

ΒΙΩΣΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Νικόλαος Γ. Δαναλάτος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος,
Φυτόκο, Ν. Ιωνία, 38446 Βόλος. E-mail: ndana@aegean.gr

Εισαγωγή

Η βιομάζα αποτελεί σπουδαιότατη πηγή ενέργειας που λόγω των αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών και της κατανόησης περιβαλλοντικών προβλημάτων καλείται πλέον να αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τα ορυκτά καύσιμα σύμφωνα με διεθνή πρωτόκολλα και Ευρωπαϊκά προγράμματα. Πραγματικά, η βιομάζα (υπολείμματα ή παραπροϊόντα φυτικής ή ζωικής προέλευσης και ενεργειακές καλλιέργειες) έχει ένα τεράστιο δυναμικό που ισοδυναμεί με το δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως για εμπορικούς σκοπούς και το 200πλάσιο της ενέργειας που χρησιμοποιείται για παραγωγή τροφής, πρακτικά χωρίς καμία περιβαλλοντική επιβάρυνση αναφορικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έτσι μέχρι το 2020, η ενεργειακή γεωργία προβλέπεται να καλύπτει περί το 31,1% των εναλλακτικών πηγών ενέργειας, ενώ η ενέργεια μεταφορών στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση θα καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές κατά ποσοστά που υπερβαίνουν το 2% το 2006 και το 5,75% μέχρι το 2010.

Όμως, παρά την βελτιωμένη τεχνολογία στον ευρύτερο αγροτικό τομέα, η οικονομική βιωσιμότητα των ενεργειακών καλλιεργειών ήταν αβέβαιη κάτω από τις επικρατούσες συνθήκες αγοράς, ενώ από την άλλη πλευρά είναι προφανής η ανάγκη αντικατάστασης των παραδοσιακών καλλιεργειών λόγω της σημαντικής μείωσης του γεωργικού εισοδήματος με την μείωση των τιμών και ελαχιστοποίηση των επιδοτήσεων, και την αύξηση του κόστους παραγωγής (άρδευση, λίπανση, φυτοπροστασία, κλπ). Επίσης οι παραδοσιακές μονοκαλλιέργειες ευθύνονται για σημαντικές περιβαλλοντικές εκροές. Είναι απόλυτα κατανοητό ότι οποιοσδήποτε σχεδιασμός και ανάλυση εναλλακτικών σεναρίων χρήσης γης αναφορικά με την εισαγωγή εναλλακτικών καλλιεργειών φιλικών προς το περιβάλλον, βασίζονται σε ποσοτικές εκτιμήσεις των δυναμικών παραγωγής των καλλιεργειών αυτών κάτω από τις συγκεκριμένες εδαφο-κλιματικές συνθήκες και τις απαιτούμενες εισροές για την υλοποίηση των δυναμικών αυτών, έτσι ώστε να μπορούν να προσδιορισθούν οι λόγοι κόστους / απόδοσης. Δίδεται ιδιαίτερη έμφαση σε μη διατροφικές καλλιέργειες πολλαπλών χρήσεων και αυξημένη οικονομική βιωσιμότητα που θα εξασφαλίζουν την εναλλακτική χρήση του εδάφους και το γεωργικό εισόδημα.

Τα τελευταία 15 χρόνια έχουν εκπονηθεί πολλά προγράμματα έρευνας και τεχνολογίας σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες σχετικά με την προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα ενός αριθμού ενεργειακών φυτών σε διαφορετικές οικολογικές συνθήκες και καλλιεργητικές πρακτικές και των ενεργειακών τους δυναμικών και χρησιμότητα για διάφορες άλλες βιομηχανικές χρήσεις. Σήμερα, η σημαντικότερη καλλιέργεια παραγωγής βιοενέργειας στην Ε.Ε. αποτελεί η ελαιοκράμβη για παραγωγή bio-ντίζελ, ακολουθούμενη από τον ευκάλυπτο για την παραγωγή χαρτοπολλτού και ενέργειας, τον ηλίανθο για παραγωγή βιοντίζελ και την ιτιά (κυρίως στη Σουηδία). Όμως, λόγω των σημαντικών διαφορών στις εδαφο-κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στις χώρες της Κ. και Β. Ευρώπης και σε αυτές

της Μεσογείου, και των διαφορών στις κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες διαφαίνεται ότι μερικές καλλιέργειες θα ήταν σημαντικότερες και οικονομικά βιώσιμότερες στην Ελλάδα από ότι σε χώρες της Κ. και Β. Ευρώπης. Για παράδειγμα, η ελαιοκράμβη δεν θα συνίστατο στην Κ. και Ν. Ελλάδα λόγω των χαμηλών της αποδόσεων κάτω από τις ξηροθερμικές συνθήκες που επικρατούν στη χώρα.

Με βάση τα ερευνητικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα από πολυετείς σχετικές έρευνες στο Εργαστήριο Γεωργίας του Π.Θ., και την Ελληνική και διεθνή σχετική βιβλιογραφία, είναι δυνατός ο προσδιορισμός των δυναμικών παραγωγής ενός σημαντικού αριθμού φυτών βιομάζας και βιοενέργειας κάτω από συγκεκριμένες εδαφο-κλιματικές συνθήκες της χώρας όπου διατίθεται και η σχετική πληροφόρηση (εδαφολογικός χάρτης, μετεωρολογικά δεδομένα, κλπ.). Στη συνέχεια του παρόντος άρθρου δίδεται έμφαση στα ενεργειακά φυτά που μετά από εκτιμήσεις κόστους-απόδοσης αντιπροσωπευτικών συστημάτων χρήσης γης στην Ελλάδα, θεωρούμε ότι υπερέχουν σε σπουδαιότητα λόγω των υψηλών τους αποδόσεων κάτω από Ελληνικές συνθήκες και τις μειωμένες εισροές που απαιτούνται για την επίτευξη των δυναμικών αυτών. Τα φυτά αυτά είναι η αγριαγκινάρα, ο μίσχανθος, το σόργο (ινώδες και γλυκό), ο ηλίανθος, το κενάφ και ο ευκάλυπτος.

Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*)

Είναι πολυετές φυτό μεσογειακής προέλευσης, καλά προσαρμοσμένο σε ξηροθερμικές συνθήκες για την παραγωγή ενέργειας (στερεό καύσιμο και άλλες βιομηχανικές χρήσεις). Η ανάπτυξη της αγριαγκινάρας αρχίζει μετά τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές (καλύπτει και προστατεύει ταχύτατα το έδαφος) και συνεχίζει το χειμώνα και την άνοιξη. Το φυτό ωριμάζει το καλοκαίρι όταν εξαντληθεί η εδαφική υγρασία και συγκομίζεται την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία.

Ένας αριθμός πειραμάτων αγρού που έχει εκπονήσει το ΚΑΠΕ στην Κ. Ελλάδα και το Π.Θ. στο Βελεστίνο από το 1993 έδειξαν ότι η απόδοση της αγριαγκινάρας κυμαίνεται από 1,2 έως 3 t ξηρής ουσίας ανά στρέμμα (0.48 - >1.2 t ισοδύναμο πετρελαίου), ανάλογα με το ύψος των βροχοπτώσεων και την αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους (βάθος, κοκκομετρική σύσταση, κλπ).

Σε μια προσπάθεια προσδιορισμού του λόγου κόστους - απόδοσης, και του ακαθάριστου κέρδους ενός τυπικού αγροκτήματος στη Α. Θεσσαλία, βρέθηκε ότι είναι σήμερα οικονομικά εφικτή η αντικατάσταση χειμερινού σίτου ειδικά στις άγονες επικλινείς περιοχές που διατρέχουν άμεσα τον κίνδυνο της ερημοποίησης με αγριαγκινάρα για παραγωγή στερεού καυσίμου και μάλιστα με σημαντική αύξηση του γεωργικού εισοδήματος. Στους υπολογισμούς (θα παρουσιασθούν στην ημερίδα) ελήφθη υπόψη η σημερινή τιμή του πετρελαίου καύσης (€ 0.60 ανά λίτρο). Η αντικατάσταση των χειμερινών σιτηρών θεωρείται επίσης πολύ σημαντική για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου περαιτέρω διάβρωσης και ερημοποίησης των επικλινών και άγονων γαιών που βρίσκονται κάτω από αυτήν την καλλιέργεια. Με βάση τα παραπάνω, η αγριαγκινάρα θεωρείται ότι είναι η σημαντικότερη εναλλακτική καλλιέργεια παραγωγής βιοενέργειας στην Ελλάδα.

Μίσχανθος (*Miscanthus sinensis*)

Είναι πολυετές φυτό φωτοσυνθετικού τύπου C4 δηλαδή πολύ παραγωγικό κάτω από Ελληνικές συνθήκες (υψηλών θερμοκρασιών και ηλιοφάνειας) και χωρίς υψηλές

εισροές με σημαντικό ενδιαφέρον για την παραγωγή στερεού καυσίμου αλλά και για άλλες βιομηχανικές χρήσεις (Danalatos *et al.*, 1998a).

Σε πολλά πειράματα αγρού την τελευταία δεκαετία φάνηκε η μεγάλη παραγωγικότητα του αρδευόμενου Μίσχανθου σε Μεσογειακές συνθήκες που ξεπερνά τους 3 t ξηρής ουσίας ανά στρέμμα (37°–43° N). Σε χώρες της Κ. Και Β. Ευρώπης (44°–56° N) όπου η ακτινοβολία και η θερμοκρασία είναι σημαντικά χαμηλότερες, οι στρεμματικές αποδόσεις κυμαίνονται περί τους 1-2,5 t στρ⁻¹ χωρίς άρδευση (Lewandowski *et al.*, 2000; Schwarz *et al.*, 1994; Lewandowski & Kicherer, 1997; Acaroglu & Aksoy, 1998; Danalatos *et al.*, 1996), ως συνάρτηση των κλιματικών συνθηκών, διαθεσιμότητας νερού και θρεπτικών, πυκνότητας πληθυσμού, χρόνου συγκομιδής, κλπ. Το φυτό αντλεί νερό από μεγάλο βάθος ενώ οι ανάγκες σε άζωτο αναφέρονται σε 0 έως 24 μονάδες N (Lewandowski *et al.*, 2000). Σε πολλές αναφορές από Αυστρία και Γερμανία αναφέρεται μηδενική έως πολύ μικρή αντίδραση του μίσχανθου στην αζωτούχο λίπανση (0-6 μονάδες N) (Pude, 1998, Schwarz & Schung, 1993, Boelcke *et al.*, 1998, Schwarz *et al.*, 1995).

Στην Ελλάδα η αύξηση και παραγωγικότητα του Μίσχανθου μελετάται από δεκαπενταετίας στη Βοιωτία, τη Φθιώτιδα, τη Θεσσαλία, την Ξάνθη, την Κομοτηνή, και την Κεφαλονιά, κλπ. Σε πολλές περιπτώσεις φάνηκε ότι 0-6 μονάδες αζώτου και άρδευση με 300-500 mm αρκούν για την επίτευξη στρεμματικών αποδόσεων 3-4 t ανάλογα με τις επί μέρους εδαφο-κλιματικές συνθήκες. Ο βέλτιστος πληθυσμός φυτών είναι 1000-2000 φυτά ανά στρέμμα (Danalatos *et al.*, 1998, 2004, 2005).

Λαμβάνοντας υπόψη το υψηλό δυναμικό παραγωγής (που ισοδυναμεί με 1,12-1,52 t ισοδύναμου πετρελαίου ανά στρέμμα) και τις χαμηλές απαιτήσεις σε θρεπτικά ο Μίσχανθος θεωρείται πολύ σημαντικό φυτό που μπορεί πλέον να αντικαταστήσει ενεργοβόρες παραδοσιακές μονοκαλλιέργειες όπως το καλαμπόκι αλλά ακόμα και αυτό το βαμβάκι σε πολλές Θεσσαλικές περιοχές μετά την τελευταία αλλαγή στο καθεστώς των επιδοτήσεων το 2006.

Σόργο (*Sorghum bicolor*)

Ετήσιο τροπικό φυτό που όπως και ο Μίσχανθος είναι φωτοσυνθετικού τύπου C4 και επομένως πολύ παραγωγικό υπό Ελληνικές συνθήκες (Dalianis, 1996) και μάλιστα με χαμηλές ανάγκες θρεπτικών και νερού άρδευσης. Λαμβάνοντας υπόψη το σόργο και το μίσχανθο ως εναλλακτικές ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα στο εγγύς μέλλον, που χρειάζονται συμπληρωματική άρδευση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα υπάρχοντα συστήματα και μέθοδοι άρδευσης.

Σε πειράματα που έχουν διεξαχθεί την τελευταία δεκαετία στη Βοιωτία, τη Θεσσαλία και την Κεφαλονιά βρέθηκε ότι με 0-6 μονάδες αζώτου και άρδευση με λιγότερο από 400 mm είναι εφικτές στρεμματικές αποδόσεις που υπερβαίνουν τους 3,5 t σε ξηρή ουσία (1,4 t ισοδύναμου πετρελαίου ή 1,2-1,4 t ζάχαρης για παραγωγή βιο-αιθανόλης) σε ποικιλίες γλυκού (cv. Keller) και ινώδους (FS-5, κλπ) σόργου.

Το σόργο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε Ελληνικές περιοχές όπου το αρδευτικό νερό είναι πολύ περιορισμένο. Πρόσφατες πειραματικές προσπάθειες του Π.Θ. απέδειξαν ότι στρεμματικές αποδόσεις 1,8 t είναι εφικτές με νερό άρδευσης που ικανοποιεί το μισό του ελλείμματος εξατμισοδιαπνοής (Sakellariou-Makrandonaki *et al.*, 2003). Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της καλλιέργειας του σόργου στην Ελλάδα είναι ότι ακόμα και κάτω από συνθήκες περιστασιακής διακοπής αρδευτικού νερού και ολικής έλλειψης υγρασίας δεν επέρχεται μάρανση αλλά αναστολή της αύξησης μέχρι την επόμενη βροχή ή εφαρμογή άρδευσης. Και για το λόγο αυτό το σόργο αποκαλείται «φυτό καμήλα». Παρά τις σχετικά μεγαλύτερες ανάγκες σε εισροές

(ετήσιο φυτό) από τα προηγούμενα 2 φυτά, θεωρούμε ότι το σόργο έχει μεγάλο δυναμικό παραγωγής βιομάζας και βιοενέργειας στην Ελλάδα στο εγγύς μέλλον. Υπολογισμοί κόστους/απόδοσης στο Εργαστήριο Γεωργίας αναδεικνύουν τη βιωσιμότητα άμεσης αντικατάστασης παραδοσιακών ενεργοβόρων καλλιεργειών όπως και αυτού ακόμα του βαμβακιού σε πολλά εδάφη της Θεσσαλικής πεδιάδας.

Ηλιάνθος (*Helianthus annuus*)

Αποτελεί το τέταρτο σε σημασία φυτό παραγωγής φυτικού ελαίου παγκοσμίως, ενώ τα τελευταία χρόνια προσελκύει σημαντικό ενδιαφέρον από την Ε.Ε. για την παραγωγή βιοντήζελ (Barros *et al.*, 2004). Η αποδόσεις του ξηρικού ηλιάνθου σε Μεσογειακές περιοχές εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα νερού για διαπνοή. Σε πολύ ζεστές περιοχές και αβαθή εδάφη οι αποδόσεις είναι πολύ μικρές (Carvalho *et al.*, 1991), παρά την ικανότητά του για βαθύ ριζικό σύστημα (Chimenti & Hall, 1992). Ιδιαίτερη ευαισθησία στην έλλειψη νερού υπάρχει στην περίοδο της ανθοφορίας και ωρίμανσης του σπόρου (Merrien & Grandin, 1992, Cirilo & Andrade, 1994, Andrade, 1995, Sinclair *et al.*, 1984) ενώ μειωμένα ποσά αρδευτικού νερού κατά τα στάδια αυτά μπορούν να δώσουν σημαντική αύξηση της απόδοσης (Unger, 1982, Flagella *et al.*, 2002; Stone *et al.*, 1996; Osman & Talha, 1975; Demiroren, 1978).

Οι καιρικές συνθήκες και η διαθεσιμότητα νερού επηρεάζουν την αντίδραση του φυτού στη λίπανση (Unger, 1983; Alessi *et al.*, 1977), και διάφορες δόσεις αζώτου προτείνονται στη βιβλιογραφία από 4-19 μονάδες (Charman *et al.*, 1993; López-Bellido *et al.*, 2003; Corbeels *et al.*, 1998; Glas, 1988).

Στην Ελλάδα υπάρχουν λίγα πειραματικά δεδομένα για τον ηλιάνθο. Σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά η μέση στρεμματική απόδοση είναι περί τα 300 kg σπόρου υπό αρδευόμενες και 150 kg σπόρου υπό ξηρικές συνθήκες. Οι αποδόσεις αυτές είναι αρκετά χαμηλές υπό τις παρούσες συνθήκες και την τρέχουσα τιμή καυσίμου κίνησης. Όμως πολύ πρόσφατα πειράματα αγρού με καλλιέργεια νέων υβριδίων όπως *Panter*, *Peredovick*, *Turbo*, *Golden Sun* κλπ σε Θεσσαλικά εδάφη με υπόγεια στάθμη νερού (Aquic Xerofluvents) παρείχαν πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα ανεβάζοντας το δυναμικό αύξησης του ηλιάνθου στην Ελλάδα στα 30 kg στρ⁻¹ d⁻¹ και το δυναμικό παραγωγής του πάνω από τα 450 kg σπόρου και συνολικής παραγωγής ξηρής βιομάζας στους 1,4 t ανά στρέμμα και μάλιστα κάτω από ελάχιστα ποσά άρδευσης και αζωτούχου λίπανσης (Danalatos *et al.*, 2004; Danalatos & Archontoulis, 2004, 2005). Στο φως των νέων αυτών ενθαρρυντικών αποτελεσμάτων μπορεί να θεωρηθεί πλέον και ο ηλιάνθος ως σημαντική εναλλακτική πρόταση παραγωγής βιοντήζελ στην Ελλάδα στο άμεσο μέλλον, υπό την προϋπόθεση της καλλιέργειάς του σε συγκεκριμένες περιοχές και για την αντικατάσταση συγκεκριμένων παραδοσιακών καλλιεργειών συμπεριλαμβανομένου και αυτού του βαμβακιού, όπως θα εκτεθεί στην ημερίδα με παραδείγματα υπολογισμού του λόγου κόστους-απόδοσης σε συγκεκριμένα συστήματα χρήσης γης στη Θεσσαλία.

Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)

Τροπικό ετήσιο φυτό που τράβηξε την ιδιαίτερη προσοχή της Ε.Ε. για διάφορες βιομηχανικές χρήσης, και κυρίως την παραγωγή χαρτοπολτού εξαιρετικής ποιότητας και την παραγωγή ενέργειας (Sanadi *et al.*, 2002, Nishino *et al.*, 2003; Nishimura *et al.*, 2002, Weber & Bledsoe, 2002). Η καλλιέργεια του Κενάφ εισήχθη σε ξηροθερμικές περιοχές (Francois *et al.*, 1992) και καλλιεργείται όλο και περισσότερο σε ελαφρά άγονα εδάφη κάτω από συνθήκες έλλειψης εδαφικής υγρασίας. Όμως η

διεθνής βιβλιογραφία είναι σχετικά πτωχή αναφορικά με την καλλιέργεια του Κενάφ κάτω από Μεσογειακές συνθήκες.

Το φυτό σπέρνεται όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος σταθεροποιηθεί πάνω από τους 20°C δηλαδή τη βασική θερμοκρασία ανάπτυξης του φυτού (Wood *et al.*, 1983; Carberry & Abrecht, 1990). Η εποχή σποράς παίζει σπουδαίο ρόλο και μπορεί να ευθύνεται για μεγάλη πτώση της απόδοσης αν γίνει καθυστερημένα (Manzanares *et al.*, 1997; Campbell and White, 1982; Bhangoo *et al.*, 1986). Λίγες μελέτες αναφέρονται στην επίδραση της άρδευσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κενάφ (Bhangoo *et al.*, 1986; Muschow and Wood, 1980), ενώ υπάρχει μεγάλη διαφορά απόψεων διεθνώς σχετικά με τις λιπαντικές του ανάγκες (Adamson, 1979, Massey, 1974, Ching *et al.*, 1993, Williams, 1966, Bhangoo *et al.*, 1986; Sij and Turner, 1988; Weber & Bledsoe, 2002). Πρόσφατες ερευνητικές προσπάθειες από Ελληνικής πλευράς (Alexoroulou *et al.*, 2000) έδειξαν ότι οι ποικιλίες Everglades 41 και Tainnung 2 είναι πολύ παραγωγικές σε συνθήκες Κ. Ελλάδας.

Σε μια πρόσφατη και μεγάλη ερευνητική προσπάθεια του Π.Θ. σε συνεργασία με το ΚΑΠΕ στα πλαίσια Ευρωπαϊκού Προγράμματος του 5^{ου} Πλαισίου (2003-2006) μελετάται η προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα το κενάφ σε Ελληνικές περιοχές (Κωπαίδα και Θεσσαλία). Από τα αποτελέσματα φάνηκε η μεγάλη παραγωγικότητα των παραπάνω 2 ποικιλιών (Danalatos & Archontoulis, 2004, 2005). Οι μέγιστοι ρυθμοί αύξησης φθάνουν τα 24-28 kg στρ.⁻¹ d⁻¹, ενώ η παραγωγικότητα σε βλαστούς και συνολική βιομάζα ξεπερνά τους 1,7 και 2,2 t στρ.⁻¹, αντίστοιχα κάτω από άριστες συνθήκες και πληθυσμό φυτών 20,000 φυτά στρ.⁻¹. Επίσης επιβεβαιώθηκε ότι κάθε αργοπορία της σποράς θα έχει πολύ αρνητικά αποτελέσματα στην τελική απόδοση. Η επίδραση της άρδευσης είναι σημαντική, αλλά η απόδοση της ποικιλίας Tainnung-2 παραμένει σε ψηλά επίπεδα κάτω από συνθήκες που καλύπτεται το μισό του ελλείμματος εξατμισοδιαπνοής (π.χ. 1,5 και 1,8 t στρ.⁻¹ για βλαστό και συνολική βιομάζας, αντίστοιχα) σε εδάφη με υγρασιακή κατάσταση «aquic» (Aquic Xerofluvents) που καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις της Δ. Θεσσαλικής πεδιάδας. Αντίθετα με την επίδραση της άρδευσης, φαίνεται ότι το κενάφ δεν χρειάζεται πάνω από 6 μονάδες αζώτου σε γόνιμα Θεσσαλικά εδάφη. Σύμφωνα με τα παραπάνω φαίνεται ότι και το κενάφ μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο ως εναλλακτική καλλιέργεια χαμηλών εισροών που μπορεί να εισαχθεί σε μελλοντικές αμειψισπορές στην Ελλάδα.

Eucalypt (*Eucalyptus* sp.)

Ο ευκάλυπτος αποτελεί σημαντική πηγή ενέργειας και χαρτοπολτού διεθνώς. Καλύπτει 5 εκατ. στρέμματα στην Ισπανία και 1,2 εκατ. στρέμματα στην Ιταλία για παραγωγή χαρτοπολτού και ενέργειας. Επίσης καλύπτει το 6% της επιφάνειας της Πορτογαλίας (5 εκατομ. στρέμματα - ποικιλίες *E. globulus* και *E. camaldulensis*) και παράγει 1,2-2,2 t/στρ. ανάλογα με την βροχόπτωση και την περίοδο χωρίς πάγο, και περί τα 110,000 MWh ή \$ 24,000,000 ετησίως (Pereira, 1994; Lopez-Agía, 1993). Είναι προφανές ότι ο ευκάλυπτος είναι μεγάλης σπουδαιότητας στη Μεσόγειο και έχει μελετηθεί την τελευταία 15ετία σε Κοινοτικό επίπεδο.

Στην Ελλάδα συστηματική έρευνα της ανάπτυξης του φυτού για παραγωγή βιομάζας και ενέργειας άρχισε την περασμένη δεκαετία στα πλαίσια Ευρωπαϊκών προγραμμάτων. Μελετήθηκε ένας αριθμός ποικιλιών (*E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. viminalis*, *E. bicostata*, κλπ) σε Ελληνικές περιοχές (Χανιά, Ηράκλειο, Αττική, Θεσσαλονίκη, Ξάνθη) (Dalianis *et al.*, 1994; 1996, Danalatos *et al.*, 1998b). Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες τα φυτά παρουσιάζουν μεγάλους ρυθμούς αύξησης και

παραγωγικότητας 1,7 t ξ.ο. στρ.⁻¹ έτος⁻¹ στην περίπτωση του *E. Globulus* και ελαφρώς λιγότερο στην περίπτωση του *E. Camaldulensis*. Η τελευταία ποικιλία όμως αποδείχτηκε ως η πλέον ανθεκτική σε τελείως αντίξοες συνθήκες εδαφικής υγρασίας. Μέγιστη παραγωγικότητα βρέθηκε να έχει η ποικιλία *E. bicostata* που καλλιεργήθηκε στα πλαίσια 3τούς ερευνητικού προγράμματος στο Κουτσό Ξάνθης και έφθασε τους 4,0 t/στρ. (Danalatos *et al.*, 1998b). Παρά την αντιπάθεια που έχει η καλλιέργεια ευκαλύπτου στην Ελλάδα, θεωρείται ότι πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη σημασία στην καλλιέργεια αυτή για παραγωγή βιοενέργειας (μικροί περίτροποι χρόνοι, μεγάλη πυκνότητα πληθυσμού) στην Ελλάδα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Acaroglu, M., A.S. Aksoy, 1998. Third year growing results of C4 energy plant *Miscanthus sinensis* in producing energy from biomass, in: H. Kopetz, T. Weber, W. Palz, P. Chartier, G.L. Ferrero, editors. Biomass for energy and the environment: Proc. of the 10th European Bioenergy Conference, Wurzburg, Germany, 8-11 June 1998. Rimpf, Germany: C.A.R.M.E.N., p. 758-9.
- Alessi, J., Power, J.F., Zimmerman, D.C., 1977. Sunflower yield and water use as influenced by planting date, population, and row spacing. *Agron. J.* 69, 465-469.
- Alexopoulou, E., Christou, M., Mardikis, M., Chatziathanassiou A., 2000. Growth and yields of kenaf varieties in central Crece. *Industrial Crop and Products* 11: 163-172.
- Andrade, F.H., 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Res.* 41, 1-12.
- Andriani, J.M., Andrade, F.H., Suero, E.E., Dardanelli, J.L., 1991. Water deficits during reproductive growth of soybeans. I. Their effects on dry matter accumulation, seed yield and its components. *Agronomie* 11, 737-746.
- Bhangoo, M., Tehrani, H., Hederson, J., 1986. Effect of planting date, nitrogen levels, row spacing, and plant population on kenaf performance in the San Joaquin valley, California. *Agron. J.* 78: 600-604.
- Boulanger, J., 1990. Les Hibiscus textile en Arique Tropicale, 2eme partie: production de la textile du kenaf et de la roselle. IRCT-CIRAD, France.
- Campbell, T., White, G., 1982. Production density and planting date effects on kenaf performance, *Agron. J.* 74: 74-77.
- Carberry, P.S., Abrecht, D.G., 1990. Germination and elongation of the hypocotyls and radicle of kenaf in response to temperature. *Field Crops Res.* 24: 227-240.
- Carvalho, M.J.R., Basch, G., Azevedo, A.L., Machado, L., 1991. Efeitos de datas e densidades de sementeira na cultura do girassol, em solos de Barro Preto (Bp). *Agronomia Lusitana* 45, 137-158.
- Chapman, S.C., Hammer, G.L., Meinke, H., 1993. A sunflower simulation model. I. Model development. *Agron. J.* 85, 725-735.
- Chimenti, C.A, Hall, A.J., 1992. Sensibilidad del número de frutos por capítulo de girasol (*Helianthus annuus* L.): a cambios en el nivel de radiación durante la ontogenia del cultivo. *Actas XIX Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Huerta Grande, Córdoba*, pp. 27-28.
- Ching, A., Webber III, C.L., Neill, S., 1993. Effect of location and cultivar on kenaf yield components. *Ind. Crops Prod.* 1: 191-196.
- Cirilo, A.G., Andrade, F.H., 1994. Sowing date and maize productivity. II. Kernel number determination. *Crop Sci.* 34, 1044-1046.
- Corbeels, M., Hofman, G., Van Cleemput, O., 1998. Residual effect of nitrogen fertilization in a wheat-sunflower cropping sequence on a Vertisol under semi-arid Mediterranean conditions. *Eur. J. Agron.* 9, 109-116.
- Dalianis, C., M. Christou, Ch. Sooter, S. Kyritsis, C. Zafiris and G. Samiotakis, 1994. "Growth yields and energy potential of densely planted *Eucalyptus camaldulensis* in two-year short rotation", in *Eucalyptus for biomass production*, eds. J.S. Pereira and H. Pereira. Commission of the European Communities 193.
- Dalianis, C., N. Djouras and Ch. Sooter, 1996. "Very short rotation and dense *eucalyptus* plantation for energy, in *Biomass for energy and the environment*, eds. Chartier *et al.* (Proceedings 9th European Conference, Vol. 1, UK: Pergamon Press), 725.
- Danalatos, N.G., C. Dalianis, P. Skylourakis and S. Kyritsis, 1998. Growth and biomass productivity of eucalyptus species under Greek conditions. In: N. El Bassam, R.K. Behl and B. Prochnow (Eds.), *Sustainable Agriculture For Food Energy And Industry*. James & James Ltd.: 787-792.

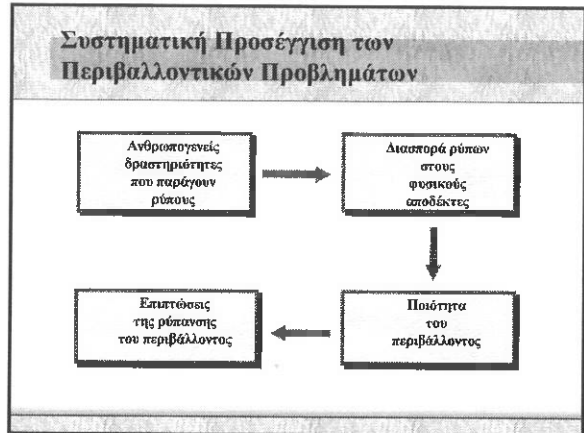
- Danalatos, N.G., C. Dalianis and S. Kyritsis, 1998. Influence of fertilisation and irrigation on the growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis* x *giganteus* under Greek conditions. In: N. El Bassam, R.K. Behl and B. Prochnow (Eds.), *Sustainable Agriculture For Food Energy And Industry*. James & James Ltd.: 319-323.
- Danalatos, N.G., and Archontoulis S.V., 2004. Potential growth and biomass productivity of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under central Greek conditions: I. the influence of fertilization and irrigation. Proceedings of the 2nd World Conference and Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Roma 10-14 May (in press).
- Danalatos, N.G., and Archontoulis S.V., 2004. Potential growth and biomass productivity of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under central Greek conditions: II. the influence of variety, sowing time and plant density. Proceedings of the 2nd World Conference and Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Roma 10-14 May (in press).
- Danalatos, N.G., and Archontoulis S.V., 2004. Influence of plant density and N-Fertilization on the growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis* under central Greek conditions. Proceedings of the 2nd World Conference and Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Roma 10-14 May (in press).
- Danalatos, N.G., Archontoulis S.V., Geronikolou, L., Papadakis G., 2004. Potential growth and productivity of three Sunflower hybrids in a soil with aquic moisture regime in central Greek conditions. Proceedings of the 2nd World Conference and Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Roma 10-14 May (in press).
- Danalatos, N.G. and S.V. Archontoulis, 2004. Sowing time and plant density effects on growth and biomass productivity of two Kenaf varieties in central Greece. *International Conference on Industrial Crops and Rural Development* to be held in Murcia, Spain, 17-21 September 2005. (Abstract submitted).
- Danalatos, N.G. and S.V. Archontoulis, 2004. Irrigation and N-fertilization effects on Kenaf growth and biomass productivity in central Greece. *International Conference on Industrial Crops and Rural Development* to be held in Murcia, Spain, 17-21 September 2005.
- Danalatos, N.G., S.V. Archontoulis, L. Geronikolou and G. Papadakis, 2004. Irrigation and N-fertilization effects on growth and productivity of three sunflower hybrids in an aquic soil in central Greece. *International Conference on Industrial Crops and Rural Development* to be held in Murcia, Spain, 17-21 September 2005. (Abstract submitted).
- Danalatos, N.G., C. Dalianis, S. Kyritsis, 1996. Growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis* "giganteus" under optimum cultural management in north-eastern Greece, in: P. Chartier, G.L. Ferrero, U.M. Henius, S. Hultberg, J. Sachau, M. Wiinblad, editors. *Biomass for energy and the environment: Proc. of the 9th European Bioenergy Conference*, Copenhagen, Denmark, 24-27 June. New York: Pergamon, 1996. p. 548-53.
- Demiroren, T., 1978. Determination of evapotranspiration of sunflower in Tokat, No. 25. Journal of Tokat Region Soil Water Research Institute, Tokat, 27 pp.
- Flagella, Z., Rotunno, T., Tarantino, R., Di Caterina, R., De Caro, A., 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *Eur. J. Agron.* 17, 221-230.
- Francois, L.E., Donovan, T.J., Maas, E.V., 1992. Yield, vegetative growth, and fibre length of kenaf grown on saline soil. *Agron. J.* 84: 592-598.
- Glas, K., 1988. Sunflower: fertilizing for high yield and quality. *Int. Potash Inst. Bull.* 10, 1-38.
- José F.C. Barros, Mário de Carvalho, Gottlieb Basch, 2003. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to sowing date and plant density under Mediterranean conditions. *European J. Agronomy* (2004).
- Lewandowski, I., A. Kicherer, 1997. Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus* x *giganteus*, *European Journal of Agronomy* 6: 163-77.
- Lewandowski, I., J.C. Clifton-Brown, J.M.O. Scurlock, W. Huisman, 2000. *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop, *Biomass and Bioenergy* 19: 209-227.
- Lopez-Aria, M., "Experiences of *Eucalyptus* afforestation in Spain", in *Agriculture - Aforestation of agricultural land*, eds. K.R. Volz and N. Weber. (Commission of the European Communities, D.G. for Agriculture. EUR 14804EN, 1993), 77.
- López-Bellido, R.J., L. López-Bellido, J.E. Castillo, F.J. López-Bellido, 2003. Nitrogen uptake by sunflower as affected by tillage and soil residual nitrogen in a wheat-sunflower rotation under rainfed Mediterranean conditions. *Soil & Tillage Research* 72 (2003) 43-51.
- Massey, J., 1974. Effects of nitrogen levels and row widths on kenaf. *Agron. J.*, 66: 822-823.

- Merrien, A., Grandin, L., 1992. Comportement hydrique du tournesol. Synthèse des essais "Irrigation" 1983-1988. In: Le tournesol et l'eau. Adaptation à la sécheresse. Réponse à l'irrigation: Les Points Science du Cetiom, pp. 75-90.
- Muchow, R.C., 1979. Effects of plant population and season on kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) grown under irrigation in tropical Australia. I. Influence on the components of yield. *Field Crop Res.* 2: 55-66.
- Nishimura, N., Izumi, A., Kuroda, K., 2002. Structural characterization of kenaf lignin: differences among kenaf varieties. *Ind. Crops and Prod.* 15: 115-122.
- Nishino, T., Hirao, K., Kotera, M., Nakamae, K., Inagaki, H., 2003. Kenaf reinforced biodegradable composite. *Comp. Sci. and Technol.* 63(9): 1281-1286.
- Osman, F., Talha, M., 1975. The effect of irrigation regime on yield and consumption of sunflower seed oil. *Egypt J. Soil Sci.* 15, 211-218.
- Pereira, J.S., 1994. "Eucalyptus for biomass production in Europe", in *Eucalyptus for biomass production*, eds. J.S. Pereira and H. Pereira. (Commission of the European Communities), 5.
- Pude, R., 1998. Winterfestigkeit von *Miscanthus* in der Etablierungsphase, Beiträge zu den Agrarwissenschaften, Band 14, Verlag M. Wohle, Wittenschlick, Bonn PhD, Bonn.
- Sakellariou-Makrandonaki, N.G., Danalatos, S., Dassios and C. Chatzinikos, 2003. The effect of different irrigation methods on growth and productivity of fiber sorghum in central Greece. XXX IAHR Congress held in Thessaloniki, 25-31 August, pp. 777-784.
- Sanadi, A.R., Hunt, J.F., Caulfield, D.F., Kovacsvoegy, G., Destree, B., 2002. High fiber-low matrix composites: kenaf fiber/polypropylene. Sixth International Conference on Woofiber-Plastics Composites, May 15-16, 2001, Madison WI: Forest Research Society, pp. 121-124.
- Schwarz, H., P. Liebhard, K. Ehrendorfer, P. Ruckenbauer, 1994. The effect of fertilization on yield and quality of *Miscanthus sinensis* "giganteus", *Industrial Crops and Products* 2: 153-159.
- Schwarz, K.U., E. Schung, 1993. Ertragsentwicklung bei mehrjährigen Beständen von *Miscanthus x giganteus*, *Mitteilungen der Gesellschaft für Panzenbauwissenschaften* 6: 125-8.
- Schwarz, K.U., J.M. Greef, E. Schnug, 1995. Untersuchungen zur Etablierung und Biomassebildung von *Miscanthus giganteus* unter verschiedenen Umweltbedingungen in: *Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft 155*, Braunschweig-Volkenrode, Germany: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, FAL.
- Sij, J., Turner, F., 1988. Varietal evaluations and fertility requirements of kenaf in Southeast Texas. *Agr. Expt. Sta. Bul.*
- Sinclair, T.R., Tanner, C.B., Bennet, J.M., 1984. Water use efficiency in crop production. *Bioscience* 34, 36-40
- Stone, L.R., Schlege, A.J., Gwin, R.E., Khan, A.H., 1996. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the high plains of Kansas. *Agric. Water Manage.* 30, 251-259.
- Unger, P.W., 1982. Time and frequency of irrigation effects on sunflower production and water use. *USDA Conservation and Production Research Laboratory. Soil Sci. Soc. Am. J.* 46, 1072-1076.
- Unger, P.W., 1983. Irrigation effects on sunflower growth development and water use. *Field Crops Res.* 3, 181-194.
- Webber III, C.L., Bledsoe, V.K., 2002. Kenaf yield components and plant composition. In: Janick, J., Whipkey, A. (Eds.), *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA, pp. 348-357.
- Wood, I., Muschow, R., Ratcliff, D., 1983. Effect of sowing date on the growth and yield of kenaf grown under irrigation in tropical Australia II. Stem production. *Field Crop Res.* 7: 91-102.
- Williams, J., 1966. Influence of row spacing and nitrogen levels on dry matter yields of kenaf. *Agron. J.* 58: 166-168.

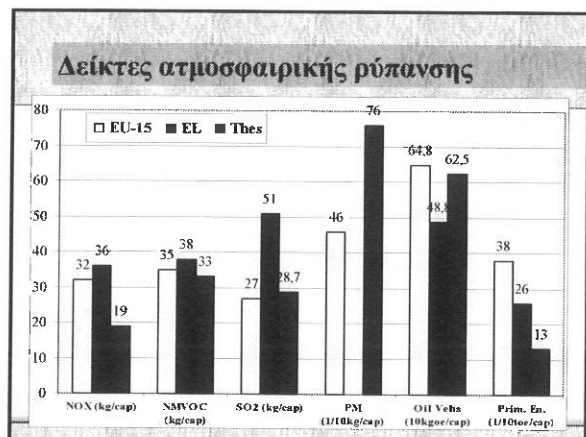
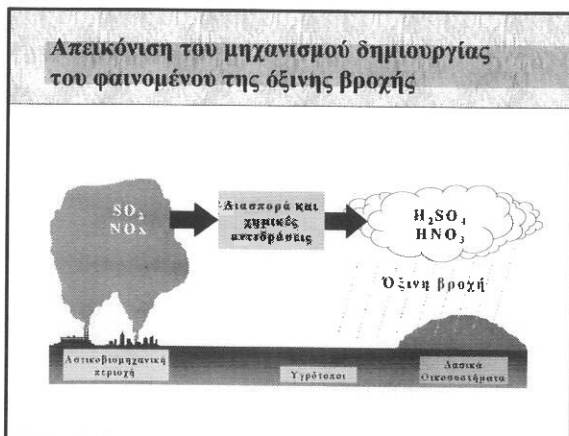
Βιοκαύσιμα και Ποιότητα Περιβάλλοντος

Κώστας Νικολάου
Δρ. Χημικός Περιβαλλοντολόγος

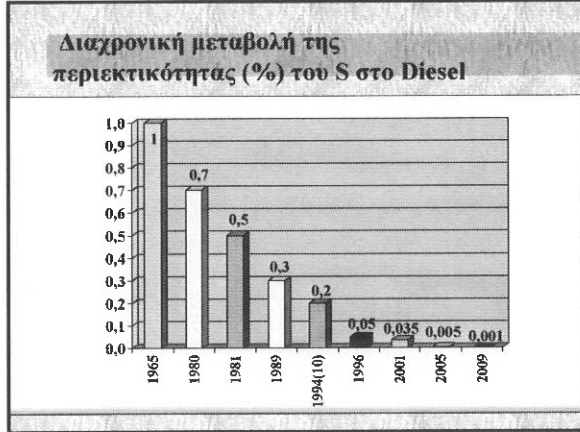
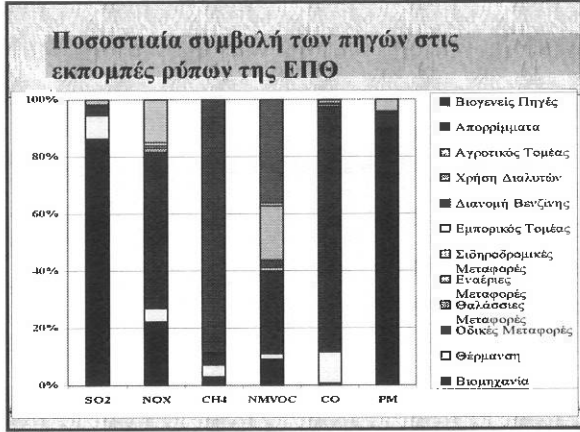
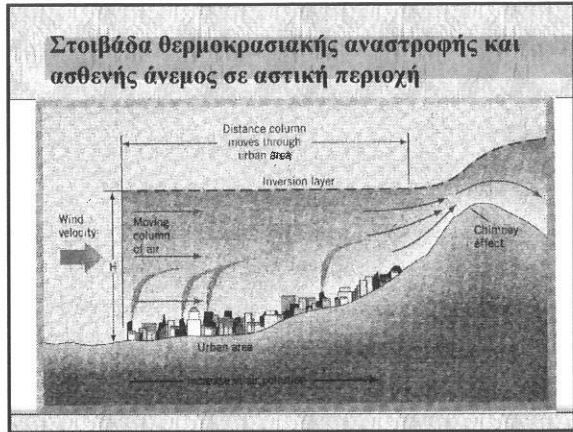
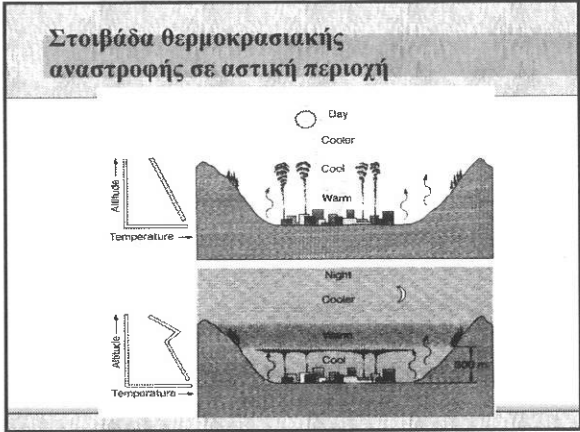
*Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου & Προστασίας Περιβάλλοντος Θεσσαλονίκης
*Διδάσκων στο Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο & στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης



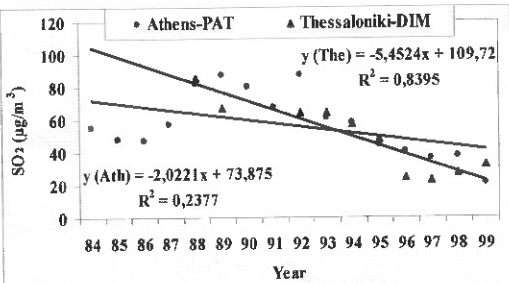
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης των καυσίμων οχημάτων σε εθνική και παγκόσμια κλίμακα



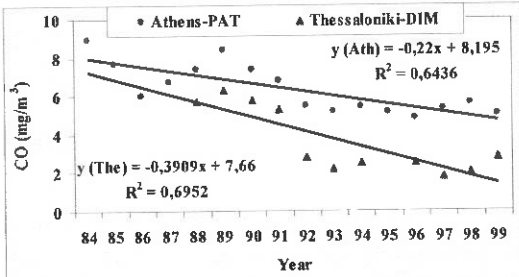
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης των καυσίμων οχημάτων στην ατμόσφαιρα των πόλεων



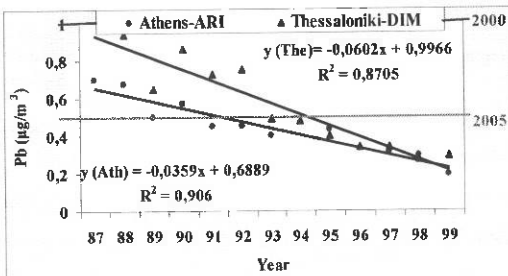
Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων SO₂ στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



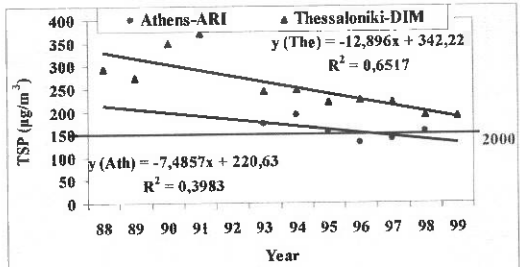
Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων CO στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



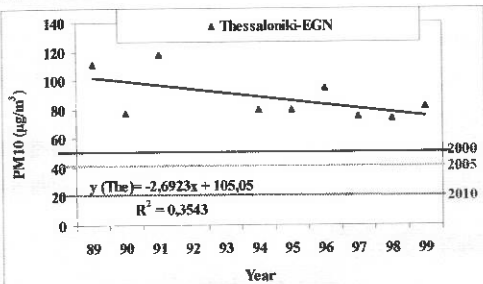
Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων Pb στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



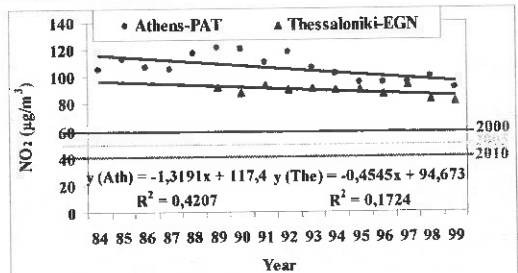
Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων TSP στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



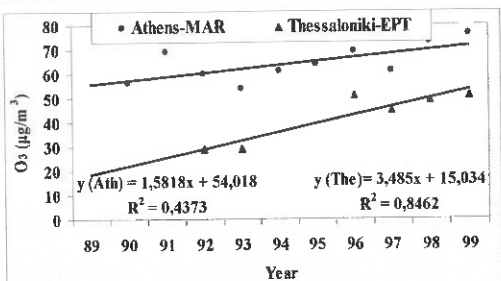
Διαχρονική τάση των συγκεντρώσεων PM10 στη Θεσσαλονίκη



Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων NO₂ στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων O₃ στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης των βιοκαυσίμων

Κυριότερα βιοκαύσιμα και προέλευσή τους

Βιοdiesel (ή βιοπετρέλαιο). Παράγεται από βιομάζα ή φυτικά έλαια, ζωικά λίπη και μαγειρικά λάδια. Κυρίως παράγεται από σπόρους ελαιοκράμβης (Γερμανία) και ηλιέλθους (Η.Π.Α, Γαλλία, Ιταλία). Περιορισμένη είναι η παραγωγή από σόγια (Η.Π.Α.) και φοίνικες (Μαλαισία).

Αιθανόλη (ή βιοαιθανόλη). Παράγεται από βιομάζα (π.χ. ζαχαροκάλαμα στη Βραζιλία, δημητριακά στις Η.Π.Α.) και/ή από την βιοσποικοδόμηση των αποβλήτων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί (α) ως πρόσθετο στο βενζίνη - 10% προσθήκη αιθανόλης (βενζινολ-κοόλη - gasohol), (β) σε μείγμα με 15% πετρέλαιο (E85) και (γ) σε καθαρή μορφή σε πετρελαιομηχανές ειδικά σχεδιασμένες για την λειτουργία τους με αιθανόλη. Η χρήση στις πετρελαιομηχανές απαιτεί την αύξηση του βαθμού κετανίου (από 5 σε 47) με την προσθήκη ενός βελτιωτικού ανάφλεξης.

Μεθανόλη (ή βιομεθανόλη). Παράγεται κυρίως από το φυσικό αέριο και δευτερευόντως από τη βιομάζα και/ή από την βιοσποικοδόμηση των αποβλήτων.

Βιοαέριο. Παράγεται από βιομάζα και/ή από την βιοσποικοδόμηση των αποβλήτων και μπορεί να καθαριστεί μέχρι την ποιότητα του φυσικού αερίου.

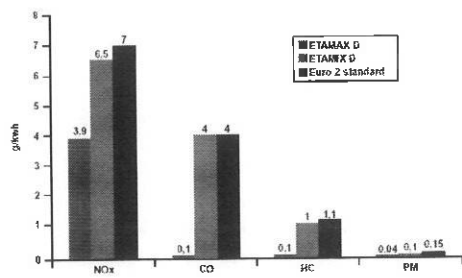
Παράγωγα της βιοαιθανόλης και της βιομεθανόλης: αιθυλο-τριτο-βουτυλ-αιθέρας (ETBE) και μεθυλο-τριτο-βουτυλ-αιθέρας (MTBE).

Εκπομπές ρύπων λεωφορείων πετρελαίου και αιθανόλης στη πόλη Skaraborg της Σουηδίας

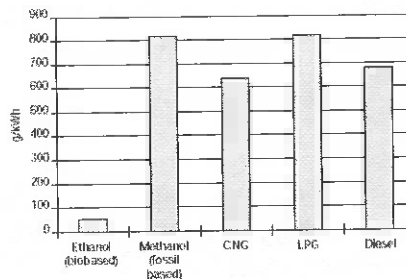
Εκπομπές (g/kWh)	EURO II	Πετρελαιοκίνητα Λεωφορεία τεχνολογ. 1993	Σύγχρονα Πετρελαιοκίνητα Λεωφορεία*	Λεωφορεία Αιθανόλης
Σωματίδια	0,15	0,7	0,05	0,04
NOx	7,0	14,0	6,3	3,93
CO	4,0	5,0	0,1	0,13
VOC	1,1	1,5	0,1	0,09

* χρήση καπνίου, αιθανόλης και πετρελαίου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο

Εκπομπές ρύπων από τη χρήση αιθανόλης (E100, E15) σε σχέση με το Euro 2

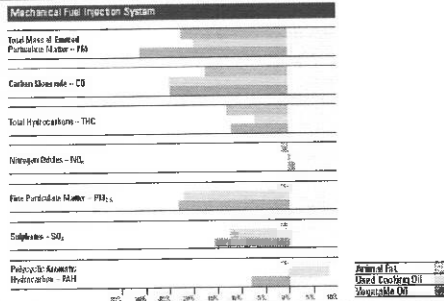


Ανάλυση κύκλου ζωής εκπομπών CO₂ διαφόρων καυσίμων



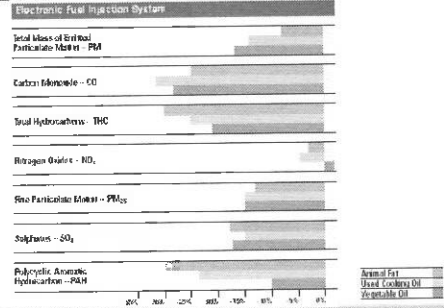
Μείωση (%) εκπομπών με χρήση biodiesel B20 σε λεωφορεία (πρόγραμμα BIOBUS, Καναδάς)

- 1



Μείωση (%) εκπομπών με χρήση biodiesel B20 σε λεωφορεία (πρόγραμμα BIOBUS, Καναδάς)

- 2



Εκπομπές % (AKZ) βαρέων οχημάτων με χρήση εναλλακτικών καυσίμων έναντι των εκπομπών πετρελαίου (Ευρωπαϊκά δεδομένα)

Καύσιμο	NOx	CO	HC	PM	CO ₂
Πετρέλαιο	100	100	100	100	100
LPG-προπάνιο	22-32	199-445	69-177	24	94
Φυσικό αέριο	16-35	99-530	255-588	15	87
Αιθανόλη (καταργηθεί)	94-103	577-1075	160-256	-	16-26
Αιθανόλη (σάκχαρο)	103-104	119-891	114-235	55	34-67
Βιοντήζελ	118-127	81-212	68-120	90-98	28-44
Πετρέλαιο (g/g)	1.4-16.7	0.6-4.3	1.1-1.8	1.1	977-1363

Εκπομπές (AKZ) λεωφορείων (g/χλμ) με χρήση εναλλακτικών καυσίμων (ενεργειακά δεδομένα Αυστραλίας)

Καύσιμο	NOx	CO	NM VOC	PM	CO ₂	CH ₄
Πετρέλαιο	16,10	5,61	3,10	0,62	1640	0,71
LSD	15,90	5,06	2,51	0,39	1650	0,71
ULSD	15,60	5,30	2,61	0,42	1680	0,74
LPG	6,33	3,57	1,87	0,16	1520	0,76
CNG	10,50	0,75	3,03	0,06	1480	2,76
LNG	34,10	11,90	5,29	0,09	1560	4,77
E95	8,17	16,60	5,33	0,36	2211	0,21
B20	24,70	7,29	2,69	0,63	1612	0,48
B100	19,90	11,20	2,86	1,44	2004	0,22

LSD=χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο πετρέλαιο, ULSD=πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο πετρέλαιο, LPG=προπάνιο, CNG=φυσικό αέριο, LNG=υγροποιημένο φυσικό αέριο, E95=Μείγμα 5% πετρέλαιο και 95% αιθανόλη, B20=Μείγμα 80% πετρέλαιο και 20% βιοντήζελ, B100=βιοντήζελ 100%

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ

Νίκος Λιάπης
Διευθυντής Εκμετάλλευσης
ΕΛΙΝΟΙΛ – ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ Α.Ε.

ΒΟΛΟΣ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2006

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

- 1998 ... το όραμα
- 2006... η πραγματικότητα
- Πλέον ... το μέλλον

2006: Η κρίσιμη χρονιά για τα βιοκαύσιμα

- Αρχίζει η παραγωγή (μια μονάδα έτοιμη, μία υπό κατασκευή)
- Η νομοθεσία ολοκληρώνεται
- Αγρότες και σποροelaiουργοί ,Δ/ρια και εταιρίες εμπορίας, τεχνικές εταιρίες και επιχειρηματίες, πολιτικοί και δημοσιογράφοι, ανάγουν τα βιοκαύσιμα στο θέμα της ημέρας

... ενώ εφαρμόζονται οι οδηγίες της ΕΕ:

- Τα βιοκαύσιμα γίνονται παγκόσμια λύση για
 - Την ανεξαρτησία από εισαγωγές καυσίμων
 - Τον περιορισμό των αερίων θερμοκηπίου
- Αλλά ταυτόχρονα ανάγονται σε τοπικό πρόβλημα για
 - Την διαθεσιμότητα πρώτων υλών
 - Τη νομοθεσία
 - Την εφοδιαστική αλυσίδα

Ελάχιστες απαιτήσεις για βιοκαύσιμα

Δυναμικό και κόστος πρώτων υλών

- Έχει η Ελλάδα Α' ύλες για την παραγωγή 550.000 tons βιοκαυσίμων ετήσια;
- Υπάρχει έστω και η δυνατότητα για τις αντίστοιχες καλλιέργειες;
- Είναι οικονομικές οι ενεργειακές καλλιέργειες;
- Είναι οικονομικά τα logistics από τον σπόρο έως τη διανομή;

ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

- Χαμηλό τοπικό δυναμικό σε σπορέλαια (20.000 – 80.000 ton), κυρίως βαμβακέλαιο
- Η καλλιέργεια ελαιοκράμβης δεν έχει αποδειχθεί ακόμη οικονομική
- Η καλλιέργεια ηλιάνθου είναι πλέον κατάλληλη , αλλά το λάδι έχει υψηλή τιμή
- Δεν υπάρχει καλλιέργεια γλυκού σόργου ακόμη
- Τα ζαχαρότευτλα δεν είναι οικονομικά
- Θα χρειαστούν εισαγωγές για την εκκίνηση

Βιοκαύσιμα σε Αυστρία -Γερμανία

- Διάθεση σε Δεσμευμένους στόλους
- Σε μικρά ανεξάρτητα πρατήρια
- Περιβαλλοντικά ευαίσθητοι καταναλωτές
- Σε κόντρα με τις εταιρίες πετρελαίου

Βιοκαύσιμα σε Γαλλία - Ισπανία

- Ανάμιξη στα διυλιστήρια
 - Χωρίς να το γνωρίζουν οι καταναλωτές
- Που σημαίνει : Προϊόντα που
- Είναι λίγο φθηνότερα
 - Απευθύνονται σε μειονότητες
 - Χωρίς προώθηση
 - ... δηλαδή, ένας μπελάς ακόμη

Η προσέγγιση *ελίν*

- Ξεκινάμε από τον καταναλωτή
 Ώστε να προσφέρουμε ένα προϊόν που:
- Είναι καλύτερο
- Δεν το κρύβουμε από τους καταναλωτές
- Το διαφημίζουμε

Εναρμόνιση με τους στόχους και το όραμα της Ε.Ε.

- Μείωση εκπομπών CO₂
- Επάρκεια ενεργειακών αποθεμάτων
- Παράπλευρα οφέλη για τους αγρότες
- Πλεονεκτήματα για τους καταναλωτές

Ελληνική Εθνική Στρατηγική

- Ολοκλήρωση ενός λειτουργικού, υγιούς νομικού πλαισίου στραμμένου στην αγορά. Ν
- Θέση στόχων για το 2010 (χωρίς διάκριση μεταξύ βιοκαυσίμων) :
 - 2005 : 2%
 - 2010 : 5.75%
- Κύριο εργαλείο : αποφορολόγηση

Κρίσιμες πολιτικές 1

- Αποφορολόγηση
- Αποφυγή παρεμβάσεων στην αγορά
- Λειτουργία των νόμων της αγοράς
- Γιατί...
 - Η υποχρεωτικότητα οδηγεί σε δυσλειτουργία

Που σημαίνει...

- Η αγορά καυσίμων θα προσδιορίσει το ποσοστό των βιοκαυσίμων
- ώστε,
- Οι τιμές των βιοκαυσίμων να ακολουθήσουν την ελληνική αγορά καυσίμων
- Τα βιοκαύσιμα να εισαχθούν ομαλά στην αγορά

- Σχεδιασμός και εφαρμογή μιας εθνικής στρατηγικής για τις ενεργειακές καλλιέργειες
- Πλήρης ένταξη των βιοκαυσίμων στην νομοθεσία που διέπει την διάθεση ορυκτών καυσίμων
- Αυστηρός ποιοτικός έλεγχος

Ειδικά προωθητικά εργαλεία

- Ενθάρρυνση χρήσης των βιοκαυσίμων σε υψηλά ποσοστά σε δεσμευμένους στόλους
- Χρήση βιοκαυσίμων σε οικολογικά ευαίσθητες περιοχές

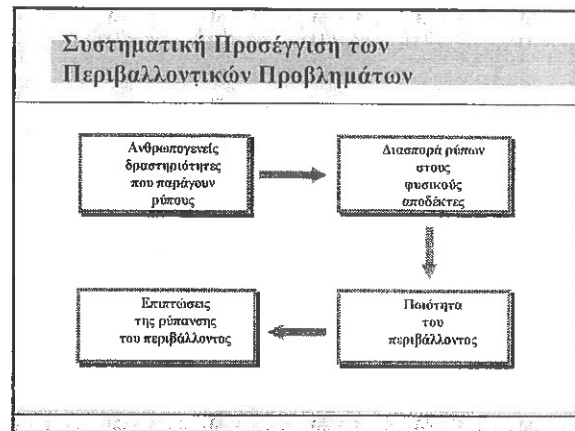
Ευχαριστώ !

ΕΙΣΗΓΗΣΗ ΚΟΣΤΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΥ
 Δρ. Χημικός Περιβαλλοντολόγος

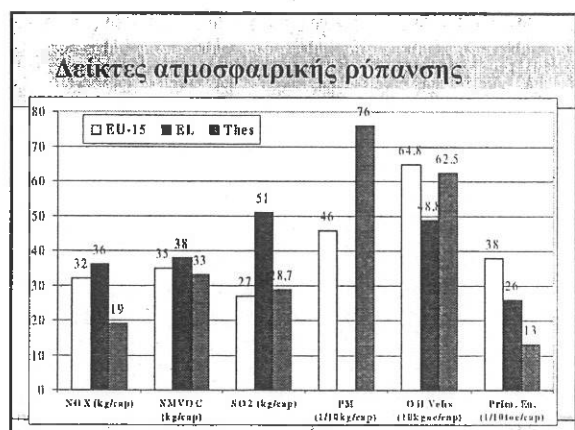
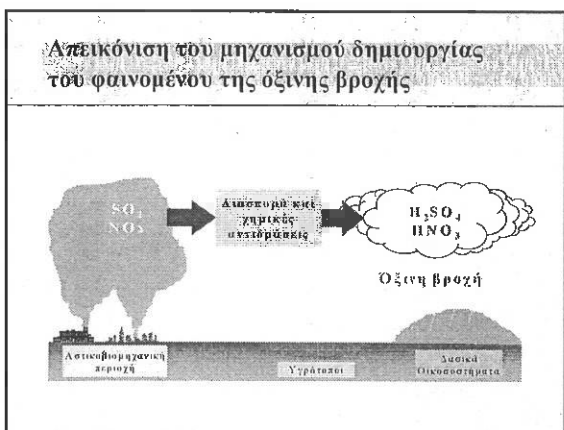
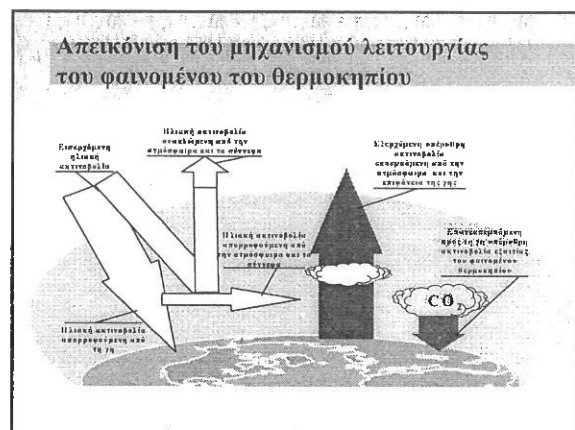
Βιοκαύσιμα και Ποιότητα Περιβάλλοντος

Κώστας Νικολάου
 Δρ. Χημικός Περιβαλλοντολόγος

*Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου & Προστασίας Περιβάλλοντος Θεσσαλονίκης
 *Διδάσκων στο Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο & στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

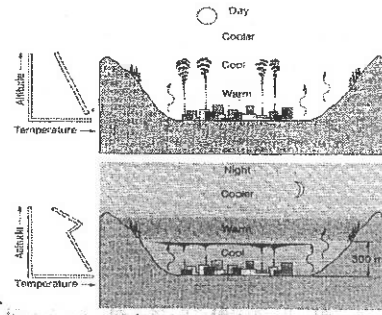


Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης των καυσίμων οχημάτων σε εθνική και παγκόσμια κλίμακα

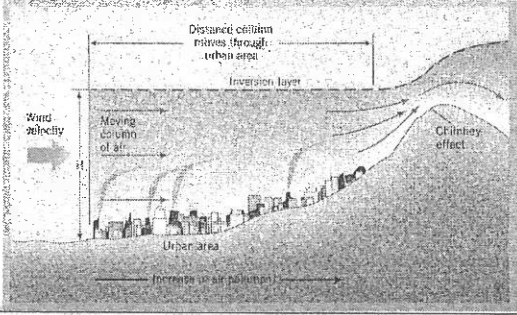


Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης των καυσίμων οχημάτων στην ατμόσφαιρα των πόλεων

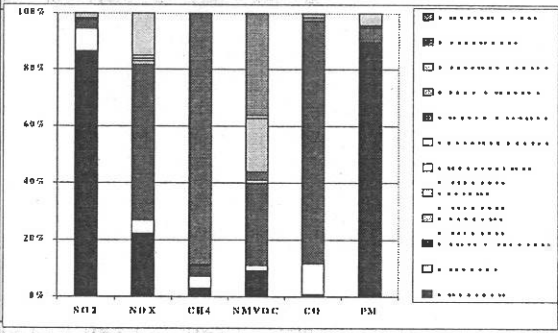
Στοιβάδα θερμοκρασιακής αναστροφής σε αστική περιοχή



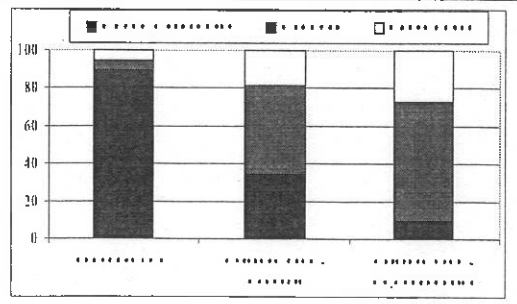
Στοιβάδα θερμοκρασιακής αναστροφής και ασθενής άνεμος σε αστική περιοχή



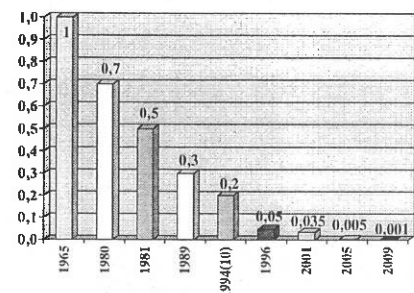
Ποσοστιαία συμβολή των πηγών στις εκπομπές ρύπων της ΕΠΘ



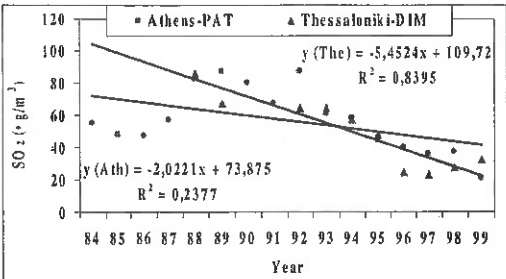
Ποσοστιαία συμβολή των πηγών σωματιδίων στις εκπομπές και στην ποιότητα αέρα της ΕΠΘ



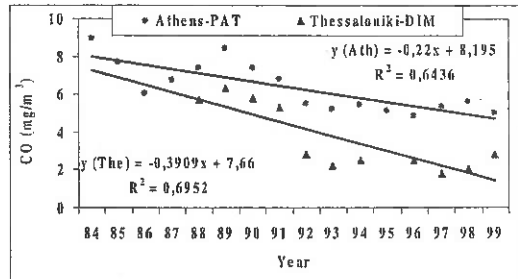
Διαχρονική μεταβολή της περιεκτικότητας (%) του S στο Diesel



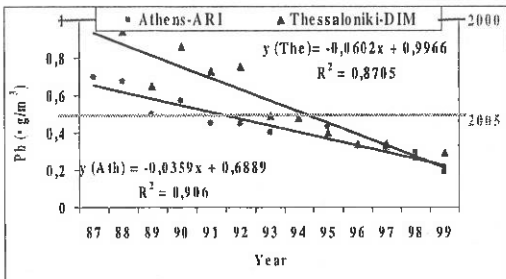
Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων
SO₂ στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



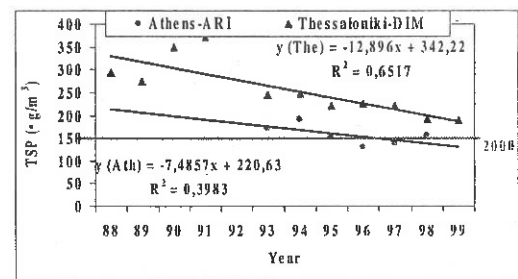
Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων
CO στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



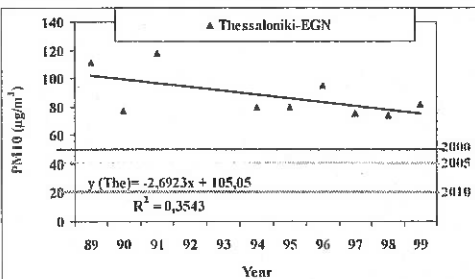
Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων
Pb στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



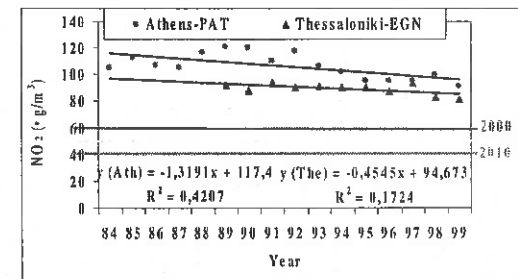
Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων
TSP στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



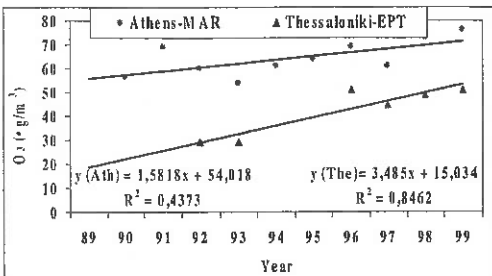
Διαχρονική τάση των συγκεντρώσεων
PM10 στη Θεσσαλονίκη



Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων
NO₂ στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



Διαχρονικές τάσεις των συγκεντρώσεων O₃ στην Αθήνα και Θεσσαλονίκη



Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης των βιοκαυσίμων

Κυριότερα βιοκαύσιμα και προέλευσή τους

ΒιοDiesel (ή βιοπετρέλαιο). Παράγεται από βιομάζα ή φυτικά έλαια, ζωικά λίπη και μαγειρικά λάδια. Κυρίως παράγεται από σπόρους ελαιοκράμβης (Γερμανία) και ηλιανθούς (Η.Π.Α., Γαλλία, Ιταλία). Περιορισμένη είναι η παραγωγή από σόγια (Η.Π.Α.) και φασόλες (Μολδαβία).

Αιθανόλη (ή βιοαιθανόλη). Παράγεται από βιομάζα (π.χ. ζαχαροκάλαμο στη Βραζιλία, δημητριακά στις Η.Π.Α.) κατόπιν της βιοαποικοδόμησης των αποβλήτων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί (α) ως πρόσθετο στο βενζίνη - 10% προσθήκη αιθανόλης (βενζινοαιθανόλη - gasohol), (β) σε μείγμα με 15% πετρέλαιο (E85) και (γ) σε καθαρή μορφή σε πετρελαιομηχανές ειδικά σχεδιασμένες για την λειτουργία τους με αιθανόλη. Η χρήση στις πετρελαιομηχανές απαιτεί την αύξηση του βαθμού κεντρού (από 5 σε 47) με την προσθήκη ενός βελτιστοποιημένου ανάφλεξης.

Μεθανόλη (ή βιομεθανόλη). Παράγεται κυρίως από το φυσικό αέριο και δευτερευόντως από τη βιομάζα κατόπιν της βιοαποικοδόμησης των αποβλήτων.

Βιομέθαι. Παράγεται από βιομάζα κατόπιν της βιοαποικοδόμησης των αποβλήτων και μπορεί να καθαριστεί μέχρι την ποιότητα του φυσικού αερίου.

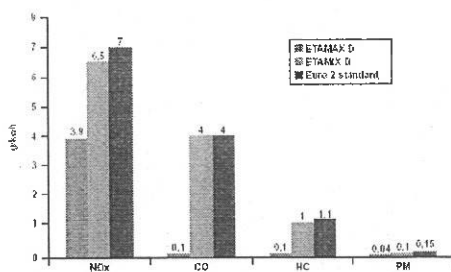
Παράγωγα της βιοαιθανόλης και της βιομεθανόλης: αιθάνιο-τριτο-βουτοί-αιθέρας (ETBE) και μεθύλιο-τριτο-βουτοί-αιθέρας (MTBE).

Εκπομπές ρύπων λεωφορείων πετρελαίου και αιθανόλης στη πόλη Skaraborg της Σουηδίας

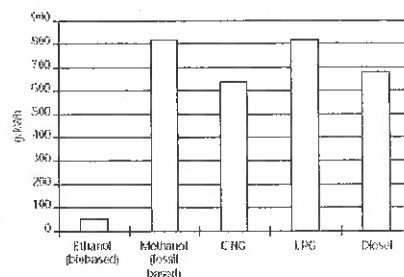
Εκπομπές (g/kWh)	EURO II	Πετρελαιοκίνητα Λεωφορεία τεχνολογ. 1993	Σύγχρονα Πετρελαιοκίνητα Λεωφορεία*	Λεωφορεία Αιθανόλης
Σωματίδια	0,15	0,7	0,05	0,04
NOx	7,0	14,0	6,3	3,93
CO	4,0	5,0	0,1	0,13
VOC	1,1	1,5	0,1	0,09

* χρήση καπνικών, οξυαισθητών και πετρελαιο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο

Εκπομπές ρύπων από τη χρήση αιθανόλης (E100, E15) σε σχέση με το Euro 2

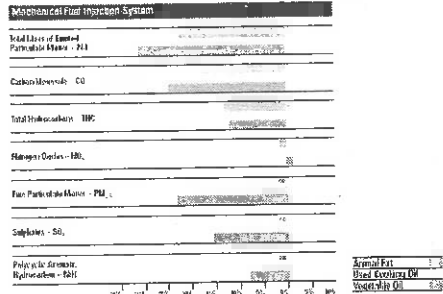


Ανάλυση κύκλου ζωής εκπομπών CO₂ διαφόρων καυσίμων



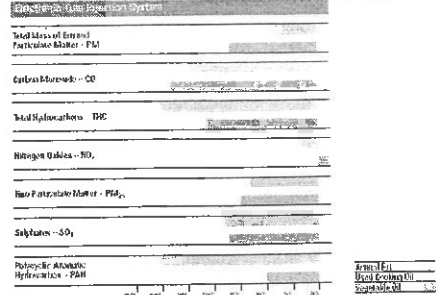
Μείωση (%) εκπομπών με χρήση biodiesel B20 σε λεωφορεία (πρόγραμμα BIOBUS, Καναδάς)

- 1



Μείωση (%) εκπομπών με χρήση biodiesel B20 σε λεωφορεία (πρόγραμμα BIOBUS, Καναδάς)

- 2



Εκπομπές % (AKZ) βαρέων οχημάτων με χρήση εναλλακτικών καυσίμων έναντι των εκπομπών πετρελαίου (Ευρωπαϊκά δεδομένα)

Καύσιμο	NOx	CO	HC	PM	CO ₂
Πετρέλαιο	100	100	100	100	100
LPG-προπάνιο	22-32	199-445	69-177	24	94
Φυσικό αέριο	16-35	99-530	255-588	15	87
Αιθανόλη (καταρτινές)	94-103	577-1075	160-256	-	16-26
Αιθανόλη (σάκχαρη)	103-104	119-891	114-235	55	34-67
Βιοντίζελ	118-127	81-212	68-120	90-98	28-44
Πετρέλαιο (g/g)	1,4-16,7	0,6-4,3	1,1-1,8	1,1	977-1363

Εκπομπές (AKZ) λεωφορείων (g/γλμ) με χρήση εναλλακτικών καυσίμων (ενεργειακά δεδομένα Αυστραλίας)

Καύσιμο	NOx	CO	NM VOC	PM	CO ₂	CH ₄
Πετρέλαιο	16,10	5,61	3,10	0,62	1640	0,71
LSD	15,90	5,06	2,51	0,39	1650	0,71
ULSD	15,60	5,30	2,61	0,42	1680	0,74
LPG	6,33	3,57	1,87	0,16	1520	0,76
CNG	10,50	0,75	3,03	0,06	1480	2,76
LNG	34,10	11,90	5,29	0,09	1560	4,77
E95	8,17	16,60	5,33	0,36	2211	0,21
B20	24,70	7,29	2,69	0,63	1612	0,48
B100	19,90	11,20	2,86	1,44	2004	0,22

LSD=χημική προσαρμογή σε ένα παρόμοιο ULSDπαρόμοιο χημικό προσαρμογής σε ένα παρόμοιο. LPG=προπάνιο, CNG=φυσικό αέριο, LNG=επιρρυθμισμένο φυσικό αέριο. E95: Μέγιστο 5% πετρέλαιο στα 95% αιθανόλη. B20=Μείγμα 80% πετρέλαιο και 20% βιοντίζελ. B100=βιοντίζελ 100%.

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ-ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ-ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ
Σ. ΛΕΚΑΤΟΣ
ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, Ph.D.

Δ/ση Πετροχημικών Γενικού Χημείου Κράτους
Υπουργείο Οικονομίας & Οικονομικών

ΜΕΡΟΣ Ι
Η ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΟΣΟΝ ΑΦΟΡΑ ΤΗ ΠΡΟΩΘΗΣΗ
ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ
ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Οι κυριότερες ευρωπαϊκές νομοθεσίες που αφορούν την παραγωγή και χρήση των βιοκαυσίμων είναι :

- Η οδηγία 2003/30 σχετικά με την προώθηση των βιοκαυσίμων.
- Η οδηγία 2003/96 και ειδικότερα το άρθρο 16 που αφορά την αποφορολόγηση των βιοκαυσίμων.
- Η αναθεώρηση του προτύπου EN 590 (EN 590: 2004) για το ντίζελ των οδικών οχημάτων. Καθορίζεται η μέγιστη περιεκτικότητα του βιοντίζελ στο πετρελαϊκό ντίζελ σε 5% κ.ο.
- Οι Ευρωπαϊκές προδιαγραφές για το βιοντίζελ (EN 14214).

ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Υπεύθυνες αρχές :

1. Δ/ση Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας, Υπουργείο Ανάπτυξης (Επισπεύδουσα Αρχή).
 - Προώθηση των βιοκαυσίμων & άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
2. Δ/ση Ειδικών Φόρων Κατανάλωσης , Υπουργείο Οικονομίας & Οικονομικών
 - Ποσοστιαία αποφορολόγηση του βιοντίζελ
 - Ορίζουν τις προϋποθέσεις και τη διαδικασία παρακολούθησης και ελέγχου της νόμιμης παραγωγής, διακίνησης και θέσης σε ανάλωση του αυτούσιου βιοντίζελ
3. Δ/ση Πετροχημικών, Γενικό Χημείο Κράτους, Υπουργείο Οικονομίας & Οικονομικών

Φροντίζει για την προστασία του καταναλωτή (υγεία, ασφάλεια), του περιβάλλοντος και της Εθνικής Οικονομίας.

- Καθορίζει και θεσπίζει τις τεχνικές προδιαγραφές των βιοκαυσίμων και των μιγμάτων τους πριν την τελική κατανάλωση, με αποφάσεις του Ανωτάτου Χημικού Συμβουλίου.
- Συνεπικουρεί τη Γενική Δ/ση Τελών & Ε.Φ.Κ. με την έκδοση του δελτίου Χημικής Ανάλυσης των βιοκαυσίμων-καυσίμων βάση του οποίου συλλέγονται και οι Ε.Φ.Κ. σε περίπτωση διαφωνιών.

Νομοθεσία

1. **Απόφ. Α.Χ.Σ. 334/2004** (ΦΕΚ 713/Β/26.05.2005), <<Καύσιμα αυτοκινήτων-Πετρέλαιο βιολογικής προέλευσης (βιοντίζελ) για κινητήρες ντίζελ-Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμών>> με τη συμπλήρωσή της (ΦΕΚ 1149/Β/17.08.2005).

- Η απόφαση Α.Χ.Σ. 334/2004 ορίζει τις προδιαγραφές και τις μεθόδους δοκιμών για το βιοντίζελ. (Ουσιαστικά θεσμοθετείται το πρότυπο EN 14214).

2. **Απόφ. Α.Χ.Σ. 514/2004** <<Καύσιμα αυτοκινήτων-Πετρέλαιο κίνησης-Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμών >>.

(Προς δημοσίευση : Ουσιαστικά θεσμοθετείται το πρότυπο EN 590: 2004 και η οδηγία 98/70 ως προς την ποιότητα του ντίζελ)

3. **Νόμος 3423, ΦΕΚ 304/Α/13.12.2005** <<Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων

- Καθορίζεται το πλαίσιο άσκησης της δραστηριότητας παραγωγής και διάθεσης των Βιοκαυσίμων και των άλλων ανανεώσιμων καυσίμων στην ελληνική αγορά καυσίμων, με σκοπό την κάλυψη μέρους των ενεργειακών αναγκών της χώρας από τα προϊόντα αυτά.

- Καθορίζεται η κατάρτιση «Προγράμματος Κατανομής Ποσοτήτων Βιοκαυσίμων», με το οποίο ρυθμίζεται, μέχρι το τέλος του έτους 2010, η κατανομή των Βιοκαυσίμων και των άλλων ανανεώσιμων καυσίμων στους συμμετέχοντες στο Πρόγραμμα
- Καθορίζονται οι προϋποθέσεις διάθεσης των Βιοκαυσίμων και των Άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων, σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές που καθορίζει το Ανώτατο Χημικό Συμβούλιο.
(Κανένα βιοκαύσιμο δεν μπορεί να κυκλοφορήσει στην Ελληνική αγορά εάν δεν έχουν οριστεί οι τεχνικές προδιαγραφές του από το Α.Χ.Σ.)

4. **Άρθρο 34 του ν. 3340/2005**, (ΦΕΚ 112Α/10.5.05)

- καθορίζονται, για τα έτη 2005, 2006 και 2007 αντίστοιχες ποσότητες **51.000, 91.000 και 114.000** κυβικών μέτρων αυτούσιου βιοντίζελ, που υπόκεινται σε μηδενικό Ε.Φ.Κ.

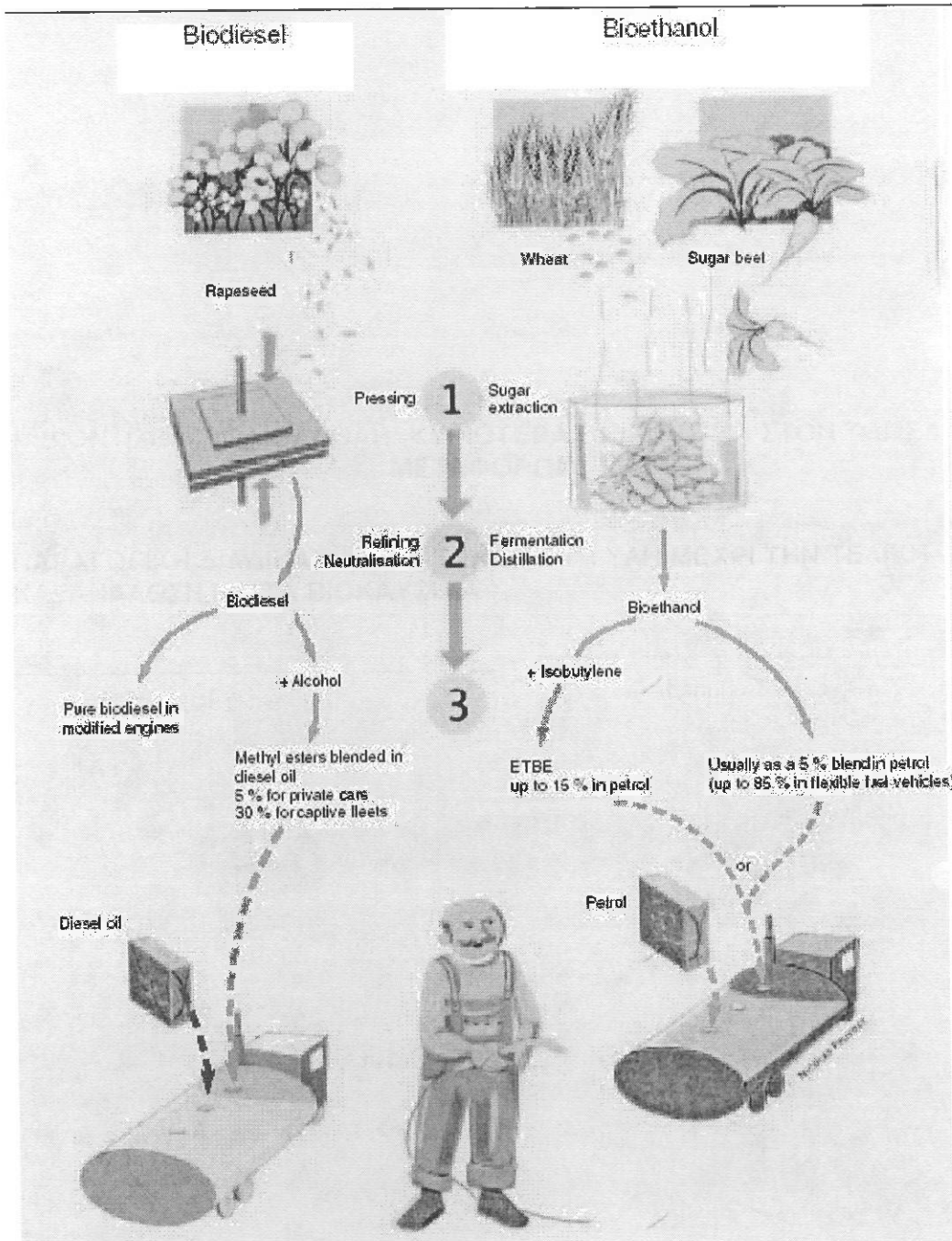
5. **Άρθρο 78 του ν. 2960/2001** «Εθνικός Τελωνειακός Κώδικας» (ΦΕΚ Α' 265), όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 1 του ν. **3336/2005** (ΦΕΚ 96/Α/20.4.05)

- Εναρμόνιση της οδηγίας 2003/96/ΕΚ, <<σχετικά με την αναδιάρθρωση του κοινοτικού πλαισίου φορολογίας των ενεργειακών προϊόντων και της ηλεκτρικής ενέργειας>>

6. **Δ6/Φ.18/οικ. 24709**, Ανακοίνωση του Υπ.Αν. <<για την διάθεση ποσότητας βιοντίζελ 2500 χιλιόλιτρων στην Ελληνική Επικράτεια για το 2005.

ΜΕΡΟΣ II
ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ-ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ: ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ
ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ.

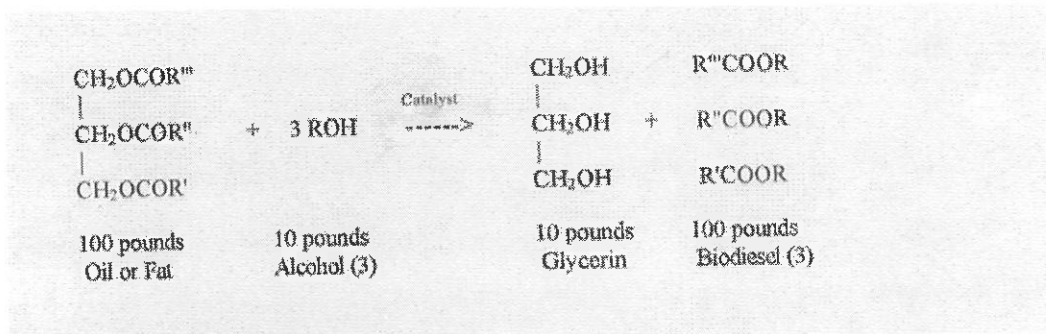
ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΤΕΛΙΚΗ
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΙΑ ΤΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ



πηγή: Ευρωπαϊκή Ένωση

1. ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Η ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΕΣΤΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ



ROH: CH₃OH, Καταλύτης: NaOH, KOH

R, R', R'': Ανθρακικές αλυσίδες των αντίστοιχων λιπαρών οξέων των FAME , που συναντώνται στα φυτικά και ζωικά λίπη..

Τα φυτικά έλαια έχουν πολύ υψηλό ιξώδες και χαμηλή σταθερότητα (οξειδώνονται εύκολα) και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις μηχανές ντίζελ παρά μόνο εάν γίνει μετατροπή της μηχανής. Επιβάλλεται η αντίδραση της μετεστεροποίησης.

2. ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ

Η βιοαιθανόλη ή αιθυλική αλκόολη παράγεται με ζύμωση κόκκων πλούσιων σε ζάχαρα ή άμυλα από δημητριακά, ζαχαροκάλαμα, ζαχαρότευτλα, φυτό γλυκός σόργος.

Οι δυο τρόποι προώθησης της βιοαιθανόλης είναι μέσω του ETBE και με απευθείας μίξη με τη βενζίνη.

A) Βιο- ETBE

- Ο ETBE (αιθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας) παράγεται με την αντίδραση της βιοαιθανόλης με το ισοβουτυλένιο σε ένα διυλιστήριο.

- Ο ΕΤΒΕ χρησιμοποιείται ως μίγμα 15% κ.ό. στην βενζίνη (45%βιοαιθανόλη-55% ισοβουτυλένιο).
- Ο ΕΤΒΕ αυξάνει τον αριθμό οκτανίου των βενζινών.
- Εφαρμόζεται κυρίως στην Ισπανία και Γαλλία

Β) Απευθείας μίξη της βιοαιθανόλης στη βενζίνη

Στην Ευρώπη, κυρίως η Σουηδία εφαρμόζει την απευθείας μίξη με τη βενζίνη.

Μάλιστα στην Σουηδία διακινείται

- Ε 85 (85% βιοαιθανόλη με 15% βενζίνη) σε τροποποιημένους βενζινοκινητήρες (flexifuels cars).
- Ε 95 (95% βιοαιθανόλη και ειδικά προσθετα) χρησιμοποιούνται από λεωφορεία (captive fleets).

ΜΕΡΟΣ III ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Πρότυπο EN 14214 για B100

Οι ΜΛΟ

- Είναι λιγότερο σταθερές χημικές ενώσεις από τα αντίστοιχα ορυκτά καύσιμα.
- Είναι εύκολα βιο-αποικοδομήσιμες ενώσεις, θετικό σε περίπτωση διαρροής σε οικολογικές περιοχές αλλά αρνητικό σε περίπτωση αποθήκευσης λόγω μη σταθερότητας του καυσίμου.
- Υποβαθμίζονται παρουσία οξυγόνου, θερμότητας, νερού, μεταλλικών ιόντων και άλλων ακαθαρσιών.
- Παρουσία οξυγόνου δημιουργούνται διαβρωτικά οξέα (φορμικό, ακετικό οξύ) και προϊόντα πολυμερισμού.
- Το νερό διασπά τον εστερικό δεσμό δημιουργώντας λάσπη στις δεξαμενές καυσίμων
- Έχουν διπλάσια τιμή ιξώδους από το ντίζελ. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, κρυσταλλώνονται και στερεοποιούνται.
- Έχουν υψηλότερο σημείο ανάφλεξης από το ντίζελ (ασφάλεια ως προς το χειρισμό του αλλά απαιτείται υψηλότερη θερμοκρασία για το μίγμα ατμών/αέρα για ανάφλεξη)
- Οξειδώνονται από ορισμένα μέταλλα (μπρούντζος, χαλκός, κασσίτερος, ψευδάργυρος) δημιουργώντας αποθέσεις και βουλώματα.
- Δεν είναι συμβατοί με ορισμένα πολυμερή-μονωτικά υλικά (π.χ. πολυβινύλιο).

Το πρότυπο εξασφαλίζει ότι το προϊόν βιοντίζελ

- Είναι απαλλαγμένο από άλλες χημικές ουσίες υπολείμματα της παραγωγικής διαδικασίας.
- Δεν οξειδώνεται
- Έχει τις απαιτούμενες φυσικές ιδιότητες για καύση σε μια ντιζελομηχανή.

A) Θέτει περιορισμούς στο περιεχόμενο ως προς

- Ελεύθερη μεθανόλη
- Νερό
- Ελεύθερη γλυκερίνη
- Μονο, δι και τριγλυκερίδια
- Ελεύθερα λιπαρά οξέα
- Αλκαλικά μέταλλα

B) Εξετάζει την σταθερότητα στην οξειδωση

- Βαθμός ιωδίου, βαθμός οξύτητας

Γ) Εξετάζει τις ιδιότητες για σωστή καύση

- Αριθμό κετανίου, σημείο ανάφλεξης, ιξώδες.

Πρότυπο βιοαιθανόλης

- Δεν υπάρχει ευρωπαϊκό πρότυπο (για E5, E85).
- Ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες εκδίδουν εθνικά πρότυπα

Λόγοι

- Δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα από τη χρήση του βιο-ΕΤΒΕ.
- Η βιοαιθανόλη παρουσιάζει υψηλές τάσεις ατμών σε μίγματα E5 με προβλήματα αυξημένων VOC 's, που έρχεται σε αντίθεση με την πολιτική στρατηγική της ΕΕ (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για μείωση των αερίων του θερμοκηπίου).
- Η Ε.Ε. είναι ελλειμματική σε αποθέματα ντίζελ και πλεονασματική σε αποθέματα βενζίνης. Εξαγωγή βενζίνης στις ΗΠΑ.

- Τα ¾ της παραγωγής της βιοαιθανόλης διακινούνται στην ΕΕ ως ΕΤΒΕ.
- Η χρήση της βιοαιθανόλης ως Ε5 είναι δυνατή εάν αντικατασταθούν από τη βενζίνη ορισμένα ελαφρά και επομένως πτητικά συστατικά π.χ. βουτάνιο. Μεγάλο κόστος για τα διυλιστήρια.
- Η αιθανόλη είναι διαλυτή στο νερό (προβλήματα διακίνησης).

Συνεπώς, η Ε.Ε. δεν υποστηρίζει την απευθείας μίξη της βιοαιθανόλης στη βενζίνη παρά κυρίως την έμμεση χρήση της μέσω ΕΤΒΕ.

ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΜΕ ΒΙΟΜΑΖΑ

Κ. Κίττας, Θ. Μπαρτζάνας

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος,
Οδός Φυτόκου, 38446 Νέα Ιωνία Μαγνησίας
E-mail: ckittas@uth.gr

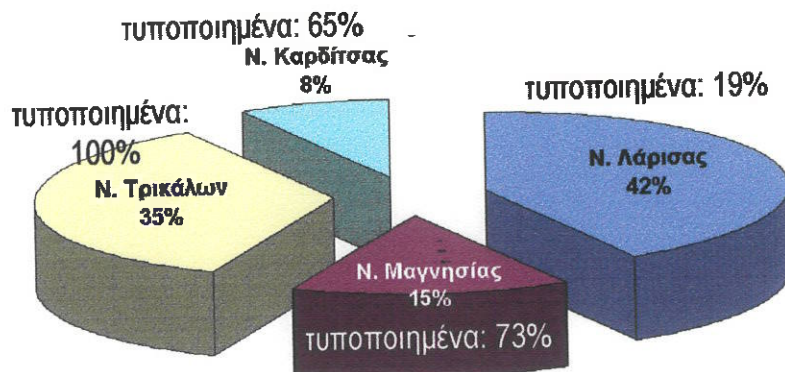
Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι κυριότερες χρήσεις της βιομάζας για θέρμανση των θερμοκηπίων. Αρχικά γίνεται μια αναφορά στους τρόπους ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας καθώς και στους τρόπους αξιοποίησης της στα θερμοκήπια. Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία για τις δυνατότητες υποκατάστασης των συμβατικών καυσίμων για θέρμανση των θερμοκηπίων του Νομού Μαγνησίας με χρήση βιομάζας και προτείνονται μέτρα για την επέκταση της χρήσης της ως πηγή ενέργειας σε θερμοκήπια.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία 15 χρόνια η παραγωγή θερμότητας με καύση βιομάζας για θέρμανση θερμοκηπίων εξαπλώθηκε με γρήγορους ρυθμούς στη χώρα μας. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στους εθνικούς και ευρωπαϊκούς πόρους που διατέθηκαν για την κατασκευή θερμοκηπίων με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με έμφαση στη θέρμανση από βιομάζα. Η Θεσσαλία είναι μια από τις περιοχές στις οποίες παρατηρήθηκε πάνω από 100% απορρόφηση των κονδυλίων που διατέθηκαν για αυτό το σκοπό, με αποτέλεσμα να λειτουργεί σήμερα στην Περιφέρειά Θεσσαλίας σημαντικός αριθμός συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα για θερμοκήπια.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται, αρχικά, μια ανασκόπηση των συστημάτων, τεχνολογιών και ειδών βιομάζας που χρησιμοποιούνται κατά τη θέρμανση θερμοκηπίων με βιομάζα. Με κίνητρο, κυρίως, το άμεσο ενδιαφέρον τόσο των χρηστών όσο και των κατασκευαστών θερμοκηπίων για μείωση του κόστους θέρμανσης, γίνεται στη συνέχεια μια διερεύνηση της δυνατότητας υποκατάστασης των συμβατικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται για θέρμανση των θερμοκηπίων της Μαγνησίας, με βιομάζα. Η επιλογή της Μαγνησίας μεταξύ των τεσσάρων Νομών της Περιφέρειας οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι στο Νομό υπάρχει μεγάλος αριθμός τυποποιημένων θερμοκηπίων, όπως προκύπτει από το Σχήμα 1, (Γεωργία και Κτηνοτροφία, 2000), για τα οποία υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία κατανάλωσης καυσίμων για θέρμανση.



Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας 1998

Σχήμα 1. Κατανομή εκτάσεων θερμοκηπίων στη Θεσσαλία.

Μεγάλο ενδιαφέρον, όμως, φαίνεται να παρουσιάζουν τόσο ο Νομός Τρικάλων ο οποίος έχει το 35% των θερμοκηπίων της Περιφέρειας και είναι όλα τυποποιημένα, όσο και ο Νομός Λάρισας στον οποίο παρά το γεγονός ότι υπάρχει μικρό ποσοστό τυποποιημένων θερμοκηπίων, διαθέτει το 45% της συνολικής έκτασης των θερμοκηπίων της Περιφέρειας.

2. Βιομάζα και τρόπος αξιοποίησης της

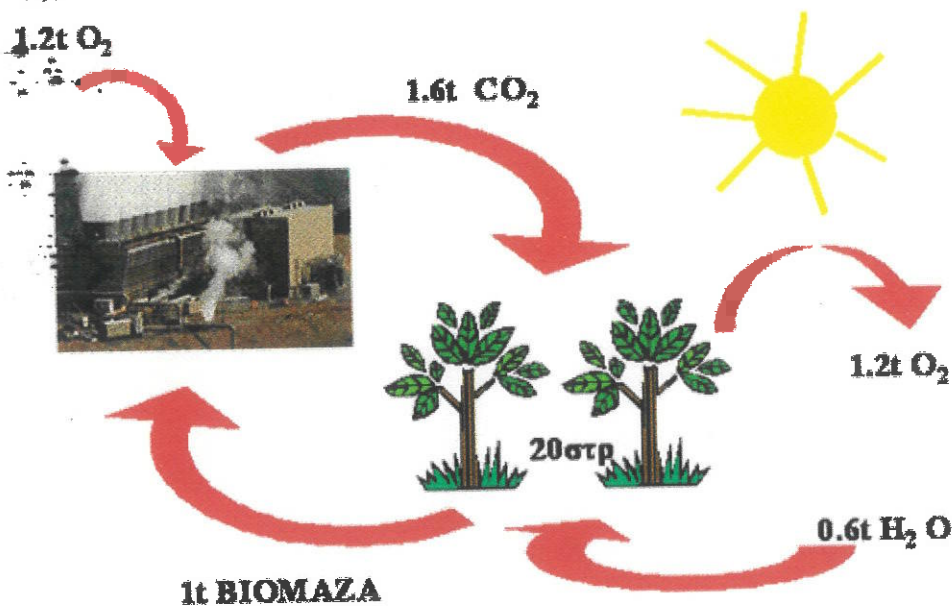
Με τον όρο βιομάζα αναφερόμαστε σε οποιοδήποτε προϊόν, υποπροϊόν ή υπόλειμμα προέρχεται από οργανική ύλη φυτική ή ζωικής παραγωγής.

Ειδικότερα, η βιομάζα περιλαμβάνει:

- Τα προϊόντα, υποπροϊόντα και κατάλοιπα της γεωργικής, δασικής και ζωικής παραγωγής
- Τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη βιομηχανική επεξεργασία των παραπάνω προϊόντων
- Τα αστικά λύματα και σκουπίδια
- Τις φυσικές ύλες που προέρχονται, είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως αυτόφυτη φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες

Η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών. Οι βασικές πρώτες ύλες γι' αυτό είναι το νερό και

το CO₂ που αφθονούν στην φύση. Οι θεμελιώδεις αντιδράσεις πραγματοποιούνται στους χλωροπλάστες, οι οποίοι συλλαμβάνουν τα φωτόνια και στη συνέχεια ενεργοποιούν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης που ανάγει το CO₂ σε υδατάνθρακες. Κατά την πορεία της φωτοσύνθεσης σχηματίζονται οργανικές ενώσεις, δηλαδή βιομάζα. Εδώ φαίνεται και ο σπουδαίος ρόλος των φυτών στην παραγωγή ενέργειας αφού απορροφούν το CO₂ και το μετατρέπουν σε βιομάζα. Σχηματικά η όλη διαδικασία φαίνεται στο Σχήμα 2 που ακολουθεί.



Σχήμα 2. Σχηματική παράσταση διαδικασίας παραγωγής βιομάζας

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι ουσιαστικά η καύση της βιομάζας είναι ουδέτερη στην προσθήκη CO₂ στην ατμόσφαιρα και κατά συνέπεια η χρήση βιομάζας δεν μολύνει το περιβάλλον. Έτσι, μια δασική έκταση 20 στρεμμιάτων για την παραγωγή 1 τόνου βιομάζας χρειάζεται 0.6 τόνους νερό, απορροφά 1.6 τόνους CO₂ και εκλύει 1.2 τόνους οξυγόνο. Αν η βιομάζα αυτή καεί για την παραγωγή ενέργειας σε μια βιομηχανία θα απορροφήσει 1.2 τόνους οξυγόνο και θα εκλύσει στην ατμόσφαιρα 1.6 τόνους CO₂ που θα χρησιμοποιηθούν την επόμενη χρονιά για την παραγωγή βιομάζας. Ουσιαστικά, λοιπόν, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, η οποία αναλύθηκε παραπάνω, τα φυτά θα μετατρέπουν το CO₂ σε ενέργεια (βιομάζα) χωρίς να συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Οι μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας είναι διάφορες (Τσατήρης και άλλοι 1996). Η απλούστερη ίσως μορφή χρησιμοποίησης της βιομάζας είναι η καύση. Κάθε υλικό με σχετικά χαμηλή υγρασία μπορεί να καεί. η καύση είναι απλή μέθοδος, δεν χρειάζεται ειδικές εγκαταστάσεις για μικρή χρήση αλλά είναι λιγότερο αποτελεσματική από άλλες μεθόδους μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια. Γενικά οι μέθοδοι μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια διακρίνονται σε θερμοχημικές (ξηρές) ή σε βιομηχανικές (υγρές). Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής προσδιορίζεται από: τη σχέση C/N, την περιεχόμενη υγρασία των υπολειμμάτων και την ώρα συλλογής.

Στις *θερμοχημικές διεργασίες* περιλαμβάνονται:

- Η πυρόλυση (θέρμανση απουσία αέρα)
- Η απευθείας καύση
- Η αεριοποίηση
- Η υδρογονοδιάσπαση

Στις *βιομηχανικές διεργασίες*, που ονομάζονται έτσι επειδή είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης, περιλαμβάνονται:

- Αερόβια ζύμωση
- Αναερόβια ζύμωση

Σχηματικά οι διάφορες μέθοδοι μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια παριστάνονται στο Σχήμα 3.

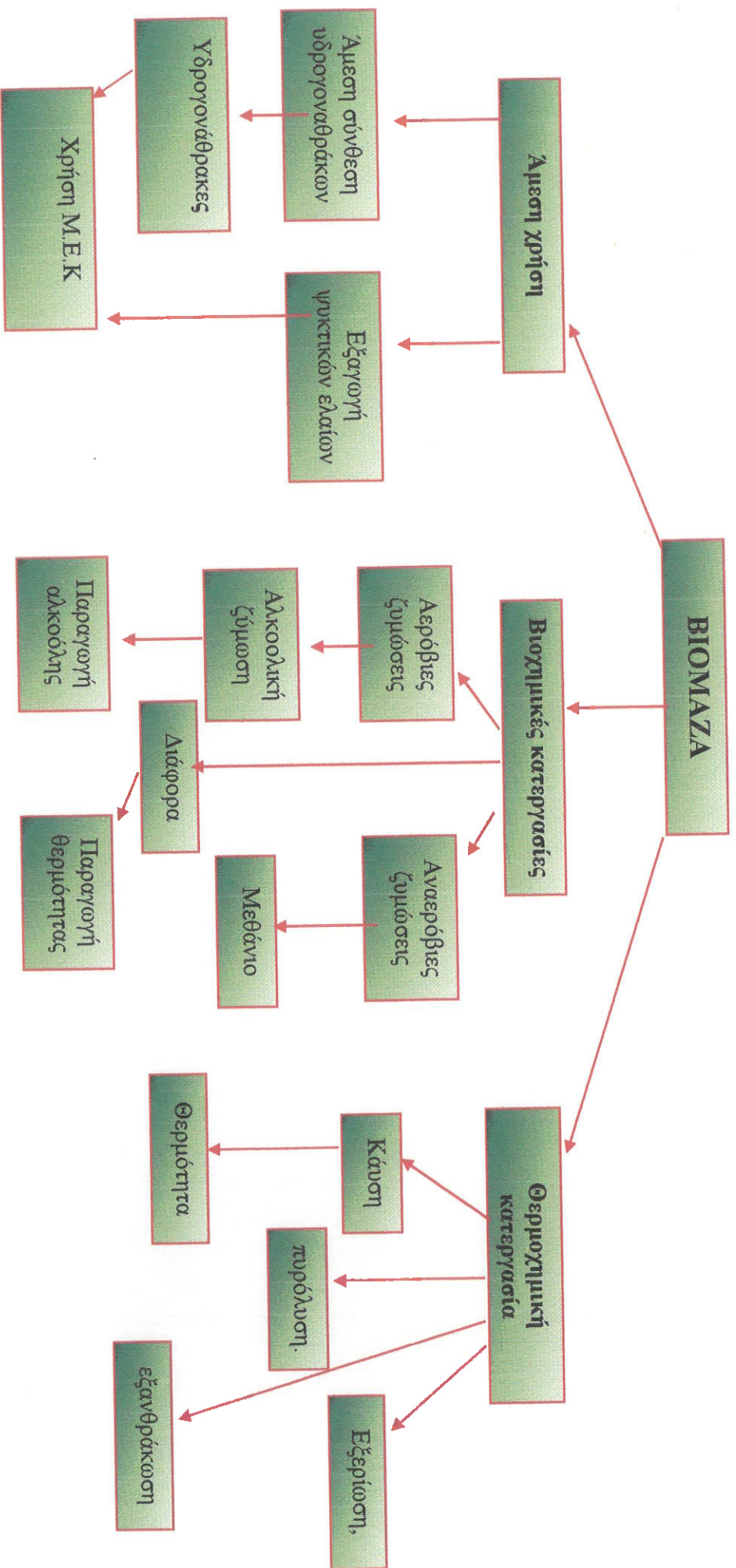
3. Θέρμανση θερμοκηπίων με βιομάζα

Η θέρμανση των θερμοκηπίων με βιομάζα είναι δυνατόν να γίνει χρησιμοποιώντας κατάλληλα, κυρίως:

- Ξύλο.
- Ενεργειακές καλλιέργειες
- Γεωργικά υπολείμματα
- Βιοαέριο

3.1 Θέρμανση θερμοκηπίων με ξύλο

Ίσως ο παλαιότερος τρόπος θέρμανσης των θερμοκηπίων είναι με ξύλα. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή σε κατάλληλα σημεία του θερμοκηπίου τοποθετούνται ξυλόσομπες, όπου με την καύση ξύλων παράγεται η απαιτούμενη θερμότητα για την



Σχήμα 3. Μέθοδοι εκμετάλλευσης της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας

ανύψωση της θερμοκρασίας του αέρα. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα συστήματα κεντρικής θέρμανσης με καυστήρες που καταναλώνουν ξύλο και το παραγόμενο θερμό νερό με κατάλληλο σύστημα επιδαπέδιας θέρμανσης θερμαίνει το χώρο του θερμοκηπίου. Πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι το χαμηλό κόστος στην περίπτωση που ο καλλιεργητής έχει διαθέσιμες δωρεάν μεγάλες ποσότητες ξύλου. Μειονέκτημα του συστήματος είναι η αδυναμία τροφοδότησης της πρώτης ύλης στον καυστήρα. Στον Πίνακα 1 αναφέρεται η μέση ετήσια κατανάλωση ξύλου ενός τυπικού θερμοκηπίου σε διάφορες περιοχές της Ελλάδος.

Πίνακας 1. Ενδεικτική μέση ετήσια κατανάλωση ξύλου ενός τυπικού θερμοκηπίου με κάλυμμα απλό πολυαιθυλένιου για ελάχιστη νυχτερινή θερμοκρασία 13 °C και ελάχιστη ημερήσια 18 °C (Γ. Μαυρογιαννόπουλος 1996)

Θέση	Εποχή καλλιέργειας	Ξύλο ξηρό kgm ⁻² (80% απόδοση λέβητα)	
		Χωρίς θερμοκουρτίνα	Με θερμοκουρτίνα
Κομοτηνή	7/10 – 7/7	46.6	33.9
Κομοτηνή	20/1 – 20/10	25.9	19.3
Χαλκίδα	7/10 – 7/7	23.9	17.3
Νάξος	7/10 – 7/7	15.6	12.8
Ιεράπετρα	7/10 – 7/7	10.6	8.7

3.2 Ενεργειακές καλλιέργειες

Στην Ε.Ε. τα τελευταία χρόνια, αντικείμενο έρευνας έχει αποτελέσει η εισαγωγή στη γεωργική πραγματικότητα των ενεργειακών καλλιεργειών (Χρήστου Μ., 1998, Πανούτσου, 1996). Για τον σκοπό αυτό έχουν δημιουργηθεί ερευνητικά δίκτυα με συμμετοχή ερευνητικών Ιδρυμάτων και Πανεπιστημίων από όλη την Ευρώπη.

Τα κυριότερα φυτά στα οποία έχει επικεντρωθεί η έρευνα για χρήση τους (Σχήμα 4) για ενεργειακούς σκοπούς είναι:

Ετήσιες καλλιέργειες:

- σακχαρούχο σόργο,
- ινώδες σόργο,
- ελαιοκράμβη,
- κενάφ.

Πολυετείς καλλιέργειες:

- γεωργικές: καλάμι,

- μίσχανθος, (σχήμα 3α)
- αγριαγκινάρα, (σχήμα 3β)
- ευκόλυπτος,
- ψευδοκακία.



Σχήμα 4. Παραγωγή βιομάζας από ενεργειακά φυτά

Οι κυριότεροι τομείς στους οποίους επικεντρώνεται η έρευνα στον τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών είναι: α) η αποδοτικότητα και προσαρμοστικότητα κάτω από διάφορες εδαφοκλιματικές συνθήκες, β) η κατάλληλη καλλιεργητική τεχνική (εποχή σποράς, αποστάσεις φύτευσης, επίπεδα άρδευσης και λίπανσης, εποχή και τεχνική συγκομιδής), γ) οι επιπτώσεις των φυτών αυτών στο περιβάλλον (επίδραση στους υδατικούς και εδαφικούς πόρους επιπτώσεις στη ρύπανση των υπογείων υδροφορέων και της ατμόσφαιρας). Οι καλλιέργειες αυτές θα μπορούσαν να καλύψουν σημαντικό μέρος των ενεργειακών αναγκών της χώρας όντας μια πηγή ενέργειας φιλική προς το περιβάλλον που δεν συμβάλλει στην παραγωγή CO₂ και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Συγχρόνως θα υπάρχει μία ανεξάντλητη για την διάθεση των προϊόντων αγορά -που σήμερα καλύπτεται από εισαγόμενα καύσιμα- με αποτέλεσμα να εξοικονομηθούν σημαντικοί συναλλαγματικοί πόροι. Οι καλλιέργειες αυτές θα επιτρέψουν την αποφυγή των διαβρώσεων και της έκλυσης των εδαφών που θα έμεναν ακαλλιέργητα, ενώ συγχρόνως θα αξιοποιήσουν το υπάρχον ανθρώπινο δυναμικό συγκρατώντας τους αγρότες στην ύπαιθρο. Συγχρόνως, μονάδες παραγωγής ενέργειας (μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας/ηλεκτρισμού ή παραγωγής βιοκαυσίμων) θα αναπτυχθούν στην περιφέρεια και θα δημιουργήσουν νέες θέσεις εργασίας.

3.3 Αξιοποίηση γεωργικών υπολειμμάτων

Ο γεωργικός τομέας είναι σημαντικός παραγωγός βιομάζας με τη μορφή υπολειμμάτων καλλιεργειών, κτηνοτροφικών αποβλήτων και υπολειμμάτων επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων (Μαρτζόπουλος, 1980, Αποστολάκης και άλλοι 1987, Γέμτος 1992). Τα υπολείμματα των γεωργικών προϊόντων μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: υπολείμματα ετήσιων καλλιεργειών και υπολείμματα πολυετών καλλιεργειών.

3.3.1 Υπολείμματα ετήσιων καλλιεργειών

Ενδιαφέρον για την Ελλάδα παρουσιάζουν το άχυρο των σιτηρών, του ρυζιού και του ηλιάνθου, τα στελέχη και τα κότσαλα αραβοσίτου και τα βαμβακοστελέχη. Τα κυριότερα υπολείμματα ετήσιων καλλιεργειών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Κυριότερα υπολείμματα ετήσιων καλλιεργειών, χαρακτηριστικά και δυναμικό (μέσοι όροι, 1990 – 1997)

Υπόλειμμα	Υγρασία (%)	Θερμογόνος δύναμη (MJ/ kg Ξ.Ο)	Θεωρητικό δυναμικό (τόνοι Ξ.Ο/έτος)	Θεωρητικό ενεργειακό δυναμικό (χιλ. ΤΠΗ/έτος)
Άχυρο μαλακού σίτου	10 - 20	17.9	665.622	279
Άχυρο σκληρού σίτου	10 - 20	17.9	1.278.220	536
Άχυρο ρυζιού	20 - 30	16.7	120.582	47
Βαμβακοστελέχη	10 - 20	18.2	1.358.178	579
Στελέχη αραβοσίτου	55 - 65	18.5	583.286	253
Κότσαλα αραβοσίτου	45 - 55	18.4	281.227	121

3.3.2 Υπολείμματα πολυετών καλλιεργειών

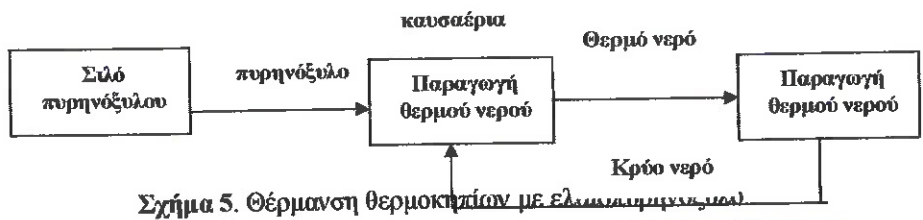
Τα υπολείμματα τα οποία προέρχονται από το κλάδεμα ροδακίνων, ελαιώνων και των υπολοίπων δένδρων που καλλιεργούνται στη χώρα, όπως επίσης και των δένδρων των δασών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας (Κοκκινίδης, 1989). Τα κυριότερα υπολείμματα πολυετών καλλιεργειών παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Κυριότερα υπολείμματα πολυετών καλλιεργειών, χαρακτηριστικά και δυναμικό (μέσοι όροι, 1990 – 1997)

Υπόλειμμα	Υγρασία (%)	Θερμογόνος δύναμη (MJ/ kg Ξ.Ο)	Θεωρητικό δυναμικό (τόνοι Ξ.Ο/έτος)	Θεωρητικό ενεργειακό δυναμικό (χιλ.ΤΠΠ/έτος)
Κληματίδες	40 – 50	18.3	437.282	187
Κλαδοδέματα ελιάς	30 – 40	18.1	1.210.732	513
Κλαδοδέματα ροδακινιάς	35 – 45	19.4	222.457	101
Κλαδοδέματα αμυγδαλιάς	35 – 45	18.4	120.007	52
Κλαδοδέματα αχλαδιάς	35 – 45	18	47.053	20
Κλαδοδέματα μηλιάς	35 – 45	17.8	26.837	11
Κλαδοδέματα βερικοκιάς	35 – 45	19.3	17.019	8
Κλαδοδέματα λεμονιάς	35 – 45	17.6	50.143	21
Κλαδοδέματα πορτοκαλιάς	35 – 45	17.6	209.983	86

3.3.3. Θέρμανση θερμοκηπίων με ελαιοπυρηνόξυλο

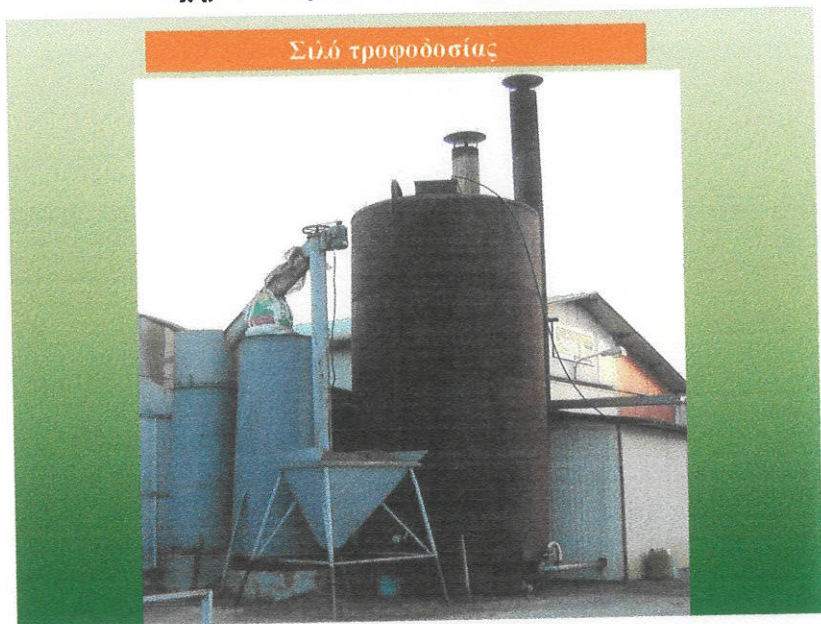
Μια σχετικά νέα μέθοδος, αλλά αρκετά διαδεδομένη, για τη θέρμανση θερμοκηπίων με βιομάζα αποτελεί η θέρμανση με ελαιοπυρηνόξυλο. Το πυρηνόξυλο από κατάλληλα σιλό μεταφέρεται σε ένα καυστήρα λέβητα, και το θερμό νερό που παράγεται κυκλοφορώντας σε επιδαπέδιο σύστημα σωληνώσεων θερμαίνει τον αέρα του θερμοκηπίου. Η θερμοκρασία του θερμού νερού κυμαίνεται στους 55 °C περίπου και η θερμοκρασία του νερού επιστροφής 5-8 °C χαμηλότερα. Σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι αυτοματοποιούνται πλήρως και μπορούν να επιτύχουν πλήρη έλεγχο της θερμοκρασίας του αέρα του θερμοκηπίου. Το διάγραμμα ενός τέτοιου συστήματος θέρμανσης παρουσιάζεται στο Σχήμα 5 ενώ στα Σχήματα 6, 7 και 8 παρουσιάζονται ο χώρος προσωρινής αποθήκευσης πυρηνόξυλου, το σιλό τροφοδοσίας και ο καυστήρας κάυσης αντίστοιχα. Η θέρμανση θερμοκηπίων με ελαιοπυρηνόξυλο μπορεί να εφαρμοστεί σε θερμοκήπια που βρίσκονται κοντά σε ελαιοπαραγωγικές περιοχές καθώς η αδιάλειπτη τροφοδότηση με πρώτη ύλη και το κόστος μεταφοράς είναι περιοριστικοί παράγοντες για την προώθηση της χρησιμοποίησης ελαιοπυρηνόξυλου για θέρμανση θερμοκηπίων.



Σχήμα 5. Θέρμανση θερμοκηπίων με ελαιόκαυσιμα



Σχήμα 6. Χώρος αποθήκευσης πυρηνόξυλου



Σχήμα 7 Σιλό μεταφοράς πυρηνόξυλου στον καυστήρα



Σχήμα 8. Καυστήρας καύσης πυρηνόξυλου

4. Θέρμανση θερμοκηπίων με βιοαέριο

Για τη θέρμανση των θερμοκηπίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το βιοαέριο. Τα συστήματα θέρμανσης με βιοαέριο είναι αντίστοιχα με αυτά που χρησιμοποιούν υγραέριο. Το βιοαέριο μπορεί να προέρχεται από:

- χώρους υγειονομικής ταφής στερεών αποβλήτων
- Εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης ύλης μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων
- Εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης βιομηχανικών αποβλήτων πλούσιων σε οργανική ύλη π.χ αποβλήτων ελαιουργείων
- Εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης κτηνοτροφικών αποβλήτων.

Όσο αφορά τα κτηνοτροφικά απόβλητα η αναμενόμενη ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από ένα σύστημα αναερόβιας ζύμωσης σε κτηνοτροφική μονάδα παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 3 (von Zabeltitz, 1988):

Πίνακας 3. Παραγόμενη ενέργεια και παραγωγή βιοερίου ανάλογα με το είδος της κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης.

Μονάδα	Ενέργεια MJ/ζώο, ημέρα	Βιοαέριο m³/ζώο, ημέρα
Εκτροφής μοσχαριών	9.11	0.42
Εκτροφής αγελάδων	12.96	0.6
Χοιροτροφείο	2.6	2.6
Πτηνοτροφείο	0.22	0.01

5. Τεχνικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων συστημάτων παραγωγής θερμότητας από βιομάζα

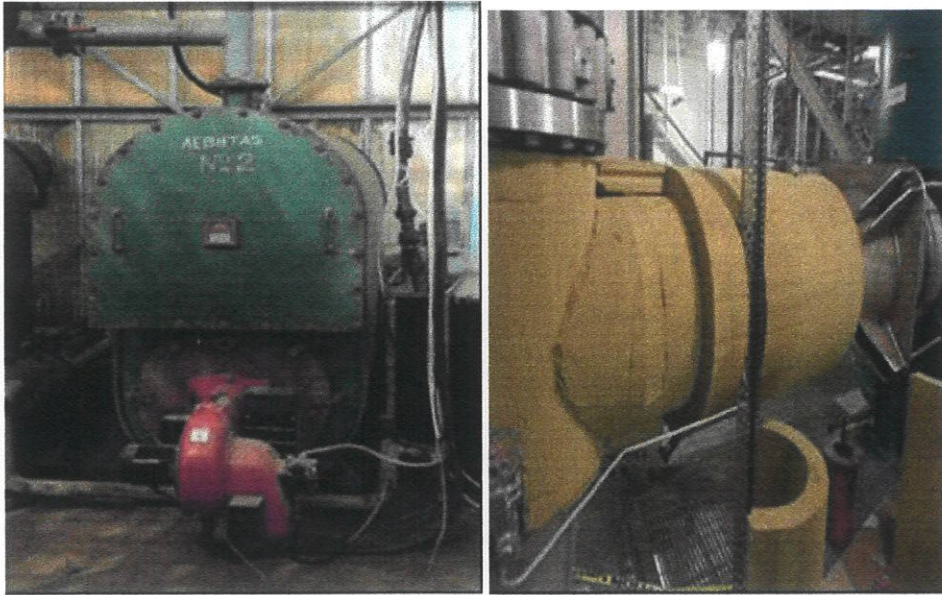
Τα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα που καταγράφηκαν απαρτίζονταν από τρία μέρη:

- αποθήκη βιομάζας
- σιλό τροφοδοσίας του καυστήρα
- καυστήρα
- σύστημα διανομής της θερμότητας
- εξοπλισμό ελέγχου και ασφαλείας
- εξοπλισμό ελέγχου εκπομπών καυσαερίων και αιθάλης

Το σύστημα διανομής της θερμότητας δεν διαφοροποιείται ανάλογα με το αν πρόκειται για θέρμανση με βιομάζα ή με άλλο καύσιμο, αλλά είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι τα περισσότερα θερμοκήπια χρησιμοποιούν επιδαπέδια θέρμανση χαμηλής θερμοκρασίας (45 - 50 °C).

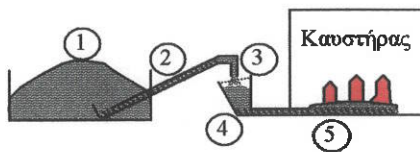
Οι καυστήρες είναι όλοι τύπου σταθερής σχάρας (συνήθως τύπου Volcano), υδραυλωτοί οι περισσότεροι με μονή ή διπλή σειρά κατακόρυφων σωλήνων νερού (σχήμα 9). Η τροφοδοσία με πρωτεύοντα αέρα γίνεται με διέλευση διαμέσου του καυσίμου ενώ σε κανένα σύστημα δεν υπάρχει τροφοδοσία με δευτερεύοντα αέρα στο θάλαμο καύσης.

Η τροφοδοσία του καυστήρα με καύσιμο σε όλες τις περιπτώσεις πραγματοποιείται με κοχλία από σιλό μικρής χωρητικότητας προσαρτημένο στον καυστήρα. Για την παράταση της αυτονομίας του συστήματος οι παραγωγοί έχουν κατασκευάσει συστήματα πλήρωσης του σιλό από αποθήκη βιομάζας μεγαλύτερης χωρητικότητας. Αυτή μπορεί να είναι είτε ο χώρος στον οποίο εκφορτώνεται η βιομάζα κατά την παραλαβή της είτε ενδιάμεσο σιλό μεγαλύτερης χωρητικότητας (σχήμα 10).

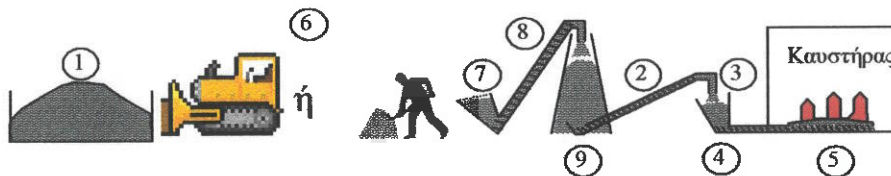


Σχήμα 9. Αντικατάσταση συμβατικών καυστήρων από καυστήρες βιομάζας

a) Απευθείας τροφοδοσία από το χώρο εκφόρτωσης βιομάζας



b) με ενδιάμεση βραχυπρόθεσμη αποθήκη καυσίμου (σίλο)



Σχήμα 10. Συστήματα τροφοδοσίας που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια (1) εκφόρτωση βιομάζας (2) κοχλιομεταφορέας που τροφοδοτεί το σιλό του καυστήρα, (3) σήτα, (4) σιλό καυστήρα, (5) κοχλίας του καυστήρα, (6) σύστημα φόρτωσης ενδιάμεσης αποθήκης βιομάζας (χειρονακτικό ή μηχανικό), (7) σιλό με σήτα, (8) κοχλιομεταφορέας που τροφοδοτεί την ενδιάμεση αποθήκη καυσίμου, (9) ενδιάμεση αποθήκη καυσίμου.

6. Θέρμανση θερμοκηπίων με βιομάζα στην περιοχή της Μαγνησίας

Για τη διερεύνηση της δυνατότητας θέρμανσης των θερμοκηπίων της Μαγνησίας με γεωργικά υπολείμματα, απαιτούνται στοιχεία τα οποία αφορούν, αφενός τις θερμοκηπιακές μονάδες της περιοχής και, αφετέρου το δυναμικό βιομάζας.

Προς τούτο, έγινε αρχικά καταγραφή των θερμοκηπίων της Μαγνησίας και συνελέγησαν στοιχεία κατανάλωσης, είδους καυσίμων και τύπων χρησιμοποιούμενων καυστήρων για τα εξ αυτών θερμαινόμενα. Στη συνέχεια, με χρήση ερωτηματολογίων συνελέγησαν πληροφορίες για τις κατηγορίες χρηστών βιομάζας στη περιοχή και για τα προβλήματα που εμποδίζουν την εξάπλωση της χρήσης βιομάζας. Τέλος, αφού καταγράφηκαν οι διαθέσιμες εναλλακτικές πηγές βιομάζας γεωργικής προέλευσης στις περιοχές με θερμοκήπια της Μαγνησίας προτείνονται μέτρα για την επέκταση της χρήσης βιομάζας για θέρμανση θερμοκηπίων.

6.1 Τα θερμοκήπια της Μαγνησίας

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας στη Μαγνησία λειτουργούν 222 στρέμματα θερμοκηπίων. Στην παρούσα εργασία κατεγράφησαν, με επιτόπιες επισκέψεις, 150 στρέμματα θερμοκηπίων τα οποία κατανέμονται σε 5 περιοχές: Αγριά - Λεχώνια, Δίμηνη-Ν.Ιωνία, Ν.Παγασές, Βελεστίνο, Αγχίαλος και Αλυρός.

Το 72% των θερμοκηπίων και το 81% των εκτάσεων που καταγράφηκαν λειτουργούν σε ετήσια βάση και θερμαίνονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το 80% των θερμοκηπιακών εκμεταλλεύσεων της Μαγνησίας διαθέτουν θερμοκήπια έκτασης μικρότερης από 5 στρέμματα. Το 50% μάλιστα δεν ξεπερνά τα 2 στρέμματα.

6.2. Η θέρμανση των θερμοκηπίων της Μαγνησίας

6.2.1 Απαιτούμενη ισχύς και ετήσια κατανάλωση θερμότητας

Η απαιτούμενη ισχύς καθώς και η τελική κατανάλωση θερμότητας στα θερμοκήπια εξαρτώνται κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες, την επιθυμητή θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κατασκευής. Σύμφωνα με τα στοιχεία κατανάλωσης του 1998 στη Μαγνησία (Bartzanas et al. 1998), καταναλώνονται για θέρμανση θερμοκηπίων 43.149 GJ εμπορικής πρωτογενούς ενέργειας ανά έτος, δηλαδή συνολική ενέργεια που αντιστοιχεί σε 1000 τόνους πετρέλαιο.

Με τη βοήθεια λογισμικού που αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας,

υπολογίσθηκαν η ετήσια κατανάλωση θερμότητας ανά μονάδα καλυμμένης επιφάνειας εδάφους και η κατανομή συχνοτήτων της απαιτούμενης αποδιδόμενης θερμικής ισχύος για τρεις επιθυμητές θερμοκρασίες, 10, 13 και 18 °C που συνήθως επιλέγονται στην περιοχή στα θερμαινόμενα θερμοκήπια. Τα θερμαινόμενα θερμοκήπια στην περιοχή είναι κυρίως μεταλλικά πολλαπλά με κάλυψη από γυαλί ή πλαστικά φύλλα (μονά ή διπλά). Πρόκειται συνεπώς για κατασκευές με καλή μόνωση. Η ολική αγωγιμότητα του καλύμματος που χρησιμοποιήθηκε στις προσομοιώσεις ήταν $7 \text{ W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, που είναι τιμή αντιπροσωπευτική για τα θερμοκήπια της περιοχής (Μαυρογιαννόπουλος, 1990). Ως κλιματικά δεδομένα, χρησιμοποιήθηκαν μέσες ωριαίες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας, θερμοκρασίας του αέρα και ταχύτητας του ανέμου που ελήφθησαν για την περιοχή Αγριάς - Λεχωνίων. Πρόκειται ίσως για την πιο θερμή περιοχή με θερμοκήπια στη Μαγνησία, καθότι βρίσκεται κοντά στη θάλασσα και προστατεύεται από τους βόρειους ανέμους χάρη στο Πήλιο. Η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 0 και 35 °C, ενώ τις περισσότερες ώρες του χειμώνα διατηρείται πάνω από 5 °C.

Η μέγιστη αποδιδόμενη ισχύς που απαιτείται για διατήρηση 10, 13 και 18 °C είναι 90, 115 και 170 W m^{-2} , αντίστοιχα.

Η ετήσια τελική κατανάλωση θερμότητας για καθένα από τα τρία επίπεδα θερμοκρασίας ανέρχεται σε 110, 320 και 880 MJ m^{-2} , αντίστοιχα (Σχήμα 11). Θεωρώντας ότι η μέση απόδοση των συστημάτων θέρμανσης των θερμοκηπίων είναι της τάξης του 70% τότε η καταναλισκόμενη πρωτογενής ενέργεια ανέρχεται σε 150, 450 και 1250 MJ m^{-2} για 10, 13 και 18 °C, αντίστοιχα. Η μέση κατανάλωση πρωτογενούς θερμότητας που υπολογίστηκε από τις δηλώσεις των παραγωγών ανέρχεται σε 346 MJ m^{-2} . Σε γενικές γραμμές οι υπολογισμένες από τις δηλώσεις των παραγωγών τιμές ετήσιας κατανάλωσης συμφωνούν με αυτές που εκτιμώνται από το λογισμικό για συνεχή διατήρηση επιθυμητών θερμοκρασιών μεταξύ 10 και 15 °C. Στην πραγματικότητα πολύ σπάνια οι παραγωγοί επιδιώκουν τη διατήρηση θερμοκρασιών της τάξης των 18 °C κατά τους κρύους χειμερινούς μήνες.

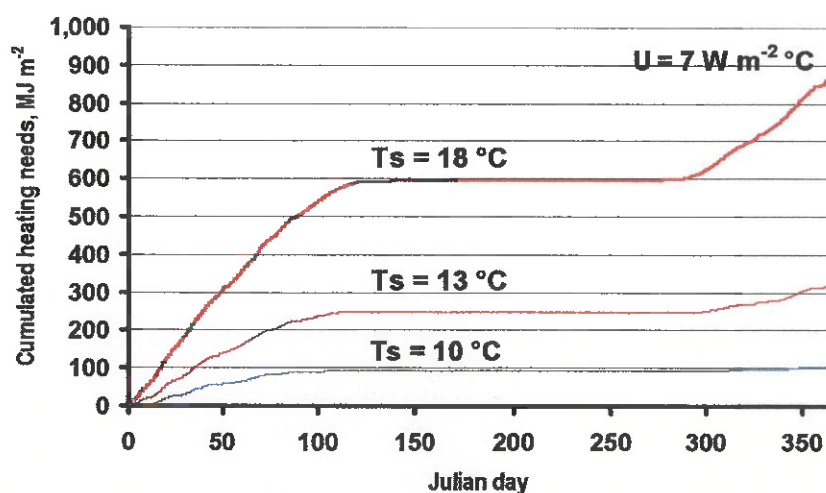
Η αθροιστική κατανομή του ποσοστού της συνολικής τελικής κατανάλωσης θερμότητας που ικανοποιείται για αποδιδόμενες θερμαντικές ισχύς από 0 έως 180 W m^{-2} δίνεται στο Σχήμα 12. Παρατηρούμε ότι με ισχύ (90 W m^{-2}) που είναι η μέγιστη ισχύς που απαιτείται για την διατήρηση 10°C στο θερμοκήπιο, μπορεί να ικανοποιηθεί και το 95% των αναγκών θέρμανσης στους 13 °C και το 70% στους 18 °C.

Τα παραπάνω στοιχεία προέκυψαν με βάση τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής Αγκριάς-Λεχωνίων. Παρότι στις περιοχές Βελεστίνου, Ν. Αγκιάλου και Αλυρού αναμένονται χαμηλότερες χειμερινές θερμοκρασίες και συνεπώς η κατανάλωση θερμότητας για τη διατήρηση των ίδιων θερμοκρασιών στο εσωτερικό του θερμοκηπίου αναμένεται θεωρητικά να είναι μεγαλύτερη στις περιοχές αυτές, στην πράξη οι παραγωγοί αναγκάζονται να διατηρούν χαμηλότερες επιθυμητές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα η συνολική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και το κόστος της θέρμανσης ανά μονάδα προϊόντος ή καλυμμένης επιφάνειας να μην διαφοροποιούνται πολύ από τη μια περιοχή στην άλλη.

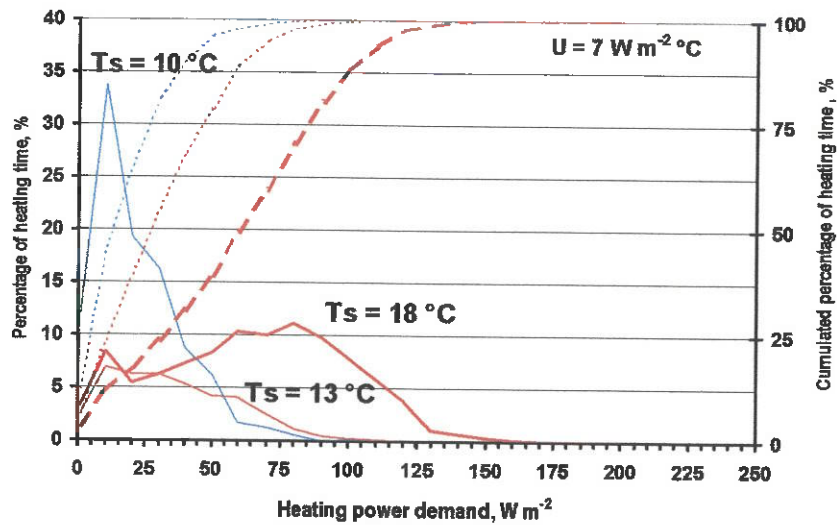
6.2.2 Χρησιμοποιούμενα καύσιμα και εγκατεστημένη ισχύς

Το μεγαλύτερο μέρος (84%) της εμπορικής πρωτογενούς ενέργειας που καταναλώθηκε για θέρμανση των θερμοκηπίων το 1998, προερχόταν από συμβατικά καύσιμα, κυρίως μαζούτ (53%) και πετρέλαιο θέρμανσης (27%). Η ενέργεια από βιοκαύσιμα αντιπροσώπευε το 16 % και προερχόταν κατά 88 % από πυρηνόξυλο ενώ το υπόλοιπο 12% από τσόφλια αμυγδάλου

Για τη θέρμανση χρησιμοποιούνται συστήματα παραγωγής θερμότητας με ονομαστική ισχύ έως 1200 kW. Η κατανομή της ισχύος ανά αριθμό θερμοκηπίων φαίνεται στο Σχήμα 13, ξεχωριστά για τα συστήματα με καύση βιομάζας και για αυτά με χρήση συμβατικών καυσίμων. Παρατηρεί κανείς ότι και στις δύο περιπτώσεις το 60 - 70% των συστημάτων έχουν ισχύ έως 600 kW.

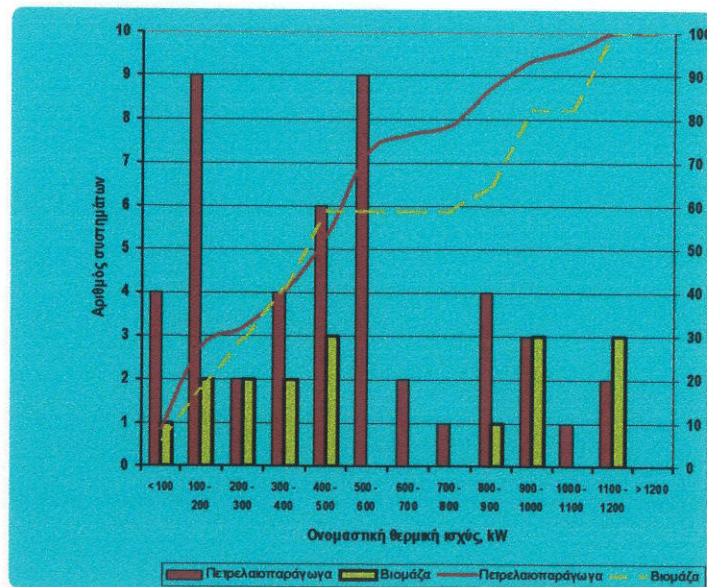


Σχήμα 11. Αθροιστική καμπύλη ημερήσιας κατανάλωσης θερμότητας ανά μονάδα επιφάνειας για τρεις επιθυμητές τιμές θερμοκρασίας ($T_s = 10, 13$ and 18 °C).



Σχήμα 12. Ποσοστιαία και αθροιστική κατανομή συχνότητων ζητούμενης θερμικής ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους θερμοκηπίου για τρεις επιθυμητές τιμές θερμοκρασίας ($T_s = 10, 13$ και 18 °C).

Στα συστήματα με καύση βιομάζας διακρίνονται δύο ομάδες: έως 500 kW και από 800 έως 1200 kW. Η μέση εγκατεστημένη ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας κυμαίνεται μεταξύ 100 και 150 W m⁻². Συγκρίνοντας με τα στοιχεία του Σχήματος 12, διαπιστώνεται ότι τα περισσότερα συστήματα θέρμανσης των θερμοκηπίων της Μαγνησίας μπορούν να διατηρήσουν επιθυμητές θερμοκρασίες μεταξύ 10 και 15 °C.



Σχήμα 13. Κατανομή ισχύος συστημάτων θέρμανσης συμβατικών καυσίμων και βιομάζας ανά αριθμό θερμοκηπίων στη Μαγνησία

6.3 Προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι χρήστες συστημάτων βιομάζας

Κρίναμε ενδιαφέρον να παραθέσουμε μερικά από τα προβλήματα που μας ανέφεραν οι παραγωγοί και χρήστες βιομάζας καθώς και τις εκτιμήσεις μας για τα πιθανά αίτια αυτών των προβλημάτων. Τα προβλήματα που συγκρατήσαμε με τη σειρά σπουδαιότητας και όπως μας τα ανέφεραν οι περισσότεροι παραγωγοί είναι τα εξής :

- *«Μπλοκάρει συχνά η τροφοδοσία με καύσιμο»*
Πιθανές αιτίες: ακαθαρσίες στο καύσιμο, διακοπή στη ροή καυσίμου στα σιλό τροφοδοσίας. Σημαντικό ρόλο παίζει κατά τη γνώμη μας η υποδομή αποθήκευσης της πρώτης ύλης στο θερμοκήπιο για την εξασφάλιση της ξηρότητας του υλικού.
- *«Δεν πιάνει την επιθυμητή θερμοκρασία»*
Πιθανές αιτίες: Η ονομαστική ισχύς δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, μειωμένη απόδοση λόγω ακαθαρσιών ή/και κακής ρύθμισης
- *«Πιάνει πέτρα και πέφτει η απόδοση»*
Πιθανές αιτίες: κακή ποιότητα καυσίμου ή/και χαμηλή θερμοκρασία νερού στο λέβητα ή ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στο εσωτερικό του λέβητα είτε λόγω κακής κυκλοφορίας αέρα είτε λόγω μειωμένης παροχής αέρα είτε λόγω πολλαπλών αναμιμάτων και σβησιμάτων.
- *«Τρυπάνε οι σωλήνες νερού στο λέβητα»*
Πιθανές αιτίες: οξείδωση, υψηλές θερμοκρασίες τοπικά, ελαττωματικές πρώτες ύλες.
- *«Καταστρέφεται ο κοχλίας τροφοδοσίας»*
Πιθανές αιτίες: η διακοπή της ροής καυσίμου προκαλεί πύρωση του κοχλία στην εστία
- *«Βράζει το νερό στο λέβητα»*
Πιθανές αιτίες: αδράνεια του συστήματος, κακός έλεγχος θερμοκρασίας νερού στο λέβητα
- *«Ο καθαρισμός είναι δύσκολος γιατί δεν είναι εύκολη η πρόσβαση στο εσωτερικό του θαλάμου καύσης».*
Πιθανές αιτίες: δεν έχει προβλεφθεί κατά την κατασκευή η διευκόλυνση της πρόσβασης για καθαρισμό (οικονομία, μικρές διαστάσεις λέβητα)
- *«Αυξάνοντας την παροχή αέρα βγαίνουν πυρωμένα σωμάτια από την καμινάδα με κίνδυνο πυρκαγιάς και καταστροφής των πλαστικών υλικών κάλυψης»*
- Πιθανές αιτίες: μικρή διάμετρος καμινάδας, απουσία κυκλώνων ή δοχείων εκτόνωσης καπναερίων, απουσία δευτερεύοντα αέρα.

- «Ανησυχία για την επάρκεια πρώτης ύλης και πιθανή αύξηση των τιμών»
Αυτό ισχύει κυρίως για τη βιομάζα που προέρχεται από καρπούς (ελαιοπυρήνας, τσόφλια), των οποίων η παραγωγή κινδυνεύει από ανοιξιάτικους παγετούς ή από δένδρα που παρενδιαυτοφορούν

6.4 Προτάσεις για την αύξηση της αποδοχής των συστημάτων θέρμανσης των θερμοκηπίων με βιομάζα στη Μαγνησία

Στην προσπάθεια που καταβάλλεται για την 100% υποκατάσταση με βιομάζα των συμβατικών καυσίμων στη θέρμανση των θερμοκηπίων της Μαγνησίας και με βάση τις πρώτες εντυπώσεις από την επιτόπια εξέταση των υπαρχόντων συστημάτων και τις συζητήσεις με τους παραγωγούς, πιστεύουμε ότι θα βοηθήσουν σημαντικά οι ακόλουθες ενέργειες:

- Καθιέρωση προδιαγραφών για τα συστήματα θέρμανσης θερμοκηπίων με βιομάζα (αποθήκευση, τροφοδοσία καυσίμου, απόδοση λέβητα, «slagging», ρύπανση, σύστημα ελέγχου, κ.α.) έστω και σε εθελοντικό και συμβουλευτικό επίπεδο σε πρώτη φάση. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η Δανία και η Αυστρία, που είναι από τους πρωτοπόρους στη χρήση βιομάζας στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα, καταβάλουν σημαντικές προσπάθειες για την καθιέρωση τεχνικών προδιαγραφών τόσο για τα συστήματα καύσης όσο και για την ποιότητα των βιοκαυσίμων, σε εθελοντικό κυρίως επίπεδο. Πρόσφατα μάλιστα, εξέδωσαν συμβουλευτικά εγχειρίδια για τη χρήση άχυρου και δασικής ξυλείας.
- Επιδότηση της χρησιμοποίησης της βιομάζας στα θερμοκήπια για εξασφάλιση ανταγωνιστικών τιμών έναντι των άλλων καυσίμων. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η επιδότηση της χρήσης της βιομάζας, και όχι μόνο των συστημάτων, αποτελεί μια από τις δράσεις του προγράμματος για την βιοενέργεια του 2000 των ΗΠΑ.
- Υποστήριξη και παρακολούθηση των «σκαπανέων» για την εξασφάλιση «καλού ονόματος» για τη βιομάζα για θέρμανση των θερμοκηπίων.
- Διερεύνηση λύσεων για τη χρησιμοποίηση και άλλων πηγών βιομάζας στα θερμοκήπια της περιοχής (π.χ. κλαδοδέματα, πριονίδια, φλοιούς ξύλων).

Για να επαληθεύσουμε την εφικτότητα της τελευταίας πρότασης καταγράψαμε τις διαθέσιμες εναλλακτικές πηγές βιομάζας γεωργικής προέλευσης στις πέντε περιοχές με θερμοκήπια της Μαγνησίας (Σχήμα 14). Η καταγραφή της βιομάζας έγινε σε μία μέση απόσταση 20 km από κάθε «θερμοκηπιακή περιοχή» σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία (Borjesson *et al.*, 1996, Faaij, 1997). Σε όλες τις περιοχές οι θεωρητικά

διαθέσιμες ποσότητες υπερβαίνουν κατά πολύ τις σημερινές καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση των θερμοκηπίων. Στο Βελεστίνο και στον Αλμυρό υπερτερούν τα άχυρα σιτηρών και τα στελέχη βαμβακιάς ενώ στις άλλες δύο περιοχές υπερτερούν τα κλαδοδέματα. Υπολογίστηκε ότι η ενέργεια που περιέχεται στα κλαδοδέματα που παράγονται θεωρητικά στη Μαγνησία περιέχει 10 φορές την ενέργεια των συμβατικών καυσίμων που καταναλώνονται σήμερα στην περιοχή για θέρμανση των θερμοκηπίων. Η κατά 100% υποκατάσταση με βιομάζα των συμβατικών καυσίμων για θέρμανση των θερμοκηπίων της Μαγνησίας είναι συνεπώς θεωρητικά εφικτή.



Σχήμα 14. Ποσοστιαία κατανομή των διαθέσιμων ποσοτήτων ανά κατηγορία βιομάζας γεωργικής προέλευσης στις πέντε περιοχές θερμοκηπίων της Μαγνησίας

7. Βιβλιογραφία

1. Αποστολάκης Μ., Κυρίτσης Σ., Σούτερ Χ., 1987. Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων. Εκδόσεις ΕΛΚΕΠΑ
2. Bartzanas T., Giaglaras P., Kittas, C., 1999. Types, Equipment, Energetic Evaluation and Potential Energy Saving in the Greenhouses of Magnesia Region (GR). 1st National Conference of Agricultural Engineers, Athens 1999.
3. Borenson P., and Gustavson. L., 1996. Biomass transportation, Department of Environment and Energy Systems Studies, Lund University, Gerdagatan 13, S-223 62 Lund, Sweden
4. Γέμτος Θ., 1992. Η παραγωγή υπολλειμμάτων καλλιεργειών στην Ελλάδα και η δυνατότητα χρήσης τους. Επιστημονική Επετηρίδα του ΤΕΙ Πειραιά 1992, τεύχος 1.
5. Γεωργία και Κτηνοτροφία, 2000. Αφιέρωμα Θερμοκήπια, τεύχος 9, σελ. 8
6. Faaij A., 1997. Energy from biomass and waste, Department of Science, Technology and Society, University of Utrecht.
7. Κοκκινίδης Γ.Α., 1989. Η βιομάζα των δασών της Ελλάδας. Εκδόσεις ΚΑΠΕ, Αθήνα σελ. 254.

8. **Μαρτζόπουλος Γ., 1980.** Τα απόβλητα της ελληνικής γεωργίας. Πιθανοί τρόποι αξιοποίησης τους. Γεωτεχνικά τεύχος 3:38
9. **Μαυρογιαννόπουλος Γ., 1996.** Η γεωργική παραγωγή στο θερμοκήπιο και η ενέργεια από βιομάζα. Πρακτικά διημερίδας ΕΘΙΑΓΕ, Θεσσαλονίκη 1996, 33-40.
10. **Μαυρογιαννόπουλος Γ.Ν., Χουστουλάκης Π., Κυρίτσης, Σ.,** 'Μετρήσεις του συντελεστή ολικής θερμοπερατότητας του θερμοκηπίου', Γεωργική Έρευνα, 3: 1-11, 1995.
11. **Πανούτσος Κ., 1996.** Ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα. Εκδόσεις ΚΑΠΕ, Τόμος Α, σελ 106-119
12. **Τσατήρης Μ., Φιλίππου Ι., Λυριντζής Γ., 1996.** Δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης βιομάζας στην Ελλάδα., Πρακτικά 7^ο Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, Καρδίτσα 1995, 703-711
13. **Χρήστου Μ., 1998.** Ενεργειακές καλλιέργειες πειραματικές εφαρμογές παραγωγής βιομάζας. Πρακτικά συζήτησης στρογγυλής τράπεζας & ημερίδας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Θεσσαλονίκη, 107-123.
14. **von Zabeltitz C., 1998.** Energy conservation and renewable energies for greenhouse heating. 167pp. CNRE Guideline No 2.