

ΠΛΗΡΩΜΕΝΟ
ΤΕΛΟΣ
Κ. Κ. Σταυρούτσου
Αρ. Αδείας 161
ΕΚΤ.



ΕΛΤΑ
Hellenic Post

2/2011

ISSN 1105-9478

ΤΟΜΟΣ 21 ΣΕΙΡΑ VI

ΚΩΔΙΚΟΣ 3862

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

GEO TECHNICAL SCIENTIFIC ISSUES

GEOTECHNICAL CHAMBER OF GREECE VOL: 21 - ISSUE VI - No 2/2011

2/2011

ISSN 1105-94-78

ΤΟΜΟΣ 21 ΣΕΙΡΑ VI

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

GEOTECHNICAL SCIENTIFIC ISSUES

CONTENTS

<i>K. Theodoropoulos, C. Adamidou, E. Eleftheriadou, K. Mitsara</i>	Phytosociological research of <i>Erica manipuliflora</i> heaths of Xanthi (NE Greece)	5-15
<i>Apostolos Kampouris</i>	Experimental distance measurements using reflectorless long range total stations and different types of material targets	16-33
<i>T. Katagis, I.Z. Gitas</i>	Short-term fire impact assessment with the use of remote sensing and the stand-alone GIS software BAS2	34-43
<i>A. Kyriazopoulos, E.M. Abraham, Z.M. Parissi, C.N. Tsiouvaras</i>	Restoration of disturbed by mining activities areas with the use of herbaceous plant species	44-51
<i>Lenas D., Triantafyllou D.J., Perdicaris C., Iliadis B.</i>	Comparison between flesh and brain fatty acid profile in wild and farmed Mediterranean sea bass (<i>Dicentrarchus labrax L.</i>)	52-60
<i>Mantanis G., Lykidis C., Athanasiadou E.</i>	Determination of formaldehyde release from composite wood products. Comparison and differences between the standard test methods	61-72
<i>Samiotis konstantinos, Stamatellos Georgios</i>	Estimation of stand volume with the use of the big baf method	73-79

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>Κ. Θεοδωρόπουλος, Χ. Αδαμίδου, Ε. Ελευθεριάδου, Κ. Μητσαρά</i>	Φυτοκοινωνιολογική έρευνα ερεικώνων της Ξάνθης (ΒΑ Ελλάδα)	5-15
<i>Απόστολος Καμπούρης</i>	Πειραματικές μετρήσεις μηκών με σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς μεγάλης εμβέλειας χωρίς την χρήση ανακλαστήρα- πρίσματος σε διαφορετικού τύπου υλικά-στόχους	16-33
<i>Θ. Καταγής, Ι.Ζ. Γήτας</i>	Εκτίμηση των βραχυπρόθεσμων επιπτώσεων των πυρκαγιών με τη χρήση της τηλεπισκόπησης και του εξειδικευμένου λογισμικού γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών BAS2	34-43
<i>Α. Κυριαζόπουλος, Ε.Μ. Αβραάμ, Ζ.Μ. Παρίση, Κ.Ν. Τσιουβάρας</i>	Αποκατάσταση διαταραγμένων περιοχών μετά από μεταλλευτικές και λατομικές δραστηριότητες με τη χρήση ποωδών λιβαδικών φυτών	44-51
<i>Λένας Σ. Δημήτριος, Τριανταφύλλου Ι. Δημήτριος, Πεοδικάρης Κώστας, Ηλιάδης Βασίλειος</i>	Σύγκριση λιπαρών οξέων της σάρκας και του εγκεφάλου στο άγγριο και εκτρεφόμενο Λαβράκι (<i>Dicentrarchus labrax L.</i>)	52-60
<i>Μαντάνης Γ., Ανκίδης Χ., Αθανασιάδου Ε.</i>	Προσδιορισμός της ελεύθερης φορμαλδεΐδης σε συγκολλημένα προϊόντα ξύλου. Σύγκριση και διαφορές μεταξύ των υφιστάμενων μεθόδων δοκιμών	61-72
<i>Σαμιώτης Κωνσταντίνος, Σταματέλλος Γεώργιος</i>	Εκτίμηση του όγκου δασικών συστάδων με τη μέθοδο του μεγάλου συντελεστή κυκλικής επιφάνειας	73-79

Φυτοκοινωνιολογική έρευνα ερεικώνων της Ξάνθης (ΒΑ Ελλάδα)

Κ. Θεοδωρόπουλος¹, Χ. Αδαμίδου¹, Ε. Ελευθεριάδου¹, Κ. Μητσαρά¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα φρυγανικά οικοσυστήματα και η βλάστηση τύπου *garigue* καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις του ελλαδικού χώρου, που βαθμιαία μειώνονται από τη νότια προς τη βόρεια Ελλάδα. Η φυτοκοινωνιολογική έρευνα των ερεικώνων της *Erica manipuliflora*, που ανήκουν στην *garigue* βλάστηση, είναι περιορισμένη και αποσπασματική στην Ελλάδα. Στα πλαίσια αυτής της έρευνας μελετήθηκαν οι ερεικώνες της *E. manipuliflora* σε περιοχή της δυτικής Ξάνθης μεταξύ των χωριών Μικρό Τύμπανο και Σεμέλι. Φυτοκοινωνιολογικά διακρίθηκε η φυτοκοινωνική ένωση *Ericetum verticillatae* Oberd. 1954, που ανήκει στη συνένωση *Cisto-Hypericion bithynici* (Oberd. 1954) Brullo et al. 1997, στην τάξη *Sarcopoterietalia spinosi* Eig 1939 και στην κλάση *Cisto-Micromerietea julianae* Oberd. 1954. Επιπλέον, διακρίθηκαν δύο παραλλαγές, που η κάθε μια παρουσιάζει μια υποπαραλλαγή, και μια ενδιάμεση κατάσταση των δύο παραλλαγών. Η *Ericetum verticillatae* είναι μία υποβαθμισμένη διαρκής μονάδα βλάστησης, που αναπτύσσεται σε αβαθή, όξινα, αμμώδη εδάφη.

Λέξεις κλειδιά: Βλάστηση, *garigue*, ερεικώνες, *Erica manipuliflora*, *Ericetum verticillatae*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φρυγανικά οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένης της *garigue* βλάστησης, καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις κυρίως στη νότια και δυτική Ελλάδα, ενώ στη βόρεια Ελλάδα οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν είναι μικρές.

Στην Ελλάδα, ο όρος *garigue* συχνά χρησιμοποιείται ως συνώνυμος με τον όρο φρύγανα. Όμως, είναι προτιμότερο ο όρος *garigue* να χρησιμοποιείται για βλάστηση πυκνού, ακανθώδους και αιθαλού τύπου θαμνώνα, έντονα επηρεασμένου από την κοπή και τη βόσκηση, ύψους 60-120 cm, και κυριαρχούμενου από θερμοβία/ξηρανθεκτικά είδη όπως τα *Calicotome villosa*, *Genista acanthoclada*, *Erica manipuliflora*, *Quercus coccifera*, *Pistacia terebinthus*, *Globularia alypum*, *Hypericum empetrifolium* και *Cistus* spp. (Strid και Tan 1997, Αθανασιάδης κ.ά. 2001).

Η φυτοκοινωνιολογική έρευνα σε ερεικώνες της *Erica manipuliflora*, που ανήκουν στη *garigue* βλάστηση, είναι περιορισμένη και αποσπασματική στον Ελλαδικό χώρο. Με την έρευνά τους έχουν ασχοληθεί οι Oberdorfer 1954, Krause et al. 1963, Knapp 1965, Horvat et al. 1974, Raus 1979, Κωνσταντινίδης 1990, Αθανασιάδης κ.ά. 1998, σε μικρό σχετικά τμήμα της γεωγραφικής τους εξάπλωσης. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να συμβάλει στη γνώση των παραπάνω οικοσυστημάτων μέσω της έρευνας ερεικώνων στην περιοχή της Ξάνθης όπου κυρίαρχο είδος είναι η *E. manipuliflora*.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η μέχρι σήμερα φυτοκοινωνιολογική έρευνα των ερεικώνων της *E. manipuliflora* δίνεται συνοπτικά στον Πίνακα I.

Με επικαιροποίηση της ονοματολογίας, σύμφωνα με τους Weber et al. (2000), οι αμιγείς ερεικώνες ανήκουν στην ένωση *Ericetum verticillatae* (= *manipuliflorae*) Oberd. 1954 και εκείνοι στους οποίους συμμετέχει η *Pinus halepensis* στην υποένωση *Ericetum verticillatae*, *pinetosum halepensis*.

***Ericetum verticillatae* (*Sarcopoterietalia spinosi*)**

Ο Oberdorfer (1954) κατατάσσει τους ερεικώνες της *E. manipuliflora* στην ένωση *Ericetum verticillatae*, στη συνένωση *Cistion orientale* και στην κλάση και τάξη *Cisto-Micromerietea* (-etalia). Αναφέρει δε ότι είναι από ιστορικής εξέλιξης, μαζί με την *Calicotome-Cistetum incanae* (= *Calycotometo-Cistetum villosae*), στενά συνδεδεμένες με τις θαμνοδασώδεις κοινότητες της *Quercion ilicis* και της *Orneto-Ostryon* (πλούσιες σε *Quercus coccifera*, ψευδομακκί), από τις οποίες προκύπτουν μέσω κοπής και φωτιάς και στις οποίες πάλι επιστρέφουν μετά από αδιατάρακτη διαδοχή. Τέλος, αναφέρει ότι η *Ericetum verticillatae* σαφώς προτιμά αμμοαργιλλώδη εδάφη.

Ο Knapp (1965) αναφέρει, δίνοντας και συνοπτικό πίνακα φυτοληπιών, την ύπαρξη ερεικώνων της *E. manipuliflora* νότια του Αργοστολίου Κεφαλονιάς, σε

¹ Εργαστήριο Δασικής Βotanικής-Γεωβοτανικής, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τ.Θ. 270, 54124 Θεσσαλονίκη

Πίνακας I. Φυτοκοινωνιολογική έρευνα των ερεικώνων της *Erica manipuliflora* στην Ελλάδα.
Table I. Phytosociological research of *Erica manipuliflora* heaths in Greece

Συγγραφέας	Έτος	Περιοχή	Αριθμός επιφανειών	Μονάδες
Oberdorfer	1954	Περίχωρα Θεσσαλονίκης και Θράκη	3	Ericetum verticillatae
Krause et al.	1963	Εύβοια	22	<i>Erica verticillata</i> - <i>Pinus halepensis</i> κοινότητα
Knapp	1965	Κεφαλονιά	Συνοπτικός πίνακας	<i>Erica verticillata</i> -Heiden
Raus	1979	Α. Θεσσαλία (Πήλιο)	28	<i>Erica manipuliflora</i> (= <i>E. verticillata</i>) κοινότητα
Κωνσταντινίδης	1990	Σιθωνία	50	Pinetum halepensis-manipuliflorae
Αθανασιάδης κ.ά.	1998	Άγιο Όρος	18 (4+14)	Ericetum verticillatae Oberdorfer 1954 και Ericetum verticillatae, pinetosum halepensis

υψώματα και πάνω από απόκρημνες ακτές. Αυτοί οι ερεικώνες εμφανίζονται σε αμμώδη και πλούσια σε ασβέστιο εδάφη μαζί με πολλές μεταβατικές καταστάσεις προς τις *Poterium-Coridothymus* (*Sarcopoterium spinosum*-*Thymus capitatus*) κοινότητες.

Οι Horvat et al. (1974) παραθέτουν τα στοιχεία που δίνονται από τον Oberdorfer (1954) και επισημαίνουν ότι μόνο οι συνενώσεις *Coridothymion* και *Cistion orientale* είναι σύμφωνα με τον Oberdorfer τυπικές για τη ζώνη *Quercion ilicis*.

Ο Raus (1979) διακρίνει την *E. manipuliflora* κοινότητα στη χερσόνησο της Μαγνησίας, όπου καταλαμβάνει σημαντική έκταση. Η κοινότητα περιορίζεται σε πυριτικά εδάφη με pH 6,0-6,5 και διακρίνονται δύο στάδια εξέλιξης. Ένα στάδιο όπου κυριαρχεί η *E. manipuliflora*, η οποία καλύπτει συχνά πάνω από τα 3/4 της δειγματοληπτικής επιφάνειας, και ακολουθεί κατά την πορεία της διαδοχής ένα χλωριδικά και δομικά διαφορετικό στάδιο στο οποίο το είδος *Arbutus unedo* αρχίζει να σχηματίζει ένα νέο ανώτερο θαμνώδη όροφο ύψους 1-2 m, πάνω από τον όροφο της *E. manipuliflora*. Σε πιο εξελιγμένο στάδιο διαδοχής, διακρίνεται η *Daphne gnidium*-φάση, με τη συμμετοχή των *Daphne gnidium*, *Erica arborea*, *Lonicera implexa* και *Quercus ilex*, που τελικά μπορεί να οδηγήσει σε climax φυτοκοινωνίες της *Quercion ilicis*.

Οι Αθανασιάδης κ.ά. (1998) αναφέρουν ότι οι σχηματισμοί της ένωσης *Ericetum verticillatae* στο Άγιο Όρος καταλαμβάνουν πάρα πολύ μικρή έκταση εντός των σκληρόφυλλων αειφύλων σχηματισμών της συνένωσης *Quercion ilicis*. Εμφανίζονται κυρίως στο νότιο τμήμα της ΒΑ πλευράς της χερσονήσου του Αγί-

ου Όρους, σε εδάφη που εδράζονται σε γνεύσιους, πραινοσχιστόλιθους ή γρανοδιορίτες.

Η Νοΐδου (2003), που μελέτησε εδάφη εκτεταμένων συμπαγών ερεικώνων της *E. manipuliflora* στους Νομούς Ξάνθης, Χαλκιδικής και Μαγνησίας, αναφέρει ότι το μητρικό υλικό είναι γνευσιακός σχιστόλιθος, παραγνεύσιος και φυλλίτης, αντίστοιχα. Τα εδάφη είναι AC ορίζοντα, μικρού βάθους (0-25 cm), όξινα, με συσσωρευμένη οργανική ουσία στον επιφανειακό ορίζοντα, με ιδιαίτερα μικρή συγκέντρωση εκχυλίσιμου P στο εδαφικό διάλυμα, περιέχουν Al, είναι φτωχά σε βάσεις και παρουσιάζουν υψηλή συγκέντρωση ιόντων μετάλλων.

Ericetum verticillatae, pinetosum halepensis (Sarcopoterietalia spinosi)

Οι Krause et al. (1963), οι οποίοι μελέτησαν σχηματισμούς της *E. manipuliflora* με την *Pinus halepensis* της Εύβοιας, που εμφανίζονται σε σερπεντινιτικά εδάφη, τους ονομάζουν *Erica verticillata*-*Pinus halepensis*-κοινότητα, την οποία εντάσσουν στη συνένωση *Cistion orientale* της τάξης *Sarcopoterietalia spinosi* (= *Cisto-Micromerietalia*). Κατά τους ίδιους συγγραφείς η *Erica verticillata*-*Pinus halepensis* κοινότητα είναι δευτερογενής σχηματισμός, που καλύπτει πλαγιές κάθε έκθεσης, που έχουν καεί στο παρελθόν. Το υπερθαλάσσιο ύψος των εκτάσεων αυτών κυμαίνεται από 50-800 m και υπερβαίνει κατά πολύ την περιοχή εξάπλωσης του *Oleo-Ceratonion*. Ανάλογα με το υψόμετρο και την έκθεση, σε σχέση και με την ένταση της πυρκαγιάς και τα χρόνια από την εκδήλωσή της, μπορούν να διακριθούν διάφορες

παρλλαγές των δευτερογενών κοινωνιών της *P. halepensis*. Συνδυαμικά, οι φυτοκοινωνίες της *Cistion orientalis*, εξαιτίας της ακανόνιστης εισδοχής τους στα σκληρόφυλλα αείφυλλα, φιλοξενούν πολυάριθμους αντιπροσώπους της τάξης *Quercetalia ilicis* και ως εκ τούτου μπορεί κανείς να τις εντάξει, εν μέρει, στην τάξη αυτή (Horvat et al. 1974).

Ο Κωνσταντινίδης (1990) αναφέρει για τη χειρσόνησο της Σιθωνίας Χαλκιδικής την ένωση *Pinetum halepensis-manipuliflorae*, χωρίς να διευκρινίζει την ονοματολογική της προέλευση, ενώ παράλληλα τονίζει ότι “είναι περισσότερο γνωστή ως *Erica manipuliflora-Pinus halepensis* φυτοκοινωνία (Horvat et al. 1974)”. Κατά τον ίδιο, αυτή η μονάδα βλάστησης εδράζεται σε αβαθή αμμώδη εδάφη, με πάρα πολύ μεγάλο ποσοστό χονδρόκοκκου αμμώδους υλικού (άμμος > 80%), που προέρχεται από την αποσάθρωση του γρανοδιορίτη, με pH 4,8-5,3, το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη της *E. manipuliflora* (Γκανιάτσας 1967, Aubert 1978).

Στη χειρσόνησο του Αγίου Όρους, σύμφωνα με τους Αθανασιάδη κ.ά. (1998), οι σχηματισμοί της *Ericetum verticillatae, pinetosum halepensis* περιορίζονται στο Β κυρίως τμήμα της χειρσόνησου και πάρα πολύ σπάνια και διάσπαρτα στο κάτω τμήμα της ΒΑ πλευράς της. Τα εδάφη εμφάνισης της υποένωσης είναι πάρα πολύ αβαθή και εδράζονται σε γρανοδιορίτες και γνεύσιους.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

3.1. Περιοχή έρευνας

Η περιοχή έρευνας αποτελεί τμήμα του Δημόσιου Δασικού Συμπλέγματος “Γέρακα-Ξάνθης-Κιμμερίων”, το οποίο βρίσκεται μεταξύ των χωριών Μικρό Τύμπανο και Σεμέλη (24° 48' 45,4" έως 24° 48' 52,2" ανατολικά του Greenwich και 41° 04' 54,8" έως 41° 05' 6,3" βόρεια του Ισημερινού). Η γενική έκθεση της περιοχής είναι νοτιοανατολική, με τοπικές αποκλίσεις προς νότο και ανατολή, οι κλίσεις του εδάφους είναι ήπιες και κυμαίνονται από 3-24% και το υπερθαλάσσιο ύψος κυμαίνεται από 66 - 96 m.

Γεωτεκτονικά, η περιοχή έρευνας ανήκει στη μάζα της Ροδόπης. Η όλη μάζα κυριαρχείται από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα (Μουντρούκης 1985). Το μητρικό υλικό στην περιοχή εμφάνισης των ερεικώνων είναι γνευσιακός σχιστόλιθος (Νοΐδου 2003), ο οποίος είναι πλούσιος σε χαλαζία με περιεκτικότητα πάνω από 65% (Παπαμίχης 1996).

Τα εδάφη της περιοχής έρευνας είναι αμμώδη, όξινα, με ασθενή δομή. Είναι κατατομής AC και το βάθος τους κυμαίνεται από 0-20 cm. Τα πρώτα εκα-

τοστά του εδάφους είναι πολύ πλούσια σε οργανική ουσία, η οποία προέρχεται από τη συσσώρευση των φυτικών υπολειμμάτων λόγω της μικρής βιολογικής δραστηριότητας. Είναι φτωχά σε ολικό άζωτο (N), περιέχουν αργίλιο (Al), που διαλυτοποιείται λόγω της υψηλής οξύτητας, είναι φτωχά σε βάσεις και λόγω της υψηλής οξύτητας παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων μετάλλων (Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} και Zn^{2+}) (Νοΐδου 2003). Το μητρικό υλικό των εδαφών της περιοχής έρευνας είναι φτωχό σε P (Παπαμίχης 1996), γεγονός που σχετίζεται άμεσα με τη χαμηλή συγκέντρωση του ανταλλάξιμου P στους εδαφικούς ορίζοντες. Σε όξινα εδάφη ο P εμφανίζεται στο εδαφικό διάλυμα με τη μορφή H_2PO_4^- ιόντων. Τα ιόντα αυτά όμως δεν μπορούν να προσληφθούν από τα φυτά γιατί κάτω από όξινες συνθήκες παρατηρείται ακινητοποίηση του P στο έδαφος. Με δεδομένο ότι στα εδάφη της περιοχής έρευνας εμφανίζονται υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων Al^{3+} και Fe^{2+} στο εδαφικό διάλυμα, ο P που είναι διαθέσιμος για τα φυτά είναι ελάχιστος. Υπό αυτές τις συνθήκες τα φυτά της *E. manipuliflora* πρέπει να ικανοποιούν τις ανάγκες τους σε P με την βοήθεια ιδιαίτερων μηχανισμών προσαρμογής. Τα μικρά φύλλα και σπέρματα αποτελούν μια προσαρμογή των φυτών στις δυσμενείς συνθήκες. Σημαντικό βοήθημα για τα φυτά αποτελεί και η ανάπτυξη μυκόρριζας (Νοΐδου 2003).

Το κλίμα της περιοχής έρευνας, σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα II, χαρακτηρίζεται ως Csa κατά Köppen, δηλαδή κλίμα της ενδοχώρας της Μεσογείου με πολύ θερμά και ξηρά καλοκαίρια (Φλόκας 1994). Οι βροχοπτώσεις παρουσιάζουν δύο μέγιστα (τέλος φθινοπώρου-αρχές χειμώνα και άνοιξη) και η ξηρή περίοδος διαρκεί 5 μήνες (τέλος Μαΐου έως τέλος Οκτωβρίου) (Σχήμα 1). Οι άνεμοι που επικρατούν είναι βόρειοι (Πίνακας II).

Το βιοκλίμα της περιοχής του Μ.Σ. Ξάνθης έχει έντονο μεσο-μεσογειακό χαρακτήρα, με 75-100 βιολογικά ξηρές ημέρες κατά τη θερμική και ξηρή περίοδο (Μαυρομμιάτης 1980). Με βάση το ομβροθερμικό πηλίκο ($Q_2 = 66,18$) και το μέσο όρο των ελάχιστων θερμοκρασιών του ψυχρότερου μήνα ($m = -0,3^\circ\text{C}$) η περιοχή ανήκει στον ύφυργο βιοκλιματικό όροφο κατά Emburger με δριμύ χειμώνα.

Η ευρύτερη περιοχή ανήκει στην παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης και ιδιαίτερα στην υποζώνη *Ostrya-Carpinus orientalis* (Ντάφης 1973, Μαυρομμιάτης 1980, Αθανασιάδης 1986). Η περιοχή έρευνας καλύπτεται από ερεικώδες της *E. manipuliflora*, που σχηματίζει αμιγείς φυτοκοινωνίες.

Πίνακας II. Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας, βροχοπτώση, σχετική υγρασία και κατεύθυνση ανέμων του μετεωρολογικού σταθμού (Μ. Σ.) Ξάνθης (41° 08' Β, 24° 53' Α, υψόμετρο 43 m). Περίοδος 1975-1997 (23 έτη).

Table II. Mean monthly values of temperature, precipitation, relative humidity and direction of winds from the meteorological station (M. S.) of Xanthi (41° 08' N, 24° 53' E, elevation 43 m). Period 1975-1997 (23 years).

Μήνες	Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας (°C)			Σχετική υγρασία (%)	Βροχοπτώση (mm)	Κατεύθυνση ανέμων
	Μέση	Μέση μέγιστη	Μέση ελάχιστη			
Ιανουάριος	5,60	9,40	-0,30	73,20	81,80	B
Φεβρουάριος	6,80	10,40	0,10	73,70	38,10	B
Μάρτιος	9,60	13,40	2,50	73,40	38,70	B
Απρίλιος	14,30	18,50	6,80	73,50	78,90	B
Μάιος	19,80	23,80	12,00	70,10	42,90	B
Ιούνιος	24,10	28,40	15,70	65,60	32,80	B
Ιούλιος	26,60	31,10	18,50	61,60	26,10	B
Αύγουστος	26,00	30,70	18,00	62,70	20,30	B
Σεπτέμβριος	22,40	27,20	13,90	66,40	26,90	B
Οκτώβριος	16,50	21,10	9,00	70,70	20,30	B
Νοέμβριος	11,00	14,50	4,80	75,30	66,30	B
Δεκέμβριος	6,90	10,40	1,10	74,30	126,60	B

3.2. Μέθοδος έρευνας

Για τη συλλογή των δεδομένων της βλάστησης ακολουθήθηκε η μέθοδος δειγματοληψίας του Braun-Blanquet (1964). Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 20 φυτοληψίες, σε αντίστοιχο αριθμό δειγματοληπτικών επιφανειών. Σε κάθε φυτοληψία καταγράφηκαν, σε ειδικό για το σκοπό αυτό έντυπο, τα παρακάτω στοιχεία: αριθμός φυτοληψίας, ημερομηνία, θέση (G.P.S., προβολικό σύστημα WGS84) και μέγεθος δειγματοληπτικής επιφάνειας (Αθανασιάδης 1986, Chytrý & Οτýρκονά 2003), υπερθαλάσσιο ύψος, φυσιολογία-μικροανάλυφο, έκθεση, κλίση, βαθμός κάλυψης για όροφο θάμνων και ποωδών, φυτοκατάλογος κατά

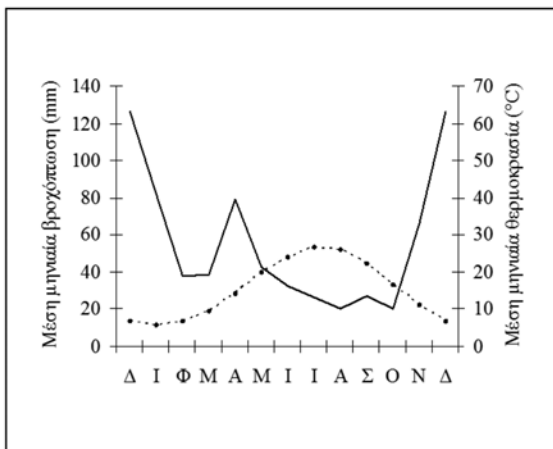
όροφο και πληθοκάλυψη των ειδών.

Επιλέχθηκαν δύο όροφοι κατάταξης των ατόμων της κάθε φυτοσυστάδας, ο όροφος των ποωδών (Π) που περιλαμβάνει όλα τα ποώδη ανεξάρτητα από το ύψος τους, καθώς και τα ξυλώδη με ύψος μέχρι 0,4 m και ο όροφος των θάμνων (Θ) που περιλαμβάνει τα ξυλώδη με ύψος από 0,4 έως 4 m. Ο καθορισμός της πληθοκάλυψης έγινε με βάση την 7βάθμια κλίμακα του Braun-Blanquet (1964).

Για τη διάκριση των μονάδων βλάστησης ακολουθήθηκε η μέθοδος επεξεργασίας με πίνακες της σχολής Zürich-Montpelier (Braun-Blanquet 1951, 1964, Ellenberg 1956, Αθανασιάδης 1986). Η εισαγωγή των δεδομένων και η επεξεργασία του πίνακα έγινε με τη βοήθεια του ειδικού, για φυτοκοινωνιολογικά δεδομένα, λογισμικού Sort 3.8 (Ackermann και Durka 1997).

Για την ένταξη των taxa ως χαρακτηριστικά των ανωτέρων ιεραρχικών μονάδων χρησιμοποιήθηκαν τα συγγράμματα ή οι εργασίες των Oberdorfer (1948), Horvat et al. (1974), Raus (1979) και Mucina (1997). Για την ένταξη των taxa ως διαγνωστικών των κλάσεων χρησιμοποιήθηκε κυρίως το σύγγραμμα του Mucina (1997). Η ονοματολογία των μονάδων βλάστησης, που διακρίθηκαν, βασίστηκε στον κώδικα φυτοκοινωνιολογικής ονοματολογίας των Weber et al. (2000). Επίσης, λήφθηκε υπόψη και η ονοματολογία που παρέχουν οι Horvat et al. (1974) και Raus (1979).

Για τον προσδιορισμό των taxa χρησιμοποιήθηκαν τα συγγράμματα Flora Europaea 1-5 (Tutin et al. 1968-1980, 1993) και Flora Hellenica 1 & 2 (Strid και



Σχήμα 1. Ομβροθερμικό διάγραμμα Μ.Σ. Ξάνθης.

Figure 1. Ombrothermic diagram from the meteorological station of Xanthi.

Tan 1997, 2002). Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν βοηθητικά τα συγγράμματα Flora d' Italia 1-3 (Pignatti 1982), Flora Republicae Popularis Bulgaricae I-X (Jordanov et al. 1963-1995), καθώς επίσης και επιλεγμένη ταξινομική βιβλιογραφία όπως των Zohary και Heller (1984), Baumann και Künkele (1988) και Christensen (1992). Η ονοματολογία των taxa είναι σύμφωνα με τα παρακάτω συγγράμματα, με τη σειρά που αναφέρονται: Flora Hellenica 1 & 2 (Strid και Tan 1997, 2002), Exkursionsflora für Kreta (Jahn και Schönfelder 1995), Med-Checklist 1, 3, 4 (Greuter et al. 1984-1989), Flora Europaea 1-5 (Tutin et al. 1968-1980, 1993).

Τα φυτικά δείγματα, που συγκεντρώθηκαν κατά τη διενέργεια των φυτοληψιών, είναι κατατεθειμένα στο Ερμπάριο (TAUF) του Εργαστηρίου Δασικής Βοτανικής-Γεωβοτανικής της Σχολής Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην περιοχή έρευνας, με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και τα στοιχεία του Πίνακα III/1-20, διακρίθηκε η φυτοκοινωνική ένωση Ericetum verticillatae Oberd. 1954, που ανήκει στη συνένωση Cisto-Hypericion bithynici (Oberd. 1954) Brullo et al. 1997 (= Cistion orientale Oberd. 1954), στην τάξη Sarcopoterietalia spinosi Eig 1939 και στην κλάση Cisto-Micromerietea julianae Oberd. 1954 (για ονοματολογία βλέπε Brullo et al. 1997).

Η δομή της ένωσης χαρακτηρίζεται από έναν όροφο θάμνων με κάλυψη 60-90% και ύψος 60-70 cm, όπου κυριαρχεί η *Erica manipuliiflora*. Τα είδη *Anthyllis hermanniae* και *Pyrus amygdaliformis* έχουν μεγάλη συχνότητα εμφάνισης, αλλά μικρή πληθοκάλυψη, ενώ πολύ μικρή παρουσία και πληθοκάλυψη έχουν τα *Quercus coccifera*, *Crataegus monogyna* subsp. *monogyna* και *Olea europaea* var. *sylvestris*. Ο όροφος των ποωδών, εκτός των παραπάνω ξυλωδών ειδών, συντίθεται από αρκετά είδη, από τα οποία έντονη παρουσία έχουν οι ημίθαμνοι *Cistus salviifolius*, *C. creticus* και τα ποώδη *Poa bulbosa*, *Aira elegantissima*, *Orchis laxiflora* subsp. *laxiflora*, *Hypochaeris glabra*, *Chrysopogon gryllus*, *Tuberaria guttata*, *Briza maxima*, *Linaria pelissieriana*, *Carex flacca* subsp. *serrulata*, *Cynosurus echinatus*, *Galium divaricatum* κ.ά. Σημαντική είναι η παρουσία ειδών που είναι διαγνωστικά της κλάσης Thero-Brachypodietea, πολλά από τα οποία είναι ετήσια. Η κάλυψη του ποώδους ορόφου κυμαίνεται από (20-)30-40(-50)%. Ο αριθμός ειδών ανά φυτοληψία κυμαίνεται από 13 έως 32.

Η ένωση καταλαμβάνει σχετικά μικρή έκταση δυ-

τικά της Ξάνθης μεταξύ των οικισμών Μικρό Τύμπανο και Σεμέλη, σε υψόμετρα που κυμαίνονται μεταξύ 66 και 96 m, σε μικρού βάθους εδάφη, που προέρχονται από γνευσιακούς σχιστόλιθους. Καταλαμβάνει κυρίως το άνω τμήμα επίπεδων πλαγιών, με ήπιες κλίσεις 3-9(-24)%, σε Α και ΝΑ ειδικές τοπικές εκθέσεις.

Είναι μια υποβαθμισμένη διαρκής μονάδα βλάστησης, που οφείλει την παρουσία της στο αβαθές έδαφος και στην οξύτητα του εδάφους. Παράπέρα υποβάθμισή της, πιθανότατα να την οδηγήσει σε οικοσύστημα με πολύ αραιή ξυλώδη βλάστηση, κυρίως με *Erica manipuliiflora*, και αποσκελετωμένα αβαθή εδάφη.

Εντός της ένωσης διακρίθηκαν δύο παραλλαγές (variations), η κάθε μία από τις οποίες παρουσιάζει από μία υποπαραλλαγή (subvariation), ενώ εμφανίζεται και μία ενδιάμεση κατάσταση των δύο παραλλαγών (Πιν. III/12-14).

Παραλλαγή από *Juncus minutulus* (Πιν. III/1-11)

Εμφανίζεται σε 11 δειγματοληπτικές επιφάνειες και διαφορίζεται από τα είδη *Juncus minutulus*, *Vulpia bromoides*, *Ranunculus rumelicus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Logfia arvensis* και *Airopsis tenella*.

Εντός της παραλλαγής, σε 6 δειγματοληπτικές επιφάνειες (Πιν. III/6-11), εμφανίζεται η **υποπαραλλαγή από *Eryngium campestre***, η οποία διαφορίζεται από τα είδη *Eryngium campestre*, *Hypochaeris cretensis*, *Cirsium* sp. και *Allium* sp.

Παραλλαγή από *Fumana arabica* (Πιν. III/15-20)

Εμφανίζεται σε 6 δειγματοληπτικές επιφάνειες και διαφορίζεται από τα είδη *Fumana arabica*, *Cistus creticus*, *Vulpia myuros*, *Thymus sibthorpii* var. *sibthorpii* και *Vulpia ciliata* subsp. *ciliata*.

Εντός της παραλλαγής, σε 3 δειγματοληπτικές επιφάνειες (Πιν. III/18-20), εμφανίζεται η **υποπαραλλαγή από *Lolium perenne***, η οποία διαφορίζεται από τα είδη *Lolium perenne*, *Brachypodium distachyon*, *Euphorbia taurinensis*, *Dactylis glomerata*, *Avena barbata* subsp. *barbata*, *Sanguisorba minor* και *Sonchus oleraceus*.

Συνταξινόμική σύνοψη

Κλάση: Cisto-Micromerietea julianae Oberd. 1954

Τάξη: Sarcopoterietalia spinosi Eig 1939 (= Cisto-Micromerietalia julianae Oberd. 1954)

Συνένωση: Cisto-Hypericion bithynici (Oberd. 1954) Brullo et al. 1997 (= Cistion orientale Oberd. 1954)

Πίνακας III. 1-20: *Ericetum verticillatae* (= manipuiliflorae) Oberd. 1954. 1-11: παραλλαγή από *Juncus minutulus* (6-11: υποπαραλλαγή από *Eryngium campestre*), 12-14: ενδιάμεση κατάσταση, 15-20: παραλλαγή από *Fumana arabica* (18-20: υποπαραλλαγή από *Lolium perenne*).

Table III. 1-20: *Ericetum verticillatae* (= manipuiliflorae) Oberd. 1954. 1-11: variation from *Juncus minutulus* (6-11: subvariation from *Eryngium campestre*), 12-14: intermediate state, 15-20: variation from *Fumana arabica* (18-20: subvariation from *Lolium perenne*).

Αύξων αριθμός φυτοληνίας	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Αριθμός φυτοληνίας	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Γεωγραφικό πλάτος	μοίρες	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
	πρώτα λεπτά	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04
	Δεύτερα λεπτά	55,2	55,9	56,3	56,9	57,2	56,8	54,8	56,3	59,1	01,3	59,5	02,1	03,2	00,9	00,9	02,0	05,6	04,5	06,3
Γεωγραφικό μήκος	μοίρες	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	πρώτα λεπτά	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
	Δεύτερα λεπτά	51,2	51,7	52,2	51,4	50,5	49,9	48,2	47,6	49,5	45,4	49,1	45,8	45,4	45,7	45,5	48,8	47,1	47,7	47,3
Μέγεθος επιφάνειας (m ²)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Υψόμετρο (m)	71	71	74	71	66	73	69	81	74	81	92	80	86	96	88	66	89	89	93	69
Εκθεση	Α	Α	Α	ΝΑ	ΝΑ	ΝΑ	ΝΑ	Α	ΝΑ	ΝΑ	ΝΑ	ΝΑ	ΝΑ	Ν	ΝΑ	ΝΑ	ΝΑ	ΝΑ	ΝΑ	ΝΑ
Κλίση (%)	9	5	7	7	9	3	5	4	9	9	9	7	4	9	9	8	20	8	24	24
Μακροανάγλυφο (ΑΝΩ, ΜΕΣΟ, ΚΑΤΩ)	ΚΑ	ΚΑ	ΚΑ	ΜΕ	ΜΕ	ΜΕ	ΜΕ	ΑΝ	ΑΝ	ΑΝ	ΑΝ	ΑΝ	ΑΝ	ΑΝ	ΑΝ	ΑΝ	ΑΝ	ΑΝ	ΑΝ	ΑΝ
Μικροανάγλυφο (ΕΠΙΠΕΔΟ)	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε
Κάλυψη ορόφου θάμνων	80	80	80	70	80	80	90	60	90	90	60	80	90	90	80	60	50	70	90	80
Κάλυψη ορόφου ποαδών	30	30	20	30	30	30	40	30	40	40	30	30	30	30	30	30	32	30	31	30
Αριθμός ειδών	21	30	13	17	16	25	27	26	28	21	21	26	26	24	22	31	19	19	31	28
Ημερομηνία – Ημέρα	06	06	06	06	06	06	06	12	06	06	12	06	13	13	12	12	12	13	13	13
Ημερομηνία – Μήνας	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
Ημερομηνία – Έτος	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005
Διαφοριστικά είδη της παραλλαγής από <i>Juncus minutulus</i>																				
<i>Juncus minutulus</i>	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vulpia bromoides</i>	2	1	.	1	+	1	+	2	2	.	1	1	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Ranunculus rumelicus</i>	.	+	.	.	.	.	+	1	r	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	r	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Logfia arvensis</i>	.	r	.	.	+	1	+	1	+	1	1	1	.	1	1	.	.	.	.	.
<i>Airopsis tenella</i>	1	1	1	+	.	.	.	.	1	+	+	+	1	1	.	+	.	.	.	.
Διαφοριστικά είδη της υποπαραλλαγής από <i>Eryngium campestre</i>																				
<i>Eryngium campestre</i> (F-B)	.	.	.	.	.	.	r	1	r	r	1	r	.	r	.	.	1	+	.	r
<i>Cirsium</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	+	.	1	r	r	+	1	.	1	.	+
<i>Hypochaeris cretensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	+	.	r	r	.	.	+	r	r	1
<i>Allium</i> sp.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	1	r	.	.	.	.	+	r	.	1
Διαφοριστικά είδη της παραλλαγής από <i>Fumana arabica</i>																				
<i>Fumana arabica</i> (C-M)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	1	r	r	1	1
<i>Cistus creticus</i> (C-M)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	r	.	+	+	1
<i>Vulpia myuros</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	.	.	1
<i>Thymus sibthorpii</i> var. <i>sibthorpii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.
<i>Vulpia ciliata</i> ssp. <i>ciliata</i> (T-B)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1

<i>Leontodon tuberosus</i>	.	r	.	.	l	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	r	.	.	r	.	.	r
<i>Hypericum olympicum</i>	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	r	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.
<i>Geranium columbinum</i>	.	.	.	.	.	l	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	l
<i>Thesium humile</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	l	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Moenchia erecta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scorzonera laciniata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lotus angustissimus</i>	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Anthemis</i> sp.2	r	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Taraxacum</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	r	.	.	.	.	.
<i>Onobrychis ebenoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	l	.	l	.	.	.
<i>Linum</i> sp.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Umbelliferae</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.
<i>Hieracium</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	r
<i>Leontodon cichoriaceus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	l	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thymus cherlerioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	l
<i>Bromus intermedius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	l
<i>Gramineae</i> sp.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	l
<i>Luzula campestris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sedum annuum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Teucrium chamaedrys</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
<i>Anthemis</i> sp.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
<i>Torilis</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
																						r

F-B: Festuco-Brometea, C-M: Cisto-Micromerietea, T-B: Thero-Brachypodietea, S.m.: Stellarietea mediae, ^Θ: όροφος θάμνων

Ένωση: *Ericetum verticillatae* Oberd. 1954

Παραλλαγή: από *Juncus minutulus*

Υποπαραλλαγή: από *Eryngium campestre*

Παραλλαγή: από *Fumana arabica*

Υποπαραλλαγή: από *Lolium perenne*

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Φυτοκοινωνίες στις οποίες επικρατεί η *E. manipuliflora* έχουν δοθεί περιγραφικά από το όρος Χορτιάτης (Γκανιάτσας 1938), τη χερσόνησο του Αθω (Regel 1943), τη νήσο Κεφαλλονιά (Knapp 1965), τη νήσο Σκιάθo (Οικονομίδου 1969) και τη νήσο Νίσυρο (Παπάτσου 1975). Ο Regel (1943) παρατήρησε ορεινά λιβάδια με *E. manipuliflora* σχεδόν σε 1000 m υψόμετρο στην κορυφή Κουβάρας της νήσου Άνδρου και ο Mattfeld (1927) είδε στους πρόποδες της οροσειράς της Ροδόπης μεταξύ Δράμας και Κομοτηνής *E. manipuliflora* σε «τόσο μεγάλες επιφάνειες, σε τέτοια καθαρότητα όπως πουθενά στη βαλκανική χερσόνησο» (βλ. και Raus 1979). Όμως, η φυτοκοινωνιολογική έρευνα των ερεικώνων της *E. manipuliflora*, που ανήκουν στην garigue βλάστηση, είναι περιορισμένη και αποσπασματική στην Ελλάδα, όπως φαίνεται και από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Από τα μέχρι σήμερα φυτοκοινωνιολογικά δεδομένα με βάση δειγματοληπτικές επιφάνειες (Oberdorfer 1954, Krause et

al. 1963, Knapp 1965, Horvat et al. 1974, Raus 1979, Κωνσταντινίδης 1990, Αθανασιάδης κ.ά. 1998, παρούσα έρευνα) προκύπτει ότι οι αμιγείς ερεικώνες ανήκουν στην ένωση *Ericetum verticillatae* Oberd. 1954, ενώ εκείνοι που συμμετέχει και η *P. halepensis* στην υποένωση *Ericetum verticillatae, pinetosum halepensis*.

Οι ακραίες εδαφικές συνθήκες στις οποίες αναπτύσσονται οι ερεικώνες (Νοΐδου 2003) οδηγούν σε μικρή ποικιλότητα, λόγω της αδυναμίας των ειδών να προσαρμοστούν στις παραπάνω συνθήκες (Read 1996). Η χλωριδική σύνθεση της φυτοκοινωνικής ένωσης *Ericetum verticillatae* εξαρτάται κυρίως από την ταχύτητα εξέλιξης των εκάστοτε σχηματισμών βλάστησης (Burrichter 1961, Raus 1979, Αθανασιάδης κ.ά. 1988).

Η συμμετοχή στη σύνθεση της *Ericetum verticillatae*, καθώς και στην υποένωσή της, ξυλωδών ειδών όπως τα *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, *Quercus coccifera*, *Smilax aspera*, *Ruscus aculeatus*, *Asparagus acutifolius* και *Lonicera implexa*, φανερώνει ένα προοδευτικό στάδιο εξέλιξης προς τελική φυτοκοινωνία της συνένωσης *Quercion ilicis*, ενώ οι σχηματισμοί της υποένωσης *pinetosum halepensis* θα μπορούσαν να ενταχθούν στη συνένωση *Quercion ilicis* (Horvat et al. 1974).

Σύμφωνα με τους Αθανασιάδη κ.ά. (1988) το εάν οι σχηματισμοί αυτοί της χαλεπίου πεύκης με υπόροφο την *E. manipuliiflora* είναι δευτερογενείς ως αποτέλεσμα πυρκαγιών των φωτεινών δασών της, όπου τα σκληρόφυλλα αείφυλλα συμμετείχαν ως υπότροφος στη σύνθεσή τους, ή αυτοί αποτελούν φυσικά δάση της, καθαρά εδαφικά εξαρτώμενα, απαιτεί περαιτέρω ερευνητική διερεύνηση σε όλη την εξάπλωσή της στη μεσογειακή περιοχή.

Ο ποώδης όροφος, τόσο της ένωσης όσο και της υποένωσης, είναι φτωχός και αντιπροσωπεύεται από σποραδικώς διάσπαρτα, συνήθως ετήσια και αζωτόφιλα φυτά, τα οποία εμφανίζονται μεταξύ των ραβδόμορφων κλαδιών των θάμνων της *E. manipuliiflora*. Αν η συμπεριφορά αυτή των ποωδών φυτών οφείλεται στην αναστολή της εκβλάστησης των στερομάτων ή σε τοξικά συστατικά της φυλλάδας της *E. manipuliiflora*, αυτό είναι αμφισβητήσιμο (Grümmer 1953, Braun-Blanquet 1964, Walter 1973, Whittaker 1970, Raus 1979), παρόλο που κατά τους Σαρχλή και Ρίζο (1977) συνηγορούν υπέρ αυτού αποτελέσματα ερευνών σε δάση της *P. halepensis*.

Ο Χατζηστάθης (1974) και ο Νάκος (1974) θεωρούν την *E. manipuliiflora* ένα από τα δραστικότερα ζιζάνια, που ανταγωνίζεται με επιτυχία τα άλλα δασικά φυτά. Επιπλέον, η δράση της *E. manipuliiflora*, με το επιπόλαιο ριζικό σύστημα, αποδίδεται στην πιθανή παραγωγή τοξικών ουσιών, που, για τα θερμά, ξηρά κλίματα, πρέπει να είναι πτητικά τερπένια και όχι φαινόλες, που, ως υδατοδιαλυτές, απαιτούν περισσότερο νερό (Κωνσταντινίδου-Καρτσιούνη 1980).

Σύμφωνα με τους Debazac και Μαυροομιμάτη

(1971), τα εδάφη των σχηματισμών αυτών στερούνται ενεργού αβεσπίου. Η ευνοϊκή δε σχέση C/N στην Ανατολική Θεσσαλία, την οποία αναφέρει ο Raus (1979) για την απουσία της φυλλάδας, συνηγορεί, λαμβανομένης υπόψη και της επίδρασης του ξηρού κλίματος, υπέρ της υποστηριζόμενης άποψης από την Κωνσταντινίδου-Καρτσιούνη (1980).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δυτικά της Ξάνθης, μεταξύ των χωριών Μικρό Τύμπανο και Σεμέλη, διακρίθηκε μια μονάδα βλάστησης, η φυτοκοινωνική ένωση *Ericetum verticillatae*, όπου κυριαρχεί η *E. manipuliiflora*.

Η συνταξινόμική σύνοψη των ερεικώνων αυτών είναι:

Κλάση: Cisto-Micromerietea julianae Oberd. 1954

Τάξη: Sarcopoterietalia spinosi Eig 1939

Συνένωση: Cisto-Hypericion bithynici (Oberd. 1954) Brullo et al. 1997

Ένωση: *Ericetum verticillatae* Oberd. 1954 (**παρολλαγή** από *Juncus minutulus* και **υποπαρολλαγή** από *Eryngium campestre*, **παρολλαγή** από *Fumana arabica* και **υποπαρολλαγή** από *Lolium perenne*).

Η *Ericetum verticillatae* είναι μια υποβαθμισμένη διαρκής μονάδα βλάστησης, που οφείλει την παρουσία της στο αβαθές έδαφος και στην οξύτητα του εδάφους, που οδηγούν και στη μικρή φυτοποικιλότητά της, λόγω της αδυναμίας των ειδών να προσαρμοστούν στις εμφανιζόμενες ακραίες εδαφικές συνθήκες.

Phytosociological research of *Erica manipuliiflora* heaths of Xanthi (NE Greece)

K. Theodoropoulos¹, C. Adamidou¹, E. Eleftheriadou¹, K. Mitsara¹

ABSTRACT

Phrygana and garigue vegetation cover large areas in Greece, decreasing gradually from the south to the north. Phytosociological research of *Erica manipuliiflora* heaths, which belongs to garigue vegetation, is limited and fragmentary in Greece. *Erica manipuliiflora* heaths were investigated in the area of western Xanthi between the villages of Mikro Tympano and Semeli. Phytosociologically, these *Erica manipuliiflora* heaths were assigned to the alliance of Cisto-Hypericion bithynici (Oberd. 1954) Brullo et al. 1997 (Sarcopoterietalia spinosi Eig 1939, Cisto-Micromerietea julianae Oberd. 1954) as *Ericetum verticillatae* Oberd. 1954. Moreover, two variations are distinguished, with a subvariation each one, and an intermediate state between the two variations.

¹ Laboratory of Forest Botany-Geobotany, Faculty of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, P.O.Box 270, 54124 Thessaloniki, Greece

The association *Ericetum verticillatae* is a degraded permanent vegetation unit, which is grown on shallow, acid, sandy soils.

Key words: Vegetation, garigue, heaths, *Erica manipuliflora*, *Ericetum verticillatae*

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ackerman W. & Durka W. 1997. SORT 3.8, Processing of vegetation relevés and species lists. MANUAL – English version 2, Bayreuth, 109 p.
- Αθανασιάδης Ν. 1986. Δασική Φυτοκοινωνιολογία. Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, 119 σελ.
- Αθανασιάδης Ν., Ελευθεριάδου Ε. και Θεοδωρόπουλος Κ. 2001. Χλωρίδα και βλάστηση της Ελλάδος. Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Τμήμα εκδόσεων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 76 σελ.
- Αθανασιάδης Ν., Θεοδωρόπουλος Κ., Γερασιμίδης Α., Ελευθεριάδου Ε., Τσιριπίδης Ι. και Κοράκης Γ. 1998. Μονάδες βλάστησης της ζώνης των αιιφύλλων πλατυφύλλων του Αγίου Όρους. – Ειδική έκδοση στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος “Έκθεση Αγίου Όρους, Φύση και Περιβάλλον – Θεσσαλονίκη Πολιτιστική Πρωτεύουσα της Ευρώπης 1997”, 87 σελ. + 2 πίνακες + 1 χάρτης.
- Aubert G. 1978. Relations entre le Sol et Cinq Espèces d’Ericacees dans le Sud-Est de la France. *Oecologia Plantarum*, 13(3): 253-369.
- Baumann H. και Künkele S. 1988. Die Orchideen Europas. Franckh’sche Verlagshandlung (Kosmos Naturführer), Stuttgart, 192 p.
- Braun-Blanquet J. 1951. Pflanzensoziologie, 2 Auflage. Springer Verlag, Wien, New York, 631 p.
- Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie – Grundzüge der Vegetationskunde, 3 Auflage. Springer Verlag, Wien, New York, 865 p.
- Brullo S., Minissale P. και Spampinato G. 1997. La classe Cisto – Micromerietea nel Mediterraneo centrale et orientale. *Fitosociologia* 32: 29-60.
- Burrichter E. 1961. Steineichenwald, Macchie und Garigue auf Korsika. *Ber. Geob. Inst. ETH Stiftung Rübel, Zürich* 32: 32-69.
- Γκανιάτσας Κ. 1967. Φυτογεωγραφία. Θεσσαλονίκη, 548 σελ.
- Γκανιάτσας Κ. 1938. Έρευνα επί της χλωρίδος του όρους Χορτιάτου. *Επιστ. Επετ. Σχ. Φυσ. & Μαθ. Επιστ. Πανεπ. Θεσσαλονίκης* 5: 3-30.
- Christensen K. 1992. Revision of *Crataegus* Sect. *Crataegus* and *Nothosect. Crataegineae* (Rosaceae-Maloideae) in the Old World. *Systematic Botany Monographs*, Vol. 35, 200 p.
- Chytrý M. και Οτýpková Z. 2003. Plot sizes used for phytosociological sampling of European vegetation. *Journal of Vegetation Science* 14: 563-570.
- Debazac E.F. και Μαυρομμάτης Γ. 1971. Αι Μεγάλοι Οικολογικοί Διαυρέσεις της Βλαστήσεως εις την Ηπειρωτικήν Ελλάδα. *Ι.Δ.Ε.Α.* 48: 1-35.
- Ellenberg H. 1956. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. (In WALTER: Einführung in die Phytologie, Bd. IV, Teil 1) Ulmer. Stuttgart, 156 p.
- Greuter W., Burdet H.M. και Long G. (eds) 1984, 1986, 1989. Med-Checklist, 1, 3, 4. Editions des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Genève.
- Grümmer G. 1953. Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen. Allelopathie. *Biol. Centralbl.* 72: 494-518.
- Horvat I., Glavaè V. και Ellenberg H. 1974. Vegetation Südosteuropas. Fisher Verlag, 768 p.
- Jahn R. και Schönfelder P. 1995. Exkursionsflora für Kreta. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 446 p.
- Jordanof D. et al. (eds) 1963-1995. Flora Reipublicae Popularis Bulgaricae I-X. Sofia.
- Knapp R. 1965. Die Vegetation von Kephallinia, Griechenland. Geobotanische Untersuchungen eines mediterranen Gebietes und einige ihrer Anwendungsmöglichkeiten in Wirtschaft und Landesplanung. *Otto Koelz, Königstein / Taunus*, 206 p.
- Krause W., Ludwig W. και Seidel F. 1963. Zur Kenntnis der Flora und Vegetation auf Serpentinstandorten des Balkans. 6. Vegetationsstudien in der Umgebung von Mantoudi (Euböa). *Bot. Jahrb. Syst.* 82: 337-403.
- Κωνσταντινίδης Π. 1990. Εξέταση και διερεύνηση σχέσεων μεταξύ φυσιογραφικών μονάδων δασών χαλεπίου πεύκης Σιθωνίας Χαλκιδικής και των εμφανιζομένων σε αυτές φυτοκοινωνιολογικών μονάδων. *Επιστ. Επετ. Τιμ. Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, παράρτημα 5 του ΑΒ τόμου*, 145 σελ. + πίνακες + χάρτης.
- Κωνσταντινίδου-Καρταισιώνη Ε. 1980. Ακραιές συνθήκες περιβάλλοντος και η επίδρασή τους στην αύξηση και το μεταβολισμό των δένδρων. *Το Δάσος* 90: 67-71.
- Mattfeld J. 1927. Aus Wald und Macchie in Griechenland. *Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges.* 38: 106-151.
- Μαυρομμάτης Γ. 1980. Το βιοκλίμα της Ελλάδος. Σχέ-

- σεις κλίματος και φυσικής βλαστήσεως, βιοκλιματικοί χάρτες. Δασική Έρευνα 1: 1-63 + χάρτες.
- Μουντράκης Δ. 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 207 σελ.
- Mucina L. 1997. Conspectus of Classes of European vegetation. Folia Geobot. Phytotax. 32: 117-172.
- Νάκος Γ. 1974. Συσχέτισις της γονιμότητος του εδάφους και της θρεπτικής καταστάσεως των βελονών κωνοφόρων ειδών. ΙΔΕΑ 77, 19 σελ.
- Νοΐδου Μ. 2003. Εδαφικές συνθήκες ερεικώνων. Μεταπτυχιακή διατριβή. Θεσσαλονίκη, 56 σελ.
- Ντάφης Σ. 1972. Δασική Φυτοκοινωνιολογία. Θεσσαλονίκη, 117 σελ.
- Ντάφης Σ. 1973. Ταξινόμησης της δασικής βλαστήσεως της Ελλάδος. Επιστ. Επετ. Γεωπ. & Δασολογικής Σχολής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης 15(2): 75-91.
- Oberdorfer E. 1948. Die regionalen Waldgesellschaften Thessaliens, Südmakedoniens und Thrakiens. Manuskript.
- Oberdorfer E. 1954. Nordägäische Kraut- und Zwergstrauchfluren im Vergleich mit den entsprechenden Vegetationseinheiten des Westlichen Mittelmeergebietes. Vegetatio 5: 88-96.
- Οικονομίδου Ε. 1969. Γεωβοτανική έρευνα νήσου Σκιάθου. Φυτογεωγραφία των Βορείων Σποράδων. Διδ. Διατριβή. Αθήνα, 154 σελ.
- Παπαμίχος Ν. 1996. Δασικά εδάφη. Σχηματισμός, ιδιότητες, συμπεριφορά. Β' έκδοση, 393 σελ.
- Παπάτσου Σ. 1975. Η χλωρίς και η βλάστησις της νήσου Νισύρου και των περί αυτήν νησίδων. Διδ. Διατριβή. Πάτρα, 138 σελ.
- Pignatti S. 1982. Flora d' Italia. Vol. 1-3. Bologna.
- Raus Th. 1979. Die Vegetation Ostthessaliens (Griechenland). II. Quercetea ilicis und Cisto-Micromerietea. Bot. Jahrb. Syst. 101: 17-82.
- Read D.J. 1996. The structure and function of ericoid mycorrhizal root. Annals of Botany 77: 365-374.
- Regel, C. 1943. Pflanzengeographische Studien aus Griechenland und Westanatolien. Bot. Jahrb. Syst. 73: 1-98.
- Σαρχής Γ. και Ρίζος Ε. 1977. Συνοικολογικά έρευνα της Χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis* Miller). Στο Σαρχής Γ.: Επιστημονικές εργασίες και δημοσιεύματα: 75-97, Αθήνα.
- Strid A. έάε Tan K. (eds). 1997. Flora Hellenica, volume 1. Koeltz Scientific Books, Königstein, 547 p.
- Strid A. και Tan K. (eds). 2002. Flora Hellenica, volume 2. A.R.G. Gantner Verlag K. G., Ruggell, 511 p.
- Tutin T.G., Burges N.A., Chater A.O., Edmonson J.R., Heywood V.H, Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M. και Webb D.A. (eds). 1993. Flora Europaea 1, 2nd ed. Cambridge.
- Tutin T.G., Heywood V.H, Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M. και Webb D.A. (eds). 1968, 1972, 1976, 1980. Flora Europaea 2, 3, 4, 5. Cambridge.
- Φλόκας Α. 1994. Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Θεσσαλονίκη, 465 σελ.
- Walter H. 1973. Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung, Band 13: Die tropischen und subtropischen Zonen. 3 Aufl. Stuttgart, 743 p.
- Weber H.E., Moravec J. και Theurillat J.-P. 2000. International Code of Phytosociological Nomenclature, 3rd ed. J. Veg. Sci. 11: 739-768.
- Westhoff V. και Maarel E. van der. 1973. The Braun-Blanquet Approach. In Whittaker R.H. (ed.): Ordination and classification of communities. Handbook of vegetation science 5: 617-726. The Hague.
- Whittaker R.H. 1970. The biochemical ecology of higher plants. In Sondheimer E. & Simeone J.B. (ed.). Chemical ecology: 43-70.
- Χατζηστάθης Α. 1974. Περιπτώσεις καταπολεμήσεως των ζιζανίων εις την Δασοπονίαν δια χημικών φυτοκτόνων ουσιών. Το Δάσος 63-64: 52-58.
- Zohary M. και Heller D. 1984. The genus *Trifolium*. Jerusalem, 606 p.

Πειραματικές μετρήσεις μηκών με σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς μεγάλης εμπέλειας χωρίς την χρήση ανακλαστήρα-πρίσματος σε διαφορετικού τύπου υλικά-στόχους

Απόστολος Καμπούρης*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μετρήσεις μηκών αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της εργασίας του επιστήμονα δασολόγου και αφορά μεγάλη ποικιλία τεχνικών διαδικασιών. Σήμερα η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη των τοπογραφικών οργάνων έκανε τις μετρήσεις αυτές υπόθεση δευτερολέπτων, ενώ επιπλέον παρέχεται και η δυνατότητα μέτρησης μηκών χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα-πρίσματος, μια λειτουργία που πλέον προσφέρουν σχεδόν όλοι οι γεωδαιτικοί σταθμοί. Η εμπέλεια και ακρίβεια της λειτουργίας αυτής διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του γεωδαιτικού σταθμού. Ωστόσο, δημιουργούνται ερωτήματα που αφορούν την αξιοπιστία και την ακρίβεια αυτού του είδους των μετρήσεων δεδομένου ότι ο δασολόγος μετρά μήκη σε ένα ευρύ φάσμα υλικών αλλά και αποχρώσεων που συναντά στην ύπαιθρο και που ως γνωστόν παρουσιάζουν διαφορετικές ιδιότητες ανακλαστικότητας και απορρόφησης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η εργασία αυτή αποτελεί μία πρώτη προσπάθεια διερεύνησης αυτής της αξιοπιστίας ή μη των μετρήσεων μηκών, εφαρμόζοντας πειραματικές μετρήσεις με δύο γεωδαιτικούς σταθμούς (Spectra Precision Focus 10 και Topcon GPT3003LN) σε 11 διαφορετικά υλικά, τόσο τύπου όσο και χρώματος, με μετρήσεις σε εξωτερικό περιβάλλον. Γενικά οι πειραματικές μετρήσεις έδειξαν: 1) Δεν ανατασκορίθηκαν όλα τα υλικά στις μετρήσεις και για τους δύο γεωδαιτικούς σταθμούς 2) Η γωνία πρόσπτωσης αποτελεί σημαντικό και καθοριστικό παράγοντα για την ποιότητα των μετρήσεων. Γενικότερα, ο αριθμός των υλικών που μετρήθηκαν μειώθηκε καθώς αυξανόταν η γωνία πρόσπτωσης. 3) Το χρώμα, η υφή και η τραχύτητα της επιφάνειας των υλικών επηρεάζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Ειδικότερα τα ανοικτόχρωμα υλικά παρουσίασαν κατά κανόνα ποιοτικότερες μετρήσεις από τα σκουρόχρωμα, ενώ σε μεγαλύτερες αποστάσεις υλικά με ανώμαλη επιφάνεια (βράχος, άσφαλτος, κτλ) είτε δυσκόλευαν τις μετρήσεις ή δεν μετρήθηκαν καθόλου. 4) Είναι αμφίβολη η ορθότητα των μετρήσεων των οργάνων σε μεγάλες αποστάσεις (π.χ. των 300m και μεγαλύτερες), ακόμα και με την χρήση βοηθητικού υποβάθρου. Επίσης, σε μεγάλες αποστάσεις, δεν επιτυγχάνονται οι ακρίβειες που ισχυρίζονται οι κατασκευαστές καθώς πολλοί και αστάθμητοι παράγοντες επηρεάζουν το αποτέλεσμα (φυσικές συνθήκες, εμπόδια, μέγεθος δέσμης laser, κτλ).

Λέξεις Κλειδιά: ακρίβεια μέτρησης μηκών, ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός, ανακλαστήρας

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην καθημερινή επιστημονική και επαγγελματική δραστηριότητα του δασολόγου οι επίγειες μετρήσεις μηκών αποτελούν ένα ιδιαίτερος σημαντικό μέρος της εργασίας του καθώς αφορούν μεγάλη ποικιλία σύνθετων τεχνικών έργων και διαδικασιών όπως κτηματολόγιο, οριοθέτηση δασών, αποτυπώσεις, χαράξεις δασοτεχνικών και υδρονομικών έργων, οδοποιία, αναδασώσεις, αποκαταστάσεις λατομείων, συλλογή γεωδομένων για τις δασικές και περιβαλλοντικές μελέτες κ.ά.. Η αλματώδης τεχνολογική εξέλιξη των τοπογραφικών οργάνων επιτρέπει την ανάπτυξη νέων

εναλλακτικών μεθόδων μετρήσεων μηκών, οι οποίες βασίζονται στην δυνατότητα μέτρησης χωρίς την χρήση ανακλαστήρα-πρίσματος κάτι που είναι πολύ χρήσιμο, έως αναγκαίο σε κάποιες περιπτώσεις, στο δύσκολο και πολισχυδές ορεινό δασικό περιβάλλον. Το σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η μέτρηση μηκών χωρίς την χρήση ανακλαστήρα είναι: 1) Δυνατότητα μέτρησης απρόσιτων σημείων 2) Δυνατότητα μέτρησης σημείων με μεγάλο βαθμό δυσκολίας και επικινδυνότητας στην προσέγγιση (κατολισθένοντα προνή, λατομεία) 3) Δυνατότητα μέτρη-

* Δρ. Δασολόγος – Περιβαλλοντολόγος, MSc., Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων Δ.Π.Θ. Προσωπική διεύθυνση: Δοϊράνης 28, 54638, Θεσσαλονίκη, Τηλ.: 2310 831758, e-mail: akambour@otenet.gr.

σης σημείων σε περιβάλλοντα χαμηλού φωτισμού 4) Δυνατότητα μέτρησης σημείων σε μνημεία – χώρους προστασίας χωρίς ύπαρξη φθορών 5) Μείωση προσωπικού εκτέλεσης μετρήσεων 6) Μείωση χρόνου διάρκειας μετρήσεων διότι δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση και η μετακίνηση στοχοφόρου 7) Ακρίβεια στον εντοπισμό των σημείων απευθείας μέσω του τηλεσκοπίου του σταθμού, χωρίς τα σφάλματα καθετότητας του στήλου του πρίσματος.

Η τεχνολογία αυτή βασίζεται σε μια σημαντική ιδιότητα των φυσικών υλικών που ονομάζεται ανακλαστικότητα. Αυτή ορίζεται ως η σχέση ανάμεσα στην ένταση της ανακλώμενης ακτινοβολίας και στην ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας πάνω σε μια επιφάνεια. Πρακτικά περιγράφει το λόγο της ανακλαστικότητας προς το θόρυβο και επηρεάζει με συστηματικό τρόπο τη μέτρηση του μήκους (Ingensand et al, 2003). Η ανάκλαση μιας μονοχρωματικής φωτεινής ακτίνας σε μια επιφάνεια παράγει ακτίνες σε διάφορες διευθύνσεις. Αυτός ο τύπος της ισοτροπικής ανάκλασης μπορεί να περιγραφεί από το νόμο συνημιτόνων του Lambert:

$$I_{\text{reflected}}(\lambda) = I_i(\lambda) \times kd(\lambda) \times \cos(\theta)$$

όπου:

$I_i(\lambda)$ = η ένταση της φωτεινής ακτίνας, συνάρτηση του μήκους κύματος (χρώμα),

$kd(\lambda)$ = συντελεστής διάχυτης ανάκλασης που είναι επίσης συνάρτηση του μήκους κύματος και

θ = γωνία ανάμεσα στη προσπίπτουσα φωτεινή ακτίνα και το κάθετο διάνυσμα στην επιφάνεια.

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανακλαστικότητα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Σε κάθε γεωδαιτικό σταθμό όπως και σε όλες τις τεχνολογίες laser χωρίς χρήση ανακλαστήρα (reflectorless), η λειτουργία τους επηρεάζεται και περιορίζεται εκτός από άλλους παράγοντες (απόσταση, ατμοσφαιρικές συνθήκες), από φυσικούς νόμους της ανακλαστικότητας, τις οπτικές ιδιότητες του υλικού, τη περιλαμβανόμενη διάθλαση και τα αποτελέσματα της εσωτερικής διάθλασης. Η απόσταση από μια επιφάνεια μετράται εάν ένα επαρκές ποσό της ενέργειας του παλμού ανακλάται έτσι ώστε το σήμα να καταγραφεί από τον ανιχνευτή του συστήματος του οργάνου. Το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από τον ανιχνευτή πρέπει να ξεπερνά ένα προκαθορισμένο όριο έντασης για να καταγραφεί ο χρόνος επιστροφής του παλμού (Amann et al, 2001).

Η αναλογία του ανακλώμενου παλμού δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητες του υλικού της επιφάνειας

αλλά και από το μήκος κύματος του παλμού laser. Έχει διαπιστωθεί ότι επιφάνειες διαφορετικής ανακλαστικότητας προκαλούν συστηματικά σφάλματα στις μετρημένες αποστάσεις λόγω της αραίωσης του παλμού στην ανακλαστική επιφάνεια. Για αντικείμενα που αποτελούνται από διαφορετικά υλικά ή από διαφορετικού χρώματος ή επικόλλησης επιφάνειες τα σφάλματα που αναμένονται είναι σημαντικά (Boehler et al, 2003, Fidera et al, 2004). Επίσης μια δοσμένη επιφάνεια μπορεί να παρουσιάζεται ανώμαλη σε ορατά μήκη κύματος και εξομαλυσμένη σε μεγαλύτερα μήκη κύματος.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβολές (διακυμάνσεις) της ανακλαστικότητας είναι το μέγεθος και ο τύπος των στόχων. Αυτό αποδεικνύεται μέσω των πειραματικών διαδικασιών αφού τα αποτελέσματα ήταν τελείως διαφορετικά για μικρούς στόχους (πχ. φύλλο), για γραμμικούς στόχους (πχ. ένα σύρμα), εκτεταμένους στόχους (πχ. η επιφάνεια ενός δρόμου) αλλά και ογκώδεις στόχους (πχ. ένα δέντρο). Επίσης την ανακλαστικότητα μπορεί να επηρεάσει και η γωνία πρόσπτωσης του εκπεμπόμενου παλμού στην επιφάνεια ανάκλασης.

Ωστόσο οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανακλαστικότητα είναι το χρώμα αλλά και το υλικό της επιφάνειας. Έχει αποδειχτεί πως οι άσπρες και γενικότερα ανοικτόχρωμες επιφάνειες αποφέρουν μεγάλης έντασης (ισχυρές) ανακλάσεις ενώ αντίθετα η ανάκλαση είναι μικρή σε μαύρες ή σκουρόχρωμες επιφάνειες. Οι επιδράσεις των χρωματισμένων επιφανειών εξαρτώνται επίσης από τα φασματικά χαρακτηριστικά του εκπεμπόμενου laser (πράσινο, κόκκινο, εγγύς υπέρυθρο). Επιφάνειες λαμπερές συνήθως δεν είναι εύκολο να καταγραφούν.

Η γενική αρχή μέτρησης μηκών στους σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς είναι ουσιαστικά η εκπομπή από το όργανο ενός ορατού laser παλμού που ανακλάται σε έναν στόχο και επιστρέφει στον αισθητήρα του οργάνου. Στην συνέχεια το μήκος υπολογίζεται ανάλογα με την τεχνική που εφαρμόζεται μέσω: **α) της διαφοράς φάσης του εκπεμπόμενου παλμού κατά την επιστροφή:** Το EDM διαβιβάζει μια ομοαξονικής έντασης διαμορφωμένη οπτική δέσμη μέτρησης η οποία ανακλάται από μια επιφάνεια και επιστρέφει στο όργανο. Η διαφορά φάσης ανάμεσα στο διαβιβαζόμενο φως και στην ανακλώμενη ακτίνα ανιχνεύεται από ειδικές συσκευές και στην ουσία αναπαριστά την απόσταση. Το όργανο μετρά μια σταθερή μετατόπιση της φάσης παρά την ύπαρξη αναπόφευκτων αποκλι-

σεων στο εκπεμπόμενο και ανακλώμενο σήμα. Μόνο η μετατόπιση αυτή της φάσης λαμβάνεται ως πληροφορία από την σύγκριση τουλάχιστον δύο φάσεων (δύο παλμών με διαφορετικά μήκη κύματος) αφού η ύπαρξη της ασάφειας κύκλων αποτρέπει την απευθείας μετατροπή αυτής της διαφοράς σε απόσταση μεταξύ οργάνου και στόχου. Αυτή η ασάφεια κύκλων αναλύεται χρησιμοποιώντας πολλαπλές μετρήσεις διαμορφωμένων ακτινοβολιών διαφορετικών μηκών κύματος οι οποίες παρέχουν ένα μοναδικό, ακέραιο αριθμό από κύκλους. Όταν ο ακέραιος αριθμός αυτός υπολογιστεί η απόσταση μπορεί να προσδιοριστεί με πολύ μεγάλη ακρίβεια (Μπαλοδήμος, 2000) **β) της διάρκειας “πτήσης” του παλμού μέχρι την επιστροφή του αντίστοιχα:** Το EDM που φέρει ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός εκπέμπει χιλιάδες μικρούς υπέρυθρους ή laser παλμούς οι οποίοι διαβιβάζονται μέσα από το τηλεσκόπιο στον στόχο. Αυτοί οι παλμοί ανακλώνται από τον στόχο και επιστρέφουν στο όργανο όπου ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές μετρούν τον χρόνο της πτήσης για κάθε ένα παλμό. Όσο η ταχύτητα του φωτός μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια ο χρόνος της πτήσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον άμεσο προσδιορισμό του μήκους μεταξύ οργάνου και στόχου. Γνωρίζοντας πως η μέθοδος αυτή έχει και την μεγαλύτερη εμπέδεια, ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι πως εξασφαλίζει τα μεγαλύτερα επίπεδα ασφαλείας όσον αφορά την ασφάλεια των ματιών επειδή το διάστημα μεταξύ της εκπομπής των laser παλμών αποτρέπει τη συγκέντρωση της ενέργειας που θα μπορούσε να είναι ιδιαίτερα επιβλαβής (Μπαλοδήμος, 2005).

2. ΥΛΙΚΑ - ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η διαδικασία των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε σε εξωτερικό χώρο στην παραλία της Θεσσαλονίκης σε προμετρημένα σημεία του Δήμου και δημιουργημένες στάσεις για προσαρμογή του πειράματος. Οι μετρήσεις έγιναν με καλές συνθήκες, με ορατότητα >20Km, με ελαφρά συννεφιά, χωρίς ζέση, χωρίς λαμπύρισμα, με μέτριο άνεμο και προσανατολισμό που εξασφάλιζε ότι ο ήλιος δεν ήταν αντίθετος. Επίσης γνωρίζοντας την ονομαστική τιμή του μήκους και σε συνδυασμό με την εξαναγκασμένη κέντρωση τόσο του οργάνου όσο και των στόχων τα αποτελέσματα είναι άμεσα συγκρίσιμα μεταξύ τους. Η διαδικασία που ακολουθείται για κάθε σειρά μετρήσεων είναι η εξής: α) τοποθετείται στο πρώτο προμετρημένο σημείο στάσης ο γεωδαιτικός σταθμός ενώ στο δεύτερο σημείο στάσης ο τρίτοδας με κεντρωμένη την ειδική βάση στήριξης των στόχων στην οποία τοποθετείται η εξαναγκασμένη βάση κέντρωσης και το

τριγώνιο πάνω στην οποία τοποθετούνται κατά σειρά ένα πρίσμα καθώς και όλα τα δοκίμια β) Μετράται το μήκος ανάμεσα στον γεωδαιτικό σταθμό και το πρίσμα με την ακρίβεια που παρέχει κάθε σταθμός για αυτή την μέτρηση γ) το όργανο παραμένει σταθερό χωρίς να αλλάξει γωνία σκόπευσης έτσι ώστε να παραμείνουν σταθερές οι συνθήκες μέτρησης για κάθε υλικό. Καθώς το σημείο μέτρησης του μήκους παραμένει σταθερό και τα μήκη που θα μετρούνται είναι άμεσα συγκρίσιμα δ) Στην θέση του καταφώτου τοποθετούνται κατά σειρά τα δοκίμια πάνω σε ειδική βάση στήριξης.

Πραγματοποιούνται κάθε φορά 5 διαδοχικές μετρήσεις του μήκους σε 11 διαφορετικά υλικά και σε τρεις διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης. Οι διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης αφορούν τα δοκίμια και αναφέρονται στη γωνία που σχηματίζει η επιφάνεια του δοκιμίου σε σχέση με τη διεύθυνση του σκοπευτικού άξονα του οργάνου. Κατόπιν αυτού διακρίνονται 3 περιπτώσεις: α) η επιφάνεια του δοκιμίου να είναι κάθετη στην διεύθυνση του σκοπευτικού άξονα του οργάνου β) να σχηματίζει γωνία 30° με την κάθετη στην διεύθυνση του σκοπευτικού άξονα του οργάνου γ) να σχηματίζει γωνία 45° με την κάθετη στην διεύθυνση του σκοπευτικού άξονα του οργάνου. Η μεταβολή της θέσης του στόχου ελετεύχθη με την περιστροφή της ειδικής βάσης στις αντίστοιχες γωνίες με σκοπό τη μελέτη της ανακλαστικότητας της ακτινοβολίας όταν τα υλικά στοχεύονται όχι κάθετα αλλά υπό γωνία όπως πολλές φορές συμβαίνει στην πράξη. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλες τις περιπτώσεις το όργανο παρέμενε ακίνητο σε πακτωμένη οριζόντια και κατακόρυφη γωνία αντίστοιχα.

Στόχος είναι η σύγκριση της τιμής του μήκους που μετρήθηκε με την χρήση πρίσματος σε κάθε θέση με αυτή που μετρήθηκε στην ίδια θέση πάνω στην επιφάνεια κάθε υλικού και να υπολογιστεί η διαφορά τους. Με τον τρόπο αυτόν εξετάστηκε αν η διαφορά των μετρήσεων του μήκους οργάνου-στόχου με ανακλαστήρα και χωρίς ανακλαστήρα είναι μικρότερη ή όχι από την επιτρεπόμενη για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% σύμφωνα με τις ακρίβειες μέτρησης που δίνουν οι κατασκευαστές των οργάνων (Ρωσιζόπουλος, 1999, Αγατζά – Μπαλοδήμου, 2000, 2003). Σύμφωνα με τα παραπάνω, ΔD ορίζεται η διαφορά της μέτρησης του μήκους με ή χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα:

$$\Delta D = \beta_1 - \alpha_1 \quad (1)$$

όπου: β_1 η μέτρηση με χρήση ανακλαστήρα και α_1 η μέτρηση χωρίς ανακλαστήρα.

Σύμφωνα με τον νόμο μετάδοσης σφαλμάτων:

$$\sigma_{\Delta D} = \pm \sqrt{\sigma_{\beta_1}^2 + \sigma_{\alpha_1}^2} \quad (2)$$

Για να είναι αποδεκτή η τιμή της διαφοράς του μήκους ΔD πρέπει να βρίσκεται στο διάστημα:

$$-z\sigma_{\Delta D} \leq \Delta D \leq z\sigma_{\Delta D} \quad (3)$$

όπου z η τιμή 1.96 για μονοδιάστατο έλεγχο για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται για κάθε υλικό και κάθε γωνία πρόσπτωσης.

Προκειμένου να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα των μετρήσεων με την τιμή της μέτρησης στο πρίσμα πρέπει τα δοκίμια να τοποθετηθούν σε μια κατάλληλη διάταξη έτσι ώστε να πληρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε μια κατάλληλη βάση στήριξης τα χαρακτηριστικά της οποίας περιγράφονται στον πίνακα I. Επίσης η επιφάνεια μέτρησης των δοκιμίων πρέπει να βρίσκεται στο συγκεκριμένο κατακόρυφο επίπεδο το οποίο θα περιλαμβάνει τον κατακόρυφο άξονα που περνά από το σημείο κέντρωσης της βάσης όταν αυτή είναι οριζοντιωμένη και επομένως ταυτίζεται με το σημείο μέτρησης του πρίσματος όταν τοποθετείται πάνω στο τριπόδω.

Έγινε προσπάθεια να καλυφθεί ένα ικανοποιητικό εύρος υλικών και χρωμάτων. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε σε υλικά που θεωρούνται ευρύτατα διαδεδομένα σε χρήση και που είναι αυτά που συναντά συχνά ένας δασολόγος στο ύπαιθρο. Κάποια από αυτά τα υλικά συλλέχθηκαν σε διαφορετικά χρώματα για να μελετηθούν και αποτελέσματα της ανακλαστικότητας διαφορετικών χρωμάτων του ίδιου υλικού (πχ. τσιμέντο), ενώ άλλα προς προσομοίωση φυσικών υλικών και για λόγους έρευνας (Μοριουσανίδα, Kodak Gray και Kodak White Card). Τελικά επιλέχθηκαν

και μετρήθηκαν τα εξής 11 υλικά: 1) Kodak Gray Card (18%) 2) Kodak White Card (90%) 3) Τσιμέντο λευκό 4) Τσιμέντο γκρι 5) Μάρμαρο 6) Σίδερο 7) Κεραμίδι 8) Ασφαλτος 9) Βράχος 10) Ξύλο 11) Μοριουσανίδα. Όλα τα παραπάνω υλικά τοποθετήθηκαν το ένα μετά το άλλο στην ειδική βάση στήριξης και στερεώθηκαν σε τέτοια θέση έτσι ώστε η εμπροσθεν επιφάνειά τους να εφάπτεται στους συνδέσμους της βάσης και να υλοποιείται σωστά το κατακόρυφο επίπεδο μέτρησης. Για την διενέργεια των πειραματικών μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν δύο ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί (total stations) οι οποίοι είναι ο FOCUS 10 της εταιρίας Spectra Precision (Spectra Precision, 2007) και ο GPT3003LN της εταιρίας Topcon (Topcon, 2001). Τα χαρακτηριστικά των γεωδαιτικών σταθμών παρουσιάζονται στον Πίνακα II.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται με την χρήση διαγραμμάτων για κάθε υλικό. Στον κάθετο άξονα καταγράφονται τα μήκη σε μέτρα, ενώ στον οριζόντιο άξονα οι 5 διαδοχικές μετρήσεις μηκών για κάθε γωνία πρόσπτωσης. Με διαφορετικού τύπου γραμμές αποδόθηκαν οι μετρήσεις για τις διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης για κάθε υλικό, δηλαδή με συνεχόμενη γραμμή (—) οι 5 διαδοχικές μετρήσεις για γωνία πρόσπτωσης 90°, με διακεκομμένη γραμμική (— —) οι μετρήσεις για γωνία 30° και με διακεκομμένη σημειακή (.....) οι μετρήσεις για γωνία 45°. Όταν σε κάποιο από τα διαγράμματα δεν εμφανίζεται κάποια από τις παραπάνω γραμμές, αυτό σημαίνει ότι το συγκεκριμένο υλικό δεν κατέστη δυνατό να μετρηθεί στην συγκεκριμένη γωνία πρόσπτωσης από τους γεωδαιτικούς σταθμούς.

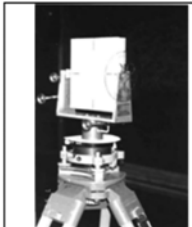
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Μετρήσεις με τον γεωδαιτικό σταθμό Spectra Precision FOCUS 10



Με το FOCUS 10 της εταιρίας Spectra Precision έγινε αρχικά προσπάθεια να μετρηθεί ένα μήκος της

Πίνακας I: Χαρακτηριστικά βάσης στήριξης δοκιμίων

Table I: Specifications of materials support base

	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΙΔΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ
	1) τοποθετείται σε τριπόδω ώστε να μπορεί να οριζοντιωθεί 2) έχει δυνατότητα περιστροφής ώστε να τοποθετείται ο στόχος στην επιθυμητή γωνία πρόσπτωσης σε σχέση με το σκελεπτικό άξονα του οργάνου 3) είναι σταθερή 4) έχει τη δυνατότητα να δέχεται υλικά-δοκίμια τα οποία έχουν διαφορετικό σχήμα ή πάχος 5) επιτρέπει την κατακόρυφη τοποθέτηση των δοκιμίων και 6) εξασφαλίζει την ίδια θέση της επιφάνειας μέτρησης του μήκους για όλα τα δοκίμια και την ταύτισή με το σημείο μέτρησης του πρίσματος.

Πίνακας II: Χαρακτηριστικά γεωδαιτικών σταθμών
Table II: Total stations specifications

	<p>SPECTRA PRECISION FOCUS 10 Δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς ανακλαστήρα. Δυνατότητα ορατής ή όχι εκπομπής της δέσμης laser. Διάρκεια μέτρησης μήκους μικρότερη του 3 sec. Μικρό βάρος (6.4 kgr). Βεληνεκές των 600m για την μέτρηση μηκών χωρίς ανακλαστήρα και 5500m με ένα πρίσμα (long range). Για τις γωνίες απόδοση 3^o και ακρίβεια ±10^o Για τα μήκη απόδοση 0.5 mm και ακρίβεια ±3 mm ±3 ppm με πρίσμα και ακρίβεια ±5 mm ±3 ppm χωρίς πρίσμα. Αποτύπωμα δέσμης laser (beam divergence) 40mm οριζόντια και 80mm κατακόρυφα (40mm X 80mm) στα 100m αντίστοιχα.</p>
	<p>TOPCON GPT3003LN Δυνατότητα μέτρησης μήκους με ή χωρίς ανακλαστήρα. Δυνατότητα ορατής ή όχι εκπομπής της δέσμης laser. Διάρκεια μέτρησης μήκους μικρότερη του 1,2 sec. Μικρό βάρος (5.3 kgr). Βεληνεκές των 1200m για την μέτρηση μηκών χωρίς ανακλαστήρα και 3000m με ένα πρίσμα. Για τις γωνίες απόδοση 1^o και ακρίβεια ±10^o Για τα μήκη απόδοση 0.2 mm και ακρίβεια ±2mm ±2ppm με πρίσμα και ακρίβεια ±10mm (<25m) και ±5mm (>25m) χωρίς πρίσμα. Αποτύπωμα δέσμης laser (beam divergence) 15mm οριζόντια και 30mm κατακόρυφα (15mm X 30mm) στα 50m αντίστοιχα.</p>

τάξης των 550m όπου παρατηρήθηκε πως το όργανο δεν μπορούσε να μετρήσει στα περισσότερα από τα υλικά. Έγινε προσπάθεια μέσω δοκιμαστικών μετρήσεων να ορισθεί μία απόσταση κατά το δυνατό κοντά στις δυνατότητες του οργάνου και να έχουμε ένδειξη από τουλάχιστον 5 υλικά. Έτσι, μειώθηκε το μήκος στα 380m και ορίστηκε σημείο στάσης. Εν συνεχεία το μήκος που μετρήθηκε με την χρήση καταφώτου είναι D= 379.574m.

Οι περισσότερες μετρήσεις με το Spectra FOCUS 10 όπως φαίνεται και από τα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις όσον αφορά το εύρος των μετρήσεων για κάθε γωνία πρόσπτωσης για κάθε υλικό. Οι περισσότερες από αυτές κυμαίνονται σε ένα εύρος 12 - 20mm. Η μέγιστη διαφορά μέτρησης που παρατηρήθηκε από την τιμή του μήκους μετρούμενου με κατάφωτο ήταν: 1) για γωνία πρόσπτωσης 90°: 31mm (τοιμέντο γκρι) 2) για στροφή 30°: 13mm (kodak white) 3) για στροφή 45°: 20mm (kodak white).

Ωστόσο το βασικό χαρακτηριστικό των μετρήσεων είναι το γεγονός ότι τα περισσότερα υλικά δεν κατάφεραν να επιστρέψουν την ακτίνα του παλμού laser και ως αποτέλεσμα δεν πραγματοποιήθηκαν αρκετές μετρήσεις.

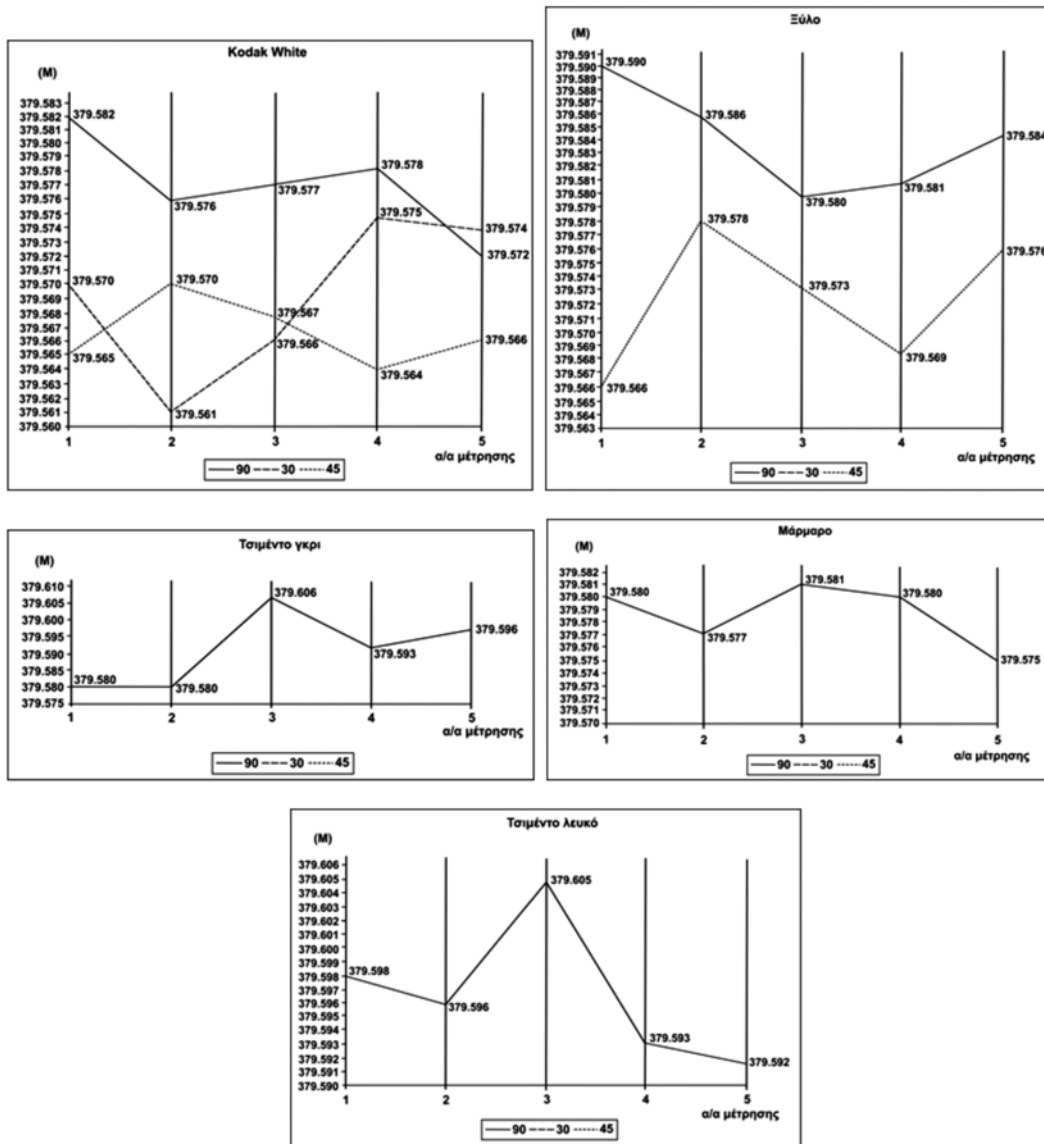
Ειδικότερα το Spectra FOCUS 10 σε **μετρήσεις στις 90°** δεν μετρήσε τα εξής υλικά (6 από τα συνολικά 11): 1) Kodak Gray 2) Σίδηρο 3) Κεραμίδι 4) Ασφαλτος 5) Βράχος 6) Μοριοσανίδα. Σε **μετρή-**

σεις στις 30° δεν μετρήσε τα εξής υλικά (10 από τα συνολικά 11): 1) Kodak Gray 2) Τσιμέντο λευκό 3) Τσιμέντο γκρι 4) Μάρμαρο 5) Σίδηρο 6) Κεραμίδι 7) Ασφαλτος 8) Βράχος 9) Ξύλο 10) Μοριοσανίδα. Σε **μετρήσεις στις 45°** δεν μετρήσε τα εξής υλικά (9 από τα συνολικά 11): 1) Kodak Gray 2) Τσιμέντο λευκό 3) Τσιμέντο γκρι 4) Μάρμαρο 5) Σίδηρο 6) Κεραμίδι 7) Ασφαλτος 8) Βράχος 9) Μοριοσανίδα.

3.2 Μετρήσεις με τον γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003LN

Με το GPT3003LN της εταιρίας Topcon και σε αυτή την περίπτωση η αρχική απόσταση που είχε επιλεγεί ήταν κοντά στα 950m αλλά το όργανο δεν μπορούσε να πραγματοποιήσει μετρήσεις στα περισσότερα υλικά. Στην συνέχεια επιλέχθηκε μια απόσταση 750m όπου αυξήθηκε ο αριθμός των υλικών που μετρήθηκαν όμως εμφανίστηκε ένα πρόβλημα που επηρέαζε σημαντικά τις μετρήσεις. Ειδικότερα, ενώ το σταυρόνημα στόχευε ξεκάθαρα στο κέντρο του υλικού, τόσο στην πρώτη προσπάθεια των 950m όσο και τελικώς στα 750m, η μέτρηση του μήκους χωρίς ανακλαστήρα έβγαζε ως αποτέλεσμα μήκος μεγαλύτερο του ήδη μετρούμενου με κατάφωτο κατά 24m. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στην ύπαρξη ενός τοιχίου περίπου 25m πίσω από τους στόχους και μπορεί να εξηγηθεί μόνο από κάποια πιθανή απόκλιση του σκοπευτικού άξονα σε σχέση με την οπτική ακτίνα laser όπως αυτή φεύγει από το όργανο.

Σχήμα 1: Διαγράμματα μετρήσεων με το γεωδαιτικό σταθμό Spectra FOCUS 10.
Figure 1: Graphs of distance measurements with Spectra FOCUS 10 total station.



Έτσι, επελέγη ακόμα μικρότερο μήκος περί τα 600m όπου μετρήθηκαν όλα τα υλικά στόχοι. Το παραπάνω πρόβλημα παρουσιάστηκε και εδώ σε αρκετά υλικά και αναγκαστικά έπρεπε να υπάρξει αλλαγή της κατακόρυφης γωνίας του οργάνου έτσι ώστε το σταυρόνημα να μην βρίσκεται ελάχιστα χαμηλότερα του στόχου αλλά το όργανο να μετράει στο σωστό μήκος. Ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο πιθανότατα δεν ήταν εφικτές οι μετρήσεις σε πολλά από τα υλικά και με τα δύο όργανα ήταν το μέγεθος των δοκιμίων. Ειδικότερα σε μεγάλα μήκη το αποτύπωμα της δέσμης laser ίσως είναι αρκετά μεγάλο ώστε να

απαιτεί και αντίστοιχα μεγάλη επιφάνεια σκόπευσης από το εκάστοτε υλικό. Ωστόσο η κατασκευή τέτοιου είδους δοκιμίων δεν είναι επιθυμητή αφού ο έλεγχος γίνεται για σκόπευση συγκεκριμένων σημείων.

Ο τελικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα 598m και και ορίστηκε σημείο στάσης. Το μήκος που μετρήθηκε με τη χρήση καταφώτου είναι $D=597.870m$.

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται ότι τα μετρημένα μήκη ακολουθούν μία συγκεκριμένη τάση σε σχέση με την τιμή αναφοράς. Ειδικότερα, παρατηρείται το φαινόμενο ότι όσο μεγαλώνει η

γωνία στροφής τόσο μικρότερες είναι και οι τιμές του μήκους.

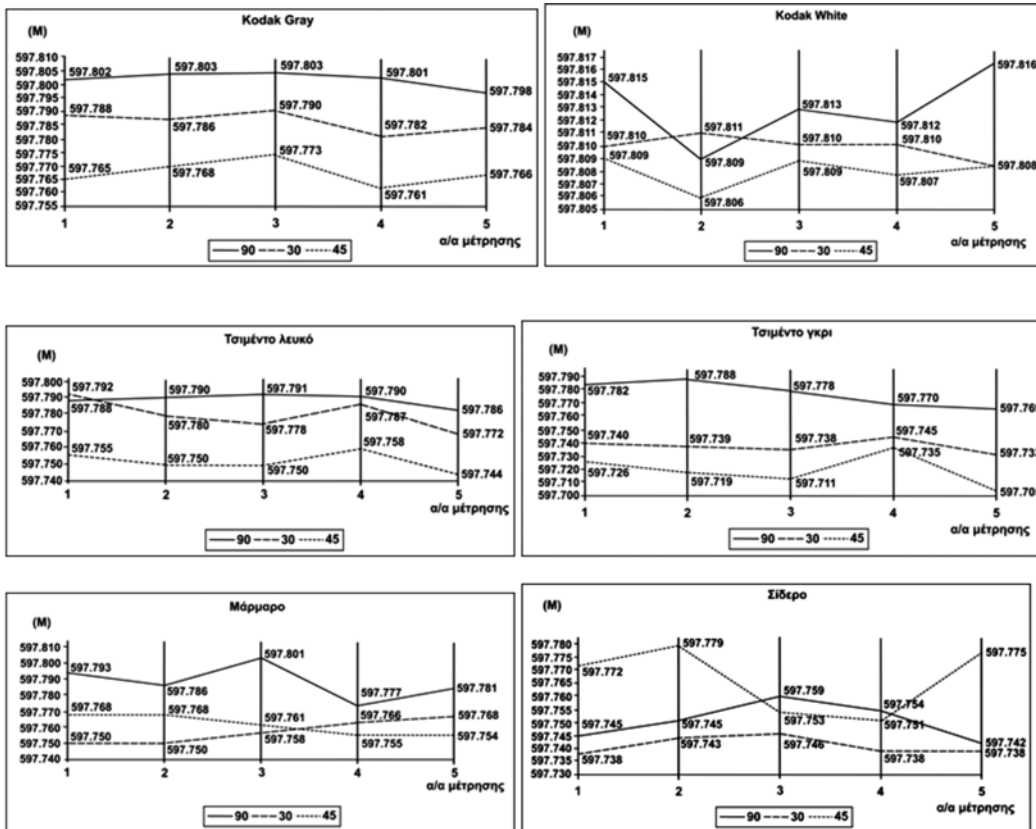
Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το μεγάλο εύρος που εμφανίζουν οι μετρήσεις στα περισσότερα υλικά με τιμές που μπορεί να καλύπτουν ένα εύρος 10-15cm ή και παραπάνω με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί διαφορετική κλίμακα για την καταλληλότερη απεικόνισή τους. Εξαιρέση αποτελεί το υλικό Kodak White, όπου οι μετρήσεις και στις τρεις γωνίες εμφανίζουν τιμές με μέγιστη απόκλιση 15mm και ως αποτέλεσμα χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα χιλιοστού για την απεικόνισή τους στα διαγράμματα. Η μέγιστη διαφορά μέτρησης που παρατηρήθηκε από την τιμή του μήκους μετρημένου με κατάφωτο ήταν: 1) για γωνία πρόσπτωσης 90°: 128mm (σίδηρο) 2) για στροφή 30°: 148mm (άσφαλτος) 3) για στροφή 45°: 165mm (τσιμέντο γκρι).

Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT3003LN, μέτρησε όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης.

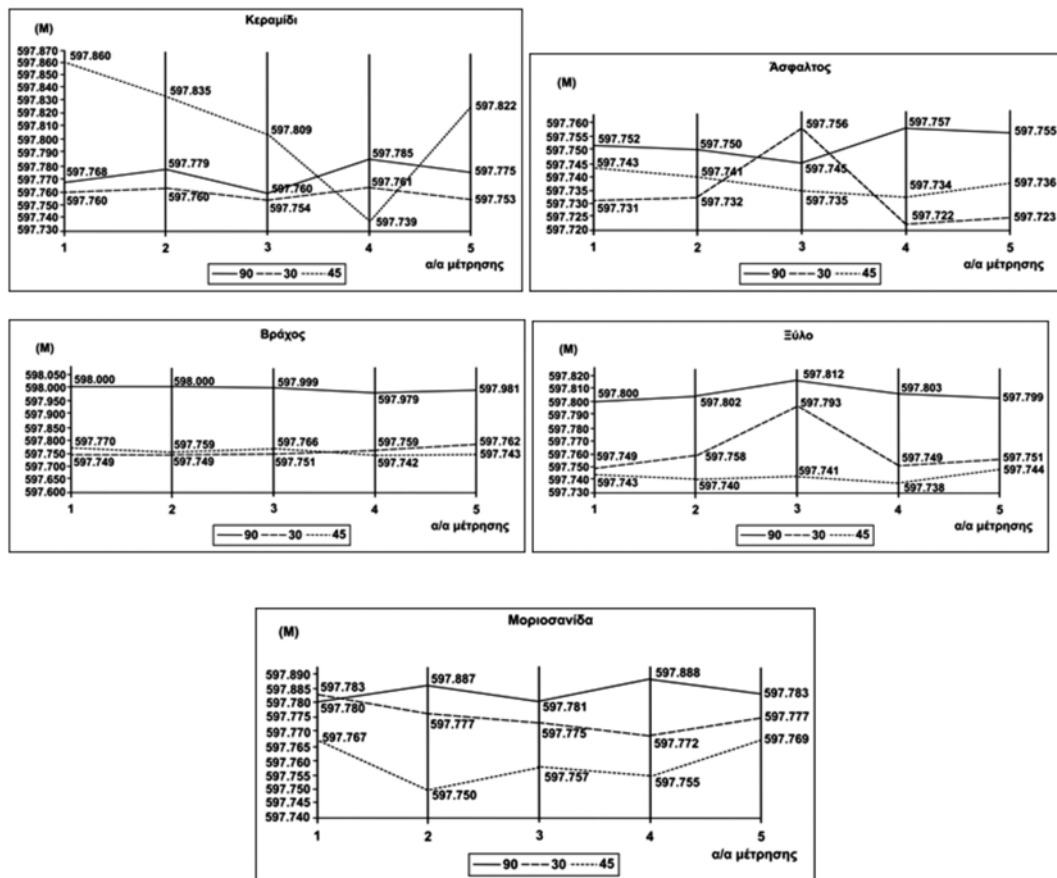
3.3 Αξιολόγηση μετρήσεων

Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν πίνακες για την αξιολόγηση και την αποδοχή ή μη των μετρήσεων. Έτσι εκ νέου εξετάστηκε αν η διαφορά μέτρησης του μήκους οργάνου-στόχου με ανακλαστήρα καθώς και χωρίς ανακλαστήρα είναι αποδεκτή για διάστημα εμπιστοσύνης 95% με βάση τις παρεχόμενες ακρίβειες που δίνονται από τον κάθε κατασκευαστή. Για κάθε σταθμό και σύμφωνα με τον κατασκευαστή ισχύουν οι παρακάτω ακρίβειες για μετρήσεις με ή χωρίς την χρήση ανακλαστήρα αντίστοιχα:

- Για το Spectra FOCUS 10 $\pm 5\text{mm}$ χωρίς ανακλαστήρα και $\pm 3\text{mm}$ με ανακλαστήρα
 - Για το Topcon GPT3003LN $\pm 5\text{mm}$ χωρίς ανακλαστήρα και $\pm 3\text{mm}$ με ανακλαστήρα
- Επομένως σύμφωνα με την σχέση 3 υπολογίζονται οι τιμές για το $\sigma_{\Delta D}$ για τα δύο όργανα:



Σχήμα 2. Διαγράμματα μετρήσεων με το γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003LN
Figure 2. Graphs of distance measurements with Topcon GPT3003LN total station



Σχήμα 2. (συνέχεια)
Figure 2. (continue)

- Για το Spectra FOCUS 10, $\sigma_{\Delta D} = \pm 5.8\text{mm}$ και τελικά $Z \cdot \sigma_{\Delta D} = \pm 11.3 \text{ mm}$
- Για το Topcon GPT3003LN, $\sigma_{\Delta D} = \pm 5.8\text{mm}$ και τελικά $Z \cdot \sigma_{\Delta D} = \pm 11.3 \text{ mm}$

Στον παρακάτω πίνακα ΙΙΙ εμφανίζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα ανά όργανο καθώς και το αποτέλεσμα της αξιολόγησης των μετρήσεων. Έτσι:

- με έντονα πλάγια ψηφία εμφανίζονται στον πίνακα οι μετρήσεις εκείνες οι οποίες δεν έγιναν αποδεκτές σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%.
- σε γκρι κελί του πίνακα εμφανίζονται οι μετρήσεις οι οποίες εκτός του ότι δεν έγιναν αποδεκτές εμφάνιζαν μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με το αρχικά μετρούμενο με κατάφωτο μήκος
- με το σύμβολο (-) δηλώνεται η αδυναμία μέτρη-

σης

Στον γεωδαιτικό σταθμό Spectra FOCUS 10 είναι εμφανής ο μικρός αριθμός των μετρούμενων υλικών ο οποίος μειώνεται δραστικά όσο αυξάνει η γωνία πρόπτωσης. Έτσι, στην σκόπευση στο κέντρο μετρήθηκαν 5 υλικά, σε γωνία σκόπευσης 30° μόλις 1 υλικό, ενώ σε γωνία σκόπευσης 45°, μόλις 2 υλικά. Ωστόσο οι περισσότερες από τις μετρήσεις που τελικά πραγματοποιήθηκαν έγιναν αποδεκτές σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Ειδικότερα έγιναν αποδεκτές 3 από τις συνολικά 5 στις σκολεύσεις στο κέντρο, 1 σε σύνολο 1 σε γωνία 30° και 2 σε σύνολο 2 σε γωνία 45° αντίστοιχα.

Ο γεωδαιτικός σταθμός Topcon GPT3003LN, είχε ως χαρακτηριστικό των μετρήσεων ότι σε κάθε γωνία μετρήθηκε το σύνολο των υλικών. Ωστόσο από τις μετρήσεις αυτές καμία δεν έγινε αποδεκτή σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% και μάλιστα οι διαφορές των αποστάσεων σε σχέση με το αρχικά μετρούμενο με κατάφωτο μήκος του συστήματος οργάνου-στόχων

Πίνακας III. Αξιολόγηση μετρήσεων με το Spectra FOCUS 10 και το Topcon GPT3003LN
Table III. Measurements evaluation with Spectra FOCUS 10 and Topcon GPT3003LN

A/A	ΥΛΙΚΟ	Spectra FOCUS 10			Topcon GPT3003LN		
		ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
		90°	30°	45°	90°	30°	45°
1	KODAK GREY	-	-	-	68.0	84.0	103.0
2	KODAK WHITE	3.0	4.8	7.0	57.0	60.0	62.0
3	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	-22.0	-	-	81.0	88.0	119.0
4	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	-17.0	-	-	93.0	131.0	151.0
5	ΜΑΡΜΑΡΟ	-4.0	-	-	93.0	117.0	109.0
6	ΣΙΔΕΡΟ	-	-	-	121.0	130.0	104.0
7	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-	97.0	113.0	57.0
8	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-	119.0	137.0	133.0
9	ΞΥΛΟ	-10.0	-	1.0	67.0	110.0	129.0
10	ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-	-122.0	116.0	114.0
11	ΜΟΡΙΟΣΑΝΙΔΑ	-	-	-	46.0	93.0	111.0

κυμαίνονται από 46-151mm.

3.4 Επανάληψη εξωτερικών μετρήσεων

Όπως είναι φανερό από τον παραπάνω πίνακα III, ενώ οι μετρήσεις μηκών με το όργανο GPT3003LN της Topcon πραγματοποιήθηκαν σε όλα τα υλικά και για τις τρεις γωνίες πρόσπτωσης, καμία από αυτές δεν έγινε αποδεκτή για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Αυτό πιθανότατα να οφείλεται στην μεγάλη απόσταση του συστήματος οργάνου-στόχου γεγονός που επέδρασε στην ανάκλαση της δέσμης laser του οργάνου αφού ο στόχος ήταν μικρότερος από το αποτύπωμα της δέσμης laser (beam divergence) σε αυτή την απόσταση. Άλλωστε πολλές από τις μετρήσεις παρουσίαζαν μεγάλη διαφορά από το μετρημένο με κατάφωτο μήκος αφού η ακτίνα πιθανόν επηρεαζόταν από το μικρό μέγεθος του στόχου και μετρούσε και σε διάφορες άλλες επιφάνειες πίσω από αυτόν (πχ. τοίχος).

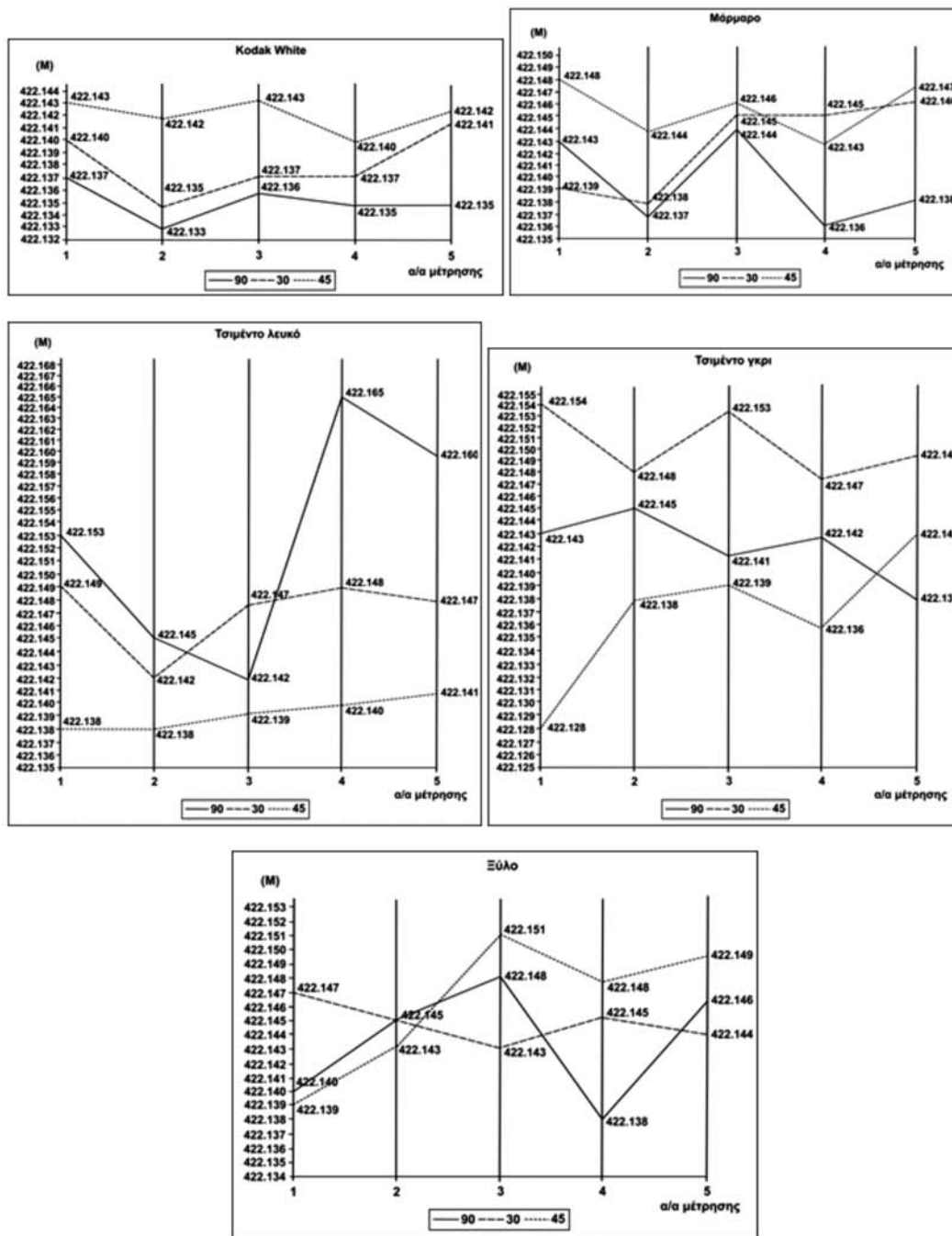
Επομένως θα έπρεπε είτε να μεγαλώσει η επιφάνεια τον δοκιμίων, γεγονός ιδιαίτερα δύσκολο από

πλευράς κόστους αλλά και δυνατότητας ευελιξίας, είτε να γίνουν προσπάθειες να περιοριστεί η ακτίνα laser των οργάνων μόνο στο επιθυμητό επίπεδο μετρήσεων χωρίς αποκλίσεις που πιθανότατα επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα.

Για την εκτίμηση του μεγέθους της δέσμης αυτής πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μετρήσεις με διαδοχικές τοποθετήσεις ενός στόχου από μεγάλο λευκό χαρτόνι σε συγκεκριμένες αποστάσεις από το όργανο Topcon GPT3003LN. Στην συνέχεια υλοποιήθηκε η ορατή δέση laser του οργάνου πάνω στο λευκό χαρτόνι και μετρήθηκε η διάμετρος του αποτυπώματος της δέσμης. Οι αποστάσεις στις οποίες τοποθετήθηκε ο στόχος ήταν διαδοχικά περίπου: 50m, 100m, 200m, 250m, 350m, 400m και 640m. Η ορατή δέση εμφανίστηκε με την μορφή κύκλου, ωστόσο χωριζόταν σε δύο τμήματα: το κυρίως τμήμα που είχε την μορφή κύκλου καθώς και έναν δακτύλιο γύρω από αυτόν που φαινόταν πιο αμυδρά. Στον παρακάτω πίνακα IV φαίνονται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα προαναφερθέντα μήκη με κατάφωτο, με laser

Πίνακας IV: Πειραματικές μετρήσεις ίχνους ορατής δέσμης του γεωδαιτικού σταθμού Topcon GPT3003LN
Table IV: Experimental measurements of Topcon GPT3003LN laser beam spot size.

Μήκος με κατάφωτο (m)	Μήκος χωρίς κατάφωτο (m)	ΔD(mm)	Εσωτερικός κύκλος (cm) (Διάμετρος)	Εξωτερικός δακτύλιος (cm) (Διάμετρος)
52.132	52.130	2	1.7	9
103.543	103.540	3	2.2	11
199.96	199.959	1	5.6	13.4
252.278	252.282	4	6.6	14.2
346.477	346.474	3	9.2	18.5
402.071	402.075	4	10.2	20.6
643.267	643.535	268	18	-



Σχήμα 3. Διαγράμματα επαναληπτικών μετρήσεων με το γεωδαιτικό σταθμό Spectra FOCUS 10 με A4. **Figure 3.** Graphs of distance measurements with Spectra FOCUS 10 total station and A4 background.

καθώς και το μέγεθος του εσωτερικού και εξωτερικού κύκλου του ίχνους της ορατής ακτίνας laser του οργάνου που ήταν ορατός με γυμνό μάτι.

Φαίνεται από τις διαφορές ανάμεσα στο μετρημέ-

νο μήκος με κατάφωτο και σε αυτό χωρίς κατάφωτο ότι οι μετρήσεις είναι εντός του εύρους σφάλματος του οργάνου για την μέτρηση του μήκους εκτός από την τελευταία μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στα

630m. Φαίνεται ότι σε μήκη της τάξης των 600m το μέγεθος του βασικού κύκλου του ίχνους του laser έφτασε τα 18cm διάμετρο, από μόλις 1.7cm στα 50m.

Η διάμετρος αυτή, η οποία αφορά μόνο τον βασικό κύκλο της δέσμης, είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από το μέγεθος των δοκιμών που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις των μηκών, τα οποία ήταν στην πλειοψηφία των δοκιμών 12x12cm. Το μέγεθος των δοκιμών κρίνεται μικρό για την πραγματοποίηση σωστών μετρήσεων σε μήκη της τάξης των 600m και αποτελεί τον βασικότερο λόγο των μεγάλων αποκλίσεων των τιμών των μετρήσεων μήκους με κατάφωτο από αυτές χωρίς κατάφωτο αντίστοιχα. Όταν ο κύκλος του laser ξεπερνά το μέγεθος της επιφάνειας τότε τα αποτελέσματα είναι αβέβαια. Ωστόσο παραμένει το ερώτημα ποιο μήκος μετρά το όργανο όταν η σκόπευση είναι σημειακή.

Για τον έλεγχο και επιβεβαίωση του φαινομένου πραγματοποιήθηκαν εκ νέου επαναληπτικές μετρήσεις με το όργανο αυτό με δύο διαφορετικούς τρόπους: α) μία με χρήση μιας λευκής σελίδας μεγέθους A4 με τα όργανα GPT3003LN της Topcon και Spectra FOCUS 10 και β) μία με χρήση λευκής σελίδας A1 για το όργανο GPT3003LN της Topcon.

Και στις δύο περιπτώσεις τα φύλλα αυτά τοποθετήθηκαν πίσω από τα δοκίμια χωρίς όμως να αλλάξει καθόλου η κατακόρυφη γωνία σκόπευσης αλλά ούτε και η τοποθέτηση των δοκιμών πάνω στην κατασκευή ώστε να στοχεύεται το κέντρο τους. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιήθηκαν επαναληπτικές μετρήσεις και στις τρεις γωνίες πρόσπτωσης (90°, 30° αλλά και 45°).

3.5 Επαναληπτικές μετρήσεις με τον γεωδαιτικό σταθμό Spectra FOCUS 10 με χρήση υποβάθρου A4

Με το Spectra FOCUS 10 μετρήθηκε το μήκος οργάνου-στόχου με κατάφωτο λίγο μεγαλύτερο από την προηγούμενη μέτρηση στα 422.140m, λόγω και της χρήσης υποβάθρου, ενώ οι μετρήσεις έγιναν στα εξής υλικά: 1) Kodak white 2) Τιμέντο λευκό 3) Τιμέντο γκρι 4) Μάρμαρο 5) Ξύλο. Τα υλικά αυτά είναι και εκείνα στα οποία έδωσε μετρήσεις ο γεωδαιτικός σταθμός.

3.6 Επαναληπτικές μετρήσεις με τον γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003LN με χρήση υποβάθρου A4

Με το GPT3003LN μετρήθηκε το μήκος οργάνου-στόχου με κατάφωτο στα 637.410m ενώ οι μετρήσεις έγιναν στα εξής υλικά: 1) Kodak Gray 2) Kodak white

3) Τιμέντο λευκό 4) Τιμέντο γκρι 5) Μάρμαρο 6) Ξύλο 7) Μοριουσανίδα.

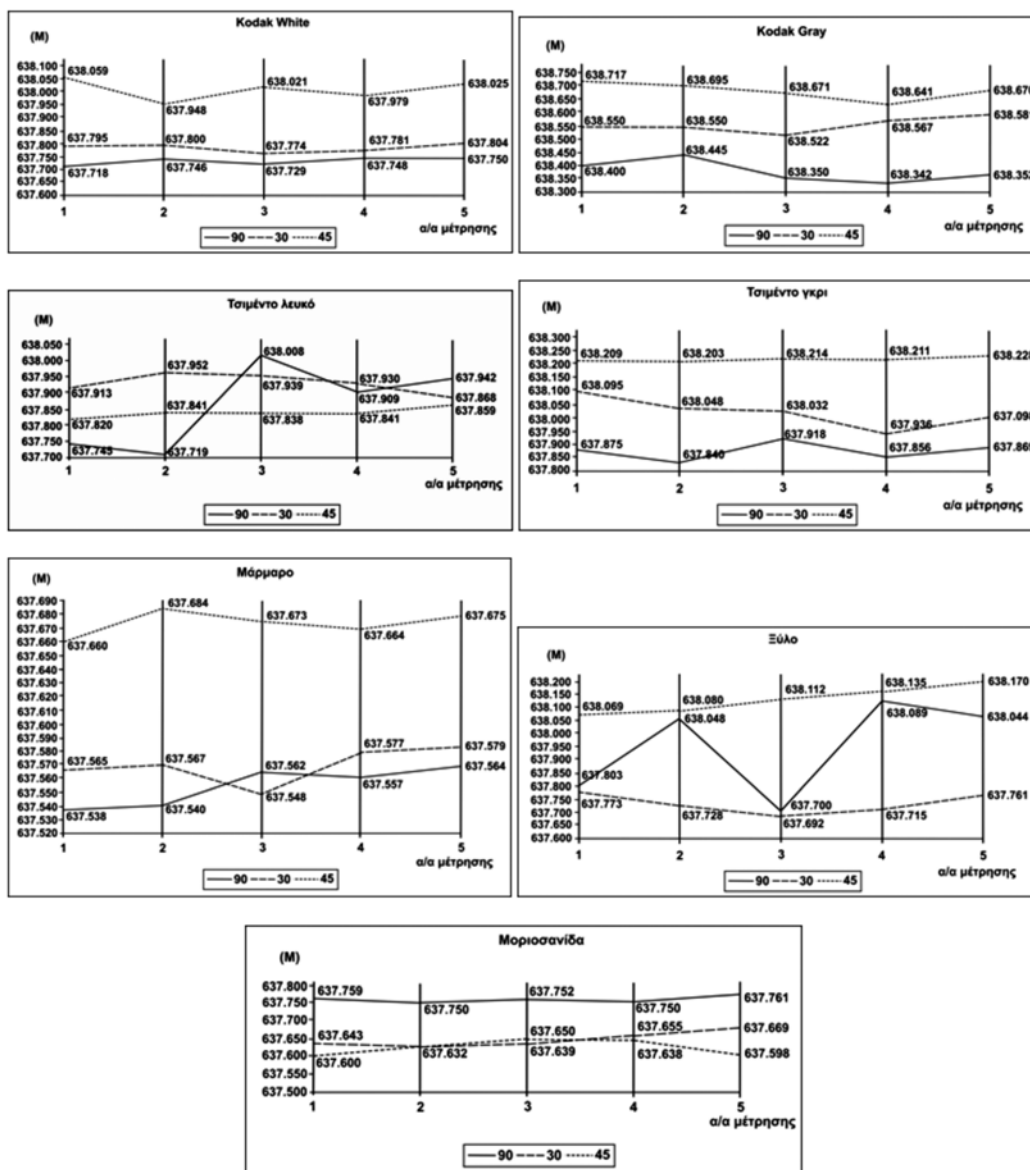
Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα και σε σύγκριση με τα αντίστοιχα διαγράμματα των αρχικών μετρήσεων χωρίς την χρήση βοηθητικού υποβάθρου παρατηρείται μια διαφοροποίηση σχετικά με την αντίδραση του οργάνου όσο αλλάζει η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας laser. Αρχικά, για τον Spectra FOCUS 10, μετρήθηκαν όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης. Ταυτόχρονα, ενώ μέχρι τώρα τα μετρούμενα μήκη ήταν μικρότερα όσο μεγάλωνε η γωνία, στις μετρήσεις με το A4 φαίνεται να συμβαίνει το αντίθετο στις περισσότερες των περιπτώσεων. Έτσι τα μήκη που μετρήθηκαν με γωνία 45° εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με αυτά που μετρήθηκαν με γωνία 90°. Επίσης, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των μετρήσεων αυτών είναι και οι μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των τιμών των τριών διαφορετικών γωνιών κυρίως για τον Topcon GPT3003LN. Μάλιστα, σε πολλές περιπτώσεις οι μετρήσεις ανά γωνία πρόσπτωσης διαφέρουν από τις υπόλοιπες κατά 15cm ή και περισσότερο.

Εξάλλου, οι αποκλίσεις αυτές παρουσιάζονται και σε σχέση με το μήκος που μετρήθηκε με την χρήση καταφώτου, μια τιμή που βρίσκεται αρκετά μακριά από σχεδόν το σύνολο των μετρήσεων χωρίς την χρήση καταφώτου και μπορεί να φτάνει σε τάξη μεγέθους τα 50-70cm ή και περισσότερο. Επομένως, είναι φανερό ότι οι μετρήσεις αυτές του Topcon GPT3003LN χαρακτηρίζονται ως αναξιόπιστες γεγονός που πιθανόν οφείλεται στην μικρή επιφάνεια πρόσπτωσης της δέσμης laser του οργάνου σε σχέση με το αποτύπωμά της παρά την χρήση του υποβάθρου A4.

3.7 Επαναληπτικές μετρήσεις με τον γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003LN με χρήση υποβάθρου A1

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα για τον Topcon GPT3003LN με τη χρήση χαρτονιού A1 τα περισσότερα υλικά παρουσιάζουν διακυμάνσεις της τάξης των 2-3cm στις τιμές των μετρήσεων καθώς αλλάζει η γωνία πρόσπτωσης της οπτικής ακτίνας laser του οργάνου.

Ωστόσο η μεγαλύτερη διαφορά, σε σχέση και με τις αρχικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με το ίδιο όργανο χωρίς την χρήση A4 ή A1 ως βοηθητικού υποβάθρου είναι ότι ενώ προηγουμένως σχεδόν όλες οι μετρήσεις ήταν μικρότερες σε σύγκριση με το μετρούμενο με κατάφωτο μήκος, στην περίπτωση του A4 όλες οι μετρήσεις προέκυψαν κατά πολύ μεγαλύτερες από την αντίστοιχη μέτρηση με χρήση καταφώτου.



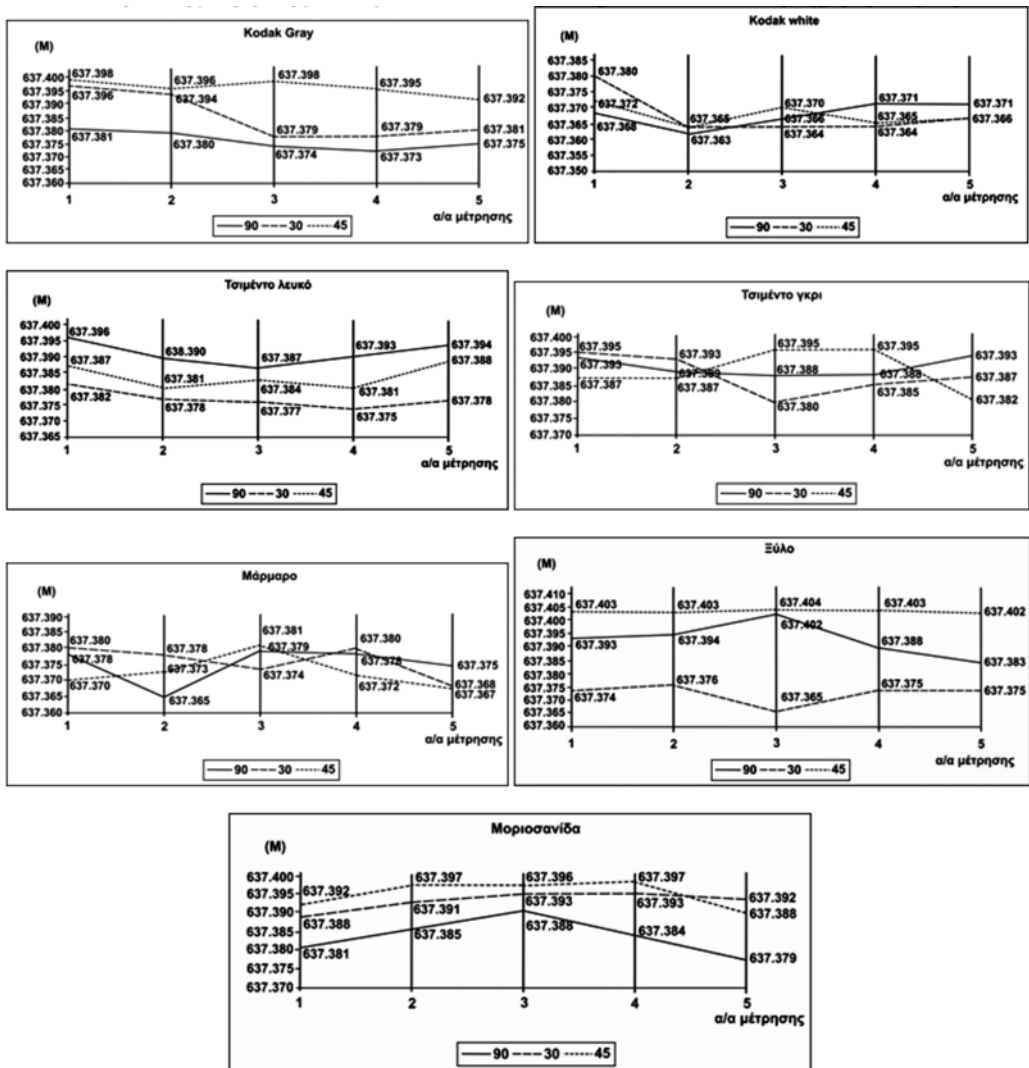
Σχήμα 4. Διαγράμματα επαναληπτικών μετρήσεων με το γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003LN με A4
Figure 4. Graphs of distance measurements with Topcon GPT3003LN total station and A4 background.

Ως αποτέλεσμα και σε αυτή την περίπτωση όχι μόνο δεν έγινε καμία μέτρηση αποδεκτή σε διάστημα εμπιστοσύνης 95% αλλά επιπλέον οι αποκλίσεις κρίθηκαν ιδιαίτερα αλλά και αδικαιολόγητα μεγάλες. Επίσης, σε αντίθεση με τις μετρήσεις με χρήση A4 ως βοηθητικού υποβάθρου, οι μετρήσεις με χρήση χαρτονιού A1 παρουσίασαν σημαντική βελτίωση αλλά και σταθερότητα ανεξάρτητα από την αλλαγή ή όχι της γωνίας πρόσπτωσης. Έτσι, πλέον οι μετρήσεις παρουσιάζουν μικρότερες διακυμάνσεις και περιορίζονται

σε μερικά εκατοστά. Ωστόσο δεν είναι σαφές κατά πόσον η ύπαρξη του χαρτονιού συντέλεσε ώστε το όργανο να εστιάσει στο σωστό και επιθυμητό επίπεδο σκόπευσης ή απλά όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν πάνω στο ίδιο το χαρτόνι χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο εκάστοτε στόχος.

3.8 Αξιολόγηση επαναληπτικών μετρήσεων

Για την αξιολόγηση των μετρήσεων δημιουργήθηκαν πίνακες σχετικά με την αξιοπιστία ή μη των



Σχήμα 5. Διαγράμματα επαναληπτικών μετρήσεων με το γεωδαιτικό σταθμό Topcon GPT3003LN με A1
Figure 5. Graphs of distance measurements with Topcon GPT3003LN total station and A1 background.

επαναληπτικών μετρήσεων για τα δυο όργανα. Για κάθε όργανο και σύμφωνα με τον κατασκευαστή ισχύουν οι παρακάτω ακρίβειες για μετρήσεις με ή χωρίς την χρήση ανακλαστήρα αντίστοιχα:

- Για το Spectra FOCUS 10 $\pm 5\text{mm}$ χωρίς ανακλαστήρα και $\pm 3\text{mm}$ με ανακλαστήρα
- Για το Topcon GPT3003LN $\pm 5\text{mm}$ χωρίς ανακλαστήρα και $\pm 3\text{mm}$ με ανακλαστήρα
 Επομένως σύμφωνα με την σχέση 3.3 υπολογίζονται οι τιμές για το $\sigma_{\Delta D}$ για τα 3 όργανα:
- Για το Spectra FOCUS 10, $\sigma_{\Delta D} = \pm 5.8\text{mm}$ και τελικά $Z \cdot \sigma_{\Delta D} = \pm 11.3 \text{ mm}$
- Για το Topcon GPT3003LN, $\sigma_{\Delta D} = \pm 5.8\text{mm}$ και τελικά $Z \cdot \sigma_{\Delta D} = \pm 11.3 \text{ mm}$

Έτσι εκ νέου εξετάστηκε αν η διαφορά των μετρήσεων του μήκους οργάνου-στόχου με ανακλαστήρα καθώς και χωρίς ανακλαστήρα αντίστοιχα εμπεριέχεται στο αποδεκτό διάστημα για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με βάση τις παρεχόμενες ακρίβειες που δίνονται για κάθε κατασκευαστή. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκαν οι παρακάτω πίνακες V και VI. Στους πίνακες αυτούς:

• με έντονα πλάγια ψηφία εμφανίζονται στον πίνακα οι μετρήσεις εκείνες οι οποίες δεν έγιναν

Πίνακας V: Αξιολόγηση επαναληπτικών μετρήσεων με το Spectra FOCUS 10 με A4.
Table V. Repeating measurements evaluation with Spectra FOCUS 10 with A4 background.

A/A	ΥΛΙΚΟ	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
		90°	30°	45°
1	KODAK GRAY	-	-	-
2	KODAK WHITE	5.0	2.4	-2.0
3	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	-13.4	-6.6	1.2
4	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	-1.8	-10.2	3.4
5	ΜΑΡΜΑΡΟ	1.2	-2.6	-5.6
6	ΣΙΔΕΡΟ	-	-	-
7	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-
8	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-
9	ΞΥΛΟ	-3.4	-4.8	-6.0
10	ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-
11	ΜΟΡΙΟΣΑΝΙΔΑ	-	-	-

αποδεκτές σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

- σε γκρι κελί του πίνακα εμφανίζονται οι μετρήσεις οι οποίες εκτός του ότι δεν έγιναν αποδεκτές εμφάνιζαν μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με το αρχικά μετρούμενο με κατάφωτο μήκος
- με το σύμβολο (-) δηλώνεται η αδυναμία μέτρησης

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία όπως αυτά παρουσιάζονται στους πίνακες V και VI είναι φανερό ότι για το όργανο Topcon GPT3003LN έχουμε δύο διαφορετικές αντιδράσεις ανάλογα με το μέγεθος του χαρτιού που χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο για

την πραγματοποίηση των μετρήσεων. Έτσι, με την χρήση του A4 οι μετρήσεις όπως και προηγουμένως δεν είναι αποδεκτές για διάστημα εμπιστοσύνης 95% και μάλιστα επιπρόσθετα εμφανίζουν και τεράστιες αποκλίσεις από τις αντίστοιχες τιμές του μήκους όπως αυτό μετρήθηκε με κατάφωτο.

Σε πολλές περιπτώσεις οι αποκλίσεις αυτές φτάνουν σε μερικές δεκάδες πόντους. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι το χαρτί A4 προσφέρει μια επιφάνεια περίπου 2.5 φορές μεγαλύτερη από τα 12X12cm που καταλαμβάνουν τα δοκίμια, ωστόσο δεν είναι αρκετό αυτό για την κάλυψη της επιφάνειας του αποτυπώματος της δέσμης laser του οργάνου στο επιθυμητό επίπεδο σκόπευσης. Κατά συνέπεια οι

Πίνακας VI: Αξιολόγηση επαναληπτικών μετρήσεων με το Topcon GPT3003LN με A4 και A1.
Table VI. Repeating measurements evaluation with Topcon GPT3003LN with A4 and A1 background.

A/A	ΥΛΙΚΟ	Topcon GPT3003LN με A4			Topcon GPT3003LN με A1		
		ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)	ΔD (mm)
		90°	30°	45°	90°	30°	45°
1	KODAK GRAY	-968.0	-1144.0	-1268.0	33.0	24.0	14.0
2	KODAK WHITE	-328.0	-380.0	-596.0	43.0	42.8	43.0
3	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΛΕΥΚΟ	-459.0	-510.0	-430.0	18.0	32.0	26.8
4	ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΚΡΙ	-461.0	-432.0	-808.0	20.0	22.0	21.1
5	ΜΑΡΜΑΡΟ	-142.0	157.0	-261.0	35.4	34.2	38.0
6	ΣΙΔΕΡΟ	-	-	-	-	-	-
7	ΚΕΡΑΜΙΔΙ	-	-	-	-	-	-
8	ΑΣΦΑΛΤΟΣ	-	-	-	-	-	-
9	ΞΥΛΟ	-527.0	-323.0	-703.0	17.0	27.2	7.2
10	ΒΡΑΧΟΣ	-	-	-	-	-	-
11	ΜΟΡΙΟΣΑΝΙΔΑ	-344.0	-237.0	-213.0	26.0	29.0	-16.0

μετρήσεις των μηκών πιθανότατα επηρεάζονται από υπόβαθρο το οποίο βρίσκεται ακόμη πιο μακριά.

Αντίθετα τα αποτελέσματα με την χρήση του χαρτονιού A1 ως υπόβαθρο είναι εμφανώς καλύτερα και μάλιστα με αποκλίσεις πολύ μικρότερες οι οποίες περιορίζονται σε λίγα εκατοστά. Μάλιστα, στις μετρήσεις αυτές δεν ελήφθη υπόψη το πάχος κάποιων δοκιμίων που κυμαίνεται από 0.5cm έως 5.5 cm και επομένως η απόσταση μεταξύ δοκιμίου και υποβάθρου-χαρτονιού αφού θεωρήθηκε πως το όργανο μετράει πάνω στην επιφάνεια του δοκιμίου. Συνεπώς, εάν το όργανο επηρεαζόμνο από την μεγάλη επιφάνεια του χαρτονιού μετρούσε πάνω σε αυτό αδιαφορώντας για το δοκίμιο, τότε οι μετρήσεις βελτιώνονται ακόμη περισσότερο όσον αφορά την αξιοπιστία τους αφού πλέον το κέντρο του στόχου μεταφέρεται στο υπόβαθρο και όχι στο πρόσωπο του δοκιμίου.

Βελτίωση, παρατηρήθηκε και στις μετρήσεις με το Spectra FOCUS 10. Οι μετρήσεις είναι όλες αποδεκτές σε διάστημα 95% με εξαίρεση το τοιμέντο λευκό σε γωνία μέτρησης 90°, ενώ ταυτόχρονα, σε σχέση με τις μετρήσεις χωρίς υπόβαθρο, μετρήθηκαν και όλα τα υλικά σε όλες τις γωνίες πρόσπτωσης.

Γενικότερα, παρατηρείται μια βελτίωση στην ποιότητα των μετρήσεων με την χρήση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου υποβάθρου. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μέγεθος της δέσμης του laser η οποία παρουσιάζει πολύ μεγάλες διαστάσεις σε μεγάλα μήκη.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της αξιοπιστίας μέτρησης του μήκους χωρίς την χρήση πρίσματος με σύγχρονους γεωδαιτικούς σταθμούς μεγάλης εμβέλειας διαμέσου πειραματικών μετρήσεων σε συγκεκριμένα υλικά, διαφορετικού χρώματος και υφής. Τα υλικά επιλέχθηκαν με διάφορα κριτήρια, ανάλογα με το πόσο συχνά συναντιούνται στις συνήθεις υπαίθριες μετρήσεις αλλά και επίσης κάποια ειδικά υλικά για λόγους έρευνας (π.χ. Kodak Gray Card (18%), Kodak White Card (90%)). Συνολικά, χρησιμοποιήθηκαν 11 υλικά τα οποία μετρήθηκαν σε τρεις γωνίες πρόσπτωσης 90°, 30° και 45° αντίστοιχα. Στις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν δύο ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί (total stations) οι οποίοι είναι ο FOCUS 10 της εταιρείας Spectra Precision και ο GPT3003LN της εταιρείας Topcon. Από την παραγματοποίηση των πειραματικών μετρήσεων και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1) Για τις μετρήσεις τα καλύτερα υλικά (από αυτά που ανταποκρίνονται στην μέτρηση) ήταν :

- Για το Spectra FOCUS 10, το Kodak White και το ξύλο (Σχήμα 1 και Πίνακας III).
- Για το Topcon GPT3003LN, καμία μέτρηση δεν ήταν ικανοποιητική (Σχήμα 2 και Πίνακας III).

2) Για τις μετρήσεις τα χειρότερα υλικά ήταν :

- Για το Spectra FOCUS 10, το τοιμέντο λευκό και το τοιμέντο γκρι (Σχήμα 1 και Πίνακας III).
- Για το Topcon GPT3003LN, όλα τα υλικά παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις στις μετρήσεις (Σχήμα 2 και Πίνακας III).

3) Για τις επαναληπτικές μετρήσεις τα καλύτερα υλικά (από αυτά που ανταποκρίνονται στην μέτρηση) ήταν :

- Για το Spectra FOCUS 10 με A4, το Kodak White, το μάρμαρο και το ξύλο (Σχήμα 3 και Πίνακας V).
- Για το Topcon GPT3003LN με A4, όλα τα υλικά παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις στις μετρήσεις (Σχήμα 4 και Πίνακας VI).
- Για το Topcon GPT3003LN με A1, το τοιμέντο γκρι, ξύλο και μορισσανίδα (Σχήμα 5 και Πίνακας VI).

4) Για τις επαναληπτικές μετρήσεις τα χειρότερα υλικά ήταν :

- Για το Spectra FOCUS 10 με A4, το τοιμέντο λευκό (Σχήμα 3 και Πίνακας V).
- Για το Topcon GPT3003LN με A4, όλα τα υλικά παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις στις μετρήσεις (Σχήμα 4 και Πίνακας VI).
- Για το Topcon GPT3003LN με A1, Το Kodak Gray και White και το μάρμαρο (Σχήμα 5 και Πίνακας VI).

5) Το μέγεθος του αποτυπώματος της δέσμης laser χρειάζεται μεγαλύτερο εμβαδόν επιφάνειας πρόσπτωσης, όσο μεγαλώνει η απόσταση. Το μέγεθος των δοκιμίων 12cm x 12cm ή ακόμη και το χαρτί A4 που χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο αποδείχθηκε μικρό προκειμένου να γίνει σωστή και επαρκής επιστροφή της δέσμης και να μετρηθεί το μήκος.

6) Οι μετρήσεις με υπόβαθρο το χαρτί A4 παρουσίασαν τεράστιες αποκλίσεις της τάξης των 10-50cm γεγονός που υποδηλώνει την έλλειψη εκτίμησης από το όργανο του κατάλληλου επιπέδου σκόπευσης με συνέπεια οι μετρήσεις να επηρεάζονται πιθανότατα από το υλικό, το υπόβαθρο του A4, αλλά και άλλους στόχους και εμπόδια στο υπόβαθρο, όπως η ύπαρξη τεχνικών κατασκευών. Αυτό εξάλλου αποδεικνύεται και από το γεγονός ότι όλες οι μετρήσεις χωρίς κατάφωτο ήταν μεγαλύτερες από την μέτρηση με χρήση καταφώτου.

7) Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με χρήση υποβάθρου χαρτονιού A1 παρουσίασαν σαφώς βελτιωμένα αποτελέσματα λόγω της αρκετά μεγάλης επιφάνειας του χαρτονιού που περιόρισε στο επιθυμητό το επίπεδο σκόπευσης του οργάνου.

8) Είναι αμφίβολη η ορθότητα των μετρήσεων των οργάνων σε μήκη μεγαλύτερα της τάξης των 300m. Στην μέτρηση μηκών της τάξης των 300m και μεγαλύτερα απαιτείται μεγάλη επιφάνεια και οι επιστροφές και μετρήσεις των παλμών μπορούν να γίνουν από οποιοδήποτε άλλες κοντινές επιφάνειες στον στόχο και το αποτέλεσμα είναι πιθανόν ο μέσος όρος όλων αυτών των μετρήσεων με αποτέλεσμα να διαφέρει πολλά εκατοστά από την ορθή τιμή του μήκους.

9) Σε μεγάλες αποστάσεις δεν επιτυγχάνονται οι ακρίβειες που ισχυρίζονται οι κατασκευαστές καθώς πολλοί και αυτάθμητοι παράγοντες επηρεάζουν το αποτέλεσμα (φυσικές συνθήκες, εμπόδια, μέγεθος δέσμης laser, κτλ).

10) Η γωνία πρόπτωσης αποτελεί σημαντικό και καθοριστικό παράγοντα για την ποιότητα των μετρήσεων. Συγκεκριμένα η στροφή του στόχου οδηγούσε σε διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με την κάθετη πρόπτωση της ακτίνας του laser στον εκάστοτε στόχο ενώ πολλές φορές κατά την στροφή των υλικών δεν πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις. Γενικότερα στις εξωτερικές μετρήσεις ο αριθμός των υλικών που μετρήθηκαν μειώθηκε καθώς αυξανόταν η γωνία πρόπτωσης.

11) Το χρώμα επίσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ποιότητα των μετρήσεων. Τα λευκά υλικά παρουσίασαν κατά κανόνα ποιοτικότερες μετρήσεις από τα σκουρόχρωμα. Επίσης όταν οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από κάποιο όργανο ήταν λιγότερες, τα υλικά που κατάφεραν να μετρηθούν ήταν κατά κανόνα τα ανοιχτόχρωμα υλικά.

12) Η υφή και τραχύτητα της επιφάνειας των υλικών επηρεάζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Ειδικότερα σε μεγαλύτερες αποστάσεις υλικά με ανώμαλη επιφάνεια (βράχος, ασφαλτός, κτλ) είτε δυσκόλευαν τις μετρήσεις ή δεν μετρήθηκαν καθόλου.

13) Το μέγεθος των δοκιμών 12x12cm αποδείχτηκε ανεπαρκές για την πραγματοποίηση μετρήσεων σε μεγάλες αποστάσεις αφού το μέγεθος του αποτυπώματος της δέσμης του laser σε τέτοιες αποστάσεις ξεπερνά το μέγεθος αυτό. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την αδυναμία των οργάνων με δυνατότητα μέτρησης χωρίς πρίσμα να μετρούν συγκεκριμένα σημεία και σημειακούς στόχους σε μεγάλες αποστάσεις (πιθανών πάνω από 100m).

Αξιοποιώντας τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το σύνολο των πειραματικών μετρήσεων αλλά και τα αποτελέσματά τους, για την αξιοποίηση των στοιχείων αυτών αλλά και περαιτέρω ανάλυση της ιδιότητας της ανάκλασης της δέσμης laser των σύγχρονων ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών προτείνεται:

- Η διερεύνηση της απόδοσης της ιδιότητας reflectorless των γεωδαιτικών σταθμών σε αποστάσεις ανά 10m ή 20m έτσι ώστε να εντοπιστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι αποστάσεις εκείνες από τις οποίες και μετά οι μετρήσεις παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις.
- Η διερεύνηση της απόδοσης της ιδιότητας reflectorless των γεωδαιτικών σταθμών στο ίδιο υλικό για διαφορετικά χρώματα ώστε να αναδειχθεί η σημασία του χρώματος ως παράγοντα που επηρεάζει τις μετρήσεις, καθώς και η απόδοση στο ίδιο χρώμα για διαφορετικά υλικά ώστε να αναδειχθεί η σημασία του είδους του υλικού ως παράγοντα που επηρεάζει τις μετρήσεις.
- Η διερεύνηση της απόδοσης και αξιοπιστίας της ιδιότητας reflectorless των γεωδαιτικών σταθμών και σε ειδικού τύπου πειράματα που παρουσιάζουν ιδιαίτερο δασολογικό ενδιαφέρον όπως οι μετρήσεις σε διαφόρων τύπου, χρώματος, τραχύτητας και ηλικιών φλοιών δασοπονικών ειδών, διαφόρων τύπου, χρώματος, τραχύτητας και υγρασίας ξύλου και δευτερογενών προϊόντων (πριστά, κόντρα πλακέ, επικολητά μελαμίνη, MDF κλπ), τομών κορμιδίων διαφόρων δασοπονικών ειδών καθώς και μετρήσεων σε γυμνά βραχώδη και φυ-

τοκαλυμένα γαιώδη πρανή, διαφορετικών τύπων βράχου και βλάστησης αντίστοιχα .

· Ο έλεγχος της απόδοσης της ιδιότητας reflectorless των γεωδαιτικών σταθμών σε πειράματα που αφορούν την σκόπευση σε ακμές ή πλευρές γεωμετρικών στοιχείων, σημεία τομής επιπέδων,

κτλ. μετρήσεις ιδιαίτερα χρήσιμες που αφορούν τεχνικά έργα στην ύπαιθρο (τοιχούς αντιστήριξης, βάθρα γεφυρών, οχετούς, κτίσματα κ.ά.)

· Η εφαρμογή των πειραματικών μετρήσεων να πραγματοποιείται σε πραγματικές συνθήκες πεδίου και σε διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες.

Experimental distance measurements using reflectorless long range total stations and different types of material targets

Apostolos Kampouris*

SUMMARY

Distance measurements feature an inextricable section of the work of a Forester engineer and concerns a great variety of technical procedures. In nowadays the technological explosion of surveying instruments make these measurements a matter of seconds and even faster. Also, new alternative measurements are considered, such as reflectorless measurements, a function that is offered by most geodetic total stations. The range and accuracy of this function type is different and depends on the type of the total station. However, not sufficient attention has been given to the many error sources contributing to the uncertainty of such measurements and especially the quality of each measurement. Among others, the type of the material and the colour are considered as very important parameters for errors in distance measurements. The aim of this study is to determine the influence of the type and colour of the material to the reliability of distance measurements using the total stations reflectorless ability. Therefore, experiments were carried out using 11 different types of materials or colours with 2 different total stations, the Spectra Precision Focus 10 and Topcon GPT3003LN. Generally, the results showed: 1) Both total stations, couldn't extract distance values for all materials for long range measurements 2) The angle of incidence is an important and decisive factor for the quality of measurements. Generally the number of measured materials decreased with increasing angle of incidence. 3) The color, texture and surface roughness of the material affects the results of measurements. Especially colored materials have in general higher quality and more stable measurements. Materials with a rough surface i.e. rock, asphalt, etc. either they made the measurements complicated or they were not measured at all. 4) It is doubtful whether the accuracy of measurement instruments over long distances (eg 300m and larger), even with assistive background. Also, over long distances, accuracies as claimed by manufacturers are not being achieved, and many factors of uncertainty affecting the outcome (physical conditions, obstacles, laser beam divergence etc).

Keywords: distance measurements accuracy, reflectorless total station

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγατζά – Μπαλοδήμου Α.Μ., 2000. Θεωρία Σφαλμάτων & Συνορθώσεις I. Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Αθήνα.

Αγατζά – Μπαλοδήμου Α.Μ., 2003. Θεωρία Σφαλμάτων & Συνορθώσεις II. Ε.Μ.Π., Σ.Α.Τ.Μ., Αθήνα.

Amann M.C., Bosch T., Lescure M., Myllyla R., Rioux M., 2001. Laser ranging: a critical review of usual techniques for distance measurements. *Optical Engineering*, 40(1), pp. 10-19.

Boehler W., Bordas M., Marbs A., 2003. Investigating laser scanner accuracy. *Proc. CIPA XIXth Int. Symposium*, 30 Sept. -4 Oct., Antalya, Turkey, pp 696-702.4.

Fidera, A., Chapman, M. A. and Hong, J., 2004. Terrestrial Lidar for industrial metrology applications: Modeling, enhancement and reconstruction. *XXth ISPRS Congress*.

Ingensand H., Ryf A., Schulz T., 2003. Performances and experiences in terrestrial laser scanning. *Proc. Optical 3D Measurement Techniques*, 22-25 Sep-

* *Forester engineer Phd, MSc, Department of Forestry and Management of the Environment and Natural Resources D.U.TH. Doiranis 28, 54638, Thessaloniki, Tel.: 2310 831758, e-mail: akambour@otenet.gr.*

- tember, Zurich, Switzerland, pp. 236-244.
- Μπαλοδήμος Δ.Δ, Σταθάς Δ., 1993. Γεωδαιτικά όργανα και μέθοδοι μέτρησης γωνιών και μηκών. Διδακτικές Σημειώσεις, ΕΜΠ, ΣΑΤΜ, Αθήνα.
- Μπαλοδήμος Δ., Σταθάς Δ., Αραμπατζή Ο., 2000. Γεωδαισία δίκτυα-Αποτυπώσεις-Χαράξεις. Διδακτικές Σημειώσεις, Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας, Τομέας Τοπογραφίας, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Ρωσσικόπουλος Δ., 1999. Τοπογραφικά δίκτυα και υπολογισμοί. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- Spectra Precision, 2007. Spectra Precision Focus 10 specifications manual.
- Topcon, 2001. Topcon GPT3003LN specifications manual

Εκτίμηση των βραχυπρόθεσμων επιπτώσεων των πυρκαγιών με τη χρήση της τηλεπισκόπησης και του εξειδικευμένου λογισμικού γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών BAS2

Θ. Καταγής¹ και Ι.Ζ. Γήτας²

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η συνδυασμένη χρήση δορυφορικών δεδομένων και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) αποτελεί οικονομική πρόταση χαρτογράφησης των καμένων εκτάσεων αλλά και του υπολογισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των πυρκαγιών. Ο παραπάνω συνδυασμός παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την πυρκαγιά. Σκοπός της εργασίας ήταν η διερεύνηση της χρησιμότητας των δορυφορικών δεδομένων μέσης-υψηλής ευκρίνειας και ενός εξειδικευμένου λογισμικού Γ.Σ.Π. τόσο για τη χαρτογράφηση της καμένης έκτασης στην Κασοάνδρα Χαλκιδικής, όσο και για την εκτίμηση των βραχυπρόθεσμων επιπτώσεων της πυρκαγιάς. Πιο συγκεκριμένα, με τη χρήση δορυφορικής εικόνας Landsat-5 TM και τη μέθοδο της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης εικόνας αναπτύχθηκε ένα μοντέλο ταξινόμησης για τη χαρτογράφηση της καμένης έκτασης. Επιπλέον, με τη χρήση του εξειδικευμένου λογισμικού Γ.Σ.Π. BAS2 έγινε εκτίμηση των διδιάστατων (2D) και τριδιάστατων (3D) εκτάσεων, ανά τύπο κάλυψης/χρήσης γης, που επηρεάστηκαν από την φωτιά. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε χαρτογράφησε την καμένη έκταση με μεγάλη ακρίβεια (90,5%), ενώ με το λογισμικό BAS2 υπολογίστηκαν με μεγάλη ευκολία και ταχύτητα οι εκτάσεις των διάφορων τύπων χρήσης/κάλυψης γης που επηρεάστηκαν από τη φωτιά. Εκτός από το να παράγει τριδιάστατες εκτιμήσεις των κύριων χρήσεων γης, το λογισμικό BAS2 έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί για εκτιμήσεις που αφορούν τη σύσταση, την κατανομή και πυκνότητα της δασικής βλάστησης, τον ξυλώδη όγκο και άλλες δασικές πληροφορίες, εφόσον οι αντίστοιχοι ενημερωμένοι χάρτες είναι διαθέσιμοι.

Λέξεις κλειδιά: χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων, δορυφορική τηλεπισκόπηση, αντικειμενοστραφής ανάλυση εικόνας, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι δασικές πυρκαγιές, ως αναπόσπαστο κομμάτι πολλών οικοσυστημάτων συμπεριλαμβανομένων και των Μεσογειακών, αποτελούν σημαντική οικολογική διεργασία, η οποία επηρεάζει εκτός από τη διαδοχή της βλάστησης, τη δομή και λειτουργία του οικοσυστήματος (Koutsias και Karteris 2003). Σύμφωνα με τους Pausas και Vallejo (1999), η αύξηση των δασικών πυρκαγιών τις τελευταίες δεκαετίες στην περιοχή της Μεσογείου οφείλεται: α) στην αλλαγή χρήσεων γης και β) στις κλιματικές αλλαγές και την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω παρατηρείται αύξηση συσσώρευσης της καύσιμης ύλης και συνεπώς αύξηση του κινδύνου έναρξης πυρκαγιών.

Σύμφωνα με τον Karteri (1995), οι επιπτώσεις των

πυρκαγιών στα δασικά οικοσυστήματα μπορούν να διακριθούν σε βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες. Η εκτίμηση των βραχυπρόθεσμων επιπτώσεων περιλαμβάνει την ποσοτικοποίηση της έντασης της πυρκαγιάς, την εκτίμηση των επηρεαζόμενων κατηγοριών χρήσεων/καλύψεων γης και τον υπολογισμό του ξυλώδους όγκου που καταστράφηκε. Στις μακροπρόθεσμες περιλαμβάνονται η εκτίμηση της αναγέννησης της βλάστησης και της διάβρωσης του εδάφους, η μόλυνση της ατμόσφαιρας και οι επιπτώσεις στη χλωρίδα και την πανίδα.

Η συλλογή λεπτομερών πληροφοριών που αφορούν την ακριβή θέση και έκταση των καμένων περιοχών είναι σημαντικές για την ακριβή εκτίμηση των βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων επιπτώσεων (Gitas 1999). Σύμφωνα με τους Jakubauskas κ.ά.

¹ Δασολόγος – Περιβαλλοντολόγος MSc *, Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης, Σχολή Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

² Επίκουρος Καθηγητής, Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης, Σχολή Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

(1990), ακριβείς εκτιμήσεις των καμένων περιοχών, της έντασης της πυρκαγιάς και της αναγέννησης της βλάστησης μετά την πυρκαγιά επιτρέπουν στους δασολόγους διαχειριστές να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα και να εντοπίσουν περιοχές που χρήζουν άμεσης παρέμβασης με σκοπό να εξασφαλιστεί η επανάκαμψη του οικοσυστήματος.

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί στην έρευνα των δασικών πυρκαγιών και σύμφωνα με τον Chuvieco (1999) αποτελεί εναλλακτικό εργαλείο, σε σύγκριση με παραδοσιακές μεθόδους, για την παρακολούθηση καμένων εκτάσεων. Τα δορυφορικά δεδομένα παρέχουν τη δυνατότητα συνοπτικής και επαναλαμβανόμενης κάλυψης μεγάλων περιοχών της γήινης επιφάνειας (Richards 1993, Myneni κ.ά. 1997) και αυτό το χαρακτηριστικό τα καθιστά ιδανικό εργαλείο παρακολούθησης. Έτσι εικόνες από διάφορους δορυφορικούς απεικονιστές όπως ο Landsat TM, NOAA/AVHRR, SPOT HRV, IKONOS, ακόμη και από τον υπερφασματικό απεικονιστή Hyperion έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο στη χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων (Chuvieco και Congalton 1988, Siljeström και Moreno 1995, Pereira 1999, Mitri και Gitas 2010) όσο και στην παρακολούθηση της εξέλιξης της βλάστησης μετά τη φωτιά (Caetano κ.ά. 1995, Henry και Hope 1998, Hernandez-Clemente κ.ά. 2009).

Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται ραγδαία ανάπτυξη καινούργιων τεχνικών χωρικής ανάλυσης, οι οποίες υλοποιούνται με τη χρήση λογισμικού Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.). Έτσι, τα Γ.Σ.Π. τα οποία προσφέρουν τη δυνατότητα συνδυασμού χωρικών μεταβλητών, απόκτησης ή ανανέωσης της χωρικής πληροφορίας, και παραγωγής χαρτογραφικών μοντέλων συνδυάζοντας με διαφορετικούς τρόπους τα επίπεδα πληροφορίας που βρίσκονται στη γεωγραφική βάση δεδομένων, αποτελούν πλέον απαραίτητο εργαλείο στη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών (Chuvieco και Congalton 1989). Σύμφωνα με τους Καταγή (2008), Γόγε κ.ά. (2009), Sunar και Φzkan (2001), η συνδυασμένη χρήση δορυφορικών δεδομένων και Γ.Σ.Π. αποτελεί μια οικονομική πρόταση χαρτογράφησης της καμένης έκτασης και υπολογισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων η οποία παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την πυρκαγιά.

Τα τελευταία χρόνια έχει προκύψει η ανάγκη για την ανάπτυξη μεθόδων οι οποίες εκτός από την χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων με μεγάλη ακρίβεια θα δίνουν τη δυνατότητα ανάπτυξης μοντέλων που

θα μπορούν να χρησιμοποιούνται σε επιχειρησιακή βάση. Τέτοιες τεχνικές ταξινόμησης δορυφορικών εικόνων είναι οι Μηχανές Υποστήριξης Διανυσμάτων (Support Vector Machines - SVM) (Zammit κ.ά. 2006, Cao κ.ά. 2009), τα Νευρωνικά Δίκτυα (Artificial Neural Networks - ANN) (Gopal και Woodcock 1999, Al-Rawi κ.ά. 2001, Egmont-Petersen κ.ά. 2002) και η αντικειμενοστραφής ταξινόμηση (Object-based image analysis - OBIA) (Mitri and Gitas 2002, Devereux κ.ά. 2004, Hay κ.ά. 2005).

Πιο συγκεκριμένα, μοντέλα αντικειμενοστραφούς ταξινόμησης έχουν ήδη αναπτυχθεί για δορυφορικές εικόνες NOAA-AVHRR και IKONOS (Gitas κ.ά. 2004, Mitri and Gitas 2006) και έχουν εφαρμοστεί με μεγάλη επιτυχία για τη χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων στην περιοχή της Μεσογείου. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους ταξινόμησης όπου η μονάδα ταξινόμησης είναι το εικονοστοιχείο (pixel), στην αντικειμενοστραφή μέθοδο ως μονάδα ταξινόμησης θεωρείται το αντικείμενο (object) δηλαδή ομάδα στοιχείων με κοινά φασματικά χαρακτηριστικά. Στην αντικειμενοστραφή μέθοδο εκτός από τη φασματική πληροφορία χρησιμοποιούνται εννοιολογικές πληροφορίες, η συνάφεια, καθώς και πληροφορίες σχέσης ανάμεσα στα αντικείμενα (Kosko 1992, Kruse κ.ά. 1993, Pierce κ.ά. 1994).

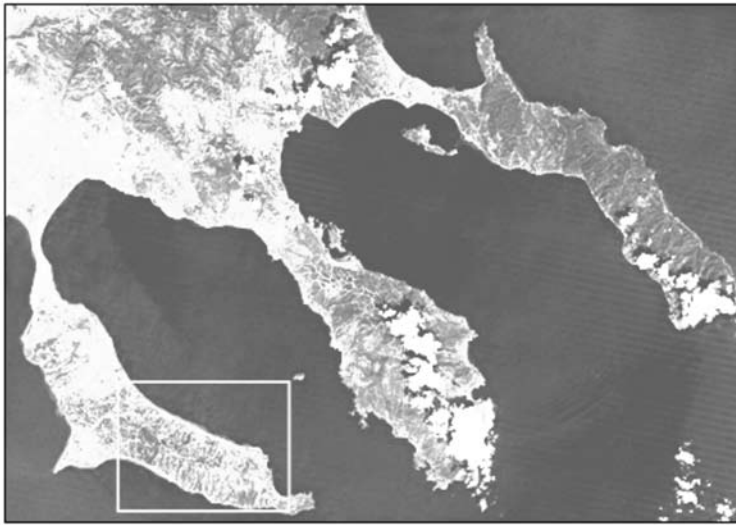
Ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν να διερευνηθεί η χρησιμότητα της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στην εκτίμηση των βραχυπρόθεσμων επιπτώσεων των πυρκαγιών. Οι επιμέρους στόχοι ήταν:

- η ανάπτυξη ενός αντικειμενοστραφούς μοντέλου ταξινόμησης για τη χαρτογράφηση καμένης έκτασης στην Κασσάνδρα Χαλκιδικής με τη χρήση δορυφορικής εικόνας Landsat TM και η εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης, και
- η χρησιμοποίηση της καμένης έκτασης και του εξειδικευμένου λογισμικού Γ.Σ.Π. (BAS2) για τον άμεσο υπολογισμό των διδιάστατων (2D) και τριδιάστατων (3D) εκτάσεων, ανά τύπο κάλυψης/χρήσης γης, που επηρεάστηκαν από την πυρκαγιά.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Περιγραφή της περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο νότιο τμήμα της χερσονήσου της Κασσάνδρας του νομού Χαλκιδικής σε συντεταγμένες 25°25' ως 25°35' ανατολικά και



Εικόνα 1: Δορυφορική εικόνα Landsat-5 TM της περιοχής μελέτης
Figure 1: Landsat-5 TM satellite image covering the study area

39°90' ως 40°10' βόρεια (Εικόνα 1), με το υπερθαλάσσιο ύψος να φτάνει τα 335 μέτρα περίπου. Το κλίμα είναι Μεσογειακό με ήπιους χειμώνες και θερμά καλοκαίρια. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15,7°C, η μέση θερμοκρασία το καλοκαίρι φτάνει τους 26,6°C, ενώ η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 445,28 mm, με το 59% να πέφτει την περίοδο από Οκτώβριο μέχρι Μάρτιο (Tsitsoni 1991).

Οι δασικές εκτάσεις καλύπτουν 40% της συνολικής έκτασης, ενώ 57% είναι αγροτικές. Το κυρίαρχο δασοπονικό είδος είναι η χαλέπιος πεύκη (*Pinus halepensis*). Τα δάση της χαλεπίου πεύκης εμφανίζονται στα Μεσογειακά οικοσυστήματα, εξαπλώνονται στη ζώνη *Quercetalia ilicis* και τόσο η επιβίωση τους όσο και η εξάπλωσή τους εξαρτάται από την ένταση και τη συχνότητα των πυρκαγιών (Dafis 1987). Ο υπόροφος και η χαμηλή βλάστηση ανήκει στη φυτοκοινότητα των *maquis*.

Μεγάλη πυρκαγιά εκδηλώθηκε στην περιοχή στις 21 Αυγούστου 2006 και διήρκεσε μέχρι τις 25 Αυγούστου. Η ένταση και η εξάπλωση της πυρκαγιάς προκάλεσε την καταστροφή μεγάλων εκτάσεων δασικής και αγροτικής βλάστησης, κατοικιών και επίσης τραυματισμούς πολιτών. Τις πρώτες δύο μέρες δημιουργήθηκε φλεγόμενο μέτωπο 20 χλμ., το οποίο πέρασε από τα χωριά Πολύχρονο, Χανιώτη, Πευκοχώρι και Κρουοπηγή. Οι προσπάθειες κατάσβεσης εμποδίστηκαν από την ανάπτυξη πολλών μετώπων και από την ύπαρξη ισχυρών ανέμων (Καταγής 2008).

2.2 Περιγραφή δεδομένων και προεπεξεργασία τους

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την εργασία ήταν:

- Μια δορυφορική εικόνα Landsat-5 TM με χωρική ανάλυση 30μ., στην οποία έχει αποτυπωθεί η καμένη έκταση, με ημερομηνία λήψης το Σεπτέμβριο του 2006 (Εικόνα 1). Ο δορυφόρος Landsat καταγράφει την ανακλούμενη από την επιφάνεια της γης ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε επτά φασματικούς διαύλους που καλύπτουν το ορατό και υπέρυθρο μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.
- Μια αεροφωτογραφία που απεικονίζει την καμένη περιοχή.
- Το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (Digital Elevation Model - DEM) της περιοχής με ανάλυση εικονοστοιχείου 30μ.
- Ο ψηφιακός χάρτης κάλυψης/χρήσεων γης CORINE 2000 της περιοχής μελέτης.
- Δεδομένα πεδίου που συλλέχθηκαν στην καμένη έκταση αμέσως μετά την πυρκαγιά με τη χρήση συσκευής GPS.

Πριν τη χρησιμοποίηση των δεδομένων για τη διερεύνηση των επιμέρους στόχων, προηγήθηκε η προεπεξεργασία τους. Η **προεπεξεργασία** των ψηφιακών δεδομένων αφορά εκείνες τις ποσοτικές προκαταρκτικές διεργασίες, οι οποίες σκοπεύουν στη διόρθωση ή απομάκρυνση σφαλμάτων που υπάρ-

χουν στα δεδομένα και πραγματοποιούνται πριν αυτά χρησιμοποιηθούν για συγκεκριμένο σκοπό (Mather 2004). Η εικόνα Landsat αρχικά διορθώθηκε γεωμετρικά και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αποκοπή (subset) της περιοχής ενδιαφέροντος. Ατμοσφαιρική διόρθωση, δηλαδή απομάκρυνση της επίδρασης της ατμόσφαιρας δεν πραγματοποιήθηκε καθώς από αντίστοιχες εργασίες έχει προκύψει ότι η απομάκρυνση των ατμοσφαιρικών και τοπογραφικών επιδράσεων σε δορυφορική εικόνα Landsat TM δεν κρίνεται απαραίτητη στην περίπτωση της χαρτογράφησης καμένων εκτάσεων με τη μέθοδο της αντικειμενοστραφούς ανάλυσης (Mitri και Gitas 2004).

Η **γεωμετρική διόρθωση** αποτελεί τη συνηθέστερη διόρθωση κατά το στάδιο της προ-επεξεργασίας και σκοπός της είναι η εύρεση της ακριβούς γεωγραφικής θέσης των εικονοστοιχείων (pixels) και η εξάλειψη των γεωμετρικών παραμορφώσεων της εικόνας. Η εικόνα Landsat γεωαναφέρθηκε χρησιμοποιώντας ως εικόνα αναφοράς τη γεωμετρικά διορθωμένη αεροφωτογραφία της περιοχής και μετατράπηκε στο ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα ΕΓΣΑ87 χρησιμοποιώντας το λογισμικό ERDAS. Η γεωαναφορά έδωσε πολύ μικρό μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMS error) ίσο με 0,25 pixel που αντιστοιχεί σε αρκετά ικανοποιητική ακρίβεια 7,5 περίπου μέτρων.

Ως επιπλέον πληροφορία για την ανάπτυξη του μοντέλου, υπολογίστηκε ο δείκτης Normalized Burn Ratio (NBR), ο οποίος χρησιμοποιείται συχνά τα τελευταία χρόνια για την ταξινόμηση καμένων περιοχών καθώς και στην εκτίμηση της έντασης του φαινομένου (Key και Benson 2000, Key και Benson 2005). Ο NBR υπολογίζεται με βάση τον τύπο:

$$NBR = \frac{TM4 - TM7}{TM4 + TM7}$$

όπου TM4 και TM7 ο κοντινός υπέρυθρος και μέσος υπέρυθρος δίαυλος αντίστοιχα της εικόνας Landsat.

Μετά την προεπεξεργασία της δορυφορικής εικόνας, ακολούθησε η ανάλυση. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα: ανάπτυξη του αντικειμενοστραφούς μοντέλου ταξινόμησης με τη χρήση της εικόνας Landsat, εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης και υπολογισμός των στατιστικών της πυραγιάς με τη χρησιμοποίηση του εξειδικευμένου Γ.Σ.Π. λογισμικού BAS2. Τα στάδια της μεθοδολογίας καθώς και τα αντίστοιχα αποτελέσματα αναφέρονται παρακάτω.

2.3 Ανάπτυξη αντικειμενοστραφούς μοντέλου ταξινόμησης για τη χαρτογράφηση της καμένης έκτασης

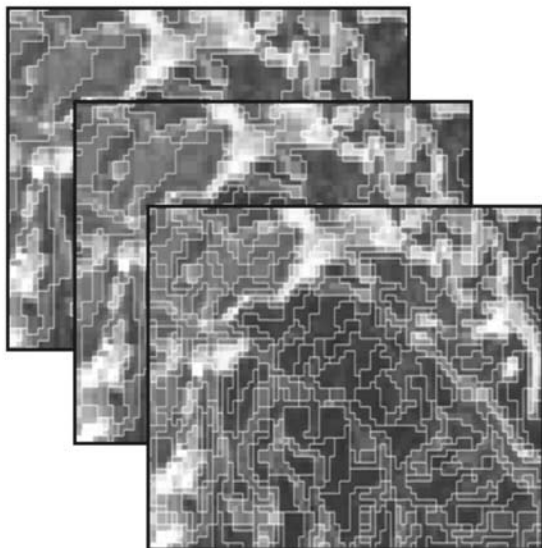
Κατά τη διαδικασία ανάπτυξης και εφαρμογής του μοντέλου, δύο ήταν τα κύρια βήματα που ακολουθήθηκαν: α) κατάτμηση (segmentation) της δορυφορικής εικόνας σε αντικείμενα διαφορετικής κλίμακας και μεγέθους και β) ταξινόμηση των αντικειμένων σε κάθε διαφορετικό επίπεδο κλίμακας. Η αντικειμενοστραφής μέθοδος ανάλυσης προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας διαφορετικού μεγέθους αντικειμένων σε πολλά επίπεδα, σχηματίζοντας έτσι μία ιεραρχία (object hierarchy) στην οποία έχουν δημιουργηθεί σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων σε ίδιο ή διαφορετικό επίπεδο (eCognition user guide 2004).

Στη συνέχεια, η ταξινόμηση πραγματοποιείται με βάση τα κατάλληλα χαρακτηριστικά των αντικειμένων (object features), όπως φασματικές ιδιότητες, σχήμα και υφή. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιλέγονται ύστερα από ανάλυση και σύγκριση μεταξύ τους, έτσι ώστε να επιτρέπουν τον καλύτερο διαχωρισμό μεταξύ των κλάσεων. Προσδιορίζονται λοιπόν οι συναρτήσεις συμμετοχής (membership functions) για κάθε χαρακτηριστικό των αντικειμένων σε κάθε κλάση και τελικά αυτά ταξινομούνται με κανόνες ασαφούς λογικής (eCognition user guide 2004).

Για την ανάπτυξη του μοντέλου ταξινόμησης της καμένης έκτασης εισήχθησαν αρχικά στο εξειδικευμένο λογισμικό *Definiens* οι δίαυλοι της εικόνας Landsat καθώς και ο υπολογισμένος δείκτης NBR. Τρία επίπεδα κατάτμησης δημιουργήθηκαν, οπότε και τρία επίπεδα ταξινόμησης (Εικόνα 2). Για κάθε επίπεδο κατάτμησης ορίστηκαν κατάλληλα οι παράμετροι της κλίμακας, του βάρους των διαύλων και του κριτηρίου ετερογένειας και τελικά δημιουργήθηκαν με τη σειρά μικρού μεγέθους (επίπεδο 1), μεσαίου μεγέθους (επίπεδο 2) και μεγάλου μεγέθους αντικείμενα (επίπεδο 3) (Πίνακας 1).

Έπειτα, μέσω του λογισμικού εφαρμόστηκαν ειδικές διαδικασίες (processes), οι οποίες χρησιμοποιούν τους αντίστοιχους αλγόριθμους και καθορίζουν: ποιές ενέργειες (π.χ. κατάτμηση και ταξινόμηση) και που (π.χ. σε όλα τα αντικείμενα μιας κλάσης ή μόνο σε ένα επίπεδο) θα εφαρμοστούν. Το σύνολο των ειδικών διαδικασιών και η σειρά με την οποία εφαρμόστηκαν αποτελεί την ομάδα κανόνων (rule set).

Στο 3ο επίπεδο κατάτμησης τα μεγάλα αντικείμενα ταξινομήθηκαν σε δύο κλάσεις, «καμένη έκταση (3)» και «νερό (3)» ενώ τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων (object features) που επιλέχθηκαν για την ταξινόμησή τους ήταν τα «μέσο του διαύλου



Εικόνα 2: Επίπεδα κατάτμησης της εικόνας
Figure 2: Segmentation levels of the Landsat image

Πίνακας 1: Παράμετροι κατάτμησης της εικόνας Landsat
Table 1: Segmentation parameters of the Landsat image

Επίπεδο	Κλίμακα	Βάρος διαύλου	Χρώμα	Υφή
1	4	TM4, TM7	0,9	0,8
2	8	TM4, TM7	0,9	0,7
3	12	TM4, TM7, NBR	0,9	0,7

Εικόνα 3: Χάρτης καμένης έκτασης από την αντικειμενογραφική ταξινόμηση της δορυφορικής εικόνας Landsat-5 TM.

Figure 3: Map of the burned area as a result of the object-based classification of the Landsat-5 TM image



Επίπεδο 3



Επίπεδο 2



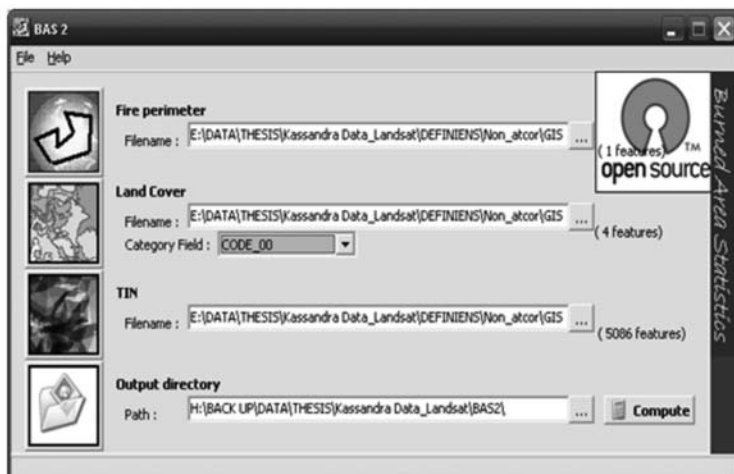
Επίπεδο 1

4», «αναλογία του διαύλου 4» και «μέσο του δείκτη NBR». Χρησιμοποιήθηκε δηλαδή η πληροφορία του υπέρυθρου διαύλου TM 4 και του δείκτη και έτσι είχαμε μια πρώτη εκτίμηση των ορίων της πυρκαγιάς και παράλληλα ταξινόμηση των υδάτων.

Η ταξινόμηση στο 2ο επίπεδο συμπεριλάμβανε εκτός από το διαχωρισμό της καμένης έκτασης και τη δημιουργία κλάσεων βλάστησης και μη-βλάστησης. Για το διαχωρισμό της καμένης έκτασης χρησιμοποιήθηκε πληροφορία από τα μεγαλύτερα αντικείμενα του 3ου επιπέδου, εφόσον η ιεραρχία των αντικειμένων επιτρέπει την ύπαρξη σχέσεων μεταξύ τους στο ίδιο ή σε διαφορετικό επίπεδο. Οι κλάσεις ήταν τελικά οι «καμένη έκταση (2)», «αραιή βλάστηση», «πυκνή βλάστηση», «άγρονες/τεχνητές επιφάνειες» και «νερό (2)». Τέλος, στο 1ο επίπεδο (μικρού μεγέθους αντικείμενα) πραγματοποιήθηκε η τελική χαρτογράφηση της καμένης έκτασης («καμένη έκταση»), αφού πρώτα καθορίστηκαν τα όρια των συναρτήσεων συμμετοχής (membership functions) για κάθε χαρακτηριστικό των αντικειμένων σε κάθε κλάση, ενώ παράλληλα έγινε χρήση της πληροφορίας από την ταξινόμηση στο 2ο επίπεδο (Εικόνα 3).

Η ακρίβεια της ταξινόμησης καθορίζει την ποιότητα της εξαγόμενης πληροφορίας από τα δορυφορικά δεδομένα. Για την αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της εκτίμησης της ακρίβειας κατασκευάστηκε ένας πίνακας συχνοτήτων, ο οποίος ονομάζεται μήτρα σφαλμάτων ταξινόμησης (error matrix). Ο πίνακας δίνει τη συνολική ακρίβεια ταξινόμησης (overall accuracy), η οποία αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα και απλά μέτρα της ακρίβειας, καθώς εκτιμά το ποσοστό των ορθά ταξινομημένων περιπτώσεων με άμεσο τρόπο (Foody 2002).

Για την εκτίμηση της ακρίβειας των μοντέλων επιλέχθηκαν συνολικά διακόσια δειγματοληπτικά σημεία, τόσο από την αεροφωτογραφία με φωτοερμηνεία όσο και από τα δεδομένα πεδίου, με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι διασκορπισμένα σε όλη την



Εικόνα 4: Το λογισμικό Burned Area Statistics - BAS2
Figure 4: Burned Area Statistics 2 (BAS2) software interface

περιοχή μελέτης. Σε αυτά περιλαμβάνεται το σύνολο των δεδομένων πεδίου που αντιστοιχεί σε 65 σημεία, ενώ τα υπόλοιπα προέρχονται από την εξέταση της αεροφωτογραφίας έτσι ώστε να υπάρχει ικανοποιητικός και αντιπροσωπευτικός αριθμός δειγμάτων.

2.4 Το λογισμικό Burned Area Statistics 2 (BAS2)

Το εξειδικευμένο ανοιχτό (open source) λογισμικό Burned Area Statistics (BAS2) αποτελεί εξέλιξη του BAS, το οποίο είχε αναπτυχθεί ως προέκταση του ArcInfo/Workstation (Gitas 1999) από το εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης (Εικόνα 4). Τα διανυσματικά (vector) δεδομένα εισόδου που απαιτούνται είναι το πολύγωνο της πυρκαγιάς, ο ψηφιακός χάρτης χρήσεων γης καθώς και το υψομετρικό μοντέλο της περιοχής. Εκτός από την παραγωγή δισδιάστατων (2D) αποτελεσμάτων, το κύριο πλεονέκτημα του λογισμικού BAS2 είναι η δυνατότητα να παράγει, αριθμητικά και γραφικά αποτελέσματα της πραγματικής επιφάνειας (3D) του εδάφους. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται πιο ρεαλιστικές εκτιμήσεις τόσο της συνολικής καμένης έκτασης όσο και της έκτασης των κύριων μορφών χρήσεων/κάλυψης γης που κήηκαν. Σύμφωνα με τον Berry (2002), αν ληφθεί υπόψη το ανάγλυφο της επιφάνειας, τότε μπορεί να υπολογιστεί η πραγματική επιφάνεια και το μήκος των χαρακτηριστικών του χάρτη και τα αποτελέσματα θα διαφέρουν από τις δισδιάστατες εκτιμήσεις.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα υψομετρικά δεδομένα που απαιτούνται από το λογισμικό πρέπει να είναι σε μορφή Τριγωνικού Ακανόνιστου Δικτύου (Triangulated Irregular Network ή TIN). Το μοντέλο

TIN αναπαριστά την επιφάνεια του εδάφους ως ένα σύνολο αλληλοσυνδεδεμένων τριγωνικών πλευρών. Βασικό του πλεονέκτημα σε σχέση με την ψηφιδωτή αναπαράσταση ενός μοντέλου DEM είναι η μεγαλύτερη λεπτομέρεια που προσφέρει σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο, άρα και με μεγαλύτερο αριθμό δεδομένων (σημείων). Για την παρούσα εργασία, το TIN υπολογίστηκε από το ψηφιακό μοντέλο DEM με τη χρήση της επέκτασης *3D Analyst* του λογισμικού *ArcGIS*.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης

Τα αποτελέσματα της εκτίμησης της ακρίβειας της ταξινόμησης του μοντέλου που αναπτύχθηκε παρουσιάζονται στον Πίνακα II. Από τα 178 pixels που ταξινομήθηκαν από το αντικειμενοστραφές μοντέλο ως καμένα, μόλις τα 13 ταξινομήθηκαν λάθος στη σύγκριση με τα δεδομένα πεδίου. Η συνολική ακρίβεια της ταξινόμησης ήταν 90,50% και πιο συγκεκριμένα, η ακρίβεια του χρήστη 92,7%, η ακρίβεια του παραγωγού 96,49%, ενώ ο συντελεστής K βρέθηκε έως με 0,7342.

Η ακρίβεια του κατασκευαστή σχετίζεται με την πιθανότητα το δειγματοληπτικό σημείο να έχει ταξινομηθεί σωστά και αναφέρεται στην πιθανότητα να γίνει σφάλμα παράλειψης. Η ακρίβεια του χρήστη αναφέρεται στην πιθανότητα το ταξινομημένο σημείο (pixel ή αντικείμενο) να αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα (Story and Congalton, 1986). Ο συντελεστής K δηλώνει κατά πόσο η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι σημαντική ή τυχαία, το οποίο μεταφράζεται για την παρούσα εργασία σε αποφυγή του 74% περίπου των λαθών που θα παρήγαγε μία

Πίνακας II: Ακρίβεια ταξινόμησης για το αντικειμενοστραφές μοντέλο που αναπτύχθηκε με την εικόνα Landsat TM
Table II: Accuracy assessment of the object-based model that was developed with the Landsat image

Κατηγορία	Σύνολο σημείων	Σύνολο ταξινομημένων	Αριθμός σωστών	Ακρίβεια παραγωγού	Ακρίβεια χρήστη
Μη καμένα	29	22	16		
Καμένα	171	178	165	96,49%	92,7%
Σύνολο	200	200	181		
Ολική ακρίβεια ταξινόμησης = 90,50%					
Συντελεστής Kappa (K) = 0,7342					

Πίνακας III: Έκταση των βασικών κατηγοριών χρήσεων/κάλυψης γης εντός των παραγόμενων ορίων της πυρκαγιάς.
Table III: Size of the main land cover classes affected by the fire

Χρήσεις/Κάλυψεις γης	Έκταση 2D (στρ)	Έκταση 3D (στρ)	Διαφορά
Δάση και δασικές εκτάσεις	36880 (54%)	38670 (54.3%)	1790
Αγροτικές εκτάσεις	31390 (45.9%)	32430 (45.6%)	1040
Τεχνητές επιφάνειες	50 (0.1%)	50(0.1%)	0
Συνολική έκταση	68320	71150	2830

πλήρως τυχαία ταξινόμηση.

3.2 Υπολογισμός των βραχυπρόθεσμων επιπτώσεων της πυρκαγιάς με τη χρησιμοποίηση του εξειδικευμένου Γ.Σ.Π. λογισμικού BAS2

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στο λογισμικό BAS2 εισήχθησαν τα διανυσματικά δεδομένα των ορίων της πυρκαγιάς, του ψηφιακού χάρτη CORINE 2000 και του υψομετρικού μοντέλου TIN της περιοχής. Η συνολική καμένη έκταση υπολογίστηκε τελικά στα 68.320 στρέμματα πλανιμετρικά (2D) και 71.150 στρέμματα σε πραγματική επιφάνεια (3D). Το μέγεθος των κύριων μορφών χρήσεων/κάλυψης γης που κήκχαν υπολογίστηκαν σε πλανιμετρική βάση στα 36.880 στρ. για δάση και δασικές εκτάσεις, 31.390 στρ. για αγροτικές, ενώ 50 στρέμματα ήταν τεχνητές επιφάνειες. Παίρνοντας υπόψη το ανάγλυφο της περιοχής, τα τρισδιάστατα στατιστικά ήταν 38.670, 32.430 και 50 στρέμματα αντίστοιχα (Πίνακας III). Η διαφορά των 2.830 στρ. μεταξύ των 2D και 3D αποτελεσμάτων της συνολικής καμένης έκτασης οφείλεται στη χρησιμοποίηση του υψομετρικού μοντέλου και άρα στην επίδραση του ανάγλυφου.

Η ευκολία χρήσης του BAS2 καθώς και το γεγονός ότι αποτελεί λογισμικό ανοιχτού κώδικα, άρα είναι δυνατή η περαιτέρω τροποποίηση και βελτίωσή του από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο, το καθιστά ένα χρήσιμο εργαλείο για την αρχική και ταχεία εκτίμηση των επιπτώσεων της πυρκαγιάς στις κατηγορίες

χρήσης/κάλυψης γης μιας περιοχής. Αξίζει να σημειωθεί επίσης, ότι αντί για το χάρτη χρήσεων γης του CORINE μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε γεωαναφερόμενος και ενημερωμένος δασικός χάρτης. Συνεπώς, θα είναι δυνατή η εξαγωγή άμεσων αποτελεσμάτων σχετικά με τη σύσταση, την κατανομή των πυκνότητα της δασικής βλάστησης, τον ξυλώδη όγκο και με άλλες δασικές πληροφορίες, εφόσον είναι διαθέσιμοι οι αντίστοιχοι χάρτες.

Επιπλέον, η πραγματική επιφάνεια (3D) προτιμάται στη διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων και των χρήσεων γης και μπορεί να οδηγήσει σε πιο ακριβείς εκτιμήσεις των καμένων εκτάσεων από τελικούς χρήστες όπως οι Δασικές Υπηρεσίες. Ουσιαστικά, αυτό που απαιτείται σε κάθε περίπτωση είναι η περίμετρος της πυρκαγιάς, η οποία μπορεί να προκύψει είτε από μετρήσεις στο πεδίο είτε από τεχνικές φωτοερμηνείας και ταξινόμησης τηλεπισκοπικών δεδομένων.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το βασικό συμπέρασμα από την παρούσα εργασία είναι ότι σύγχρονες μέθοδοι ταξινόμησης δορυφορικών δεδομένων μπορούν να συνδυαστούν επιτυχημένα με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και να αποτελέσουν πολύτιμο εργαλείο τόσο για την ακριβή χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων, όσο και για την εκτίμηση των βραχυπρόθεσμων επιπτώσεων των πυρκαγιών.

Ως προς τους επιμέρους στόχους της εργασίας, τα

συμπεράσματα που προέκυψαν είναι:

- Το αντικειμενοστραφές μοντέλο που αναπτύχθηκε με τη δορυφορική εικόνα Landsat χαρτογράφησε την καμένη έκταση με μεγάλη ακρίβεια (90,50%).
- Η χρήση του εξειδικευμένου λογισμικού Γ.Σ.Π. BAS2 προσέφερε επιπλέον τη δυνατότητα υπολογισμού της πραγματικής επιφάνειας (3D) της περιοχής μελέτης, χωρίς να απαιτούνται επιπρόσθετες γνώσεις και μεγάλη χρονική διάρκεια εφαρμογής.

Επίσης, στο BAS2 είναι δυνατή η εισαγωγή οποιασδήποτε θεματικής πληροφορίας που αφορά για παράδειγμα τη σύσταση και τον ξυλώδη όγκο της δασικής βλάστησης, οπότε μπορούν να παραχθούν επιπλέον στατιστικά χρήσιμα για την εκτίμηση των επιπτώσεων των πυρκαγιών στο δασικό οικοσύστημα. Το μηδενικό κόστος και η ευκολία χρήσης αυτής της εφαρμογής ανοιχτού κώδικα, το καθιστά ένα πολύτιμο εργαλείο στα χέρια τελικών χρηστών όπως οι δασολόγοι διαχειριστές για τη γρήγορη εκτίμηση των επιπτώσεων της πυρκαγιάς.

Short-term fire impact assessment with the use of remote sensing and the stand-alone GIS software BAS2

T. Katagis¹ and I.Z. Gitas¹

SUMMARY

Forest fires are a major environmental problem in the Mediterranean region with large areas being affected each summer. Assessment of the economic and ecological effects of fires is considered very important and therefore requires detailed and current information concerning the location and extent of the burned areas and post-fire vegetation situation.

Satellite remote sensing has been widely applied in forest fire-related research and has provided satisfactory results for burned area mapping, as well as valuable information concerning the post-fire condition of affected areas. Advanced classification techniques, such as object-based image analysis methods have been successfully used for the accurate mapping of burned areas. Moreover, the use of Geographical Information Systems (GIS) in such studies facilitates not only the cartographic presentation of remotely-processed data, but also the quantification of fire effects.

The aim of this study was to investigate the use of Remote Sensing and GIS in mapping a burned area in the Kassandra peninsula, Greece as well as to assess the short term effects of the fire on the landscape. The specific objectives were: to develop an object-based image classification model for mapping the burned area and to use BAS2 stand-alone open source GIS software for generating 2D and 3D area statistics for the main land cover classes affected by the fire.

Object-based image analysis and a Landsat-5 TM satellite image were employed to develop a classification model for mapping the burned area. The results were satisfactory since a 90,5 % overall accuracy was achieved. Fire statistics for the main land cover classes affected by the fire were also estimated using the GIS software BAS2. The software's main advantages are: its ability to additionally produce true surface (3D) results, its user friendly interface, and its potential to integrate any other thematic layer, besides the CORINE classes, concerning information, such as distribution and composition of forest vegetation.

Key words: burned area mapping, satellite remote sensing, object-based image analysis, Geographic Information Systems

¹ *Laboratory of Forest management and Remote Sensing, School of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki*

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Al-Rawi, K.R., Casanova, J.L. και Calle, A., 2001. Burned area mapping system and fire detection system, based on neural networks and NOAA-AVHRR imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 22(10): 2015-2032.
- Berry, J., 2002. Calculating Realistic Areas. GeoWorld December, 2002; "Use Surface Area for Realistic Calculations", pp. 2223.
- Caetano, M., Mertes, L., Cadete, L. and Pereira, M., 1996. Assessment of AVHRR data for characterising burned areas and post-fire vegetation recovery. *EARSSEL Advances In Remote Sensing* 4: 124-134.
- Cao, X., Chen, J., Matsushita, B., Imura, H. and Wang, L., 2009. An automatic method for burn scar mapping using support vector machines. *International Journal of Remote Sensing*, 30(3): 577-594.
- Chuvieco, E. and Congalton, R.G., 1989. Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping. *Remote Sensing of Environment*, 29: 147-159.
- Chuvieco, E., 1999. Foreword. A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires. Alcalá de Henares, Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá: 35.
- Chuvieco, E. and Congalton, R.G., 1988. Mapping and inventory of forest fires from digital processing of TM data. *Geocarto International* 4: 41-53.
- Dafis, S., 1987. Ecology of *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* forests. In: Proceedings of the 1st Scientific Meeting of Hellenic Forestry Society on Pinus halepensis and Pinus brutia forests, Chalkida, 30 September – 2 October 1987, Thessaloniki 1, pp. 17-25 (in Greek).
- Devereux, B.J., Amable, G.S. and Costa Posada, C., 2004. An efficient image segmentation algorithm for landscape analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 6 (1): 47-61.
- eCognition 2004. User Guide (Definiens Imaging GmbH: München), pp. 59-65.
- Egmont-Petersen, M., Ridder, D. and Handels, H., 2002. Image processing using neural networks – a review. *Pattern Recognition* 35 (10): 2279-2301.
- Foody, G.M., 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment* 80: 185-201.
- Gitas, I.Z., 1999. Geographical information systems and remote sensing in mapping and monitoring fire altered forest landscapes. PhD thesis, University of Cambridge, Cambridge, UK.
- Gitas, I.Z., Mitri, G. and Ventura, G., 2004. Object-oriented image analysis for burned area mapping using NOAA-AVHRR imagery in Creus Cape, Spain. *Remote Sensing of Environment* 92: 409-413.
- Górc, M., Özel, M.E., Yildirim, H.H. and Özdemir, M., 2009. Use of satellite images for forest fires in area determination and monitoring, RAST 2009 - Proceedings of 4th International Conference on Recent Advances Space Technologies, pp. 27-32.
- Gopal, S. and Woodcock, C.E., 1999. Artificial neural networks for detecting forest change. In Chen, C.H. (Ed.) *Information Processing for Remote Sensing*, pp. 225-236. Singapore World Scientific Publishing
- Hay, G.J., Castilla, G., Wulder, M.A. and Ruiz, J.R., 2005. An automated object-based approach for the multiscale image segmentation of forest scenes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7 (4): 339-359.
- Henry, M.C. and Hope, A.S., 1998. Monitoring post-burn recovery of chaparral vegetation in southern California using multitemporal satellite data. *International Journal of Remote Sensing*. Vol 19(16): 3097-3107.
- Hernandez Clemente, R, Navarro Cerrillo, R.M. and Gitas, I.Z., 2009. Monitoring post-fire regeneration in Mediterranean ecosystems by employing multitemporal satellite imagery. *International Journal of Wildland Fire* 18: 648-658.
- Jakubauskas, M.E., Lulla, K.P. and Mausel, P.W., 1990. Assessment of vegetation change in fire-altered forest landscape. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56(3): 371-377.
- Karteris, M., 1995. Burned land mapping and post-fire effects. In: Chuvieco, E. (Ed). *Remote Sensing and GIS applications to forest fire management*. Universidad de Alcalá de Henares, Spain, pp. 35-44.
- Καταγής, Θ., 2008. Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων και εκτίμηση των βραχυπρόθεσμων επιπτώσεων των πυρκαγιών με τη χρήση της τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος.
- Key, C.H. and Benson, N.C., 2000. Measuring and Remote Sensing of Burn Severity. In: 2000 Wildland Fire Workshop, Denver, CO, U.S. Geological

- Survey and Wildland Fire, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, pp. 15-19.
- Key, C.H. και Benson, N.C., 2005. Landscape assessment: ground measure of severity, the Composite Burn Index, and remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio. In D.C. Lutes (Ed.), FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. Ogden, Uta: General Technical Report, RMRS-GTR- 164-CD: LA1-LA51, Rocky Mountain Research Station, Forest Service, US Department of Agriculture.
- Kosko, B., 1992. Neural networks and fuzzy systems, a dynamical systems approach to machine intelligence. Englewood Cliffs (NJ 07632) 7 Prentice Hall International.
- Koutsias, N. and Karteris, M., 2003. Classification analyses of vegetation for delineating forest fire fuel complexes in a Mediterranean test site using satellite remote sensing and GIS. *International Journal of Remote Sensing*, 24(15): 3093–3104.
- Kruse, R., Gebhardt, J. and Klawonn, F., 1993. Numerical and Logical Approaches to Fuzzy Set Theory by the Context Model. In R. Lowen, & M. Roubens (Eds.). *Fuzzy logic: state of the art*, pp. 365–376. Dordrecht 7 Kluwer Academic.
- Mather, P.M., 2004. *Computer Processing of Remotely Sensed images: An Introduction*. 3d ed.: John Wiley and Sons, pp. 80.
- Mitri, G. and Gitas, I.Z., 2002. The development of an object-oriented classification model for operational burned area mapping on the Mediterranean island of Thasos using Landsat-TM images. In D. X. Viegas (Ed.), *Forest fire research and wildland fire safety*, pp. 79-82. Rotterdam 7 Millpress.
- Mitri, G. and Gitas, I.Z., 2004. A performance evaluation of a burned area object-based classification model when applied to topographically and non-topographically corrected TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 25(14): 2863-2870.
- Mitri, G. and Gitas, I.Z., 2006. Fire type mapping using object-based classification of Ikonos imagery. *International Journal of Wildland Fire*, 15: 457–462.
- Mitri, G. and Gitas, I.Z., 2010. Mapping Post-fire Vegetation Recovery Using EO-1 Hyperion Imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(3): 1613-1618.
- Myneni, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G. and Nemani, R.R. 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981– 1991. *Nature*, 386: 698–702.
- Pausas, J.G. and Vallejo, R.V., 1999. The role of fire in European Mediterranean ecosystems. In: E. Chuvicco (Ed.). *Remote Sensing of large wildfires*, pp.316.
- Pereira, J.M.C., 1999. A comparative evaluation of NOAA-AVHRR vegetation indices for burned surface detection and mapping. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37: 217– 226.
- Pierce, E., Ulaby, F.T., Sarabandi, K. and Dobson, M.C., 1994. Knowledgebased classification of polarimetric SAR images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32: 1081– 1086.
- Richards, J.A., 1993. *Remote sensing digital image analysis: An introduction* (2nd ed.). Heidelberg: SpringerVerlag, pp 340.
- Siljestrøm, P. and Moreno, A., 1995. Monitoring burnt areas by principal components analysis of multitemporal TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 16: 1577–1587.
- Story, M. and Congalton, R.G., 1986. Accuracy assessment: A user's perspective, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 52: 397–399.
- Sunar, F. and Özkan, C., 2001. Forest fire analysis with remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 22(12): 2265-2277.
- Τσιτσώνη, Θ., 1991. Ανάλυση δομής και συνθήκες φυσικής αναγέννησης μετά από πυρκαγιά στα δάση Χαλεπίου Πεύκης της Κασσάνδρας Χαλκιδικής. Διδακτορική διατριβή. pp 13-24. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος.
- Zammit, O., Descombes, X. and Zerubia, J., 2006. Burnt area mapping using Support Vector Machines. In D. X. Viegas (Ed.), V International Conference on Forest Fire Research, 27-30 November 2006, Coimbra, Portugal.

Αποκατάσταση διαταραγμένων περιοχών μετά από μεταλλευτικές και λατομικές δραστηριότητες με τη χρήση ποωδών λιβαδικών φυτών

Α. Κυριαζόπουλος¹, Ε.Μ. Αβραάμ², Ζ.Μ. Παρίση² και Κ.Ν. Τσιουβάρας²

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μεταλλευτικές και λατομικές εκμεταλλεύσεις ικανοποιούν ζωτικές οικονομικές και κοινωνικές ανάγκες, αλλά επιφέρουν διαταραχή της ισορροπίας του οικοσυστήματος καθώς και έντονες αλλαγές στο τοπίο. Επειδή η φυσική αποκατάσταση των εκτάσεων αυτών είναι πολύ δύσκολη και χρονοβόρα, η δημιουργία τεχνητού φυτοκαλύμματος είναι επιβεβλημένη. Η χρήση των αναγκαίων υλικών για βελτίωση των εδαφικών συνθηκών, η επιλογή των κατάλληλων ποωδών φυτικών ειδών και μεθόδων εγκατάστασης της βλάστησης, συντελεί στην αποτελεσματικότερη αποκατάσταση και καλύτερη ενσωμάτωση της διαταραγμένης επιφάνειας στο τοπίο. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανασκόπηση της μέχρι τώρα έρευνας στην Ελλάδα αναφορικά με τα ποώδη φυτικά είδη που έχουν δοκιμαστεί σε εργασίες αποκατάστασης ανενεργών λατομείων και μεταλλείων. Από τα είδη αυτά, καλύτερη εγκατάσταση και ανάπτυξη είχαν τα *Bromus inermis* Leyss., *Dactylis glomerata* L., *Lolium rigidum* Gaud., *Medicago sativa* L., *Trifolium subterraneum* L., και *Sanguisorba minor* Scop. Εκτός όμως από την επιλογή κατάλληλων φυτικών ειδών ιδιαίτερη σημασία έχει και η μελέτη εξέλιξης της βλάστησης για να διασφαλισθεί η σταθερότητα των νέων οικοσυστημάτων.

Λέξεις κλειδιά: αγρωστώδη, ψυχανθή, πυκνότητα, εγκατάσταση.

Εισαγωγή

Η αξιοποίηση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων και συγκεκριμένα η εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου, αποτελεί σύγχρονη οικονομική και κοινωνική αναγκαιότητα, καθώς συμβάλλει σημαντικά στην εθνική οικονομία μιας χώρας. Ταυτόχρονα όμως, οι κάθε φύσης λατομικές και μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις προκαλούν σειρά αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και μείωση της οπτικής και αισθητικής αξίας του τοπίου (Sharma κ.α., 2000). Καθώς η εγκατάστασή τους απαιτεί τη δημιουργία δρόμων, εκσκαφών και αποθέσεων, έχει ως συνέπεια την αλλοίωση του ανάγλυφου, την καταστροφή της υφιστάμενης βλάστησης (Martin Duque κ.α., 1998) και τη δημιουργία δυσμενών οικολογικών συνθηκών στις διαταρασσόμενες επιφάνειες (Κούκουρα και Ισπικούδης, 1996). Επιπρόσθετα, οι λατομικές και μεταλλευτικές δραστηριότητες έχουν δυσμενείς επιπτώσεις τόσο στην πανίδα (Johnson, 1978) της περιοχής, όσο και στη βιοποικιλότητα (Singh κ.α., 2002).

Η καταστροφή της βλάστησης στις διαταραγμένες επιφάνειες και η απουσία βλάστησης στις αποθέσεις των στείρων υλικών, που συνήθως είναι η μεγαλύτερη σε έκταση και πλέον εμφανής διατάραξη, έχουν ως

αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής απορροής, του κινδύνου διάβρωσης του εδάφους και των πλημμυρικών φαινομένων (Martin Duque κ.α., 1998). Αυτό οφείλεται κυρίως στα χαρακτηριστικά των αποθέσεων, που είναι η μικρή υδατοδιακρατικότητα λόγω της αδρομερούς μηχανικής σύστασης του εδαφικού υλικού και η έντονη εξάτμιση λόγω της αυξημένης εδαφικής θερμοκρασίας και του αυξημένου πορώδους σε σχέση με αδιατάρακτες περιοχές που καλύπτονται από βλάστηση (Johnston κ.α., 1975).

Η αποκατάσταση των διαταραγμένων περιοχών είναι άμεσα συνδεδεμένη με την εγκατάσταση βλάστησης σε αυτές. Το επιφανειακό έδαφος όμως, στις περιοχές αυτές έχει ιδιαίτερα μικρό βάθος, φυσικές και χημικές ιδιότητες χαμηλών ποιοτικών χαρακτηριστικών και κυρίως χαμηλή βιολογική δραστηριότητα (Sharma κ.α., 2000). Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν τη φυσική εγκατάσταση της βλάστησης εξαιρετικά αργή διαδικασία (Whisenant κ.α. 1995, Cullen κ.α. 1998) και επιβάλλουν τη δημιουργία τεχνητού φυτοκαλύμματος. Εξαιτίας όμως των παραπάνω εδαφικών χαρακτηριστικών, η εγκατάσταση τεχνητού φυτοκαλύμματος είναι εξίσου δύσκολη διαδικασία. Έτσι, χρησιμοποιούνται διάφορες

¹ Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσιικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Παναζίδων 193, 68200 Ορεστιάδα

² Εργαστήριο Δασικών Βοσκοτόπων (236), Σχολή Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη

φυτοτεχνικές μέθοδοι για να δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες για τη φύτευση των σπόρων και την εγκατάσταση των φυτών.

Ο πλέον καθοριστικός παράγοντας για τη δημιουργία του τεχνητού φυτοκαλύμματος είναι η επιλογή του κατάλληλου φυτικού είδους. Διάφορα είδη ποωδών φυτών, κυρίως των οικογενειών Graminae και Leguminosae (Brofas και Varelides 2000, Kyriazopoulos κ.α. 2008, Abraham κ.α. 2009) αλλά και ξυλωδών (Brofas και Karetsos, 2002) έχουν δοκιμαστεί σε διάφορες λατομικές και μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις στην Ελλάδα. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανασκόπηση της μέχρι τώρα έρευνας που αφορά τα ποώδη φυτικά είδη που έχουν δοκιμαστεί σε εργασίες αποκατάστασης του τοπίου σε ανενεργά λατομεία και μεταλλεία με έμφαση στις Ελληνικές συνθήκες.

Η έννοια της αποκατάστασης του τοπίου των διαταραγμένων περιοχών

Με τον όρο αποκατάσταση (restoration) του τοπίου στη διεθνή βιβλιογραφία εννοείται η πλήρης επαναφορά του τοπίου και του οικοσυστήματος σε συνθήκες όπως πριν τη διατάραξη. Επειδή όμως αυτό είναι σχεδόν ανέφικτο, διεθνώς χρησιμοποιούνται οι παρακάτω όροι (Ισπικούδης κ.α., 2001):

1. Αναβάθμιση (reclamation) του τοπίου που σημαίνει τη δημιουργία συνθηκών μετά την εκμετάλλευση που θα επέτρεπουν την εγκατάσταση των προϋπαρχόντων φυτικών και ζωικών οργανισμών, στην ίδια σύνθεση και πυκνότητα, στο άμεσο ή στο απώτερο μέλλον.

2. Ανασυγκρότηση (rehabilitation) του τοπίου που αναφέρεται στην αλλαγή χρήσης της περιοχής από αυτή που είχε πριν τη διατάραξη.

Η χρήση των δύο παραπάνω όρων σε γενικές γραμμές είναι περιορισμένη ακόμη και στα επιστημονικά άρθρα. Έτσι έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται ο όρος αποκατάσταση με την έννοια της επαναφοράς σταθερών συνθηκών παραγωγικότητας στα διαταραγμένα αυτά περιβάλλοντα (Κούκουρα, 2001) και η εγκατάσταση σε αυτά της χρήσης που έχει προεπιλεγεί. Η επιλογή της χρήσης αυτής γίνεται ανάλογα με τη φύση της εκμετάλλευσης και τις συνθήκες που έχουν δημιουργηθεί από αυτή. Έτσι άλλες εκμεταλλεύσεις με την αποκατάσταση μπορούν να εξυπηρετήσουν παραγωγικούς σκοπούς, ενώ σε άλλες τα μέτρα αποκατάστασης έχουν προστατευτικό χαρακτήρα, διευκολύνουν την αναφυχή και την εγκατάσταση της άγριας ζωής.

Διαμόρφωση του χώρου και δημιουργία φυτευτικών υποθεμάτων

Η διαμόρφωση του χώρου των μεταλλευτικών και λατομικών εκμεταλλεύσεων εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων όπως είναι το είδος των πετρωμάτων, το βάθος των εκμεταλλευόμενων ορυκτών, η μέθοδος εκμετάλλευσης, η ποσότητα και το είδος των παραγομένων υποπροϊόντων και βέβαια η χρήση για την οποία προορίζεται η έκταση. Γενικά μια τέτοια εκμετάλλευση οδηγεί στη δημιουργία μιας εκσκαφής και του χώρου αποθέσεων των στείρων υλικών. Η εκσκαφή αποτελείται από ένα περισσότερο ή λιγότερο εκπεφρασμένο κλιμακωτό μέτωπο και την πλατεία που αναπτύσσεται στη βάση του μετώπου (Μπρόφας, 1998). Σε κάποιες περιπτώσεις η εκσκαφή πληρώνεται με στείρα υλικά. Συνήθως όμως παραμένει ως έχει, με τα επίπεδα τμήματα των βαθμίδων να διαστρώνονται με έδαφος, το πάχος του οποίου δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 30 εκ. (Μπρόφας, 1998) για την ευκολότερη εγκατάσταση των φυτών.

Τα στείρα υλικά αποτελούνται από το θρυμματισμένο υπερκείμενο του εκμεταλλευόμενου ορυκτού πέτρωμα στο οποίο αναμειγνύονται και ποσότητες επιφανειακού εδάφους. Τα υλικά αυτά, τα οποία αποτίθενται σε σωρούς με βαθμίδες ή όχι, είναι συνήθως χονδρόκοκκα, με μικρή ποσότητα λεπτής γης, με μικρή ικανότητα υδατοδιακρατικότητας και στις επίπεδες επιφάνειες εμφανίζουν φαινόμενα συμπίεσης (Sharma κ.α., 2000). Αναφορικά με τις χημικές ιδιότητες υπάρχει συνήθως έλλειψη οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων με συχνότερη την έλλειψη ή την πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε άζωτο. Επίσης περιορισμένος είναι ο διαθέσιμος φώσφορος, ιδιαίτερα στα ασβεστολιθικά υλικά, και το κάλιο. Αντίθετα, σε σπάνιες περιπτώσεις παρατηρείται έλλειψη ασβεστίου και μαγνησίου (Μπρόφας, 2001). Προβλήματα τοξικότητας εμφανίζονται σε ορισμένες περιπτώσεις (μικτά θειούχα, κ.ά., υπολείμματα επεξεργασίας μετάλλων και αναφέρονται στην παρουσία βαρέων μετάλλων και σε ακραίες τιμές pH, κυρίως χαμηλές (Μπρόφας, 2001).

Οι εδαφικές συνθήκες που δημιουργούνται στο χώρο των μεταλλευτικών και λατομικών εκμεταλλεύσεων καθιστούν αναγκαία τη χρήση φυτευτικών υποθεμάτων στις επιφάνειες φύτευσης, τα οποία θα διευκολύνουν την εγκατάσταση των φυτικών ειδών. Το γόνιμο έδαφος είναι το επιφανειακό υπόθεμα που χρησιμοποιείται πιο συχνά στις διεργασίες αποκατάστασης. Η μεταφορά και η τοποθέτησή του όμως αυξάνουν σημαντικά το συνολικό κόστος της αποκα-

τάστασης. Σε άλλες περιπτώσεις για να διευκολυνθεί η εγκατάσταση της βλάστησης χρησιμοποιούνται οργανικά υλικά (κοπριά, άχυρο, τύρφη, χούμος, φλοιός) ή ανόργανα (μπετονίτης, ασβέστιο, ασφαλτικό γαλάκτωμα) εδαφοβελτιωτικά ή μειξίεις τους (Brown και Johnston 1978, Roldan κ.α. 1994, Caravaca κ.α. 2003). Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται οργανικά εδαφοβελτιωτικά υλικά όπως είναι η λάσπη βιολογικών καθαρισμών (Brofas και Varelidis 1997, Brofas κ.α. 2000), τα οργανικά οικιακά απόβλητα υπό μορφή κομπόστας και ο χαρτοπολτός από ανακυκλωμένο χαρτί.

Από τα οργανικά υλικά που έχουν αναφερθεί το άχυρο θεωρείται ως πολύ καλό εδαφοβελτιωτικό (Brofas και Karetsos, 2002), το οποίο δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για τη φύτευση των σπόρων (Abraham κ.α., 2009). Ειδικότερα, περιορίζει τη διάβρωση του εδάφους (Sidle κ.α., 1993), την αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας του εδάφους και βελτιώνει την υδατική κατάσταση του εδάφους (Schuman κ.α., 1998). Μειονέκτημα του αποτελεί η απαραίτητη χρήση χημικού ή μηχανικού μέσου συγκράτησης του στο έδαφος επειδή είναι ιδιαίτερα ελαφρύ υλικό (Brofas και Varelidis 2000, Κωστοπούλου κ.α. 2008). Τα χημικά μέσα που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι ο μπετονίτης και το ασφαλτικό γαλάκτωμα. Για τη μηχανική στερέωση του άχυρου χρησιμοποιούνται πλαστικά και σπανιότερα συρμάτινα δίκτυα, τα οποία στερεώνονται απευθείας στο έδαφος, στην περίπτωση ασταθών πρανών.

Το πρόβλημα της περιορισμένης γονιμότητας του εδάφους αντιμετωπίζεται συνήθως με λίπανση. Σε περίπτωση που το pH είναι χαμηλό (<4,5) η αύξηση του επιτυγχάνεται με προσθήκη ασβεστίου, ενώ όταν είναι υψηλό με προσθήκη οργανικής ουσίας. Η τοξικότητα λόγω υψηλής συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων είναι πολύπλοκη και αντιμετωπίζεται ανάλογα με την περίπτωση. Έτσι, είτε καταβάλλεται προσπάθεια να περιοριστεί ο τοξικός παράγοντας, είτε να χρησιμοποιηθούν ανθεκτικά στα βαρέα μέταλλα φυτικά είδη (Μπρόφας, 2001).

Η διαμόρφωση του φυτευτικού υποθέματος, των αδρανών υλικών, καθώς και η βελτίωση των εδαφικών συνθηκών συμβάλλουν κατά 90% στο κόστος αποκατάστασης, ενώ οι φυτοκομικές εργασίες συμβάλλουν κατά 1,5 – 3,5% (Tacey, 1980). Γίνεται επομένως αντιληπτό, ότι η βελτίωση των μεθόδων διαμόρφωσης και η ελάττωση του κόστους τους μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της αποκατάστασης και να μειώσει το συνολικό κόστος της.

Η χρήση ποωδών φυτών στην αποκατάσταση μεταλλευτικών και λατομικών εκμεταλλεύσεων

Η εγκατάσταση αυτοφυούς βλάστησης στις περιοχές των μεταλλευτικών και λατομικών εκμεταλλεύσεων μετά το πέρας των εργασιών είναι ο πιο απλός και οικονομικός τρόπος αποκατάστασης (Novak και Prach, 2003). Η διαδικασία αυτή όμως, είναι πολύ αργή (Cullen κ.α. 1998, Novak και Konvicka 2006), λόγω των δυσμενών περιβαλλοντικών και εδαφικών συνθηκών που επικρατούν (Sharma κ.α., 2004) στην περιοχή. Το πρόβλημα είναι πιο έντονο στις μεσογειακές περιοχές (Caravaca κ.α., 2003), κυρίως λόγω της έλλειψης νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα μέσα στο χρόνο. Επιπρόσθετα, κατά το πρώτο έτος σχηματισμού των πρανών λαμβάνει χώρα το 80% της συνολικής διάβρωσης σε ακάλυπτα πρανή (Megahan και Kidd, 1972), ενώ σε αναχλοασμένα πρανή η διάβρωση είναι 10 περίπου φορές μικρότερη σε σχέση με τα γυμνά (Barnett κ.α., 1967). Για αυτούς τους λόγους, η διαδικασία της αποκατάστασης με τη σπορά ποωδών ειδών επιβάλλεται να αρχίσει αμέσως μετά το τέλος της εκμετάλλευσης. Τα είδη αυτά έχουν το πλεονέκτημα της γρήγορης εγκατάστασης και κάλυψης του εδάφους.

Η σπορά πραγματοποιείται συνήθως το φθινόπωρο για τα χαμηλά υψόμετρα και τις θερμές περιοχές και την άνοιξη για τα μεγαλύτερα και πιο ψυχρά υψόμετρα. Τα πρανή όμως, που διαμορφώνονται πριν το φθινόπωρο πρέπει να σπέρνονται το φθινόπωρο ανεξάρτητα υψόμετρου γιατί διαφορετικά θα δεχθούν όλες τις βροχοπτώσεις του φθινοπώρου και του χειμώνα και θα υποστούν έντονη διάβρωση (Μπρόφας, 2001).

Η σπορά διενεργείται με τις μεθόδους της ευρυσποράς και της σποράς σε μικρά αυλάκια-γραμμές. Η τελευταία μέθοδος προτιμάται έναντι της πρώτης επειδή ο σπόρος καλύπτεται με έδαφος και κατά συνέπεια δίνει καλύτερα αποτελέσματα, εφαρμόζεται όμως μόνο όταν η κλίση επιτρέπει την κίνηση των μηχανημάτων. Τις τελευταίες βέβαια δεκαετίες χρησιμοποιείται αρκετά η υδροσπορά η οποία θα μπορούσε να θεωρηθεί ως βελτιωμένη και εξειδικευμένη μέθοδος ευρυσποράς. Η υδροσπορά συνίσταται στην ανάμιξη μέσα σε ειδικό βυτίο, νερού, κυτταρίνης, βιοδιασπόμενων συγκολλητικών υλικών, υδατοδιαλυτών λιπασμάτων, βελτιωτικών εδάφους και άλλων υλικών μαζί με κατάλληλο σπόρο ή μείγμα σπόρων και η εν συνεχεία εκτόξευση του μείγματος επί της προς φύτευση επιφανείας. Τα υλικά υδροσποράς προστατεύουν τους σπόρους από πουλιά, μυρμηγκία

και έντομα, τους συγκρατούν στο έδαφος ενώ ταυτόχρονα συντελούν στη γρήγορη βλάστηση καθώς και την ανάπτυξη βαθέως ριζικού συστήματος.

Σε εργασίες αποκατάστασης έχει δοκιμασθεί πειραματικά ένας μεγάλος αριθμός ποωδών ειδών (Fox, 1984). Τα είδη που επιλέγονται πρέπει να είναι ικανά να προσαρμοστούν στις συγκεκριμένες κλιματεδαφικές συνθήκες. Συνεπώς, στον ελλαδικό χώρο, πρέπει να επιλέγονται κυρίως ξηρανθεκτικά είδη τα οποία έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα εγκατάστασης στις αντίξοες συνθήκες που επικρατούν στις διαταραγμένες αυτές περιοχές (Κυριαζοπουλος κ.α. 2008, Abraham κ.α. 2009). Σημασία έχει επίσης και η αξιολόγηση των ειδών με βάση τη μελλοντική χρήση του φυτοκαλύμματος (προστασία, αναψυχή, βόσκηση, μελισσοκομία).

Είδη ποωδών φυτών που έχουν δοκιμασθεί σε εργασίες αποκατάστασης στην Ελλάδα

Τα ετήσια αγρωστώδη είναι από τα πρώτα είδη φυτών που συνήθως εγκαθίστανται σε διαταραγμένα περιβάλλοντα και βαθμιαία αντικαθίστανται από πολυετή αγρωστώδη, πλατύφυλλες πόες, θάμνους και δέντρα. Γι' αυτό τα αγρωστώδη, ως πρόσκοπα είδη, είναι κατάλληλα για την αποκατάσταση διαταραγμένων εκτάσεων καθώς επιπρόσθετα μπορούν να περιορίσουν τη διάβρωση του εδάφους περισσότερο από άλλα είδη εξαιτίας του θυσσανώδους ριζικού τους συστήματος (Lawtence, 1981). Επιπρόσθετα, τα πολυετή αγρωστώδη μπορούν να εγκατασταθούν και να επιβιώσουν σε ιδιαίτερα δυσμενή περιβάλλοντα επειδή έχουν την ικανότητα να αναπτύξουν φυσιολογικούς και μορφολογικούς μηχανισμούς προσαρμογής στις υπάρχουσες περιβαλλοντικές συνθήκες (Casler, 2006). Ψυχανθή ποώδη είδη μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν καθώς δημιουργούν γρήγορα φυτοκάλυμμα (Aronson κ.α., 1993) και αυξάνουν τη γονιμότητα του εδάφους (Cagavaca κ.α. 2003, Rodríguez-Echeverría και Pirez-Fernandez 2005). Σύμφωνα με τους Ye κ.α. (2001) και Yang κ.α. (2003) η χρήση τους σε εργασίες αποκατάστασης είναι δυνατόν να μηδενίσει την ανάγκη προσθήκης λιπασμάτων.

Από τα είδη της οικογένειας Graminae που έχουν δοκιμασθεί σε μεταλλεία βωξίτη στην περιοχή της οροσειράς της Γκιώνας καλύτερη εγκατάσταση και επιβίωση είχαν τα *Lolium rigidum* Gaud. και *Bromus inermis* Leyss. (Κούκουρα κ.α. 1993, Brofas και Varelides 2000). Με βάση πειράματα που διεξήχθησαν στην περιοχή της Θεσσαλονίκης σε λατομεία με κύριο

πέτρωμα τον ασβεστόλιθο, καλύτερη εγκατάσταση και επιβίωση είχαν τα *Dactylis glomerata* L., *Festuca ovina* L., *Lolium rigidum* Gaud., *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Phalaris aquatica* L. και *Agropyron desertorum* (Fisch. ex Link) Schult. (Κούκουρα και Θεοδωρίδης 2006, Abraham κ.α. 2007). Από τα είδη της οικογένειας *Leguminosae* στα μεταλλεία βωξίτη της Γκιώνας υπερείχαν τα *Trifolium subterraneum* L., *Onobrychis sativa* Lam. και *Anthyllis vulneraria* L. (Κούκουρα κ.α. 1993, Brofas και Varelides 2000, Μπρόφας 2001). Πειραματικά δεδομένα από αποκαταστάσεις λατομείων με κύριο πέτρωμα τον ασβεστόλιθο στην περιοχή της Θεσσαλονίκης καταγράφουν ως περισσότερο κατάλληλα τα ψυχανθή *Lotus corniculatus* L., *Medicago lupulina* L., *Medicago sativa* L., *Trifolium subterraneum* L. και *Onobrychis sativa* Lam. (Κούκουρα και Θεοδωρίδης 2006, Κυριαζόπουλος και Τσιουβάρας 2006, Κωστοπούλου κ.α. 2008). Από τα φυτικά είδη άλλων οικογενειών που έχουν χρησιμοποιηθεί καλύτερη εγκατάσταση είχε το *Sanguisorba minor* Scop. και το ξενικό *Phacelia tanacetifolia* Benth. (Brofas και Varelides 2000, Κούκουρα και Θεοδωρίδης 2006, Κυριαζόπουλος και Τσιουβάρας 2006). Όλα τα παραπάνω είδη σπάρθηκαν σε αδρανή υλικά με επικάλυψη γόνιμου εδάφους με ή χωρίς τη χρήση διαφόρων εδαφοβελτιωτικών υλικών.

Η δοκιμή της απευθείας σποράς πάνω σε σκέτα στείρα υλικά χωρίς τη χρήση γόνιμου επιφανειακού εδάφους και εδαφοβελτιωτικών υλικών σε λατομεία της περιοχής της Θεσσαλονίκης έδειξε ότι τα αγρωστώδη *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Bromus inermis* Leyss., *Dactylis glomerata* L., *Festuca ovina* L. και τα ψυχανθή *Medicago sativa* L. και *Onobrychis sativa* Lam., καθώς και οι πλατύφυλλες πόες *Sanguisorba minor* Scop. και *Phacelia tanacetifolia* Benth.- παρά το γεγονός ότι είναι είδος απαιτητικό σε Κ και Ν σύμφωνα με τους Μακρή κ.α. (1991) - δημιουργήσαν ικανοποιητικά φυτοκάλυμματα (Κούκουρα και Ισπικουδής 1996, Κούκουρα 2001, Arambatzis και Kitikidou 2008, Κυριαζοπουλος κ.α. 2008).

Η επιλογή των κατάλληλων ειδών πρέπει να βασίζεται σε οικολογικές αρχές. Έτσι, τα είδη που θα χρησιμοποιηθούν καλό θα ήταν να προέρχονται από την αυτοφυή βλάστηση της περιοχής και οι σπόροι που θα χρησιμοποιηθούν αν είναι εφικτό να συλλεχθούν από εκεί. Με βάση τα παραπάνω οι Brofas κ.α. (2007) προτείνουν τη χρήση των ενδημικών ποωδών φυτικών ειδών *Melica ciliate* L., *Vincetoxicum hirundinaria* subsp. *nivale* (Boiss. & Heldr.) Markgraf., *Centranthus ruber* (L.) DC., *Epilobium dodonaei* Vill., και *Scrophu-*

laria canina L. σε αποκαταστάσεις ορυχείων βωξίτη στο όρος Γκιώνα για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και της βιοποικιλότητας.

Εκτός από την επιλογή του κατάλληλου είδους φαίνεται πως καθοριστική σημασία έχει και η επιλογή της κατάλληλης ποικιλίας που θα χρησιμοποιηθεί στις ενέργειες αποκατάστασης όπως αναφέρουν οι Abraham κ.α. (2007), Kyriazopoulos κ.α. (2008) και Abraham κ.α. (2009). Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι ξηρανθεκτικές ποικιλίες *Palestina* και *Chrysorigi* του είδους *Dactylis glomerata* L. καθώς και η Baker του *Trifolium subterraneum* L. προσαρμόστηκαν καλύτερα σε λατομεία της περιοχής της Θεσσαλονίκης σε σύγκριση με άλλες λιγότερο ξηρανθεκτικές.

Η δημιουργία τεχνητού φυτοκαλύμματος με σπορά ποωδών φυτών σκοπό έχει αφενός να συγκρατήσει το έδαφος και να εμποδίσει τη διάβρωση και αφετέρου να δώσει τη δυνατότητα εγκατάστασης σε αυτοφυή είδη (Scullion, 1992). Έτσι το νέο οικοσύστημα μπορεί να έχει αυξημένη βιοποικιλότητα και σταθερότητα (Κούκουρα 2001). Η μελέτη των αυτοφυών ειδών που εγκαθίστανται σε εγκαταλελειμμένα ορυχεία και λατομεία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη ώστε αφενός να μελετηθεί η δυνατότητα φυσικής αναγέννησης των εκτάσεων αυτών, η οποία εξαρτάται από τις ιδιότητες του εδάφους (Panagopoulos κ.α., 2001) και αφετέρου να βρεθούν ποια είδη είναι πλέον κατάλληλα για σπορά στις εκτάσεις αυτές και έχουν σημαντικές πιθανότητες όχι μόνο εγκατάστασης και επιβίωσης αλλά και φυσικού πολλαπλασιασμού.

Η εγκατάσταση και η επιβίωση των ποωδών ειδών το πρώτο έτος μετά τη σπορά είναι καθοριστική για τη δημιουργία ενός επιτυχημένου και σταθερού φυτοκαλύμματος (Κούκουρα, 2002). Για αυτό το λόγο η μελέτη της αποκατάστασης έχει εστιαστεί κυρίως στα πρώτα στάδια εγκατάστασης και εξέλιξης της βλάστησης, ενώ είναι περιορισμένες οι πληροφορίες αξιολόγησης της δυναμικής της αύξησης και ανάπτυ-

ξης του φυτοκαλύμματος σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου (Schuman κ.α. 1998, Brofas και Vareliades 2000). Οι Sharma κ.α. (2004) βρήκαν πολύ διαφοροποιημένη τη σύνθεση της βλάστησης σε αποκατεστημένα ορυχεία λιγνίτη σε μετρήσεις που έκαναν τρία μόλις χρόνια μετά από τις διεργασίες αποκατάστασης, στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν ποώδη και θαμνώδη φυτά, σε σύγκριση με αυτή που καταγράφηκε αμέσως μετά την εγκατάσταση της βλάστησης. Είναι λοιπόν ιδιαίτερα πολύτιμη η μακροχρόνια μελέτη της βλάστησης σε αποκατεστημένα λατομεία και ορυχεία ώστε να διαπιστωθεί η σταθερότητα των νέων οικοσυστημάτων.

Συμπεράσματα

Η εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου διαταράσσει σοβαρά το φυσικό περιβάλλον. Ο ορθολογικός σχεδιασμός επιβάλλει η αποκατάσταση να αποτελεί οργανικό μέρος της εκμετάλλευσης ώστε να επιτυγχάνεται ο περιορισμός των δυσμενών επιπτώσεων. Η δημιουργία ενός οικολογικά σταθερού και αισθητικά ποιοτικού φυτοκαλύμματος με την κατάλληλη διαμόρφωση του φυτευτικού υποθέματος, τη σωστή αξιοποίηση ανόργανων και οργανικών στερεών αποβλήτων και την επιλογή των κατάλληλων ποωδών φυτικών ειδών με παράλληλη μείωση του συνολικού κόστους αποκατάστασης, αποτελεί σημαντικό πεδίο έρευνας. Από τα είδη που έχουν δοκιμαστεί σε διάφορες μεταλλευτικές και λατομικές εκμεταλλεύσεις στην Ελλάδα μέχρι σήμερα, έχουν ξεχωρίσει τα αγρωστώδη *Bromus inermis* Leyss., *Dactylis glomerata* L. και *Lolium rigidum* Gaud., τα ψυχανθή *Medicago sativa* L. και *Trifolium subterraneum* L., και οι πλατύφυλλες πόες *Sanguisorba minor* Scop. και το ξενικό *Phacelia tanacetifolia* Benth. Ιδιαίτερη σημασία έχει και η μακροχρόνια μελέτη της εξέλιξης της βλάστησης στις αποκατεστημένες φυτοκοινότητες ώστε να διαπιστωθεί η σταθερότητα των νέων οικοσυστημάτων.

Restoration of disturbed by mining activities areas with the use of herbaceous plant species

A. Kyriazopoulos¹, E.M. Abraham², Z.M. Parissi² and C.N. Tsiouvaras²

ABSTRACT

Surface mining activities satisfy vital economic and social needs but cause severe changes to the landscape. As the natural revegetation of these disturbed areas is very difficult and requires long periods of time, artificial plant cover establishment is required. The use of essential materials for soil improvement, the right methods and choice of species will facilitate a quick revegetation of the area and consequently its better incorporation into the local landscape. The objective of this paper was the review of the recent research progress in Greece concerning the herbaceous plant species that have been tested for reclamation of disturbed areas by mining activities. Among the tested species *Bromus inermis* Leyss., *Dactylis glomerata* L., *Lolium rigidum* Gaud., *Medicago sativa* L., *Trifolium subterraneum* L., and *Sanguisorba minor* Scop were adapted better. Moreover, the monitoring of vegetation is of great importance in order to ensure the stability of the new established ecosystems.

Key words: grasses, legumes, plant density, establishment.

Βιβλιογραφία

- Abraham E. M., Koukoura Z. and Kostopoulou P., 2007. The effect of phytotechnic treatment on establishment and survival of different grass species and cultivars at a limestone quarry. In: Agioutantis Z. (ed). Sustainable Development Indicators in the Minerals Industry. Proceedings of the 3rd International Conference. pp 465 – 472.
- Abraham E. M., Kostopoulou P. and Koukoura Z., 2009. Establishment and survival of different legume and grass species and cultivars at a limestone quarry. *Arid Land Res Manag* 23: 183-196.
- Arambatzis N. and Kitikidou K., 2008. Herbaceous Plant Cover Establishment in a Barren Materials Quarry. *Turkish J. of Botany* 32: 361-366.
- Aronson J., Ovalle C. and Avedano J., 1993. Ecological and economic rehabilitation of degraded “Espinales” in the subhumid Mediterranean climate region of central Chile. *Landscape Urban Plan* 24: 15-21.
- Barnett A.P., Diseker E.G. and Richardson E.C., 1967. Evaluation of mulching methods for erosion control on newly prepared and seeded highway black-slopes. *Agron J* 59: 83-85.
- Brofas G., and Varelidis C., 1997. Results of the use of sewage sludge for improvement of calcareous mining spoils. *Int. J. Surf. Min. Recal. Environ.* 11, 163-167.
- Brofas G. and Varelidis C., 2000. Hydroseeding and mulching for establishing vegetation on mining spoils in Greece. *Land Degrad Dev* 11: 375-382.
- Brofas G., Michopoulos P. and Alifraghis D., 2000. Sewage Sludge as an Amendment for Calcareous Mine Spoils Reclamation. *J Environ Qual* 29: 811-816.
- Brofas G. and Karetos G., 2002. Revegetation of mining spoils by seeding of woody species on Ghiona mountain, Central Greece. *Land Degrad Dev* 13: 461-467.
- Brofas G., Trigas P., Mantakas G., Karetos G., Thanos C. A., Georghiou K. and Mermiris C., 2007. Rehabilitation of disturbed areas by mining activities in high floristic diversity areas: the case of Mt Giona. In: Agioutantis Z. (ed). Sustainable Development Indicators in the Minerals Industry. Proceedings of the 3rd International Conference. pp 261 – 266.
- Brown R. W. and Johnston R. S., 1978. Rehabilitation of a high elevation mine disturbance. In: Kenney, S.T., (ed). Proceedings: High altitude workshop no. 3. Environmental Res. Cent. Inf. Series No. 28. Fort Collins, CO: Colorado State University: 116-130.
- Caravaca F., Alguacil M.M., Figueroa D., Barea J.M., and Roldan A., 2003. Re-establishment of *Retama sphaerocarpa* as a target species for reclamation of

¹ Department of Forestry and Management of the Environment and Natural Resources, Democritus University of Thrace, Pantazidou 193, 68200 Orestiada, Greece

² Laboratory of Range Science, School of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, P.O. Box 236, 54124 Thessaloniki, Greece

- soil physical and biological properties in a semi-arid Mediterranean area. *Forest Ecol Manag* 182: 49-58.
- Casler M. D., 2006. Perennial grasses for turf, sport and amenity uses: evolution of form function and fitness for human benefit. *J Agr Sci* 144: 189-203.
- Cullen W. R., Wheeler C. P. and Dunleavy P. J., 1998. Establishment of species-rich vegetation on reclaimed limestone quarry faces in Derbyshire, UK. *Biol Conserv* 84: 25-33.
- Fox J., 1984. Rehabilitation of mined lands. *Forestry Abstr* 45: 565-599.
- Johnston R. S., Brown R. W. and Cravens J., 1975. Acid mine rehabilitation problems at high elevation. In: *Watershed management symposium Amer. Soc. Civil. Eng. Logan, Utah*. pp. 66-79.
- Johnson S. M., 1978. Land reclamation and the botanical significance of some former mining and manufacturing sites in Britain. *Environ conserv* 5(3): 222-228.
- Ισιζκούδης Ι., Χουβαρδάς Δ. και Κουράκλη Π., 2001. Σχεδιασμός αποκατάστασης τοπίου για την τουριστική αξιοποίηση εγκαταλειμμένου λατομείου μαρμάρου. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, Κοζάνη, σελ. 638-645.
- Κούκουρα Ζ., Ισιζκούδης Ι. και Πολίτης Ι., 1993. Αποκατάσταση διαταραγμένων εδαφών (στείων μεταλλείων βωξίτου) σε μεγάλα υψόμετρα. Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου, Έδεσσα, σελ. 531-550.
- Κούκουρα Ζ., και Ισιζκούδης Ι., 1996. Χρησιμοποίηση ειδών της οικογένειας των ψυχανθών (*Papilionaceae*, *Fabaceae*) σε εργασίες αποκατάστασης λατομείων. Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, Καρδίτσα, σελ. 234-245.
- Κούκουρα Ζ., 2001. Δημιουργία φυτοκαλύμματος ποωδών φυτών σε υπόστρωμα αδρανών υλικών λατομείου. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, Κοζάνη, σελ. 251-260.
- Κούκουρα Ζ., 2002. Επίδραση φυτοτεχνικών μεθόδων στην εγκατάσταση και στη δημιουργία λιβαδικού φυτοκαλύμματος. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα 13 (1): 4-9.
- Κούκουρα Ζ. και Θεοδωρίδης Ι., 2006. Αποκατάσταση περιοχών με λατομεία στο Ν. Θεσσαλονίκης. Στο: Νάσσης Α. Σ. και Τσιουρή (εκδ). Τα Περιβαλλοντικά Προβλήματα της Θεσσαλονίκης και της Ευρύτερης Περιοχής: Οι Απόψεις του Α.Π.Θ. Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Συμβουλίου Περιβάλλοντος Α.Π.Θ. σελ 501 - 507.
- Κυριαζόπουλος Α. και Τσιουβάρας Κ., 2006. Δυνατότητα εγκατάστασης ποωδών ειδών με χρήση αδρανών υλικών διαφορετικού διαμετρήματος σε ανενεργά λατομεία. Στο: Νάσσης Α. Σ. και Τσιουρή (εκδ). Τα Περιβαλλοντικά Προβλήματα της Θεσσαλονίκης και της Ευρύτερης Περιοχής: Οι Απόψεις του Α.Π.Θ. Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Συμβουλίου Περιβάλλοντος Α.Π.Θ. σελ 508 - 514.
- Kyriazopoulos A., Abraham E. M., Parissi Z. M. and Tsiouvaras C. N., 2008. Restoration of an inactive quarry by seeding herbaceous species on a thin layer of fertile soil. In: *Agioutantis Z. and K. Komnitsas (eds). Geoenvironment and Geotechnics. Proceedings of the 2nd International Conference*. pp 147 - 150.
- Κωστοπούλου Π., Κούκουρα Ζ. και Αβραάμ Ε., 2008. Ικανότητα εγκατάστασης ψυχανθών ειδών σε εργασίες αποκατάστασης με χρήση διαφορετικών φυτοτεχνικών μεθόδων. Επιστημονική Επετηρίδα του τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Τόμος 1: 25 - 36.
- Lawrence T. C., 1981. Intermediate Wheatgrass. *Can. J. Plant Sci.* 61:467-469.
- Μακρή Σ., Ντεμπερντέμη Σ., Κουτσαβέλη Π. και Θρασυβούλου Α., 1991. Έρευνα στη δυνατότητα χρήσης της *Phacelia tanacetifolia* στη μελισσοκομία. *Μελισσοκομική Επιθεώρηση*, 5: 119 - 125.
- Martín Duque J. F., Pedraza J., Dvez A., Sanz M. A. and Carrasco R. M., 1998. A geomorphological design for the rehabilitation of an abandoned sand quarry in central Spain. *Landscape Urban Plan* 42: 1-14.
- Megahan W.F. and Kidd W.J., 1972. Effect of logging roads on sediment production rates in Idaho Batholithe. *USDA Forest Service, Research Paper INT-123*, pp 14.
- Μπρόφας Γ., 1998. Επίδραση του βάθους εδάφους στην επιβίωση και ανάπτυξη της Χαλεπίου Πεύκης σε βαθμίδες λατομείου στην περιοχή Δράκειας Ν. Μαγνησίας Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου, Αγρίνιο, σελ. 419-429.
- Μπρόφας Γ., 2001. Αποκατάσταση του τοπίου διαταραγμένων περιοχών από μεταλλευτικές και λατομικές δραστηριότητες. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου

- Συνεδρίου της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, Κοζάνη, σελ. 52-66.
- Novak J. and Prach K., 2003. Vegetation succession in basalt quarries: pattern on a landscape scale. *Appl Veg Sci* 6: 11-116.
- Novak J. and Konvicka M., 2006. Proximity of valuable habitats affects succession patterns in abandoned quarries. *Ecol Eng* 26: 113-122.
- Panagopoulos T., Theodoropoulos K. and Athanasiadis N., 2001. Early vegetation succession on lignite mine spoils of Ptolemaida, Greece. *J of Balkan Ecology* 4(1): 68-79.
- Rodríguez-Echeverría S. and Pérez-Fernández M. A., 2005. Potential use of Iberian shrubby legumes and rhizobia inoculation in revegetation projects under acidic soil conditions. *Appl Soil Ecol* 29: 203-208.
- Roldan A., Garcia-Orenes F. and Lax A., 1994. An incubation experiment to determine factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuse. *Soil Biol Biochem* 26:1699-1707.
- Schuman G. E., Booth, D. T. and Cockerell, J. R., 1998. Cultural methods for establishing Wyoming big sagebrush on mined lands. *J Range Manage* 51: 223-230.
- Scullion J., 1992. Re-establishing life in restored topsoils. *Land Degrad Dev* 3: 161-168.
- Sharma K. D., Kumar S. and Gough L. P., 2000. Rehabilitation of lands mined for limestone in the Indian desert. *Land Degradation and Development* 11: 563-574.
- Sharma K. D., Praveen Kumar, Gough L. P. and Sanfilippo J. R., 2004. Rehabilitation of a lignite mine – disturbed area in the Indian desert. *Land Degrad Dev* 15: 163-176.
- Sidle R. C., Kumar S. and Williams B. D., 1993. Erosion processes on arid minespoil slopes. *Soil Sci Soc Am J* 57: 1341-1347.
- Singh A. N., Raghubanshi A. S. and Singh J. S., 2002. Plantations as a tool for mine spoil restoration. *Current Science* 82:1436-1441.
- Tacey W., 1980. Landscaping and revegetation practices used in rehabilitation after bauxite mining in western Australia. *Reclamation Review* 2: 123-132.
- Whisenant S. G., Thurow T. L. and Maranz S.J., 1995. Initiating autogenic restoration on shallow semiarid sites. *Society for Ecological Restoration* 3: 61-67.
- Yang B., Shu W.S., Ye Z.H., Lan C.Y. and Wong M.H., 2003. Growth and metal accumulation in vetiver and two *Sesbania* species on lead/zinc mine tailings. *Chemosphere* 52: 1593-1600.
- Ye Z.H., Yang Z.Y., Chan G.Y.S. and Wong M.H., 2001. Growth response of *Sesbania rostrata* and *Sesbania cannabina* to sludge-amended lead/zinc mine tailings. A greenhouse study. *Environ Int* 26: 449-455.

Σύγκριση λιπαρών οξέων της σάρκας και του εγκεφάλου στο άγριο και εκτρεφόμενο λαβράκι (*Dicentrarchus labrax* L.)

Λένας Σ. Δημήτριος^{1*}, Τριανταφύλλου Ι. Δημήτριος², Περδικάρης Κώστας¹, Ηλιάδης Βασίλειος³

Περίληψη

Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να διαπιστώσουμε την περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα (ΛΟ) της σάρκας και του εγκεφάλου στο άγριο και ιχθυοτροφείου λαβράκι (*Dicentrarchus labrax* L.). Οι εγκεφαλοί και στις δυο κατηγορίες των ψαριών παρουσίαζαν υψηλή ποικιλότητα ΛΟ. Η ποικιλότητα αυτή στους άγριους εγκεφάλους ήταν υπερδιπλάσια αυτών της σάρκας, ενώ στα εκτρεφόμενα σχεδόν ταυτίζεται αριθμητικά.

Η υψηλή περιεκτικότητα του 18:2ω-6 (πλούσιο συστατικό των ιχθυοτροφών) στον εγκέφαλο και την σάρκα των εκτρεφόμενων λαβρακιών αποτελεί για άλλη μια φορά ένδειξη ότι η διατροφή αποτελεί ένα από τους κύριους παράγοντες ποιοτικής σύστασης τόσο της σάρκας, όσο και του εγκεφάλου των λαβρακιών. Στα άγρια λαβράκια τα κορεσμένα και πολυακόρεστα ΛΟ υπερέχουν στην σάρκα σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($P < 0,001$). Στα λαβράκια ιχθυοτροφείου τα κορεσμένα υπερέχουν στον εγκέφαλο, ενώ αντίστροφα τα πολυακόρεστα υπερέχουν στην σάρκα και στις δυο περιπτώσεις, η διαφορά ήταν σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($P < 0,001$). Τα μονοακόρεστα ΛΟ και στις δυο κατηγορίες των ψαριών σχεδόν ταυτίζονταν. Τα ω-3 και ω-6 υπερέχουν σε όλες τις περιπτώσεις στις σάρκες, έναντι των εγκεφάλων σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($P < 0,001$), ενώ η σχέση ω-3/ω-6 υπερέιχε στα άγρια λαβράκια τόσο στην σάρκα όσο και στον εγκέφαλο ($P < 0,001$). Η απουσία του 20:5ω-3 (EPA) από τους εγκεφάλους και των δυο κατηγοριών καθώς και από την σάρκα των άγριων, υποδηλώνει έντονο μεταβολισμό στα νεαρά λαβράκια και προτεραιότητα στην παραγωγή 22:6ω-3 για την δομή και λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών στους ταχέως αναπτυσσόμενους οργανισμούς των ψαριών. Ο έντονος μεταβολισμός σε συνδυασμό με την διαφορετική ποιοτική σύσταση των τροφών που κατανάλωσαν τα ψάρια φαίνεται να δημιουργήσαν τις διαφορές στην σύσταση των ΛΟ που προαναφέραμε.

Λέξεις κλειδιά: Σύγκριση λιπαρών οξέων, Εγκέφαλος ψαριών, Fatty acid, *Dicentrarchus labrax* L.

1. Εισαγωγή

Μελέτες πολλών ετών από διάφορους ερευνητές (Ackman, 1989, Sargetn et al 1997, Tanakol et al 1999, Alasalvar et al 2000, Grigorakis et al 2002, Yildiz M. et al 2008) έχουν επιβεβαιώσει ότι η ποιότητα και ποσότητα των ΛΟ στα λιπίδια των εκτρεφόμενων και άγριων ψαριών είναι διαφορετική για κάθε είδος ψαριού αλλά και μεταξύ του ίδιου είδους. Η διαφοροποίηση αυτή έχει αποδοθεί κυρίως στην διατροφή και δευτερευόντως σε άλλους παράγοντες, όπως την θερμοκρασία, την αλατότητα, το σωματικό βάρος, την εποχή και την σεξουαλική ωρίμανση που μπορεί να παίζουν μικρότερο ρόλο ή και καθόλου. Τα ΛΟ των ψαριών που προσαρμόζονται εύκολα σε υψηλές πιέσεις ταυτίζονται με αυτά των ψαριών που προσαρμόζονται σε χαμηλές θερμοκρασίες (Stoknes et

al 2004). Τα εικοσανοϊδή παράγονται τόσο σε κυτταρικό, όσο και σε σωματικό επίπεδο ως ανταπόκριση στις έντονες καταστάσεις stress των ψαριών (Sargent J et al 1999). Η αλλαγή του ποσοστού των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (polyunsaturated fatty acids - PUFA) με την διατροφή των ψαριών αλλάζει αυτόματα και τα ποσοστά των άλλων ΛΟ, μεταβάλλει επίσης την αναλογία των αραχιδονικού οξέος (arachidonic acid - AA), εικοσιπεντανοϊκού οξέος (ecosapentaenoic acid - EPA), και εικοσιδυεξανοϊκού οξέος (docosahexaenoic acid - DHA) (Sargent et al 1999). Η εκατοσιπιαία παρουσία των ω-6 (AA) και ω-3 ΛΟ στα ψάρια του γλυκού νερού ήταν αντιστοίχως αντίθετη με αυτή των θαλάσσιων ψαριών (Ayala S et al, 1993). Η ισορροπία μεταξύ των ω-3 και ω-6 είναι επίσης σημαντική για την ομοίωση και φυσιολογική ανάπτυξη του οργανισμού (Sargent 1997, Kris

¹ ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ, Τμήμα Ιχθυοκομίας - Αλιείας, Ειρήνης και Φιλίας 1, Ηγουμενίτσα 46100

² Αλεξάνδρειο ΤΕΙ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, Τμήμα Διατροφής και Διαιτολογίας, Σύνδος, 57400, Θεσσαλονίκης

³ ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ, Τμήμα Ζωϊκής παραγωγής, Κωστακίου - Αρτας

* Αλληλογραφία: e-mail: lenasds@teiep.gr Fax: 0302665049886

–Ethernan et al 2000), επηρεάζουν τις ιδιότητες των κυτταρικών μεμβρανών και κατά συνέπεια μπορούν να επηρεάσουν υποδοχείς και ένζυμα (Jumpsen et al 1995). Η βέλτιστη αναλογία ω-3/ω-6 για τα ψάρια πιθανολογείται ότι είναι διαφορετική σε κάθε είδος ψαριού. Η σχέση 1:5 (ω-3/ω-6) θεωρείται σήμερα για όλες τις περιπτώσεις να είναι κοντά στην βέλτιστη, αν και για τα ψάρια η σχέση αυτή μπορεί να είναι και μικρότερη (Sargent et al 1999). Ειδικότερα τα EPA, DHA και AA θεωρούνται απαραίτητα για την δομή και λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών (Sargent et al 1993a, 1995, 1997). Για τα ψάρια θεωρούνται απαραίτητα κυρίως τα EPA, DHA και λιγότερο το AA (Castell et al 1994, Bell et al 1995), τα ω-3 μακράς αλυσίδας απορροφούνται ταχύτατα από τα φωσφολιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών, όπου παίζουν σημαντική επιρροή στον μεταβολισμό και την διαδικασία του μεταβολισμού στο εσωτερικό των κυττάρων (Sinclair 2000, Dullemeijer et al 2008), ενώ για τα χερσαία θηλαστικά ισχύει το αντίστροφο, με εξαίρεση τον νευρικό ιστό συμπεριλαμβανομένου και του οφθαλμού, όπου είναι απαραίτητο το DHA. Για τους λόγους αυτούς η μεμονωμένη μελέτη και των τριών προαναφερόμενων λιπαρών οξέων δεν έχει τόσο αξία, όσο η από κοινού σχέση των (Sargent et al 1999).

Πέρα των γνωστών λιπαρών οξέων στην σάρκα αλλά και τους άλλους ιστούς των ψαριών υπάρχουν και τα ισομερή των, που πιθανά να είναι άπειρα ή και σιγμιαία, ελάχιστα εκ των οποίων είναι γνωστά και πολύ λιγότερα γνωρίζουμε για τις ιδιότητες, την συμμετοχή τους στις βιοχημικές αντιδράσεις και την ενεργειά των (Barker 1971).

Η σάρκα των λιπαρών ψαριών εμπεριέχει υψηλά ποσοστά τριγλυκεριδίων, ενώ τα άπαχα ψάρια μικρά ποσοστά (Stoknes et al 2004). Ο λιπώδης ιστός συνίσταται κυρίως από τριγλυκερίδια, ενώ σε ιστούς με χαμηλά λιπαρά κυριαρχούν τα φωσφολιπίδια. Τα τριγλυκερίδια ως ενεργειακό υλικό αποθηκεύονται στον λιπώδη ιστό και τους μύες. Η απελευθέρωσή των ρυθμίζεται από ορμόνες κάθε φορά που απαιτείται συμπληρωματική ενέργεια.

Ο εγκέφαλος όργανο των σπονδυλωτών με πολύ έντονο μεταβολισμό, συντονίζει και ρυθμίζει τις λειτουργίες του σώματος ανάλογα με τα ερεθίσματα που παίρνει από το εσωτερικό και το εξωτερικό περιβάλλον του οργανισμού. Η λιπιδική σύνθεση του εγκεφάλου των ψαριών φαίνεται να επηρεάζεται από την διατροφή σε αντίθεση με τους εγκεφάλους των θηλαστικών (Pagliarani et al 1986, Tocher et al 1988).

Ο εγκέφαλος των ψαριών χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα ΛΟ, εκ των οποίων τα ω-3 κατέχουν μεγαλύτερη εκατοστιαία αναλογία έναντι των ω-6 και ότι το εγκεφαλικό υγρό εμπεριέχει κυρίως μονοακόρεστα ΛΟ (Stoknes et al 2004). Η περιεκτικότητα σε γλυκολιπίδια του εγκεφάλου των ψαριών είναι σημαντικά κατώτερη αυτής των θηλαστικών, η συγκέντρωση των μεταβάλλεται με την θερμοκρασία. Τα πολικά ψάρια παρουσιάζουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις γλυκολιπιδίων στον εγκέφαλο 53-66% έναντι 35% των τροπικών (Kappel et al 1993). Συγκρίσεις μεταξύ σάρκας και εγκεφάλου των ψαριών για την ποιοτική και ποσοτική περιεκτικότητα σε ΛΟ δεν είναι γνωστή. Σκοπός αυτής της εργασίας μας είναι η διερεύνηση και σύγκριση των ΛΟ μεταξύ σάρκας και εγκεφάλου στο άγριο και ιχθυοτροφείου λαβράκι (*Dicentrarchus labrax L.*), ηλικίας δυο ετών, που διαβιώνει στο αυτό περιόπου φυσικό περιβάλλον, προκειμένου να διαπιστωθεί η μεταβολική ικανότητά και οι διαφορές στην σύστασή των για την ίδια ηλικία των ψαριών.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1. Βιολογικό υλικό

Στην έρευνά μας εξετάστηκαν συνολικά είκοσι (20) ψάρια του είδους *Dicentrarchus labrax L.* ηλικίας περίπου δύο ετών (1 έτος < ηλικία ψαριών που εξετάστηκαν <3 έτη) του αυτού σχεδόν φυσικού περιβάλλοντος, θαλάσσια περιοχή εκβολών του ποταμού Καλαμιά – Θεσπρωτίας – Ελλάδας και χωρίς να ληφθεί υπόψη το ατομικό βάρος, διότι το βάρος των εκτρεφόμενων ψαριών είναι σχεδόν διπλάσιο αυτών με την ίδια ηλικία που προέρχονται από το φυσικό περιβάλλον. Εξ αυτών τα δέκα άτομα προέρχονταν από ιχθυοτροφείο εντατικής μορφής (Όρμος Βάλτου) και τα άλλα δέκα προέρχονταν από παρακείμενη λιμνοθάλασσα (Λούτσα Παπαδιά), που βρίσκεται σε άμεση επαφή με την θάλασσα του Ιονίου πελάγους. Η σύνθεση της τροφής που εχορηγείτο στα εκτρεφόμενα ψάρια με βάση τις ενδείξεις του εργοστασίου παραγωγής των ήταν: πρωτεΐνη 43%, λίπη 20%, υδατάνθρακες 16%, τέφρα 7,4%, ίνες 1,6%, υγρασία 10%, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία, με πρώτες ύλες προέλευσης ιχθυάλευρο, ιχθυέλαιο, σογιάλευρο, γλουτένη αραβοσίτου, συνθετικές βιταμίνες και ιχνοστοιχεία (fish meal, fish oil, wheat flour, gorn gluten, vitamins and minerals). Τα ψάρια συλλέχθηκαν όλα ζωντανά τον Μάιο του 2008 και σε πολλαπλάσιο αριθμό ατόμων από αυτά που εξετάστηκαν στην έρευνα ήταν 20 άτομα ιχθυοτροφείου τα οποία είχαν ηλικία 22 μηνών (με βάση το πρωτόκολλο του

ιχθυοτροφείου) και 40 άτομα άγρια. Για την συλλογή χρησιμοποιήθηκε απόχη και σταθερές παγίδες. Στην συνέχεια τα ψάρια θανατώθηκαν με θερμικό σοκ σε νερό θερμοκρασίας 0°C και μεταφέρθηκαν άμεσα στο εργαστήριο μέσα σε πάγο. Στο εργαστήριο έγινε επιφανειακός καθαρισμός με φρέσκο νερό ύδρευσης και ακολούθησε η πιο κάτω διαδικασία:

Από τα 20 λαβράκια του ιχθυοτροφείου ηλικίας 22 μηνών με βάση το πρωτόκολλο του ιχθυοτροφείου επελέγησαν τυχαία δέκα (10) άτομα για την έρευνα. Ακολούθησε άμεσα σωματομετρικός έλεγχος για το σωματικό βάρος με ακρίβεια χιλιοστό του γραμμαρίου και το μήκος με ακρίβεια χιλιοστό του μέτρου, στην συνέχεια χειρονακτική απολέπιση, αποκεφαλισμός, εκσπλαχνισμός και φιλετοποίηση όλου του εδώδιμου μέρους της σάρκας, αφού πρώτα αφαιρέθηκε το δέρμα από κάθε άτομο της έρευνας. Όλα τα επί μέρους τμήματα κάθε ψαριού ζυγίστηκαν, σημειώθηκαν και συσκευάστηκαν σε κενό αέρος μέσα σε πλαστικές σακούλες, για να συντηρηθούν στην συνέχεια στους -30°C, προκειμένου να εξεταστούν σε επόμενο στάδιο της έρευνας μετά από 10-15 ημέρες.

Στα 40 άτομα του άγριου λαβρακιού καταγράφηκε το σωματικό βάρος και μήκος με την αυτή ακρίβεια που αναφέρθηκε και για τα λαβράκια ιχθυοτροφείου, στην συνέχεια αποκεφαλίστηκαν, σημειώθηκαν και αφαιρέθηκαν άμεσα οι ωτόλιθοι από κάθε άτομο. Οι ωτόλιθοι τοποθετήθηκαν ξηροί σε πλαστική σακούλα με την σχετική σήμανση, προκειμένου να προσδιοριστεί η ηλικία τους εντός των επόμενων 48 ωρών. Για το διάστημα αυτό όλα τα επί μέρους τμήματα, εκτός της κεφαλής, από κάθε άτομο του άγριου λαβρακιού συντηρήθηκαν σε θερμοκρασία -5°C μέσα σε πλαστικές σακούλες με την σχετική ένδειξη και μέχρι να προσδιοριστεί η ηλικία τους (2-3 ημέρες) και επιλεγεί τυχαία το δείγμα των 10 ατόμων ηλικίας δυο περιόδου ετών.

2.2. Αφαίρεση του εγκεφάλου των ψαριών

Οι εγκεφαλοί των ψαριών του δείγματος αναλύθηκαν με δυο μικρές τσιμπίδες, αφού πρώτα είχε αφαιρεθεί το πάνω μέρος του κρανίου και στην συνέχεια είχε αφαιρεθεί το εγκεφαλικό υγρό με αναρρόφηση. Στην συνέχεια οι εγκεφαλοί ζυγίστηκαν, σημειώθηκαν και ομογενοποιήθηκαν ανά δυο από κάθε κατηγορία ψαριών, σε μικρό μεταλλικό ομογενοποιητή, για να τοποθετηθούν στην συνέχεια σε μικρές πλαστικές θήκες και κλειστούν σε πλαστικές σακούλες σε κενό αέρος για να συντηρηθούν

στην συνέχεια στους -30°C για 3-7 ημέρες πριν ή αναλυθούν.

2.3. Προσδιορισμός της ηλικίας του άγριου λαβρακιού

Ο προσδιορισμός της ηλικίας του άγριου λαβρακιού έγινε στο εργαστήριο συστηματικής υδροβίων οργανισμών του Τμήματος Ιχθυοκομίας –Αλιείας του ΤΕΙ Ηπείρου με ανάγνωση των ετήσιων δακτυλίων στους ωτόλιθους (Panella 1971), οι οποίοι προηγουμένως είχαν εμποτιστεί σε αλκοόλη. Χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό αυτό στερεοσκοπείο με προσιπτόντα φωτισμό και μεγέθυνση 50X. Η ανάγνωση έγινε δυο φορές, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η πρώτη παρατήρηση και εξαιρέθηκαν του δείγματος τα ψάρια στους ωτόλιθους των οποίων δεν υπήρχε ταύτιση των παρατηρήσεων. Εξαιρέθηκαν επίσης ψάρια των οποίων οι ωτόλιθοι δεν έφεραν ευκρινείς δακτυλίους. Από τα 40 ψάρια που εξετάστηκαν προέκυψαν 18 άτομα ηλικίας πάνω από ένα και κάτω από τρία έτη, εξ αυτών ελήφθησαν τυχαία 10 άτομα, προκειμένου να αποτελέσουν το δείγμα της έρευνας μας και τα οποία ακολούθησαν στην συνέχεια την ίδια διαδικασία που προαναφέραμε για το δείγμα των λαβρακιών του ιχθυοτροφείου.

2.4. Προσδιορισμός της περιεκτικότητας του νερού στην σάρκα

Η περιεκτικότητα του νερού στην σάρκα των ψαριών του δείγματος καθορίστηκε με την ξήρανση ενός τμήματος αλεσμένης σάρκας από κάθε κατηγορία ψαριών (άγριο και ιχθυοτροφείου) που είχαν ζυγιστεί με ακρίβεια χιλιοστό του γραμμαρίου πριν ή εισαχθούν σε φούρνο με θερμοκρασία $103 \pm 2^{\circ}$ C για 3 ώρες (Mattissek et al 1992) και επαναζυγιστεί στην συνέχεια.

2.5. Προσδιορισμός του ολικού λίπους και των λιπαρών οξέων.

Τα προς ανάλυση δείγματα της σάρκας ψαριών αποψύχθηκαν, τεμαχίστηκαν και στη συνέχεια όλη η εδώδιμη σάρκα κάθε ψαριού ομογενοποιήθηκε για ένα λεπτό σε μηχανικό ομογενοποιητή με μεταλλικές λεπίδες σε χαμηλή θερμοκρασία (παγόλουτρο). Από το ομογενοποίημα χρησιμοποιήθηκε τελικά ποσότητα 20 γραμμαρίων. Οι δε ομογενοποιημένοι εγκεφαλοί (ανά δυο από κάθε κατηγορία ψαριών) αποψύχθηκαν πριν αρχίσει η διαδικασία της ανάλυσης. Η εκχύλιση του λίπους έγινε με την μέθοδο των Bligh & Dyer (1959), όπως τροποποιήθηκε από τους

Πίνακας Ι: Μέση^a ετήσια τιμή φυσικοχημικών παραμέτρων των θαλασσιών υδάτων διαβίωσης των ψαριών, σωματομετρικοί παράμετροι, περιεκτικότητα σε λίπος και νερό των άγριων και ιχθυοτροφείου λαβρακιών Μεσογείου (*Dicentrarchus labrax* L.).

Table I: Mean^a annual values of physicochemical parameters of the marine aquatic environment, values of basic somatometric parameters, fat and moisture content of wild and farmed Mediterranean sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.).

Parameters	Wild N=10	Farmed N=10	P t-test
Temperature (°C)	20.81±8.31	19.52±4.07	NS
Salinity (gL ⁻¹)	31.04±6.99	34.70±0.86	NS
PH	7.78±0.43	7.85±4.07	NS
Total body length (cm)	23.72±1.41	33.58±1.05	***
Total body weight (g)	146.24±18.41	466.23±32.35	***
Total fatty (g/100g)	1.41±0.19	7.31±1.59	***
Total brain weight (g)	0.156±0.01	0.488±0.02	***
Total fatty (g/ brain weight)	0.023±0,003	0.112±0.004	***
Water of the flesh	74.61±1.13	69.12±1.81	***

^a mean ±standard deviation N= number of sampling NS = non significant

*P< 0,05, **P<0,01, ***P<0,001

Kinsella et al (1977), χρησιμοποιώντας γλωροφόρμιο και μεθανόλη (2:1). Στη συνέχεια ακολούθησε μεθυλεστεροποίηση των λιπαρών οξέων με μεθανολικό διάλυμα (12%) τριφθοριούχου βορίου (BF₃-MeOH) (Folch et al 1957). Οι μεθυλεστέρες ανακλήθηκαν με κανονικό εξάνιο (Metcalf et al 1966). Η ανάλυση των μεθυλεστέρων έγινε σε αέριο χρωματογράφο (GL SHIMADZU 17A) με τριχοειδή στήλη και ανιχνευτή ιονισμένης φλόγας (TR-FAME GC COLUMN) της εταιρείας TERMOSCIENTIFIC και αυτόματο δειγματολήπτη (HT 310A) της εταιρείας hta. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν καθαρό ήλιο (He) με ροή 82 KPa, αέρα (Air) με ροή 50 KPa και υδρογόνο (H₂) με ροή 60 KPa με τις πιο κάτω συνθήκες: αρχική θερμοκρασία 150°C για 5 λεπτά, βήμα 5°C/λεπτό έως τους 170°, όπου μένει για 10 λεπτά, στην συνέχεια βήμα 5°C/λεπτό έως τους 220° όπου μένει για 20 λεπτά. Η ταυτοποίηση των λιπαρών οξέων (μεθυλεστέρες) έγινε με σύγκριση των κορυφών που αποτυπώθηκαν σε ειδικό πρόγραμμα PC με εκείνες των πρότυπων λιπαρών οξέων Qalmix Fish (89-5550) και Methyl Dodecanoate (20-1200) της Larodan Lipids 2007.

2.6. Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των στοιχείων (μέση τιμή, σταθερή απόκλιση, αναλογίες) έγινε χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Microsoft Excel 2003 σε PC. Για τις συγκρίσεις εφαρμόστηκε κατά περίπτωση το t-test

μετά την σύγκριση της μεταβλητότητας (F test).

3. Αποτελέσματα

Στον Πίνακα Ι παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων του θαλάσσιου περιβάλλοντος διαβίωσης του λαβρακιού τόσο στο φυσικό περιβάλλον όσο και του ιχθυοτροφείου, όπου φαίνεται να μη υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των, ενώ στα σωματομετρικά στοιχεία των ψαριών του δείγματος, την υγρασία καθώς και το ολικό σαρκικό (100g) λίπος παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλες τις περιπτώσεις (P<0,001).

Στην ανάλυση των δειγμάτων αναγνωρίστηκαν στην σάρκα του άγριου λαβρακιού 15-20 λιπαρά οξέα (ΛΟ) και στην σάρκα του λαβρακιού ιχθυοτροφείου 42-52 ΛΟ, αντίστοιχα στους εγκεφάλους αναγνωρίστηκαν 35-52 και 37-40. Από τα αναγνωρισθέντα ΛΟ ταυτοποιήθηκαν μόνο 18 με βάση πρότυπα λιπαρά οξέα.

Από τα 18 ταυτοποιημένα ΛΟ του δείγματος προκύπτει ότι: Τα κορεσμένα ΛΟ στην σάρκα των ψαριών κατείχαν το 29.47% στα άγρια και 20.84% στα εκτρεφόμενα (P<0,001) (Πίνακας ΙΙ), ενώ στους εγκεφάλους τα ποσοστά αυτά αντίστοιχα ήταν 25.12% και 23.61% (P<0,001) με κυρίαρχο το 16:0 σε όλες τις περιπτώσεις, ακολουθούμενο από το 18:0 και το 14:0 (Πίνακας ΙΙ). Τα μονοακόρεστα

Πίνακας II: Λιπαρά οξέα (%)^a των λιπιδίων του εγκεφάλου και της σάρκας στα άγρια και εκτρεφόμενα λαβράκια (*Dicentrarchus labrax* L.).

Table II: Fatty acid profiles of total lipids in brain and the flesh of wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) (% of total fatty acids)^a

Fatty acid	Brain of the fish		P t-test	Flesh of the fish		P t-test
	Wild N=10	Farmed N=10		Wild N=10	Farmed N=10	
C12:0	0,28±0,03	0,00±0,00	***	0,00±0,00	0,00 ±0,00	-
C14:0	1,90±0,07	2,79±0,10	***	2,02±0,10	2,77 ±0,05	***
C15:0	0,76±0,04	0,33±0,04	***	0,00±0,00	0,30 ±0,00	***
C16:0	17,06±0,44	16,15±0,10	***	20,09±0,42	14,06 ±0,36	***
C18:0	5,13±0,19	4,35±0,09	***	7,36±0,61	3,71 ±0,14	***
Total saturated	25,12±0,75	23,61±0,31	***	29,47±1,12	20,84 ±0,53	***
C16:1 n-7 (9C)	7,55±0,11	3,84±0,02	***	5,60±0,29	4,00 ±0,08	***
C18:1 n-9 (9C)	15,65±0,32	19,39±0,06	***	19,81±2,20	19,80 ±0,31	NS
C18:1 n-7 (11C)	4,95±0,14	2,40±0,06	***	4,50±0,49	3,13 ±0,08	***
C20:1 n-9 (11C)	2,50±0,18	2,19±0,09	***	0,00±0,00	0,41 ±0,07	***
C22:1 n-9 (13C)	9,78±0,36	6,10±0,13	***	9,07±0,46	6,69 ±0,10	***
Total monounsaturated	40,43±1,09	33,91±0,39	***	38,98±3,29	34,03 ±0,61	***
C18:2 n-6	2,92±0,08	14,57±0,08	***	6,23±0,39	18,03 ±0,05	***
C18:3 n-3	1,21±0,06	1,94±0,09	***	0,00±0,00	2,08 ±0,04	***
C18:4 n-3	0,55±0,04	0,69±0,05	***	0,00±0,00	0,68 ±0,04	***
C20:4 n-6	3,43±0,33	1,11±0,06	***	3,61±0,23	0,70 ±0,00	***
C20:5 n-3	0,00±0,00	0,00±0,00	-	0,00±0,00	2,13 ±0,05	***
C22:4 n-6	0,59±0,05	0,80±0,05	***	0,00±0,00	0,10 ±0,00	***
C22:5 n-3	2,03±0,07	1,55±0,04	***	2,92±0,16	1,80 ±0,00	***
C22:6 n-3	8,31±0,20	9,88±0,08	***	17,14±0,72	8,62 ±0,06	***
Total polyunsaturated	19,04±0,82	30,54±0,44	***	29,90±1,39	34,14 ±0,21	***
Others	15,41	11,94		1,65	10,99	
Total n-3 Fatty acids	12,10±0,37	14,06±0,25	***	20,06±0,85	15,31 ±0,17	***
Total n-6 Fatty acids	6,94±0,46	16,48±0,19	***	9,84±0,59	18,83 ±0,05	***
Ratio n-3/n-6	1,75±0,06	0,85±0,01	***	2,01±0,06	0,81 ±0,01	***

^amean±standard deviation, N= number of samplings

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001

ΛΟ στην σάρκα των άγριων λαβρακιών κατείχαν το 38,98% και στα ιχθυοτροφεία το 34,03% (P<0,001) (Πίνακας II). Στους εγκεφάλους τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 40,43% και 33,91% (P<0,001) (Πίνακας II), με κυρίαρχο το C18:1ω-9 ακολουθούμενο από C22:1ω-9 και το C16:1ω-7. Τα πολυακόρεστα ΛΟ

στην σάρκα κατείχαν το 29,90% στα άγρια και το 34,14% στα εκτρεφόμενα (P<0,001) (Πίνακας II), ενώ στους εγκεφάλους τα ποσοστά αυτά αντίστοιχα ήταν 19,04% για τα άγρια και 30,54% για τα εκτρεφόμενα (P<0,001) (Πίνακας II), με κυρίαρχα ΛΟ στην σάρκα του αγριού το C22:6ω-3 ακολουθούμενο από

Πίνακας III: Λιπαρά οξέα (%)^a εγκεφάλου και σάρκας στα άγρια και εκτρεφόμενα λαβράκια (*Dicentrarchus labrax* L.)
Table III: Fatty acid profiles of total lipids in brain and the flesh of wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) (% of total fatty acids)^a

Fatty acid	Wild fish		p t-test	Farmed fish		p t-test
	Brain N=10	Flesh N=10		Brain N=10	Flesh N=10	
12:0	0,28±0,03	0,00±0,00	***	0,00±0,00	0,00 ±0,00	-
C14:0	1,90±0,07	2,02±0,10	***	2,79±0,10	2,77 ±0,05	NS
C15:0	0,76±0,04	0,00±0,00	***	0,33±0,04	0,30 ±0,00	*
C16:0	17,06±0,44	20,09±0,42	***	16,15±0,10	14,06 ±0,36	***
C18:0	5,13±0,19	7,36±0,61	***	4,35±0,09	3,71 ±0,14	***
Total saturated	25,12±0,75	29,47±1,12	***	23,61±0,31	20,84 ±0,53	***
C16:1 n-7 (9C)	7,55±0,11	5,60±0,29	***	3,84±0,02	4,00 ±0,08	***
C18:1 n-9 (9C)	15,65±0,32	19,81±2,20	***	19,39±0,06	19,80 ±0,31	**
C18:1 n-7 (11C)	4,95±0,14	4,50±0,49	*	2,40±0,06	3,13 ±0,08	***
C20:1 n-9 (11C)	2,50±0,18	0,00±0,00	***	2,19±0,09	0,41 ±0,07	***
C22:1 n-9 (13C)	9,78±0,36	9,07±0,46	NS	6,10±0,13	6,69 ±0,10	***
Total monounsaturated	40,43±1,09	38,98±3,29	NS	33,91±0,39	34,03 ±0,61	NS
C18:2 n-6	2,92±0,08	6,23±0,39	***	14,57±0,08	18,03 ±0,05	***
C18:3 n-3	1,21±0,06	0,00±0,00	***	1,94±0,09	2,08 ±0,04	***
C18:4 n-3	0,55±0,04	0,00±0,00	***	0,69±0,05	0,68 ±0,04	NS
C20:4 n-6	3,43±0,33	3,61±0,23	NS	1,11±0,06	0,70 ±0,00	***
C20:5 n-3	0,00±0,00	0,00±0,00	-	0,00±0,00	2,13 ±0,05	***
C22:4 n-6	0,59±0,05	0,00±0,00	***	0,80±0,05	0,10 ±0,00	***
C22:5 n-3	2,03±0,07	2,92±0,16	***	1,55±0,04	1,80 ±0,00	***
C22:6 n-3	8,31±0,20	17,14±0,72	***	9,88±0,08	8,62 ±0,06	***
Total polyunsaturated	19,04±0,82	29,90±1,39	***	30,54±0,44	34,14 ±0,21	***
Others	15,41	1,65		11,94	10,99	
Total n-3 Fatty acids	12,10±0,37	20,06±0,85	***	14,06±0,25	15,31 ±0,17	***
Total n-6 Fatty acids	6,94±0,46	9,84±0,59	***	16,48±0,19	18,83 ±0,05	***
Ratio n-3/n-6	1,75±0,06	2,01±0,06	***	0,85±0,01	0,81 ±0,01	***

^amean ± standard deviation, N= number of samplings

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001

το C18:2ω-6 και στην σάρκα των εκτρεφόμενων κυριαρχούσε αντίστροφα το C18:2ω-6 και ακολουθούσε το C22:6ω-3. Στους εγκεφάλους κυριαρχούσε το C22:6ω-3 στα άγρια ακολουθούμενο από τα C20:4ω-6 και το C18:2ω-6 και στα εκτρεφόμενα κυριαρχούσε το C18:2ω-6 ακολουθούμενο από το C22:6ω-3.

Η σχέση ω-3/ω-6 στην σάρκα των λαβρακιών

υπερέχει στα άγρια (P<0.001). Τα ω-6 υπερέχουν στα εκτρεφόμενα (P<0.001) (Πίνακας II). Η σχέση ω-3/ω-6 στον εγκέφαλο των λαβρακιών υπερέχει στα άγρια, παρά του ότι τόσο τα ω-3 όσο και τα ω6 μεμονωμένα υπερέχουν στα εκτρεφόμενα (P<0.001) (Πίνακας II). Μεταξύ εγκεφάλου και σάρκας στα άγρια λαβράκια τα κορεσμένα και πολυακόρεστα ΛΟ

υπερείχαν στην σάρκα ($P < 0.001$), ενώ τα μονοακόρεστα δεν παρουσίαζαν διαφορές. Η σχέση $\omega-3/\omega-6$ καθώς και μεμονωμένα τα $\omega-3$ και $\omega-6$ ήταν υπέρ της σάρκας (Πίνακας III).

Μεταξύ εγκεφάλου και σάρκας των εκτρεφόμενων λαβρακιών τα κορεσμένα υπερείχαν στον εγκέφαλο ($P < 0.001$), τα πολυακόρεστα στην σάρκα ($P < 0.001$) και τα μονοακόρεστα δεν διέφεραν ($P = NS$). Η σχέση $\omega-3/\omega-6$ υπερέχει στον εγκέφαλο, ενώ τα $\omega-3$ και τα $\omega-6$ μεμονωμένα υπερέχουν στην σάρκα ($P < 0.001$) (Πίνακας III).

4. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Τα ευρήματα δείχνουν ότι τα ΛΟ της σάρκας του αγριού λαβρακιού υστερούν αυτών του εγκεφάλου των (Πίνακας I), αντίθετα ο εγκέφαλος του εκτρεφόμενου λαβρακιού υστερεί σε ΛΟ αυτών της σάρκας του (Πίνακας III). Οι εγκέφαλοι και στις δυο κατηγορίες των ψαριών παρά το νεαρό της ηλικίας τους φαίνεται να εμπεριέχουν μεγάλη ποικιλότητα ΛΟ, ένδειξη έντονου μεταβολισμού, αναγκαιότητας και προτεραιότητας του οργανισμού για την δομή και λειτουργία του νευρικού ιστού.

Τα αυξημένα ποσοστά των μονοακόρεστων ΛΟ του εγκεφάλου πιθανά σε ένα μικρό ποσοστό να οφείλονται και στο εγκεφαλικό υγρό που παρασύρθηκε στο περιβάλλον του εγκεφάλου με την ανάνυσή του. Εύρημα το οποίο ταυτίζεται με αυτό της (Stochnes et al., 2004) για άλλα είδη ψαριών.

Αξιοσημείωτο είναι ότι δεν βρέθηκε το C20:5 $\omega-3$ και στις δυο κατηγορίες των εγκεφάλων καθώς και στην σάρκα του αγριού λαβρακιού, σε αντίθεση με τα ευρήματα άλλων ερευνητών για άλλα είδη ψαριών με διαφορετικές ηλικίες (Akman, 1980, Henderson and Tocher 1987). Το εύρημα αυτό μπορεί να αποδοθεί στην ηλικία των νεαρών λαβρακιών, που πιθανά να μεταβολίζουν ταχύτατα το EPA σε C22:6 $\omega-3$ για τις ανάγκες της δομής και λειτουργίας του ταχέως αναπτυσσόμενου εγκεφάλου. Σε έρευνα των Tocher et al (1988) για την περιεκτικότητα των ΛΟ στα μάτια και τον εγκέφαλο του μπακαλιάρου και της πέστροφας διαπιστώθηκε, ότι στα άπαχα τελεόστεα και στα ελασματοβράγχια κυριαρχούν τα φωσφολιπίδια, ενώ στα λιπαρά κυριαρχούν τα τριγλυκερίδια.

Η διπλάσια περιεκτικότητα των $\omega-3$ έναντι των $\omega-6$ στην σάρκα και τον εγκέφαλο των άγριων λαβρακιών (επιβεβαιώνει τα ευρήματα των Tocher et al 1988), ενώ αντίθετα η περιεκτικότητα των $\omega-3$ στα εκτρεφόμενα λαβράκια είναι κατώτερη των $\omega-6$ τόσο στην σάρκα όσο και στον εγκέφαλο. Σε απόλυτους αριθμούς τα ποσοστά αυτά δεν φαίνονται να διαφοροποιούν σε μεγάλο βαθμό την ποιοτική σύσταση των λιπιδίων στα εκτρεφόμενα λαβράκια τόσο στην σάρκα όσο και στον εγκέφαλο. Σε αντίθεση με τα άγρια λαβράκια, όπου τα μονοακόρεστα ταυτίζονται ($P = NS$), τα δε κορεσμένα και πολυακόρεστα φαίνεται να υπερέχουν στην σάρκα έναντι του εγκεφάλου ($P < 0.001$) (Πίνακας III).

Οι εγκέφαλοι και στις δυο κατηγορίες των ψαριών παρουσίαζαν υψηλή ποικιλότητα ΛΟ. Η ποικιλότητα αυτή στους άγριους εγκέφαλους ήταν υπερδιπλάσια αυτών της σάρκας, ενώ στα εκτρεφόμενα σχεδόν ταυτίζεται αριθμητικά. Η υψηλή περιεκτικότητα του C18:2 $\omega-6$ (πλούσιο συστατικό των ιχθυοτροφών) στον εγκέφαλο και την σάρκα των εκτρεφόμενων λαβρακιών (Πίνακας III) αποτελεί για άλλη μια φορά ένδειξη ότι η διατροφή αποτελεί ένα από τους κύριους παράγοντες ποιοτικής σύστασης των λιπιδίων τόσο της σάρκας, όσο και του εγκεφάλου των λαβρακιών.

Στα άγρια λαβράκια τα κορεσμένα και πολυακόρεστα ΛΟ υπερείχαν στην σάρκα ($P < 0,001$) (Πίνακας III). Στα λαβράκια του ιχθυοτροφείου τα κορεσμένα υπερείχαν στον εγκέφαλο, ενώ αντίστροφα τα πολυακόρεστα υπερείχαν στην σάρκα και στις δυο περιπτώσεις η διαφορά ήταν σε επίπεδο στατιστικά σημαντικό ($P < 0,001$). Τα μονοακόρεστα ΛΟ και στις δυο κατηγορίες των ψαριών σχεδόν ταυτίζονταν (Πίνακας III). Τα $\omega-3$ και $\omega-6$ υπερείχαν σε όλες τις περιπτώσεις στις σάρκες ($P < 0,001$), ενώ η σχέση $\omega-3/\omega-6$ υπερέχει στον εγκέφαλο των άγριων και αντίστροφα στην σάρκα των εκτρεφόμενων ($P < 0,001$) (Πίνακας III).

Ο έντονος μεταβολισμός των νεαρών ψαριών σε συνδυασμό με την διαφορετική ποιοτική σύσταση των τροφών που κατανάλωσαν τα ψάρια, φαίνεται να δημιουργήσαν τις διαφορές στην ποιοτική σύσταση των λιπιδίων που προαναφέραμε.

Comparison between flesh and brain fatty acid profile in wild and farmed Mediterranean sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*)

Lenas D*.¹, Triantafyllou D.J.², Perdicaris C.³ Iliadis B.³

Abstract

The aim of this study was to compare the fatty acids composition in the flesh and brain of wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*) Brains in both groups were characterized by increased fatty acid diversity. This diversity was more than two-fold in the brain of wild specimens compared to their flesh; however in farmed specimens, fatty acids diversity was almost equal between brain and flesh. The increased content of linoleic acid in the commercial fish feeds, which was found in the brain and the flesh of farmed sea bass, indicated that nutrition is the main factor affecting the qualitative composition of lipids both in flesh and brain tissues in sea bass. Concerning n-3/n-6 ratio, it was increased in the brain of wild fish and decreased in the flesh of farmed fish. The absence of ecosapentaenoic acid from the brain of both groups and from the flesh of wild specimens implied an intense metabolism in young sea bass and priority of docosahexaenoic acid production, which is structurally and functionally essential to cellular membranes in fast developing organisms.

Keywords: Fatty acids, brain, flesh, sea bass, *Dicentrarchus labrax L.*

5. Βιβλιογραφία

- Ackman, R.G., 1980. Fish lipids, Part 1. In: Connell, J.J. (Ed.), *Advances in fish Science and technology*. Fishing News Books, Farnham Surrey, UK: 86-103.
- Ackman, R.G., 1989. Nutritional composition of fats in sea foods. *Progress in food and Nutritional Science*, 13:161-241.
- Alasalvar, C., Taylor, K.D.A., Zubcov, E., Shahidi, F. and Alexis, M., 2002. Differentiation of cultured and Wild sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry*, 79:145-150
- Ayala, S, Castuma, CE, Brenner, RR., 1993. Fatty acid composition and dynamics of phospholipids from fresh water fish *Prochilodus lineatus* brain and spinal cord, *Acta Physiologica, Pharmacologica et Therapeutica Latinoamericana*, 43(1-2):28-34.
- Barker, R., 1971. *Chimica Organica dei composti biologici*, Zanichelli S.p.A, Bologna, Italia: 218-223.
- Bell, J.G., Castell, J.D., Tocher, D.R., MacDonald, F.M. and Sargent, J.R., 1995. Effects of different dietary arachidonic acid: docosahexaenoic acid ratios on phospholipid fatty acid compositions and prostaglandin production in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 14: 139-151.
- Bligh, E.G. and Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification, *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37: 911-917.
- Castell, J.D., Bell, J.G., Tocher, D.R. and Sargent, J.R., 1994. Effects of purified diets containing different combinations of arachidonic and docosahexaenoic acid on survival, growth and fatty acid composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 128: 315-333.
- Dullemeijer, C., Zock, P. L, Coronel, R., Den Ruijter, H. M., Katan, M. B., Brummer, R-J. M., Kok, F.J., Beekman, J. and Brouwer, I.A., 2008. Differences in fatty acid composition between cerebral brain lobes in juvenile pigs after fish oil feeding, *British Journal of Nutrition*, 100: 794-800.
- Grigorakis, K., Alexis, M.N., Taylor, K.D.A. & Hole, M., 2002. Comparison of wild and cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*); composition, appearance and seasonal variations, *International Journal of Food and Technology*, 37: 477-484.
- Folch, J., Less, M., Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological*

¹ Department of Ichthyology and Fisheries, Technological Educational Institute of Epirus, 46100 Igoumenitsa, Greece

² Department of Nutrition and Dietetics Alexander Technological Institute of Thessaloniki (A.T.E.I.T.H.) Thessaloniki 57400, Greece

³ Department of Animal Production, Technological Educational Institute of Epirus, Arta, Greece

* Corresponding author. fax: 00302665049886 E-mail address: lenasds@teiep.gr

- Chemistry, 226: 457-509.
- Henderson, R.J., Tocher, D.R., 1987. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Prog. Lipid Res*, 26: 281-347.
- Jumpsen, J, Clandinin, T.M., 1995. 'Brain Development: Relationship to Dietary Lipid and Lipid Metabolism'. ADCS Press.
- Kris-Etherton, P.M, Taylor, D.S., Yo-Poth, S., Huth, P., Morlarty, K., 2000. Valerie Fishell, R.L. Hargrove, Guixiang Zhao, Terry D Etherton. "Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States." *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1):179S-88S.
- Mattisek, R., Schnepel, M.F., Steiner, G. 1992. *Lebensmittelanalytik, grundzüge. Methoden. Anwendungen. Zweite, korrigierte auflage.* Berlin: Springer.
- Metchafe, L.D., Schmitz, A.A. and Pelka, J.R., 1966. Rapid preparation of fatty acids esters from lipids for gas chromatography analysis, *Annals of Chemistry*, 38: 524-535.
- Pagliarani, A., Pirini, M., Trigari, G., Ventella, V., 1986. Effects of diets containing different oils on brain fatty acid compositions in sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B* 83: 277-282.
- Panella, G., 1971. Fish otoliths: Daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173:1124-1126.
- Sargent, J.R., Bell, J.G., Bell, M.V., Henderson, R.J., Tocher, D.J., 1993a. The metabolism of phospholipids and polyunsaturated fatty acids in fish. In: Lahlou, B., Vitiello, P. (Eds.), *Aquaculture: Fundamental and Applied Research. Coastal and Estuarine Studies* 43, American Geophysical Union, Washington, DC: 103-124.
- Sargent, J.R., Bell, J.G., Bell, M.V., Henderson, R.J. and Tocher, D.R., 1995. Requirement criteria for essential fatty acids. Symposium of European Inland Fisheries Advisory Commission. *Journal of Applied Ichthyology*, 1: 183-198.
- Sargent J.R., 1997. Fish oils and human diet. *British Journal of Nutrition*, 78: 5-13.
- Sargent, J.R., McEvoy, L.A. and Bell, J.G., 1997. Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture*, 155 : 117-127.
- Sargent, J.R., Bell, G., McEvoy, L., Tocher, D., Estevez, A., 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish, *Aquaculture*, 177: 191-199.
- Sinclair A.J., Murphy K.J., Li D., 2000. Marine lipids: overview "news insights and lipid composition of Lyprinol" . *Allergy and Immunology (Paris)*, 32: 261-271.
- Stocnes, I.S., Okland, H.M.W, Falch, E., Synnes M., 2004. Fatty acid and lipid class composition in eyes and brain from teleosts and elasmobranchs, *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B* 138: 183-191.
- Tanacol, R., Yazici, R., Senere. & Sencer E., 1999. Fatty acid composition of 19 species of fish from the Black sea and Marmara sea. *Lipids*, 34: 291-297.
- Tocher, D.R., Harvie, D.G., 1988. Fatty acid composition of the major phosphoglycerides from fish neural tissue; (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acids in rainbow trout (*Salmo Gairdneri*) and cod (*Gadus morhua*) brains and retinas. *Fish Physiology and Biochemistry*, 5: 229-239.
- Yildiz, M., Sener, E. & Timur, M., 2008. Effects of differences in diet and seasonal chances on the fatty acid composition in fillets from farmed and wild sea bream (*Sparus aurata L.*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*), *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 853-858.

Προσδιορισμός της ελεύθερης φορμαλδεΐδης σε συγκολλημένα προϊόντα ξύλου Σύγκριση και διαφορές μεταξύ των υφιστάμενων μεθόδων δοκιμών

Μαντάνης Γ.¹, Λυκίδης Χ.¹ και Αθανασιάδου Ε.²

Περίληψη

Ο προσδιορισμός της εκπεμπόμενης ή περιεχόμενης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου είναι σήμερα απαραίτητος τόσο από τεχνολογικής άποψης, όσο κυρίως από άποψη προστασίας της υγείας των καταναλωτών. Οι μέθοδοι με τις οποίες προσδιορίζονται οι εκπομπές ή η περιεχόμενη φορμαλδεΐδη εξελίχθηκαν και προσαρμόζονται στις εκάστοτε συνθήκες. Η συνθετική αυτή εργασία παρουσιάζει αποτελέσματα ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί με διάφορες εγκεκριμένες μεθόδους προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης, που χρησιμοποιούνται σήμερα σε διεθνές επίπεδο, ενώ πρόσθετα συγκρίνονται μεταξύ τους οι μέθοδοι αυτές, ήτοι: α) η μέθοδος εκχύλισης, Perforator method (ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 120), β) η μέθοδος θαλάμου, Chamber method (ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 717-1 και αμερικανική προδιαγραφή ASTM E1333), γ) η μέθοδος αεριοανάλυσης, Gas Analysis method (ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 717-2), δ) η μέθοδος Flask (ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 717-3), ε) η μέθοδος μικρού θαλάμου, small chamber method (ιαπωνική προδιαγραφή JIS-A-1901) και στ) η μέθοδος Desiccator με σπουδαιότερες τις ιαπωνικές μεθόδους με βάση τις προδιαγραφές JIS-A-1460 και JAS-233. Κάθε μέθοδος προσδιορισμού παρουσιάζει μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα, τα οποία αναλύονται στην παρούσα συνθετική εργασία, ενώ επίσης παρουσιάζονται αποτελέσματα μελετών και συσχετίσεων που υπολογίστηκαν μεταξύ αυτών των μεθόδων σε σχέση και με τις ισχύουσες προδιαγραφές.

Λέξεις-κλειδιά: φορμαλδεΐδη, συγκολλημένα προϊόντα ξύλου, μέθοδοι προσδιορισμού, μέθοδος Perforator, μέθοδος Chamber, μέθοδος Desiccator, μέθοδος Flask.

1. Εισαγωγή

Σήμερα τα σύνθετα υλικά από ξύλο και συγκολλητικές ουσίες, γνωστά και ως συγκολλημένα προϊόντα ξύλου, π.χ. ινοπλάκες (κυρίως MDF αλλά και μονωτικές ινοπλάκες), αντικολλητά (κν. κόντρα-πλακέ), μοριοπλάκες (κν. νοβοπάν) που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές περιέχουν στη μάζα τους φορμαλδεΐδη σε ελεύθερη μορφή λόγω των συγκολλητικών ουσιών που φέρουν αλλά και -σε πολύ μικρότερο βαθμό- εξαιτίας του ίδιου του ξύλου (Roffael 2006). Από τη δεκαετία του '80 έχει αναγνωρισθεί ότι τα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου αποτελούν μια από τις κύριες πηγές εκπομπής φορμαλδεΐδης σε κατοικίες αλλά και εργασιακούς χώρους (Φιλίππου 1984 και 1989, Γρηγορίου 1986 και 1992, Μαρκεσίνη 1993 και 1994, Μαντάνης και Μαρκεσίνη 1998, Μαντάνης κ.α. 2006, Μαντάνης 2007).

Η εκπομπή ή έκλυση φορμαλδεΐδης έχει συσχετισθεί σε αρκετές περιπτώσεις με κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου (Sardinas 1979, Dally *et al.* 1981, Breysse 1985, EPA 1994, Wantke *et al.* 1996, Garrett

et al. 1998, Garrett *et al.* 1999, Μαντάνης κ.α. 2006), η ίδια η ένωση έχει κριθεί ως «υπεύθυνη για καρκινογένεση» (IARC 2009) και σήμερα σ' όλες σχεδόν τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει επιβληθεί η κλάση E1 που αφορά σε προϊόντα ξύλου που παρουσιάζουν χαμηλή έκλυση ή περιεκτικότητα ελεύθερης φορμαλδεΐδης στη μάζα τους (Athanassiadou 2000, Athanassiadou *et al.* 2004, Φιλίππου 2007, Athanassiadou *et al.* 2009, Μαντάνης κ.α. 2009).

Ο προσδιορισμός της εκπεμπόμενης ή περιεχόμενης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου - επενδεδυμένα με καπλαμάδες ή φύλλα μελαμίνης, ή μη επενδεδυμένα - με εργαστηριακές μεθόδους έχει απασχολήσει έντονα τους ερευνητές (Risholm-Sundman and Wallin 1999, Yu and Crump 1999, Bulian *et al.* 2004, Schwab *et al.* 2007, Risholm-Sundman *et al.* 2007). Σήμερα στην παγκόσμια αγορά για τους εργαστηριακούς ελέγχους της εκπεμπόμενης ή περιεχόμενης φορμαλδεΐδης χρησιμοποιούνται αρκετές μέθοδοι που παρουσιάζουν μεταξύ τους τεχνικές διαφορές. Κατά συνέπεια, συχνά δημιουργού-

¹ Τμήμα Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου & Επίπλου - Τ.Ε.Ι. Λάρισας

² Chimar Hellas A.E., Θεμ. Σοφούλη 88, Θεσσαλονίκη

νται προβλήματα στις εισαγωγές και σύγχυση στους καταναλωτές, όταν προϊόντα στη σημερινή παγκοσμιοποιημένη αγορά διακινούνται από μια περιοχή σε άλλη. Η ύπαρξη επίσης διαφορετικών τεχνικών προδιαγραφών από χώρα σε χώρα (π.χ. Ευρωπαϊκή Ένωση, Ιαπωνία και ΗΠΑ) επιτείνει περαιτέρω τα προβλήματα (Bulian *et al.* 2004, Risholm-Sundman *et al.* 2007). Το γεγονός αυτό καθιστά πλέον επιτακτική την ανάγκη καθιέρωσης ενιαίων, κοινών μεθόδων προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης στα συγκολλημένα προϊόντα του ξύλου.

Σκοπός της παρούσας συνθετικής εργασίας είναι η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας που αφορά στις σημαντικότερες εργαστηριακές μεθόδους προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης και επιπροσθέτως στα αποτελέσματα των συσχετίσεων που έχουν βρεθεί μεταξύ αυτών σε σχέση με τις ισχύουσες προδιαγραφές. Η ανασκόπηση αυτή ενδεχομένως να αποβεί χρήσιμη σε φορείς ελέγχου, οργανισμούς και επιχειρήσεις της χώρας μας, καθώς πρόσφατα τέθηκε σε ισχύ η αριθμ. Ζ3-5430/22-4-09 ΚΥΑ που επιβάλλει τα προϊόντα ξύλου και τα έπιπλα να ανήκουν σε κλάση φορμαλδεΐδης E1 ή μικρότερη. Έτσι, για τους φορείς ελέγχου της πολιτείας (Γενική Γραμματεία Καταναλωτή, τελωνεία, νομαρχίες) αλλά και για τις ελληνικές επιχειρήσεις θα είναι ενδεχομένως πιο απρόσκοπτη η σύγκριση ή/και αξιολόγηση της σημασίας που τα εισαγόμενα προϊόντα φέρουν, ιδίως εάν αυτά προέρχονται από την Ασία, την Ωκεανία ή τη Β. Αμερική, όπου διαφορετικά σήματα ποιότητας ισχύουν για τη φορμαλδεΐδη.

2. Υφιστάμενες μέθοδοι προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης

Οι μέθοδοι μέτρησης της φορμαλδεΐδης που είναι εγκεκριμένες για τα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό είτε της εκπεμπόμενης φορμαλδεΐδης (σε mg/m³ αέρα ή μέρη ανά εκατομμύριο, ppm, ή mg/m² ανά ώρα, ή mg ανά λίτρο), είτε της περιεχόμενης φορμαλδεΐδης (mg/100g πλάκας). Σήμερα σε παγκόσμιο επίπεδο υπάρχουν, μεταξύ άλλων, οι κάτωθι εγκεκριμένες μέθοδοι:

- § *Μέθοδος θαλάμου*, Chamber method (ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 717-1 και αμερικανική προδιαγραφή ASTM E1333).
- § *Μέθοδος αεριοανάλυσης*, Gas analysis method (ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 717-2).
- § *Μέθοδος φιάλης Flask method* (ευρωπαϊκή προ-

διαγραφή EN 717-3).

- § *Μέθοδος Perforator* ή μέθοδος εκχύλισης (ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 120).
- § *Μέθοδος μικρού θαλάμου*, small chamber method (ιαπωνική προδιαγραφή JIS-A-1901).
- § *Μέθοδοι Desiccator* (κυρίως στην Ιαπωνία & την Ωκεανία) με σπουδαιότερες τις ιαπωνικές μεθόδους με βάση τις προδιαγραφές JIS-A-1460 και JAS-233.

Στην Ευρώπη, η μέθοδος θαλάμου (Chamber method, EN 717-1) αποτελεί *μέθοδο αναφοράς* ή *πρότυπη μέθοδο*, καθώς παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αξιοπιστία η οποία όμως συνοδεύεται και από δαπανηρή εφαρμογή (Risholm-Sundman *et al.* 2007). Από τις υπόλοιπες εγκεκριμένες μεθόδους προκύπτουν αποτελέσματα τα οποία συχνά συγκρίνονται και συχετίζονται με τη μέθοδο θαλάμου (Schwab *et al.* 2007). Πιο απλή και πιο διαδομένη εξ' αυτών, ιδίως στη βιομηχανία, είναι η μέθοδος Perforator (Yu and Crump 1999, Bulian *et al.* 2004). Γενικά, καθεμιά μέθοδος έχει μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα, όπως και ιδιαιτερότητες.

Στις ΗΠΑ και τον Καναδά βρίσκονται σε ισχύ αφενός μεν η μέθοδος θαλάμου (Chamber method) σύμφωνα με την προδιαγραφή ASTM E1333 και αφετέρου, η πιο διαδομένη μέθοδος, αυτή του μικρού θαλάμου σύμφωνα με την προδιαγραφή ASTM D6007-2 (small chamber method). Σε ότι αφορά στους κανονισμούς αναμένονται νέες εξελίξεις στην αγορά της Βόρειας Αμερικής. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με νέα οδηγία της CARB (California Air Resources Board 2008), τα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου, π.χ. μοριοπλάκες, ινοπλάκες, κόντρα-πλακέ, πρέπει υποχρεωτικά να υπάγονται στην κλάση E1 ως προς τη φορμαλδεΐδη, όταν ανήκουν στη 1^η φάση (Phase I) που εφαρμόζεται από τον Ιανουάριο του 2009. Η 2^η φάση (Phase II) η οποία ήδη εφαρμόζεται από τον Ιανουάριο του 2010, επιβάλλει εκπομπή φορμαλδεΐδης σε επίπεδο χαμηλότερο από την E1 προσεγγίζοντας την κλάση E0. Τα νέα αυτά δεδομένα εναρμονίζονται με τη γενικότερη τάση της παγκόσμιας αγοράς για αυστηρότερους κανονισμούς σε ότι αφορά στη φορμαλδεΐδη.

Στην Ιαπωνία και την Ωκεανία (Αυστραλία, Νέα Ζηλανδία) κυριαρχούν οι μέθοδοι Desiccator. Οι ιαπωνικές προδιαγραφές JIS-A-5908, JIS-A-5905 και JIS-A-1460 είναι οι πιο αυστηρές στον κόσμο όσον αφορά την έκλυση φορμαλδεΐδης και ισχύουν για τις

Πίνακας Ι. Συγκριτικός πίνακας των μεθόδων προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης (πηγή: Risholm-Sundman *et al.* 2007)

Προδιαγραφή / μέθοδος προσδιορισμού φορμαλδεΐδης		Χαρακτηριστικά των δειγμάτων		Συνθήκες κλιματισμού των δειγμάτων	Συνθήκες κατά τη μέτρηση	
		Διαστάσεις δειγμάτων - βάρος	Περιθώρια (m ανοιχτό σόκορου ανά m ²)		Θερμοκρασία / σχετική υγρασία του αέρα	Κυκλοφορία αέρα / ώρα
Ευρώπη	EN 717-1, Chamber method, μέθοδος θαλάμου 3 θάλαμοι: 0,225 m ³ - 1 m ³ - 12 m ³	1 m ² ανά m ³ θαλάμου	μερικούς κλειστά (1,5 m ² /m ²)	23°C / 45%	23°C / 45%	1
	EN 717-2, Gas analysis, μέθοδος αεριοανάλυσης (θάλαμος 4 λίτρων)	40 cm x 5 cm	κλειστά	δεν προβλέπεται κλιματισμός	60°C / <3%	15
	EN 717-3, Flask method, μέθοδος Flask ειδικό δοχείο χωρητικότητας 500 ml	2,5cm x 2,5cm 20 g	ανοιχτά (80 m ² /m ²)	δεν προβλέπεται κλιματισμός	40°C / ~100%	όχι
	EN 120, Perforator method, μέθοδος εκχύλισης δειγμάτων με 600 ml τολουόλιο	2,5cm x 2,5cm 110 g	ανοιχτά	δεν προβλέπεται κλιματισμός	Εκχύλιση με τολουόλιο (110°C)	όχι
Ιαπωνία	JIS A 1901, Small chamber method, μέθοδος μικρού θαλάμου (θάλαμος 1 m ³)	2,2 m ² ανά m ³ θαλάμου	κλειστά	28°C / 50%	28°C / 50%	0,5
	JIS A 1460, Desiccator για PB-MDF-OSB μέθοδος Desiccator	0,18 m ²	ανοιχτά (27 m ² /m ²)	20°C / 65%	20°C / ~60-70%	όχι
	JAS 233, Desiccator για αντικολιητά μέθοδος Desiccator	0,18 m ²	ανοιχτά (27 m ² /m ²)	24 ώρες μέσα σε πλαστική σακούλα (20°C)	20°C / ~60-70%	όχι
Παγκοσμίως	ISO/CD 12460, Chamber method μέθοδος θαλάμου (θάλαμος 1 m ³)	1 m ² ανά m ³ θαλάμου	μερικούς κλειστά (1,5 m ² /m ²)	23°C / 50%	23°C / 50%	1

μοριοπλάκες, τις ινοπλάκες και τις ξυλοπλάκες OSB. Στην Ιαπωνία πρωτοεφαρμόστηκε και το σήμα ποιότητας F**** (F four-star) που πιστοποιείται με τις ιαπωνικές μεθόδους Desiccator για έκλυση μικρότερη από 0,3 mg/L (κλάση σχεδόν E0). Για το κόντρα-πλακέ ισχύει η ιαπωνική μέθοδος Desiccator JAS-233. Λιγότερο διαδεδομένη στην Ιαπωνία είναι η μέθοδος του μικρού θαλάμου (small chamber method) που πραγματοποιείται σε θάλαμο 1 m³ σύμφωνα με την ιαπωνική προδιαγραφή JIS-A-1901. Στην Ωκεανία επικρατεί η μέθοδος Desiccator για μέτρηση εκλυόμενης φορμαλδεΐδης -που προσεγγίζει τα ιαπωνικά πρότυπα- και εκτελείται εργαστηριακά σύμφωνα με τις προδιαγραφές AS/NZS 1859-1 & 2 και AS/NZS 4266.16. Στην ως άνω περιοχή η μέθοδος Perforator είναι επίσης αρκετά διαδεδομένη (Young 2004). Πρέπει να τονιστεί ότι η Αυστραλία και η Νέα Ζηλανδία τα τελευταία έτη έχουν εναρμονιστεί με τα δεδομένα των αυστηρών κανονισμών της Ιαπωνίας θεσπίζοντας μέτρα για τη δραστηκή μείωση των εκπομπών φορμαλδεΐδης από τα προϊόντα ξύλου (Young 2004).

Τα χαρακτηριστικά των εγκεκριμένων εργαστηριακών μεθόδων παρουσιάζονται με λεπτομέρεια στον Πίν. Ι (Risholm-Sundman *et al.* 2007). Όπως φαίνεται στον Πίν. Ι, οι μέθοδοι προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης σε συγκολλημένα προϊόντα ξύλου διαφέρουν σημαντικά, διεξάγονται σε διαφορετικές συνθήκες και δίνουν αποτελέσματα έκλυσης ή περιεκτικότητας σε φορμαλδεΐδη, τα οποία όμως δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα μεταξύ τους. Παρακάτω ακολουθεί συνοπτική περιγραφή αυτών των εγκεκριμένων μεθόδων, όπου επισημαίνονται τα πλεονεκτή-

ματα και τα μειονεκτήματά τους.

Μέθοδος θαλάμου

Η μέθοδος θαλάμου (Chamber method, EN 717-1) είναι μια πρότυπη ευρωπαϊκή μέθοδος με την οποία προσδιορίζεται η πραγματική έκλυση φορμαλδεΐδης στον αέρα, που λαμβάνει χώρα σ' ένα κλειστό θάλαμο όγκου 0,225 m³ ή 1 m³ κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες (θερμοκρασία 23°C, σχετική υγρασία 45%). Σπανιότερα χρησιμοποιείται θάλαμος >12 m³. Δοκίμια προϊόντων ξύλου (επιφάνειας 1 m² ανά m³ θαλάμου), κλιματισμένα σε συνθήκες 23°C/45%, τοποθετούνται στο θάλαμο με ρυθμό κυκλοφορίας αέρα 1 m² h m⁻³. Μετρήσεις γίνονται καθημερινά με λήψη 2 δειγμάτων αέρα τα οποία αναλύονται φωτομετρικά. Η περίοδος μετρήσεων διαρκεί έως και 28 ημέρες μέχρι την επίτευξη συνθηκών ισορροπίας (*steady-state conditions*). Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg φορμαλδεΐδης ανά m³ αέρα ή σε ppm. Σημειώνεται ότι για την κλάση E1, η συγκέντρωση φορμαλδεΐδης στον αέρα πρέπει να είναι μικρότερη από 0,12 mg/m³ (0,1 ppm) σε κατάσταση ισορροπίας. Στα θετικά της μεθόδου αναφέρονται: α) η αξιοπιστία των μετρήσεων που λαμβάνονται, β) το ότι αυτές πραγματοποιούνται σε πραγματικές συνθήκες δωματίου, και γ) η ομοιογένεια των υπό μέτρηση δειγμάτων εξαιτίας του μεγέθους τους. Επισημαίνεται, ωστόσο, ότι τα αρνητικά σημεία της μεθόδου αυτής είναι οι μεγάλοι χρόνοι δοκιμών (περίπου 10-28 ημέρες) και ο δαπανηρός και εξειδικευμένος εξοπλισμός που απαιτείται για τη διεξαγωγή τους (Schwab *et al.* 2007).

Μέθοδος αεριοανάλυσης

Η μέθοδος αεριοανάλυσης (ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 717-2) είναι μια μέθοδος προσδιορισμού της εκπεμπόμενης φορμαλδεΐδης από ορισμένη ποσότητα γυμνών ή επενδυμένων μοριοπλακών, ινοπλάκων, OSB ή κόντρα-πλακέ που εφαρμόζεται κυρίως στην Ευρώπη. Δοκίμιο διαστάσεων 40 cm x 5 cm με κλειστά περιθώρια (σόκορα), χωρίς να έχει υποστεί κλιματισμό, τοποθετείται σε κατάλληλο θάλαμο χωρητικότητας 4 lt και «εξαναγκάζεται» να αποβάλλει τη φορμαλδεΐδη που περιέχει κάτω από συνθήκες υψηλής κυκλοφορίας του αέρα ($15 \text{ m}^2 \text{ h m}^{-3}$), θερμοκρασίας 60°C και χαμηλής σχετικής υγρασίας ($<3\%$). Δείγματα αέρα παγιδεύονται σε πλυντρίδες νερού και αναλύονται φωτομετρικά. Η δοκιμή διαρκεί συνολικά 5 ώρες. Σημειώνεται ότι για κλάση E1, η συγκέντρωση φορμαλδεΐδης πρέπει να είναι μικρότερη από $3,5 \text{ mg/m}^2 \text{ h}$. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι είναι απλή, εύκολη στην εφαρμογή, πολύ σύντομη και παρουσιάζει ικανοποιητική επαναληψιμότητα, αν και ο εξοπλισμός που απαιτείται για τη διεξαγωγή της είναι αρκετά δαπανηρός (Schwab *et al.* 2007). Διαφέρει σημαντικά από τη μέθοδο θαλάμου λόγω των διαφορετικών συνθηκών (π.χ. υψηλή θερμοκρασία, πολύ χαμηλή σχετική υγρασία, υψηλή κυκλοφορία αέρα), γι' αυτό και η συσχέτιση των αποτελεσμάτων τους είναι συνήθως πολύ αδύναμη.

Μέθοδος φιάλης Flask

Η μέθοδος Flask (ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 717-3) είναι μια εργαστηριακή μέθοδος που εκτελείται με απλό τρόπο σε κλειστό δοχείο όγκου 500 ml, με την οποία προσδιορίζεται η εκπεμπόμενη φορμαλδεΐδη (σε mg/kg) από γυμνά δοκίμια ξυλοπλακών βάρους 20 g και διαστάσεων 2,5 cm x 2,5 cm. Τα δοκίμια χωρίς να έχουν κλιματιστεί, τοποθετούνται στο δοχείο και αποβάλλουν την ελεύθερη φορμαλδεΐδη τους υπό σταθερή θερμοκρασία 40°C και σχετική υγρασία 100% για χρονικό διάστημα 3 ωρών. Η φορμαλδεΐδη δεσμεύεται από νερό που υπάρχει στον πυθμένα γυάλινου δοχείου και αναλύεται φωτομετρικά με τη μέθοδο της ακετυλοακετόνης (Sundin and Roffael 1992). Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/kg ξηρής πλάκας. Η μέθοδος Flask δεν χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως. Αυτό διότι δεν έχει τύχει πλήρους αποδοχής εξαιτίας των μειονεκτημάτων που παρουσιάζει, ήτοι: α) οι συνθήκες της μεθόδου (40°C θερμοκρασία και 100% σχετική υγρασία) διαφέρουν σημαντικά από τις κανονικές συνθήκες δωματίου, β) τα ανοιχτά σόκορα των μικρών δειγμάτων που χρησιμοποιούνται

οδηγούν σε πολύ υψηλή, μη αντιπροσωπευτική έκλυση φορμαλδεΐδης εμπειρόχοντας τον κίνδυνο πιθανής ανομοιογένειας των δειγμάτων εξαιτίας του μικρού μεγέθους τους (Schwab *et al.* 2007), γ) η μεθοδολογία παρουσιάζει χαμηλή επαναληψιμότητα και δ) τα αποτελέσματα παρουσιάζουν σχετικά αδύναμη συσχέτιση με τη μέθοδο θαλάμου.

Μέθοδος Perforator

Η μέθοδος Perforator (ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 120), ή μέθοδος εκχύλισης, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης φορμαλδεΐδης (σε mg/100 g πλάκας) μετά από διαδικασία εκχύλισης που γίνεται με καθαρό τολουόλιο ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$). Η μέθοδος Perforator δεν προτείνεται για μετρήσεις σε επικαλυμμένα ή επενδεδυμένα προϊόντα, ούτε σε κόντρα-πλακέ, ενώ χρησιμοποιείται για γυμνές μοριοπλάκες, ινοπλάκες, πλάκες OSB. Συγκεκριμένα, δοκίμια ξυλοπλακών διατομής 2,5 cm x 2,5 cm και βάρους 110 g εκχυλίζονται σε ειδική συσκευή με 600 ml τολουόλιο στους 110°C για 2 ώρες. Η ελεύθερη φορμαλδεΐδη εκχυλίζεται, δεσμεύεται από νερό και στη συνέχεια μέσω της αντίδρασης Hantzsch προσδιορίζεται η ποσότητά της με φωτομετρική μέθοδο. Τονίζεται ότι για κλάση E1, η περιεκτικότητα της φορμαλδεΐδης πρέπει να είναι μικρότερη από 8 mg ανά 100 g απόλυτα ξηρής ξυλοπλάκας (6,5 mg/100g σε χώρες όπως Γερμανία, Αυστρία, Δανία, Σουηδία). Η μέθοδος Perforator χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως και τυγχάνει μεγάλης αποδοχής. Επιτρέπει τη σύγκριση δειγμάτων πολύ εύκολα, ακόμη και μεταξύ διαφορετικών εργαστηρίων (Μαντάνης κ.ά. 2009), ενώ στα θετικά της μεθόδου περιλαμβάνονται: η υψηλή ακρίβεια και επαναληψιμότητα των μετρήσεων, ο απλός και φθηνός εξοπλισμός που απαιτείται και η μικρή χρονική διάρκεια (4 ώρες). Το αρνητικό σημείο της μεθόδου Perforator είναι η χρήση οργανικού διαλύτη (τολουόλιο) που θεωρείται επικίνδυνο, ειδικά σε τακτική βάση (Risholm-Sundman *et al.* 2007). Σήμερα η μέθοδος Perforator είναι η πιο διαδεδομένη εργαστηριακή μέθοδος σε παγκόσμια κλίμακα, ειδικά στη βιομηχανία και στον ποιοτικό έλεγχο των συλλογμένων προϊόντων του ξύλου.

Μέθοδοι Desiccator

Η μέθοδος Desiccator εφαρμόστηκε πρώτη φορά στην Ιαπωνία. Δεν είναι ενιαία για όλα τα συλλογμένα προϊόντα ξύλου και το κυριότερο είναι ότι διαφέρει στις χώρες Ιαπωνία, Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία, όπου υπάρχουν οι σχετικές προδιαγρα-

Πίνακας II. Προσδιορισμός κλάσης φορμαλδεΐδης E1 σε ξυλοπλάκες με ΕΛΟΤ-ΕΝ μεθόδους (πηγή: Μαντάνης κ.ά. 2009)

Table II. Determination of formaldehyde emission class E1 in wood-based panels with ELOT-EN methods (source: Mantanis *et al.* 2009)

ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΡΙΟ Ε1 ΚΛΑΣΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΨΔΗΣ (πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13986:2004)
ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΕΣ ΙΝΟΠΛΑΚΕΣ (MDF, HDF) ΞΥΛΟΠΛΑΚΕΣ OSB ΚΟΝΤΡΑ-ΠΛΑΚΕ	ΕΛΟΤ EN 120 ^a Μέθοδος εκχύλισης (Perforator method)	Περιεχόμενη: ≤8 mg/100g απόλυτα ξηρή ξυλοπλάκα ή <u>για μοριοπλάκες & ξυλοπλάκες OSB</u> περιεχόμενη: ≤6,5 mg/100g <u>για ινοπλάκες</u> περιεχόμενη: ≤7,0 mg/100g (για εν γρήσει ξυλοπλάκες)
	ΕΛΟΤ EN 717-1 Μέθοδος θαλάμου (Chamber method)	Εκπεμπόμενη: ≤ 0,124 mg ανά m ³ αέρα
	ΕΛΟΤ EN 717-2 Μέθοδος Gas Analysis	Εκπεμπόμενη: ≤ 3,5 mg/m ² h
ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ ΜΕ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΡΙΟ Ε1 ΚΛΑΣΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΨΔΗΣ (πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13986:2004)
ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΕΣ ΙΝΟΠΛΑΚΕΣ (MDF, HDF) ΞΥΛΟΠΛΑΚΕΣ OSB ΚΟΝΤΡΑ-ΠΛΑΚΕ	ΕΛΟΤ EN 717-2 Μέθοδος Gas Analysis	Εκπεμπόμενη: ≤ 3,5 mg/m ² h

^a: Σημείωση: Η μέθοδος Perforator (EN 120) δεν προτείνεται για μετρήσεις σε επενδεδυμένα προϊόντα ξυλοπλάκων και σε αντικολητά

φές αυτής (Ιαπωνία: JIS-A-1460, JIS-A-5908 & 5905, JAS-233 - Ωκεανία: AS/NZS 1859-1, AS/NZS 1859-2, AS/NZS 4266.16). Η μέθοδος Desiccator αποτελεί μια αξιόπιστη μέθοδο που έχει διεισδύσει σε πολλές αγορές του πλανήτη (κυρίως Ασία, Ωκεανία, Β. Αμερική). Η μέθοδος είναι κατάλληλη για τον προσδιορισμό της εκλυόμενης φορμαλδεΐδης από μοριοπλάκες, ινοπλάκες, αντικολητά αλλά και σύνθετα παρκέτα τύπου laminate. Ποσότητα δειγμάτων με συγκεκριμένη επιφάνεια (π.χ. 0,18 m²) τοποθετείται σε ξηραντήρα (desiccator) σε ελεγχόμενη θερμοκρασία. Η εκλυόμενη φορμαλδεΐδη δεσμεύεται από απεσταγμένο νερό που είναι τοποθετημένο σε κατάλληλο σκεύος στον πυθμένα του ξηραντήρα, προσδιορίζεται φωτομε-

τρικά και τελικά εκφράζεται σε mg/L. Γενικά, είναι μια απλή μέθοδος για την οποία όμως απαιτούνται τουλάχιστον 24 ώρες για την έκλυση και επιπλέον 2 ώρες για τον προσδιορισμό της εκλυόμενης φορμαλδεΐδης. Αρνητικό είναι το γεγονός ότι τα δείγματα πριν τη μέτρηση χρειάζονται κλιματισμό σε κανονικές συνθήκες για αρκετές ώρες.

3. Αποτελέσματα συγκρίσεων μεταξύ των μεθόδων προσδιορισμού

Μετά από μελέτη της παρούσας επιστημονικής στάθμης (Yu and Crump 1999, Bulian *et al.* 2004, Risholm-Sundman *et al.* 2007, Schwab *et al.* 2007), στους Πίν. II και III παρουσιάζονται τα όρια και οι

Πίνακας III. Εκτίμηση της κλάσης φορμαλδεΐδης E1 σε ξυλοπλάκες με ισοδύναμες μεθόδους (πηγή: Μαντάνης κ.ά. 2009)

Table III. Estimation of formaldehyde emission class E1 in wood-based panels with similar methods (source: Mantanis *et al.* 2009)

ΧΩΡΑ	ΠΡΟΤΥΠΟ/ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	ΕΙΔΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	ΟΡΙΟ Ε1 ΚΛΑΣΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΟΜΕΝΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΨΔΗΣ
ΗΠΑ	ANSI A208.1& 2/ Large Chamber ASTM E1333 ASTM D6007-2:2008 Small Chamber <i>va</i> δίνεται η αντιστοιχία με το Large Chamber	Μοριοπλάκες & ινοπλάκες (PB & MDF-HDF)	≤ 0,18 ppm για μοριοπλάκες ≤ 0,21 ppm για MDF ≤ 0,08 ppm για κόντρα-πλακέ (πηγή: CARB 2008)
ΙΑΠΩΝΙΑ*	JIS A 5908 & 5905/ Desiccator JIS A 1460	Μοριοπλάκες & ινοπλάκες (PB & MDF-HDF) Τύποι: F*** F**** F*****	≤ 1,5 mg/L ≤ 0,5 mg/L ≤ 0,3 mg/L
ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ	AS/NZS 1859-1 & 2/ Desiccator AS/NZS 4266.16	Μοριοπλάκες (PB) Ινοπλάκες (MDF-HDF) PB, MDF-HDF	≤ 1,5 mg/L ≤ 1,0 mg/L Όταν ≤ 0,5 mg/L, οι ξυλοπλάκες ανήκουν σε κλάση χαμηλότερη από την E1 κλάση

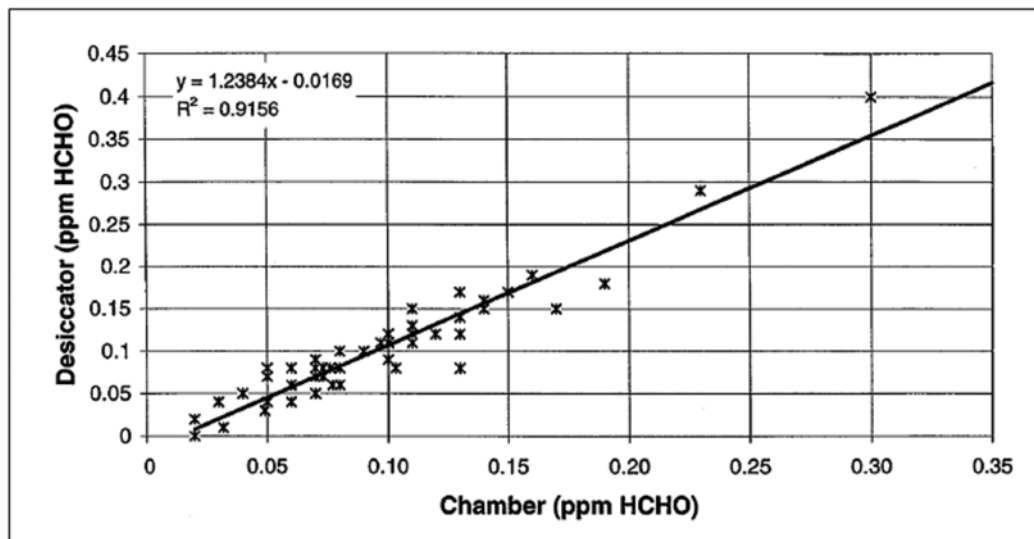
*: Σημείωση: Για κόντρα-πλακέ (αντικολητά), ισχύει η ιαπωνική μέθοδος Desiccator JAS 233.

Πίνακας IV. Κατ' εκτίμηση τιμές φορμαλδεΐδης για διάφορες γυμνές ξυλοπλάκες σ' ότι αφορά τις ευρωπαϊκές μεθόδους σε συσχέτιση με το όριο απαίτησης για το σήμα F**** της ιαπωνικής μεθόδου Desiccator JIS-A-1460 (Bulian *et al.* 2004).

Table IV. Estimated formaldehyde values for uncoated wood-based panels based on the European standard methods in relation to the Japanese F**** limit according to the Desiccator method JIS-A-1460 (Bulian *et al.* 2004).

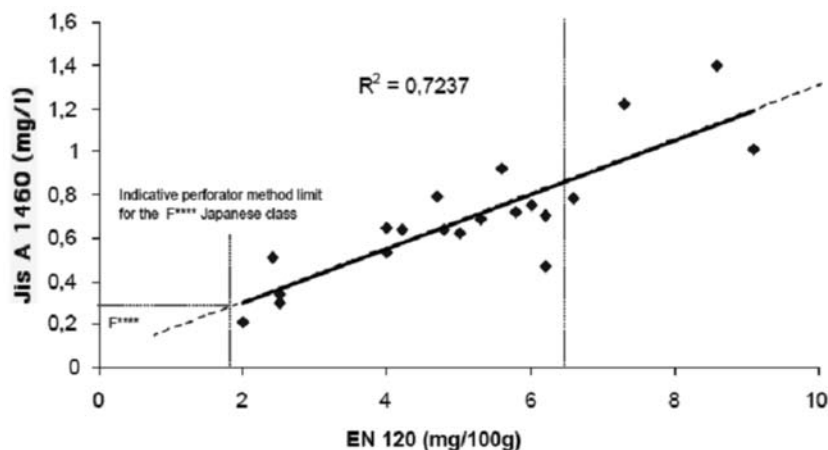
Τύπος ξυλοπλάκας	Ευρωπαϊκή μέθοδος ελέγχου	Οριακή τιμή για συμμόρφωση με την κλάση F**** (τιμή = 0,3 mg/L)	R ²
Μοριοπλάκα και MDF	Θάλαμος 1 m ³	0,05 ppm	0,74
Μοριοπλάκα και MDF	Perforator EN 120	1,5-2,0 mg/100 g atro ^a (πηγή: Durky 2005)	0,90
Μοριοπλάκα και MDF	Αεριοανάλυση EN 717-2	-	0,47
Μοριοπλάκα	Θάλαμος 1 m ³ EN 717-1	0,04 ppm	0,87
Μοριοπλάκα	Perforator EN 120	2,4 mg/100 g atro ^a	0,94
Μοριοπλάκα	Αεριοανάλυση EN 717-2	1,1 mg / (hm ²)	0,71
MDF	Θάλαμος 1 m ³	0,06 ppm	0,94
MDF	Perforator EN 120	3,8 mg/100 g atro ^a	0,90
MDF	Αεριοανάλυση EN 717-2	2,0 mg / (hm ²)	0,88
OSB	Θάλαμος 1 m ³ EN 717-1	0,03 ppm	0,93
OSB	Perforator EN 120	2,3 mg/100 g atro ^a	0,98
OSB	Αεριοανάλυση EN 717-2	0,8 mg / (hm ²)	0,86

^a: Μετά από αναγωγή σε επίπεδο 6,5% περιεχόμενης υγρασίας



Σχήμα 1. Καμπύλη συσχέτισης μεταξύ της μεθόδου Desiccator και της πρότυπης μεθόδου θαλάμου (πηγή: Risholm-Sundman *et al.* 2007).

Figure 1. Correlation data between the Japanese Desiccator method and the Chamber method (data from Risholm-Sundman *et al.* 2007).



Σχήμα 2. Καμπύλη συσχέτισης μεταξύ της ιαπωνικής μεθόδου Desiccator JIS-A-1460 και της ευρωπαϊκής μεθόδου Perforator για MDF και μοριοπλάκες (πηγή: Bulian *et al.* 2004).

Figure 2. Correlation data between the Japanese method JIS-A-1460 and the European Perforator method for MDF and particleboard (data from Bulian *et al.* 2004).

συσχετίσεις που υπάρχουν μεταξύ των μεθόδων προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης. Τα στοιχεία αυτών των συγκρίσεων μπορεί να είναι χρήσιμα για τους φορείς που διενεργούν σχετικούς ελέγχους (τελωνεία, υπηρεσίες ελέγχου), τις επιχειρήσεις, τους επιστήμονες και άλλους ενδιαφερόμενους.

Γενικά, είναι προφανές ότι οι διαφορές μεταξύ των χρησιμοποιούμενων μεθόδων προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης εξηγούνται από διαφορές στις συνθήκες διεξαγωγής των δοκιμών (π.χ. θερμοκρασία, σχετική υγρασία του αέρα, ανανέωση αέρα κ.ά.) αλλά και στα χαρακτηριστικά των δοκιμίων (π.χ. πυκνότητα, κάλυψη ή όχι των σόκορων των δειγμάτων κ.ά.).

Σύμφωνα με την ερευνητική εργασία των Risholm-Sundman κ.ά. (2007) η ιαπωνική μέθοδος Desiccator δίνει αποτελέσματα που σε χαμηλές συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης παρουσιάζουν ισχυρή συσχέτιση ($R^2=0,91$) με την πρότυπη μέθοδο θαλάμου (Σχ. 1). Από την άλλη, σύμφωνα με τους Bulian κ.ά. (2004) παρατηρήθηκε λιγότερο ισχυρή συσχέτιση ($R^2=0,72$) μεταξύ των αποτελεσμάτων της μεθόδου Perforator με τα αποτελέσματα της ιαπωνικής μεθόδου Desiccator JIS-A-1460 (Σχ. 2).

Επιπρόσθετα, η έρευνα των Schwab κ.ά. (2007) έδειξε ότι η μέθοδος Perforator (EN 120) παρουσιάζει μια αρκετά καλή συσχέτιση ($R^2=0,82$) με την πρότυπη μέθοδο θαλάμου σ' ό,τι αφορά τις ινοπλάκες μέσης πυκνότητας (Σχ. 3). Πρόσθετα αναφέρεται ότι η συσχέτιση της μεθόδου JIS-A-1460 με την ευρωπαϊκή μέθοδο Perforator μπορεί να ενισχυθεί αν κατά

τον προσδιορισμό της φορμαλδεΐδης ληφθεί υπόψη η πυκνότητα των πλακών, δηλ. γίνει διαχωρισμός των πλακών σε κλάσεις πυκνότητας.

Σχετικά με τη μέθοδο φιάλης Flask (EN 717-3) η αντιστοιχία με την E1 κλάση φορμαλδεΐδης για τις μοριοπλάκες έχει εκτιμηθεί ότι είναι 4,0 mg/kg και για τις ινοπλάκες περίπου 3,5 mg/kg, σύμφωνα με έρευνα των Risholm-Sundman κ.ά. (2007).

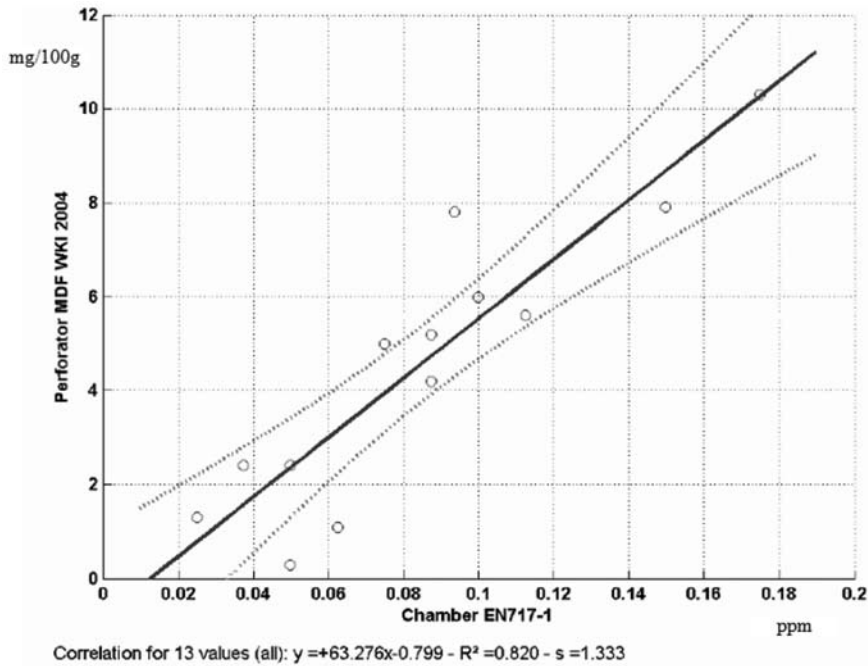
Επισημαίνεται εδώ ότι ξυλοπλάκες που έχουν παραχθεί χρησιμοποιώντας ρητίνες ισοκυανικές (pMDI) ή φαινολικές (PF), αυτόματα θεωρούνται ότι υπάγονται στην κλάση E1, χωρίς απαίτηση ελέγχου (Schwab *et al.* 2007).

Πρόσθετα η μελέτη των Schwab κ.ά. (2007) έδειξε ότι για μοριοπλάκες και MDF τόσο η μέθοδος Desiccator (JIS-A-1460) όσο και η μέθοδος της αεριοανάλυσης παρουσιάζουν καλές συσχέτισεις με την ευρωπαϊκή πρότυπη μέθοδο θαλάμου (Σχ. 4 και 5)..

Τέλος, στον Πίν. IV παρουσιάζονται αναλυτικά οι συσχέτισεις της μεθόδου Desiccator με τις εγκεκριμένες ευρωπαϊκές μεθόδους προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης, ειδικά όσον αφορά τις οριακές τιμές για συμμόρφωση με την κλάση F****, που ισοδυναμεί με εκπομπή 0,3 mg/L, δηλ. κλάση σχεδόν E0 (Bulian *et al.* 2004).

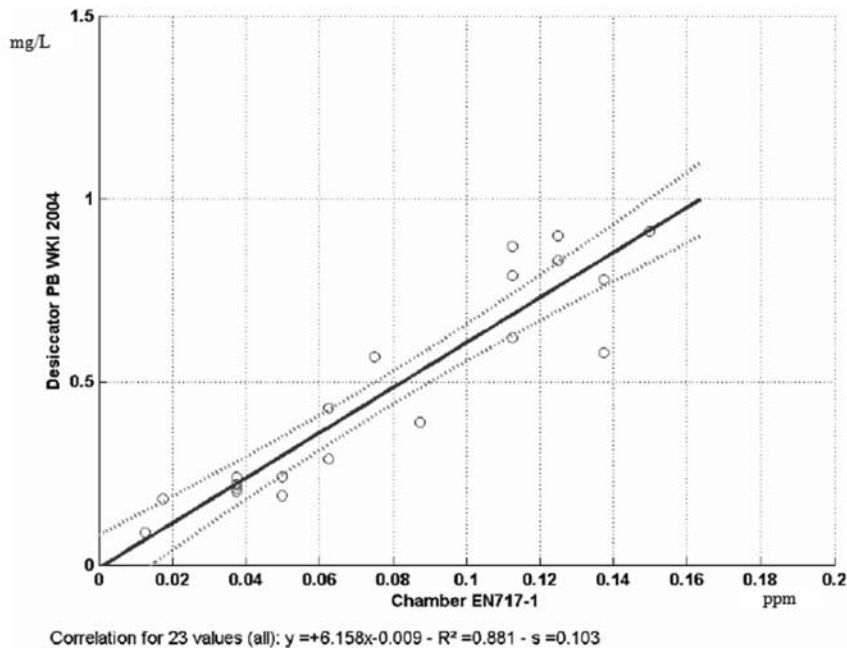
4. Συμπεράσματα

Ο προσδιορισμός της εκπεμπόμενης ή της περιεχόμενης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου είναι σήμερα απαραίτητος τόσο από τεχνο-



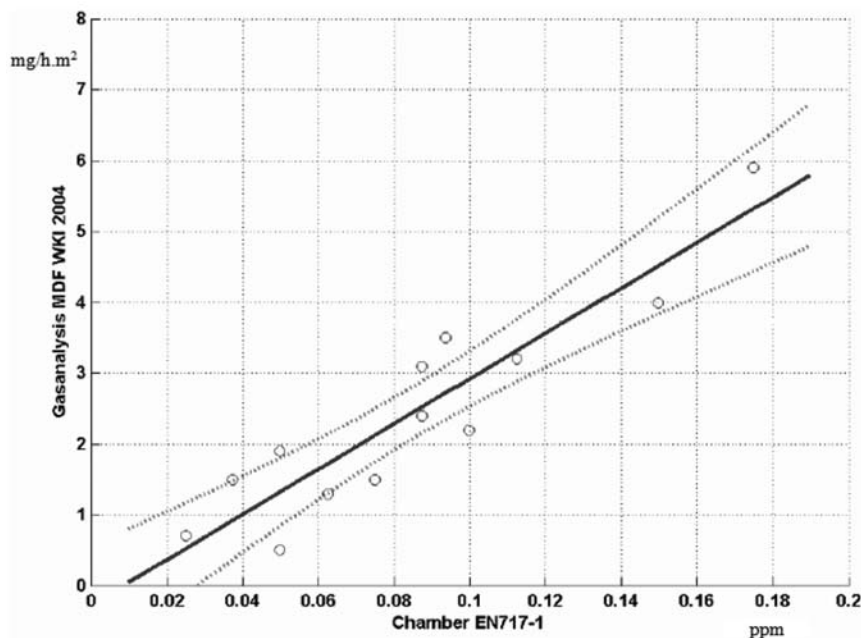
Σχήμα 3. Καμπύλη συσχέτισης μεταξύ της μεθόδου Perforator και της μεθόδου θαλάμου για MDF (πηγή: Schwab *et al.* 2007, Ινστιτούτο WKI Γερμανίας).

Figure 3. Correlation data between the Perforator method and the Chamber method for MDF (data from Schwab *et al.* 2007, Wilhelm Klauditz Institute, Germany).



Σχήμα 4. Καμπύλη συσχέτισης μεταξύ της μεθόδου Desiccator και της μεθόδου θαλάμου για μοριοπλάκες (πηγή: Schwab *et al.* 2007, Ινστιτούτο WKI Γερμανίας).

Figure 4. Correlation data between the Perforator method and the Chamber method for particleboard (data from Schwab *et al.* 2007, Wilhelm Klauditz Institute, Germany).



Correlation for 13 values (all): $y = +31.961x - 0.277 - R^2 = 0.849 - s = 0.606$

Σχήμα 5. Καμπύλη συσχέτισης μεταξύ της μεθόδου αεριοανάλυσης και της μεθόδου θαλάμου για MDF (πηγή: Schwab *et al.* 2007, Ινστιτούτο WKI Γερμανίας).

Figure 5. Correlation data between the gas analysis method and the Chamber method for MDF (data from Schwab *et al.* 2007, Wilhelm Klauwitz Institute, Germany).

λογικής άποψης, όσο κυρίως από άποψη προστασίας της υγείας των καταναλωτών.

Γενικά, είναι προφανές ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των χρησιμοποιούμενων μεθόδων προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης και οι οποίες εξηγούνται τόσο από διαφορές στις συνθήκες διεξαγωγής των δοκιμών όσο και στα χαρακτηριστικά των δοκιμίων.

Η ιαπωνική μέθοδος Desiccator δίνει αποτελέσματα που σε χαμηλές συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης παρουσιάζουν αφενός ισχυρή συσχέτιση με την πρότυπη μέθοδο θαλάμου και αφετέρου λιγότερο ισχυρή συσχέτιση με τη μέθοδο Perforator. Επιπρόσθετα, η μέθοδος Perforator παρουσιάζει αρκετά καλή συσχέτιση με την πρότυπη μέθοδο θαλάμου σ' ότι αφορά τις ξυλοπλάκες. Για μοριοπλάκες και MDF τόσο η μέθοδος Desiccator (JIS-A-1460), όσο και η μέθοδος αεριοανάλυσης παρουσιάζουν καλές συσχετίσεις με

την ευρωπαϊκή πρότυπη μέθοδο θαλάμου.

Σε κάθε περίπτωση, το πιο σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση των ως άνω δεδομένων είναι ότι εξαιτίας των σημαντικών διαφορών που παρουσιάζουν, οι διάφορες μέθοδοι προσδιορισμού της φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα του ξύλου καθιστούν δύσκολη τη σύγκριση και επομένως δυσκολεύουν το έργο των βιομηχανιών που επιθυμούν να εναρμονιστούν με τους κανονισμούς που ισχύουν σε άλλες χώρες, ενώ πολλές φορές προξενούν σύγχυση σε καταναλωτές και επιχειρήσεις. Για το λόγο αυτό είναι επιτακτική ανάγκη σήμερα η καθιέρωση κοινών προτύπων για τη διεξαγωγή των δοκιμών ελέγχου και την κατηγοριοποίηση των προϊόντων με βάση τα αποτελέσματα αυτών. Προσπάθειες γίνονται προς την κατεύθυνση αυτή μεταξύ των αρμόδιων φορέων σε Ευρώπη και Β. Αμερική.

Determination of formaldehyde release from composite wood products. Comparison and differences between the standard test methods

Mantanis G.¹, Lykidis C.¹ and Athanassiadou E.²

Abstract

Nowadays the determination of formaldehyde release from composite wood products is deemed necessary both for technical and most importantly for health protection reasons. The methods used to determine the formaldehyde emission or content have been evolved during the years and were adapted to the prevailing conditions each time. In this review work, the results from studies for the determination of formaldehyde according to standard methods used internationally are presented. A comparison of such methods was also performed. Specifically, a) the Perforator method (European standard EN 120), b) the Chamber method (European standard EN 717-1 and N. American standard ASTM E1333), c) the Gas Analysis method (European standard EN 717-2), d) the Flask method (European standard EN 717-3), e) the small chamber method (Japanese standard JIS-A-1901) and f) the Desiccator method (mostly based on the Japanese standards JIS-A-1460 και JAS-233) were discussed and compared with each other. The advantages and drawbacks of each one of these methods are presented together with correlation results generated from these standard test methods.

Keywords: formaldehyde, wood-based panels, determination methods, Perforator method, Chamber method, Desiccator method, Flask method.

Βιβλιογραφία

- Γενική Γραμματεία Καταναλωτή, 2009. Κοινή Υπουργική Απόφαση αριθμ. Ζ3-5430/22-4-2009. Φύλλο Εφημερίδος της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) αρ. 746, τ. Β', 22-4-2009.
- Γρηγορίου Α., 1986. Έκλυση φορμαλδεΐδης από μοριοπλάκες εγχώριας παραγωγής και εισαγόμενες ινοπλάκες μέσης πυκνότητας. *Τεχνικά Χρονικά* 6(1): 5-32.
- Γρηγορίου, Α., 1992. Τεχνολογία συγκολλημένων προϊόντων ξύλου. Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Σχολή Δασολογίας & Φυσιικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ.
- Μαντάνης, Γ. και Ε. Μαρκεσίνη, 1998. Έκλυση φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου - παρούσα κατάσταση. *Ξύλο και Έπιπλο* 169: 63-69.
- Μαντάνης, Γ., Αναστάσης Γ. και Ι. Κακαράς, 2006. Φορμαλδεΐδη: ένας από τους κυριότερους ρυπαντές εσωτερικών χώρων σε νεόδμητες κατοικίες. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα* 17:52-58.
- Μαντάνης, Γ., 2007. Φορμαλδεΐδη-ο κυριότερος ρύπος εσωτερικών χώρων σε νεόδμητες κατοικίες. Επιστημονική ημερίδα «*Η φορμαλδεΐδη και τα εμποτιστικά στα προϊόντα ξύλου*». Έκθεση FURNIMA 2007, Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 2007.
- Μαντάνης, Γ., Χρόνη, Σ., Φιλίππου, Ι. και Α. Τσώνη, 2009. Όρια φορμαλδεΐδης για τα έπιπλα και τα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου. *Επιπέδον*, τ. 42: 76-81.
- Φιλίππου, Ι., 1984. Το πρόβλημα της έκλυσης φορμαλδεΐδης από μοριοσανίδες: Τρόποι αντιμετώπισής του. Πρακτικά 4ου Συνεδρίου Επίπλου - Διακοσμήσεως - Εξοπλισμού - Μηχανημάτων, Διεθνής Έκθεση FURNIDEC, Θεσσαλονίκη.
- Φιλίππου Ι., 1989. Συγκολλητικές ουσίες ουρίας-φορμαλδεΐδης στην ελληνική παραγωγή μοριοσανίδων. *Επίπεδα έκλυσης φορμαλδεΐδης*. *Τεχνικά Χρονικά* 9(2) 83-100.
- Φιλίππου, Ι., 2007. Η φορμαλδεΐδη στα προϊόντα ξύλου. Επιδράσεις στην υγεία, διεθνείς προδιαγραφές και εφαρμογή τους στην Ελλάδα. Επιστημονική ημερίδα «*Η Φορμαλδεΐδη και τα Εμποτιστικά στα Προϊόντα Ξύλου*». Έκθεση FURNIMA 2007, Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 2007.
- AS/NZS 1859.2, 2004. Reconstituted wood-based panels-Specifications, Part 2: Dry-processed fibreboard
- AS/NZS 1859.1, 2004. Reconstituted wood-based panels-Specifications, Part 1: Particleboard
- AS/NZS 4266.16, 2004. Reconstituted wood-based panels - Methods of test, Method 16: Formaldehyde emission - Desiccator method
- ASTM D6007-02, 2002. Standard test method for determining formaldehyde concentration in air

¹ Department of Wood & Furniture Design and Technology - TEI of Larissa

² Chimar Hellas A.E., Sofouli 88, Thessaloniki, Greece

- from wood products using small-scale chamber. American Standard, April 2002.
- ASTM E1333 – 10, 2002. Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentrations in Air and Emission Rates from Wood Products Using a Large Chamber
- Athanassiadou, E., 2000. Formaldehyde free amino-plastic bonded composites, Proceedings of the 5th International Conference on Environmental Pollution, Thessaloniki, Greece, Augoustinos Anagnostopoulos Ed., Aristotelian University, pp. 770-783.
- Athanassiadou, E., Tsiantzi, S., Markessini, C., 2007. Towards composites with formaldehyde emission at natural wood levels, Proceedings of the 2nd Conference of COST Action E49, Measurement and Control of VOC Emissions from Wood-Based Panels, 28-29 November 2007, Braunschweig, Germany, pp. 31-41.
- Athanassiadou, E., Tsiantzi, S., Markessini, C., 2009. Producing panels with formaldehyde emission at wood levels, Proceedings of the International Wood Adhesives Conference, 28-30 September 2009, Lake Tahoe, NV, USA, pp. 82-92.
- Breyse, P.A. 1985. The Office Environment: How Dangerous? In *Indoor Air*. Vol.3. Sensory and Hyperreactivity Reactions to Sick Buildings. Stockholm, Swedish Council for Building Research, pp. 315-320.
- Bulian, F., Ciroi, S., Meyer, B., Marutzky, R., 2004. Formaldehyde testing of wood-based panels: correlations between European and Japanese test methods. In: *Proc. of Wood-based Panel Symposium in Hannover, Germany*, pp. 23-30.
- California Air Resources Board, CARB 2008. What the new CARB rule means for you? Report Nov. 2008. Available at: <http://www.carbrule.org/>
- Clary, J. 1983. A review of the health effects of formaldehyde. *Proc. of the 17th Particleboard Symposium*, W.S.U., Pullman, WA, pp. 219-226.
- Dally, K., Hanrahan, L., Woodbury, M. and M. Kanarek 1981. Formaldehyde exposure in nonoccupational environments. *Arch. Environ. Health* 36: 277–284.
- Dunky, M. 2005. Resins for Ultra-Low Formaldehyde Emission According to the Japanese F**** Quality. In: *Proceedings of the Wood Adhesives 2005 Conference*, ed. Charles R. Frihart, pp. 343-349. Forest Products Society, San Diego, California.
- EN 120, 1993. Wood-based panels – determination of formaldehyde content – extraction method called perforator method. European Standard, September 1993.
- EN 717-1, 2004. Wood-based panels – determination of formaldehyde release – Part 1: formaldehyde emission by the chamber method. European Standard, October 2004.
- EN 717-2, 1994. Wood-based panels – determination of formaldehyde release – Part 2: formaldehyde release by the gas analysis method. European Standard, November 1994.
- EN 717-3, 1996. Wood-based panels – determination of formaldehyde release – Part 3: formaldehyde release by the flask method. European Standard, March 1996.
- EPA, 1994. EPA Health Effects Notebook for Hazardous Air Pollutants-Draft, Air Risk Information Support Center, Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency, EPA-452/D-95-00.
- Garrett, M.H., Rayment, P.R., Hooper, M.A., Abramson, M.J., Hooper, B.M., 1998. Indoor airborne fungal spores, house dampness and associations with environmental factors and respiratory health in children. *Clin. Exp. Allergy* 28, 459–467.
- Garrett, M.H., Hooper, M.A., Hooper, B.M., Rayment, P.R. and Abramson, M.J., 1999. Increase risk of allergy in children due to formaldehyde exposure in homes, *Allergy*, 54, 330-337.
- IARC, International Agency for Research on Cancer, 2009. A review of human carcinogens - Part F. Chemical agents and related occupation. *The Lancet Oncology* 10 (12): 1143-1144.
- ISO/DIS 12460, 2005. Wood-based panels – determination of formaldehyde release – formaldehyde emission by the 1 m³ chamber method. Draft International Standard, January 2005.
- JAS 233, 2003. Japanese Agricultural Standard for plywood. Japanese Agriculture Standard, February 2003.
- JIS A 1901, 2003. Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes for building products – small chamber method. Japanese Standard, January 2003.
- JIS A 1460, 2001. Building boards. Determination of formaldehyde emission – desiccator method. Japanese Industrial Standard, March 2001.
- Markessini, E. 1993. Indoor pollution by Formalde-

- hyde - A review, "Monument & Environment", Greek Society for the Protection of the Environment and the Culture Heritage, Thessaloniki, pp. 73-77.
- Markessini, E. 1994. Formaldehyde emission from wood based panels and ways to reduce them, "Monument & Environment", Greek Society for the Protection of the Environment and the Culture Heritage, Thessaloniki, pp. 57-64.
- Markessini, C.A., 1993. Formaldehyde Emission a novel approach - standards and limitations in Europe. In: Proceedings of 27th International Particleboard/Composite materials symposium, ed. T.M. Maloney, Washington State University, Pullman, Washington, pp. 207-219.
- Risholm-Sundman, M., Larsen, A., Vestin, E. and Weibull, A., 2007. Formaldehyde emission – Comparison of different standard methods. *Atmospheric Environment* 41:3193-3202.
- Risholm-Sundman, M. and Wallin, N., 1999. Comparison of different laboratory methods for determining the formaldehyde emission from three-layer parquet floors. *Holz als Roh- und Werkstoff* 57: 319-324.
- Roffael E., 2006. Volatile organic compounds and formaldehyde in nature, wood and wood based panels. *Holz als Roh- und Werkstoff* 64: 144-149.
- Sardinas, A.V. 1979. Health effects associated with urea-formaldehyde foam insulation in Connecticut. *J. Environ. Health* 41: 453-463.
- Schwab, H., Marutzky, R. and Meyer, B., 2007. European regulations for formaldehyde. In: Proc. of Corvallis Symposium, 10-11 July, 2007, Oregon, USA.
- Sundin, B. and Roffael E., 1992. Determination of emissions from wood-based panels using the flask method. *Holz als Roh- und Werkstoff* 50 (10): 383-386.
- Wantke, F., Demmer, C.M., Tappler, P., Gotz, M. and Jarisch, R. (1996): Exposure to gaseous formaldehyde induces IgE-mediated sensitization to formaldehyde in school-children, *Clin. Exp. Allergy*, 26, 276-80.
- Young, S., 2004. Formaldehyde emissions - understanding the standards. Steffen Young & Assoc. Report. Available at: <http://www.timbertest.co.nz/docs/formaldehyde.pdf>
- Yu, C.W.F. and Crump, D.R., 1999. Testing for formaldehyde emission from wood-based products - a review. *Indoor Built Environment* 8: 280-286.

Εκτίμηση του όγκου δασικών συστάδων με τη μέθοδο του μεγάλου συντελεστή κυκλικής επιφάνειας

Σαμώτης Κωνσταντίνος¹, Σταματέλλος Γεώργιος²

Περίληψη

Στη διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων ένας κρίσιμος παράγοντας είναι το κόστος απογραφής. Η μείωση του κόστους συνδέεται με τα πολυεπίπεδα σχέδια δειγματοληψίας. Η μέθοδος του Μεγάλου Συντελεστή Κυκλικής Επιφάνειας (Big Basal Area Factor), είναι μία επέκταση της οριζόντιας κατά σημεία δειγματοληψίας σε δύο στάδια, χρησιμοποιώντας όμως ένα μεγαλύτερο συντελεστή κυκλικής επιφάνειας στο δεύτερο στάδιο. Έχει παρουσιαστεί την τελευταία δεκαετία στη Βόρεια Αμερική με τάση επέκτασης εφαρμογής της μεθόδου εξαιτίας της σχετικής μείωσης του κόστους απογραφής. Η μέθοδος εφαρμόστηκε σε δεδομένα, τα οποία παρήχθησαν από το Πανεπιστημιακό Δάσος του Πετρούλιου. Αξιολογήθηκαν έξι δειγματοληπτικά σχέδια, τα οποία δημιουργήθηκαν συνδυάζοντας τους συντελεστές κυκλικής επιφάνειας : 2,25, 4, 9 και 16 m²/h. Βρέθηκε ότι ο συνδυασμός (2,25, 16) m²/h είναι ο πιο αποτελεσματικός με βάση την ακρίβεια και το κόστος απογραφής. Η νέα μέθοδος με μία κατάλληλη επιλογή των δύο συντελεστών κυκλικής επιφάνειας φαίνεται να μειώνει σημαντικά το κόστος, χωρίς σημαντική μείωση της ακρίβειας.

Λέξεις κλειδιά : Μέθοδος του Μεγάλου Συντελεστή Κυκλικής Επιφάνειας, Οριζόντια κατά Σημεία Δειγματοληψία, Δισταδιακή Δειγματοληψία, Πανεπιστημιακό Δάσος Πετρούλιου, Εκτίμηση όγκου, *Abies borisii regis*.

1. Εισαγωγή

Ένας κρίσιμος παράγοντας στη διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων είναι το κόστος απογραφής, το οποίο τα τελευταία χρόνια καθορίζει εάν θα γίνει ή όχι διαχείριση. Η μείωση του κόστους απογραφής συνδέεται άμεσα με τα πολυεπίπεδα δειγματοληπτικά σχέδια, όπως είναι τα πολυσταδιακά και τα πολυφασικά (Μάτης, 2004). Τα απλούστερα απ' αυτά, τα δισταδιακά και διφασικά εφαρμόζονται συχνότερα στις δασικές απογραφές. Ο Ples (1994) θεωρεί, ότι οι μελλοντικές ανάγκες στις δασικές απογραφές μεγάλων εκτάσεων υποδεικνύουν δειγματοληψίες δύο επιπέδων. Μια βασική διάκριση μεταξύ των πολυσταδιακών και πολυφασικών σχεδίων δειγματοληψίας, είναι ότι στα πρώτα το μέγεθος των δειγματοληπτικών μονάδων του επόμενου σταδίου είναι υποσύνολο των μονάδων του προηγούμενου σταδίου, ενώ στα πολυφασικά είναι το ίδιο (Μάτης 2004).

Η μέθοδος του Μεγάλου Συντελεστή Κυκλικής Επιφάνειας (Big Basal Area Factor) είναι μια παραλλαγή-επέκταση της Οριζόντιας κατά Σημεία Δειγματοληψίας (Horizontal Point Sampling), προτεινόμενης στη δασοπονία, από τον Bitterlich (1948) και εφαρμόζεται για την εκτίμηση του όγκου των

δασικών συστάδων.

Με τη μέθοδο αυτή σε κάθε σημείο δειγματοληψίας εφαρμόζεται η Οριζόντια κατά Σημεία Δειγματοληψία δύο φορές χρησιμοποιώντας δύο συντελεστές κυκλικής επιφάνειας. Μπορεί να χαρακτηριστεί ως δειγματοληψία δύο σταδίων, όπου στο πρώτο στάδιο γίνεται επιλογή των δέντρων με έναν συντελεστή κυκλικής επιφάνειας και στο δεύτερο στάδιο μ' έναν μεγαλύτερο συντελεστή από το ίδιο σημείο δειγματοληψίας. Έτσι στο δεύτερο στάδιο ο αριθμός των δέντρων θα είναι ένα υποσύνολο των δέντρων, που επιλέγονται στο πρώτο στάδιο. Η μέθοδος του Μεγάλου Συντελεστή Κυκλικής Επιφάνειας (ΜΣΚΕ), άρχισε να εφαρμόζεται την τελευταία δεκαετία στη βόρεια Αμερική (Corrin 1998, Desmarais 2002, Ples 2003, Marshal et al 2004, Brooks 2006), με τάση επέκτασης εφαρμογής της μεθόδου, λόγω της μείωσης του κόστους απογραφής. Σε σχέση με την Οριζόντια Δειγματοληψία κατά Σημεία, η μείωση του κόστους προκύπτει από την μέτρηση πολύ λιγότερων δέντρων, στο δεύτερο στάδιο της δειγματοληψίας χωρίς σημαντική μείωση της ακρίβειας των εκτιμήσεων του όγκου των συστάδων.

Στο πλαίσιο αυτό, θα παρουσιάζε ενδιαφέρον η

¹ Πηλαίας 132 Θεσσαλονίκη e-mail: k_samiotis@pathfinder.gr

² Τμήμα Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, e-mail: Stamatel@for.auth.gr

διερεύνηση και αξιολόγηση της μεθόδου σε διάφορα δασικά οικοσυστήματα με σκοπό τη δυνατότητα εφαρμογής της. Σκοπός αυτής της έρευνας είναι η μελέτη και αξιολόγηση της ΜΣΚΕ μεθόδου σ' ένα διαχειριζόμενο δάσος παραγωγής ξύλου, όπως είναι το Πανεπιστημιακό Δάσος Περγουλιού (ΠΑΠ). Η αξιολόγηση βασίζεται i) στην ακρίβεια των εκτιμήσεων όγκου, ii) στο κόστος αυτών των εκτιμήσεων και iii) σ' έναν συνδυασμό των δύο προηγούμενων, ο οποίος εκφράζεται με τη σχετική αποτελεσματικότητα.

Η εργασία οργανώνεται ως εξής: αρχικά παρουσιάζεται η νέα μέθοδος δειγματοληψίας και κατόπιν δίνονται πληροφορίες για τα δεδομένα και τον τρόπο ανάλυσής τους. Παρουσιάζονται τα' αποτελέσματα της έρευνας και γίνεται σχολιασμός – διερεύνηση τους. Ακολουθούν τα προκύπτοντα συμπεράσματα από την όλη συζήτηση, δίνεται μία περίληψη στα αγγλικά και παρατίθεται η βιβλιογραφία της έρευνας.

2. Μέθοδος και δεδομένα

Η εκτίμηση του όγκου με την Οριζόντια κατά Σημεία Δειγματοληψία μπορεί να διαχωριστεί σε δύο μέρη: την απαρίθμηση των δέντρων για την εκτίμηση της κυκλικής επιφάνειας και τη μέτρηση δέντρων για τον υπολογισμό των υψομορφαρίθμων. Επειδή αυτά τα δύο μέρη έχουν διαφορετική μεταβλητότητα θα μπορούσαν ν' αντιπροσωπευτούν στο δείγμα με διαφορετική ένταση (μέγεθος δείγματος). Το γεγονός ότι η κυκλική επιφάνεια έχει σχεδόν πάντα μεγαλύτερη μεταβλητότητα από τους υψομορφαρίθμους των δέντρων (Bruce, 1961), έχει οδηγήσει στην διαδεδομένη πρακτική της απαρίθμησης δέντρων σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας και τη διενέργεια υποδειγματοληψίας για την εκτίμηση των υψομορφαρίθμων σ' ένα πολύ μικρότερο αριθμό δέντρων. Αυτό το υποδείγμα των δέντρων, προτάθηκε (Bruce, 1961) να παίρνεται μετρώντας όλα τα δέντρα ανά τρίτο ή τέταρτο σημείο δειγματοληψίας.

Η νέα μέθοδος, του ΜΣΚΕ χρησιμοποιώντας ένα δεύτερο, μεγαλύτερο συντελεστή κυκλικής επιφάνειας, δίνει τη δυνατότητα να παρθεί το υποδείγμα από όλα τα σημεία δειγματοληψίας με αποτέλεσμα την περισσότερη ομοιόμορφη κατανομή των δέντρων στη συστάδα για την εκτίμηση του μέσου υψομορφαρίθμου. Μία εκτίμηση του όγκου ανά μονάδα έκτασης, \hat{V} με τη μέθοδο αυτή (Marshall et al, 2004) δίνεται ως:

$$\hat{V} = \bar{G} \cdot (\bar{h}) \quad (1)$$

όπου \hat{G} η εκτίμηση της κυκλικής επιφάνειας στη μονάδα έκτασης και (\bar{h}) ο μέσος υψομορφαρίθμος των δέντρων. Όμως, $G = F \cdot Z$ όπου Z ο μέσος αριθμός δέντρων που επιλέγονται (απαριθμούνται) ανά μονάδα έκτασης με τον συντελεστή κυκλικής επιφάνειας F και $(\bar{h}) = (\bar{v} / g)$ όπου \bar{v} και g ο όγκος και η σθηθαία κυκλική επιφάνεια των δέντρων, τα οποία επιλέγονται με τον δεύτερο – μεγαλύτερο συντελεστή F' .

Για την εκτίμηση της διακύμανσης του όγκου, $V\hat{ar}(\hat{V})$, ο όγκος μπορεί να θεωρηθεί ως γινόμενο των μέσων τιμών δύο τυχαίων μεταβλητών X και Y $\hat{V} = \bar{X} \cdot \bar{Y}$ οπότε η εκτίμηση της διακύμανσης δίνεται από τον (Goodman, 1960) θεωρώντας δύο περιπτώσεις:

1. Οι μεταβλητές X και Y είναι ανεξάρτητες. Στην περίπτωση αυτή ένας προσεγγιστικός τύπος της διακύμανσης, που εφαρμόζεται συχνά στην πράξη είναι

$$V\hat{ar}(\hat{V}) = \hat{X}^2 V\hat{ar}(\bar{Y}) + \bar{Y}^2 \cdot V\hat{ar}(\bar{X}) \quad (2)$$

2. Οι μεταβλητές X και Y δεν είναι κατ' ανάγκη ανεξάρτητες. Τότε ένας ακριβής τύπος της διακύμανσης είναι ο:

$$V\hat{ar}(\hat{V}) = \bar{X}^2 \cdot V\hat{ar}(\bar{Y}) + \bar{Y}^2 \cdot V\hat{ar}(\bar{X}) + 2\bar{X} \cdot \bar{Y} \hat{Cov}(\bar{X}, \bar{Y}) \quad (3)$$

όπου $Cov(\bar{X}, \bar{Y})$ η συνδιακύμανση των \bar{X} και \bar{Y} . Το εκτιμώμενο % σφάλμα δειγματοληψίας του όγκου \bar{V} , $(S\hat{E}(\hat{V})\%)$ δίνεται ως

$$S\hat{E}(\hat{V})\% = \sqrt{\frac{V\hat{ar}(\hat{V})}{\hat{V}^2}} \cdot 100 \quad (4)$$

Ανάλογα υπολογίζονται και τα σφάλματα των \bar{X} και \bar{Y} ή \bar{G} και \bar{h}

Οι Marshall et al. (2004) αναφέρουν, ότι η υπόθεση της ανεξαρτησίας λαμβάνεται συνήθως υπόψη σε παρόμοιες περιπτώσεις εκτιμήσεων, οπότε και χρησιμοποιείται ο τύπος (2) στην εκτίμηση της διακύμανσης.

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από τα δασικά τμήματα 201 και 202, της ορειογραφικής μονάδας «βαθύ», του ΠΑΠ. Τα δύο δασικά τμήματα είναι συνεχόμενα με συνολική έκταση 26,2 ha και καλύπτονται εξ' ολοκλήρου από την υβριδογενή ελάτη (*Abies borisii regis*). Με εφαρμογή της συστηματικής δειγματοληψίας πάρθηκε ένα δείγμα μεγέθους 112 επιφανειών Bitterlich. Η απόσταση μεταξύ των παραλλήλων γραμμών καθορίστηκε σε 50m με σκοπό την αποφυγή της ρελασκότησης ίδιων δέντρων.

Αξιολογήθηκαν έξι σχέδια δειγματοληψίας BBIJ, εφαρμόζοντας την ΜΣΚΕ μέθοδο τα εξής : BB12, BB13, BB14, BB23, BB24, BB34. Το I αναφέρεται στο μικρότερο συντελεστή κυκλικής επιφάνειας του πρώτου σταδίου και το J στο μεγαλύτερο συντελεστή κυκλικής επιφάνειας του δεύτερου σταδίου ή το I υποδηλώνει την πρώτη ρελασκόπηση και το J τη δεύτερη από το ίδιο σημείο Bitterlich. Οι αριθμοί 1, 2, 3 και 4 αντιστοιχούν στις $v : 1.5, 2, 3, 4$ μονάδες του ρελασκοπίου ευρείας κλίμακας και με τη σχέση $F = v^2$ (Dilworth and Bell, 1975) στους συντελεστές κυκλικής επιφάνειας $F : 2.25, 4, 9, 16 \text{ m}^2/\text{ha}$.

Η αξιολόγηση έγινε με βάση : 1) Τα σφάλματα δειγματοληψίας των σχεδίων θεωρώντας τις μεταβλητές X και Y ανεξάρτητες (Bell et al, 1983, Marshal et al, 2004, Brooks, 2006), 2) Το συνολικό κόστος απογραφής, το οποίο μπορεί να υπολογιστεί από μία συνάρτηση κόστους της ίδιας περιοχής (Stamatellos, 1995). Για συγκριτικούς σκοπούς, η φύση της προσέλασης θεωρείται ίδια για όλα τα σχέδια, οπότε μία αναπροσαρμοζόμενη συνάρτηση κόστους δίνεται ως:

$$C = c_1 \cdot z + (c_2 + c_3) \cdot m \quad (5)$$

Όπου C το συνολικό κόστος απογραφής σε min : λεπτά-ομάδας, c_1 το κόστος ρελασκόπησης ανά δέντρο, c_2 το κόστος παχυμέτρησης και ρελασκόπησης ανά δέντρο, c_3 το κόστος μέτρησης ανά δέντρο, z ο αριθμός των δέντρων της πρώτης ρελασκόπησης και m ο ίδιος αριθμός της δεύτερης ρελασκόπησης. Το κόστος αν και είναι οικονομικός όρος δίνεται σε min : λεπτά-ομάδας με την έννοια της ανάλωσης χρόνου. Τα c_i με $i=1,2$ και 3 πάρθηκαν από άλλη έρευνα (Σταματέλλος, 1991) και 3) Τη σχετική αποτελεσματικότητα, εκτιμώμενη από ένα δείκτη αποτελεσματικότητας (ΔΑ), ως συνάρτηση του εκατοστιαίου σφάλματος και του κόστους (Μάτης, 1989).

$$\Delta A = [(SE \%)^2 \cdot C]^{-1} \quad (6)$$

οπότε τα σχέδια δειγματοληψίας κατατάχθηκαν σε μια τελική σειρά αποτελεσματικότητας.

3. Αποτελέσματα και συζήτηση

Η εκτίμηση του όγκου στο ha, της διακύμανσης, του τυπικού σφάλματος και των 95% διαστημάτων εμπιστοσύνης δίνονται στον πίνακα 1. Έχουν συμπεριληφθεί στον πίνακα και τα σχέδια δειγματοληψίας BB11, BB22 και BB33, τα οποία είναι τα αντίστοιχα τους ενός σταδίου (Οριζόντια κατά

Σημεία Δειγματοληψία) για λόγους σύγκρισης. Οι όγκοι των σχεδίων BB12, BB13, BB14 συγκρίνονται με τον όγκο του σχεδίου BB11, της οριζόντιας κατά σημεία δειγματοληψίας και παρατηρούμε, ότι διαφέρουν κατά : 2,71%, 3,84%, και 1,69% αντίστοιχα δηλαδή κατά ένα ποσοστό μικρότερο του 4%. Η μικρότερη απόκλιση 1,69% του σχεδίου BB14 έναντι των δύο άλλων οφείλεται στον μικρότερο μέσο υπομορφάριθμο των επιλεγόμενων δέντρων με τον $F = 16 \text{ m}^2/\text{ha}$

Οι διαφορές μεταξύ των τριών σχεδίων με τη ΜΣΚΕ μέθοδο είναι μικρότερες από 2,14%. Από τα προηγούμενα προκύπτει, ότι υπάρχει μία παρόμοια εκτίμηση του όγκου στα τρία σχέδια. Τους όγκους των σχεδίων BB23 και BB24 συγκρίνουμε με τον όγκο του σχεδίου BB22 της οριζόντιας κατά σημεία δειγματοληψίας. Οι αποκλίσεις τους είναι : 1,13% και -0,99% αντίστοιχα δηλαδή μικρότερες από 1,13%, ενώ η διαφορά μεταξύ τους είναι 2,14%, οπότε και εδώ παρατηρούμε παρόμοια εκτίμηση του όγκου. Ο όγκος του σχεδίου BB34 υποεκτιμήθηκε ως προς το αντίστοιχο σχέδιο BB33 κατά 2,14%.

Για τη σειρά των έξι δειγματοληπτικών σχεδίων, έτσι όπως παρουσιάζονται στον πίν. 1 υπάρχει μία αύξηση της διακύμανσης και του εκτιμώμενου όγκου, του τυπικού σφάλματος καθώς και του πλάτους των διαστημάτων εμπιστοσύνης. Αυτή η αύξηση είναι διακριτά μεγαλύτερη όταν αλλάζει ο συντελεστής αρίθμησης του πρώτου σταδίου, γεγονός που διακρίνεται εύκολα στα τυπικά σφάλματα.

Το συνολικό και τα επιμέρους (%) σφάλματα των δύο σταδίων της εκτίμησης του μέσου όγκου ανά ha δίνονται στον επόμενο πίνακα 2. Κατ' αρχάς φαίνεται, ότι τα συνολικά σφάλματα όλων των σχεδίων είναι μικρότερα του 5% εκτός του BB34, το οποίο είναι 5,56%. Η συμμετοχή στο συνολικό σφάλμα του σφάλματος του πρώτου σταδίου (κυκλικής επιφάνειας) είναι μεγαλύτερη από 85% σε όλα τα σχέδια και μειώνεται με την αύξηση του συντελεστή κυκλικής επιφάνειας του δεύτερου σταδίου. Αυτό μάλλον οφείλεται στη μείωση των ρελασκοπιθέντων δέντρων, οπότε αυξάνει το σφάλμα των υπομορφαρίθμων. Εξαιτίας της μεγάλης συμμετοχής του σφάλματος του πρώτου σταδίου στο συνολικό, η αύξηση του σφάλματος, η οποία γίνεται με την πρόσθεση του σφάλματος του δεύτερου σταδίου είναι της τάξεως του πρώτου δεκαδικού ψηφίου (<0,9) σε εκατοστιαίες μονάδες. Λόγω αυτής της δομής του

Πίνακας 1. Εκτίμηση του όγκου, της διακύμανσης και του τυπικού σφάλματος σε 95% διαστήματος εμπιστοσύνης των διαφόρων δειγματοληπτικών σχεδίων.

Table 1. Estimation of volume, variance and standard error of 95% confidence intervals of various sampling layouts

Δειγματολ. Σχέδιο	Όγκος στο ha \hat{V}/ha σε m ³	Διακύμανση $\hat{V}ar(\hat{V}/ha)$	Τυπικό Σφάλμα $SE(\hat{Y})$	Διάστημα Εμπιστοσύνης $\hat{V} \pm 1,96 \cdot SE(\hat{V})$
BB11	220,626	93,451	9,67	201,673 - 239,579
BB12	226,600	74,132	8,61	209,745 - 243,455
BB13	229,161	83,174	9,12	211,468 - 247,046
BB14	224,353	91,776	9,58	205,708 - 242,998
BB22	269,114	171,086	13,08	243,477 - 294,751
BB23	272,155	148,109	12,17	248,311 - 295,999
BB24	266,445	156,750	12,52	241,900 - 290,990
BB33	300,526	281,904	16,79	267,618 - 333,434
BB34	294,220	267,650	16,36	261,869 - 326,571

Πίνακας 2: Συνολικά και επιμέρους σφάλματα της εκτίμησης του όγκου των διάφορων δειγματοληπτικών σχεδίων.

Table 2: Total and portional errors of volume estimations of various sampling layouts

Δειγματοληπτικό Σχέδιο	Εκατοστιαίο δειγματοληπτικό σφάλμα $SE(\hat{V})\%$		
	Κυκλικής επιφάνειας (1° στάδιο)	Υψομορφαριθμους (2° στάδιο)	Όγκου Συνολικό
BB12	3,606	1,182	3,795
BB13	3,606	1,690	3,983
BB14	3,606	2,229	4,240
BB23	4,138	1,690	4,470
BB24	4,138	2,229	4,700
BB34	5,095	2,229	5,561

συνολικού σφάλματος, οι προσπάθειες των ερευνητών και διαχειριστών των δασικών οικοσυστημάτων θα πρέπει να κατευθυνθούν κυρίως στην εκτίμηση της κυκλικής επιφάνειας και στην ακρίβεια της. Σε κάθε ξεχωριστή απογραφή χρειάζεται να διερευνείται και να επιλέγεται ο πιο κατάλληλος συντελεστής αρίθμησης για την εκτίμηση της κυκλικής επιφάνειας της συστάδας και το πιο αποτελεσματικό μέγεθος δείγματος για τις επιφάνειες Bitterlich

Στον πίνακα 3 φαίνονται το επί τοις εκατό σφάλμα εκτίμησης του όγκου, το συνολικό κόστος της εκτίμησης, ένας δείκτης αποτελεσματικότητας και οι αντίστοιχες κατάταξεις των έξι δειγματοληπτικών σχεδίων. Τα συνολικά κόστη υπολογίστηκαν με τον τύπο (5), ενώ ο δείκτης αποτελεσματικότητας ως συνάρτηση του εκατοστιαίου σφάλματος και του κόστους. Η κατάταξη έγινε με τους φυσικούς

αριθμούς 1 έως 6, αντιστοιχώντας τις μικρές τιμές των σφαλμάτων και του κόστους στους μικρούς αριθμούς, ενώ στην σχετική αποτελεσματικότητα τις μεγάλες τιμές στα περισσότερα αποτελεσματικά σχέδια.

Για το συνολικό σφάλμα έγινε συζήτηση προηγουμένως, ενώ η σειρά τους : BB12, BB13, BB14, BB23, BB24 και BB34, όπως παρουσιάζονται στους πίνακες, αντιστοιχεί με την κατάταξη τους δηλαδή το πρώτο σχέδιο έχει αριθμό κατάταξης ένα, το δεύτερο αριθμό κατάταξης δύο και το έκτο αριθμό κατάταξης έξι. Παρατηρούμε δηλαδή ότι στα καλύτερα σχέδια (μικρότερο σφάλμα) ρελασκοπούνται τα περισσότερα δέντρα. Το αντίθετο ακριβώς συμβαίνει στα συνολικά κόστη, διότι όσο λιγότερα δέντρα ρελασκοπούνται τόσο τα κόστη μειώνονται.

Στην κατάταξη της αποτελεσματικότητας η σειρά

Πίνακας 3. Επί τοις εκατό (%) σφάλμα της εκτίμησης του όγκου, συνολικό κόστος, δείκτης αποτελεσματικότητας και κατάταξη των διάφορων δειγματοληπτικών σχεδίων.

Table 3. Percentage of volume error estimation, total cost, indicator of effectiveness and ranking of various sampling layouts

Σχέδιο δειγματοληψίας	Σφάλμα δειγματοληψίας		Κόστος		Αποτελεσματικότητα	
	$SE(\hat{V})$	Κατάταξη	C	Κατάταξη	Δείκτης Αποτελεσματικότητας	Κατάταξη
BB12	3,795	1	1754,51	6	52,299	6
BB13	3,982	2	1006,29	5	82,822	3
BB14	4,240	3	734,21	3	100,00	1
BB23	4,470	4	910,29	4	72,657	5
BB24	4,700	5	638,21	2	93,737	2
BB34	5,561	6	537,89	1	79,445	4

των σχεδίων από τα περισσότερα προς τα λιγότερα αποτελεσματικά είναι : BB14, BB24, BB13, BB34, BB23 και BB12. Τα ποσοστά των δέντρων, τα οποία ρελασκοπούνται με το μεγαλύτερο συντελεστή αριθμησης, ως προς εκείνα που μπαίνουν στο δείγμα με το μικρότερο συντελεστή ($m \cdot 100$) είναι αντίστοιχα

20.30%, 30.38%, 32.79%, 61.90%, 49.08% και 66.80%. Φαίνεται, ότι τα περισσότερα αποτελεσματικά σχέδια έχουν και μικρότερα ποσοστά εκτός, από το σχέδιο BB34. Το περισσότερο αποτελεσματικό σχέδιο το BB14 έχει $\Delta A = 100$ ενώ το δεύτερο πιο αποτελεσματικό BB24 έχει $\Delta A = 93,737$ δηλαδή είναι 6,26% λιγότερο αποτελεσματικό. Στο BB14 η πρώτη ρελασκόπηση γίνεται με τον συντελεστή κυκλικής επιφανείας $F = 2,25 \text{ m}^2/\text{ha}$ και η δεύτερη με τον $F = 16 \text{ m}^2/\text{ha}$, ο δε μέσος αριθμός των ρελασκοπηθέντων δέντρων είναι 10,87 και 2,21 αντίστοιχα. Εάν πάρουμε το σχέδιο BB24 η πρώτη ρελασκόπηση γίνεται με τον $F = 4 \text{ m}^2/\text{ha}$, ενώ η δεύτερη με τον $F = 16 \text{ m}^2/\text{ha}$ και ο μέσος αριθμός δέντρων, τα οποία ρελασκοπούνται είναι : 7,26 και 2,21 αντίστοιχα. Το BB14 έχει μία απόκλιση στην εκτίμηση του όγκου 1,69% από το BB11, ενώ το BB24 μία αρνητική απόκλιση 0,99% από το BB22. Παρατηρώντας τα επί τοις εκατό σφάλματα εκτίμησης του όγκου και τα κόστη, το BB14 είναι το λίγο καλύτερης ακρίβειας και λίγο μεγαλύτερου κόστους από το BB24.

Ολοκληρώνοντας τη συζήτηση πάνω στην αξιολόγηση της ΜΣΚΕ μεθόδου, δύο σημεία θα πρέπει να επισημανθούν ιδιαίτερα. Το πρώτο έχει σχέση με

τη δομή και πυκνότητα του δασικού οικοσυστήματος, στο οποίο πρόκειται να εφαρμοστεί η μέθοδος. Τα αποτελέσματα θα πρέπει να εμπλουτιστούν με εφαρμογές σε περισσότερες μορφές δασικών οικοσυστημάτων. Το δεύτερο σημείο αφορά τον τρόπο εκτίμησης των διακυμάνσεων και κατ' επέκταση των σφαλμάτων δειγματοληψίας. Ο τύπος (2), που χρησιμοποιήθηκε είναι προσεγγιστικός και υποθέτει, ότι οι μεταβλητές X και Y είναι ανεξάρτητες. Στην πραγματικότητα, όμως οι δύο μεταβλητές $X = G$ και $Y = fh$ στην εκτίμηση του όγκου δεν είναι κατ' ανάγκη ανεξάρτητες, αφού τα δέντρα για την εκτίμηση των υψομορφαρίθμων είναι υποσύνολα των δέντρων της πρώτης ρελασκόπησης. Επομένως, ένα ζήτημα είναι πως θα εκτιμηθεί η $Cov(G, fh)$ ή πως θα παρακαμφτεί η εκτίμηση της χρησιμοποιώντας άλλες μεθόδους εκτίμησης της διακύμανσης. Όλα αυτά είναι ανοικτά θέματα στη συζήτηση και στην έρευνα εκτίμησης των διακυμάνσεων και των σφαλμάτων δειγματοληψίας της ΜΣΚΕ μεθόδου.

4. Συμπεράσματα

Από τ' αποτελέσματα της έρευνας και τη συζήτηση, που έγινε, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα,

1. Οι εκτιμήσεις του όγκου των ΒΒΙJ σχεδίων δειγματοληψίας διαφέρουν λιγότερο του 4%, από τις αντίστοιχες εκτιμήσεις της οριζόντιας κατά σημεία δειγματοληψίας.

2. Τα επί τοις εκατό σφάλματα των πέντε από

τα έξι ΒΒΙJ σχεδίων ήταν μικρότερα από 5% εκτός του ΒΒ34, το οποίο είχε σφάλμα 5,56%. Η αυξητική τάση των τιμών του σφάλματος συνδυάζεται με τη μείωση του αριθμού των δέντρων, τα οποία ρελασκοποιούνται.

3. Η συμμετοχή στο συνολικό σφάλμα του σφάλματος του πρώτου σταδίου (κυκλική επιφάνεια) ήταν μεγαλύτερη του 85%.

4. Το κόστος εκτίμησης του όγκου μειώνεται ακολουθώντας τη μείωση του αριθμού των δέντρων, τα οποία ρελασκοποιούνται.

5. Τα δύο περισσότερο αποτελεσματικά σχέδια: ΒΒ14 και ΒΒ24, παρουσιάζουν τις μικρότερες αποκλίσεις στην εκτίμηση του όγκου από την αντίστοιχη οριζόντια κατά σημεία δειγματοληψία και η υπεροχή τους έναντι των άλλων ΒΒΙJ σχεδίων οφείλεται σ' ένα συνδυασμό των ενδιάμεσων κατατάξεων που

είχαν ως προς το σφάλμα και το κόστος. Σ' αυτά τα σχέδια δειγματοληψίας ο μέσος αριθμός των δέντρων που ρελασκοποιούνται με τον μικρότερο συντελεστή αρίθμησης είναι 7 – 11 και με το μεγαλύτερο περίπου δύο δέντρα.

Η αξιολόγηση συνολικά της ΜΣΚΕ μεθόδου, στις συνθήκες των δύο δασικών τμημάτων του ΠΔΠ ήταν θετική. Ειδικά τα δύο περισσότερο αποτελεσματικά, ΒΒ14 και ΒΒ24, σχέδια δειγματοληψίας έχουν καλά χαρακτηριστικά ως προς τους αριθμούς των δέντρων, που ρελασκοποιούνται και φαίνονται κατάλληλα για παρόμοιες συνθήκες. Χρειάζεται όμως, παραπέρα έρευνα και σε διαφορετικές συνθήκες χρησιμοποιώντας διάφορους (και ακόμη μεγαλύτερους) συντελεστές στη δεύτερη ρελασκόπηση με σκοπό την παραπέρα μείωση του αριθμού των δέντρων εκτίμησης των υπομορφαρίθμων.

Estimation of stand volume with the use of the big baf method

Samiotis konstantinos¹, Stamatellos Georgios²

Abstract

The field of forest ecosystem management is dominated by a crucial factor, registration cost. Cost reduction is interdependent to multistage sampling projects. The Big BAF (Basal Area Factor) method, which derives from horizontal point sampling, applies in two stages. The difference between horizontal point sampling and the new method is found in the use a bigger BAF at the second stage of the new method. This method was presented in 1983 and its use spreads due to registration cost reduction. The method was applied in data taken from the University Forest of Pertouli. Six layouts were evaluated. These layouts were created by combining the BAFs 2.25, 4, 9 and 16 m²/ha. It was proved that the combination (2.25, 16) was the most efficient in concepts of precision and cost reduction. This new method used with the proper selection and combination of BAFs is efficient concerning cost and accuracy.

Key words: Big BAF method, horizontal point sampling, two-stage sampling, University Forest of Pertouli, volume estimation, *Abies borissi regis*

Βιβλιογραφία

Μάτης, Κωνσταντίνος, Γ. 2004. Δειγματοληψία Φυσικών Πόρων. Θεσσαλονίκη : Πήγασος 2000. σελ. 525
Σταματέλλος, Γ, 1991. Έρευνα των δυνατοτήτων γογκομέτρησης των δασών με δισταδιακά δειγμα-

τοληπτικά σχέδια. Διδακτορική Διατριβή. σελ. 108
Brooks, John R. 2006. An Evaluation of Big Basal Area Factor Sampling in Appalachian Hardwoods. Northern. Jour. Applied For. 23(1): 62-65.
Bitterlich, W. 1948. Die winkelzahlprobe. Allg. Frost

¹ 132 Pylaia Str., Thesssaloniki, Greece, e-mail: k_samiotis@pathfinder.gr

² School of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, e-mail: stamatel@for.auth.gr

- Holzwwirtschaft Ztg 59:4-5
- Bruce, D.1961. Prism cruising in the western United States and volume tables for use therewith. Mason, Bruce & Girard, Inc., Portland, Ore. 61pp.
- Corrin, Doug. 1998. Big Baf : A Very Efficient Sampling Methods for Cruising Timber. <http://www.proaxis.com/johnbell/guest/guest43a.htm>
- Desmarais, Kenneth M. 2002. Using Big BAF Sampling in a New England Mixed Wood Forest. <http://www.proaxis.com/johnbell/guest/guest58b.htm>
- Goodman, Leo A. 1960. On The Exact Variance Of Products. American Statistical Association Journal. December : 708-713.
- Marshal, David D., Kim Iles and John F. Bell. 2004. Using a large-angle gauge to select trees for measurement in variable plot sampling. Canadian Journal of Forest Research. 34: 840-845
- Iles, K. 1994. Directions in forest inventory. J. Forestry. 92(12) : 13-15.
- Iles, K. 2003. A sampler of inventories topics. Kim Iles & Associates, Nanaimo, 12: 556-573

