

# GEOTECHNICAL SCIENTIFIC ISSUES

GEOTECHNICAL CHAMBER OF GREECE

VOL: 16 - ISSUE VI - No 2/2005

ISSN 1105-9478

2/2005

ΤΟΜΟΣ 16  
ΣΕΙΡΑ VI

# ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ 3862

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

# GEOTECHNICAL SCIENTIFIC ISSUE

GEOTECHNICAL CHAMBER OF GREECE

VOL: 16 - ISSUE VI - No 2/2005

ISSN 1105-9478

**2/2005**

ΤΟΜΟΣ 16  
ΣΕΙΡΑ VI

# ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ - ΔΑΣΟΛΟΓΙΚΟ  
- ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΟ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

## CONTENTS

---

### SCIENTIFIC PAPERS

- G.Arabatzis, Ch. Batzios, V. Samathrakis, T.Koutroumanidis*      Typology of the Livestock Sector in the Prefecture of Thessaloniki      4 - 11
- I. G. Gravalos, I. K. Raptis*      Power parameters measurement of a diesel engine      12 - 19
- I. G. Gravalos, I. K. Raptis*      DIAS: An on-board diagnosis system for diesel engines      20 - 30
- D. Dervisis, J. Nikolakakis, D. Galamatis, B. Dotas, J. Mitsopoulos, D. Dotas*      The effect of replacement of antibiotics and anticoccidiotics with oregano essential oils, aromatic plants and oligosaccharides on the performance and carcass characteristics of broiler      31 - 42
- G. Baloutsos, K. Kaoukis, As. Skouteri, G. Karetsos, A. Bourletsikas*      Effects of ozone concentrations on forest species: Preliminary results      43 - 53
- K. Bladenopoulos, G.Menexes*      Relationship between harvest index and other characteristics in barley (*Hordeum vulgare* L.)      54 - 60
- A. Panorás, G. Arampatzis, E. Hatzigiannakis, A. Hlias, A. Panagopoulos, I.Teloglou, Th. Matsi, M. Melitsi, A. Pratanopoulos, E.Polizonis*      Suitability assessment of Pella's prefecture water resources for agricultural use      61 - 73

### REVIEW PAPER

- G. Mantanis, G. Ntalos, G. Anastasis*      Effects of wood dust on the health of wood and furniture industry workers      74 - 80

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

### ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

<i>Γ. Αραμπατζής, Χρ. Μπάτζιος, Β. Σαμαθρακής, Θ. Κοντρομανίδης</i>	Τυπολογία της Κτηνοτροφικής Δραστηριότητας του Νομού Θεσσαλονίκης	4 - 11
<i>Ι. Γ. Γράβαλος, Ι. Κ. Ράπτης</i>	Μέτρηση παραμέτρων της ισχύος ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης	12 -19
<i>Ι. Γ. Γράβαλος, Ι. Κ. Ράπτης</i>	ΔΙΑΣ: Ένα σύστημα διάγνωσης επί του οχήματος για κινητήρες εσωτερικής καύσης	20 - 30
<i>Δ. Δεμβίσης, Ι. Νικολακάκης, Δ. Γαλαμάτης, Β. Ντότας, Ι. Μητσόπουλος, Δ. Ντότας</i>	Η επίδραση αιθέριων ελαίων ρίγανης, αρωματικών φυτών και άπεπτων ολιγοσακχαριτών στις παραγωγικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του σφάλγιου ορνιθίων κρεοπαραγωγής	31- 42
<i>Γ. Μπαλούτσος, Κ. Καούκης, Ασ. Σκουτέρη, Γ. Καρέτσος, Αθ. Μπουρλέτσικας</i>	Επιπτώσεις των συγκεντρώσεων όζοντος στα δασικά είδη: Προκαταρκτικά αποτελέσματα	43 - 53
<i>Κ. Μπλαδενόπουλος, Γ. Μενεξές</i>	Σχέση μεταξύ δείκτη συγκομιδής και άλλων χαρακτηριστικών στο κριθάρι ( <i>Hordeum vulgare</i> L.)	54 - 60
<i>Α. Πανώρας, Γ. Αραμπατζής, Ε. Χατζηριμανάκης, Α. Ηλίας, Α. Παναγόπουλος, Η. Τελόγλου, Θ. Ματσά, Μ. Μελίτση, Α. Πρατανόπουλος, Ε. Πολυζώνης</i>	Αξιολόγηση της καταλληλότητας των υδατικών πόρων του Νομού Πέλλας για αρδευτική χρήση	61 - 73

### ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

<i>Γ. Μαντάνης, Γ. Νταλός, Γ. Αναστάσης</i>	Επιπτώσεις της σκόνης ξύλου στην υγεία των εργαζομένων σε βιομηχανίες ξύλου - επίπλου	74 - 80
---	--	---------

## Τυπολογία της Κτηνοτροφικής Δραστηριότητας του Νομού Θεσσαλονίκης

Γ. Αραμπατζής<sup>1</sup>, Χρ. Μπάτζιος<sup>2</sup>, Β. Σαμαθρακής<sup>3</sup> και Θ. Κουτρομανίδης<sup>4</sup>

### Περίληψη

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στην τυπολογική ανάλυση της κτηνοτροφικής δραστηριότητας του Νομού Θεσσαλονίκης και στον καθορισμό ομοειδών χωρικών ενότητων, για τη σκιαγράφηση του κτηνοτροφικού χάρτη του Νομού. Προς τον σκοπό αυτόν χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία της ιεραρχικής ανάλυσης σε συστάδες. Η ανάλυση σε συστάδες έγινε με βάση 109 δημοτικά διαμερίσματα του Ν. Θεσσαλονίκης και οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν στον αριθμό των εκτρεφόμενων αιγοπροβάτων, τον αριθμό των εκτρεφόμενων βοοειδών, τις εκτάσεις των κτηνοτροφικών φυτών με την αντίστοιχη παραγωγή, καθώς και τις εκτάσεις των βοσκοτόπων.

Με κριτήρια ανάλυσης τόσο την παραγωγή κτηνοτροφικών φυτών όσο και την καλλιεργούμενη με κτηνοτροφικά φυτά έκταση, ο συνδυασμός των παραπάνω μεταβλητών φαίνεται ότι παίζει αποφασιστικό ρόλο για τη διαμόρφωση τεσσάρων ευδιάκριτων χωρικών ενότητων/ομάδων και τον προσδιορισμό των δυνατοτήτων κτηνοτροφικής ανάπτυξης του Νομού. Η πρώτη χωρική ενότητα περιλαμβάνει δημοτικά διαμερίσματα μόνο της πεδινής περιοχής του Νομού, ενώ η δεύτερη δημοτικά διαμερίσματα που στη συντριπτική πλειονότητά τους βρίσκονται στην ημιορεινή και πεδινή και λιγότερο στην ορεινή περιοχή. Τέλος, η τρίτη χωρική ενότητα περιλαμβάνει δημοτικά διαμερίσματα που βρίσκονται στην πεδινή και ημιορεινή μόνο περιοχή, ενώ η τέταρτη περιλαμβάνει μόνο το δημοτικό διαμέρισμα του Σοχού, το οποίο τοποθετείται στην ορεινή περιοχή του Νομού.

**Λέξεις κλειδιά:** τυπολογία, ζωική παραγωγή, ανάλυση σε συστάδες.

### 1. Εισαγωγή

Οι θεωρίες που κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί αναφορικά με τη χωροθέτηση των οικονομικών δραστηριοτήτων επιτρέπουν τη βαθύτερη κατανόηση της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας και την αποτύπωση, σε κάποιο βαθμό, των χωροταξικών εκείνων σχέσεων και αλληλεξαρτήσεων που προσδιορίζουν την εγκατάσταση των οικονομικών δραστηριοτήτων στο χώρο, στοχεύοντας στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη διαφόρων περιοχών (Λαμπριανίδης, 1992). Στη βάση αυτή, δρομολογούνται μεταβολές της κατανομής των οικονομικών δραστηριοτήτων στο χώρο, σύμφωνα με τις εκάστοτε προκρινόμενες επιλογές (οικονομικές, κοινωνικές, πολιτικές κ.ά.) και τα διάφορα εργαλεία υλοποίησής των (π.χ. κίνητρα-αντικίνητρα περιφερειακής ανάπτυξης).

Πρώτος ο J. Von Thunen (1826) ανέλυσε τις οικονομικές επιδράσεις που ασκεί ένα οικιστικό κέντρο στον περιβάλλοντα γεωργικό χώρο, με βάση την αρχή της μεγιστοποίησης της γαιοπροσόδου. Μια από τις βασικές υποθέσεις της θεωρίας του αποτελεί η ύπαρξη ομοιογένειας ως προς τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Αργότερα, τις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα, αναπτύσσονται από Γερμανούς οικονομολόγους αρκετές θεωρίες που αφορούν σε θέματα χωροθέτησης των οικονομικών δραστηριοτήτων (Weber 1909, Christaller 1933, Losch 1944). Στη βάση αυτή, η θέση του αγροτικού χώρου θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική και σε ορισμένες περιπτώσεις καθοριστική (Αργύρης 1992, Λαμπριανίδης 1992).

Στον Ελλαδικό χώρο, η χωρική διάσταση των γεωργικών ζητημάτων και η ανάπτυξη τυπολογιών των αγροτικών περιοχών, με βάση τη φυτική παραγωγή, έχει απασχολήσει αρκετούς ερευνητές. Οι σχετικές

<sup>1</sup> Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

<sup>2</sup> Εργ. Οικονομίας Ζωικής Παραγωγής, Σχολή Κτηνιατρικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

<sup>3</sup> Τμήμα Διοίκησης Γεωργικών Εκμεταλλεύσεων, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης

<sup>4</sup> Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

εργασίες στόχευαν στον καθορισμό ομοιογενών ζωνών γεωργικής ανάπτυξης, δηλαδή χωρικών ενότητων που παρουσιάζουν τη μέγιστη δυνατή ομοιότητα ως προς την επάρκεια σε φυσικούς πόρους, τα εγγειοδιαρθρωτικά μεγέθη, τις κύριες οικονομικές επιδόσεις των εκμεταλλεύσεών τους, τη φύση και τον χαρακτήρα των εφαρμοζόμενων καλλιεργητικών συστημάτων, τη συγγένεια των αναπτυξιακών προβλημάτων και τις δυνατότητες/προοπτικές γεωργικής τους ανάπτυξης (Παναγιώτου 1974, Φαρδής και Παναγιώτου 1980, Παναγιώτου 1982, Παναγιώτου 1986, Καρανικόλας 1999, Καρανικόλας και Μαρτίνος 1999, Καρανικόλας 2000, Κουτρούμανιδης κ.ά 2003). Αντίθετα, σε σχέση με τον τομέα της ζωικής παραγωγής, δεν έχουν γίνει παρόμοιες εργασίες που να αφορούν στον καθορισμό ομοιογενών ζωνών κτηνοτροφικής ανάπτυξης.

Μετά την αναθεώρηση της ΚΑΠ, ο αγροτικός χώρος βρίσκεται στο επίκεντρο πολλών συζητήσεων και η διερεύνηση των φαινομένων που σχετίζονται με την αγροτική ανάπτυξη εμπλουτίζεται όλο και περισσότερο με τη χωρική διάσταση (Καρανικόλας 1999, Καρανικόλας και Μαρτίνος 1999, Καρανικόλας 2000).

Στον ευρύτερο αγροτικό χώρο του Νομού Θεσσαλονίκης, οι ποικίλες εδαφοκλιματικές και υδρολογικές συνθήκες, σε συνδυασμό με τη μικρή χρονοαπόσταση του πολεοδομικού συγκροτήματος Θεσσαλονίκης, είχαν ως αποτέλεσμα, μεταξύ άλλων, τη διαμόρφωση έντονα διαφορετικών δομών στην άσκηση της κτηνοτροφικής δραστηριότητας στην περιοχή. Η διαφορετικότητα αυτή συνδέεται άμεσα με τα βασικά διαρθρωτικά χαρακτηριστικά των κλάδων ζωικής παραγωγής, αλλά και με τη χωροταξική κατανομή των φυσικών πόρων, όπως είναι οι εκτάσεις των βοσκοτόπων, οι καλλιεργούμενες με κτηνοτροφικά φυτά εκτάσεις, κ.ά.

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στην τυπολογική ανάλυση της κτηνοτροφικής δραστηριότητας του ευρύτερου αγροτικού χώρου του Ν. Θεσσαλονίκης και στον καθορισμό ομοειδών χωρικών ενότητων, για τη διαμόρφωση του κτηνοτροφικού χάρτη του Νομού. Η τυπολογική αυτή ανάλυση θεωρείται ιδιαίτερα επίκαιρη, στα πλαίσια της γενικότερης προσπάθειας για ορθολογικότερη κινητοποίηση και προγραμματισμένη αξιοποίηση των τοπικών πόρων (φυσικών και ανθρώπινων) με βάση τα συγκριτικά πλεονεκτήματα της κάθε περιοχής.

## 2. Υλικά και Μέθοδος

Για τον καθορισμό ομοειδών χωρικών ενότητων και τη διαμόρφωση του κτηνοτροφικού χάρτη του Νομού Θεσσαλονίκης, με βάση τους κύριους κλάδους της ζωικής παραγωγής, και σε συνδυασμό με τις γεωργικές και λιβαδικές εκτάσεις, χρησιμοποιήθηκε η στατιστική μεθοδολογία της ανάλυσης σε συστάδες (cluster analysis). Η ανάλυση σε συστάδες καλύπτει σύνολο τεχνικών, με τις οποίες επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός ενός συνόλου παρατηρήσεων ή αντικειμένων σε ομοειδή υποσύνολα (Aldenderfer και Blashfield 1984, Everitt 1993, Everitt και Dunn 1991, Sharma 1996, Hair κ.ά. 1998, Σιάρδος 1999).

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής εφαρμόστηκε η τεχνική της ιεραρχικής ανάλυσης και ειδικότερα η μέθοδος Ward. Ως κριτήριο απόστασης της μεθόδου χρησιμοποιήθηκε η Ευκλείδεια απόσταση. Με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου Ward σχηματίζονται συστάδες, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιείται η μεταβλητότητα στο εσωτερικό τους (Everitt, 1993). Η ανάλυση έγινε με βάση 109 δημοτικά διαμερίσματα (Δ.Δ.) του Νομού Θεσσαλονίκης και οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν στον αριθμό εκτρεφόμενων αιγοπροβάτων, τον αριθμό εκτρεφόμενων βοοειδών, τις εκτάσεις κτηνοτροφικών φυτών, την αντίστοιχη παραγωγή κτηνοτροφικών φυτών, καθώς και τις εκτάσεις των βοσκοτόπων.

Η ανάλυση σε συστάδες εφαρμόστηκε στη βάση δύο κριτηρίων/μεταβλητών διαφοροποίησης των ομάδων των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν, ήτοι αυτό της παραγωγής κτηνοτροφικών φυτών και αυτό της αντίστοιχης καλλιεργούμενης έκτασης. Ειδικότερα, στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν οι μεταβλητές «αριθμός κεφαλών αιγοπροβάτων», «αριθμός κεφαλών βοοειδών», «παραγωγή καλαμποκιού», «παραγωγή μαλακού σιταριού», «παραγωγή σκληρού σιταριού», «παραγωγή κριθαριού», «παραγωγή μηδικής» και «έκταση βοσκοτόπων». Παράλληλα, στη δεύτερη περίπτωση η ανάλυση έγινε με βάση τις μεταβλητές «αριθμός κεφαλών αιγοπροβάτων», «αριθμός κεφαλών βοοειδών», «έκταση με καλλιέργειες καλαμποκιού», «έκταση με καλλιέργειες μαλακού σιταριού», «έκταση με καλλιέργειες σκληρού σιταριού», «έκταση με καλλιέργειες κριθαριού», «έκταση με καλλιέργειες μηδικής» και «έκταση βοσκοτόπων». Οι ομάδες των δημοτικών διαμερισμάτων που δημιουργούνται με την ανάλυση κατά συστάδες έχουν ομοιογένεια ως προς τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία, αναφορικά με τις εκτάσεις και την αντίστοιχη παραγωγή κτηνοτροφικών φυτών, προέρχονται από τη Δ/ση Αγροτικής Ανάπτυξης του Ν. Θεσσαλονίκης, η οποία

αποτελεί αρμόδια περιφερειακή αρχή παροχής σχετικών πληροφοριών στο Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, αλλά και σε ιδιώτες ερευνητές. Η αξιοπιστία και η πληρότητά τους είναι αναμφισβήτητη, καθώς αφορούν σε δεδομένα που συγκεντρώνονται επίσημα, με τη συνεργασία των κατά δημοτικό διαμέρισμα ανταποκριτών του ΟΓΑ, και τροφοδοτούν τους αρμόδιους εθνικούς φορείς, συμπεριλαμβανομένου και του ΟΣΔΕ που υπόκειται συχνά σε δειγματοληπτικούς ελέγχους από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Παράλληλα, τα δεδομένα που αφορούν στο ζωικό κεφάλαιο προέρχονται από τους σχετικούς καταλόγους κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων της Διεύθυνσης Κτηνιατρικής Θεσσαλονίκης, αρμόδιας για τη συγκέντρωσή τους, σε συνεργασία και με τα 13 Αγροτικά Κτηνιατρεία του Νομού. Τα δεδομένα αυτά θεωρούνται αξιόπιστα, καθώς, μεταξύ άλλων, χρησιμοποιούνται και για την καταβολή επιδοτήσεων στους κτηνοτρόφους από τους αρμόδιους κρατικούς φορείς. Τόσο τα δεδομένα των εκτάσεων και της αντίστοιχης παραγωγής κτηνοτροφικών φυτών όσο και αυτά του ζωικού κεφαλαίου, όλα αφορούν στο διαχειριστικό έτος 2002. Τέλος, τα δεδομένα που αφορούν στις εκτάσεις των βοσκοτόπων προέρχονται από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας και αποτελούν τα πλέον πρόσφατα και επίσημα διαθέσιμα στοιχεία κατανομής της έκτασης της χώρας κατά κατηγορίες χρήσης (ΕΣΥΕ, 1995).

Η επεξεργασία των δεδομένων και οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν με το στατιστικό πακέτο SPSS v.11.0.

### 3. Αποτελέσματα

Από την ιεραρχική ανάλυση με βάση το κριτήριο/μεταβλητή της παραγωγής κτηνοτροφικών φυτών και τις μεταβλητές του αριθμού αιγοπροβάτων και βοοειδών και των εκτάσεων των βοσκοτόπων σχηματίζονται τέσσερις χωρικές ενότητες/ομάδες (Πίνακας I).

**Πίνακας I.** Ανάλυση σε συστάδες – Χωρικές ενότητες/ομάδες με βάση το κριτήριο της παραγωγής κτηνοτροφικών φυτών.

**Table I.** Cluster analysis - Territorial zones based on the criterion of fodder plants production.

Ενότητα/ομάδα	Δημοτικά Διαμερίσματα
<b>1<sup>η</sup> Ομάδα (N=10 Δ.Δ.)</b>	Αγ. Αθανάσιος, Άδενδρο, Ν. Απολλωνία, Καβαλάρι, Καλοχώρι, Κύμνα, Λαγκαδάς, Πεντάλοφος, Σίνδος, Χαλάστρα
<b>2<sup>η</sup> Ομάδα (N=28 Δ.Δ.)</b>	Αγ. Αντώνιος, Αρέθουσα, Ασβεστοχώρι, Ασκός, Άσσηρος, Βασιλικά, Βερτίσκος, Βόλβη, Δρυμός, Εξάλοφος, Επανομή, Ζαγκλιβέρι, Θέρμη, Καρτερές, Κρουονέρι, Λαχανάς, Λιβάδι, Λοφίσκος, Σηροχώρι, Όσσα, Περιστέρα, Περιστερώννα, Πρόχωμα, Σκεπαστό, Τρίλοφος, Φιλαδέλφεια, Φιλαδέλφειο, Χορτιάτης
<b>3<sup>η</sup> Ομάδα (N=70 Δ.Δ.)</b>	Α. Σταυρός, Αγ. Βασίλειος, Αγ. Παρασκευή, Αγ. Τριάδα, Αγγελοχώρι, Αγγιάλος, Αδάμ, Ανάληψη, Ανατολικό, Απολλωνία, Αρδαμέρι, Ασπροβάλα, Βαθύλακος, Βαλτοχώρι, Βασιλούδι, Βρασιά, Βραχιά, Γερακαρού, Γέφυρα, Ελεούσα, Εξοχή, Ευαγγελισμός, Ηράκλειο, Ιωνία, Κ. Σταυρός, Κ. Σχολάρι, Καλαματό, Καρδία, Κολχικό, Κουφάλια, Κριθιά, Λαγκαδικα, Λαγυνά, Λευκοχώρι, Λιπή, Μ. Μοναστήρι, Ν. Μάλγαρα, Μαυρούδα, Μελισσοουργός, Μελισσοχώρι, Μεσσαίο, Μεσημέρι, Μόδι, Ν. Επιβάτες, Ν. Μάδυτος, Ν. Μεσημβρία, Ν. Μηχανώνα, Ν. Ρύσιο, Νεοχωρούδα, Νικομηδινό, Νικόπολη, Νυμφόπετρα, Ξυλόπολη, Πανόραμα, Παρθένι, Περαία, Περιβολάκι, Πετροκέρασα, Πεύκα, Πλαγιάρι, Προφήτης, Ν. Ραιδεστός, Σαρακίνα, Σουρωτή, Στρωανινά, Στίβος, Σχολάρι, Ταγαράδες, Φύλυρο, Ν. Χαλκηδόνα
<b>4<sup>η</sup> Ομάδα (N=1 Δ.Δ.)</b>	Σοχός

Την 1<sup>η</sup> χωρική ενότητα/ομάδα απαρτίζουν 10 Δ.Δ. (N=10) που βρίσκονται όλα σε πεδινές περιοχές του Ν. Θεσσαλονίκης. Η ομάδα αυτή, συγκριτικά με τις υπόλοιπες ομάδες, αλλά και τον μέσο όρο (μέσος ± τυπικό σφάλμα) του Νομού (N=109 Δ.Δ.), χαρακτηρίζεται από μεγάλο μέσο αριθμό κεφαλών βοοειδών ανά Δ.Δ. (πενταπλάσιο του μέσου όρου του Νομού), υψηλή παραγωγή μηδινής και περιορισμένη έκταση βοσκοτόπων, λόγω του πεδινού χαρακτήρα της περιοχής των Δ.Δ. αυτών. Επιπλέον, η ομάδα αυτή εμφανίζει υψηλή παραγωγή καλαμποκιού και αρκετά αναπτυγμένη αιγοπροβατοτροφία, συγκριτικά με τον μέσο όρο του Νομού, ενώ

**Πίνακας II.** Ανάλυση σε συστάδες – Παραγωγικά χαρακτηριστικά των χωρικών ενότητων/ομάδων (κριτήριο: η παραγωγή κτηνοτροφικών φυτών).

**Table II.** Cluster analysis – Productive characteristics of the territorial zones (criterion: the production of fodder plants).

	Ζωικό κεφάλαιο (κεφάλια)		Παραγωγή (τόνοι)					Βοσκότοποι (στρέμματα)
	Αιγοπροβάτα	Βοοειδή	Καλαμπόκι	Κριθάρι	Μηδική	Σιτάρι Μαλακό	Σιτάρι Σκληρό	
<b>1<sup>η</sup> Ομάδα</b>								
Μέσος	3291,4	3035,3	3137,3	182,8	4615,4	315,7	740,0	5330,0
Τυπικό Σφάλμα	624,7	748,7	822,0	58,8	1385,9	202,3	220,4	2251,1
Δ.Δ. (N)	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>2<sup>η</sup> Ομάδα</b>								
Μέσος	6633,2	405,5	228,0	163,6	194,3	722,4	2216,1	24417,9
Τυπικό Σφάλμα	1079,3	81,6	69,3	49,1	78,8	204,5	374,2	2701,5
Δ.Δ. (N)	28	28	28	28	28	28	28	28
<b>3<sup>η</sup> Ομάδα</b>								
Μέσος	1914,3	351,9	431,0	64,6	414,1	200,3	594,1	5730,0
Τυπικό Σφάλμα	254,0	62,5	80,5	10,0	73,0	38,2	64,5	665,5
Δ.Δ. (N)	70	70	70	70	70	70	70	70
<b>4<sup>η</sup> Ομάδα</b>								
«Μέσος»	14457,0	4385,0	4,00	2180,0	2240,0	3150,0	1300,0	55200
Τυπικό Σφάλμα	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ.Δ. (N)	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Σύνολο Νομού</b>								
Μέσος	3368,8	648,8	623,1	120,2	759,8	372,0	1033,2	10947,7
Τυπικό Σφάλμα	390,9	114,0	118,8	24,6	177,6	68,7	125,2	1214,8
Δ.Δ. (N)	109	109	109	109	109	109	109	109

αντίθετα η παραγωγή σιτηρών δεν αποκλίνει σημαντικά από τον μέσο όρο (Πίνακας II).

Τη 2<sup>η</sup> χωρική ενότητα/ομάδα απαρτίζουν 28 Δ.Δ., τα οποία στη συντριπτική πλειονότητά τους βρίσκονται σε ημιορεινές και πεδινές περιοχές του Νομού και μόνο 2 Δ.Δ. (Λιβάδι και Χορτιάτης) βρίσκονται σε ορεινή περιοχή. Η ομάδα αυτή εμφανίζει μεγάλη συγκέντρωση ζωικού κεφαλαίου αιγοπροβάτων (διπλάσιο του μέσου όρου του Νομού), σημαντικές εκτάσεις βοσκοτόπων (2,5 φορές περίπου πάνω από τον μέσο όρο του Νομού) και τη μεγαλύτερη παραγωγή σκληρού σιταριού. Ο αριθμός των βοοειδών και η παραγωγή μηδικής και μαλακού σιταριού βρίσκονται κάτω από τον μέσο όρο του Νομού, ενώ η παραγωγή κριθαριού υπερβαίνει σχετικά τον μέσο όρο του Νομού (Πίνακας II).

Την 3<sup>η</sup> χωρική ενότητα/ομάδα απαρτίζουν 70 Δ.Δ., τα οποία βρίσκονται τόσο σε πεδινές όσο και ημιορεινές περιοχές. Οι τιμές όλων των μεταβλητών είναι κάτω από τον μέσο όρο του Νομού (Πίνακας II).

Την 4<sup>η</sup> χωρική ενότητα/ομάδα απαρτίζει μόνο 1 Δ.Δ. (Σοχός), το οποίο βρίσκεται σε ορεινή περιοχή και χαρακτηρίζεται από τον μεγαλύτερο αριθμό αιγοπροβάτων και βοοειδών, έναντι όλων των υπολοίπων ομάδων. Παράλληλα, εμφανίζει την υψηλότερη παραγωγή μαλακού σιταριού, αρκετά υψηλή παραγωγή σκληρού σιταριού και μηδικής και τη μεγαλύτερη έκταση βοσκοτόπων έναντι των άλλων ομάδων (Πίνακας II).

Από την ανάλυση σε συστάδες με βάση το κριτήριο/μεταβλητή της έκτασης κτηνοτροφικών φυτών και τις μεταβλητές του αριθμού των αιγοπροβάτων και βοοειδών και των εκτάσεων βοσκοτόπων σχηματίζονται επίσης τέσσερις χωρικές ενότητες/ομάδες (Πίνακας III).

Την 1<sup>η</sup> χωρική ενότητα/ομάδα απαρτίζουν 19 Δ.Δ., τα οποία βρίσκονται όλα σε πεδινές περιοχές του



**Πίνακας III.** Ανάλυση σε συστάδες – Χωρικές ενότητες/ομάδες με βάση το κριτήριο της έκτασης κτηνοτροφικών φυτών.

**Table III.** Cluster analysis - Territorial zones based on the criterion of the cultivated area of fodder plants.

Ενότητα/ομάδα	Δημοτικά Διαμερίσματα
<b>1<sup>η</sup> Ομάδα (N=19 Δ.Δ.)</b>	Αγ. Αθανάσιος, Αδενδρο, Ν. Απολλωνία, Βάλτοχόρι, Βραχιά, Ηράκλειο, Καβαλάρι, Καλοχώρι, Κύμνα, Λαγκαδάς, Λητή, Μ. Μοναστήρι, Ν. Μάλγαρα, Παρθένι, Πεντάλοφος, Περιβολάκι, Σίνδος, Χαλάστρα, Ν. Χαλκηδόνα.
<b>2<sup>η</sup> Ομάδα (N=22 Δ.Δ.)</b>	Αγ. Αντώνιος, Αρέθουσα, Ασβεστοχώρι, Ασκός, Άσπησης, Βασιλικά, Βερτίσκος, Βόλβη, Δρυμός, Εξάλοφος, Ζαγκλιβέρι, Θέρμη, Καρτερές, Κρουνέρι, Λαχανάς, Λιβάδι, Λοφίσκος, Όσσα, Περιστέρα, Περιστερώνα, Φυλαδέλφειο, Χορτιάτης.
<b>3<sup>η</sup> Ομάδα (N=67 Δ.Δ.)</b>	Α. Σταυρός, Αγ. Βασίλειος, Αγ. Παρασκευή, Αγ. Τριάδα, Αγγελοχώρι, Αγγιάλος, Αδάμ, Ανάληψη, Ανατολικό, Απολλωνία, Αρδαμέρι, Ασπροβάλα, Βαθύλακος, Βασιλούδι, Βρασιά, Γερακαρού, Γέφυρα, Ελεούσα, Εξοχή, Επανομή, Ευαγγελισμός, Ηράκλειο, Ιωνία, Κ. Σταυρός, Κ. Σχολάρι, Καλαματό, Καρδία, Κολχικό, Κουφάλια, Κριθιά, Λαγκαδικαία, Λαγυνά, Λευκοχώρι, Μαυρούδα, Μελισσουργός, Μελισσοχώρι, Μεσσαίο, Μεσημέρι, Μόδι, Ν. Επιβάτες, Ν. Μάδυτος, Ν. Μεσημβρία, Ν. Μηχανιάνα, Ν. Ρύσιο, Νεοχωρούδα, Νικομηδινό, Νικόπολη, Νυμφόπετρα, Ξηροχώρι, Ξυλόπολη, Πανόραμα, Περαιά, Πετροκέρασα, Πεύκα, Πλαγιάρι, Προφήτης, Πρόχωμα, Ν. Ραιδεστός, Σκεπαστό, Σουρωτή, Στεφανιά, Στάβος, Σχολάρι, Ταγαράδες, Τρίλοφος, Φυλαδέλφεια, Φύλορο.
<b>4<sup>η</sup> Ομάδα (N=1 Δ.Δ.)</b>	Σοχός

Νομού. Η ομάδα αυτή χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό βοοειδών ανά Δ.Δ. (τριπλάσιο του μέσου όρου του Νομού), μεγάλη έκταση μηδικής και μικρότερη έκταση βοσκοτόπων, έναντι όλων των άλλων ομάδων. Παράλληλα, διαθέτει τις μεγαλύτερες εκτάσεις καλαμποκιού και αρκετά αναπτυγμένη αργοπροβατοτροφία. Οι εκτάσεις του κριθαριού είναι κοντά στον μέσο όρο του συνόλου των Δ.Δ. (Νομός), ενώ αυτές του σκληρού και μαλακού σιταριού είναι πολύ κάτω από τον μέσο όρο (Πίνακας IV).

Τη 2<sup>η</sup> χωρική ενότητα/ομάδα απαρτίζουν 22 Δ.Δ., τα οποία στη συντριπτική πλειονότητά τους βρίσκονται σε ημιορεινές και πεδινές περιοχές και μόνο δύο από αυτά ανήκουν σε ορεινές περιοχές. Η ομάδα αυτή χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό αργοπροβάτων (διπλάσιος του μέσου όρου) και σημαντικές εκτάσεις βοσκοτόπων (τριπλάσιες του μέσου όρου). Επίσης, διαθέτει τις περισσότερες εκτάσεις σκληρού και μαλακού σιταριού (Πίνακας IV).

Την 3<sup>η</sup> χωρική ενότητα/ομάδα απαρτίζουν 67 Δ.Δ., τα οποία βρίσκονται σε πεδινές και ημιορεινές περιοχές. Αν εξαιρέσουμε τις εκτάσεις με σκληρό σιτάρι, οι τιμές όλων των άλλων μεταβλητών είναι μικρότερες από τον μέσο όρο του Νομού (Πίνακας IV).

Την 4<sup>η</sup> χωρική ενότητα/ομάδα απαρτίζει μόνο 1 Δ.Δ. (Σοχός), το οποίο βρίσκεται σε ορεινή περιοχή. Χαρακτηρίζεται από τον υψηλότερο αριθμό αργοπροβάτων και βοοειδών, έναντι όλων των άλλων ομάδων, και έχει τις περισσότερες εκτάσεις μηδικής, κριθαριού, σκληρού σιταριού και βοσκοτόπων.

#### 4. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούν οι διάφοροι φορείς για τη χωρική κατηγοριοποίηση της χώρας και ειδικότερα για τον τυπολογικό προσδιορισμό των αγροτικών περιοχών ποικίλλουν. Συνήθως, αποτελούν κάποιον συνδυασμό δημογραφικών, γεωμορφολογικών, κλιματικών και ορισμένες φορές χωρικών χαρακτηριστικών (Καρανικόλας και Μαρτίνοβ, 1999). Η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδας (ΕΣΥΕ, 1995), για την κατηγοριοποίηση των περιοχών της χώρας, χρησιμοποιεί κριτήρια διαφορετικά από αυτά που περιλαμβάνονται στην οδηγία 75/268 της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) και χρησιμοποιούνται για τις ενισχύσεις και τις επιδοτήσεις που χορηγούνται στον ελληνικό αγροτικό τομέα. Συνεπώς, διαφορετική είναι και η κατηγοριοποίηση που τελικά προκύπτει.

Στην παρούσα εργασία, για την τυπολογική ανάλυση της κτηνοτροφικής δραστηριότητας και την κατηγοριοποίηση του αγροκτηνοτροφικού χώρου του Ν. Θεσσαλονίκης, επιλέχθηκαν κριτήρια που συνδυάζουν κύρια

**Πίνακας IV.** Ανάλυση σε συστάδες – Παραγωγικά χαρακτηριστικά χωρικών ενότητων/ομάδων (κριτήριο: η έκταση κτηνοτροφικών φυτών).

**Table IV.** Cluster analysis - Productive characteristics of the territorial zones (criterion: the cultivated area of fodder plants).

	Ζωικό κεφάλαιο (κεφάλια)		Έκταση (στρέμματα)					
	Αιγοπροβάτα	Βοοειδή	Καλαμιτόκι	Κριθάρι	Μηδική	Σιτάρι Μυζακικό	Σιτάρι Σιέληρο	Βοσκότοποι
<b>1η Ομάδα</b>								
Μέσος	2230,4	2074,6	2405,6	420,5	1903,0	979,5	2375,8	3926,3
Τυπικό Σφάλμα	421,0	467,8	1334,9	560,3	132,2	343,5	458,2	907,7
Δ.Δ. (N)	19	19	19	19	19	19	19	19
<b>2η Ομάδα</b>								
Μέσος	7711,2	355,7	223,2	565,0	91,6	3394,5	7409,5	29313,7
Τυπικό Σφάλμα	1271,4	85,0	2542,3	77,5	148,4	31,4	964,6	1329,4
Δ.Δ. (N)	22	22	22	22	22	22	22	22
<b>3η Ομάδα</b>								
Μέσος	2098,8	285,1	352,0	250,0	209,0	816,3	5360,3	6247,8
Τυπικό Σφάλμα	268,6	51,1	669,4	75,6	40,0	37,5	154,9	824,1
Δ.Δ. (N)	67	67	67	67	67	67	67	67
<b>4η Ομάδα</b>								
«Μέσος»	14457,0	4385,0	4,00	2180,0	2240,0	3150,0	1300,0	55200
Τυπικό Σφάλμα	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ.Δ. (N)	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Σύνολο Νομού</b>								
Μέσος	3368,8	648,9	10947,7	680,9	440,2	504,4	1453,9	5314,9
Τυπικό Σφάλμα	390,9	114,0	1214,8	131,7	82,0	91,7	261,3	606,1
Δ.Δ. (N)	109	109	109	109	109	109	109	109

κτηνοτροφικά χαρακτηριστικά (ζωικό κεφάλαιο, εκτάσεις κτηνοτροφικών φυτών με την αντίστοιχη παραγωγή τους, εκτάσεις βοσκοτόπων). Με βάση τα κριτήρια αυτά, η ανάλυση ανέδειξε μια διαφορετική και γενικά αντιπροσωπευτικότερη τυπολογία της κτηνοτροφικής δραστηριότητας της περιοχής έρευνας, σε σχέση με αυτήν της ΕΣΥΕ ή της Ε.Ε. Η άποψη αυτή ενισχύεται, δεδομένης της πληρότητας των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση.

Έτσι, από την ιεραρχική ανάλυση, με βάση τόσο το κριτήριο της παραγωγής κτηνοτροφικών φυτών όσο και αυτό της καλλιεργούμενης με κτηνοτροφικά φυτά έκτασης, σχηματίζονται τέσσερις χωρικές ενότητες/ομάδες με διαφορετικά κτηνοτροφικά παραγωγικά χαρακτηριστικά η κάθε μια.

Η χρησιμοποίηση δύο διαφορετικών ομάδων μεταβλητών δε διαφοροποίησε σημαντικά τις χωρικές ενότητες που δημιουργούνται. Ειδικότερα, στην πρώτη χωρική ενότητα όλα τα δημοτικά διαμερίσματα ανήκουν στην πεδινή ζώνη, ενώ στη δεύτερη ανήκουν είτε στην πεδινή είτε στην ημιορεινή ζώνη με σημαντικές εκτάσεις βοσκοτόπων και σημαντικό αριθμό αιγοπροβάτων. Στην τρίτη χωρική ενότητα οι τιμές όλων των μεταβλητών είναι κάτω από τον αντίστοιχο μέσο όρο του Νομού, ενώ η τέταρτη ενότητα αποτελείται από ένα μόνο δημοτικό διαμέρισμα που βρίσκεται στην ορεινή ζώνη και χαρακτηρίζεται από πολύ αναπτυγμένη αιγοπροβατοτροφία και βοοτροφία. Τόσο με βάση το κριτήριο της παραγωγής κτηνοτροφικών φυτών όσο και με αυτό της καλλιεργούμενης με κτηνοτροφικά φυτά έκτασης, τον σημαντικότερο ρόλο για τη συγκρότηση των χωρικών ενότητων/ομάδων παίζει η μεταβλητή κριθάρι και ακολουθούν οι μεταβλητές της έκτασης βοσκοτόπων και του αριθμού βοοειδών.

Ο συνδυασμός της παραγωγής κτηνοτροφικών φυτών, του αριθμού αιγοπροβάτων και βοοειδών και της έκτασης βοσκοτόπων, καθώς επίσης της έκτασης κτηνοτροφικών φυτών, του αριθμού αιγοπροβάτων και βοοειδών και της έκτασης βοσκοτόπων των δημοτικών διαμερισμάτων φαίνεται ότι παίζει αποφασιστικό ρόλο στη διαμόρφωση ευδιάκριτων χωρικών ενοτήτων και στον προσδιορισμό των δυνατοτήτων κτηνοτροφικής ανάπτυξης του Νομού. Ο προσδιορισμός των χωρικών αυτών ενοτήτων θα μπορούσε να συμβάλει στη δημιουργία σαφέστερης αντίληψης των προβλημάτων της ευρύτερης αγροτικής περιοχής του Ν. Θεσσαλονίκης και στην εκτίμηση των δυνατοτήτων ορθολογικότερης ανάπτυξής της, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις επιλογής εναλλακτικών λύσεων, ανάλογα με τους γενικότερους οικονομικούς ή κοινωνικούς προσπάθειες για ορθολογικότερη κινητοποίηση και προγραμματισμένη αξιοποίηση των τοπικών πόρων (φυσικών και ανθρώπινων), με βάση τα συγκριτικά πλεονεκτήματα της κάθε περιοχής, κατά κλάδο παραγωγικής δραστηριότητας.

Η τυπολογία αυτή θεωρείται ιδιαίτερα επίκαιρη, στα πλαίσια της γενικότερης προσπάθειας για ορθολογικότερη κινητοποίηση και προγραμματισμένη αξιοποίηση των τοπικών πόρων (φυσικών και ανθρώπινων), με βάση τα συγκριτικά πλεονεκτήματα της κάθε περιοχής, κατά κλάδο παραγωγικής δραστηριότητας.

### Typology of the Livestock Sector in the Prefecture of Thessaloniki

G. Arabatzis<sup>1</sup>, Ch. Batzios<sup>2</sup>, V. Samathrakis<sup>3</sup> and T.Koutroumanidis<sup>4</sup>

#### Abstract

This paper is focused on the determination of homogeneous territorial zones of livestock farming activity in the agricultural area of the Prefecture of Thessaloniki, which maybe used to outline a farming map of the area. Cluster analysis was employed, based on data from 109 municipal regions of the Prefecture of Thessaloniki. The variables used in the analysis involved the numbers of bovines, sheep and goats reared in the area, the cultivated area and the corresponding production of fodder plants, as well as the area of rangelands.

Using as criteria of analysis both the production of fodder plants and the respective cultivated area, the combination of the above-mentioned variables seems to play a decisive role in the configuration of four distinct territorial zones and the determination of the possibilities for the development of the livestock sector in the agricultural area of the Prefecture of Thessaloniki.

The first territorial zone involves municipal regions located only in lowland areas of the Prefecture of Thessaloniki, while the second involves the ones located mostly in semi-mountainous and lowland areas and less in mountainous areas. Finally, the third territorial zone involves municipal regions located in lowland and semi-mountainous areas, while the fourth one involves only the municipal region of Sohoh, located in the mountainous area of the Prefecture of Thessaloniki.

**Key Words:** typology, livestock farming, cluster analysis.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aldenderfer, M., and Blashfield, R. (1984), Cluster Analysis. Sage University Papers: Quantitative Applications in the Social Sciences, 07-044, London:Sage.
- Αργύρης, Α. (1992), Οικονομική του Χώρου. Τόμος Ι: Θεωρία του Τόπου Εγκαταστάσεως. Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- Christaller, W. (1933), Die Zentralen Orte in Suddeutschl and, Fisher, Jena, μετάφραση C.W. Bakin (1966), Central Places in Southern Germany, Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, NJ.
- ΕΣΥΕ, (1995), Κατανομή της Έκτασης κατά Βασικές Κατηγορίες Χρήσεως, Αθήνα.
- Everitt, B., and Dunn, G. (1991), Applied Multivariate Data Analysis. London-Sydney-Auckland.
- Everitt, B. (1993), Cluster Analysis. Third edition. Arnold, London-Sydney-Auckland.

<sup>1</sup> Department of Forestry and Management of the Environment and Natural Resources, Democritus University of Thrace, Greece

<sup>2</sup> Lab. of Animal Production Economics, Faculty of Veterinary Medicine, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

<sup>3</sup> Department of Farm Management, Technological Educational Institute of Thessaloniki, Greece

<sup>4</sup> Department of Agricultural Development, Democritus University of Thrace Greece

- Φαρδής, Α., και Παναγιώτου, Α. (1980), Συγκριτική Έρευνα Γεωργικής Αναπτύξεως της Ελλάδος. Αθήνα.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., and Black, W. (1998), *Multivariate Data Analysis with Readings*. 5<sup>th</sup> edition, Prentice-Hall, International, INC, USA.
- Καρανικόλας, Π. (1999), Ομοιογένεια και Ετερογένεια στον Αγροτικό Χώρο. Στο συλλογικό τόμο Κριτικές Προσεγγίσεις της Ανάπτυξης και της Προστασίας του Περιβάλλοντος της Υπαίθρου, Επιμέλεια Λ. Λουλούδης και Ν. Μπεόπουλος. Εκδόσεις Στοχαστής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σελ: 59-75.
- Καρανικόλας, Π. (2000), Αγροτική Ανάπτυξη σε Παραμεθόριες Περιοχές. Αξιοποίηση Φυσικών Πόρων και Ανθρώπινου Δυναμικού, Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα.
- Καρανικόλας, Π., και Μαργίνος, Ν. (1999), Χωρική Διαφοροποίηση της Ελληνικής Γεωργίας με Ορίζοντα το 2010. Στο συλλογικό τόμο Η Ελληνική Γεωργία προς το 2010. Επιμέλεια Ν. Μαραβέγιας, Εκδόσεις Παπαζήση, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Σελ:245-307.
- Κουτρομανίδης, Θ, Γαλανόπουλος Κ και Αραμπατζής Γ. (2003). Χωροταξική Διάθροση των Περιφερειών της Ελλάδας ως προς τη Γεωργική Παραγωγή. Πρακτικά 15<sup>ου</sup> Πανελληνίου Στατιστικού Συνεδρίου, Ιωάννινα.
- Λαμπριανίδης, Α. (1992), Στοιχεία Οικονομικής Γεωγραφίας. Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη.
- Losch, A. (1944), *Die Raumllich Ordnung der Wirtschaft*, Fisher, Jena, μετάφραση W.H. Woglom (1954), *The Economics of Location*, Yale University Press, New Haven.
- Παναγιώτου, Α. (1974), Συγκριτική Έρευνα Γεωργικής Αναπτύξεως Νομού Φθιώτιδος, Τυπολογική Ανάλυσις, Διατριβή επί Διδακτορία, ΑΓΣΑ, Αθήναι.
- Παναγιώτου, Α. (1982), Παραγωγικές Δομές και Ενόητες Γεωργικής Ανάπτυξης. Μια Μεθοδολογική Προσέγγιση στο Νομό Βοιωτίας. Διατριβή επί Υψηγείας, ΑΓΣΑ, Αθήνα.
- Παναγιώτου, Α. (1986), Παραγωγικές Δομές και Συστήματα Παραγωγής: Μια Μεθοδολογική Προσέγγιση στη Δημιουργία Ενοτήτων Γεωργικής Ανάπτυξης. Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου της ΑΤΕ: Οικονομία και Αγροτικός Τομέας, Τομ. Α':326-339.
- Σιάρδος, Γ. (1999), Μέθοδοι Πολυμεταβλητής Στατιστικής Ανάλυσης. Μέρος Πρώτο. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- Sharma, S. (1996), *Applied Multivariate Techniques*. John Willey, New York.
- Von Thunen, J. (1826), *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landschaft und Nationalokonomie*, Hamburg, μετάφραση C.M. Wartenberg (1966), von Thunen's Isolated State, Pergamon Press, Oxford.
- Weber, A. (1909), *Über den Standort der Industrien*, μετάφραση C.J. Friedrich (1929), *Alfred Weber's Theory of the Location of Industries*, University of Chicago Press, Chicago.

## Μέτρηση παραμέτρων της ισχύος ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης

I. Γ. Γράβαλος<sup>1</sup>, I. Κ. Ράπτης<sup>1</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι η πλέον αποδοτική θερμική μηχανή. Χρησιμοποιείται ευρέως σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται μεγάλες συγκεντρώσεις ισχύος, όπως των αυτοκινούμενων γεωργικών μηχανημάτων. Οι κλασικές μέθοδοι μέτρησης της ισχύος των κινητήρων με δυναμόμετρα είναι μη πρακτικές για τους σκοπούς της τεχνικής διαγνωστικής, λόγω της επίπονης και χρονοβόρας διαδικασίας. Η μέτρηση μεγεθών όπως: η συμπίεση των χώρων καύσης ή η πίεση που δημιουργείται στο χώρο της ελαιολεκάνης από διαφυγόντα καυσαέρια κ.ά., δίνουν πληροφορίες για την τεχνική κατάσταση επιμέρους τμημάτων του κινητήρα. Γι' αυτό λοιπόν αναζητούνται μέθοδοι, με τις οποίες μπορούν να μετρηθούν οι παράμετροι της ισχύος σύντομα και με μη επεμβατικό τρόπο. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία μέθοδος μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης στους επιμέρους κυλίνδρους ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης. Πρόκειται για μία μέθοδο γρήγορης διάγνωσης της τεχνικής κατάστασης του κινητήρα στο σύνολό του, που υλοποιήθηκε με τη βοήθεια ηλεκτρονικών διατάξεων.

**Λέξεις κλειδιά:** κινητήρας εσωτερικής καύσης, τεχνική διαγνωστική, ισχύς, γωνιακή επιτάχυνση.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι η πλέον αποδοτική θερμική μηχανή. Χρησιμοποιείται ευρέως σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται μεγάλες συγκεντρώσεις ισχύος, όπως των αυτοκινούμενων γεωργικών μηχανημάτων.

Η τεχνική κατάστασή του, παίζει σημαντικό ρόλο σε τρέχοντα ζητήματα της γεωργικής παραγωγής (όπως η αποδοτικότητα και οικονομικότητα των μηχανημάτων, η έγκαιρη ολοκλήρωση των εργασιών κ.λ.π.). Ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία του κινητήρα εσωτερικής καύσης, που έχει σχέση με την αποδοτικότητά, είναι η ισχύς του. Η μέτρησή της πραγματοποιείται με έμμεσο τρόπο, δηλαδή με μέτρηση των παραμέτρων που τη συνιστούν (ISO 789/1), (Τσατσαρέλης, 1997). Η μέτρηση της ισχύος των κινητήρων εσωτερικής καύσης μπορεί να γίνει με τη βοήθεια δυναμόμετρου (Zhang et al., 1987), (Nishizaki et al., 1987) και εναλλακτικά με τη μέθοδο της επιτάχυνσης άνευ φορτίου, της οποίας διαγνωστικό σήμα είναι η γωνιακή επιτάχυνση. Σύμφωνα με τον Heywood (1992), η γωνιακή επιτάχυνση του κινητήρα, είναι ένα σημαντικό διαγνωστικό σήμα ανάλογο της ροπής στρέψης και της ισχύος. Τα τελευταία χρόνια, έχουμε σημαντικές προσπάθειες μέτρησης της ισχύος των ελκυστήρων, στις συνθήκες εργασίας των αγρών. Στην κατεύθυνση αυτή συνετέλεσε η ραγδαία εξέλιξη της μικροηλεκτρονικής. Για το σκοπό αυτό, οι Zheng και Luyan (1985), Palmer (1985), Zheng (1988), ανέπτυξαν φορητές συσκευές καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων, που σχετίζονται με την ισχύ.

Για μία συνολική προσέγγιση της τεχνικής κατάστασης του κινητήρα επαρκεί η μέτρηση της ισχύος ολόκληρου του κινητήρα, αλλά για ένα λεπτομερέστερο διαγνωστικό έλεγχο χρειάζεται η μέτρηση της ισχύος στους επιμέρους κυλίνδρους του. Για παράδειγμα, η μερική φθορά των βαλβίδων σε έναν από τους κυλίνδρους ενός τετρακύλινδρου κινητήρα των 60 kW, μπορεί να προκαλέσει πτώση της ισχύος κατά 1.5 kW δηλαδή 2.5%. Μετρώντας συνολικά την ισχύ του κινητήρα δεν μπορούμε να ανιχνεύσουμε αυτή τη διαφορά, επειδή το 2.5% βρίσκεται στο όριο ακριβείας των χρησιμοποιούμενων μεθόδων μέτρησης της ισχύος (Havlicek et al., 1983).

Βασικό στόχο της εργασίας αποτελεί η παρουσίαση σχεδίασης, υλοποίησης και πειραματικής επαλήθευσης ενός συστήματος μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης σαν συνάρτηση του αριθμού στροφών για κινητήρες εσωτερικής καύσης.

<sup>1</sup> Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τμήμα Γεωργικών Μηχανών & Αρδεύσεων, 41110, Λάρισα (e-mail: gravalos@in.gr)

## 2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

### 2.1 Παρουσίαση της μεθόδου

Πρόκειται για μία μέθοδο μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης των κινητήρων εσωτερικής καύσης, η οποία διακρίνεται για το σχετικά χαμηλό κόστος και τη σύντομη διάρκεια εκτέλεσης. Επειδή η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε σε τετρακύλινδρους κινητήρες, κάθε άλλη αναφορά θα παραπέμψει μόνο σε αυτούς.

Ο κινητήρας κατά τη διάρκεια της μέτρησης επιλέχθηκε να λειτουργεί με τους μισούς κυλίνδρους. Δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες κατευθύνσεως συνδέονται αντίστοιχα διά ενός "T" στο κύκλωμα υψηλής πίεσης του πρώτου και τρίτου κυλίνδρου του κινητήρα. Οι βαλβίδες αυτές βασίζόμενες σε μία διακοπτική λογική, ανοίγουν και κλείνουν γρήγορα, επιτρέποντας μια μέγιστη παροχή καυσίμου στους κυλίνδρους. Ο κινητήρας επιταχύνει για σύντομο χρονικό διάστημα και επομένως μπορεί να μετρηθεί η γωνιακή επιτάχυνση των επιμέρους κυλίνδρων. Στους δύο άλλους κυλίνδρους πραγματοποιείται μέτρηση της παροχής καυσίμου με τη βοήθεια ενός μετρητή σταθερού όγκου (δηλαδή διαπιστώνεται ο αριθμός των εγχύσεων σε σταθερό όγκο).

Οι στροφές του κινητήρα ρυθμίζονται αυτόματα με τη βοήθεια ηλεκτρονικής διάταξης, της οποίας ενεργοποιητές είναι οι δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες. Οι δύο βαλβίδες βρίσκονται αρχικά στην κατάσταση "1". Με την έναρξη της μέτρησης οι βαλβίδες περνούν στην κατάσταση "2", δηλαδή της επιτάχυνσης του κινητήρα. Κατά τη διάρκεια μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης, οι βαλβίδες περνούν στην κατάσταση "3" και στη συνέχεια στην κατάσταση "4", ώστε να μετρηθούν οι  $(\epsilon_1)$  και  $(\epsilon_2)$  αντίστοιχως. Τη μέτρηση της γωνιακής επιτάχυνσης ακολουθεί η μέτρηση της γωνιακής επιβράδυνσης  $(\epsilon_3)$ , όπως προβλέπεται στην κατάσταση "5". Με την ολοκλήρωση των μετρήσεων οι δύο βαλβίδες επιστρέφουν στην αρχική κατάσταση "1". Η διαδικασία επαναλαμβάνεται αρκετές φορές και στη συνέχεια λαμβάνεται ο μέσος όρος των μετρήσεων. Η ίδια ακριβώς διαδικασία ακολουθείται για τη μέτρηση της γωνιακής επιτάχυνσης του δεύτερου και τέταρτου κυλίνδρου και τη μέτρηση παροχής καυσίμου στον πρώτο και τρίτο κύλινδρο.

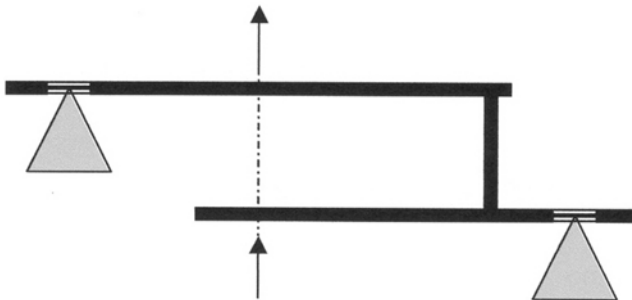
Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το *t*-test, όπως περιγράφεται από τους Miller et al. (1990) και Papoulis (1990), σε επίπεδο σημαντικότητας  $< 0,05$ . Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων μπορούμε να υπολογίσουμε την ενδεικτική ροπή στρέψης των επιμέρους κυλίνδρων και επομένως ολόκληρου του κινητήρα.

### 2.2 Περιγραφή του εξοπλισμού

Στον εξοπλισμό περιλαμβάνονται δύο ηλεκτρονικές διατάξεις: α) η διάταξη ρύθμισης των στροφών του κινητήρα και β) η διάταξη μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης.

#### Διάταξη ρύθμισης των στροφών

Η διάταξη αυτή αποτελείται από τα ηλεκτρονικά κυκλώματα οδήγησης των παλμοσειρών και τις δύο ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες. Για την κατασκευή των κυκλωμάτων χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά λογικά στοιχεία όπως πύλες (gates) NAND και απλά κυκλώματα RC, των οποίων η σταθερή χρόνου (time constant) υπολογίστηκε από τη σχέση:  $t = R \cdot C$ , όπου R είναι η αντίσταση σε  $[\Omega]$  και C είναι η χωρητικότητα του πυκνωτή σε [F].



Σχήμα 1: Άποψη του μηχανισμού μετάδοσης της δύναμης

Βασικό στοιχείο της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας είναι μία βαλβίδα κατάθλιψης όμοια με αυτές που χρησιμοποιούνται στην αντλία εκτόξευσης. Για την ολοκλήρωση της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας απαιτούνται ακόμη δύο μοχλοί που συνδέονται μηχανικά μεταξύ τους (σχήμα 1), ένα επίμηκες πηνίο και ο πυρήνας του. Υπολογίστηκε ότι για μία διαδρομή 0.15 mm της βαλβίδας κατάθλιψης, ώστε να απελευθερωθεί το καύσιμο στο κύκλωμα υψηλής πίεσης, απαιτείται δύναμη 300 N. Με βάση τα στοιχεία αυτά σχεδιάστη-

κε και κατασκευάστηκε το σωληνοειδές.

### Διάταξη μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης

Για τη μέτρηση της γωνιακής επιτάχυνσης χρησιμοποιήθηκαν ένας πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης και ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα, το οποίο βασίζεται σε ένα δυαδικό απαριθμητή. Ο πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης (DMP 333) της BD Sensors, επιλέχθηκε επειδή: λειτουργεί σε υψηλές θερμοκρασίες, έχει μικρό μέγεθος και δεν επηρεάζεται από τους κραδασμούς. Ο αισθητήρας ανιχνεύει τις μεταβολές της πίεσης, μέσω της μετατόπισης ενός λεπτού διαφράγματος, που πιέζει έναν πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο. Τα ηλεκτρικά φορτία που εμφανίζονται στις όψεις του κρυστάλλου είναι ανάλογα της ασκούμενης πίεσης. Μετάξυ αγωγού υψηλής πίεσης και εγχυτήρα προστέθηκε ένα μεταλλικό παραλληλεπίπεδο, στο οποίο κατασκευάστηκαν οπές και δίοδοι για τη ροή του πετρελαίου και χρησιμεύει ως υποδοχέας του αισθητήρα.

Το ηλεκτρονικό κύκλωμα αποτελείται από ένα διασταθές κύκλωμα latch και το ολοκληρωμένο του δυαδικού απαριθμητή (binary counter) 74LS93. Με το κύκλωμα αυτό μπορεί να μετρηθεί το χρονικό διάστημα μεταξύ πρώτου και δεύτερου ψεκασμού ( $t_1$ ) και το χρονικό διάστημα μεταξύ δεύτερου και τρίτου ψεκασμού ( $t_2$ ). Γνωρίζοντας τους χρόνους ( $t_1$ ) και ( $t_2$ ) μπορούμε να υπολογίσουμε τη γωνιακή επιτάχυνση από την ακόλουθη σχέση (Kozousek, 1971):

$$\varepsilon = 100 (\Delta t / t^3) \quad (1)$$

Όπου:  $\Delta t = t_1 - t_2$  και  $t = t_1 + t_2$

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Την "ισχύ" και τη "ροπή στρέψης" ως φορείς πληροφοριών θα πρέπει να τις εξετάζουμε από δύο διαφορετικές πλευρές. Αφενός από την πλευρά της απόδοσης του μηχανήματος κατά την εκτέλεση των εργασιών (από τις πιο σημαντικές πληροφορίες για την οικονομική εκμετάλλευση ενός μηχανήματος) και αφετέρου από την πλευρά του επιστημονικού πεδίου της τεχνικής διαγνωστικής. Στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει να ασχοληθούμε με τα ωφέλιμα μεγέθη, ενώ στη δεύτερη είναι προτιμότερο να μελετήσουμε τα ενδεικτικά μεγέθη. Για τη σύνταξη μίας γενικής έκθεσης, που να αφορά συνολικά την τεχνική κατάσταση ενός κινητήρα, είναι επαρκής η μέτρηση της ολικής ισχύος (P). Όμως για να προβούμε στη σύνταξη μίας λεπτομερειακής διάγνωσης θα πρέπει να διερευνήσουμε με προσοχή την ισχύ ( $P_j$ ) και τις παραμέτρους που τη συνιστούν ( $M_j$ ,  $\varepsilon_j$ ) στους διαφορετικούς κυλίνδρους του κινητήρα. Η μέτρηση της ισχύος πραγματοποιείται με τη βοήθεια δυναμόμετρου και με βάση ειδικούς κώδικες δοκιμών. Μία εναλλακτική μέθοδος μέτρησης της ισχύος είναι η μέθοδος της επιτάχυνσης του κινητήρα χωρίς φορτίο, της οποίας διαγνωστικό σήμα είναι η γωνιακή επιτάχυνση. Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται απόλυτα για τους σκοπούς της τεχνικής διαγνωστικής. Επίσης για την αποτελεσματικότερη ανίχνευση των διαφόρων δυσλειτουργιών συνιστάται η μέτρηση των μεγεθών αυτών να γίνεται στο 45%, 75% ή 90% των ονομαστικών στροφών.

Για την πειραματική επαλήθευση της μεθόδου μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης, χρησιμοποιήθηκε ένας ελκυστήρας με κινητήρα ισχύος 46 KW. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε ειδική αίθουσα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος χώρου (θερμοκρασίας αέρα  $\theta_0 = 20$  °C, πίεσης  $p_0 = 97.9$  kPa και σχετικής υγρασίας 57 %). Ο ενιαίος τρόπος εκτέλεσης των δοκιμών δίνει τη δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων και εξαγωγής ασφαλών συμπερασμάτων για την αξιοπιστία του συστήματος μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης. Αρχικά έγινε η μέτρηση του χρόνου ( $t_1$ ), δηλαδή του χρονικού διαστήματος μεταξύ του πρώτου και δεύτερου ψεκασμού, αφού προηγουμένως εντοπίστηκε η στιγμή έναρξης του πρώτου ψεκασμού. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τον πρώτο κύλινδρο παρατίθενται στον πίνακα I. Στη συνέχεια στον πίνακα II παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του χρόνου ( $t_2$ ), δηλαδή του χρονικού διαστήματος μεταξύ του δεύτερου και τρίτου ψεκασμού επίσης για τον πρώτο κύλινδρο. Παρόμοια δεδομένα που αφορούν το χρονικό διάστημα, το οποίο μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών ψεκασμών μετρήθηκαν και για τους υπόλοιπους κυλίνδρους του κινητήρα.

Από τη μελέτη των δεδομένων στους πίνακες I και II επιβεβαιώνεται ότι ο χρόνος μεταξύ διαδοχικών ψεκασμών μειώνεται καθώς ο κινητήρας επιταχύνει και ακριβώς πάνω σ' αυτή τη χρονική διαφορά βασίζεται η αρχή της προτεινόμενης μεθόδου μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης. Επίσης από τη στατιστική ανάλυση

των αποτελεσμάτων αφενός τεκμηριώνεται η καλή επαναληψιμότητα του συστήματος και αφετέρου προκύπτει ότι οι μέσοι όροι τόσο για το χρονικό διάστημα  $t_1$  όσο και για το χρονικό διάστημα  $t_2$  δε διαφέρουν σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας  $< 0.05$ . Σύμφωνα με τους Beckwith et al. (1995), επίπεδο σημαντικότητας  $< 0.05$  θεωρείται ότι είναι πολύ ικανοποιητικό για προβλήματα όπως το εξεταζόμενο.

**Πίνακας I:** Μετρήσεις του χρονικού διαστήματος ( $t_1$ ) για τον πρώτο κύλινδρο.

	n [rpm]	$t_1$ [ms]	n [rpm]	$t_1$ [ms]	n [rpm]	$t_1$ [ms]
	959.8	125.54	1264.1	94.84	1664.6	72.07
	955.0	124.64	1262.3	94.48	1664.1	72.18
	958.2	125.24	1263.5	94.72	1664.4	72.11
	961.4	125.84	1262.9	94.60	1663.8	72.23
	956.6	124.94	1264.7	94.96	1664.2	72.15
	959.8	125.54	1263.5	94.72	1664.5	72.13
	955.0	124.64	1262.3	94.48	1664.1	72.18
	958.2	125.24	1264.1	94.84	1664.6	72.07
	955.0	124.64	1264.7	94.96	1663.8	72.23
	959.8	125.54	1262.9	94.60	1664.2	72.15
<b>M.O.</b>	957.9	125.18	1263.5	94.72	1664.2	72.15
<b>T.A.</b>	2.4	0.4	0.9	0.2	0.3	0.1
<b><math>\mu</math></b>	125.18 $\pm$ 0.29		94.72 $\pm$ 0.14		72.15 $\pm$ 0.07	

Επίπεδο σημαντικότητας  $< 0.05$

**Πίνακας II:** Μετρήσεις του χρονικού διαστήματος ( $t_2$ ) για τον πρώτο κύλινδρο.

	n [rpm]	$t_2$ [ms]	n [rpm]	$t_2$ [ms]	n [rpm]	$t_2$ [ms]
	961.4	123.41	1268.1	93.87	1668.5	71.74
	962.0	123.50	1267.5	93.78	1667.9	71.65
	961.6	123.44	1268.3	93.90	1668.3	71.71
	961.8	123.47	1267.9	93.84	1668.1	71.68
	962.2	123.53	1268.3	93.90	1668.5	71.74
	961.6	123.44	1267.7	93.81	1668.3	71.71
	962.0	123.50	1267,5	93.78	1668.7	71.77
	961.4	123.41	1268.1	93.87	1668.1	71.68
	962.2	123.53	1267.7	93.81	1668.5	71.74
	961.6	123.44	1268.3	93.90	1667.9	71.65
<b>M.O.</b>	961.8	123.47	1267.9	93.84	1668.3	71.71
<b>T.A.</b>	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1
<b><math>\mu</math></b>	123.47 $\pm$ 0.07		93.84 $\pm$ 0.07		71.71 $\pm$ 0.07	

Επίπεδο σημαντικότητας  $< 0.05$

Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων και της στατιστικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων ακολούθησε ο υπολογισμός των ενδεικτικών τιμών της γωνιακής επιτάχυνσης και της ροπής στρέψης (πίνακας III). Για το σκοπό αυτό έγινε ένα μικρό πρόγραμμα εκτέλεσης υπολογισμών σε Microsoft Excel, του οποίου το φύλλο εργασίας παραθέτουμε στην οθόνη του σχήματος 2. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε υπολογίστηκαν για



κάθε κύλινδρο ξεχωριστά η γωνιακή επιτάχυνση ( $\epsilon_j$ ), η ενδεικτική γωνιακή επιτάχυνση ( $\epsilon_{ij}$ ) και η ενδεικτική ροπή στρέψης ( $M_{ij}$ ), με βάση τις μέσες τιμές των χρόνων ( $t_1$ ) και ( $t_2$ ). Ακόμη υπολογίστηκε συνολικά η ενδεικτική ροπή στρέψης ( $\Sigma M_i = 243.14 \text{ Nm}$ ). Τα αποτελέσματα αυτά διασταυρώθηκαν και επιβεβαιώθηκαν με βάση τα στοιχεία δοκιμών του κατασκευαστή. Προφανώς, έχοντας στη διάθεσή μας αυτά τα δεδομένα μπορούμε πλέον να γνωματεύσουμε για την τεχνική κατάσταση του κινητήρα.

Πίνακας III: Υπολογισμός ενδεικτικών τιμών γωνιακής επιτάχυνσης και ροπής στρέψης στο 75% των ονομαστικών στροφών του κινητήρα.

ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ	t1 [ms]	t2 [ms]	Δt [ms]	t [ms]	εj [rad/s <sup>2</sup> ]	εd [rad/s <sup>2</sup> ]	εij [rad/s <sup>2</sup> ]	I [Nms <sup>2</sup> ]	Mij [Nm]
1	72,15	71,71	0,44	143,86	14,779	32,345	47,1239	1,29	60,7897965
2	72,17	71,73	0,44	143,9	14,766	32,345	47,1116	1,29	60,77390291
3	72,14	71,7	0,44	143,84	14,785	32,345	47,13	1,29	60,79774992
4	72,16	71,72	0,44	143,88	14,772	32,345	47,1177	1,29	60,78184749
								ΣMi [Nm]	243,1432968

Σχήμα 2: Η οθόνη του υπολογιστικού φύλλου του Excel.

Τα στοιχεία δοκιμών του κατασκευαστή αποτελούν σαφώς θετικές ενδείξεις για την ακρίβεια του συστήματος μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης, όμως δεν αποτελούν μετρήσεις. Για να διαπιστωθεί η ακρίβεια του συστήματος (αισθητήρες + ηλεκτρονικές διατάξεις) έγινε έλεγχος των μετρήσεων με τη βοήθεια ενός δυναμόμετρου ZÖLLNER 350 AC.

Στον πίνακα IV παρουσιάζεται ο χάρτης με βάση τον οποίο υλοποιείται η μέτρηση της ροπής στρέψης των επιμέρους κυλίνδρων ενός τετρακύλινδρου κινητήρα, με τη μέθοδο της σταδιακής αποσύνδεσης των κυλίνδρων. Η διαδικασία μέτρησης της ροπής στρέψης με τη μέθοδο της σταδιακής αποσύνδεσης κυλίνδρων και του τρόπου υπολογισμού της ενδεικτικής τιμής της, για τους επιμέρους κυλίνδρους ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης, δίνεται στο παράρτημα. Από τον πίνακα γίνεται φανερό ότι για έναν τετρακύλινδρο κινητήρα χρειάζονται συνολικά μόνο 5 μετρήσεις. Η μέθοδος αυτή είναι απλή και εκτελείται σχετικά γρήγορα. Στον πίνακα V που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές της ενδεικτικής ροπής στρέψης ( $M_{ij}$ ), οι οποίες υπολογίστηκαν με βάση τα δεδομένα των μετρήσεων στο σφόνδυλο του κινητήρα. Στην προκειμένη περίπτωση η ενδεικτική ροπή στρέψης, στο 75% των ονομαστικών στροφών του κινητήρα, είναι  $\Sigma M_i = 243.3 \text{ Nm}$ .

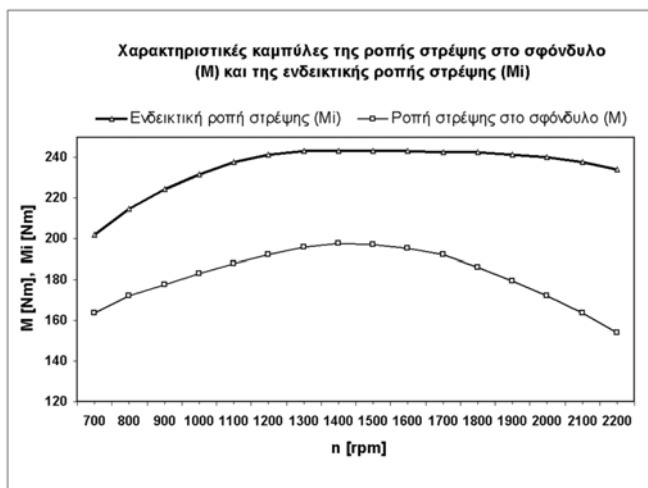
Τέλος στο σχήμα 3 παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες της ροπής στρέψης στο σφόνδυλο και της ενδεικτικής ροπής στρέψης σε συνάρτηση των στροφών του κινητήρα, όπως αυτές μετρήθηκαν με το δυναμόμετρο ZÖLLNER 350 AC και σύμφωνα με τον κώδικα DIN 70020. Από την καμπύλη της ενδεικτικής ροπής στρέψης του διαγράμματος διαπιστώνουμε ότι στο 75% των ονομαστικών στροφών (1650 rpm), η ενδεικτική ροπή λαμβάνει την τιμή  $M_i = 243.3 \text{ Nm}$ .

**Πίνακας IV:** Σειρά ανάφλεξης των κυλίνδρων κατά τη διάρκεια μέτρησης της ροπής στρέψης στο σφόνδυλο του κινητήρα.

Αριθμός μέτρησης	Σειρά ανάφλεξης κυλίνδρων				Μέτρηση ροπής στρέψης στο σφόνδυλο [N·m]	Ενδεικτική ροπή στρέψης $M_{ij}$ [N·m]
1	1	-	3	-	$M_{1,3}$	$M_{i1} = M_{1,3} - M_3$
2	-	-	3	-	$M_3$	$M_{i2} = M_{2,3} - M_3$
3	-	2	3	-	$M_{2,3}$	$M_{i3} = M_{2,3} - M_2$
4	-	2	-	-	$M_2$	$M_{i4} = M_{2,4} - M_2$
5	-	2	-	4	$M_{2,4}$	

**Πίνακας V:** Οι τελικές τιμές της ενδεικτικής ροπής στρέψης στο 75% των ονομαστικών στροφών του κινητήρα.

$M_{i1}$ [N·m]	$M_{i2}$ [N·m]	$M_{i3}$ [N·m]	$M_{i4}$ [N·m]	$\Sigma M_i$ [N·m]
60.9	60.7	60.9	60.8	243.3



**Σχήμα 3:** Οι χαρακτηριστικές καμπύλες της ροπής στρέψης στο σφόνδυλο και της ενδεικτικής ροπής στρέψης σε συνάρτηση των στροφών του κινητήρα.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που ελήφθησαν με τις δύο διαφορετικές μεθόδους, δηλαδή τόσο με το σύστημα μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης όσο και με το δυναμόμετρο, διαπιστώνουμε ότι δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες διαφορές. Επομένως, μπορούμε να δεχτούμε την αξιοπιστία της προτεινόμενης μεθόδου και του συστήματος μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης. Επίσης το σύστημα αυτό δοκιμάστηκε σε κινητήρες διαφορετικής ισχύος και τεχνικής κατάστασης. Μάλιστα η πειραματική έρευνα έδειξε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις το αποτέλεσμα επηρεάζεται από την τεχνική κατάσταση του συστήματος τροφοδοσίας, ιδίως από

την παροχρεωμένη ποσότητα καυσίμου. Για το λόγο αυτό, όπως προαναφέρθηκε, γινόταν μετρήσεις της παροχής από μία ανεξάρτητη συσκευή σταθερού όγκου. Στην εργασία αυτή δεν δίδονται στοιχεία για την παροχή καυσίμου, την ειδική κατανάλωση και τη συσκευή μέτρησης σταθερού όγκου επειδή πρόκειται να αποτελέσουν το αντικείμενο μίας μελλοντικής εργασίας. Τέλος, οι ηλεκτρονικές διατάξεις προβλέπεται να ενσωματωθούν σε μία φορητή συσκευή, με την οποία θα είναι δυνατόν να μετρήσουμε γρήγορα και αξιόπιστα τις παραμέτρους οποιουδήποτε κινητήρα.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Το ανωτέρω σύστημα αποτελεί έναν εναλλακτικό τρόπο μέτρησης των παραμέτρων της ισχύος και μπορεί να συμβάλει στη γρήγορη και αξιόπιστη διάγνωση της τεχνικής κατάστασης οποιουδήποτε κινητήρα εσωτερικής καύσης.
2. Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που ελήφθησαν με τις δύο διαφορετικές μεθόδους, δηλαδή τόσο με το σύστημα μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης όσο και με το δυναμόμετρο ZÖLLNER 350 AC, προκύπτει ότι δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες διαφορές. Επίσης από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων τεκμηριώνεται η καλή επαναληψιμότητα του συστήματος, ενώ οι μέσοι όροι των χρόνων ( $t_1$ ) και ( $t_2$ ) δε διαφέρουν σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας  $< 0.05$ .
3. Το προτεινόμενο σύστημα σε σύγκριση με τις κλασικές μεθόδους μέτρησης της ισχύος, προσαρμόζεται ευκολότερα στον ελκυστήρα, εκτελεί τις μετρήσεις γρηγορότερα και είναι χαμηλότερου κόστους. Η δοκιμή συμπεριλαμβανομένου του χρόνου σύνδεσης των ηλεκτρομαγνητικών βαλβίδων και του πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα πίεσης δεν ξεπερνά τα 30 λεπτά.

#### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

##### Μέθοδος σταδιακής αποσύνδεσης κυλίνδρων

Η διαδικασία μέτρησης της ροπής στρέψης στους κινητήρες εσωτερικής καύσης με τη μέθοδο της σταδιακής αποσύνδεσης κυλίνδρων, περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

**Βήμα 1<sup>ο</sup>:** Ο κινητήρας εργάζεται με μικρότερο αριθμό κυλίνδρων, έστω ( $p$ ). Κατά κανόνα στους τετρακύλινδρους κινητήρες, ο αριθμός των κυλίνδρων που εργάζονται λαμβάνεται  $p=2$ . Η ροπή στρέψης, με τη βοήθεια του δυναμόμετρου, μετράται στο σφόνδυλο και η ενδεικτική ροπή στρέψης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$M_{ip} = M_p + M_m \quad (\text{Π1})$$

Όπου: ( $M_{ip}$ ) η ενδεικτική ροπή στρέψης για τον ( $p$ ) αριθμό κυλίνδρων του κινητήρα, ( $M_p$ ) η ροπή στρέψης στο σφόνδυλο για τον ( $p$ ) αριθμό κυλίνδρων του κινητήρα και ( $M_m$ ) η ροπή τριβών για ολόκληρο τον κινητήρα.

**Βήμα 2<sup>ο</sup>:** Ο ένας από τους ( $p$ ) κυλίνδρους αποσυνδέεται και η ροπή στρέψης μετράται εκ νέου στο σφόνδυλο. Στην περίπτωση αυτή για την ενδεικτική ροπή στρέψης θα ισχύει η σχέση:

$$M_{ip} - M_{iv} = M_{pv} + M_m \quad (\text{Π2})$$

Όπου: ( $M_{iv}$ ) η ενδεικτική ροπή στρέψης του αποσυνδεδεμένου κυλίνδρου, ο οποίος συμβολίζεται με το δείκτη ( $v$ ) και ( $M_{pv}$ ) η ροπή στρέψης στο σφόνδυλο του κινητήρα, του οποίου ο αρχικός ( $p$ ) αριθμός των κυλίνδρων έχει μειωθεί κατά τον κύλινδρο ( $v$ ).

Η διαδικασία μέτρησης συνεχίζεται με τη διαδοχική σύνδεση και αποσύνδεση των επιμέρους κυλίνδρων και την καταγραφή των τιμών της ροπής στρέψης στο σφόνδυλο.

**Βήμα 3<sup>ο</sup>:** Με βάση τις δύο ανωτέρω εξισώσεις (Π1) και (Π2) καταλήγουμε στην τελική σχέση υπολογισμού της ενδεικτικής ροπής στρέψης:

$$M_{iv} = M_p - M_{pv} \quad (\text{Π3})$$

Από την ανωτέρω σχέση προκύπτει ότι η ενδεικτική ροπή στρέψης ενός οποιουδήποτε κυλίνδρου ( $v$ ) ισούται με τη διαφορά μεταξύ των ροπών στρέψης στο σφόνδυλο όταν ο κινητήρας εργάζεται με τον κύλινδρο ( $v$ ) και όταν ο κύλινδρος αυτός έχει αποσυνδεθεί.

**Power parameters measurement of a diesel engine****I. G. Gravalos<sup>1</sup>, I. K. Raptis<sup>1</sup>****ABSTRACT**

The diesel engine is the most efficient thermal engine. It is used widely in every case where big power concentrations are required, such as automotive agricultural machines. The classical power measurement methods with dynamometers are not practical for technical diagnostic purposes, because of the laborious and time-consuming procedure. The measurement of operating parameters, such as the combustion chamber pressure, the exhaust gas pressure in carter etc., provide us with information about the condition of the engine components. All the above help us to develop methods which can measure the power parameters in a direct, quick and non-intervening way. In the present paper we describe a measurement method of the angular acceleration in each cylinder of diesel engine, which may be used for quick diagnostic methods of the engine operating status, which can be accomplished electronically.

**Key words:** diesel engine, technical diagnosis, power parameters, angular acceleration.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Beckwith, T., G., Marangoni, R., D., Lienhard, J., H., 1995. *Mechanical Measurements*. Fifth Edition. Addison Wesley Publishing Company.
- Havlicek, J., a kol., 1983. *Provozni spolehlivost stroju*. Statni zemedelske nakladatelstvi, Praha.
- Heywood, J. B., 1992. *Combustion Internal Engine Fundamentals*. McGraw-Hill International Editions.
- ISO 789/1: *Agricultural tractors – Test procedures*, Part: Power tests.
- Kozousek, J., 1971. *Teorie spalovacich motoru*. SNTL/ALFA.
- Miller, I., R., Freund, J., E., Johnson, R., 1990. *Probability and Statistics for Engineers*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Nishizaki, K., Ohshita, Y., Yagi, S., Ohtake, N., Sugiura, Y., Takahashi, H., 1987. Studies on the testing system for tractor performance. *Journal of the Japanese Society of Agricultural machinery*, vol. 49, no 4: 381-389.
- Palmer, J., 1985. Automatic collection of data on practical use of field machines. *Agric. Engr.* 40: 42-49.
- Papoulis, A., 1990. *Probability and Statistics*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Τσατσαρέλης, Κ., 1997. *Γεωργικοί Ελκυστήρες*. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.
- Zhang, N., Perumpral, J., V., Byler, R., K., 1987. Automatic control systems for optimizing diesel engine performance. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 2: 31- 46
- Zheng, D., Luyan, F., 1985. Microcomputerised dynamic strain indicator. Academic Conference on Application of Microcomputer and Microprocessor in Agricultural Machinery. *Chinese Society of Agricultural Machinery*, Tangshan.
- Zheng, D., 1988. Development of portable instruments for data acquisition and real time processing. *Agric Engr:* 53-57.

---

<sup>1</sup> *Technological Educational Institute of Larissa, Faculty of Agricultural Technology, Department of Agricultural Machinery & Irrigation, 41110, Larissa, Greece.*

## ΔΙΑΣ: Ένα σύστημα διάγνωσης επί του οχήματος για κινητήρες εσωτερικής καύσης

I. Γ. Γράβαλος<sup>1</sup>, I. Κ. Ράπτης<sup>1</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι η βασική πηγή ισχύος για κάθε γεωργικό ελκυστήρα. Η τεχνική κατάστασή του επηρεάζει άμεσα την αποδοτικότητα και οικονομικότητα του μηχανήματος. Τα τελευταία χρόνια, οι κατασκευαστές άρχισαν να χρησιμοποιούν συστήματα επί του οχήματος για τον έλεγχο των λειτουργιών και τη διάγνωση βλαβών, πρωτίστως του κινητήρα. Τα συστήματα αυτά αναμένεται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο άμεσο μέλλον.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η σχεδίαση ενός συστήματος «διάγνωσης επί του οχήματος» για κινητήρες εσωτερικής καύσης, το οποίο βασίζεται στη μέτρηση της γωνιακής επιτάχυνσης. Για τις ανάγκες της πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκαν δύο γεωργικοί ελκυστήρες διαφορετικής ηλικίας ο καθένας. Ο πρώτος ελκυστήρας ήταν εντελώς καινούργιος και η μεταβολή της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης σε συνάρτηση των στροφών του, χρησιμοποιήθηκε ως καμπύλη αναφοράς. Στη συνέχεια για να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος, προσομοιώθηκαν διαφορετικές καταστάσεις βλαβών στον κινητήρα του πρώτου ελκυστήρα και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με την καμπύλη αναφοράς. Επίσης συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα των μετρήσεων ανάμεσα στους δύο ελκυστήρες, από όπου προέκυψε ότι η ενδεικτική γωνιακή επιτάχυνση του δεύτερου ελκυστήρα ήταν υψηλότερη σε σχέση με την καμπύλη του πρώτου. Η υψηλότερη ενδεικτική γωνιακή επιτάχυνση οφειλόταν στην αυξημένη τροφοδοσία καυσίμου λόγω κακής ρύθμισης της αντλίας πετρελαίου. Τα αποτελέσματα από τη διαδικασία της πειραματικής επαλήθευσης τεκμηριώνουν την αποτελεσματικότητα του συστήματος διάγνωσης ΔΙΑΣ.

**Λέξεις κλειδιά:** Γεωργικός ελκυστήρας, κινητήρας εσωτερικής καύσης, σύστημα διάγνωσης επί του οχήματος, γωνιακή επιτάχυνση.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι η βασική πηγή ισχύος για κάθε γεωργικό ελκυστήρα. Προφανώς, η τεχνική κατάστασή του, παίζει σημαντικό ρόλο σε τρέχοντα ζητήματα της γεωργικής παραγωγής (όπως η αποδοτικότητα και οικονομικότητα του μηχανήματος, η έγκαιρη ολοκλήρωση των εργασιών κ.λ.π.). Ένα από τα πιο σημαντικά διαγνωστικά σήματα του κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι η ισχύς του. Η μέτρησή της πραγματοποιείται με έμμεσο τρόπο, δηλαδή με μέτρηση των μεγεθών που τη συνιστούν (ISO 789/1), (Τσατσάρελης, 1997). Οι Nishizaki et al. (1987) ανέπτυξαν ένα σύστημα μέτρησης της ισχύος στον άξονα του δυναμοδότη (PTO) των ελκυστήρων. Πρόκειται για ένα μικροϋπολογιστικό σύστημα που ελέγχει το δυναμόμετρο και εκτελεί αυτόματα τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων. Τα τελευταία χρόνια, έχουμε σημαντικές προσπάθειες μέτρησης της ισχύος των ελκυστήρων, στις συνθήκες εργασίας των αγρών. Στην κατεύθυνση αυτή συνετέλεσε η ραγδαία εξέλιξη της μικροηλεκτρονικής. Για το σκοπό αυτό, οι Zheng και Luyan (1985), Palmer (1985), Zheng (1988), ανέπτυξαν φορητές συσκευές καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Ο Heywood (1992) αναφέρει ότι η γωνιακή επιτάχυνση του κινητήρα χωρίς φορτίο, του οποίου η ταχύτητα μεταβάλλεται από τις βραδείες στροφές (ρελαντί) έως τις στροφές της μέγιστης παροχής καυσίμου, είναι ένα σημαντικό διαγνωστικό σήμα ανάλογο της ροπής στρέψης και της ισχύος. Επίσης, η γωνιακή επιβράδυνση του κινητήρα χωρίς φορτίο είναι ενδιαφέρον διαγνωστικό σήμα ανάλογο της ροπής τριβών (Guzzella και Amstutz,

<sup>1</sup> Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τμήμα Γεωργικών Μηχανών & Αρδεύσεων, 41110, Λάρισα (e-mail: gravalos@in.gr)

1998). Επειδή η γωνιακή επιτάχυνση και επιβράδυνση μπορούν να μετρηθούν σχετικά εύκολα με ηλεκτρονικές συσκευές, η μέθοδος αυτή έχει μεγάλη πρακτική σημασία. Για παράδειγμα, μπορούμε να αξιοποιήσουμε την τάση εξόδου του εναλλακτήρα, του οποίου η ταχύτητα περιστροφής είναι ευθέως ανάλογη της τάσης εξόδου. Με παρόμοιο τρόπο είναι δυνατόν να μετρηθεί και να αξιολογηθεί η γωνιακή επιτάχυνση ή επιβράδυνση ενός κινητήρα, με τη βοήθεια μαγνητικών ή επαγωγικών αισθητήρων, οι οποίοι ανιχνεύουν τη συχνότητα των παλμών, που προέρχονται από το οδόντωμα ενός τροχού καθώς περιστρέφεται. Επί της αρχής, η γωνιακή επιτάχυνση ενός κινητήρα είναι δυνατόν να μετρηθεί, όταν εκείνος εργάζεται στο σύνολο του ή όταν εργάζεται μόνο με μέρος του συνόλου των κυλίνδρων του (μέθοδος σταδιακής αποσύνδεσης κυλίνδρων). Αντιθέτως, η γωνιακή επιβράδυνση θα πρέπει να μετρηθεί όταν ο κινητήρας εργάζεται στο σύνολο του και μόνο. Επομένως, για έναν κινητήρα σε επιτάχυνση χωρίς φορτίο, ο οποίος εργάζεται με το σύνολο των κυλίνδρων του, θα ισχύει η σχέση για επιλεγμένο αριθμό στροφών:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_e + \varepsilon_m$$

Όπου: ( $\varepsilon_e$ ) είναι η ενδεικτική γωνιακή επιτάχυνση, ( $\varepsilon_e$ ) είναι η ωφέλιμη γωνιακή επιτάχυνση και ( $\varepsilon_m$ ) είναι η γωνιακή επιβράδυνση του κινητήρα.

Από το έτος 1996, η CARB (California Air Resource Board) έθεσε περιοριστικούς όρους πώλησης στην Καλιφόρνια, απαιτώντας όλα τα οχήματα να φέρουν συστήματα διάγνωσης (On-board diagnosis systems, OBD). Σύμφωνα το μέτρο αυτό επεκτάθηκε και στις άλλες πολιτείες των ΗΠΑ (California's OBD regulation, 1993). Η Ε.Ε. σε μία προσπάθεια να προωθήσει τον ανταγωνισμό, εξέδωσε την οδηγία (98/69 EU) σύμφωνα με την οποία επέβαλε την εγκατάσταση συστήματος διάγνωσης επί των οχημάτων. Η οδηγία ισχύει για όλους τους βενζινοκινητήρες που θα παραχθούν από το 2000 και μετά, καθώς και για τους πετρελαιοκινητήρες που θα παραχθούν μετά το 2003 (Nyberg et al. 2001). Τα συστήματα αυτά καλούνται «Συστήματα Διάγνωσης Επί του Οχήματος» και είναι απαραίτητα για την εξασφάλιση γρήγορων, αποτελεσματικών και οικονομικών ελέγχων, συντηρήσεων και επισκευών. Συνεπώς το ενδιαφέρον για αυτά είναι μεγάλο. Μέχρι πρότινος η υπολογιστική ισχύς βρισκόταν στον υπολογιστή του συνεργείου επισκευών, που συνδεόταν με το διαγνωστικό σύστημα. Τώρα πλέον στα συστήματα OBD-II όλα μεταφέρονται σε ένα ισχυρότερο υπολογιστικό σύστημα, το οποίο βρίσκεται πάνω στο όχημα (Sachenbacher et al. 2000).

Ο σκοπός της εργασίας αυτής, είναι η παρουσίαση του σχεδίου και η πειραματική επαλήθευση ενός συστήματος «διάγνωσης επί του οχήματος» για κινητήρες εσωτερικής καύσης, το οποίο βασίζεται στη μέτρηση της γωνιακής επιτάχυνσης.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

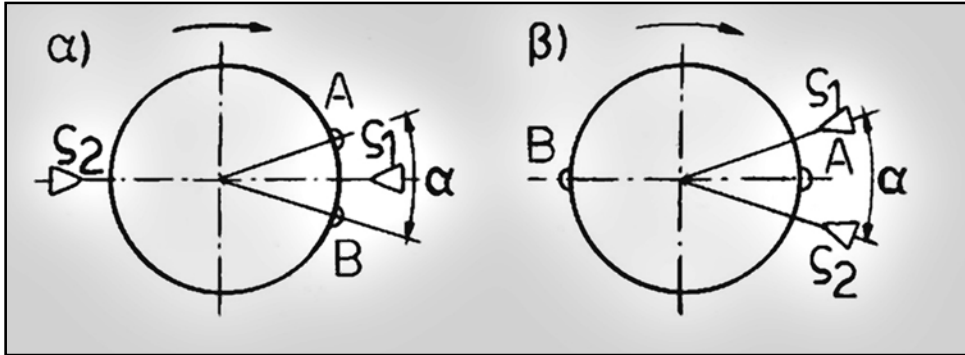
Στον εξοπλισμό περιλαμβάνονται ένα ζεύγος αισθητήρων προσέγγισης μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης, ένας πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης και ένα μικροϋπολογιστικό σύστημα, του οποίου το πρωτότυπο ονομάσαμε DIAS (DIAGNOSIS SYSTEM).

#### Αισθητήρες προσέγγισης ( $S_1, S_2$ )

Επί της «χελώνας» του συμπλέκτη ανοίχτηκαν δύο σπειρώματα, στα οποία βιδώθηκαν οι δύο αισθητήρες προσέγγισης μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης της AB Elektronik. Επί του σφονδύλου στερεώθηκαν ακλόνητα οι δύο μαγνητικοί δείκτες. Στο σχήμα 1 απεικονίζονται δύο διαφορετικοί τρόποι τοποθέτησης του ζεύγους των αισθητήρων και των μαγνητικών δεικτών τους. Από τα δεδομένα των πειραμάτων προέκυψε ότι η τοποθέτηση αισθητήρων και δεικτών σύμφωνα με την εκδοχή (β), παρουσιάζει μεγαλύτερη ακρίβεια. Κάθε αισθητήρας προσέγγισης αποτελείται από ένα μικρό ηλεκτρομαγνητικό πηνίο τοποθετημένο εντός προστατευτικής θήκης. Όταν ο μαγνητικός δείκτης περάσει μπροστά από τον αισθητήρα τότε παράγεται τάση εξόδου, η οποία προκαλείται από τη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου στην περιοχή του πηνίου.

Κατά τη διέλευση του μαγνητικού δείκτη Α μπροστά από τον αισθητήρα  $S_1$  έχουμε παλινδρόμηση του εμβόλου προς τα άνω με ταυτόχρονη περιστροφή του στροφάλου 18° πριν από το Α.Ν.Σ. Ακολούθως κατά τη διέλευση του δείκτη Α μπροστά από τον αισθητήρα  $S_2$ , ο στροφάλος περιστρέφεται περίπου 17° μετά το Α.Ν.Σ., ήτοι η γωνία α είναι 35°. Καθώς ο σφόνδυλος περιστρέφεται σύμφωνα με τη φορά του βέλους, πρώτη παράγεται η παλμοσειρά του αισθητήρα  $S_1$  και ακολουθεί η παλμοσειρά του αισθητήρα  $S_2$ . Οι παλμοσειρές επαναλαμ-

βάνονται με τη διέλευση του μαγνητικού δείκτη B μπροστά από τους αισθητήρες και αφού ο στροφάλος περιστραφεί κατά  $180^\circ$ . Με τον τρόπο αυτόν μετράται η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του στροφάλου και είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η θέση του.



Σχήμα 1: Δύο διαφορετικοί τρόποι τοποθέτησης του ζεύγους των αισθητήρων και των μαγνητικών δεικτών τους.

### Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας ( $S_3$ )

Ο πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας πίεσης (DMP 333) της BD Sensors, επιλέχθηκε επειδή: λειτουργεί σε υψηλές θερμοκρασίες, έχει μικρό μέγεθος και δεν επηρεάζεται από τους κραδασμούς. Ο αισθητήρας ανιχνεύει τις μεταβολές της πίεσης, μέσω της μετατόπισης ενός λεπτού διαφράγματος, που πιέζει έναν πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο. Τα ηλεκτρικά φορτία που εμφανίζονται στις όψεις του κρυστάλλου είναι ανάλογα της ασκούμενης πίεσης.

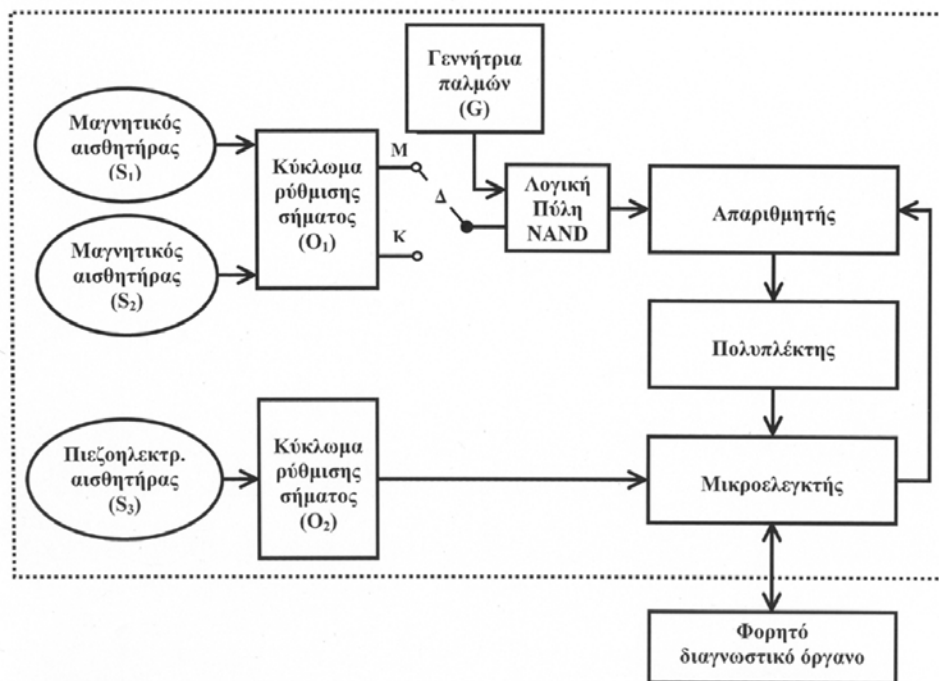
Μεταξύ αγωγού υψηλής πίεσης και εγχυτήρα προστέθηκε ένα μεταλλικό παραλληλεπίπεδο, στο οποίο κατασκευάστηκαν οπές και δίοδοι για τη ροή του πετρελαίου και χρησιμοποιεί ως υποδοχέας του αισθητήρα. Προφανώς, ο αισθητήρας μπορεί να συνδεθεί εύκολα με το κύκλωμα υψηλής πίεσης οποιουδήποτε κυλίνδρου. Όμως προτιμάται ο πρώτος κύλινδρος, επειδή υπολογίζεται ευκολότερα η σειρά έγχυσης των υπολοίπων. Η γωνία προπορείας στον πρώτο κύλινδρο προκύπτει από τη χρονική διαφορά μεταξύ των σημάτων του πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα και των αισθητήρων προσέγγισης.

### Το μικροϋπολογιστικό σύστημα DIAS

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στο δομικό διάγραμμα του πρωτοτύπου (σχήμα 2), το κύκλωμα ( $O_2$ ) ρυθμίζει το σήμα εξόδου του αισθητήρα ( $S_3$ ). Αρχικά ένας διαιρέτης τάσης υποβιβάζει ανάλογα το σήμα του αισθητήρα ( $S_3$ ), ενώ ένα τρανζίστορ ( $T_1$ ) που είναι συνδεδεμένο ως ανιχνευτής κορυφής ακολουθεί τις αλλαγές του σήματος. Στη συνέχεια ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα διέγερσης Schmitt παρέχει υστέρηση και στην έξοδο του εμφανίζεται το θετικό μέτωπο του παλμού όταν το σήμα του αισθητήρα ( $S_3$ ) επιτυγχάνει το 60% της μέγιστης τιμής του. Τέλος, στην έξοδο του κυκλώματος ρύθμισης ( $O_2$ ), χρησιμοποιήθηκε ένας μονοσταθής πολυδονητής, ο οποίος μόλις διεγερθεί παράγει παλμούς ρυθμιζόμενης διάρκειας, ώστε ο χρόνος διάρκειας ενός παλμού ( $t_k$ ) να είναι το 70% του χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών εγχύσεων ( $t_v$ ) και εξασφαλίζει μεγάλη σταθερότητα μεταξύ των στροφών  $600 \div 2200 \text{ min}^{-1}$  του κινητήρα.

Τα σήματα των αισθητήρων ( $S_1$ ) και ( $S_2$ ) οδηγούνται στο κύκλωμα διασύνδεσης ( $O_1$ ), το οποίο έχει δύο εξόδους την (M) (μετρούμενης ποσότητας) και (K) (βαθμονόμησης). Για την προσαρμογή του σήματος της εξόδου (M), χρησιμοποιήθηκαν δύο τρανζίστορ αναστροφής (BJT) και ένα διασταθές latch με πύλες (NAND), ώστε το εύρος (t) των παλμών να ανταποκρίνεται ακριβώς στο χρόνο περιστροφής του στροφάλου υπό γωνία ( $\alpha$ ). Στην έξοδο (K) συνδέθηκαν, επιπλέον, δύο κυκλώματα για τη διαίρεση των παλμών εισόδου (δίνοντας έτσι ένα παλμό εξόδου για κάθε δύο παλμούς εισόδου) και δύο πύλες (NAND). Η επιλογή των ανωτέρω εξόδων γίνεται με τη βοήθεια του μηχανικού διακόπτη δύο θέσεων ( $\Delta$ ).

Η κρυσταλλο-ελεγχόμενη γεννήτρια παλμών (G) συνδέεται με τρεις ψηφιακούς αναστροφείς (NOR) σειράς 74LS. Ο τρίτος αναστροφέας απομονώνει το κύκλωμα ενώ οι πυκνωτές ( $C_2$ ) και ( $C_3$ ) βοηθούν στο να



Σχήμα 2: Το δομικό διάγραμμα του μικροϋπολογιστικού συστήματος DIAS.

αποσβεστούν οι αρμονικές μεγαλύτερης τάξεως. Οι παλμοί της γεννήτριας με συχνότητα 10 MHz μαζί με το σήμα της εξόδου (M), οδηγούνται διά μίας πύλης (NAND) σε ένα γενικό απαριθμητή, ο οποίος σχηματίζεται από έξι διαδοχικές μονάδες απαριθμητών δεκάδας 74LS90. Το περιεχόμενο του απαριθμητή διά του πολυπλέκτης εγγράφεται στην προσωρινή μνήμη του μικροελεγκτή (σημεία πρόσβασης 1P4, 1P5, 1P6, 1P7) και ακολούθως ο απαριθμητής μηδενίζεται. Ο πολυπλέκτης σχηματίζεται από τέσσερα ολοκληρωμένα κυκλώματα 74HC151 και διευθυνσιοδοτείται από τη θύρα P1 (1P0, 1P1, 1P2) του μικροελεγκτή.

Πυρήνας του συστήματος είναι ο μικροϋπολογιστής ενός ολοκληρωμένου 8048 της Intel (μικροελεγκτής), στην ολοκληρωμένη πλακέτα του οποίου συμπεριλαμβάνονται ακόμη τα ακόλουθα κυκλώματα υποστήριξης: μία εξωτερική μνήμη προγράμματος EPROM (M2716), δύο ολοκληρωμένα μνήμης δεδομένων RAM (DS2016) και ένας καταχωρητής διευθύνσεων (MH 3212). Πρέπει να διευκρινίσουμε ότι η επιλογή εξωτερικής μνήμης προγράμματος έγινε για τις ανάγκες ανάπτυξης του πρωτοτύπου. Ένα τμήμα της κύριας μνήμης είναι οργανωμένο στην προσωρινή μνήμη (scratchpad memory) (δύο μπλοκ καταχωρητών RB0 και RB1 από 8 bytes) και στη στοίβα (stack) (16 bytes). Το υπόλοιπο τμήμα της κύριας μνήμης (32 bytes) διαιρείται στο πεδίο απεικόνισης «videoram» (7 bytes), στο συσσωρευτή ACC (accumulator) (8 bytes), στο βοηθητικό συσσωρευτή PACC (5 bytes), στο πεδίο των σημαιών (flags) (2bytes) και στο ελεύθερο πεδίο των αριθμητικών πράξεων (10 bytes).

Το μικροϋπολογιστικό σύστημα, εκτός της κύριας μνήμης, διαθέτει μνήμη δεδομένων χωρητικότητας 256 bytes και μνήμη προγράμματος που περιέχει 2048 bytes. Μετά την επανάθεση (reset) του συστήματος, το πρόγραμμα αρχίζει αυτόματα από τη μηδενική διεύθυνση ( $PC=000_H$ ), ενώ η υπορουτίνα εκτέλεσης διακοπής αρχίζει από την έβδομη διεύθυνση της μνήμης προγράμματος ( $PC = 007_H$ ).

Η θύρα P<sub>2</sub> χρησιμοποιείται για την επικοινωνία του μικροελεγκτή με το φορητό διαγνωστικό όργανο. Το συγκεκριμένο όργανο περιλαμβάνει ένα πληκτρολόγιο και ένα μέσο απεικόνισης. Ως μέσο απεικόνισης χρησιμοποιήθηκαν 9 μονάδες HD11310 των επτά τομέων LED. Επίσης ως γεννήτρια χαρακτηρισμών του μέσου απεικόνισης χρησιμοποιήθηκε μία μνήμη PROM (DM74S288A), η οποία διευθυνσιοδοτείται από τη θύρα P<sub>2</sub> (2P3, 2P4, 2P5, 2P6, 2P7) και περιέχει 32 αλφαριθμητικούς χαρακτήρες.



### Ανάπτυξη λογισμικού

Επειδή στα πλαίσια της εργασίας αυτής δεν είναι δυνατή η παρουσίαση όλων των υποπρογραμμάτων, στη συνέχεια αναλύουμε μόνο το υποπρόγραμμα μέτρησης των παραμέτρων γωνιακής επιτάχυνσης.

Αρχίζει στη διεύθυνση 153<sub>II</sub>, με το πλήκτρο «X» που καλεί την υπορουτίνα «διακοπής», διαβάζεται ο χρόνος  $t$  και συγκρίνεται με τον χρόνο  $t_1$  (ο οποίος αντιστοιχεί στο σημείο 1 της χαρακτηριστικής καμπύλης της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης σε συνάρτηση των στροφών  $\varepsilon_i = f(n)$ ) και στη συνέχεια καταχωρείται στην πρώτη θέση του πίνακα υπολογισθέντων χρόνων της μνήμης προγράμματος. Στην περίπτωση, που διαβαστεί ο πρώτος χρόνος  $t$  για τον οποίο ισχύει  $t \leq t_1$ , τότε καταχωρούνται και οι τέσσερις διαδοχικοί χρόνοι στον πίνακα της μνήμης δεδομένων και ταυτόχρονα καταχωρείται ο «δείκτης» του κυλίνδρου ενεργού χρόνου, τη στιγμή ανάγνωσης του χρόνου  $t$  (καταχωρητής R3). Μετά την εγγραφή του χρόνου  $t$ , με τον ίδιο τρόπο καταχωρούνται οι χρόνοι και των άλλων δύο σημείων της  $\varepsilon_i = f(n)$ . Η οργάνωση των καταχωρηθέντων χρόνων στη μνήμη προγράμματος (που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα σημεία της  $\varepsilon_i = f(n)$ ) παρουσιάζεται στον πίνακα I.

**Πίνακας I:** Καταχωρηθέντες χρόνοι στη μνήμη προγράμματος.

Διεύθυνση	Παριεχόμενο	Σημείωση
3E4	29	Σημείο 1
3E5	66	Χρόνος $t_1 = 7,6629$ ms
3E6	07	αντιστοιχεί σε $n = 45\%$ $n_i$
3E7	00	
3E8	77	Σημείο 2
3E9	59	Χρόνος $t_2 = 4,5977$ ms
3EA	04	αντιστοιχεί σε $n = 75\%$ $n_i$
3EB	00	
3EC	14	Σημείο 3
3ED	83	Χρόνος $t_3 = 3,8314$ ms
3EE	03	αντιστοιχεί σε $n = 90\%$ $n_i$
3EF	00	

$n_i$  – οι ονομαστικές στροφές του κινητήρα.

### 2.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Προϋπόθεση για να αρχίσει η διαδικασία μέτρησης είναι η εγκατάσταση του διαγνωστικού συστήματος (DIAS) επί του γεωργικού ελκυστήρα. Τα κυριότερα βήματα της διαδικασίας είναι τα ακόλουθα:

- Μετακινούμε το διακόπτη (Δ) στη θέση (Κ) για να αρχίσει η βαθμονόμηση της γωνίας ( $\alpha$ ).
- Επιλέγουμε τις 700  $\text{min}^{-1}$  με τη βοήθεια του φορητού οργάνου.
- Επαναφέρουμε το διακόπτη (Δ) στη θέση μέτρησης (Μ).
- Μετακινούμε απότομα το χειρομοχλό τροφοδοσίας στη μέγιστη θέση, επιταχύνοντας τον κινητήρα (χωρίς φορτίο).
- Επαναφέρουμε απότομα το χειρομοχλό τροφοδοσίας στην αρχική του θέση, επιβραδύνοντας τον κινητήρα.

Κατά τη διάρκεια τόσο της επιτάχυνσης όσο και της επιβράδυνσης, όλες οι μετρήσεις εγγράφονται στη μνήμη του διαγνωστικού συστήματος. Με τη βοήθεια του φορητού οργάνου μπορούμε να ανακαλέσουμε στην οθόνη: τον αριθμό στροφών τη στιγμή της μέτρησης, την τιμή της γωνιακής επιτάχυνσης, την τιμή της γωνιακής επιβράδυνσης και μας διευκρινίζεται εάν πρόκειται για τιμές γωνιακής επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης.

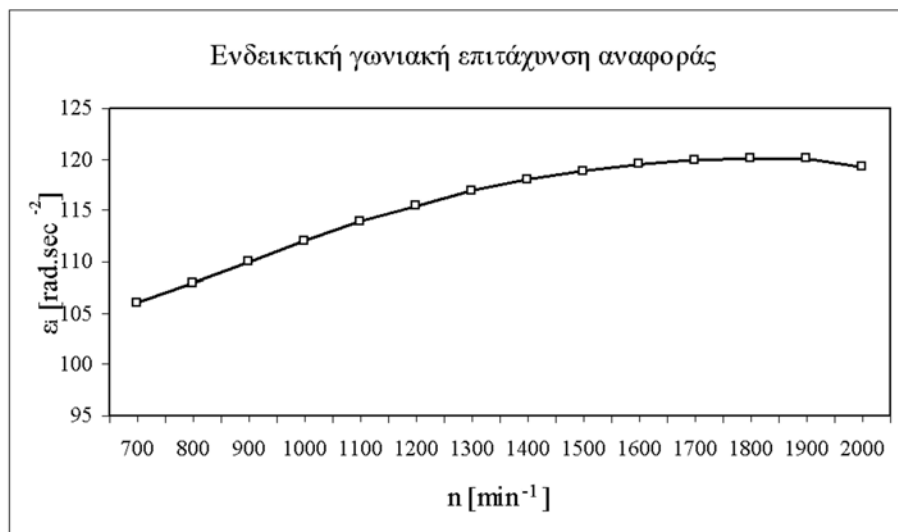
Ιδιαίτερα χρονοβόρα είναι η διαδικασία επεξεργασίας των τιμών μέτρησης. Για το λόγο αυτό, προβλέπεται στο μέλλον να υπολογίζεται αυτόματα ο «μέσος όρος» για κάθε κύκλο μετρήσεων. Επίσης οι τιμές είναι δυνατόν να αποθηκευτούν σε κάποιο προσωπικό υπολογιστή, όπου το λογισμικό του έχει τη δυνατότητα να αναπαραστήσει τα δεδομένα εν είδη γραφημάτων.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για την πειραματική επαλήθευση του διαγνωστικού συστήματος (DIAS) χρησιμοποιήθηκαν δύο γεωργικοί ελκυστήρες. Πρόκειται για ελκυστήρες του ίδιου εργοστασίου κατασκευής και του ίδιου τύπου, που φέρουν τετρακύλινδρο κινητήρα με ισχύ στις ονομαστικές στροφές, 42 KW (ISO 1585). Ο πρώτος ελκυστήρας ήταν καινούργιος και είχε στο ενεργητικό του μόλις 340 ώρες λειτουργίας. Κρίθηκε σκόπιμο πριν τη δοκιμή να γίνουν οι προβλεπόμενες εργασίες συντήρησης από τον κατασκευαστή (όπως ρύθμιση των βαλβίδων). Ο δεύτερος ήταν ένας ελκυστήρας 8 ετών, σε σχετικά καλή κατάσταση, που είχε πραγματοποιήσει συνολικά 5600 ώρες λειτουργίας.

Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η μεταβολή της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης ( $\epsilon_i$ ) σε συνάρτηση των στροφών ( $n$ ), για τον πρώτο γεωργικό ελκυστήρα, όπως αυτή μετρήθηκε με τη βοήθεια του διαγνωστικού συστήματος (DIAS). Επειδή η τεχνική κατάσταση του ελκυστήρα αυτού ήταν άριστη, η συγκεκριμένη καμπύλη χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια ως «καμπύλη αναφοράς».

Για να διαπιστωθεί η ακρίβεια του αναπτυχθέντος συστήματος (αισθητήρες + λογισμικό), έγινε έλεγχος των μετρήσεών του, με τη βοήθεια ανεξάρτητης βαθμονομημένης διάταξης. Πρόκειται για τη συσκευή TB 109 του Ελβετικού οίκου Syntec Instruments Ltd. Η συγκεκριμένη συσκευή επιλέχτηκε κυρίως για δύο λόγους: αφενός επειδή βασίζεται σε μία παρόμοια μέθοδο μέτρησης της γωνιακής επιτάχυνσης και αφετέρου για την πολύ καλή διακριτική ικανότητα, που παρουσιάζει. Στο σχήμα 4 γίνεται σύγκριση μεταξύ των δύο συσκευών. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε οι δύο καμπύλες της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης δεν εμφανίζουν σημαντικές αποκλίσεις. Μία πολύ μικρή απόκλιση παρατηρείται στις χαμηλές στροφές, ενώ μετά τις 1350 min<sup>-1</sup> οι δύο καμπύλες σχεδόν ταυτίζονται. Επομένως, μπορούμε να δεχτούμε την αξιοπιστία των μετρήσεων, που λαμβάνονται με τη βοήθεια της συσκευής (DIAS).



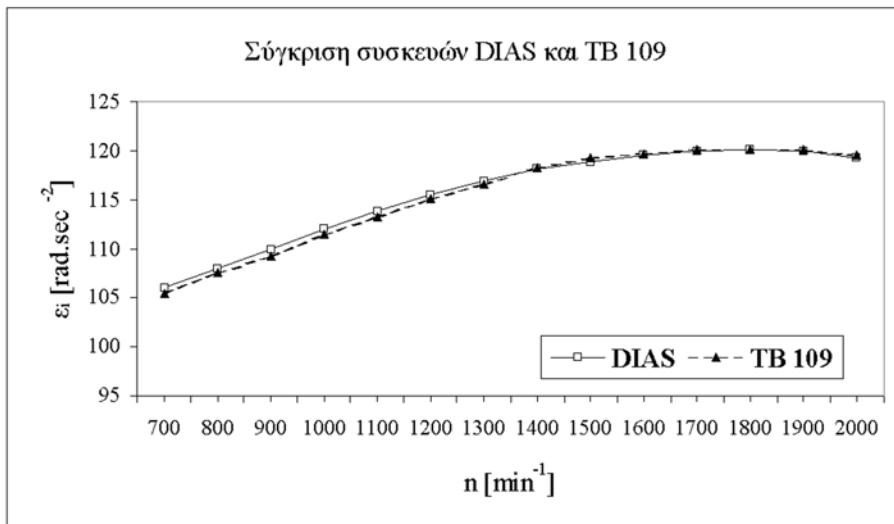
**Σχήμα 3:** Η καμπύλη της «ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης αναφοράς ( $\epsilon_i$ )» σε συνάρτηση των στροφών ( $n$ ), για τον πρώτο γεωργικό ελκυστήρα, όπως αυτή μετρήθηκε με τη βοήθεια του διαγνωστικού συστήματος (DIAS).

Αρχικά προσομοιώθηκαν στον κινητήρα του πρώτου γεωργικού ελκυστήρα δύο βασικές καταστάσεις βλάβης: α) μεταβολή της πίεσης εγχύσεως και β) μεταβολή της πίεσης στο χώρο καύσης. Η μεταβολή της πίεσης εγχύσεως έγινε με τη βοήθεια ειδικού εργαλείου, με το οποίο ρυθμίστηκε η τάση του ελατηρίου στον εγχυτήρα (μπέκ). Η μεταβολή της πίεσης στο χώρο καύσης έγινε ρυθμίζοντας αργητικά το διάκενο των βαλβίδων εξαγωγής. Η μεταβολή της πίεσης διαπιστώθηκε με ένα συμπιεσόμετρο. Ακολούθως δίδονται τρία διαγράμματα, στα οποία παρουσιάζεται η μεταβολή της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης σε συνάρτηση των στροφών  $\epsilon_i$ .

=  $f(n)$ , για τον πρώτο ελκυστήρα στον οποίο προσομοιώθηκαν οι βασικές καταστάσεις βλάβης που αναφέρθηκαν ανωτέρω. Επίσης, για να διαπιστωθούν η ευαισθησία του συστήματος μέτρησης και η αποτελεσματική ανίχνευση των αλλαγών, πραγματοποιήθηκε παραμετρική μελέτη, δηλαδή έγινε μέτρηση των καμπυλών της ( $\epsilon_i$ ) για διαφορετικές αλλαγές της πίεσης εγχύσεως και της πίεσης στο χώρο καύσης.

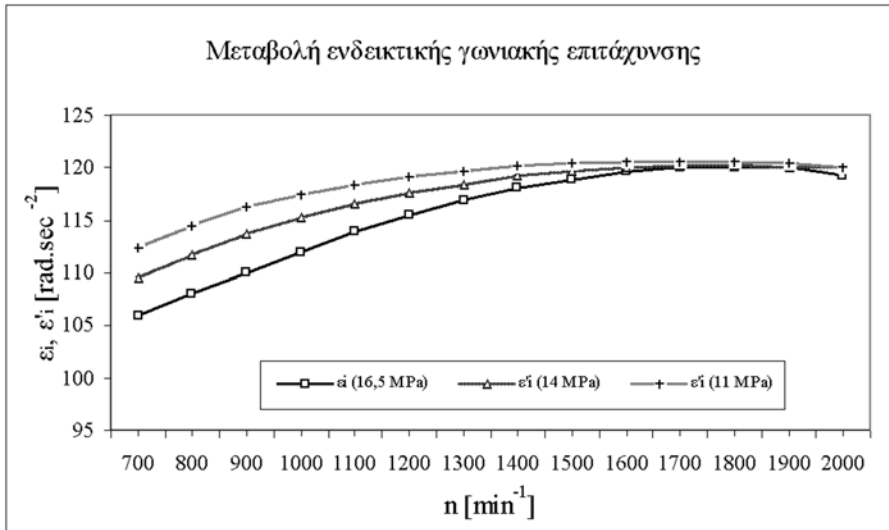
Στο σχήμα 5 παρουσιάζεται η μεταβολή της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης ( $\epsilon_i'$ ) σε συνάρτηση των στροφών ( $n$ ), όταν στον πρώτο ελκυστήρα μειώθηκε η πίεση εγχύσεως των εγχυτήρων κατά 2,5 MPa και στη συνέχεια κατά 5,5 MPa έναντι της αρχικής πίεσης των 16,5 MPa. Παράλληλα γίνεται σύγκριση των καμπυλών αυτών με την καμπύλη της «γωνιακής επιτάχυνσης αναφοράς ( $\epsilon_i$ )». Από τη σύγκριση αυτή προκύπτει ότι στις χαμηλές στροφές του κινητήρα, η ενδεικτική γωνιακή επιτάχυνση αυξάνει σε σχέση με την αντίστοιχη μείωση της πίεσης εγχύσεως. Αντιθέτως, στις υψηλές στροφές, η διαφορά αυτή μειώνεται σημαντικά και στο 90% των ονομαστικών στροφών του κινητήρα κυμαίνεται στο 0,5%.

Στο σχήμα 6 παρουσιάζεται η μεταβολή της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης ( $\epsilon_i'$ ) σε συνάρτηση των στροφών ( $n$ ), όταν στον πρώτο ελκυστήρα αυξήθηκε η πίεση εγχύσεως των εγχυτήρων κατά 2,5 MPa και στη συνέχεια κατά 5,5 MPa έναντι της κανονικής πίεσης των 16,5 MPa. Παράλληλα γίνεται σύγκριση των καμπυλών αυτών με την καμπύλη της «γωνιακής επιτάχυνσης αναφοράς ( $\epsilon_i$ )». Από τη σύγκριση αυτή προκύπτει ότι όσο αυξάνει η πίεση εγχύσεως, τόσο μειώνεται η ενδεικτική γωνιακή επιτάχυνση. Η μείωση αυτή εμφανίζεται σταθερή σ' όλο το εύρος των στροφών του κινητήρα. Για παράδειγμα στο 45% και 90% των ονομαστικών στροφών η ενδεικτική γωνιακή επιτάχυνση είναι μειωμένη κατά 3,2% και 3,4% αντιστοίχως, όταν η πίεση εγχύσεως ρυθμίστηκε στα 22 MPa.

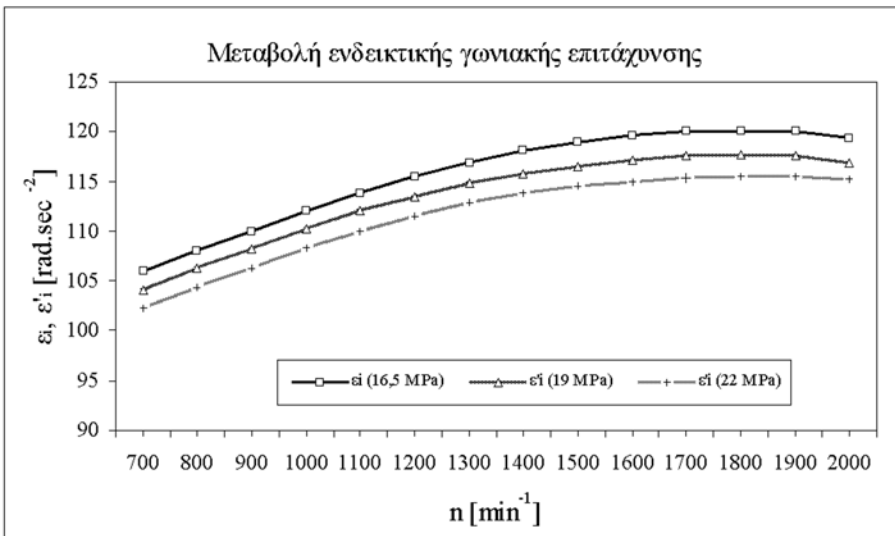


**Σχήμα 4:** Σύγκριση μεταξύ των καμπυλών ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης, όπως αυτές μετρήθηκαν με τις συσκευές DIAS και TB 109.

Στο σχήμα 7 παρουσιάζεται η μεταβολή της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης ( $\epsilon_i'$ ) σε συνάρτηση των στροφών ( $n$ ), όταν στον πρώτο ελκυστήρα, μειώθηκε η πίεση των χώρων καύσης από την αρχική τιμή των 3,5 MPa στα 3 MPa και στη συνέχεια στα 2,5 MPa. Παράλληλα γίνεται σύγκριση με την καμπύλη της «γωνιακής επιτάχυνσης αναφοράς ( $\epsilon_i$ )». Από τη σύγκριση προκύπτει μία μικρή διαφοροποίηση μεταξύ των καμπυλών κυρίως στις χαμηλές στροφές του κινητήρα, ενώ μετά τις 1550 min<sup>-1</sup> η μεταβολή των καμπυλών της ( $\epsilon_i'$ ) ακολουθεί ταυτόσημη πορεία με αυτή της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης αναφοράς ( $\epsilon_i$ ).

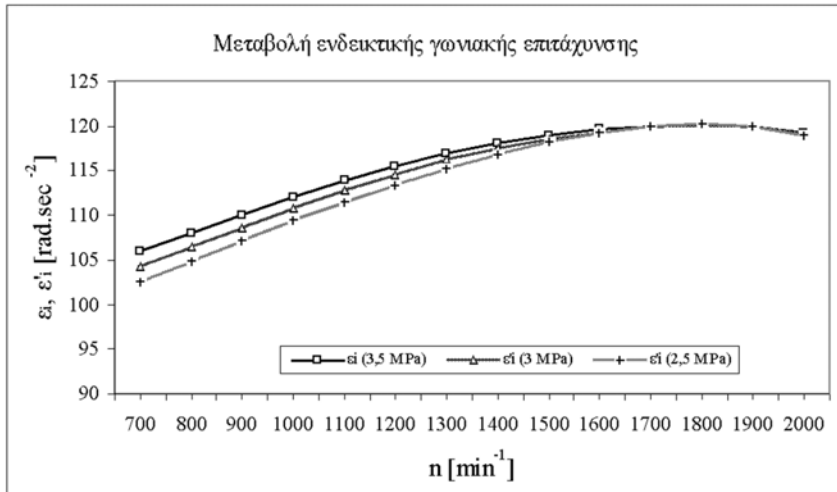


**Σχήμα 5:** Η μεταβολή της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης ( $\epsilon'_i$ ) σε συνάρτηση των στροφών ( $n$ ), όταν στον πρώτο ελκυστήρα μειώθηκε η πίεση εγχύσεως των εγχυτήρων κατά 2,5 και 5,5 MPa έναντι της αρχικής πίεσης των 16,5 MPa.



**Σχήμα 6:** Η μεταβολή της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης ( $\epsilon'_i$ ) σε συνάρτηση των στροφών ( $n$ ), όταν στον πρώτο ελκυστήρα αυξήθηκε η πίεση εγχύσεως των εγχυτήρων κατά 2,5 και 5,5 MPa έναντι της αρχικής πίεσης των 16,5 MPa.

Το διαγνωστικό σύστημα (DIAS), στη συνέχεια, εγκαταστάθηκε στο δεύτερο γεωργικό ελκυστήρα. Οι μετρήσεις τόσο στον πρώτο όσο και στο δεύτερο γεωργικό ελκυστήρα έγιναν κάτω από τις ίδιες συνθήκες και για το λόγο αυτό είναι δυνατή μια σύγκριση μεταξύ τους, η οποία παρουσιάζεται στο επόμενο γράφημα του σχήματος 8. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων γίνεται φανερό ότι ο δεύτερος από τους ελκυστήρες παρουσιάζει υψηλότερη ενδεικτική γωνιακή επιτάχυνση ( $\epsilon'_i$ ) κατά 12,8%, 13,9% και 14,6% στο 45%, 75%



**Σχήμα 7:** Η μεταβολή της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης ( $\epsilon'_3$ ) σε συνάρτηση των στροφών ( $n$ ), όταν στον πρώτο ελκυστήρα μειώθηκε η πίεση των χώρων καύσης από την αρχική τιμή των 3,5 MPa στα 3 MPa και στη συνέχεια στα 2,5 MPa.

και 90% των ονομαστικών στροφών αντιστοίχως. Επίσης εμφανίζει μεγαλύτερη ωφέλιμη γωνιακή επιτάχυνση ( $\epsilon'_3$ ) κατά 11,5%, 13,4% και 13,9% στο 45%, 75% και 90% των ονομαστικών στροφών αντιστοίχως. Τέλος, λαμβάνει μικρότερες τιμές γωνιακής επιβράδυνσης ( $\epsilon''_m$ ), έναντι του πρώτου ελκυστήρα, κατά 17,3%, 18,4% και 17,6% στο 45%, 75% και 90% των ονομαστικών στροφών αντιστοίχως. Η υψηλότερη ενδεικτική γωνιακή επιτάχυνση του δεύτερου ελκυστήρα δικαιολογείται από την αυξημένη τροφοδοσία καυσίμου λόγω κακής ρύθμισης της αντλίας πετρελαίου, γεγονός που επαληθεύθηκε με μέτρηση της αυξημένης κατανάλωσης καυσίμου αλλά και της αυξημένης εκπομπής καυσαερίων.

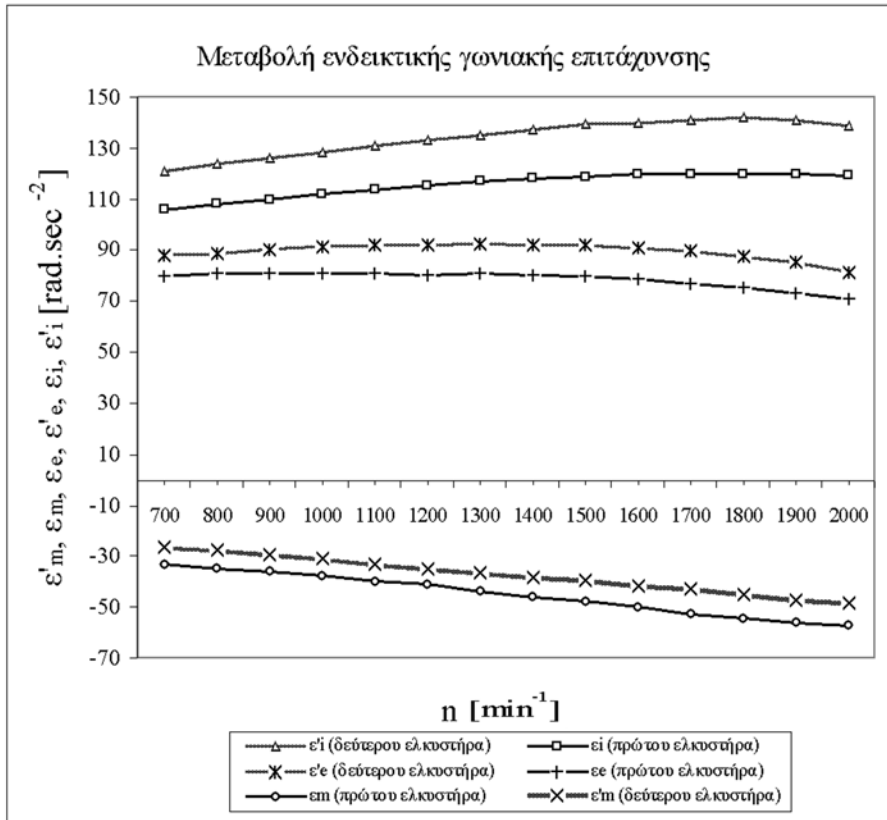
Οι πληροφορίες που συλλέγουμε με το διαγνωστικό σύστημα DIAS είναι ιδιαίτερα χρήσιμες. Μπορούμε να διαπιστώσουμε την τεχνική κατάσταση, στην οποία βρίσκεται ένας κινητήρας, να αξιολογήσουμε την όποια βλάβη και να κρίνουμε κατά πόσο αυτή θα επηρεάσει την αποδοτικότητα και την οικονομικότητα του γεωργικού ελκυστήρα, εάν συνεχίσουμε να τον χρησιμοποιούμε για αρκετό χρονικό διάστημα ακόμη (όπως για παράδειγμα το πολύ φτωχό μίγμα αέρα - καυσίμου). Επίσης μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τις δυνατότητές του και να μειώσουμε στην πράξη το κόστος συντήρησης και επισκευών του κινητήρα.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται το σύστημα «διάγνωσης επί του οχήματος» DIAS, το οποίο αναπτύχθηκε με σκοπό να δίνει χρήσιμες πληροφορίες για την τεχνική κατάσταση του κινητήρα των γεωργικών ελκυστήρων. Το σύστημα βασίζεται στις μετρήσεις της γωνιακής επιτάχυνσης και της γωνιακής επιβράδυνσης, οι οποίες λαμβάνονται με μη επεμβατικό τρόπο, δηλαδή χωρίς να απαιτείται διακοπή της λειτουργίας του γεωργικού ελκυστήρα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αυτόνομο σύστημα ή ως τμήμα γενικότερης μεθοδολογίας.

Το σύστημα DIAS προορίζεται κυρίως για τη διάγνωση δυσλειτουργιών που σχετίζονται με προβληματική τροφοδοσία καυσίμου (φτωχό μίγμα) και κακή στεγανότητα του χώρου καύσης. Από την πειραματική διαδικασία προέκυψε ότι είναι αξιόπιστο και οι μετρήσεις εκτελούνται με ταχύτητα και με ακρίβεια.

Επειδή υπάρχει έλλειψη παρόμοιων συστημάτων, είναι προφανές ότι παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Η εγκατάστασή του στους γεωργικούς ελκυστήρες θα βοηθούσε στη συμμόρφωση των μηχανημάτων αυτών με τις αυστηρές προδιαγραφές που αφορούν τα αποκαλούμενα «οχήματα μηδενικής εκπομπής καυσαερίων» (OBD-II regulation). Επίσης σε μελλοντική έκδοσή του θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερη κλίμακα ενσωμάτωσης, συμπεριλαμβάνοντας περισσότερα τμήματα του υλικού σε μία μονάδα και με τον τρόπο αυτό μπορεί να μειωθεί σημαντικά το κόστος.



**Σχήμα 8:** Η μεταβολή της ενδεικτικής γωνιακής επιτάχυνσης ( $\epsilon_i$ ,  $\epsilon_i'$ ), της ωφέλιμης γωνιακής επιτάχυνσης ( $\epsilon_e$ ,  $\epsilon_e'$ ) και της γωνιακής επιβράδυνσης ( $\epsilon_m$ ,  $\epsilon_m'$ ) σε συνάρτηση των στροφών ( $n$ ), για τον πρώτο και το δεύτερο γεωργικό ελκυστήρα.

### DIAS: An on-board diagnosis system for diesel engines

I. G. Gravalos<sup>1</sup>, I. K. Raptis<sup>1</sup>

#### ABSTRACT

The diesel engine is the basic power supply of the agricultural tractors. Its technical condition influences directly the efficiency and the economy of the machinery. During the last years, manufacturers started using on-board systems to control engine functions and diagnose engine problems. These systems will play an increasingly important role in the near future.

In this paper we present the development of an on-board diagnosis system for diesel engines, which is based on measurements of the angular acceleration. For the necessities of the experimental procedure two agricultural tractors with different oldness have been used. The first tractor was new and its indicated angular acceleration was used as reference curve. Then, in order to ascertain the effectiveness of the system, we have simulated different failures in the diesel engine of the first tractor and have compared these results with the

<sup>1</sup> Technological Educational Institute of Larissa, Faculty of Agricultural Technology, Department of Agricultural Machinery & Irrigation, 41110, Larissa, Greece.

reference curve. We have also compared the results of the measurements in-between the two tractors, concluding that the indicated angular acceleration of the second tractor was higher than the first tractor. The higher indicated angular acceleration was due to the increasingly fuel consumption because of the incorreced regulation of the fuel pump. The results from the experimental verification proved the effectiveness of the diagnosis system DIAS.

**Key words:** Agricultural tractor, diesel engine, on-board diagnosis system, angular acceleration.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- California's OBD-II regulation, 1993. Section 1968.1, title 13, California code of regulation Resolution 93-40.
- Guzzella, L., Amstutz, A., 1998. Control of diesel engines. IEEE Control Systems pp. 53-71.
- Heywood, J. B., 1992. Internal Combustion Engine Fundamentals. Mc Graw-Hill.
- ISO 789/1: Agricultural tractors – Test procedures, Part: Power tests.
- Nishizaki, K., Ohshita, Y., Yagi, S., Ohtake, N., Sugiura, Y., Takahashi, H., 1987. Studies on the testing system for tractor performance. Journal of the Japanese Society of Agricultural machinery, vol. 49, no 4: 381-389.
- Nyberg, M., Stutte, T., Wilhelmi, V., 2001. Model based diagnosis of the air path of an automotive diesel engine. IFAC Automotive Workshop, Karlsruhe, Germany.
- Palmer, J., 1985. Automatic collection of data on practical use of field machines. Agric. Engr. 40: 42-49.
- Sachenbacher, M., Struss, P., Weber, R., 2000. Advances in Design and Implementation of OBD Functions for Diesel Injection Systems based on a Qualitative Approach to Diagnosis. SAE 2000 World Congress, Detroit, USA, p.23-32.
- Τσατσαρέλης, Κ., 1997. Γεωργικοί Ελκυστήρες. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.
- Zheng, D., Luyan, F., 1985. Microcomputerised dynamic strain indicator. Academic Conference on Application of Microcomputer and Microprocessor in Agricultural Machinery. Chinese Society of Agricultural Machinery, Tangshan.
- Zheng, D., 1988. Development of portable instruments for data acquisition and real time processing. Agric Engr: 53-57.

## Η επίδραση των αιθέριων ελαίων ρίγανης, αρωματικών φυτών και άπεπτων ολιγοσακχαριτών στις παραγωγικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του σφάγιου ορνιθίων κρεοπαραγωγής

Δ. Δεββίσης<sup>1</sup>, Ι. Νικολακάκης<sup>2</sup>, Δ. Γαλαμάτης<sup>1</sup>, Β. Ντότας<sup>1</sup>, Ι. Μητσόπουλος<sup>1</sup>, Δ. Ντότας<sup>1</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την μελέτη της επίδρασης αιθέριων ελαίων ρίγανης, μείγματος αρωματικών φυτών και άπεπτων ολιγοσακχαριτών στις παραγωγικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του σφάγιου ορνιθίων κρεοπαραγωγής, διεξήχθη ένα πείραμα με 580 ορνίθια κρεοπαραγωγής (υβρίδια Ross) από την ηλικία μίας ημέρας μέχρι την ηλικία των 47 ημερών. Τα ορνίθια κατανεμήθηκαν τυχαία σε 5 πειραματικές ομάδες (M,SF,R,B,O) και τοποθετήθηκαν σε 10 πειραματικά κελιά. Τα ορνίθια της επέμβασης M (μάρτυρες) κατανάλωναν ένα τυπικό σιτηρέσιο με βάση τον αραβόσιτο και το σογιάλυρο, ενώ τα ορνίθια των επεμβάσεων SF, R, B και O κατανάλωναν το αυτό σιτηρέσιο, στο οποίο έγινε επιπλέον προσθήκη 500g Sacox + 250g Flavomycin, 450g Ropadiar, 1000g Biomin και 300g Orego-stim, ανά τόνο σιτηρεσίου, αντίστοιχα.

Η κατανάλωση της τροφής, ο ρυθμός ανάπτυξης, η εκμετάλλευση της τροφής και η απόδοση σε θερμό σφάγιο των ορνιθίων δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων. Η περιεκτικότητα σε οστά των σφαγίων των επεμβάσεων SF και B ήταν σημαντικά ( $P < 0,05$ ) μεγαλύτερη σε σύγκριση με την αντίστοιχη περιεκτικότητα των σφαγίων της επέμβασης M. Το σφάγιο της επέμβασης M, εμφάνιζε σημαντικά ( $P < 0,05$ ) υψηλότερη % απόδοση σε εδώδιμο ιστό σε σύγκριση με το σφάγιο των επεμβάσεων SF και B, αλλά όχι σε σύγκριση με το σφάγιο των επεμβάσεων R και O.

Η περιεκτικότητα του εδώδιμου ιστού των επεμβάσεων B και O σε Αζωτούχες Ουσίες ήταν σημαντικά ( $P < 0,05$ ) χαμηλότερη σε σύγκριση με την αντίστοιχη της επέμβασης R, αλλά όχι σε σύγκριση με των επεμβάσεων M και SF. Η περιεκτικότητα του εδώδιμου ιστού της επέμβασης R σε Λιπαρές Ουσίες, ήταν σημαντικά ( $P < 0,05$ ) χαμηλότερη σε σύγκριση με την αντίστοιχη περιεκτικότητα των επεμβάσεων O και B, αλλά όχι σε σύγκριση με την επέμβαση SF.

Η προσθήκη του αιθέριου ελαίου ρίγανης ή του μείγματος αιθέριου ελαίου αρωματικών φυτών ή ο συνδυασμός εκχυλισμάτων αιθέριων ελαίων αρωματικών φυτών και ολιγοσακχαριτών στο σιτηρέσιο δεν επηρέασε σημαντικά το ρυθμό ανάπτυξης, την κατανάλωση, την εκμετάλλευση της τροφής και τη θνησιμότητα των ορνιθίων. Δεν επηρεάστηκαν, ακόμη, σημαντικά, από την προσθήκη αυτών των ουσιών στο σιτηρέσιο των ορνιθίων η απόδοση σε θερμό σφάγιο και ψυχρό σφάγιο των ορνιθίων ενώ επηρεάστηκε σημαντικά η % περιεκτικότητα σε οστά και σε εδώδιμο ιστό.

**Λέξεις κλειδιά:** ορνίθια κρεοπαραγωγής, αιθέρια έλαια, κατανάλωση τροφής, ρυθμός ανάπτυξης, εκμετάλλευση τροφής, απόδοση σε σφάγιο, κρέας.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανεξέλεγκτη και παρατεταμένη χρήση των αντιβιοτικών στην διατροφή των αγροτικών ζώων, είχε ως αποτέλεσμα τη παρουσία υπολειμμάτων αντιβιοτικών στα ζωικά προϊόντα, αλλά και τη δημιουργία ανθεκτικών κλώνων παθογόνων μικροβίων (Jetacar, 1999), τα οποία απεδείχθησαν ιδιαίτερα επικίνδυνα για την υγεία των ανθρώπων και των ζώων.

Η απομάκρυνση των αντιβιοτικών από την διατροφή των αγροτικών ζώων δε φαίνεται να είναι μία απλή διαδικασία απόσυρσης, με δεδομένο ότι, πέραν της σημαντικής επιδείνωσης της μεταρρεψιμότητας της τροφής

<sup>1</sup> Τμήμα Γεωπονίας, Τομέας Ζωικής Παραγωγής Α.Π.Θ.

<sup>2</sup> ΤΕΙ Δ. Μακεδονίας, Τμήμα Ζωικής Παραγωγής (Φλώρινα).



και του ρυθμού ανάπτυξης, προκαλεί σημαντική αύξηση της θνησιμότητας και μείωση της παραγωγικότητας των ζώων (Best, 1997; Gill and Best, 1998). Έτσι, οι έρευνες επικεντρώθηκαν στην ανακάλυψη εναλλακτικών πρόσθετων υλών ζωοτροφών, οι οποίες θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά το πρόβλημα.

Για το σκοπό αυτό εναλλακτικά πρόσθετα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οργανικά οξέα, ολιγοσακχαρίτες, ένζυμα, εκχυλίσματα αιθέριων ελαίων, ορυκτά, προβιοτικά, πρωτεΐνες, αμινοξέα, νέες τεχνικές διαχείρισης (Close, 2000).

Ορισμένα αρωματικά φυτά χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση ασθενειών, αλλά και για την βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων των τροφών και την επιμήκυνση της περιόδου συντήρησης τους (Shahidi et al., 1992). Τα εκχυλίσματα πολλών αρωματικών φυτών εμφανίζουν σημαντικές αντιβακτηριακές (Cutter, 2000), αντιμυκητιακές (Sivropoulou et al., 1996) και αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Economou et al., 1991; Man and Jaswir, 2000; Botsoglou et al., 2002, 2003) και διεγείρουν το ενδοκρινολογικό και ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού των ανθρώπων και των ζώων, επιταχύνοντας το ρυθμό μεταβολισμού.

Η ρίγανη λαμβάνεται από την ξήρανση φύλλων και ανθέων του είδους *Origanum vulgare subsp.*, το οποίο ευδοκίμει στις χώρες της Μεσογείου. Το έλαιο από το είδος αυτό, το οποίο λαμβάνεται μετά από μια συγκεκριμένη διαδικασία απόσταξης, περιέχει περισσότερα από 30 συστατικά, στα περισσότερα από τα οποία αναγνωρίζεται αντιοξειδωτική δράση (Vekiari et al., 1993).

Οι δύο κύριες φαινόλες του εκχυλίσματος των αρωματικών φυτών είναι η καρβακρόλη (carvacrol) και η θυμόλη (thymol), οι οποίες αποτελούν περίπου το 78-82% του ελαίου και στις οποίες αποδίδεται κυρίως η εμφάνιση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας (Adam et al., 1998; Yanishlieva et al., 1999). Ένα αρκετά υψηλό ποσοστό καρβακρόλης (79,58%) απαντάται στο έλαιο αρκετών θάμνων της ελληνικής άγριας χλωρίδας της κατηγορίας αυτής των *hirtum* (Sivropoulou et al., 1996).

Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, η θυμόλη αντί της καρβακρόλης φαίνεται ότι αποτελεί το κύριο συστατικό του ελληνικού ριγανέλαιου (Vokou et al., 1993; Kokkini, 1994; Adam et al., 1998). Η επίδραση του κλίματος, της εποχής παραγωγής της πρώτης ύλης, αλλά και ο τύπος του εδάφους φαίνεται να επηρεάζουν σημαντικά τη σύνθεση του ελαίου, σε σύγκριση με τις παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών (Kokkini et al., 1997).

Εκτός από τις δύο προαναφερόμενες κύριες φαινόλες στο ριγανέλαιο απαντούν και άλλα δευτερεύουσας σημασίας χημικά συστατικά, όπως είναι το γ-τερπινένιο (γ-terpinene) και το ρ-κυμένιο (p-cymene), τα οποία είναι μονοτερπένια υδατανθράκων (monoterpene hydrocarbons) και αποτελούν συνήθως περίπου το 5-7% του συνολικού ριγανέλαιου, αλλά το μέγεθος της συνεισφοράς τους είναι πιθανά περιορισμένο, με δεδομένο ότι η αντιοξειδωτική ιδιότητα του ριγανέλαιου, αποδίδεται κυρίως στη συνδυασμένη δράση του συνόλου των συστατικών του, παρά στην δράση επιμέρους συστατικών του (Botsoglou et al., 2002).

Τα ξηρά φύλα και τα άνθη της ρίγανης, το εκχύλισμα της με οργανικούς διαλύτες και το παραγόμενο ριγανέλαιο, όλα προϊόντα μιας συγκεκριμένης παραγωγικής διαδικασίας, έχει αναφερθεί ότι περιορίζουν την οξείδωση των λιπιδίων, όταν προστίθενται στο σιτηρέσιο των ζώων (Bishov et al., 1977; Abdalla and Roozen, 2001), στο λαρδί (Economou et al., 1991; Vekiari et al., 1993; Lagouri et al., 1993; Milos et al., 2000) και στο ιχθυέλαιο (Tsimidou et al., 1995), αντίστοιχα. Ωστόσο, τα περισσότερα από αυτά τα πειραματικά δεδομένα προέκυψαν κυρίως, με την εφαρμογή πειραμάτων *in vitro*, παρά με την εφαρμογή πειραμάτων *in vivo*, όπου και γίνονταν η προσθήκη στο σιτηρέσιο των ζώων των ουσιών αυτών.

Η προσθήκη στο σιτηρέσιο εκχυλισμάτων αρωματικών φυτών αποτελεί μια απλή τεχνική ανάμειξης, με την οποία επιτυγχάνεται η ουσιαστική ομοιομορφη κατανομή των αντιοξειδωτικών ουσιών στο κρέας και ειδικότερα στα φωσφολιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών, όπου πιθανά περιορίζουν το μέγεθος των οξειδωτικών αντιδράσεων (Gray and Pearson, 1987; Morrissey et al., 1994; De Winne and Dirinck, 1996; Lauridsen et al., 1997).

Η προσθήκη μικρών ποσοτήτων ορισμένων άπεπτων υδατανθράκων μπορεί επιλεκτικά να διεγείρει τη δράση ωφέλιμων μικροοργανισμών του εντέρου των πουλερικών, προκαλώντας αλλαγές στην μικροβιακή ισορροπία με ευεργετικά αποτελέσματα. Οι υδατάνθρακες αυτοί, γνωστοί ως «πρεβιοτικά» απαντούν ελεύθεροι στη φύση ή μπορούν να παραχθούν και από πολυσακχαρίτες. Συνήθη «πρεβιοτικά» είναι κυρίως οι διασακχαρίτες γαλακτόζη, φρουκτόζη και μαννόζη.

Έχει διαπιστωθεί ότι οι μαννανο-ολιγοσακχαρίτες (MOS) που προέρχονται από το κυτταρικό τοίχωμα της ζύμης περιορίζουν τα παθογόνα βακτήρια σε ειδικές περιοχές του εντέρου και μειώνουν την πιθανότητα προσκόλλησης τους στον εντερικό σωλήνα (Finucane *et al.*, 1999). Ακόμη, διαπιστώθηκε ότι οι MOS δε διασπώνται από τα ένζυμα του εντέρου και ως εκ τούτου μπορούν να ασκήσουν την δράση τους εναντίον των παθογόνων βακτηρίων του εντερικού σωλήνα (Newman, 1994).

Οι φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες (FOS) φαίνεται ότι ευνοούν την ανάπτυξη μερικών ωφέλιμων βακτηρίων του εντέρου (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*) και υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για την διερεύνηση της επίδρασης τους στον περιορισμό της ανάπτυξης της *Salmonella* ενός ιδιαίτερα επικίνδυνου παθογόνου στο έντερο των ορνιθίων (Hidaka *et al.*, 1986; Mitsuoka *et al.*, 1987; Bailey *et al.*, 1991).

Σε *in vitro* έρευνες με Bio-Mos (μαννανο-ολιγοσακχαρίτης) επιβεβαιώθηκε η ιδιότητα των ολιγοσακχαριτών να απομονώνουν συγκεκριμένα παθογόνα βακτήρια όπως *Clostridium paraputrificum*, *Clostridium butyricum*, *Escherichia coli* K88 *Salmonella enteritidis* *Salmonella pullorum*, κ.α. σε πολύ μεγάλο ποσοστό (Newman, 1994). Ακόμη βρέθηκε ότι το Bio-Mos είχε θετική επίδραση στις αποδόσεις κρεοπαγωγικών ορνιθίων και βελτίωση το δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής στην ποσότητα 1,5g/kg σιτηρεσίου (Σπαής κ.α., 2003).

Αντικειμενικός σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να διερευνηθούν οι επιδράσεις των εκχυλισμάτων αιθέριων ελαίων αρωματικών φυτών και «πρεβιοτικών» στις παραγωγικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του σφαγίου ορνιθίων κρεοπαραγωγής.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Χρησιμοποιήθηκαν 580 ορνίθια κρεοπαραγωγής από την ηλικίας 1 ημέρας μέχρι την ηλικία των 47 ημερών. Τα ορνίθια κατανεμήθηκαν τυχαία σε 5 πειραματικές επεμβάσεις (M, SF, R, B και O) και τοποθετήθηκαν σε 10 πειραματικά κελιά διαστάσεων το κάθε ένα 1,5 X 3 μέτρων. Κάθε πειραματική επέμβαση περιελάμβανε δύο επανάλψεις και 116 συνολικά ορνίθια. Έτσι σε κάθε επανάλψη αντιστοιχούσαν 58 ορνίθια.

Το πείραμα χωρίστηκε σε δύο περιόδους. Την περίοδο ανάπτυξης, από την ηλικία 1 ημέρας μέχρι την ηλικία των 21 ημερών και την περίοδο πάχυνσης από την ηλικία των 22 ημερών μέχρι την ηλικία σφαγής των 47 ημερών. Τόσο κατά την πρώτη όσο και κατά τη δεύτερη περίοδο τα ορνίθια παρέμειναν στους αυτούς πειραματικούς χώρους. Η παράθεση τροφής και νερού για όλες τις πειραματικές επεμβάσεις ήταν κατά βούληση.

Εμβολιασμός του σμήνους έγινε την 8<sup>η</sup> ημέρα του πειράματος εναντίον της ψευδοπανώλης και της βρογχίτιδας. Η θερμοκρασία στους πειραματικούς χώρους σε όλη τη διάρκεια του πειράματος κυμάνθηκε στους 24,5±4,0° C.

Κατά την περίοδο ανάπτυξης (1-21 ημέρες) τα ορνίθια της επέμβασης M (μάρτυρες) κατανάλωναν ένα τυπικό σιτηρέσιο με βάση τον αραβόσιτο και το σογιάλευρο, ενώ τα ορνίθια των επεμβάσεων SF, R, B και O κατανάλωναν το αυτό σιτηρέσιο, στο οποίο έγινε επιπλέον προσθήκη 500g Sacox + 250g Flavomycin, 450g Ropadiar, 1000g Biomin και 300g Orego-stim, ανά τόνο σιτηρεσίου αντίστοιχα.

Το Ropadiar, είναι ένα εμπορικό προϊόν, το οποίο περιέχει σε ποσοστό 5% εκχύλισμα αιθέριων ελαίων από το φυτό ρίγανη (*Origanum vulgare spp*) και σε ποσοστό 95% αδρανές υλικό με τη μορφή σκόνης. Υποστηρίζεται ότι η χρησιμοποίησή του στη διατροφή των πουλερικών, σε επίπεδο 450g ανά τόνο τροφής, μπορεί να περιορίσει την εκδήλωση ασθενειών που οφείλονται στα παθογόνα *Eimeria spp.* (*Coccidiosis*), *Salmonella spp* και *Pasteurella spp.*

Το Biomin P.E.P., είναι εμπορικό προϊόν, το οποίο περιέχει φυτικά έλαια και φρουκτοζάνες. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η προσθήκη του στο σιτηρέσιο των πουλερικών σε επίπεδο 1Kg ανά τόνο τροφής, αυξάνει την κατανάλωση της τροφής, περιορίζει το ποσοστό θνησιμότητας, βελτιώνει την πέψη των υδατανθράκων και των πρωτεϊνών, αποκαθιστά την επιθυμητή μικροβιακή ισορροπία στον πεπτικό σωλήνα και περιορίζει σημαντικά τη διάρροια.

Το Orego-stim, είναι ένα εμπορικό προϊόν, το οποίο περιέχει αιθέρια έλαια από το φυτό ρίγανη (*Origanum vulgare spp*) και μπορεί να προστεθεί στο σιτηρέσιο των πουλερικών σε ποσοστό από 250-500g ανά τόνο τροφής.

Το Sacox είναι γνωστό αντικοκκιδιακό προϊόν για τα παχυνόμενα ορνίθια, ενώ η flavomycin γνωστό

αντιβιοτικό.

Η σύνθεση και η χημική ανάλυση του σιτηρεσίου ανάπτυξης δίνεται στον πίνακα I.

**ΠΙΝΑΚΑΣ I.** Σύνθεση και χημική ανάλυση σιτηρεσίου ορνιθίων κρεοπαγωγής κατά τη διάρκεια της 1<sup>ης</sup> (1-21 ημέρες) πειραματικής περιόδου.

**TABLE I.** Composition and chemical analysis of experimental diets, during the 1<sup>st</sup> (1-21 days) experimental period.

<i>Συστατικά / Ingredients</i>	<i>Περιεκτικότητα / Content (%)</i>
Αραβόσιτος / Corn	33,34
Σογιάλευρο / Soybean meal	30,00
Σιτάρι / Wheat	26,00
Σογιέλαιο / Soybean oil	2,70
Ρεγγάλευρο / Herring meal	5,00
Μαρμαρόσκονη / Limestone	1,00
Μεθειονίνη / Methionine	0,16
Φωσφορικό διασβέστιο / Dicalcium phosphate	1,20
Πρόμιγμα βιταμινών + Ιχνοστοιχείων / Vitamin + Mineral Premix <sup>(α)</sup>	0,30
Αλάτι / Salt	0,30
<b>Χημική Σύσταση(% της τροφής ως έχει)- Chemical analysis (% of feed)</b>	
Ξηρή ουσία / Dry matter	89,00
Αζωτούχες ουσίες / Crude protein (NX6,25)	23,00
Λιπαρές ουσίες / Crude Fat	5,40
Ινώδεις ουσίες / Crude Fibre	2,54
Τέφρα / Ash	5,65
Λυσίνη / Lysine <sup>(β)</sup>	1,33
Μεθειονίνη / Methionine <sup>(β)</sup>	0,55
Ασβέστιο / Calcium <sup>(β)</sup>	1,00
Φώσφορος διαθέσιμος / Phosphorous available <sup>(β)</sup>	0,45
<b>Μεταβολίσιμη ενέργεια / Metabolizable energy (Kcal/kg ΞΟ)</b>	<b>3.050</b>

(α). Το πρόμιγμα των βιταμινών περιείχε ανά kg: βιταμίνη A 15.000.000 IU, βιταμίνη D 3.000.000 IU, βιταμίνη E 1000.000 mg, βιταμίνη K 3.000 mg, βιταμίνη B<sub>1</sub> 3.000 mg, βιταμίνη B<sub>2</sub> 8.000 mg, βιταμίνη B<sub>6</sub> 4.000 mg και βιταμίνη B<sub>12</sub> 20 mg.

Το πρόμιγμα των ιχνοστοιχείων περιείχε ανά kg: Ca 100.000 mg, Mn 120.000 mg, Zn 100.000 mg, Fe 80.000 mg, Cu 20.000 mg, I 816 mg, Se 300 mg, Co 420 mg.

(β). Με βάση τους πίνακες NRC (1994).

Κατά την περίοδο της πάχυνσης (22<sup>η</sup>-47<sup>η</sup> ημέρα), τα ορνίθια παρέμειναν στους ίδιους χώρους και στις αυτές πειραματικές επεμβάσεις, όπως ακριβώς ήταν κατά την διάρκεια της ανάπτυξης. Τα ορνίθια της επέμβασης M κατά την περίοδο αυτή κατανάλωναν ένα τυπικό σιτηρέσιο πάχυνσης με βάση τον αραβόσιτο, το σιτάρι και το σογιάλευρο. Τα ορνίθια των υπολοίπων επεμβάσεων (SF,R,B,O) κατανάλωναν την περίοδο αυτή, το αυτό σιτηρέσιο με τους μάρτυρες και επιπλέον τις προσθετικές ουσίες και στις ίδιες ποσότητες, αντίστοιχα, που περιγράφηκαν κατά την περίοδο της ανάπτυξης. Η παράθεση τροφής και νερού ήταν κατά βούληση.

Η σύνθεση και η χημική ανάλυση του σιτηρεσίου της περιόδου πάχυνσης των ορνιθίων δίνεται στον πίνακα II.

Τα κλάσματα των θρεπτικών ουσιών του σιτηρεσίου υπολογίστηκαν σύμφωνα με τις μέθοδο Weende. Κατά τη διάρκεια των δύο πειραματικών περιόδων γινόταν καθημερινή μέτρηση της κατανάλωσης τροφής και λαμβάνονταν κάθε εβδομάδα το σωματικό βάρος των ορνιθίων, ως ο μέσος όρος τριών διαδοχικών ζυγίσεων. Υπολογίστηκε ο ρυθμός ανάπτυξης και η εκμετάλλευση της τροφής.

**ΠΙΝΑΚΑΣ II.** Σύνθεση και χημική ανάλυση σιτηρεσίου ορνιθίων κρεοπαραγωγής κατά τη διάρκεια της 2<sup>ης</sup> (22-47 ημέρα) πειραματικής περιόδου.

**TABLE II.** Composition and chemical analysis of diet during the 2<sup>nd</sup> (22-47 days) experimental period.

<i>Συστατικά / Ingredients</i>	<i>Περιεκτικότητα / Content (%)</i>
Αραβόσιτος / Corn	32,87
Σογιάλυρο / Soybean meal	28,50
Σιτάρι / Wheat	30,00
Σογιέλαιο / Soybean oil	3,10
Ρεγγάλυρο / Herring meal	2,50
Μαρμαρόσκονη / Limestone	1,00
Μεθειονίνη / Methionine	0,13
Φωσφορικό διασβέστιο / Dicalcium phosphate	1,30
Πρόμιγμα βιταμινών + Ιχνοστοιχείων / Vitamin + Mineral Premix <sup>(α)</sup>	0,30
Αλάτι / Salt	0,30
<b>Χημική Σύσταση(% της τροφής ως έχει)- Chemical analysis (% of feed)</b>	
Ξηρή ουσία / Dry matter	89,50
Αζωτούχες ουσίες / Crude protein	21,00
Λιπαρές ουσίες / Crude Fat	5,80
Ινώδεις ουσίες / Crude Fibre	2,64
Τέφρα / Ash	5,24
Λυσίνη / Lysine <sup>(β)</sup>	1,18
Μεθειονίνη / Methionine <sup>(β)</sup>	0,48
Ασβέστιο / Calcium <sup>(β)</sup>	0,90
Φόσφορος διαθέσιμος / Phosphorous available <sup>(β)</sup>	0,42
Μεταβολίσιμη ενέργεια / Metabolizable energy (Kcal/ Kg ΞΟ)	3.100

(α). Το πρόμιγμα των βιταμινών περιέχει ανά kg: βιταμίνη A 15.000.000 IU, βιταμίνη D 3.000.000 IU, βιταμίνη E 1000.000 mg, βιταμίνη K 3.000 mg, βιταμίνη B<sub>1</sub> 3.000 mg, βιταμίνη B<sub>2</sub> 8.000 mg, βιταμίνη B<sub>6</sub> 4.000 mg και βιταμίνη B<sub>12</sub> 20 mg.

Το πρόμιγμα των ιχνοστοιχείων περιέχει ανά kg: Ca 100.000 mg, Mn 120.000 mg, Zn 100.000 mg, Fe 80.000 mg, Cu 20.000 mg, I 816 mg, Se 300 mg, Co 420 mg

(β). Με βάση τους πίνακες NRC (1994).

Στο τέλος της περιόδου πάχυνσης, επιλέχθηκαν τυχαία 30 ορνίθια από την κάθε πειραματική επέμβαση τα οποία υποβλήθηκαν σε 24ωρη νηστεία, μετά το πέρας της οποίας σφάχτηκαν και υπολογίστηκε η απόδοση σφαγίου για την κάθε επέμβαση.

Δέκα σφάγια από κάθε πειραματική ομάδα τοποθετήθηκαν στο ψυγείο, σε θερμοκρασία -20° C. Από τα σφάγια αφαιρέθηκαν τα οστά και ο υπόλοιπος ιστός αλέσθηκε σε ειδική μηχανή αλέσεως και υπολογίστηκε η περιεκτικότητά τους σε Ξηρή Ουσία, Αζωτούχες Ουσίες και Λιπαρές Ουσίες, σύμφωνα με τη μέθοδο Weende.

Τα πειραματικά δεδομένα υποβλήθηκαν σε ανάλυση διακύμανσης (Steel and Torrie, 1980). Οι διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εκτιμήθηκαν με τη μέθοδο Duncan (1955).

#### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η κατανάλωση της τροφής, ο ρυθμός ανάπτυξης και η εκμετάλλευση της τροφής των ορνιθίων όλων των πειραματικών επεμβάσεων κατά την περίοδο ανάπτυξης (1<sup>η</sup>-21<sup>η</sup> ημέρα) φαίνονται στον πίνακα III.

Η παράθεση της τροφής των ορνιθίων κατά την περίοδο της ανάπτυξης ήταν ομαδική και ως εκ τούτου τα στοιχεία αναφορικά με την κατανάλωση της τροφής, δεν υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση.

Ο μέσος ρυθμός ανάπτυξης των ορνιθίων κατά την διάρκεια της 1<sup>ης</sup> (1-21 ημέρα) πειραματικής περιόδου ήταν 34,48g/ ημέρα και δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων. Η εκμετάλλευση της τροφής στα ορνίθια της επέμβασης Β, υπολογίστηκε σε 1,06Kg τροφής/Kg ΖΒ και ήταν σημαντικά καλύτερη (P<0,05) σε

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ.** Παραγωγικά χαρακτηριστικά<sup>1</sup> ορνιθίων κατά τη διάρκεια της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> πειραματικής περιόδου και για τη συνολική διάρκεια του πειράματος.

**TABLE III.** Broilers performance the experimental period.

	Επεμβάσεις / Treatments				
	M	SF	R	B	O
<i>1<sup>ης</sup> (1-21 ημέρα) περίοδο ανάπτυξης- 1<sup>st</sup> (1-21 day) experimental period</i>					
Αριθμός πτηνών/ Number of broilers	116	116	116	116	116
Κατανάλωση τροφής / Feed intake (g/bird/day)	40,5	38,5	38,9	37,6	39,4
Ρυθμός ανάπτυξης / Growth rate (g/bird/day)	33,9±1,4	34,0±2,8	34,3±2,1	35,3±1,9	34,9±2,2
Εκμετάλλευση τροφής / Feed efficiency (Kg feed/Kg LW)	1,19±0,1 <sup>a</sup>	1,13±0,1 <sup>a</sup>	1,13±0,1 <sup>a</sup>	1,06±0,1 <sup>b</sup>	1,13±0,1 <sup>a</sup>
Θνησιμότητα / Mortality (%)	2,8	2,3	2,9	2,4	3,0
<i>2<sup>ης</sup> (22-47 ημέρα) περίοδο ανάπτυξης- 2nd(22-47 day) experimental period</i>					
Κατανάλωση τροφής / Feed intake (g/bird/day)	133,4	132,2	130,4	131,7	137,4
Ρυθμός ανάπτυξης / Growth rate (g/bird/day)	62,5±3,4	61,7±3,0	60,0±1,4	60,8±2,1	63,4±2,6
Εκμετάλλευση τροφής / Feed efficiency (Kg feed/Kg LW)	2,1±0,1	2,1±0,1	2,2±0,2	2,2±0,2	2,2±0,2
Θνησιμότητα / Mortality (%)	2,0	1,9	1,9	2,1	2,2
<i>Συνολική περίοδος ανάπτυξης (1-47 ημέρα)- total experimental period (1-47 day).</i>					
Κατανάλωση τροφής / Feed intake (g/bird/day)	93,8	92,3	91,5	91,6	95,7
Ρυθμός ανάπτυξης / Growth rate (g/bird/day)	49,5±2	49,0±1	48,1±1	49,3±2	50,5±2
Εκμετάλλευση τροφής / Feed efficiency (Kg feed/Kg LW)	1,89±0,2	1,88±0,1	1,90±0,2	1,85±0,1	1,89±0,1
Θνησιμότητα / Mortality (%)	2,4	2,1	2,4	2,2	2,6

Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις / Means and standard deviation.

- Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά (P<0,05) / Means in the same row with different superscript, show significant difference between treatments (P<0,05).

σύγκριση με την εκμετάλλευση της τροφής των υπολοίπων επεμβάσεων, η οποία υπολογίστηκε σε 1,19- 1,13- 1,13 και 1,13Kg τροφής/Kg ΖΒ για τις επεμβάσεις Μ, SF, R και Ο, αντίστοιχα. Η εκμετάλλευση της τροφής δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων Μ, SF, R και Ο. Η θνησιμότητα των ορνιθίων δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των πειραματικών επεμβάσεων. Το μέσο ποσοστό θνησιμότητας για το σύνολο των ορνιθίων κατά τη διάρκεια της πειραματικής αυτής περιόδου υπολογίστηκε σε 2,68 %.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν και κατά τη διάρκεια της 2<sup>ης</sup> πειραματικής περιόδου μεταξύ των ορνιθίων όσον αφορά το ρυθμό ανάπτυξης, την εκμετάλλευση της τροφής και τη θνησιμότητα. Ο

μέσος ρυθμός ανάπτυξης, η μέση εκμετάλλευση της τροφής και η μέση θνησιμότητα μεταξύ όλων των ορνιθίων κατά τη διάρκεια της 2<sup>ης</sup> πειραματικής περιόδου υπολογίστηκε σε 61,7 gr/ημέρα, 2,16 Kg τροφής / Kg Z.B. και 2,02 % αντίστοιχα.

Η συνολική κατανάλωση της τροφής για το σύνολο των ορνιθίων σε όλη την διάρκεια του πειράματος ήταν 4371 g/πτηνό. Για τη συνολική διάρκεια του πειράματος ο ρυθμός ανάπτυξης η εκμετάλλευση της τροφής και η θνησιμότητα των ορνιθίων δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων. Ο μέσος ρυθμός ανάπτυξης, η μέση εκμετάλλευση της τροφής και η μέση θνησιμότητα μεταξύ όλων των ορνιθίων σε όλη την διάρκεια του πειράματος ήταν 49,3 gr/ημέρα, 1,88 Kg τροφής / Kg Z.B. και 2,34 % αντίστοιχα

Στον πίνακα IV δίνεται το σωματικό βάρος των ορνιθίων σε συνάρτηση με την ηλικία τους σε όλη την διάρκεια του πειράματος.

**ΠΙΝΑΚΑΣ IV.** Σωματικό βάρος<sup>1</sup> (g) ορνιθίων σε διαφορετική ηλικία κατά τη διάρκεια του πειράματος.  
**TABLE IV.** Body weight (g) of broilers at different age during the experimental period.

Ημέρες / Days	Επεμβάσεις / Treatments				
	M	SF	R	B	O
1	46±2	46±2	46±2	47±2	46±2
10	228±19 <sup>ab</sup>	207±17 <sup>a</sup>	228±13 <sup>ab</sup>	206±18 <sup>a</sup>	234±13 <sup>b</sup>
20	695±57	656±43	661±47	711±50	722±39
30	1337±70 <sup>abc</sup>	1249±55 <sup>a</sup>	1286±71 <sup>ab</sup>	1389±82 <sup>cd</sup>	1415±66 <sup>d</sup>
47	2308±92 <sup>bc</sup>	2210±77 <sup>ab</sup>	2173±84 <sup>a</sup>	2298±88 <sup>bc</sup>	2450±97 <sup>c</sup>

#### 1. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις - Means and standard deviation.

- Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ( $P<0,05$ ) - Means in the same row with different superscript, show significant difference between treatments ( $P<0,05$ ).

Από τα στοιχεία του πίνακα IV, φαίνεται ότι στην ηλικία των 10 ημερών το Σ.Β. των ορνιθίων των επεμβάσεων SF και B ήταν σημαντικά ( $P<0,05$ ) χαμηλότερο σε σύγκριση με το Σ.Β. της επέμβασης O, αλλά όχι σε σύγκριση με το Σ.Β. των ορνιθίων των υπολοίπων επεμβάσεων. Το μέσο σωματικό βάρος των ορνιθίων στην ηλικία των 10 ημερών ήταν 220g/πτηνό.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν μεταξύ των ορνιθίων των πειραματικών επεμβάσεων στην ηλικία των 20 ημερών. Το μέσο σωματικό βάρος των ορνιθίων στην ηλικία των 20 ημερών ήταν 689g/πτηνό.

Στην ηλικία των 30 ημερών τα ορνίθια των επεμβάσεων B και O εμφάνιζαν στατιστικά σημαντικά ( $P<0,05$ ) μεγαλύτερο σωματικό βάρος σε σύγκριση με τα ορνίθια των ομάδων M, SF και R. Το μέσο σωματικό βάρος των ορνιθίων στην ηλικία των 30 ημερών ήταν 1335,2g/πτηνό.

Στην ηλικία των 47 ημερών τα ορνίθια της επέμβασης O εμφάνιζαν σημαντικά μεγαλύτερο ( $P<0,05$ ) σωματικό βάρος σε σύγκριση με τα ορνίθια των επεμβάσεων SF και R, αλλά όχι σε σύγκριση με το σωματικό βάρος των ορνιθίων των επεμβάσεων B και M. Το μεγαλύτερο σωματικό βάρος εμφάνιζαν τα ορνίθια της επέμβασης O (2450 g/πτηνό) και το μικρότερο τα ορνίθια της επέμβασης R (2173g/πτηνό). Το μέσο σωματικό βάρος των ορνιθίων όλων των πειραματικών επεμβάσεων στην ηλικία των 47 ημερών ήταν 2287,8g/πτηνό.

Το μέσο σωματικό βάρος των 2287,8g/πτηνό, το οποίο υπολογίστηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, προσεγγίζει το σωματικό βάρος το οποίο συνήθως λαμβάνουν τα ορνίθια σε παρόμοια ηλικία, σύμφωνα με τους πίνακες AEC (1987). Ειδικότερα, στους πίνακες αυτούς τα ορνίθια στην ηλικία μεταξύ 49 και 54 ημερών εμφανίζουν συνήθως σωματικό βάρος, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 2.000- 2.300g/πτηνό, καταναλώνοντας συνολικά 3.900- 4.500g ενός σιτηρεσίου με ενεργειακό περιεχόμενο 3.100-3.200 Kcal M.E/kg τροφής και εμφανίζοντας εκμετάλλευση τροφής 2-2,5g τροφής/g ZB.

Στον πίνακα V δίνεται η απόδοση σε θερμό σφάγιο, σε ψυχρό σφάγιο, σε εδώδιμο ιστό (μετά την αφαίρεση οστών) των ορνιθίων κρεοπαραγωγής στην ηλικία σφαγής 47 ημερών καθώς και η χημική ανάλυση του αποστεωμένου κρέατος σύμφωνα με την μέθοδο Weende.

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του πίνακα V, η απόδοση σε θερμό και ψυχρό σφάγιο των ορνιθίων

**ΠΙΝΑΚΑΣ V.** Επίδραση των πειραματικών σιτηρεσίων στην απόδοση σφαγίου ορνιθίων ζοροσφαγιασθέντων στην ηλικία σφαγίσις των 47 ημερών.  
**TABLE V.** Effect of experimental diets on carcass yield of broiler slaughtered at the age of 47 days.

n	Βάρος σφαγίσις Slaughtering weight Kg		Βάρος σφαγίου Carcass weight Kg		Απόδοση σφαγίου Carcass yield %		Ανά kg ψυχρού σφαγίου Per kg cold carcass			
	Θερμό Warm	Ψυχρό cold	Θερμό Warm	Ψυχρό cold	Θερμό Warm	Ψυχρό Cold	Οστά bones Kg	%	Εδώδιμος ιστός Edible tissue kg	%
M	2,30±0,9 <sup>bc</sup>	2,30±0,4 <sup>a</sup>	1,60±0,4 <sup>a</sup>	1,55±0,3 <sup>a</sup>	69±2	66±2	477±48 <sup>a</sup>	30,8±2,2 <sup>a</sup>	1073±74 <sup>ab</sup>	69,2±2,0 <sup>a</sup>
SF	2,23±0,8 <sup>ab</sup>	1,58±0,2 <sup>a</sup>	1,53±0,4 <sup>a</sup>	1,53±0,4 <sup>a</sup>	71±3	68±3	541±37 <sup>a</sup>	35,4±1,9 <sup>b</sup>	988±77 <sup>a</sup>	64,6±2,1 <sup>b</sup>
R	2,19±0,8 <sup>a</sup>	1,54±0,3 <sup>a</sup>	1,50±0,3 <sup>a</sup>	1,50±0,3 <sup>a</sup>	70±4	68±4	494±33 <sup>a</sup>	32,9±1,6 <sup>ab</sup>	1007±81 <sup>a</sup>	67,1±3,1 <sup>ab</sup>
B	2,32±0,9 <sup>bc</sup>	1,74±0,4 <sup>b</sup>	1,68±0,3 <sup>b</sup>	1,68±0,3 <sup>b</sup>	75±5	72±5	618±52 <sup>b</sup>	36,8±2,7 <sup>b</sup>	1062±67 <sup>ab</sup>	63,2±1,9 <sup>b</sup>
O	2,46±1,0 <sup>c</sup>	1,84±0,6 <sup>b</sup>	1,80±0,4 <sup>b</sup>	1,80±0,4 <sup>b</sup>	74±4	73±5	621±44 <sup>b</sup>	34,5±2,3 <sup>ab</sup>	1179±86 <sup>ab</sup>	65,5±2,7 <sup>ab</sup>

1. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις / Means and standard deviation.

- Μέσοι όροι στην ίδια στήλη με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά (P<0,05) / Means in the same column with different superscript, show significant difference between treatments (P<0,05).

- Στο βάρος των οστών συμπεριλαμβάνονται και υπόλοιπα συνδετικού ιστού, που παρέμειναν στα οστά μετά την αποστέωση / The weight of bones are included rests of connective tissue, that have remained on the bones afterwards the emaciation.

διέφερε σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων. Ειδικότερα, το θερμό σφάγιο των ορνιθίων της επέμβασης O ήταν σημαντικά (P<0,05) μεγαλύτερο σε σύγκριση με το σφάγιο των επεμβάσεων SF και R, αλλά όχι σε σύγκριση με το σφάγιο των επεμβάσεων M και B. Το σφάγιο των επεμβάσεων M και B ήταν σημαντικά (P<0,05) μεγαλύτερο σε σύγκριση με το σφάγιο της επέμβασης R, αλλά όχι σε σύγκριση με το σφάγιο της επέμβασης SF. Το μέσο βάρος θερμού σφαγίου για το σύνολο των σφαγίων του πειράματος ήταν 1,66 Kg. Ωστόσο, οι στατιστικά αυτές σημαντικές διαφορές πιθανά οφείλονται στις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων όσον αφορά το ZB των ορνιθίων.

Η μέση απόδοση θερμού σφαγίου ήταν 71,8% για το σύνολο των σφαγίων όλων των πειραματικών επεμβάσεων και δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων. Η μεγαλύτερη απόδοση σφαγίου διαπιστώθηκε για τα σφάγια της επέμβασης B (75%) και η μικρότερη για το σφάγιο της επέμβασης M (69%).

Το μέσο βάρος ψυχρού σφαγίου, 24 ώρες μετά την παραμονή του σφαγίου σε συνθήκες ψύξης (4° C) διέφερε σημαντικά μεταξύ των πειραματικών επεμβάσεων. Το σφάγιο των επεμβάσεων B και O ήταν σημαντικά μεγαλύτερο (P<0,05) από το σφάγιο των επεμβάσεων M, SF και R. Ωστόσο, όπως και στην περίπτωση του θερμού σφαγίου, πιθανά οι σημαντικές διαφορές οφείλονται στη σημαντική διαφορά του ZB των ορνιθίων των πειραματικών επεμβάσεων. Στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν στο βάρος ψυχρού σφαγίου μεταξύ των επεμβάσεων M, SF και R.

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του Πίνακα V, η μέση % περιεκτικότητα των σφαγίων σε οστά για τα σφάγια όλων των επεμβάσεων υπολογίσθηκε σε 33,9%. Η % περιεκτικότητα των σφαγίων σε οστά ήταν σημαντικά (P<0,05) μεγαλύτερη για τα σφάγια όλων των πειραματικών επεμβάσεων σε σύγκριση με το μάρτυρα (30,8-35,4-32,2-36,8-34,5, για τις επεμβάσεις M, SF, R, B και O, αντίστοιχα).

Η μέση % περιεκτικότητα σε εδώδιμο ιστό, υπολογίσθηκε σε 65,8% και διέφερε σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων. Ειδικότερα, τα σφάγια της επέμβασης M εμφάνιζαν σημαντικά (P<0,05) υψηλότερη απόδοση σε εδώδιμο ιστό σε σύγκριση με τα σφάγια των επεμβάσεων SF

και Β, αλλά όχι σε σύγκριση με τα σφάγια των επεμβάσεων R και O.

Στον πίνακα VI δίνεται η χημική σύσταση του εδώδιμου ιστού του σφαγίου των ορνιθίων σε ηλικία σφαγής 47 ημερών.

**ΠΙΝΑΚΑΣ VI.** Επίδραση πειραματικών σιτηρεσιών στη χημική σύσταση του εδώδιμου ιστού σφαγίου ορνιθίων κρεοπαραγωγής σε ηλικία σφαγής 47 ημερών.

**TABLE VI.** Effects of diets on the chemical composition of broilers edible tissue

Επεμβάσεις- Treatments	Χημική σύσταση Chemical composition %			
	Ξηρή Ουσία Dry matter	Αζωτούχες ουσίες Crude protein	Λιπαρές ουσίες Crude fat	Τέφρα Ash
M	24,0±1,4	20,3±0,9 <sup>ab</sup>	2,5±0,07 <sup>ab</sup>	0,97±0,04
SF	25,0±1,5	19,4±0,6 <sup>ab</sup>	2,4±0,05 <sup>ac</sup>	1,02±0,05
R	24,0±1,3	20,8±1,1 <sup>a</sup>	2,3±0,06 <sup>c</sup>	0,93±0,05
B	26,0±1,5	19,3±0,3 <sup>b</sup>	2,5±0,08 <sup>ab</sup>	0,95±0,05
O	25,0±1,4	19,1±0,4 <sup>b</sup>	2,6±0,09 <sup>b</sup>	0,98±0,04

Από τον πίνακα VI προκύπτει ότι παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σφαγίων όσον αφορά την περιεκτικότητα σε Αζωτούχες Ουσίες (Α.Ο.) και Λιπαρές Ουσίες (Λ.Ο). Τα σφάγια της επέμβασης R, εμφάνιζαν σημαντικά ( $P<0,05$ ) υψηλότερη περιεκτικότητα σε Α.Ο. σε σύγκριση με τα σφάγια των επεμβάσεων Β και Ο, αλλά όχι σε σύγκριση με τα σφάγια των επεμβάσεων Μ και SF. Η περιεκτικότητα σε Λ.Ο. ήταν σημαντικά ( $P<0,05$ ) μεγαλύτερη για τα σφάγια της επέμβασης Ο σε σύγκριση με την αντίστοιχη περιεκτικότητα των σφαγίων της επέμβασης SF και R, αλλά όχι σε σύγκριση με την περιεκτικότητα των σφαγίων των επεμβάσεων Μ και Β.

Οι Wiseman και Garnsworthy (1999) και οι Larbier και Leclercq (1994), αναφέρουν ότι το μέσο Ζωντανό Βάρος των ορνιθίων στην ηλικία σφαγής των 45 ημερών κυμαίνεται μεταξύ 2199- 2222g. Για τους ίδιους συγγραφείς η μέση περιεκτικότητα του εδώδιμου ιστού σε Α.Ο. και Λ.Ο., κυμαίνεται μεταξύ 19-22% και 2,77-3,16%, αντίστοιχα.

Συγκριτικά από τους πίνακες V και VI φαίνεται ότι τα ορνίθια της επέμβασης Ο (Oregon-Stim), εμφάνιζαν ή έτειναν να εμφανίσουν το μεγαλύτερο ΖΒ σφαγής, την μεγαλύτερη απόδοση σε σφάγιο και την υψηλότερη περιεκτικότητα σε Λ.Ο., αλλά και την χαμηλότερη περιεκτικότητα σε Α.Ο. Αντίθετα, τα ορνίθια της επέμβασης R (Ropadiar) εμφάνιζαν ή έτειναν να εμφανίσουν το μικρότερο ΖΒ σφαγής, την υψηλότερη περιεκτικότητα σε Α.Ο., αλλά και την μικρότερη περιεκτικότητα σε Λ.Ο.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά το ρυθμό ανάπτυξης και την εκμετάλλευση της τροφής κατά την διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης, της περιόδου πάχυνσης και κατά το σύνολο της περιόδου πάχυνσης (1<sup>η</sup>-47<sup>η</sup> ημέρα) των ορνιθίων.
- Το μέσο σωματικό βάρος των ορνιθίων κατά την ηλικία σφαγής και η μέση απόδοση σε βάρος θερμού σφαγίου για το σύνολο του πειράματος ήταν 2,3Kg και 71,8%, αντίστοιχα.
- Η μέση περιεκτικότητα του σφαγίου σε οστά και εδώδιμο ιστό ήταν 33,9% και 65,8%, αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα σε οστά των σφαγίων των επεμβάσεων SF και Β ήταν σημαντικά ( $P<0,05$ ) μεγαλύτερη σε σύγκριση με την αντίστοιχη περιεκτικότητα των σφαγίων της επέμβασης Μ. Το σφάγιο της επέμβασης Μ, εμφάνιζε υψηλότερη % απόδοση σε εδώδιμο ιστό σε σύγκριση με το σφάγιο των επεμβάσεων SF και Β, αλλά όχι σε σύγκριση με το σφάγιο των επεμβάσεων R και Ο.
- Η περιεκτικότητα του εδώδιμου ιστού των επεμβάσεων Β και Ο σε Α.Ο. ήταν σημαντικά ( $P<0,05$ ) χαμη-



λότερη σε σύγκριση με την αντίστοιχη της επέμβασης R, αλλά όχι σε σύγκριση με των επεμβάσεων M και SF. Η περιεκτικότητα του εδώδιμου ιστού της επέμβασης R (Ropadiar) σε Λ.Ο., ήταν σημαντικά χαμηλότερη σε σύγκριση με την αντίστοιχη περιεκτικότητα των επεμβάσεων O και B, αλλά όχι σε σύγκριση με την επέμβαση SF.

**The effect of replacement of antibiotics and anticoccidiotics with oregano essential oils, aromatic plants and oligosaccharides on the performance and carcass characteristics of broiler**

**D. Dervisis<sup>1</sup>, J. Nikolakakis<sup>2</sup>, D. Galamatis<sup>1</sup>, B. Dotas<sup>1</sup>, J. Mitsopoulos<sup>1</sup>, D. Dotas<sup>1</sup>**

**Summary**

In order to study the effect of essential oils of *Origanum vulgare*, a mixture of aromatic plants and prebiotics on the performance and carcass characteristics of broilers, a feeding trial was conducted: Five hundred and eighty broilers (Ross) were used from the age of 1 to 47 days. The broilers were randomly allocated into five dietary treatments (M,SF,R,B,O) and were placed on 10 experimental cages. The broilers of the treatment M (control) fed on a typical diet based on corn and soy bean meal, while the broilers of the treatments SF, R, B and O fed on the same diet, supplemented with 500g Sacox + 250g Flavomycin, 450g Ropadiar, 1000g Biomin και 300g Orego-stim per ton of diet, respectively.

The feed intake, growth rate, feed conversion efficiency and warm carcass yield of broilers were not affected significantly between the treatments. The mean bone distribution of the carcass of the treatments SF and B was higher significantly ( $P<0.05$ ) in comparison to treatment M. The edible tissue yield of carcass of the treatment M was significantly ( $P<0.05$ ) higher in comparison to the yield of SF and B, but not to that of R and O.

The crude protein content of edible tissue of treatments B and O was significantly ( $P<0.05$ ) lower in comparison to that of R, but not to that of treatments M and SF. The fat content of edible tissue of treatment R was significantly ( $P<0.05$ ) lower in comparison to that of O and B, but not to that of SF.

The addition of oregano essential oils, aromatic plants and oligosaccharides in broilers' diets didn't affect significantly the feed intake, the growth rate, the feed conversion efficiency and the mortality of broilers. Although the killing-out percentage of warm and cold carcass were not affected significantly ( $R<0.05$ ) from the addition of above mentioned substances the carcass yield in bones and edible tissue was affected significantly ( $R<0.05$ ).

**Key words:** broilers, essential oils, feed consumption, growth rate, feed conversion efficiency, output in carcass, meat.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Abdalla, AE & Roozen, J.P. (2001). The effects of stabilized extracts of age and oregano on the oxidation of salad. *European Food Research and Technology*, 212, 551-560.
- Adam, K., Sivropoulou, A., Kokkini, S., Lanaras, T. & Arsenakis, M. (1998). Antifungal activities of *Origanum vulgare* ssp. *Hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 1739- 1745.
- Best, P., (1997). Growth promoters: European battle rages. *Feed International*, pp. 8-11 (November, 1977).
- Bailey, J. S., L. C. Blankenship, and N.A. Cox. 1991. Effect of fructooligosaccharide on *Salmonella* colonization of the chicken intestine. *Poultry Sci.* 70:2433.
- Bishov, S.J., Masuoka, Y. & Kapsalis, J.G. (1977). Antioxidan effect of spices, herbs and protein hydrolysates in freeze dried model systems: synergistic action with syntetic phenolic antioxidants. *Journal of Food Processing and Preservation* 1, 153-166.
- Botsoglou, N.A., P. Florou- Paneri, E. Christaki, D.J. Fletouris and A.B. Spais (2002). Effect of dietary Oregano essential oil on performance of chickens and iron- induced lipid oxidation of breast thigh and

<sup>1</sup> Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki

<sup>2</sup> Department of Animal Production, T.E.I. W. Macedonia (Florina)

- abdominal fat tissues. *British Poultry Science*, May 2002.
- Botsoglou, N.A., D.J. Fletouris, P. Florou- Paneri, E. Christaki & Spais, A.B. (2003). Inhibition of lipid oxidation in long- term frozen stored chicken meat by dietary. Oregano essential oil and  $\alpha$ - tocopherol acetate supplementation. *Food international* 36 p 207.
- Botsoglou, N.A, E. Christaki, D.J Fletouris, P Florou-Paneri, A.B Spais (2002). The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Science*, 62: 259-263.
- Close, W.H. (2000). Producing pigs without antibiotic growth promoters. *Advances in Pork Production* vol. 11 pg 47.
- Cutter, C.N. (2000). Antimicrobial Effect of Herb Extracts against *Escherichia coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella Typhimurium* Associated with Beef. *J. Food Protection* (vol. 63) 5:601-607.
- De Winne, A., Dirinck, P. (1996). Studies on vitamin E and meat quality. 2. Effect of feeding high vitamin E levels on chicken meat quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 1691- 1696.
- Duncan, D.R., 1955. Multiple range and multiple F- tests. *Biometrics* 11:1-42.
- Economou, K.D., Oreopoulou, V. & Thomopoulos, C.D. (1991). Antioxidant properties of some plant extracts of the Labiatae family. *Journal of the American Oil Chemical Society* 68, 109-113.
- Finucane, M., Spring, P. and Newman, K. E. (1999). Poster S179, *Southern Poultry Science*, Jan 18-21, Atlanta.
- Gill, C. and Best, P. (1998). Antibiotic resistance in USA: Scientists to look more closely. *Feed International*, pp. 16-18 (August, 1998).
- Gray, J.J. & Pearson, A.M. (1987). Rancidity and warmed- over flavor. *Advances in Meat Research*, 3: 221-269.
- JETAKAR (Joint Expert Advisory Committee on Antibiotic Resistance) (1999). The use of antibiotics in food- producing animals: antibiotics-resistant bacteria in animals and humans.
- Hidaka, H., T. Edida, T. Takazawa, T. Tokunga, and Y.Tashiro. 1986. Effects of fructooligosaccharides on intestinal flora and human health. *Bifidobacteria Microflora* 5:37.
- Kokkini, S. (1994). Herbs of the Labiatae, in: MACRAE, R., ROBINSON, R., SADLER, M. & FUULLERLOVE, G. (Eds) *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition* (London, pp. 2342-2348, Academic Press).
- Kokkini, S., Karousou, R., Dardioti, A., Krigas, N. & Lanaras, t. (1997). Autumn essential oils of Greek oregano. *Phytochemistry*, 44: 883-886.
- Lagouri, V., Blekas, G., Tsimidou, M. Kokkini, S. & Boskou, D. (1993). Composition and antioxidant activity of essential oils from oregano plants grown wild in Greece. *Zeitschrift fur Lebensmittel- Untersuchung und- Forschung* 197, 20-23.
- Larbier M. and B. Leclercq, (1994). *Nutrition and Feeding of Poultry*. Nottingham university Press.
- Lauridsen, C., Buckley, D.J. & Morrissey, P.A. (1997). Influence of dietary fat and vitamin E supplementation on  $\alpha$ - tocopherol levels and fatty acid profiles in chicken muscle membranal fractions and on susceptibility to lipid peroxidation. *Meat Science* 46, 9-22.
- Man, Y. & Jaswir, I. (2000). Effect of rosemary and sage extracts on frying performance of refined, bleached and deodorized palm olein during deep- fat frying. *Food Chemistry* 69, 3012-3017.
- Milos, M., Mastelic, J. & Jerkovic, I. (2000). Chemical composition and antioxidant effect of glycosidically bound volatile compounds from oregano (*Origanum vulgare* L. ssp. *Hirtum*). *Food Control* 71, 79-83.
- Mitsuoka, T., H. Hidaka, and T. Eida. 1987. Effect of fructooligosaccharides on intestinal microflora. *Die Nahrung* 31:5-6, 427.
- Morrissey, P.A., Buckley, D.J., Sheehy, P.J.A. & Monahan, F.J. (1994). Vitamin E and meat quality. *Proceeding of the Nutrition Society* 53, 289-295.
- Newman, K. (1994). Mannan-oligosaccharides: Natural polymers with significant impact on the gastrointestinal microflora and the immune system. In: Lyons, T. P. J., K.A. (ed.) *Biotechnology in the Feed Industry*. *Proceedings of Alltech's 10<sup>th</sup> Annual Symposium*. Nottingham University Press,

Nicholasville, Kentucky, pp. 167-180.

Shahidi, F., Janitha, P.K. & Wanasundara, P. (1992). Phenolic antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 32, 67-103.

Sivropoulou, A., Papanikolaou, E., Nikolaou, C., Kokkini, S., Lanaras, T., Arsenakis, M. (1996). Antimicrobial and cytotoxic activities of *Origanum* Essential oils, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44, 1202- 1205.

Σπαής, Α.Β, Γιάννενας Η.Α., Φλώρου- Πανέρη Π., Χρηστάκη Ε., Μπότσογλου Ν.Α. 2003). Επίδραση του μαννοζο-ολιγοσακχαρίτη Bio-Mos μιας πρόσθετης ύλης ζωοτροφών, στις αποδόσεις κρεοπαραγωγών ορνιθίων. *Περιοδικό της Ελληνικής Κτηνιατρικής Εταιρείας*, 54 (2), 111-118.

Steel, R.C.D. and Torrie, J.H., 1980. *Principles and Procedures of Statistics. A. Biometrical Approach*, 2<sup>nd</sup> edition. McGraw-Hill, New York, pp. 99-156.

Tsimidou, M., Papavergou, E. & Boskou, D (1995). Evaluation of oregano antioxidant activity in mackerel oil. *Food Research International*, 28: 431- 433.

Vekiari, S.A., Oreopoulou, V., Tzia, C. & Thomopoulos, C.D. (1993). Oregano flavonoids as lipid antioxidants. *Journal of the American Oil Chemical Society*, 70: 483- 487.

Vokou, S. Kokkini, S. Bessiere, J.M. (1993). Geograrhic variation of Greek oregano (*Origanum vulgare* spp *Hirtum*). *Essential oils. Biochemistry and Systemic Ecology* 21, 287- 295.

Wiseman J. and P.C. Garnsworthy (1999). *Poultry Nutrition 2*. Nottingham.University Press.

Yanishlieva, N.V., Marinova, E.M., Gordon, M.H. & Raneva, V.G. (1999). Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chemistry* 64, 59-66.

## Επιπτώσεις των συγκεντρώσεων όζοντος στα δασικά είδη: Προκαταρκτικά αποτελέσματα

Γ. Μπαλούτσος<sup>1</sup>, Κ. Καούκης<sup>1</sup>, Ασ. Σκουτέρη<sup>1</sup>, Γ. Καρέτσος<sup>1</sup> και Αθ. Μπουρλέτσικας<sup>1</sup>

### Περίληψη

Το όζον ( $O_3$ ) του χαμηλότερου προς το έδαφος στρώματος της ατμόσφαιρας (όζον επιφάνειας εδάφους) φαίνεται πως είναι ένας από τους σοβαρότερους ρύπους της που επηρεάζουν δυσμενώς τη δασική βλάστηση. Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα έντονο στις Μεσογειακές χώρες λόγω των καιρικών συνθηκών που επικρατούν εκεί τη θερινή περίοδο και ευνοούν το σχηματισμό αυτού του ρύπου. Οι επιπτώσεις του όζοντος στη δασική βλάστηση της Ελλάδας εξετάστηκαν από ορισμένους ερευνητές την τελευταία κυρίως δεκαετία. Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό την επέκταση της μελέτης του προβλήματος με την εκτίμηση των συγκεντρώσεων όζοντος σε δασικές περιοχές και τον προσδιορισμό και την ποσοτικοποίηση συμπτωμάτων αυτού σε δασοπονικά και δασικά είδη της χώρας. Οι συγκεντρώσεις όζοντος εκτιμήθηκαν με συσσωρευτικούς δειγματολήπτες που τοποθετήθηκαν στα αείφυλλα πλατύφυλλα της Δυτικής Ελλάδας, στην ελάτη της Ευρυτανίας, στην πλατύφυλλο δρυ και οξιιά της Ν.Α. Όσσας, καθώς και στη χαλέπιο πεύκη των Άνω Ιλισίων στην Αθήνα. Οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις της τριετίας 2000 – 2002 για τις τέσσερις περιοχές κυμάνθηκαν από (39,5-109,0), (50,8-101,5), (58,9-118,0) και (33,5-98,6)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , αντίστοιχα. Τα φυτικά είδη στα οποία προσδιορίστηκαν συμπτώματα όζοντος ήταν η χαλέπιος και μαύρη πεύκη, η οξιιά, ο φράξος, η κουφοξυλιά, ο βάτος, ο κράταιγος, η σορβιά η ομπρελοειδής και η αγροτριανταφυλλιά.

**Λέξεις κλειδιά:** όζον επιφάνειας εδάφους, συσσωρευτικοί δειγματολήπτες όζοντος, δασικά είδη, συμπτώματα όζοντος.

### 1. Εισαγωγή

Η επιστημονική έρευνα των τελευταίων κυρίως δεκαετιών έχει καταδείξει πως το όζον ( $O_3$ ) επιφάνειας εδάφους (του κατώτερου στρώματος της ατμόσφαιρας προς το έδαφος) μπορεί να είναι ένας από τους βασικότερους ρύπους του αέρα που επηρεάζουν δυσμενώς τη δασική βλάστηση τόσο στην Ευρώπη, όσο και σε άλλα μέρη του κόσμου (Navey et al, 1980; Davis and Skelly, 1992; Gimeno et al., 1995; Sanz και Calatayud, 1997; Bussotti et al, 1998, Skelly et al., 1998). Το πρόβλημα που αναφέρθηκε φαίνεται ότι είναι εκτεταμένο και σοβαρό στις νότιες κυρίως χώρες της Ευρώπης, δεδομένου ότι οι επικρατούντες εκεί μετεωρολογικές συνθήκες και η γρήγορη αστικοποίηση και βιομηχανοποίηση εκτεταμένων περιοχών τους, ευνοούν το σχηματισμό και τη διατήρηση του όζοντος (Millan et al., 1992; Bonasoni et al., 1999; Kalabokas et al., 2000a).

Στις χώρες αυτές πολλά δασικά είδη και γενικότερα πολλά είδη φυτών που είναι ευαίσθητα στην επίδραση του όζοντος, εμφανίζουν έντονες βλάβες στην επάνω επιφάνεια των φύλλων ή των βελονών τους. Οι βλάβες αυτές προέρχονται από την οξειδωτική δράση του  $O_3$  στους φυτικούς ιστούς. Τα φυτά αυτά μπορεί επίσης να ρίχνουν τα φύλλα τους νωρίς, είναι μικρότερα σε μέγεθος και συνήθως παράγουν λιγότερους υγιείς σπόρους. Η βλάβη που προκαλεί το όζον στα φυτά μπορεί επίσης να αυξήσει την ευπάθειά τους και σε άλλους επιβλαβείς παράγοντες καταπόνησης, όπως είναι τα έντομα και οι ασθένειες.

Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων όζοντος επιφάνειας εδάφους σε δασικές περιοχές, καθώς και ο προσδιορισμός της βλάβης στα δασικά είδη της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου, έχουν αρχίσει να πραγματοποιούνται κυρίως από τις αρχές της δεκαετίας του '80. Συγκεκριμένα για την Ελλάδα, τέτοιες μετρήσεις ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του '90 και έχουν γίνει μόνο σε μερικές αγροτικές και δασικές περιοχές της χώρας (Velissariou et al., 1992; Kourtidis et al. 1996; Velissariou και Skertis, 1996; Heliotis και Karadinos,

<sup>1</sup> Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε), Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων (Ι.Μ.Δ.Ο & Τ.Δ.Π.), Τέγμα Αλκμάνος, Ιλίσια, Αθήνα, 11528, Τηλ. 210 7793 142, FAX 210 7784 602, E-mail:mpag@fria.gr

1998; Viglas et al., 1998; Glavas, 1999; Kalabokas, 2000b). Οι μετρήσεις αυτές συμπληρώνονται και από εκείνες του “Πανευρωπαϊκού Προγράμματος Παρακολούθησης και Ελέγχου των Επιπτώσεων της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Άλλων Δυσμενών Παραγόντων Καταπίεσης στην Υγεία των Δασών”, που πραγματοποιούνται στη χώρα μας από τον Απρίλιο του 2000.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η εκτίμηση των συγκεντρώσεων όζοντος επιφάνειας εδάφους, που εμφανίζονται σε δασικές περιοχές της χώρας, καθώς και ο προσδιορισμός και η ποσοτικοποίηση των συμπτωμάτων από την προσβολή αυτού στα κυριότερα δασικά είδη. Επιπλέον, παρουσιάζονται και συζητούνται σε συντομία, οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν και η εμπειρία που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών του προγράμματος, τόσο στο δάσος όσο και στο εργαστήριο.

## 2. Μέθοδος έρευνας και υλικά

### 2.1 Εκτίμηση των συγκεντρώσεων όζοντος με συσσωρευτικούς δειγματολήπτες

Η εκτίμηση των συγκεντρώσεων όζοντος στην Ελλάδα με τη χρήση συσσωρευτικών δειγματοληπτών που τοποθετήθηκαν στο διάκενο των μετεωρολογικών σταθμών που αντιστοιχούν στις πειραματικές επιφάνειες επιπέδου II του Πανευρωπαϊκού Προγράμματος που αναφέρθηκε, άρχισε στα μέσα Απριλίου του 2000. Η έκταση του διακένου των σταθμών ήταν ένα στρέμμα περίπου. Στον πίνακα I παρουσιάζονται τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά των θέσεων των σταθμών. Ο σταθμός 5 βρίσκεται στη στέγη του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών στην Αθήνα και δεν ανήκει στο πρόγραμμα που αναφέρθηκε. Εντούτοις, τα στοιχεία του αναλύονται μαζί με εκείνα των σταθμών του προγράμματος. Οι δειγματολήπτες προμηθεύτηκαν από το Ινστιτούτο Έρευνας του Περιβάλλοντος του Gothenburg της Σουηδίας (IVL) και ήταν τύπου I (Fern et al., 1997). Στους μετεωρολογικούς σταθμούς προσαρμόστηκαν ανά δύο στην κάτω επιφάνεια ξύλινου τετραγώνου πλευράς 40 εκατοστών το οποίο είχε στερεωθεί στο άκρο μεταλλικού πασσάλου σχήματος Γ και ύψους 3,5m από την επιφάνεια του εδάφους. Οι δειγματολήπτες τοποθετούνταν ανά δύο σε κάθε επιφάνεια και παρέμειναν εκτεθειμένοι στον αέρα για τέσσερις (4) εβδομάδες. Στο τέλος αυτής της περιόδου συσκευάζονταν σε πλαστικά φιαλίδια που κλείνανε αεροστεγώς και αποστέλλονταν στο εργαστήριο κατασκευής τους στην Σουηδία για ποσοτικοποίηση της μέσης μηνιαίας (τεσσάρων εβδομάδων) συγκέντρωσης του όζοντος ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Για τη μείωση πιθανών σφαλμάτων στις μετρήσεις και γενικά για την καλύτερη λειτουργία των δειγματοληπτών, ακολουθούσαν όλες οι οδηγίες που δίνονται από το εργαστήριο κατασκευής τους (IVL, 2000).

**Πίνακας I.** Γεωγραφικά χαρακτηριστικά των μετεωρολογικών σταθμών όπου λειτουργούν οι συσσωρευτικοί δειγματολήπτες όζοντος.

**Table I.** Geographical characteristics of the meteo-stations where the ozone passive samplers are in operation.

α/α Σταθμών	Περιοχή λειτουργίας μετεωρολογικού σταθμού	Πλησιέστερη επιφάνεια επιπέδου II	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος	Υψόμετρο σταθμού (m)
1	Βαρετάδα Αμφιλοχίας	<i>Maquis</i>	38°50'41''	21°18'29''	350
2 και 3	ΒΑ πλαγιά της Όσσας	<i>Quercus frainetto</i> και <i>Fagus sylvatica ssp. moesiaca</i>	39°47'15''	22°47'39''	720
4	Άγιος Νικόλαος Ευρυτανίας	<i>Abies borisii regis</i>	38°53'21''	21°52'09''	1120
5	Άνω Ιλίσσια, Αθήνα	<i>Pinus halepensis</i>	37°58'36''	23°45'29''	120

## 2.2 Εκτίμηση συμπτωμάτων όζοντος στα δασοπονικά και δασικά είδη των πειραματικών επιφανειών επιπέδου II

Για την εκτίμηση οποιασδήποτε βλάβης από όζον στα κυριότερα δασοπονικά είδη των πειραματικών επιφανειών 2 (*Quercus frainetto*), 3 (*Fagus sylvatica ssp. moesiaca*) και 4 (*Abies borisii regis*), επιλέχθηκαν πέντε κυρίαρχα άτομα σε κάθε μια από αυτές τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 2001. Τα είδη αυτά ήταν τα κύρια των πειραματικών επιφανειών οι οποίες αντιπροσώπευαν τα αντίστοιχα δασικά οικοσυστήματα. Τα πέντε άτομα βρισκόνταν στην προστατευτική ζώνη των επιφανειών, δηλαδή στη ζώνη μεταξύ της περιφράξης ορθογωνικής επιφάνειας δέκα στρεμμάτων περίπου και της κεντρικής υποεπιφάνειας αυτής (Level II plot) έκτασης τριών στρεμμάτων περίπου. Η κόμη των δέντρων ήταν εκτεθειμένη στο φως και τουλάχιστον μερικά από τα υψηλότερα κλαδιά θα μπορούσαν να πέσουν στην επιφάνεια του εδάφους δια πυροβολισμού με κυνηγετικό όπλο.

Σε αντίθεση με τις παραπάνω πειραματικές επιφάνειες, στην 1 (*Maquis*) επιλέχθηκαν δύο άτομα *Quercus ilex*, δύο *Arbutus unedo* και ένα *Phillyrea latifolia*, ανάλογα με τη συχνότητα εμφάνισης κάθε είδους. Επιπλέον, επιλέχθηκαν πέντε άτομα, σε συστάδα *Pinus halepensis* κοντά στο Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών της Αθήνας.

Από κάθε δέντρο, ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου εκτίμησης συμπτωμάτων όζοντος σε δασοπονικά είδη του προγράμματος (UN/ECE,2001), αποσπάσθηκαν πέντε εξωτερικοί κλάδοι εκτεθειμένοι στον ήλιο, είτε με πυροβολισμό είτε με αναρρίχηση και από κάθε κλάδο λήφθηκαν 30 ή 60 φύλλα ή βελόνες (της τρέχουσας ή και της προηγούμενης χρονιάς, ανάλογα με το είδος). Τα αποτελέσματα της εκτίμησης παρουσιάζονται στο υποκεφάλαιο 3.2.

## 2.3 Προσδιορισμός συμπτωμάτων όζοντος σε άλλα δασοπονικά και δασικά είδη των Εκτεθειμένων στο Φως Δειγματοληπτικών Επιφανειών (ΕΦΔΕ)

Ο αριθμός των φυτικών ειδών που αναπτύσσονται στην ευρύτερη περιοχή κάθε πειραματικής επιφάνειας εντατικού ελέγχου επιπέδου II, ήταν πολύ μεγαλύτερος από τον αριθμό των ειδών που περιλαμβάνονται εντός αυτής. Αυτά τα επιπλέον είδη ήταν επίσης πιθανόν να προσβληθούν από όζον και προκειμένου να προσδιοριστούν και να ποσοτικοποιηθούν οποιαδήποτε τέτοια συμπτώματα, έγινε εγκατάσταση μιας Εκτεθειμένης στο Φως Δειγματοληπτικής Επιφάνειας (ΕΦΔΕ) σε κάθε περιοχή το θέρος του 2001. Οι τέσσερις (4) ΕΦΔΕ εγκαταστάθηκαν κοντά στους μετεωρολογικούς σταθμούς όπου υπήρχαν και οι συσσωρευτικοί δειγματολήπτες και περιελάμβαναν όσο το δυνατόν περισσότερα είδη της περιοχής. Το σχήμα των επιφανειών αυτών ήταν ορθογώνιο και η έκτασή τους κυμαίνονταν από 125 έως 370 m<sup>2</sup>.

Οι ΕΦΔΕ εγκαταστάθηκαν σύμφωνα με τους κανόνες που δίνονται στο σχετικό εγχειρίδιο του προγράμματος (UN/ECE,2001).

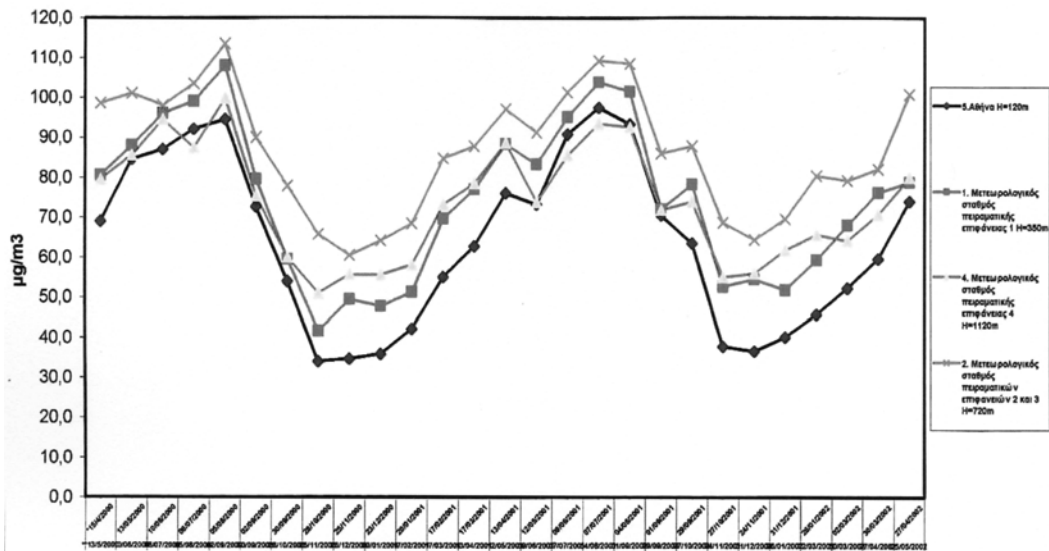
## 3. Προκαταρκτικά αποτελέσματα και συζήτηση

### 3.1 Συγκεντρώσεις όζοντος επιφάνειας εδάφους στους τέσσερις σταθμούς

Οι μέσες μηνιαίες (4 εβδομάδων) συγκεντρώσεις όζοντος επιφάνειας εδάφους που εκτιμήθηκαν στους 4 σταθμούς όπου εγκαταστάθηκαν οι συσσωρευτικοί δειγματολήπτες, απεικονίζονται στο Σχήμα 1. Οι τιμές αναφέρονται στην περίοδο από τα μέσα Απριλίου 2000 έως και τα τέλη Δεκεμβρίου 2002.

Ο σταθμός 5 (Αθήνα) έχει τις χαμηλότερες τιμές συγκεντρώσεων για όλες σχεδόν τις περιόδους μέτρησης (33,5 έως 98,6 μg/m<sup>3</sup>) και ο σταθμός 2 που αντιπροσωπεύει τις πειραματικές επιφάνειες 2 και 3 Όσσας, τις υψηλότερες (58,9 έως 118,0 μg/m<sup>3</sup>). Οι συγκεντρώσεις όζοντος των δύο άλλων σταθμών Βαρετάδας Αμφιλοχίας (1) και Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας (4), βρίσκονται μεταξύ εκείνων που αναφέρθηκαν προηγουμένως και κυμαίνονται από 39,5 έως 109,0 και από 50,8 έως 101,5 μg/m<sup>3</sup> αντίστοιχα. Επιπλέον επισημαίνεται πως οι τιμές συγκεντρώσεων του σταθμού 1 (Βαρετάδα Αμφιλοχίας) είναι υψηλότερες από εκείνες του σταθμού 4 (Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας) κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου και χαμηλότερες κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου.

Με τα διαθέσιμα προς το παρόν στοιχεία, δε μπορεί δυστυχώς να δοθεί μια ικανοποιητική εξήγηση για τις διαφορές των μέσων μηνιαίων συγκεντρώσεων όζοντος των τεσσάρων περιοχών. Για το λόγο αυτό, λαμβάνοντας υπόψη και τα συμπεράσματα προηγούμενων ερευνών, (Lalas et. al, 1983, Gusten et. al, 1988), συζητούνται και εξετάζονται οι τιμές του όζοντος στην Αθήνα και διατυπώνονται διάφορες υποθέσεις για τους άλλους



Ημερομηνίες τοποθέτησης (\*) και αντικατάστασης(\*\*) των δειγματοληπτών

**Σχήμα 1:** Μέσες μηνιαίες τιμές συγκεντρώσεων όζοντος επιφανείας εδάφους σε 4 σταθμούς στην Ελλάδα με τη χρήση συσσωρευτικών δειγματοληπτών.

**Figure 1:** Mean four weekly ground-level (3.5m) ozone concentrations in four stations of Greece - (use of passive samplers).

σταθμούς. Ειδικότερα, οι μέσες συγκεντρώσεις  $O_3$  του σταθμού 5 (Αθήνα) που είναι οι χαμηλότερες όλων των άλλων και όχι οι υψηλότερες, όπως αναμενόταν, μπορεί να αποδοθούν στην απομονωμένη γενικά από κυκλοφορία θέση μέτρησης αυτού, στα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής της πόλης και επίσης στον άνεμο που φυσάει προς τη θάλασσα κατά τη διάρκεια της νύχτας και προς την ξηρά, κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Πιο συγκεκριμένα, γύρω από το σταθμό αυτό κυριαρχούν, η Πάρνηθα, η Πεντέλη και ο Ύμηττός με ύψος 1.413μ., 1.107μ. και 1026μ. αντίστοιχα. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της ημέρας και κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ο άνεμος φυσά από τη θάλασσα προς τη στεριά (θαλάσσια αύρα). Έτσι, οι περισσότεροι από τους αέριους ρύπους μεταφέρονται από το κέντρο της πόλης και συσσωρεύονται στα βόρεια προάστια αυτής και κοντά στις πλαγιές των βουνών Πάρνηθα και Πεντέλη. Το αντίθετο συμβαίνει κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου το  $O_3$  και οι πρωτογενείς ρύποι του μεταφέρονται από την απόγεια αύρα στα νότια της Αθήνας και παραμένουν εκεί μέχρι το εόμενο μεσημέρι. Κατά τη διάρκεια αυτών των ωρών, η συγκέντρωση του όζοντος στο κέντρο της πόλης μπορεί να μην είναι υψηλή. Το μεσημέρι, η θαλάσσια αύρα μεταφέρει το  $O_3$  πίσω στην πόλη και φτάνει μέχρι τα προάστια της και τις πλαγιές των βουνών που αναφέρθηκαν. Έτσι οι συγκεντρώσεις του όζοντος στο κέντρο της Αθήνας δεν παραμένουν υψηλές για πολλές ώρες. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, το κέντρο της πόλης μπορεί να έχει πολύ υψηλή συγκέντρωση όζοντος μόνο για μικρές χρονικές περιόδους. Έτσι, οι μέσες συγκεντρώσεις όζοντος ενός μεγάλου αριθμού ημερών, είναι μικρές. Οι χαμηλές μέσες συγκεντρώσεις όζοντος στο κέντρο της Αθήνας, σύμφωνα με τον καθηγητή Γ. Κάλλο (προσωπική επικοινωνία) μπορεί να αποδοθούν και στην καταστροφή αυτού του ρύπου από το  $NO$  ( $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$ ), που εκπέμπεται από τα αυτοκίνητα.

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις όζοντος του σταθμού 1 (Βαρετάδας Αμφιλοχίας) από εκείνες του σταθμού 4 (Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας) κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, μπορούν να αποδοθούν στις γεωργικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια αυτής της εποχής. Συγκεκριμένα, το άζωτο που περιέχεται στα λιπάσματα μπορεί να καταλήξει σε οξειδία του αζώτου, τα οποία μέσω των υπερωδών ακτινο-

βολιών συμβάλλουν στο σχηματισμό του όζοντος.

Όσον αφορά στις υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος του σταθμού 2 (Όσσας), είναι πιθανόν να προέρχονται από πρωτογενείς ρύπους του όζοντος, δηλ. οξειδία του αζώτου στον αέρα. Αυτά τα οξειδία μπορεί να έχουν μεταφερθεί από πηγές ρύπανσης που βρίσκονται στα βόρεια τμήματα του σταθμού. Αυτή η πιθανότητα ενισχύεται από την εύρεση υψηλών συγκεντρώσεων θειικών ιόντων ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) στα κατακρημνίσματα πάνω από το σταθμό.

Από το Σχήμα 1 που αναφέρθηκε, γίνεται επίσης σαφές ότι οι μέσες συγκεντρώσεις σε όλους τους σταθμούς έχουν μια μηνιαία διακύμανση (τεσσάρων εβδομάδων) με τις υψηλότερες και χαμηλότερες τιμές κατά τη διάρκεια των μηνών Αυγούστου και Νοεμβρίου αντίστοιχα. Οι μέσες αυτές τιμές των συγκεντρώσεων όζοντος δίνουν μια σαφή εικόνα για τη διακύμανση αυτού του ρύπου κατά τη διάρκεια του έτους. Ωστόσο, από αυτές τις τιμές, αν και θα ήταν πολύ χρήσιμο, δεν μπορούν να εκτιμηθούν, οι συγκεντρώσεις όζοντος μικρότερων χρονικών περιόδων, οι οποίες είναι κυρίως υπεύθυνες για τις βλάβες των δένδρων. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να εξομαλυνθεί σημαντικά από τον επόμενο χρόνο, όταν οι μετρήσεις θα πραγματοποιούνται μόνο από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο και οι συσσωρευτικοί δειγματολήπτες θα αντικαθίστανται κάθε δύο εβδομάδες.

### 3.2 Συμπτώματα όζοντος στα δασοπονικά και δασικά είδη των πειραματικών επιφανειών επιπέδου II

Τα αποτελέσματα εκτίμησης της βλάβης του όζοντος στα κυριότερα είδη δένδρων ή θάμνων των επιφανειών επιπέδου II, παρουσιάζονται στον Πίνακα II.

**Πίνακας II:** Συνοπτικά αποτελέσματα εκτίμησης συμπτωμάτων όζοντος στα δασοπονικά και δασικά είδη των επιφανειών επιπέδου II.

· Τα περισσότερα από τα περσινά φύλλα είχαν ήδη πέσει

**Table II:** Summary of results on ozone injury assessment of the main tree-species of the Level II plots.

\* most of the C+1 leaves had already fallen

Αριθμός επιφανείας (Επίπεδου II)	Είδος δένδρου	Αριθμός δένδρων που μελετήθηκαν	Αριθμός δένδρων που συλλέχθηκαν		Ποσοστό βελονών με συμπτώματα		Ποσοστό προσβεβλημένης επιφάνειας φύλλων ή βελονών	
			Ενός έτους	Δύο ετών	Ενός έτους	Δύο ετών	Ενός έτους	Δύο ετών
1	<i>Arbutus unedo</i>	2	300	106*	0	0	0	0
1	<i>Quercus ilex</i>	2	300	295	0	0	0	0
1	<i>Phillyrea latifolia</i>	1	150	66	0	0	0	0
2	<i>Quercus frainetto</i>	5	750	-	0	-	0	-
3	<i>Fagus sylvatica</i> ssp. <i>Moesiaca</i>	5	750	-	61	-	12.5	-
4	<i>Abies borisii-regis</i>	5	750	750	23	28	8.5	10.6
5	<i>Pinus halepensis</i>	5	750	750	0	56	0	2.2



Από τα δένδρα ή τους θάμνους της επιφάνειας 1, μόνο το είδος *Arbutus unedo* περιλαμβάνεται στη λίστα των ευαίσθητων στο όζον ειδών στην Ευρώπη. Ωστόσο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, συμπτώματα όζοντος δεν προσδιορίστηκαν στα φύλλα (περσινά ή φετινά) για κανένα από τα δένδρα ή τους θάμνους αυτής της επιφάνειας. Αντίθετα, τα περισσότερα από τα φύλλα αυτών των ειδών και κυρίως αυτά της προηγούμενης χρονιάς, είχαν προσβληθεί από διάφορους άλλους βιοτικούς ή αβιοτικούς παράγοντες.

Ο αριθμός των φύλλων που συλλέχθηκαν και μελετήθηκαν για συμπτώματα όζοντος και κυρίως αυτά της προηγούμενης χρονιάς, ήταν μικρότερος από τον προτεινόμενο στο σχετικό εγχειρίδιο. Αυτό συνέβη εξαιτίας των τριών διαφορετικών φυτικών ειδών που αναπτύσσονται στη συγκεκριμένη επιφάνεια, καθώς και στο γεγονός πως σε κάποια είδη πολλά από τα περσινά φύλλα είχαν ήδη πέσει στο τέλος Ιουλίου, ενώ τα δείγματα συλλέχθηκαν στο τέλος Αυγούστου. Αυτό θα επηρέαζε οπωσδήποτε το ποσοστό των προσβεβλημένων από όζον φύλλων, εφόσον τα είδη αυτά ήταν ευαίσθητα στο συγκεκριμένο ρύπο. Η ιδιομορφία όμως αυτή έκανε επιτακτική την ανάγκη επιλογής του κατάλληλου χρόνου προσδιορισμού συμπτωμάτων όζοντος σε είδη που ρίχνουν τα παλαιά φύλλα το καλοκαίρι.

Συμπτώματα όζοντος δεν παρατηρήθηκαν επίσης ούτε στα φύλλα του είδους *Quercus frainetto* της επιφάνειας 2. Τα φύλλα αυτού του είδους, όπως και εκείνα των ειδών της επιφάνειας 1, είχαν προσβληθεί από άλλους αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες. Επιπλέον επισημαίνεται ότι το είδος *Quercus frainetto* δεν περιλαμβάνεται στη λίστα με τα ευαίσθητα στην προσβολή από όζον είδη στην Ευρώπη.

Τα αποτελέσματα που αναφέρονται στο είδος *Fagus sylvatica* spp. *moesiaca*, ήταν πολύ διαφορετικά αφού, στα περισσότερα φύλλα κάθε δένδρου παρατηρήθηκαν συμπτώματα προσβολής από όζον. Ειδικότερα, συμπτώματα προσβολής από όζον παρατηρήθηκαν στο 61% του συνολικού αριθμού των φύλλων που συλλέχθηκαν από τα πέντε δένδρα και η μέση προσβεβλημένη επιφάνεια των φύλλων ήταν 12,5%. Το ποσοστό αυτό προσδιορίστηκε δια εκτιμήσεως του ποσοστού προσβολής καθενός από τα φύλλα του δείγματος. Το ποσοστό της προσβεβλημένης επιφάνειας των φύλλων διέφερε κατά πολύ και κυμαινόταν από 1 μέχρι σχεδόν 100%. Μερικά από τα φύλλα και κυρίως εκείνα που συλλέχθηκαν από κλαδιά πολύ εκτεθειμένα στο φως, ήταν εντελώς κατεστραμμένα από την προσβολή. Η ποσοτικοποίηση των συμπτωμάτων στα φύλλα έγινε γραφικά επί τόπου στις εγκαταστάσεις των μετεωρολογικών σταθμών και για την ποσοτικοποίηση κάθε φύλλου χρησιμοποιήθηκε χάρακας και διαφανές χιλιοστομετρικό χαρτί.

Συμπτώματα όζοντος παρατηρήθηκαν επίσης και στα δύο κωνοφόρα είδη *Abies borisii-regis* και *Pinus halepensis*, που υπάγον, στην επιφάνεια 4 και στην αναφερόμενα συστάδα γύρω από το Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, αντίστοιχα.

Το ποσοστό των προσβεβλημένων βελονών ηλικίας ενός και δύο ετών στο είδος *Abies borisii-regis* ήταν 23 και 28%, αντίστοιχα και η προσβεβλημένη επιφάνεια αυτών 8,5% και 10,6%. Η αναγνώριση έγινε σύμφωνα με τις εικόνες των προσβεβλημένων από όζον βελονών του είδους *Picea abies* που δίνονται από το εγχειρίδιο του Ομοσπονδιακού Ινστιτούτου της Ελβετίας για τα Δάση (Göthardt-Georg, 2001). Για το λόγο αυτό, παραμένουν ακόμη αρετές επιφυλάξεις σχετικά με την αυθεντικότητα των παρατηρούμενων συμπτωμάτων στην ελάτη και αυτές θα ξεκαθαριστούν κατά τη διάρκεια μελλοντικών δειγματοληψιών καθώς και με την αποστολή χλωρών βελονών σε εξειδικευμένα Ευρωπαϊκά εργαστήρια για μικροσκοπική ανάλυση αυτών.

Τονίζεται ακόμα ότι συμπτώματα όζοντος παρατηρήθηκαν μόνο στις ηλικίες 2 ετών βελόνες του είδους *Pinus halepensis*. Το ποσοστό των προσβεβλημένων βελονών ήταν 56% και της προσβεβλημένης επιφάνειας μόνο 2,2%. Οι περισσότερες βελόνες είχαν μόνο ένα ή δύο χλωρωτικά στίγματα. Τέλος επισημαίνεται πως η δειγματοληψία κλάδων και φύλλων από δασοπονικά και δασικά είδη για τον προσδιορισμό και την ποσοτικοποίηση συμπτωμάτων όζοντος σ' αυτά προτάθηκε για πρώτη φορά από τις 37 χώρες που συμμετέχουν στο πρόγραμμα «Προστασία των δασών από την ατμοσφαιρική ρύπανση» το 2001 (UN/ECE, 2001). Επομένως παρόμοιες εργασίες άλλων ερευνητών μέχρι τη σύνταξη της παρούσας δεν ήταν διαθέσιμες για σύγκριση των αποτελεσμάτων.

### 3.3 Συμπτώματα όζοντος στα κυριότερα φυτικά είδη των Εκτεθειμένων στο Φως Δειγματοληπτικών Επιφανειών (ΕΦΔΕ)

Τα αποτελέσματα συμπτωμάτων όζοντος στα κυριότερα είδη δένδρων και θάμνων των Εκτεθειμένων στο Φως Δειγματοληπτικών Επιφανειών (ΕΦΔΕ) παρουσιάζονται στον Πίνακα III.

**Πίνακας III:** Συμπτώματα όζοντος φυτικών ειδών των Εκτεθειμένων στο Φως Δειγματοληπτικών Επιφανειών (ΕΦΔΕ).

**Table III:** Ozone like symptoms of the tree species of the Light Exposed Sampling Sites (LESS).

*Α/Α	Ημερομηνία εξέτασης φύλλων	Φυτικό είδος	Κωδικός είδους	Το είδος περιλαμβάνεται στη λίστα των ευαίσθητων ειδών	Το είδος συμπτώματα όζοντος (N/O)*	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ (π.χ. σημειώσεις για το κάθε φυτό που παρουσιάζει συμπτώματα όζοντος, βαθμός του συμπτώματος και παρουσία προσβολών από άλλους αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες
1	04/09/2001	<i>Quercus ilex</i>	036 004 004	○	○	Γενικά νγιή φύλλα
	04/09/2001	<i>Arbutus unedo</i>	132 012 001	N	○	Πιθανά συμπτώματα όζοντος. Βλάβη από αβιοτικούς παράγοντες
	04/09/2001	<i>Cercis siliquastrum</i>	081 001 001	○	○	Βλάβη από αβιοτικούς παράγοντες
	04/09/2001	<i>Phillyrea latifolia</i>	139 008 002	○	○	Γενικά νγιή φύλλα
	04/09/2001	<i>Erica arborea</i>	132 001 009	○	○	Γενικά νγιείς βελόνες
	04/09/2001	<i>Cotinus coggygria</i>	094 002 001	○	○	
	04/09/2001	<i>Crataegus monogyna</i>	080 034 014	N	N	Συμπτώματα όζοντος σε δύο άτομα
	04/09/2001	<i>Cistus creticus</i>	112 001 003	○	○	Βλάβη από βιοτικούς παράγοντες
2	07/09/2001	<i>Quercus frainetto</i>	036 004 016	○	○	Βλάβη από αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες
	07/09/2001	<i>Quercus pubescens</i>	036 004 019	○	○	Βλάβη από βιοτικούς παράγοντες
	07/09/2001	<i>Quercus ilex</i>	036 004 004	○	○	Γενικά νγιή φύλλα
	07/09/2001	<i>Fraxinus ornus</i>	139 004 001	N	N	Συμπτώματα όζοντος σε όλα τα άτομα (5% της περιοχής της επιφάνειας)
	07/09/2001	<i>Lonicera sp.</i>	164 006	N	○	
	07/09/2001	<i>Erica arborea</i>	132 001 009	○	○	Γενικά νγιείς βελόνες
	07/09/2001	<i>Phillyrea latifolia</i>	139 008 002	○	○	Γενικά νγιή φύλλα
	07/09/2001	<i>Rubus idaeus</i>	080 009 007	N	N	Συμπτώματα όζοντος σε δύο άτομα
	07/09/2001	<i>Juniperus oxycedrus</i>	028 005 003	○	○	Γενικά νγιείς βελόνες
	07/09/2001	<i>Cistus creticus</i>	112 001 003	○	○	Βλάβη από αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες
3	06/09/2001	<i>Fagus sylvatica ssp. moesiaca</i>	036 001 001	N	N	Συμπτώματα όζοντος σε όλα τα δέντρα (85% της περιοχής της επιφάνειας)
	06/09/2001	<i>Quercus frainetto</i>	036 004 016	○	○	Βλάβη από βιοτικούς παράγοντες
	06/09/2001	<i>Erica arborea</i>	132 001 009	○	○	Γενικά νγιείς βελόνες
	06/09/2001	<i>Quercus ilex</i>	036 004 004	○	○	Γενικά νγιή φύλλα
	06/09/2001	<i>Castanea sativa</i>	036 003 001	○	○	Γενικά νγιή φύλλα
	06/09/2001	<i>Chamaecytisus austriacus</i>	081 013 021	○	○	
	06/09/2001	<i>Pteridium aquilinum</i>	015 001 001	○	○	Βλάβη από βιοτικούς παράγοντες
4	17/10/2001	<i>Abies borisii-regis</i>	026 001 007	○	N	Συμπτώματα όζοντος σε βελόνες ηλικίας ενός έτους
	17/10/2001	<i>Quercus frainetto</i>	036 004 016	○	○	Βλάβη από βιοτικούς παράγοντες
	17/10/2001	<i>Quercus cerris</i>	036 004 008	○	○	Βλάβη από βιοτικούς παράγοντες
	17/10/2001	<i>Castanea sativa</i>	036 003 001	○	○	Βλάβη από αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες
	17/10/2001	<i>Juniperus oxycedrus</i>	028 005 003	○	○	Γενικά νγιείς βελόνες
	17/10/2001	<i>Cytisus triflorus</i>	081 012 003	○	○	
	17/10/2001	<i>Rubus hirtus</i>	080 009 074	N	N	Συμπτώματα όζοντος
	17/10/2001	<i>Cistus creticus</i>	112 001 003	○	○	
	17/10/2001	<i>Dorycnium herbaceum</i>	081 058 004	○	○	
	17/10/2001	<i>Genista sp.</i>	081 016	○	○	
17/10/2001	<i>Hypericum perforatum</i>	109 001 054	○	○		

\* N: Ναι

\* O: Όχι

Από τα δένδρα και τους θάμνους της ΕΦΔΕ 1, συμπτώματα όζοντος προσδιορίστηκαν μόνο στο είδος *Crataegus monogyna*. Επιπλέον, τέτοια συμπτώματα προσδιορίστηκαν στα είδη *Fraxinus ornus* και *Pinus brutia* της ευρύτερης περιοχής, που ωστόσο δεν περιλαμβάνονται στην έκταση της ΕΦΔΕ 1. Γενικά, σε ένα μεγάλο

αριθμό πλατυφύλων ειδών που μελετήθηκαν στην περιοχή, μόνο σε λίγα από αυτά (τρία) προσδιορίστηκαν συμπτώματα όζοντος.

Σχετικά με τα συμπτώματα όζοντος στα δένδρα και στους θάμνους των άλλων ΕΦΔΕ επιφανειών (2, 3 και 4), ο αριθμός των ειδών που παρουσιάζουν συμπτώματα εξακολουθεί να παραμένει χαμηλός. Ειδικότερα, συμπτώματα προσδιορίστηκαν μόνο σε δυο είδη της ΕΦΔΕ 2 (*Fraxinus ornus* και *Rubus idaeus*), σε ένα της ΕΦΔΕ 3 (*Fagus sylvatica ssp. moesiaca*) και σε δυο της ΕΦΔΕ 4 (*Abies borisii-regis* και *Rubus hirtus*). Επιπλέον σημειώνεται, ότι συμπτώματα όζοντος προσδιορίστηκαν σε είδη και θάμνους που αναπτύσσονται στην ευρύτερη περιοχή των ΕΦΔΕ 3 και 4. Αυτά τα είδη ήταν η *Pinus nigra*, η *Rosa canina*, η *Sumbucus nigra* και η *Sorbus umbellata*. Το τελευταίο είδος δεν περιλαμβάνεται στην Ευρωπαϊκή λίστα με τα ευαίσθητα δασικά είδη στην προσβολή από όζον. Για το λόγο αυτό τα συμπτώματά του θα πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά. Επίσης φύλλα από το είδος αυτό πρέπει να συλλεχθούν και να μελετηθούν ξανά. Όσον αφορά τα υπόλοιπα είδη των ΕΦΔΕ που εντοπίστηκαν συμπτώματα όζοντος, υπάγονται όλα στην Ευρωπαϊκή λίστα των ευαίσθητων ειδών στον ρύπο αυτό. Όμως και εδώ η σύγκριση των αποτελεσμάτων με παρόμοιες μελέτες ήταν δύσκολη λόγω μη δημοσίευσης παρόμοιων εργασιών μέχρι το χρόνο σύνταξης της μελέτης.

#### 4. Παρατηρήσεις βελτίωσης ερευνητικού σχεδιασμού

Από την εκτίμηση των συγκεντρώσεων όζοντος επιφάνειας εδάφους με συσσωρευτικούς δειγματολήπτες για περισσότερο από δυο χρόνια, από τις εργασίες υπαίθρου και εργαστηρίου που αφορούσαν την αναγνώριση και ποσοτικοποίηση των συμπτωμάτων αυτού του ρύπου στα κυριότερα δασοπονικά και δασικά είδη της Ελλάδας το καλοκαίρι του 2001, καθώς και από την αξιολόγηση της εμπειρίας πολλών ερευνητών για το συγκεκριμένο θέμα, μπορούν να διατυπωθούν οι παρακάτω παρατηρήσεις:

- Οι συσσωρευτικοί δειγματολήπτες δίνουν πολύ αξιόπιστα αποτελέσματα σχετικά με τις μέσες (εβδομαδιαίες, δεκαπενθήμερες ή μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας) συγκεντρώσεις όζοντος της περιοχής που επίθεται. Το κόστος είναι σχετικά χαμηλό και η συντήρηση των εγκαταστάσεων εύκολη. Μπορούν επίσης να εγκατασταθούν ακόμα και σε πολύ ορεινές περιοχές χωρίς διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια.
- Το “μειονέκτημα” των συσσωρευτικών δειγματοληπτών είναι ότι οι μέσες συγκεντρώσεις όζοντος που λαμβάνονται, δε δίνουν καμία ένδειξη για τη συσσωρευτική έκθεση του ρύπου αυτού πάνω από το όριο των 40nL O<sub>3</sub>/L (ΑΟΤ40 dose) ή άλλες τιμές για μικρότερα χρονικά διαστήματα. Έτσι είναι αναγκαίο να βρεθούν σχέσεις μεταξύ των μέσων συγκεντρώσεων όζοντος που λαμβάνονται από τους συσσωρευτικούς δειγματολήπτες και τα καταγραφικά όργανα της περιοχής που ποσοτικοποιούν τις συγκεντρώσεις για μικρότερα χρονικά διαστήματα.
- Τα συμπτώματα όζοντος εμφανίζονται κυρίως σε φύλλα ή βελόνες δένδρων πολύ εκτεθειμένων στο φως και συνεπώς σε αυτά/ές που αναπτύσσονται στην κορυφή της κόμης. Η συλλογή των φύλλων ή των βελονών είναι πολύ δύσκολη και κυρίως στα είδη *Abies* και *Fagus*. Η συλλογή των κλαδιών με πυροβολισμό δεν είναι ο καλύτερος τρόπος συλλογής, καθώς πολλά κλαδιά αγκιστρώνονται στα χαμηλότερα κλαδιά των δένδρων. Συσσώρευση του μολύβδου από τα φυσίγγια στο έδαφος και κυρίως στην επιφάνεια του, θα πρέπει να αποφεύγεται δια ρυθμίσεως της κατεύθυνσης και της γωνίας του πυροβολισμού. Η αναρρόχιση στα δένδρα και το κόψιμο των κατάλληλων κλαδιών, από προσωπική εμπειρία, φαίνεται να είναι ο καλύτερος τρόπος για τη συλλογή φύλλων από τα ψηλά δένδρα. Για τη συλλογή κλαδιών και φύλλων από τα αειφύλλα πλατύφυλλα (*maquis*), μπορεί να χρησιμοποιηθεί ψαλίδι στερεωμένο σε στέλεχος, το οποίο βοηθά την κοπή τους από την επιφάνεια του εδάφους.
- Τα περισσότερα από τα αειφύλλα πλατύφυλλα (*Arbutus unedo*, *Phillyrea latifolia*, *Quercus ilex*) ρίχνουν πολλά από τα φύλλα ηλικίας δύο ετών (δεύτερης χρονιάς) στα μέσα Ιουλίου. Γι' αυτό οι ημερομηνίες συλλογής των φύλλων από αυτά τα είδη, για αναγνώριση συμπτωμάτων όζοντος, θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη και η συλλογή να γίνεται πριν την πτώση τους. Το ίδιο πρόβλημα υπάρχει και στη συλλογή βελονών από τα είδη *Pinus halepensis*, *Pinus brutia* και *Pinus pinaster*. Αντίθετα το είδος *Pinus nigra*

κρατάει τις βελόνες του για 4-6 χρόνια.

- Επιπλέον, πολλά από τα ποώδη φυτά στις ΕΦΔΕ, “ξηραίνονται” γρήγορα εξαιτίας των Μεσογειακών καιρικών συνθηκών. Έτσι η αναγνώριση και η ποσοτικοποίηση των συμπτωμάτων προσβολής από όζον θα πρέπει να γίνεται νωρίτερα.
- Τα συμπτώματα όζοντος είναι πολύ ορατά στα φρεσκοκομμένα φύλλα και τις αντίστοιχες βελόνες. Έτσι η αναγνώριση και η ποσοτικοποίηση των συμπτωμάτων θα πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα, μετά την κοπή και τη συλλογή των φύλλων και των βελονών. Θα πρέπει επίσης, τα συμπτώματα να φωτογραφίζονται, όσο το δυνατόν γρηγορότερα, ώστε να είναι ευκρινή.
- Τα άτομα που εργάζονται στο ύπαιθρο πρέπει να είναι εφοδιασμένα με αντιπροσωπευτικές και ευκρινείς φωτογραφίες φύλλων και βελονών που παρουσιάζουν συμπτώματα όζοντος. Αυτό κάνει τη δουλειά τους ευκολότερη και πιο αποτελεσματική.
- Όλα τα δένδρα και οι θάμνοι μιας περιοχής είναι αδύνατον να περιλαμβάνονται στην ΕΦΔΕ. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο όλα τα είδη που υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή, να ξεετάζονται για συμπτώματα όζοντος.
- Τα συμπτώματα του όζοντος που αναφέρθηκαν στην εργασία αναγνωρίστηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν κατά τη θερινή περίοδο του 2001. Η αναγνώριση επαναλήφθηκε το θέρος του 2002 (αδημοσίευτα αποτελέσματα). Τα συμπτώματα του 2001 ήταν πολύ εντονότερα σε σύγκριση με αυτά του 2002. Αυτή η διαφορά μπορεί να αποδοθεί στην μεγάλη ηλιοφάνεια, κατά τη διάρκεια του 2001, καθώς τα δύο προηγούμενα έτη (2000, 2001) ήταν πολύ ξηρά. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα χρόνια, το 2002 ήταν πολύ υγρό, βροχερό και με περιορισμένη σχετικά ηλιοφάνεια. (Μπαλούτσος, Γ., 2003. Αδημοσίευτα μετεωρολογικά στοιχεία των σταθμών Βαρετάδας Αμφιλοχίας, Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας και Όσσας Λαρίσης των ετών 2000, 2001 και 2002).

### Effects of ozone concentrations on forest species: Preliminary results

G. Baloutsos<sup>1</sup>, K. Kaoukis<sup>1</sup>, As. Skouteri<sup>1</sup>, G., Karetzos<sup>1</sup> and A. Bourletsikas<sup>1</sup>

#### Abstract

Ozone (O<sub>3</sub>) in the lower layer of the atmosphere (ground-level ozone) is one of the most serious air pollutants that adversely affects forest vegetation. The problem is particularly intensive in the Mediterranean region, because of the meteorological conditions that prevail in the summer period. Researchers have determined ozone concentration in forest vegetation of Greece, mainly in the last decade. The present work is aimed at the extension of the study of this problem, by estimating the concentration of tropospheric ozone in forestlands and identification and quantification of ozone like symptoms on forest species around the country. The concentration of surface ozone was estimated with passive samplers. They were placed in sites representing the evergreen broad-leaved lands of Western Greece, the fir forest of Evrytania, the broad-leaved oak and beech forests of N.E. Ossa, as well as the Aleppo pine stand at Ilissia area in Athens. The mean monthly concentration of the three-year period 2000 – 2002 for the four regions, ranged from (39,5-109,0), (50,8-101,5), (58,9-118,0) and (33,5-98,6) µg/m<sup>3</sup>, respectively. Ozone like symptoms were identified in the following tree and shrub species: *Pinus halepensis*, *Pinus nigra*, *Fagus moesiaca*, *Fraxinus ornus*, *Sambucus nigra*, *Rubus idaeus*, *Crataegus monogyna*, *Sorbus umbellata* and *Rosa canina*.

**Key words:** ground level ozone, ozone passive samplers, forest species, ozone like symptoms

<sup>1</sup> National Agricultural Research Foundation (N.AG.RE.F), Institute of Mediterranean Forest Ecosystems and Technology of Forest Products, Tel. : 210 7793 142, FAX: 210 7784 602, E-mail:mpag@fria.gr

### 5. Βιβλιογραφία

- Bonasoni, P., Evangelisti, F., Stohl, A., Bonafe, U., Cristofanelli, P., Colombo, T., Deserti, M., Calzolari, F., 1999. Background ozone variations at the Mt. Cimone station during the VOTALP project. Sixth Scientific Conference of the International Global Atmospheric Chemistry Project (IGAC), 13-17 September, Bologna, Italy.
- Bussotti, F. and Ferretti, M., 1998: Air pollution, forest condition and forest decline in southern Europe: An overview. *Environmental Pollution* 101: 49-65.
- Davis, D. D. and Skelly, J. M., 1992: Foliar sensitivity of eight eastern hardwood tree species to ozone. *Water, Air and Soil Pollution* 62: 269-277.
- Ferm, M., Lindskog, A., Svanberg, P. and Bostrom, C., 1997. New measurement technique for air pollutants. EDE, pp 4.
- Gimeno, B. S., Inclan, R., Velissariou, D., Pena, J. M. and Davison, A., 1995: Ozone effects on Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) stands in eastern Spain. A field survey. *Agricultural Ecosystems and Environment*.
- Glavas, S., 1999: Surface ozone and NO<sub>x</sub> concentrations at a high altitude Mediterranean site, Greece. *Atmospheric Environment* 33:3813-3820.
- Gónthardt-Georg, M., 2001. *Picea abies* Karst. (<http://www.gva.es/ceam/ICP-forests/cover.htm>).
- Gósten, H., Heinrich, G., Cvitás, T., Klasinc, L., Ruscic, B., Lalas, D. P. and Petrakis, M., 1998: Photochemical formation and transport of ozone in Athens, Greece. *Atmospheric Environment* 22: 1855-1861.
- Heliotis, F., Karadinos, M. and Whiton, J., 1988. Air pollution and the decline of the fir forest in Parnis National Park, near Athens, Greece. *Environmental Pollution* 54:29-40.
- IVL (2000). Instructions for outdoor sampling with diffusive samplers. Swedish Environmental Research Institute Ltd., pp 2.
- Kalabokas, P., Viras, L., Bartzis, J. and Repapis, Ch., 2000a: Mediterranean rural ozone characteristics around the urban area of Athens. *Atmospheric Environment*, 34:5199-5208.
- Kalabokas, P., 2000b: A study of the rural ozone levels around the city of Athens, Greece: In Anagnostopoulos, A., (Ed.) *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Environmental Pollution*, August 28-Sept. 1, 2000, Thessaloniki, Greece.
- Kourtidis, K., Ziomas, I., Zerefos, C., Balis, D., Suppan, P., Vasara, A., Kosmidis, V. and Kentarchos, A., 1996: On the background ozone values in Greece: In Larsen, B., Versino, B. and Angeletti, G., (Eds). *Proceedings 7<sup>th</sup> European Symposium on Physico- Chemical Behaviour of Atmospheric Pollutants: The Oxidizing Capacity of the Troposphere*, EUR 17482 EN., pp. 456-461, Venice, Italy.
- Lalas, D. P., Asimakopoulos, D.N. and Deligiorgi, D. G., 1983: Sea-breeze circulation and photochemical pollution in Athens, Greece. *Atmospheric Environment* 17:1621-1632.
- Millan, M.M., Artinano, B., Alonso, L., Castro, M., Fernandez-Patier, R., Goberna, J., 1992. Mesometeorological cycles of air pollution in the Iberian Peninsula. CEC-DGXII Air Pollution Research Report 44, Contract EV4V-0097E.
- Naveh, Z., Steinberger, E. H., Cahim, S. and Rotmann, A., 1980. Photochemical air pollutants. A threat to Mediterranean coniferous forest and upland ecosystems. *Environmental Conservation* 7:301-309.
- Sanz, M. J. and Galatayud, V., 1997: An example of combined studies: Mesoscale ozone distribution and its effects on forest species (*Pinus halepensis* Mill.). I. Technical Workshop on Ozone Pollution in Southern Europe, Valencia, 1997.
- Skelly, J. M., Innes, J. L., Savage, J. E., Hug, C., Landolt, W. and Bleuler, P., 1998: Investigations of ozone induced injury in forests of southern Switzerland: Field surveys and open top chamber experiments. *Chemosphere* 36: 995-1000.
- Velissariou, D., Davison, A.W., Barnes, J.O., Peirrmann, D.C., Maclean, D.C. and Holevas, C.D., 1992: Effects of air pollution on *Pinus halepensis* (Mill.) pollution levels in Attica, Greece. *Atmospheric Environment* 26A(3): 373-380.
- Velissariou, D. and Skretis, L., 1996: Critical levels exceedances and ozone biomonitoring in the Greek Fir forest (*Abies cephalonica* Loud) at the Parnis Mountain National Park in Attica, Greece. *Environmental Documentation No. 15, Air Critical levels for Ozone -Level II*, Swiss Agency for the Environment, Forest

and Landscape (SAEFL), pp.: 205-208.

Viglas, P., Gogousos, O. and Viras, L., 1998: Ozone measurements in a rural area (Aliartos). Proceedings of the 4<sup>th</sup> Hellenic Conference on Meteorology, Climatology and Physics of the Atmosphere, Vol.3, pp.: 405-411.

UN/ECE (2001). United Nations Economic Commission for Europe. Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (2001). Manual on monitoring of air quality and submanual on assessment of ozone injury on Intensive Monitoring Plots. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forest, Brussels, pp.21.

## Σχέση μεταξύ δείκτη συγκομιδής και άλλων χαρακτηριστικών στο κριθάρι (*Hordeum vulgare* L.)

Κ. Μπλαδενόπουλος<sup>1</sup>, Γ. Μενεξές<sup>2</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε πειράματα που έγιναν στα αγροκτήματα του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και του Ινστιτούτου Σιτηρών Θεσσαλονίκης κατά τις καλλιεργητικές περιόδους 1991/92 και 1992/93, μελετήθηκε η σχέση του δείκτη συγκομιδής με αγροκομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στην απόδοση σε καρπό και στην ποιότητα του κριθαριού. Εξετάστηκαν 17 ποικιλίες κριθαριού διαφορετικής προέλευσης. Εκτιμήθηκαν οι συσχετίσεις μεταξύ του δείκτη συγκομιδής και των υπόλοιπων χαρακτηριστικών και αναπτύχθηκε ένα πρότυπο πολλαπλής ευθύγραμμης συμμεταβολής για τον εν λόγω δείκτη. Η σχέση του δείκτη με την απόδοση ήταν υψηλή ( $r=0,777$ ). Επίσης, το 61 % της συνολικής μεταβλητότητάς του ερμηνεύεται από το πρότυπο της πολλαπλής ευθύγραμμης συμμεταβολής με ανεξάρτητες μεταβλητές τα χαρακτηριστικά εκατολιτρικό βάρος, αριθμός στάχων/m<sup>2</sup>, αριθμός κόκκων/στάχυ, και βάρος 1000 κόκκων, δηλαδή τους συντελεστές της απόδοσης. Το υπόλοιπο 39 % της μεταβλητότητάς του αποδίδεται σε άλλους αστάθμητους ή μη ελεγχόμενους παράγοντες. Ο δείκτης συγκομιδής έδειξε να εξαρτάται κυρίως από τους συντελεστές της απόδοσης και αυτό σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των ποικιλιών αλλά και ως έμμεσο κριτήριο επιλογής.

**Λέξεις κλειδιά:** Κριθάρι, δείκτης συγκομιδής, υπέργεια φυτομάζα, πρότυπο πολλαπλής ευθύγραμμης συμμεταβολής.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο δείκτης συγκομιδής (Harvest index), δηλαδή το ποσοστό του βάρους του καρπού προς το σύνολο της υπέργειας φυτομάζας (Donald, 1962), αποτέλεσε αντικείμενο ευρείας μελέτης τις τελευταίες δεκαετίες. Σύμφωνα με δημοσιευμένα δεδομένα η αύξηση της απόδοσης των νέων ποικιλιών σιτηρών συνδέεται με την αύξηση του δείκτη συγκομιδής (Rosielle και Frey, 1975, Austin κ.ά. 1980, Gymer, 1981, Deckard κ.ά. 1985, Austin, 1993). Οι Wych και Rasmusson (1983) βρήκαν ότι οι σύγχρονες ποικιλίες κριθαριού στις κεντροδυτικές ΗΠΑ είχαν υψηλότερο δείκτη συγκομιδής από ότι οι παλιές χαμηλοαποδοτικές ποικιλίες. Θεωρήθηκε ότι αυτή η αύξηση του στις σύγχρονες ποικιλίες πλησίασε τη μέγιστη τιμή. Σύμφωνα με τους Austin κ.ά. (1980) ο εν λόγω δείκτης στις νέες ποικιλίες σιταριού πλησίασε το 62% το οποίο θεωρείται το θεωρητικό όριο που είναι πολύ δύσκολο να ξεπερασθεί γιατί μειώνεται, πέραν του επιθυμητού, το βάρος της ρίζας των βλαστών και των φύλλων. Το ίδιο φαίνεται να ισχύει και με τη βρώμη (Takeda και Frey, 1985). Ο δείκτης συγκομιδής είναι χαρακτηριστικό που επηρεάζεται από το περιβάλλον και παίρνει υψηλότερες τιμές κάτω από ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης (Sharma κ.ά. 1987). Σε ξηρικές συνθήκες ο δείκτης συγκομιδής στο κριθάρι παρουσιάζει χαμηλή τιμή (33%) (Gregory κ.ά. 1984). Σύμφωνα με τους Singh και Stoskopf (1971) η έμμεση επιλογή με κριτήριο το δείκτη συγκομιδής έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική βελτίωση της απόδοσης σε καρπό στα σιτηρά και αύξηση του δείκτη μπορεί να επιτευχθεί με επιλογή φυτών μικρού ύψους. Ημιάνες σειρές κριθαριού βρέθηκαν να έχουν 14% υψηλότερο δείκτη συγκομιδής σε σχέση με τις κανονικές (Ali κ.ά. 1978). Έχουν γενικώς μικρότερη βιομάζα γεγονός που τα αναδεικνύει πιο "οικονομικά" φυτά, ιδιαίτερα σήμερα, στα πλαίσια της γεωργίας των μειωμένων εισροών όπου επιδιώκεται μικρή βιομάζα και υψηλή απόδοση. Οι βελτιωτές με βάση τον ιδεότυπο του Donald (1968) έστρεψαν τις προσπάθειες για αύξηση της απόδοσης προς δύο κατευθύνσεις: αύξηση της βιομάζας χωρίς μείωση του δείκτη συγκομιδής και σταθερή βιομάζα με αύξηση του δείκτη. Πιο αποτελεσματική υπήρξε στα περισσότερα φυτά μεγάλης καλλιέργειας η δεύτερη κατεύθυνση

<sup>1</sup> ΕΘΙΑΓΕ Ινστιτούτο Σιτηρών Θέρμη, Θεσσαλονίκη

<sup>2</sup> Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής

(Nelson, 1993). Οι Iqbal κ.ά. (1991) αναφέρουν ότι ο δείκτης συγκομιδής είναι πιο αξιόπιστο και χρήσιμο κριτήριο επιλογής από την απόδοση σε καρπό και την απόδοση σε βιομάζα, στο σιτάρι.

Ο δείκτης συγκομιδής εκφράζει την αποτελεσματικότητα του φυτού να αξιοποιεί τα προϊόντα φωτοσύνθεσης και να τα μετατρέπει σε ωφέλιμο προϊόν. Ο δείκτης έφθασε στα όρια του όπως προαναφέρθηκε. Έτσι, για να αλλάξει τιμή, θα μπορούσε να επιδιωχθεί αύξηση της απόδοσης και της βιομάζας, στα πλαίσια της γεωργίας των υψηλών εισροών. Η βιομάζα των νέων ποικιλιών σιτηρών σε σύγκριση με εκείνη των παλαιότερων ποικιλιών δεν άλλαξε σημαντικά (Rosielle και Frey, 1975, Austin κ.ά. 1980, Gymer, 1981, Deckard κ.ά. 1985). Πολλοί ερευνητές (Ekman, 1981, Sharma και Smith, 1986) σε σχετικές εργασίες με σιτηρά διατύπωσαν την άποψη ότι περαιτέρω αύξηση της απόδοσης θα πρέπει να στηριχτεί στην αύξηση της βιομάζας. Τη σημασία της υψηλής βιομάζας στη βελτίωση της απόδοσης σε καρπό αναφέρουν επίσης και άλλοι ερευνητές και προτείνουν τη χρήση της ως έμμεσο κριτήριο επιλογής (Boukkerou και Rasmusson 1990). Ο Hadjichristodoulou (1991), σε μελέτη για τη σχέση δείκτη συγκομιδής και συνολικής βιομάζας σε ξηρικές περιοχές στο κριθάρι, αναφέρει ότι για την αύξηση της απόδοσης ποικιλιών πρέπει να επιδιώκεται υψηλή απόδοση σε ολική βιομάζα δηλαδή σε άχυρο και υψηλή αναλογία σπόρου (δείκτης συγκομιδής) μέσα στην ολική βιομάζα, τόσο με τη γενετική βελτίωση ποικιλιών, όσο και με καλλιεργητικές φροντίδες. Οι Theoulakis κ.ά. (1992) εκτίμησαν ως θετική τη δυνατότητα χρησιμοποίησης της συνολικής βιομάζας ως κριτήριο επιλογής για αύξηση της απόδοσης στις πρώτες γενεές διάσπασης στο κριθάρι. Μεταξύ δείκτη συγκομιδής και απόδοσης σε καρπό στα σιτηρά βρέθηκε υψηλή θετική συσχέτιση (Singh και Stoskopf, 1971, Austin κ.ά. 1980, Hanson κ.ά. 1985, Samarrai κ.ά. 1987). Σύμφωνα με τον Samarrai κ.ά. (1987) ο δείκτης συγκομιδής σχετιζόταν αρνητικά με τη βλαστική περίοδο και τη συνολική περίοδο ανάπτυξης του φυτού, αλλά θετικά με την απόδοση σε καρπό. Αντίθετα, σημαντική ήταν η συσχέτισή του με την περίοδο γεμίσματος του κόκκου, τη βιομάζα και το ύψος του φυτού. Η βιομάζα αντίστοιχα είχε θετική μόνον συσχέτιση με το ύψος του φυτού και την απόδοση σε καρπό. Οι Sairam και Singh (1989) βρήκαν ότι η βιομάζα και ο δείκτης συγκομιδής συσχετίζονται περισσότερο με την απόδοση παρά με άλλα χαρακτηριστικά. Πιο αναλυτικά, παρατήρησαν ότι ο εν λόγω δείκτης είχε θετική συσχέτιση με τον αριθμό κόκκων ανά στάχυ και το μήκος του στάχους, αρνητική με το ύψος του φυτού και καμία συσχέτιση με το βάρος 1000 κόκκων και την περιεκτικότητα του κόκκου σε πρωτεΐνη. Η βιομάζα, αν και δε συσχετίστηκε με το δείκτη συγκομιδής, παρουσίασε παρόμοιες συσχετίσεις με άλλα χαρακτηριστικά, εκτός του ύψους του φυτού, με το οποίο δε συσχετίστηκε, μάλλον λόγω διαφοράς εδαφοκλιματικών συνθηκών.

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν να μελετηθεί η σχέση του δείκτη συγκομιδής με διάφορα χαρακτηριστικά και η διατύπωση στατιστικού γραμμικού προτύπου για δυνατότητα χρησιμοποίησής του για αξιολόγηση ποικιλιών αλλά και ως κριτήριο επιλογής σε βελτιωτικά προγράμματα, στο κριθάρι.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 1. Γενετικό υλικό και συνθήκες πειραματισμού

Τα πειράματα έγιναν στα αγροκτήματα του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και του Ινστιτούτου Σιτηρών για δύο καλλιεργητικές περιόδους (1991/92 και 1992/93). Χρησιμοποιήθηκαν 15 ποικιλίες κριθαριού διαφορετικής προέλευσης με μάρτυρες τις ποικιλίες Georgie και Carina. Η πειραματική διάταξη ήταν οι πλήρεις τυχαιοποιημένες ομάδες με έξι επαναλήψεις. Το μέγεθος του πειραματικού τεμαχίου ήταν επτά γραμμές μήκους 6,0 m με απόσταση μεταξύ γραμμών 0,26 m. Το εμβαδόν ενός πειραματικού τεμαχίου ήταν 10,92 m<sup>2</sup>. Η σπορά των πειραματικών έγινε στις 6 και 15 Δεκεμβρίου, 1991 και 1992, αντίστοιχα. Καλλιεργούμενη πρακτική ήταν η συνιστώμενη από το Ινστιτούτο Σιτηρών για πειράματα αξιολόγησης ποικιλιών.

Καταγράφηκαν παρατηρήσεις για τα χαρακτηριστικά ύψος φυτού στο στάδιο διόγκωσης της ταξιανθίας και στο στάδιο ωρίμανσης, εκατολιτρικό βάρος καρπού, ποσοστό κόκκων με διάμετρο  $\geq 2,5$  mm, απόδοση σε καρπό, υπέργεια βιομάζα, αριθμός στάχων/m<sup>2</sup>, βάρος 1000 κόκκων, αριθμός κόκκων/στάχυ, απόδοση/στάχυ και δείκτη συγκομιδής. Σε κάθε καλλιεργητική περίοδο πάρθηκε ένα δείγμα κατά την ωρίμανση, λίγο πριν το θεριζοαλωνισμό. Η δειγματοληψία σε κάθε πειραματικό τεμάχιο έγινε από τις πέντε εσωτερικές γραμμές. Η κοπή των φυτών έγινε στο επίπεδο του εδάφους. Κάθε δείγμα περιείχε φυτά δύο γραμμών συνολικού μήκους 50 cm (0,26 m<sup>2</sup> επιφάνεια). Τα δείγματα πριν από την έναρξη των μετρήσεων ξηραίνονταν σε φούρνο



(θερμοκρασία 70° C επί τέσσερις ημέρες). Ο θεριζοαλωνισμός έγινε στις πέντε εσωτερικές γραμμές κάθε πειραματικού τεμαχίου του οποίου η ωφέλιμη επιφάνεια ήταν 7,8 m<sup>2</sup>.

## 2. Μετρήσεις και υπολογισμός των χαρακτηριστικών

Το ύψος των φυτών, (μέσο ύψος των φυτών του πειραματικού τεμαχίου) μετρήθηκε δύο φορές σε κάθε καλλιεργητική περίοδο. Η μία μέτρηση (μέσος όρος τριών σημείων του πειραματικού τεμαχίου) έγινε κατά το στάδιο διόγκωσης της ταξιανθίας (10<sup>ο</sup> στάδιο βλάστησης κατά Feeks) για τη μέτρηση της πρώιμης ευρωστίας και η άλλη κατά την ωρίμανση για το τελικό ύψος του φυτού.

Μετά τον αλωνισμό οι σπόροι κάθε πειραματικού τεμαχίου τοποθετήθηκαν σε φούρνο για πλήρη και ομοιόμορφη ξήρανση. Η απόδοση εκφράστηκε σε kg/στρέμμα. Ο αριθμός στάχων και η βιομάζα υπολογίστηκαν από το δείγμα ωρίμανσης με αναγωγή στο m<sup>2</sup>. Από το ίδιο δείγμα μετρήθηκε το βάρος 1000 κόκκων και υπολογίστηκαν ο δείκτης συγκομιδής, η απόδοση/στάχυ και ο αριθμός κόκκων/στάχυ. Για τον υπολογισμό του εκατολιτρικού βάρους χρησιμοποιήθηκε εκατολιτρικός ζυγός χωρητικότητας 0,250 L.

## 3. Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS, έκδοση 11, για Windows. Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (L.S.D.) (Steel and Torrie, 1980) σε επίπεδο σημαντικότητας  $p=0,05$ . Ο προσδιορισμός του γραμμικού προτύπου έγινε με τη μέθοδο της πολλαπλής ευθύγραμμης συμμεταβολής (Multiple Linear Regression) ενώ για την επιλογή των μεταβλητών εφαρμόστηκε η μέθοδος “βήμα προς βήμα” (Stepwise) (Hair κ.ά., 1995). Η μέθοδος αυτή συνδυάζει την “προς τα εμπρός” (Forward) και την “προς τα πίσω” (Backward) μέθοδο επιλογής μεταβλητών (Μπόρα-Σέντα και Μουσιάδης, 1991). Τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν το ύψος φυτού, ο αριθμός στάχων/m<sup>2</sup>, το βάρος 1000 κόκκων, ο αριθμός κόκκων/στάχυ, η βιομάζα, η περίοδος γεμίσματος του κόκκου, η πρωτεΐνη του κόκκου % και το εκατολιτρικό βάρος, με το δείκτη συγκομιδής ως εξαρτημένη μεταβλητή. Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα και των δύο καλλιεργητικών περιόδων ώστε να συμπεριληφθεί στο πρότυπο μεγάλο εύρος παραλλακτικότητας των εδαφοκλιματικών συνθηκών. Τέλος, εξετάστηκε η καταλληλότητα του προτύπου σε ότι αφορά την κανονικότητα της κατανομής των σφαλμάτων, την ύπαρξη ομοσκεδαστικότητας και πολυσυγγραμμικότητας (Ζαχαροπούλου, 1994, Καρακώστας, 1993). Οι αντίστοιχοι έλεγχοι έδειξαν ότι το πρότυπο ήταν στατιστικά αξιόπιστο.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα μετεωρολογικά δεδομένα για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους παρουσιάζονται στον Πίνακα I. Η ξηρασία κατά την κρίσιμη περίοδο του μηνός Απριλίου στην καλλιεργητική περίοδο 1992/93 διαφοροποίησε σημαντικά τα αποτελέσματα.

Ο δείκτης συγκομιδής παρουσίασε μία σημαντική διακύμανση του μέσου όρου από 43,67 σε 31,69 στις καλλιεργητικές περιόδους 1991/92 και 1992/93, αντίστοιχα (Πίνακας II), γεγονός που συμφωνεί με τα δεδομένα των Sharma κ.ά (1987) και Gregory κ.ά (1984) οι οποίοι ανέφεραν ότι ο εν λόγω δείκτης επηρεάζεται από το περιβάλλον και εμφανίζει υψηλότερες τιμές σε εννοϊκές συνθήκες ανάπτυξης. Η βιομάζα παρουσίασε μικρότερη μείωση (83%) από τον δείκτη συγκομιδής (73%).

Οι ποικιλίες Matico S, Beecher και Assala 04, παρουσίασαν το χαμηλότερο δείκτη συγκομιδής (Πίνακας II). Οι μάρτυρες Georgie και Carina είχαν μέσες τιμές. Οι ποικιλίες Oglow και Igrι εκτός του δείκτη συγκομιδής έδωσαν και τις υψηλότερες τιμές για υπέργεια βιομάζα. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι σύγχρονες ποικιλίες κριθαριού πρέπει να έχουν υψηλό δείκτη συγκομιδής, γεγονός που συμφωνεί με δεδομένα των Donald (1962), Ekman (1981), Gymer (1981), Hadjichristodoulou (1991), και Boukkerou και Rasmusson (1990).

Τα δεδομένα της παρούσας εργασίας έδειξαν μία υψηλή θετική σχέση του δείκτη με την απόδοση σε καρπό την πρώτη και τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο  $r=0,520^{**}$  και  $r=0,691^{**}$ , αντίστοιχα, καθώς και στη διετία  $r=0,777^{**}$  (Πίνακας III). Παρόμοια δεδομένα αναφέρουν οι Singh και Stoskopf (1971), Austin κ.ά. (1980), Hanson κ.ά. (1985), Samarrai κ.ά. (1987), και Hadjichristodoulou (1991). Επίσης ο δείκτης συγκομιδής έδειξε να συσχετίζεται περισσότερο με την απόδοση παρά με άλλα χαρακτηριστικά (Πίνακας III) αποτέλεσμα

**Πίνακας I.** Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και βροχοπτώσεις κατά τις καλλιεργητικές περιόδους 1991/92 και 1992/93.

**Table I.** Mean monthly temperatures and rainfall during the growing periods 1991/92 and 1992/93

Έτη	Καλλιεργητική περίοδος		Καλλιεργητική περίοδος	
	1991/1992		1992/1993	
Μήνες	Θερμοκρασία C°	Βροχή mm	Θερμοκρασία C°	Βροχή mm
Νοέμβριος	12,0	34	14,1	34
Δεκέμβριος	2,9	3	8,3	40,0
Ιανουάριος	5,4	5	6,6	23,5
Φεβρουάριος	6,4	9	3,8	11,5
Μάρτιος	9,0	21	7,7	29,5
Απρίλιος	13,6	45	13,6	13,5
Μάιος	18,2	83	18,0	74,5
Ιούνιος	23,9	50	23,2	43

**Πίνακας II.** Μέσες τιμές δείκτη συγκομιδής και υπέρχειας βιομάζας κατά ποικιλία και καλλιεργητική περίοδο στον μέσο όρο διετίας (1991/92 - 1992/93)

**Table II.** Mean values of harvest index and biomass for each variety, at each growing period 1991/92 and 1992/93, and over periods.

Ποικιλίες	Καλλιεργητική περίοδος				Μέσος όρος διετίας	
	1991/92		1992/93		Δείκτης συγκομιδής %	Βιομάζα g
	Δείκτης συγκομιδής %	Βιομάζα g	Δείκτης συγκομιδής %	Βιομάζα g		
Georgie	50,33	1229	28,16	917,7	39,25	1073,35
Carina	44,21	1304	32,26	1092	38,23	1198,00
Igri	45,78	1441	38,38	1152	42,08	1296,50
Plaisant	42,89	1066	30,42	1122,7	36,66	1094,35
Sonjia	34,69	1242	34,30	1153,3	34,87	1197,65
Arma	45,57	1067	37,19	902,7	41,38	984,85
Rihane	47,28	1198	35,72	1042,7	41,50	1120,35
Beecher	41,97	1362	21,33	869,3	32,01	1115,65
Assala 04	43,47	1367	18,08	814,7	30,77	1090,85
CP/Apm	43,73	1137	36,07	1108	39,55	1122,50
WI 2291	45,16	1192	32,91	924	39,03	1058,00
Matico S	32,66	1269	25,08	974,7	29,07	1121,85
Trombillo	42,62	1041	33,35	869,3	37,98	955,15
Γ-016252	44,29	1156	33,62	1168	38,95	1162,00
Oglow	49,62	1382	36,50	1069,3	43,06	1225,65
Zenit	46,23	1412	31,75	1088	38,99	1250,00
Γ-02020	41,95	1043	32,77	1061,3	37,36	1052,15
Μέσος όρος	43,67	1229,8	31,69	1019,4	37,68	1124,6
L.S.D 0,05	7,843	356,52	5,035	203,44	4,646	140,20

που συμφωνεί με τους Sairam και Singh (1989). Τέλος ο δείκτης συγκομιδής παρουσίασε συσχέτιση με την βιομάζα μόνο στην καλλιεργητική περίοδο 1992/93 (μη ευνοϊκή), γεγονός που περιορίζει την εξάρτηση του δείκτη από τη βιομάζα.

**Πίνακας III.** Συσχετίσεις μεταξύ του συντελεστού συγκομιδής και της υπέργειας βιομάζας με άλλα χαρακτηριστικά.

**Table III.** Correlations coefficients among harvest index or shoot biomass and other traits

Χαρακτηριστικά	Καλλιεργητικές περιόδους				M.O.
	1991/92		1992/93		Διετίας
	Δείκτης συγκομιδής	Βιομάζα	Δείκτης συγκομιδής	Βιομάζα	Δείκτης συγκομιδής
Ύψος	-0,359**	0,206*	-0,049	0,225*	-0,455**
Στάχεις/m <sup>2</sup>	0,324**	0,704**	0,526**	0,654**	0,171*
Βάρος 1000 κόκκων	0,106	0,257**	0,222*	-0,076	0,540**
Κόκκοι/στάχυ	0,273**	0,015	0,151	0,195*	0,366**
Απόδοση/στάχυ	0,340**	0,161	0,272**	0,137	0,604**
Βιομάζα	0,050	-	0,432**	-	0,444**
Δείκτης συγκομιδής	-	0,050	-	0,432**	-
Πάχος κόκκου ≥ 2,5mm	-	-	0,115	-0,143	-
Απόδοση σε καρπό	0,520**	0,160	0,691**	0,439**	0,777**
Εκατολιτρικό βάρος	0,183	0,058	0,406**	0,023	0,056
	n=102				n=204

\*, \*\* Στατιστική σημαντικότητα για  $p \leq 0.05$  και  $p \leq 0.01$ , αντίστοιχα.

#### Πρότυπο του δείκτη συγκομιδής

Κατά τον προσδιορισμό του προτύπου πολλαπλής ευθύγραμμης συμμεταβολής με τη μέθοδο “βήμα προς βήμα” (Stepwise) έγινε τελικά επιλογή τεσσάρων από τα οκτώ χαρακτηριστικά. Έτσι η σχέση μεταξύ δείκτη συγκομιδής (Y) και εκατολιτρικού βάρους ( $X_1$ ), στάχων/m<sup>2</sup> ( $X_2$ ), αριθμού κόκκων/στάχυ ( $X_3$ ) και βάρους 1000 κόκκων ( $X_4$ ), δίνεται με βάση τα δεδομένα των δύο καλλιεργητικών περιόδων από το παρακάτω πρότυπο πολλαπλής ευθύγραμμης συμμεταβολής.

$$Y = -39,1 + 0,34X_1 + 0,013X_2 + 0,76X_3 + 0,83X_4$$

Για το εν λόγω πρότυπο ο συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού του προτύπου ήταν  $R^2=0,61$ . Ο σταθερός όρος και οι συντελεστές των μεταβλητών  $X_2$ ,  $X_3$  και  $X_4$  ήταν σημαντικοί σε επίπεδο  $p=0,001$ , ενώ ο συντελεστής του  $X_1$  σε επίπεδο  $p=0,01$ .

Σύμφωνα με τα δεδομένα το 61 % της συνολικής μεταβλητότητας του δείκτη συγκομιδής ερμηνεύεται από το πρότυπο της πολλαπλής ευθύγραμμης συμμεταβολής με ανεξάρτητες μεταβλητές τα χαρακτηριστικά εκατολιτρικό βάρος, στάχεις/m<sup>2</sup>, αριθμός κόκκων/στάχυ και βάρος 1000 κόκκων. Το υπόλοιπο 39 % οφείλεται σε άλλους αστάθμητους ή μη ελεγχόμενους παράγοντες.

Ο Bauer και οι συνεργάτες του (1992) χρησιμοποιώντας παρόμοιο πρότυπο πολλαπλής ευθύγραμμης συμμεταβολής βρήκαν ότι η απόδοση σε καρπό στο κριθάρι εξαρτάται από τον αριθμό στάχων/m<sup>2</sup>, τον αριθμό κόκκων/στάχυ και το βάρος κόκκου με  $R^2=0,92$ \*\*.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο δείκτης συγκομιδής είχε υψηλή συσχέτιση με την απόδοση σε καρπό. Το 61 % της συνολικής μεταβλητότητας του εν λόγω δείκτη εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά εκατολιτρικό βάρος, στάχεις/m<sup>2</sup>, αριθμός κόκκων/στάχυ και βάρος 1000 κόκκων, δηλαδή από το εκατολιτρικό βάρος και τους συντελεστές της απόδοσης. Αυτό το γεγονός πιστοποιεί τη μεγάλη σημασία του δείκτη συγκομιδής στη βελτίωση αλλά και στην αξιολόγηση ποικιλιών κριθαριού.

Ο δείκτης συγκομιδής έδειξε εξάρτηση από την βιομάζα μόνο σε δυσμενείς καλλιεργητικές περιόδους.

Το πρότυπο του δείκτη έχει τοπική σχετική αξία, αν και η μεγάλη ποικιλομορφία των εδαφοκλιματικών συνθηκών και του πειραματικού υλικού στα δύο έτη πειραματισμού μπορούν να του δώσουν κάποια γενικότερη βαρύτητα. Με πειραματισμό σε ευρύτερο χώρο επί σειρά ετών θα είχε μεγαλύτερη διατοπική και διαχρονική αξία, ενδεχομένως με αλλαγή των μεταβλητών και με αυξομειώσεις στους συντελεστές των μεταβλητών.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστούμε την επιμελήτρια πειραμάτων Μ. Στράβα για τη συμβολή της στην διεξαγωγή των πειραματικών.

Επίσης εκφράζονται ευχαριστίες στους καθηγητές Αθανάσιο Γκατζιάνα, και Νικόλαο Φωτιάδη της Γεωπονικής Σχολής του Α.Π.Θ. για τις χρήσιμες υποδείξεις τους σε θέματα φυσιολογίας φυτού και στατιστικής ανάλυσης και ερμηνείας.

Τέλος πρέπει να δοθούν ευχαριστίες στους ανώνυμους κριτές αυτής της εργασίας για τις τόσο εποικοδομητικές τους υποδείξεις.

**Relationship between harvest index and other characteristics in barley (*Hordeum vulgare* L.)**

**K. Bladenopoulos<sup>1</sup>, G. Menexes<sup>2</sup>**

**ABSTRACT**

The relation of harvest index to a number of agronomic and physiological traits that contribute to grain yield and quality in barley was studied in trials carried out during the 1991/92 and 1992/93 growing periods at the farms of the Aristotle University and the Cereal Institute of Thessaloniki. Seventeen barley varieties of different origin were used. Correlations between harvest index and the other traits were culculated as well, as its relation to other variables in a multiple linear regression model. The harvest index showed a high correlation ( $r=0.777$ ,  $p\leq 0.01$ ) with grain yield. It was also found that 61% of the total variability of the harvest index could be explained by independent variables hectoliter weight, number of ears/m<sup>2</sup>, number of grains/ear and grain weight. The remaining 39% is due to other imponderable, or uncontrollable factors. The fact that the harvest index apparently depends mainly on yield components proves its great importance as a breeding criterion.

**Key words:** Barley, harvest Index, shoot biomass, multiple linear regression model.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Ali, M.A.M., S.O. Okiror and D. C. Rasmusson, 1978. Performance of semidwarf barley. *Crop Sci* 18: 418-422.
- Austin, R.B., J. Bingham, R.D. Blackwell, J.T. Evans, M.A. Ford, C.L. Morgan, and M. Taylor, 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci.* 94: 675-690.
- Austin, R.B., 1993. Crop photosynthesis: Can we improve on nature? Printed in International Crop Science I. Crop Science Society of America, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA.
- Bauer A., A.L.Black, A.B.Frank, and E.H.Vasey, 1992. Agronomic characteristics of spring barley in the northern great plains. *Experim. Station Bulletin* No 523.
- Boukkerou, L., and D. Rasmusson, 1990. Breeding for high biomass yield in spring barley. *Crop Sci.* 30: 31-35
- Deckard, E.L., R.H. Busch, and K.D. Kofoid, 1985. Physiological aspects of spring wheat improvement p. 46-54. In 3.E. Harper, et al (ed). *Exploitation of physiological and genetic variability to enhance crop productivity*. American Soc. Plant Physiologists, Rockville, M.D.
- Donald, C.M., 1962. In search of yield. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 28:171-178.
- Donald, C.M., 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 17:385-403.
- Ekman, R., 1981. Biomass component studies in barley, their correlation to some yield characters and estimation of durable effect from 50 years of barley breeding. p. 104-111. In M.J.C. Asher (ed). *Proc. 4<sup>th</sup> Int. Barley Genetics Symp.*, Edinburgh. Scotland. 22-29 July. Edinburgh Press. Edinburgh.
- Ζαχαροπούλου Χ., 1994. Πάλινδρομηση - συσχέτιση, θεωρία και πράξη. *Θεσσαλονίκη*.
- Gregory, P.J., K.F. Shepherd and P.J. Cooper, 1984. Effects of fertilizer in root growth and water use of barley in northern Syria. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 103: 429-438.

<sup>1</sup> NAGREF, Cereal Institute Themi Thessaloniki

<sup>2</sup> University of Macedonia, Department of Applied Informatics

- Gymer, P.T., 1981. The achievements of 100 years and barley breeding p. 112-117. In M.J.S. Asher (ed) Proc. 4<sup>th</sup> Int. Barley Genetics Symp., Edinburgh. Scotland. 22-29 July. Edinburgh Press. Edinburgh.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. and Black, W., (1995): Multivariate data analysis with readings, 4<sup>th</sup> Edition, Prentice-Hall International, INC., USA.
- Hadjichristodoulou A., 1991. The relationship of grain yield with harvest index and total biological yield of barley in drylands. Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture and natural resources. Technical bulletin 126, Nicosia Cyprus, February 1991.
- Hanson, P.C., T.J. Riggs, S.J. Klose, and R.B. Austin, 1985. High biomass genotypes in spring barley. J. of Agricultural Science, Cambridge 105: 73-78.
- Iqbal Singh, S.C. Sharma, G.R. Sharma, 1991. Combining ability for harvest index and its components in bread wheat. Crop Research (Hisar) 4(2): 268-271.
- Καρακώστας, Κ., 1993. Παλινδρομηση και ανάλυση διακύμανσης. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
- Μπόρα-Σέντα Ε. και Χ.Μωυσιάδης, 1991. Εφηρμοσμένη στατιστική. Θεσσαλονίκη.
- Nelson, C.J., 1993. Advances in physiology and molecular biology-discussion. Printed in International Crop Science I. Crop Science Society of America, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA.
- Rosielle, A.A., and K.J. Frey, 1975. Estimation of selection parameters associated with harvest index in oat lines derived from a bulk population. Euphytica 24: 121-131.
- Sairam, R.K. and S.S. Singh, 1989. N-use efficiency, N-assimilation and morphophysiological traits in barley. Rachis 8 (2): 26-28.
- Samarrai, S.M., S.M. Seyam, H.R. Mian. and A.A. Dafie. 1987. Growth periods, harvest index, and grain yield relationships in barley. Rachis 6 (2): 21-24.
- Sharma, R.C., and E.L. Smith, 1986. Selection for high and low harvest index in three winter wheat populations. Crop. Sci. 26: 1147-1150.
- Sharma, R.C., E.L. Smith and R.W. McNew, 1987. Stability of harvest index and grain yield in winter wheat. Crop. Sci. 27: 104-107.
- Singh, I.D., and N.C. Stoskopf, 1971. Harvest index in cereals. Agron. Journal 63: 224-226.
- Steel R., J. Torrie, 1980. Principles and procedures of statistics. A Biometrical approach. 2<sup>nd</sup> Edition. McGraw-Hill, 663p.
- Takeda, K., and K.J. Frey, 1985. Increasing grain yield of oats by independent culling for harvest index and vegetative growth index or unit of straw weight. Euphytica 34: 33-41.
- Theoulakis, N., E. Iconomou and K. Bladenopoulos, 1992. Harvest index as a selection criterion for improving grain yield in segregating population of barley. Rachis Barley and Wheat Newsletter, Vol. 11, No 1/2, 1992, p: 3-6.
- Τσάντας, Ν., Μωϋσιάδης, Χ., Μπαγιάτης, Ν., και Χατζηπαντελής, Θ., 1999. Ανάλυση δεδομένων με τη βοήθεια στατιστικών πακέτων, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
- Wych, R.D., and D.C. Rasmusson, 1983. Genetic improvement in malting barley cultivars since 1920. Crop Sci. 23:1037-1040.

## Αξιολόγηση της καταλληλότητας των υδατικών πόρων του Νομού Πέλλας για αρδευτική χρήση

Αθανάσιος Πανώρας<sup>1</sup>, Γεώργιος Αραμπατζής<sup>1</sup>, Ευάγγελος Χατζηγιαννάκης<sup>1</sup>, Ανδρέας Ηλίας<sup>1</sup>,  
Ανδρέας Παναγόπουλος<sup>1</sup>, Ηλίας Τελόγλου<sup>1</sup>, Θεοδώρα Ματσή<sup>1</sup>, Μαριάνθη Μελίτση<sup>2</sup>, Αντώνιος  
Πρατανόπουλος<sup>3</sup>, Ευάγγελος Πολυζώνης<sup>3</sup>

### Περίληψη

Διερευνήθηκε η καταλληλότητα των υδατικών πόρων του Νομού Πέλλας για αρδευτικούς σκοπούς. Η διερεύνηση αφορούσε νερά 37 πηγών, 94 υδρευτικών γεωτρήσεων, 53 υδατορευμάτων, 37 αρδευτικών γεωτρήσεων και 4 θέσεων του ποταμού Έδεσσαίου. Η ποιοτική κατάταξη των νερών αυτών έγινε με βάση τα κριτήρια τεσσάρων διεθνώς αποδεκτών μεθόδων (U.S.S.L. 1954, Doneen 1954, Christiansen κ.α. 1977, Ayers και Westcot 1985), ενώ για την τελική αξιολόγηση ελήφθησαν υπόψη εκτός από εδαφικούς, κλιματικούς, φυτικούς παράγοντες και ο τρόπος διαχείρισης του νερού στον αγρό. Συμπερασματικά, τα νερά του Νομού Πέλλας είναι κατάλληλα για την άρδευση όλων των καλλιεργειών της περιοχής, με την προϋπόθεση ότι γίνεται σωστή διαχείριση του αρδευτικού νερού στον αγρό. Εξαιρέση αποτελεί το νερό του υδατορεύματος Αρσενίου, που κρίθηκε ακατάλληλο λόγω υψηλής αλατότητας.

**Λέξεις κλειδιά:** Υδατικοί πόροι, ποιότητα αρδευτικού νερού, Νομός Πέλλας

### 1. Εισαγωγή

Η μη ικανοποιητική διαχείριση των υδατικών πόρων και η συνεχώς υποβαθμιζόμενη ποιότητα αυτών αποτελούν μείζονα προβλήματα σε παγκόσμιο επίπεδο, γι' αυτό παρατηρείται μεγάλη κινητικότητα σε ότι αφορά στην ποιοτική και ποσοτική αειφορία των πόρων αυτών (WWF, 2003).

Η αύξηση των απαιτήσεων σε νερό για γεωργικές, αστικές, βιομηχανικές χρήσεις καθώς και για τη διατήρηση των υδροτοπικών αξιών σε συνδυασμό με την ποιοτική υποβάθμιση που υφίστανται οι υδατικοί πόροι από πολλούς χρήστες, έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού και ιδιαίτερα των νερών καλής ποιότητας. Η χρήση νερών υποβαθμισμένης ποιότητας στη γεωργία έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο έδαφος, στα φυτά, στο αρδευτικό σύστημα ακόμη και στον άνθρωπο κάποιες φορές, δημιουργώντας βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα προβλήματα.

Η γνώση της ποιότητας του νερού με το οποίο πρόκειται να αρδεύσει ο γεωργός τις καλλιέργειές του έχει μεγάλη σημασία προκειμένου να γίνει η βέλτιστη δυνατή διαχείριση αυτού. Ακόμη και νερά μη ικανοποιητικής ποιότητας μπορούν με σωστή διαχείριση να χρησιμοποιηθούν από το γεωργό χωρίς να δημιουργηθούν ιδιαίτερα προβλήματα. Αντίθετα, η μη ορθολογική διαχείριση νερών «καλής» ποιότητας μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο έδαφος και στα φυτά.

Η επίδραση της ποιότητας του αρδευτικού νερού στην ενότητα φυτό, έδαφος, αρδευτικό σύστημα εξακολουθεί να απασχολεί την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα αφού η αναγκαιότητα χρήσης υποβαθμισμένων ποιοτικά νερών για αρδευτικούς σκοπούς γίνεται όλο και πιο επιτακτική (Grattan και Rhoades, 1990). Η προβλεπόμενη επίπτωση της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του αρδευτικού νερού στη μείωση της παραγωγής των καλλιεργειών παρουσιάστηκε από τον Maas (1990). Η μεταβολή της διηθητικότητας σε σχέση με την αλατότητα και το SAR του αρδευτικού νερού μελετήθηκε από τους Rhoades (1977), Oster και Schroer (1979). Σε ότι αφορά στις μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στο αρδευτικό νερό οι U.S.E.P.A. (1973), Ayers και Westcot (1985), Page και Chang (1985), Westcot και Ayers (1985) δίνουν τις συνιστώμενες μέγιστες τιμές για συνεχή χρήση.

<sup>1</sup> ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε./ Ινστιτούτο Εργαίων Βελτιώσεων

<sup>2</sup> Α.Τ.Ε.Ι.Θ. / Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας

<sup>3</sup> Ι.Γ.Μ.Ε. Θεσσαλονίκης

Οι Nakayama (1982), English (1985), Meyer (1985), Nakayama και Bucks (1985), Padmakumari και Sivanappan (1985), Παπαγιαννοπούλου κ.α. (1997) μελέτησαν τον κίνδυνο έμφραξης των σταλακτιθρών σε συστήματα άρδευσης με σταγόνες λόγω χημικών ή/και φυτικών παραμέτρων καθώς και αυξημένου βακτηριακού πληθυσμού.

Τις τελευταίες δεκαετίες μεγαλώνει συνεχώς το ενδιαφέρον για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων και των υφάλμυρων νερών για άρδευση των καλλιέργειών. Παρόλο που η πρακτική αυτή έχει βρει μεγάλο πεδίο εφαρμογής, ιδιαίτερα σε περιοχές με ξερό και ημίξηρο κλίμα, η σχετική έρευνα συνεχίζεται με έντονους ρυθμούς (Rhoades 1977, Pettygrove και Asano 1985, WHO 1989, Παπαζαφειρίου και Αντωνόπουλος 1991, Pescod 1992, Rhoades κ.α. 1992, Πανώρας και Ηλίας 1999, Zdragkas κ.α. 2003, Sakellariou-Makrantonaki et al. 2003 και 2004, Ντάνος κ.α. 2004, Πανώρας 2005).

Τέλος, ειδικές πρακτικές διαχείρισης του συστήματος έδαφος-νερό έχουν διατυπωθεί από τους Μισοπολινός (1991), Ayers και Westcot (1985), Oster κ.α.(1992), Hanson κ.α. (1999) με στόχο την αειφορία των εδαφοϋδατικών πόρων.

Σε κάθε περίπτωση η αξιολόγηση της καταλληλότητας των νερών για αρδευτικούς σκοπούς είναι μία πολύπλοκη/πολυπαραμετρική διαδικασία που πρέπει να συσχετίζει τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων με φυτικούς, εδαφικούς, κλιματικούς παράγοντες καθώς και με τον τρόπο διαχείρισης του αρδευτικού νερού (Rhoades 1972, Πανώρας κ.α. 1994, Ayers και Westcot 1985).

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η καταλληλότητα των νερών του Νομού Πέλλας για αρδευτική χρήση, έτσι ώστε οι φορείς διαχείρισης των υδατικών πόρων του Νομού να αξιοποιήσουν κατά το καλύτερο δυνατό τρόπο το δυναμικό αυτό.

Οι πεδινές εκτάσεις του Νομού, που αποτελούνται από την πεδιάδα των Γιαννιτσών, τη λεκάνη Αλμωπίας και τη λεκάνη του Εδεσσαίου ποταμού χρειάζονται για την άρδυσή τους περίπου  $396 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ , από τα οποία  $216 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$  προέρχονται από επιφανειακά νερά και  $179 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$  από αντλήσεις υπόγειων υδάτων μέσω γεωτρήσεων (ΔΕΒ Ν. Πέλλας, 2003).

## 2. Υλικά και μέθοδοι

Η διερεύνηση της καταλληλότητας των υπόγειων και επιφανειακών νερών του Νομού Πέλλας για αρδευτική χρήση, βασίσθηκε στα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων που έγιναν από το Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών (ΓΓΜΕ) (Πρατανόπουλος και Πολυζώνη 2001) και περιελάμβαναν τις εξής παραμέτρους: pH, EC,  $\text{CO}_3^{=}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , Cl<sup>-</sup>,  $\text{SO}_4^{=}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{=}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ , Cd, Ni, Cr, As, Mn, Pb, Fe, Al, B, F, Cu, Zn.

Οι αναλύσεις αυτές έγιναν σε νερά πηγών (37 σημεία), υδρευτικών γεωτρήσεων (94 σημεία), υδατορευμάτων (53 σημεία), αρδευτικών γεωτρήσεων (37 σημεία) και του ποταμού Εδεσσαίου (4 σημεία).

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων υπολογίστηκαν οι παράμετροι: SAR, δείκτης περατότητας, Na%,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , LSI και στη συνέχεια έγινε η ποιοτική κατάταξη των αρδευτικών νερών με τις εξής τέσσερις διεθνώς γνωστές και αποδεκτές μεθόδους: α) U.S.S.L. (1954), β) Doneen (1954), γ) Christiansen κ.α. (1977) και δ) Ayers και Westcot (1985). Η χρησιμοποίηση τεσσάρων μεθόδων κατάταξης υιοθετήθηκε για να διερευνηθεί πληρέστερα η ποιότητα των νερών, αφού είναι γνωστό ότι κάθε μέθοδος εκτός από τις κοινές παραμέτρους, περιέχει και κάποιες που δεν απαντώνται στις υπόλοιπες.

Η ποιοτική κατάταξη των νερών ολοκληρώθηκε με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και με άλλα κριτήρια της διεθνούς βιβλιογραφίας που αφορούν στις επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων για την αποφυγή τοξικών επιδράσεων στα φυτά, τα επιτρεπόμενα όρια διαφόρων παραμέτρων για την αποφυγή εμφραξέων σε συστήματα άρδευσης με σταγόνες και την επιλογή μεθόδων άρδευσης.

Για την εκτίμηση της καταλληλότητας των νερών του Νομού Πέλλας για αρδευτικούς σκοπούς χρησιμοποιήθηκαν οι ποιοτικές κατατάξεις που έγιναν με τις προαναφερθείσες τέσσερις μεθόδους σε συνδυασμό με τις εδαφοκλιματικές παραμέτρους και τη διαχείριση των εδαφοϋδατικών πόρων.

## 3. Αποτελέσματα

Τόσο τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων όσο και οι πίνακες ποιοτικής κατάταξης των νερών με βάση τις τέσσερις μεθόδους δεν παρουσιάζονται στην εργασία αυτή, γιατί καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο

(Πρατανόπουλος και Πολυζώνης 1997). Σημειώνεται ότι το εύρος τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) είναι για τα επιφανειακά νερά από 335 έως 1147  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (εκτός υδατορεύματος Αρσενίου (ΠΠ21), που έχει  $\text{EC}=11250\mu\text{S}/\text{cm}$ ), ενώ για τα υπόγεια νερά είναι από 47 έως 1275  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (εκτός γεώτρησης Αρσενίου (Π38), που έχει  $\text{EC}=3750\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Επίσης το εύρος τιμών των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) είναι για τα επιφανειακά νερά από 0,01 έως 0,77  $\text{me}/\text{l}$  και για τα υπόγεια νερά από 0,01 έως 1,11  $\text{me}/\text{l}$ .

Στους πίνακες I, II, III, IV και V που δίνονται παρακάτω φαίνεται η αξιολόγηση όλων των δειγμάτων νερού για την καταλληλότητα άρδευσης, καθώς και οι προϋποθέσεις χρήσης των νερών αυτών σε σχέση με τη μέθοδο άρδευσης (αυλάκια, λωρίδες, κατάκλυση, καταιονισμό, στάγινη), την μικρή, μέση ή μεγάλη αντοχή των καλλιεργειών στην αλατότητα, την αλαίτηση για στράγγιση (καθόλου, καλή ή άριστη), την αποφυγή υποβάθμισης της εδαφικής περατότητας με ορθολογική διαχείριση του νερού ή όχι και με γύψωση του νερού ή όχι, τη μείωση του κινδύνου έμφραξης των σταλακτήρων και την αποφυγή τοξικής δράσης των ιχνοστοιχείων.

Εκτός από τις παραπάνω βασικές προϋποθέσεις, δίνονται επιπρόσθετες οδηγίες ορθολογικής διαχείρισης των νερών αυτών, προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα στις καλλιέργειες, τα εδάφη και στη λειτουργικότητα ορισμένων αρδευτικών συστημάτων. Οι οδηγίες αυτές κωδικοποιούνται κατάλληλα και αποδίδονται με αλφαβητικά σύμβολα.

#### 4. Συμπεράσματα

Τα νερά του Νομού Πέλλας είναι κατάλληλα για την άρδευση όλων των καλλιεργειών της περιοχής, με την προϋπόθεση ότι γίνεται σωστή διαχείριση του αρδευτικού νερού στον αγρό. Εξαιρέση αποτελούν τα νερά του υδατορεύματος Αρσενίου (ΠΠ21), που κρίθηκαν ακατάλληλα λόγω υψηλής αλατότητας ( $\text{EC}=11250\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Οι ποσότητες των αλάτων που προστίθενται στους αγρούς της περιοχής με τις αρδεύσεις δεν είναι μεγάλες, αφού στο μεγαλύτερο ποσοστό των δειγμάτων νερού η περιεκτικότητα σε άλατα ήταν μέτρια έως χαμηλή. Παρόλα αυτά καλό είναι να γίνεται εκτίμηση της απαιτούμενης ποσότητας νερού για την έκλυση των εδαφών από τα άλατα και να διερευνάται αν η ποσότητα αυτή εξασφαλίζεται με τις ετήσιες βροχοπτώσεις ή απαιτούνται πρόσθετες ποσότητες νερού πέρα αυτών που χρειάζονται για την ικανοποίηση των αναγκών της εξατμισοδιαπνοής.

Οι μέτριες και χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, που χαρακτηρίζουν τα νερά του Νομού Πέλλας, δημιουργούν κίνδυνο μείωσης της διηθητικότητας του εδάφους. Για το λόγο αυτό προτείνεται η αποφυγή μεγάλων δόσεων νερού και η εφαρμογή γύψου ανάλογα με την περίπτωση.

Βασικό σημείο της ορθολογικής διαχείρισης του νερού είναι η αποφυγή καταιονισμού τις μεσημβρινές ώρες, γιατί υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού λευκών σιγμάτων στους καρπούς λόγω της υψηλής συγκέντρωσης διασπαστικών ( $\text{HCO}_3^-$ ) ή δημιουργίας εγκαυμάτων στα φύλλα ευαίσθητων καλλιεργειών λόγω συγκέντρωσης  $\text{Na}^+$  ή  $\text{Cl}^-$ .

Αυτό που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα, είναι ο κίνδυνος έμφραξης των σταλακτήρων λόγω της καθίζησης του ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ), επειδή η πλειονότητα των νερών που εξετάστηκαν χρειάζονται περιοδικό έλεγχο και εφαρμογή οξέος στο σύστημα άρδευσης για την αποφυγή μερικής ή ολικής έμφραξης των σταλακτήρων.

Επίσης, με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων δεν υπάρχουν τοξικότητες από ιχνοστοιχεία, εκτός από την ύπαρξη σε ορισμένες περιοχές καδμίου (Cd), το οποίο έχει την τάση να συσσωρεύεται σε φυτικούς ιστούς και εδάφη, σε συγκεντρώσεις που μπορεί να είναι επιβλαβείς για τους ανθρώπους, μαγγανίου (Mn), το οποίο είναι τοξικό σε διάφορα φυτά αλλά συνήθως στα όξινα εδάφη και φθορίου (F) το οποίο αδρανοποιείται σε ουδέτερα και νατρωμένα εδάφη. Για το λόγο αυτό θα πρέπει στις περιπτώσεις αυτές να γίνονται περιοδικοί έλεγχοι τόσο του εδάφους όσο και του νερού άρδευσης, ώστε να εκτιμάται ο ρυθμός συσώρευσης ιχνοστοιχείων και να σχεδιάζονται οι μελλοντικοί χειρισμοί.

Στην περιοχή της Πέλλας οι κυριότερες πηγές ρύπων προέρχονται από χωματερές και κτηνοτροφικές μονάδες, από ανεξέλεγκτη χρήση φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων, από απόβλητα μεταποιητικών βιομηχανιών αγροτικών προϊόντων και από τα αστικά λύματα. Παρόλα αυτά η ποιοτική κατάσταση είναι σε σχετικά καλό επίπεδο. Είναι όμως σκόπιμο να περιοριστούν όσο το δυνατόν ταχύτερα οι παράγοντες ρύπανσης και να γίνεται ορθολογική χρήση του νερού, για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος δημιουργίας



Πίνακας 1. Εκτίμηση της καταλληλότητας των νερών των πηγών του Νομού Πέλλας για άρδευση

ομά	Τοποθεσία	Όνομασία	Δυνατότητα χρήσιμης ποσότητας του αρδευτικού νερού	Προϋποθέσεις χρήσης του νερού για άρδευση			Καλλιεργείες με ανοχή στην ελαφριά αλκαλιότητα		Συρόγγυση		Αποφυγή υπερβόμβα της ελαφώς περσάστιας Ορθολογική Διαχείριση	Προσθήκη οφέος στην άρδευση με σταγόνες	Κιόνιος από τα γυνο-σταγεία
				Κατακλάση	Αυλικα	Διορτιδες	Καταοίωση	Σταγόνες	Μικρή	Μέση			
1	Ανομή	Π21	Κατάλληλο	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
2	Άγιο Παύλο	Π76	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
3	Άγιο Λοκά	Π106	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
4	Άγροσταία	Π64	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Cd
5	Άθρα	Π66	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Cd
6	Ακρολίμνη	Π40	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
7	Αλωρός	Π57	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Cd
8	(Γρομμή)	Π56	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	Cd
9	Αμπαλιές	Π110	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
10	Ανταστάσιο 1	Π5	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
11	Ανταστάσιο 2	Π3	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
12	Ανύφο	Π12	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
13	Αξές	Π109	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
14	Αρτιάδα	Π97	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
15	Αρτισού	Π113	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
16	Αρτισού	Π37	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
17	Αρτισού	Π38	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
18	Αρτισού	Π9	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
19	Αρχοντικό	Π105	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
20	Αχλωσόγειο	Π118	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
21	Αγιάδος	Π53	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
22	Γολασιές	Π77	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
23	Γωρεπί	Π18	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
24	Γωρεπί Γ8Α	Π131	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
25	Γηπέδο	Π6	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
26	Γυροφόρι	Π30	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
27	Δάφνη	Π75	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
28	Δροσού	Π17	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
29	Δροσού	Π114	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
30	Δροσού	Π19	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
31	Δροσού	Π129	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
32	Εκπατάσιος	Π128	Κατάλληλο	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-

(\* Το + υποδηλώνει την εφαρμογή της συγκεκριμένης προϋπόθεσης \*\* Το - υποδηλώνει τη μη εφαρμογή της συγκεκριμένης προϋπόθεσης \*\*\* στο τέλος των πινάκων δίνεται η ερμηνεία των συμβόλων αυτών)

**Πίνακας II.** Εκτίμηση της καταλληλότητας των νερών των Υδρευτικών Γεωτρήσεων του Νομού Πέλλας για άρδευση

α/α	Τοποθεσία	Όνομασία	Δυναμότητα χημειοανάλυσης νερού	Προσδιοριστές χημικής του νερού για άρδευση						Καλλιεργήσιμες με ελαφρά στην εδαφική υγρασία			Συρόνηση	Απορρόφιση υπερβόμβασης της εδαφικής περιβάλλουσας Ορθολογική Διασφάλιση νερού	Προσθήκη οφέος στην άρδευση με στασιάζ	Κριτικός από στα τιμ-στασιάζ
				Κατα-κλίση	Αυτο-κτα	Αυτο-δρα	Κατα-όνιση	Συερό-ωες	Μικρή	Μέση	Μεγάλη	Καλή				
1	Αναθή	Π121	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
2	Αγία Γεωργίου	Π176	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
3	Αγία Λουκά	Π106	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
4	Αγροσταυ	Π64	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
5	Άβυζα	Π66	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
6	Ανορύμη	Π40	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
7	Αλοός	Π57	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
8	(Γραμμή) Αλοός	Π56	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
9	(Μετόριε)	Π56	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
10	Αιπυλαί	Π110	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
11	Αντακασσασο 1	Π5	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
12	Αντακασσασο 2	Π3	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
13	Ανύλοιο	Π12	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
14	Αζός	Π109	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
15	Αρυσσας	Π197	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
16	Αρυσσας	Π113	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
17	Αρυσσας	Π37	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
18	Αρυσσας	Π38	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
19	Αρυσσας	Π9	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
20	Αρυσσας	Π105	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
21	Αρυσσας	Π118	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
22	Αρυσσας	Π53	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
23	Αρυσσας	Π77	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
24	Αρυσσας	Π118	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
25	Αρυσσας	Π131	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
26	Αρυσσας	Π6	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
27	Αρυσσας	Π30	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
28	Αρυσσας	Π75	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
29	Αρυσσας	Π17	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
30	Αρυσσας	Π114	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
31	Αρυσσας	Π19	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
32	Εξορυσσας	Π129	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
32	Εξορυσσας	Π128	Κατάλληλο	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-





**Πίνακας III.** Εκτίμηση της καταλληλότητας των νερών των Υδατορευμάτων του Νομού Πέλλας για άρδευση

№	Όνομασία	Δυνατότητα χρησιμοποίησης	Προληπτικές δοκιμές που πρέπει να γίνουν						Εκδιέργαστα με αναστή στην εδαφική αλάτιση		Συρόληψη		Απομύκη ταξιδιάρικης της εδαφικής περιστασίας	Ποσοστό οξείας στην όφραση με στεγνή	Τοποθεσία	
			Κορεστικότητα	Ανάλυση κω.	Δοσ. - διεξ.	Κατα-όνηση	Συρό-νες	Μικροί	Μέση	Μεγάλη	Κωδική	Άριστη				
αξ άουαξ ση ση 294 μεα ξξ ξξ ξξ ξξ ξξ	ΠΠ22	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	Αγ. Λουκ.
	ΠΠ68	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2	Αγ. 'Αγ.
	ΠΠ24	Κορεσμένο α,δ,ι,κ	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3	Αφροδίτη
	ΠΠ69	Κορεσμένο α,δ,ι	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4	Αφροδίτη
	ΠΠ22α	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5	Αφροδίτη
	ΠΠ53α	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6	Αφροδίτη
	ΠΠ53	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	7	Αφροδίτη
	ΠΠ54	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	8	Αφροδίτη
	ΠΠ55α	Κορεσμένο α,δ,φ,ι,κ	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9	Αφροδίτη
	ΠΠ19	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10	Αφροδίτη
	ΠΠ20	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	11	Αφροδίτη
	ΠΠ21	Ανορεσμένο														
ξ ξ ξ ξ ξ ξ ξ ξ ξ ξ ξ ξ	ΠΠ25	Κορεσμένο α,δ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	12	Αφροδίτη
	ΠΠ26	Κορεσμένο α,δ,ι,κ	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	13	Αφροδίτη
	ΠΠ27	Κορεσμένο α,δ,ι	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	14	Αφροδίτη
	ΠΠ28	Κορεσμένο α,δ,ι	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	15	Αφροδίτη
	ΠΠ29	Κορεσμένο α,δ,ι	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16	Αφροδίτη
	ΠΠ30	Κορεσμένο α,δ,ι	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	17	Αφροδίτη
	ΠΠ31	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	18	Αφροδίτη
	ΠΠ57	Κορεσμένο α,δ,φ,ι,κ	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	19	Αφροδίτη
	ΠΠ10	Κορεσμένο α,δ,ι	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	20	Αφροδίτη
	ΠΠ11	Κορεσμένο α,δ,ι,κ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	21	Αφροδίτη
	ΠΠ12	Κορεσμένο α,δ,ι	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	22	Αφροδίτη
	ΠΠ58	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	23	Αφροδίτη
ααα ύστη ύστη 1 1 1 1 1 1 1 1 1	ΠΠ55	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	24	Αφροδίτη
	ΠΠ23	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	25	Αφροδίτη
	ΠΠ10	Κορεσμένο α,δ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	26	Αφροδίτη
	ΠΠ5	Κορεσμένο α,δ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	27	Αφροδίτη
	ΠΠ5α	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	28	Αφροδίτη
	ΠΠ6α	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	29	Αφροδίτη
	ΠΠ6β	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	30	Αφροδίτη
	ΠΠ6γ	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	31	Αφροδίτη
	ΠΠ6δ	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	32	Αφροδίτη
	ΠΠ6ε	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	33	Αφροδίτη
	ΠΠ6ζ	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	34	Αφροδίτη
	ΠΠ6η	Κορεσμένο α,δ,φ,ι	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	35	Αφροδίτη

Κατ. Α	Όνομασία	Δυναμότητα Χρησιμοποίησης	Προσπελάσιμα χάρη του νερού γεν.άρδευση					Καλύψεις με σωστή στην εδαφική υγρασία		Συμπίπση		Απογραφή υδατόβιμη της εδαφικής περιεργασίας	Προσεσφαιση στην	Τοποθεσι
			Κατά-εδαφική	Αυλάκια	Λοοί-δεξ	Κατα-όνηση	Σταγόμενες	Μικρή	Μέση	Μεγάλη	Καλή			
J	ΠΠ012	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Λαοάκι
49	ΠΠ013	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Λαοάκι
49	ΠΠ018	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Μαοβέκ
49	ΠΠ050	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Μελάση
49	ΠΠ051	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Μελάση
49	ΠΠ056	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Παλάση
49	ΠΠ077	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Προφ. Η
49	ΠΠ079	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Προφ. Η
49	ΠΠ066	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Προφ. Η
49	ΠΠ014	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό
49	ΠΠ015	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό
49	ΠΠ011	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό
49	ΠΠ062	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό
49	ΠΠ012	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό
49	ΠΠ014	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό
49	ΠΠ016	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό
49	ΠΠ013	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό
49	ΠΠ063	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό
49	ΠΠ017	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό
49	ΠΠ018	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό
49	ΠΠ065	Κεπαλήριο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ραό

προβλημάτων από τη χρήση του στο μέλλον. Τέλος πρέπει να αξιοποιηθούν τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα για αρδευτικούς σκοπούς αντί να χύνονται στους επιφανειακούς αποδέκτες και να τους υποβαθμίζουν ποιοτικά. Τα απόβλητα αυτά πρέπει να αξιολογηθούν με τον τρόπο που αξιολογήθηκε το σύνολο του υδατικού δυναμικού του Νομού Πέλλας, προκειμένου να διερευνηθεί η καταλληλότητα των νερών αυτών για άρδευση.

**Ευχαριστίες**

Οι συγγραφείς ευχαριστούν το επιστημονικό προσωπικό του ΓΓΜΕ κ. Α. Πρατανόπουλο και κα. Ε. Πολυζώνη για τα πρωτογενή δεδομένα που παραχώρησαν στην ερευνητική ομάδα για την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

**Suitability assessment of Pella's prefecture water resources for agricultural use**

**Athanasios Panoras<sup>1</sup>, Georgios Arampatzis<sup>1</sup>, Evangelos Hatzigiannakis<sup>1</sup>, Andreas Ilias<sup>1</sup>, Andreas Panagopoulos<sup>1</sup>, Ilias Teloglou<sup>1</sup>, Theodora Matsi<sup>1</sup>, Marianthi Melitsi<sup>2</sup>, Antonios Pratanopoulos<sup>3</sup>, Evangelos Polizonis<sup>3</sup>**

**Abstract**

The suitability of Pella's Prefecture water resources for irrigation has been evaluated. Water samples originating from 37 springs, 94 domestic water supplies dedicated boreholes, 53 creeks, 37 irrigation boreholes and 4 points along the river Edessa course are considered. The water quality classification has been performed using four internationally accepted criteria systems (U.S.S.L. 1954, Doneen 1954, Christiansen et al. 1977, Ayers and Westcot 1985), while the final water evaluation has been based on soil, climatic, plant parameters and the rational water management in the field. In conclusion, Pella's water resources are suitable for irrigating the main crops of the region provided that a

<sup>1</sup> N.AG.RE.F./ Land Reclamation Institute  
<sup>2</sup> Technological Educational Institute of Thessaloniki, School of Agriculture  
<sup>3</sup> I.G.M.E. Thessaloniki



**Πίνακας V:** Εκτίμηση της καταλληλότητας των νερών του ποταμού Εδεσσαίου στο Νομό Πέλλας για άρδευση

α/α	Τοποθεσία	Όνομαστί	Δυναμότητα χρησιμοποιήσης του αρδευτικού νερού	Μέθοδοι άρδευσης				Προσδόκιμες γρήγοι που νερού για άρδευση									
				Κατα- κλίση	Αυτο- κατ. κατ.	Αλοφ- δες	Κατα- δύση	Σπασ- τες	Μακρή	Μέση	Μεγάλη	Καλή	Άριστη	Αποφυγή υπερβάλλουσας οξέος στην εδαφική περιβάλλοντα	Ορθολογική Γνώση Διασφάλιση νερού	Προσθήκη οξέος στην άρδευση με σταθμούς	Κίνδυνος από τα γνο- στοστάσια
1	Ανόντι	-	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
2	Επισκοπές	-	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
3	Καταρράκτες	-	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
4	Επισκοπές	-	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
	Ρυφάο Τετρουφ	-	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
	Φρύδιμα	-	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
	Ρυφάοιο	-	Κατάλληλο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-

**Επεξήγηση συμβόλων για όλους τους πίνακες:**

- Αν και δεν υπάρχει άμεσος κίνδυνος μείωσης της διηθητικότητας/περατότητας του εδάφους λόγω της χαμηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού ( $EC_w$ ), προτείνεται η αποφυγή μεγάλων δόσεων νερού. Επίσης συνιστάται η εφαρμογή μικρών ποσοτήτων γύψου και η ενσωμάτωση φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος.
- Υπάρχει άμεσος κίνδυνος μείωσης της διηθητικότητας/περατότητας του εδάφους λόγω της χαμηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού ( $EC_w$ ) και πρέπει να αποφεύγονται οι μεγάλες δόσεις νερού. Συνιστάται η εφαρμογή μεγαλύτερων ποσοτήτων γύψου στο χωράφι και η ενσωμάτωση φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος.
- Χρησιάζεται ειδική διαχείριση: α) παρακολούθηση της ανάπτυξης και της απόδοσης των καλλιεργειών β) διενέργεια χημικών αναλύσεων εδάφους-νερού σε τακτές καλλιεργητικές περιόδους γ) επιλογή ανθεκτικών καλλιεργειών δ) συχνά ποτίσματα ε) άριστη στράγγιση στ) εκπτώσεις ζ) ισοπέδωση η) αποφυγή καταώνησης, ιδίως σε ανατάλληλες κλιματικές συνθήκες.
- Υπάρχει κίνδυνος μείωσης της εδαφικής διηθητικότητας/περατότητας λόγω νατρίωσης του εδάφους. Συνιστάται η εφαρμογή κατάλληλων ποσοτήτων γύψου στο χωράφι. Επίσης προτείνεται ο έλεγχος της ανάπτυξης και της απόδοσης των καλλιεργειών καθώς και η χημική ανάλυση εδάφους και νερού σε τακτές καλλιεργητικές περιόδους.
- Υπάρχει άμεσος κίνδυνος μείωσης της εδαφικής διηθητικότητας/περατότητας λόγω νατρίωσης του εδάφους. Συνιστάται η εφαρμογή κατάλληλων ποσοτήτων γύψου στο χωράφι, εκπτώσεις του εδάφους και άριστη στράγγιση. Επίσης προτείνεται ο έλεγχος της ανάπτυξης και της απόδοσης των καλλιεργειών καθώς και η χημική ανάλυση δειγμάτων εδάφους και νερού σε τακτές καλλιεργητικές περιόδους.
- Περιοδικός έλεγχος έμφραξης των σταλακτήρων και εφαρμογή οξέος στο σύστημα όταν χρειάζεται.
- Υπάρχει κίνδυνος να προκληθούν εγκαύματα στα φύλλα ενυδάθτων καλλιεργειών (ιδίως οπωρώνων) λόγω συγκέντρωσης νατρίου (Na), με την εφαρμογή καταώνησης κάτω από συνθήκες χαμηλής υγρασίας του αέρα και υψηλής εξάτμισης. Οι μεγάλες καλλιεργειές είναι περισσότερο ανθεκτικές. Επίσης συνιστάται εφαρμογή γύψου στο χωράφι.
- Υπάρχει κίνδυνος να προκληθούν εγκαύματα στα φύλλα ενυδάθτων καλλιεργειών (ιδίως οπωρώνων) λόγω συγκέντρωσης χλωρίου (Cl), με την εφαρμογή καταώνησης κάτω από συνθήκες χαμηλής υγρασίας του αέρα και υψηλής εξάτμισης. Οι μεγάλες καλλιεργειές είναι περισσότερο ανθεκτικές.
- Υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού λευκών σιγμάτων σε φύλλα και καρπούς από τη συγκέντρωση διαανθρακικών ( $HCO_3$ ) όταν αρδεύουμε οπωρώνες με καταώνηση κατά τη διάρκεια χαμηλής υγρασίας του αέρα και υψηλής εξάτμισης.
- Υπάρχει κίνδυνος τοξικότητας βορίου. Συνιστάται να γίνονται εκπτώσεις για την απομάκρυνση των αλάτων βορίου και να επιλέγονται ανθεκτικές καλλιεργειές.
- Υπάρχει κίνδυνος τοξικότητας στα φυτά και στον άνθρωπο από το ιγνοοχέιο που αναφέρεται στον Πίνακα. Απαιτούνται χημικές αναλύσεις δειγμάτων νερού, εδάφους και φυτικών ιστών σε τακτά χρονικά διαστήματα, ανάμιξη νερού, επιλογή ανθεκτικών καλλιεργειών, έκλυση εδαφών, άριστη στράγγιση.



proper management of the irrigation water is achieved. Non suitable for irrigation is the Arsenio creek water due to high salinity.

**Key words:** Water resources, water quality, Pella's Prefecture

### Βιβλιογραφία

- Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1985. Water quality for agriculture. FAO, Irrigation and Drainage Paper 29(1):99-104, Rev.1.
- Christiansen, J.E., Olsen, E.C. and Willardson, L.S., 1977. Irrigation water quality evaluation. Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, 103(2):155-169.
- Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων Ν. Πέλλας, 2003. Προφορική συνεννόηση.
- Donnen, L.D., 1954. Salinization of soil by salts in the irrigation water. Transaction American Geophysical Union. 35:943-950.
- English, D., 1985. Filtration and water treatment for micro irrigation. Proceedings of the 3rd International Drip/Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California, 1:50-57.
- Grattan, S.R., and Rhoades, J.D., 1990. Irrigation with saline groundwater and drainage water. In: Agricultural Salinity Assessment and Management Manual. K.K. Tanji (ed.), A.S.C.E., New York, 432-449.
- Hanson, B., Grattan, S.R., and Fulton, A., 1999. Agricultural salinity. DANR Publication, UC Davis, USA, 160p.
- Maas, E.V., 1990. Crop salt tolerance. In Agricultural Salinity Assessment and Management Manual. K.K. Tanji (ed.), A.S.C.E., New York, 263-304.
- Meyer, J.L., 1985. Cleaning drip irrigation systems. Proceedings of the 3rd International Drip/Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California, 1:41-44.
- Μισοπολινός, Ν.Δ., 1991. Προβληματικά εδάφη. Μελέτη, προβλήματα, βελτίωση. Έκδοση Γιαχούδη - Γιαπούλη.
- Nakayama, F.S., 1982. Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. Proceedings of Irrigation Association Conference, 21-24 February, Portland, Oregon.
- Nakayama, F.S., and Bucks, D.A., 1985. Drip/trickle irrigation in action: Temperature effect on calcium carbonate precipitate clogging of trickle emitters. Proceedings of Third International Drip/Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California, 1: 45-50.
- Ντάνος, Δ., Παπαδόπουλος, Α., Σουπιάς, Α., Κουτρούμπας, Σπ., Παπαδόπουλος, Α., Μεταξά, Ε., Παρισόπουλος, Γ., Ζδράγκας, Α., Φιλίππου, Ν. και Αναστασιάδης Ε., 2004. Άρδευση ρυζιού με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Αγροτική Έρευνα, (υπό εκτύπωση).
- Oster, J.D., and Schroer, F.W., 1979. Infiltration as influenced by irrigation water quality. Soil Science, 43:444-447.
- Oster, J.D., Singer, M.J., Fulton, A., Richardson, W., and Prichard, T., 1992. Water penetration problems. Prevention, diagnosis and solutions. DANR, UC, 165p.
- Padmakumari, O., and Sivanappan, R.K., 1985. Study on clogging of emitters in drip systems. Proceedings of the Third International Drip/Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California, 1:80-83.
- Page, A.L., and Chang, A.C., 1985. Fate of wastewater constituents in soil and groundwater trace elements. In Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater-A guidance manual. Second Edition, Pettygrove, G.S., and Asano, T. (Eds.), Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, 13.1-13.16.
- Πανώρας, Α.Γ., 2005. Επεξεργασμένα υγρά απόβλητα της αστικής και ανατολικής περιφερειακής ζώνης Θεσσαλονίκης. Διερεύνηση της δυνατότητας διάθεσης στο Θερμαϊκό κόλπο ή/και επαναχρησιμοποίησης για άρδευση καλλιέργειών. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, σ. 186.
- Πανώρας, Α.Γ. και Ηλίας, Α.Κ., 1999. Άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, σ.190.
- Πανώρας, Α.Γ., Μαυρουδής, Ι.Γ. και Βαφειάδης, Π.Π., 1994. Αξιολόγηση της καταλληλότητας τού αρδευτικού νερού για γεωργική χρήση. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, 5(4):22-28.
- Πανώρας, Α.Γ. και Χατζηγιαννάκης, Σ.Λ., 1992. Εκτίμηση της παροχής και της ποιότητας των νερών του παλιροροιακού ποταμού Λουδία. Υδροτεχνικά, Ε.Υ.Ε., 2(1):25-38.

- Papayannopoulou, A., Parissopoulos, G., Panoras, A., Kampeli, S., Papadopoulos, F., Papadopoulos, A., and Plias, A., 1997. Emitter performance in conditions of treated municipal waste water. Paper accepted by the Second International Conference entitled 'Advanced Wastewater Treatment, Recycling and Reuse - AWT98', Italy.
- Παπαζαφειρίου, Ζ. και Αντωνόπουλος, Β., 1991. Υδραυλική περιβάλλοντος. Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωπονίας, Έκδοση Υπηρεσίας Δημοσιευμάτων.
- Pescod, M.B., 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 47.
- Pettygrove, G.S., and Asano, T. (Eds.), 1985. Irrigation with reclaimed municipal wastewater-A guidance manual. Second Edition, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI, 1.1-15.17.
- Πρασανόπουλος, Α., και Πολυζώνη, Ε., 1997. Μελέτη ποιοτικής κατάστασης επιφανειακών - υπόγειων νερών, εδαφών Ν. Πέλλας. Ι.Γ.Μ.Ε., Περιφερειακή Μονάδα Κ. Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2001, σ.52.
- Rhoades, J.D., 1972. Quality of water for irrigation. *Soil Science*, 113(4):277-284.
- Rhoades, J.D., 1977. Potential for using saline Agricultural drainage for irrigation. *Proceedings of Water Management for Irrigation and Drainage*, A.S.C.E., Reno, Nevada, July, 177:85-116.
- Rhoades, J.D., Kandiah, A., and Mashali, A.M., 1992. F.A.O., 1992. The use of saline waters for crop production. F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 48, Rome.
- Sakellariou-Makrantonaki, M., Tentas, I., Koliou, A., Kalfoutzos, D., and Vyrlas, P., 2003. Irrigation of ornamental shrubs with treated municipal wastewater. *Proceedings of 8<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology (CEST)*, September 8-11, Lemnos, Greece, Vol. B, pp. 707-714.
- Sakellariou-Makrantonaki, M., Tentas, I., Koliou, A., Kalfoutzos, D., and Vyrlas, P., 2004. Landscape irrigation with treated municipal wastewater. *E-Proceedings of the International Conference on Protection and Restoration of the Environment VII*, June 28 – July 1, Mykonos, Greece.
- U.S.E.P.A., 1973. Water quality criteria. *Ecological Research Series*, E.P.A. R3-73-033, U.S.E.P.A., Washington D.C.
- U.S.S.L. Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *U.S.D.A. Handbook 60*, Washington D.C., 69-82.
- W.H.O., 1989. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. *W.H.O. Technical Report Series No 778*.
- Westcot, D.W., and Ayers, R.S., 1985. Irrigation water criteria. In *Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater - A guidance manual*. Second Edition, Pettygrove, G.S., and Asano, T. (Eds.), Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI.
- WWF, 2003. WWF's water and wetland index. *Critical issues in water policy across Europe*, 57p.
- Zdragkas, A., Zalidis, G.C., Takavakoglou, V., Katsavouni, S., Anastasiadis, E.T., Eskridge, K., Panoras, A., 2002. The effect of environmental conditions on the ability of a constructed wetland to disinfect municipal wastewaters. *Environmental Management*, 29 (4)Q510-515.

## Επιπτώσεις της σκόνης ξύλου στην υγεία των εργαζομένων σε βιομηχανίες ξύλου - επίπλου

Γ. Μαντάνης<sup>1</sup>, Γ. Νταλός<sup>1</sup> και Γ. Αναστάσης<sup>1</sup>

### Περίληψη

Στη συνθετική αυτή εργασία παρουσιάζονται και συζητούνται οι σπουδαιότερες επιπτώσεις που έχει η σκόνη του ξύλου στην υγεία των εργαζομένων στις βιομηχανίες ξύλου και επίπλου. Οι επιπτώσεις αυτές στην υγεία των εργαζομένων είναι αποδεδειγμένα αρνητικές και είναι δυνατόν να σχετίζονται με τοξικότητα, μη αλλεργικά αναπνευστικά προβλήματα, προβλήματα ρινικών κοιλοτήτων εκτός καρκίνου, ρινικούς ή άλλους τύπους καρκίνου και ίνωση πνευμόνων.

Παρέχονται ακόμα πληροφορίες που αφορούν τα επιτρεπτά όρια έκθεσης του ανθρώπου σε σκόνη ξύλου και προτείνονται απαραίτητα μέτρα πρόληψης και προφύλαξης, που πρέπει να λαμβάνονται.

**Λέξεις κλειδιά:** Σκόνη ξύλου, βιομηχανίες ξύλου – επίπλου.

### Εισαγωγή

Στις βιομηχανίες ξύλου η πλειοψηφία των εργασιών περιλαμβάνει την αποφλοιώση, τον τεμαχισμό, τη λείανση, την τόνρευση, το τρύπημα, την κοπή ξυλοφύλλων, τη δημιουργία ξυλοτεμαχιδίων σε σπαστήρες, το φρεζάρισμα και τη μηχανική αποϊνώση. Από την κοπή του δέντρου στο δάσος και στη συνέχεια σε όλες τις διαδικασίες επεξεργασίας, οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε σκόνη από ξύλο με μόρια διαφορετικού μεγέθους, συγκέντρωσης και σύνθεσης. Πόσοι όμως γνωρίζουν τις συνέπειες που μπορεί να προκαλέσει αυτή η έκθεση;

Η διεθνής επιτροπή αντικαρκινικού αγώνα (IARC) έχει κατατάξει την σκόνη ξύλου ως καρκινογόνο ουσία για τον άνθρωπο (IARC 1995). Αποτελέσματα από επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι εργαζόμενοι που εκτίθενται σε σκόνη από ξύλο αντιμετωπίζουν αυξημένο κίνδυνο και συχνά συμπτώματα άσθματος (Shamssain 1992) και χρόνιας βρογχίτιδας (Ahman κ. α. 1996), καθώς και διαταραχή της αναπνευστικής λειτουργίας.

### Επιπτώσεις της σκόνης ξύλου στην υγεία του ανθρώπου

Όπως γνωρίζουμε, το ξύλο διαχωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, σε ξύλο πλατυφύλλων και ξύλο κωνοφόρων. Σύμφωνα με τους κανονισμούς του *Οργανισμού Ελέγχου Επικίνδυνων Ουσιών για τον Άνθρωπο* (COSHH 1999) τόσο για τη σκόνη που προέρχεται από ξύλο πλατυφύλλων, όσο και για τη σκόνη ξύλου κωνοφόρων, έχει οριστεί ως μέγιστη επιτρεπτή έκθεση για τον άνθρωπο το όριο των 5 mg/m<sup>3</sup> συνολικής εισπνεύσιμης σκόνης για χρονικό διάστημα 8 ωρών. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να μειωθεί η έκθεση των εργαζομένων σε σκόνη, όσο αυτό είναι εφικτό, ώστε ο χρόνος έκθεσης να μην υπερβαίνει την ευαισθησία του χρήστη στο ξύλο (5 mg/m<sup>3</sup>). Οι επιπτώσεις των διαφόρων ειδών ξύλου παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίν. I. Οι επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου από τη σκόνη ξύλου μπορούν να συνοψιστούν στις ακόλουθες πέντε (5) κατηγορίες:

- Τοξικότητα
- Μη αλλεργικά αναπνευστικά προβλήματα
- Προβλήματα ρινικών κοιλοτήτων εκτός καρκίνου
- Ρινικοί και άλλοι τύποι καρκίνου
- Ίνωση πνευμόνων

<sup>1</sup> Τμήμα Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου – Επίπλου, Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Παράρτημα Καρδίτσας, Τέγμα Μανρο-μαχάλη, Τ.Κ. 43100, Καρδίτσα, τηλ.: 24410 28499, fax: 24410 28299

**ΠΙΝΑΚΑΣ I:** Αλλεργικά συμπτώματα από τη σκόνη διαφόρων ειδών ξύλου  
**TABLE I:** Allergic symptoms caused by wood dust of various species

<i>Είδος ξύλου</i>	<i>Αλλεργικά συμπτώματα</i>	<i>Είδος ξύλου</i>	<i>Αλλεργικά συμπτώματα</i>
<b>Κόκκινος κέδρος</b> ( <i>Thuja plicata</i> )	Άσθμα, ρινίτιδα, δερματίτιδα, ερεθισμός βλεννογόνου	<b>Πεύκο</b> ( <i>Pinus sp.</i> )	Ερεθισμός δέρματος (μπορεί να προκληθεί φωτοευαισθησία), μείωση πνευμονικής λειτουργίας
<b>Κέδρος Λιβάνου</b> ( <i>Cedrus libanii</i> )	Πνευμονικές διαταραχές, ρινίτιδα	<b>Σφενδάμι</b> ( <i>Acer sp.</i> )	Μείωση πνευμονικής λειτουργίας
<b>Κλήθρα</b> ( <i>Alnus glutinosa</i> )	Δερματίτιδα, ρινίτιδα, πνευμονικά προβλήματα	<b>Iroko</b> ( <i>Chlorophora excelsa</i> )	Άσθμα, δερματίτιδα, ερυθρά εξανθήματα, φαγούρα, έκζεμα στο πρόσωπο, έντονη καταρροή στη μύτη, πονοκέφαλοι, φαρυγγίτιδα, ξερόβηχας, δύσπνοια
<b>Φράξος</b> ( <i>Fraxinus sp.</i> )	Μείωση λειτουργίας πνευμόνων	<b>Μαόνι</b> ( <i>Swietenia macrophylla</i> )	Δερματίτιδα, αναπνευστικές διαταραχές, ερεθισμός βλεννογόνου
<b>Οξιά</b> ( <i>Fagus sylvatica</i> )	Δερματίτιδα, μείωση λειτουργίας πνευμόνων, ενόχληση στα μάτια	<b>Makore</b> ( <i>Dumoria heckelii</i> )	Δερματίτιδα, ερεθισμός βλεννογόνου, πνευμονικές διαταραχές, προβλήματα νευρικού συστήματος και κυκλοφορικού συστήματος
<b>Σημύδα</b> ( <i>Betula sp.</i> )	Δερματίτιδα	<b>Meranti</b> ( <i>Shorea sp.</i> )	Ερεθισμός δέρματος
<b>Καστανιά</b> ( <i>Castanea sativa</i> )	Δερματίτιδα	<b>Teak</b> ( <i>Tectona grandis</i> )	Δερματίτιδα (ισχυρή ακόμα και μετά από χρόνο), ερυθρά εξανθήματα, πνευμονικές διαταραχές
<b>Ελάτη</b> ( <i>Abies sp.</i> )	Δερματίτιδα, ρινίτιδα, πνευμονικά προβλήματα	<b>Afromosia</b> ( <i>Pericopsis elata</i> )	Ερεθισμός δέρματος, προβλήματα νευρικού συστήματος
<b>Τσούγκα</b> ( <i>Tsuga sp.</i> )	Πνευμονικά προβλήματα, ρινίτιδα	<b>Mansonía</b> ( <i>Mansonía altissima</i> )	Ευαισθησία δέρματος, ερεθισμοί, πνευμονικές διαταραχές, αιμάτωμα μύτης, πονοκέφαλοι, καρδιακές διαταραχές
<b>Καρυδιά</b> ( <i>Juglans regia</i> )	Φτάρνισμα, ρινίτιδα, δερματίτιδα	<b>Καρυδιά Αμερικής</b> ( <i>Juglans nigra</i> )	Ρινική καταρροή, βήχας, άσθμα, δύσπνοια
<b>Ερυθρελάτη</b> ( <i>Picea sp.</i> )	Πνευμονικές διαταραχές, πιθανή φωτοευαισθησία	<b>Μαόνι Αφρικής</b> ( <i>Khaya ivorensis</i> )	Δερματίτιδα, πρήξιμο στα μάτια
<b>Λεύκη</b> ( <i>Populus sp.</i> )	Φτάρνισμα, ερεθισμός οφθαλμών, μπορεί να προκαλέσει φουσκάλες στο δέρμα	<b>Abura</b> ( <i>Mitragyna ciliata</i> )	Πρόκληση εμετού
<b>Δρυς</b> ( <i>Quercus sp.</i> )	Άσθμα, φτάρνισμα, ερεθισμός οφθαλμών	<b>Okoume</b> ( <i>Aucoumea sp.</i> )	Άσθμα, βήχας, ενόχληση οφθαλμών, δερματικές παθήσεις

### 1. Τοξικότητα

Η τοξικότητα της σκόνης από διάφορα είδη ξύλου και οι ερεθισμοί που προκαλεί τόσο στο δέρμα, όσο και στο αναπνευστικό σύστημα έχουν μελετηθεί και καταγραφεί εκτενώς (Senear 1933, Bolza 1976, Woods και Calnan 1976, Hausen 1981, ILO 1983, Goldsmith και Shy 1988, HSE 1995, Alwis 1998). Τα εκχυλίσματα, όπως π.χ. τα αλκαλοειδή, σαπωνοειδή, φαινολικά, στυλβένια, τερπένια, που βρίσκονται κυρίως στο εγκάρδιο ξύλο ευθύνονται για τις τοξικές και ερεθιστικές επιδράσεις στον άνθρωπο. Ο φλοιός και το σομφό ξύλο μπορεί να περιέχουν επίσης τα παραπάνω εκχυλίσματα σε διαφορετικές όμως συγκεντρώσεις (Woods και Calnan 1976). Η δερματίτιδα προκαλείται κυρίως από τα εκχυλίσματα του εγκάρδιου ξύλου των τροπικών ειδών (Senear 1933). Οι τοξικές επιδράσεις που συνδέονται με τη σκόνη του ξύλου περιλαμβάνουν ερεθισμό του δέρματος, αλλεργική δερματίτιδα, αλλεργικά αναπνευστικά συμπτώματα, προβλήματα ρινός και οφθαλμών και πληγές από ακίδες (HSE 1995). Οι πληγές από ακίδες αργούν να θεραπευτούν και συχνά γίνονται σηπτικές. Η επιπλοκή αυτή μπορεί να οφείλεται και σε δευτερογενείς επιμολύνσεις από μύκητες και βακτήρια, που εγκαθίστανται σε βαθύτερες στοιβάδες του δέρματος.

### 2. Μη αλλεργικά αναπνευστικά προβλήματα

Η έκθεση σε σκόνη από ξύλο μπορεί να προκαλέσει χρόνια πνευμονικά προβλήματα (Enarson και Chan-Yeung 1990). Διάφορες μελέτες έχουν αποδείξει τη διαταραχή της πνευμονικής λειτουργίας εξαιτίας της έκθεσης σε σκόνη ξύλου, καθώς και σε ρύπους από κοπτικά μηχανοκίνητα εργαλεία (Al Zuhair κ.α. 1981, Whitehead κ.α. 1981, Hedentierma κ.α. 1983, Holness κ.α. 1985, Carosso κ.α. 1987, Goldsmith και Shy 1988, Rastogi κ.α. 1989, Shamssain 1992, Dalqvist κ.α. 1994, Liou κ.α. 1996, Dalqvist κ.α. 1996). Τα πιο κοινά συμπτώματα που αναφέρθηκαν από εργαζόμενους σε βιομηχανίες κατεργασίας ξύλου είναι αναπνευστικά, ρινικά και οφθαλμολογικά (Holness κ.α. 1985, Li κ.α. 1990, Pisaniello κ.α. 1991, Shamssain 1992, Liou κ.α. 1996). Η χρόνια βρογχίτιδα για τους εργαζόμενους σε τέτοιες βιομηχανίες εμφανίζεται πιο συχνά σε καπνιστές σε σχέση με μη καπνιστές. Άλλη σχετική μελέτη έδειξε ότι το 33% των καπνιστών και μόλις το 17% των μη καπνιστών πάσχουν από χρόνια βρογχίτιδα (Li κ.α. 1990). Μελέτη στην Αυστραλία αναφέρει ότι σε εργαζόμενους σε βιομηχανίες ξύλου, το 51% είχε απόφραξη ρινικών κοιλοτήτων (συμφόρηση), το 45% υπερβολική ρινική έκκριση, το 41% παρουσίαζε φτάρνισμα και το 35% ερεθισμό στα μάτια (Pisaniello κ.α. 1991). Περισσότερα ρινικά συμπτώματα έχουν αναφερθεί σε απασχολούμενους με κατεργασία ξύλου πλατυφύλλων. Άλλα συμπτώματα που έχουν καταγραφεί είναι βήχας, απόχρεμψη, καθώς και συμπτώματα βρογχικού άσθματος και ρινίτιδας.

### 3. Προβλήματα ρινικών κοιλοτήτων εκτός καρκίνου

Χρόνια έκθεση σε σκόνη ξύλου μπορεί να προκαλέσει εξασθένηση της λειτουργίας εκκαθάρισης του ρινικού βλεννογόνου σε εργαζόμενους βιομηχανιών ξύλου. Έρευνα σε σουηδική βιομηχανία παραγωγής επίπλων έδειξε ότι το 20% των εργαζομένων έπασχαν από ρινική υπερέκκριση, το 40% από ρινική παρεμπόδιση, το 54% από εξασθενημένη ρινική εκκαθάριση (Wilhelmsson και Drettner 1984). Προβλήματα στο βλεννογόνο της μύτης ανάμεσα σε εργάτες κατεργασίας ξύλου, εκτιθέμενους σε σκόνη ξύλου συγκέντρωσης ακόμη και χαμηλότερης των  $2 \text{ mg/m}^3$  (όριο έκθεσης) έχουν καταγραφεί στη Σουηδία (Ahman κ.α. 1996). Από αυτούς το 55% παρουσίαζε απόφραξη ρινικής κοιλότητας, το 27% ρινική καταρροή, το 39% φτάρνισμα και το 22% ρινορραγίες και απώλεια της αίσθησης της όσφρησης.

Η συγκέντρωση της σκόνης ευθύνεται για τα προβλήματα στη μεμβράνη του ρινικού βλεννογόνου. Συγκριμένα, σε συγκέντρωση  $25,5 \text{ mg/m}^3$ , το 63% των εργαζομένων παρουσίασαν προβλήματα, ενώ σε συγκέντρωση  $2,2 \text{ mg/m}^3$ , μόνο το 11% παρουσίασε προβλήματα (Andersen κ.α. 1977).

### 4. Ρινικοί και άλλοι τύποι καρκίνου

Ο ρινικός καρκίνος είναι το σημαντικότερο πρόβλημα που συνδέεται με την κατεργασία ξύλου, ειδικότερα μάλισα ξύλου πλατυφύλλων (Acheson κ.α. 1981). Η έκθεση σε σκόνη ξύλου πλατυφύλλων έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί αδενοκαρκίνωμα (Acheson κ.α. 1981), ενώ η έκθεση σε σκόνη ξύλου κωνοφόρων αυξάνει τον κίνδυνο πρόκλησης καρκίνου ρινικών κοιλοτήτων και ρινοφαρυγγικού καρκίνου (Voss κ.α. 1985, Vaughan και Davis 1991). Σύμφωνα με μία αναφορά, ο λανθάνων χρόνος (χρόνος επώασης) για την εμφάνιση ρινικού

καρκίνου εκτιμάται σε 41 έτη (Andersen κ.α. 1977).

Έρευνες έχουν δείξει ότι ο ρινικός καρκίνος μπορεί να προληφθεί, αν η έκθεση σε συγκέντρωση σκόνης  $5 \text{ mg/m}^3$  δεν ξεπερνά τις 8 ώρες κατά μέσο όρο (Blot κ.α. 1997). Ποικίλοι τύποι καρκίνου, ωστόσο, έχουν καταγραφεί, όπως π.χ. νόσος Hodgkin's (Milham και Hesser 1967), μη Hodgkin's λέμφωμα και λευχαιμία (Miller κ.α. 1989), καρκίνος πνευμόνων, καρκίνος ήπατος, καρκίνος χειλέων (Kawachi κ.α. 1989), καρκίνος στομάχου, καρκίνος μαστού σε άρρενες, κακώθης μεσοθλήωμα (Robinson κ.α. 1996), καρκίνος δέρματος, στόματος και φάρυγγα (Jarrinen κ.α. 1989). Έχει καταγραφεί, επίσης, ότι η χρόνια παραμονή της σκόνης ξύλου στη ρινική κοιλότητα μπορεί να δημιουργήσει ρινικό αδενοκαρκίνωμα (Andersen κ.α. 1977).

Μερικές από τις παραπάνω μελέτες αναφέρουν ότι στους παράγοντες κινδύνου συμπεριλαμβάνονται η σκόνη ξύλου, τα τερπένια, οι οργανικοί διαλύτες, τα χημικά συντηρητικά και τα μυκητοκτόνα, που χρησιμοποιούνται ευρέως κατά την επεξεργασία του ξύλου. Έρευνα στη Σουηδία αναφέρει ότι υπάρχει αυξημένος κίνδυνος για καρκίνο πνευμόνων και κακώθης μεσοθλήωμα ακόμα και για εργαζομένους σε βιομηχανίες παραγωγής χαρτιού (Toxen κ.α. 1996).

### 5. Ίνωση πνευμόνων

Η εισπνεόμενη σκόνη ξύλου μπορεί να προκαλέσει ίνωση πνευμόνων (Michaels 1967). Αποτελέσματα από μελέτες σε πειραματόζωα απέδειξαν ότι η σκόνη ξύλου έχει ινωγενετική επίδραση στους πνεύμονες (Yuan κ.α. 1990). Έρευνα στη Μ. Βρετανία δίνει στοιχεία πρόκλησης κρυπτογενούς ινώδους κυψελίτιδας ανάμεσα σε εργαζόμενους που έρχονται σε επαφή με σκόνη από ξύλο ή μέταλλο (Hubbard κ.α. 1996). Η κρυπτογενής ινώδης κυψελίτιδα χαρακτηρίζεται από δύσπνοια, ξηρό βήχα και περιοριστικού τύπου διαταραχή της λειτουργίας των πνευμόνων.

### Επιτρεπτά όρια έκθεσης στη σκόνη ξύλου

Σε αρκετές χώρες του κόσμου έχουν θεσπιστεί ανώτερα επιτρεπτά όρια έκθεσης στη σκόνη του ξύλου, ανάλογα με το είδος (πλατύφυλλα, κωνοφόρα) ή την καρκινογόνο επίδραση (Πίν. II). Δυστυχώς στη χώρα μας μέχρι σήμερα, ούτε θέσπιση ορίων έκθεσης στη σκόνη ξύλου έχει γίνει, ούτε κανένα θεσμικό ή νομικό πλαίσιο υπάρχει για την προστασία των εργαζομένων στις βιομηχανίες ξύλου και επίπλου. Ο Οργανισμός Υγείας των Εργαζομένων στη Βιομηχανία των Η.Π.Α. (ACGIH 1994) προτείνει ως χαμηλότερο όριο έκθεσης το όριο του  $1 \text{ mg/m}^3$  για μέσο όρο χρόνου έκθεσης τις 8 ώρες σε σκόνη ξύλου πλατύφυλλων και το όριο των  $5 \text{ mg/m}^3$  σε σκόνη ξύλου κωνοφόρων.

### Συμπεράσματα και συζήτηση

Η σκόνη του ξύλου είναι αποδεδειγμένα επικίνδυνη για την υγεία του ανθρώπου, και ειδικά για τους εργαζόμενους σε περιβάλλοντα βιομηχανιών κατεργασίας ξύλου και παραγωγής επίπλων, όπου και η προσοχή θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα υψηλή. Μέτρα προστασίας και προφύλαξης θα πρέπει υποχρεωτικά να λαμβάνονται με ευθύνη του υπεύθυνου παραγωγής της βιομηχανίας.

Τα μέτρα προφύλαξης έναντι της σκόνης του ξύλου περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τα κάτωθι:

- Αντικατάσταση των πολύ τοξικών ειδών ξύλου με λιγότερο τοξικά είδη.
- Εγκατάσταση αποτελεσματικού συστήματος απορρόφησης της σκόνης, που θα μειώνει την έκθεση στη σκόνη ξύλου κάτω από τα επικίνδυνα όρια έκθεσης.
- Χρησιμοποίηση κατάλληλου αναπνευστικού εξοπλισμού για επιπρόσθετη προστασία.
- Χρησιμοποίηση κατάλληλου ρουχισμού, που δεν θα επιτρέπει το δέρμα να έρθει σε επαφή με τη σκόνη.
- Συντήρηση του μηχανισμού απορρόφησης σκόνης, καθώς και του προστατευτικού εξοπλισμού.
- Τήρηση όρων προσωπικής υγιεινής, η οποία θα περιλαμβάνει καλή πλύση μετά από έκθεση σε σκόνη ξύλου.

**ΠΙΝΑΚΑΣ II:** Επιτρεπτά όρια έκθεσης σε σκόνη ξύλου  
**TABLE I?:** Occupational exposure limits to wood dust

Χώρα	Όρια έκθεσης ( $mg/m^3$ )		Παρατηρήσεις
	<i>TWA</i> <sup>α</sup>	<i>STEL</i> <sup>β</sup>	
Αυστραλία	-	1	Πλατύφυλλα
	6	10	Κωνοφόρα
Καναδάς	1	-	Πλατύφυλλα
	5	20	Κωνοφόρα
Δανία	4	-	Οργανική σκόνη
Φινλανδία	5	10	Οργανική σκόνη
Γερμανία	2	-	Σκόνη ξύλου
Νέα Ζηλανδία	1	-	Πλατύφυλλα
	5	10	Κωνοφόρα
Ολλανδία	5	-	Σκόνη ξύλου
	0,2	-	Όριο υγείας
Νορβηγία	1	-	Τροπική ξυλεία
	2	-	Νορβηγικά είδη
Σουηδία	2	-	Σκόνη ξύλου
Ελβετία	20	-	Συνολική σκόνη
	8	-	Λεπτή σκόνη
Αγγλία	5	-	Πλατύφυλλα
	5	-	Κωνοφόρα
Η.Π.Α.	1	-	Πλατύφυλλα
	5	10	Κωνοφόρα
Ρωσία	2	-	Σκόνη φυτικής ή ζωικής προέλευσης (>10 % πυρίτιο)
	4	-	Σκόνη φυτικής ή ζωικής προέλευσης (<10 % πυρίτιο)

<sup>α</sup> *TWA* – Μέσος όρος χρόνου έκθεσης

<sup>β</sup> *STEL* – Βραχυπρόθεσμο όριο έκθεσης

Συμπερασματικά λοιπόν, υπάρχει επιτακτική ανάγκη στη χώρα μας να θεσπιστούν και να εφαρμοστούν επιτρεπτά όρια έκθεσης των εργαζομένων στη σκόνη ξύλου, τόσο για την καλή υγεία και ασφάλεια αυτών, όσο και για τον εκσυγχρονισμό και την πρόοδο του παραγωγικού κλάδου ξύλου και επίπλου. Παράλληλα, κρίνεται σκόπιμο και αναγκαίο να εφαρμοστούν στις εν λόγω βιομηχανίες ορισμένα από τα προτεινόμενα μέτρα προστασίας και προφύλαξης έναντι της σκόνης ξύλου, που θεωρούνται σήμερα εντελώς απαραίτητα σε όλες τις προηγμένες χώρες του κόσμου.

**Effects of wood dust on the health of wood and furniture industry workers****G. Mantanis<sup>1</sup>, G. Ntalos<sup>1</sup> and G. Anastasis<sup>1</sup>****Summary**

In this review article, the most important effects of wood dust on the health of wood and furniture industry workers are presented and discussed. These effects on the human health have been proven negative, and usually are related with toxicity, non-respiratory allergic symptoms, sinological symptoms other than cancer, rhinal or other cancer types and lung fibrosis. In addition, information on the occupational exposure limits to wood dust is presented, while some necessary precautions to be taken in effect are discussed.

**Keywords:** Wood dust, wood and furniture industry.

**Βιβλιογραφία**

- Acheson, E., Cowdell, R., Rang, E., 1981. Nasal cancer in England and Wales: An occupational survey. *Br. J. Ind. Med.* 38:218-224.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 1994. *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices*. Ohio, USA.
- Ahman, M., Holmstrøm, M., Cynkier, I., Sjøderman, E., 1996. Work related impairment of nasal function in Swedish woodwork teachers. *Occup. Environ. Med.* 53:112-117.
- Alwis, U., 1998. Occupational exposure to wood dust. Ph.D. thesis. Univ. of Sydney, Sydney, Australia.
- Al Zuhair, Y., Whitaker, C., Cinkotai, F., 1981. Ventilatory function in workers exposed to tea and wood dust. *Br. J. Ind. Med.* 38:339-345.
- Andersen, H., Andersen, I., Solgaard, J., 1977. Nasal cancers, symptoms and upper airway function in woodworkers. *Br. J. Ind. Med.* 34:201-207.
- Blot, W., Chow, W., McLaughlin, J., 1997. Wood dust and nasal cancer risk. A review of the evidence from North America. *J. Occup. Environ. Med.* 39: 148-156.
- Bolza, E., 1976. *Timber and Health*. Division of Building Research, CSIRO, Melbourne, Australia.
- Carosso, A., Ruffino, C., Bugiani, M., 1987. Respiratory diseases in wood workers. *Br. J. Ind. Med.* 44:53-56.
- COSHH, Control of Substances Hazardous to Health, 1999. *Carcinogens, ACOP and Biological Agents*. Approved Codes of Practice, L5 HSE Books.
- Dalqvist, M., Alexandersson, R., Ulfvarson, U., 1994. Pulmonary function changes in sawmill workers: A prospective study of occupational exposure to sawfumes. *Occup. Hyg.* 1:17-26.
- Dalqvist, M., Palmberg, L., Malmberg, P., Sundblad, B., Ulfvarson, U., Zhiping, W., 1996. Acute effects of exposure to air contaminants in a sawmill on healthy volunteers. *Occup. Environ. Med.* 53:586-590.
- Enarson, D., Chan-Yeung, M., 1990. Characterization of health effects of wood dust exposures. *Am. J. Ind. Med.* 17:33-38.
- Goldsmith, D., Shy, C., 1988. Respiratory health effects from occupational exposure to wood dusts. *Scand. J. of Work Environ. and Health*, 14 (1):1-15.
- Hausen, B., 1981. *Woods injurious to human health – a manual*. Ed. W. de Gruyter, Berlin, New York.
- Health and Safety Executive (HSE), 1995. *Toxic woods*. Woodworking Sheet No. 30., London, Great Britain.
- Hedentierna, G., Alexandersson, R., Wimander, K., Rosin, G., 1983. Exposure to terpenes: Effects on pulmonary function. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 51:191-198.
- Holness, D., Sass-Kortsak, A., Pilger, C., Nethercott, J., 1985. Respiratory function and exposure-effect relationships in wood dust exposed and control workers. *J. Occup. Med.* 27:501-506.
- Hubbard, R., Lewis, S., Richards, K., Johnston, I., Britton, J., 1996. Occupational exposure to metal or wood dust and aetiology of cryptogenic fibrosing alveolitis. *Lancet* 347:284-289.
- International Agency for Research on Cancer (IARC), 1995. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic*

<sup>1</sup> Department of Wood & Furniture Technology and Design, Annex of Karditsa, TEI Larissas, Terma Mavromichali Str., 43100, Karditsa, Greece, tel: +30 24410.28499, fax: +30 24410.28299



- Risks to Humans - Wood Dust and Formaldehyde. Vol. 62. Lyon, France.
- International Labour Organization (ILO), 1983. Woods. In: Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. Vol.II, pp.2308-2316. Geneva, Switzerland.
- Jappinen, P., Pukkala, E., Tola, S., 1989. Cancer incidence of workers in a Finnish sawmill. *Scand. J. Work Environ. Health* 15:18-23.
- Kawachi, I., Pearce, N., Fraser, J., 1989. A New Zealand cancer registry based study of cancer in wood workers. *Cancer* 64:2609-2613.
- Li, D., Yuan, L., Yi, S., Jiang, Z., 1990. Effects of wood dust exposure on respiratory health: Cross-sectional study among farmers exposed to wood dust. *Am. J. Ind. Med.* 17:84-85.
- Liou, S., Cheng, S., Lai, F., Yang, J., 1996. Respiratory symptoms and pulmonary function in mill workers exposed to wood dust. *Am. J. Ind. Med.* 30:293-299.
- Michaels, L., 1967. Lung changes in woodworkers. *Can. Med. Assoc. J.* 96:1150-1155.
- Milham, S., Hesser, J., 1967. Hodgkin's disease in woodworkers. *Lancet* 1:136-137.
- Miller, B., Blair, A., Raynor, H., Stewart, P., Zahm, S., Fraumeni, J., 1989. Cancer and other mortality patterns among United States furniture workers. *Br. J. Ind. Med.* 46:508-515.
- Pisaniello, D., Connell, K., Muriale, L., 1991. Wood dust exposure during furniture manufacture: Results from an Australian survey and considerations for threshold limit value development. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 52(11):485-492.
- Rastogi, S., Gupta, B., Husain, T., Mathur, N., 1989. Respiratory health effects from occupational exposure to wood dust in sawmills. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 50:574-578.
- Robinson, C., Peterson, M., Sieber, W., Palu, S., Halperin, W., 1996. Mortality of carpenters' union members employed in the U.S. construction or wood products industries, 1987-1990. *Am. J. Ind. Med.* 30:674-694.
- Seneor, F., 1933. Dermatitis due to woods. *J. Am. Med. Assoc.* 101:1527-1532.
- Shamssain, M., 1992. Pulmonary function and symptoms in workers exposed to wood dust. *Thorax* 47:84-87.
- Toren, K., Persson, B., Wingren, G., 1996. Health effects of working in pulp and paper mills: M a l i g - nant diseases. *Am. J. Ind. Med.* 29:123-130.
- Vaughan, T., Davis, S., 1991. Wood dust exposure and squamous cell cancers of the upper respiratory tract. *Am. J. Epidemiol.* 133:560-564.
- Voss, R., Stenersen, T., Oppedal, B., Boysen, M., 1985. Sinonasal cancer and exposure to softwood. *Acta Otolaryngol.* 99:172-178.
- Whitehead, L., Ashikaga, T., Vacek, P., 1981. Pulmonary function status of workers exposed to hardwood or pine dust. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 42:178-186.
- Wilhelmsson, B., Drettner, B., 1984. Nasal problems in wood furniture workers. *Acta Otolaryngol.* 98:548-555.
- Woods, B., Calnan, C., 1976. Toxic woods. *Brit. J. of Dermat.* 94, supplement 13.
- Yuan, L., Li, D., Cheng, N., 1990. Effects of wood dust exposure on respiratory health: Report of an animal study. *Am. J. Ind. Med.* 17:86-87.