

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΩΝ ΑΝΑΔΑΣΩΣΕΩΝ *Pinus maritima*
ΜIII ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ
40 ΧΡΟΝΙΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ**



Καραμανώλη Αικατερίνη
(μεταπτυχιακή διατριβή)
ΑΕΜ 467

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2016

Επιβλέπων: Αθανάσιος Παπαϊωάννου, Επίκουρος Καθηγητής

Εξεταστική επιτροπή: Θεοχάρης Ζάγκας, Καθηγητής

Δημοσθένης Σεϊλόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα Δρ. Αθανάσιο Παπαϊωάννου, Επίκουρο Καθηγητή Δασικής Εδαφολογίας, για την καθοδήγηση και την πολύπλευρη βοήθειά του σε όλα τα στάδια αυτής της εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ το Δρ. Θεοχάρη Ζάγκα, Καθηγητή Δασοκομίας και το Δρ. Δημοσθένη Σεϊλόπουλο, Αναπληρωτή Καθηγητή Δασικής Εδαφολογίας, για τις διορθώσεις τους στο αρχικό κείμενο και τις χρήσιμες επισημάνσεις τους. Ευχαριστώ το Δρ. Θωμά Παπαχρήστου, Τακτικό Ερευνητή και Διευθυντή του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών Θεσσαλονίκης, για την πολύτιμη συνεισφορά του, χωρίς την οποία η εργασία αυτή δεν θα ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί. Ευχαριστώ τους ερευνητές και συναδέλφους στο Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών Θεσσαλονίκης Δρ. Ιωάννη Σπανό, Τακτικό Ερευνητή, Δρ. Γαβριήλ Σπύρογλου, Εντεταλμένο Ερευνητή, Δρ. Θεανώ Σαμαρά, Δόκιμη Ερευνήτρια, κ. Αλκμήνη Μπατάκα, Τεχνολόγο Γεωπονίας, καθώς επίσης και την Δρ. Ελένη Τοπαλίδου, Τεχνολόγο Γεωπονίας, για τη βοήθειά τους σε διάφορα στάδια αυτής της εργασίας. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για την έμπρακτη υποστήριξη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	σελ.6
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	σελ.8
1 ΤΟ ΔΑΣΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ	σελ.8
1.1. Το δασικό έδαφος ως παράγοντας ανάπτυξης της δασικής βλάστησης....	σελ.8
1.2. Η σημασία του δασικού τάπητα	σελ.11
1.3. Φυσικές ιδιότητες των δασικών εδαφών	σελ.13
1.4. Χημικές ιδιότητες των δασικών εδαφών	σελ.15
1.5. Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων στα δασικά εδάφη	σελ.20
1.6. Εξέλιξη των δασικών εδαφών στην Ελλάδα	σελ.22
2. <i>Pinus maritima</i> Mill	σελ.24
2.1 Περιγραφή και βιολογικές απαιτήσεις.....	σελ.24
2.2 Ποικιλίες και υποείδη της <i>P. maritima</i>	σελ.26
2.3 Εξάπλωση της <i>P. maritima</i>	σελ.26
2.4 Εδαφικές συνθήκες	σελ.28
2.5 Δασοκομικοί χειρισμοί	σελ.31
2.6 Παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν την ανάπτυξη της <i>P. maritima</i>	σελ.32
2.7 Παραγωγή ξύλου και ρητίνης	σελ.34
2.8 Γενετική βελτίωση της <i>P. maritima</i>	σελ.36
2.9 Η <i>P. maritima</i> στην Ελλάδα	σελ.38
3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	σελ.41
3.1 Περιοχή έρευνας	σελ.41
3.2 Επιλογή δειγματοληπτικών επιφανειών	σελ.45
3.3 Μέθοδος δειγματοληψίας	σελ.46
3.4 Υπολογισμός δενδρομετρικών στοιχείων	σελ.49
3.5 Εργαστηριακές αναλύσεις	σελ.50
3.6 Στατιστική επεξεργασία	σελ.51
4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ.52
4.1 Περιγραφή της βλάστησης των δειγματοληπτικών επιφανειών.....	σελ.52
4.2 Δενδρομετρικά στοιχεία των περιοχών έρευνας.....	σελ.54

4.3	Χημικές ιδιότητες του δασικού τύπητα	σελ.58
4.4	Χημική σύσταση του ανόργανου εδάφους	σελ.65
5	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	σελ.81
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ.95
7.	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	σελ. 98
8.	ABSTRACT	σελ. 100
9.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ.101
10.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	σελ. 117

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εφαρμογή των αναδασώσεων στη χώρα μας ξεκίνησε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, κυρίως σαν μέσο αποκατάστασης της δασικής βλάστησης μετά από καταστρεπτικές πυρκαγιές ή για την ανόρθωση υποβαθμισμένων δασικών οικοσυστημάτων. Μετά το 1950 εντάθηκε και επεκτάθηκε με τη στελέχωση της Δασικής Υπηρεσίας και τη μηχανοποίηση των φυτευτικών εργασιών.

Οι εκτάσεις που αναδασώνονταν στην Ελλάδα ετησίως τη δεκαετία 1980-1990 έφθαναν τα 55.000 στρέμματα, ενώ με βάση τα στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας για την περίοδο 1993-1997 ανέρχονταν σε 37.000 στρέμματα (Θανάσης 2004). Τα τελευταία έτη, ύστερα από μακρόχρονη εφαρμογή προγραμμάτων αναδάσωσης, ο ετήσιος ρυθμός αναδασώσεων στην Ελλάδα παρουσιάζει πτώση λόγω ελλιπούς χρηματοδότησης, αλλά και γενικότερης έλλειψης πιστώσεων για τη δασοπονία.

Στα προγράμματα αναδάσωσης της χώρας μας, εκτός από τα αυτοφυή είδη, χρησιμοποιήθηκαν και διάφορα ταχουαζή ξενικά, τα οποία παρουσίαζαν ενδιαφέρον από οικολογική, αισθητική ή οικονομική άποψη, όπως η Ευραμερικάνικη λεύκη σε παραποτάμιες περιοχές (Χατζηστάθης και Ντάφης 1989).

Σε περισσότερο ξηρά περιβάλλοντα εγκαταστάθηκαν αντίστοιχα ξηρανθεκτικά είδη, μεταξύ των οποίων και η *Pinus maritima* Mill ή *Pinus pinaster* Ait, είδος ολιγαρκές, ταχουαζές, με μεγάλη κλιματική και οικολογική προσαρμοστικότητα (Alia et al. 1993, Gonzalez -Martinez et al. 2004). Η *P. maritima* χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα, παράγει ξύλο καλής ποιότητας, κατάλληλο για την ξυλουργική και την επιπλοποιία, επιπλέον προσφέρεται και για ρητίνευση. Επίσης, δημιουργεί εξαιρετικά δάση αναψυχής σε παραθαλάσσιες περιοχές.

Στην Ελλάδα η *P. maritima* χρησιμοποιήθηκε σε αναδασώσεις κυρίως κατά το χρονικό διάστημα 1920 έως 1970, συχνά σε συνδυασμό με την *P. radiata*, για την αναβάθμιση θαμνοτόπων και υποβαθμισμένων δρυοδασών σε αρκετές περιοχές της Βόρειας Ελλάδας (Γώγος 1978). Παρά την ευρεία ικανότητα προσαρμογής της σε διαφορετικά περιβάλλοντα και την καλή ανάπτυξή της σε περιοχές όπου υπάρχει ως αυτοφυής ή έχει εγκατασταθεί τεχνητά με αναδάσωση, η εγκατάστασή της στη χώρα μας δεν ήταν επιτυχής, αν και οι αρχικές εκτιμήσεις, αλλά και οι πρώτες ενδείξεις υπήρξαν ενθαρρυντικές (Αλεξανδρής 1969, Νάκος 1976, Δαμαλάς 1977).

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η εκτίμηση των εδαφικών συνθηκών σε σχέση με την ανάπτυξη των συστάδων στα τεχνητά οικοσυστήματα *Pinus maritima* σε περιοχές της κεντρικής και βορειοανατολικής Χαλκιδικής, επειδή η παραγωγικότητα της βλάστησης έχει άμεση σχέση με τη γονιμότητα του εδάφους, στο οποίο αναπτύσσεται. Ειδικότερα η συγκεκριμένη έρευνα επιχειρεί να απαντήσει στα παρακάτω ερωτήματα:

- 1) Πώς διαμορφώνεται η γενική κατάσταση της βλάστησης στις αναδασώσεις *P. maritima* στην κεντρική και βορειοανατολική Χαλκιδική.
- 2) Ποιες ποιότητες τόπου διακρίνονται στις περιοχές έρευνας.
- 3) Ποια είναι η παραγωγική δυνατότητα των ποιοτήτων τόπου που διακρίθηκαν.
- 4) Ποια είναι η περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία στις περιοχές έρευνας και πώς αυτή διαφοροποιείται ανάλογα με τη θέση ή την ποιότητα τόπου στη συγκεκριμένη περιοχή.
- 5) Πώς σχετίζονται οι εδαφικές συνθήκες με την παραγωγικότητα και τη γενική κατάσταση των συστάδων, δεδομένου ότι οι αναδασώσεις με το συγκεκριμένο δασοπονικό είδος στην περιοχή δεν είχαν την αναμενόμενη επιτυχία.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1. ΤΟ ΔΑΣΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ

1.1 Το δασικό έδαφος ως παράγοντας ανάπτυξης της βλάστησης

Ο μηχανισμός της θρέψης των φυτών σχετίζεται άμεσα με τη γονιμότητα του εδάφους. Ως εκ τούτου είναι απαραίτητη η εκτίμηση των διαθέσιμων για τα φυτά θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, πρακτική η οποία αρχικά εφαρμόστηκε για τα γεωργικά φυτά και κατόπιν επεκτάθηκε στη δασοπονία. Η εξέταση της διαδικασίας πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων και η αντιμετώπιση τυχόν δυσλειτουργιών στη θρέψη των φυτών με κατάλληλες πρακτικές, όπως η λίπανση, βελτιώνει την απόδοση του δυναμικού του συστήματος «έδαφος - φυτό».

Η εξάρτηση του ανθρώπου από το δάσος για την εξασφάλιση τροφής και στέγης, τον ανάγκασε να κάνει τις πρώτες παρατηρήσεις στα εδάφη και στο είδος βλάστησης το οποίο αναπτύσσεται σ' αυτά. Συστηματικές παρατηρήσεις για τα εδάφη έγιναν κατά την ανάπτυξη των αρχαίων πολιτισμών. Οι Κινέζοι, οι Αιγύπτιοι, οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι από πολύ παλιά γνώριζαν αρκετά για τα εδάφη και τη βελτίωσή τους και αυτό συνετέλεσε στην εδραίωση των πολιτισμών τους. Αντίθετα, αρκετοί αρχαίοι λαοί καταστράφηκαν εξαιτίας της υποβάθμισης του εδάφους και κατά συνέπεια της βλάστησης. Κατά την περίοδο της Αναγέννησης, λόγω της ανάπτυξης της επιστημονικής σκέψης, αυξήθηκε το ενδιαφέρον του ανθρώπου για το έδαφος, κυρίως όμως για τα γεωργικά εδάφη, τα οποία συνδέονται άμεσα με την παραγωγή τροφής. Η δασική εδαφολογία, ως ιδιαίτερος κλάδος της επιστήμης, αναπτύχθηκε τα 100 τελευταία χρόνια.

Το έδαφος είναι σημαντικός πλουτοπαραγωγικός πόρος, για το σχηματισμό του οποίου απαιτείται διάστημα χιλιάδων ή εκατοντάδων χιλιάδων χρόνων, στηρίζει την ανάπτυξη και την εξέλιξη των κοινωνιών, συνδέεται με άλλους φυσικούς πόρους, όπως το νερό, επηρεάζει την ανάπτυξη και την κατανομή των φυτικών ειδών και φυσικών οικοσυστημάτων, τη βιοποικιλότητα και την παραγωγή αγροτικών προϊόντων. Επίσης, αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα του δασικού οικοσυστήματος, φορέα δασικής βλάστησης και πηγή θρεπτικών στοιχείων και νερού, η συνεχής κυκλοφορία και ανακύκλωση των οποίων διατηρεί και αυξάνει την παραγωγικότητά τους, ευνοώντας την ανάπτυξη της δασικής βλάστησης (Ντάφης 1986).

Το έδαφος είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του κλίματος και των ζωντανών οργανισμών (φυτών και ζώων) σε σχέση με την τοπογραφία, πάνω στο μητρικό πέτρωμα στη μονάδα του χρόνου. Μαθηματικά το έδαφος, ως συνάρτηση των παραγόντων εδαφογένεσης, μπορεί να εκφραστεί με τον παρακάτω τύπο:

$$E = f(\pi, \kappa, \sigma, \tau) dt$$

όπου π = το μητρικό υλικό, κ = το κλίμα, σ = οι ζωντανοί οργανισμοί, τ = οι τοπογραφικές συνθήκες και t είναι ο χρόνος, στη διάρκεια του οποίου αλληλεπιδρούν οι παραπάνω παράγοντες (Παπαμίχος 1990). Σε παγκόσμιο και εθνικό επίπεδο το κλίμα και το μητρικό πέτρωμα θεωρούνται οι πιο καθοριστικοί παράγοντες για τη διαμόρφωση του εδάφους. Σε τοπικό επίπεδο ο σχηματισμός του εδάφους επηρεάζεται έντονα από την τοπογραφία, το μικροκλίμα, την εδαφική πανίδα και τη βλάστηση (Birkeland 1984, Rhoades 1997).

Στο έδαφος καταλήγουν ορισμένες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων από την ατμόσφαιρα, είτε διαλυμένες στο νερό της βροχής, είτε ως στερεές αποθέσεις. Ωστόσο δεν επηρεάζουν σημαντικά τη συνολική ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων που συσσωρεύεται στο έδαφος (Jobbady and Jackson 2001).

Η στρωμάτωση του εδάφους οφείλεται στην αλληλεπίδραση των παραγόντων που επηρεάζουν τη διαμόρφωσή του. Το είδος, το πάχος και η θέση των οριζόντων του εδάφους μας πληροφορούν για τους παράγοντες που επέδρασαν στο σχηματισμό του, όπως είναι το κλίμα και η βλάστηση (Honneycutt et al. 1990). Από την κατακόρυφη κατανομή μιας εδαφοτομής προκύπτουν συμπεράσματα για τις εισροές, εκροές και ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων (Kirby 1985). Κατά τον Trudgill (1988) η κατακόρυφη κατανομή των θρεπτικών στοιχείων οφείλεται σε τέσσερις μεγάλες διεργασίες: την αποσάθρωση του μητρικού πετρώματος, τις ατμοσφαιρικές αποθέσεις, την έκπλυση θρεπτικών στοιχείων και την ανακύκλωση θρεπτικών στοιχείων εξαιτίας της βλάστησης. Η ανακύκλωση θρεπτικών στοιχείων επηρεάζει πιο άμεσα την κατακόρυφη κατανομή τους απ' ότι η έκπλυση, η οποία, καθώς μεταφέρει θρεπτικά στοιχεία στα κατώτερα στρώματα, φαίνεται να λειτουργεί ως αντίθετη διαδικασία (Jobbady and Jackson 2001). Για τις διακυμάνσεις στην κατακόρυφη κατανομή των θρεπτικών στοιχείων δεν υπάρχουν επαρκείς βιβλιογραφικές αναφορές, επειδή οι ερευνητές ασχολήθηκαν περισσότερο με την οριζόντια ετερογένεια του εδάφους (Fitter et al. 2000, Πολίτης 2008).

Ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα για το σχηματισμό του εδάφους στην εύκρατη ζώνη αποτελεί το μητρικό πέτρωμα. Για το λόγο αυτό τα ελληνικά εδάφη είναι άμεσα

συνδεδεμένα με τη φύση και το είδος του μητρικού πετρώματος (Απατσίδης 1991, Νάκος 1991). Κατά τον Ντάφη (1986) η επίδραση του κλίματος είναι καθοριστική, ενώ κάτω από κανονικές συνθήκες υπερισχύει η επίδραση του πετρώματος.

Τα δασικά εδάφη διαφέρουν από τα γεωργικά επειδή: α) είναι φυσικοί σχηματισμοί, β) γενικά είναι ακατάλληλα για γεωργική καλλιέργεια, γ) εναποτίθενται στην επιφάνειά τους μεγάλες ποσότητες φυτικών υπολειμμάτων, οι οποίες συνιστούν το δασικό τάπητα, που καθώς στη συνέχεια αποσυντίθενται, τα θρεπτικά τους στοιχεία ελευθερώνονται και επαναχρησιμοποιούνται από τα φυτά και δ) η γονιμότητά τους διατηρείται και ενισχύεται με την ανάπτυξη υγείων συστάδων, ενώ παράλληλα εξασφαλίζεται με τα κατάλληλα δασοκομικά μέτρα (Παπαμίχος 2006).

Η ύπαρξη θετικής συσχέτισης μεταξύ ποικιλότητας των παραγόντων του περιβάλλοντος και αφθονίας των ειδών έχει υποστηριχθεί από πολλούς επιστήμονες (Jeltsch et al. 1998, Ettema and Wardle 2000). Στα φυσικά οικοσυστήματα η συσχέτιση αυτή μπορεί εν μέρει να αποδοθεί στην ετερογένεια του εδάφους. Η μεταβλητότητα του εδάφους, ως φυσικού πόρου, επηρεάζει την εξάπλωση και ποικιλότητα των φυτικών ειδών, όπως και την παραγωγικότητα του κάθε οργανισμού ατομικά. Ως εκ τούτου έχει σημαντικές συνέπειες στη δομή της φυτοκοινότητας και στις μεταβολές οι οποίες διενεργούνται στο οικοσύστημα (Tilman 1988, Gallardo 2003). Διαφορετικές απαιτήσεις στο είδος, ως προς την ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους, αντικατοπτρίζουν διαφορές στη φυτοκάλυψη, στη σύνθεση βλάστησης, στο μέγεθος των φυτών και στο στάδιο οικολογικής διαδοχής (Gross et al. 1995).

Σε γενικές γραμμές τα δάση επιδρούν περισσότερο στις συνθήκες του εδάφους σε σχέση με τα υπόλοιπα φυτικά οικοσυστήματα, καθώς επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ανάπτυξη των οργανικών οριζόντων (δασικού τάπητα), μετριάζουν τη θερμοκρασία και την υγρασία στην επιφάνεια του εδάφους, επιδρούν στην εισροή και ποιότητα φυτικών υπολειμμάτων, ρυθμίζουν τη συνολική καθαρή παραγωγή οργανικής ουσίας και τις απαιτήσεις σε νερό και θρεπτικά στοιχεία (Hendrickson et al 1989, Binkley and Giardina 1998). Συνεπώς διαφορετικά δασικά είδη επιδρούν διαφορετικά στις ιδιότητες και στη γονιμότητα του εδάφους (Bruggemann et al. 2005).

Η απόθεση φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους αποτελεί άριστο περιβάλλον για την ανάπτυξη ζωικών οργανισμών και μικροοργανισμών που διαβιούν στο έδαφος, αλληλεπιδρώντας με τη βλάστηση (Warlde et al. 2004). Το

ριζικό σύστημα των φυτών αυξάνει την ετερογένεια και μεταβάλλει τις βιολογικές συνθήκες του εδάφους, μέσω της διευκόλυνσης της ροής του νερού και της εναπόθεσης οργανικών ενώσεων στο έδαφος (Johnson 2006).

Οι κλιματικές συνθήκες έχουν σχέση με τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους και επιδρούν άμεσα στη βλάστηση. Ο Gallardo (2003), μελετώντας παραποτάμια δασικά οικοσυστήματα στην Ισπανία, διαπίστωσε ότι φαινόμενα πλημμυρών στις κοίτες των ποταμών επηρεάζουν περισσότερο τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους, τα οποία ανακυκλώνονται μέσω βιολογικών διαδικασιών (C και N), προκαλώντας ετερογένεια στο εδαφικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα την αύξηση της βιοποικιλότητας.

Σε μεγάλα υψόμετρα διαπιστώθηκε ότι αυξάνεται η υγρασία του εδάφους, η οργανική ουσία, οι ποσότητες του C και N, ενώ μειώνονται η θερμοκρασία, η δραστηριότητα των μικροοργανισμών, το pH και η φαινομενική πυκνότητα. Η αύξηση της ποσότητας οργανικής ουσίας σε βόρειες εκθέσεις οφείλεται στην αύξηση της παραγωγικότητας της βλάστησης, σε συνδυασμό με τη μείωση της αποσύνθεσης (Griffiths et al. 2009).

1.2 Η σημασία του δασικού τάπητα

Εκτός από το ανόργανο έδαφος, η εκτίμηση της γονιμότητας στα δασικά οικοσυστήματα περιλαμβάνει και το δασικό τάπητα, ο οποίος, καθώς σχηματίζεται με την απόθεση φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους, επιδρά ως κύριος ρυθμιστής στην αμφίδρομη σχέση εδάφους – φυτού. Η παρουσία του δασικού τάπητα, σε συνδυασμό με το ανόργανο έδαφος, διαφοροποιεί τα δασικά από τα γεωργικά εδάφη. Σε ένα δασικό οικοσύστημα ο δασικός τάπητας και το ανόργανο έδαφος αποτελούν το υπόβαθρο πάνω στο οποίο αναπτύσσεται η δασική βλάστηση (Papaioannou 2013).

Ο όρος δασικός τάπητας αναφέρεται στην ποσότητα των οργανικών υλικών όπως: κλαδιά, οφθαλμοί, άνθη, καρποί, φύλλα, τμήμα του φλοιού, τα οποία συσσωρεύονται στην επιφάνεια του εδάφους με διαφορετικό βαθμό αποσύνθεσης. Συνιστά το πιο ενεργό τμήμα των δασικών οικοσυστημάτων, διακρίνει τα δασικά εδάφη και απουσιάζει από τα γεωργικά και τα πλήρως διαταραγμένα (Παπαϊωάννου 1993). Ο δασικός τάπητας αποτελεί ουσιώδες τμήμα και βασική πηγή θρεπτικών στοιχείων, περιβάλλον όπου ζουν οι περισσότεροι μικροοργανισμοί και αποθήκη θρεπτικών στοιχείων (Τάντος 2000). Κατά τον Wollum (1973) αποτελεί την κύρια

εισροή οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος και κατά συνέπεια συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγικότητας του τόπου. Επιπλέον, συχνά αποτελεί ένα από τα πιο χρήσιμα κριτήρια για την εκτίμηση των μεταβολών, οι οποίες διενεργούνται σήμερα στα διαταραγμένα φυσικά δασικά οικοσυστήματα (Prats et al. 1991). Η σπουδαιότητα της προστατευτικής ικανότητας του δασικού τάπητα είναι εμφανής κυρίως στις νέες αναδασώσεις, όπου το φαινόμενο της διάβρωσης είναι έντονο (Dickerson 1972). Η δημιουργία του δασικού τάπητα από τη συνεχή πτώση φυτικών υπολειμμάτων και η αποσύνθεσή του έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη διατήρηση της γονιμότητας και την προστασία της παραγωγικότητας των εδαφών στην εύκρατη και ιδιαίτερα στην παραμεσόγεια περιοχή (Παπαϊωάννου 1998).

Τα δάση κωνοφόρων σχηματίζουν δασικό τάπητα μεγαλύτερου πάχους, ο οποίος αποσυντίθεται με πιο αργούς ρυθμούς. Το έδαφος είναι περισσότερο όξινο από το αντίστοιχο σε δάσος πλατύφυλλων, διότι τα φυτικά υπολείμματα και ειδικότερα οι βελόνες των κωνοφόρων έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε βάσεις (Prichett and Fisher 1987). Ενώ η συνολική συσσώρευση οργανικών υλικών στο δασικό τάπητα είναι μεγαλύτερη στα κωνοφόρα απ' ό,τι στα πλατύφυλλα, άλλα χαρακτηριστικά όπως το pH και η περιεκτικότητα σε άζωτο έχουν μικρότερες τιμές (Tappeiner and Alm 1975, Παπαϊωάννου 1998). Οι Fintzi et al. (1988), συγκρίνοντας το δασικό τάπητα της *Tsuga canadensis* με τον αντίστοιχο του *Acer saccharum*, αναφέρουν τον πρώτο ως παχύτερο, πιο όξινο, με μεγαλύτερες ποσότητες N και C, ενώ η βραδύτερη αποσύνθεση του δασικού τάπητα της *Tsuga canadensis* αποδίδεται στην ύπαρξη μεγάλης συγκέντρωσης τανινών στο φλοιό της. Αντίθετα, ο Rhoades (1997) αναφέρει ότι οι συσσωρευμένες ποσότητες Ca και N είναι 5 και 1,75 φορές αντίστοιχα μεγαλύτερες σε δασικό τάπητα δάσους πλατύφυλλων, σε σχέση με δασικό τάπητα δάσους κωνοφόρων. Σύμφωνα με τον ίδιο συγγραφέα, ενώ σε πρόσφατα μη αποσυντεθημένα φυτικά υπολείμματα το pH βρέθηκε να έχει παραπλήσιες τιμές για όλα τα δασικά είδη, στα μερικώς αποσυντεθημένα υπολείμματα πεύκης το pH παρουσίασε χαμηλότερες τιμές.

Η κατακόρυφη κατανομή του οργανικού C και του οργανικού N στο έδαφος εξαρτάται πλήρως από τα φυτικά υπολείμματα, αφού τα φυτά αποτελούν την κύρια πηγή οργανικών ουσιών του εδάφους. Οι κατανομές του N και του οργανικού C στο έδαφος παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους, ωστόσο η κατανομή του C θεωρείται περισσότερο επιφανειακή σε σχέση με την αντίστοιχη του N (Jobady and Jackson 2001). Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε σκανδιναβικά δάση

διαπιστώθηκε ότι στο δασικό τάπητα οφείλεται το 32-74% του N που περιέχεται συνολικά στο έδαφος έως το βάθος των 50 cm (Persson and Wiren 1995).

Κατά τους Fujita και Nakata (2001) ο ορίζοντας Ao σε μεικτά δάση φυλλοβόλων πλατύφυλλων και πεύκης συνήθως παρουσιάζει αυξημένες τιμές στο pH και στις συγκεντρώσεις Ca και Mg από ότι σε αμιγή δάση πεύκης. Επίσης, στο δασικό τάπητα και στα πρώτα 7,5 cm ανόργανου εδάφους βρέθηκαν μεγάλες διαφορές στο pH και στην ποσότητα των ανταλλάξιμων κατιόντων, ύστερα από μελέτη έξι διαφορετικών δασοπονικών ειδών (Fitzi et al. 1998).

Στις εύκρατες περιοχές ο ρυθμός συσσώρευσης οργανικής ουσίας στο δασικό τάπητα είναι μεγαλύτερος σε συστάδες νεαρής ηλικίας, λόγω μεγαλύτερης παραγωγής φυτικών υπολειμμάτων. Με την πάροδο του χρόνου επέρχεται ισορροπία και η ποσότητα φυτικών υπολειμμάτων, η οποία παράγεται ετησίως, είναι περίπου ίση με αυτή που αποσυντίθεται. Η ταχύτητα αποσύνθεσης εξαρτάται και από το είδος των φυτικών υπολειμμάτων, μεγαλύτερο μέρος των οποίων είναι τα φύλλα στα δασικά οικοσυστήματα (Gholz and Fisher 1982, Παπαϊωάννου 1998).

Στα λιβαδικά οικοσυστήματα η συσσώρευση οργανικής ουσίας κοντά στην επιφάνεια του εδάφους αποτελείται κυρίως από λεπτές ρίζες και τμήματα των ποωδών φυτών (Borman et al. 1977, Baker 1983). Κατά τους Moffat και Boswell (1990) στην περίπτωση αναδάσωσης λιβαδικής έκτασης μειώνεται η ποσότητα οργανικής ουσίας και N, λόγω αλλαγής της χλωριδικής σύνθεσης, ενώ το pH σε έδαφος κωνοφόρων γίνεται πιο όξινο, σε σύγκριση με το αντίστοιχο σε έδαφος ποωδών φυτών.

1.3 Φυσικές ιδιότητες των δασικών εδαφών

Οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους επηρεάζουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών και γενικά την παραγωγή βιομάζας. Η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους θεωρούνται βασικοί παράγοντες για την ανάπτυξη των φυτών και την αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων (Perry 1994). Η ισορροπία μεταξύ των δύο αυτών διαδικασιών επιδρά στην ανακύκλωση της οργανικής ουσίας και στις συναφείς μικροβιακές διεργασίες (Kirschbaum 1995).

Ως προς τη θερμοκρασία τα φυτά ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένο εύρος, ούτως ώστε ακόμα και μικρή απόκλιση από την άριστη θερμοκρασία προκαλεί μείωση στην αποδοτικότητα των ριζών τους (Nielsen and Humphries 1996). Το ριζικό σύστημα του φυτού σε θερμοκρασία κατώτερη από την ιδανική για το

συγκεκριμένο είδος τείνει να αναπτύσσεται λιγότερο, χωρίς έντονες διακλαδώσεις (Brower and Hoagland 1964). Γενικά η βλάστηση επιδρά στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας του εδάφους. Για παράδειγμα οι Ozturk και Bolat (2013) διαπίστωσαν διαφορά θερμοκρασίας έως και 15% ανάμεσα σε έδαφος που καλύπτεται από δασική βλάστηση και σε έδαφος στο οποίο έγιναν υλοτομίες για την κατασκευή έργων υποδομής σε δάσος αναψυχής.

Η υγρασία του εδάφους έχει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών. Η περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία δεν μπορεί να υποστηρίξει την αύξηση των φυτών, αν δεν συνοδεύεται από την απαραίτητη υγρασία. Από μελέτη της διαμόρφωσης της ρίζας των φυτών προκύπτει ότι η ρίζα αυξάνεται προς την κατεύθυνση της διαθέσιμης υγρασίας του εδάφους (υδροτροπισμός). Το φαινόμενο αυτό θεωρείται κυρίαρχη αιτία ανάπτυξης της ρίζας και παρατηρείται στα γεωργικά και τα δασικά φυτά (Takano et al. 1995, Tsakalidimi et al. 2009). Επίσης, σύμφωνα με μελέτη των Knoerr and Swank (2002), υπολογίστηκε με μέτρηση της υγρασίας και της θερμοκρασίας του εδάφους η ποσότητα του ανόργανου N στο έδαφος, ως δείκτης της διαθεσιμότητας του N και κατ' επέκταση της γονιμότητας του εδάφους.

Ο επαρκής αερισμός του εδάφους συμβάλει στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Αντίθετα, μείωση του οξυγόνου δημιουργεί στα φυτά αναερόβιες συνθήκες, κατά τις οποίες οι ρίζες δεν διαθέτουν την απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας ώστε να απορροφήσουν με υψηλούς ρυθμούς τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους (Kozlowski and Pallardy 1997). Η δραστηριότητα των μικροοργανισμών της ριζόσφαιρας περιορίζεται σε περίπτωση κακού αερισμού. Κατά τον Kozlowski (1999) ο αερισμός του εδάφους σχετίζεται με το μέγεθος των πόρων.

Ως δομή του εδάφους χαρακτηρίζεται ο τρόπος με τον οποίο τα τεμαχίδια του εδάφους δημιουργούν μεγαλύτερα συσσωματώματα. Εξαρτάται από παράγοντες όπως η ποσότητα της οργανικής ουσίας, ενώ επηρεάζει τον αερισμό, τις συνθήκες ανάπτυξης των ριζών και τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών. Για τη διείσδυση των ριζών απαιτούνται κατά τον Greenland (1979) πόροι μεγαλύτεροι από 10μm, καθώς και εξουδετέρωση της μηχανικής αντίστασης του εδάφους, η οποία σχετίζεται με τη φαινομενική πυκνότητα. Η ξηρασία του εδάφους αυξάνει τη φαινομενική πυκνότητα και εμποδίζει τη διείσδυση των ριζών στο έδαφος (Taylor and Ratliff 1969). Από έρευνα που διεξήχθη σε δασικά φυτά (κωνοφόρα) διαπιστώθηκε σημαντική επίδραση της αυξημένης φαινομενικής πυκνότητας στην ανάπτυξη του ριζικού τους συστήματος. Για παράδειγμα στην *Picea abies* βρέθηκε μείωση έως

25% στην καθ' ύψος προσαύξηση, ως αποτέλεσμα περιορισμένης ανάπτυξης των ριζών λόγω συμπίεσης. Επίσης, δραστικός περιορισμός των επιφανειακών ριζών εξαιτίας αυξημένης φαινομενικής πυκνότητας παρατηρήθηκε και σε διαφορετικά είδη πεύκης (Mitchell et al. 1982, Wasterlund 1988).

Η σημασία της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους είναι καθοριστική για την ανάπτυξη των φυτών. Σε ελαφρά, αμμώδη εδάφη με μεγάλους πόρους οι ρίζες διεισδύουν ευκολότερα από ότι σε βαριά αργιλώδη. Τα αργιλώδη εδάφη δεν αερίζονται και δεν στραγγίζονται καλά, επειδή συγκρατούν μεγάλες ποσότητες νερού, ενώ αντίθετα εύκολα συμπιέζονται.

Κατά τον Παπαμίχο (2006) η ποσότητα του σκελετικού υλικού λόγω διαφορετικού συντελεστή διαστολής επηρεάζει θετικά τη δομή του εδάφους, ιδιαίτερα της δεινρόδους βλάστησης, εφόσον δε ξεπερνά το 20%, σε σχέση με το λεπτό υλικό. Αυτό συμβαίνει διότι με τις εναλλαγές θερμοκρασίας δημιουργούνται πτυχώσεις στο έδαφος και με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η κίνηση των ριζών, του νερού και του αέρα.

1.4 Χημικές ιδιότητες των δασικών εδαφών

Τα δασικά εδάφη παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιομορφία όσον αφορά τη γονιμότητά τους, η ανομοιομορφία αυτή μπορεί να μεταβάλλεται ακόμη και σε απόσταση μερικών μέτρων, επίσης μπορεί να διαφοροποιηθεί με το χρόνο. Έντονες αραιώσεις, συχνές αποψιλωτικές υλοτομίες, υπερβόσκηση, αλλαγή στο δασοπονικό είδος, δασικές πυρκαγιές, ιδίως όταν ακολουθούνται από έντονες βροχές, καταστροφή της δασικής βλάστησης και γεωργική καλλιέργεια επικλινών εδαφών μπορούν να επιφέρουν σοβαρές αλλαγές στη γονιμότητα των δασικών εδαφών.

Η γονιμότητα του εδάφους καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την εναλλακτική ικανότητα των κολλοειδών της αργίλου και της οργανικής ουσίας. Είναι δυνατόν το έδαφος να εφοδιάζει με θρεπτικά συστατικά ένα είδος φυτού, όχι όμως ένα άλλο, επειδή οι απαιτήσεις των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία είναι συχνά διαφορετικές. Ως εκ τούτου είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαίτερες απαιτήσεις των δασοπονικών ειδών, τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε μία συγκεκριμένη περιοχή.

Για την εκτίμηση της γονιμότητας χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μέθοδοι:

- Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά.

- Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος και εκτίμηση της δυνατότητας πρόσληψής τους από τα φυτά.
- Προσδιορισμός της αύξησης των φυτών ή της αύξησης ορισμένων τμημάτων τους.

Συνήθως η αύξηση της γονιμότητας του εδάφους συνδέεται θετικά με την ποσότητα και την ποιότητα των φυτικών υπολειμμάτων, τις συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στους ιστούς των φύλλων, το ποσοστό αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας και τη μετατροπή του N σε ανόργανη μορφή (Edwards 1982, Aerts and Chapin 2000). Επιπρόσθετα, η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων παίζει σημαντικό ρόλο στην ικανότητα των φυτών να αντιμετωπίζουν το περιβαλλοντικό stress. Κατά τους Murphy και Lugo (1986) υψηλά επίπεδα θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος συμβάλλουν στη διατήρηση της ωσμωτικής πίεσης στα φύλλα και επιτρέπουν στα φυτά να αντεπεξέρχονται σε συνθήκες ξηρασίας.

Το pH για το έδαφος θεωρείται ως κύρια μεταβλητή, καθώς επηρεάζει πολλές φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες (Brady and Weil 1999). Η αντίδραση των δασικών εδαφών κυμαίνεται μεταξύ 4 και 8,3, ενώ σε σπάνιες περιπτώσεις παρουσιάζει τιμές μικρότερες του 3 ή μεγαλύτερες του 8,5. Κατά τον Παπαμίχο (2006) στα παραγωγικά δάση κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 5,5 και 8. Αναλυτικότερα το pH μπορεί να επηρεάσει τη διαλυτότητα των θρεπτικών στοιχείων, τη δυνατότητα πρόσληψής τους από τα φυτά και τη δράση των μικροοργανισμών του εδάφους. Σε εδάφη με ουδέτερο προς αλκαλικό pH υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες για διάσπαση των νιτρικών του εδάφους. (Wijler and Delwiche 1954, Simek and Cooper 2002).

Ένα σημαντικό μέρος των θρεπτικών στοιχείων που συσσωρεύεται στο έδαφος βρίσκεται δεσμευμένο στην οργανική ουσία. Κατά τους Sollins et al. (1983) η οργανική ουσία στο έδαφος μπορεί να διαιρεθεί σε δύο επιμέρους κατηγορίες: 1) την προερχόμενη από τα εν μέρει αποσυντεθειμένα φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια του εδάφους και 2) την ενσωματωμένη στο ανόργανο έδαφος.

Η οργανική ουσία επιδρά στις φυσικές, χημικές, βιολογικές και βιοχημικές ιδιότητες του εδάφους. Η αποσυντεθειμένη οργανική ουσία θεωρείται σημαντικό μέσο για τη μετακίνηση και απώλεια των στοιχείων N και P στα δασικά οικοσυστήματα. Ακόμα η οργανική ουσία παίζει καθοριστικό ρόλο στην ισορροπία του εδαφικού N και P κατά τη διάρκεια του σχηματισμού και διαμόρφωσης του εδάφους. Επιπλέον επηρεάζει τη δομή του εδάφους, κυρίως όταν ανακατανέμεται

στους βαθύτερους ορίζοντες ή επικαλύπτει τα κολλοειδή της αργίλου (Qualls and Haines 1991). Παράλληλα αποτελεί το κύριο μέσο για την κινητικότητα του Al και Fe στο έδαφος, αποτελεί πηγή άνθρακα και θρεπτικών στοιχείων για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών του εδάφους, συμβάλει στη συγκράτηση νερού, ρυθμίζει το pH και επηρεάζει τη δραστηριότητα των ενζύμων (Kononova 1961, Meyer et al. 1987).

Η παρουσία των μικροοργανισμών, οι οποίοι αποσυνθέτουν την οργανική ουσία, διεξάγει βιοχημικούς μετασχηματισμούς στο έδαφος και συνεισφέρει στην ανακύκλωση πολλών θρεπτικών στοιχείων (Smith and Paul 1990, Bailey et al 2002).

Το έδαφος θεωρείται η μεγαλύτερη δεξαμενή αποθήκευσης οργανικού άνθρακα στη βιόσφαιρα. Η αποθηκευμένη στο έδαφος ποσότητα οργανικού C υπολογίζεται 1,5 έως 3 φορές μεγαλύτερη απ' ότι στη βλάστηση (Wang et al. 2004). Κατά τον Schlesinger (1997) η αποθηκευμένη ποσότητα C στο έδαφος είναι μεγαλύτερη απ' ότι συνολικά στην ατμόσφαιρα και στη βλάστηση. Το 40% περίπου του συνολικού εδαφικού C αποθηκεύεται και παραμένει στα δασικά οικοσυστήματα (Matos et al. 2010). Στο πλαίσιο της παρατηρούμενης κλιματικής αλλαγής, μελετήθηκε η σχέση μεταξύ εδαφικού C και κλιματικών παραγόντων και διαπιστώθηκε ότι η ποσότητα οργανικού C και N του εδάφους επηρεάζεται θετικά από την ποσότητα των κατακρημνισμάτων και αρνητικά από τη θερμοκρασία (Jenny 1980, Post et al. 1982). Κατά τον Kirschbaum (1995) αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C προκαλεί 10% απώλεια οργανικού C του εδάφους σε περιοχές με μέση ετήσια θερμοκρασία 5°C.

Μία από τις βασικές λειτουργίες των εδαφών είναι η διατήρηση του N σε επαρκή επίπεδα, εξαιτίας της σημαντικότητας του N στη θρέψη και ανάπτυξη των φυτών. Πρόσφατα παρατηρήθηκε έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον σχετικά με την ανακύκλωση του N στα δασικά οικοσυστήματα. Η δομή των συστάδων, η σύνθεση των δασικών ειδών και η ποιότητα των φυτικών υπολειμμάτων, ως παραγόντων που καθορίζουν το συνολικό N του εδάφους, τείνουν να αποκτούν βαρύνουσα σημασία κατά τη μελέτη των μεσογειακών δασικών εδαφών (Aber et al. 1995, Lawrence et al. 2000). Από τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων και ιδιαίτερα του N εξαρτάται η παραγωγικότητα της βλάστησης σε πολλά οικοσυστήματα (Keeney 1980, Castro – Díez et al. 2012). Το N συνήθως βρίσκεται σε περιορισμένες ποσότητες στα δάση της εύκρατης και βόρειας ζώνης. Κατά τους Falkengren-Grerup et al. (1998) σε

ορισμένες περιοχές της Ευρώπης και της Αμερικής παρατηρήθηκε αύξηση της συσσώρευσης του N, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους.

Από τη συνολική ποσότητα του αζώτου που βρίσκεται στο έδαφος, το μεγαλύτερο μέρος βρίσκεται σε οργανική μορφή, ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό είναι σε ανόργανη μορφή. Η δασική βλάστηση προσλαμβάνει το άζωτο μόνο σε αμμωνιακή ή νιτρική μορφή. Το N σε αμμωνιακή (NH_4^+) ή νιτρική (NO_3^-) μορφή συνήθως αποτελεί λιγότερο από το 1% του συνολικού αποθέματος αζώτου στο έδαφος. Οι απόψεις των ερευνητών δίστανται όσον αφορά τη σχέση του pH με την ποσότητα N στο έδαφος, καθώς ορισμένοι θεωρούν ότι σχετίζονται (Kriebitzsch, 1978), ενώ κατ' άλλους δεν παρατηρείται συσχέτιση (Nyborg and Hoyt 1978, Curtin et al. 1998).

Η παρουσία N στο έδαφος βρέθηκε ότι ενισχύει την ανάπτυξη, επιμήκυνση και διακλάδωση των ριζών (Zhang and Forde 2000). Ειδικά για την επιμήκυνση των ριζών έχει διαπιστωθεί ότι ευνοείται όταν η πρόσληψη N γίνεται υπό αμμωνιακή παρά νιτρική μορφή (Bloom et al. 2003).

Η αύξηση της ποσότητας N στο έδαφος, με τη συσσώρευση νιτρικών και άλλων οξέων από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, μειώνει το pH και το ποσοστό κορεσμού σε βάσεις, μεταβάλλει το ρυθμό της αποσάθρωσης και επηρεάζει την ανακύκλωση του N και του C, επιδρώντας σε ένα ευρύ φάσμα από διεργασίες των μικροοργανισμών του εδάφους (Rustad et al. 1993, Berg and Matzner 1997). Από μελέτη των Saiya-Cork et al. (2002) σε δάσος *Acer saccharum* στην Αμερική, προέκυψε ότι η αύξηση της συσσώρευσης N στο έδαφος είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού αποσύνθεσης της οργανικής ουσίας.

Διερεύνηση του δυναμικού μετακίνησης N μεταξύ των εδαφικών οριζόντων πραγματοποιήθηκε για δασικά και λιβαδικά οικοσυστήματα. (Persson and Wiren, 1995). Οι Hart et al (1993) συνέκριναν τη ροή N από το ανόργανο έδαφος στο επιφανειακό οργανικό στρώμα, ανάμεσα σε λιβαδική έκταση με ποώδη φυτά και νεαρό μικτό δάσος κωνοφόρων στην California της Αμερικής, με προσθήκη μικροποσότητας NH_4^+ στο ανόργανο έδαφος. Από τη σύγκριση προέκυψαν σημαντικές διαφορές (0,29 και 0,02 g/m² N ανά έτος, αντίστοιχα για το λιβάδι και το δάσος), λόγω μεγαλύτερης δραστηριότητας μικροοργανισμών και γενικότερα μεγαλύτερης διαθεσιμότητας N στο λιβαδικό οικοσύστημα.

Ο φώσφορος (P) του εδάφους προέρχεται από το μητρικό υλικό ή από εισροές λιπασμάτων. Το μητρικό υλικό περιέχει κυρίως φωσφορικά άλατα

ασβεστίου, η υδρόλυση των οποίων κατά τη διάρκεια της εδαφογένεσης εφοδιάζει με P το εδαφικό διάλυμα (Tiessen et al. 1984). Βρίσκεται στο έδαφος, τόσο σε ανόργανη (στη στερεά φάση του εδάφους ή στο εδαφικό διάλυμα), όσο και σε οργανική μορφή. Αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την θρέψη των φυτών, ενώ η έλλειψή του περιορίζει την ανάπτυξη των φύλλων, των κλαδιών και του ριζικού τους συστήματος (Παπαμίχος και Αλιφραγκής 1995). Συνήθως η ποσότητα P στο έδαφος μειώνεται με το βάθος, εκτός και αν οι βαθύτεροι εδαφικοί ορίζοντες εμπλουτιστούν με P λόγω παρουσίας υδρόφιλων οξέων (Qualis and Haines 1991). Κατά τον Smaling (1993) στις περισσότερες αγροτικές καλλιέργειες δημητριακών της Αφρικής μόνο το 40% του P ανακυκλώνεται, λόγω της διάβρωσης του εδάφους και της απομάκρυνσης των φυτικών υπολειμμάτων από το έδαφος. Σύμφωνα με τους Warren και Adams (2001) διαπιστώθηκε για τα κωνοφόρα θετική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης P του εδάφους και της μέγιστης τιμής φωτοσύνθεσης.

Η λίπανση του δασικού εδάφους χρησιμοποιείται για να αυξήσει την παραγωγικότητα, να αντισταθμίσει τη μη ισορροπημένη θρέψη ή να βελτιώσει την υγεία των δέντρων (Binkley and Hogberg 1997). Η επίδραση της λίπανσης στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους μελετήθηκε σε δάσος *Picea abies* στη Νορβηγία από τους Vesterdal και Raulund-Rasmussen (2002), οι οποίοι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η λίπανση με N στο έδαφος δεν επέδρασε μακροπρόθεσμα στη διαθεσιμότητα του N για τα φυτά, ενώ λίπανση με P και άλλα θρεπτικά στοιχεία θεωρείται μάλλον προτιμότερη.

Η παρουσία των ιχνοστοιχείων στο έδαφος είναι καθοριστική για τα φυτά, για τις ανάγκες των οποίων ενδείκνυνται σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις, εφόσον οι χαμηλότερες προκαλούν συμπτώματα έλλειψης, ενώ οι πολύ ψηλές συμπτώματα τοξικότητας. Αυξημένες ποσότητες Cu, ενώ δεν είναι συνήθως επικίνδυνες για τον άνθρωπο και τα ζώα, είναι ιδιαίτερα τοξικές για τα φυτά, επειδή εμποδίζουν την επιμήκυνση και διακλάδωση των ριζών. Στα κωνοφόρα και ειδικότερα στα είδη πεύκης, τα οποία αναπτύσσουν βαθύ ριζικό σύστημα και φύονται συχνά σε αβαθή εδάφη, η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων Cu στο έδαφος έχει ιδιαίτερα αρνητική σημασία, επειδή μειώνει την ανάπτυξη της ρίζας, συνεπώς την ικανότητα του φυτού να διεισδύσει στο έδαφος για νερό και θρεπτικά στοιχεία (Wong and Bradshaw 1982).

Κατά τον Gallardo (2003) τα θρεπτικά στοιχεία που υπόκεινται σε γεωχημικές και βιολογικές αντιδράσεις (P, K, Mg Fe και Mn) συνήθως αποκτούν μικρότερη

μεταβλητότητα, σε σχέση με τα θρεπτικά στοιχεία τα οποία ανακυκλώνονται κυρίως μέσω βιολογικών διεργασιών (N, C), λόγω της μεγάλης διακύμανσης της συνολικής οργανικής ουσίας του εδάφους και των συστατικών της (C, N, NH_4^+ και NO_3^-). Ομοίως, θρεπτικά στοιχεία όπως Si, Al, Ti, Rh και V, τα οποία είναι ασήμαντα για την ανάπτυξη των φυτών και δεν ελέγχονται από βιολογικές διεργασίες, παρουσιάζουν ακόμη μικρότερη μεταβλητότητα.

1.5 Ποσότητες θρεπτικών στοιχείων στα δασικά εδάφη.

Οι ποσότητες οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων στο δασικό τάπητα και στο ανόργανο έδαφος έχουν μελετηθεί στον ευρωπαϊκό και διεθνή χώρο. Γενικά έχει αποδειχθεί ότι η συσσώρευση οργανικής ουσίας και αζώτου είναι μεγαλύτερη σε συστάδες κωνοφόρων από ότι σε συστάδες πλατύφυλλων (Cole and Rapp 1981, Rapp 1992).

Στο σύστημα έδαφος – δάσος, εκτός από την ανακύκλωση, παρατηρείται και συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων, ιδιαίτερα στα επιφανειακά στρώματα. Στο δασικό τάπητα κωνοφόρων των ελληνικών δασικών οικοσυστημάτων συσσωρεύονται κατά μέσο όρο 26.800 kg/ha οργανικής ουσίας, 380 kg/ha αζώτου, 35 kg/ha φωσφόρου, 260 kg/ha ασβεστίου, 140 kg/ha μαγνησίου και 110 kg/ha καλίου (Αλεξανδρή 1974, Μαρκάλας και Καϊλίδης 1979, Τάντος 2000).

Οι σχέσεις μεταξύ των εδαφικών ιδιοτήτων και του επιπέδου των θρεπτικών στοιχείων εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως για παράδειγμα το κλίμα, το είδος του μητρικού πετρώματος και οι πρακτικές διαχείρισης της συστάδας (Balland 1980).

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους ορισμένοι ερευνητές χρησιμοποιούν την εκατοστιαία περιεκτικότητα. Η αναγωγή των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους σε kg ανά εκτάριο χρησιμοποιείται επίσης σε αρκετές περιπτώσεις. Η έκφραση της ποσότητας των θρεπτικών στοιχείων σε kg/ha αποδίδει πληρέστερα την γονιμότητα των δασικών εδαφών. Για παράδειγμα, σε μελέτη εδαφικών συνθηκών σε δασικά οικοσυστήματα στα νότια Απαλάχια όρη από τους Knoerr and Swank (2002) διαπιστώθηκε ότι στο ανώτερο στρώμα του εδάφους, πάχους 10 cm, η ολική ποσότητα N κυμαίνεται από 750 kg/ha σε ξηρές θέσεις με μίξη δρυός – πεύκου, έως 3780 kg/ha σε θέσεις σε μεγάλο υψόμετρο, όπου ευδοκούν δέντρα μεγάλων διαστάσεων, κατάλληλα για παραγωγή ξύλου. Από τις

παραπάνω τιμές μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τη σχέση μεταξύ διαθεσιμότητας του N στο έδαφος και παραγωγικότητας της βλάστησης.

Επειδή η εκτίμηση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους αποτελεί δείκτη της θρεπτικής κατάστασης ενός οικοσυστήματος, προτείνεται, ιδιαίτερα στα υποβαθμισμένα οικοσυστήματα της χώρας μας, η αναγωγή των συγκεντρώσεών τους σε ποσότητες ανά μονάδα επιφάνειας (kg/ha), προκειμένου να αποκτήσουν περισσότερο πρακτική και οικολογική σημασία. (Γκανάτσας και Παπαϊωάννου 1997).

Στην Ελλάδα έγιναν αρκετές μελέτες, στις οποίες προσδιορίστηκαν οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων του δασικού τάπητα και του ανοργάνου εδάφους στα δασικά οικοσυστήματα της χώρας μας, όπως του Αλιφραγκή (1984) για την πλατύφυλλη δρυ, του Τσιόντση (1991) για τη μαύρη πεύκη, του Παπαϊωάννου (1993) για την οξιά και τη μαύρη πεύκη, του Τάντου για την ελάτη (1997), των Γκανάτσα και Παπαϊωάννου (1997) για την ερυθρελάτη και την οξιά. Η συσσώρευση της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων για τα ανωτέρω δασικά είδη της χώρας μας δίνονται από τους πίνακες 1 και 2 (Γκανάτσας και Παπαϊωάννου 1997).

Πίνακας 1: Συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων του δασικού τάπητα σε ελληνικά δασικά οικοσυστήματα

Οικοσυστήματα	Πηγή	οργανική ουσία t/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Na kg/ha
Ερυθρελάτη	Γκανάτσας Παπαϊωάννου	20,85	360,19	33,35	32,38	352,13	128,00	3,92
Οξιά	Γκανάτσας Παπαϊωάννου	19,50	375,16	18,66	39,76	313,17	56,15	3,46
Ελάτη	Τάντος	29,83	443,12	36,74	94,58	257,64	134,58	11,81
Μαύρη Πεύκη	Τσιόντσης	-	345,00	29,00	50,00	386,00	53,00	7,00
Μαύρη Πεύκη	Παπαϊωάννου	26,47	295,50	19,40	38,30	252,93	45,30	6,30
Δρυς Πλατύφυλλη	Αλιφραγκής	11,95	213,20	16,60	25,00	246,00	38,00	-

Παράλληλα ερευνήθηκαν οι εδαφικές συνθήκες και σε ξενικά είδη, τα οποία πειραματικά έχουν εγκατασταθεί στη χώρα μας. Για παράδειγμα, έρευνα εδαφικών συνθηκών στα δασοπονικά είδη *Thuja plicata*, *Pinus ponderosa* και *Pseudotsuga menziessi* σε πειραματική φυτεία του πανεπιστημιακού δάσους Ταξιάρχη Χαλκιδικής έδειξε για όλα τα δασοπονικά είδη μικρή συγκέντρωση Ca που οφείλεται στην προέλευση του μητρικού υλικού, ενώ για την *T. plicata* αυξημένη συγκέντρωση N σε

βάθος εδάφους 0-10 και 20-40 cm, σε σχέση με τα άλλα δασοπονικά είδη (Πολίτης 2008).

Πίνακας 2: Συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων του εδάφους σε ελληνικά δασικά οικοσυστήματα

Οικοσυστήματα	Πηγή	οργανική ουσία t/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Na kg/ha
Ερυθρελάτη	Γκανάτσας Παπαϊωάννου	233,5	10.200	37,9	483,4	7646,9	978	108,2
Οξιά	Γκανάτσας Παπαϊωάννου	150,2	7.570	49,0	450,5	6030,9	874	92,7
Ελάτη	Τάντος	148,5	6.915	41,0	1.350	8372	2.205	224
Μαύρη Πεύκη	Τσιόντσης	-	1.120	46,0	322	2969	475	73
Μαύρη Πεύκη	Παπαϊωάννου	179,3	5.567	42,0	1139	7728	2.614	413
Δρυς Πλατύφυλλη	Αλιφραγκής	56,8	2.914	97,8	227	2679	404	64

1.6 Εξέλιξη των δασικών εδαφών στην Ελλάδα

Στη χώρα μας το 80% της γης θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως δασικό έδαφος. Ορεινά εδάφη με μεγάλες κλίσεις, αβαθή, διαβρωμένα, ακατάλληλα για τη γεωργική καλλιέργεια περιλαμβάνονται στα δασικά εδάφη.

Στην Ελλάδα τις περισσότερες φορές ο παράγοντας άνθρωπος επέδρασε αρνητικά στις παραγωγικές δυνατότητες των ορεινών εδαφών, με εκχερσώσεις και εκτεταμένη γεωργική καλλιέργεια, σε συνδυασμό με ανεξέλεγκτες πυρκαγιές, υπερβόσκηση, υλοτομίες και γενικά καταστροφή της φυσικής βλάστησης. Οι ενέργειες αυτές ξεκίνησαν από την πρώιμη αρχαιότητα και συνεχίστηκαν ακάθεκτα για αιώνες, με ιδιαίτερη έξαρση σε ταραχώδεις ιστορικές περιόδους, όπως η Τουρκοκρατία. Οι κατά καιρούς αθρόες μετακινήσεις πληθυσμών και η εγκατάστασή τους σε ορεινές περιοχές αναγκαστικά επέφεραν την εξαντλητική εκμετάλλευση των φυσικών πόρων, τη ραγδαία υποβάθμισή τους και σταδιακά την καταστροφή και εγκατάλειψη της γης. Αποτέλεσμα αυτού του τρόπου διαχείρισης ήταν η απώλεια του παραγωγικού επιφανειακού εδάφους σε ορεινές περιοχές λόγω έντονης διάβρωσης, μάλιστα σε αρκετές περιοχές της ελληνικής υπαίθρου η υποβάθμιση ήταν τόσο προχωρημένη, με συνέπεια να εμφανίζεται το μητρικό πέτρωμα. Παρόμοια καταστροφή παραγωγικών δασικών εκτάσεων παρατηρείται και σε ορεινές περιοχές όλων σχεδόν των μεσογειακών χωρών.

Στην Ελλάδα κατά τα τελευταία έτη εγκαταλείφθηκαν σε μεγάλο βαθμό κάποιες εσφαλμένες πρακτικές του παρελθόντος, ενώ παράλληλα τέθηκαν οι βάσεις για την ορθή διαχείριση των δασικών εδαφών. Η εγκατάλειψη της βόσκησης και καλλιέργειας επικλινών εδαφών, λόγω μετακίνησης ορεινών πληθυσμών και αστικοποίησης, η διευθέτηση των λεκανών απορροής, οι αναδασώσεις, η ορθολογικότερη διαχείριση των δασικών εκτάσεων, ως αποτέλεσμα της στελέχωσης των Δασικών Υπηρεσιών και της εφαρμογής κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου, επέδρασαν ευεργετικά στα ορεινά εδάφη της χώρας μας.

Σύμφωνα με τον Παπαμίχο (2006) από τα 2 εκατομμύρια εκτάρια ορεινού εδάφους που καλλιεργείται στη χώρα μας, λιγότερο από 0,5 εκατομμύρια είναι οριακά κατάλληλα για γεωργική χρήση. Από τα χαρακτηριζόμενα δασικά εδάφη 3,5 έως 4 εκατομμύρια εκτάρια είναι κατάλληλα για παραγωγική δασοπονία, ενώ 4 έως 4,5 εκατομμύρια εκτάρια με μικρή έως μέτρια παραγωγικότητα μπορούν να χαρακτηριστούν ως περιοχές προστασίας ή να χρησιμοποιηθούν για αναψυχή, ανάπτυξη άγριας πανίδας, ρύθμιση υδατικών συνθηκών και παροχή νερού ή ως ορεινοί βοσκότοποι.

Σήμερα η συστηματική μελέτη, η χαρτογράφηση και ταξινόμηση των δασικών γαιών με χρήση νέων τεχνολογιών, συνεπικουρούμενες από τις προστατευτικές για το φυσικό περιβάλλον διατάξεις, βάσει ευρωπαϊκών και διεθνών κανονισμών, όπως η Οδηγία 92/43/ΕΟΚ για την προστασία της βιοποικιλότητας, στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Δικτύου Natura 2000, (Τσιτσώνη 2011) μπορούν να εξασφαλίσουν την προστασία των δασικών πόρων και την αειφορική διαχείριση των ορεινών και ημιορεινών περιοχών της χώρας μας.

2. *Pinus maritima* Mill

Η θαλάσσια ή παραθαλάσσια πεύκη (*Pinus maritima* Mill ή *Pinus pinaster* Aiton, όπως αναφέρεται στην πρόσφατη διεθνή βιβλιογραφία) είναι ένα σημαντικό δασικό είδος, με παγκόσμιο ενδιαφέρον. Ήδη από τον 16^ο αιώνα εκτιμήθηκε ως αξιόλογο είδος, κατάλληλο για παραγωγή ξυλείας και ρητίνης. Προέρχεται από τη λεκάνη της Μεσογείου. Η περιοχή εξάπλωσής εκτείνεται από την Πορτογαλία και τη βόρεια Ισπανία, τη νότια και τη δυτική Γαλλία, ανατολικά ως τη δυτική Ιταλία και νότια έως το βόρειο Μαρόκο, ενώ σε μικρούς πληθυσμούς εντοπίζεται στην Αλγερία, τη βόρεια Τυνησία και τη Μάλτα (Critchfield et al. 1966, Αθανασιάδης 1986, Farjon 2010).

Πίνακας 3: Συστηματική κατάταξη της *Pinus maritima*

Βασίλειο:	Φυτά (Plantae)
Συνομοταξία:	Κωνοφόρα (Pinophyta)
Ομοταξία:	Πευκόψιδα (Pinopsida)
Τάξη:	Πευκώδη (Pinales)
Οικογένεια:	Πευκοειδή (Pinaceae)
Γένος:	Πεύκη (Pinus)
Είδος:	Θαλάσσια Πεύκη (<i>Pinus maritima</i> Mill ή <i>Pinus pinaster</i> Aiton)

2.1 Περιγραφή και βιολογικές απαιτήσεις

Η *P. maritima* είναι ένα ταχυναξές κωνοφόρο μεσαίου μεγέθους, απαιτητικό στο φως (φωτόφιλο), όπως επίσης και σε ορισμένη θερμότητα και υγρασία αέρα. Φθάνει σε ύψος τα 20 έως 30 μέτρα και διάμετρο έως 60 cm και σπάνια έως 80 cm. Θεωρείται ταχυναξές είδος, επειδή στην ηλικία των 35-45 ετών μπορεί να αποκτήσει τις τελικές της διαστάσεις (Rodríguez Soalleiro et al. 2000, Munoz et al. 2014). Γενικά έχει αρκετά αραιή κωνική κόμη και βελόνες μεγάλες, σαρκώδεις, ανά δύο σε βραχυκλάδια, 10-20 cm μήκους πράσινες, δύσκαμπτες και οξείες. Ευδοκίμει σε υψόμετρο από 0-1000 και πλέον μέτρα. Θεωρείται κατάλληλο για κήπους, πάρκα και αναδασώσεις. Οι καρποί ωριμάζουν το δεύτερο φθινόπωρο από την άνθιση. Οι κώνοι έχουν μήκος 9-15 cm, είναι επιμήκεις, κωνικοί, ευθείς ή ελαφρά κυρτοί με βραχύ

μίσχο, είναι χρώματος ανοιχτού καστανού γυαλιστεροί, κάθετοι πάνω στα κλαδιά και ανά δύο με τέσσερις σε σπονδύλους. Τα καρπόφυλλα έχουν ρομβοειδείς αποφύσεις που εξέχουν πολύ. Τα σπέρματα είναι ωοειδή, μήκους 8-10 mm, γυαλιστερά, μαύρα στην πάνω επιφάνεια και σταχτόμαυρα στην κάτω, ενώ το πτερύγιο είναι 3-4 φορές μεγαλύτερο από το σπέρμα. Ο φλοιός είναι παχύς, κοκκινισταχτής ως κοκκινοκαστανός και αυλακώνεται από βαθιές σχισμές. (Αθανασιάδης 1986).



Εικόνα 1: *Pinus Maritima* (Πηγή: <http://commons.wikimedia.org>)

Το ξύλο έχει χρώμα από λευκό υποκίτρινο έως ελαφρώς σκοτεινό, το εγκάρδιο ξύλο είναι ερυθρό, περισσότερο ή λιγότερο σκούρο, ενώ το σομφό είναι λευκό έως υποκίτρινο. Η πυκνότητα του ξύλου για υγρασία 20%, κυμαίνεται ανάμεσα σε 0,523 – 0,769. Το ξύλο της *P. maritima* διαθέτει καλές μηχανικές ιδιότητες. Παρουσιάζει καλή αντίσταση στη θλίψη, είναι βαρύ, σκληρό, συχνά εμποτισμένο με ρητίνη και έχει μεγάλη διάρκεια. Το σομφό ξύλο μπορεί να υποστεί κυάνωση από παρουσία μυκήτων, ενώ το εγκάρδιο είναι περισσότερο σκληρό και ανθεκτικό.

Όταν ο κορμός είναι στρεβλός και πολύκλαδος προκύπτει ξύλο κακής ποιότητας, με ακανόνιστους δακτυλίους, πολυάριθμους και μεγάλους ρόζους. Ανατομικά παρατηρούνται αρκετοί ρητινοφόροι αγωγοί μεγάλου μεγέθους, ούτως ώστε να γίνονται ορατοί με γυμνό οφθαλμό κατά μήκος των τομών του ξύλου. (Γώγος 1978, Farjon 2005).

2.2 Ποικιλίες και υποείδη της *P. maritima*

Η *P. maritima* διακρίνεται στις παρακάτω ποικιλίες : α) η ατλαντική από Ν.Δ. Γαλλία έως Πορτογαλία, β) η μεσογειακή της Ν. Γαλλίας και Ιταλίας, γ) της Κορσικής, δ) του Μαρόκου και ε) της αλγερινό - τυνησιακής ακτής. Η ατλαντική και η μεσογειακή ποικιλία θεωρούνται οι περισσότερες σημαντικές (Resch 1975).

Κατά τον Farjon (2010) έχουν αναγνωριστεί τρία υποείδη της *P. maritima*: 1) το τυπικό υποείδος (*P. pinaster* subsp. *pinaster*) εμφανίζεται στη Γαλλία, την Ισπανία και την Πορτογαλία. Η φυσική του εξάπλωση μέσα σε αυτές τις περιοχές δεν είναι γνωστή λόγω μακροχρόνιας καλλιέργειας. 2) το υποείδος *P. pinaster* subsp. *escarena* σχηματίζει φυσικούς πληθυσμούς, αφενός στην ακτή της Δυτικής Μεσογείου, αφετέρου στην ενδοχώρα της Ισπανίας, όπου ενώνεται με subsp. *pinaster* στα βορειοδυτικά και 3) το υποείδος, *P. pinaster* subsp. *renoui*, είναι πολύ σπάνιο και γνωστό στην αφρικανική μεσογειακή ακτή από δύο μόνο ξεχωριστούς πληθυσμούς, ο μεγαλύτερος των οποίων βρίσκεται στο Μαρόκο. Το συγκεκριμένο υποείδος έχει καταχωρηθεί ως απειλούμενο λόγω περιορισμένης εξάπλωσης, αποψίλωσης των δασών και οικολογικής υποβάθμισης. Τα άλλα δύο υποείδη, αλλά και γενικά η *P. maritima* στο σύνολό της, δεν υφίσταται μείωση, αντίθετα αυξάνεται σε πολλές περιοχές (IUCN. 2013).

2.3 Εξάπλωση της *P. maritima*

Η *Pinus maritima* ανήκει στην ευμεσογειακή ζώνη και στο μεγαλύτερο μέρος της παραμεσογειακής ζώνης βλάστησης, με εξαίρεση το *Quercetum montanum*. Είναι είδος περισσότερο σκιανθεκτικό από την *P. brutia* και λιγότερο από την *P. nigra*. Αντέχει στις χαμηλές θερμοκρασίες και χρειάζεται περισσότερη υγρασία σε σχέση με την *P. halepensis* ή την *P. brutia* (Αθανασιάδης 1986). Ωστόσο η *P. maritima* δείχνει μεγάλη κλιματική και οικολογική προσαρμοστικότητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ευρεία κλίμακα (Alia et al. 1993, Gonzalez - Martinez et al. 2004, Bucci et al. 2007). Στη δυτική Μεσόγειο θεωρείται ένα από τα πιο σημαντικά είδη, καταλαμβάνοντας έκταση 4 εκατομμυρίων εκταρίων στη νοτιοδυτική Ευρώπη και Βόρεια Αφρική, σε περιοχές που διαφέρουν σε υψόμετρο, κλιματικές και εδαφικές συνθήκες. (Alia et al. 1997, Doubos and Plomion 2003, Ozdemir et al. 2013).

Στη Γαλλία στην περιοχή Landes η *Pinus maritima* καταλαμβάνει έκταση 900.000 εκταρίων, η οποία αποτελείται από αμιγείς, ομήλικες συστάδες (Cucchi et al. 2004, Augusto et al. 2010). Κατά τον Herve (1964) στο δασικό σύμπλεγμα της

Προβηγκίας η επικράτηση της *P. maritima* οφείλεται στην υποβάθμιση των αυτοφυών δασών δρυός λόγω της υλοτομίας και των πυρκαγιών, αν και το πρωτογενές δάσος σε αρκετά σημεία αποκαταστάθηκε ξανά.

Στην Ισπανία είναι το συχνότερα απαντώμενο είδος πεύκου. Καλύπτει το 10% της δασικής έκτασης, δηλαδή 1.631.420 εκτάρια. Στην επαρχία της Γαλικίας στη ΒΔ Ισπανία η εγκατάσταση της *P. maritima* έγινε από αναδάσωση κατά τη διάρκεια του 19^{ου} και 20^{ου} αιώνα με εξαιρετική προσαρμογή, δημιουργώντας αμιγείς και μικτές συστάδες (Munoz et al. 2014). Κατά το χρονικό διάστημα 1940 - 1982 αναδασώθηκαν 780.000 εκτάρια (Alia et al. 1993), επίσης πραγματοποιήθηκαν εκτεταμένες αναδασώσεις *P. maritima* σε διάφορες περιοχές της χώρας κατά το έτος 1996 (Matrins et al. 2009). Ωστόσο η χρήση της στη βόρεια Ισπανία μειώθηκε, για χάρη άλλων ταχυαυξών, πολλές φορές περισσότερο απαιτητικών σε θρεπτικά στοιχεία δασικών ειδών, όπως η *P. radiata* και ο *Eucalyptus globulus* (Sanchez – Rodriguez et al. 2002).

Στην Κορσική σχηματίστηκαν μικτές συστάδες με τη χνοώδη δρυ ή την καστανιά (Roll 1955). Επίσης, μέχρι το ύψος των 1.000 μέτρων σχηματίζει σημαντικές συστάδες, μάλιστα σε δύο δασικά συμπλέγματα φθάνει μέχρι τα 1.200 και 1.400 μέτρα, πάντα όμως χαμηλότερα από τη μαύρη πεύκη (Debazac 1964). Η μίξη της *P. maritima* με άλλα είδη σπάνια γίνεται κατ' άτομο, κυρίως γίνεται κατά λόγχμες (Γώγος 1978).

Στη Σαρδηνία είναι αυτοφυές είδος και αναπτύσσεται σε οικολογικές συνθήκες παρόμοιες με της Κορσικής (Desole 1962). Σε φυσικούς πληθυσμούς η *P. maritima* σχηματίζει είτε αμιγείς συστάδες, είτε μικτές με την φελλοφόρο δρυ ή την αριά. Εύκολα μπορεί να καταλάβει μία έκταση, αντικαθιστώντας άλλα είδη που έχουν απομακρυνθεί μετά από υλοτομία ή πυρκαγιά (Guinier 1951).

Στην περιοχή Terina του Μαρόκου έγινε σπορά με επιτυχία, ενώ η ανάπτυξη των δέντρων ήταν ικανοποιητική (Monjauze 1960). Σε παρόμοιες συνθήκες σταθμού συναντάται η *P. maritima* στην περιοχή της Τύνιδας, η οποία προέρχεται από αναδασώσεις. (Timbal 1971).

Η *P. maritima* χρησιμοποιήθηκε σε αναδασώσεις σε περιοχές της ανατολικής Μεσογείου όπου δεν υπάρχει φυσική εξάπλωση (Τουρκία, Βουλγαρία), αλλά και περιοχές της Ασίας, της Αυστραλίας, της Ν. Ζηλανδίας Β. Αμερικής και Ν. Αφρικής. (Βενετιάδης 1976, Γώγος 1978, discoverlife.org 2015). Στην Αυστραλία εγκαταστάθηκε και παρουσίασε καλή ανάπτυξη, ενώ το 1996 ενθαρρύνθηκε η

καλλιέργειά της από ιδιώτες δασοκτήμονες, στο πλαίσιο εφαρμογής προγράμματος για τη δασοπονία πολλαπλών σκοπών (Ritson and Sochacki 2003). Στο βόρειο Ιράν δημιουργήθηκε με αναδάσωση σε έκταση 1.100 εκταρίων δάσος *P. maritima*, υψηλής παραγωγικότητας (Yousefrou et al. 2012). Στην Τουρκία, όπου εγκαταστάθηκε τεχνητά, η *P. maritima* θεωρείται εξαιρετικά δημοφιλής και χρησιμοποιείται ευρέως σε περιαστικά δάση και χώρους αναψυχής με πολύ καλή απόδοση (Yilmaz 2001, Ozdemir et al. 2013, Ozturk and Bolat 2014).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το εύρος των κλιματικών συνθηκών στις περιοχές όπου φυσικά συναντάται ή έχει διαδοθεί τεχνητά. Για παράδειγμα στην Ν.Δ. Γαλλία συναντάται σε περιοχές με ύψος βροχής 950 mm, μέση ελάχιστη θερμοκρασία το χειμώνα 1°C, με συχνούς παγετούς και μέση μέγιστη θερμοκρασία το καλοκαίρι 25°C με αρκετά παρατεταμένη περίοδο ξηρασίας (Medlyn et al. 2002). Στην κεντρική Γαλλία το είδος αναπτύσσεται καλά με ύψος βροχής 523-767 mm όταν ο αριθμός ημερών με παγετό δε ξεπερνά τις 54 – 85 (Alvarez and Roguet 1976). Στις παραλιακές Άλπεις φθάνει έως τα 1.200 μέτρα και έρχεται σε επαφή με τη δασική πέυκη, στην Κορσική έως τα 1.000 μέτρα και στην Ισπανία (Sierra Nevada) έως τα 1.500 μέτρα, ενώ στον Άτλαντα βρίσκεται μεταξύ των 1.000 και 2.000 μέτρων, (Debazac 1964, Ali Arif et al. 2014). Στα βόρεια δασόρια υπέστη σοβαρές ζημιές από το χιόνι και τον παγετό, ως αποτέλεσμα εξαιρετικά δυσμενών ψυχρών συνθηκών. Στην Τουρκία εγκαταστάθηκε σε περιοχή της Μαύρης Θάλασσας με ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων 1041 mm, μέση ετήσια θερμοκρασία 12,6°C και κατεύθυνση ανέμων βόρεια – βορειοδυτική (Ozdemir et al. 2013).

2.4 Εδαφικές συνθήκες

Γενικά η *P. maritima* συναντάται σε πυριτικά φτωχά αμμώδη εδάφη και αποφεύγει τα συμπαγή και αργιλλοασβεστούχα (Αθανασιάδης 1986). Κατά τον Guinier (1951) είναι ολιγαρκές, καθαρά ασβεστόφυγο, συνεπώς δε μπορεί να ανεχθεί παρά μόνο μια μικρή αναλογία ασβεστίου στο έδαφος. Σύμφωνα με το Μουλόπουλο (1967) η *P. maritima* δεν μπορεί να υποφέρει ποσότητα ασβεστίου περισσότερη από 3%, διότι μεγάλη ποσότητα ασβεστίου στο έδαφος εμποδίζει την πρόσληψη καλίου, ακόμα και στην περίπτωση που το κάλιο βρίσκεται στο έδαφος σε επάρκεια. Την παραπάνω άποψη υποστήριξε ήδη από το 1919 ο Ehrenberg, ο οποίος διατύπωσε το νόμο περί ανταγωνισμού ασβεστίου – καλίου, σύμφωνα με τον οποίο εάν ένα έδαφος εφοδιάζει ανεπαρκώς με κάλιο τα φυτά, σε περίπτωση που του προστεθεί

περισσότερο ασβέστιο ο εφοδιασμός των φυτών με κάλιο δυσχεραίνεται περισσότερο, οπότε η προσθήκη καλίου με λίπανση επιδρά ευεργετικά στην ανάπτυξη των φυτών (Αλεξανδρής 1968).

Ωστόσο σύμφωνα με τους Ozenda (1964) και Cappelli (1968) το είδος μπορεί να αναπτυχθεί ορισμένες φορές και σε ασβεστόλιθο. Στη Ιταλία συναντώνται φυσικές συστάδες *P. maritima* σε ασβεστούχα εδάφη. Η αύξηση του pH του εδάφους επηρεάζει την προσρόφηση του σιδήρου. Όταν η τιμή του ξεπερνά το 8 και η συγκέντρωση σιδήρου στο έδαφος δεν είναι επαρκής παρατηρούνται φαινόμενα χλώρωσης στα φυτά (Χατζηστάθης και Ζάγκας 1985, Hatzistathis and Zagas 1988). Στις παραλιακές Άλπεις της Γαλλίας η *P. maritima* συναντάται σε μίξη με την αριά σε ασβεστούχες εκτάσεις. Στην περιοχή Centre της Γαλλίας η *P. maritima* αναπτύχθηκε εξίσου καλά και σε αργιλώδη ή αργιλοαμμώδη εδάφη (Bonneau 1963). Επίσης, στην Τουρκία η *P. maritima* έχει εγκατασταθεί τεχνητά με επιτυχία στην περιοχή της Μαύρης Θάλασσας σε έδαφος μετρίου βάθους (50-90cm) με μητρικό πέτρωμα ασβεστόλιθο (Ozturk and Bolat 2013).

Η *P. maritima* μπορεί να αναπτυχθεί και σε φτωχά, αμμώδη εδάφη με έντονη αποσάθρωση. Στην περιοχή Aquitaine της νοτιοδυτικής Γαλλίας, στην ακτή του Ατλαντικού, σχηματίζει φυσικούς πληθυσμούς. Στην ίδια περιοχή σε συστάδες που προήλθαν από αναδάσωση παρατηρήθηκαν σε ορισμένες θέσεις συμπαγείς (αποσκληρυμένοι) ορίζοντες σε βάθος 0,3 - 1 m ή περισσότερο, με αποτέλεσμα τα δέντρα να υποφέρουν από ξηρασία κατά τους θερινούς μήνες, παρά το ικανοποιητικό ετήσιο μέσο ύψος βροχής της περιοχής (Dubos and Plomion 2003). Στην Γαλικία της Ισπανίας αναπτύχθηκαν σε εδάφη με υψηλή οξύτητα, μικρή συγκέντρωση ανταλλάξιμου ασβεστίου, μαγνησίου και καλίου και μικρή συγκέντρωση φωσφόρου (Eimil-Fraga et al. 2014), ενώ κατά τους Martins et al. (2009) η μικρή ποσότητα διαθέσιμων θρεπτικών στοιχείων είναι ο κύριος παράγοντας που εμποδίζει την παραγωγικότητα των συστάδων στην περιοχή. Στη βορειοδυτική Τύνιδα κατά τον Timbal (1971) η *P. maritima* συναντάται σε περιοχή με κολουβιακές αποθέσεις, εκπλυθέντα εδάφη ή εκπλυθέντα διαπερατά, με καλή δομή ή εδάφη που δεν έχουν πλήρως διαβρωθεί. Στη Δυτική Αυστραλία η *P. maritima* προσαρμόστηκε καλύτερα από την *P. radiata* (Scott 1960), ενώ σε αμμοαργιλώδες έδαφος παρουσίασε καλύτερη ανάπτυξη (Ritson and Sochacki 2003).

Η *P. maritima* χρησιμοποιείται για τη σταθεροποίηση των αμμόλοφων (θινών) σε παράκτιες περιοχές, όπου ο κίνδυνος εμφάνισης παγετού θεωρείται αμελητέος,

όπως για παράδειγμα στη Ν.Δ. Γαλλία και στην Κορσική σε όξινα αμμώδη εδάφη με καλή αποστράγγιση, μεγάλη περιεκτικότητα σιδήρου και αργιλίου στους επιφανειακούς ορίζοντες, μικρή εναλλακτική ικανότητα κατιόντων (CEC), μικρή περιεκτικότητα σε φώσφορο, παράγοντα που επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη των δέντρων (Bonneau 1995, Trichet et al. 2009, Ali Arif et al. 2014). Η μίξη με πλατύφυλλα στις περιοχές αυτές συνιστάται για τη βελτίωση της δομής του εδάφους, δεν αυξάνει ωστόσο την παραγωγικότητα (Pourtet 1964, Ali Arif et al. 2014).

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους πολλές φορές χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση των βελονών. Στην Ιταλία, συγκρίνοντας βελόνες της *P. maritima* σε ασβεστούχο έδαφος με τις αντίστοιχες σε έδαφος που προέρχεται από γρανίτη, διαπιστώθηκε ότι στις βελόνες που πρόσφατα λήφθηκαν από τα δέντρα και στις δύο περιοχές, η συγκέντρωση ασβεστίου είναι μικρότερη του καλίου. Αντίθετα, σε βελόνες που πρόσφατα είχαν πέσει από τα δέντρα βρέθηκε αυξημένη συγκέντρωση ασβεστίου (Levy 1968).

Το επίπεδο των θρεπτικών στοιχείων στο δασικό έδαφος μπορεί να αξιολογηθεί συγκρίνοντας τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στην κόμη των δέντρων με τα οριακά επίπεδα των θρεπτικών στοιχείων για τα συγκεκριμένα δασικά είδη. Στην περιοχή της Γαλικίας στην Ισπανία τα οριακά επίπεδα θρεπτικών στοιχείων για την *P. maritima* υπολογίστηκαν : <9,8 mg/g για το N, <0,8 mg/g για το P, <0,6 mg/g για το Ca, <0,7 mg/g για το Mg και <4,5 mg/g για το K (Eimil-Fraga et al. 2014). Η έλλειψη θρεπτικών στοιχείων (ιδιαίτερα μακροστοιχείων) συχνότερα παρατηρείται στην *P. maritima* με την παρακάτω σειρά : P>K>Mg>Ca>N, ενώ ελλείψεις B και Cu παρατηρήθηκαν σε πολύ αμμώδη και όξινα εδάφη (Martins et al. 2009). Επίσης, αναλύσεις βελονών σε δάση *P. maritima* στην περιοχή Landes της Γαλλίας και αντίστοιχες αναλύσεις σε αναδασώσεις *P. maritima* στην Αυστραλία έδειξαν τον φώσφορο ως το θρεπτικό στοιχείο που βρίσκεται συχνότερα σε περιορισμένη ποσότητα στο έδαφος (Saur et al. 1992, Bonneau 1995).

Στην Ιταλία η *P. maritima* αναπτύσσεται σε συνθήκες τοξικότητας από υψηλή συγκέντρωση Cu στο έδαφος, επειδή στη χώρα αυτή ο Cu βρίσκεται σε ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις λόγω ανθρωπογενών παραγόντων (Arduini et al. 1994).

Το φυσικό υπόβαθρο είναι ο κύριος παράγοντας που επιδρά στις ιδιότητες του εδάφους, ιδιαίτερα ανάμεσα σε ομοιογενείς κλιματικές ζώνες (Hartmann and Moosdorf 2012). Σε φυτείες της *P. maritima* στην Ισπανία, σε θέσεις με διαφορετικό μητρικό πέτρωμα, μελετήθηκε η περιεκτικότητα του εδάφους και των βελονών σε

θρεπτικά στοιχεία, σε σχέση με την ανάπτυξη των δέντρων. Η μικρότερη ανάπτυξη στα φυτά και η μεγαλύτερη έλλειψη θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος παρατηρήθηκε σε μητρικό πέτρωμα σχιστόλιθο, χαλαζία, μαρμαρυγία ή ιζηματογενές πέτρωμα. Η περιεκτικότητα των θρεπτικών στοιχείων στις βελόνες ήταν ανάλογη με αυτή του εδάφους. Αντίθετα, σε μητρικό πέτρωμα γρανίτη ή γνεύσιο δημιουργούνται βαθύτερα εδάφη και καλύτερες εδαφικές συνθήκες, οι οποίες αντικατοπτρίζουν τις καλύτερες συνθήκες αύξησης των φυτών (Eimil-Fraga et al. 2014).

2.5 Δασοκομικοί χειρισμοί

Η εγκατάσταση της *P. maritima* με σπορά ή φύτευση συνιστάται για την αναβάθμιση υποβαθμισμένων πρεμνοφυών δασών, με σκοπό την αύξηση του ξυλώδους κεφαλαίου (Rivailon 1969). Η τεχνική εγκατάστασης που προτείνεται για τις αναδάσωσης με *P. maritima* είναι η σπορά, η οποία προτιμάται σε σχέση με τη φύτευση, ύστερα από καθαρισμό και διαμόρφωση του εδάφους. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και φύτευση με βωλόφυτα ή γυμνόριζα φυτάρια 5-6 μηνών. Σε αναδάσωση *P. maritima* με φύτευση στη Γαλλία χρησιμοποιήθηκαν 2.500 φυτά ανά εκτάριο. Στη συνέχεια έγινε αραίωση της φυτείας τον 5ο ή 6ο χρόνο και δεύτερη αραίωση ύστερα από 10-20 έτη, ούτως ώστε στην περιοχή να παραμείνουν τελικά 2.000 – 2.400 άτομα ανά εκτάριο (Lallemand et al. 1960).

Για την τεχνητή ίδρυση συστάδας με σπορά υπολογίζεται ότι η φυτρωτικότητα των σπόρων είναι 85%, για ευρυσπορά απαιτούνται 12-17 kg σπόρων ανά εκτάριο, ενώ όταν η σπορά γίνεται σε λωρίδες ή αυλάκια, καταλαμβάνοντας επιφάνεια: α) 5.000 m² απαιτούνται 8-10 kg σπόρων ανά εκτάριο, β) 2.500 m² απαιτούνται 5-6 kg σπόρων ανά εκτάριο και γ) 1.000 m² απαιτούνται 3-4 kg σπόρων ανά εκτάριο. Τέλος, όταν η σπορά γίνεται σε πινάκια ή οπές, καταλαμβάνοντας επιφάνεια 5.000 m², απαιτούνται 6-8 kg σπόροι ανά εκτάριο (Μουλόπουλος 1967). Ο φυτευτικός σύνδεσμος που συνιστάται για τις παραμεσόγειες και μεσευρωπαϊκές χώρες είναι 1-5 έως 1-8 μέτρα (Χατζηστάθης και Ντάφης 1989).

Η χρήση αζωτούχων και φωσφορικών λιπασμάτων, καθώς και η άρδευση στα πρώτα έτη των φυτών, θεωρούνται κατάλληλες πρακτικές, οι οποίες αλληλοεπιδρώντας συμβάλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας (Waterworth et al. 2007). Το πλήρες λίπασμα έδωσε καλύτερα αποτελέσματα, αφού το ύψος των φυτών διπλασιάστηκε και ορισμένα άτομα ξεπέρασαν το 1, 5 μέτρο σε ηλικία 2 ετών (Ali Arif et al. 2014). Χρήση λιπασμάτων για την *P. maritima* στα πρώτα 5 έτη μετά τη

φύτευση προτείνεται επίσης από τους Martins et al. (2009), προκειμένου να αντιμετωπιστούν προβλήματα μειωμένης γονιμότητας. Σε παλαιότερες μελέτες (Ily 1964) η λίπανση θεωρήθηκε ασύμφορη για οικονομικούς λόγους, αν και αποδείχθηκε η ευνοϊκή επίδραση του αζώτου και του φωσφόρου στα νεόφυτα.

Η βαθιά κατεργασία του εδάφους, η οποία εφαρμόστηκε σε συστάδες *P. maritima* στην Τουρκία, φαίνεται να έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη των νεαρών φυτών (Cooling 1977).

Ο τρόπος διαχείρισης μιας συστάδας, αν δεν είναι ο κατάλληλος για τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, υπό την επίδραση ακραίων καιρικών φαινομένων ενδέχεται να καταστεί επικίνδυνος. Στην περιοχή Landes της Ν.Δ. Γαλλίας, στις 27 και 28 Δεκεμβρίου 1999, κατά τη διάρκεια καταιγίδας, καταστράφηκε από ανεμοριψίες ξυλώδης όγκος *P. maritima* 25.000.000 m³, ο οποίος αντιστοιχεί στο ένα πέμπτο του συνολικού ξυλώδους όγκου της περιοχής. Το γεγονός αυτό προέκυψε λόγω του αβαθούς εδάφους, αλλά και της αραίωσης κατά λωρίδες 3,5 μέτρων που είχε προηγηθεί το καλοκαίρι του 1999 στην περιοχή (Cucchi and Vert 2003). Στη συνέχεια μελετήθηκε η αρχιτεκτονική της ρίζας και οι συνθήκες ανάπτυξης του ριζικού συστήματος στο έδαφος της συγκεκριμένης περιοχής, ούτως ώστε να αποφευχθούν παρόμοια περιστατικά (Cucchi et al. 2004).

Τέλος, η ανάπτυξη μυκόρριζας, η οποία εφαρμόζεται συχνά στα δάση των βορειότερων περιοχών, παίζει σημαντικό ρόλο στην ισορροπία των δασικών οικοσυστημάτων και εκτιμάται ως άριστη στρατηγική σε συστάδες *P. maritima*, διότι αυξάνει την πρόσληψη φωσφόρου και καλίου από τα φυτά (Smith and Read 2008, Garcia et al. 2013). Η συμβίωση της *P. maritima* με τον μύκητα *Hebeloma cylindrosporum* σε ψυχρότερα και υγρότερα περιβάλλοντα προτείνεται επίσης από τους Muller et al. (2007), διότι μέσω του συμβιωτικού μηχανισμού αυξάνεται η διαθέσιμη ποσότητα N σε ανόργανη ή οργανική μορφή.

2.6 Παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν την ανάπτυξη της *P. maritima*

Από τους παράγοντες του περιβάλλοντος σπουδαιότερη παράμετρος βλάβης θεωρήθηκε το ψύχος, διότι η *P. maritima* λόγω του μεγάλου μήκους των βελονών της υποφέρει όταν φορτώνονται τα κλαδιά της με χιόνι ή πάγο (Γώγος 1978). Σε περιπτώσεις συνηθισμένου ψύχους όμως η *P. maritima* δε φαίνεται να επηρεάζεται. Ιδιαίτερη σημασία για την ανθεκτικότητα των φυτών στο ψύχος έχει η χρήση σπόρου

κατάλληλης προέλευσης από περιοχή με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες με την περιοχή εγκατάστασης της φυτείας.

Ωστόσο σύγχρονα σενάρια για την κλιματική αλλαγή προβλέπουν έως το τέλος του 21^{ου} αιώνα στη λεκάνη της Μεσογείου άνοδο της θερμοκρασίας 3-3,5 °C, μείωση των ετήσιων κατακρημνισμάτων σε ποσοστό 10-20% με συχνές περιόδους ξηρασίας (IPCC, 2007). Συνεπώς η αντοχή της *P. maritima* σε ακραίες συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας και μειωμένης υγρασίας φαίνεται να αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία. Στις πιθανές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής για την *P. maritima* λόγω ανόδου της θερμοκρασίας περιλαμβάνονται: ο περιορισμός της ανάπτυξης των φυτών, η μείωση της διάρκειας ζωής των βελονών, η επιτάχυνση του κύκλου εργασιών τους, η χρήση περισσότερου CO₂ για την αντικατάσταση των βελονών και η αύξηση και επέκταση του ριζικού τους συστήματος, εκτός αν παράλληλα υπάρξει αύξηση των βροχοπτώσεων (Sabate et al. 2002).

Στα ξυλώδη φυτά οι ετήσιες αλλαγές στη θερμοκρασία και στην υγρασία αποτυπώνονται στο εύρος των ετήσιων αυξητικών δακτυλίων του κορμού. Σε μελέτη που έγινε στην Πορτογαλία για τη συσχέτιση των ανατομικών χαρακτηριστικών του ξύλου της *P. maritima* με τις αντίστοιχες κλιματικές συνθήκες, διαπιστώθηκε η ικανότητα του φυτού να ανταπεξέρχεται στις διακυμάνσεις των καιρικών συνθηκών (Nabais et al. 2014).

Ένας άλλος σημαντικός αβιοτικός παράγοντας που σχετίζεται με την *P. maritima* είναι οι πυρκαγιές, αφού το δασικό αυτό είδος δημιουργεί εξαιρετικά εύφλεκτες συστάδες (Pourtet 1964). Στην Πορτογαλία μεταξύ των ετών 1995 – 2006 η έκταση των συστάδων της *P. maritima* έχει μειωθεί από το 30% της συνολικής δασικής έκτασης της χώρας στο 22% εξαιτίας των πυρκαγιών (Ferreira et al. 2014). Κατά το χρονικό διάστημα 1976-1996 κάηκαν 69.000 εκτάρια δάσους *P. maritima* στην επαρχία Albacete της νοτιοανατολικής Ισπανίας, δηλαδή το 1/3 της συνολικής έκτασης της περιοχής. Επίσης, στην Ισπανία αναφέρεται καταστροφή ώριμου δάσους *P. maritima* 17 εκταρίων από πυρκαγιά τον Σεπτέμβριο του 1993 με θερμοκρασία 22°C, λόγω μειωμένης υγρασίας και δυνατού ανέμου (Ferrandis et al. 1996).

Η επίδραση των πυρκαγιών τείνει να αυξηθεί τα επόμενα έτη για τα μεσογειακά οικοσυστήματα, εξαιτίας της παρατηρούμενης κλιματικής αλλαγής. Για το λόγο αυτό ο Γώγος (1978) προτείνει τη μίξη με πλατύφυλλα ως προληπτικό μέτρο, ενώ νεότερες μελέτες συνιστούν τη διατήρηση τράπεζας σπόρων και την εφαρμογή

φύτευσης σε πρώιμο στάδιο αποκατάστασης του δάσους μετά την πυρκαγιά (Ferrandis et al. 1996).

Ο κίνδυνος ανεμοριψίας σε συστάδες *P. maritima*, οι οποίες έχουν εγκατασταθεί σε αμμώδη, αβαθή εδάφη είναι σημαντικός και εξαρτάται από τον τρόπο διαχείρισης της συστάδας και από τη συχνότητα εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων. Το παράδειγμα της καταστροφής μεγάλου μέρους της συστάδας *P. maritima* στην περιοχή Landes της Γαλλίας το Δεκέμβριο του 1999, το οποίο ήδη αναφέρθηκε, είναι ενδεικτικό (Medlyn et al. 2002, Cucchi and Vert 2003).

Στους επικίνδυνους βιοτικούς παράγοντες για το είδος περιλαμβάνεται και το έντομο *Matsucoccus feytaudi* Duc, το οποίο προσβάλλει μόνο την *P. maritima* και όχι άλλα είδη πεύκου, όπως τη χαλέπιο ή την κουκουναριά. Οι προσβολές από το έντομο δύσκολα ανακαλύπτονται πριν από το τέλος του χειμώνα, οπότε γίνονται αντιληπτοί οι λευκοί σωροί των αυγών, διότι το έντομο σε αρχικό στάδιο παραμένει αθέατο στις ανωμαλίες του φλοιού. Μετά την εισβολή του *Matsucoccus* αναπτύσσονται και ξυλοφάγα έντομα, όπως το *Pissodes notatus* και το *Myelophillus piniperda*, τα οποία προσβάλλουν δευτερογενώς τα δέντρα και επιταχύνουν την υποβάθμιση του δάσους. Προσβολές από το έντομο έχουν καταστρέψει 120.000 εκτάρια *P. maritima* στις περιοχές Var και Alpes Maritimes της Γαλλίας, ενώ παρατηρήθηκαν βλάβες σε πευκώνες της Ιταλίας και της Κορσικής (Joly 1963, Carle and Schvester 1975). Ορισμένοι ερευνητές συνιστούν τη μίξη με πλατύφυλλα για την προστασία της *P. maritima* από τα έντομα, ενώ κατ' άλλους η μίξη με πλατύφυλλα δεν αποτελεί προληπτικό μέτρο (Rivaillon 1969, Bonneau 1971).

2.7 Παραγωγή ξύλου και ρητίνης

Η *P. maritima* θεωρήθηκε είδος με δυνατότητα παραγωγής ξύλου και ρητίνης και με σημαντικό οικονομικό ενδιαφέρον, για το λόγο αυτό προτάθηκε ως κατάλληλη για αναδασώσεις σε περιοχές εκτός των ορίων της φυσικής της εξάπλωσης (Debazac 1964).

Σχετικά με τη χρήση του το ξύλο της *P. maritima* είναι αξιοποιήσιμο, όχι όμως σε μεγάλα μεγέθη, όπως το ξύλο της δασικής πεύκης που θεωρείται καλύτερης ποιότητας. Επειδή δεν διαθέτει αρκετή ελαστικότητα, δεν θεωρείται κατάλληλο για κατασκευές που δέχονται κατά διαστήματα φορτία, όπως για παράδειγμα γέφυρες. Ωστόσο είναι χρήσιμο σε μεγάλο αριθμό εφαρμογών: την επιπλοποιία, την ξυλουργική, την κατασκευή μέσων συσκευασίας, κιβωτίων, μοριοσανίδων,

τηλεγραφικών στύλων, υποστλωμάτων ορυχείων, στρωτήρων, καθώς επίσης και τη χαρτοποιία (Munoz et al. 2014). Το ρητινούχο ξύλο είναι μεγαλύτερης διάρκειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εξωτερικές κατασκευές ως ανθεκτικό στην υγρασία. Εύκολα μπορεί να εμποτιστεί υπό πίεση λόγω της παρουσίας ρητινοφόρων αγωγών σημαντικού μεγέθους. Γενικά θεωρείται ξύλο κατασκευών και βιομηχανίας, ιδιαίτερα κατάλληλο για ξυλοπολτό, κατάλληλο επίσης για την παραγωγή της ρητίνης και των προϊόντων της.

Η παραγωγικότητα των συστάδων της *P. maritima* στη Γαλλία έγινε αντικείμενο εκτεταμένης μελέτης. Κατά τους Parde (1966) και Chmimits (1967) η *P. maritima* κατατάχθηκε τρίτη από πλευράς παραγωγικότητας στον πίνακα κατάταξης των δασικών ειδών της Γαλλίας, με απόδοση από 10 έως 15 m³ ανά εκτάριο. Κατά τους Cucechi et al. (2004), ενώ καλύπτει το 7% των δασών στη Γαλλία, παράγει το 16% του ξυλοπολτού και των προϊόντων ξύλου. Κατά τους Bert και Danjon (2006) κατά τα τελευταία χρόνια στη Γαλλία το 19-20% του μαλακού ξύλου παράγεται από συστάδες της *P. maritima*.

Στην Ισπανία, ενώ η *P. maritima* καλύπτει το 10% της έκτασης στη χώρα, η παραγωγή σε ξυλώδη όγκο αντιπροσωπεύει το 27% της συνολικής παραγωγής. Κατά τους Eimil-Fraga et al. (2010) στην Ισπανία η *P. maritima* καταλαμβάνει έκταση 1,68 Mha, η οποία περιλαμβάνει αμιγείς και μκτές συστάδες, παράγει ξυλώδη όγκο μεγαλύτερο από 3,1 Mm³ ανά έτος, με συνέπεια να θεωρείται το δεύτερο πιο σημαντικό είδος στη χώρα για παραγωγή ξύλου μετά τον ευκάλυπτο (*Eucalyptus globulus*). Για την τυποποίηση των παραγόμενων προϊόντων ξύλου προτάθηκε μοντέλο υπολογισμού της ποσότητας των ρόζων στο ξύλο με βάση το ύψος κάθε δέντρου και το ύψος των κυρίαρχων ατόμων του σταθμού, ενώ ο δασοκομικός χειρισμός δε φαίνεται να επιδρά στην ποιότητα του ξύλου (Munoz et al. 2014). Οι Bravo-Oviedo et al. (2006) ασχολήθηκαν με διάφορα διαχειριστικά μοντέλα, ούτως ώστε να καθοριστούν οι σπουδαιότερες μεταβλητές που επιδρούν στην ανάπτυξη της *P. maritima*, προκειμένου να εξασφαλιστεί η επιβίωσή της τα επόμενα έτη.

Στην Κορσική η *P. maritima* σε σύγκριση με την τοπική *P. laricio* χαρακτηρίστηκε περισσότερο ταχυαυξές είδος, το ξύλο της όμως θεωρήθηκε κατώτερης ποιότητας (Roll 1955).

Στην Πορτογαλία η *P. maritima* θεωρείται το πιο σημαντικό είδος στη χώρα για παραγωγή ξυλώδους όγκου (Ferreira et al. 2014).

Μελέτες έγιναν και για την παραγωγή ρητίνης, η οποία υπολογίστηκε σε ηλικία 44 έτη να φτάνει τα 200 λίτρα ανά εκτάριο ανά έτος. Η Ελλάδα μέχρι τη δεκαετία του '70 θεωρούνταν η μεγαλύτερη ρητινοπαραγωγός χώρα στην Ευρώπη, κυρίως από την *P. halepensis* και *P. brutia*, ωστόσο η ρητίνευση έχει εγκαταλειφθεί στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια (Σκαλτσογιάννης κ.α. 2012). Στην Ισπανία η δραστηριότητα αυτή θεωρείται αρκετά προσοδοφόρα και εφαρμόζονται καινοτόμες μέθοδοι παραγωγής, αξιοποιώντας αυτό το δευτερογενές δασικό προϊόν, το οποίο αποτελεί βάση για εκατοντάδες χημικά προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας. Συγκεκριμένα για το χρονικό διάστημα από 2007 έως 2010 η παραγωγή ρητίνης στην Ισπανία υπολογίστηκε 2 – 6 kg/δέντρο/έτος και οφείλεται αποκλειστικά στην *P. maritima*, το μοναδικό δασικό είδος που ρητινεύεται στη χώρα (Rodriguez et al. 2000).

Για τη βελτίωση της παραγωγικότητας των συστάδων της *P. maritima* εφαρμόστηκαν διαφορετικοί δασοκομικοί χειρισμοί (Donald 1957, Alvarez και Roguet 1976). Επίσης, για την εκτίμηση της παραγωγικότητας της *P. maritima* συντάχθηκαν πίνακες παραγωγής. Για την περιοχή της νοτιοδυτικής Γαλλίας υπολογίστηκε η ανάπτυξη των δέντρων και η απόδοση σε ξυλώδη όγκο της συστάδας, διακρίθηκαν με βάση το κυρίαρχο ύψος ή το μέσο ύψος και την ηλικία 5 κλάσεις παραγωγικότητας, ενώ οι πίνακες παραγωγής προσαρμόζονται συνεχώς στα νέα δεδομένα (Lemoine 1975, 1982 και 1991). Η συνολική παραγωγή φθάνει στο ανώτερο επίπεδο στην ηλικία των 40-45 ετών. Πίνακες παραγωγής συντάχθηκαν και σε περιοχές στις οποίες η *P. maritima* εγκαταστάθηκε τεχνητά, όπως στο βόρειο Ιράν, όπου στην ηλικία των 16 ετών παρουσιάζει μέση απόδοση 15 m³ ανά εκτάριο και έτος (Yousefpoor et al. 2012).

2.8. Γενετική βελτίωση της *P. maritima*

Η διασφάλιση των γενετικών πόρων θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατήρηση της παραγωγικότητας των συστάδων και αποκτά εξαιρετικό ενδιαφέρον για σημαντικά δασοπονικά είδη. Το γονιδίωμα της *P. maritima* έχει χαρτογραφηθεί με τη χρήση τυχαία ενισχυμένου πολυμορφικού DNA (RAPD) και πρωτεϊνικών δεικτών (Plomion et al. 1995).

Στην Ιβηρική χερσόνησο από την ανάλυση του πληθυσμού της *P. maritima* προκύπτει η ύπαρξη τριών ανεξάρτητων ομάδων με διαφορετικά επίπεδα παραλλακτικότητας, ενώ η παρουσία σπάνιων αλληλόμορφων αποτελεί ένδειξη για

την ύπαρξη καταφυγίων κατά τη διάρκεια της εποχής των παγετώνων (Salvador et al. 2000). Προκειμένου να διερευνηθεί η ιστορία εγκατάστασης του δασοπονικού αυτού είδους στη Μεσόγειο, εξετάστηκαν με χρήση μοριακών δεικτών οι πληθυσμοί της *P. maritima* και διαπιστώθηκε ότι οι εν λόγω πληθυσμοί στη Γαλλία και στην Ιταλία παρουσιάζονται ως δεξαμενές γενετικής ποικιλότητας, σε αντίθεση με τους αντίστοιχους στην Πορτογαλία και στη Βόρεια Αφρική, οι οποίοι φαίνεται ότι προήλθαν από μετανάστευση (Vendramin et al. 1998, Alía and Martín 2003). Σε πληθυσμό *P. maritima* της Ισπανίας μελετήθηκε η αλληλεπίδραση γενοτύπου – περιβάλλοντος και η σχέση τους με την παραγωγικότητα της συστάδας (Alía et al. 1997).

Προκειμένου να διερευνηθεί η ανταπόκριση της *P. maritima* σε ακραίες καιρικές συνθήκες, δεδομένης της παρατηρούμενης κλιματικής αλλαγής, εξετάστηκε η γενετική παραλλακτικότητα του είδους με χρήση διαφορετικών τεχνικών, όπως είναι οι μοριακοί δείκτες. Οι Dubos και Plomion (2003) ασχολήθηκαν με την ταυτοποίηση μορφολογικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών της ρίζας της *P. maritima* που οφείλονται σε γονίδια και ανταποκρίνονται σε συνθήκες έλλειψης νερού. Με τη χρήση 2 διαφορετικών τεχνικών (cDNA και ALFP) εντοπίστηκε γενετική ποικιλομορφία και διαφορετική ανταπόκριση των ριζών του φυτού σε κατάσταση υδατικού stress λόγω γενετικών διαφορών σε ποσοστό 1,2%. Κατά τους Gonzalez - Martinez et al. (2005) παρατηρείται υψηλή γενετική παραλλακτικότητα εντός των πληθυσμών, ευνοώντας τη δυνατότητα εξέλιξης υπό την επήρεια έντονων πιέσεων. Επιπλέον η *P. maritima* εμφανίζει υψηλή φαινοτυπική πλαστικότητα, είναι δηλαδή σε θέση να διαφοροποιεί το φαινότυπο σύμφωνα με τις ειδικές περιβαλλοντικές συνθήκες, στις οποίες αναπτύσσεται (Chambel et al. 2007). Τέλος στην Ισπανία εξετάστηκε η γενετική ποικιλότητα της *P. maritima*, προκειμένου να διαπιστωθεί η ανταπόκρισή της σε συνθήκες μειωμένης εδαφικής γονιμότητας, οι οποίες παρατηρούνται στην περιοχή της Γαλικίας (Paz-Gonzalez et al. 2000, Martins et al. 2009).

Στην περιοχή Landes της Ν.Δ. Γαλλίας μελετήθηκε η αρχιτεκτονική της ρίζας με σύστημα 3D, ούτως ώστε να εντοπιστούν οι ανατομικές διαφορές στη ρίζα ανάμεσα στα ανθεκτικά και μη φυτά, προκειμένου να ελεγχθεί η αντοχή της *P. maritima* στις ανεμοριψίες. Συγκεκριμένα στα μη ανθεκτικά φυτά βρέθηκε μικρότερος όγκος κατακόρυφων διακλαδώσεων και μεγαλύτερος πλαγίων, ενώ στα

ανθεκτικά φυτά υπήρξε ισχυρή υπήνεμη ή προσήνεμη ενίσχυση της ρίζας (Danjon et al. 2005).

Για τον έλεγχο της καταλληλότητας και τη βελτίωση της ποιότητας του φυτευτικού υλικού σε συστάδες προερχόμενες από αναδάσωση, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των παραγόντων που επηρεάζουν τις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών και συγκρίσεις μεταξύ ατόμων διαφορετικών προελεύσεων στη Γαλλία και στην Τουρκία (Medlyn et al. 2002, Ozdemir et al. 2013).

2.9 Η *P. maritima* στην Ελλάδα

Επειδή η *P. maritima* ευδοκίμει σε παρόμοιες με την Ελλάδα κλιματοεδαφικές συνθήκες, επιτυγχάνοντας υψηλές αποδόσεις, θεωρήθηκε κατάλληλη για αναδασώσεις στη χώρας μας. Αναδασώσεις με αυτό το δασοπονικό είδος έγιναν και σε άλλες χώρες της νοτιανατολικής Ευρώπης, όπως στη Βουλγαρία και την Τουρκία (Βενετιάδης 1976, Ozturk and Bolat 2014).

Στην Ελλάδα εισήχθη αρχικά το 1912 στην περιφέρεια Λάππα της κοινότητας Μετοχίου Αχαΐας και αργότερα στη θέση Λάκκα στις Μηλιές Πηλίου. Σε αναδασώσεις χρησιμοποιήθηκε κυρίως κατά το χρονικό διάστημα από το 1920 έως το 1970, σε αρκετές περιπτώσεις σε συνδυασμό με την παρόμοιων οικολογικών απαιτήσεων *P. radiata*, με σκοπό την αναβάθμιση θαμνοτόπων και υποβαθμισμένων δρυοδασών σε αρκετές περιοχές της Βόρειας Ελλάδας και ειδικότερα στη Χαλκιδική, Πλαγία Κιλκίς, Καστανιά Πιερίας, Βασιλειάδα Καστοριάς, Νιγρίτα Σερρών, Πόρτο Λάγος Ξάνθης, Λουτρά Θέρμης Θεσσαλονίκης. (Γώγος 1978, Varelides and Kritikos 1994).

Με βάση τις διεθνείς αναφορές για την οικολογική προσαρμοστικότητα και την οικονομική αποδοτικότητά της, η *P. maritima* δικαιολογημένα θεωρήθηκε στην Ελλάδα μία συμφέρουσα από κάθε άποψη επιλογή, ιδανική για αναδασώσεις μεγάλων εκτάσεων με σκοπό την παραγωγή τεχνικού ξύλου, αν και από την αρχή εκφράστηκαν επιφυλάξεις. Η επιτυχής εγκατάστασή της ενδεχομένως θα εξασφάλιζε σημαντική ποσότητα πρώτης ύλης, χρήσιμη σε μεγάλο αριθμό εφαρμογών και πιθανόν θα καθιστούσε τη χώρα αυτάρκη σε προϊόντα ξύλου, στα οποία ανέκαθεν ήταν ελλειμματική (Αλεξανδρής 1969, Νάκος 1976). Επιπρόσθετα, θα εξασφάλιζε συμπληρωματικό εισόδημα σε πληθυσμούς ορεινών περιοχών και θα βελτίωνε οικολογικά και αισθητικά υποβαθμισμένα ορεινά οικοσυστήματα. Ο Δαμαλάς (1977) σε οικονομοτεχνική μελέτη υπολόγισε με βάση τα στοιχεία της εποχής σημαντικές

οικονομικές προσόδους από τις αναδασώσεις της *P. maritima* στην Ελλάδα, οι οποίες θα υπερκάλυπταν τα έξοδα εγκατάστασης. Στο πλαίσιο αυτό άρχισαν οι αναδασώσεις μεγάλων εκτάσεων στη Βόρεια Ελλάδα με σκοπό τη δημιουργία αμιγών συστάδων, χωρίς ωστόσο να προηγηθεί επαρκής σχεδιασμός.

Στη συνέχεια η *P. maritima* συμπεριλήφθηκε ως αντικείμενο μελέτης σε αρκετές επιστημονικές εργασίες, προκειμένου να διερευνηθεί η πορεία ανάπτυξής της στη χώρα μας. Στο δασικό φυτώριο Λαγκαδά παρήχθη φυτευτικό υλικό σε paper pots με χρήση μίγματος περλίτη και τύρφης σε αναλογία 2:1 κατ' όγκο, στο οποίο προστέθηκαν 1 kg θειικού καλίου, 2,4 kg υπερφωσφορικό (21%), 0,8 kg ασβεστούχου νιτρικής αμμωνίας, 2 kg υδρασβέστου και μείγμα ιχνοστοιχείων ανά κυβικό μέτρο τύρφης. Συγχρόνως εφαρμόστηκε λίπανση με 1 kg νιτρικής αμμωνίας ανά κυβικό μέτρο νερού και πότισμα, ούτως ώστε 5 μήνες μετά τη σπορά προέκυψαν ομοιόμορφα φυτάρια πολύ καλά για μεταφύτευση (Παπαμίχος 2006).

Το 1981 με βάση το πρόγραμμα FAO/UNDP/GRE/78/003 εγκαταστάθηκαν δύο φυτείες *P. maritima* στη Βόρεια Ελλάδα σε περιοχές υποβαθμισμένων πρεμνοφυών δρυοδασών. Σε μελέτη του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών της Αθήνας το 1994 στο πλαίσιο του ανωτέρω έργου, εξετάστηκε η επίδραση της λίπανσης και της κατεργασίας του εδάφους σε φυτεία έκτασης 1.300 εκταρίων με μητρικό πέτρωμα σχιστόλιθο στη Νιγρίτα Σερρών (Varelides and Kritikos 1994).

Παράλληλα πραγματοποιήθηκε έρευνα για τις εδαφικές συνθήκες στις περιοχές εγκατάστασης της *P. maritima*, σε συνδυασμό με ανάλυση των θρεπτικών στοιχείων στις βελόνες της. Ειδικότερα μελετήθηκε η περιεκτικότητα του Na σε βελόνες ατόμων ηλικίας 8-13 ετών και βρέθηκε εκατοστιαία αναλογία 0,068-0,111, τιμή μεγαλύτερη από το διπλάσιο των τιμών που αντιστοιχούν στα είδη *P. halepensis*, *P. brutia*, και *P. radiata*. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι το άθροισμα ασβεστίου – καλίου στις βελόνες της *P. maritima*, αλλά και των άλλων μεσογειακών πεύκων, παραμένει σταθερό σε όλο το διάστημα της βλαστικής περιόδου. Η εκατοστιαία αναλογία φωσφόρου και αζώτου στις βελόνες της ήταν αντίστοιχα 0,125% και 0,135%, τιμές αρκετά χαμηλές σε σχέση με τις αντίστοιχες σε άλλα μεσογειακά είδη πεύκης (Νάκος 1976, Αλεξανδρής 1979). Σε φυτεία *P. maritima* στο Πόρτο Λάγος Ξάνθης, η οποία εγκαταστάθηκε σε έδαφος πλούσιο σε ανθρακικό ασβέστιο, εφαρμόστηκε επιτυχώς λίπανση με κάλιο, προκειμένου να αντιμετωπιστούν φαινόμενα χλώρωσης σε νεαρά δενδρύλλια. (Αλεξανδρής 1969). Τέλος, εξέταση των χαρακτηριστικών του δασικού τύπου σε αναδασώσεις *P. maritima*, όπως και σύγκριση με αντίστοιχα στοιχεία για

την *P. radiata* και την *P. nigra*, πραγματοποιήθηκαν σε συστάδα 20 ετών (Αλιφραγκής κ.α. 1998, Καββαδίας κ.α. 1998).

Τα πρώτα στοιχεία για την προσαρμοστικότητα της *P. maritima* στη χώρα μας ήταν μάλλον ενθαρρυντικά και δεν προμήνυαν τη μετέπειτα κατώτερη των προσδοκιών εξέλιξή της, σε σύγκριση μάλιστα με εντόπια δασικά είδη δεν φάνηκε τελικά να υπερτερεί. Για παράδειγμα σε αναδάσωση *P. maritima* και *P. brutia*, η οποία πραγματοποιήθηκε σε έκταση 500 στρεμμάτων σε περιοχή της Κομοτηνής κατά το διάστημα 1965-1970, διαπιστώθηκε ότι η *P. maritima* παρουσίασε φαινόμενα χλώρωσης ύστερα από 10 έτη και τελικά ξεράθηκε, ενώ αντίθετα η *P. brutia* επιβίωσε και αναπτύχθηκε ικανοποιητικά (Βαφειάδου και Καραμανώλη 1989). Σήμερα κάθε προσπάθεια αξιοποίησης της *P. maritima* στη χώρα μας έχει από καιρό εγκαταλειφθεί, ενώ το όλο εγχείρημα καταγράφηκε ως ένα ατυχές παράδειγμα εισαγωγής ξενικού είδους στην Ελλάδα.

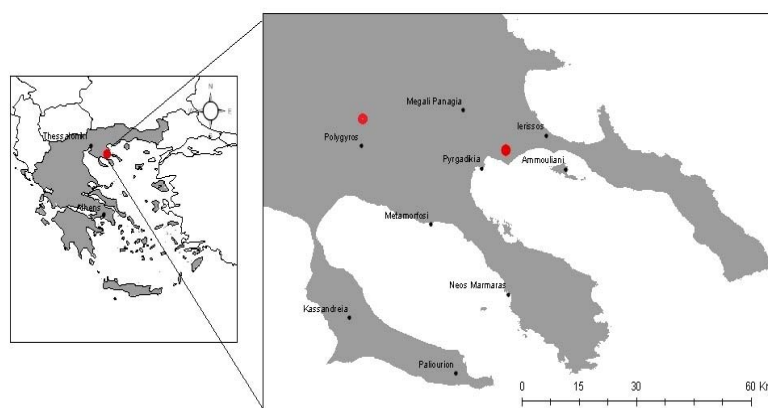


Εικόνα 2: Αναδασώσεις *P. maritima* στον Πολύγυρο Χαλκιδικής

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Περιοχή έρευνας

Η περιοχή έρευνας της παρούσας εργασίας τοποθετείται στις αναδασώσεις *P. maritima* στην κεντρική και βορειανατολική Χαλκιδική. Η *P. maritima* εισήχθη στη Χαλκιδική από το 1968 με τη δημιουργία τεχνητών συστάδων (αναδασώσεων) και με σκοπό την αναβάθμιση και προστασία του φυσικού περιβάλλοντος σε ορεινές περιοχές. Εγκαταστάθηκε σε μεγάλες εκτάσεις, στις οποίες τα κυρίαρχα είδη ήταν ο πρίνος (*Quercus coccifera*), η αριά (*Q. ilex*), η χνοώδης και η πλατύφυλλη δρυς (*Q. pubescens* και *Q. conferta*), καθώς και περιοχές άλλων αείφυλλων πλατύφυλλων, όπου κυριαρχούσαν ανάμεικτα η ερείκη (*Erica arborea*), ο πρίνος, (*Quercus coccifera*) και η κουμαριά (*Arbutus unedo* και *A. andrachne*). Σύμφωνα με στοιχεία του δασαρχείου Αρναίας (Κέκερης 2014) οι εκτάσεις αυτές ήταν έντονα υποβαθμισμένες, με αβαθή εδάφη και με προβλήματα διάβρωσης. Οι αναδασώσεις *P. maritima* και *P. brutia* σε περιοχές δικαιοδοσίας του δασαρχείου Αρναίας καλύπτουν έκταση 918 εκτάρια ή 9,7% της συνολικής έκτασης (ΕΚΒΥ 1996)



Εικόνα 3: Η περιοχή έρευνας στη Χαλκιδική

Γεωλογικά η Χαλκιδική καλύπτεται από μεταμορφωμένα πετρώματα της Σερβο–Μακεδονικής μάζας της Περιοδοπικής ζώνης και της ζώνης Παιονίας. Τα πετρώματα της Σέρβο–Μακεδονικής μάζας καλύπτουν τον ανατολικό χώρο του νομού, ενώ η Περιοδοπική ζώνη βρίσκεται δυτικά της Σέρβο–Μακεδονικής μάζας, έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και πλάτος περί τα 20 χιλιόμετρα. Η επαφή με τη Σέρβο–Μακεδονική μάζα παρουσιάζει στρωματογραφικό κενό. Η ζώνη Παιονίας βρίσκεται δυτικά της Περιοδοπικής και περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία μεταμορφωμένων Αλπικών ιζημάτων, τα οποία αποτέθηκαν στην ωκεάνια αύλακα του Μεσοζωικού. Η περιοχή της βορειοανατολικής Χαλκιδικής ανήκει γεωτεκτονικά στη Σερβομακεδονική μάζα και αποτελείται κυρίως από μεταμορφωμένα πετρώματα, όπως γνεύσιους, αμφιβολίτες και μάρμαρα (Βεράνης 1994).

Το μητρικό πέτρωμα των περιοχών έρευνας είναι γνεύσιος, πέτρωμα, με έντονη αποσάθρωση, από το οποίο σχηματίζονται μετρίως βαθιά και ελαφρώς γόνιμα εδάφη λόγω αμμοπηλώδους έως πηλώδους υφής, πλούσια σε κάλιο, αλλά φτωχά σε ασβέστιο και μαγνήσιο, με έντονη υδατοδιαπερατότητα (Αλεξανδρή 1969, Αλιφραγκής 2008). Δασικά εδάφη σε μεταμορφωμένα πετρώματα, όπως ο γνεύσιος, κατά τον Νάκο (1977) θεωρήθηκαν λόγω γεωμορφολογίας, μεγάλου συνήθως βάθους και ευνοϊκών φυσικοχημικών ιδιοτήτων τα πιο κατάλληλα στη χώρας μας για έντονη δασική εκμετάλλευση και παραγωγή ξύλου. Λόγω της υφής και της μηχανικής τους σύστασης (πηλώδης – πηλοαμμώδης), η οποία δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες αερισμού και υγρασίας για το ριζικό σύστημα των φυτών, χρησιμοποιήθηκαν για καλλιέργεια εντόπιων, αλλά και ξενικών δασοπονικών ειδών, όπως η *P. maritima* και η *P. radiata*.

Η Χαλκιδική εμφανίζει ποικίλο ανάγλυφο. Η κεντρική και βορειοανατολική Χαλκιδική είναι ορεινή (Χολομώντας 1.165m, Άθως 2.033 m, Στρατωνικό όρος 864 m) και διαφέρει από τη δυτική, η οποία είναι λοφώδης με πιο ήπιο ανάγλυφο. Κύριοι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου είναι ο Ανθεμούντας, ο Ολύνθιος, ο Χαβρίας και ο Ασπρόλακκας – Κοκκινόλακκας και παρουσιάζουν Ν-ΝΔ διεύθυνση απορροής, με εξαίρεση τον Ανθεμούντα που παρουσιάζει Α-ΑΒ απορροή. Το ορεινό υδρογραφικό δίκτυο παρουσιάζει δενδρική μορφή, χωρίς να αποκλείονται και οι ορθογώνιες μορφές λόγω τεκτονικής επίδρασης (Συρίδης 1990).

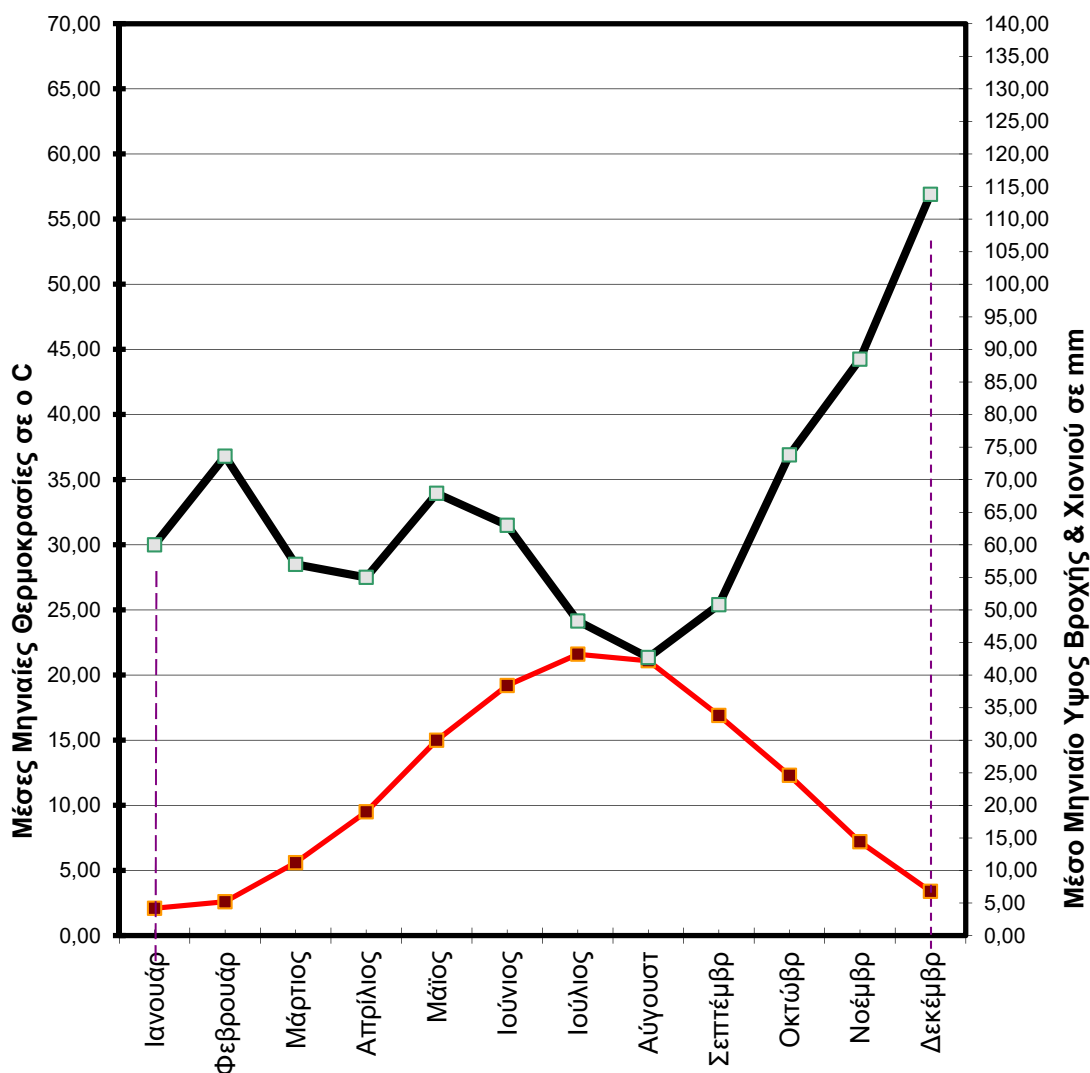
Οι περιοχές έρευνας ανήκουν στην παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης *Quercetalia pubescentis* και στην υποζώνη *Quercion confertae*, τη λοφώδη, υποορεινή ή ορεινή, ξηρόφιλων, φυλλοβόλων δασών, η οποία καταλαμβάνει το 1/3 των

ελληνικών δασών. Το κλίμα της περιοχής αποτελεί μετάβαση από το μεσογειακό στο ηπειρωτικό, με δριμείς χειμώνες, αυξημένες βροχοπτώσεις και ξηρή περίοδο 1,5 – 2,5 μηνών (Αθανασιάδης 1986). Μετρήσεις υγρασίας στη ζώνη των αείφυλλων πλατύφυλλων έδειξαν κατά τη θερινή περίοδο ότι τα εδάφη μέχρι το βάθος των 60-70 cm ήταν κάτω ή γύρω από τον συντελεστή μόνιμου μαρασμού (Χατζηστάθης 1972).

Το ανάγλυφο της περιοχής έρευνας παρουσιάζει τραχύτητα με εγκάρσιες λιγότερο ή περισσότερο βαθιές και απότομες χαραδρώσεις, οι οποίες εναλλάσσονται με λιγότερο απότομες πτυχώσεις. Το έντονο ανάγλυφο δεν οφείλεται ιδιαίτερα στις μεγάλες υψομετρικές διαφορές, αφού το 50% της συνολικής επιφάνειας έχει υπερθαλάσσιο ύψος μικρότερο των 500m με λοφώδη κυρίως μορφή, ενώ το 50% είναι ημιορεινό (500 - 673m).

Οι υδρολογικές συνθήκες των περιοχών έρευνας είναι επίσης χαρακτηριστικές. Παρατηρείται έλλειψη ποταμών και φυσικών λιμνών, ενώ αντίθετα υπάρχει δίκτυο χειμάρρων και ρυακιών. Γενικά οι περιοχές έρευνας στις καλύτερες ποιότητες τόπου δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν ως ξηρές, και αυτό οφείλεται όχι μόνο στο υδρολογικό δίκτυο με την αφθονία ρεμάτων και ρυακιών, αλλά και στην πυκνή βλάστηση. Οι θάμνοι αείφυλλων πλατύφυλλων, που αφθονούν στις περιοχές έρευνας, συμβάλουν στη διατήρηση της υγρασίας και την αποτροπή της επιφανειακής απορροής.

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία του πανεπιστημιακού δάσους Ταξιάρχη – Βραστάμων η μέση θερμοκρασία αέρα 24ώρου κυμαίνεται μεταξύ 2,1 - 21,6°C, η μέση μέγιστη θερμοκρασία αέρα είναι 15,2°C, η μέση ελάχιστη θερμοκρασία αέρα είναι 7,2°C, η μέση σχετική υγρασία αέρα είναι 63,7%, ενώ το μέσο συνολικό ύψος των κατακρημνισμάτων είναι 794,4 mm.



Σχήμα 1: Ομβροθερμικό διάγραμμα πανεπιστημιακού δάσους Ταξιάρχη για τη χρονική περίοδο 1974-2013.

Οι περιοχές έρευνας βρίσκονται στις επί μέρους δασικές περιοχές Πολυγύρου και Γοματίου, οι οποίες ανήκουν στους Δήμους Πολυγύρου (περιοχή Πολυγύρου) και Αριστοτέλη (περιοχή Γοματίου). Τις περιοχές αυτές διαχειρίζονται αντίστοιχα τα δασαρχεία Πολυγύρου και Αρναίας.

Σε μελέτη των σταθμολογικών και δασοαποδοτικών συνθηκών της βορειανατολικής Χαλκιδικής διακρίθηκαν έξι ποιότητες τύπου ανάλογα με το βάθος του εδάφους. Οι I, II και σπανίως III ποιότητες τύπου βρέθηκαν σε πολύ βαθιά εδάφη με πάνω από ένα μέτρο βάθος, οι III και IV σε βαθιά εδάφη (61-100 cm), οι IV, V και

σπανίως VI σε εδάφη μέσου βάρους, τέλος αποκλειστικά η VI ποιότητα τόπου σε αβαθή εδάφη (15-30 cm). (Ντάφης 1966, Αλεξανδρή 1969).

3.2 Επιλογή δειγματοληπτικών επιφανειών

Η εγκατάσταση των δειγματοληπτικών επιφανειών έγινε σε αμιγείς συστάδες *P. maritima* με ικανοποιητική ανάπτυξη και ομοιόμορφες συνθήκες, χωρίς ανθρωπογενείς επιδράσεις. Επειδή η ανάπτυξη της *P. maritima* στις περιοχές έρευνας δεν είναι ικανοποιητική, ούτε παρουσιάζει ομοιομορφία, η δειγματοληψία προσαρμόστηκε, ούτως ώστε οι δειγματοληπτικές επιφάνειες να πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις και ταυτόχρονα να αντιπροσωπεύουν διαφορετικές ποιότητες τόπου.



Εικόνα 4: Ανάπτυξη ατόμων *P. maritima* σποραδικά σε έκταση αείφυλλων πλατύφυλλων στον Πολύγυρο Χαλκιδικής

Το ανάγλυφο του εδάφους πριν την εγκατάσταση των αναδασώσεων παρουσίαζε κλίση 20-30%. Για την βελτίωση των εδαφικών συνθηκών και την επιτυχία της αναδάσωσης εφαρμόστηκε η τεχνική της βαθμίδωσης, η οποία θεωρήθηκε εκείνη την περίοδο η ενδεδειγμένη μέθοδος για επικλινή ξηρά εδάφη, έντονα υποβαθμισμένα από τη βοσκή και τη διάβρωση, προκειμένου να επιτευχθεί η ικανοποιητική ανάπτυξη των φυταρίων στα πρώτα έτη φύτευσης (Χατζηστάθης και Ντάφης 1989). Στις περιοχές έρευνας το πλάτος της βαθμίδας είναι περίπου 3,5

μέτρα, ενώ το πρανές έχει ύψος 60 cm. Κατά τον Monjauze (1960) η τεχνική της βαθμίδωσης έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε αναδασώσεις *P. maritima* στην περιοχή Terina του Μαρόκου σε λιθώδες έδαφος, όπου η *P. maritima* παρουσίασε καλή ανάπτυξη και ειδικότερα μέσο ύψος 2,04 μ. και μέγιστο ύψος 3,20 μέτρα στα 7 έτη, με μεγαλύτερη ανάπτυξη στα επιχώματα.

Για τις ανάγκες της έρευνας επιλέχθηκαν συνολικά στην ευρύτερη περιοχή δώδεκα (12) δειγματοληπτικές κυκλικές επιφάνειες, με ακτίνα 10 μέτρα, εμβαδού 314 m². Οι δειγματοληπτικές επιφάνειες του Πολυγύρου περιλαμβάνονται μεταξύ των γεωγραφικών συντεταγμένων N 40° 23' 072'' και E 23° 25' 678'', ενώ οι δειγματοληπτικές επιφάνειες στο κοινοτικό διαμέρισμα Γοματίου περιλαμβάνονται μεταξύ των γεωγραφικών συντεταγμένων N 40° 23' 104'' και E 23° 44' 678''.

Το υψόμετρο των δειγματοληπτικών επιφανειών είναι από 275 έως 586 μέτρα και η κλίση του εδάφους μετά τη βαθμίδωση κυμαίνεται από 15 έως 20%. Οι βαθμίδες εμφανίζονται ακόμα και σήμερα σε όλες τις δειγματοληπτικές επιφάνειες, όμως σε αρκετές θέσεις έχει μεταβληθεί το σχήμα και ιδιαίτερα η κλίση τους λόγω της διάβρωσης, η οποία προκλήθηκε κατά τα πρώτα έτη εγκατάστασης της αναδάσωσης.

Ο προσανατολισμός στις περισσότερες δειγματοληπτικές επιφάνειες είναι βόρειος, βορειοδυτικός ή βορειανατολικός, ενώ μόνο δύο επιφάνειες έχουν δυτικό και νότιο αντίστοιχα προσανατολισμό. Οι δειγματοληπτικές επιφάνειες εγκαταστάθηκαν σε περιοχές με παρόμοιες φυσιογραφικές συνθήκες και αντιπροσωπεύουν διαφορετικές συνθήκες σταθμού, καλύτερες και χειρότερες.

3.3 Μέθοδος δειγματοληψίας

Για την δειγματοληψία του δασικού τάπητα χρησιμοποιήθηκε μεταλλικό πλαίσιο διαστάσεων 25X25 cm και ύψους 10 cm. Με τυχαία συστηματική δειγματοληψία συλλέχθηκε ο δασικός τάπητας, χωριστά ο A₀₀ από τον A₀ ορίζοντα, σε 5 θέσεις που επιλέχθηκαν για κάθε μια δειγματοληπτική επιφάνεια. Οι τέσσερις από αυτές ήταν περιφερειακά των εδαφοτομών και σε απόσταση 2 μέτρων, ενώ η πέμπτη ήταν μεταξύ των δύο εδαφοτομών. Από τα δείγματα του δασικού τάπητα απομακρύνθηκαν με κόσκινο τα ανόργανα σωματίδια, ενώ στη συνέχεια ξηράθηκαν σε φούρνο για 48 ώρες στους 84 βαθμούς. Ακολούθησε ζύγιση για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους τους. Μία ποσότητα κάθε δείγματος αλέστηκε σε μύλο με κόσκινο

40 mesh και διατηρήθηκε σε πλαστικά δοχεία για την πραγματοποίηση των χημικών αναλύσεων.



Εικόνα 5: Δειγματοληψία του δασικού τάπητα.



Εικόνα 6: Συγκέντρωση δειγμάτων δασικού τάπητα.

Για τον προσδιορισμό των εδαφικών συνθηκών έγιναν δύο εδαφοτομές, περίπου στο κέντρο κάθε δειγματοληπτικής επιφάνειας. Επειδή κατά τη βαθμίδωση του εδάφους δημιουργήθηκαν επιχώματα και εκχώματα με διαφορετικό βάθος, η μία εδαφοτομή πραγματοποιήθηκε σε επίχωμα βαθμίδας (καλύτερες εδαφικές συνθήκες), ενώ η άλλη σε έκχωμα βαθμίδας (χειρότερες εδαφικές συνθήκες). Οι εδαφοτομές είχαν πλάτος 0,80 m και βάθος όσο το βάθος του εδάφους, που ορίζεται από το ημιαποσαθρωμένο ή συμπαγές μητρικό πέτρωμα. Η δειγματοληψία έγινε κατά βάθος και συγκεκριμένα εδαφικά δείγματα ελήφθησαν από τα βάθη 0-10, 10-20 20-40 και 40-60 cm. Η δειγματοληψία περιορίστηκε μέχρι τα 60cm, επειδή ελάχιστες φορές το βάθος του εδάφους υπερέβαινε το βάθος αυτό.

Η εγκατάσταση των δοκιμαστικών επιφανειών και η εκσκαφή των 24 συνολικά εδαφοτομών πραγματοποιήθηκαν το καλοκαίρι του 2014, καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος των περιοχών έρευνας. Σε κάθε τομή καταγράφηκαν ορισμένα χαρακτηριστικά όπως η φυσιογραφία, το υπερθαλάσσιο ύψος, η θέση στην πλαγιά, η κλίση, το μητρικό πέτρωμα, το μικροανάγλυφο κτλ. Επίσης, για την περιγραφή της εδαφοτομής καταγράφηκαν: το βάθος, το πάχος, η περιεκτικότητα σε πέτρες και χαλίκια, η ποσότητα και το μέγεθος ριζών των επιφανειακών και υποεπιφανειακών οριζόντων (Παπαμίχος και Αλιφραγκής 1995).



Εικόνα 7: Εδαφοτομή σε αναδασώσεις *P. maritima* στο Γομάτι Χαλκιδικής

Από κάθε εδαφοτομή και από κάθε ορίζοντα ελήφθησαν δείγματα εδάφους βάρους δυο κιλών, τα οποία τοποθετήθηκαν σε σακούλες πολυαιθυλενίου. Τα εδαφικά δείγματα μετά από την ξήρανσή τους σε συνθήκες περιβάλλοντος, τη διάσπαση των συσσωματωμάτων και το κοσκίνισμα με κόσκινο οπών διαμέτρου 2 mm χρησιμοποιήθηκαν για τις εργαστηριακές αναλύσεις.

3.4 Υπολογισμός δενδρομετρικών στοιχείων

Παράλληλα με την εξέταση των εδαφικών και φυσιογραφικών παραγόντων υπολογίστηκαν τα δενδρομετρικά στοιχεία για κάθε δοκιμαστική επιφάνεια. Ο προσδιορισμός των δενδρομετρικών στοιχείων, και κατά συνέπεια της παραγωγικότητας της συστάδας, σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα τόπου.

Η δομή, αύξηση και απόδοση των αναδασώσεων εξαρτάται από το σταθμό που έχουν εγκατασταθεί, δηλαδή από το σύνολο των παραγόντων του περιβάλλοντος που επιδρούν στο συγκεκριμένο τόπο και που αλληλοεπηρεάζονται, τροποποιούνται και αντικαθίστανται μεταξύ τους (Ντάφης 1986, Ραδόγλου 1987). Με εκτίμηση της ποιότητας τόπου και διεξοδική μελέτη άλλων παραμέτρων, όπως των κλιματικών, εδαφολογικών, τοπογραφικών και γεωγραφικών παραγόντων που επιδρούν σε ένα οικοσύστημα αποκτούμε τη δυνατότητα να επιτύχουμε τους δασοπονικούς σκοπούς που έχουν τεθεί, με εφαρμογή των κατάλληλων διαχειριστικών δασοκομικών μέτρων (Θανάσης 2004). Επίσης, η παραγωγική ικανότητα ενός τόπου (σταθμολογικές συνθήκες) επηρεάζει σημαντικά την παραγωγικότητα των συστάδων και στην ουσία αντικατοπτρίζει τη φυσική κατάσταση των δένδρων (Tsitsoni et al. 1997).

Μια έμμεση μέθοδος εκτίμησης του σταθμού είναι ο δείκτης ποιότητας τόπου (site index), ο οποίος ορίζεται ως το κορυφαίο ύψος σε μια ηλικία αναφοράς και αποτελεί το μέτρο του βαθμού παραγωγικότητας ενός τόπου (Χατζηστάθης και Αστεριάδης 1984, Miller et al. 1990). Κατά τον Παπαμίχο (2006) το ύψος των ατόμων που κυριαρχούν και συγκυριαρχούν ενδείκνυται ως δείκτης για την εκτίμηση της ποιότητας τόπου (site index) για ομήλικες συστάδες, διότι είναι εύκολα μετρήσιμο, ενώ όπως έχει αποδειχθεί συνδέεται άμεσα με την ποιότητα τόπου.

Για τον υπολογισμό των δενδρομετρικών στοιχείων σε κάθε δοκιμαστική επιφάνεια έγινε παχυμέτρηση του συνόλου των δέντρων της επιφάνειας, μέτρηση των 5 υψηλότερων δέντρων (Απατσίδης 1979, Παπαϊωάννου 1998), σε συνδυασμό με χρήση πινάκων παραγωγής για το είδος (Yousefrou et.al. 2012). Συγκεκριμένα από

το ύψος σε m και τη στηθιαία διάμετρο σε cm, τα οποία μετρήθηκαν, προέκυψε με βάση τους πίνακες παραγωγής ο όγκος σε m³ για κάθε δέντρο, ενώ στη συνέχεια υπολογίστηκε ο όγκος στο εκτάριο.

3.5 Εργαστηριακές αναλύσεις

Οι χημικές αναλύσεις του δασικού τύπητα έγιναν σε κονιοποιημένο και ομογενοποιημένο υλικό, μετά από άλεση ξηρού δείγματος. Στα δείγματα αυτά μετρήθηκε η οργανική ουσία με τη μέθοδο της αποτέφρωσης στους 515° C για 4,5 ώρες (Loss on ignition) και το ολικό N με τη μέθοδο Kjeldahl (Stevenson 1982). Τα στοιχεία Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Zn και Mn μετρήθηκαν με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης σε διάλυμα που προέκυψε μετά από αποδιοργάνωση κονιοποιημένου δείγματος με H₂SO₄, HNO₃ και HClO₄ (Allen et al. 1986). Στο ίδιο διάλυμα προσδιορίστηκε ο P με τη μέθοδο του μπλε του μολυβδαινικού αμμωνίου.

Όσο αφορά το έδαφος, η μηχανική ανάλυση των δειγμάτων έγινε με τη μέθοδο του υδρομέτρου του Bouyoucos (Gee and Bauder 1982). Ο προσδιορισμός της αντίδρασης του εδάφους (pH) έγινε ηλεκτρομετρικά σε αιώρημα εδάφους - νερού σε αναλογία 1:1 (Mc Lean 1982). Για τον προσδιορισμό του οργανικού C χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υγρής οξείδωσης (Nelson and Sommers 1982). Το οργανικό N προσδιορίστηκε με την μέθοδο Kjeldahl (Stevenson 1982). Για τον P χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Olsen και ο προσδιορισμός του εκχυλίστου P έγινε με τη μέθοδο του μπλε του μολυβδαινικού αμμωνίου (Olsen and Sommers 1982). Τα εναλλακτικά κατιόντα Ca, Mg, K, Na, προσδιορίστηκαν μετά από εκχύλιση 10 g εδάφους με διάλυμα CH₃COONH₄ 1N, pH 7 (Grant 1982). Τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Zn και Cu προσδιορίστηκαν μετά από εκχύλιση 10 g εδάφους με διάλυμα DTPA, pH 7,3 (Lindsay and Norvell 1978). Τα εκχυλισθέντα ιόντα Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn και Cu μετρήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης.

Οι παραπάνω μετρήσεις και αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο δασικής εδαφολογίας του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, του ΑΠΘ. Ο προσδιορισμός του N και ο προσδιορισμός του οργανικού C και της οργανικής ουσίας πραγματοποιήθηκαν στο Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών Θεσσαλονίκης.

3.6 Στατιστική επεξεργασία

Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SPSS statistics 17 και ειδικότερα η διπλή ανάλυση διακύμανσης με συσχετισμένες και μη συσχετισμένες τιμές, σύμφωνα με το κριτήριο Tuckey (2 way Anova) και ο έλεγχος t για σύγκριση δύο δειγμάτων μη σχετικών τιμών (Howitt and Cramer 2001). Συμπληρωματικά χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Residual Maximum Likelihood (REML), στατιστικό πακέτο Genstat-7th edition.

Η στατιστική ανάλυση της περιεκτικότητας του δασικού τάπητα σε θρεπτικά στοιχεία έγινε με το πρόγραμμα SPSS 17 και χρησιμοποιήθηκε η 2 way Anova για 12 δειγματοληπτικές επιφάνειες με δύο ανεξάρτητες μεταβλητές: την ποιότητα τόπου (μέτρια – χειρότερη) και τον ορίζοντα του δασικού τάπητα (A₀₀ – A₀).

Η στατιστική ανάλυση της περιεκτικότητας του ανόργανου εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία έγινε σε πρόγραμμα SPSS 17 και χρησιμοποιήθηκε η 2 way Anova για 12 δειγματοληπτικές επιφάνειες με δύο ανεξάρτητες μεταβλητές: την ποιότητα τόπου (μέτρια – χειρότερη) και το βάθος εδάφους (0-10, 10-20, 20-40, 40-60).

Η μέθοδος Residual Maximum Likelihood (REML), στατιστικό πακέτο Genstat-7th edition, χρησιμοποιήθηκε επιπλέον για τη στατιστική ανάλυση της περιεκτικότητας του ανοργάνου εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε log-transformation base-e για να προσαρμοστεί η κατανομή στα δεδομένα, η οποία διαφέρει από την κανονική, επειδή λόγω του διαφορετικού βάθους του εδάφους δεν υπάρχει ίσος αριθμός δειγμάτων σε όλες τις εδαφοτομές. Με την εφαρμογή του μοντέλου: **Τιμή μεταβλητής = μέση τιμή + επίδραση σταθερών παραγόντων + επίδραση τυχαίων παραγόντων** θεωρείται ως τυχαίος παράγοντας η επιλογή των επιφανειών, ενώ ως σταθεροί παράγοντες η ποιότητα τόπου (μέτρια – χειρότερη), η θέση των εδαφοτομών στις βαθμίδες του εδάφους (επίχωμα – έκχωμα) και το βάθος του εδάφους. Η μέθοδος αυτή θεωρείται περισσότερο ακριβής από τη χρήση προγράμματος SPSS, επιπλέον εξετάζεται η επίδραση της βαθμίδωσης (θέση της εδαφοτομής σε έκχωμα ή επίχωμα) και η αλληλεπίδρασή της με τους άλλους δύο σταθερούς παράγοντες (ποιότητα τόπου, βάθος του εδάφους).

Για τη σύγκριση της ποσότητας της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους στο εκτάριο μεταξύ διαφορετικών περιοχών χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος t για σύγκριση δύο δειγμάτων μη σχετικών τιμών.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Περιγραφή της βλάστησης των δειγματοληπτικών επιφανειών.

Η φύτευση της *P. maritima* κατά μήκος των διαμορφωμένων βαθμίδων του εδάφους έγινε σε δύο σειρές. Η πρώτη σειρά πραγματοποιήθηκε σε έκχωμα με απόσταση ενός περίπου μέτρου από το πρανές, ενώ η δεύτερη σε επίχωμα με απόσταση 2,5 περίπου μέτρων από το πρανές. Γενικά τα δέντρα που αναπτύχθηκαν σε επίχωμα παρουσιάζουν σήμερα καλύτερη μορφή, με ελαφρώς μεγαλύτερες διαστάσεις, σε σύγκριση με τα δέντρα σε έκχωμα, όπου επικρατούν χειρότερες εδαφικές συνθήκες.

Στην περιοχή έρευνας διακρίθηκαν δύο ποιότητες τόπου, η μέτρια και η κακή. Η πρώτη αντιπροσωπεύει τις θέσεις με ικανοποιητικές συνθήκες για την ανάπτυξη της *P. maritima*, ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει τις περισσότερο δυσμενείς συνθήκες σταθμού.

Η φυσική βλάστηση των περιοχών έρευνας περιλαμβάνει κυρίως τα είδη της κουμαριάς (*Arbutus unedo* και *A. andrachne*), την ερείκη (*Erica arborea*), το πουρνάρι (*Quercus coccifera*) και με μικρότερη συμμετοχή τα είδη δρυς (*Quercus* sp.), φράξος (*Fraxinus ornus*) και φιλίκι (*Phillyrea latifolia*). Στις περιοχές με καλύτερη ποιότητα τόπου και αρκετή υγρασία, εκτός από τα προηγούμενα θαμνώδη είδη, τα οποία αφθονούν σε πυκνότητα και αριθμό, υπάρχουν άτομα δρυός μεγαλύτερων διαστάσεων, καθώς και υπόροφος με ποώδη φυτά, όπως τα είδη *Fragaria vesca*, *Dactylis glomerata*, *Gallium aparine* και *Cyclamen* sp. Στις περιοχές με κακή ποιότητα τόπου η υποβλάστηση περιλαμβάνει αποκλειστικά θαμνώδη φυτά στο μεσόροφο.

Από την εξέταση των μακροσκοπικών γνωρισμάτων της *P. maritima* στο πεδίο, διαπιστώθηκε ότι η γενική εικόνα των αναδασώσεων μάλλον συνηγορεί υπέρ της αποτυχίας. Τα περισσότερα δέντρα είναι κακόμορφα χωρίς καλή φυσική αποκλάδωση, με στρεβλούς κορμούς και με κλαδιά διαφορετικής διαμέτρου, ενώ σε αρκετά σημεία της κόμης εμφανίζεται ξήρανση στις βελόνες. Το ύψος τους σε λίγες περιπτώσεις ξεπερνά τα 10-12 μέτρα. Στις 6 δοκιμαστικές επιφάνειες με καλύτερη ποιότητα τόπου (μέτρια) βρέθηκαν δέντρα μεγαλύτερων διαστάσεων περισσότερο εύρωστα, τα οποία παρουσίαζαν λιγότερα φαινόμενα ξηρασίας στα κλαδιά. Ωστόσο δεν παρατηρούνται αξιόλογες διαφορές μεταξύ καλύτερων και χειρότερων ποιοτήτων

τόπου, επειδή στην πραγματικότητα ελάχιστα άτομα *P. maritima* εντοπίστηκαν με υγιή εμφάνιση και σχετικά καλή ανάπτυξη.



Εικόνα 8: Απουσία φυσικής αποκλάδωσης ατόμων *P. maritima* στο Γομάτι Χαλκιδικής

Στην καλύτερη ποιότητα τόπου το ύψος των δένδρων δεν υπερβαίνει τα 15 μέτρα, ύψος που υπολείπεται του κανονικού για την ηλικία των 40-45 ετών, δεδομένου ότι ή *P. maritima* μπορεί να φτάσει έως και τα 30 μέτρα σε καλά διαχειριζόμενες παραγωγικές συστάδες (Munoz et al. 2014). Παράλληλα εξαιτίας των ευνοϊκότερων εδαφικών συνθηκών και της αυξημένης υγρασίας, η εδαφοκάλυψη σε ορισμένες περιπτώσεις έχει φτάσει έως και 50%. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανταγωνιστική ανάπτυξη της φυσικής βλάστησης, ούτως ώστε άτομα δασικών ειδών, όπως η *Quercus ilex*, σε ορισμένες περιπτώσεις υπερβαίνουν το ύψος των ατόμων της *P. maritima*.



Εικόνα 9: Έντονη ανάπτυξη κουμαριάς σε μέτρια ποιότητα τόπου σε συστάδα *P. maritima* στο Γομάτι Χαλκιδικής.

4.2 Δενδρομετρικά στοιχεία των περιοχών έρευνας

Τα δενδρομετρικά στοιχεία των περιοχών έρευνας δίνονται από τους πίνακες 4 και 5. Μεταξύ των 2 περιοχών έρευνας δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές. Διαφορές παρατηρούνται μόνο μεταξύ των διαφορετικών ποιοτήτων τόπου, στο μέσο ύψος, τη μέση διάμετρο και το μέσο ξυλώδη όγκο στο εκτάριο. Ο αριθμός δέντρων στο εκτάριο παρουσιάζεται μεγαλύτερος στις χειρότερες ποιότητες τόπου. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί είτε στην προσαρμοστικότητα της *P. maritima* στις φτωχότερης εδαφικές συνθήκες των περιοχών έρευνας, είτε στο περιορισμένο ποσοστό κάλυψης της ανταγωνιστικής βλάστησης.

Το μέσο ύψος των ατόμων που αναπτύσσονται στις χειρότερες ποιότητες τόπου είναι μικρότερο κατά 2 έως 3 μέτρα, ενώ η μέση διάμετρος είναι μικρότερη κατά 1,5 - 2 εκατοστά περίπου σε σχέση με τις περιοχές των καλύτερων ποιοτήτων τόπου (πίνακας 5).

Ο αριθμός των δέντρων μεταξύ επιχώματων – εκχωμάτων δε φαίνεται να παρουσιάζει διαφορές, αντίθετα όμως οι διαστάσεις τους διαφέρουν. Τα δέντρα που αναπτύσσονται στα επιχώματα έχουν κατά μέσο όρο ύψος μεγαλύτερο κατά 0,5-1 m και στηθαία διάμετρο μεγαλύτερη κατά 1,5 – 2,5 cm από τα δέντρα σε συνθήκες εκχώματος (πίνακας 5).

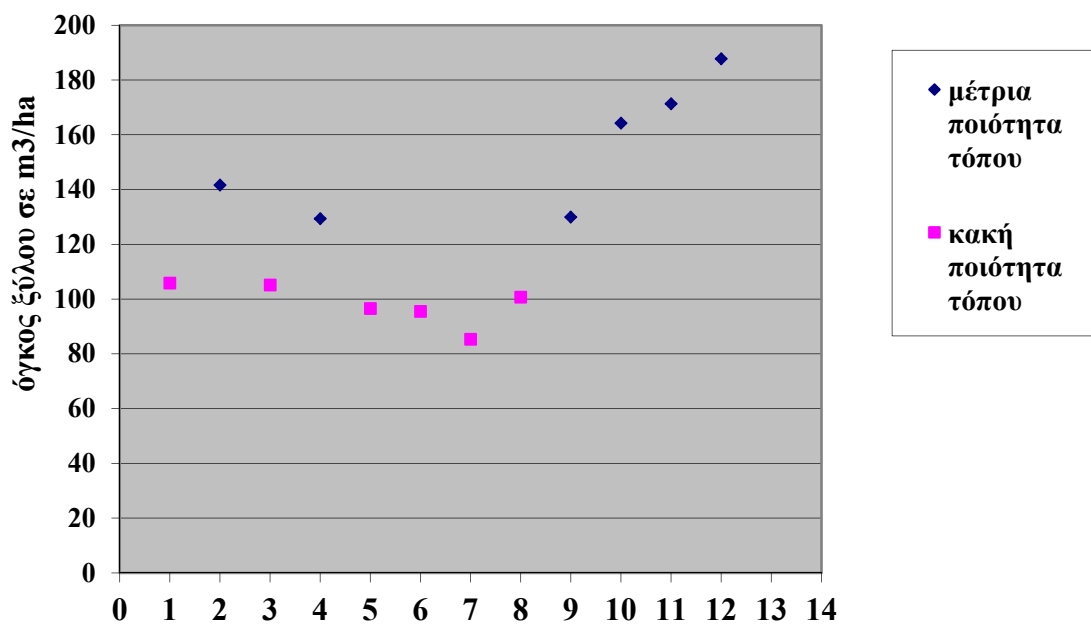
Ανάμεσα στις δύο περιοχές έρευνας (Πολύγυρος και Γομάτι) δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στον αριθμό, ούτε και στις διαστάσεις των δέντρων (πίνακας 4).

Πίνακας 4: Δενδρομετρικά στοιχεία της *P. maritima* στις δύο περιοχές έρευνας

Περιοχή	Θέση στη βαθμίδα	Αριθμός δέντρων	Μέσο ύψος σε m	Μέση διάμετρος σε cm	Αριθμός δέντρων στο εκτάριο	Μέσος όγκος στο εκτάριο σε m ³
Πολύγυρος	επίχωμα	31	9,40	19,28	987	70,53
	έκχωμα	32	8,44	17,38	1019	58,55
	σύνολο	63			2006	129,08
Γομάτι	επίχωμα	36	9,95	17,34	1146	67,21
	έκχωμα	33	9,17	16,17	1051	56,00
	σύνολο	69			2197	123,21

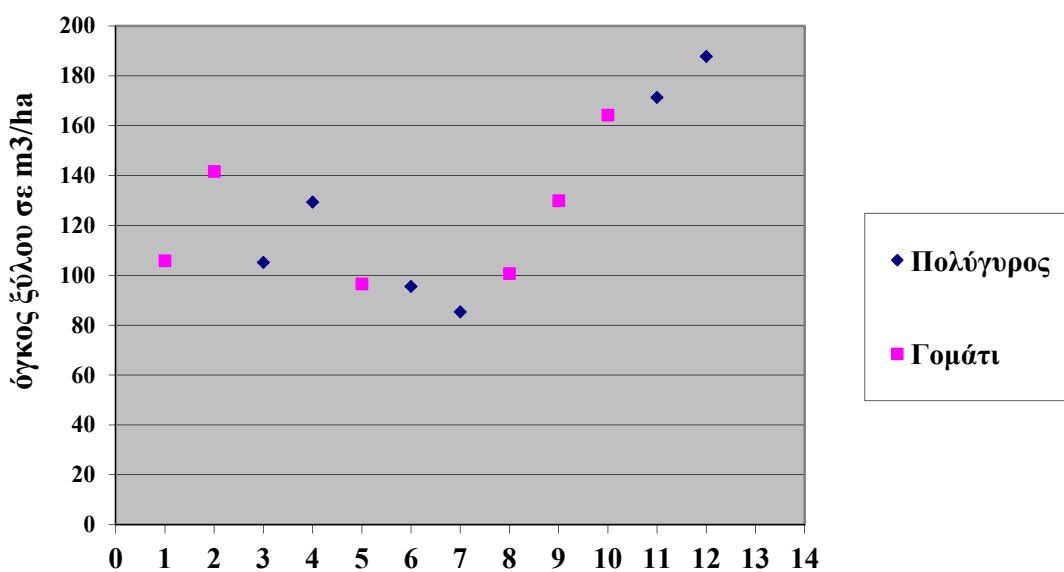
Πίνακας 5: Δενδρομετρικά στοιχεία της *P. maritima* στις δύο ποιότητες τόπου

Ποιότητα Τόπου	Θέση στη βαθμίδα	Αριθμός δέντρων	Μέσο ύψος σε m	Μέση διάμετρος σε cm	Αριθμός δέντρων στο εκτάριο	Μέσος όγκος στο εκτάριο σε m ³
Μέτρια	επίχωμα	30	11,46	19,16	955	84,26
	έκχωμα	27	10,79	17,55	859	69,10
	σύνολο	57			1814	153,36
Κακή	επίχωμα	34	8,47	17,46	1083	53,89
	έκχωμα	32	7,71	16,00	1019	44,31
	σύνολο	66			2.102	98,20



δοκιμαστικές επιφάνειες

Σχήμα 1 : Ο όγκος του ξύλου της *P. maritima* στο εκτάριο για τις 12 δοκιμαστικές επιφάνειες σε 2 διαφορετικές ποιότητες τόπου.



δοκιμαστικές επιφάνειες

Σχήμα 3 : Ο όγκος του ξύλου της *P. maritima* στο εκτάριο για 12 δοκιμαστικές επιφάνειες στις 2 περιοχές έρευνας.



Εικόνα 10: Αναδασώσεις της *P. maritima* σε επιφάνεια με κακή ποιότητα τόπου στην περιοχή Γοματίου Χαλκιδικής.



Εικόνα 11: Αναδασώσεις *P. maritima* σε επιφάνεια με μέτρια ποιότητα τόπου, στην περιοχή Πολυγύρου Χαλκιδικής.

Σε ορισμένες θέσεις των περιοχών έρευνας τα άτομα της *P. maritima* δεν επέζησαν ή παραμένουν σε θαμνώδη μορφή. Στις θέσεις αυτές το ύψος των ατόμων της *P. maritima* δεν ξεπερνά τα 2-3 μέτρα, ενώ αντίθετα τα αείφυλλα πλατύφυλλα έχουν εγκατασταθεί εκ νέου και έχουν επανακάμψει πλήρως.

Η ανάπτυξη της *P. maritima* στις δύο περιοχές έρευνας δε μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική, ιδιαίτερα αν συγκριθεί με την αντίστοιχη ανάπτυξη του είδους σε άλλες περιοχές της Μεσογείου, όπου οι συστάδες προήλθαν επίσης από αναδάσωση. Για παράδειγμα στην Ισπανία σε συστάδες *P. maritima* αντίστοιχης ηλικίας, που αναπτύχθηκαν σε αβαθές έδαφος και σε ξηρές συνθήκες βρέθηκε μέσο ύψος 22 m και μέση στηθαία διάμετρος 38,7cm (Munoz et al. 2014). Επίσης, στην Τουρκία, στην περιοχή του Μαρμαρά σε περιαστικό δάσος ηλικίας 15 ετών, το οποίο αξιοποιείται ως χώρος αναψυχής, βρέθηκε μέσο ύψος 8-11m και στηθαία διάμετρος 20-36cm (Ozturk και Bolat 2014).

4.3 Χημικές ιδιότητες του δασικού τάπητα

Από τα στοιχεία του πίνακα 6, τα οποία αναφέρονται στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στις δύο ποιότητες τόπου των περιοχών έρευνας, φαίνεται ότι ενώ δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, υπάρχει μια τάση με αυξημένες τιμές στις επιφάνειες με καλύτερη ποιότητα τόπου. Οι συγκεντρώσεις του P και του Na είναι σχεδόν ίσες, ενώ για τον Cu παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση στην κακή ποιότητα τόπου.

Πίνακας 6: Συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων του δασικού τάπητα στις δύο ποιότητες τόπου (μέση τιμή και τυπικό σφάλμα).

	Μέτρια ποιότητα τόπου	Κακή ποιότητα τόπου	F	p
N (%)	0,913 ± 0,048	0,859 ± 0,048	0,310	0,584
P (mg/gr)	0,461 ± 0,020	0,428 ± 0,020	1,364	0,257
Ca (mg/gr)	8,564 ± 0,734	6,545 ± 0,734	3,782	0,066
Mg(mg/gr)	2,858 ± 0,308	2,292 ± 0,308	1,695	0,208
K (mg/gr)	1,775 ± 0,170	1,709 ± 0,170	0,077	0,785
Na (mg/gr)	0,202 ± 0,013	0,198 ± 0,013	0,043	0,838
Cu ppm	10,226 ± 2,294	14,080 ± 2,294	1,412	0,249
Fe ppm	353,757 ± 55,254	300,309 ± 55,254	0,468	0,502
Zn ppm	57,102 ± 4,379	53,671 ± 4,379	0,307	0,586
Mn ppm	656,482 ± 130,745	583,644 ± 130,745	0,155	0,698

Σημείωση: Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από τα στοιχεία του πίνακα 7, τα οποία αναφέρονται στη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στους δύο οργανικούς ορίζοντες, προκύπτει ότι οι περισσότερες συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ του A₀₀ και A₀ ορίζοντα. Συγκεκριμένα στον ορίζοντα A₀ έχουμε μεγαλύτερες τιμές στις συγκεντρώσεις των στοιχείων Mg, K, Na, Cu, Fe και Zn. Από τον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι δεν

παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις των στοιχείων N , P και Mn. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις Ca παρουσιάζονται μεγαλύτερες στον ορίζοντα Αοο.

Πίνακας 7: Συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στον Αοο και Αο ορίζοντα του δασικού τάπητα. (μέση τιμή και τυπικό σφάλμα)

	Αοο ορίζοντας	Αο ορίζοντας	F	P
N (%)	0,855 ± 0,048	0,917 ± 0,048	0,410	0,529
P (mg/gr)	0,426 ± 0,020	0,463 ± 0,020	1,636	0,216
Ca (mg/gr)	10,741 ± 0,734	4,368 ± 0,734	37,698	<0,001
Mg(mg/gr)	1,855 ± 0,308	3,295 ± 0,308	10,953	0,003
K (mg/gr)	1,090 ± 0,170	2,394 ± 0,170	29,338	<0,001
Na (mg/gr)	0,170 ± 0,013	0,231 ± 0,013	10,430	0,004
Cu ppm	5,824 ± 2,294	18,481 ± 2,294	15,222	0,001
Fe ppm	132,580 ± 55,254	521,486 ± 55,254	24,770	<0,001
Zn ppm	42,501 ± 4,379	68,272 ± 4,379	17,321	<0,001
Mn ppm	451,612 ± 130,775	788,514 ± 130,775	3,320	0,083

Σημείωση: Με έντονη γραμματοσειρά σημειώνονται τα θρεπτικά στοιχεία του δασικού τάπητα, που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από τα στοιχεία του πίνακα 8, τα οποία αναφέρονται στη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στους δύο οργανικούς ορίζοντες και στις δύο ποιότητες τόπου, προκύπτει ότι η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων (ποιότητα τόπου - οργανικός ορίζοντας) δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων του δασικού τάπητα, με μοναδική εξαίρεση το φώσφορο.

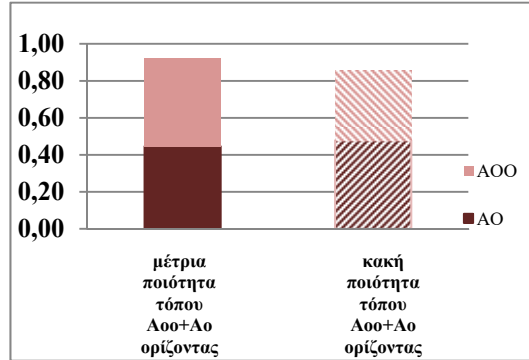
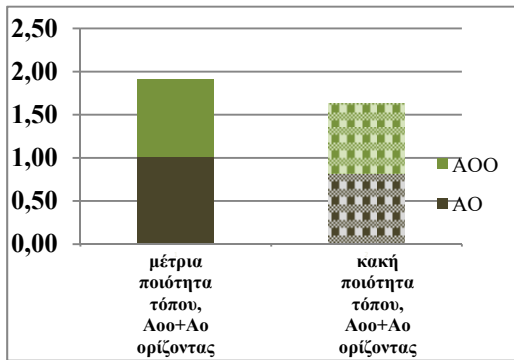
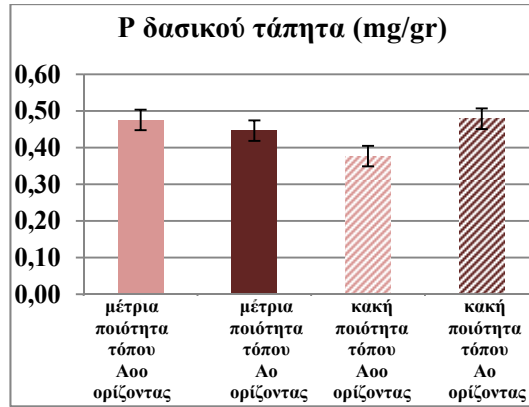
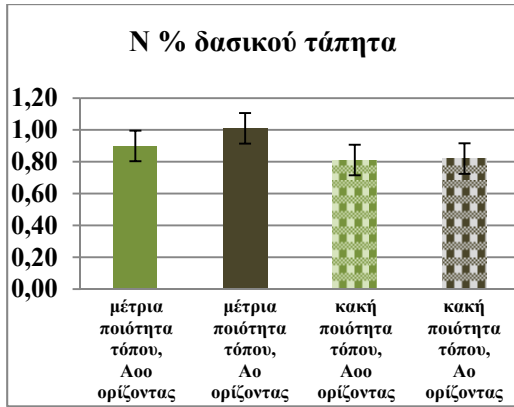
Πίνακας 8: Συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων του δασικού τάπητα για τον Αοο και Αο ορίζοντα, στις δύο ποιότητες τόπου των περιοχών έρευνας (μέση τιμή και τυπικό σφάλμα).

	Μέτρια ποιότητα τόπου Αοο ορίζοντας	Μέτρια ποιότητα τόπου Αο ορίζοντας	Κακή ποιότητα τόπου Αοο ορίζοντας	Κακή ποιότητα τόπου Αο ορίζοντας	F	p
N (%)	0,90 ± 0,10	1,02 ± 0,10	0,81 ± 0,10	0,82 ± 0,10	2,175	0,156
P (mg/gr)	0,476 ± 0,028	0,447 ± 0,028	0,377 ± 0,028	0,479 ± 0,028	5,305	0,032
Ca (mg/gr)	12,66 ± 1,04	4,47 ± 1,04	8,82 ± 1,04	4,27 ± 1,04	3,069	0,095
Mg(mg/gr)	1,96 ± 0,44	3,76 ± 0,44	1,75 ± 0,44	2,83 ± 0,44	0,677	0,420
K (mg/gr)	1,12 ± 0,24	2,43 ± 0,24	1,06 ± 0,24	2,36 ± 0,24	0,001	0,975
Na (mg/gr)	0,18 ± 0,02	0,22 ± 0,02	0,16 ± 0,02	0,24 ± 0,02	1,608	0,219
Cu ppm	5,71 ± 3,23	14,74 ± 3,23	5,40 ± 3,23	22,22 ± 3,23	0,080	0,780
Fe ppm	170,02 ± 78,14	537,49 ± 78,14	95,14 ± 78,14	505,48 ± 78,14	0,075	0,787
Zn ppm	39,70 ± 6,19	74,50 ± 6,19	45,30 ± 6,19	62,04 ± 6,19	2,128	0,160
Mn ppm	534,22 ± 184,9	778,75 ± 184,9	369,01 ± 184,9	798,28 ± 184,9	0,250	0,623

Σημείωση: Με έντονη γραμματοσειρά σημειώνονται τα θρεπτικά στοιχεία του δασικού τάπητα, που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

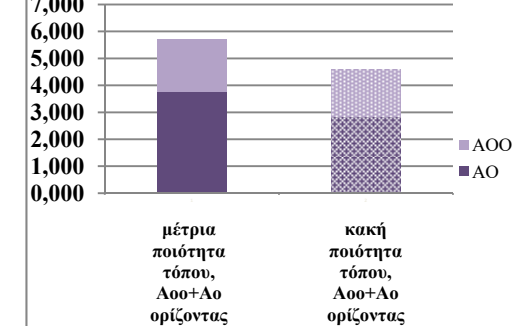
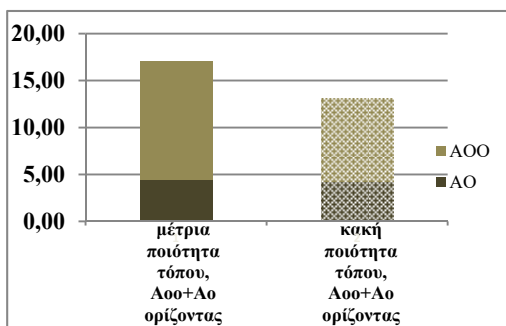
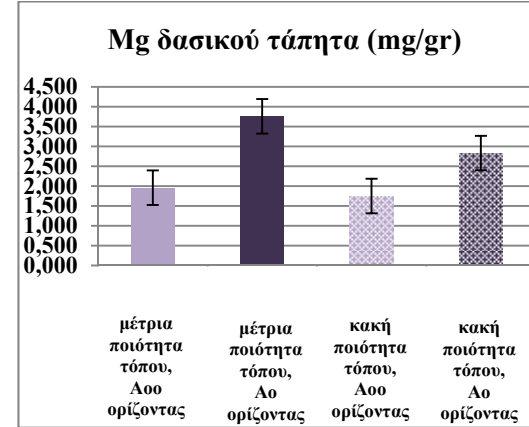
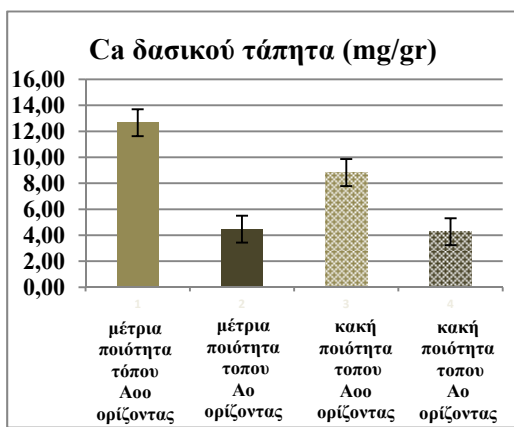
Συμπερασματικά από τους πίνακες 6, 7 και 8 προκύπτει ότι: α) η ποιότητα τόπου δεν φαίνεται να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία του δασικού τάπητα, ωστόσο παρατηρούνται αυξημένες τιμές στην καλύτερη ποιότητα τόπου σε όλα τα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από τον Cu, β) στο δασικό τάπητα παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των οριζόντων Αοο και Αο για όλα τα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από το N, τον P και το Mn και γ) η αλληλεπίδραση της ποιότητας τόπου και του εδαφικού ορίζοντα φαίνεται να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά μόνο την περιεκτικότητα σε P και δ) η περιεκτικότητα σε Mn δεν επηρεάζεται σημαντικά από την ποιότητα τόπου, ούτε από τον εδαφικό ορίζοντα.

Από τα δεδομένα του πίνακα 8 προέκυψαν τα γραφήματα των συγκεντρώσεων για τα θρεπτικά στοιχεία του δασικού τάπητα με τις μέσες τιμές και τις τυπικές αποκλίσεις σε σχέση με την ποιότητα τόπου, τα οποία δίνονται παρακάτω:



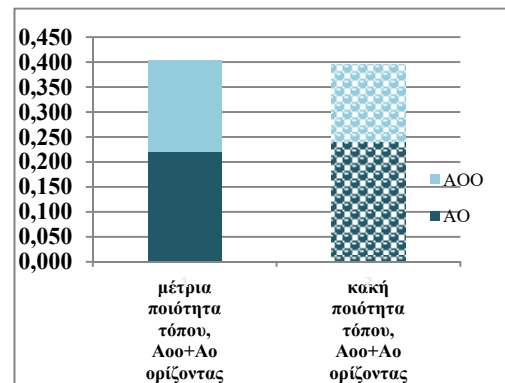
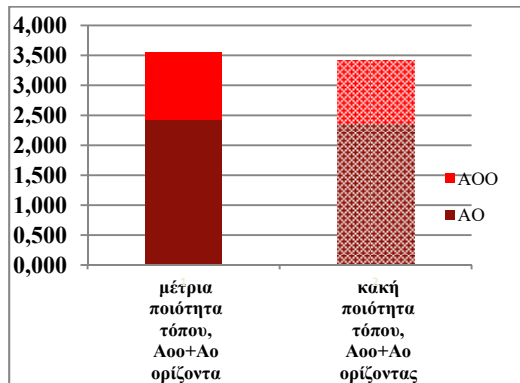
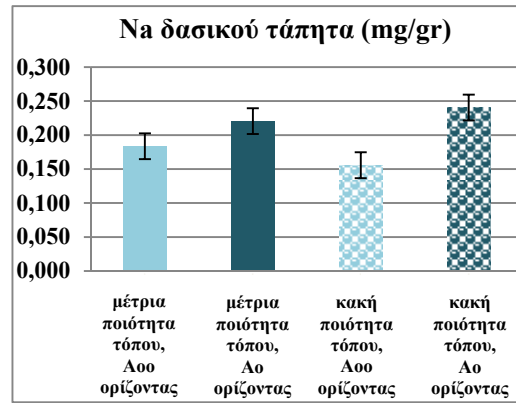
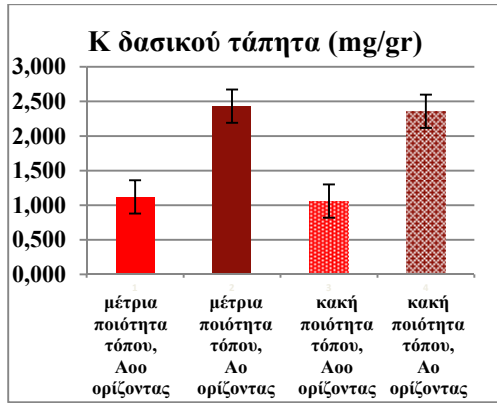
Σχήμα 4: Μέση τιμή του Ν% του δασικού τύπτη

Σχήμα 5: Μέση τιμή του Ρ του δασικού τύπτη



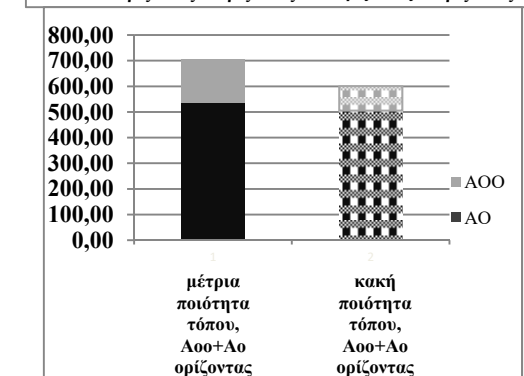
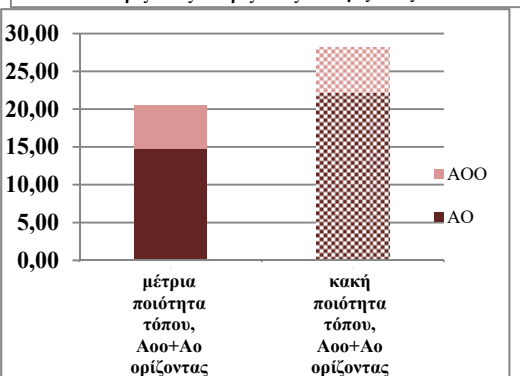
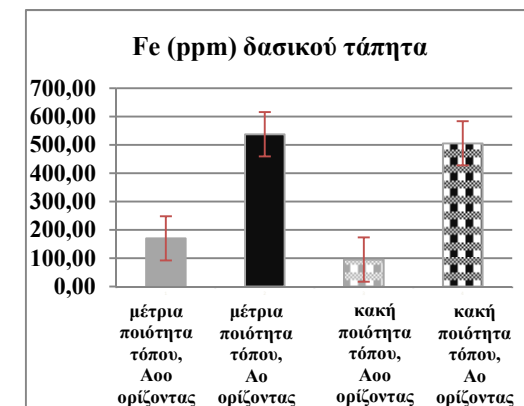
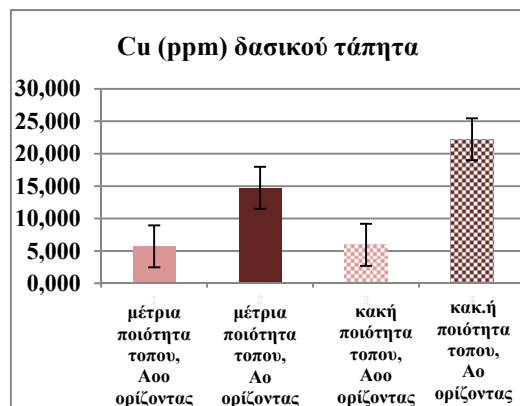
Σχήμα 6: Μέση τιμή του Ca του δασικού τύπτη

Σχήμα 7: Μέση τιμή του Mg του δασικού τύπτη



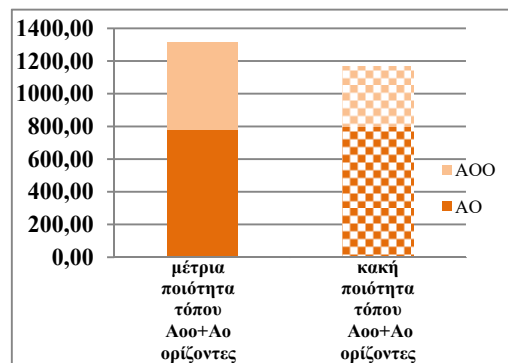
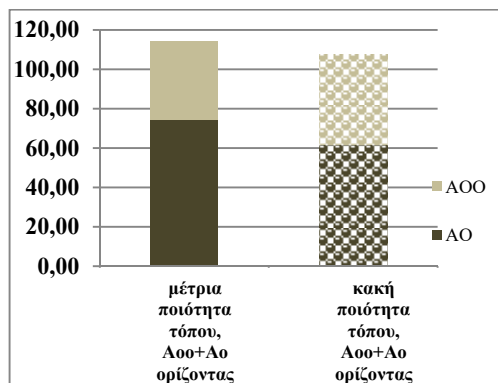
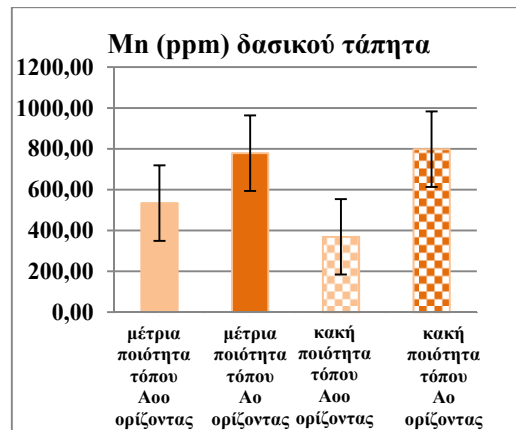
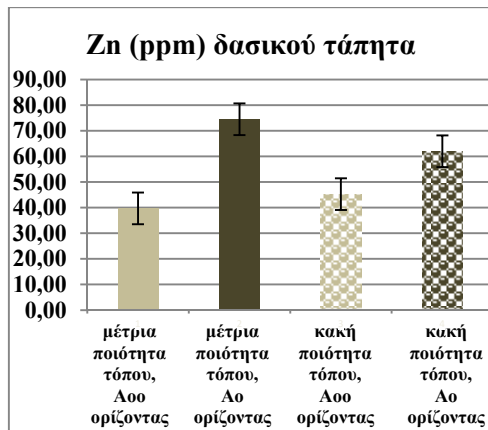
Σχήμα 8 : Μέση τιμή του Κ του δασικού τάπητα

Σχήμα 9 : Μέση τιμή του Να του δασικού τάπητα



Σχήμα 10 : Μέση τιμή του Cu του δασικού τάπητα

Σχήμα 11 : Μέση τιμή του Fe του δασικού τάπητα



Σχήμα 12 : Μέση τιμή του Zn του δασικού τάπητα Σχήμα 13 : Μέση τιμή του Mn του δασικού τάπητα

Η αναγωγή των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων σε ποσότητες στο εκτάριο (t/ha και kg/ha) παρουσιάζει μια καλύτερη εικόνα για την εκτίμηση της γονιμότητας του εδάφους, και προτείνεται για πρακτικούς λόγους. Απαραίτητη προϋπόθεση για την πραγματοποίηση αυτής της αναγωγής είναι ο ακριβής προσδιορισμός του βάρους του δασικού τάπητα. Για τον Αοο ορίζοντα το βάρος του δασικού τάπητα υπολογίστηκε μεταξύ 5.133 kg/ha και 16.221 kg/ha, ενώ στον Αο ορίζοντα οι αντίστοιχες τιμές κυμαίνονται μεταξύ 32.835 kg/ha και 64.108 kg/ha. Στην καλύτερη ποιότητα τόπου κατά κανόνα συσσωρεύεται μεγαλύτερη ποσότητα δασικού τάπητα στους Αοο και Αο ορίζοντες. Ωστόσο σε κάποιες θέσεις με καλύτερη ποιότητα τόπου παρατηρείται μικρή ποσότητα δασικού τάπητα στον Αοο ορίζοντα, λόγω ευνοϊκότερων συνθηκών αποσύνθεσης.

Στη συνέχεια (πίνακες 9 και 10) έγινε σύγκριση των ποσοτήτων (t/ha και kg/ha) της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων που είναι συσσωρευμένες στο δασικό τάπητα μεταξύ διαφορετικών ποιοτήτων τόπου (μέτρια – κακή) και μεταξύ διαφορετικών περιοχών (Πολύγυρος – Γομάτι) :

Πίνακας 9: Ποσότητες οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων του δασικού τάπητα στις δυο ποιότητες τόπου (μέση τιμή και τυπική απόκλιση).

	Μέτρια ποιότητα τόπου	Κακή ποιότητα τόπου	t	p
Οργανική ουσία (t/ha)	31,76 ± 3,83	24,15 ± 4,11	3,32	0,008
N (kg/ha)	556,99 ± 196,23	458,79 ± 41,27	1,20	0,258
P (kg/ha)	29,80 ± 4,25	21,65 ± 2,82	3,91	0,003
Ca (kg/ha)	361,15 ± 132,01	226,95 ± 67,78	2,22	0,051
Mg(kg/ha)	183,60 ± 64,34	161,18 ± 76,48	0,55	0,595
K (kg/ha)	150,83 ± 52,52	101,20 ± 31,76	1,98	0,076
Na (kg/ha)	14,63 ± 4,41	11,23 ± 4,63	1,30	0,222
Cu (kg/ha)	0,93 ± 0,73	1,00 ± 0,63	-0,19	0,852
Fe (kg/ha)	36,57 ± 19,42	23,83 ± 14,66	1,28	0,229
Zn (kg/ha)	4,02 ± 1,88	3,38 ± 1,03	0,73	0,482
Mn (kg/ha)	53,04 ± 51,14	38,05 ± 26,05	0,64	0,537

Σημείωση: Με έντονη γραμματοσειρά σημειώνονται τα θρεπτικά στοιχεία του δασικού τάπητα, που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από τον πίνακα 9, ο οποίος αναφέρεται στις ποσότητες της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων του δασικού τάπητα συνολικά για τις δυο ποιότητες τόπου, παρουσιάζεται μεγαλύτερη συσσώρευση οργανικής ουσίας (t/ha) και θρεπτικών στοιχείων (kg/ha) στην καλύτερη ποιότητα τόπου. Ωστόσο στατιστικά σημαντική διαφορά παρουσιάζεται μόνο στην ποσότητα της οργανικής ουσίας και του φωσφόρου.

Πίνακας 10: Ποσότητες οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων του δασικού τάπητα για τις δύο περιοχές έρευνας (μέση τιμή και τυπική απόκλιση)

	Πολύγυρος	Γομάτι	t	p
Οργανική ουσία (t/ha)	27,32 ± 6,35	28,59 ± 4,99	-0,38	0,710
N (kg/ha)	466,88 ± 106,10	548,90 ± 175,22	-0,98	0,350
P (kg/ha)	24,78 ± 4,65	26,67 ± 6,48	-0,58	0,576
Ca (kg/ha)	291,39 ± 116,26	296,71 ± 138,90	-0,07	0,944
Mg(kg/ha)	133,69 ± 28,81	211,08 ± 76,59	-2,32	0,043
K (kg/ha)	103,71 ± 25,49	148,32 ± 58,31	-1,72	0,117
Na (kg/ha)	9,60 ± 2,54	16,27 ± 3,82	-3,56	0,005
Cu (kg/ha)	0,62 ± 0,16	1,31 ± 0,78	-2,15	0,080
Fe (kg/ha)	21,26 ± 14,49	39,13 ± 16,97	-1,96	0,078
Zn (kg/ha)	3,00 ± 0,56	4,39 ± 1,84	-1,76	0,110
Mn (kg/ha)	27,71 ± 8,87	63,38 ± 50,85	-1,69	0,121

Σημείωση: Με έντονη γραμματοσειρά σημειώνονται τα θρεπτικά στοιχεία του δασικού τάπητα, που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Σύμφωνα με τον πίνακα 10, ο οποίος αναφέρεται στις ποσότητες της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων των περιοχών έρευνας, φαίνεται ότι στο Γομάτι Χαλκιδικής υπάρχει τάση με αυξημένες ποσότητες, τόσο στην οργανική ουσία, όσο και σε όλα τα θρεπτικά στοιχεία. Στατιστικά σημαντικές διαφορές όμως παρουσιάζονται μόνο στην περίπτωση της συσσώρευσης του Mg και Na.

4.4 Χημική σύσταση του ανόργανου εδάφους

Στις δύο περιοχές έρευνας το έδαφος παρουσιάζει κατά μέσο όρο όξινη αντίδραση (pH 4,42 - 6,78) και ελαφρά έως μέτρια μηχανική σύσταση. Το βάθος του εδάφους είναι μέτριο στα επιχώματα (50 - 70cm), ενώ στα εκχώματα το έδαφος είναι μάλλον αβαθές (20 - 40cm) (Πίνακες 18 - 29).

Τα δείγματα του εδάφους ορισμένες φορές παρουσίαζαν διαφορετικά χαρακτηριστικά, τα οποία οφείλονταν κυρίως στο χρωματισμό, στην υγρασία, στην περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, καθώς και στο διαφορετικό ποσοστό από χαλίκια και πέτρες. Τα επιφανειακά δείγματα με βάθος 0-10 και 10-20 cm συνήθως περιλάμβαναν σημαντικές ποσότητες οργανικής ουσίας, ενώ στην καλύτερη ποιότητα τόπου περιείχαν μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας, αλλά και πολλές λεπτές ρίζες, οι οποίες προέρχονταν είτε από την *P. maritima*, είτε από θαμνώδη ή ποώδη βλάστηση. Το χρώμα των επιφανειακών δειγμάτων ήταν έντονα σκούρο, και οφειλόταν κυρίως

στην μεγαλύτερη παρουσία της οργανικής ουσίας. Η δομή στα επιφανειακά δείγματα στις περισσότερες περιπτώσεις χαρακτηρίζεται ασθενής έως μέτρια, με διακρινόμενα συσσωματώματα. Στα δείγματα μεγαλύτερου βάθους σταδιακά μειωνόταν η ποσότητα της οργανικής ουσίας, το χρώμα μεταβαλλόταν στο ορφνό, χαρακτηριστικό των μεσογειακών δασικών εδαφών, ενώ η παρουσία χαλικιών και λίθων, συνήθως γωνιώδους και υπογωνιώδους μορφής, ήταν εμφανής, ιδιαίτερα στη χειρότερη ποιότητα τόπου. Σε βάθη μεγαλύτερα των 40 cm το ποσοστό χονδρόκοκκου σκελετικού υλικού πολλές φορές ξεπερνούσε το 70% στο σύνολο του εδαφικού δείγματος.



Εικόνα 12: Έντονη παρουσία ριζών εδαφοτομής σε συστάδα *P. maritima*, μέτριας ποιότητας τόπου στο Γομάτι Χαλκιδικής.

Στο πίνακα 11 παρουσιάζονται το pH και η συγκέντρωση της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων σε όλα τα βάθη και για τις δύο περιοχές έρευνας. Εκτός από τις τιμές του pH, οι οποίες δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με το βάθος, όλες οι συγκεντρώσεις, τόσο της οργανικής ουσίας, όσο και των θρεπτικών στοιχείων, επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά από το βάθος του εδάφους.

Πίνακας 11: pH, συγκέντρωση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων του εδάφους για διαφορετικό βάθος (μέση τιμή και τυπικό σφάλμα).

Βάθος εδάφους	0-10	10-20	20-40	40-60	F	p
pH	5,170 ± 0,146	5,168 ± 0,146	5,170 ± 0,146	5,158 ± 0,146	0,002	1,00
Οργανική ουσία (%)	6,755 ± 0,515 ^a	3,539 ± 0,515 ^b	1,934 ± 0,515 ^{bc}	0,553 ± 0,515 ^c	26,798	<0,001
C (%)	3,869 ± 0,301 ^a	2,122 ± 0,301 ^b	1,122 ± 0,301 ^{bc}	0,321 ± 0,301 ^c	25,834	<0,001
N (%)	0,186 ± 0,009 ^a	0,099 ± 0,009 ^b	0,071 ± 0,009 ^b	0,016 ± 0,009 ^c	65,916	<0,001
P (mg/100gr εδάφους)	1,086 ± 0,027 ^a	0,829 ± 0,027 ^b	0,586 ± 0,027 ^c	0,154 ± 0,027 ^c	210,69	<0,001
Ca (cmol/kg)	8,31 ± 0,811 ^a	5,91 ± 0,811 ^{ab}	5,026 ± 0,811 ^b	1,828 ± 0,811 ^c	10,916	<0,001
Mg (cmol/kg)	2,289 ± 0,343 ^a	1,922 ± 0,343 ^{ab}	1,941 ± 0,343 ^{ab}	0,807 ± 0,343 ^b	3,528	0,023
K (cmol/kg)	0,318 ± 0,018 ^a	0,208 ± 0,018 ^b	0,166 ± 0,018 ^b	0,063 ± 0,018 ^c	32,669	<0,001
Na (cmol/kg)	0,118 ± 0,02 ^a	0,124 ± 0,02 ^b	0,155 ± 0,02 ^c	0,052 ± 0,02 ^c	4,519	0,008
Cu ppm	0,423 ± 0,07 ^a	0,468 ± 0,07 ^a	0,397 ± 0,07 ^{ab}	0,140 ± 0,07 ^b	4,402	0,009
Fe ppm	34,75 ± 2,85 ^a	29,19 ± 2,85 ^a	25,52 ± 2,85 ^a	7,36 ± 2,85 ^b	17,281	<0,001
Zn ppm	2,397 ± 0,148 ^a	0,756 ± 0,148 ^b	0,538 ± 0,148 ^{bc}	0,170 ± 0,148 ^c	44,246	<0,001
Mn ppm	24,948 ± 2,679 ^a	18,489 ± 2,679 ^a	15,609 ± 2,679 ^a	4,451 ± 2,679 ^b	10,207	<0,001

Σημείωση: Μέσοι όροι που βρίσκονται στην ίδια γραμμή και ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Στο πίνακα 12 παρουσιάζονται οι τιμές του pH και η συγκέντρωση της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους στις δύο ποιότητες τόπου και για τις δύο περιοχές έρευνας. Από τον ίδιο πίνακα γίνεται φανερό ότι η συγκέντρωση της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων N, K, Cu, Zn και Mn είναι υψηλότερη στη χειρότερη ποιότητα τόπου. Το αντίθετο συμβαίνει με τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία. Επιπλέον, για τα στοιχεία N, P και Mg παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ποιότητων τόπου.

Πίνακας 12: pH, συγκέντρωση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων του εδάφους για διαφορετική ποιότητα τόπου (μέση τιμή και τυπικό σφάλμα).

Ποιότητα τόπου	Μέτρια	Κακή	F	p
pH	5,022 ± 0,103	5,312 ± 0,103	3,953	0,054
Οργανική ουσία (%)	3,056 ± 0,364	3,335 ± 0,364	0,294	0,590
C(%)	1,782 ± 0,213	1,935 ± 0,213	0,256	0,615
N (%)	0,082 ± 0,06	0,104 ± 0,06	6,281	0,016
P(mg/100gr εδάφους)	0,691 ± 0,019	0,636 ± 0,019	4,146	0,048
Ca (cmol/kg)	5,878 ± 0,574	4,659 ± 0,574	2,255	0,141
Mg(cmol/kg)	2,195 ± 0,243	1,284 ± 0,243	7,061	0,011
K (cmol/kg)	0,184 ± 0,013	0,194 ± 0,013	0,263	0,611
Na (cmol/kg)	0,118 ± 0,014	0,107 ± 0,014	0,279	0,600
Cu ppm	0,325 ± 0,050	0,389 ± 0,050	0,813	0,373
Fe ppm	25,818 ± 2,016	22,592 ± 2,016	1,280	0,265
Zn ppm	0,860 ± 0,105	1,071 ± 0,105	2,024	0,163
Mn ppm	14,847 ± 1,894	16,902 ± 1,894	0,588	0,448

Σημείωση: Με έντονη γραμματοσειρά σημειώνονται τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους, που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

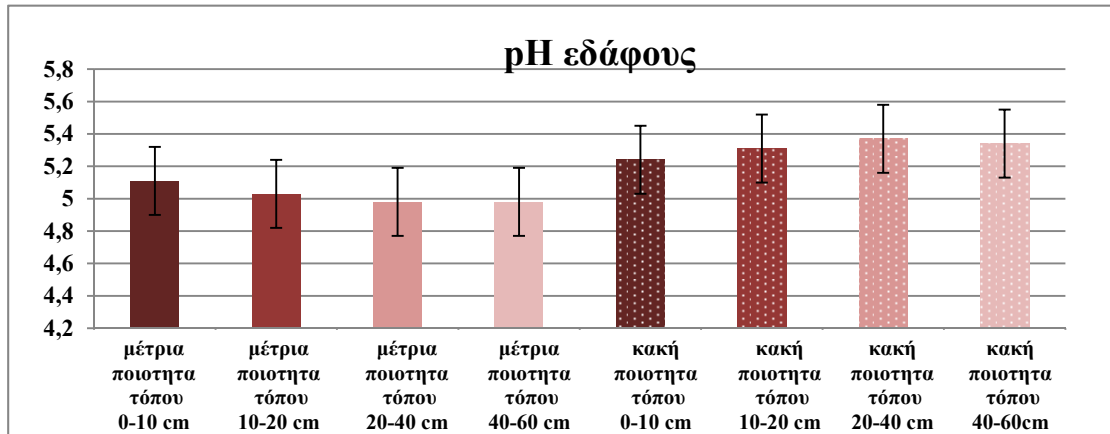
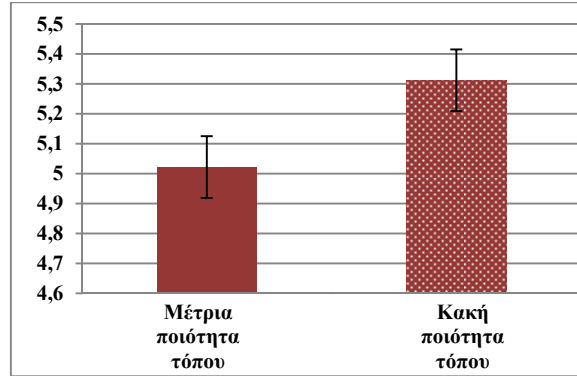
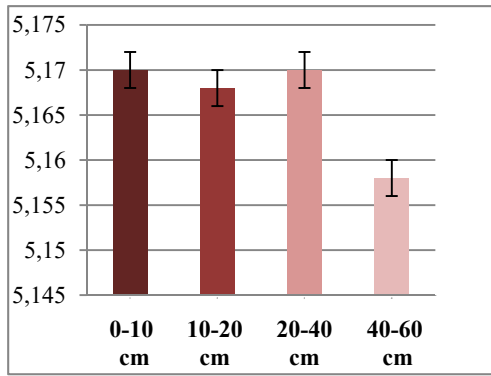
Στον πίνακα 13 παρουσιάζονται οι τιμές του pH, καθώς και η συγκέντρωση της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων σε όλα τα βάθη και για τις δυο ποιότητες τόπου. Η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων (ποιότητα τόπου – βάθος εδάφους) δεν φαίνεται να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τις παραπάνω τιμές, για τις οποίες, όπως προέκυψε από τον πίνακα 11, καθοριστικό παράγοντα αποτελεί το βάθος του εδάφους.

Πίνακας 13: pH, συγκέντρωση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων του εδάφους για διαφορετική ποιότητα τόπου και διαφορετικό βάθος (μέση τιμή και τυπικό σφάλμα).

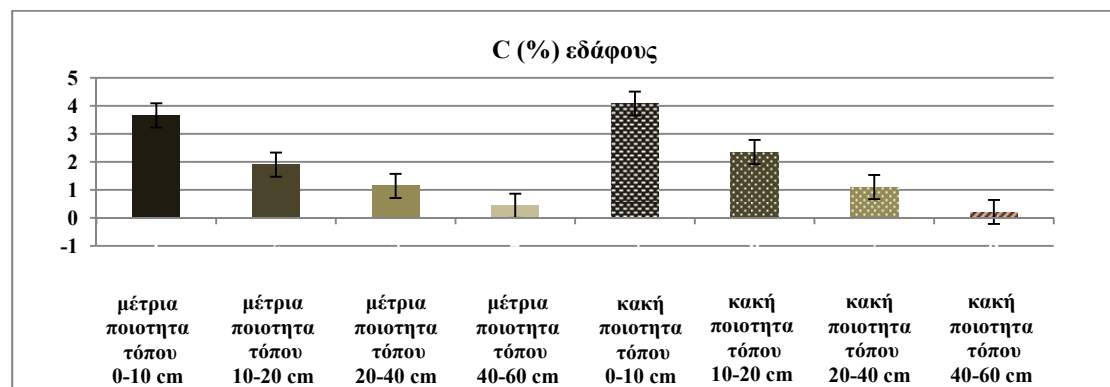
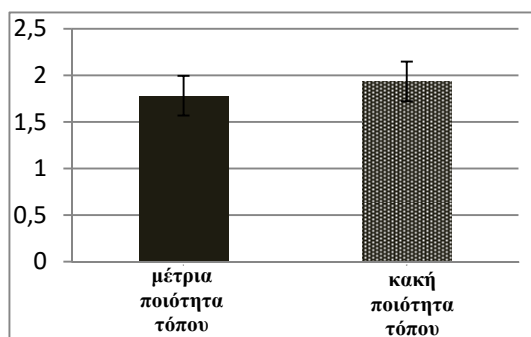
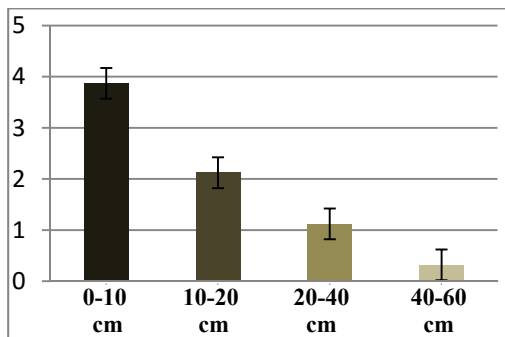
	Μέτρια ποιότητα τόπου 0-10	Μέτρια ποιότητα τόπου 10-20	Μέτρια ποιότητα τόπου 20-40	Μέτρια ποιότητα τόπου 40-60	Κακή ποιότητα τόπου 0-10	Κακή ποιότητα τόπου 10-20	Κακή ποιότητα τόπου 20-40	Κακή ποιότητα τόπου 40-60	F	p
pH	5,11± 0,21	5,03± 0,21	4,98± 0,21	4,98± 0,21	5,24± 0,21	5,31± 0,21	5,37± 0,21	5,34± 0,21	0,158	0,924
Οργανική ουσία (%)	6,48± 0,73	3,03± 0,73	1,97± 0,73	0,74± 0,73	7,03± 0,73	4,05± 0,73	1,90± 0,73	0,36± 0,73	0,364	0,780
C(%)	3,66± 0,43	1,90± 0,43	1,14± 0,43	0,43± 0,43	4,08± 0,43	2,35± 0,43	1,10± 0,43	0,21± 0,43	0,306	0,821
N (%)	0,16± 0,012	0,084 ± 0,012	0,066 ± 0,012	0,019 ± 0,012	0,213 ± 0,012	0,114 ± 0,012	0,076 ± 0,012	0,013 ± 0,012	2,063	0,120
P (mg/100gr εδάφους)	1,148 ± 0,039	0,843 ± 0,039	0,579 ± 0,039	0,196 ± 0,039	1,023 ± 0,039	0,816 ± 0,039	0,593 ± 0,039	0,112 ± 0,039	1,260	0,301
Ca (cmol/kg)	8,27± 1,15	6,71± 1,15	5,64± 1,15	2,90± 1,15	8,36± 1,15	5,11± 1,15	4,41± 1,15	0,76± 1,15	0,341	0,796
Mg (cmol/kg)	2,58± 0,49	2,42± 0,49	2,58± 0,49	1,20± 0,49	2,00± 0,49	1,43± 0,49	1,30± 0,49	0,41± 0,49	0,190	0,902
K (cmol/kg)	0,297 ± 0,026	0,21 ± 0,026	0,161 ± 0,026	0,068 ± 0,026	0,34 ± 0,026	0,206 ± 0,026	0,171 ± 0,026	0,057 ± 0,026	0,419	0,74
Na (cmol/kg)	0,112 ± 0,029	0,148 ± 0,029	0,154 ± 0,029	0,056 ± 0,029	0,124 ± 0,029	0,099 ± 0,029	0,156 ± 0,029	0,048 ± 0,029	0,433	0,731
Cu ppm	0,383± 0,1	0,389± 0,1	0,361± 0,1	0,168± 0,1	0,463± 0,1	0,547± 0,1	0,432± 0,1	0,112± 0,1	0,396	0,756
Fe ppm	34,69 ± 4,032	30,74 ± 4,032	27,49 ± 4,032	10,35 ± 4,032	34,81 ± 4,032	27,65 ± 4,032	23,54 ± 4,032	4,37 ± 4,032	0,199	0,897
Zn ppm	2,065 ± 0,209	0,693 ± 0,209	0,474 ± 0,209	0,207 ± 0,209	2,729 ± 0,209	0,819 ± 0,209	0,601 ± 0,209	0,134 ± 0,209	1,140	0,345
Mn ppm	22,70 ± 2,68	16,82 ± 2,68	14,01 ± 2,68	5,86 ± 2,68	27,20 ± 2,68	20,16 ± 2,68	17,21 ± 2,68	3,04 ± 2,68	0,38	0,768

Σημείωση : Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

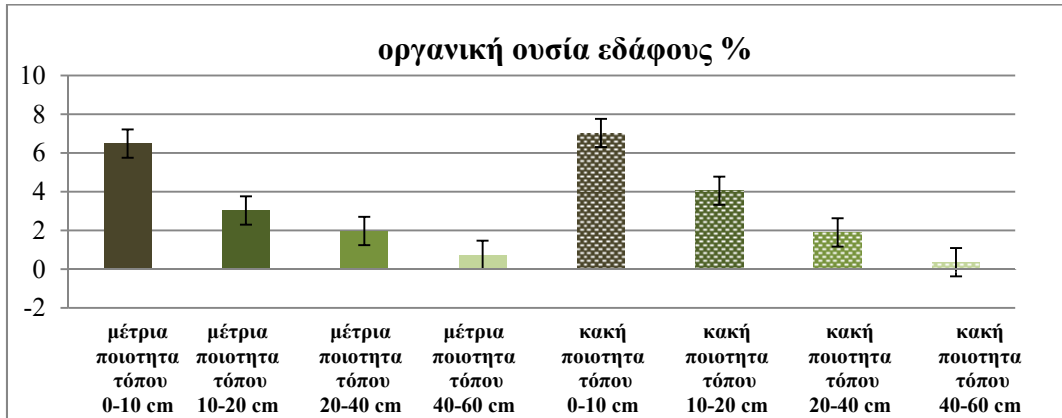
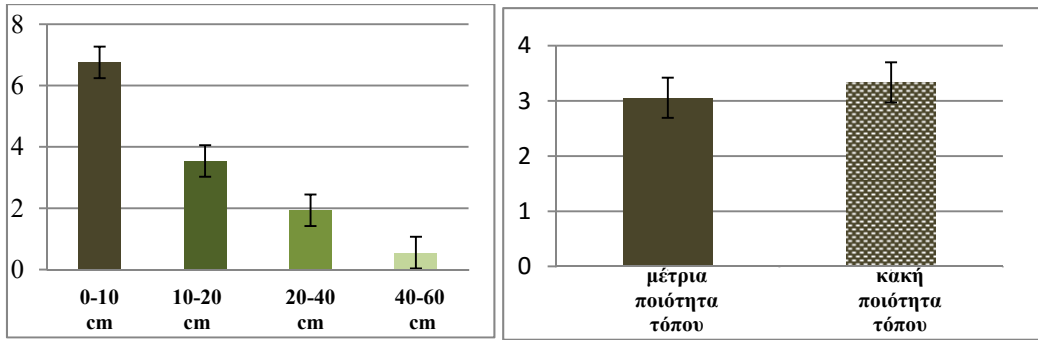
Από τα δεδομένα των πινάκων 11, 12 και 13 παρουσιάζονται παρακάτω αναλυτικά τα γραφήματα με τις μέσες τιμές και τις τυπικές αποκλίσεις για το pH και τις συγκεντρώσεις της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων του ανόργανου εδάφους.



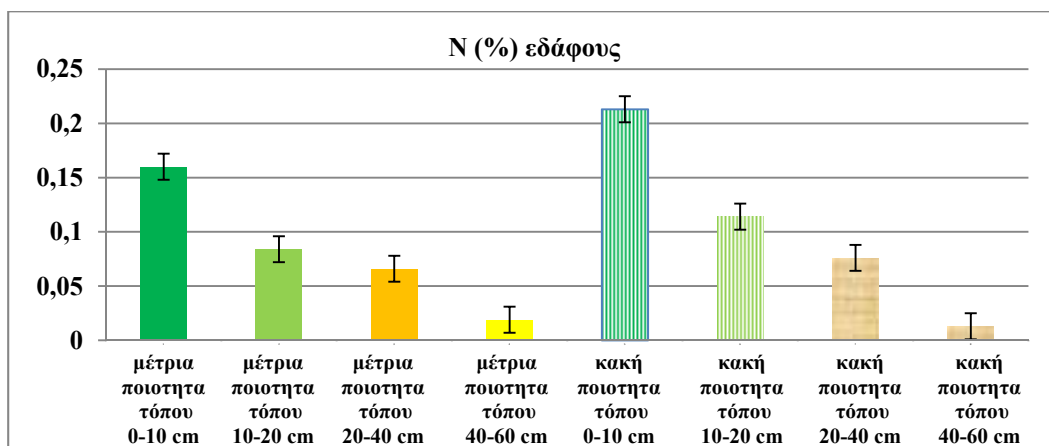
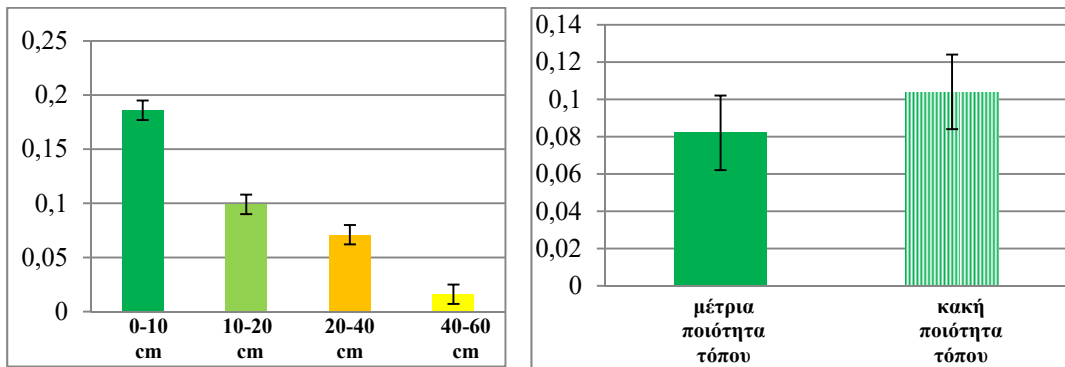
Σχήματα 15, 16 & 17: Μέση τιμή του pH στο έδαφος.



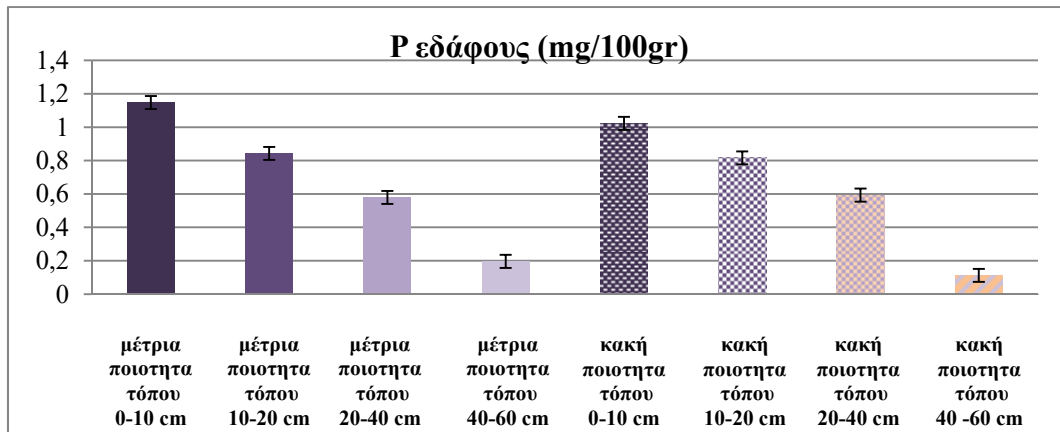
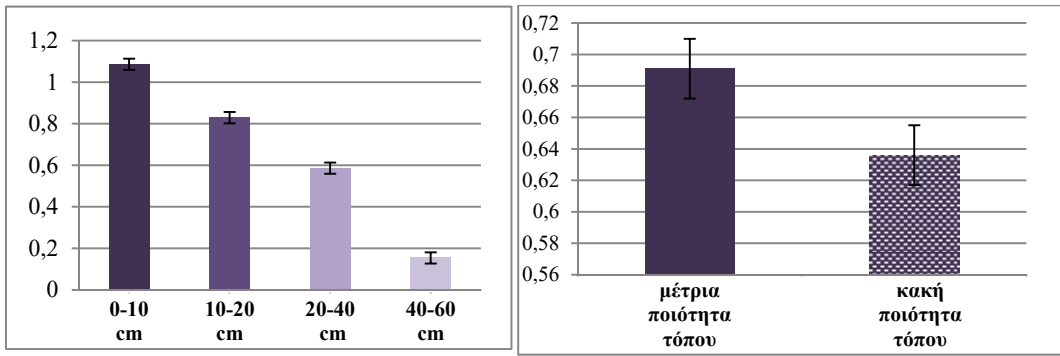
Σχήματα 18, 19 & 20 Μέση τιμή του C % στο έδαφος



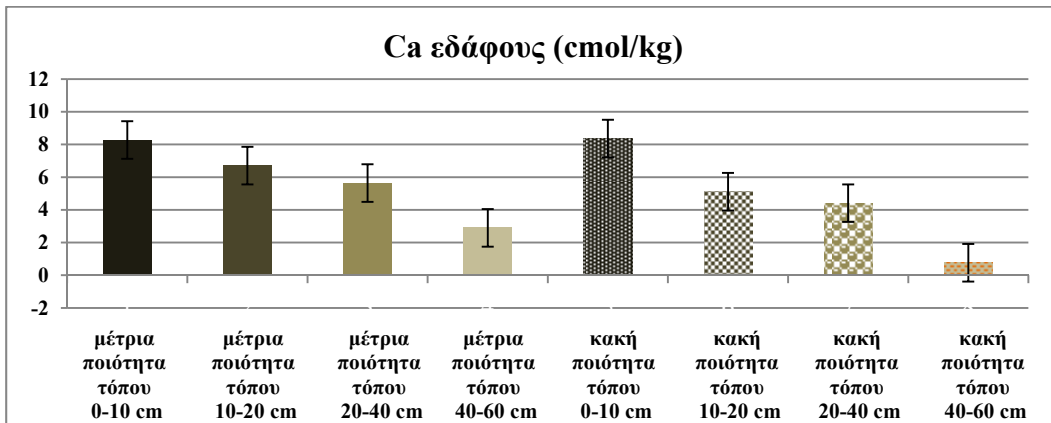
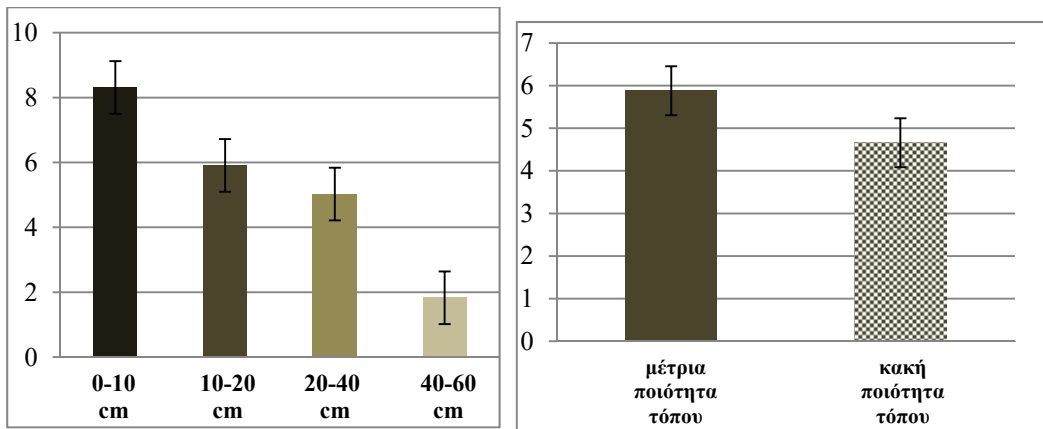
Σχήματα 21, 22 & 23: Μέση τιμή της οργανικής ουσίας (%) στο έδαφος



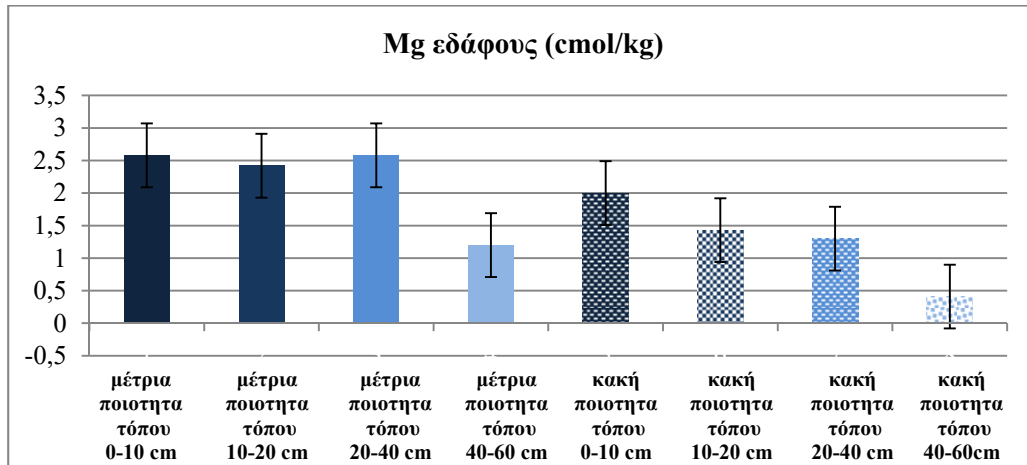
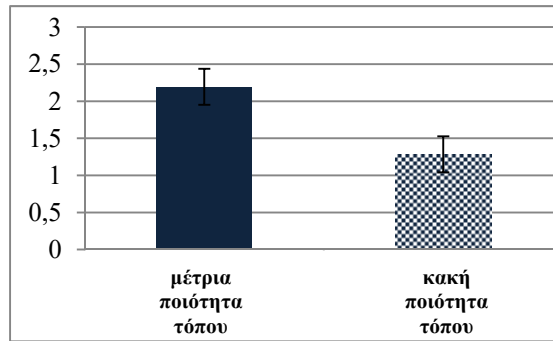
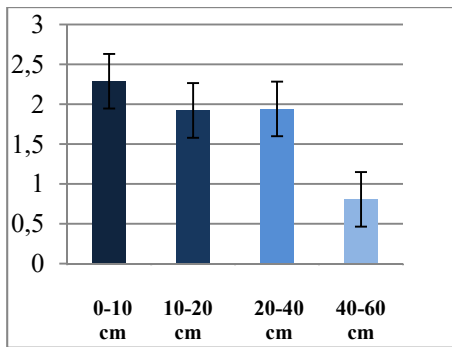
Σχήματα 24, 25 & 26: Μέση τιμή του N (%) στο έδαφος



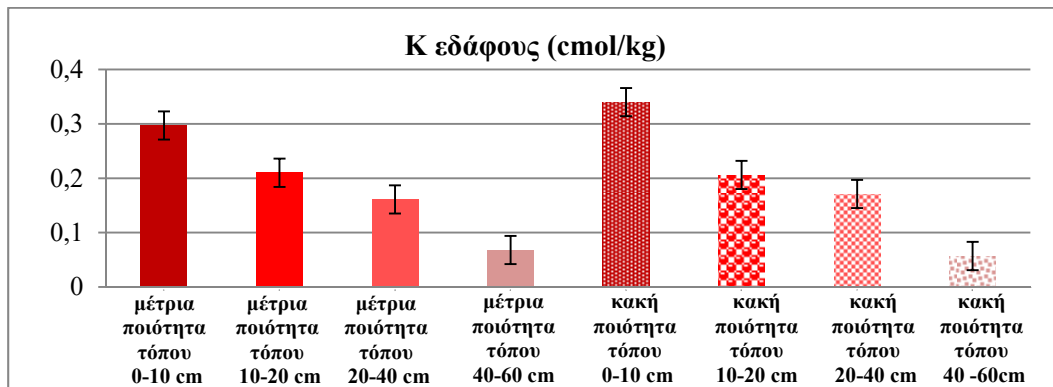
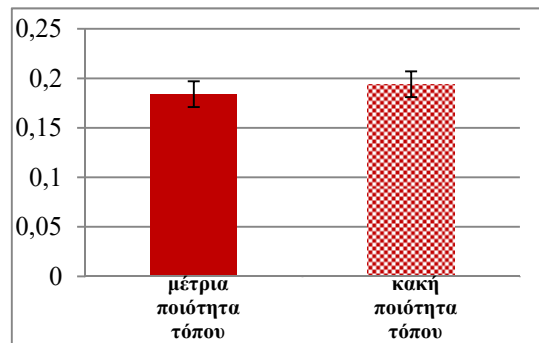
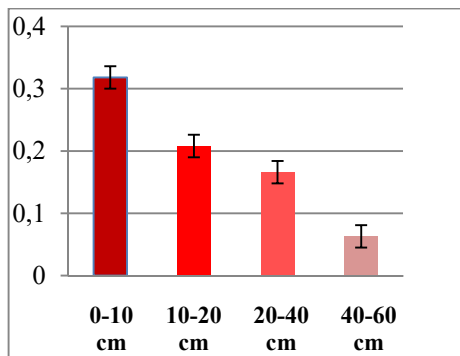
Σχήματα 27, 28 & 29: Μέση τιμή του P στο έδαφος



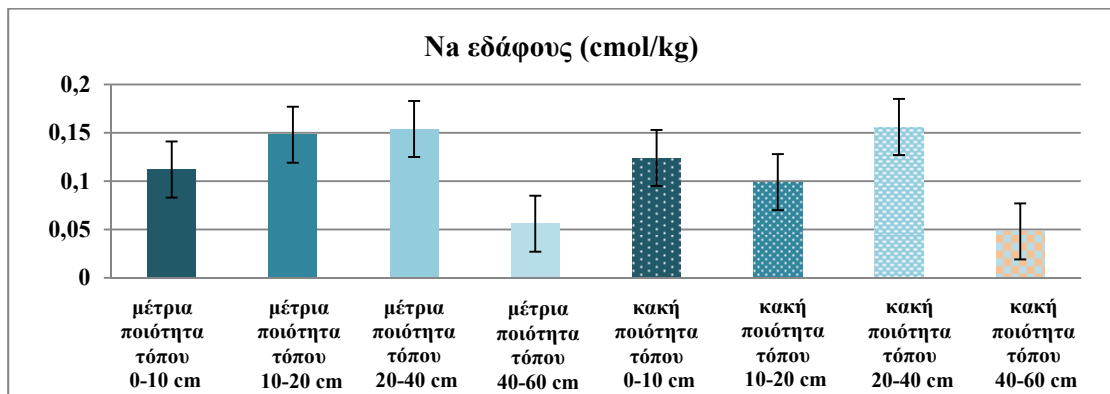
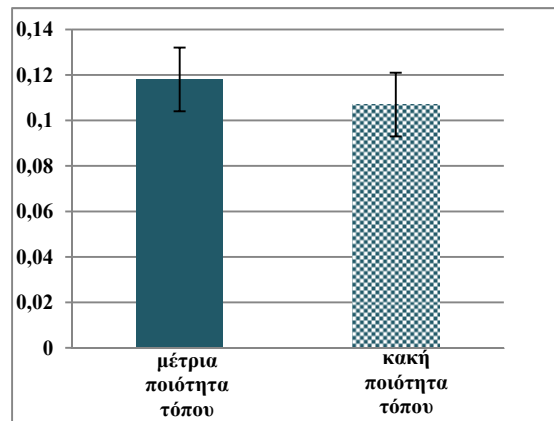
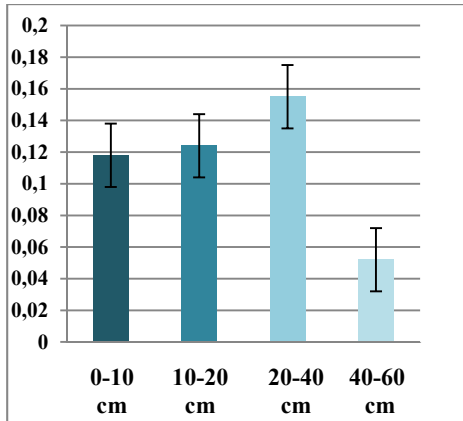
Σχήματα 30, 31 & 32: Μέση τιμή του Ca στο έδαφος



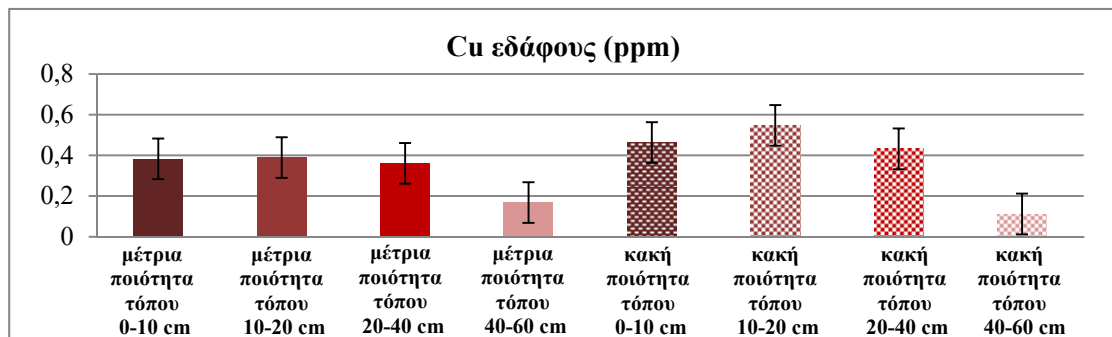
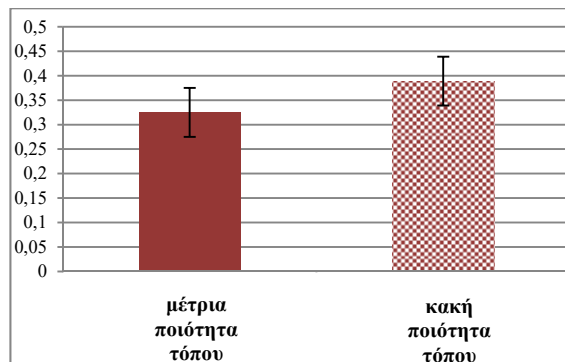
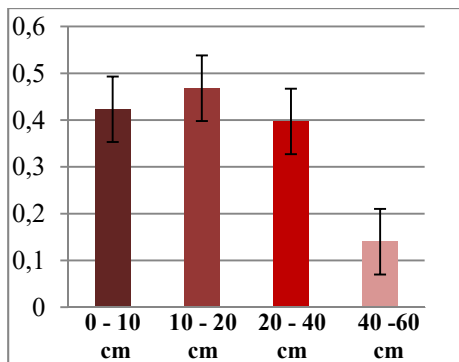
Σχήματα 33, 34 & 35: Μέση τιμή του Mg στο έδαφος



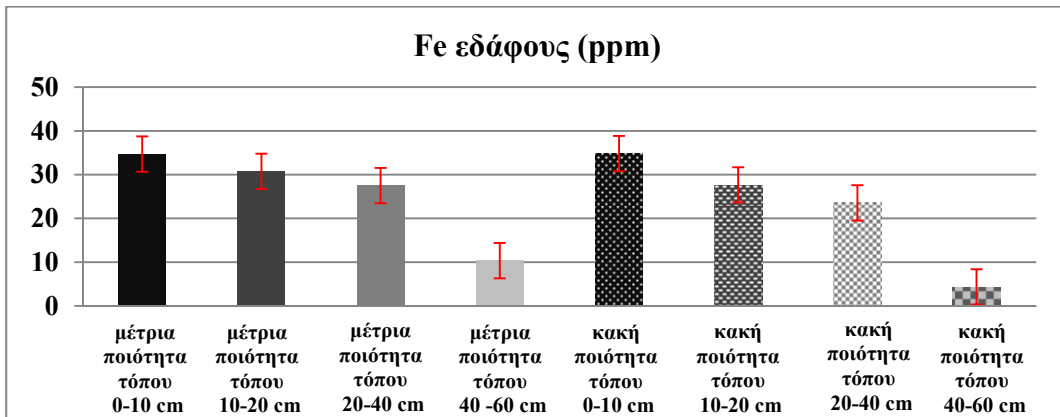
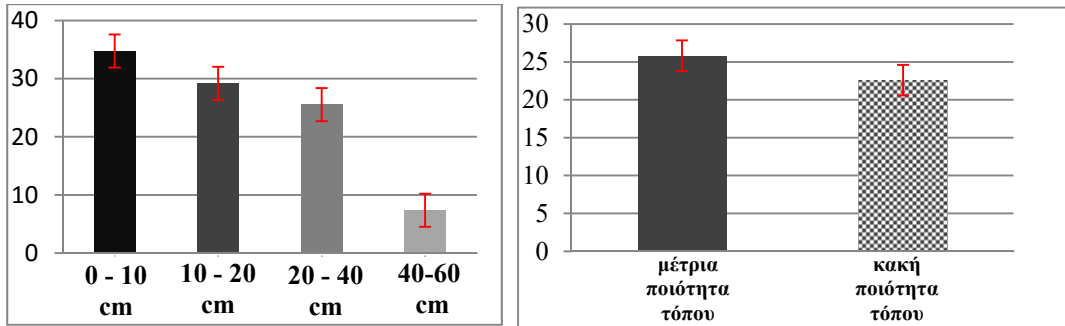
Σχήματα 36, 37 & 38: Μέση τιμή του K στο έδαφος



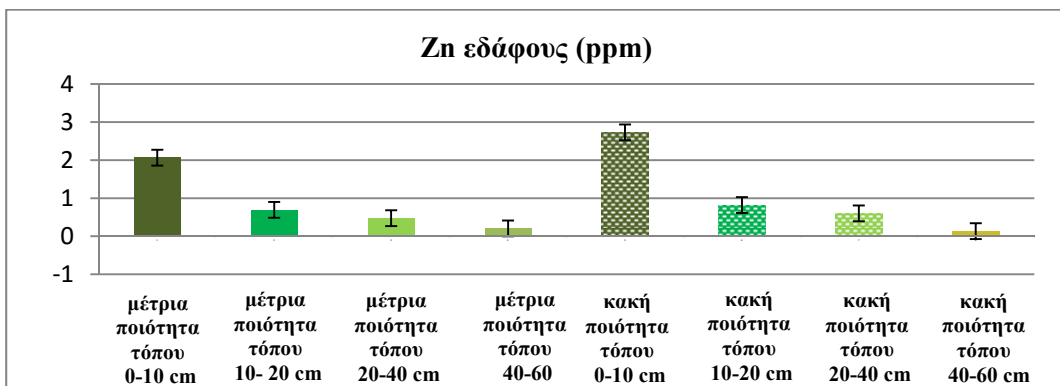
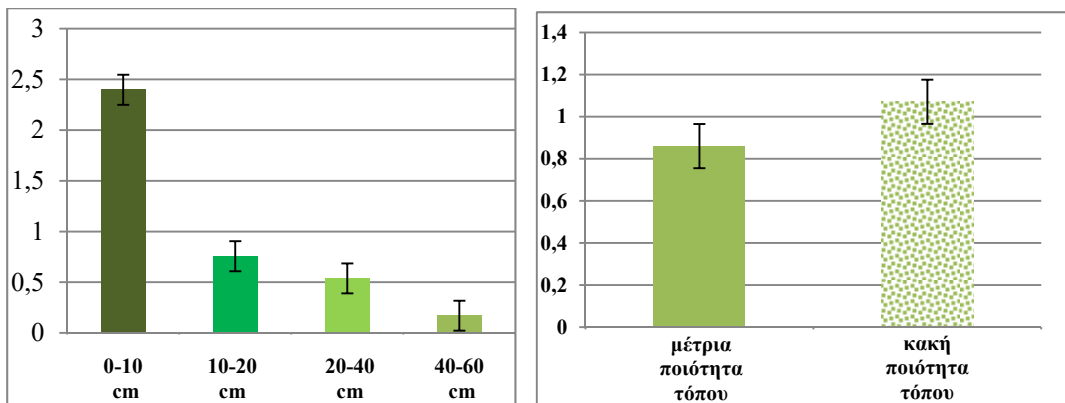
Σχήματα 39, 40 & 41: Μέση τιμή του Na στο έδαφος



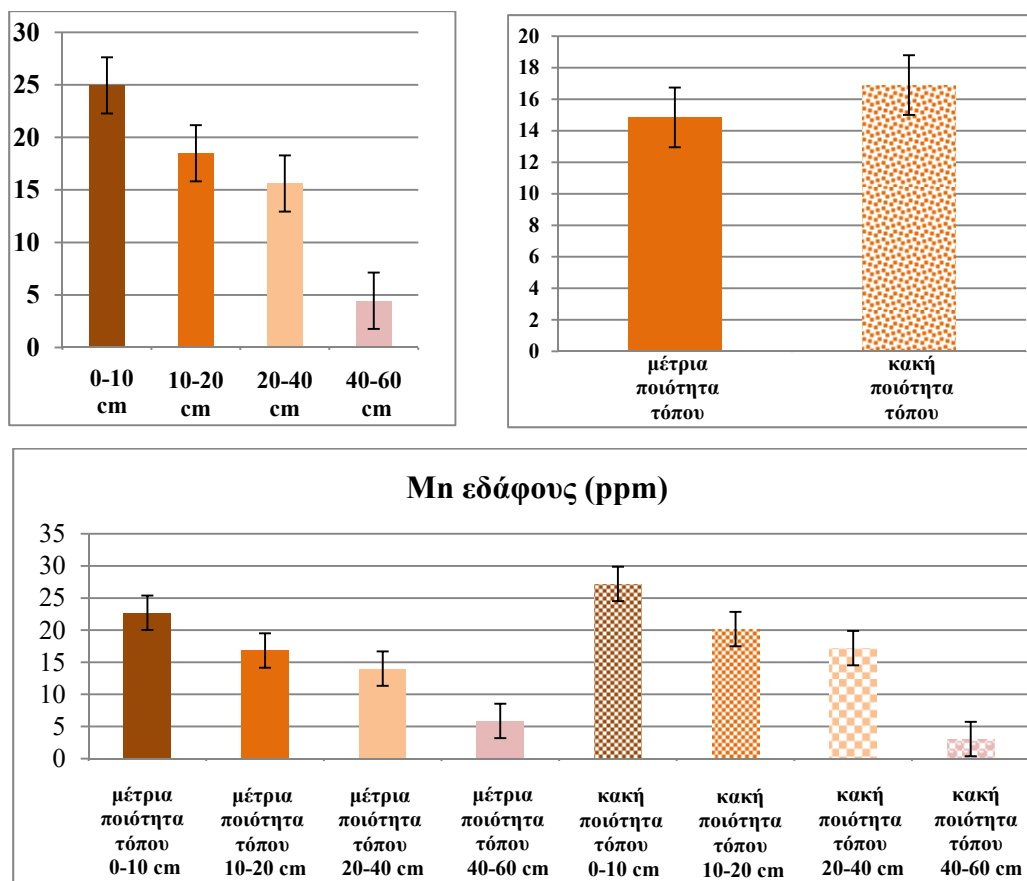
Σχήματα 42, 43 & 44: Μέση τιμή του Na στο έδαφος



Σχήματα 45, 46 & 47: Μέση τιμή του Fe στο έδαφος



Σχήματα 48, 49 & 50: Μέση τιμή του Zn στο έδαφος



Σχήματα 51, 52 & 53: Μέση τιμή του Mn στο έδαφος

Από τη στατιστική ανάλυση με εφαρμογή της μεθόδου Residual Maximum Likelihood (REML) προκύπτουν τα παρακάτω τα αποτελέσματα:

pH : Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.217±0.099), σχεδόν αμελητέα.

Η τιμή της μεταβλητής δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών παραγόντων (ποιότητα τόπου, θέση στη βαθμίδα και βάθος εδάφους).

C (%): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.18±0.086), σχεδόν αμελητέα.

Η τιμή της μεταβλητής επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το βάθος του εδάφους.

(Wald statistic 331,21, P <0,001 Wald-test).

Οργανική ουσία(%): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.18±0.086), σχεδόν αμελητέα.

Η τιμή της μεταβλητής επηρεάζεται στατιστικά από το βάθος του εδάφους.

(Wald statistic : 331,21, $P < 0,001$, Wald-test).

N (%): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.298±0.02), σχεδόν αμελητέα.

Η τιμή της μεταβλητής επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από την ποιότητα του τόπου (Wald statistic 5,17 $P < 0,05$, Wald-test), το βάθος του εδάφους (Wald statistic : 153,82 $P < 0,001$, Wald-test) και τη θέση στη βαθμίδα (επίχωμα – έκχωμα), (Wald statistic : 5,87, $P < 0,05$, Wald-test). Και οι τρεις παράγοντες επιδρούν στατιστικά σημαντικά στη διαμόρφωση της τιμής της μεταβλητής, ενώ το βάθος του εδάφους έχει τη μεγαλύτερη επίδραση.

P (mg/100gr): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.026±0.0026), σχεδόν αμελητέα.

Η τιμή της μεταβλητής επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το βάθος του εδάφους (Wald statistic : 412,50, $P < 0,01$, Wald-test). Ωστόσο, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στο ίδιο βάθος εδάφους μεταξύ επιχωμάτων – εκχωμάτων (Wald statistic : 18,21 $P < 0,001$ Wald-test).

Ca (cmol/kg): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.27±0.14), σχεδόν αμελητέα.

Το βάθος επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την τιμή της μεταβλητής. (Wald statistic : 29,34, $P < 0,01$, Wald-test).

Mg (cmol/kg): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή, (variance=0.239±0.116), σχεδόν αμελητέα.

Η τιμή της μεταβλητής δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών παραγόντων. Επηρεάζεται οριακά από το βάθος του εδάφους (Wald statistic : 11,60, $P = 0,05$, Wald-test).

K (cmol/kg): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.62±0.033), σχεδόν αμελητέα.

Ο εδαφικός ορίζοντας επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την τιμή της μεταβλητής. (Wald statistic : 92,96, $P < 0,01$, Wald-test).

Na (cmol/kg): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.16±0.087), σχεδόν αμελητέα.

Η τιμή της μεταβλητής δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά μεταξύ των

διαφορετικών τιμών των παραγόντων.

Cu (ppm): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.32±0.14), σχεδόν αμελητέα.

Το βάθος του εδάφους επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την τιμή της μεταβλητής. (Wald statistic : 14,63, P=0,02, Wald-test).

Fe (ppm): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.15±0.077), σχεδόν αμελητέα.

Το βάθος του εδάφους επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την τιμή της μεταβλητής. (Wald statistic : 37,26, P<0,01, Wald-test).

Zn (ppm): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.12±0.06), σχεδόν αμελητέα.

Το βάθος του εδάφους επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την τιμή της μεταβλητής. (Wald statistic : 311,13, P<0,01, Wald-test). Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στο ίδιο βάθος και μεταξύ επιχωμάτων – εκχωμάτων (Wald statistic : 816, P= 0,006 , Wald-test).

Mn (ppm): Η διακύμανση που οφείλεται στην επιλογή των επιφανειών είναι μικρή (variance=0.61±0.31), σχεδόν αμελητέα.

Το βάθος επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την τιμή της μεταβλητής. (Wald statistic : 31,89, P<0,01, Wald-test).

Η οργανική ουσία και όλα τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους παρουσιάζουν τιμές με στατιστικά σημαντικές διαφορές, καθώς αυξάνεται το βάθος. Αντίθετα, το pH δε φαίνεται να επηρεάζεται από τον παράγοντα βάθος. Αξιοσημείωτη είναι η μείωση της οργανικής ουσίας με το βάθος, η οποία επηρεάζει αντίστοιχα τις συγκεντρώσεις του N και P. Σε βάθος μεγαλύτερο των 40 cm εμφανίζεται σε πολλές θέσεις το μητρικό πέτρωμα, συνεπώς οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων, οι οποίες είναι διαθέσιμες για πρόσληψη από τα φυτά, είναι μειωμένες (πίνακας 11).

Η εκατοστιαία αναλογία σε οργανική ουσία φαίνεται να έχει μεγαλύτερη τιμή στη χειρότερη ποιότητα τόπου, οι διαφορές όμως δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Η ποιότητα τόπου επηρεάζει την περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία, στις περισσότερες όμως περιπτώσεις δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στις συγκεντρώσεις του

N, P και Mg. Η συγκέντρωση N αυξάνεται στη χειρότερη ποιότητα τόπου, ενώ αντίθετα οι συγκεντρώσεις P και Mg μειώνονται. Τέλος, φαίνεται μια τάση με αυξημένες συγκεντρώσεις σε K, Cu, Zn και Mn στις χειρότερες ποιότητες τόπου (πίνακας 12).

Η αλληλεπίδραση μεταξύ ποιότητας τόπου και βάθους εδάφους δεν επηρεάζει στατιστικά κανένα από τα στοιχεία που υπολογίστηκαν (πίνακας 13).

Η βαθμίδωση του εδάφους επηρεάζει τη συγκέντρωση των στοιχείων N, P και Zn. Τα στοιχεία N και Zn έχουν αυξημένη τιμή στα εκχώματα, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με το P. Η διαφορετική ποιότητα τόπου δεν φαίνεται να επηρεάζει τη συγκέντρωση σε θρεπτικά στοιχεία τόσο δραστικά όσο το βάθος του.

Στη συνέχεια (πίνακες 14 και 15) γίνεται σύγκριση των ποσοτήτων (t/ha και kg/ha) της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων που είναι συσσωρευμένες στο έδαφος μεταξύ διαφορετικών ποιοτήτων τόπου (μέτρια – κακή) και μεταξύ διαφορετικών περιοχών (Πολύγυρος – Γομάτι).

Πίνακας 14: Ποσότητες οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων του εδάφους στις δύο ποιότητες τόπου (μέση τιμή και τυπική απόκλιση).

	Μέτρια ποιότητα τόπου	Κακή ποιότητα τόπου	t	p
Οργανική ουσία (t/ha)	145,40 ± 81,60	155,13 ± 51,13	-0,248	0,810
N (kg/ha)	4080,22 ± 705,27	5049,88 ± 1195,45	-1,711	0,118
P (kg/ha)	35,47 ± 2,62	33,26 ± 3,85	1,165	0,271
Ca (kg/ha)	6643,07 ± 4203,84	4894,84 ± 2015,87	0,919	0,380
Mg(kg/ha)	1597,94 ± 1254,60	870,29 ± 384,93	1,358	0,224
K (kg/ha)	282,27 ± 113,66	402,51 ± 147,36	-0,266	0,795
Na (kg/ha)	165,95 ± 56,99	149,70 ± 96,65	0,355	0,73
Cu (kg/ha)	1,93 ± 1,18	2,20 ± 1,40	-0,364	0,724
Fe (kg/ha)	145,76 ± 57,89	122,34 ± 45,77	0,781	0,453
Zn (kg/ha)	3,96 ± 1,62	4,99 ± 1,93	-0,999	0,341
Mn (kg/ha)	82,76 ± 61,73	90,04 ± 34,95	-0,251	0,807

Σημείωση: Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Οι ποσότητες της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ διαφορετικών ποιοτήτων τόπου. Ωστόσο, οι ποσότητες της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων N, K, Cu, Zn και Mn εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές στη χειρότερη ποιότητα τόπου, ενώ

το αντίθετο συμβαίνει με τις ποσότητες των υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων (πίνακας 14). Κατά την επεξεργασία των δεδομένων φάνηκε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις οι ποσότητες του N και Ca διαφοροποιούνται αισθητά σε περιοχές με ίδια ποιότητα τόπου, παρουσιάζοντας μεγάλη απόκλιση από τον μέσο όρο.

Πίνακας 15: Ποσότητες οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων του εδάφους για τις δύο περιοχές έρευνας (μέση τιμή και τυπική απόκλιση)

	Πολύγυρος	Γομάτι	t	p
Οργανική ουσία (t/ha)	125,75 ± 40,15	174,78 ± 79,21	-1,35	0,206
N (kg/ha)	4412,03 ± 562,67	4718,08 ± 1455,29	-0,48	0,641
P (kg/ha)	33,62 ± 4,07	35,10 ± 2,60	-0,752	0,47
Ca (kg/ha)	7159,63 ± 4069,98	4378,28 ± 1536,16	1,57	0,165
Mg(kg/ha)	960,78 ± 665,07	1507,45 ± 1190,90	-0,982	-0,349
K (kg/ha)	313,63 ± 78,14	471,15 ± 117,84	-2,729	0,021
Na (kg/ha)	116,07 ± 64,90	199,58 ± 65,98	-2,210	0,052
Cu (kg/ha)	1,68 ± 0,74	2,44 ± 1,58	-1,068	0,311
Fe (kg/ha)	98,05 ± 33,16	170,05 ± 38,97	-3,447	0,006
Zn (kg/ha)	3,42 ± 1,03	5,52 ± 1,82	-2,453	0,034
Mn (kg/ha)	78,39 ± 17,08	94,41 ± 67,95	-0,560	0,597

Σημείωση: Με έντονη γραμματοσειρά σημειώνονται τα θρεπτικά στοιχεία του δασικού τάπητα που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Γενικά συγκρίνοντας τους μέσους όρους των θρεπτικών στοιχείων για τις περιοχές του Πολυγύρου και του Γοματίου (πίνακας 15), διαπιστώνουμε ότι η περιοχή του Γοματίου συγκεντρώνει μεγαλύτερες ποσότητες οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων, με εξαίρεση το Ca. Παρόλα αυτά, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μόνο για τις ποσότητες του K, Fe και Zn. Οι αυξημένες ποσότητες, κυρίως της οργανικής ουσίας και δευτερευόντως του N, που βρίσκονται αποθηκευμένες στο έδαφος των οικοσυστημάτων *P. maritima* στην περιοχή του Γοματίου, θα μπορούσαν να αποδοθούν στις αντίστοιχα μεγαλύτερες ποσότητες του δασικού τάπητα στην περιοχή. Σε ότι αφορά τις μεγαλύτερες ποσότητες των βαρέων μετάλλων στην περιοχή του Γοματίου, αυτές θα πρέπει να αποδοθούν αποκλειστικά στην έντονη μεταλλοφορία της περιοχής. Η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων Ca στο ανόργανο έδαφος των δειγματοληπτικών επιφανειών του Πολυγύρου θα μπορούσε να αποδοθεί είτε σε προσμίξεις του μητρικού πετρώματος, είτε σε μετακινήσεις εδαφών

από υψηλότερες θέσεις, αφού η παρουσία ασβεστολιθικών πετρωμάτων είναι συχνή στη περιοχή. Σύμφωνα με τους Kirby (1985) και Trudgill (1988) οι μηχανισμοί που διαμορφώνουν την κάθετη κατανομή των θρεπτικών στοιχείων στο δασικό έδαφος είναι η αποσάθρωση των πετρωμάτων, η ατμοσφαιρική απόθεση, η διήθηση και η βιολογική ανακύκλωση.

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι αναδασώσεις, ως τεχνική εγκατάστασης δάσους, θα πρέπει να διαχειρίζονται με βάση την αρχή της αειφορίας, της κοινής ωφέλειας και της οικονομικότητας, γιατί μόνο έτσι δημιουργούνται οικολογικά υγιή δάση, τα οποία μπορούν να εκπληρώσουν τον οικονομικό και κοινωφελή σκοπό τους (Χατζηστάθης και Ντάφης 1989, Ντάφης κ.α. 2002). Η αειφορική διαχείριση του δάσους δεν ασκείται μόνο συνολικά, αλλά και κατά συστάδες, επομένως απαιτείται η μελέτη και διάκριση των διαφόρων συστάδων και ο προσδιορισμός και συσχέτιση όλων των οικολογικών παραγόντων που επιδρούν σ' αυτές, ώστε να εφαρμοστούν οι κατάλληλοι δασοκομικοί χειρισμοί (Γκανάτσας 1993). Επίσης, χρειάζονται αναμφισβήτητα επιτυχημένες και όχι δαπανηρές αναδασώσεις, οι οποίες προϋποθέτουν βαθιά γνώση των σταθμολογικών - οικολογικών χαρακτηριστικών της υπό αναδάσωση περιοχής (Θανάσης 2004). Με βάση τα παραπάνω και ύστερα από μελέτη της δομής και απόδοσης των αναδασώσεων *P. maritima*, ως τεχνητών οικοσυστημάτων, μπορεί να κριθεί η ορθότητα στην επιλογή του δασοπονικού είδους και στον τρόπο διαχείρισης των συστάδων.

Η γενική κατάσταση των συστάδων *P. maritima* δεν μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική. Αντίθετα, παρατηρούνται κυρίως δέντρα μικρών διαστάσεων, με κορμό στρεβλό και πολύκλαδο. Σε αρκετά σημεία παρουσιάζονται φαινόμενα ξήρανσης σε όλη την κατανομή της κόμης, ενδεικτικό κακής θρέψης ή παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών, ιδιαίτερα στις χειρότερες ποιότητες τόπου. Στις περισσότερες περιπτώσεις δημιουργείται η εντύπωση ότι έχει πλέον ολοκληρωθεί η ανάπτυξη των δέντρων και δεν προβλέπεται σημαντική αύξηση των διαστάσεών τους. Δεν έχουν ιδιαίτερη αισθητική αξία και το ξύλο τους είναι ακατάλληλο για οποιαδήποτε τεχνική χρήση, παρά μόνο για καυσόξυλα. Σε παρόμοια περιβάλλοντα (αβαθές έδαφος, μειωμένη υγρασία) στην Ισπανία κατά το διάστημα 1994-2010 παρήχθη από συστάδες *P. maritima* το 39% της τεχνικής ξυλείας της περιοχής (Munoz et al. 2014).

Το μικρό βάθος του εδάφους αποτελεί επίσης έναν επιβαρυντικό παράγοντα για την ανάπτυξη παραγωγικής δασοπονίας στην περιοχή. Σε αρκετά σημεία με κακή ποιότητα τόπου το έδαφος στα εκχώματα είναι 30-40 cm, βάθος που ο Coile (1952), θεωρεί ακατάλληλο για παραγωγή τεχνικού ή βιομηχανικού ξύλου κατά τους Χατζηστάθη και Ντάφη (1989). Εντούτοις, κατά τους ίδιους συγγραφείς είναι συζητήσιμο αν και το μεγαλύτερο βάθος των 40-60 cm επιτρέπει άνετα την ανάπτυξη του δάσους για τεχνική ξυλεία στα ξηροθερμικά περιβάλλοντα της χώρας μας, σε αντίθεση με τα δάση της Μεσευρώπης.

Όσο αφορά την κατάσταση της φυσικής αναγέννησης των συστάδων, μπορούμε να υποστηρίξουμε με βεβαιότητα ότι σαράντα και πλέον χρόνια μετά την εγκατάσταση της *P. maritima* στις δυο περιοχές έρευνας της κεντρικής και βορειοανατολικής Χαλκιδικής η αναγέννηση περιορίζεται μόνο κατά θέσεις, και κυρίως στα πρηνή των δρόμων και στα κράσπεδα των συστάδων (εικόνα 13). Η φυσική αναγέννηση εντός των συστάδων θα μπορούσε να υποστηριχθεί με κατάλληλους δασοκομικούς χειρισμούς, όπως είναι οι καλλιεργητικές υλοτομίες. Η υστέρηση της φυσικής αναγέννησης εμποδίζει την ανανέωση των συστάδων στα οικοσυστήματα της *P. maritima* στη Χαλκιδική.



Εικόνα 13: Φυσική αναγέννηση *P. maritima* στο Γομάτι Χαλκιδικής.



Εικόνα 14: Γενική όψη συστάδας *P. maritima* στο Γομάτι Χαλκιδικής.



Εικόνα 15: Γενική όψη συστάδας *P. maritima* στον Πολύγυρο Χαλκιδικής.



Εικόνα 16: Γενική όψη συστάδας *P. maritima* στον Πολύγυρο Χαλκιδικής.



Εικόνα 17: Απουσία υποβλάστησης σε χειρότερη ποιότητα τόπου σε συστάδα *P. maritima* στο Γομάτι Χαλκιδικής.



Εικόνα 18: Άτομα *P. maritima* καλύτερης μορφής (μέτρια ποιότητα τόπου) και μεγαλύτερων διαστάσεων στον Πολύγυρο Χαλκιδικής.

Στην καλύτερη ποιότητα τόπου παρατηρούνται πιο υγιή δέντρα μεγαλύτερων διαστάσεων, τα οποία όμως σε σχέση με την ηλικία τους δεν είναι επαρκώς αναπτυγμένα, και δεν ανταποκρίνονται στις αυξητικές δυνατότητες του είδους. Παρά το μεγαλύτερο βάθος εδάφους και την αυξημένη υγρασία, η ανάπτυξη της *P. maritima* στις θέσεις αυτές φαίνεται να παρεμποδίστηκε από την ανταγωνιστική επίδραση της φυσικής βλάστησης, η έντονη παρουσία της οποίας είναι εμφανής. Σε ορισμένες θέσεις έχουν βρεθεί άτομα δρυός μεγαλύτερων διαστάσεων, κυρίως *Quercus pubescens* και *Q. conferta*. Η δρυς, ως αυτοφυές είδος, προσαρμοσμένο καλύτερα στο περιβάλλον, επανήλθε, όπου οι συνθήκες το επέτρεψαν και εξελίχθηκε στον ανώροφο της συστάδας. Η μίξη με δρυ ωστόσο δεν φαίνεται να εμποδίζει την ανάπτυξη της *P. maritima*. Ο Mallet (1960) αναφέρει ότι στη Γαλλία η ανάπτυξη της *P. maritima* δεν εμποδίζεται, όταν εμφανίζεται σε μίξη με τη δρυ (*Q. pedunculata*, *Q. sessiliflora* και *Q. pubescens*) κατ' άτομο ή κατ' ομάδες, διότι η *P. maritima* και τα παραπάνω είδη δρυός λαμβάνουν θρεπτικά στοιχεία από διαφορετικά επίπεδα του εδάφους.



Εικόνα 19: Άτομα δρυός σε συστάδα *P. maritima* στον Πολύγυρο Χαλκιδικής.

Η μη ικανοποιητική κατάσταση των αναδασώσεων στις δύο περιοχές έρευνας ενδεχομένως να οφείλεται στην έλλειψη καλλιεργητικών επεμβάσεων και δασοκομικών μέτρων στα πρώτα έτη εγκατάστασης της συστάδας και ιδιαίτερα στη μη απομάκρυνση της ανταγωνιστικής βλάστησης, η οποία στις καλύτερες ποιότητες τόπου επανεμφανίστηκε σε αρκετά σημεία, εις βάρος της *P.maritima*. Είναι γνωστό ότι οι αναδασώσεις, ως περισσότερο ασταθή οικοσυστήματα σε σχέση με τα προερχόμενα από φυσική αναγέννηση δάση, απαιτούν συγκεκριμένες καλλιεργητικές φροντίδες, ιδιαίτερα αν χρησιμοποιούνται ξενικά είδη, των οποίων η ανταπόκριση στις τοπικές κλιματικές και εδαφικές συνθήκες δεν θεωρείται δεδομένη.



Εικόνα 20: Επανεγκατάσταση αείφυλλων πλατύφυλλων σε συστάδα *P. maritima* στο Γομάτι Χαλκιδικής.

Εξάλλου, σε μελέτες των τελευταίων ετών σχετικές με αναδάσωση υποβαθμισμένων περιοχών στη χώρα μας, συνιστώνται αυτόχθονα και όχι ξενικά δασοπονικά είδη. Ως ασφαλέστερη επιλογή, προτείνεται μάλιστα η χρήση φυτευτικού υλικού με την πλησιέστερη γεωγραφική προέλευση (Tsitsoni 2001, Ganatsas et.al. 2011, Τσιτσώνη 2011, Ζάγκας κ.α. 2013).

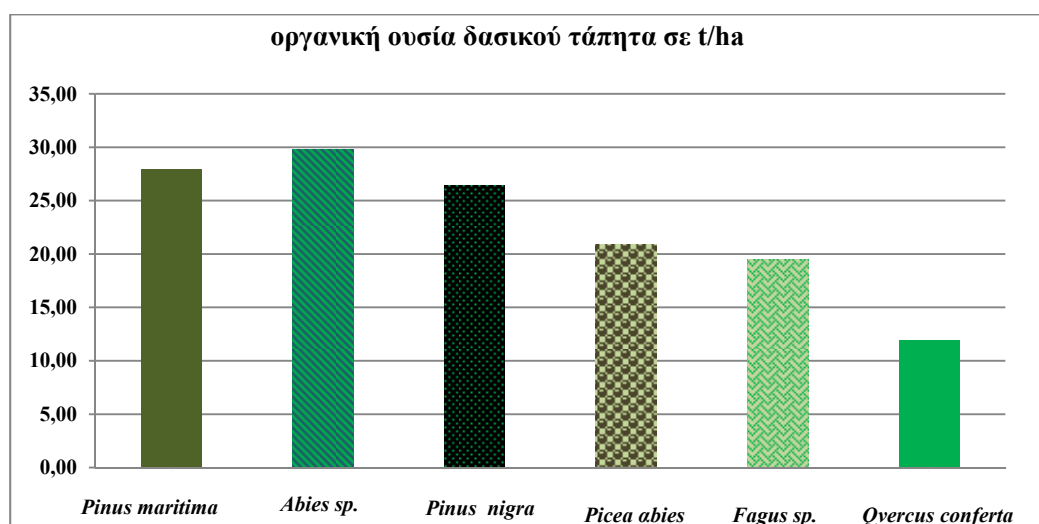
Παράλληλα σε χώρες ελλειμματικές σε ξύλο, όπως η Ελλάδα, ενδείκνυται η εγκατάσταση τεχνητών φυτειών από ταχουαυξή είδη, με χρήση βελτιωμένου γενετικά φυτευτικού υλικού και με αποκλειστικό σκοπό την απόληψη ξυλώδους όγκου. Η τεχνική αυτή αποτελεί διέξοδο για την άσκηση της δασοπονίας ως καθαρά οικονομικής γεωτεχνικής επιστήμης, εντούτοις απαιτείται προηγουμένως εκτεταμένη μελέτη και λεπτομερής πειραματικός σχεδιασμός (Πανέτσος 1998, Ελευθεριάδης 2014, Σκαλτσογιάννης 2014).

Σχετικά με τις εδαφικές συνθήκες των περιοχών έρευνας, ενώ για το δασικό τάπητα παρατηρείται μεγαλύτερη συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων (εκτός του Cu) στην καλύτερη ποιότητα τόπου, στο ανόργανο έδαφος συμβαίνει το αντίθετο. Η αυξημένη ποσότητα της οργανικής ουσίας και του N στη χειρότερη ποιότητα τόπου δεν παρουσιάζει θετική ανταπόκριση στην ανάπτυξη της *P. maritima*. Η ποιότητα τόπου επιδρά σημαντικά στην περιεκτικότητα του εδάφους στα θρεπτικά στοιχεία P και Mg (αυξάνονται στην καλύτερη ποιότητα τόπου), τα περισσότερα όμως θρεπτικά στοιχεία δεν φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά.

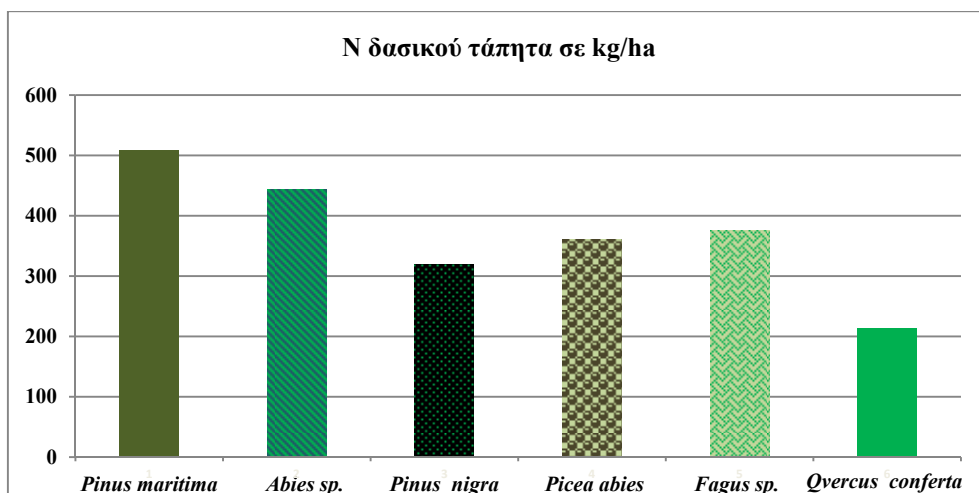
Επίσης, μεταξύ των δύο περιοχών έρευνας (Πολύγυρος και Γομάτι) παρατηρήθηκαν αυξημένες τιμές θρεπτικών στοιχείων, με εξαίρεση το Ca, στο δασικό τάπητα και το ανόργανο έδαφος στην περιοχή του Γοματίου.

Μεταξύ επιχωμάτων – εκχωμάτων το βάθος του εδάφους αποτελεί καθοριστικό παράγοντα. Οι καλύτερες εδαφικές συνθήκες, οι οποίες παρατηρούνται στα επιχώματα λόγω αυξημένου βάθους, αν και αντιστοιχούν σε καλύτερες συνθήκες αύξησης, όπως φαίνεται από τα δενδρομετρικά στοιχεία (σχήμα 5), δεν φαίνεται ότι επηρεάζουν καθοριστικά την ανάπτυξη των δένδρων.

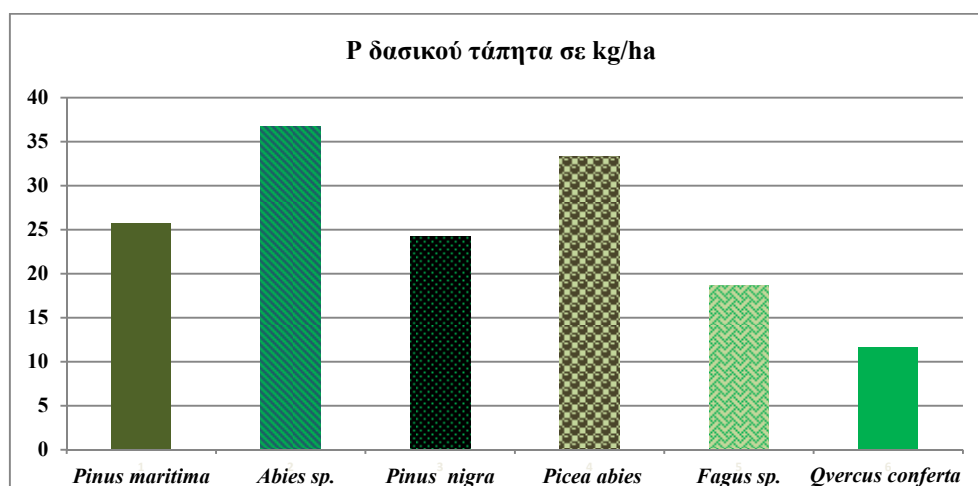
Σε σύγκριση με άλλα δασοπονικά είδη που έχουν μελετηθεί στη χώρα μας, η ποσότητα της οργανικής ουσίας στο δασικό τάπητα της *P. maritima* μπορεί να θεωρηθεί παραπλήσια με των άλλων κωνοφόρων (σχήμα 53), αφού η μέση ποσότητα οργανικής ουσίας σε δάση κωνοφόρων δεν ξεπερνά τους 30 t/ha, με μεγαλύτερη της ελάτης: 29,83 t/ha, (Τσιόντσης 1992, Τάντος 1997), ενώ για τα οικοσυστήματα πλατύφυλλων είναι λιγότερη από 20 t/ha (Γκανάτσας και Παπαϊωάννου 1997). Αντίστοιχα υψηλή προσδιορίσθηκε και η ποσότητα του N (σχήμα 54), ενώ του P είναι υψηλότερη μεν από πλατύφυλλα είδη, χαμηλότερη δε από τα περισσότερα κωνοφόρα (σχήμα 55). Η ποσότητα του Ca παρουσιάζει ενδιάμεσες τιμές (σχήμα 56). Τέλος οι ποσότητες Mg (σχήμα 57), K (σχήμα 58) και Na (σχήμα 59) παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές, σε σχέση με άλλα δασικά οικοσυστήματα.



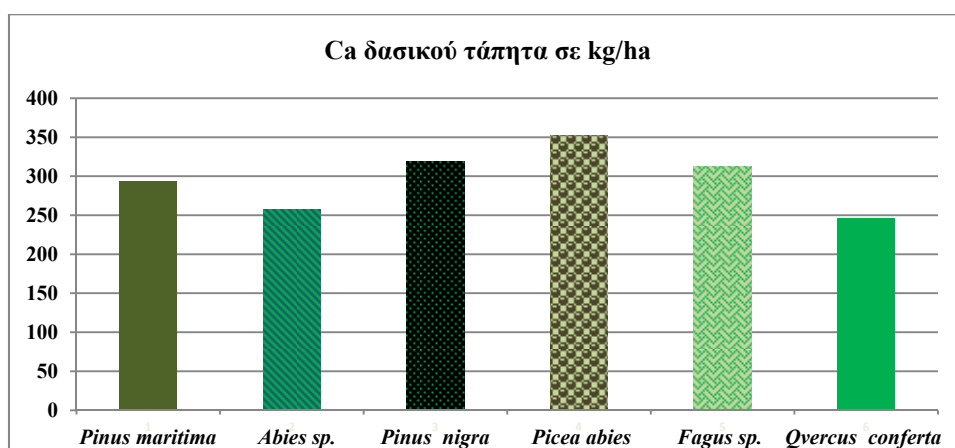
Σχήμα 53 : Σύγκριση ποσότητας οργανικής ουσίας σε δασικό τάπητα *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας t/ha.



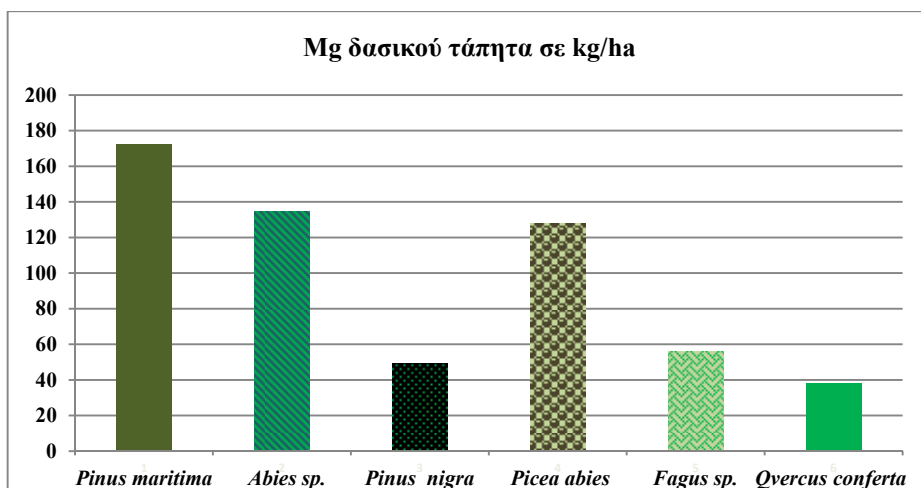
Σχήμα 54: Σύγκριση ποσότητας N σε δασικό τάπητα *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας



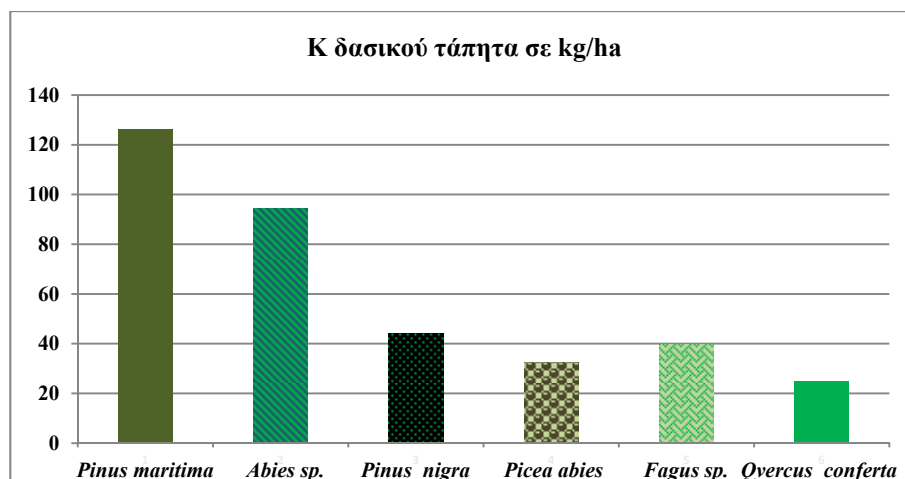
Σχήμα 55: Σύγκριση ποσότητας P σε δασικό τάπητα *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας



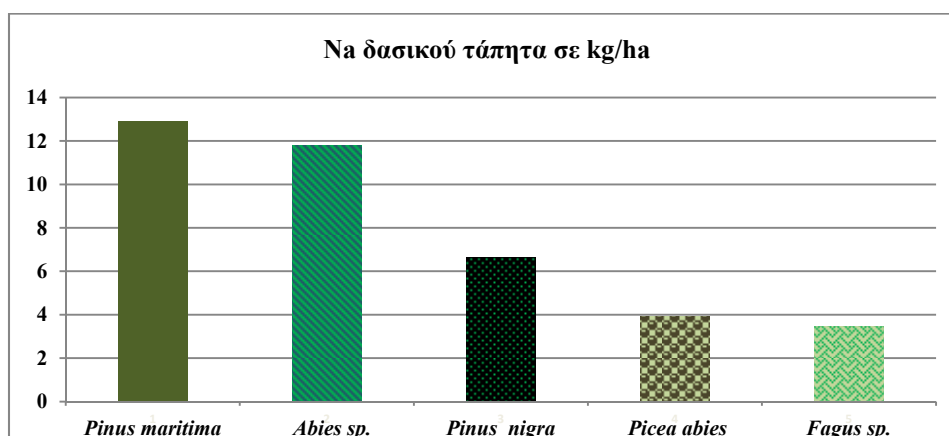
Σχήμα 56: Σύγκριση ποσότητας Ca σε δασικό τάπητα *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας



Σχήμα 57: Σύγκριση ποσότητας Mg σε δασικό τάπητα *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας

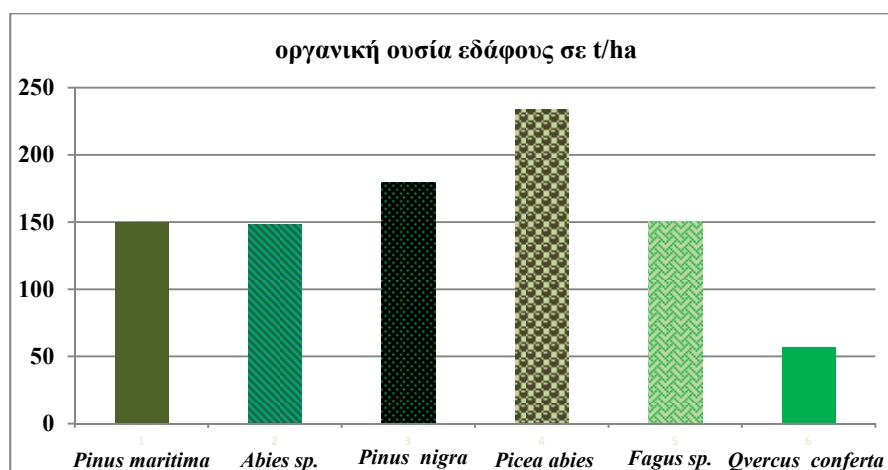


Σχήμα 58: Σύγκριση ποσότητας K σε δασικό τάπητα *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας

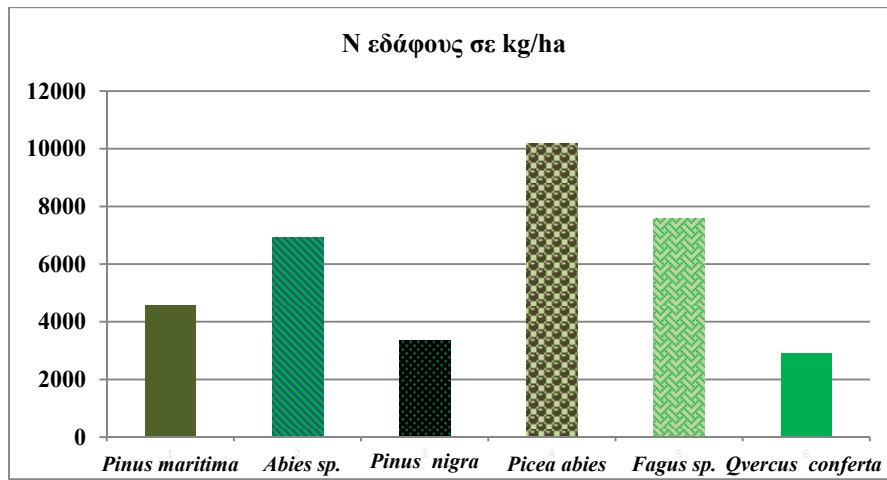


Σχήμα 59: Σύγκριση ποσότητας Na σε δασικό τάπητα *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας

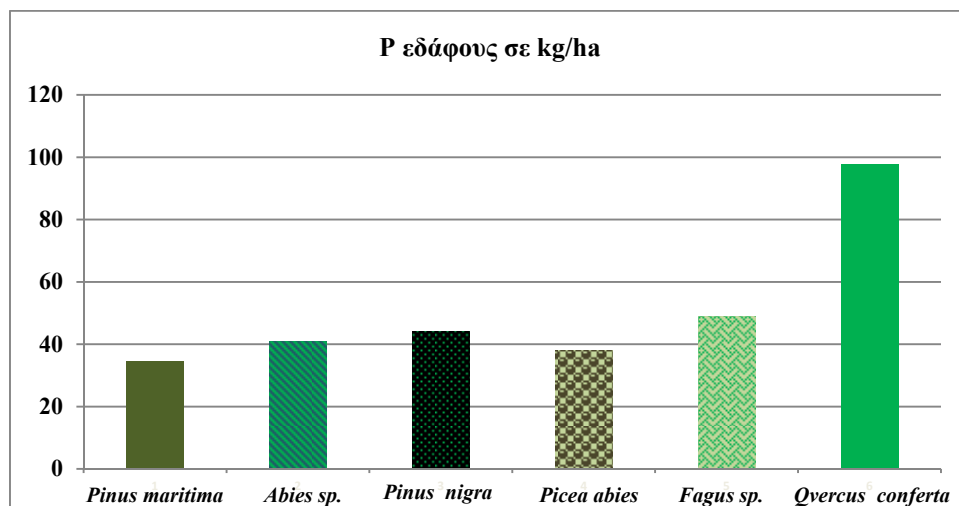
Τα εδάφη της παρούσας έρευνας σε σχέση με τα εδάφη άλλων δασοπονικών ειδών διαθέτουν μέτρια ποσότητα οργανικής ουσίας (σχήμα 60). Ενδιάμεσες, ή μειωμένες μπορούν να θεωρηθούν οι ποσότητες του N, συγκρινόμενες με τις ποσότητες άλλων δασοπονικών ειδών (σχήμα 61). Οι ποσότητες φωσφόρου προσδιορίστηκαν στις περιοχές έρευνας σε χαμηλά επίπεδα (σχήμα 62), γεγονός που παραπέμπει σε ελλιπή ανταπόκριση σε σχέση με ανάγκες της *P. maritima*, ενώ για την ανάπτυξή της στη Γαλλία προτείνεται αύξηση της διαθέσιμης ποσότητας με λίπανση του εδάφους (Ali Arif et.al. 2014). Κατά τους Saur et al. (1992) και Martins et al. (2009) σε δάση *P. maritima* είναι συνηθισμένο το φαινόμενο της έλλειψης φωσφόρου. Οι ποσότητες Ca εμφανίζονται αυξημένες (σχήμα 63), στην προκειμένη όμως περίπτωση αυτό δεν είναι επιθυμητό, επειδή η *P. maritima* θεωρείται είδος «ασβεστόφοβο». Επίσης οι ποσότητες Mg και Na μπορούν να θεωρηθούν μέτριες (σχήματα 64 και 66). Τέλος τα εδάφη των αναδασώσεων της *P. maritima* υπολείπονται κυρίως στις ποσότητες K (σχήμα 65). Την ιδιαίτερα χαμηλή ποσότητα καλίου στο έδαφος, σε αντίθεση με την αυξημένη συσσώρευση στο δασικό τάπητα (σχήμα 58) μπορούμε να την αποδώσουμε στην ταχεία απομάκρυνση του μονοσθενούς αυτού κατιόντος από τα εδάφη ελαφριάς υφής της παρούσας έρευνας (Staaf and Olsson, 1994).



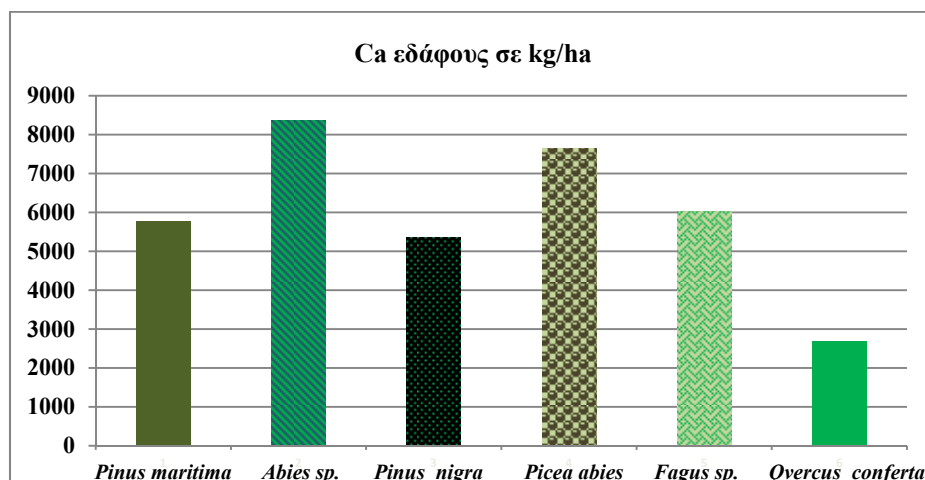
Σχήμα 60: Σύγκριση ποσότητας οργανικής ουσίας σε έδαφος *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας



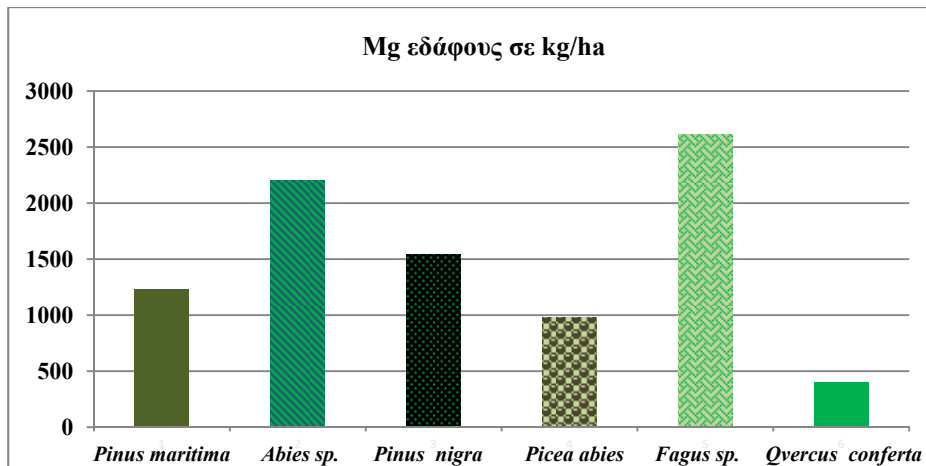
Σχήμα 61: Σύγκριση ποσότητας N σε έδαφος *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας



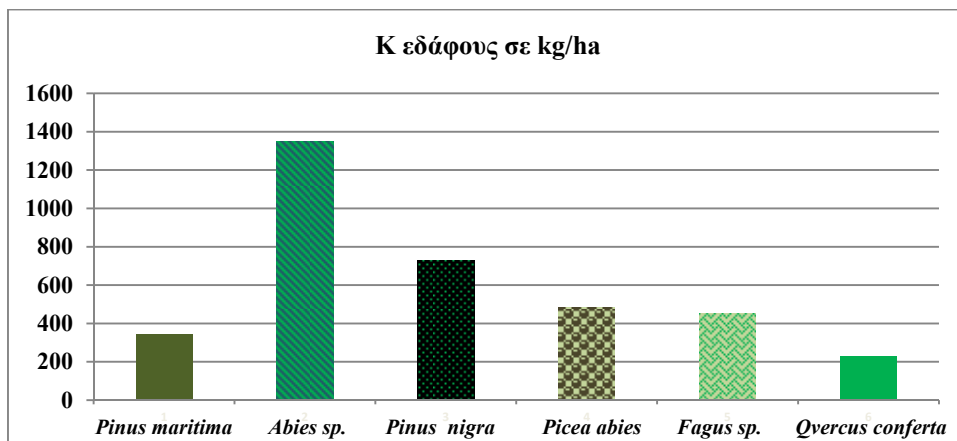
Σχήμα 62: Σύγκριση ποσότητας P σε έδαφος *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας



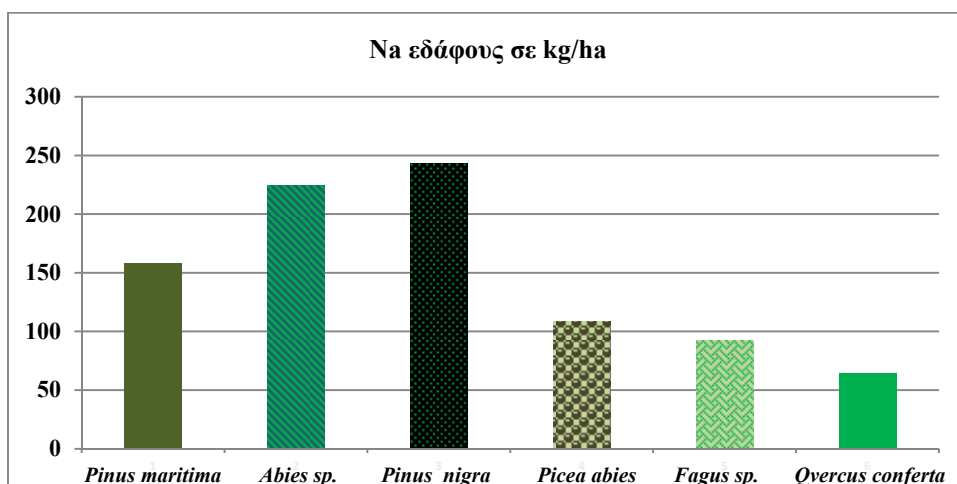
Σχήμα 63: Σύγκριση ποσότητας Ca σε έδαφος *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας



Σχήμα 64: Σύγκριση ποσότητας Mg σε έδαφος *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας



Σχήμα 65: Σύγκριση ποσότητας K σε έδαφος *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας



Σχήμα 66: Σύγκριση ποσότητας Na σε έδαφος *P. maritima* με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δασικών ειδών της χώρας μας

Η συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων, ιδιαίτερα στα επιφανειακά στρώματα, θεωρείται χαρακτηριστικό γνώρισμα των δασικών οικοσυστημάτων και δημιουργείται καθώς τα δέντρα αναπτύσσονται και αυξάνει σημαντικά η κόμη τους. Το χαρακτηριστικό αυτό αφορά όχι μόνο τα καλά διαχειριζόμενα παραγωγικά δάση, αλλά και όσα αναπτύσσονται σε φτωχά διαταραγμένα εδάφη (Παπαμίχος 2006). Στην παρούσα έρευνα η μεγάλη συσσώρευση οργανικής ουσίας, σε συνδυασμό με την περιορισμένη ανάπτυξη της *P. maritima*, φανερώνει άσχημες συνθήκες αποσύνθεσης και ελλιπή εφοδιασμό του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία. Οι άσχημες συνθήκες αποσύνθεσης επιτείνονται ακόμα περισσότερο την καλοκαιρινή περίοδο, εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών και της ταυτόχρονης απουσίας βροχοπτώσεων. Καταλήγοντας λοιπόν, μπορούμε να ισχυρισθούμε ότι τα δασικά οικοσυστήματα των αναδασώσεων *P. maritima* στην κεντρική και βορειοανατολική Χαλκιδική χαρακτηρίζονται ως υποβαθμισμένα. Συνεπώς για την ανόρθωση αυτών των υποβαθμισμένων δασών κρίνεται επιβεβλημένη η ανθρώπινη επέμβαση, με εφαρμογή κατάλληλων δασοκομικών χειρισμών στην περιοχή.

Επιπλέον, για τη σωστότερη διαχείριση των συστάδων *P. maritima* των περιοχών έρευνας απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση, όπως ανάλυση δομής και εκτίμηση των δασοκομικών παραμέτρων. Κυρίως όμως κρίνεται αναγκαίος ο επαναπροσδιορισμός του δασοκομικού σκοπού, ο οποίος κατά προτεραιότητα επιδιώκεται στην περιοχή. Εκτιμώντας την παρούσα κατάσταση μπορούμε να υποθέσουμε ότι δεν προβλέπεται να βελτιωθεί με το χρόνο η ανάπτυξη των δέντρων. Ήδη τα αείφυλλα πλατύφυλλα επιστρέφουν δυναμικά στην περιοχή, αποκαθιστώντας την προϋπάρχουσα χαμηλής παραγωγικότητας βλάστηση. Στη συγκεκριμένη ζώνη βλάστησης (*Quercetalia pubescentis*) οι φωτιές είναι σαφώς λιγότερες από την υποκείμενη ευμεσογειακή ζώνη (Κωνσταντινίδης και Γκατζογιάννης 2001). Ωστόσο η συσσώρευση σημαντικής ποσότητας καύσιμης ύλης, λόγω κακών συνθηκών αποσύνθεσης και απουσίας διαχειριστικών μέτρων, καθιστά την περιοχή επικίνδυνη για πυρκαγιά κατά τους θερινούς μήνες.

Για την αναβάθμιση των οικοσυστημάτων των περιοχών έρευνας, η κατάσταση των οποίων χαρακτηρίζεται ως οριακή, θα μπορούσε να προταθεί μια διαφορετική διαχείριση και πιθανή αλλαγή δασοπονικού είδους. Για παράδειγμα τα εντόπια κωνοφόρα *Pinus halepensis*, *P. brutia* και *Cupressus sempervirens*, σε

συνδυασμό με τα οικολογικά κατάλληλα πλατύφυλλα είδη, μπορούν να αποτελέσουν εξαιρετικό υλικό για τη συγκεκριμένη ζώνη βλάστησης (Χατζηστάθης και Ντάφης 1986, Ζάγκας 2003). Τα δασοπονικά αυτά είδη έχουν τη δυνατότητα σταδιακά να αντικαταστήσουν την *P. maritima*, αναβαθμίζοντας τη βλάστηση και αποκαθιστώντας την οικολογική σταθερότητα και βιοποικιλότητα στην περιοχή. Τέλος, με την εφαρμογή καλλιεργητικών αραιώσεων στις συστάδες *P. maritima* θα μπορούσε να ευνοηθεί η φυσική αναγέννηση, αλλά και η αποσύνθεση του δασικού τάπητα.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Από τα δενδρομετρικά στοιχεία των αναδασώσεων *P. maritima* στην κεντρική και βορειοανατολική Χαλκιδική, μετά από διάστημα 40-45 χρόνων από την εγκατάστασή τους, διαπιστώθηκε ότι η ανάπτυξη των συστάδων δεν παρουσιάζει τα αναμενόμενα αποτελέσματα.
2. Στις περιοχές έρευνας εντοπίστηκαν μόνο δύο ποιότητες τόπου, μέτρια και κακή, ενώ απουσιάζουν εντελώς επιφάνειες με καλή ποιότητα τόπου.
3. Τα άτομα *P. maritima* εμφανίζουν σήμερα μικρές για την ηλικία τους διαστάσεις, παρουσιάζουν στρεβλότητα, κακομορφία και ξήρανση σε αρκετά σημεία της κόμης.
4. Η συσσώρευση της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων του δασικού τάπητα για τις περιοχές έρευνας είναι α) στην καλύτερη ποιότητα τόπου: 31,76 t/ha οργανική ουσία, 556,99 kg/ha N, 29,80 kg/ha P, 361,15 kg/ha Ca, 183,60 kg/ha Mg, 150,83 kg/ha K, 14,63 kg/ha Na, 0,93 kg/ha Cu, 36,57 kg/ha Fe, 4,02 kg/ha Zn και 53,04 kg/ha Mn β) στη χειρότερη ποιότητα τόπου: 24,15 t/ha οργανική ουσία, 458,79 kg/ha N, 21,65 kg/ha P, 226,95 kg/ha Ca, 161,18 kg/ha Mg, 101,20 kg/ha K, 11,23 kg/ha Na, 1,00 kg/ha Cu, 23,83 kg/ha Fe, 3,38 kg/ha Zn και 38,05 kg/ha Mn.
5. Η συσσώρευση της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων του ανοργάνου εδάφους για τις περιοχές έρευνας είναι στην καλύτερη ποιότητα τόπου: 145,40 t/ha οργανική ουσία, 4080,22 kg/ha N, 35,47 kg/ha P, 6643,07 kg/ha Ca, 1597,94 kg/ha Mg, 282,27 kg/ha K, 165,95 kg/ha Na, 1,93 kg/ha Cu, 145,76 kg/ha Fe, 3,96 kg/ha Zn και 82,76 kg/ha Mn και β) στη χειρότερη ποιότητα τόπου: 155,13 t/ha οργανική ουσία, 5049,88 kg/ha N, 33,26 kg/ha P, 4894,84 kg/ha Ca, 870,29 kg/ha Mg,

402,51 kg/ha K, 149,70 kg/ha Na, 2,20 kg/ha Cu, 122,34 kg/ha Fe, 4,99 kg/ha Zn και 90,04 kg/ha Mn.

6. Ο δασικός τύπητας των περιοχών έρευνας εμφανίζει μεγαλύτερη συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων στη μέτρια ποιότητα τόπου, με εξαίρεση τη συγκέντρωση Cu.
7. Στο ανόργανο έδαφος παρατηρείται αυξημένη συσσώρευση οργανικής ουσίας και N στην κακή ποιότητα τόπου, ενώ αντίθετα οι ποσότητες P και Mg μειώνονται. Οι τιμές των θρεπτικών στοιχείων K, Ca, Na, καθώς και των ιχνοστοιχείων του εδάφους δεν επηρεάζονται σημαντικά από την ποιότητα τόπου.
8. Μεταξύ των δύο περιοχών έρευνας (Πολύγυρος και Γομάτι) παρατηρήθηκαν αυξημένες τιμές θρεπτικών στοιχείων, με εξαίρεση το Ca, στο δασικό τύπητα και το ανόργανο έδαφος στην περιοχή του Γοματίου. Η αυξημένη ποσότητα Ca στην περιοχή του Πολυγύρου οφείλεται πιθανώς στην ορυκτολογική σύσταση των πετρωμάτων ή σε εδαφικές προσμίξεις.
9. Με δεδομένη τη βαθμίδωση του εδάφους που εφαρμόστηκε πριν την αναδάσωση, εξετάστηκαν οι διαφορές στις εδαφικές συνθήκες και στην ανάπτυξη των δέντρων μεταξύ επιχωμάτων και εκχωμάτων. Δεν παρατηρείται διαφορά στη συσσώρευση θρεπτικών στοιχείων, παρά μόνο στο βάθος του εδάφους ως φυσική ιδιότητα, ωστόσο το μεγαλύτερο βάθος των επιχωμάτων δεν φαίνεται να εξασφαλίζει αντίστοιχη βελτίωση στην ανάπτυξη των δέντρων.
10. Οι ποσότητες P προσδιορίστηκαν σε όλες τις περιπτώσεις σε χαμηλά επίπεδα για τις ανάγκες της *P. maritima*.
11. Αν και η *P. maritima* θεωρείται δασοπονικό είδος με μέτριες απαιτήσεις, το μικρό βάθος του εδάφους των περιοχών έρευνας (40 cm στα εκχώματα και μικρότερο από 70 cm στα επιχώματα) θεωρείται απαγορευτικό για την παραγωγή τεχνικού ξύλου.
12. Η κακή ανάπτυξη της *P. maritima* ενδεχομένως να οφείλεται στην απουσία καλλιεργητικών φροντίδων που θα υποστήριζαν την εγκατάσταση και την απρόσκοπτη εξέλιξη της φυτείας.
13. Γενικά παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση καύσιμης ύλης, με εμφανή τον κίνδυνο πυρκαγιάς κατά τους θερινούς μήνες, γεγονός που φανερώνει

άσχημες συνθήκες αποσύνθεσης και κατά συνέπεια απελευθέρωσης θρεπτικών στοιχείων στο ανόργανο έδαφος.

14. Η επιλογή της *P. maritima* για τη δημιουργία αμιγών συστάδων, με σκοπό την αναβάθμιση των θαμνωδών εκτάσεων και υποβαθμισμένων δρυοδασών στις δυο περιοχές έρευνας της Χαλκιδικής, ήταν μάλλον ατυχής, διότι μειώθηκε η βιοποικιλότητα και η οικολογική σταθερότητα στην περιοχή.
15. Για την αναβάθμιση της παραγωγικότητας της βλάστησης θα μπορούσε να προταθεί η εφαρμογή νέων δασοκομικών μέτρων, όπως για παράδειγμα εφαρμογή αραιώσεων ή σταδιακή εγκατάσταση άλλων δασοπονικών ειδών, καλύτερα προσαρμοσμένων στις συνθήκες της περιοχής.
16. Με τις παρούσες συνθήκες ο τελικός σκοπός εγκατάστασης των συστάδων στις συγκεκριμένες περιοχές έρευνας επιβάλλεται, λόγω ανάγλυφου και γεωμορφολογίας, να είναι κυρίως προστατευτικός.

7. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν η εκτίμηση των εδαφικών συνθηκών σε σχέση με την ανάπτυξη των αναδασώσεων *P. maritima* στην κεντρική και βορειοανατολική Χαλκιδική. Η *P. maritima* είναι ένα αξιόλογο ταχυαυξές κωνοφόρο, ενδημικό της δυτικής Μεσογείου, με ευρεία οικολογική, γενετική ποικιλότητα και καλή ανάπτυξη στις περιοχές της φυσικής της εξάπλωσης. Η εγκατάσταση της *P. maritima* στη Χαλκιδική έγινε πριν 40-45 έτη, προκειμένου να αναβαθμιστούν υποβαθμισμένα ορεινά θαμνώδη οικοσυστήματα.

Ωστόσο η ανάπτυξη της βλάστησης δεν ήταν η αναμενόμενη. Τα άτομα της *P. maritima* εμφανίζουν σήμερα μικρές για την ηλικία τους διαστάσεις, παρουσιάζουν κακομορφία με στρεβλούς και πολύκλαδους κορμούς και ξηρασία σε αρκετά σημεία της κόμης. Ταυτόχρονα, η προηγούμενη χαμηλής παραγωγικότητας βλάστηση αείφυλλων θαμνωδών ειδών, όπως *Arbutus* sp και *Quercus coccifera* έχει επιστρέψει στην περιοχή.

Η συσσώρευση της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων του δασικού τάπητα για τις περιοχές έρευνας είναι στη μέτρια ποιότητα τόπου: 31,76 t/ha οργανική ουσία, 556,99 kg/ha N, 29,80 kg/ha P, 361,15 kg/ha Ca, 183,60 kg/ha Mg, 150,83 kg/ha K, 14,63 kg/ha Na, 0,93 kg/ha Cu, 36,57 kg/ha Fe, 4,02 kg/ha Zn και 53,04 kg/ha Mn, ενώ στην κακή ποιότητα τόπου: 24,15 t/ha οργανική ουσία, 458,79 kg/ha N, 21,65 kg/ha P, 226,95 kg/ha Ca, 161,18 kg/ha Mg, 101,20 kg/ha K, 11,23 kg/ha Na, 1,00 kg/ha Cu, 23,83 kg/ha Fe, 3,38 kg/ha Zn και 38,05 kg/ha Mn.

Αντίστοιχα η συσσώρευση της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων του ανόργανου εδάφους για τις περιοχές έρευνας είναι στη μέτρια ποιότητα τόπου: 145,40 t/ha οργανική ουσία, 4080,22 kg/ha N, 35,47 kg/ha P, 6643,07 kg/ha Ca, 1597,94 kg/ha Mg, 282,27 kg/ha K, 165,95 kg/ha Na, 1,93 kg/ha Cu, 145,76 kg/ha Fe, 3,96 kg/ha Zn 82,76 kg/ha Mn και στην κακή ποιότητα τόπου: 155,13 t/ha οργανική ουσία, 5049,88 kg/ha N, 33,26 kg/ha P, 4894,84 kg/ha Ca, 870,29 kg/ha Mg, 402,51 kg/ha K, 149,70 kg/ha Na, 2,20 kg/ha Cu, 122,34 kg/ha Fe, 4,99 kg/ha Zn and 90,04 kg/ha Mn.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων φαίνεται ότι παρουσιάζονται μικρές διαφορές στα θρεπτικά στοιχεία του δασικού τάπητα και του ανοργάνου εδάφους μεταξύ των ποιοτήτων τόπου ή των περιοχών έρευνας.. Συγκεκριμένα ο δασικός τάπητας περιέχει μεγαλύτερη συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών

στοιχείων στην καλύτερη ποιότητα τόπου, με εξαίρεση το Cu. Στο ανόργανο έδαφος παρατηρείται αυξημένη συσσώρευση οργανικής ουσίας και N στην κακή ποιότητα τόπου, ενώ αντίθετα οι συγκεντρώσεις P και Mg μειώνονται. Οι τιμές των υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων του εδάφους δεν επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά από την ποιότητα τόπου.

Επιπλέον, μελετήθηκαν οι εδαφικές συνθήκες που προέκυψαν από τη βαθμίδωση του εδάφους, η οποία είχε εφαρμοστεί πριν την αναδάσωση. Από τα αποτελέσματα προκύπτουν μη σημαντικές διαφορές στη συσσώρευση των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων. Το μεγαλύτερο βάθος των επιχωμάτων δεν εξασφαλίζει πάντοτε καλύτερες συνθήκες αύξησης για την *P. maritima*.

Από την έρευνα διαπιστώνεται μεγάλη συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων στο δασικό τάπητα και μέτρια συσσώρευση στο ανόργανο έδαφος της *P. maritima*, σε σχέση με άλλα δασοπονικά είδη της χώρας μας. Οι ποσότητες P προσδιορίστηκαν σε όλες τις περιπτώσεις σε χαμηλά επίπεδα για τις ανάγκες των φυτών. Γενικά, παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση καύσιμης ύλης, λόγω άσχημων συνθηκών αποσύνθεσης, με εμφανή τον κίνδυνο πυρκαγιάς κατά τους θερινούς μήνες.

8. ABSTRACT

The aim of this study is to search the plant growth and soil conditions of Maritime Pine (*P. maritima* Mill) reforestations in central and northeast Halkidiki. *P. maritima* is a notable fast growing conifer, native of the Western Mediterranean Basin, which produce wide ecological and genetic diversity and good development in the areas that is native, as well as it is considered suitable for reforestation. *P. maritima* reforestations in Halkidiki carried out 40-45 years ago, in order to upgrade highland degraded bushy ecosystems.

However the development of the plantation wasn't the expected. The pine trees have only small dimensions, despite age and also seemed abnormally formed. Twisted trunks, too many branches and drought in several points of the crown were observed. At the same time, low productivity previous vegetation, consists of evergreen bushes, such as *Arbutus* sp and *Quercus coccifera* has returned in the area.

The accumulation of organic matter and nutrients on the forest floor in the medium site quality stands was: 31,76 t/ha OM, 556,99 kg/ha N, 29,80 kg/ha P, 361,15 kg/ha Ca, 183,60 kg/ha Mg, 150,83 kg/ha K, 14,63 kg/ha Na, 0,93 kg/ha Cu, 36,57 kg/ha Fe, 4,02 kg/ha Zn, 53,04 kg/ha Mn and in the bad site quality stands was: 24,15 t/ha OM, 458,79 kg/ha N, 21,65 kg/ha P, 226,95 kg/ha Ca, 161,18 kg/ha Mg, 101,20 kg/ha K, 11,23 kg/ha Na, 1,00 kg/ha Cu, 23,83 kg/ha Fe, 3,38 kg/ha Zn, 38,05 kg/ha Mn.

Respectively, the accumulation of organic matter and nutrients on the mineral soil in the medium site quality stands was: 145,40 t/ha OM, 4080,22 kg/ha N, 35,47 kg/ha P, 6643,07 kg/ha Ca, 1597,94 kg/ha Mg, 282,27 kg/ha K, 165,95 kg/ha Na, 1,93 kg/ha Cu, 145,76 kg/ha Fe, 3,96 kg/ha Zn, 82,76 kg/ha Mn and in the bad site quality stands was: 155,13 t/ha OM, 5049,88 kg/ha N, 33,26 kg/ha P, 4894,84 kg/ha Ca, 870,29 kg/ha Mg, 402,51 kg/ha K, 149,70 kg/ha Na, 2,20 kg/ha Cu, 122,34 kg/ha Fe, 4,99 kg/ha Zn, 90,04 kg/ha Mn.

Comparing the results, it seems that small differences in nutrients of forest floor and mineral soil between different site quality stands or different research areas are developed. Specifically, the forest floor contains greater accumulation of organic matter and nutrients in best quality site, with the exception of Cu. On the mineral soil, increased accumulation of organic matter and N is observed in the worst quality

stands, whereas decreased concentrations of P and Mg are found. Prices of other soil nutrients are not affected significantly by the site quality.

In addition, soil conditions due to soil gradient, which had been applied before reforestation, were examined. The results suggest that there are non-significant differences in accumulation of most nutrients. The largest depth of embankments did not always ensures better growth conditions for *P. maritima* plants.

The research confirms a large accumulation of organic matter and nutrients on the forest floor and moderate accumulation on the mineral soil of *P. maritima*, in relation to other forestry species of our country. In all cases, the quantities of P were identified rather low for the needs of the plants. Generally there is a high concentration of organic material because of poor decomposition conditions; therefore fire risk was obvious during the summer.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aber, J.D., Maggell, A., McNulty, S.G., Boone, R.D., Nadallhoffen, K.J., Downs, M., Hallett, R., 1995. Forest biogeochemistry and primary production altered by nitrogen saturation. *Water Air Soil Poll* 85: 1665-1670.
- Aerts, R, Chapin, F.S., 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns. *Adv Ecol Res* 30:1-67.
- Αθανασιάδης, Ν., 1986. Δασική Βοτανική Μέρος ΙΙ Δέντρα και θάμνοι των δασών της Ελλάδας Εκδόσεις Γιαχούδη Γιαπούλη Θεσσαλονίκη σελ. 33-34.
- Αθανασιάδης, Ν., 1986. Δασική Φυτοκοινωνιολογία Εκδόσεις Γιαχούδη Γιαπούλη Θεσσαλονίκη.
- Allen, S.E., Grimshaw, H.M., Rowland, A.P., 1986. Chemical analysis. In: Moore, P.D., Chapman, S.B. (Eds.), *Methods in Plant Ecology*. Blackwell Scientific Publication, Oxford, London, pp. 285-344.
- Αλεξανδρής, Σ.Γ., 1968 Εδαφολογικά έρευναι επί τινών βασικών δασικών φυτωρίων και λιπασματολογίας φυτωρίων . Αυτοτελ. Έκδ. Ιδρυμάτων Δασικών ερευνών, Δελτίο Ερευνών Νο 23 Θεσσαλονίκη..
- Αλεξανδρής, Σ.Γ., 1969. Εκχειρίδιον εδαφολογίας και λιπασματολογίας φυτωρίων . Αυτοτελ. Έκδ. Ιδρυμάτων Δασικών ερευνών, Δελτίο Ερευνών Νο 32 Θεσσαλονίκη..
- Αλεξανδρής, Σ.Γ., 1974. Μορφή χούμου, απόθεμα θρεπτικών στοιχείων και συνθήκες θρέψεως δασοσυστάδων ερυθρελάτης. Αυτοτελ. Έκδ. Ιδρυμάτων Δασικών ερευνών, Αριθ. 63, σελ. 31.
- Αλεξανδρής, Σ., 1979. Αντοχή δασοπονικών ειδών στα άλατα. Η πρόσληψη του νατρίου του εδάφους από ορισμένα είδη παραμεσόγειων πεύκων και διαφόρους κλώνους λεύκης, Ιδρυμα Δασικών Ερευνών Θεσσαλονίκης.
- Ali, Arif, M., Louche, J., Duchemin, M., Plassard, C., 2014. Positive growth response of *Pinus Pinaster* seedlings in soils previously subjected to fertilization and irrigation. *Forest Ecology and management* 318, (62-70).
- Alia, R., Gil, L., Pardos, J.A., 1993. Performance of 43 *Pinus pinaster* Ait provenances of 5 locations in Central Spain. *Silvae Genetica* 44, 2-3.
- Alia, R., Moro, J., Denis, J.B., 1997. Performance of *Pinus pinaster* provenances in Spain: Interpretation of the genotype by environment interaction *Canadian journal of forest research*, 27 (10) 1548-1559.
- Alía, R., and Martín, S. 2003. EUFORGEN technical guidelines for genetic conservation and use Maritime pine *Pinus pinaster*. Rome, Italy
- Αλιφραγκής, Δ.Α., 1984. Δυναμική των θρεπτικών στοιχείων και παραγωγή οργανικής ουσίας σε οικοσυστήματα Δρυός (*Q. Conferta* Kit.). Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και Φ.Π., Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη, σελ. 162.
- Αλιφραγκής, Δ., Σεϊλόπουλος, Δ., Τσιόντσης, Α., Παπαϊωάννου, Α., και Καββαδίας, Β., 1998. Κατανομή των θρεπτικών στοιχείων σε φυτείες *Pinus radiata* (D.Don) και *Pinus maritima* (Mill.). Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου, Αγρίνιο 27-30 Μαΐου 1998, σελ. 310-321. Ελληνική Εδαφολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.

- Αλιφραγκής, Δ., 2008. Το έδαφος. Γένεση – Ιδιότητες-Ταξινόμηση. Εκδόσεις ΑΪΒΑΖΗ Θεσσαλονίκη
- Allen, S.E., Grimshaw, H.M., Rowland, A.P., 1986. Chemical analysis. In: Moore, P.D., Chapman, S.B. (Eds.), *Methods in Plant Ecology*. Blackwell Scientific Publication, Oxford, London, pp. 285–344.
- Alvarez, S., Roguet, M., 1976. Productivite du pin maritime dans la region Centre. R.F.F. No 1.
- Απασιδής, Λ.Δ., 1979. Συντελεστές δασοπονίας: Δασοπονικό είδος, διαχειριστική μορφή- κανονικό ξυλαπόθεμα. Ανακοινώσεις Ιδρυμάτων Δασικών Ερευνών VII (2): 125-158.
- Απασιδής, Λ.Δ., 1991. Μία νέα τεχνική εκτίμησης δεικτών ποιότητας τόπου Δασών (Σύγκριση δύο τεχνικών). Επιστημονική επετηρίδα του τμήματος Δασολογίας και Φ.Π. του ΑΠΘ ΛΔ/3/27: 1809-1821.
- Arduini, I., Godbold, D.L., Onnis, A., 1994 Influence of copper on root growth and morphology of *Pinus pinea* L. and *Pinus pinaster* Ait. seedlings *Tree Physiology* 15, 411--415
- Augusto, L., Bakker, M.R., Morel, C., Meredieu, C., Trichet, P., Badau, V., Arrouays, D., Plassard, C., Achat, D.L., Gallet-Budynek, A., Merzeau, D., Canteloup, D., Najar, M., Ranger, J., 2010. Qualification of the forest soils resiliency to nutrient exports at the scale of the natural region using unpublished data from the “grey literature” *Eur.J. Soil Sci.* 61, 807-822.
- Bailey, V.L., Peacock, A.D., Smith, J.L., Bolton, J.R.H., 2002. Relationship between soil microbial biomass determined by chloroform fumigation – extraction, substrate – induced respiration and phospholipid fatty acid analysis. *Soil Biology & Biochemistry* 34 1385-1389.
- Baker, T.G., 1983. Dry matter, nitrogen and phosphorus content of litterfall in *Pinus radiata* and Eucalyptus forests. *N.Z.J.For. Sci* 13 (2): 205-221.
- Balland, R., 1980. The role of phosphorus in agriculture ASA-CSSA-SSSA Madison WI. p.p.763-804.
- Βαφειάδου, Ε., Καραμανώλη, Α., 1989 Οι αναδασώσεις στις περιοχές Ασωμάτων, Σώστη, Ιάσμου του νομού Ροδόπης. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Πτυχιακή διατριβή.
- Βενετιάδης, Κ., 1976. Έκθεση περί της δασοπονίας στη Βουλγαρία Δασικά χρονικά No 6.
- Βεράνης, Ν., 1994. Γεωλογική δομή και ορυκτές πρώτες ύλες στο νομό Χαλκιδικής ΙΓΜΕ Θεσσαλονίκης, σελ. 9-25.
- Berg, B., Matzner, E., 1997. Effect of N deposition on decomposition of plant litter and soil organic matter in forest systems. *Environmental Review* 5, 1–25.
- Bert, D., Danjon, E., 2006. Carbon concentration variations in the roots, stems and crown of mature *Pinus Pinaster* (Ait) *Forest Ecol Manage.* 222 279-295.
- Binkley, D., Giardina, C., 1998. Why do tree species affect soils? The Warp and Woof of tree-soil interactions. *Biogeochemistry* 42: 89-106.

- Birkeland, P.W., 1984 Soils and Geomorphology. Oxford University Press, New York, 372 pp.
- Binkley, D., Hogberg, P., 1997. Does atmospheric deposition of nitrogen threaten Swedish forests? *Forest Ecology and Management* 92, 119–152.
- Bloom, A.J., Meyerhoff, P.A., Taylor, A.R., and Rost, T.L., 2003. Root development and absorption of ammonium and nitrate from rhizosphere. *J. Plant Growth Regul.* 21: 416-431.
- Bonneau, M., 1963. L'importance des propriétés physiques du sol dans la production forestière R.F.F. No 1.
- Bonneau, M., 1971. A propos du dépérissement du pin maritime dans les Landes. R.F.F. No 4.
- Bonneau, M., 1995. Fertilization des forêts dans les pays tempérés. Théorie base de diagnostic conseil pratique réalisation expérimentales ENFREF, Nancy p.p. 367.
- Borman, F. H., Likens, G. E., Mellilo, J.M., 1977. Nitrogen budget for an aggrading northern hardwood ecosystem *Science* 196: 981-983.
- Brady, N.C., Weil, R.R., 1999. *The Nature and Properties of Soils*, 12th ed, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 881p.
- Bravo-Oviedo, A., Sterba, H., del Río, M., Bravo, F., 2006 Competition-induced mortality for Mediterranean *Pinus pinaster* Ait. and *P. sylvestris* L. *Forest Ecology and Management* 222 88–98.
- Brower, R., and Hoagland, A., 1964. Response of bean plants to root temperatures. Anatomical aspects. *Meded Inst Biol Scheid Onderz Landb Gewass* 236: 23-31.
- Bruggemann, N., Rosenkranz, P., Papen, H., Pilegaard, K., Butterbach-Bahl, K., 2005 Pure stands of temperate forest tree species modify soil respiration and N turnover. *Biogeosciences Discussions* 2: 303-331.
- Bucci, G., Gonzalez Martinez, S.C., Le Provost, G., Plomion, C., Ribeiro, M.M., Sebastiani, F., Alia, R., Vendramin, G.G., 2007. Range-wide phylogeography and gene zones in *Pinus pinaster* Ait. revealed by chloroplast microsatellite markers. *Molecular Ecology* 16, 2137–2153.
- Carle, P., Schvester, D., 1975. Perspective d'avenir du pin maritime en Provence (*P. pinaster* Ait var *Mesogeensis* Fieschi et Gaussen) R. F.F. No 5.
- Cappeli, M., 1968. Il pino marittimo e una specie calciofoba ? *Monti e Boschi*. No 6.
- Castro-Diez, P., Fierro-Brunnenmeister, N., Gonzalez-Munoz, N., Gallardo, A., 2012. Effects of exotic and native tree leaf litter on soil properties of two contrasting sites in the Iberian Peninsula. *Plant Soil* 350: 179-191.
- Chambel, M.R., Climent, J., Alia, R., 2007. Divergence among species and populations of Mediterranean pines in biomass allocation of seedlings grown under two watering regimes. *Annals of Forest Science* 64, 87–97.
- Chmimits, P., 1967. Productivité d'une plantation de pin maritime. R.F.F. No 5.
- Γκανάτσας Π., 1993. Δομή και φυσική αναγέννηση των δασών της ερυθρελάτης στην Ελατία Δράμας. Διδακτορική διατριβή. Θεσ/νίκη.

- Γκανάτσας, Π., Παπαϊωάννου, Α., 1997. Συσσώρευση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων στο δασικό τάπητα και στο ανόργανο έδαφος δασικών οικοσυστημάτων ερυθρελάτης και οξιάς στην Ελατιά Δράμας. Επιστημονική Επετηρίδα του τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Τόμος 39/2 σελ 601-614.
- Cole, D.W., Rapp, M., 1981. Elemental cycling in forest ecosystems. In: D.E. Reiche (ed), Dynamics Principles of Forest Ecosystems, Cambridge Univ. Press, London and New York: 341-409.
- Cooling, E.N.G., 1977. Final report: Plantation silviculture. FO: DP/TUR/71/521, Working Document 28, FAO, Izmit.
- Critchfield, W.B, Little, E.L. Jr., 1966. Geographic distribution of the pines of the world. U.S. Forest Serv. Misc. Publ. 991. Washington, D.C.
- Cucchi, V., Bert, D., 2003. Wind firmness in *Pinus Pinaster* Ait stands in Southwest France: influence of stands damaged during the 1999 Annals of Science Forest 60: 209 – 226.
- Cucchi, V., Meredieu, C., Stokes, A., Berthier, S., Bert, D., Najar, M., 2004. Root anchorage of inner and edge trees in stands of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) growing in different podzolic soil conditions Trees 18: 460–466
- Curtin, D., Campbell, CA. and Jalil, A. (1998) Effects of acidity on mineralization: pH-dependence of organic matter mineralization in weakly acidic soils. Soil Biology and Biochemistry 30,57-64.
- Γώγος, Μ., 1978. Πεύκη η Παραθαλασσία (*Pinus pinaster* Ait. 1789 (*P. maritima* Mill) Υπουργείο Γεωργίας Γενική Διεύθυνση Δασών και Δ.Π. Ίδρυμα Δασικών Ερευνών αριθ. 96 Θεσσαλονίκη.
- Danjon, F., Fourcaud, T., Bert. D., 2005. Root architecture and wind firmness of mature *Pinus Pinaster* New Phytologist Volum 168, Issue 2, Pages 387-400.
- Δαμαλάς, Δ.Γ., 1977. Αποδοτικότητα των αναδασώσεων σε ορισμένα δασοπονικά είδη. Ίδρυμα Δασικών Ερευνών Αθηνών Αθήνα (σελ.49-54).
- Debazac, E.F., 1964. Manuel de conifers. Nancy.
- Debazac, E.F., 1964. Le pin laricio de Corse dans son aire naturelle. R.F.F. No 3.
- Desole, L., 1962. Il *Pinus pinaster* Sol. In Sardegna N.G.S.T. Firenze 1960 E.F. Debazac F.F.F. No 4.
- Dickerson, B.P., 1972. Changes in the forest floor under upland oak stands and managed loblolly pine plantations. *J. For.* 70:560-562.
- Donald, D.G.M., 1957. The effect of various thinning grades on the growth and volume production of *Pinus pinaster*. Union Sub-Africaine Pretoria, R.F.F. No 10.
- Dubos, C., Plomion, C., 2003. Identification of water – deficit responsive genes in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) roots Plant Molecular Biology 51: 249-262.
- Edwards PJ. 1982. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea: V. Rates of cycling in throughfall and litter fall. *J Ecol* 70:807–27.

- EKBY., 1996. Ειδικό διαχειριστικό σχέδιο. Περιοχή: Όρος Στρατωνικών (GR1270005), Ευρωπαϊκή επιτροπή, ΥΠΕΧΩΔΕ και Υπουργείο Γεωργίας, Θεσσαλονίκη σελ. 25.
- Eimil-Fraga, C., Rodriguez-Soalleiro, R., Sanchez-Rodriguez, F., Perez-Cruzado, C., Alvarez-Rodriguez E. 2014. Significance of bedrock as a site factor determining nutritional status and growth of maritime pine. *Forest Ecology and Management* 331 19-24.
- Ελευθεριάδης, Ι., 2014. Ανάλυση των δυνατοτήτων εγκατάστασης Φυτειών Ξυλωδών Δασικών Ειδών Μικρού Περίτροπου Χρόνου στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας Πακέτο εργασίας 6- Στόχος 6.1/Παραδοτέο 6.1 Νοέμβριος 2014 Κέντρο ανανεώσιμων πηγών και εξοικονόμησης ενέργειας.
- Ettema, C.H., Wardle, D.A., 2002. Spatial soil ecology. *Trends Ecol Evol* 17:177-83
- Ζάγκας, Θ., 2003. Η συμβολή της έρευνας των φυσικών οικοσυστημάτων στην υλοποίηση προγραμμάτων αναδάσωσης. Πρακτικά ημερίδας «Επιλογή φυτικών ειδών για δασώσεις, αναδασώσεις και βελτιώσεις αστικού και φυσικού τοπίου.» ΤΕΙ Καβάλας, Τμήμα Δασοπονίας, Δράμα, σελ.39-54.
- Ζάγκας, Θ.Δ., Ζάγκας, Δ.Θ., Καραμανώλης, Δ.Β., 2013. Διαχείριση και δασοκομικός σχεδιασμός αμιγών τεχνητών συστάδων με σκοπό τη μετατροπή τους σε μεικτές Πρακτικά 16^{ου} Δασολογικού Συνεδρίου Ελληνική Δασολογική Εταιρεία σελ. 257-262.
- Zhang H., Forde, B.G., 2000 Regulation of Arabidopsis root development by nitrate availability. *J. Exper. Bot.* 51: 51-59.
- Θανάσης, Α.Γ., 2004. Έρευνα των αναδασώσεων μαύρης πεύκης στην περιοχή του Ολύμπου. Διδακτορική διατριβή. Θεσσαλονίκη.
- Falkengren-Grerup, U., Brunetb, J., Diekrann, M., 1998 Nitrogen mineralisation in deciduous forest soils in south Sweden in gradients of soil acidity and deposition *Environmental Pollution* 102, S1 415-420
- Farjon, A., 2005. Pines. Drawings and descriptions of the genus *Pinus*. Second edition. E. J. Brill, Leiden.
- Farjon, A., 2010. Conifer Database (June 2008) In Species 2000 & ITIS Catalogue of Life: 2010 Annual Checklist (Bisby F.A., Roskov Y.R., Orrell T.M., Nicolson D., Paglinawan L.E., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., Baillargeon G., eds). Reading, UK. Available at: <http://www.catalogueoflife.org/>.
- Ferrandis, P., Herranz, J.M., Martinez-Sanchez, J.J., 1996 The Role of Soil Seed Bank in the Early Stages of Plant Recovery After Fire in a *Pinus pinaster* Forest in SE Spain. *Int. J. Wildland Fire* 6(1): 31-35, 1996
- Ferreira, L., Constantino, M., Borges, J.G., 2014. A stochastic approach to optimize Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) stand management scheduling under fire risk. An application in Portugal *Ann Pper Res* 219: 359-377.
- Finzi, A.C., Canham, C.D., & Van Breemen N. (1998). Canopy tree – soil interactions within temperate forests: Species effects on pH and cations. *Ecological Applications*, 8(2), 447-454.

- Fitter, A.H., Heinemeyer, A., & Staddon, P.L., 2000. The impact of elevated CO₂ and global climate change on arbuscular mycorrhizas: A myco-centric approach. *New Phytologist* 147 (1), 179-187.
- Fujita, E., Nigata, M., 2001 Changes in vegetation and soil properties caused by mixture of deciduous broad-leaved trees in Japanese black pine (*Pinus thunbergii* Parl.) stand at coastal sand dune: A case study in Kaetsu district, Niigata prefecture *J. Jap. For.Soc.*, 83(2), 84-92.
- Gallardo, A., 2003. Spatian variability of soil properties in a Floodplain Forest in Northwest Spain Ecosystems Springer Verlag 6: 564-576
- Ganatsas, P., Tsitsoni, Th., Tsakalimi, M., Zagas, Th., 2001. Reforestation of degraded Kermes oak shrublands with planted pines : effects on vegetation cover, species diversity and community structure Springer Science Business Media B.V.
- Garcia, K., Deltei, A., Conejero, G., Bequer, A., Plassard, C., Sentenac, H., Zimmermann, S., 2013. Potassium nutrition of ectomycorrhizal *Pinus Pinaster* Q overexpression of the Hebeloma cylindrosporum HcTrk1 transporter affects the translocation of both K and phosphorus in the host plant *New Phytologist*.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1982. Particle size analysis. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp:383-409.
- Gholz, H.L., Fisher, R.F., 1982. Organic matter production and distribution in slash pine (*Pinus elliotii*) plantations. *Ecology*. 63(6): 1827-1839.
- Gonzalez Martinez, S.C., Mariette, S., Ribeiro, M.M., Burban, C., Raffin, A., Chambel, M.R., Ribeiro, C.A.M., Aguiar, A., Plomion, C., Alia, R., Gil, L., Vendramin, G.G., Kremer, A., Reviron, M.P., 2004. Genetic resources in maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton): molecular and quantitative measures of genetic variation and differentiation among maternal lineages. *Forest Ecology and Management* 197, 103–115.
- Gonzalez Martinez, S.C., Gil, L., Alia, R., 2005. Genetic diversity estimates of *Pinus pinaster* in the Iberian Peninsula: a comparison of allozymes and quantitative traits. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 14, 3–12.
- Grant, E.G., 1982. Exchangeable cations. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp:159-164.
- Greenland, D.J. 1979 The physics and chemistry of the soil – root interface: Some comments. In Hartley J.L. and Russell RS eds. *The Soil – Root Interface*. Academic Press, London.
- Griffiths, R.P., Madritch, M.D., Swanson, A.K., (2009), The effects of topography on forest soil characteristics in the Oregon Cascade Mountains (USA): Implications for the effects of climate change on soil properties *Forest Ecology and Management* 257 1–7.
- Gross, K.L., Pregitzer, K.S., Burton, A.J., 1995. Spatial variation in nitrogen availability in three successional plant communities. *J Ecol* 83:357-67.
- Guinier, Ph., Oudin, A., Schaeffer, L., 1951. *Technique forestiere* Paris.

- Hart, S.C., Firestone, M.K., Eldore, A.P., Smith, J.L., 1993. Flow and fate of soil nitrogen in an annual grassland and a young mixed-conifer forest *Soil Biol. Biochem.* Vol. 25, No. 4, pp. 431- 442.
- Hartmann, J., Moosdorf, N., 2012. The new global lithological map database GLIM: a representation of rockproperties at the Earth surface *Geochem, Geophys. Geosyst* 13 (12) 1-37.
- Hatzistathis, A., Zagas, Th. 1988. Iron deficiency correction of lime – included chlorosis in *Pinus maritima* seedlings. University of Washington Press “Forest Site Evaluation and Long-Term Productivity”. Eds D.W. Cole and S.P. Gessel. University of Washington Press. Seattle and London. pp. 150-157.
- Hendrickson, O.Q., Chatarpaul, L., Burgess, D., 1989. Nutrient cycling following whole – tree and conventional harvest in Northern mixed forest. *Can. J. For. Res.* 19: 725-735.
- Herve, P., 1964. A propos du pin maritime des Maures. R.F.F. No 10.
- Honeycutt, C. W., Heil, R. D., & Cole, C. V. 1990. Climatic and topographic relations of three grant plains soils: I. soil morphology. *Soil Science Society of America Journal*, 54(2), 469-475.
- Howitt, D., Cramer, D. 2001. Στατιστική με το SPSS 10 για Windows, Εκδόσεις «Κλειδάριθμος» σελ 115-120.
- <http://commons.wikimedia.org> 14/3/2015
- <http://discoverlife.org/> 28/12/2015
- Ily, G., 1964. Premiers resultats de la fertilization azote en forets de dune. R.F.F. No 10.
- IPCC., 2007. Climate change 2007: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel.
- IUCN. 2013. IUCN Red List of Threatened Species
- Jeltsch, F., Milton, S.J., Dean, W.R.J., Van Rooyen, N., Moloney, K.A., 1998. Modelling the impact of small-scale heterogeneities on tree-grass coexistence in semi-arid savannas. *J Ecol* 86:780- 93.
- Jenny, H., 1980. *The Soil Resource: Origin and Behavior* Ecological Studies No. 37 Springer, New York
- Jobbagy, E., & Jackson, R. B. 2001. The distribution of soil nutrients with depth: Global paterms and the imprint of plants. *Biogeochemistry*, 53(1), 51-77.
- Johnson, J. M.-F, R. R. Allmaras, R. R and D. C. Reicosky. 2006. Estimating Source Carbon from Crop Residues, Roots and Rhizodeposits Using the National Grain-Yield Database. *Agronomy Journal* 98:622-636
- Joly, R., 1963. *Matsucoccus feytaudi* Duc. (coccidae margarodidae) nouvelles stations en France. Son importance forestere. R.F.F. No 3.
- Καββαδίας, Β.Δ., Σεϊλόπουλος, Δ., Αλιφραγκής, Δ. 1998. Χαρακτηριστικά του δασικού τύπητα των *P nigra*, *P maritima* και *P. radiata* ηλικίας είκοσι ετών *Επιστημονικά Γεωτεχνικά Θέματα* 9(4):31-41.

- Keeney, D.R., 1980. Prediction of soil nitrogen availability in forest ecosystems: a literature review. *For Sci* 26:159–171
- Κέκερης, Ι., 2014. Ενημερωτικό σημείωμα Δασαρχείου Αρναίας / dasarxeio.files.wordpress.com.
- Kelly, E.F., Chadwick, O.A., & Hilinski, T.E. 1998. The effect of plants on mineral weathering. *Biogeochemistry*, 42(1-2), 21-53.
- Kirby, M.J., 1985. A basis for soil profile modelling in a geomorphic context. *J. Soil Sci.* 36: 97–121.
- Kirschbaum, M.U.F., 1995. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic storage. *Soil Biol. Biochem.* 27, 753–760
- Knoepp D. J, . Swank, W.T., 2002. Using soil temperature and moisture to predict forest soil nitrogen mineralization *Biol Fertil Soils* (36:177–182)
- Kozlowski T.T. and Pallardy S.G.1997. *Physiology of Woody Plants*, 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA.
- Kozlowski T.T. 1999. Soil compaction and growth of woody plants. *Scan. J. For. Res.* 14: 596-619.
- Kononova, M. M., 1961. Soil organic matter, its nature, its role in soil formation and in soil fertility. Pergamon Press, Oxford.
- Kriebitzsch, W.U.V., 1978 Kriebitzsch, W.-U.V. (1978) Stickstoffnachlieferung in sauren Waldboden Nordwestdeutschlands. *Scripta Geobotanica* 14,1-66.
- Κωνσταντινίδης, Π., Γκατζογιάννης, Σ., 2001. Επιλογή δασικών ειδών για αναδασώσεις σε πυρόπληκτες περιοχές ΕΘΙΑΓΕ Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών Θεσσαλονίκη.
- Lallemand, Leonard, et Martin, 1960. La sylviculture moderne du pin maritime dans les Landes de Gascogne F.I.I.I.A. No 150.
- Lawrence, G.B., Lovett, G.M., Baevisky, Y.H., 2000. Atmospheric deposition and watershed nitrogen export along an elevational gradient in the Catskill Mountains. New York. *Biogeochemistry* 50: 21-43.
- Lemoine, B., 1975. Essai de synthese biomathematique des aspects concurrentiels ecologiques, morphologiques et cycliques de la croissance du pin maritime dans les Landes de Gascogne *Oecol plant* 10(2)141-167.
- Lemoine, B., 1982. Application de l' analyse factorielle a l' etude de la croissance des arbres: exemple du pin maritime. *Ann Sci For* 38(1) 31-54.
- Lemoine, B., 1991. Growth and yield of maritime pine (*Pinus Pinaster* Ait): the average dominant tree of the stand *Ann Sci For* 48 593-611.
- Levy, G., 1968. Utilization pratique del' analyse foliare dans l' etude de la nutrition d' essences forestieres RRF No4.
- Lindsay, W.L., Norvell. W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zink, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, Wis.
- Mallet, J., 1960. Reflexions et observations sur quelques melanges resineux – feuillus. RFF No 1.

- Μαρκάλας, Σ., Καϊλίδης, Δ., 1979. Ποιοτική και ποσοτική μέτρηση υπορόφου αειφύλλων πλατυφύλλων στα δάση χαλεπίου πεύκης μετά από πυρκαγιά. Δασικά χρονικά 21: 41-46.
- Martins, P., Sampedro, I., Moreira, X., Zas, R., 2009. Nutritional status and genetic variation in the response to nutrient availability in *Pinus pinaster*. A multisite field study in Northwest Spain. For. Ecol. Manage. 258, 1429 -1436.
- Matos, E.S., Freese, D., Alazak, A., Bachmann, U., Veste, M., Huttli, R.F., 2010. Organic – carbon and nitrogen stocks and organic-carbon fractions in soil under mixed pine and oak forest stands of different ages in NE Germany. J. Plant Nutr 173: 654-661.
- Mc Lean, E.O., 1982. Soil pH and Rime requirement. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp: 199-223.
- Medlyn, B.E., Loustau, D., Delzon, S., 2002. Temperature response of parameters of a biochemically based model of photosynthesis. Seasonal changes in mature maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) Plant, Cell & Environment Volume 25, Issue 9 pages 1155-1165.
- Meyer, J.T., R.T. Edwards and R. Risley 1987. Bacterial growth on dissolved organic carbon from blackwater river. *Microb. Ecol.* 13:13-29.
- Miller R., Lanasa M., Elsing D., Zuidema M., 1990. Northern White Cedar : Stand assessment and management options. Presented at the "Northern White-Cedar inMichigan Workshop".Monjauze, A., 1960. Le reboisement sur rootage en plein et sur bourrelets. R.F.F. No1.
- Mitchell M.L., Hassan, A.E., Davey, C.B., Gregory J.D., 1982, Loblolly pine growth in compacted greenhouse soil. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 25: 304-307.
- Moffat, A. J., & Boswell R. C. 1990 Effect of tree species and species mixtures on soil properties at gisburn forest, Yorkshire, Soil Use and Manage, 6(1), 46-51.
- Monjauze, A., 1960. Le reboisement sur rootage en plein et sur bourrelets. R.R.F. No 1 1960.
- Muller, T., Avolio, M., Olivi, M., Benjdia, M., Rikirsch, E., Kasaras, A., Fitz, M., Chalot, M., Wipf, D., 2007 Nitrogen transport in the ectomycorrhiza association: The *Hebeloma cylindrosporum–Pinus pinaster* model Phytochemistry 68 41–51
- Μουλόπουλος, Χ., 1967. Μαθήματα Δασοκομικής. Γενική Εφαρμοσμένη Δασοκομική Θεσσαλονίκη.
- Munoz, G.R., Estevez, O.S., Alvarez Gonzalez, J.G., Sanchez, E.M., 2014. Influence of provenance, silvicultural regime and tree shape on the quality of maritime pine *Eur J. Forest Res* 133: 623-630.
- Murphy, P.G., Lugo, A.E., 1986. Ecology of tropical dry forest. Ann Rev Ecol System 17:67–88.
- Nabais, C., Campelo, F., Vieira, J., Cherubini, P., 2014. Climate signals of tree – ring width and intra – annual density fluctuations in *Pinus pinaster* and *Pinus pinea* along a latitudinal gradient in Portugal Forestry 87, 598-605.

- Νάκος, Γ., 1976. Συσχέτιση της γονιμότητας του εδάφους και της θρεπτικής κατάστασης των βελονών κωνοφόρων ειδών Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Αθήνα.
- Νάκος Γ., 1977. Συμβολή εις την μελέτην των δασικών εδαφών της Ελλάδος: Φυσικάί, Χημικάί και βιολογικάί ιδιότητες. Υπουργείο Γεωργίας Γενική Διεύθυνσις Δασών και Δασικού Περιβάλλοντος, Ίδρυμα Δασικών Ερευνών Αθηνών.
- Νάκος, Γ., 1991. Ταξινόμηση και αξιολόγηση των γαιών: Τεχνικές προδιαγραφές. Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων. Αθήνα σελ 67.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp:539-577.
- Nielsen, K.F., and Humphries, E.C. 1996. Effects of root temperature on growth. Soils and Fertilizers, 29.
- Ντάφης Σ., 1966. Σταθμολογικά και δασοαποδοτικά έρευναι εις πρεμνοφυή δρυοδάση και καστανωτά της Βορειοανατολικής Χαλκιδικής. Διατριβή επί υφηγεσία Θεσσαλονίκη. Σελ. 120.
- Ντάφης, Σ., 1986. Δασική Οικολογία Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη Θεσσαλονίκη.
- Ντάφης Σ., Ζάγκας Θ., Ισπικούδης Ι., Μιχαλοπούλου Ε., Γκανάτσας Π., 2002. Το Ελληνικό Δάσος. Ποικιλομορφία – Λειτουργίες. ΓΕΩΤ.Ε.Ε., Θεσσαλονίκη. Σελ. 23.
- Nyborg, M. and Hoyt, P.B., 1978 Effects of soil acidity and liming on mineralization of soil nitrogen. Canadian Journal of Soil Science 58,331-338.
- Ozdemir, E., Oral, H.V., Akburak, S., Makineci, E., Yilmaz, E., 2013. Carbon and nitrogen accumulation in forest floor and surface soil under different geographic origins of Maritime pine Instituto Nacional de Investigation y Tecnologia Agraria y Alimentaria Forest Systems 22(2),214-221.
- Ozenda, P., 1964. Biogeographie vegetal. Ed. Doin Paris.
- Ozturk, M., Bolat, I., 2014. Transforming Pinus pinaster forest to recreation site: preliminary effects on LAI, some forest floor, and soil properties, Environ monit Assess (2014) 186: 2563 – 2572 Springer Science Bussiness Media Dordrech.
- Olsen, S.R., Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp: 403-427.
- Πανέτσος, Κ., 1998. Δυνατότητες παραγωγής δασικής βιομάζας για ενεργειακή χρήση από φυτείες ταχυαυξών δασοπονικών ειδών, ΕΘΙΑΓΕ, Πρακτικά ημερίδας “Ανθρώπινο δίκτυο – Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας”, σελ. 87
- Παπαϊωάννου, Α., 1993. Σχέσεις παραγωγικότητας με μορφές και χαρακτηριστικά του δασικού χούμου σε δάση μαύρης πεύκης και οξιάς στη Βόρεια Ελλάδα. Διδ. Διατριβή ΑΠΘ.
- Παπαϊωάννου, Α., 1998. Σχηματισμός του δασικού τύπητα σε σχέση με την παραγωγικότητα του σταθμού σε οικοσυστήματα μαύρης Πεύκης (*Pinus nigra* Arn). Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα 9(2):46-52.

- Papaioannou, A.G., 2013. Assessment of the Empirical Management Method of Coppice Chestnut (*Castanea sativa* Mill) Forests Practiced by the Monks and its Effect on the Availability of Forest Soil Resources in Mount Athos, Greece. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* Vol. 41 Issue 1, p 317.
- Παπαμίχος, Ν., 2006. Δασικά εδάφη Σχηματισμός-Ιδιότητες-Συμπεριφορά Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Παπαμίχος, Ν., και Αλιφραγκής, Δ., 1995. Περιγραφή Δειγματοληψία Εργαστηριακές Αναλύσεις Δασικών Εδαφών και Φυτικών Ιστών. ΑΠΘ Θεσσαλονίκη.
- Paz-Gonzalez, A., Vieira, S.R., Castro, M.T.T., 2000. The effect of cultivation on the spatial variability of selected properties of an umbric horizon. *Geoderma* 97, 273–292.
- Parde, J., 1966. Forêts et reboisements a haute productivite des reboisements solognots R.F.F. No 12.
- Persson, T., Wiren, A., 1995. Nitrogen mineralization and potential nitrification at different depths in acid forest soils. *Plant and Soil* 168–169, 55–65.
- Perry, D.A., 1994. *Forest Ecosystems*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Plomion, G., Bahraman, N., Durel, C.E., O Malley, D.M., 1995. Genomic mapping in *Pinus Pinaster* (maritime pine) using RADP and protein makers Hederity. 74 661-668.
- Πολίτης, Ι., 2008. Κατακόρυφη μεταβολή των ιδιοτήτων του εδάφους και επίδραση της βλάστησης στις μεταβολές αυτές. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Post, W.M., Emanuel, W.R., Zinke, P.J., Stangenberger, A.G., 1982. Soil carbon pools and world life zones. *Nature* 298, 156-159.
- Pourtet, J., 1964. *Les repeuplements artificiels*. Nancy.
- Prats, E., Vanrell, P., Garcia, C., Morey, M., 1991. Relation between the litter fall rate and its accumulation on the soil of a *Pinus halepensis* mill. forest in Majorca (Balearic islands, Spain), 688-690 p. In: Teller A, Mathy P, Jeffers JNR (Eds.). *Responses of forest ecosystems to environmental changes*, Elsevier Applied Science, London and New York.
- Prichett, W.L., and Fisher, R.F., 1987. *Properties and management of Forest Soils* John Wiley and Sons New York p. 494
- Qualls, R.G., Haines, B.L., 1991, *Geochemistry of Dissolved Organic Nutrients in Water Percolating through a forest Ecosystem soil sci soc AM J vol 55*.
- Ραδόγλου, Κ., 1987. Επίδραση του σταθμού στην επιτυχία των αναδασώσεων και στην οικοφυσιολογική κατάσταση των δένδρων του Κέδρηγου Λόφου Θεσσαλονίκης. Διδακτορική διατριβή. Επ. Επ. Τμήματος Δασολογίας και Φυσ. Περιβάλλοντος, Τόμος ΚΗ/2. Θεσ/νίκη.
- Rapp, M., 1992. Nutrient cycling in european forests: state of current research and future needs. In: A. Teller, p. Mathy and J. N. R. Jeffers (eds) *Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes*, Elsevier Applied Science, London and New York: 176-317.

- Resch, T., 1975: Essai de distinction morphologique de reces majeures de pin pinaster. Ann. Rech. Forest. Maroc 1974 R.F.F. No 3.
- Rhoades, C.C., 1997. Single tree influences on soil properties in agroforestry: lesson from natural forest and savanna ecosystems. *Agroforestry systems* 35: 71-94
- Ritson, P., Sochacki, C., 2003 Measurement and prediction of biomass and carbon content of *Pinus pinaster* trees in farm forestry plantations, south-western Australia. *Forest ecology and management* 175 103-117.
- Rivallon, P., 1969. D' un procede d' enrichissement des Taillis pauvre de l' ouest . R.F.F. No5.
- Rodriguez, Soalleiro, R., Alvarez, Gonzalez, J.B. Schroder, J., 2000. Simutation and comparison of silvicultural alternatives for even-aged *Pinus Pinaster* stands in Galicia (Northwestern Spain) *Ann For Sci* 57:747-754.
- Roll, R., 1955. La vegetation forestiere de la Corse R.F.F. No 12.
- Rustad, L.E., Fernandez, I.J., Fuller, R.D., David, M.B., Nodvin, S.C., Halteman, W.A., 1993. Soil solution response to acidic deposition in a northern hardwood forest. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 47, 117–134
- Sabate, S., Gracia, C., Sanchez, A., 2002. Likely effects of cimate change on growth *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica* forests in the Mediterranean region *Forest Ecology and Management* volume 162 issue 1 pages 23-37.
- Saiya-Cork, K.R., Sinsabaugh, R.L., Zak, D.R., et al. 2002. The effects of long term nitrogen deposition on extracellular enzyme activity in an *Acer saccharum* forest soil *Soil Biology & Biochemistry* 34 1309–1315
- Salvador, L., Alia, R., Agundez, D., Gill, L., 2000. Genetic variation and migration pathways of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) in the Iberian peninsula, *Theoretical and applied Genetics*, January, Volume 100, Issue1, pp 89-95.
- Sanchez – Rodriguez, F., Rodriguez – Soalleiro, R., Espanol, E., Lopez, C.A., Merino, A., 2002. Influence of edaphic factors and tree nutritive status on the productivity of *Pinus radiata* D. Don plantations in northwestern Spain *For. Ecol. Manage.* 171,181-189.
- Saur, E., Ranger, J., Lemoine, B., Gelpe, J., 1992. Micronutrient distribution in 16 year old maritime pine. *Tree Physiol.* 10, 307 – 316.
- Σκαλτσογιάννης, Α., Τσανακτσίδης, Κ., Κατσίδη, Ε., Μήτρας, Δ., Τσακτσίρα, Μ., 2012. Γενετική βελτίωση της ρητινοποααγωγής στη χαλέπιο πεύκη (*Pinus halepensis* Mill). Η συμβολή της χρήσης της ρητίνης ως φυσικό πολυμερές στη βελτίωση της ποιότητας των υγρών καυσίμων. 14ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Επιστημονικής Εταιρείας Γενετικής Βελτίωσης των Φυτών. Θεσσαλονίκη 10-12 Οκτωβρίου 2012.
- Σκαλτσογιάννης, Α., 2014. Κλιματική αλλαγή και αξιοποίηση δασικών πόρων υπό το πρίσμα νέων τεχνολογιών. www.wfdt.leilar.gr/14-7-2014
- Schlesinger W.H. (1997). *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. Academic Press, San Diego, US.
- Scott, C.W., 1960. *Pinus radiata*, F.A.O. Rome.

- Smaling, E.M.A. 1993. An agroecological framework for integrating nutrient management, with special reference to Kenya. Ph.D. thesis. Agric. Univ., Wageningen, the Netherlands.
- Smith, J.L., Paul, E.A., 1990. The significans of soil biomass estimations. *Soil Biochemistry* New York. p.p. 357-396.
- Smith, S.E., Read, D.J., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis* third ed. Academic Press, New York.
- Sollins, P., Spycher, G., Glassman, A., 1983. Net nitrogen mineralization from light and heavy fraction forest soil organic matter Department of Forest Science, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, U.S.A. *Soil Biol. Biochem.* Vol. 16, No. 1, pp. 31-37
- Simek, M., Cooper, J.E., 2002. The influence of soil pH on denitrification—progress towards the understanding of this interaction over the last 50 years. *European Journal of Soil Science* in press.
- Staaf, H. and B.A. Olsson. 1994. Effects of slash removal and stump harvesting on soil water chemistry in a clearcutting in SW Sweden. *Scand. J. For. Res.* 9, 305–310.
- Stevenson, F.J., 1982. Nitrogen-Organic forms. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2*, A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp:625-641.
- Συρίδης, Γ., 1990. Λιθοστρωματική βιοστρωματική και παλαιογραφική μελέτη των νεογενών τεταρτογενών ιζηματογενών σχηματισμών της χερσονήσου Χαλκιδικής ΑΠΘ Θεσσαλονίκη Διδακτορική διατριβή σελ. 243.
- Takano, M., Takahashi, H., Hirisawa, T., and Suge, H., 1995. Hydrotropism in roots: sensing of a gradient in water potential by the root cap. *Planta* 197: 410-413.
- Τάντος, Β., 1997. Ανακύκλωση θρεπτικών στοιχείων σε οικοσύστημα υβριδογενούς ελάτης (*Abies borissi regis* Matf) Διδ. Διατριβή Α.Π.Θ., Τμήμα ΔΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Τάντος, Β., 2000. Καταγραφή της οργανικής ουσίας και των θρεπτικών στοιχείων σε οικοσυστήματα υβριδογενούς ελάτης (*Abies borisii regis* Matf.) Γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα II (1) 3: 272-280.
- Tappeiner, J.C., and Alm, A.A., 1975. Undergrowth vegetation effects on the nutrient content of litterfall and soils in red pine and birch stands in Northern Minnesota. *Ecology.* 56: 1193-1200 .
- Taylor, H.M. and Ratliff, L.F. 1969. Root elongation rates of cotton and peanuts as a fuction of soil strength and soil water content. *Soil Sci.* 108Q 113-119.
- The IUCN Red List of Threatened Species/ 27-11-2014 <http://www.iucnredlist.org>.
- Tiessen, H., Stewart, J.W.B., Cole, C.V., 1984 Pathways of Phosphorus Transformations in Soils of Differing Pedogenesis Journal Paper no. R361 of the Saskatchewan Inst. of Pedology, Univ. of Saskatchewan. Research supported by the Natural Science and Engineering Research Council of Canada and by the National Science Foundation, Washington
- Tilman, D., 1988. Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. Princeton, NJ: Princeton University Press.

- Timbal, J., 1971. Applications de techniques ecologique aux reboisements en Tunisie R.F.F. No 1.
- Trichet, P., Bakker, M., Augusto, L., Alazard, P., Merzeau, D., Saur, E., 2009. Fifty years of fertilization experiments on *Pinus Pinaster* in Southwest France: the importance of phosphorus as a fertilizer *Forest Sci.* 55 309-402.
- Trudgill, S.T., 1988. Soil and Vegetation Systems. Oxford University Press, New York, USA.
- Tsakaldimi, M., Tsitsoni, T., Ganatsas, P., Zagas, T., 2009. A comparison of root architecture and shoot morphology between naturally regenerated and container – grown seedlings of *Quercus ilex* *Plant Soil* 324: 103-113
- Τσιόντσης Α. Ι. 1991 Παραγωγή και κατανομή οργανικής ουσίας και δυναμική των θρεπτικών στοιχείων σε οικοσυστήματα μαύρης πεύκης (*Pinus nigra* Arn). Διδακτορική διατριβή Θεσσαλονίκη.
- Τσιτσώνη, Θ., 2011. Προστασία της φύσης και διαμόρφωση δασικού τοπίου. Πανεπιστημιακές σημειώσεις του μαθήματος Εργαστήριο Δασοκομίας. Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Tsitsoni T., Karamanolis D., Stamatelos G., Gkanatsas P., 1997. Evaluation of structure in *Pinus halepensis* M. stands in North Greece. *Silva Gandavensis* 62 : 110-116.
- Tsitsoni, T., 2001. Restoration of high – degraded forest ecosystems in Sithonia Chalkidiki, North Greece 7th International Conference on Environmental Science and Technology. Ermoupolis Syros island, Greece-Sept.2001
- Yilmaz, H., 2001. Research of semi natural tree communities and plantation site in Bartın city *Journal of Bartın Forestry Faculty*, 3 (3), 59-76.
- Yousefpoor, M., Fadaie Khoshkebijary, F., Fallah, A., Naghavi, F., 2012. Volume equation and volume table of *Pinus pinaster* *Ait International Research Journal of Applied and Basic Sciences* Vol 3(5), 1072-1076.
- Χατζηστάθης, Α., 1972. Η επίδραση της βαθμιδώσεως και βαθιάς κατεργασίας του εδάφους στην υγρασία και τη γονιμότητά του και η σημασία της για τις αναδασώσεις. Επ. Επ. Γ.Δ. Σχολής. Τόμος ΙΔ'.
- Χατζηστάθης Α., Αστεριάδης Π., 1984. Οι αναδασώσεις του Πανεπιστημιακού Δάσους Ταξιάρχη Χαλκιδικής. Εργαστήριο Δασοκομίας και Ορεινής Υδρονομικής. Θεσ/νίκη. Σελ. 25.
- Χατζηστάθης, Α., Ζάγκας, Θ., 1985. Έρευνα της δυνατότητας της χλώρωσης από υπερβολικό ασβέστιο σε φυτάρια *P. radiata* και *P. maritima*. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος.
- Χατζηστάθης, Α., Ντάφης, Σ., 1989. Αναδασώσεις Δασικά φυτάρια Εκδόσεις Γιαχούλη Γιαπούδη Ο. Ε Θεσσαλονίκη σελ 37-38.
- Varelides, C., Kritikos, T., 1994 Effect of site preparation intensity and fertilization on *Pinus pinaster* survival and height growth on three sites in northern Greece. *Forest Ecology and Management* 73 (1995) 111 -115.

- Vedramin, G.G., Anzidei, M., Madaghiele, A., Bucci, G., 1998. Distribution of genetic diversity in *Pinus pinaster* Ait as revealed by chloroplast microsatellites *Theor Appl Genet* 97: 456-463.
- Vesterdal, L., Raulund-Rasmussen, K., 2002. Availability of nitrogen and phosphorus in Norway spruce forest floors fertilized with nitrogen and other essential nutrients *Soil Biology & Biochemistry* 34 1243–1251.
- Wang, S., Hauang, M., Shao, X., Mickler, R.A., Li, K., & Ji, J. 2004. Vertical distribution of soil organic carbon in China *Environmental management* 33(SUPPL. 1), 200-209.
- Warde, D. A., Bargett, R. D., Klironomos, J. N., Satala, H., D. A. Wall. 2004. Ecological Linkages Between Aboveground and Belowground Biota. *Science* 304:16229-1633
- Warren, C.R., Adams, M.A., 2002 Phosphorus affects growth and partitioning of nitrogen to Rubisco in *Pinus pinaster* *Tree Physiology* 22, 11–19
- Wasterlund, I., 1988. Damages and growth effects after selective mechanical cleaning. *Scand. J. For. Res* 3: 259-272
- Waterworth, R., Raison, R.J., Brack, C., Benson, M., Khanna, P., Paul, K., 2007. Effects of irrigation and N. fertilization on growth and structure of *Pinus radiata* stands between 10 and 29 year of age. *Forest Ecol. Manage* 239, 169-181.
- Wijler, J., Delwiche, C.C., 1954. Investigations on the denitrifying process in soil. *Plant and Soil* 5, 155–169.
- Wollum, A. G., 1973. Characterization of the forest floor in stands along a moisture gradient in Southern New Mexico, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37: 637-640.
- Wong, M.H. and A.D. Bradshaw. 1982. A comparison of the toxicity of heavy metals, using root elongation of rye grass, *Lolium perenne*. *New Phytol.* 91:255--261.

10 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

A/A	ΕΠΙΦ.	ΠΟΙΟΤ. ΤΟΠΟΥ	ΟΡΙΖ. ΕΛΛΑΦΟΥΣ	N%	P mg/gr	Mg mg/gr	K mg/gr	Ca mg/gr	Na mg/gr	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm
1	1	II	ΑΟΟ	0,706	0,357	1,295	1,026	8,374	0,181	6,994	94,195	40,506	636,731
2	1	II	ΑΟ	0,830	0,429	3,266	1,889	3,334	0,277	30,245	835,651	80,259	1.358,388
3	2	I	ΑΟΟ	1,558	0,412	2,184	0,879	13,095	0,211	10,603	161,049	70,929	1.577,840
4	2	I	ΑΟ	1,023	0,379	3,922	1,900	2,570	0,293	33,976	1.007,960	102,995	1.956,025
5	3	II	ΑΟΟ	1,030	0,483	1,544	0,985	11,106	0,146	6,960	90,504	41,750	172,556
6	3	II	ΑΟ	1,101	0,501	3,352	1,717	6,687	0,196	16,515	387,799	63,030	434,084
7	4	I	ΑΟΟ	0,918	0,518	1,258	1,069	8,881	0,159	7,187	496,592	48,613	462,889
8	4	I	ΑΟ	0,921	0,476	2,310	1,961	2,721	0,198	13,897	536,478	60,798	562,110
9	5	II	ΑΟΟ	0,915	0,318	1,143	0,666	7,128	0,161	7,832	258,891	50,761	561,896
10	5	II	ΑΟ	0,936	0,380	2,101	2,078	2,765	0,240	43,298	430,654	101,991	1.241,775
11	6	II	ΑΟΟ	0,771	0,368	1,614	1,389	10,701	0,118	4,768	40,439	35,662	310,201
12	6	II	ΑΟ	1,101	0,511	2,135	1,876	4,369	0,160	11,966	348,125	64,664	646,639
13	7	II	ΑΟΟ	0,764	0,390	2,752	1,460	10,419	0,128	4,876	46,889	38,656	245,236
14	7	II	ΑΟ	1,236	0,614	5,242	3,029	2,804	0,222	14,392	387,473	67,134	571,397
15	8	II	ΑΟΟ	0,677	0,345	3,407	0,836	5,207	0,200	4,205	39,905	30,865	287,419
16	8	II	ΑΟ	0,885	0,438	6,447	3,555	5,641	0,348	16,907	643,187	69,951	537,408
17	9	I	ΑΟΟ	1,016	0,599	2,412	1,459	17,598	0,181	5,248	72,456	39,449	331,093
18	9	I	ΑΟ	0,678	0,390	3,313	4,100	5,084	0,213	10,29	647,855	42,791	339,838
19	10	I	ΑΟΟ	0,627	0,459	1,828	1,212	9,559	0,254	3,355	24,478	33,084	288,702
20	10	I	ΑΟ	0,753	0,473	2,504	2,110	1,796	0,208	6,962	353,784	44,192	519,920
21	11	I	ΑΟΟ	0,536	0,499	1,431	1,015	12,820	0,162	5,349	52,951	40,745	209,392
22	11	I	ΑΟ	0,497	0,511	2,800	2,324	9,374	0,220	12,99	419,226	62,005	452,119
23	12	I	ΑΟΟ	0,740	0,367	1,391	1,083	13,961	0,134	2,516	212,610	38,990	335,390
24	12	I	ΑΟ	1,039	0,450	2,147	2,194	5,266	0,191	10,331	259,643	59,458	842,465

Πίνακας 16: Περιεκτικότητα του δασικού τύπτη *P. maritima* σε θρεπτικά στοιχεία στην περιοχή έρευνας

Α/Α	ΕΠΙΦ.	ΠΟΙΟΤ. ΤΟΠΟΥ	ΟΡΙΖ. ΕΛΔΦΟΥΣ	ΒΑΡΟΣ ΔΑΣ. ΤΑΠΗΤΑ kg/ha	ΒΑΡΟΣ ΟΡΓΑΝ. ΟΥΣΙΑΣ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
1	1	II	ΑΟΟ	12.688	11,837	89,231	4,935	16,256	12,545	107,47	2,290	0,089	1,159	0,515	8,065
2	1	II	ΑΟ	52.755	19,468	442,065	21,44	169,813	93,476	138,90	14,594	1,644	48,216	4,420	76,405
3	2	I	ΑΟΟ	16.221	14,137	256,129	6,708	35,883	14,482	206,46	3,465	0,179	2,819	1,167	26,160
4	2	I	ΑΟ	63.744	21,063	634,725	23,62	254,171	120,23	161,33	19,147	2,204	65,001	6,598	130,325
5	3	II	ΑΟΟ	6.822	6,347	69,546	3,194	10,279	6,348	76,336	0,997	0,046	0,608	0,281	1,181
6	3	II	ΑΟ	33.890	14,787	357,276	16,75	131,978	62,971	235,99	6,774	0,609	9,778	2,245	15,663
7	4	I	ΑΟΟ	5.133	4,899	47,770	2,716	6,581	5,613	45,270	0,806	0,036	0,346	0,253	2,533
8	4	I	ΑΟ	61.200	30,260	564,277	28,87	143,444	122,55	160,32	12,073	0,855	33,619	3,711	34,445
9	5	II	ΑΟΟ	9.254	8,599	83,868	2,738	10,226	6,062	62,096	1,457	0,069	1,589	0,461	4,969
10	5	II	ΑΟ	37.661	13,538	350,371	15,28	80,567	81,784	99,330	9,517	1,792	26,422	3,902	48,244
11	6	II	ΑΟΟ	5.296	5,088	40,971	1,965	7,967	7,340	56,144	0,619	0,024	0,216	0,189	1,560
12	6	II	ΑΟ	39.827	19,723	433,346	19,69	81,118	77,004	209,40	6,448	0,480	14,268	2,553	25,575
13	7	II	ΑΟΟ	5.347	4,607	43,928	2,238	12,833	7,744	51,101	0,781	0,028	0,212	0,199	1,296
14	7	II	ΑΟ	32.835	15,351	420,274	20,47	150,287	91,267	79,967	6,922	0,465	12,664	2,313	20,310
15	8	II	ΑΟΟ	8.634	8,305	58,255	2,931	28,178	7,121	41,932	1,742	0,037	0,333	0,269	2,395
16	8	II	ΑΟ	42.301	17,246	363,620	18,29	267,572	153,55	203,06	15,264	0,732	27,507	2,925	22,635
17	9	I	ΑΟΟ	9.482	8,823	96,607	5,610	22,269	13,533	168,73	1,713	0,048	0,688	0,375	3,113
18	9	I	ΑΟ	58.682	16,462	368,704	22,24	197,816	240,68	375,54	12,630	0,610	38,089	2,482	20,828
19	10	I	ΑΟΟ	10.717,8	10,226	66,888	5,173	19,209	12,037	102,01	2,631	0,037	0,271	0,351	3,205
20	10	I	ΑΟ	64.108,8	21,809	482,993	31,03	164,547	134,44	113,40	13,186	0,442	22,691	2,852	33,942
21	11	I	ΑΟΟ	10.016,0	9,396	58,130	4,970	13,917	8,911	136,19	1,644	0,053	22,691	0,402	1,959
22	11	I	ΑΟ	46.684,8	20,096	236,532	24,54	136,228	127,52	311,55	10,808	0,627	22,043	2,934	22,205
23	12	I	ΑΟΟ	10.995,2	10,608	80,353	4,040	15,715	11,408	161,60	1,450	0,028	0,236	0,428	3,633
24	12	I	ΑΟ	43.139,2	22,775	448,859	19,27	91,817	93,558	224,29	8,251	0,444	10,907	2,549	35,885

Πίνακας 17: Ποσότητα θρεπτικών στοιχείων στο εκτάριο σε δασικό τύπητα *P. maritima* στην περιοχή έρευνας

ΕΠΗΦ	ΕΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΙΑΣ	ΑΡΓΙΛΙΟΣ															
1	επιχ	0-10	73,87	10,59	15,54	SL	4,52	3,222	5,555	0,227	14,194	0,890	8,397	2,492	0,480	0,120	0,622	37,18	3,46	36,24
1	επιχ	10-20	56,19	27,62	16,19	SL	4,71	2,816	4,855	0,133	21,173	0,750	5,051	2,333	0,309	0,125	0,788	39,52	1,068	30,32
1	επιχ	20-40	57,39	19,71	22,90	SL	4,72	1,269	2,188	0,048	26,438	0,610	3,123	1,521	0,286	0,103	0,620	36,66	0,636	25,80
1	επιχ	40-60	51,04	21,24	27,71	L	4,65	0,658	1,134	0,037	17,784	0,510	1,783	1,472	0,279	0,101	0,476	19,44	0,526	18,12
1	εκχ	0-10					5,20	3,680	6,344	0,314	11,720	0,990	9,613	1,848	0,396	0,088	0,478	35,40	2,760	31,32
1	εκχ	10-20					5,10	1,539	2,653	0,098	15,704	0,780	4,561	1,433	0,246	0,120	0,636	40,24	0,738	21,42
1	εκχ	20-40					4,98	0,697	1,202	0,043	16,209	0,590	2,854	2,706	0,212	0,125	0,628	37,10	0,680	16,50

Πίνακας 18: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 1, Περιοχή: Γομάτι, Ποιότητα τόπου: κακή

ΕΠΗΦ	ΕΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΙΑΣ	ΑΡΓΙΛΙΟΣ															
2	επιχ	0-10	64,45	15,66	19,88	SL	4,94	2,462	4,244	0,176	13,989	1,090	9,965	9,965	0,252	0,174	0,796	34,50	4,10	40,5
2	επιχ	10-20	66,72	18,49	14,79	SL	4,98	1,538	2,652	0,084	18,310	0,810	6,628	6,628	0,139	0,253	0,630	24,26	1,19	34,38
2	επιχ	20-40	64,91	24,48	10,61	SL	4,96	1,141	1,967	0,046	24,804	0,670	6,291	6,291	0,118	0,289	0,644	18,70	0,956	29,18
2	επιχ	40-60	71,30	6,06	22,63	SCL	4,93	0,597	1,029	0,044	13,568	0,420	4,321	4,321	0,169	0,164	0,602	19,96	0,684	36,28
2	εκχ	0-10					4,98	1,730	2,983	0,179	9,665	0,940	7,483	7,483	0,244	0,151	0,714	31,78	2,480	50,36
2	εκχ	10-20					4,84	1,029	1,774	0,075	13,720	0,660	5,422	5,422	0,163	0,175	0,882	34,86	1,338	39,80
2	εκχ	20-40					4,88	0,607	1,046	0,054	11,241	0,410	4,336	4,336	0,158	0,159	0,672	20,02	0,852	35,66

Πίνακας 19: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 2, Περιοχή: Γομάτι, Ποιότητα τόπου: μέτρια

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ															
3	επιχ	0-10	58,78	22,28	18,94	SL	6,60	1,665	2,853	0,137	12,080	1,110	8,854	1,760	0,290	0,044	0,366	11,08	1,374	16,02
3	επιχ	10-20	53,34	31,95	14,71	SL	6,65	1,223	2,108	0,122	10,025	0,910	10,072	0,713	0,148	0,061	0,378	13,74	0,586	17,16
3	επιχ	20-40	55,62	29,14	15,24	L	6,78	0,916	1,579	0,099	9,253	0,860	9,976	0,615	0,114	0,056	0,318	8,02	0,568	11,92
3	εκχ	0-10					6,05	1,144	1,972	0,173	6,613	1,270	11,149	1,470	0,313	0,054	0,370	25,18	4,18	26,96
3	εκχ	10-20					6,16	0,831	1,433	0,127	6,543	0,810	10,218	0,985	0,160	0,056	0,432	13,34	0,756	25,68
3	εκχ	20-30					6,30	0,655	1,129	0,084	7,798	0,470	8,916	0,606	0,120	0,056	0,410	12,66	0,686	26,10

Πίνακας 20: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 3, Περιοχή: Πολύγυρος, Ποιότητα τόπου: κακή

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ															
4	επιχ	0-10	44,19	31,78	24,03	L	5,66	3,252	5,606	0,134	24,269	0,880	11,072	2,673	0,283	0,072	0,510	34,54	1,70	24,56
4	επιχ	10-20	37,63	32,56	29,81	CL	5,30	1,575	2,715	0,104	15,144	0,700	11,880	3,820	0,255	0,289	0,576	24,02	0,758	19,86
4	επιχ	20-40	44,85	30,64	24,51	L	5,07	1,208	2,083	0,083	14,554	0,430	8,187	3,002	0,227	0,292	0,584	39,16	0,552	29,62
4	επιχ	40-60	27,29	32,74	39,96	SiC	5,21	0,818	1,410	0,012	68,167	0,380	13,985	4,065	0,154	0,083	0,636	20,18	0,480	6,40
4	εκχ	0-10					5,00	4,286	7,389	0,117	36,632	1,410	11,910	3,187	0,285	0,062	0,572	35,34	2,460	28,70
4	εκχ	10-20					5,18	2,318	3,996	0,070	33,114	1,070	13,261	3,503	0,285	0,299	0,472	23,30	0,608	10,16
4	εκχ	20-40					5,16	0,885	1,526	0,062	14,274	0,650	14,521	3,740	0,143	0,095	0,524	25,28	0,568	6,54

Πίνακας 21: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 4, Περιοχή: Πολύγυρος, Ποιότητα τόπου: μέτρια

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ															
5	επιχ	0-10	52,83	25,14	22,03	L	4,98	4,295	7,405	0,169	25,414	1,090	8,387	2,245	0,267	0,284	0,960	40,30	3,40	32,28
5	επιχ	10-20	54,25	23,04	22,71	L	5,04	2,621	4,519	0,141	18,589	0,910	3,476	1,435	0,230	0,133	1,384	32,64	0,766	32,64
5	επιχ	20-40	52,39	21,71	25,91	L	5,12	1,136	1,958	0,102	11,137	0,670	3,151	1,573	0,251	0,284	0,846	18,24	0,804	28,90
5	επιχ	40-60	58,67	16,37	24,96	SCL	5,08	1,309	2,257	0,091	14,385	0,420	3,896	1,805	0,261	0,313	0,648	16,02	0,648	15,72
5	εκχ	0-10					4,94	7,290	12,57	0,331	22,024	0,980	13,510	2,708	0,286	0,330	0,852	51,84	5,76	46,40
5	εκχ	10-20					4,95	3,405	5,870	0,203	16,773	0,670	7,490	1,992	0,246	0,138	1,358	38,02	2,30	28,00
5	εκχ	20-40					5,12	1,654	2,851	0,124	13,339	0,390	3,250	1,388	0,139	0,101	0,682	26,14	0,854	14,22

Πίνακας 22: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 5, Περιοχή: Γομάτι, Ποιότητα τύπου: κακή

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ															
6	επιχ	0-10	58,82	31,43	9,753	SL	5,30	4,478	7,720	0,254	17,630	1,140	13,286	2,436	0,419	0,059	0,328	39,08	3,82	23,66
6	επιχ	10-20	62,69	22,25	15,06	SL	5,32	2,527	4,357	0,110	22,973	0,830	3,370	1,345	0,134	0,038	0,260	25,54	0,624	12,32
6	επιχ	20-40	63,69	24,43	11,89	SL	5,23	1,013	1,746	0,102	9,931	0,720	2,653	0,892	0,107	0,062	0,254	29,34	0,44	15,02
6	εκχ	0-10					5,41	2,688	4,634	0,143	18,797	1,210	4,138	1,079	0,183	0,064	0,294	44,7	1,508	16,18
6	εκχ	10-20					5,36	1,357	2,339	0,123	11,033	0,980	1,770	0,724	0,091	0,064	0,196	25,42	0,566	10,80
6	εκχ	20-30					5,20	1,024	1,765	0,096	10,667	0,640	1,926	0,757	0,109	0,069	0,198	24,18	0,434	12,70

Πίνακας 23: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 6, Περιοχή: Πολύγυρος, Ποιότητα τύπου: κακή

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ															
7	επιχ	0-10	54,73	29,77	15,51	L	5,18	4,143	7,143	0,107	38,720	1,150	2,496	0,987	0,281	0,061	0,226	21,98	0,538	15,44
7	επιχ	10-20	54,22	28,48	17,30	L	5,28	3,010	5,189	0,070	43,000	0,840	1,889	0,709	0,157	0,057	0,256	28,04	0,514	24,72
7	επιχ	20-40	55,96	29,00	15,03	L	5,40	1,365	2,353	0,054	25,278	0,550	2,663	0,652	0,139	0,075	0,308	34,22	0,544	23,72
7	εκχ	0-10					5,14	7,019	12,10	0,428	16,400	0,970	9,495	2,358	0,616	0,099	0,396	31,7	1,848	20,54
7	εκχ	10-20					5,24	3,642	6,279	0,064	56,906	0,640	5,511	1,881	0,256	0,096	0,312	10,06	0,468	21,68
7	εκχ	20-30					5,12	1,017	1,753	0,053	19,189	0,390	6,045	2,280	0,196	0,096	0,224	7,96	0,496	23,20

Πίνακας 24: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 7, Περιοχή: Πολύγυρος, Ποιότητα τύπου: κακή

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ															
8	επιχ	0-10	63,99	23,72	12,29	SL	4,72	4,201	7,243	0,136	30,890	0,322	4,712	2,005	0,268	0,118	0,336	39,36	2,180	30,44
8	επιχ	10-20	65,97	24,05	9,983	SL	5,04	1,758	3,031	0,124	14,177	0,830	4,447	1,472	0,203	0,159	0,274	41,20	0,91	13,38
8	επιχ	20-40	62,95	25,45	11,60	SL	5,16	1,022	1,762	0,075	13,627	0,710	3,330	1,476	0,216	0,405	0,354	29,54	0,518	6,78
8	επιχ	40-60	67,65	22,21	10,14	SL	5,30	0,560	0,965	0,031	18,065	0,420	3,449	1,628	0,150	0,158	0,222	17,02	0,428	2,64
8	εκχ	0-10					4,78	5,111	8,811	0,133	38,429	1,170	6,223	2,617	0,276	0,163	0,330	39,94	1,914	30,92
8	εκχ	10-20					4,87	3,429	5,912	0,054	63,500	0,840	3,449	2,079	0,223	0,142	0,294	24,02	0,534	3,82
8	εκχ	20-40					5,25	3,429	2,558	0,036	41,222	0,510	5,067	2,323	0,167	0,132	0,346	18,82	0,552	1,6

Πίνακας 25: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 8, Περιοχή: Γομάτι, Ποιότητα τύπου: κακή

ΕΠΗΦ	ΕΛΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΙΥΣ	ΑΡΓΙΛΙΟΣ															
9	επιχ	0-10	61,56	25,32	13,12	SL	4,75	7,608	13,12	0,224	33,964	1,230	6,975	2,272	0,403	0,075	0,232	50,98	2,94	30,22
9	επιχ	10-20	68,05	21,30	10,65	SL	5,01	3,548	6,117	0,117	30,325	1,030	5,400	1,663	0,319	0,078	0,186	35,34	0,752	10,38
9	επιχ	20-40	63,90	23,35	12,74	SL	5,01	3,364	5,800	0,100	33,640	0,890	4,281	1,497	0,330	0,102	0,134	34,26	0,526	4,50
9	επιχ	40-60	53,36	39,38	7,254	SL	5,03	2,034	3,507	0,033	61,636	0,380	2,888	1,059	0,210	0,210	0,156	28,62	0,456	2,14
9	εκχ	0-10					4,75	7,293	12,57	0,126	57,881	1,310	5,384	1,733	0,311	0,146	0,224	42,74	1,454	24,6
9	εκχ	10-20					4,82	3,417	5,891	0,093	36,742	0,740	3,476	1,534	0,274	0,133	0,142	38,10	0,79	10,22
9	εκχ	20-40					4,88	1,719	2,964	0,088	19,534	0,480	2,464	1,388	0,231	0,089	0,140	48,70	0,518	6,88

Πίνακας 26: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 9, Περιοχή: Γομάτι, Ποιότητα τόπου: μέτρια

ΕΠΗΦ	ΕΛΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΙΥΣ	ΑΡΓΙΛΙΟΣ															
10	επιχ	0-10	83,80	8,416	7,785	LS	4,42	2,869	4,946	0,174	16,489	1,190	5,317	1,928	0,285	0,116	0,236	52,58	2,30	5,08
10	επιχ	10-20	73,83	17,51	8,653	SL	4,48	1,698	2,927	0,072	23,583	0,880	2,076	1,301	0,135	0,162	0,190	57,00	0,852	6,56
10	επιχ	20-40	78,60	13,24	8,150	SL	4,52	1,071	1,846	0,044	24,341	0,680	0,681	0,693	0,111	0,102	0,104	47,68	0,376	0,356
10	επιχ	40-60	76,77	15,15	8,080	SL	4,55	0,573	0,988	0,031	18,484	0,440	0,440	0,524	0,123	0,065	0,096	39,12	0,302	0,278
10	εκχ	0-10					4,52	1,911	3,295	0,098	19,500	0,980	4,016	1,412	0,281	0,102	0,186	48,64	1,614	17,24
10	εκχ	10-20					4,58	0,861	1,484	0,060	14,350	0,760	1,480	0,995	0,288	0,137	0,170	44,96	0,454	0,47
10	εκχ	20-40					4,54	0,586	1,010	0,048	12,208	0,440	1,008	0,956	0,207	0,105	0,108	26,10	0,304	0,31

Πίνακας 27: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 10, Περιοχή: Γομάτι, Ποιότητα τόπου: μέτρια

ΕΠΙΦ	ΕΛΛΗΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ															
11	επιχ	0-10	51,88	33,47	14,64	L	6,02	2,552	4,400	0,179	14,257	1,240	7,081	1,464	0,205	0,045	0,242	7,30	0,662	0,922
11	επιχ	10-20	56,64	24,02	19,34	L	5,85	0,908	1,565	0,060	15,133	1,010	12,255	1,906	0,107	0,071	0,456	8,24	0,322	21,14
11	επιχ	20-40	49,83	25,93	24,24	L	5,51	0,563	0,971	0,039	14,436	0,860	14,247	1,939	0,086	0,070	0,504	16,02	0,228	19,24
11	επιχ	40-60	42,01	30,16	27,83	L	5,26	0,313	0,540	0,055	5,691	0,390	10,090	1,937	0,098	0,082	0,320	6,82	0,274	17,94
11	εκχ	0-10					6,04	3,724	6,420	0,233	15,983	1,200	15,681	2,198	0,246	0,041	0,304	20,80	2,42	16,82
11	εκχ	10-20					5,51	1,379	2,377	0,104	13,260	0,810	5,530	1,053	0,105	0,052	0,268	22,30	0,372	16,98
11	εκχ	20-40					5,53	0,522	0,900	0,105	4,971	0,420	4,338	1,001	0,084	0,079	0,362	16,68	0,308	24,22

Πίνακας 28: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 11, Περιοχή: Πολύγυρος, Ποιότητα τόπου: μέτρια

ΕΠΙΦ	ΕΛΛΗΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ			ΧΑΡ.	pH	C %	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ %	N %	C/N %	P mg/ 100gr	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	K cmol/ kg	Na cmol/ kg	Cu cmol/ kg	Fe cmol/ kg	Zn cmol/ kg	Mn cmol/ kg
			ΑΜΜΟΣ	ΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ															
12	επιχ	0-10	53,02	34,45	12,53	L	5,32	2,447	4,219	0,120	20,392	1,240	5,246	1,229	0,398	0,046	0,218	32,22	1,162	12,28
12	επιχ	10-20	51,56	35,66	12,78	L	4,98	1,721	2,967	0,094	18,309	0,860	3,600	0,890	0,205	0,047	0,244	42,02	0,384	20,08
12	επιχ	20-40	53,92	35,84	10,24	L	4,85	1,362	2,348	0,065	20,954	0,510	0,744	0,584	0,087	0,285	0,184	28,90	0,244	10,44
12	επιχ	40-60	50,28	34,09	15,63	L	4,88	0,838	1,445	0,048	17,458	0,340	3,021	0,691	0,067	0,064	0,206	9,54	0,292	7,30
12	εκχ	0-10					4,87	4,979	8,584	0,158	31,513	1,070	9,062	2,161	0,372	0,315	0,364	24,82	1,494	21,08
12	εκχ	10-20					4,78	1,122	1,934	0,077	14,571	0,780	9,521	2,469	0,247	0,087	0,454	14,46	0,492	11,76
12	εκχ	20-40					4,80	0,649	1,119	0,058	11,190	0,510	6,568	2,681	0,148	0,179	0,370	8,42	0,26	7,68

Πίνακας 29: Ανάλυση εδάφους Επιφάνεια: 12, Περιοχή: Πολύγυρος, Ποιότητα τόπου: μέτρια

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
1	επιχ	0-10	51,103	2088,4	8,188	1545,04	275,092	172,306	25,303	0,572	34,206	3,183	33,341
1	επιχ	10-20	47,577	1303,4	7,350	990,025	274,416	118,289	28,179	0,772	38,729	1,047	29,714
1	επιχ	20-40	52,944	1161,6	14,762	1511,292	441,809	270,374	57,422	1,500	88,7172	1,539	62,436
1	επιχ	40-60	29,948	976,80	13,464	941,257	466,342	287,053	61,256	1,257	51,3216	1,389	47,837
1	εκχ	0-10	59,002	2920,2	9,207	1788,069	206,267	143,796	18,765	0,445	32,922	2,567	29,128
1	εκχ	10-20	26,798	989,80	7,878	921,297	173,677	96,722	27,779	0,642	40,642	0,745	21,634
1	εκχ	20-40	28,599	1023,4	14,042	1358,643	772,717	197,055	68,434	1,495	88,298	1,618	39,270

Πίνακας 30: Επιφάνεια 1. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
2	επιχ	0-10	34,380	1425,6	8,829	1614,341	549,548	79,589	32,404	0,645	27,945	3,321	32,805
2	επιχ	10-20	25,189	798,00	7,695	1259,319	538,828	51,648	55,345	0,599	23,047	1,131	32,661
2	επιχ	20-40	44,456	1039,6	15,142	2843,608	2331,18	103,705	150,310	1,455	42,262	2,161	65,947
2	επιχ	40-60	25,937	1108,8	10,584	2177,964	1868,24	166,540	95,142	1,517	50,2992	1,724	91,426
2	εκχ	0-10	24,755	145,70	7,802	1242,101	499,229	78,863	28,846	0,593	26,3774	2,058	41,7988
2	εκχ	10-20	17,208	727,50	6,402	1051,801	600,666	61,686	39,048	0,856	33,8142	1,298	38,606
2	εκχ	20-40	24,487	1263,6	9,594	2029,401	1375,71	144,140	85,421	1,572	46,8468	1,994	83,4444

Πίνακας 31: Επιφάνεια 2. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
3	επιχ	0-10	26,250	1260,4	10,212	1629,052	194,289	103,934	9,362	0,337	10,1936	1,264	14,7384
3	επιχ	10-20	20,452	1183,4	8,827	1954,037	83,040	55,880	13,679	0,367	13,3278	0,568	16,6452
3	επιχ	20-40	39,480	2475,0	21,500	4988,149	184,416	111,600	32,317	0,795	20,050	1,420	29,800
3	εκχ	0-10	18,145	1591,6	11,684	2051,407	162,286	112,423	11,455	0,340	23,1656	3,846	24,8032
3	εκχ	10-20	14,756	1308,1	8,343	2104,973	121,720	64,217	13,263	0,445	13,7402	0,779	26,4504
3	εκχ	20-30	28,456	2116,8	11,844	4493,623	183,405	117,521	32,260	1,033	31,9032	1,728	65,772

Πίνακας 32: Επιφάνεια 3. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
4	επιχ	0-10	45,412	1085,4	7,128	1793,600	259,786	89,285	13,367	0,413	27,9774	1,377	19,8936
4	επιχ	10-20	25,795	988,00	6,650	2257,198	435,469	94,293	63,183	0,547	22,819	0,720	18,867
4	επιχ	20-40	47,067	1875,8	9,718	3700,694	814,046	200,082	152,005	1,320	88,5016	1,248	66,9412
4	επιχ	40-60	34,974	297,60	9,424	6936,327	1209,61	149,053	47,560	1,577	50,0464	1,190	15,872
4	εκχ	0-10	62,807	994,50	11,985	2024,688	325,041	94,542	12,072	0,486	30,039	2,091	24,395
4	εκχ	10-20	39,563	693,00	10,593	2625,674	416,191	109,867	68,071	0,467	23,067	0,602	10,0584
4	εκχ	20-40	34,482	1401,2	14,690	6563,473	1014,21	125,686	49,387	1,184	57,1328	1,284	14,7804

Πίνακας 33: Επιφάνεια 4. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
5	επιχ	0-10	68,122	1554,8	10,028	1543,204	247,855	95,674	60,038	0,883	37,076	3,128	29,6976
5	επιχ	10-20	43,830	1367,7	8,827	674,256	167,038	87,086	29,589	1,342	31,6608	0,743	31,6608
5	επιχ	20-40	45,436	2366,4	15,544	1462,156	437,862	227,380	151,400	1,963	42,3168	1,865	67,048
5	επιχ	40-60	56,418	2275,0	10,500	1947,979	541,530	254,374	180,023	1,620	40,05	1,62	39,3
5	εκχ	0-10	119,396	3144,5	9,310	2566,991	308,672	105,902	72,209	0,809	49,248	5,472	44,08
5	εκχ	10-20	62,224	2151,8	7,102	1587,884	253,406	101,774	33,659	1,439	40,3012	2,438	29,68
5	εκχ	20-40	36,784	1599,6	5,031	838,436	214,823	69,811	29,867	0,880	33,7206	1,102	18,3438

Πίνακας 34: Επιφάνεια 5. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
6	επιχ	0-10	71,025	2336,8	10,488	2444,611	268,964	150,510	12,422	0,302	35,9536	3,514	21,7672
6	επιχ	10-20	42,694	1078,0	8,134	660,424	158,122	51,324	8,601	0,255	25,0292	0,612	12,0736
6	επιχ	20-40	41,215	2407,2	16,992	1252,425	252,691	98,288	33,516	0,600	69,2424	1,038	35,4472
6	εκχ	0-10	45,414	1401,4	11,858	811,043	126,933	69,898	14,408	0,288	43,806	1,478	15,8564
6	εκχ	10-20	25,266	1328,4	10,584	382,365	93,789	38,246	15,905	0,212	27,4536	0,611	11,664
6	εκχ	20-30	22,773	1238,4	8,256	496,946	117,118	55,012	20,352	0,255	31,1922	0,560	16,383

Πίνακας 35: Επιφάνεια 6. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
7	επιχ	0-10	65,711	984,40	10,580	459,311	108,947	100,952	12,905	0,208	20,2216	0,495	14,2048
7	επιχ	10-20	50,855	686,00	8,232	370,190	83,413	59,878	12,889	0,251	27,4792	0,504	24,2256
7	επιχ	20-40	56,949	1306,8	13,310	1289,097	189,262	130,963	41,569	0,745	82,8124	1,316	57,4024
7	εκχ	0-10	114,957	4066,0	9,215	1804,004	268,828	228,388	21,687	0,376	30,115	1,756	19,513
7	εκχ	10-20	64,044	652,80	6,528	1124,341	230,255	102,004	22,570	0,318	10,2612	0,477	22,1136
7	εκχ	20-30	21,741	657,20	4,836	1499,261	339,266	94,627	117,195	0,278	9,8704	0,615	28,768

Πίνακας 36: Επιφάνεια 7. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
8	επιχ	0-10	66,631	1251,2	2,962	866,976	221,299	96,133	25,073	0,309	36,2112	2,006	28,0048
8	επιχ	10-20	29,399	1202,8	8,051	862,787	171,345	76,926	35,410	0,266	39,964	0,883	12,9786
8	επιχ	20-40	40,524	1725,0	16,330	1531,612	407,418	193,873	214,503	0,814	67,942	1,191	15,594
8	επιχ	40-60	24,522	787,40	10,668	1752,270	496,303	148,859	92,087	0,564	43,2308	1,087	6,7056
8	εκχ	0-10	81,946	1236,9	10,881	1157,395	292,078	99,961	34,880	0,307	37,1442	1,780	28,7556
8	εκχ	10-20	60,298	550,80	8,568	703,668	254,413	88,776	33,409	0,300	24,5004	0,545	3,8964
8	εκχ	20-40	59,867	842,40	11,934	2371,527	652,352	152,310	70,794	0,810	44,0388	1,292	3,744

Πίνακας 37: Επιφάνεια 8. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο

ΕΠΙΦ	ΕΛΑΦΟΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
9	επιχ	0-10	106,241	1814,4	1814,4	1129,918	220,818	127,464	14,055	0,188	41,2938	2,381	24,4782
9	επιχ	10-20	57,497	1099,8	1099,8	1015,284	187,613	116,977	16,852	0,175	33,2196	0,707	9,7572
9	επιχ	20-40	131,070	2260,0	2260,0	1935,210	405,908	290,824	53,117	0,303	77,4276	1,189	10,17
9	επιχ	40-60	87,665	825,00	825,00	1443,987	317,640	204,497	120,766	0,390	71,55	1,14	5,35
9	εκχ	0-10	105,614	1058,4	1058,4	904,551	174,701	101,809	28,144	0,188	35,9016	1,221	20,664
9	εκχ	10-20	56,553	892,80	892,80	667,305	176,684	102,707	29,284	0,136	36,576	0,758	9,8112
9	εκχ	20-40	67,569	2006,4	2006,4	1123,503	379,688	205,833	46,803	0,319	111,036	1,181	15,6864

Πίνακας 38: Επιφάνεια 9. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο

ΕΠΙΦ	ΕΛΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
10	επιχ	0-10	39,569	1392,0	9,520	850,699	185,132	88,781	88,781	0,189	42,064	1,84	4,064
10	επιχ	10-20	27,517	676,80	8,272	390,259	146,798	49,463	49,463	0,179	53,58	0,801	6,1664
10	επιχ	20-40	41,359	985,60	15,232	305,150	186,237	97,201	97,201	0,233	106,803	0,842	0,79744
10	επιχ	40-60	24,104	756,40	10,736	214,900	153,503	116,832	116,832	0,234	95,4528	0,737	0,67832
10	εκχ	0-10	28,004	833,00	8,330	682,672	144,067	93,058	93,058	0,158	41,344	1,372	14,654
10	εκχ	10-20	14,398	582,00	7,372	287,031	115,826	108,857	108,857	0,165	43,6112	0,440	0,4559
10	εκχ	20-40	22,428	1065,6	9,768	447,545	254,679	178,825	178,825	0,240	57,942	0,675	0,6882

Πίνακας 39: Επιφάνεια 10. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο

ΕΠΙΦ	ΕΛΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
11	επιχ	0-10	35,637	1449,9	10,044	1147,096	142,283	64,843	8,304	0,196	5,913	0,536	0,74682
11	επιχ	10-20	14,715	564,00	9,494	2304,032	214,979	39,383	15,324	0,429	7,7456	0,303	19,8716
11	επιχ	20-40	21,742	873,60	19,264	6382,435	521,132	74,856	36,125	1,129	35,8848	0,511	43,0976
11	επιχ	40-60	13,167	1342,0	9,516	4923,832	567,059	93,101	45,817	0,781	16,6408	0,669	43,7736
11	εκχ	0-10	53,287	1933,9	9,960	2603,069	218,899	79,484	7,824	0,252	17,264	2,009	13,9606
11	εκχ	10-20	23,061	1008,8	7,857	1072,857	122,526	39,672	11,496	0,260	21,631	0,361	16,4706
11	εκχ	20-40	21,598	2520,0	10,080	2082,036	288,355	79,006	43,806	0,869	40,032	0,740	58,128

Πίνακας 40: Επιφάνεια 11. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο

ΕΠΙΦ	ΕΛΛΑΦΟ ΤΟΜΗ	ΒΑΘΟΣ	ΟΡΓΑΝ ΟΥΣΙΑ t/ha	N kg/ha	P kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	K kg/ha	Na kg/ha	Cu kg/ha	Fe kg/ha	Zn kg/ha	Mn kg/ha
12	επιχ	0-10	33,327	948,00	9,796	828,830	116,551	122,543	8,336	0,172	25,4538	0,918	9,7012
12	επιχ	10-20	28,483	902,40	8,256	691,257	102,553	76,611	10,297	0,234	40,3392	0,369	19,2768
12	επιχ	20-40	51,188	1417,0	11,118	324,172	152,743	73,938	142,809	0,401	63,002	0,532	22,7592
12	επιχ	40-60	34,384	1142,4	8,092	1438,214	197,289	62,322	35,050	0,490	22,7052	0,695	17,374
12	εκχ	0-10	73,821	1358,8	9,202	1558,643	222,992	124,608	62,358	0,313	21,3452	1,285	18,1288
12	εκχ	10-20	18,763	746,90	7,566	1847,066	287,410	93,375	19,330	0,440	14,0262	0,477	11,4072
12	εκχ	20-40	25,510	1322,4	11,628	2995,060	733,500	131,347	94,062	0,844	19,1976	0,593	17,5104

Πίνακας 41: Επιφάνεια 12. Ολική ποσότητα οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων ανά εκτάριο