυδρίας.

Οφέλη για τους αγρότες

✓ **Εναλλακτικό εισόδημα για τους εμπλεκόμενους αγρότες**

Η επένδυση σε τεχνολογίες βιοαερίου είναι αρκετά ελκυστική και προσοδοφόρα. Προσφέρει εναλλακτικό εισόδημα στους αγρότες.

✓ **Χρήση του κομπόστ ως λιπάσματος**

Η χωνευμένη πρώτη ύλη βιομάζας που ονομάζεται και κομπόστ είναι ένα πολύτιμο λίπασμα εδάφους πλούσιο σε άζωτο, φώσφορο, κάλιο, και άλλα θρεπτικά συστατικά απαραίτητα για τις καλλιέργειες. Η αποτελεσματικότητα του κομπόστ εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την χρήση του υποστρώματος. Αξίζει να σημειώσουμε πως η

πώληση του κομποστ αποτελεί την δεύτερη κυριότερη πηγή εσόδων για τους αγρότες μετά την παραγωγή και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.

✓ **Ευελιξία χρήσης διαφορετικών πρώτων υλών**

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει υπάρχει ένα ευρύ φάσμα φτηνών πρώτων υλών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως περιττώματα ζώων, υπολείμματα καλλιεργειών, οργανικά απόβλητα κ.α.

✓ **Μειωμένες οσμές και μύγες**

Η ΑΧ σε σύγκριση με την απλή ταφή, μειώνει τις διάφορες οσμές που προκαλούνται από την κοπριά και άλλα απόβλητα έως και 80%.

2.4 Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Η χημική σύνθεση του βιοαερίου περιγράφεται στον πίνακα 1. Οι τιμές που περιλαμβάνονται στον παρακάτω πίνακα αποτελούν μέσες τιμές που προέρχονται από τις περισσότερες βιβλιογραφικές παραπομπές. Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH₄) 50-75% και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) 25-45%. Επίσης περιέχει κάποιες ποσότητες άλλων αερίων, όπως άζωτο, υδρογόνο, αμμωνία και υδρόθειο, η δε θερμογόνος δύναμή (το μέγιστο ποσό ενέργειας που είναι διαθέσιμο από την καύση μιας ουσίας) του κυμαίνεται από 20 έως 25 MJ/m³ ². Το βιοαέριο μπορεί να τροφοδοτήσει μηχανές εσωτερικής καύσης, (ΜΕΚ), καυστήρες αερίου ή αεριοστρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας

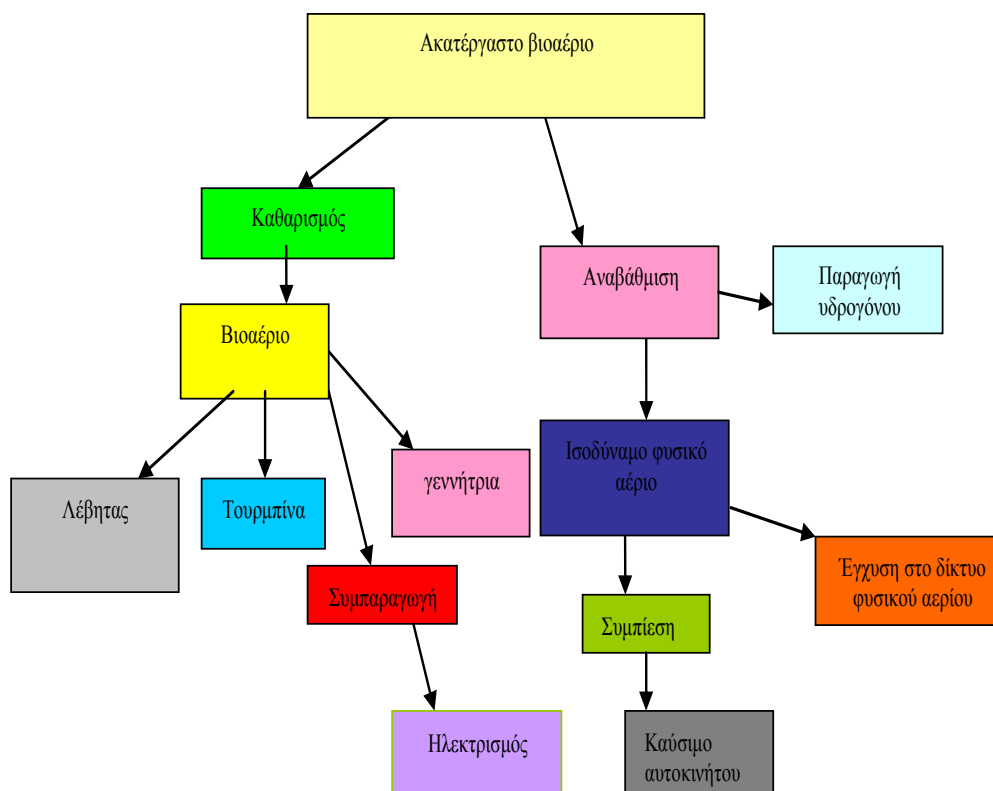
Συστατικό	Χημικός τύπος	Περιεκτικότητα (Vol.-%)
Μεθάνιο	CH ₄	50-75
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	25-45
Υδρατμοί	H ₂ O	2 (20°C) -7 (40°C)
Οξυγόνο	O ₂	<2
Άζωτο	N ₂	<2
Αμμωνία	NH ₃	<1
Υδρογόνο	H ₂	<1
Υδρόθειο	H ₂ S	<1

Πίνακας 3: Σύνθεση του βιοαερίου

² ΚΑΠΕ

2.5 ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Πέραν από τη χρήση του βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και για παραγωγή θερμότητας έχει και κάποιες άλλες χρήσεις οι οποίες περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω.



Σχεδιάγραμμα 1:Χρήσεις του βιοαερίου

✓ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

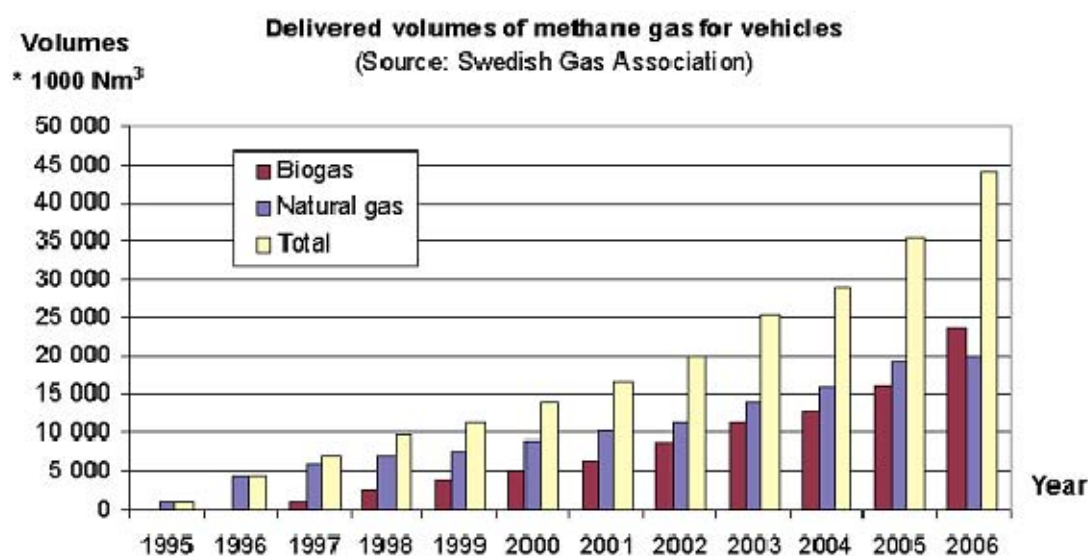
Μια από τις χρήσεις του βιοαερίου είναι ως καύσιμο οχημάτων. Το βιοαέριο χρησιμοποιείται ήδη ως καύσιμο οχημάτων σε χώρες όπως η Σουηδία η Γερμανία και η Ελβετία.

Στη Σουηδία για παράδειγμα 20 μονάδες αναβάθμισης βιοαερίου τροφοδοτούν 35 δημόσιους σταθμούς διανομής (Εικόνα 3), οι οποίοι με τη σειρά τους εφοδιάζουν 4.300 οχήματα (κυρίως λεωφορεία). Το κόστος παραγωγής του βιοαερίου στη Σουηδία είναι 0,17 - 0,50 ευρώ / m³ και η τιμή αγοράς του αναβαθμισμένου αερίου είναι 0,50 - 0,80 ευρώ / m³, ενώ η τιμή της βενζίνης στη Σουηδία είναι 1,1 το λίτρο.³

Στις χώρες αυτές παρατηρείται μια έντονη τάση αντικατάστασης των οχημάτων παλαιάς τεχνολογίας με οχήματα που κινούνται με βιοαέριο. Το βιομεθάνιο (αναβαθμισμένο βιοαέριο) χρησιμοποιείται ως καύσιμο με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιείται το φυσικό αέριο. Τα οχήματα πρέπει να υποστούν μια μικρή μετατροπή κατά την οποία τοποθετείται στο χώρο των αποσκευών μια δεξαμενή συμπιεσμένου αερίου και ένα σύστημα ανεφοδιασμού αερίου.(Εικόνα 2)

³ Swedish Gas Association

Τα οχήματα βιομεθανίου έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των οχημάτων που εξοπλίζονται με μηχανές βενζίνης ή ντίζελ. Τα οχήματα που κινούνται με βιοαέριο στη Σουηδία, έχουν δυνατότητα ελεύθερης στάθμευσης σε πολλές πόλεις, απαλλάσσονται των τελών κυκλοφορίας και των διοδίων στην πόλη της Στοκχόλμης, ακόμη έχουν ετήσια φοροαπαλλαγή € 450 αν είναι επαγγελματικά οχήματα, ενώ τα ταξί κινούνται σε ειδικές λωρίδες. Επίσης μείωση έως 40% φόρου σε εταιρείες που χρησιμοποιούν οχήματα που κινούνται με βιοαέριο. Τέλος δεν υπάρχει φορολογία στο βιοαέριο παρά μόνο ΦΠΑ. Οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι σημαντικά μικρότερες και ποικίλουν, ανάλογα με το υπόστρωμα πρώτης ύλης και τον τρόπο με τον οποίο παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια (από συμβατικές ή ανανεώσιμες πηγές), που χρησιμοποιείται για την αναβάθμιση και την συμπίεση του αερίου. Μειώνονται επίσης αρκετά οι εκπομπές των σωματιδίων και αιθάλης, ακόμη και σε σύγκριση με τις πολύ σύγχρονες μηχανές ντίζελ, που εξοπλίζονται με φίλτρα σωματιδίων.



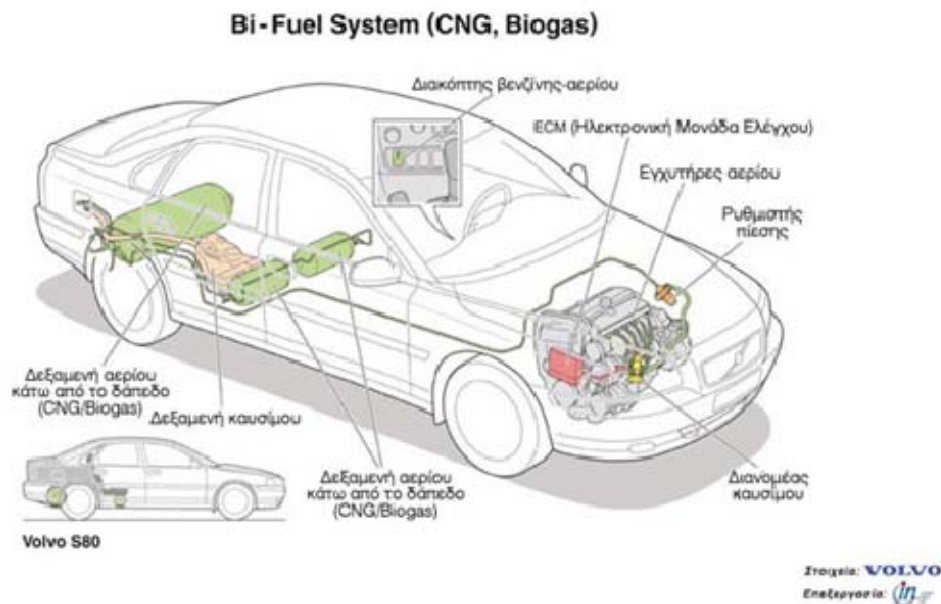
Σχεδιάγραμμα 2: Διαχρονική εξέλιξη χρήσης βιομεθανίου ως καυσίμου μεταφορών στη Σουηδία

Πηγή : Swedish Gas Association, 2007



Εικόνα 3: Σταθμός διανομής βιοαερίου στη Σουηδία

Πηγή: Basic data on biogas-Sweden 2007



Εικόνα 4:Όχημα κινούμενο με βιοαέριο

Πηγή http://www.in.gr/auto/cartechology/images/foto_big/in_Bi_fuel_11.jpg

✓ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΩΣ ΛΙΠΑΣΜΑ

Ένα από τα τελικά προϊόντα του βιοαερίου όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή είναι το κομπόστ. Το κομπόστ προέρχεται από το χωνευμένο υπόστρωμα που χρησιμοποιείται στην ΑΧ και μετά από κατάλληλη διεργασία γίνεται ένα λίπασμα πλούσιο σε θρεπτικές ουσίες. Η αποτελεσματικότητα του κομπόστ εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την προηγούμενη χρήση του υποστρώματος.

✓ ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ ΓΙΑ ΕΓΧΥΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το αναβαθμισμένο βιοαέριο (βιομεθάνιο) μπορεί να εγχυθεί και να διανεμηθεί μέσω του δικτύου του φυσικού αερίου. Προκειμένου να συμβεί αυτό το βιοαέριο υφίσταται μια διαδικασία αναβάθμισης, όπου όλοι οι μολυσματικοί παράγοντες καθώς και το διοξείδιο του άνθρακα αφαιρούνται και ενισχύεται το περιεχόμενό του σε μεθάνιο από το συνηθισμένο 50-75% σε περισσότερο από 95%. Υπάρχουν διάφορα πλεονεκτήματα χρήσης του δικτύου αερίου για τη διανομή του βιομεθανίου. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι το δίκτυο συνδέει την περιοχή παραγωγής του βιομεθανίου, η οποία συνήθως είναι σε αγροτικές περιοχές, με τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές. Αυτό επιτρέπει στο αέριο να φθάσει στους νέους πελάτες. Είναι επίσης δυνατό να αυξηθεί η παραγωγή του βιοαερίου σε μια απομακρυσμένη περιοχή, χωρίς ανησυχίες για τη χρήση της περίσσειας θερμότητας.

3.ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

3.1 ΒΙΟΑΕΡΙΟ: ΠΑΡΟΝ, ΠΑΡΕΛΘΟΝ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝ

Κατά το παρελθόν και κυρίως από τη δεκαετία του '80 και μετά όπως φαίνεται και από το νόμο 1559/1985 (βλ νομοθετικό πλαίσιο) έγιναν πολλές προσπάθειες να αξιοποιηθεί ενεργειακά το βιοαέριο παραγόμενο από επεξεργασία ζωικών αποβλήτων και οργανικών αποβλήτων γεωργικών βιομηχανιών - κυρίως αποβλήτων ελαιουργείων. Όμως τα περισσότερα από αυτά τα έργα ήταν αποτέλεσμα ενθουσιασμού και υπερεκτίμησης των δυνατοτήτων και οδηγήθηκαν σε αχρηστία. Κύριες αιτίες για αυτό ήταν η έλλειψη πληροφόρησης, κατάλληλης υποδομής, κρατικού ενδιαφέροντος και οικονομικών κινήτρων. Σήμερα ωστόσο η εξέλιξη:

α) του θεσμικού πλαισίου και η εναρμόνιση του με την κοινοτική νομοθεσία, ιδιαίτερα με τον κανονισμό (ΕΚ) 1774/2002(Άρθρο 15), για την έγκριση μονάδων παραγωγής βιοαερίου και μονάδων λιπασματοποίησης

β) των οικονομικών εργαλείων, με το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα του ΚΠΣ "Ανταγωνιστικότητα", τη χρηματοδότηση της ΕΕ για προγράμματα ΑΠΕ, όπως «Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη» (2007-2013), Big>East (2007-2010) το Έβδομο Πρόγραμμα Πλαίσιο για την έρευνα (2007-2013), το σύστημα τιμολόγησης για την ηλεκτροπαραγωγή ΑΠΕ σύμφωνα με τον Ν.3468/2006(βλ νομοθετικό πλαίσιο παρακάτω)

γ) των κοινωνικοοικονομικών συνθηκών, όπως η ενημέρωση και ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης για το περιβάλλον και η απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς , έχουν αλλάξει σημαντικά τα δεδομένα .

Αναλυτικότερα θα παρουσιάσουμε παρακάτω τα εμπόδια και τις προοπτικές του βιοαερίου στην Ελλάδα

3.2. ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Παρά το γεγονός ότι οι τεχνολογίες βιοαερίου στην Ευρώπη είναι αρκετά διαδεδομένες στην Ελλάδα δεν έχουμε την αναμενόμενη ανάπτυξη. Στο κομμάτι αυτό θα προσπαθήσουμε να διερευνήσουμε τα εμπόδια που υπάρχουν στην προσπάθεια ανάληψης επενδύσεων που αφορούν εγκαταστάσεις βιοαερίου. Τα εμπόδια ομαδοποιήθηκαν και παρουσιάζονται στις ακόλουθες τρεις γενικές κατηγορίες:

- Εμπόδια που σχετίζονται με την αγορά
- Χρηματοοικονομικά εμπόδια

3.2.1 ΕΜΠΟΔΙΑ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΑΓΟΡΑ

Ενημέρωση σχετικά με την χρήση και τις τεχνολογίες βιοαερίου

Στις μέρες μας η εκμετάλλευση του βιοαερίου αποτελεί μια γνωστή τεχνολογία στις περιπτώσεις των Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) και των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ). Παρ όλα αυτά, υπάρχει ακόμη έλλειψη γνώσης και πληροφόρησης όχι μόνο των αγροτών αλλά και των βιομηχανιών και του ευρύτερου κοινού γενικότερα σχετικά με τις δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων, της τελικής τους χρήσης (πχ. παραγωγή ηλεκτρισμού, κάλυψη θερμικών αναγκών, έγχυση στο δίκτυο του φυσικού αερίου, χρήση ως καύσιμο στις μεταφορές) και των πλεονεκτημάτων τους.

Η κύρια αγορά βιοαερίου στην Ελλάδα αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή (από ΧΥΤΑ και Βιολογικούς Καθαρισμούς) ενώ η κάλυψη θερμικών αναγκών είναι σχεδόν ανύπαρκτη (εσωτερική χρήση στις μονάδες ΑΧ). Σήμερα υπάρχει μία αρκετά ώριμη ενεργειακή αγορά στην Ελλάδα σχετικά με το βιοαέριο. Παρ όλα αυτά χρειάζεται η περαιτέρω ενδυνάμωση της εγχώριας ενεργειακής βιομηχανίας (το γεγονός αυτό θα προωθήσει την ανάπτυξη έργων βιοαερίου και θα οδηγήσει στην μείωση του κόστους επένδυσης).

Διαχείριση και διαθεσιμότητα αποβλήτων

Στις περισσότερες των περιπτώσεων η Τοπική Αυτοδιοίκηση και οι Περιφερειακοί-Εθνικοί Φορείς είναι υπεύθυνοι για την συλλογή, επεξεργασία και τελική διάθεση των αποβλήτων στην Ελλάδα των οποίων η διαθεσιμότητα είναι σταθερή. Σε αντίθεση τα γεωργο-κτηνοτροφικά απόβλητα δεν έχουν σταθερή διαθεσιμότητα ενώ είναι διάσπαρτα.

Παράμετροι όπως η σταθερή διαθεσιμότητα των αποβλήτων και η σύνθεσή τους είναι σημαντικοί για την βιολογική διαδικασία και την παραγωγή βιοαερίου. Σε περιοχές όπως η Ελλάδα η εποχιακή παραγωγή αποβλήτων (πχ. απόβλητα χυμοποιείων, ελαιοτριβείων κλπ.) αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιτυχή υλοποίηση ενός έργου βιοαερίου.

Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να εξασφαλίζονται μακροχρόνια συμβόλαια μεταξύ των διαχειριστών της μονάδας βιοαερίου και των παρόχων της πρώτης ύλης και η χρήση διαφορετικών αποβλήτων (πχ. αγροτοβιομηχανικά απόβλητα με ζωικά απόβλητα) είναι επιβεβλημένη (συγχώνευση).

Απελευθέρωση αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Στην Ελλάδα όπως και στις περισσότερες χώρες μέλη του ΟΟΣΑ ο ενεργειακός τομέας είναι ο μοχλός ανάπτυξης της οικονομίας. Τα τελευταία χρόνια, η χώρα έχει κάνει σημαντικά βήματα στον τομέα της αγοράς φυσικού αερίου και ενέργειας με το φυσικό αέριο να αυξάνει την συμμετοχή του στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Παρ' όλα αυτά σημαντικές προκλήσεις παραμένουν για το μέλλον. Απομένει το Υπουργείο Ανάπτυξης να ανταποκριθεί σ αυτές τις προκλήσεις μέσα από την επικείμενη ψήφιση του νέου αναπτυξιακού νόμου.

Εμπόδια τελικών χρηστών

Αγορά θερμότητας, τελικοί χρήστες και υποδομές. Η αγορά θερμότητας στην Ελλάδα είναι περιορισμένη. Η θερμότητα που παράγεται καλύπτει κυρίως θερμικές ανάγκες σπιτιών και βιομηχανιών (όταν υπάρχουν τέτοιες ανάγκες), ενώ δεν έχει καθοριστεί τιμή για αυτή με βάση το Νόμο 3468/06. Αξίζει να σημειωθεί ότι περίπου το 50% της ενέργειας που παράγεται από την καύση βιοαερίου είναι σε μορφή θερμότητας.

Παραγωγή Βιομεθανίου. Ο καθαρισμός και η έγχυση βιοαερίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου είναι ακόμη κάτι νέο (θα πρέπει να εξεταστεί περαιτέρω) παρ' όλο που σύμφωνα με το Νόμο 3428/27.12.2005 «Απελευθέρωση Αγοράς Φυσικού Αερίου» (ΦΕΚ 313/Α/2005), άρθρο 39, η χρήση Συστημάτων Φυσικού Αερίου επιτρέπεται και για τη διακίνηση βιοαερίου.

Παραγωγή καυσίμων οχημάτων. Μέχρι σήμερα υπάρχει περιορισμένη τεχνογνωσία και υποδομή στο θέμα αυτό (σήμερα κινούνται με φυσικό αέριο περίπου 400 λεωφορεία στην Αθήνα). Η χρήση του βιοαερίου ως καύσιμο κίνησης οχημάτων απαιτεί την αμέριστη προώθηση από την πλευρά των εταιρειών (πχ. κατασκευή σταθμών ανεφοδιασμού) και την υποστήριξη του κράτους (πχ. αποφορολόγηση καυσίμων, μείωση φόρων στους κατόχους αυτοκινήτων κλπ.)

3.2.2 ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΕΜΠΟΔΙΑ

Η χρηματοδότηση επενδύσεων ΑΠΕ παραμένει ένα σημαντικό και κρίσιμο ζήτημα. Σήμερα, όλο και περισσότεροι εν δυνάμει επενδυτές ενδιαφέρονται για την ανάπτυξη «πράσινων επενδύσεων». Η εξασφάλιση χρηματοδότησης και η ανάπτυξη επαρκούς χρηματοδοτικού πλαισίου είναι δύο μόνο από τους πολλούς παράγοντες που σχετίζονται με την υλοποίηση έργων βιοαερίου. Υπάρχουν δύο βασικά εργαλεία δημόσιας χρηματοδότησης έργων ΑΠΕ:

Πρώτον ο Αναπτυξιακός Νόμος 3229/2004 όπως τροποποιήθηκε από το άρθρο 37 του Νόμου 3522/2006 (ΦΕΚ 276/Α/2006). Ο Νόμος καλύπτει όλες τις ιδιωτικές επενδύσεις που υλοποιούνται στην Ελλάδα (αφορά όλους τους τομείς της οικονομικής δραστηριότητας). Περιοχές που αντιμετωπίζουν συγκεκριμένα προβλήματα όπως χαμηλό κατά κεφαλήν εισόδημα ή υψηλούς ρυθμούς ανεργίας πριμοδοτούνται με υψηλότερα ποσοστά επιχορήγησης σε σχέση με άλλες. Για τον λόγο αυτό ο Νόμος έχει περιφερειακό χαρακτήρα (η χώρα χωρίζεται σε τρεις ζώνες). Οι επενδύσεις ΑΠΕ (παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας) υπόκεινται σε ειδικό καθεστώς. Προτάσεις για χρηματοδότηση μπορούν να υποβληθούν στον Αναπτυξιακό Νόμο οποτεδήποτε ενώ δεν υπάρχει όριο στον αριθμό των προτάσεων που χρηματοδοτούνται.

Δεύτερον το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» (ΕΠΑΝ), ένα από τα έντεκα (11) εθνικά και δεκατρία (13) περιφερειακά προγράμματα, στα οποία το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης (ΚΠΣ) για την Ελλάδα χωρίζεται (το ΕΠΑΝ II συνεχίζει την χρηματοδότηση έργων για την περίοδο 2007-2013).

Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα» (Ε.ΠΑΝ.) 2, αντλεί πόρους από το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης παρέχει δημόσια ενίσχυση για τις Α.Π.Ε. και την εξοικονόμηση ενέργειας, υποκατάσταση συμβατικών καυσίμων και άλλες σχετικές με την ενέργεια δράσεις, ύψους 1,644 δις Ευρώ. Το ποσοστό δημόσιας ενίσχυσης ξεκινά από το 30% του επιλέξιμου κόστους και φτάνει κατά περίπτωση έως το 60% (σε συγκεκριμένες περιπτώσεις). Η χρηματοδότηση των έργων προέκυπτε κατόπιν κύκλων δημόσιας προκήρυξης για την υποβολή προτάσεων και αξιολόγησής τους (ανά κύκλο).

3.3 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Ο τομέας της ενέργειας στην Ελλάδα αντιμετωπίζει τα τελευταία χρόνια σημαντικές αλλαγές λόγω των Ευρωπαϊκών και Εθνικών πολιτικών σε ότι αφορά στην ενέργεια και το περιβάλλον (πχ. πλήρης απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, προστασία του περιβάλλοντος). Σαν αποτέλεσμα η επίδραση και τα αποτελέσματα των πολιτικών αυτών δεν είναι ακόμη ορατά και ειδικότερα σε μεσο-μακροπρόθεσμο ορίζοντα (πχ. τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, ενεργειακό μίγμα). Ο λιγνίτης, αποτελεί ακόμα την κύρια εγχώρια ενεργειακή πηγή της χώρας διαφαίνεται ότι θα συνεχίζει να παίζει κυρίαρχο ρόλο στο ενεργειακό μίγμα της Ελλάδας και για τα επόμενα χρόνια, αλλά η περαιτέρω διεύδυση των ΑΠΕ παραμένει επιτακτική.

Η προώθηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα βασίζεται όχι μόνο στο σημαντικό της δυναμικό αλλά και στις προτεραιότητες της πολιτείας για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ και μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Αν και ακόμη και σήμερα ο κρατικός παρεμβατισμός στα θέματα της οικονομίας είναι σημαντικός η πολιτική για το μέλλον είναι η μείωση του ρόλου του κράτους και η ανάπτυξη υποστηρικτικών μηχανισμών από την ίδια την αγορά. Η υλοποίηση έργων βιοαερίου απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, αφού ληφθούν υπόψη τεχνολογικοί, κοινωνικοί (ενημέρωση εμπλεκομένων), περιβαλλοντικοί και οικονομικοί παράγοντες. Μερικές φορές είναι δύσκολο να αναπτυχθούν πολλά έργα λόγω της ιδιομορφίας των περιοχών και της διαθεσιμότητας της πρώτης ύλης. Στις περισσότερες όμως των περιπτώσεων τα μη τεχνολογικά εμπόδια αναφέρονται ως τα πιο σημαντικά για την υλοποίηση ενός έργου.

Αν και η κοινωνική πίεση, οι οικονομικές συνθήκες και η νομοθεσία έχουν βελτιώσει το πλαίσιο για την παραγωγή βιοαερίου, υπάρχουν ακόμη εμπόδια που πρέπει να

ξεπεραστούν στην Ελλάδα, ειδικότερα σε ότι αφορά στην υλοποίηση μονάδων μικρής κλίμακας. Τα κύρια εμπόδια σχετίζονται με την κοινωνική στάση, ενημέρωση και εμπειρία, κυρίως σε έργα αγροτικά και βιομηχανικά, η απουσία αγοράς θερμικής ενέργειας, το υψηλό κόστος επένδυσης, τα χρηματοοικονομικά μεγέθη και τα κέρδη, η αδειοδοτική διαδικασία. Ο νέος νόμος για τις ΑΠΕ (3468/2006) προσανατολισμένος στην προώθηση των ΑΠΕ θέτει ένα νέο περιβάλλον στην ηλεκτροπαραγωγή και μεταξύ άλλων απλοποιεί την αδειοδοτική διαδικασία των έργων, αυξάνει την εγγυημένη τιμή (με το νέο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και συμπαραγωγή η τιμή για το βιοαέριο τίθεται στα 73€/MWh, 75,82€/MWh για το 2007) ενώ ο συνολικός χρόνος αδειοδότησης μειώνεται.

Το δυναμικό του βιοαερίου φαίνεται συνοπτικά στον πίνακα 1 όπου παρουσιάζονται οι πηγές και οι ποσότητες των κύριων οργανικών αποβλήτων. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα με τα εμπόδια αξιοποίησης του βιοαερίου παρά τις σημαντικές ποσότητες διαθέσιμων οργανικών αποβλήτων η διασπορά τους δεν διευκολύνει τη συγκομιδή τους και την αποτελεσματική χρήση τους. Είναι λοιπόν αναγκαίο οι τοπικοί φορείς να βοηθήσουν στη συλλογή και κατηγοριοποίηση αυτών των αποβλήτων προκειμένου να τα καταστήσουν περισσότερο προσβάσιμα από πιθανούς επενδυτές.

Category	Units	Capacity *	Organic wastes (t/y)	Installed capacity (MW)
Cattle	32.875	727,040 cattle	14,540,800	278
Sows	36.593	140,645 sows	2,268,220	37
Slaughterhouses	101	77,242 t/y 127,690 t/y	204,932	28
Milk factories (milk processing for cheese production)	548	160,362.4 t/y goat milk 447,705.2 t/y sheep milk	425,647	7.21
TOTAL			17,439,599	350.21

Πίνακας 1: Δυνατότητα αξιοποίησης των κύριων οργανικών αποβλήτων στην Ελλάδα

* Πηγή : Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων

3.4 ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ένας αριθμός έργων βιοαερίου ήδη λειτουργούν στην Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει ένα εργοστάσιο στο ΧΥΤΑ Α. Λιοσίων ένα δεύτερο είναι αυτό της ΕΥΔΑΠ στην Ψυτάλλεια ενώ ένα τρίτο υπάρχει στο ΧΥΤΑ Ταγαράδων στην Θεσσαλονίκη. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των υφιστάμενων εργοστασίων είναι περίπου 41 MW ενώ ενθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι έχουν σταλεί σύμφωνα με στοιχεία του ΚΑΠΕ στη ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας) έξι αιτήσεις για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση βιοαερίου συνολικής ισχύος περίπου 10,23 MW.

ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΨΥΤΤΑΛΕΙΑ

Το έργο άρχισε να κατασκευάζεται το 1983, όταν αποφασίστηκε η μεταφορά και η επεξεργασία των λυμάτων της Αττικής στη νήσο Ψυτάλλεια. Πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων στην Ευρώπη, συνολικού κόστους 70 δισ. δρχ., το οποίο συμβάλει αποφασιστικά στην εξυγίανση του Σαρωνικού και στην αναβίωση της χλωρίδας και της πανίδας του.

Το έργο της Ψυτάλλειας αποτελείται από τα εξής επιμέρους έργα:

Συμπληρωματικός Κεντρικός Αποχετευτικός αγωγός
Μηχανική επεξεργασία των λυμάτων στον Ακροκέραμο
Δίδυμος υποθαλάσσιος αγωγός (ανεστραμμένος σίφωνας) από τον Ακροκέραμο στη νήσο Ψυτάλλεια
Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων στη Ψυτάλλεια
Σύστημα αγωγών εκβολής

Η κατασκευή της Α΄ φάσης ολοκληρώθηκε το 1993 και από το Νοέμβριο του 1994 το ΚΕΛΨ βρίσκεται σε κανονική λειτουργία. Τα λύματα της Αθήνας (περίπου 720.000 m³ ημερησίως) αφού υποστούν την αναγκαία επεξεργασία στον Ακροκέραμο, οδηγούνται μέσω του συστήματος ανεστραμμένων σιφώνων στη νήσο Ψυτάλλεια. Προς αποφυγή περιβαλλοντικών οχλήσεων, οι εγκαταστάσεις προεπεξεργασίας είναι καλυμμένες, και ο περιεχόμενος αέρας υφίσταται συνεχή καθαρισμό, μέσω συστήματος μονάδων απόσμησης.

Στην Ψυτάλλεια τα λύματα υποβάλλονται σε κυρίως επεξεργασία, δηλαδή σε πρωτοβάθμια καθίζηση. Στη συνέχεια, μέσω των αγωγών διάθεσης οδηγούνται σε ικανοποιητικό βάθος και διαχέονται στον αποδέκτη, το Σαρωνικό Κόλπο, επιτυγχάνοντας υψηλή αραίωση τόσο κατά το καλοκαίρι, όσο και κατά το χειμώνα. Η ιλύς, η οποία προκύπτει από τον καθαρισμό των λυμάτων, υφίσταται μια σειρά διεργασιών προς αδρανοποίηση και ελάττωση του όγκου της (προπάχυνση, αναερόβια χώνευση, αφυδάτωση) και τελικά διατίθεται προς υγειονομική ταφή. Κατά την αναερόβια χώνευση παράγεται βιοαέριο, σε μέση ποσότητα περίπου 50.000 m³/ημέρα, ενώ η παραγόμενη ποσότητα αφυδατωμένης ιλύος είναι περίπου 280 t/ημέρα.

Από τις αρχές του 2001 λειτουργεί στην Ψυτάλλεια μια σύγχρονη μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την καύση του βιοαερίου που παράγεται στο ΚΕΛΨ. Η μονάδα, προϋπολογισμού 3,8 δισ. δρχ.(περίπου 11,5 εκατ. ευρώ) - η οποία χρηματοδοτήθηκε κατά 50% από την Ευρωπαϊκή Ένωση - θα έχει δυναμικότητα **7,4 MW** και θα παράγει ικανές ποσότητες ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας για να καλυφθούν οι ανάγκες του ΚΕΛΨ στην παρούσα φάση της λειτουργίας του, ενώ η πλεονάζουσα ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας θα πωλείται στη ΔΕΗ. Με τον τρόπο αυτό θα εξασφαλιστεί ενεργειακή αυτονομία και μείωση του κόστους λειτουργίας του ΚΕΛΨ, ενώ θα αξιοποιείται πλήρως η παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου. Ακόμη, η θερμική ενέργεια από την ψύξη των μηχανών βιοαερίου θα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χωνευτών ιλύος και μελλοντικά για την ξήρανση της αφυδατωμένης ιλύος.

Η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων στην Ψυτάλεια έχει τα εξής χαρακτηριστικά

- Δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης
- Έξι ορθογώνιες δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης, διαστάσεων (σε m) 100 χ 20 χ 3, συνολικού όγκου 36.000 m³.
- Τρεις κλειστές κυλινδρικές δεξαμενές προπάχυνσης ιλύος, διαμέτρου 25 m., βάθους 5 m. περίπου, συνολικού ωφέλιμου όγκου 7.380 m³.
- Τέσσερις κλειστές κυλινδρικές δεξαμενές χώνευσης ιλύος, διαμέτρου 30 m., συνολικού όγκου 40.000 m³.
- Τέσσερις κυλινδρικές δεξαμενές μεταπάχυνσης - αποθήκευσης ιλύος, διαμέτρου 25 m., βάθους 6 m. περίπου, εκάστη ωφέλιμου όγκου 2.900 m³. έκταση



Εικόνα 1: Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Ψυτάλεια, Ελλάδα (ΕΥΔΑΠ, 2004)

ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΣΤΟ ΧΥΤΑ (Χώρος Υγειονομικής Ταφής) ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΩΝ

Στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας του Β Κ.Π.Σ. (1994-1999) έχει πραγματοποιηθεί στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων μία σημαντική επένδυση συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με αξιοποίηση του παραγόμενου από τα σκουπίδια βιοαερίου. Ο σταθμός είναι από τους μεγαλύτερους παγκοσμίως σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το βιοαέριο, αφού έχει εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ **13,9 MWe**.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τον σταθμό τροφοδοτεί τον υποσταθμό της ΔΕΗ στον Ασπρόπυργο. Η εκτιμώμενη παραγωγή ενέργειας του σταθμού υπολογίζεται στις 130 GWhε ετησίως. Η λειτουργία του σταθμού είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και ελέγχεται από 6 χειριστές.

Ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας αποτελείται συνολικά από 11 μονάδες, ηλεκτρικής ισχύος 1.262 KWe και θερμικής ισχύος 873 KWth έκαστη. Τα καυσαέρια από την καύση του βιοαερίου είναι ικανά να παράγουν σημαντικές ποσότητες ωφέλιμης θερμότητας. Κάθε γεννήτρια παρέχει 6.798 Kg/h καυσαερίων που έχουν θερμοκρασία περίπου 495°C. Η θερμότητα των καυσαερίων είναι ικανή να προσφέρει 1.650 kW θερμικής ενέργειας. Στο έργο έχει ήδη ενσωματωθεί ο εξοπλισμός για την ανάκτηση μέρους της θερμικής ενέργειας που υπολογίζεται στα 9,5 MWth από τα καυσαέρια και νερό ψύξης των μηχανών εσωτερικής καύσης.

Ο σταθμός περιλαμβάνει επίσης τρεις πυρσούς καύσης βιοαερίου δυναμικότητας 4.500, 1.000 και 500 m³/h οι οποίοι τίθενται σε λειτουργία όταν για οποιοδήποτε λόγο διακοπεί η δυνατότητα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στον υποσταθμό της ΔΕΗ. Ο όλος εξοπλισμός και τα κτίρια είναι εγκατεστημένα σε οικόπεδο εντός του ΧΥΤΑ επιφάνειας περίπου 2.500 m².

Με βάση την εμπειρία και τα βιβλιογραφικά δεδομένα, η παραγωγή βιοαερίου κυμαίνεται μεταξύ 160-240 m³/ton απορριμμάτων, σε μια χρονική περίοδο 10-15 ετών. Το τελικό κόστος της επένδυσης του έργου ανήλθε σε 19,4 εκατομμύρια Ευρώ από τα οποία το 45% προήλθε από την επιδότηση.

Η δοκιμαστική λειτουργία του σταθμού ξεκίνησε το Μάρτιο του 2001. Η άντληση και συλλογή του βιοαερίου γίνεται μέσω συστήματος 243 κατακόρυφων φρεατίων και οριζοντίου δικτύου σωληνώσεων συνολικού μήκους 25.000 μέτρων περίπου. Τα 243 φρεάτια άντλησης ομαδοποιούνται σε 19 υποσταθμούς, για καλύτερο έλεγχο και ευκολότερη ρύθμιση (ροής και ποιότητας του βιοαερίου) κάθε φρεατίου ξεχωριστά. Το βιοαέριο που αντλείται σήμερα έχει μία μέση περιεκτικότητα σε καύσιμο (μεθάνιο) 52% περίπου και κάθε μονάδα γεννήτριας καταναλώνει περίπου 700 m³/h βιοαέριο σε πλήρη ισχύ.

Η εκτιμώμενη παραγωγή βιοαερίου ανέρχεται κατά μέσο όρο στα 184.000 m³ βιοαερίου ημερησίως. Το 2002 η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του σταθμού προσέγγισε τις **90 GWhe**, ενώ έως το Νοέμβριο του 2004 η συνολική παραγωγή ενέργειας άγγιξε τις **314 GWhe**. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί σε ένα συντελεστή φόρτισης της τάξεως του 75%, το οποίο αποτελεί ένα ποσοστό που συνιστά μια εξαιρετική επίδοση για σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και οδηγεί σε εξαιρετικά οικονομικά αποτελέσματα.⁴

⁴http://www.biofuels.gr/biogas_liosia.html



Εικόνα 2: Έργο εκμετάλλευσης του βιοαερίου στη χωματερή των Άνω Λιοσίων, Αθήνα, Ελλάδα

ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟΥΣ ΤΑΓΑΡΑΔΕΣ

Από τα απορρίμματα που εναποτίθενται στο ΧΥΤΑ των Ταγαράδων Θεσσαλονίκης αντλεί τα τελευταία τρία χρόνια την πρώτη ύλη για τη λειτουργία της η μονάδα βιοαερίου «Ηλέκτωρ ΑΕ» παράγει 5 MW περίπου ενέργεια. Είναι μια απ' τις επιτυχέστερες προσπάθειες στο χώρο αξιοποίησης απορριμμάτων. Το έργο, ύψους 6,35 εκατ. ευρώ, κατασκευάστηκε με χρηματοδότηση κατά 40% από την Ευρωπαϊκή Ένωση και κατά 60% από ιδιωτικά κεφάλαια. Η ισχύς της μονάδας είναι 5 μεγαβάτ, ενώ το έργο θεωρείται προέκταση αντίστοιχης μονάδας που λειτουργεί στην Αθήνα, ισχύος 25 μεγαβάτ. Στη διάρκεια του 2007, το εργοστάσιο παρήγαγε και πούλησε στη ΔΕΗ ηλεκτρική ενέργεια 28 γιγαβατωρών. Σε μακροπρόθεσμη βάση, η μονάδα προβλέπεται να προσφέρει τηλεθέρμανση σε σχολεία, δημόσια κτίρια και κατοικίες σε απόσταση 2,5 χιλιομέτρων από το εργοστάσιο. Η μονάδα συλλέγει το καύσιμο αέριο που απελευθερώνεται από την αποσύνθεση των απορριμμάτων και το διοχετεύει σε γειτονική ηλεκτρογεννήτρια



Εικόνα 3: Έργο εκμετάλλευσης του βιοαερίου στους Ταγαράδες Θεσσαλονίκης
(Πηγή : www.anakyklosi.gr/.../Image/III_VIOAERIO.jpg)

3.5 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη νομοθεσία για το βιοαέριο στην Ελλάδα. Η ανάπτυξη των έργων βιοαερίου και η εκμετάλλευση του βιοαερίου εντάσσεται κυρίως στο πλαίσιο των διατάξεων της γενικότερης νομοθεσίας για τις ΑΠΕ και των οικονομικών κινήτρων καθώς και στην ελληνική περιβαλλοντική πολιτική για τη διαχείριση των αποβλήτων.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) διαφαίνεται ότι θα έχουν σημαντική συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας μας στα επόμενα χρόνια. Την τελευταία δεκαετία ένα θετικό κλίμα έχει δημιουργηθεί για την αντικατάσταση των συμβατικών πηγών ενέργειας καθώς συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η χρήση τους σχετίζεται με μία σειρά περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για το λόγο αυτό οι ΑΠΕ καταλαμβάνουν ολοένα και ψηλότερη θέση στην ενεργειακή ατζέντα.

Στα πλαίσια της περαιτέρω ανάπτυξης των ΑΠΕ ενθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι υφίσταται εγγυημένη τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας και ότι τα έργα ΑΠΕ χρηματοδοτούνται δημοσίως.

Το Υπουργείο Ανάπτυξης είναι υπεύθυνο για τη χάραξη της ενεργειακής πολιτικής στην Ελλάδα. Τα κύρια σημεία- στόχοι είναι:

- η διασφάλιση της ασφαλούς ενεργειακής τροφοδοσίας της ενεργειακής αγοράς,
- η μείωση της πετρελαϊκής εξάρτησης της χώρας και σταδιακή υποκατάσταση του πετρελαίου από το Φυσικό Αέριο,
- η ενίσχυση του συστήματος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας,
- η αύξηση της συμμετοχής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και των βιοκαυσίμων στο ενεργειακό σύστημα,
- η επέκταση της χρήσης Φυσικού Αερίου με την ανάπτυξη νέων δικτύων μεταφοράς και διανομής,
- η απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου,

- η ενίσχυση των διεθνών διασυνδέσεων της χώρας, στους τομείς του φυσικού αερίου, του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού, με σκοπό να καταστεί η Ελλάδα σύγχρονο διεθνές διαμετακομιστικό κέντρο ενέργειας,
- η επέκταση των ελέγχων σε όλους τους κρίκους της αλυσίδας της αγοράς πετρελαιοειδών, με σκοπό την ενίσχυση του ανταγωνισμού,
- η υλοποίηση των ενεργειακών υποδομών και των ιδιωτικών ενεργειακών επενδύσεων μέσω χρηματοδοτικών εργαλείων,
- η κατάρτιση Μακροχρόνιου Ενεργειακού Σχεδιασμού με ορίζοντα το 2020

Αλλαγές στους στόχους αυτούς αναμένεται να συμπεριληφθούν στον ελπιδοφόρο νέο αναπτυξιακό νόμο ο οποίος πρόκειται να ψηφιστεί μέσα στο επόμενο δίμηνο με στόχο την καλυτέρευση των συνθηκών στη διαδικασία παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ (όπως πχ καθυστερήσεις σε αδειοδοτήσεις, εμπόδια στην προσπάθεια λήψης δανείων κλπ).

3.6 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το κύριο νομοθετικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ στην Ελλάδα είναι το ακόλουθο:

- **Νόμος 1559/1985** «Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 135/Α/85). Ο νόμος αυτός αποτελεί την απαρχή των ΑΠΕ αν και εφαρμόστηκε σε περιορισμένο βαθμό.
- **Νόμος 2244/1994** «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 68/Α/94). Ο νόμος αυτός καταρτίστηκε με βάση τον γερμανικό νόμο (Stromeinspeisungsgesetz) και αποτέλεσε την αρχή για την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Αντικαταστάθηκε από το νόμο 2773/99.
- **Νόμος 2773/99** «Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 286/Α/99). Ο νόμος αυτός αποτελεί την βάση σε θέματα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από ΑΠΕ και απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει νόμος σχετικά με την παραγωγή θερμότητας..
- **Νόμος 2941/2001** «Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότηση; Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. 'ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ' και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 201/Α/01). Ο νόμος αυτός συμπλήρωσε το νόμο 2773/99 με σημαντικές διατάξεις σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές τις προϋποθέσεις εγκατάστασης έργων ΑΠΕ σε δάση και το χαρακτηρισμό όλων των έργων ΑΠΕ ως έργα δημόσιας ωφέλειας.
- **Νόμος 3017/2002** «Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος» (ΦΕΚ 117/Α/02). Με το Νόμο αυτό το ελληνικό κράτος επισημοποίησε τις δεσμεύσεις της χώρας για δράσεις ενάντια στην κλιματική αλλαγή.
- **Νόμος 3010/2002** «Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11/Ε.Ε. και 96/61/Ε.Ε. διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορέματα και άλλες διατάξεις», (ΦΕΚ 91/Α/02). Ο νόμος αυτός εναρμονίζει το εθνικό δίκαιο με την Οδηγία 96/61/ΕΚ (Οδηγία IPPC) θέτοντας τη νέα περιβαλλοντική διαδικασία αναθεωρώντας τον βασικό νόμο για το περιβάλλον 1650/86.
- **Νόμος 3423/2005** «Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων» (ΦΕΚ 304/Α/05). Η Οδηγία 2003/30/ΕΚ

μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο μέσω αυτού το νόμου για την προώθηση των βιοκαυσίμων.

• **Νόμος 3468/2006** «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις». Ο νόμος αυτός θέτει ένα νέο περιβάλλον στην ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ. Ο νόμος μεταξύ άλλων :

α) θέτει νέες διοικητικές διαδικασίες για την προώθηση των ΑΠΕ και απλουστεύει την αδειοδότηση,

β) θεσπίζει ένα νέο σύστημα τιμολόγησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ και

γ) αποσκοπεί στο να διαδραματίσει έναν κύριο ρόλο προς τον εθνικό στόχο για 20,1% της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ μέχρι το 2010 και 29% μέχρι το 2020

Σημαντικό ρόλο αναμένεται να διαδραματίσει ο νέος αναπτυξιακός νόμος που αναμένεται να ψηφιστεί από τη Βουλή των Ελλήνων μέσα στο επόμενο δίμηνο. Κάτω από τις παρούσες συνθήκες της οικονομικής κρίσης και της ραγδαίας αύξησης της ανεργίας, η ανέγερση εργοστασίων μεγάλης κλίμακας αναμένεται να δώσει ανάσα στην ελληνική οικονομία.

3.7 ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

Τα έργα βιοαερίου απαιτούν υψηλές επενδύσεις. Η χρηματοδότηση είναι επομένως ένα από τα βασικά στοιχεία προκειμένου να διασφαλιστεί η βιωσιμότητα του έργου. Ο τρόπος χρηματοδότησης ενός έργου εγκατάστασης βιοαερίου διαφέρει από χώρα σε χώρα, αλλά γενικά, χρησιμοποιούνται μακροπρόθεσμα χαμηλότοκα δάνεια. Δεν χρησιμοποιούνται συχνά τα κοινά ενυπόθηκα δάνεια. Τα δάνεια κυμαινόμενου επιτοκίου είναι χαμηλότοκα δάνεια, τα οποία εξασφαλίζουν τον επενδυτή ενάντια στον πληθωρισμό μέσω του επανακαθορισμού των απλήρωτων χρεών σύμφωνα με την τιμή του πληθωρισμού. Ο χρόνος αποπληρωμής είναι πάνω από 20 έτη. Αυτός ο τύπος δανείου αποδείχθηκε ως ο καταλληλότερος για τις εγκαταστάσεις βιοαερίου, αφού ικανοποιεί τις απαιτήσεις για μακροχρόνια διάρκεια, χαμηλό επιτόκιο και χαμηλές αρχικές δόσεις. Τα μειονεκτήματα των δανείων αυτού του είδους είναι ότι αυξάνονται από τις συνήθεις πωλήσεις των ομολόγων, στην τιμή αγοράς του χρηματιστηρίου, το οποίο συνεπάγεται έναν κίνδυνο υποτίμησης που μπορεί να προκαλέσει κάποια αβεβαιότητα στη φάση του προγραμματισμού. Σε χώρες όπως η Δανία, τα σχετικά με το βιοαέριο έργα είναι π.χ. χρηματοδοτούμενα μέσω δανείων κυμαινόμενου επιτοκίου, τα οποία είναι εγγυημένα από τους δήμους. Τα περισσότερα από τα προηγούμενα έργα βιοαερίου έλαβαν επίσης συμπληρωματικές κρατικές επιχορηγήσεις, που αντιπροσωπεύουν μέχρι και το 30% του κόστους επένδυσης του έργου.

4. ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μελετώντας κανείς τη βιβλιογραφία προκειμένου να διαπιστώσει εάν έχουν κατασκευαστεί αντίστοιχες συναρτήσεις κόστους παρατηρεί μια σχετική σπανιότητα. Ωστόσο κάποιες προσεγγίσεις έχουν γίνει από τους *Rubab & Kandpal* (1995) και *Kandpal, Joshi & Sinha* (1990) για εργοστάσια παραγωγής βιοαερίου στην Ινδία. Επίσης οι *Tsilemou & Panagiotakopoulos* (2006) ασχολήθηκαν με την μεθοδολογία κατασκευής συναρτήσεων κόστους για ΧΥΤΑ. Τέλος οι *Walla & Schneeberger* (2008) οι οποίοι μελετούν το βέλτιστο μέγεθος ενός εργοστασίου βιοαερίου (το βιοαέριο παράγεται από καλαμπόκι).

Πιο συγκεκριμένα οι *Rubab & Kandpal* (1995) ασχολήθηκαν με την ανάπτυξη μεθοδολογίας για οικονομική εκτίμηση της τεχνολογίας βιοαερίου για οικιακή χρήση στην Ινδία. Επιπλέον έδωσαν έμφαση στην χρήση αναλυτικών εκφράσεων για το κόστος μιας μονάδας ωφέλιμης ενέργειας που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για μαγείρεμα και φωτισμό. Στην ανάλυσή τους χρησιμοποίησαν 4 προσεγγίσεις συναρτήσεων κόστους η μορφή των οποίων δεν κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστεί καθώς είναι σε κάποιο βαθμό τεχνικές.

Στην πρώτη προσέγγιση συσχετίζεται το κόστος κεφαλαίου (capital cost) με την ημερήσια παραγωγή βιοαερίου με την απαιτούμενη χρήση κάποιων σταθερών. Η δεύτερη προσέγγιση χρησιμοποιεί σχεδόν ίδια συνάρτηση κόστους με την πρώτη με τη διαφορά ότι εδώ αντί για την ημερήσια παραγωγή βιοαερίου χρησιμοποιείται ένα κλάσμα της ημερήσιας παραγωγής δια την παραγωγή σε κάποιο εργοστάσιο αναφοράς. Στην τρίτη προσέγγιση υπάρχει συσχέτιση του κόστους κεφαλαίου με τη χωρητικότητα της δεξαμενής αποθήκευσης αερίου (gas holder capacity) και τη χωρητικότητα των χωνευτήρων. Τέλος στην τελευταία προσέγγιση υπάρχει μια αρκετά πολύπλοκη συνάρτηση που εμπλέκει και τις τιμές των εισροών. Βασίζεται η τελευταία προσέγγιση στην εκτίμηση της ποσότητας των υλικών κατασκευής και στην ποσότητα εργασίας καθώς και των τιμών τους στην αγορά.

Η εκτίμηση του κόστους σαν βασική προϋπόθεση στον σχεδιασμό ΧΥΤΑ απασχόλησε τους *Tsilemou & Panagiotakopoulos* (2006). Ο αντικειμενικός σκοπός των ερευνητών ήταν να διερευνήσουν τα προβλήματα που προκύπτουν κατά την εκτίμηση κόστους από διάσπαρτα και περιορισμένα δεδομένα, να προτείνει μια μέθοδο για την κατασκευή συναρτήσεων κόστους που σχετίζουν το αρχικό και το λειτουργικό κόστος με το μέγεθος του εργοστασίου και τέλος να παρουσιάσουν τέτοιες συναρτήσεις κόστους για διαφορετικούς τύπους εργοστασίων. Τελικά με την κατάλληλη μορφοποίηση των δεδομένων τους και ακολουθώντας συγκεκριμένα βήματα καταλήγουν σε συναρτήσεις κόστους λογαριθμικής μορφής $Y=a X^b$ όπου X συμβολίζει το μέγεθος του εργοστασίου.

Οι *Kandpal, Joshi & Sinha* (1990) ασχολήθηκαν με την κατασκευή γενικευμένης συνάρτησης κόστους σε σχέση με την παραγωγή βιοαερίου. Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του βιοαερίου μετρώνται σε όρους ξυλοκαυσίμων που αντικαθιστά το βιοαέριο για μαγείρεμα και κηροζίνης για φωτισμό. Στη συνάρτηση που προτείνουν συσχετίζεται το κόστος με την δυναμικότητα του εργοστασίου σε κυβικά μέτρα ημερησίως εισάγοντας επιπλέον το κόστος και τη δυναμικότητα ενός εργοστασίου αναφοράς.

Το βέλτιστο μέγεθος ενός εργοστασίου βιοαερίου είναι το βασικό θέμα στο άρθρο των *Walla & Schneeberger* (2008). Πιο συγκεκριμένα διερευνάται η σχέση που

μπορεί να έχει το μέγεθος του εργοστασίου με τα εξής μεγέθη :την ηλεκτρική απόδοση(electric efficiency),το κόστος παραγωγής βιοαερίου και ηλεκτρικής ενέργειας και το μεταφορικό κόστος που αφορά τη μεταφορά της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα (στην παρούσα εργασία το καλάμπόκι) και των υπολειμμάτων του βιοαερίου (biogas slurry).Καταλήγουν στα εξής συμπεράσματα. Όσο αυξάνεται το μέγεθος του εργοστασίου

- το κόστος επένδυσης ανά KW μειώνεται
- η ηλεκτρική απόδοση μεγαλώνει
- το μεταφορικό κόστος αυξάνεται

Τελικά το βέλτιστο μέγεθος εργοστασίου βιοαερίου είναι το μέγεθος εκείνου του εργοστασίου του οποίου τα κόστη (μεταφορικό κόστος και κόστος παραγωγής) ελαχιστοποιούνται.

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε πως σε όλες τις προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται ως μεταβλητές επηρεασμού του κόστους το μέγεθος του εργοστασίου και η ημερήσια παραγωγή, μεταβλητές τις οποίες εξετάζουμε και στην παρούσα εργασία.

5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κομμάτι αυτό θα ασχοληθούμε με την εμπειρική εκτίμηση συναρτήσεων κόστους για εργοστάσια βιοαερίου. Συγκεκριμένα θα ασχοληθούμε με κόστος επένδυσης (αρχικά υπήρχε σκέψη και για άλλες μορφές κόστους αλλά δεν υπήρχαν στοιχεία). Η εκτίμηση κόστους είναι ζωτικής σημασίας στη διαδικασία σχεδίασης και υλοποίησης ενός εργοστασίου βιοαερίου είτε από το κράτος είτε από ιδιώτες επενδυτές. Στην ανάλυσή μας παρακάτω θα προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε το θέμα όσο πιο σφαιρικά γίνεται και να κατασκευάσουμε συναρτήσεις κόστους με βάση τα δεδομένα μας.

Ανατρέχοντας κανείς στη βιβλιογραφία που αφορά συναρτήσεις κόστους είτε για εργοστάσια βιοαερίου είτε για εργοστάσια παραγωγής ενέργειας γενικότερα παρατηρεί ότι οι συναρτήσεις είναι της μορφής Cobb-Douglas και έτσι κατά κάποιο τρόπο είμαστε a priori προετοιμασμένοι για τέτοιου είδους συνάρτηση και στην περίπτωση μας. Η συνάρτηση κόστους Cobb-Douglas έχει την παρακάτω μορφή $Y = aX^b$ όπου Y το κόστος παραγωγής και X το παραγόμενο προϊόν ή μία μεταβλητή που αντικατοπτρίζει επίπεδα παραγωγής. Για λόγους ευκολίας θα χρησιμοποιήσουμε τη λογαριθμική μορφή της παραπάνω συνάρτησης δηλ

$$\ln Y = \ln a + b \ln X$$

όπου a και b είναι σταθερές και το b είναι μία παράμετρος που εκφράζει τις οικονομίες κλίμακος. Πιο συγκεκριμένα οικονομίες κλίμακος είναι τα πλεονεκτήματα κόστους που διατηρεί μια επιχείρηση μέσω της μεγέθυνσης. Είναι στην ουσία παράγοντες που προκαλούν την μείωση του (μακροχρόνιου) μέσου κόστους του παραγωγού καθώς το μέγεθος (παραγόμενο προϊόν) αυξάνεται.

Αν $b < 1$ έχουμε αρνητικές αποδόσεις κλίμακος δηλαδή αν έχουμε μια αύξηση στο παραγόμενο προϊόν κατά 1% τότε έχουμε αύξηση στο κόστος παραγωγής κατά $b\% < 1\%$ ή διπλασιασμός της παραγωγής συνεπάγεται λιγότερο από διπλάσια αύξηση του κόστους. Σε τέτοιες καταστάσεις ευνοούνται οι οικονομίες κλίμακος δηλαδή συμφέρει να επενδύσουμε σε μεγαλύτερο εργοστάσιο παραγωγής βιοαερίου/ενέργειας και οι αρνητικές αποδόσεις κλίμακος σε μία συνάρτηση Cobb-Douglas με μία εισροή συνδέονται άμεσα με αύξουσες αποδόσεις κλίμακος στην συνάρτηση παραγωγής.

5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Το δείγμα μας αποτελείται από 108 εργοστάσια παραγωγής με έτη κατασκευής από το 1984 το παλαιότερο έως και το 2008 το πιο πρόσφατο. Αποτελείται κυρίως από εργοστάσια στη Γερμανία, τη Σουηδία, την Δανία αλλά και από άλλες ευρωπαϊκές χώρες σε μικρότερο βαθμό. Τα περισσότερα δεδομένα μας προήλθαν από case studies και κατά πλειοψηφία από projects που προάγουν τη χρήση του βιοαερίου ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες. Κατά τη συλλογή των δεδομένων μας απασχόλησαν να βρούμε στοιχεία που αφορούσαν τις εξής μεταβλητές:

τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται ως υπόστρωμα στην AX (σε t/y και m^3/y)

το έτος κατασκευής του εργοστασίου,

τη χώρα εγκατάστασης,

την εγκατεστημένη ισχύ του εργοστασίου (installed capacity) σε KW

το ποσό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε MWh

το μέγεθος των χωνευτήρων σε m^3

η ετήσια παραγωγή βιοαερίου σε Nm^3 (Normal cubic metre τιμή κάτω από κανονικές συνθήκες δηλαδή 273.15 K (0° C) και 1.01235 bar ατμοσφαιρικής πίεσης)

το κόστος επένδυσης

και τέλος το νόμισμα στο οποίο είναι εκφρασμένο το κόστος επένδυσης

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να γίνει περιγραφή της διαδικασίας συλλογής των δεδομένων καθώς δεν χρησιμοποιήθηκε κάποια βάση δεδομένων αλλά δημιουργήθηκε από το συγγραφέα-ερευνητή. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με βάση στοιχεία που βρέθηκαν σε άρθρα στο διαδίκτυο και αποτελούν κυρίως case studies, αναφορές (reports) από μεγάλα πρότζεκτ προώθησης της χρήσης του βιοαερίου αλλά και στοιχεία από εταιρείες που κατασκευάζουν εργοστάσια βιοαερίου.

Ας δούμε μια μια τις μεταβλητές που μας απασχόλησαν. Τα στοιχεία για τις πρώτες ύλες υπήρξαν διάσπαρτα. Καθώς προχωρούσε η έρευνα προέκυψε ένα αρκετά σημαντικό πρόβλημα - αυτό της μονάδας στην οποία ήταν δοσμένες οι ποσότητες των υποστρωμάτων. Πιο συγκεκριμένα σε άλλες περιπτώσεις οι ποσότητες δίνονταν σε m^3/y και σε άλλες σε t/y. Αυτή η ιδιομορφία δε μας επέτρεψε να χρησιμοποιήσουμε αυτή τη μεταβλητή για να συμπεράνουμε αν επηρεάζει το κόστος επένδυσης.

Το έτος κατασκευής του εργοστασίου δεν ήταν δύσκολο να οριστεί ούτε και να βρεθεί. Το ίδιο και η χώρα εγκατάστασης και το νόμισμα στο οποίο είναι εκφρασμένο το κόστος επένδυσης. Ομοίως και το μέγεθος των χωνευτήρων.

Ωστόσο η εγκατεστημένη ισχύς δεν ήταν τόσο εύκολο να οριστεί σε όλες τις περιπτώσεις. Σε εργοστάσια που δεν δινόταν ξεκάθαρα χρησιμοποιήσαμε μια δοσμένη σχέση μεταξύ παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, εγκατεστημένης ισχύος και την παραδοχή μέσα από τη βιβλιογραφία ότι 1 Nm^3 βιοαερίου παράγει κατά προσέγγιση 6,5 KWh ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος το κόστος επένδυσης υπέστη τις περισσότερες μετατροπές. Τα στοιχεία που αφορούσαν το κόστος επένδυσης παρουσίαζαν ανομοιογένεια τόσο όσον αφορά το νόμισμα στο οποίο ήταν εκφρασμένο όσο και στο ότι ήταν υπολογισμένα σε τιμές του έτους κατασκευής τους. Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τη Eurostat για τον μέσο

ετήσιο πληθωρισμό στην εκάστοτε χώρα από το 1997 και μετά καθώς και ισοτιμίες του κάθε νομίσματος με το ευρώ. Η διαδικασία του αποπληθωρισμού κόστους επένδυσης ακολούθησε την εξής διαδικασία. Επιλέχθηκε το 2008 ως έτος βάσης γιατί είναι το έτος που κατασκευάστηκε το πιο πρόσφατο εργοστάσιο του δείματός μας. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν όλα τα κόστη σε τιμές 2008. Για εργοστάσια που κατασκευάστηκαν πριν από το 1997, επειδή δεν υπάρχουν στοιχεία στη Eurostat χρησιμοποιήθηκε ο μέσος πληθωρισμός του 1997 υψωμένος σε μια δύναμη που εξέφραζε τα χρόνια που χωρίζουν το έτος κατασκευής από το 1997.

Η μετατροπή των νομισμάτων σε ευρώ έγινε διαιρώντας με την ισοτιμία του εκάστοτε νομίσματος (στο δείγμα μας δανικές και σουηδικές κορώνες) το έτος κατασκευής του εργοστασίου.

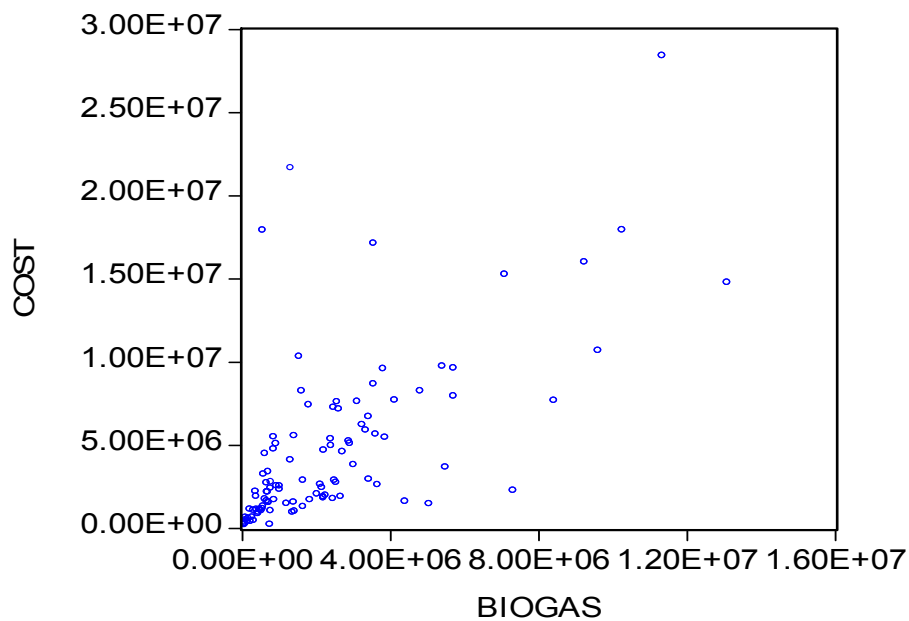
Έγινε πραγματικά μια προσπάθεια συλλογής δεδομένων η οποία όμως σκόνταψε διαρκώς στην έλλειψη επίσημων στοιχείων από τις χώρες που είναι εγκατεστημένα τα εργοστάσια. Ακόμα και οι μεγάλες εταιρείες που αναλαμβάνουν να “στήσουν” εργοστάσια δεν δημοσιεύουν στοιχεία είτε για λόγους ανταγωνισμού είτε για άλλους λόγους.

5.3 ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

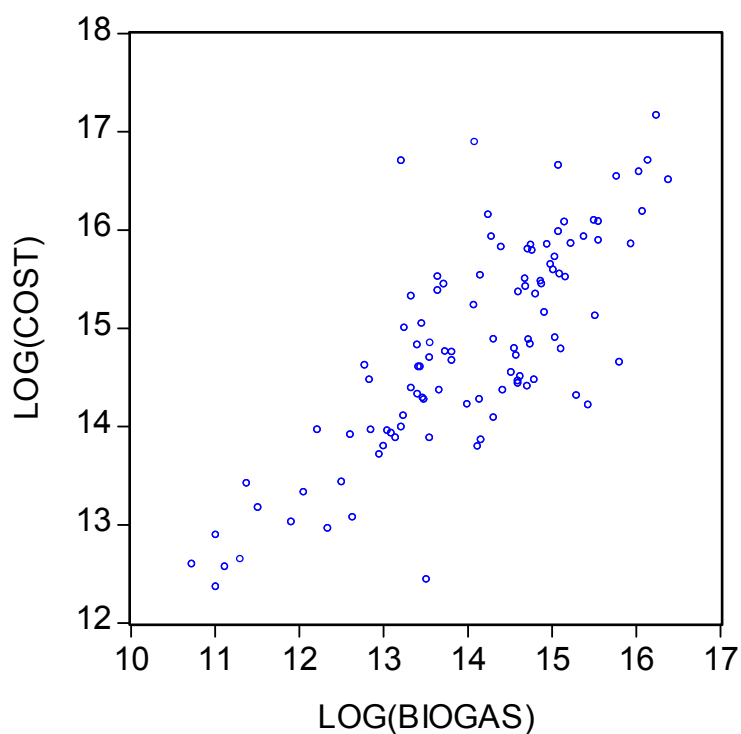
Χρησιμοποιώντας λοιπόν το δείγμα που περιγράψαμε παραπάνω θα προβούμε σε παλινδρομήσεις με εξαρτημένη μεταβλητή το (λογάριθμο) του κόστους επένδυσης και ανεξάρτητες μεταβλητές οι οποίες σχετίζονται είτε με την δυναμικότητα του εργοστασίου είτε με το μέγεθος κ.ο.κ για να καταλήξουμε σε συμπεράσματα σχετικά με τους παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στο κόστος επένδυσης. Θα χρησιμοποιήσουμε στις παλινδρομήσεις μας την πλέον γνωστή από την οικονομετρική θεωρία μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων.

Αρχικά, θα προβούμε σε ελέγχους ετεροσκεδαστικότητας ώστε να αποφύγουμε προβλήματα αποτελεσματικότητας των εκτιμητών (π.χ. αύξηση στην αβεβαιότητα των εκτιμήσεων καθώς η εγκατεστημένη ισχύ αυξάνει). Σύμφωνα με την οικονομετρική θεωρία ετεροσκεδαστικότητα προκύπτει όταν η διακύμανση του διαταρακτικού όρου στο τυπικό γραμμικό υπόδειγμα δεν παραμένει σταθερή. Η ύπαρξη ετροσκεδαστικότητας μας οδηγεί σε λανθασμένους εκτιμητές τυπικών σφαλμάτων και έτσι προκύπτουν μια σειρά από προβλήματα στην ερμηνεία της εκτιμημένης συνάρτησης (στην ερμηνεία των εκτιμημένων συντελεστών).

Κάνοντας ένα πρώτο διάγραμμα διασποράς στα μη-λογαριθμικά δεδομένα (κάθετος άξονας το κόστος επένδυσης και οριζόντιος άξονας η παραγωγή βιοαερίου του κάθε εργοστασίου) φαίνεται εμπειρικά ότι υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα (Διάγραμμα διασποράς 1) η οποία σχετίζεται με την παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου. Ωστόσο εάν κάνουμε το ίδιο διάγραμμα ξανά με το λογάριθμο του κόστους και το λογάριθμο της ποσότητας βιοαερίου φαίνεται πως το πρόβλημα της ετεροσκεδαστικότητας μειώνεται σημαντικά (Διάγραμμα διασποράς 2). Συμπεραίνουμε ότι ο λογαριθμικός μετασχηματισμός των μεταβλητών οδήγησε σε αυτή την εξάλειψη της ετεροσκεδαστικότητας.



Διάγραμμα διασποράς 1.



Διάγραμμα διασποράς 2

Το πρώτο υπόδειγμα που εκτιμούμε έχει τη μορφή

$$\text{LOG (COST)} = C (1) + C (2)*\text{YEAR} + C (3)*\text{LOG (BIOGAS)}$$

Η εκτίμηση ελαχίστων τετραγώνων δίνει:

$$\text{LOG (COST)} = 76.954 - 0.035*\text{YEAR} + 0.630*\text{LOG (BIOGAS)} (1)$$

όπου year το έτος κατασκευής του εργοστασίου. Ο παρακάτω πίνακας (πίνακας 1) συνοψίζει τα αποτελέσματα της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων

Dependent Variable: LOG(COST)				
Method: Least Squares				
Sample: 1 108				
Included observations: 106				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	76.95401	21.93292	3.508608	0.0007
YEAR	-0.035486	0.010874	-3.263456	0.0015
LOG(BIOGAS)	0.630841	0.051081	12.34986	0.0000
R-squared	0.651036	F-statistic	96.07982	
Adjusted R-squared	0.644260	Prob(F-statistic)	0.000000	

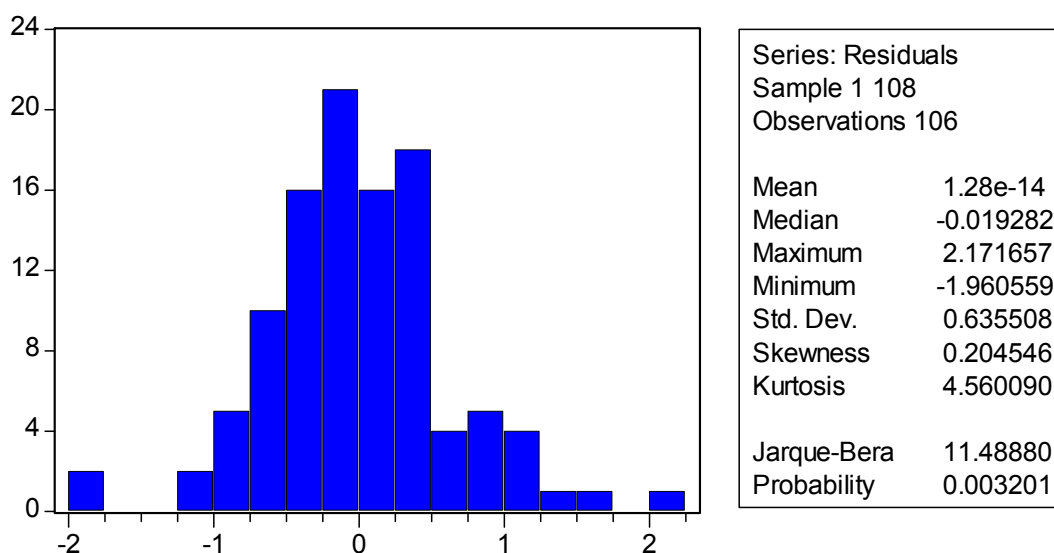
Πίνακας 1

Ο έλεγχος του White για ετεροσκεδαστικότητα έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα

White Heteroskedasticity Test:			
F-statistic	0.860421	Prob. F(4,101)	0.490518
Obs*R-squared	3.493036	Prob. Chi-Square(4)	0.478938

δηλαδή δεν απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας είτε με την στατιστική F είτε με την χ -τετράγωνο μορφή της στατιστικής White. Οι τιμές πιθανότητας και στα δύο τεστ είναι πολύ υψηλές.

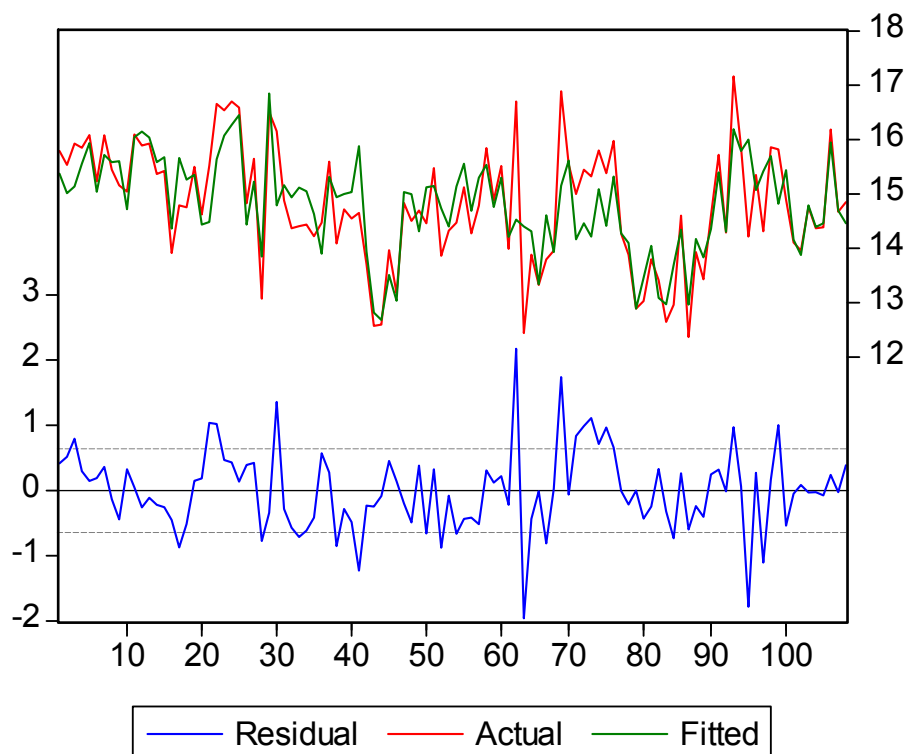
Το παρακάτω γράφημα παρουσιάζει την κατανομή (ιστόγραμμα) των καταλοίπων της εκτιμηθείσας συνάρτησης μαζί με μερικά περιγραφικά στατιστικά και έναν έλεγχο κανονικότητας.



Διάγραμμα 1 Residuals normality test for equation 1

Ο έλεγχος κανονικότητας των καταλοίπων είναι χρήσιμος καθώς σε πολλές στατιστικές (π.χ. F, t) εισάγεται η υπόθεση ότι τα κατάλοιπα κατανέμονται κανονικά Έτσι προβήκαμε σε έλεγχο Jarque –Bera τα αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στο

διάγραμμα 1. Επειδή η τιμή πιθανότητας είναι 0.003 φαίνεται ότι σε επίπεδο σημαντικότητας 5% απορρίπτουμε την αρχική υπόθεση της κανονικότητας των καταλοίπων. Πιθανή αιτία της συγκεκριμένης απόρριψης είναι η ύπαρξη μερικών ακραίων τιμών στο δείγμα μας που αφορούσε εργοστάσια με συγκεκριμένα τεχνολογικά χαρακτηριστικά.



Τα κατάλοιπα και οι προσαρμοσμένες τιμές της παλινδρόμησης φαίνονται στο παραπάνω γράφημα. Με δεδομένο ότι δεν διαφαίνονται σημαντικά προβλήματα ετεροσκεδαστικότητας προχωρούμε σε έλεγχο υποθέσεων σχετικά με τους εκτιμημένους συντελεστές και σε ερμηνεία του εκτιμημένου υποδείγματος. Συγκεκριμένα,

1. Οι τρεις μεταβλητές δείχνουν να είναι στατιστικά σημαντικές (τιμή πιθανότητας αρκετά μικρότερη από 0.05) και άρα επηρεάζουν το κόστος επένδυσης
2. Καθώς αυξάνεται το έτος κατά 1 έχουμε μέση μείωση του πραγματικού κόστους επένδυσης κατά 3,5% περίπου ($C(2)=0.035$)
3. Καθώς αυξάνεται η παραγωγή βιοαερίου κατά 1% παρατηρούμε μία μέση αύξηση του πραγματικού κόστους επένδυσης κατά 0,63% περίπου ($C(3)=0.630$), δηλαδή έχουμε φθίνουσες αποδόσεις κλίμακος.
4. Τέλος χρησιμοποιώντας τον διορθωμένο συντελεστή προσδιορισμού, παρατηρούμε ότι εξηγείται περίπου το 64% της μεταβλητότητας του λογαριθμικού κόστους επένδυσης από την παρούσα παλινδρόμηση, δηλαδή από τις συγκεκριμένες ανεξάρτητες μεταβλητές ($R^2 \text{ adj} = 0.644$)

Στη συνέχεια εισάγαμε και τη μεταβλητή εγκατεστημένη ισχύς η οποία σε μεγάλο βαθμό αντιπροσωπεύει και το μέγεθος του εργοστασίου και παλινδρομήσαμε μια συνάρτηση της παρακάτω μορφής

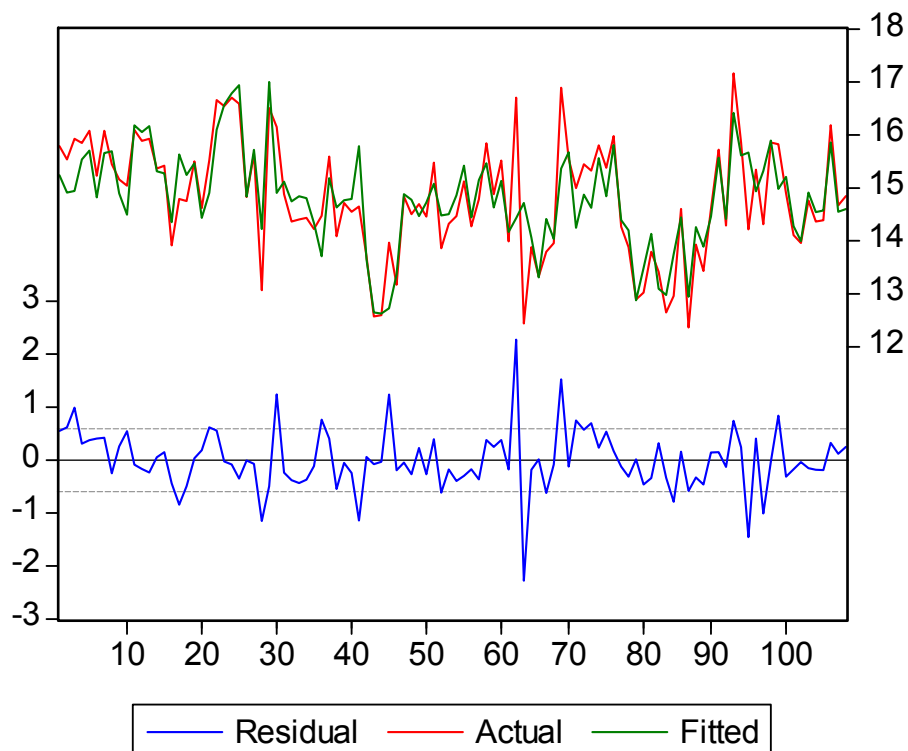
$$\text{LOG (COST)} = C (1) + C (2)*\text{YEAR} + C (3)*\text{LOG (BIOGAS)} + C (4)*\text{LOG (KW)}$$

η εκτίμηση της οποίας είναι

$$\text{LOG (COST)} = 72.06 - 0.0320*\text{YEAR} + 0.332*\text{LOG (BIOGAS)} + 0.343*\text{LOG (KW)} (2)$$

Dependent Variable: LOG(COST)				
Method: Least Squares				
Sample: 1 108				
Included observations: 106				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	72.06063	20.30640	3.548665	0.0006
YEAR	-0.032058	0.010083	-3.179407	0.0020
LOG(BIOGAS)	0.332383	0.083872	3.962984	0.0001
LOG(KW)	0.343925	0.079877	4.305658	0.0000
R-squared	0.704706	F-statistic		81.13966
Adjusted R-squared	0.696021	Prob(F-statistic)		0.000000

Πίνακας 2



Τα δεδομένα του πίνακα μας οδηγούν στην ερμηνεία των συντελεστών. Συγκεκριμένα

1. Οι μεταβλητές είναι στατιστικά σημαντικές καθώς οι τιμές πιθανότητάς τους είναι μικρότερες από 0.05 και άρα επηρεάζουν το κόστος επένδυσης
2. Καθώς αυξάνεται το έτος κατά 1 έχουμε μέση μείωση του πραγματικού κόστους επένδυσης κατά 3.2% περίπου

3. Καθώς αυξάνεται η παραγωγή βιοαερίου κατά 1% παρατηρούμε μία μέση αύξηση του πραγματικού κόστους επένδυσης κατά 0,33% περίπου ($C(3)=0.332$), δηλαδή έχουμε φθίνουσες αποδόσεις κλίμακος
4. Καθώς αυξάνεται η εγκατεστημένη ισχύς κατά 1% έχω αύξηση του κόστους επένδυσης κατά 0.34% ($C(4)=0.343$) (φθίνουσες αποδόσεις κλίμακας)
5. Εξηγείται το 69% της μεταβλητότητας του κόστους επένδυσης από τις συγκεκριμένες μεταβλητές

Παρατηρούμε από τον πίνακα 2 ότι οι εκτιμημένοι συντελεστές των μεταβλητών παραγόμενη ενέργεια και εγκατεστημένη ισχύς είναι σχεδόν ίσοι. Θα προβούμε σε έλεγχο Wald (Wald coefficient test) προκειμένου να ελέγξουμε την μηδενική υπόθεση για ισότητα των δύο εκτιμημένων συντελεστών. Τα αποτελέσματα του ελέγχου φαίνονται στον πίνακα 3. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι δεν απορρίπτεται η αρχική υπόθεση της ισότητας των συντελεστών ($C(3)=C(4)$) καθώς οι τιμές πιθανότητας τόσο της F όσο και της χ τετράγωνο είναι πολύ μεγαλύτερες από 0.05.

Wald Test:			
Equation: Untitled			
Test Statistic	Value	df	Probability
F-statistic	0.005439	(1, 102)	0.9414
Chi-square	0.005439	1	0.9412
Null Hypothesis Summary:			
Normalized Restriction (= 0)		Value	Std. Err.
C(3) - C(4)		-0.011541	0.156489

Πίνακας 3

Άρα θα προβούμε σε εκτίμηση μίας παλινδρόμησης της παρακάτω μορφής όπου επιβάλλουμε τον περιορισμό με σκοπό να λάβουμε αποτελεσματικότερες εκτιμήσεις

$$\text{LOG (COST)} = C (1) + C (2)*\text{YEAR} + C (3)*(\text{LOG (BIOGAS)} + \text{LOG (KW)})$$

η εκτίμηση της οποίας είναι

$$\text{LOG (COST)} = 72.022 - 0.0320*\text{YEAR} + 0.338*(\text{LOG (BIOGAS)} + \text{LOG (KW)}) \quad (3)$$

Dependent Variable: LOG(COST)				
Method: Least Squares				
Sample: 1 108				
Included observations: 106				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	72.02210	20.20144	3.565197	0.0006
YEAR	-0.032062	0.010034	-3.195333	0.0019
LOG(BIOGAS)+LOG(KW)	0.338308	0.023985	14.10476	0.0000
R-squared	0.704691	F-statistic		122.8934
Adjusted R-squared	0.698957	Prob(F-statistic)		0.000000

Πίνακας 4

Τα συμπεράσματα όπως αναμενόταν είναι τα ίδια με την προηγούμενη παλινδρόμηση.

Στη συνέχεια θα εισάγουμε ψευδομεταβλητές στο υπόδειγμά μας που έχουν να κάνουν με τη χώρα εγκατάστασης του εργοστασίου. Αποφασίστηκε να εισάγουμε τρεις ψευδομεταβλητές που αφορούσαν τις τρεις χώρες με τα περισσότερα εργοστάσια στο δείγμα μας. Η πρώτη ψευδομεταβλητή είναι η GER και παίρνει την τιμή 1 αν η χώρα εγκατάστασης είναι η Γερμανία και 0 αλλιώς. Η δεύτερη είναι η SWE ,παίρνει τιμή 1 αν η χώρα εγκατάστασης είναι η Σουηδία και 0 αλλιώς. Τέλος η DEN παίρνει την τιμή 1 αν η χώρα είναι η Δανία και 0 αλλιώς. Θα προβούμε σε παλινδρομήσεις της μορφής

$$\text{LOG(COST)} = C(1) + C(2)*\text{YEAR} + C(3)*(\text{LOG(BIOGAS)}+\text{LOG(KW)}) + C(4)*\text{GER} + C(5)*\text{SWE} + C(6)*\text{DEN}$$

η εκτίμηση της οποίας είναι

$$\text{LOG (COST)} = 42.868 - 0.0174*\text{YEAR} + 0.330*(\text{LOG (BIOGAS)} +\text{LOG (KW)}) - 0.145*\text{GER} + 0.105*\text{SWE} + 0.242*\text{DEN} (4)$$

για να διαπιστώσουμε εάν η μεταβλητή χώρα εγκατάστασης επηρεάζει το πραγματικό κόστος επένδυσης.

Dependent Variable: LOG(COST)				
Method: Least Squares				
Sample: 1 108				
Included observations: 106				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	42.86847	28.04644	1.528482	0.1296
YEAR	-0.017413	0.013969	-1.246540	0.2155
LOG(BIOGAS)+LOG(KW)	0.330021	0.025594	12.89463	0.0000
GER	-0.145282	0.139285	-1.043055	0.2994
SWE	0.105019	0.232297	0.452091	0.6522
DEN	0.242202	0.211941	1.142782	0.2559
R-squared	0.714985	F-statistic		50.17169
Adjusted R-squared	0.700734	Prob(F-statistic)		0.000000

Πίνακας 5

Με μια πρώτη ματιά κανείς παρατηρεί πως η χώρα εγκατάστασης δεν είναι στατιστικά σημαντική καθώς οι τιμές πιθανότητας είναι αρκετά υψηλές. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως δεν επιδρά στο κόστος επένδυσης. Ωστόσο αν λάβουμε υπόψη μας την τιμή της στατιστικής F (F-statistic) μας επιτρέπει να συμπεράνουμε ότι δεν απορρίπτεται (η τιμή πιθανότητας της F είναι 0) η αρχική υπόθεση της από κοινού επίδρασης των μεταβλητών παραγωγή βιοαερίου (μαζί με την εγκατεστημένη ισχύ), έτος και χώρα εγκατάστασης (η τιμή πιθανότητας της F είναι 0).

Στη συνέχεια λοιπόν θα εισάγουμε μεμονωμένα τις ψευδομεταβλητές. Για παράδειγμα εισάγοντας την ψευδομεταβλητή GER της οποίας η τιμή είναι 1 αν η χώρα εγκατάστασης είναι η Γερμανία και 0 αν δεν είναι, με τρόπο που να επηρεάζει τόσο την κλίση όσο και τη θέση της συνάρτησης του υποδείγματος και θα προβούμε στην εκτίμηση ενός υποδείγματος της μορφής

$$\text{LOG (COST)} = C(1) + C(2)*\text{YEAR} + C(3)*\text{LOG(KW)} + C(4)*\text{LOG(KW)}*\text{GER} + C(5)*\text{GER}$$

η εκτίμηση του υποδείγματος είναι

$$\text{LOG (COST)} = 77.284 - 0.0327 \cdot \text{YEAR} + 0.492 \cdot \text{LOG (KW)} + 0.369 \cdot \text{LOG (KW)} \cdot \text{GER} - 2.587 \cdot \text{GER} \quad (5)$$

Dependent Variable: LOG(COST)

Method: Least Squares

Sample: 1 108

Included observations: 106

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	77.28492	20.92184	3.693983	0.0004
YEAR	-0.032759	0.010424	-3.142764	0.0022
LOG(KW)	0.492101	0.052670	9.343128	0.0000
LOG(KW)*GER	0.369739	0.102890	3.593533	0.0005
GER	-2.587104	0.649180	-3.985189	0.0001
R-squared	0.711630	F-statistic		62.31111
Adjusted R-squared	0.700209	Prob(F-statistic)		0.000000

Πίνακας 6

Παρατηρούμε ότι η χώρα εγκατάστασης τελικά επηρεάζει το κόστος επένδυσης και μάλιστα αν το εργοστάσιο είναι εγκατεστημένο στη Γερμανία συνεπάγεται φθηνότερο κόστος επένδυσης.

Την ίδια παλινδρόμηση κάνουμε εισάγοντας την ψευδομεταβλητή den η οποία παίρνει την τιμή 1 αν η χώρα εγκατάστασης είναι η Δανία και 0 αλλιώς.

Το υπόδειγμα έχει τη μορφή

$$\text{LOG (COST)} = C (1) + C (2) \cdot \text{YEAR} + C (3) \cdot \text{LOG (KW)} + C (4) \cdot \text{LOG (KW)} \cdot \text{DEN} + C (5) \cdot \text{DEN}$$

και εκτιμημένη συνάρτηση

$$\text{LOG (COST)} = 31.884 - 0.010 \cdot \text{YEAR} + 0.639 \cdot \text{LOG (KW)} - 0.197 \cdot \text{LOG (KW)} \cdot \text{DEN} + 1.781 \cdot \text{DEN} \quad (6)$$

Dependent Variable: LOG(COST)				
Method: Least Squares				
Sample: 1 108				
Included observations: 106				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	31.88427	28.67617	1.111873	0.2688
YEAR	-0.010653	0.014272	-0.746427	0.4571
LOG(KW)	0.639899	0.050186	12.75060	0.0000
LOG(KW)*DEN	-0.197629	0.155656	-1.269657	0.2071
DEN	1.781376	1.066115	1.670904	0.0978
R-squared	0.680880	F-statistic		14.81356
Adjusted R-squared	0.668242	Prob(F-statistic)		1.075799

Πίνακας 7

Σε αντίθεση με τη Γερμανία τα εργοστάσια που είναι εγκατεστημένα στη Δανία φαίνεται να είναι κατά μέσο όρο πιο ακριβά. Πιο συγκεκριμένα στο υπόδειγμα

$$\text{LOG (COST)} = C (1) + C (2)*\text{YEAR} + C (3)*\text{LOG (KW)} + C (4)*\text{LOG (KW)*DEN} + C (5)*\text{DEN}$$

όταν den=1 τότε

$$\text{LOG (COST)} = C (1) + C (2)*\text{YEAR} + (C (3) + C (4))*\text{LOG (KW)} + C (5)$$

δηλαδή μεταβάλλεται το σταθερό κόστος και γίνεται

$$(C(1)+C(5))=31.88+1.78=33.66$$

Ενώ στο υπόδειγμα

$$\text{LOG(COST)} = C(1) + C(2)*\text{YEAR} + C(3)*\text{LOG(KW)} + C(4)*\text{LOG(KW)*GER} + C(5)*\text{GER}$$

όταν GER=1 γίνεται

$$\text{LOG(COST)} = C(1) + C(2)*\text{YEAR} + (C(3)+C(4))*\text{LOG(KW)} + C(4)*\text{LOG(KW)*GER} + C(5)$$

το σταθερό κόστος γίνεται $77.28-2.58=74.7$.

Αυτό μπορεί εν μέρει να εξηγηθεί από το γεγονός ότι στις δύο αυτές χώρες συναντάμε διαφορετικούς τύπους εγκαταστάσεων. Στη Δανία συναντώνται κεντρικές μονάδες παραγωγής ενώ στη Γερμανία εγκαταστάσεις κλίμακας αγροκτήματος και άρα είναι λογικό στη Δανία που έχουμε παραγωγή περισσότερου βιοαερίου (μεγαλύτερες εγκαταστάσεις) να έχουμε μεγαλύτερα κόστη. Όμως, οι κεντρικές μονάδες παραγωγής αυξάνουν τις οικονομίες κλίμακος όπως μπορούμε να δούμε από τις εκτιμήσεις της κλίσης στις δύο χώρες.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε πως ανάλογα με τα δεδομένα μας διερευνήσαμε όλες τις πιθανές σχέσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών με το κόστος επένδυσης καταλήξαμε στις εξής συναρτήσεις

$$\checkmark \text{ LOG (COST)} = 76.95 - 0.035*\text{YEAR} + 0.630*\text{LOG (BIOGAS)}$$

στην οποία συσχετίζεται το κόστος επένδυσης με το έτος κατασκευής και το μέγεθος του εργοστασίου (παραγωγή βιοαερίου)

$$\checkmark \text{ LOG (COST)} = 72.06 - 0.0320*\text{YEAR} + 0.332*\text{LOG (BIOGAS)} + 0.343*\text{LOG (KW)}$$

επιβεβαιώνεται και η επίδραση της άλλης μεταβλητής που εκφράζει το μέγεθος του εργοστασίου που είναι η εγκατεστημένη ισχύς

$$\checkmark \text{ LOG (COST)} = 72.022 - 0.0320*\text{YEAR} + 0.338*(\text{LOG (BIOGAS)} + \text{LOG (KW)})$$

επιβάλλεται ο περιορισμός της ισότητας των συντελεστών των μεταβλητών παραγωγή βιοαερίου και εγκατεστημένη ισχύς

$$\checkmark \text{ LOG (COST)} = 42.868 - 0.0174*\text{YEAR} + 0.330*(\text{LOG (BIOGAS)} + \text{LOG (KW)}) - 0.145*\text{GER} + 0.105*\text{SWE} + 0.242*\text{DEN} (4)$$

εισάγονται οι χώρες ως ψευδομεταβλητές.

✓ $\text{LOG (COST)} = 77.284 - 0.0327 \cdot \text{YEAR} + 0.492 \cdot \text{LOG (KW)} + 0.369 \cdot \text{LOG (KW)} \cdot \text{GER} - 2.587 \cdot \text{GER}$

εισάγεται ψευδομεταβλητή με χώρα εγκατάστασης τη Γερμανία

✓ $\text{LOG (COST)} = 31.884 - 0.010 \cdot \text{YEAR} + 0.639 \cdot \text{LOG (KW)} - 0.197 \cdot \text{LOG (KW)} \cdot \text{DEN} + 1.781 \cdot \text{DEN}$

εισάγεται ψευδομεταβλητή με χώρα εγκατάστασης τη Δανία.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη για εναλλακτικές πηγές ενέργειας γίνεται όλο και πιο επιτακτική καθώς από τη μία εξαντλούνται τα κοιτάσματα πετρελαίου και από την άλλη οι επιπτώσεις από την καύση συμβατικών καυσίμων έχουν ολέθριες συνέπειες στο περιβάλλον. Η παραγωγή ενέργειας από την καύση του βιοαερίου έχει σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς αντιμετωπίζει αποτελεσματικά το πρόβλημα εναπόθεσης αποβλήτων και ταυτόχρονα είναι μια μορφή ενέργειας φιλική προς το περιβάλλον. Η χρήση του βιοαερίου για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας είναι αρκετά διαδεδομένη τόσο στην Ευρώπη όσο και στον υπόλοιπο κόσμο. Χώρες όπως η Γερμανία και η Δανία είναι πρωτοπόρες στον τομέα αυτό με αρκετά μεγάλο αριθμό εγκαταστάσεων αλλά και με προηγμένες τεχνολογίες. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται συνήθως πωλείται στο δημόσιο δίκτυο ενώ η θερμική χρησιμοποιείται για τις ανάγκες των εγκαταστάσεων.

Στην Ελλάδα οι υφιστάμενες μονάδες αφορούν μόνο εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (Ψυττάλεια) και εγκαταστάσεις επεξεργασίας δημοτικών (αστικών) στερεών αποβλήτων (Α. Λιόσια και Ταγαράδες) ενώ δεν υπάρχουν ακόμα αγροτικές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις παρά την υψηλή διαθεσιμότητα αποβλήτων κατάλληλων για επεξεργασία. Προκειμένου να μεταστραφεί αυτό το κλίμα είναι αναγκαία η χάραξη στρατηγικής προώθησης των τεχνολογιών βιοαερίου σε συνδυασμό με τα ευρωπαϊκά προγράμματα με στόχο την εξοικείωση του ελληνικού κοινού σ αυτή την τεχνολογία.

Επιχειρήθηκε στην παρούσα εργασία η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων με στοιχεία που αφορούν εργοστάσια παραγωγής βιοαερίου στην Ευρώπη. Η σπανιότητα των στοιχείων έκανε την προσπάθεια αυτή αρκετά δύσκολη και επίπονη. Ωστόσο η διαρκής αναζήτηση στο διαδίκτυο και αλλού στοιχείων απέδωσε καρπούς και κατασκευάστηκε ένα δείγμα 108 εργοστασίων. Το δείγμα αυτό χρησιμοποιήθηκε για να κάνουμε εκτιμήσεις συναρτήσεων κόστους.

Οι εκτιμημένες συναρτήσεις μας οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι διαχρονικά το κόστος επένδυσης μειώνεται γεγονός το οποίο πιθανόν οφείλεται στην τεχνολογική πρόοδο. Έτσι με την πάροδο των ετών κατασκευάζονται φθηνότερα εργοστάσια. Όλες οι συναρτήσεις υπόκεινται σε φθίνουσες οικονομίες κλίμακας. Καθώς η παραγωγή αυξάνεται το μέσο κόστος είναι αύξον. Τέλος η χώρα εγκατάστασης επηρεάζει το κόστος. Εργοστάσια εγκατεστημένα στην Δανία τείνουν να είναι πιο ακριβά σε σχέση με αυτά της Γερμανίας γεγονός το οποίο πιθανόν εξηγείται από το διαφορετικό τύπο εγκαταστάσεων στις δύο αυτές χώρες.

Σκοπός είναι η παρούσα εργασία να αποτελέσει τη βάση για περαιτέρω επιστημονική έρευνα στον τομέα του κόστους εργοστασίων παραγωγής ενέργειας. Πολύτιμη εμπειρία αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας καθώς δόθηκε η ευκαιρία ενασχόλησης με ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον θέμα όπως είναι αυτό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Al Seadi T., (2000), “Danish Centralized Biogas Plants-Plant Descriptions”, Bioenergy department –University of Southern Denmark

Al Seadi T et al, “Εγχειρίδιο βιοαερίου”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Al Seadi T. et al, (2007), “Promotion of Biogas for Electricity and Heat Production in EU Countries- Economic and Environmental Benefits of Biogas”, Bioenergy department –University of Southern Denmark

Case studies, Biogas regions .supported by intelligent energy Europe

DeBruyn J. ,House H. (2006), “Ontario Large Herd Operators European Anaerobic Digestion Tour Report” , Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs

Friedman H., (2005), “Waste to Energy and Fertiliser with Biogas Technology”

Hjort-Gregersen K. (1999), “Centralized biogas plants-Integrated Energy Production, Waste Treatment and Nutrient Facilities”, Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics

Hjort –Gregersen K. (2000), “Development and implementation of the Danish centralized biogas concept-financial aspects”, Economics of Sustainable Energy in Agriculture, 177–188

Jorgen H., Mathiasson A. and Nylander A (2008), “Biogas from manure and waste products- Swedish case studies”

Karsgaard-Hansen K., (2004), “The Hashoj CHP and biogas plants”, Danish Technological Institute

Kandpal T-C, Sinha C. and Joshi B. (1991), “Economics of family sized biogas plants in India”, Energy Convers Mgmt vol.32, No 2, pp 101-113

Project: “Promoting and Supporting Implementation of Biogas Polygeneration-A systematic Approach towards Sustainable Energy Consumption in Romania

Report: Biores D4.3, “Survey of best practices and successful case studies in overcoming non technical barriers”

Report D4.4, “Identification and analysis of existing financial mechanisms for supporting the investments in these technologies at European level”.

Report D2.3, “Reinforcing investments in biogas technologies for small-scale applications in islands

Report WP3.2, Sioulas K.,(2008) “Report on barriers for biogas implementation in Greece”

Report D6.3, Zafiris C., and Sioulas K., (2008) Assessment studies for specific biogas sites in the target region of Greece

Rubab S., Chandra Kandpal T., (1995), “A methodology for financial evaluation of biogas technology in India using cost functions”, Centre for Energy Studies, Indian Institute of Technology,

Swedish Gas Centre (2007), “Basic data on biogas”

Tsilemou K., Panagiotakopoulos D. (2006), “Approximate cost functions for solid waste treatment facilities”, Waste Manage RES 24:310-322

Walla C., Schneeberger W. (2008), “The optimal size for biogas plants”, Biomass and Bioenergy, vol.32, pp 551-557

Zafiris C., “Biogas in Greece: National State of the Art”

Zafiris C., Hjort-Gregersen K. et al (2007), “Assessment of a Centralised co-digestion Plant Hypothetically sited in Sparta, Laconia Peloponnese, Greece”

Zafiris C. (2009) “BigEast presentation

www.managenergy.net/indexes/I59/htm

www.skanska.com

www.kriegfischer.de

www.lee.lu – Marslberg and Redange (biogas plants)

www.skanska.com –Case study 35-Knezice biogas plant

www.big-east.eu

www.cres.gr

www.desmhe.gr

www.dei.gr

www.eydap.gr

www.ypan.gr

www.kriegfischer.de(πήραμε δεδομένα για κάποια εργοστάσια από αυτή την εταιρεία)