

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΤΕΥΤΛΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Υπό

Σ. ΚΑΡΒΟΥΝΗΙ, Μ. ΚΟΡΦΙΔΗ² ΚΑΙ Γ. ΜΟΝΔΕΛΛΟ²

Είναι γνωστό ότι ή ενεργειακή κρίση πού άρχισε το 1974 μέ την δραματική αύξηση της τιμής τού άργου πετρελαίου, ανάγκασε τους παράγοντες της οικονομικής ζωής τών διαφόρων χωρών σε αναζήτηση νέων πηγών ενέργειας και οδήγησε τους επιστήμονες και τεχνικούς σέ πληθώρα ερευνών πάνω σ' αυτό το θέμα.

Ιδιαίτερο πρόβλημα παρουσιάζεται σέ χώρες πού δεν παράγουν πετρέλαιο ή δεν διαθέτουν τήν οικονομική ευρωστία για τήν κάλυψη τών αναγκών τους σέ καύσιμα αυτοκινήτων ή άλλων μηχανημάτων. Έτσι, έντονη είναι ή προσπάθεια για τήν αντιμετάσταση του άργου πετρελαίου ή εισαγόμενων έτοιμων καυσίμων μέ επιτόπου παραγόμενα μή πετρελαϊκά υγρά καύσιμα. Η ανάπτυξη εγχώριας προελεύσεως καυσίμων για τήν κίνηση αυτοκινήτων, όπως είναι ευνόητο, προσφέρει λύση για τήν αποφυγή εξαρτήσεως από πετρελαιοπαραγωγούς άλλα και ανακούφιση τού συχνά δοκιμαζόμενου ισοζυγίου εξωτερικών πληρωμών τών διαφόρων χωρών. Μέ βάση τις παραπάνω σκέψεις και μέ τήν όψιμη φιλοσοφία ότι οί ενεργειακές πηγές πρέπει να είναι ανανεώσιμες, έγινε πραγματικότητα ή χρησιμοποίηση οξυγονούχων καυσίμων (όπως π.χ. ή αιθανόλη³ και ή μεθανόλη⁴).

Σ' αυτή τή μελέτη θα επιδιωχθεί ή ενεργειακή ανάλυση τής παραγωγής αιθυλικής αλκοόλης (αιθανόλης) από ζαχαρότευτλα στην Ελλάδα μέ σκοπό να χρησιμοποιηθεί αυτούσια ή σέ μίγμα μέ βενζίνη (βενζινόλη)⁵. Στή χώρα μας έγιναν διάφορες μελέτες

1. Λέκτορας στην ΑΒΣΠ.
2. Τελειόφοιτο τμήματος Διοικήσεως επιχειρήσεων τής ΑΒΣΠ.
3. Στή Βραζιλία από ζαχαροκάλαμο, ΗΠΑ από αραβόσιτο ή σιτάρι.
4. Βλ. Σωτ. Καρβούνης : «Συνθετικές» πρωτεΐνες, ΑΒΣΠ, 1979.
5. Βλ. Σωτ. Καρβούνης: «Βενζινόλη» ένα νέο καύσιμο αυτοκινήτων, Χημικά Χρονικά, 1980.

για παραγωγή αϊθανόλης από τεύτλα (ανακοινώσεις Υπουργείου Βιομηχανίας και Έθνικού Συμβουλίου ενεργείας-1980) καθώς και ορισμένες δοκιμαστικές εφαρμογές και οικονομικές αναλύσεις και τελικά έγιναν ορισμένες ανακοινώσεις από την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης (1982 - 'Οκτώβριος) ότι πρόκειται να προχωρήσουν προγράμματα παραγωγής αιθυλικής αλκοόλης από υπολείμματα παραγωγής ζάχαρης (μελάσσα) και από ζαχαρότευτλα. Δέν γνωρίζουμε αν μελετήθηκε ή οικονομικότητα μιας τέτοιας μονάδας ή αν ερευνήθηκαν οι δυνατότητες παραγωγής τεύτλων που απαιτούνται για τή λειτουργία της ή και οι δυνατές εναλλακτικές καλλιέργειες μαζί μέ το κοινωνικό κόστος που συνοδεύει κάθε τέτοια ενέργεια.

"Όμως, αυτό δέν θα απασχολήσει αυτή τήν ερευνά μας. 'Ο στόχος μας παραμένει ο υπολογισμός τής καθαρής ενεργειακής αποδόσεως (KEA) ενός τέτοιου εγχειρήματος. Μέ άλλες λέξεις θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε στο ερώτημα : «Υπάρχει ενεργειακό κέρδος στή χρησιμοποίηση αϊθανόλης που παράγεται από τεύτλα, όταν χρησιμοποιείται σέ αντικατάσταση βενζίνης ή άλλων πετρελαϊκών καυσίμων;»

"Έχει υποστηριχθεί ότι ή κατανάλωση υγρών καυσίμων και μάλιστα πετρελαιοειδών για παραγωγή 1 lit αϊθανόλης από αραβόσιτο υπερβαίνει κατά πολύ τήν ενέργεια που αποδίδει αυτή όταν χρησιμοποιείται ως καύσιμο. 'Επίσης, έχει γραφεί ότι μόνο για τήν μέ κλασματική απόσταση παραλαβή αιθανόλης από ζαχαρούχο χυμό τεύτλων απαιτείται 1 κιλό μαζούτ για κάθε κιλό αϊθανόλης που παράγεται.

'Όμως, ποια είναι ή ενεργειακή κατανάλωση ακριβώς από τή στιγμή τής σποράς τών τεύτλων μέχρι τό σημείο λιανικής διανομής τής αϊθανόλης ως καυσίμου;

Υπάρχει επομένως ρεαλιστική απάντηση για τήν σκοπιμότητα προωθήσεως ενός τέτοιου προγράμματος στην Ελλάδα; 'Αρκεί μόνο ή «οικονομιστική» εξήγηση ή πρέπει να ληφθεί υπόψη και ή ενεργειακή ανάλυση; Δέν βλέπουμε γιατί θα πρέπει να εισάγονται περισσότερες ποσότητες αργού πετρελαίου μέ σκοπό τή ... μείωση τών εισαγωγών του. Θα είχε έννοια ενα τέτοιο σχέδιο αν οι εισαγωγές άργου για παραγωγή καυσίμων αυτοκινήτων μειώνονταν μέ τή βοήθεια εγχώριων προϊόντων άλλης προελεύσεως. Άλλοιώς ποιος ό λόγος προβληματισμού;

Μια εύκολη άλλα και ευλογοφανής ερώτηση είναι «γιατί οι Βραζιλιάνοι και οι 'Αμερικανοί προχωρούν ολοένα και περισσότερο στην παραγωγή αϊθανόλης από ζαχαροκάλαμο και δημητριακά αντίστοιχα;» 'Η απάντηση εδώ μέ λίγα λόγια είναι διτι οι χώρες αυτές εφαρμόζουν ιδιόρρυθμη αγροτική πολιτική, έχουν σημαντικά πλεονάσματα ζαχαροκάλαμου ή δημητριακών, χρησιμοποιούν άνθρακα ή φυσικό αέριο ή και ουράνιο για παραγωγή τής απαιτούμενης ενέργειας για τις κυριότερες λειτουργίες παραγωγής τής αϊθανόλης άλλα διαθέτουν και καλύτερο ενεργειακό ισοζύγιο παρα-

γωγής αυτών των αγροτικών προϊόντων χάρη στις απέραντες εκτάσεις τους οι μεν και στην μεγάλη παραγωγικότητα οι άλλοι. Άλλα παρόλα αυτά, στις ΗΠΑ κυρίως, υπάρχουν επικριτές αυτού του προγράμματος.

Για την ενεργειακή ανάλυση του συστήματος παραγωγής αϊθανόλης από τεύτλα θα δεχτούμε εδώ τους κανόνες που εφαρμόζει η IFIAS⁶, που θεωρεί, χονδρικά, όλα τα υλικά προερχόμενα από το υπέδαφος και επομένως θεωρεί τις διαστάσεις των ορίων του συστήματος μέχρι και τον τόπο παραγωγής των πάσης φύσεως πρώτων υλών, άρα και πέραν των εθνικών ορίων. Έτσι, η προσπάθεια μας θα στραφεί και προς τον διαχωρισμό της απαιτούμενης ενέργειας σε εγχώρια, σε εισαγόμενη με μορφή υγρών καυσίμων και σε περικλεισμένη σε εισαγόμενα υλικά κατάλληλα για την καλλιέργεια των τεύτλων ή την παραγωγή απ' αυτά αϊθανόλης. Σκοπεύει δηλ. η μελέτη αυτή στον ποσοτικό και τον ποιοτικό προσδιορισμό της απαιτούμενης ενέργειας.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Όπως είναι γνωστό⁷ η καλλιέργεια των τεύτλων γίνεται σε άρδευσιμα εδάφη διασποράς. Τα τεύτλα είναι βολβοί που περιέχουν μέχρι και 16 % ζάχαρη που μπορεί να μετατραπεί σε αιθανόλη⁷.

Η διαδικασία μετά την παραλαβή των τεύτλων μπορεί να περιλαμβάνει μέρος από τα γνωστά εργοστάσια ζάχαρης και πλήρη μονάδα ζυμώσεως και άποστάξεως του παραγόμενου απ' αυτή οινόπνευματος⁸. Οι δύο τελευταίες φάσεις μπορούν να αποτελέσουν ένα εργοστάσιο (υποσύστημα Π) που μαζί με την διαδικασία παραγωγής των τεύτλων (υποσύστημα Ι) να απαρτίζουν το δπλό εξέταση «σύστημα». Αναλυτικότερα τα δύο υποσυστήματα θα έχουν ως έξης :

Υποσύστημα Ι - Καλλιέργεια τεύτλων

1. Παραγωγή σπόρου
2. Άρωση - Λίπανση - Σπορά
3. Άρδευση
4. Καταπολέμηση ζιζανίων και εντόμων
5. Συγκομιδή τεύτλων
6. Μεταφορά τεύτλων

6. International Federation of Institutes of Advanced Study.

7. Δελτία Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης.

8. Βλ. 'Αλ. Σταυρόπουλου : Βιομηχανικοί Κλάδοι, ΠειροΜίς 1979.

Υποσύστημα ΙΙ - Παραλαβή χυμοῦ, ζύμωση, απόσταξη.

α. Παραλαβή ζαχαρούχου χυμοῦ⁸.

1. Έκπλυση τεύλων
2. Τεμαχισμός
3. Έκθλιψη
4. Παραλαβή «πούλπας» και χυμου.

β. Ζύμωση - Απόσταξη

1. Ζύμωση και παραλαβή ζύμης
2. Απόσταξη
3. Αποθήκευση και μεταφορά αιθυλικής αλκοόλης

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Μια διαγραμματική παράσταση των παραγόντων τοῦ εξεταζόμενου συστήματος, πιστεύουμε ότι θα διευκόλυνε τήν ανάλυση. Έτσι, το διάγραμμα Ι απεικονίζει αυτό ακριβώς το σύστημα. Μέ βάση τις εισροές και εκροές ενέργειας στο σύστημα μπορούμε να έχουμε τήν παρακάτω εξίσωση (1) πού θα αποδίδει τήν διαφορά ενέργειας του συστήματος (θετική ή αρνητική).

$$\Delta E_{\sigma} = \text{ΕΚΡΟΕΣ} - \text{ΕΙΣΡΟΕΣ} \quad (1)$$

ή

$$\Delta E_{\sigma} = (Y_{\alpha\lambda} + Y_{\zeta\mu} + Y_{\pi}) - (\alpha_1 + \alpha_2) + (\kappa_1 + \kappa_2) + (v_1 + v_2) + (\epsilon_1 + \epsilon_2) + (\lambda_1 + \lambda_2) + (\mu_1 + \mu_2) \quad (1)$$

"Όπου : Y ενέργεια προϊόντων (εδώ δεν υπολογίζεται καί τό ενεργειακό περιεχόμενο της πούλπας πού για να αποδοθεί σαν ενεργειακά χρήσιμο προϊόν πρέπει να ξηρανθει πράγμα πού απαιτεί σημαντική ενέργεια).

α = ενέργεια από άλλες πηγές έκτος υγρών καυσίμων.

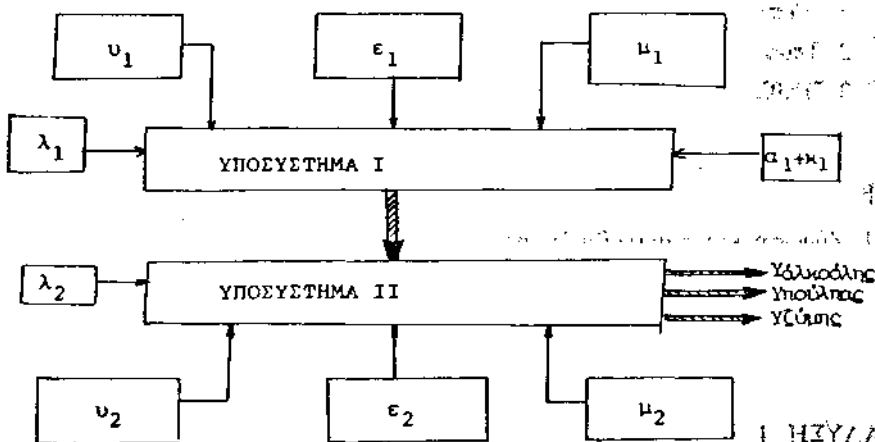
κ = ενέργεια από υγρά καύσιμα.

v = ενέργεια πρώτων υλών.

μ = ενέργεια μεταφορικών μέσων άλλα καί άλλου είδους μεταφοράς μαζών.

ϵ = ενέργεια εργασίας.

λ = ενέργεια κεφαλαίου (μηχανήματα, κτίρια κλπ.).



Διάγραμμα I. Ένεργειακό σύστημα παραγωγής αιθανόλης.

Σ' αυτό το σύστημα μπορούμε, για απλούστευση των υπολογισμών, να κά-
νουμε ορισμένες παραδοχές που όμως να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα,
δπως :

1. Δεν θεωρείται σοβαρή ή ενέργεια εργασίας ϵ_2 .
2. Δεν θεωρούνται σημαντικές οι ποσότητες ενέργειας α_1 και α_2 που προέρ-
χονται από άλλες πηγές εκτός καυσίμων. Πάντως στον Πίνακα I θά επι-
χειρηθεί ένας διαχωρισμός.
3. Η ενέργεια των πρώτων υλών u_2 θεωρείται αμελητέα.
4. Η ενέργεια κεφαλαίου λ_2 δέν λογίζεται, αφού ισότιμη σχεδόν θά ήταν εκείνη
πού θά απαιτούνταν για αντίστοιχης δυναμικότητας διυλιστήριο πετρελαίου.

Έτσι, ή εξίσωση (1) γίνεται :

$$\Delta E_{\sigma} = (\text{Υαλκ} + \text{Υζύμ} + \text{Υπ}) - [(\alpha_1 + K_2) + u_1 + \epsilon_1 + \lambda_1 + (\mu_1 + \mu_2)] \quad (2)$$

A. Υποσύστημα I

Όπως είναι γνωστό, κατανάλωση ενέργειας στο υποσύστημα I γίνεται από τρα-

κτέρ για τό όργωμα, τή σπορά και τή λίπανση, από συγκομιστικές μηχανές των τεύτλων και από αντλίες για τό πότισμα. Ή ενέργεια αύτη προέρχεται από πετρελαιοειδή (Diesel) κυρίως.

Έπειδή οί τρεις πρώτες διαδικασίες γίνονται ταυτόχρονα, είναι ρεαλιστικό να δεχθούμε ότι ή ενέργεια πού καταναλώνεται από τις συγκομιστικές μηχανές είναι ίση με εκείνη πού καταναλώνεται για όργωμα, σπορά και λίπανση. Από τα υπάρχοντα στοιχεία⁹ υπολογίστηκε ή ενέργεια για τις συγκομιστικές μηχανές άνα τόνο παραγόμενοι τεύτλων πού βρέθηκε ίση με: 58,316 MJ. "Άρα για όλα τα μηχανήματα και λειτουργίες θα είναι :

$58,316 \text{ MJ} \times 2 = 116,632 \text{ MJ}$ άνά τόνο τεύτλων.

Σύμφωνα με υπολογισμούς της EBZ, ή ενέργεια πού καταναλώνουν τα άντλητικά συγκροτήματα αποτελεί τό 1/3 περίπου της συνολικής ενέργειας πού καταναλώνεταιTM για καλλιεργητικές φροντίδες. Θα είναι δηλ. 58,816 MJ άνά τόνο τεύτλων οπότε ή συνολική ενέργεια πού καταναλώνεται για όργωμα, σπορά, λίπανση και άρδευση θα είναι :

$K_1 = -116,632 + 58,316 = 175 \text{ MJ}$ άνά τόνο τεύτλων.

Στό υποσύστημα I πρέπει νά υπολογισθεί επίσης ή ενέργεια μεταφοράς των τεύτλων (μ_1) πού βασίζεται έξ ολοκλήρου σέ πετρελαιοειδή και πού οφείλεται στην ανάγκη κινήσεως των οχημάτων μεταφοράς (φορτηγά και τρακτέρ).

"Όπως φαίνεται από τα δελτία τής EBZ και από άλλες πηγές⁹ πρέπει να ληφθεί ως μέση διανύμενη απόσταση (με επιστροφή) τα 80 χιλιόμετρα και ως μέση μεταφορική ικανότητα των οχημάτων οί 10 τόνοι. Ή ενέργεια μεταφοράς κάθε τόνου τεύτλων υπολογίζεται τώρα, ως εξής :

α. Ή ενέργεια μεταφοράς¹⁰ εξαρτάται από τρεις παράγοντες. (i) τήν άμεση κατανάλωση καυσίμων (ii) τήν κατασκευή και συντήρηση του οχήματος και (iii) τήν κατασκευή και συντήρηση των δρόμων. Ή ενέργεια πού σχετίζεται με τήν κατανάλωση καυσίμου τυπικά λογίζεται ως τό 61 % του συνόλου¹¹. Ή κατασκευή και ή συντήρηση των οχημάτων απαιτεί περισσότερο από 32% και ή κατασκευή και συντήρηση των οδών

9. Τριμηνιαίο δελτίο EBZ (No 41, σελ. 89) και τεχνικές εκθέσεις της ίδιας. Επίσης Handbook of Industrial energy analysis, σελ. 127.

10. Handbook of Industrial energy analysis-Boustead and Hancock, σελ. 193.

11. A. Decker : «Energy accounting and steel» 1976.

7 %. Στην κατανάλωση καυσίμων των διαφόρων οχημάτων πρέπει να υπολογίζεται και η ενέργεια παραγωγής αυτών των καυσίμων. Έτσι για οχήματα των 10 τόνων υπολογίζεται ανάγκη σε καύσιμα ίση με 1,0 MJ ανά τόνο-χλμ. και εφ' όσον κινείται με πλήρες φορτίο. Έτσι, για πλήρες φορτίο 10 τόνων θα πρέπει να υπολογίζεται διαδρομή 40 χλμ. και για την επιστροφή χωρίς φορτίο πρέπει τό 1,0 MJ /τόνο-χλμ. να πολλαπλασιάζεται¹² με τό συντελεστή 0,737, οπότε για τη επιστροφή 0,737 x 1,0 =0,737 MJ/χλμ-τόνο.

"Έτσι, η κατανάλωση ενέργειας κατά τη μεταφορά των τεύτλων θα είναι :

$$40 \text{ χλμ.} \times 1,0 \text{ MJ /τόνο-χλμ.} = 40 \text{ MJ /τόνο}$$

και
$$\frac{40 \text{ χλμ.} \times 0,737 \text{ MJ /τόνο-χλμ.} = 29,48 \text{ MJ /τόνο}}{\text{ή συνολικά}} = \underline{\underline{69,48 \text{ MJ /τόνο}}}$$

Έπειδή όμως σ' αυτό τον αριθμό έχει υπολογισθεί ποσοστό 32 % οφειλόμενο στην ενέργεια κατασκευής των οχημάτων, ο πραγματικός αριθμός θα είναι :

$$\mu_1 = 69,48 \times 0,68 = 47,25 \text{ MJ /τόνο τεύτλων.}$$

Ο παράγοντας λ_1 , δηλ. η ενέργεια κεφαλαίου στο υποσύστημα Ι θα είναι :
 $\lambda_1 = 22,23 \text{ MJ /τόνο τεύτλων}$ ποσό που αντιστοιχεί στην εν ενέργεια κατασκευής και οχημάτων. Η ενέργεια που αντιστοιχεί στις μηχανές συλλογής, τις αντλίες και το λοιπό μηχανολογικό εξοπλισμό στο ύποσύστημα θα είναι¹³ : $\lambda''_1 = 70,27 \text{ MJ /τόνο τεύτλων}$. "Αν υπολογισθεί δέ ότι τό 40 % τής ενέργειας που καταναλώθηκε μπορεί να ανακυκλωθεί (σαν σιδηρικά) τότε (θεωρητικά μόνο για τις περισσότερες φορές δεν επιστρέφονται στα χαλυβουργεία) ή $\lambda''_1 = 43,16 \text{ MJ}$ ανά τόνο τεύτλων. Όποτε, τό $\lambda_1 = 64,39 \text{ MJ}$.

"Έχει υπολογισθεί¹⁴ ότι στο υποσύστημα Ι εισέρχονται και ποσότητες λιπασμάτων. Για βασική λίπανση χρησιμοποιείται ο τύπος 16-20-0, που θεωρείται εδώ σαν φωσφορική αμμωνία, και από τον όποιο καταναλώνονται περί τα 57 kg ανά στρέμμα ή 9.28 kg/τόνο τεύτλων. Επίσης, για επιφανειακή λίπανση χρησιμοποιείται ο τύπος 26-0-0

12. Handbook of Industrial energy analysis, σελ. 198.

13. Handbook of Energy Analysis, και Οικονομικός Ταχυδρόμος.

14. Άνωτάτη Γεωπονική Σχολή Άθηνών.

(νιτρική αμμωνία) σε ποσότητα 8 kg/στρέμμα ή 1,28 kg/τόνο τεύτλων. "Όπως αναφέρεται σε διάφορες μελέτες^{8, 10} για τα 10,56 kg λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται ανά τόνο τεύτλων απαιτείται ενέργεια ίση προς 155,0 MJ/τόνο. Παραπλήσιες καλλιέργειες (όπως π.χ. αραβόσιτος) απαιτούν 172 MJ/τόνο¹³. "Αρα ενέργεια πρώτων υλών $v_1 = 155,0$ MJ/τόνο. Η ενέργεια μεταφοράς των λιπασμάτων υπολογίζεται ίση προς 1,0 MJ/τόνο τεύτλων, οπότε το v'_1 γίνεται : $v'_1 = 155,0 + 1,0 = 156,0$ MJ/τόνο. Για τα ζιζανιοκτόνα και τα εντομοκτόνα έχει υπολογισθεί¹³ ενέργεια ίση με 3,68 MJ/τόνο τεύτλων. Έτσι:

$$v''_1 = 3,68 \text{ MJ/τόνο τεύτλων, } \text{όπότε :}$$

$$v_1 = v'_1 + v''_1 = 156,0 + 3,68 = 159,68 \text{ MJ/τόνο}$$

Για τον υπολογισμό της ενέργειας τής εργασίας επικρατούν διάφορες απόψεις. Μερικοί υποστηρίζουν δι άρκει να υπολογισθεί ή βιολογική ενέργεια που καταναλώνουν οι εργάτες. Άλλοι ισχυρίζονται δι θα πρέπει να υπολογίζεται και ή ενέργεια που καταναλώνει ό κάθε εργάτης για τή διαβίωση τοῦ ίδιου και τής οικογενείας του (ανενεργά μέλη). Οί πρώτοι θεωρούν τόν άνθρωπο σαν «μηχανή» και υπολογίζουν ότι κάθε εργάτης προσφέρει 15 MJ/ήμερα, όταν εργάζεται και 10 MJ όταν δεν εργάζεται. "Έτσι οί 100.000 περίπου εργάτες που απασχολούνται στον κλάδο και παράγουν (1979) 2.774.000 τόνους τεύτλα¹⁵, αν απασχολούνται μόνο 30 ήμερες τό χρόνο με τήν καλλιέργεια αυτή θα απαιτούν $(335 \times 10 + 30 \times 15) 100.000 = (3350 + 450) \cdot 100.000 = 380.000.000$ MJ ή $\epsilon^1 = 137$ MJ/τόνο τεύτλων. Οί άλλοι υπολογίζουν τό ϵ_1 πολύ μεγαλύτερο.

Άπό τά παραπάνω φαίνεται ότι ή ενέργεια E_1 τοῦ υποσυστήματος I θα είναι :

$$E_1 = \alpha_1 + \mu_1 + \lambda_1 + v_1 + \epsilon_1 \quad (3)$$

$$\text{ή } E_1 = 175 + 47,25 + 64,39 + 159,68 + 137 = 583,32 \text{ MJ/τόνο}$$

$$\text{ή } E_1 = 139.431,5 \text{ kcal}$$

J 5. ΕΣΥΕ

16. Χημικά Χρονικά—Ε' Συνέδριο Χημείας. Κουτίνα, Γράβαλου και Γιαννούλη: Βιομηχανικό πρότυπο παραγωγής οινόπνεύματος από ζαχαρότευτλα.

B. Υποσύστημα ΙΙ

‘Από διάφορες πηγές^{8, 16} φαίνεται ότι η ενέργεια που καταναλώνει οι υπό μορφή υγρών καυσίμων (μαζούτ) μπορεί να υπολογισθεί ως εξής, προκειμένου για παραγωγή οινοπνεύματος κατάλληλου για καύσιμα :

Εκχύλιση ενός τόνου τεύτλων :	84167 kcal ή 352,3 MJ
Ξήρανση πούλπας	30000 kcal ή 125,5 MJ
‘Απόσταξη οινοπνεύματος :	159167 kcal ή 666,2 MJ
Σύνολο ενέργειας :	273.334 kcal ή 1144,1 MJ

Για την παραγωγή του καυσίμου που δίνει τά 1144,1 MJ πρέπει να υπολογίσουμε και ένα ποσοστό 15% για την παραγωγή αυτού του καυσίμου (συμπεριλαμβανομένης και της μεταφοράς του) οπότε :

$$\kappa_2 = 1144,1 \times 1,15 = 1.315,7 \text{ MJ/τόνο τεύτλων}$$

ή $\kappa_2 = 314.535 \text{ kcal/τόνο τεύτλων}$

Πρέπει να υπολογισθεί επίσης και η μ_2 που αντιστοιχεί στην ενέργεια μεταφοράς του οινοπνεύματος στα κέντρα καταναλώσεως. Μέ βάση την βιβλιογραφία που αναφέρθηκε ήδη¹⁰ ή μ_1 για αυτοκίνητα 15 τόνων που διανύουν αποστάσεις 200 χλμ. θα είναι :

$$100 \times 1,0 \text{ MJ/τόνο-χλμ} = 100 \text{ MJ/τόνο}$$

$$100 \times 0,737 \text{ MJ/τόνο-χλμ} = 73,7 \text{ MJ/τόνο.}$$

και συνολικά: $\mu'_1 = 173,7 \text{ MJ/τόνο οινοπνεύματος.}$

Σ' αυτό πρέπει να προστεθεί και η ενέργεια παραγωγής του καυσίμου (15%) ενώ περιέχεται ήδη στο μ'_1 ή ενέργεια κατασκευής του οχήματος, ή ενέργεια συντηρήσεως αυτού καθώς και η ενέργεια κατασκευής και επισκευής των δρόμων. Θα είναι λοιπόν:

$$\mu'_1 = 173,7 \times 1,15 = 199,75 \text{ MJ/τόνο οινοπνεύματος}$$

‘Επειδή όμως από 1 τόνο τεύτλων παράγονται 58 kgf οινοπνεύματος⁸, τό μ_2 θα είναι :

$$\mu_2 = 11,58 \text{ MJ /τόνο τεύτλων}$$

$$\text{ή } \mu_2 = 2.768,3 \text{ kcal /τόνοτεύτλων}$$

"Όπως αναφέρθηκε ήδη ή ενέργεια πρώτων υλών u_2 , ή ενέργεια κεφαλαίου λ_2 και ή ενέργεια εργασίας e_2 θεωρούνται αμελητέες. Έτσι, ή ενέργεια που καταναλώνεται στο υποσύστημα II θα είναι :

$$E_2 = \kappa_2 + \mu_2 \quad (4)$$

$$\text{ή } E_2 = 1315,7 + 11,58 = 1.327,3 \text{ MJ ή}$$

$$E_2 = 317303 \text{ kcal/τόνο τεύτλων}$$

Στο υποσύστημα II παράγεται έκτος από οινόπνευμα πούλπα καί ζύμη που αποδίδουν 187.000 kcal ανά τόνο τεύτλων¹⁶. Έτσι, από την εξίσωση (2) θα έχουμε :

$$\Delta E = (\text{Υάλκ.} + \text{Υζύμ} + \text{Υπ}) - (E_1 + E_2) \quad (5)$$

"Όμως,

$$\text{Υάλκ} = 58 \times 7.000 = 406.000 \text{ kcal /τόνο τεύτλων}$$

$$\text{Υζύμης} = 46.000 \text{ kcal /τόνο τεύτλων}$$

$$\text{Υπούλπας} = 140.000 \text{ kcal /τόνο τεύτλων}$$

$$E_1 = 139413 \text{ kcal /τόνο τεύτλων}$$

$$E_2 = 317303 \text{ kcal /τόνο τεύτλων}$$

καί,

$$\begin{aligned} \Delta E &= (406.000 + 186.000) - (139413 + 317303) = \\ &= 592.000 \text{ kcal} - 456.716 = 135.284 \text{ kcal.} \end{aligned}$$

Αυτό σημαίνει ότι δαπανώνται 135.284 kcal λιγότερες για παραγωγή 58 kg. οινόπνευματος απ' ότι αποδίδουν όταν καίγονται αυτά. Δηλ. από 1 κιλό οινόπνευμα παίρ-

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΤΡΥΤΛΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

	kcal/ton τεύτλων	ΜΤ/τόνο τεύτλων	% συμβολή στό σύνολο	Προέλευση Ενέργειας.*
I. ΚΑΛΙΤΕΡΓΕΙΑ				
α. Σπορά, Άρωση άρδευση, συγκο- μιδή, λίπανση	41836,00	175,00	24,67	ΥΓΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ*
β. Λιπάσματα, . Έντομοκτόνα, . Ζιζανιοκτόνα	38173,56	156,68	22,51	. ΥΓΡΑ+ΣΤΕΡΕΑ . ΕΙΣΑΓΟΜΕΝΑ . ΕΙΣΑΓΟΜΕΝΑ
γ. Κεφαλαίουχικός έξοπλισμός	15393,26	64,39	9,08	ΕΙΣΑΓΟΜΕΝΑ
δ. Έργασια	32751,61	137,00	19,31	ΥΓΡΑ+ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΥΣΙΜΑ
ε. Μεταφορές	11295,72	47,25	6,67	ΥΓΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΛΙΤΕΡΓΕΙΑΣ	139.414	583,32	82,24	
II. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ				
α. Έκχύλιση, Έθραυση, άπόσταξη	273.334	1144,1	16,13	ΥΓΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ
β. Μεταφορά αιθανόλης	2.768	11,58	1,63	ΥΓΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ
ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ	276.102	1155,68	17,76	
ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΣΡΟΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	415.516	1739,00	100,00	
ΕΚΡΩΣΕΙΣ				
α. ΑΙΘΑΝΟΛΗ	406.000	1698,70	68,65	
β. ΖΥΜΗ	46.000	192,40	7,77	
γ. ΠΟΥΛΠΑ	140.000	583,30	23,58	
ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΡΩΩΝ	592.000	2474,40	100,00	
ΔΙΑΦΟΡΑ	176.484	735,40		
ΕΚΣΕΗ ΕΙΣΡΟΩΝ ΕΚΡΩΩΝ	1±1,42			

* Έχει υπολογισθεί ότι από τις εισαγόμενες ενέργειες σ' αυτό το σύστημα μόνο το 8% προέρχεται από λιγνίτη και υδατοπτώσεις.

νομε μέ θεωρητικές αποδόσεις 10.207 kcal και εξοικονομούμε αν παραχθεί από ζαχαρότευτλα και τοποθετηθεί σαν καύσιμο σε αυτοκίνητα 2332 kcal /kgf.

Αυτό σημαίνει επίσης ότι για κάθε 1 κιλό οινόπνευμα απαιτούνται 0,75 κιλά μαζούτ ή άλλα καύσιμα (βενζίνη, Diesel) μέ θεωρητική απόδοση 10.500 kcal /kgf για τα άλλα καύσιμα και 7000 kcal για κάθε κιλό οινόπνευματος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Στον Πίνακα I αναφέρονται αναλυτικά τα στοιχεία που προέκυψαν απ' αυτή τη μελέτη.

ΠΙΝΑΚΑΣ II

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΑΠΟ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟ, ΖΑΧΑΡΟΚΑΛΑΜΟ, ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΑ

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι Ι

Ενέργεια παραγωγής αλθανόλης από άραβόσιτο, ζαχαροκάλαμο, ζαχαρότευτλα.

ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ ¹³	ΖΑΧΑΡΟΚΑΛΑΜΟ ¹⁸	ΤΕΥΤΛΑ
ΕΡΓΑΣΙΑ*	0,17%	2,81%	19,30%
ΚΕΦΑΛΑΙΟ	14,50%	12,31%	9,08%
ΚΑΥΣΙΜΑ (Συμπ. καί οί μεταφορές)	49,00%	46,76%	49,01%
ΠΡΩΤΕΣ ΥΔΕΣ (Λιπάσματα κλπ.)	36,33%	38,12%	22,61%
ΣΥΝΟΛΟ	100,00	100,00	100,00

* Πρέπει να σημειωθεί ότι την ενέργεια εργασίας την υπολογίζουν κατά διαφορετικό τρόπο, διάφοροι έρευνητές.

2. Στον Πίνακα II επιχειρούμε μια σύγκριση μεταξύ καταναλώσεως ενέργειας στην καλλιέργεια ζαχαροκάλαμου (Βραζιλία), ζαχαρότευτλων (Ελλάδα) και αραβόσιτου (σε αναπτυσσόμενες χώρες).

3. Όπως γίνεται φανερό από τον Πίνακα I τό άθροισμα των εισροών για καλλιέργεια (σπορά, άρδευση, άρωση, συγκομιδή, λίπανση) και για κεφαλαιουχικό εξοπλισμό ισοδυναμεί με τό 1 /3 των εισροών ενέργειας. Κάτι δηλ. πού δέν φαίνεται δι μπορει να γίνει αποδοτικότερα με την σύγχρονη συμβατική τεχνολογία.

4. Η χρησιμοποίηση ηλιακής ενέργειας, βιομάζας, άνεμων και άλλων ήπιων μορφών ενέργειας^{17, 18} θα ανακούφιζε κάπως τό σύστημα από πλευράς καταναλώσεως υγρών καυσίμων πού όπως σημειώνεται στον Πίνακα I αποτελούν τό 92 % του συνόλου τών εισροών.

5. Από στενής εθνικής σκοπιάς ή κατανάλωση υγρών καυσίμων (Πίνακας I) πρέπει να λογίζεται ίση με 82,6 % αν υπολογισθούν τά εντομοκτόνα και ζιζανιοκτόνο καθώς και ό κεφαλαιουχικός εξοπλισμός, σαν εισαγόμενα.

6. Επομένως για παραγωγή 592.000 kcal απαιτούνται 415.516 kcal ή για κάθε 1 θερμίδα πού έκρέει άπ' τό σύστημα χρειάζονται συνολικά 0,75, ανεξάρτητο άπ' τήν προέλευση τους. Προκειμένου για υγρά καύσιμα οί εισροές πού άντιαιτοιχούν είναι 415.516x 0,826=343.216 kcal ή για κάθε kcal πού αποδίδεται πρέπει να προσφερθούν 0,61 kcal προερχόμενες από υγρά καύσιμα. Η, αν θέλουμε να συσχετίσουμε αιθυλική αλκοόλη με τά πετρελαϊκά υγρά καύσιμα πρέπει :

$$343.216:406.000 = 0,84$$

Αυτό σημαίνει δι για κάθε kcal πού παίρνουμε από αιθανόλη θά πρέπει να προσφέρουμε 0,84 kcal προερχόμενες από πετρελαϊκά καύσιμα.

7. Παραστατικότερα αυτό σημαίνει ότι για κάθε κιλό ισοδύναμο πετρελαίου εκροών πρέπει νά καταναλώνονται 0,75 κιλά ισοδύναμα πετρελαίου. Η, για κάθε κιλό αιθανόλης πρέπει νά καταναλώνονται 0,56 κιλά υγρών πετρελαϊκών καυσίμων.

8. Από τον Πίνακα II φαίνεται ή ακρίβεια τών υπολογισμών μας συγκρινόμενα με δύο διαφορετικές καλλιέργειες τοϋ ίδιου όμως στόχου. Η διαφορά πού έχει αναφερθεί στον παράγοντα εργασία οφείλεται στη διαφορετική φιλοσοφία πού ακολουθούν οί διάφοροι ερευνητές στον υπολογισμό τής ενέργειας εργασίες.

9. Όσο κι αν φαίνεται τεχνοκρατικά δυνατή ή προώθηση ενός τέτοιου προγράμματος είναι θέμα πολιτικής αποφάσεως, πού γίνεται δυσκολότερη όχι μόνο από τήν

17. Agriculture, Biomass, Wind, New Developments, Volume 7. International Solar Energy Society, 1976.

18. ECN-23 February 1981: Νέα τεχνολογία τής Hoechst για τήν απόσταξη οιοπνεύματος.

ανάγκη εξευρέσεως των απαραίτητων εδαφών, των αγροτικών χειριων, του κεφαλαιουχικού εξοπλισμού, των λιπασμάτων κλπ. άλλα και το γεγονός της ψυχολογίας του κοινού πού θα γνωρίζει και διτι υπάρχει πρόβλημα διατροφής παγκοσμίως και ότι για κάθε 1 κιλό οινόπνευμα πού θα παράγεται από ζάχαρη θα δαπανώνται 0,56 κιλά καυσίμου από πετρέλαιο.

10. Φαίνεται δηλ. παράξενο να δαπανούμε ζάχαρη και βενζίνη για να παραχθεί αλκοόλη πού θα υποκαταστήσει μικρό μόνο ποσοστό τής καταναλισκόμε\ης βενζίνης.

11. Πάντως, σέ τελική ανάλυση, μπορούμε να πούμε διτι ενεργειακά συμφέρει ή δημιουργία ένας τέτοιου εργοστασίου.