

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΣΧΟΛΗ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ-ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΔΑΣΩΝ-
ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΑΣΟΚΟΜΙΑΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΔΩΝ
ΜΑΥΡΗΣ ΠΕΥΚΗΣ ΥΠΟ ΤΟ ΠΡΙΣΜΑ ΤΗΣ ΔΑΣΟΚΟΜΙΑΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ
ΣΚΟΠΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ Ν. Α. ΟΛΥΜΠΟΥ**

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Ι. ΡΑΠΤΗΣ
M.Sc. Δασολόγος-Περιβαλλοντολόγος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2011

ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Ι. ΡΑΠΤΗ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΔΩΝ
ΜΑΥΡΗΣ ΠΕΥΚΗΣ ΥΠΟ ΤΟ ΠΡΙΣΜΑ ΤΗΣ ΔΑΣΟΚΟΜΙΑΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ
ΣΚΟΠΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ Ν. Α. ΟΛΥΜΠΙΟΥ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Εξεταστική Επιτροπή:

Αναπληρωτής Καθηγητής Ζάγκας Θεοχάρης, Επιβλέπων.

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Θέκλα Τσιτσώνη, Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής
Επιτροπής.

Επίκουρος Καθηγητής Γκανάτσας Πέτρος, Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής
Επιτροπής.

Καθηγητής Σμύρης Π., Εξεταστής.

Καθηγητής Σκαλτσογιάννης Απ., Εξεταστής.

Αν. Καθηγητής Στεφανίδης Π., Εξεταστής.

Επ. Καθηγητής Καραμανώλης Δ., Εξεταστής.

Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 28/02/2011

«Η έγκριση της παρούσης Διδακτορικής Διατριβής από τη Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέως» (Ν. 5343/1932, άρθρο 202, παρ. 2).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διδακτορικής διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν, με υποστήριξαν και με συμπαράστηκαν κατά τη διάρκεια της συγγραφής της.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Θεοχάρη Ζάγκα για τις συμβουλές του, την υπομονή του, την κατανόησή του και κυρίως για την εμπιστοσύνη που τόσα χρόνια μου έδειξε.

Την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Θέκλα Τσιτσώνη και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Πέτρο Γκανάτσα, μέλη της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής, για το χρόνο που μου διέθεσαν, τις πολύτιμες συμβουλές τους και τις εύστοχες υποδείξεις τους.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα τέσσερα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον κ. Σμύρη Παύλο, Καθηγητή, τον κ. Σκαλτσογιάννη Απόστολο, Καθηγητή, τον κ. Στεφανίδη Παναγιώτη, Αναπληρωτή Καθηγητή και τον κ. Καραμανώλη Δημήτριο, Επίκουρο Καθηγητή για το χρόνο τους, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές τους και παρατηρήσεις.

Ευχαριστώ τους Ιωάννη Ράπη και Ζάγκα Δημήτριο για την πολύτιμη βοήθειά τους, το χρόνο τους και την υπομονή τους κατά τη διάρκεια των μετρήσεων υπαίθρου. Χωρίς τη συμβολή τους θα ήταν αδύνατη η ολοκλήρωση της παρούσης διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υλική και ηθική τους συμπαράσταση όλα αυτά τα χρόνια. Ειλικρινά τους ευχαριστώ.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	6
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	8
2.1 Προστατευτικά δάση	9
2.2 Δάση αναψυχής.....	14
2.3 Παραγωγικά δάση.....	17
2.3.1 Η υπάρχουσα κατάσταση στην Ελλάδα	17
2.4 Δάση ρύθμισης της υδρονομικής λειτουργίας	20
2.5 Δάση διατήρησης της βιοποικιλότητας	23
3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	27
2.1 Γεωγραφική θέση-Γεωμορφολογία-Υδρολογία.....	27
2.2 Γεωλογία-Πετρογραφία	30
2.3 Κλίμα	31
2.3.1 Θερμοκρασία.....	32
2.3.2 Κατανομή βροχής	36
2.4 Βλάστηση	38
2.5 Πανίδα.....	39
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	41
4.1 Φάση I.....	42
4.1.1 Ψηφιοποίηση χαρτογραφικών δεδομένων.....	42
4.1.2 Χωρικά κριτήρια δασικών λειτουργιών.....	43
4.1.2.1 Προστατευτικά δάση.....	43
4.1.2.2 Αισθητικά δάση-δάση αναψυχής	44
4.1.2.3 Παραγωγικά δάση.....	46
4.1.2.4 Ειδικές λειτουργίες.....	46
4.2 Φάση II.....	51
4.2.1 Μετρήσεις Πεδίου.....	51
4.2.2 Καθορισμός Ποιοτήτων Τόπου	53
4.2.3 Ανάλυση της δομής των συστάδων	56
4.2.4 Στατιστική επεξεργασία.....	57
4.2.5 Καλλιεργητικά μέτρα.....	58
4.2.5.1 Προστατευτικά δάση.....	58
4.2.5.2 Αισθητικά δάση.....	61
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	64
5.1 ΦΑΣΗ I	64
5.1.1 Χωρική ταξινόμηση των Δασικών Λειτουργιών.....	64
5.1.2 Προστατευτικά δάση	64
5.1.3 Αισθητικά δάση	69
5.1.4 Παραγωγικά Δάση	72
5.1.5 Η Υδρονομική λειτουργία.....	73
5.1.6 Προσδιορισμός του δείκτη Shannon Index της βιοποικιλότητας	75
5.2 ΦΑΣΗ II	78

5.2.1 Μετρήσεις πεδίου.....	78
5.2.2 Καθορισμός και χαρτογράφηση Ποιοτήτων Τόπου.....	79
5.2.3 Ανάλυση της δομής των συστάδων	81
5.3 Δασικές λειτουργίες και ποιότητες τόπου.....	126
5.3.2 Προστατευτικά Δάση.....	127
5.3.2.1 II Ποιότητα Τόπου	129
5.3.2.2 III Ποιότητα Τόπου	130
5.3.2.3 IV Ποιότητα Τόπου.....	131
5.3.3 Δάση Αναψυχής.....	133
5.3.4 Παραγωγικά Δάση.....	134
5.3.5 Επίδραση των χειρισμών στον υδρολογικό κύκλο	135
5.3.6 Επίδραση των δασοκομικών χειρισμών στο δείκτη βιοποικιλότητας Shannon Index.....	136
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	138
6.1 Αξιολόγηση των συστάδων.....	139
6.2 Πολλαπλή χρήση των δασών	141
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	145
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	148
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	167

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η ανάλυση των δομικών χαρακτηριστικών φυσικών συστάδων μαύρης Πεύκης στα πλαίσια της σύγχρονης θεώρησης ενός πολυλειτουργικού δάσους και η δημιουργία συσταδικών μοντέλων που να ανταποκρίνονται με τον πληρέστερο τρόπο στην εκάστοτε λειτουργία. Βάση για τη δημιουργία αντιπροσωπευτικών μοντέλων αποτέλεσαν συγκεκριμένες δασικές λειτουργίες όπως είναι η προστατευτική, η παραγωγή ξύλου, η προσφορά αναψυχής, η διατήρηση της ποιότητας του νερού, η αύξηση της παραγωγής του και η διατήρηση της βιοποικιλότητας, καλύπτοντας την πλειονότητα των κοινωνικών αναγκών που ικανοποιούνται από το δάσος σήμερα.

Η εφαρμογή των σύγχρονων μεθόδων χωρικής ανάλυσης (G.I.S) και των συσκευών δορυφορικού εντοπισμού (G.P.S) παρείχαν το πλαίσιο της χωρικής κατανομής των κυριότερων δασικών λειτουργιών και την λεπτομερή οριοθέτησή τους σε σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων. Αναλυτικά, έγινε χρήση παρόμοιων μεθοδολογιών που αναφέρονται στην παγκόσμια βιβλιογραφία και στηρίζονται στο συνδυασμό φυσιογραφικών κριτηρίων, κλιματικών δεδομένων και δεικτών ανθρώπινης παρουσίας μέσω της εφαρμογής των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, προσαρμοσμένων στις Ελληνικές συνθήκες. Για κάθε τμήμα δασικής έκτασης ορίστηκε μια κύρια δασική λειτουργία με τις υπόλοιπες να εισέρχονται συμπληρωματικά καθώς βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Παράλληλα, εκτιμήθηκε η παραγωγικότητα του κάθε τμήματος με στόχο τον προσδιορισμό της ικανότητάς του να απορροφήσει τις επερχόμενες διαταραχές και να ανταποκριθεί στην εκπλήρωση των λειτουργιών με αειφορικό τρόπο.

Ο καθορισμός του διαχειριστικού σκοπού οδήγησε στον καθορισμό του δασοκομικού στόχου. Η δημιουργία μεικτών δασών κηπευτής ή υποκηπευτής δομής είναι το ζητούμενο στην πλειοψηφία των περιπτώσεων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με μια σειρά χρονικά κατανεμημένων δασοκομικών επεμβάσεων που όμως αναμένεται να επηρεάσουν τον υδρολογικό κύκλο καθώς και τους δείκτες της βιοποικιλότητας τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Χρησιμοποιώντας ως συνδεδετικό κρίκο την κυκλική επιφάνεια και τις μεταβολές της ως αποτέλεσμα των δασοκομικών επεμβάσεων, εκτιμήθηκαν ποσοτικά οι αλλαγές της επιφανειακής απορροής σε mm και οι μεταβολές του δείκτη ποικιλότητας Shannon Index σε κάθε δασικό τμήμα.

Η ανάλυση έδειξε ότι τα δάση του Νοτιοανατολικού Ολύμπου δεν ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις μιας πολυλειτουργικής θεώρησης. Η μέχρι τώρα διαχείριση στηριζόμενη σε οικονομικά κριτήρια με στόχο την απόληψη βιομάζας,

έχει δημιουργήσει στην πλειοψηφία ομήλικα δάση που αδυνατούν να ανταποκριθούν σε λειτουργίες εκτός της παραγωγής ξυλείας. Η υπερκάρπωση κατά τόπους είναι έντονη όπως και η έλλειψη καλλιεργητικών επεμβάσεων. Ωστόσο, η κατάσταση αυτή κρίνεται ως απολύτως αντιστρεπτή μέσω των δασοκομικών επεμβάσεων και της διαμόρφωσης της κατάλληλης, κατά περίπτωση, δομής. Οι διάφορες δασικές λειτουργίες είναι δυνατό να συνδυαστούν ακόμη και αν έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους εξυπηρετώντας κοινωνικές ανάγκες και δημιουργώντας σταθερότερα δασικά οικοσυστήματα έναντι εξωτερικών παραγόντων και επιδράσεων.

Λέξεις κλειδιά: Πολλαπλή χρήση των δασών, δασοκομικές επεμβάσεις, χαρτογράφηση δασικών λειτουργιών, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, μαύρη Πεύκη, Όλυμπος.

DEFINING THE FEATURES OF NATURAL BLACK PINE STANDS IN THE SOUTHEAST MT. OLYMPUS UNDER THE FRAME OF MULTI-PURPOSE SILVICULTURE

SUMMARY

The aim of the present doctoral thesis is the analysis of the structural characteristics of natural black Pine stands in a multifunctional forestry framework and the creation of stand models that will efficiently correspond to each forest function. Primary forest functions such as the protective function, timber production function, recreation function, the maintenance of water quality, the water increase production and the conservation of biodiversity, constituted the base for the creation of representative stand models covering the majority of social needs that are demanded of forests today.

The application of modern methods of spatial analysis (G.I.S) in conjunction with Global Positioning System devices (G. P. S), provided the frame of territorial distribution of main forest functions and their detailed delimitation in a system of cartesian coordinates. Similar methodologies from world literature were adapted properly to Greek conditions, demanding combinations of spatial criteria, climatic data and human presence indicators via the application of Geographic Information Systems. For each forest sector a main function was attributed, while other functions were introduced in an auxiliary manner, since they are all integral parts of a holistic process. At the same time, the productivity of each forest sector was assessed, aiming at the determination of its ability to absorb potential disturbances and to respond to the fulfillment of various functions on a sustainable basis.

The determination of the forest management's aim, led to the determination of the silvicultural objective. The creation of mixed forests of uneven-aged structure is the key in the majority of cases. This can be achieved with a series of temporally distributed silvicultural interventions which, however, are expected to influence the hydrologic circle as well as the biodiversity indicators in both short and long-term. Using the stand's basal area changes as a junction resulting from each implemented silvicultural treatment, the changes of surface flow in mm and the changes of the Shannon Index diversity indicator were quantitatively estimated in each forest sector.

The analysis showed that the forests of South-eastern Olympus do not correspond to the modern requirements of multifunctional forestry. Until now forest management supported by economic criteria aimed at the extraction of biomass, thus creating, in

the majority of cases, even-aged forest stands which are unable to correspond to any function other than timber production. The intense exploitation of stands' capability to produce timber is further unbalanced by the lack of silvicultural interventions. However, this situation is judged as absolutely reversible through silvicultural treatments and the configuration of a suitable stand structure for each case. The combination of various forest functions is possible even if they are in contrary between them, thus serving social needs and creating more stable forest ecosystems against external factors and effects.

Key Words: Multiple forest use, silvicultural interventions, forest function mapping, Geographic Information Systems, black Pine, Olympus.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιστορικά, ο κυρίαρχος στόχος της δασοπονικής διαχείρισης των δασών κατευθύνονταν κυρίως προς την παραγωγή και την εξαγωγή φυσικών δασικών προϊόντων. Η οικονομική αυτή προοπτική του δάσους κυριάρχησε για πολλά χρόνια σε Ελλάδα και Ευρώπη μιας και οι απαιτήσεις σε ξύλο των συνεχώς αναπτυσσόμενων κοινωνιών όλο και αυξάνονταν. Η αλόγιστη όμως απόληψη βιομάζας και η εφαρμογή μη οικολογικών χειρισμών σε πληθώρα των περιπτώσεων, σύντομα θα επηρέαζε την καθημερινή ζωή του σύγχρονου ανθρώπου αναδεικνύοντας προβλήματα που με το πέρασμα του χρόνου γινόταν όλο και περισσότερο αισθητά. Η υποβάθμιση των δασικών οικοσυστημάτων ήρθε σαν φυσικό επακόλουθο που σε συνδυασμό με τη μειωμένη παραγωγική ικανότητα πολλών σταθμών οδήγησε σε αναθεώρηση αρχικά της μονοδιάστατης διαχείρισης και σε αξιολόγηση, στη συνέχεια, των δασικών οικοσυστημάτων με βάση αγαθά και υπηρεσίες, εκτός της παραγωγής ξυλείας (Sakals *et al.* 2006).

Ο πολυλειτουργικός ρόλος των δασικών οικοσυστημάτων έχει αρχίσει σιγά-σιγά να προσελκύει το ενδιαφέρον, μέσα από την κοινωνικοοικονομική προσφορά του και την κάλυψη των αυξημένων αναγκών του σύγχρονου ανθρώπου. Σε πρακτικό επίπεδο, η πλειονότητα των δασών εκπληρώνει πολυλειτουργικό ρόλο και μόνο σε λίγες περιπτώσεις υπάρχει μία μονοδιάστατη εξειδίκευση (Führer 2000), που απαιτεί τελείως διαφοροποιημένη στρατηγική διαχείρισης, όπως είναι για παράδειγμα τα προστατευτικά δάση.

Στον Ευρωπαϊκό χώρο κατά το παρελθόν, εκτός του κυρίαρχου οικονομικού ρόλου των δασών έχει χρησιμοποιηθεί περιορισμένα η προστατευτική ικανότητά τους κυρίως σε ορεινές περιοχές των Άλπεων, ενώ σήμερα ιδιαίτερη έμφαση δίνεται και σε άλλες κοινωνικές λειτουργίες όπως είναι η αναψυχή και η αισθητική (Dieterich 1953, Hanstein 1972, Führer 2000). Σε Μεσογειακό επίπεδο, η προστατευτική ιδιότητα των δασών έχει προ πολλού αναγνωριστεί: από τον 14^ο αιώνα ακόμη, στην Ιταλία αναφέρεται η ύπαρξη προστατευτικών δασών στη διεθνή βιβλιογραφία (Motta and Haudemand 2000, Sakals *et al.* 2006), τον 15^ο – 16^ο αιώνα στην Καταλονία και στη Βενετία δημιουργήθηκαν προστατευτικά δάση αγροτικών καλλιεργειών μέσω των οποίων επιτυγχάνονταν η συγκράτηση εδαφών και ο εμπλουτισμός των υδροφόρων οριζόντων, με την παραγωγή ξυλείας να ακολουθεί σαν δεύτερος στόχος (Croitoru 2000). Στον Ελλαδικό χώρο ο πολυλειτουργικός ρόλος των δασών έχει επισημανθεί και διαχωριστεί από τους Τσιτσώνη και Ζάγκα (1994), καταγράφοντας ιδιαίτερα

χαρακτηριστικά συστάδων, όπως για παράδειγμα τη δομή τους, προτείνοντας σε κάθε περίπτωση κατάλληλο δασοκομικό χειρισμό για την εκπλήρωση των εκάστοτε λειτουργιών.

Οι βασικές λειτουργίες, που στηρίζονται στις ανάγκες του ανθρώπινου πληθυσμού και τα δάση καλούνται να εκπληρώσουν σήμερα, μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες (Führer 2000): α) τις οικονομικές (Economical functions) και β) τις κοινωνικές (Social functions) οι οποίες με τη σειρά τους αποτελούνται από πλήθος άλλων υποκατηγοριών. Ωστόσο, η συνολική οικονομική αξία των δασών (Total Economic Value-TEV), όρος που δημιουργήθηκε με σκοπό να εκφράσει και σε μεγάλο βαθμό να εκτιμήσει το συνολικό όφελος των φυσικών δασικών αποθεμάτων μέσα από τις λειτουργίες και τις υπηρεσίες που αυτά προσφέρουν, είναι δυνατό να εκφραστεί σε δύο επίπεδα (Pearce and Moran 1994, Croitoru 2000): α) Στις αξιοποιήσιμες από τον άνθρωπο αξίες (Use Value) και β) Στις μη αξιοποιήσιμες (Non Use Value). Παράλληλα με αυτόν τον διαχωρισμό γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι ένα ανεξάρτητο δασικό σύμπλεγμα αναμένεται να εκπληρώσει μία από τις προαναφερθείσες λειτουργίες αν και μόνο αν το συνολικό οικοσύστημα είναι ικανό να απορροφά και να αντέχει τις ασκούμενες επιδράσεις και πιέσεις. Υπό αυτόν τον περιορισμό σύμφωνα με τον Führer (2000) θα πρέπει:

- να αναγνωριστούν οι επιμέρους ιδιαίτερες οικολογικές απαιτήσεις του κάθε επιδιωκόμενου σκοπού.
- να προσδιοριστούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (π.χ. δομή και διάρθρωση συστάδων, ποιότητα τόπου) του οικοσυστήματος σε σχέση με τις παραπάνω απαιτήσεις.

Σε περίπτωση που υπάρχει ασυμβίβαστο μεταξύ απαιτήσεων και υπαρχόντων δυνατοτήτων τότε αυτό μπορεί να εξαλειφθεί μέσω δύο οδών: α) Με δασοκομικούς χειρισμούς που στόχο έχουν συγκεκριμένες διορθωτικές επεμβάσεις. β) Με τη ρύθμιση του επιδιωκόμενου σκοπού από το ίδιο το οικοσύστημα. Και οι δύο αυτές μέθοδοι χρησιμοποιούνται στη δασοπονική πράξη αλλά η επιτυχία τους όσο αφορά την εγκαθίδρυση κάποιας λειτουργίας, εξαρτάται από το βαθμό που οι αποφάσεις και οι χειρισμοί βασίζονται σε επιστημονικά τεκμηριωμένες θέσεις και τη δυναμική του οικοσυστήματος. Ζητούμενο όμως σε κάθε περίπτωση είναι η εκπλήρωση της κατάλληλης λειτουργίας του δάσους παράλληλα με τη διατήρηση της ακεραιότητας του οικοσυστήματος (Ecosystem Integrity) (Dorren *et al.* 2004), ιδιαίτερα όταν αυτά παρουσιάζουν χαρακτηριστική ευαισθησία όπως τα οικοσυστήματα των ορεινών περιοχών.

Γενικά, η διαχείριση των δασών που εξαπλώνονται σε ορεινές περιοχές μεγάλου υψομέτρου διαφέρει από τις μεθόδους διαχείρισης που συνήθως εφαρμόζονται,

κυρίως εξαιτίας της διαφορετικής χρονικής ακολουθίας των φυσικών διαδοχών της βλάστησης και της περιορισμένης δυνατότητας πρόσβασης σε αυτά, ενώ παράλληλα είναι πιθανό να δημιουργηθούν μεγάλα προβλήματα αναγέννησης εξαιτίας της μικρής σε διάρκεια βλαστικής περιόδου και του μεγάλου ανταγωνισμού που κυριαρχεί (Kräuchi *et al.* 2000). Όμως, αυτές οι ορεινές δασικές εκτάσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στο υδατικό ισοζύγιο και τον εμπλουτισμό υπογείων υδροφόρων οριζόντων, στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, στη ροή ενέργειας και γενικά στην ομαλή λειτουργία ολόκληρου του οικοσυστήματος (Kräuchi *et al.* 2000) ενώ παράλληλα είναι σε θέση να ελέγξουν ή και να αποτρέψουν φυσικές καταστροφές όπως διαβρώσεις, πλημμύρες, καταπτώσεις βράχων, χιονοστιβάδων κτλ. (Renaud *et al.* 1994, Berger and Rey 2004), προσφέροντας συγχρόνως και ανεπανάληπτες ευκαιρίες αναφυγής. Κλασικό παράδειγμα τέτοιων πολύτιμων δασικών ορεινών οικοσυστημάτων αποτελούν αυτά τα οποία εξαπλώνονται στις πλαγιές του νοτιοανατολικού Ολύμπου, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μέτριες ως ισχυρές κλίσεις, όπου διακρίνονται κυρίως οικοσυστήματα μαύρης Πεύκης (*Pinus nigra* Arn.) συνθέτοντας παράλληλα τα παραγωγικότερα δάση στην περιοχή (Ζάγκας 1994α).

Η μαύρη Πεύκη, είδος που απαντάται σε υψόμετρα που κυμαίνονται από 250μ.-1800μ. (Miron 1967), αποτελεί ιθαγενές είδος για την Ευρώπη (Critchfield *et al.* 1966). Το εύρος εξάπλωσής του εκτείνεται από 5° W γεωγραφικό μήκος στην Ισπανία και το Μαρόκο και καταλήγει σε περίπου 40° E στην ανατολική Τουρκία και από 35° S γεωγραφικό πλάτος στο Μαρόκο και την Κύπρο μέχρι 48° N στην Αυστρία και 45° N στην Κριμαία της Ρωσίας (εικόνα 1.1). Στη Βαλκανική χερσόνησο απαντάται στη Σερβία, δυτική Ρουμανία, Βουλγαρία και Ελλάδα (Critchfield *et al.* 1966). Ο βορειότερος σταθμός της μαύρης Πεύκης, στην κεντρική Ευρώπη, βρέθηκε στα νότια της Βιέννης (Τσακτσίρα 1998). Είναι είδος που αναπτύσσεται σε δροσερά ως κρύα περιβάλλοντα, με τις βόρειες ποικιλίες να αντέχουν θερμοκρασίες μέχρι και -30° C ενώ οι νότιες ανέχονται θερμοκρασίες της τάξης των -7° C. Το είδος αυτό έχει αποδειχθεί ότι διατηρεί τη φωτοσυνθετική του ικανότητα στους -5° C, η αναπνευστική του λειτουργία ανιχνεύεται ακόμη και στους -19° C αντέχοντας παράλληλα αυξημένο βάρος χιονιού στην κόμη του (Freeland 1944). Οι απαιτήσεις του σε κυβικά χιλιοστά κατακρημνισμάτων κυμαίνονται από 610-1020 mm ετησίως (Heit 1958, Miron 1967). Η Ευρωπαϊκή μαύρη Πεύκη αναπτύσσεται σε πολλούς τύπους εδαφών και σε ποικιλία τοπογραφικών διαμορφώσεων. Οι ποικιλίες που φύονται στα Βαλκάνια και την Κριμαία, ή αλλιώς ανατολικές ποικιλίες, φαίνεται να έχουν καλή ανάπτυξη σε φτωχά ασβεστολιθικά εδάφη (Krugman *et al.* 1974), ενώ σε γενικές γραμμές το είδος αυτό απαιτεί βαθειά εδάφη παρόλο που απαντάται και σε φτωχότερα ασβεστούχα, ή και αμμώδη εδάφη. Έτσι, για παράδειγμα σε καλούς σταθμούς στην Ιταλία, Σικελία και Κορσική παρατηρούνται μεγάλοι ρυθμοί αύξησης

και ύψη που φτάνουν τα 40 μέτρα (Miron 1967, Goor and Barney 1976). Είναι είδος ημισκιάφυτο, λιτοδίαιτο που ωριμάζει περίπου στα 80 χρόνια σχηματίζοντας συνήθως πλατιά πυραμιδοειδή κόμη σε νεαρή ηλικία ενώ αργότερα και σε μεγαλύτερη ηλικία η κόμη του αποκτά ομπρελοειδές σχήμα (Αθανασιάδης 1986α). Το ριζικό του σύστημα είναι βαθύ με πολλές πλάγιες προεκτάσεις και για το λόγο αυτό αναπτύσσεται καλύτερα στα βαθειά εδάφη (Fukarek 1958, Pool 1961). Το ύψος του κυμαίνεται από 20-50 μέτρα (Rehder 1940, Wright and Bull 1962). Ο κορμός έχει χρώμα ανοιχτό γκρι προς σκούρο γκρι-καφέ με βαθιές αυλακώσεις κατά μήκος στα ώριμα άτομα. Η επικονίαση γίνεται με τη βοήθεια του ανέμου όπως επίσης και η διασπορά των σπόρων. Ανθίζει κάθε Μάιο παρόλο που πληροκαρπεί κάθε 2-3 χρόνια. Η ωρίμανση των κώνων που συνοδεύεται από αλλαγή του χρώματος σε ανοιχτό καφέ γίνεται το Σεπτέμβριο-Νοέμβριο του δεύτερου χρόνου μετά την επικονίαση (Rehder 1940, Pool 1961, Dallimore and Jackson 1966). Η απελευθέρωση των σπόρων συμβαίνει τον Μάρτιο-Απρίλιο του επόμενου χρόνου (Αθανασιάδης 1986α). Στην Ελλάδα εμφανίζεται στην παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης (*Quercetalia pubescentis*), στη ζώνη δασών οξιάς-Ελάτης (*Faetalia*) και πιο συγκεκριμένα σε ορεινές περιοχές στην Πελοπόννησο, Θεσσαλία, Στερεά Ελλάδα, Μακεδονία, Θράκη, Σάμο, Εύβοια, Λέσβο και Θάσο (Αθανασιάδης 1986α, Skaltsoyiannes *et al.* 2009).



Εικόνα 1.1. Περιοχή εξάπλωσης της μαύρης Πεύκης (Από: Isajev *et al.* 2004).

Η παραγωγικότητά της σε ξύλο ποικίλει, ανάλογα με την ποιότητα του σταθμού. Έτσι, για αμιγείς συστάδες σε καλά εδάφη η μέση ετήσια προσαύξηση κυμαίνεται μεταξύ 8-20 m³/έτος/ha. Σε φυσικές συνθήκες η τιμή αυτή πέφτει στα 6-10 m³/έτος/ha ενώ σε πιο ξηρούς σταθμούς η παραγωγικότητα σε ξύλο μπορεί να πέσει και κάτω από τα 3 m³/έτος/ha (Isajev *et al.* 2004). Η μαύρη Πεύκη αποτελεί οικονομικά ένα σημαντικό είδος για την Ευρώπη και κυρίως για τη νότια, όσο αφορά την παραγωγή ξυλείας εξαιτίας της ευρείας διάδοσής της και των επιμέρους ιδιοτήτων του ξύλου της. Γενικά το ξύλο της είναι σχετικά ανθεκτικό, πλούσιο σε ρητίνη, εύκολα επεξεργάσιμο (Isajev *et al.* 2004). Μοιάζει με αυτό της δασικής Πεύκης (*Pinus silvestris*) αλλά είναι πιο τραχύ, μαλακότερο στην υφή, αντέχει λιγότερη πίεση και παρόλο που χαρακτηρίζεται από σχετικά μεγαλύτερο ποσοστό σομού σε σχέση με το εγκάρδιο χρησιμοποιείται κατά μήκος της Μεσογείου σε ξύλινες κατασκευές, ως καύσιμο και γενικά όπου χρειάζεται ξύλο Πεύκης (Dallimore and Jackson 1966). Εκτός όμως της οικονομικής της σημασίας, η μαύρη Πεύκη, εξαιτίας κυρίως της ιδιότητάς της να αντέχει την ξηρασία και να φύεται με μεγάλη επιτυχία σε περιοχές μικρής παραγωγικότητας, έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν σε αναδάσωσης στις Γαλλικές νότιες Άλπεις που είχαν σκοπό την προστασία από ολισθήσεις γαιών και την αποκατάσταση του εδάφους (Isajev *et al.* 2004), στην Αγγλία και στην Αμερική σε ψυχρές, ημίξηρες ή και παράκτιες αμμώδεις περιοχές για εδαφική σταθεροποίηση και προστασία από ανέμους (Caborn 1965, Isajev *et al.* 2004). Στην Ελλάδα έχει επιτυχώς χρησιμοποιηθεί σε αποκαταστάσεις περιοχών που επλήγησαν από πυρκαγιές (Θανάσης και Ζάγκας 2003). Παράλληλα και με βάση το γεγονός ότι η μαύρη Πεύκη ανέχεται τον παγετό και αντιστέκεται σε ισχυρούς ανέμους έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί για σχεδόν 100 χρόνια προστατευτικά κατά μήκος των δρόμων των ανατολικών μεγάλων πεδιάδων των Ηνωμένων Πολιτειών, όπου το πυκνό φύλλωμα και τα δύσκαμπτα κλαδιά μείωναν την ένταση του ανέμου, εμπόδιζαν τη συσσώρευση χιονιού και το σχηματισμό πάγου (Caborn 1965). Επιπρόσθετα, η χρήση της ως φυτευτικό υλικό σε περιαστικά και βιομηχανικά περιβάλλοντα συνεχώς αυξάνεται εξαιτίας της ταχείας αύξησής της και της πρωτοπλασματικής αντοχής της σε ατμόσφαιρα κορεσμένη σε άλατα (Barrick *et al.* 1979), στη βιομηχανική ρύπανση, σε συνθήκες ξηρασίας και σε καπνό που περιέχει διοξείδιο του θείου (Carput *et al.* 1978). Συμπερασματικά, οι λειτουργίες και ο σκοπός της χρήσης της μαύρης Πεύκης επεκτείνονται και πέρα από την καθαυτού οικονομική προοπτική ανάλογα πάντα με τις ανάγκες της εκάστοτε περιοχής και τις δυνατότητες-ιδιαιτερότητες του σταθμού.

1. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Τα δάση του νοτιοανατολικού Ολύμπου ενδείκνυνται για την εφαρμογή της δασοπονίας πολλαπλών χρήσεων ή σκοπών (Ντάφης 1987, Τσιτσώνη και Ζάγκας 1994) και αποτελούν το αντικείμενο της εργασίας αυτής. Η ανάπτυξη της περιοχής που προήλθε κατά κύριο λόγο από την κατασκευή, επέκταση και εκσυγχρονισμό του οδικού δικτύου συντέλεσε σε μια σειρά μεταβολών κατά τις οποίες άλλαξε η χρήση της γης, έχοντας ως επακόλουθο την επιβάρυνση του ήδη υποβαθμισμένου οικοσυστήματος. Η τουριστική ανάπτυξη παρουσίασε μεγάλη αύξηση όπως και ο αριθμός των εγκαταστάσεων, κυρίως εξοχικών κατοικιών, δεδομένης της υψηλής αισθητικής αξίας της περιοχής. Η αλλαγή αυτή είχε ως έμμεσο αποτέλεσμα την εμφάνιση μιας νέας σειράς υποβαθμιστικών παραγόντων όπως είναι η συμπίεση και η ρύπανση του εδάφους, η διαταραχή του υδατικού ισοζυγίου, η διαταραχή πληθυσμών άγριων ζώων. Επίσης συνετέλεσε στην εμφάνιση μιας σειράς ρίσκων όπως είναι η αύξηση του κινδύνου έναρξης και εξάπλωσης δασικών πυρκαγιών, ο κίνδυνος διάβρωσης και πλημμυρών, η αύξηση πιθανότητας γεωλισθήσεων και καταπτώσεων βράχων που απειλούν με άμεσο τρόπο ανθρώπινες ζωές και περιουσίες. Με δεδομένη αυτή την αλλαγή γίνεται φανερή η ανάγκη μιας νέας στρατηγικής διαχείρισης των δασών της περιοχής έχοντας σαν βάση κάποιο καθορισμένο ρόλο ή σκοπό, καθώς αποτελούν ίσως τον μόνο κατασταλτικό παράγοντα που μπορεί να απορροφήσει τις επερχόμενες διαταραχές, να περιορίσει άμεσα ή έμμεσα φυσικούς κινδύνους, να οδηγήσει σε κάποια οικολογική σταθερότητα προσφέροντας παράλληλα ανεπανάληπτες ευκαιρίες αναψυχής, διατηρώντας κατά τόπους και την κύρια λειτουργία του παρελθόντος που δεν είναι άλλη από την οικονομική-παραγωγική.

Για κάθε περίπτωση υπάρχουν συγκεκριμένα οικολογικά χαρακτηριστικά που ανταποκρίνονται σε κάποιο επιδιωκόμενο σκοπό, βάσει των οποίων θα πρέπει να γίνει η ιεράρχηση, διαφορετικά μπορεί να ακολουθήσει η υποβάθμιση ή και η κατάρρευση ολόκληρου του οικοσυστήματος (Führer 1990). Προκειμένου λοιπόν μια δασική έκταση να αφιερωθεί ολοκληρωτικά σε κάποιο σκοπό ή στην εκπλήρωση περισσότερων της μιας, λειτουργιών, θα πρέπει να αναλυθούν λεπτομερώς αυτά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αφού θα αποτελέσουν τη βάση πάνω στην οποία θα στηριχθεί ξεχωριστά ο επιδιωκόμενος σκοπός έτσι ώστε πρωταρχικά να εκπληρώνεται η αρχή της αειφορίας. Περιπτώσεις αποτυχίας διατήρησης ή ακόμα και αρχικής εκπλήρωσης ενός πολυλειτουργικού ρόλου των δασικών οικοσυστημάτων

έχουν συμβεί στο παρελθόν, αφού αυτά υπέστησαν υπερεκμετάλλευση στην πορεία (Glatzel 1991), κάτι που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής στα ήδη επιβαρυσμένα οικοσυστήματα της χώρας μας. Ο σκοπός της έρευνας αυτής είναι:

1. Η εκτίμηση της χωρικής κατανομής των κυριότερων δασικών λειτουργιών με βάση τη σύγχρονη θεώρηση ενός πολυλειτουργικού δάσους.
2. Ο προσδιορισμός της δομής και της διάρθρωσης των συστάδων μαύρης Πεύκης της περιοχής του νοτιοανατολικού Ολύμπου.
3. Η δημιουργία μοντέλων συστάδων μαύρης Πεύκης που ανταποκρίνονται πληρέστερα στους παραπάνω ρόλους και
4. Η πρόταση τρόπου εφαρμογής των δασοκομικών επεμβάσεων κατά περίπτωση, ώστε να ξεπεραστούν οι ασυμβατότητες μεταξύ οικολογικών δυνατοτήτων και επιδιωκόμενου σκοπού ή λειτουργίας και να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό μοντέλο με βάση πάντα την οικολογική σταθερότητα.

Σε κάθε περίπτωση οι αποφάσεις που οδηγούν σε μία συγκεκριμένη στρατηγική διαχείρισης θα πρέπει να βασίζονται από την αρχή σε πλήρως καθορισμένο στόχο. Μαζί, καθορισμός στόχου και επιλογή μεθόδου επίτευξής του απαιτούν πλήρη γνώση της λειτουργίας και της δυναμικής ολόκληρου του οικοσυστήματος, καθώς και των επιμέρους οικολογικών ιδιαιτεροτήτων του εξαιτίας του γεγονότος ότι κάθε σχέδιο διαχείρισης μπορεί να επιφέρει και τις αντίστοιχες αρνητικές επιπτώσεις εκθέτοντας ευαίσθητες πτυχές του οικοσυστήματος απέναντι σε φυσικές δυνάμεις (Führer 2000).

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η πολυπλοκότητα των αποφάσεων της εφαρμογής των κατάλληλων δασοκομικών χειρισμών στα πλαίσια της πολλαπλής διαχείρισης των δασών, με δεδομένη την ανομοιογένεια των συστάδων και της τοπογραφίας, έχει οδηγήσει σε πληθώρα διαφορετικών προσεγγίσεων και αναλύσεων διεθνώς. Ως εκ τούτου, ο διαχωρισμός των δασικών λειτουργιών έχει βασιστεί σε πολλές περιπτώσεις πάνω σε μαθηματικά μοντέλα ιεράρχησης αποφάσεων, κατανομής βαρών σημαντικότητας (e.g. Saaty 1980), σε εφαρμογές γραμμικού ή συμβιβαστικού προγραμματισμού και σε τεχνικές ανάλυσης στοιχείων χώρου. Το πρόβλημα τείνει να γίνει ακόμη πιο σύνθετο μέσα από την αλλαγή των χρήσεων της γης και των μεταβαλλόμενων ανθρωπίνων αναγκών, αφού οι δασικές λειτουργίες θα πρέπει να εναρμονίζονται συνεχώς με αυτές. Σύμφωνα με τους Καραμανώλη και Bernasconi (1998), οι δασικές λειτουργίες αποτελούν μια αλληλοεπίδραση ανάμεσα στον άνθρωπο και το δάσος. Συνεπώς, οι κύριες λειτουργίες που το δάσος καλείται να εκπληρώσει σήμερα είναι οι παρακάτω (Wullschleger 1982, Γκατζογιάννης 1988, Τσιτσώνη και Ζάγκας 1994, Σμύρης 1996, Pelz *et al.* 2000, Galatsidas 2001, Ζάγκας 2007):

- Η παραγωγή ξυλείας και άλλων δασικών προϊόντων (Παραγωγικά δάση).
- Η προστασία από φυσικούς κινδύνους, καταστροφές και υποβαθμιστικούς παράγοντες (Προστατευτικά δάση).
- Η αισθητική ή η λειτουργία της αναψυχής (Δάση αναψυχής).
- Η υδρονομική λειτουργία.
- Η λειτουργία της διατήρησης της βιοποικιλότητας.

Μαζί με αυτές τις κύριες κατηγορίες οι οποίες εμφανίζονται στην πλειοψηφία των δημοσιευμένων εργασιών που ασχολούνται με παρόμοια ζητήματα συχνά εισέρχονται και άλλες λειτουργίες που έχουν όμως περιορισμένη εφαρμογή και απευθύνονται σε συγκεκριμένες περιοχές. Τέτοιες λειτουργίες είναι η παραγωγή ποιοτικού πόσιμου νερού, η δέσμευση μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), η αντιανεμική προστασία και η προστασία από τους θορύβους (Ζάγκας και Χατζηστάθης 1995).

2.1 Προστατευτικά δάση

Ο προστατευτικός ρόλος των δασών που φύονται σε ορεινά οικοσυστήματα έχει αναλυθεί από πολλούς συγγραφείς διεθνώς. Ο Hamilton (1992) αναγνωρίζει την προστατευτική συμβολή των δασών απέναντι σε φυσικούς κινδύνους όπως είναι οι χιονοστιβάδες, οι καταπτώσεις βράχων, οι γεωλισθήσεις και οι διαβρώσεις των εδαφών. Οι Renaud *et al.* (1994) υποστηρίζουν ότι τα δάση είναι σε θέση να ελέγξουν ολοκληρωτικά ή μερικά ορισμένους κινδύνους, όπως αυτοί που αναφέρονται παραπάνω. Οι Motta and Haudemand (2000) επισημαίνουν ότι όλα τα δάση επιφορτίζονται με κάποιο γενικό προστατευτικό ρόλο, αλλά υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των προστατευτικών λειτουργιών. Ο γενικότερος προστατευτικός ρόλος μερικών δασών γίνεται περισσότερο συγκεκριμένος όταν συνδέεται με λειτουργίες όπως είναι η συντήρηση των εδαφών, η διαχείριση των λεκανών απορροής και η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Άλλα δάση έχουν προστατευτική δράση που επικεντρώνεται στον περιορισμό ή την αντιμετώπιση φυσικών κινδύνων που απειλούν πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας, όπως για παράδειγμα τις εγκαταστάσεις διαφόρων τύπων (κτήρια, οδικά δίκτυα, υποδομές ηλεκτρισμού, οικισμοί). Τα τελευταία δάση θεωρείται ότι ασκούν άμεση προστατευτική λειτουργία (Schönenberger 1998, Motta and Haudemand 2000). Κάτω από την πίεση που δημιουργείται στα ορεινά οικοσυστήματα εξαιτίας της αύξησης της τουριστικής δραστηριότητας και της αυξανόμενης οικιστικής ανάπτυξης, οι Krauchi *et al.* (2000) αναγνωρίζουν τη λειτουργία της προστασίας ως την πλέον σημαντική ανάμεσα σε όλες τις λειτουργίες που το δάσος είναι σε θέση να προσφέρει σήμερα. Την ίδια άποψη εκφράζουν και οι Motta and Haudemand (2000).

Ένας πλήρης ορισμός των προστατευτικών δασών έχει δοθεί από τους Zampra *et al.* (2004) προκειμένου να χαρτογραφήσουν και στη συνέχεια να κατατάξουν δασικές εκτάσεις που επιφορτίζονται με τέτοιο ρόλο. Σύμφωνα με αυτή την πηγή, ως προστατευτικό δάσος ορίζεται αυτό που εντοπίζεται σε τέτοια κλίση όπου υπάρχει κίνδυνος για ανθρώπινες δραστηριότητες και εγκαταστάσεις μεγάλης αξίας, εξαιτίας της ύπαρξης κινδύνου χιονοστιβάδων, διάβρωσης, καταπτώσεων βράχων και γεωλισθήσεων.

Οι φυσικοί κίνδυνοι τους οποίους το δάσος μπορεί άμεσα ή έμμεσα να περιορίσει είναι:

- Η διάβρωση των δασικών εδαφών.

Το φαινόμενο της διάβρωσης είναι ένα πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίζουν όλες οι χώρες της μεσογείου, ενώ οι επιπτώσεις του είναι σε θέση να οδηγήσουν σε απευθείας μείωση της παραγωγικότητας του εδάφους και σε σημαντική υποβάθμιση

της δυναμικής και των λειτουργιών ενός οικοσυστήματος (van Beek *et al.* 2008). Αυτή έχει συνδεθεί στενά με το φαινόμενο της ερημοποίησης και την αλλαγή των χρήσεων της γης που παρατηρείται στις Μεσογειακές χώρες (Coutinho and Antunes 2006). Χαρακτηρίζεται ως το βασικότερο πρόβλημα των εδαφών της χώρας μας (Zagas 1998, Tsitsoni 2001). Σύμφωνα με τον Van Lynden (1994), με δεδομένο τον αργό ρυθμό εδαφογένεσης έχει υπολογιστεί πως διάβρωση με ρυθμό μεγαλύτερο του $1 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ μπορεί να οδηγήσει σε μη αντιστρεπτές μεταβολές μέσα σε χρονικό διάστημα από 50 ως 100 χρόνια. Ένα δάσος με κανονική συγκόμωση το οποίο φύτευται σε μια ορεινή περιοχή έχει αποδειχθεί ως το καλύτερο μέσο προστασίας από τον κίνδυνο διάβρωσης (Hamilton 1992). Η προστατευτική παρεμβολή της βλάστησης αμβλύνει τη διαβρωτική επίδραση της βροχής επί του γεωλογικού υποθέματος (Στεφανίδης 2005). Μετρήσεις ρυθμού ετήσιας διάβρωσης που πραγματοποιήθηκαν σε δασικές εκτάσεις αναφέρουν τιμές μικρότερες του $1 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ (e.g. UNESCO/UNEP/FAO 1978, Hurni 1988), επιβεβαιώνοντας την αντιδιαβρωτική προστασία που παρέχει το δάσος.

➤ Καταπτώσεις βράχων.

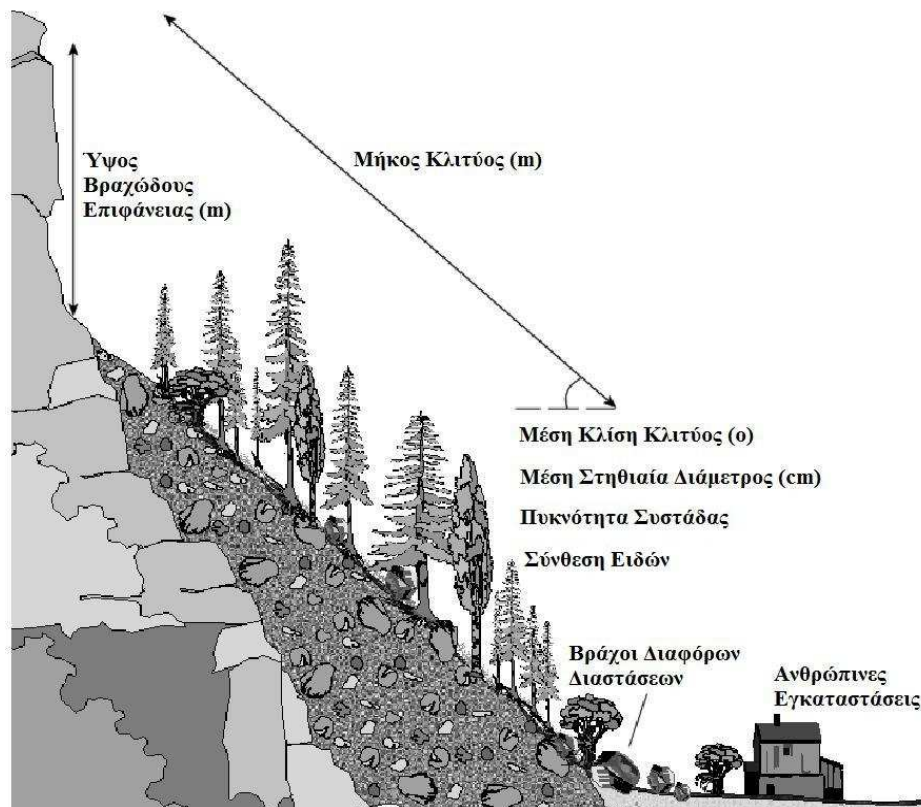
Οι καταπτώσεις βράχων είναι ένα φαινόμενο στο οποίο, κατά το παρελθόν, δεν είχε δοθεί μεγάλη σημασία, γεγονός όμως που έχει αλλάξει σήμερα (Stokes *et al.* 2005). Συμπεριλαμβάνει όχι μόνο την πτωτική κίνηση διαφόρων διαστάσεων βράχων που απειλεί άμεσα την ανθρώπινη παρουσία, αλλά και τη δυσκολία της κατασκευής προστατευτικών έργων που απαιτούνται, το μεγάλο κόστος εγκατάστασής τους καθώς και το κόστος συντήρησής τους, ώστε να περιοριστεί επαρκώς το φαινόμενο αυτό (Dorren 2003). Η ορμή της σχετικά μικρής μάζας που συνήθως εμπλέκεται κατά την περίπτωση κατάπτωσης μεμονωμένων βράχων ($<5 \text{ m}^3$, Berger *et al.* 2002), δύναται να απορροφηθεί από ένα δασικό σύμπλεγμα (Leibundgut 1986, Γούλας 1994, Lafortune *et al.* 1997, Héту and Gray 2000), ενώ σε δασωμένες πλαγιές τόσο τα ζωντανά όσο και τα νεκρά δέντρα είναι ικανά να σταματήσουν βραχώδεις όγκους υπό πτώση (Cattiau *et al.* 1995). Επιπλέον, χαρακτηρίζεται ως λύση οικολογικά συμβατή διατηρώντας το κόστος εγκατάστασης σε πολύ χαμηλά επίπεδα (Counreur 1982). Λαμβάνοντας όλα τα παραπάνω υπόψη, πολλοί δασοκόμοι έχουν επιχειρήσει να εκμεταλλευτούν την ιδιότητα αυτή των δασών, δίνοντας την κατάλληλη δομή σε αυτά. Αυτό γίνεται εφικτό μέσα από τη διαμόρφωση συστάδων με τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται παρακάτω (Chauvin *et al.* 1994, Wasser and Frehner 1996, Frehner *et al.* 2005, Stoffel *et al.* 2006):

- Με επιθυμητή πυκνότητα δέντρων ανά εκτάριο.
- Με ιδανική χωρική κατανομή δέντρων.
- Με κατάλληλη σύνθεση ειδών.

-Με υψηλή ζωτικότητα μέσω της εφαρμογής δασοκομικών χειρισμών και καλλιεργητικών μέτρων.

-Με κατάλληλη κατανομή διαμέτρων και κυκλικής επιφάνειας.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται διάφορες μέθοδοι εκτίμησης του κινδύνου εξαιτίας της κατάπτωσης βράχων. Η πλέον εύχρηστη είναι αυτή που περιγράφεται από τους Berger and Dorren (2006) και έχει ενσωματωθεί στο λογισμικό RockFor^{NET}, η οποία συνδυάζει απλή εκτίμηση παραμέτρων πεδίου και παρατηρήσεις αποτελεσμάτων από 350 ελεγχόμενες ρίψεις βράχων σε περιοχή των Γαλλικών Άλπεων. Έχει δημιουργηθεί με σκοπό τη γρήγορη και εύκολη αξιολόγηση του επιπέδου της προστασίας που προσφέρει μια συστάδα απέναντι στις καταπτώσεις βράχων. Το γενικό μοντέλο που χρησιμοποιείται παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (2.1).



Εικόνα 2.1 Σχήμα τοπογραφικής απεικόνισης προστατευτικού δάσους που χρησιμοποιείται από το λογισμικό RockFor^{NET} (Από: Berger and Dorren 2006).

➤ Χιονοστιβάδες

Το δάσος περιορίζει τον κίνδυνο ενεργοποίησης μιας χιονοστιβάδας. Για το λόγο αυτό τα προστατευτικά δάση αυτής της κατηγορίας εντοπίζονται σε πιθανές ζώνες

από τις οποίες ξεκινούν οι χιονοστιβάδες, δηλαδή σε περιοχές όπου συνδυάζεται η ύπαρξη μεγάλης ποσότητας χιονιού και απότομης κλίσης (Brändli and Herold 2001). Η προστατευτική τους δράση βασίζεται στην αναχαίτιση της χιονολίσθησης και στην παρεμπόδιση της συσσώρευσης μεγάλης μάζας χιονιού (Sakals *et al.* 2006).

Η αναγνώριση τέτοιων δασών δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες αφού μπορεί να γίνει μέσω της χαρτογράφησης δασωμένων περιοχών όπου συνδυάζεται το μεγάλο υψόμετρο (>1200 μέτρων) και το διάστημα των κλίσεων από 28° ως 50°. Κλίσεις μεγαλύτερες των 50° δεν επιτρέπουν τη συσσώρευση χιονιού και συνεπώς δεν θεωρούνται επικίνδυνες (Brändli and Herold 2001). Ο Berger (1996) αναγνωρίζει ως ανώτερο όριο της κλίσης τις 55° ενώ επιπλέον χρησιμοποιεί ως ελάχιστη έκταση μιας πιθανής ζώνης έναρξης χιονοστιβάδας τα 500 m². Για την αντιμετώπιση της επίδρασης του χιονιού, προτείνεται το κατά ομάδες βαθμιδωτό κηπευτό δάσος ώστε να προστατευθούν τα ευαίσθητα άτομα μικρής κλάσης διαμέτρου από τις ομάδες των ατόμων μεγάλης κλάσης διαμέτρου (Mayer 1976, Σμύρης και Ντάφης 1983).

➤ Γεωλισθήσεις

Πρόκειται για κινήσεις γεωμαζών που ακολουθούν τη διεύθυνση της μέγιστης κλίσης (Karagiannis and Stefanidis 1994, Στεφανίδης και Γούλας 1996). Η ξυλώδης βλάστηση και κυρίως το δάσος, είναι σε θέση να εμποδίσουν την εμφάνιση γεωλισθήσεων μικρής έκτασης, εξαιτίας των παρακάτω δύο ιδιοτήτων (Stokes *et al.* 2008):

- Μεταβάλλοντας την εδαφική υγρασία μέσω της εξατμισιοδιαπνοής.
- Στηρίζοντας το εδαφικό στρώμα με το ριζικό σύστημα. Σε αβαθή κυρίως εδάφη το ριζικό σύστημα των δέντρων μπορεί να διεισδύσει σε ολόκληρο το εδαφικό στρώμα και να δημιουργήσει υποστρώματα μικρότερων διαστάσεων και περισσότερο σταθερά, αγκιστρώνοντάς τα μεταξύ τους (Wu *et al.* 1979).

Επιπρόσθετα, η κόμη των δέντρων απορροφά την ενέργεια της βροχής ενώ μεγάλο ποσοστό του νερού αυτού εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα (Hewlett 1982). Αυτή η διαδικασία μειώνει την ποσότητα του νερού που μπορεί να οδηγήσει στην επιφανειακή διάβρωση και στην εμφάνιση γεωλισθήσεων.

Εδάφη που απειλούνται από γεωλισθήσεις, σε συνάρτηση με το γεωλογικό υπόθεμα, είναι αυτά που εντοπίζονται σε κλίσεις από 23° έως 37° (Brändli and Herold 2001), και ως εκ τούτου δάση που φύονται σε τέτοιες κλίσεις παρουσιάζουν αυξημένη προστατευτική δράση.

➤ Πλημμύρες και χείμαρροι φερτών υλικών

Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους το δάσος μειώνει τέτοιου είδους κινδύνους (Sakals *et al.* 2006):

- Μέσω της συντήρησης του εδαφικού οργανικού και ανόργανου υλικού. Η περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό ενισχύει τη διαπερατότητα ανάμεσα στα διάφορα εδαφικά στρώματα.
- Μέσω της φυσικής δομής του, η οποία αντιστέκεται στη μεταφορά φερτών υλικών και κατά συνέπεια την περιορίζει.

Σε μία δασωμένη έκταση το ποσοστό των κατακρημνισμάτων που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους απορροφάται στιγμιαία (Sakals *et al.* 2006), ενώ το ριζικό σύστημα των δέντρων δημιουργεί υπόγειο δίκτυο ροής με βάση το οποίο γίνεται διοχέτευση του νερού και εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα (Noguchi *et al.* 2001).

Σε γενικές γραμμές η ύπαρξη του δάσους αναγκάζει τα νερά να απορρέουν αργά και διαμέσου του εδάφους, με αποτέλεσμα να μειώνεται η παρασυρτική τους δύναμη και να περιορίζονται ή να εξαφανίζονται τα χειμαρικά φαινόμενα (Στεφανίδης 2005). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το δάσος αδυνατεί να επηρεάσει εντατικά χειμαρικά φαινόμενα όπως είναι η φαραγγωτή, η χαραδρωτική και η πραινική διάβρωση, οι βαθιές γεωλισθήσεις και οι γεωκατακρμνήσεις καθώς και οι έντονες αποσαθρώσεις (Κωτούλας 2001α, Στεφανίδης 2005).

Η χαρτογράφηση δασικών εκτάσεων με προστατευτικό ρόλο είναι μια διαδικασία που παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες και δυσκολίες, με αποτέλεσμα την παρουσία σχετικά περιορισμένων εργασιών που ασχολούνται με αυτό το θέμα. Το γενικό μοντέλο του προστατευτικού δάσους παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (2.2):



Εικόνα 2.2 Τυπική μορφή προστατευτικού δάσους (Από: Zampra *et al.* 2004).

2.2 Δάση αναψυχής

Κατά το σχεδιασμό της διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων παγκοσμίως δίνεται όλο και περισσότερη βαρύτητα στην αισθητική αξία τους και τις ευκαιρίες αναψυχής που άμεσα προσφέρουν. Για τη δασοπονία, ο όρος γενική αναψυχή συμπεριλαμβάνει μια σειρά από δραστηριότητες που συμβαίνουν στο δασικό χώρο όπως είναι η ορειβασία, ο απλός περίπατος, η άσκηση διαφόρων υπαίθριων αθλημάτων, η παραμονή και η προστασία των ανθρώπων από τους θορύβους και τις ακραίες κλιματικές συνθήκες, η αισθητική απόλαυση, η μελέτη και η παρατήρηση διαφόρων φυτών και ζώων (Γκατζογιάννης 1987). Κατά τους Clark and Stankey (1979), η ευκαιρία αναψυχής που προσφέρει μια έκταση είναι ένας συνδυασμός φυσικών, βιολογικών, κοινωνικών και τεχνικών χαρακτηριστικών τα οποία προσδίδουν αξία σε ένα μέρος. Μια τέτοια έκταση συμπεριλαμβάνει φυσικές αξίες (βλάστηση, τοπογραφία, τοπίο) που συνδέονται με την αναψυχή και χαρακτηριστικά που τροποποιούνται μέσω της διαχείρισης (ανάπτυξη, οδικό δίκτυο, κανονισμοί λειτουργίας).

Σε ένα γενικό πλαίσιο, η αξία της αναψυχής των δασών εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες (Brown *et al.* 1990):

- Από τη θέση του δάσους στο χώρο.
- Από τα χαρακτηριστικά του δάσους καθώς και της περιβάλλουσας περιοχής συμπεριλαμβανομένης της αισθητικής αξίας του τοπίου και των κοινωνικών συνθηκών που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή.

Επιπλέον, σύμφωνα με τους Pukkala *et al.* (1995), τα δασικά τμήματα που προσφέρονται για αναψυχή θα πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμα από οδικές και σιδηροδρομικές γραμμές ή ακόμα και από διαδρομές δια μέσου του νερού.

Για την αξιολόγηση και τη χαρτογράφηση περιοχών κατάλληλων για αναψυχή έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα όπως είναι το Recreation Opportunity Spectrum (Driver *et al.* 1987) και το Recreation Resource Inventory Model (Anderson *et al.* 1992). Και τα δύο αυτά συστήματα σχεδιάστηκαν ώστε να συγκρίνουν πιθανά επίπεδα αναψυχής που προφέρουν διαφορετικές δασικές εκτάσεις (Pukkala *et al.* 1995). Μία άλλη μέθοδος η οποία συμπεριλαμβάνει χωρική ανάλυση για τον προσδιορισμό κατάλληλων εκτάσεων για αναψυχή είναι αυτή που παρουσιάστηκε από τους Duffield and Coppock (1975) όπου γίνεται συνδυασμός φυσικών χαρακτηριστικών, πολιτιστικών στοιχείων, δεδομένων προσβασιμότητας και εκτιμήσεων των πιθανών πιέσεων που θα προκύψουν. Με την ανάπτυξη των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) δόθηκε νέα διάσταση στη χαρτογράφηση περιοχών που προσφέρονται για αναψυχή. Οι Levinsohn *et al.* (1987)

ανέπτυξαν μια μεθοδολογία κατά την οποία γίνεται χρήση ΓΣΠ για την αξιολόγηση της καταλληλότητας περιοχών αναψυχής. Η προσέγγισή τους βασίστηκε στα παρακάτω στάδια:

1. Στην ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών που θα αξιολογηθούν.
2. Στην επιλογή των βιοφυσικών παραγόντων μέσα από ερευνητική διαδικασία.
3. Στην αξιολόγηση της βαρύτητας των παραπάνω παραγόντων.
4. Στην ανάπτυξη κατηγοριών χαρτογράφησης για την περιοχή έρευνας.
5. Στην αξιολόγηση των δεικτών καταλληλότητας που υπολογίστηκαν για την περιοχή έρευνας όσον αφορά τη συγκεκριμένη χρήση.
6. Στην επερχόμενη μεταβολή που συνεπάγεται η αλλαγή της χρήσης της γης.
7. Στις επιπτώσεις αυτής της χρήσης σε σχέση με τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας.
8. Στο συνδυασμό όλων των παραπάνω επιπέδων.

Άλλες προσεγγίσεις επί του θέματος χρησιμοποιούν την παράμετρο της οπτικής ποιότητας μιας περιοχής ως κύρια για την εγκατάσταση κάποιας συγκεκριμένης λειτουργίας αναψυχής (Miller *et al.* 1992). Η μεθοδολογία που χρησιμοποιεί ο Kliskey (2000) αποτελείται από 4 στάδια:

1. Αναγνώριση μεταβλητών καταλληλότητας για τη λειτουργία της αναψυχής.
2. Ανάπτυξη ενός μοντέλου βασιζόμενου σε χωρικά κριτήρια που αποδίδονται σε κάθε μία από τις παραπάνω μεταβλητές.
3. Εκτίμηση βαρύτητας για την κάθε μεταβλητή.
4. Επικάλυψη των επιπέδων και χαρτογράφηση της καταλληλότητας με τη χρήση ΓΣΠ.

Ο Γκατζογιάννης (1987) συνόψισε τις εργασίες των Kiemstedt (1967), Scamoni and Hofman (1969), Ruppert (1971), Gundermann (1972), Steffens and Paul (1974), Schwarz and Zundel (1976) και Bents (1974) έχοντας ως κοινή βάση την εκτίμηση της ωφέλειας της αναψυχής μέσα από τα παρακάτω τέσσερα βήματα:

- ❖ Καθορισμός των παραγόντων. Συγκεκριμένα από το είδος, τη δομή, τη διάρθρωση της βλάστησης και τη γεωμορφολογία από τις οποίες εξαρτάται η ποιότητα της αναψυχής.
- ❖ Ποιοτική αξιολόγηση των παραπάνω παραγόντων σύμφωνα με την καταλληλότητά τους για τους σκοπούς της αναψυχής.
- ❖ Εκτίμηση της βαρύτητας των παραγόντων ανάλογα με τη σημασία που έχει ο καθένας για την αναψυχή.

- ❖ Σύνθεση των αποτελεσμάτων της ποιοτικής αξιολόγησης και της εκτίμησης της σχετικής σημασίας των παραγόντων.

Η διαχείριση των δασικών εκτάσεων για αναψυχή απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό ώστε να επιτευχθεί ισορροπία ανάμεσα στην αύξηση των ευκαιριών αναψυχής και την παράλληλη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Για το λόγο αυτό κατά τη διάρκεια ενός τέτοιου σχεδιασμού απαιτείται σωστή εκτίμηση πιθανών υποβαθμιστικών επιπτώσεων (Hunt *et al.* 2007).

Ο Cole (1993) αναγνώρισε τέσσερα βασικά στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος στα οποία η αναψυχή μπορεί να έχει άμεσες επιπτώσεις: Στη βλάστηση, στο έδαφος, στην άγρια ζωή και στην ποιότητα του νερού. Κατά τον ίδιο συγγραφέα, τα χαρακτηριστικά της αναψυχής που καθορίζουν τις επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι τα παρακάτω: Η ένταση της λειτουργίας της αναψυχής, ο τύπος της δραστηριότητας της αναψυχής, η συμπεριφορά των επισκεπτών, η χωρική κατανομή της χρήσης, η πρόσκαιρη κατανομή της χρήσης, ο βαθμός ευαισθησίας του εδάφους, της βλάστησης, των ζώων και του νερού σε συνδυασμό με την τοπογραφία.

Προκειμένου μια δασική έκταση να εκπληρώνει επιτυχώς τη λειτουργία της αναψυχής είναι επιβεβλημένη η κατάλληλη διαμόρφωση του τοπίου, κάτι που είναι δυνατό να επιτευχθεί μέσα από προτεραιότητες δασοκομικών χειρισμών που θα συμβάλλουν αποτελεσματικά στους παρακάτω τομείς (Τσιτσώνη κ.α. 2006):

1. Ρύθμιση της μείξης των συστάδων.
2. Διαμόρφωση της επιθυμητής δομής των συστάδων.
3. Διαμόρφωση των κρασπέδων.
4. Διατήρηση των διακένων.
5. Ανάδειξη εντυπωσιακών στοιχείων αισθητικής του τοπίου.
6. Συμβολή στη διαμόρφωση εντυπωσιακών τύπων τοπίου (εστιακού, πανοραμικού, στεγασμένου, περικλειόμενου).

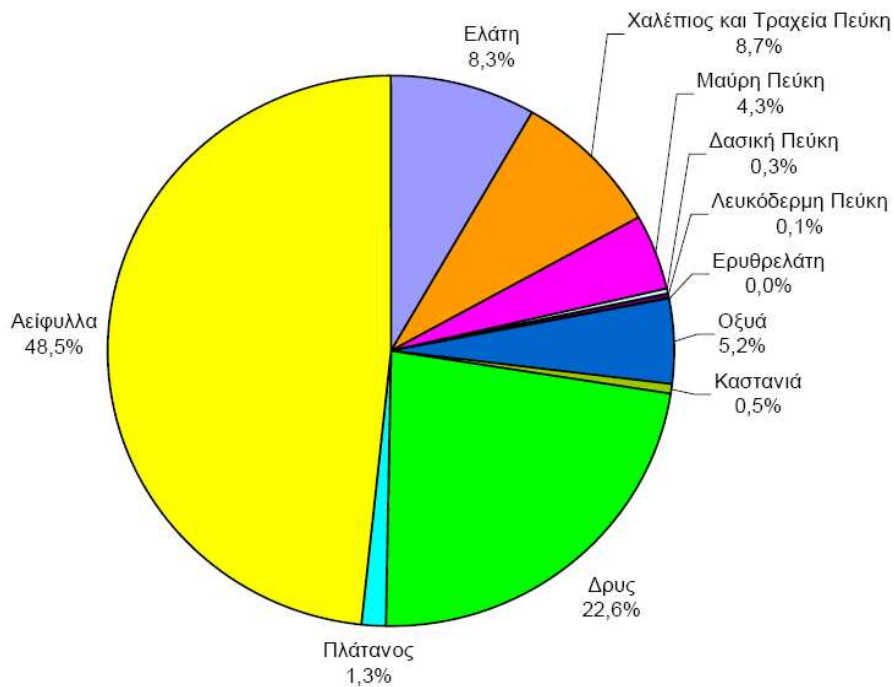
Σύμφωνα με την ίδια πηγή, σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του δασικού τοπίου κατέχει ο σχεδιασμός για την κατάλληλη τεχνητή ίδρυση δασών αναψυχής τα οποία σε πολλές περιπτώσεις καλύπτουν τις ανάγκες δασικής αναψυχής στην Ελλάδα και διεθνώς.

2.3 Παραγωγικά δάση

Σύμφωνα με τον Ντάφη (1986), οι κοινωνικές ανάγκες, οι οποίες μπορούν να ικανοποιηθούν από τις λειτουργίες του δάσους είναι πολλές, ενώ προτεραιότητα ως τώρα έχει δοθεί στην κάλυψη των αναγκών σε ξύλο διαφόρων χρήσεων, δηλαδή οικοδομικό, βιομηχανικό, επιπλοποιίας, ναυπηγικής και καυσόξυλο. Η απόληψη ξύλου από το δάσος δεν αποτελεί καταστροφή με την προϋπόθεση ότι αυτό γίνεται σύμφωνα με τους κανόνες της δασολογικής επιστήμης και της αειφορικής διαχείρισης (Ντάφης 2002). Κάθε φορά υλοτομούνται εκείνα τα δέντρα τα οποία εξυπηρετούν την ανανέωση του δάσους, την καλλιέργεια του οικοσυστήματος και τη διαμόρφωση της δομής του, ενώ αποκομίζεται ξύλο όση είναι και η ετήσια παραγωγή του συστήματος (Ντάφης 2002). Σε Ευρωπαϊκή βάση, το κύριο έσοδο από τις περισσότερες δασικές εκμεταλλεύσεις προέρχεται από την παραγωγή ξυλείας. Η πρωτογενής βιομηχανία ξύλου προσφέρει πιστή ξυλεία, πλάκες με βάση το ξύλο, χαρτοπολτό, καυσόξυλα, καθώς και φλοιό για βιοενέργεια, σε αυτήν μάλιστα απασχολούνται άνω των 2 εκατ. ατόμων και συχνά πρόκειται για μικρομεσαίες επιχειρήσεις στην ύπαιθρο, με κύκλο εργασιών 300 δισεκατομμύρια ευρώ (€). Η οικονομική σημασία του τομέα στην ύπαιθρο είναι πολύ μεγάλη, διότι τα δάση αειφορικής διαχείρισης αποτελούν τη ραχοκοκαλιά της τροφοδοσίας της πρωτογενούς βιομηχανίας ξύλου (Green Paper 2010). Ωστόσο, η διαχείριση των δασών αποκλειστικά και μόνο για την παραγωγή ξυλείας έχει αλλάξει, κυρίως κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, εξαιτίας της κοινωνικής πίεσης και των ασκούμενων πολιτικών κυρίως προς εναλλακτικές δασικές λειτουργίες.

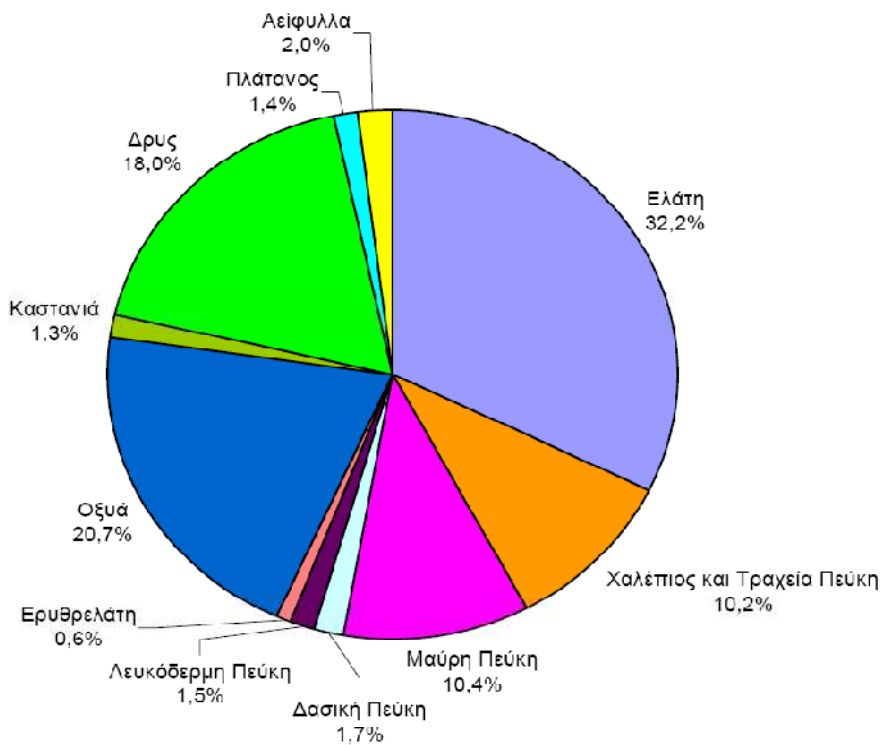
2.3.1 Η υπάρχουσα κατάσταση στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Εθνικής Απογραφής Δασών (1992) το 50% περίπου της έκτασης της Ελλάδας καταλαμβάνεται από δάση. Εξ αυτών το 25% περίπου χαρακτηρίζονται ως εμπορικά (commercial forests) ή δάση που είναι ικανά να παράγουν ξύλο με ρυθμό μεγαλύτερο ή και ίσο $1\text{m}^3/\text{ha}/\text{year}$, ενώ το 24% καταλαμβάνεται από μη εμπορικά δάση (βοσκότοποι, δάση παραγωγής ξύλου θέρμανσης και δάση συντήρησης εδαφών) (Kassioumis *et al.* 1999, Meliadis *et al.* 2009). Ο εκτιμώμενος όγκος ξυλείας των βιομηχανικών δασών ανέρχεται περίπου στα $138.107.132\text{ m}^3$ ή στα $41,11\text{ m}^3/\text{ha}$. Από αυτά το 60% ανήκει σε δέντρα με στηθαία διάμετρο μεγαλύτερη των 30cm. Η μέση ετήσια προσαύξηση σε όγκο είναι $1,34\text{ m}^3/\text{ha}$ για τα είδη των κωνοφόρων και $0,98\text{ m}^3/\text{ha}$ για τα πλατύφυλλα είδη, με μεγάλη διακύμανση ανάμεσα στα διάφορα είδη που κυμαίνεται μεταξύ των $0,47\text{ m}^3/\text{ha}$ για είδη δρυός και $10,35\text{ m}^3/\text{ha}$ για την ερυθρελάτη (Galatsidas 2001).



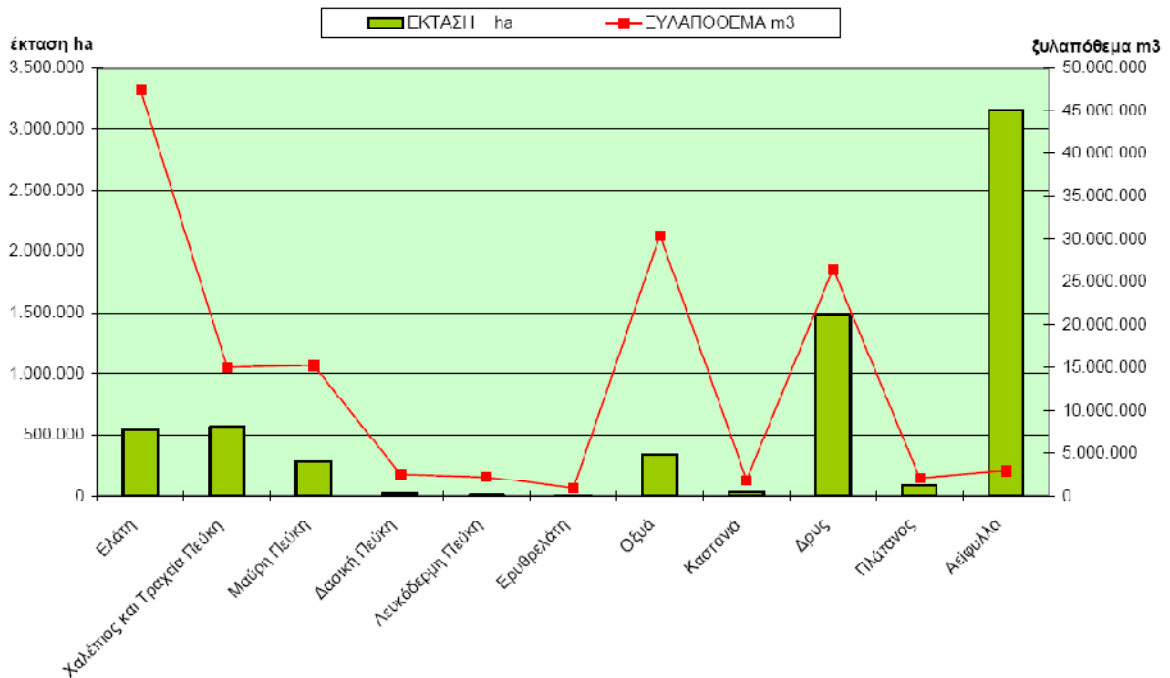
Εικόνα 2.3 Κατανομή έκτασης δασικών τύπων της Ελλάδας

(Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος, 1992)



Εικόνα 2.4 Κατανομή ξυλαποθέματος δασικών τύπων στην Ελλάδα

(Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος, 1992)



Εικόνα 2.5 Σύγκριση ξυλαποθέματος προς έκταση για τους δασικούς τύπους της Ελλάδας

(Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος, 1992)

Κρίσιμο πρόβλημα των Ελληνικών δασών αποτελεί η χαμηλή ετήσια προσαύξηση και το χαμηλό ξυλαπόθεμα. Το 46,6% των δασών με παραγωγικό χαρακτήρα χαρακτηρίζονται από κυκλική επιφάνεια μικρότερη των 10 m²/ha, ενώ μόνο το 28,5% χαρακτηρίζονται από κυκλική επιφάνεια μεγαλύτερη των 30 m²/ha (Kassioumis *et al.* 2009).

Σε ότι αφορά το είδος της μαύρης Πεύκης, παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλη οικονομική σημασία καθώς σχηματίζει εκτεταμένα παραγωγικά δάση σε πολλές περιοχές της Ελλάδας (Γκανάτσας 2010). Από ότι γίνεται φανερό και στα παραπάνω διαγράμματα, τα δάση της μαύρης Πεύκης καταλαμβάνουν το 4,33% του συνόλου των δασικών εκτάσεων της Ελλάδας και το 10,4% του συνολικού ξυλαποθέματος της χώρας. Σύμφωνα με τον ίδιο συγγραφέα το ξύλο αυτού του είδους είναι καλής ποιότητας με ευρεία χρήση στην οικοδομική, στην κιβωτοποιία, στην κατασκευή σιδηροδρομικών στρωτήρων, εμποτιζόμενο για στύλους και βιομηχανικό. Ως εκ τούτου, η διαχείρισή του αποκτά ιδιαίτερη σημασία σε συνδυασμό με το γεγονός της χαμηλής, κατά μέσο όρο, ετήσιας προσαύξησης που χαρακτηρίζει τα Ελληνικά δάση. Παρόλο που η διαχείρισή του βασίζεται σε αειφορικούς κανόνες με την προώθηση της φυσικής αναγέννησης και την προτίμηση υποκηπευτών μορφών δομής παρά ομήλικων, τα δάση μαύρης Πεύκης έχουν υποβαθμιστεί με την πάροδο των ετών σε πολλά τμήματα της Ελλάδας κυρίως από τη δράση καταστροφικών πυρκαγιών, την υπερβόσκηση και τις λαθροϋλοτομίες.

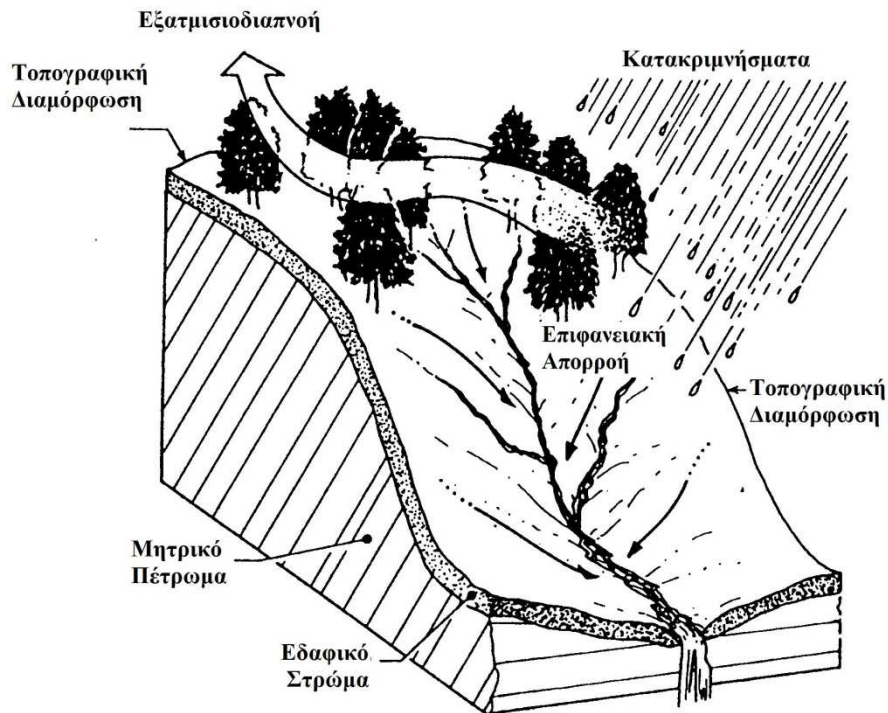
2.4 Δάση ρύθμισης της υδρονομικής λειτουργίας

Το δάσος ασκεί σημαντική υδρονομική επίδραση, αρνητική ή θετική (Ντάφης 2002, 2010). Η κομοστέγη του δάσους ανάλογα με ορισμένα χαρακτηριστικά όπως είναι το δασοπονικό είδος, η πυκνότητα του δάσους, η εποχή του έτους, η ένταση και η διάρκεια της βροχής συγκρατεί ένα μέρος του νερού της βροχής το οποίο δε φτάνει ποτέ στο έδαφος, αλλά εξατμίζεται από την κομοστέγη στην ατμόσφαιρα. Κατά μέσο όρο το ποσοστό της υδατοσυγκράτησης ανέρχεται σε 10-20% για τα φυλλοβόλα είδη και σε 30-40% για τα αείφυλλα κωνοφόρα (Κωτούλας 1995). Από το νερό που φθάνει στο έδαφος, ένα μέρος (1-5%) ρέει επιφανειακά, ενώ το μεγαλύτερο μέρος διηθείται, χάρη στο μεγάλο πορώδες του δασικού εδάφους. Από το νερό που ταμιεύεται στο δασικό έδαφος, ένα μέρος εξατμίζεται ή καταναλώνεται από τα φυτά της υποβλάστησης (περίπου το 10%), ένα μέρος απορρέει πλάγια μέσα στο έδαφος ως διαπεραστική απορροή (περίπου το 10%), ένα άλλο μέρος καταναλώνεται από τη δασική βλάστηση (περίπου το 30%) και ένα σημαντικό μέρος (15-30%) διηθείται και εμπλουτίζει τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα (Στεφανίδης 2005).

Σε γενικές γραμμές, τα δάση παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα και την ποσότητα του νερού των υπέργειων και υπόγειων συστημάτων. Το πλέον ποιοτικό νερό προέρχεται από τα δασικά οικοσυστήματα (Nearby *et al.* 2009). Δομικά χαρακτηριστικά των δασών ασκούν καθοριστικό ρόλο στην παραγωγή πόσιμου νερού, διαδικασία κρίσιμης σημασίας, καθώς αυτή επηρεάζει άμεσα την ποιότητα ζωής των ανθρώπων. Τα δασικά οικοσυστήματα βελτιώνουν την ποιότητα νερού με την κατακράτηση των παραγόμενων ιζημάτων και τη μείωση της εδαφικής διάβρωσης. Η ρύθμιση της ποιότητας του νερού και της ποσότητάς του, επιτυγχάνεται μέσω της παράτασης της διαδικασίας διήθησής του στο έδαφος, με αποτέλεσμα την ενίσχυση των αποθεμάτων του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και την εν τέλει αποθήκευσή του (Baskent and Keleş 2009), ενώ συγχρόνως αποδίδεται σε περιόδους ανομβρίας. Επιπρόσθετα, τα δασικά οικοσυστήματα αποτρέπουν τις πλημμύρες και μειώνουν τις πλημμυρικές αιχμές (Ντάφης 2002), ενώ οι ανθρώπινες δραστηριότητες επιφέρουν σημαντικές μεταβολές στις διάφορες φάσεις του υδρολογικού κύκλου (Μωϋσιάδης 2009).

Το σύστημα δάσος-νερό συνδέεται με δυναμική σχέση αλληλεπίδρασης η οποία επηρεάζεται από πληθώρα βιολογικών, κλιματικών, τοπογραφικών και εδαφολογικών παραγόντων (εικόνα 2.6) αρκετά πολύπλοκων, ώστε να παρουσιάζονται αρκετές δυσκολίες κατά την όποια προσπάθεια μαθηματικής περιγραφής τους. Η μελέτη της σχέσης αυτής είναι απαραίτητη για τη λήψη μέτρων με σκοπό τη μεταβολή ορισμένων συστατικών του υδρολογικού κύκλου των λεκανών απορροής προς όφελος του ανθρώπου και του περιβάλλοντος (Μπαλούτσος 2005). Η έλλειψη νερού μπορεί

να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα για την ανάπτυξη μιας περιοχής, αδυνατώντας να καλύψει τις αυξανόμενες ανάγκες σε νερό για διάφορες χρήσεις (Στάθης κ.ά. 2007).



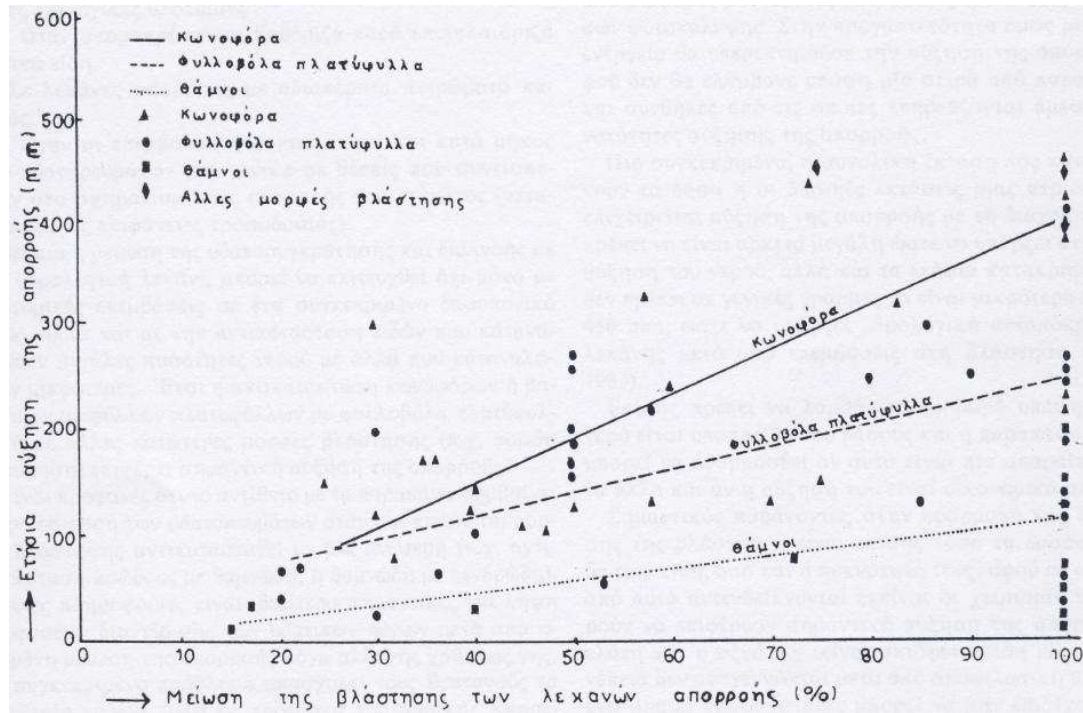
Εικόνα 2.6 Μικρές λεκάνες απορροής (<100ha) έχουν αποτελέσει τη βάση για την ανάλυση του υδρολογικού κύκλου (Από: Hornbeck et al. 1984).

Στην παγκόσμια βιβλιογραφία έχουν γίνει προσπάθειες προσδιορισμού της σχέσης δασικής βλάστησης και νερού, σε μικρές λεκάνες απορροής, οι οποίες βασίζονται σε στατιστικές αναλύσεις ενώ τα εξαγόμενα συμπεράσματα έχουν οδηγήσει στη δημιουργία γενικευμένων απλοποιημένων μοντέλων. Οι κυριότερες εργασίες είναι αυτές των Hibbert (1967), Bosch and Hewlett (1982), Hamilton and King (1983), Stednick (1996), Sahin and Hall (1996) και Zhang *et al.* (2001). Η εργασία του Hibbert (1967) συνοψίζει τα παρακάτω γενικά συμπεράσματα, όσον αφορά ένα συγκεκριμένο δείγμα 39 δασωμένων λεκανών απορροής:

1. Μείωση της δασοκάλυψης συνεπάγεται την αύξηση της παραγωγής νερού.
2. Αναδάσσεις και γενικά αύξηση της δασικής βλάστησης, μειώνουν την παραγωγή νερού.
3. Τα αποτελέσματα της διαχείρισης των λεκανών απορροής παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις και είναι απρόβλεπτα.

Οι Bosch and Hewlett (1982) μετά την εξέταση 94 λεκανών απορροής κατέληξαν στο γενικό συμπέρασμα πως 10% μείωση της δασοκάλυψης λεκανών απορροής

συνετέλεσε σε αύξηση απορροής κατά μέσο όρο 40 mm νερού όταν η λεκάνη καλύπτεται από είδη κωνοφόρων, 25 mm νερού όταν απομακρύνθηκαν είδη φυλλοβόλων πλατύφυλλων και 10 mm νερού για θαμνώδη είδη. Η γενική γραμμική εξίσωση που παρουσιάστηκε και αφορά το συγκεκριμένο δείγμα λεκανών, είναι η παρακάτω (Bosch and Hewlett 1982, Μπαλούτσος 1993):



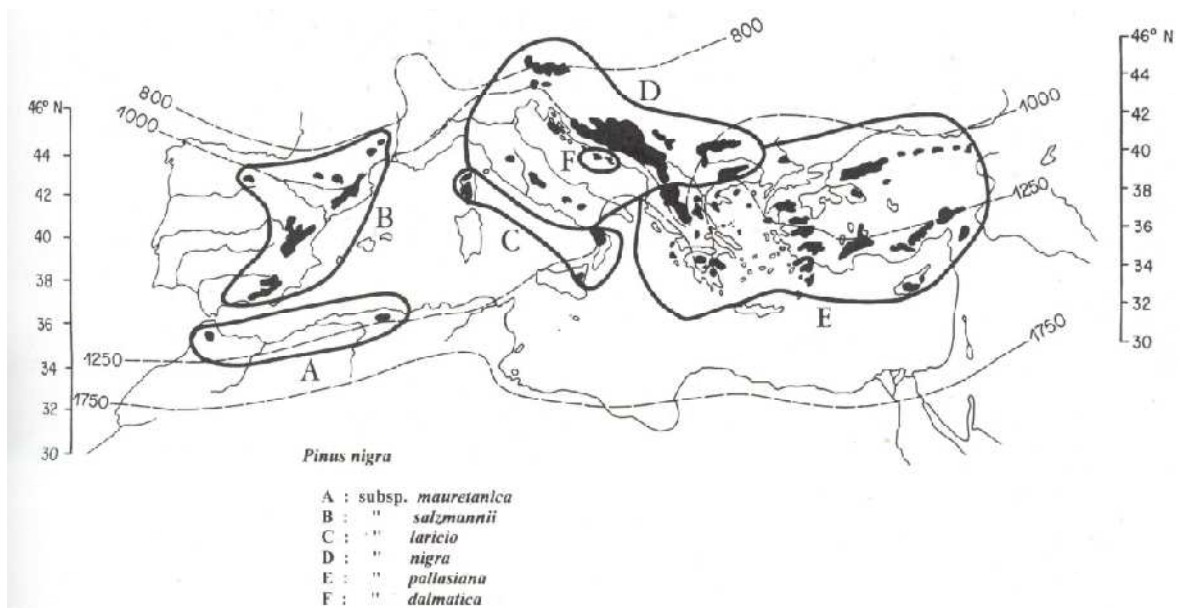
Εικόνα 2.7 Γραμμική εξίσωση μεταβολής της απορροής σε σχέση με την μείωση της βλάστησης των Bosch and Hewlett 1982 (Από: Μπαλούτσος 1993).

Παράλληλα, οι ίδιοι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως αλλαγές στην κάλυψη της βλάστησης μικρότερες της τιμής 20% δεν γίνονται αισθητές κατά την εκτίμηση της επιφανειακής απορροής με υδρογραφικές μεθόδους, όπως άλλωστε γίνεται φανερό και από το παραπάνω διάγραμμα. Την ίδια άποψη υποστήριξε και ο Stednick (1996). Η έρευνα των Zhang *et al.* (2001) περιλαμβάνει μια βάση δεδομένων 250 λεκανών απορροής που εκτείνονται σε όλο τον κόσμο. Το γενικό μοντέλο που παρουσίασε εκτιμά με σχετικά εύκολο τρόπο τη μέση ετήσια εξατμισιοδιαπνοή της βλάστησης μιας δασωμένης λεκάνης απορροής.

Με δεδομένη την ανομοιόμορφη κατανομή των κατακρημνισμάτων και του πληθυσμού της χώρας μας, η ικανοποίηση των αναγκών σε ποσότητα αλλά και ποιότητα νερού είναι μια δύσκολη διαδικασία (Μπαλούτσος 1993). Ωστόσο, σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες έχει ήδη αναγνωριστεί το μέγεθος του προβλήματος με αποτέλεσμα την ενσωμάτωση στόχων όπως είναι η παραγωγή πόσιμου νερού στα διαχειριστικά πλάνα δασών των γύρω περιοχών. Παγκοσμίως αναφέρεται πληθώρα

ερευνών που ασχολούνται με το συγκεκριμένο θέμα (π.χ. Vacik and Lexer 2001, Twery and Hornbeck 2001, Baskent and Keleş 2009, Karahalil *et al.* 2009), στα πλαίσια ενός πολυλειτουργικού δάσους, γεγονός που φανερώνει την παγκόσμια τάση προς αναζήτηση εναλλακτικών και κυρίως οικολογικών λύσεων.

Η χαρτογράφηση της δυνητικής εξατμισιοδιαπνοής της μαύρης Πεύκης έχει προσδιοριστεί από τους Barberó *et al.* (1998) όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (2.8).



Εικόνα 2.8 Χάρτης της κατανομής 5 ποικιλιών της μαύρης Πεύκης (*Pinus nigra*) στη μεσογειακή λεκάνη και δυνητική εξατμισιοδιαπνοή σε mm (Από: Barberó *et al.* 1998).

2.5 Δάση διατήρησης της βιοποικιλότητας

Μετά το συνέδριο των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (UNCED) που έγινε στο Rio de Janeiro το 1992, η βιοποικιλότητα έχει κερδίσει την προσοχή για τα δάση παγκοσμίως. Τώρα αναγνωρίζεται ευρέως ως σημαντική πτυχή στην αξιολόγηση και τη διαχείριση των οικοσυστημάτων. Αυτό συμφωνεί επίσης με τις διαδικασίες της Υπουργικής Διάσκεψης σχετικά με την Προστασία των Δασών στην Ευρώπη (MCPFE) (Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE) και Ευρωπαϊκή Επιτροπή (EC) 2003).

Τα δάση είναι οικοσυστήματα πλούσια σε είδη, που υποστηρίζουν μια ευρεία σειρά από taxa, πολυάριθμα είδη πουλιών (Gill 1995), αρθρόποδα που ζουν στην κόμη των

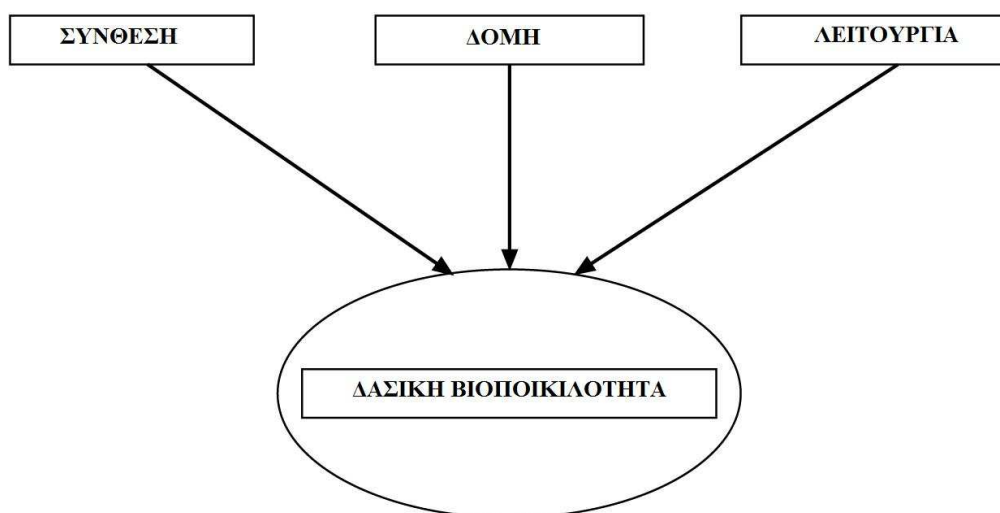
δέντρων (Recher *et al.* 1996) ως και μικρόβια του εδάφους (Torsvik *et al.* 1990). Η μακροπρόθεσμη διατήρηση μιας τέτοιας βιολογικής ποικιλομορφίας αντιπροσωπεύει μια σημαντική διαχειριστική πρόκληση σε δάση που ενδείκνυνται και για άλλες χρήσεις όπως είναι η παραγωγή ξυλείας και άλλων προϊόντων ξύλου (Franklin 1993, Lindenmayer 1999). Διεθνείς συμφωνίες που προέρχονται από τη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών σχετικά με το περιβάλλον και την ανάπτυξη, προτείνουν η διατήρηση της βιοποικιλότητας των δασών να συμπεριλαμβάνεται μέσα στη διαχειριστική διαδικασία (e.g., Convention on Biological Diversity, Agenda 21, and Guiding Principles on Forests) (Bunnell and Huggard 1999). Ωστόσο, η βιοποικιλότητα αποτελεί περισσότερο ένα σύνολο ιδεών (West 1993), δύσκολο να οριστεί με ακρίβεια (DeLong 1996, Bunnell 1998, Bunnell and Huggard 1999). Ο πιο απλός τρόπος έκφρασής της είναι η απαρίθμηση του αριθμού των ειδών που συμμετέχουν στη δομή ενός οικοσυστήματος (Ντάφης 1986). Σύμφωνα με τους Noss and Cooperrider (1994), η βιοποικιλότητα περιλαμβάνει την ποικιλομορφία σε γενετικό υλικό, σε είδη, σε τοπία και σε αριθμό οικοσυστημάτων.

Λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα και τις ανεπαρκείς περιγραφές της βιοποικιλότητας κατά τόπους που είναι διαθέσιμες σήμερα, είναι δύσκολο να κριθεί εάν τα δάση διαχειρίζονται με έναν οικολογικά αειφορικό τρόπο (Botkin and Talbot 1992). Επιπλέον, είναι αδύνατο να μετρηθούν και να ελεγχθούν τα αποτελέσματα των διάφορων διαχειριστικών πρακτικών σε όλα τα είδη (Lindenmayer *et al.* 2000). Σε αυτό το πνεύμα, δασοκομικοί χειρισμοί είναι πιθανό να αποτελέσουν διαταραχές οι οποίες θα έχουν μεγάλο αντίκτυπο στη σύνθεση, στη δομή και στη βιοποικιλότητα ενός δασικού οικοσυστήματος (Niemelä 1997, Bengtsson *et al.* 2000). Τα διαφορετικά είδη ωφελούνται περισσότερο ή λιγότερο από τις αλλαγές των συνθηκών του περιβάλλοντος που προέρχονται από διαταραχές ή την εφαρμογή διαφόρων δασοκομικών χειρισμών, οδηγώντας σε διαφοροποιήσεις όσο αφορά την κατανομή και τη σύνθεσή τους (Torgas and Saura 2008). Η παρατηρούμενη ανησυχία σχετικά με τη μειωμένη βιολογική ποικιλομορφία έχει πολλές ρίζες και μόνο μερικές από αυτές είναι μέρος από αυτό που θεωρείται κανονικά ως επιστήμη. Ένα από τα κύρια οικολογικά επιχειρήματα για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας είναι ότι πιθανή απώλειά της είναι δυνατό να επηρεάσει φυσικές διαδικασίες απαραίτητες για τον άνθρωπο, όπως είναι οι λειτουργίες των οικοσυστημάτων και πιο συγκεκριμένα η πρωτογενής παραγωγή, η δέσμευση CO₂, η ανανέωση του υδροφόρου ορίζοντα και η παραγωγή πόσιμου νερού (Bengtsson *et al.* 2000).

Η Μεσογειακή λεκάνη θα πρέπει να θεωρηθεί ως ένα εξαιρετικό παράδειγμα διατήρησης της βιοποικιλότητας λαμβάνοντας υπόψη το μεγάλο αριθμό των ιθαγενών φυτών (13.000) που εντοπίζονται σε αυτή (Myers *et al.* 2000). Τα δασικά είδη αποτελούν ένα χαρακτηριστικό κομμάτι της μεσογειακής χλωρίδας. Ο αριθμός των

δασικών ειδών είναι μεγάλος συγκρινόμενος με αυτόν της κεντρικής Ευρώπης (100 προς 30 αντίστοιχα) με το γένος *Quercus* μόνο να αριθμεί πάνω από 20 είδη στην περιοχή (Scarascia-Mugnozza *et al.* 2000). Όσον αφορά την πανίδα, η ποικιλότητα εκφράζεται με την αναλογία μεταξύ του αριθμού των ειδών και της έκτασης, με την Μεσογειακή λεκάνη να κυμαίνεται στο 11,3 ενώ η υπόλοιπη Ευρώπη στο 4,2 (Scarascia-Mugnozza *et al.* 2000). Θα πρέπει να αναφερθεί πως τα Μεσογειακά δάση έκτασης 81 εκατομμυρίων εκταρίων θεωρούνται μοναδικά οικοσυστήματα αποτελώντας το 1,5% των δασών του πλανήτη (M'Hirit 1999). Επιπρόσθετα, το 80-90% των μοναδικών αυτών οικοσυστημάτων εντοπίζονται στη Μεσογειακή λεκάνη, με το υπόλοιπο ποσοστό να κατανέμεται μεταξύ μικρών τμημάτων της Αυστραλίας, της Νότιας Αφρικής, της Καλιφόρνιας και της Χιλής (Fabbio *et al.* 2003). Το ελληνικό φυσικό περιβάλλον παρουσιάζει εξαιρετικό πλούτο, με αποτέλεσμα η χώρα μας να τοποθετείται στην πρώτη θέση στον τομέα αυτό μεταξύ των μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρά το μικρό μέγεθός της. Εκτός σημαντικών παραδειγμάτων σπάνιων ειδών της πανίδας και σπάνιων ειδών πουλιών, η ποικιλότητα των ειδών της χλωρίδας είναι επίσης τεράστια με πάνω από 6.000 είδη από τα οποία το 1/10 περίπου να είναι ενδημικά (Μαλαμίδης 1998). Το γεγονός αυτό έχει αποδοθεί στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της χώρας μας και πιο συγκεκριμένα στο μεγάλο εύρος του γεωγραφικού πλάτους και του υψομέτρου, στο έντονο ανάγλυφο, στη μεγάλη ακτογραμμή και στον αριθμό των νησιών (Δασκαλάκου κ.α. 2008).

Τρεις κύριες πτυχές της δασικής βιοποικιλότητας έχουν αναγνωριστεί διεθνώς (Franklin 1988, Noss 1990, Perry 1994, Spies 1997, Larsson 2001, Spanos *et al.* 2006), όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (2.9):



Εικόνα 2.9 Η δομή της δασικής βιοποικιλότητας (Από: Spanos and Feest 2007)

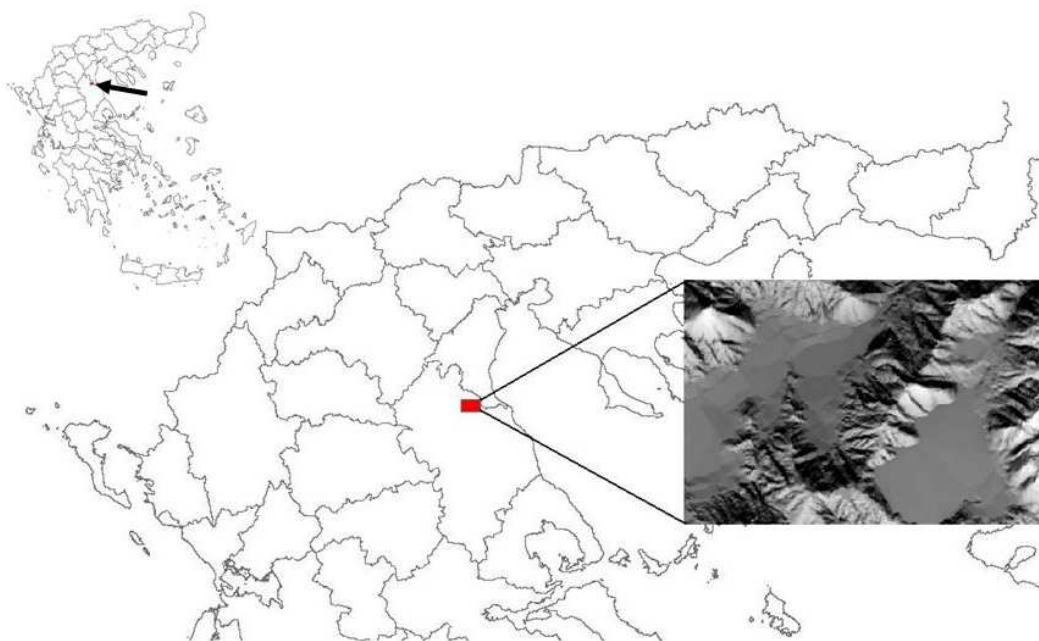
Αυτοί οι τρεις παράγοντες χρησιμοποιούνται ως βάση για την αναγνώριση των σημαντικότερων παραμέτρων και την ανάπτυξη δεικτών προσδιορισμού της δασικής βιοποικιλότητας (Spanos and Feest 2007). Επιπρόσθετα, οι Scaltsoyiannes *et al.* (1994) έχουν αναλύσει τη γενετική ποικιλότητα που παρουσιάζει το είδος της μαύρης Πεύκης, η οποία παρουσίασε υψηλές τιμές σε τοπικούς πληθυσμούς.

Τα μεικτά δάση, αποτελούμενα από πολλά είδη παρουσιάζουν αυξημένη βιολογική ποικιλότητα (Zagas *et al.* 2000). Το ίδιο ισχύει και για τις συστάδες με πολυώροφη στρωμάτωση δημιουργώντας πληθώρα μικροπεριβαλλόντων (Μαλαμίδης 1998). Σύμφωνα με τους Tsitsoni *et al.* (2002) η ποικιλία δασικών ειδών μιας περιοχής εξαρτάται από τον τύπο της βλάστησης, τα κυρίαρχα είδη του ανωρόφου, το ποσοστό της κάλυψης της κόμης, από περιβαλλοντικούς παράγοντες και από δασοκομικές επεμβάσεις. Επιπρόσθετα, η ομαλή λειτουργία του οικοσυστήματος δηλαδή η οικολογική σταθερότητά του, η ικανοποιητική του ανανέωση και αναγέννηση και η ομαλή ροή ενέργειας συμβάλλουν στην ενίσχυση της βιοποικιλότητας (Spanos and Feest 2007). Ο Odum (1971) προσθέτει την ηλικία ενός δασικού οικοσυστήματος ως μια παράμετρο, η οποία ενδεχομένως αυξάνει τους δείκτες βιοποικιλότητάς του. Άρα όσο πιο κοντά βρίσκεται προς την ένωση ΚΛΙΜΑΞ της εξέλιξής του τόσο η οικολογική του αξία αυξάνει, κάτι το οποίο εξαρτάται άμεσα από την ηλικία του οικοσυστήματος (Odum 1971, Μαλαμίδης 1998). Συνεπώς, ο ρόλος του δάσους στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας του γενικότερου περιβάλλοντος είναι μεγάλης και αποφασιστικής σημασίας (Ντάφης 2002).

3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 Γεωγραφική θέση-Γεωμορφολογία-Υδρολογία

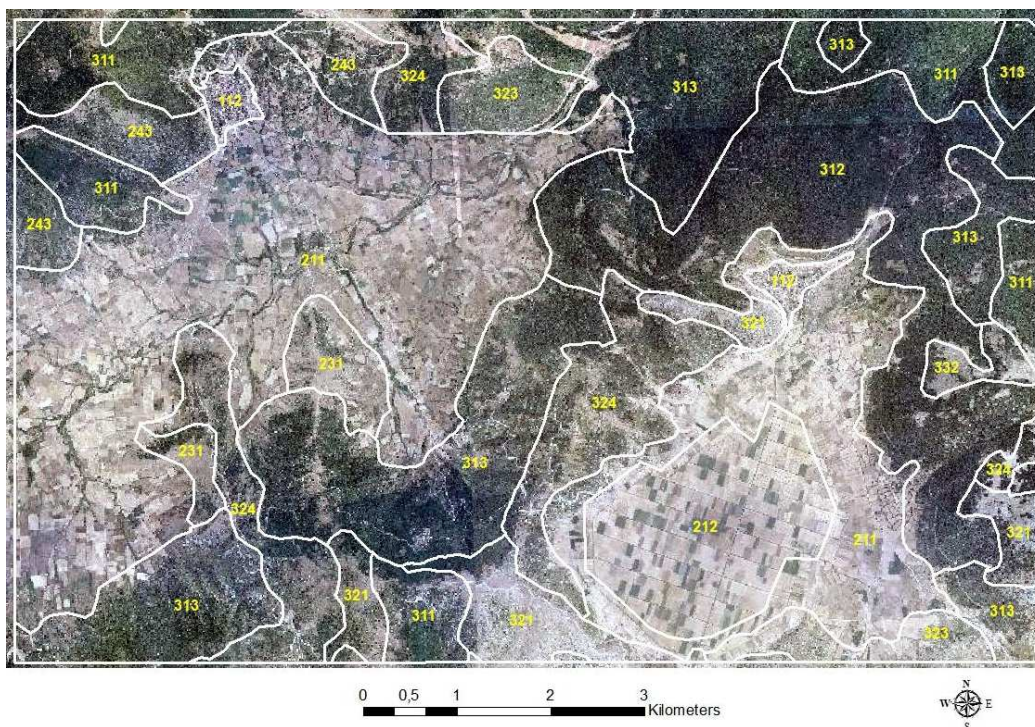
Η περιοχή έρευνας εντοπίζεται στη Νοτιοανατολική πλευρά του Ολύμπου, μεταξύ των οικισμών Καρυάς (900μ.) και Καλλιπεύκης (1020μ.) ($39^{\circ} 59' - 39^{\circ} 55' \text{ N}$ και $22^{\circ} 23' - 22^{\circ} 30' \text{ E}$). Η συνολική επιφάνεια που καλύπτει ανέρχεται στα 74,908 km².



Εικόνα 3.1 Η περιοχή έρευνας

Στη συγκεκριμένη περιοχή υπάρχει εναλλαγή καλλιεργήσιμων εκτάσεων και ορεινών όγκων, οι οποίοι κατά το κύριο μέρος καλύπτονται από δασοσκεπείς εκτάσεις. Το μέσο υψόμετρο είναι 1014,89μ., με το χαμηλότερο σημείο να βρίσκεται στα 760μ. και η ψηλότερη κορυφή (Μεταμόρφωση) στα 1588μ. Η μέση κλίση είναι 23% ($12,954^{\circ}$). Με βάση τα στοιχεία των χρήσεων γης της γεωγραφικής βάσης δεδομένων Corine Land Cover (2000), μέσα στην υπό μελέτη περιοχή διακρίνονται οι παρακάτω κατηγορίες:

1. Δασοσκεπείς εκτάσεις (29,9334 km² ή 29.933,4 ha).
2. Θαμνώδεις ή βραχώδεις εκτάσεις (12,2224 km² ή 12.222,4 ha).
3. Γεωργικές ή καλλιεργήσιμες εκτάσεις (32,1266 km² ή 32.126,6 ha).
4. Εκτάσεις οικισμών ή άλλων υποδομών (0,6256 km² ή 62,56 ha).



Εικόνα 3.2 Κωδικοί Corine της περιοχής

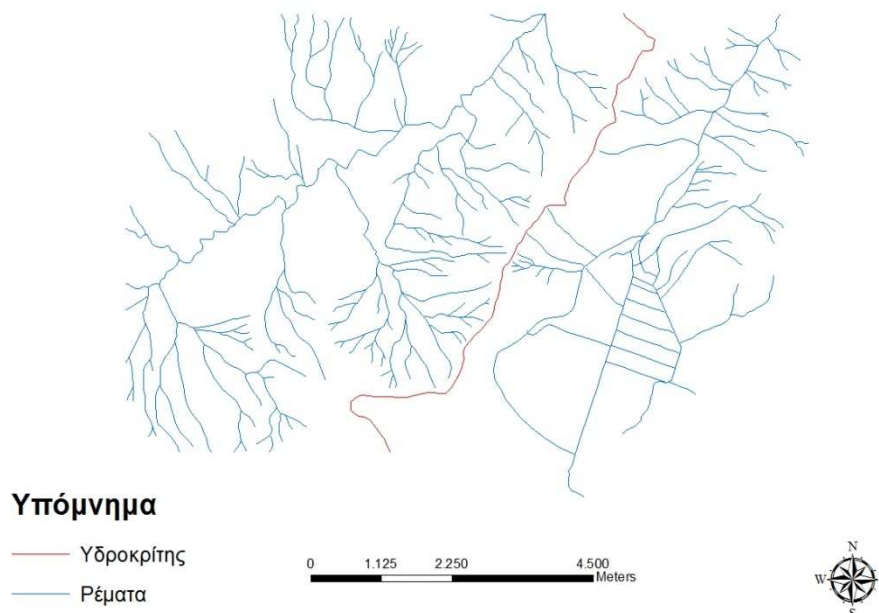


Εικόνα 3.3 Τρισδιάστατη απεικόνιση της περιοχής έρευνας με τη χρήση του λογισμικού ArcScene

Η περιοχή έρευνας διαρρέεται πολυσχιδώς από ρυάκια και ρέματα που παρουσιάζουν συνεχή ροή μόνο κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής σχηματίζει δύο κύριες λεκάνες απορροής, τμήματα των οποίων συμπεριλαμβάνονται στην περιοχή μελέτης (εικόνα 3.4):

1. Τη λεκάνη απορροής του ρέματος της Ζηλιάνας.
2. Τη λεκάνη απορροής της αποξηραμένης λίμνης Ασκουρίδας.

Το μήκος του ρέματος της Ζηλιάνας που διαρρέει την υπό μελέτη περιοχή ανέρχεται στα 9.751m, όπου και καταλήγουν τα περισσότερα ρέματα. Αποτελεί το φυσικό γεωγραφικό όριο διαχωρισμού μεταξύ του Άνω Ολύμπου και του Κάτω Ολύμπου από τη Νότια πλευρά. Στα νοτιοανατολικά ο διαχωρισμός αυτός συνεχίζεται με την κοιλάδα του ξηρόλακα που βρίσκεται νότια του δρόμου Λεπτοκαρυάς-Καρυάς και σε υψόμετρο 700-800 μέτρων (Ντάφης 1989, Σμύρης κ.ά. 1992β). Το σύνολο του μήκους των δευτερευόντων ρεμάτων είναι 163.546m περίπου. Πηγές πόσιμου νερού υπάρχουν σε διάφορα σημεία του δάσους και διατηρούν τη ροή τους σε όλη τη διάρκεια του χρόνου.



Εικόνα 3.4 Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής

Η κλειστή υδρολογική λεκάνη της Καλλιπεύκης, έκτασης 19.865 στρεμμάτων, υπάγεται στην ευρύτερη υδρολογική λεκάνη του ποταμού Πηνειού. Εντός αυτής βρίσκεται και η αποξηραμένη λίμνη Ασκουρίδα, σε υψόμετρο 995 m περίπου. Πρόκειται για μια κλειστή ορεινή λίμνη, έκτασης 5.500 στρεμμάτων, στα νότια του χωριού Καλλιπεύκη. Οι εργασίες αποστράγγισης ξεκίνησαν το 1907 και

ολοκληρώθηκαν το 1921, με την κατασκευή στραγγιστικής τάφρου που κατέληγε σε σήραγγα, μέσω της οποίας τα νερά της λίμνης διοχετεύονταν προς την περιοχή των Γόννων (Κατσαβούνη και Παπαδήμος 2006). Η αποξήρανση είχε ως σκοπό αφενός την προστασία του τοπικού πληθυσμού από την ελονοσία και αφετέρου την αύξηση των γεωργικών εδαφών στη γύρω περιοχή.

Συμπερασματικά, η περιοχή έρευνας εμφανίζει έντονα ορεινό και πολυμορφικό ανάγλυφο, όπου μεγάλες εδαφικές κλίσεις εναλλάσσονται με βαθιές χαραδρώσεις και μεγάλες υψομετρικές διαφορές. Αποτέλεσμα είναι η δημιουργία ποικιλομορφίας κλίσεων, εκθέσεων και, συνεπώς, μικροπεριβαλλόντων με διαφορετικά οικολογικά χαρακτηριστικά και ιδιαιτερότητες (Ζάγκας 1997).

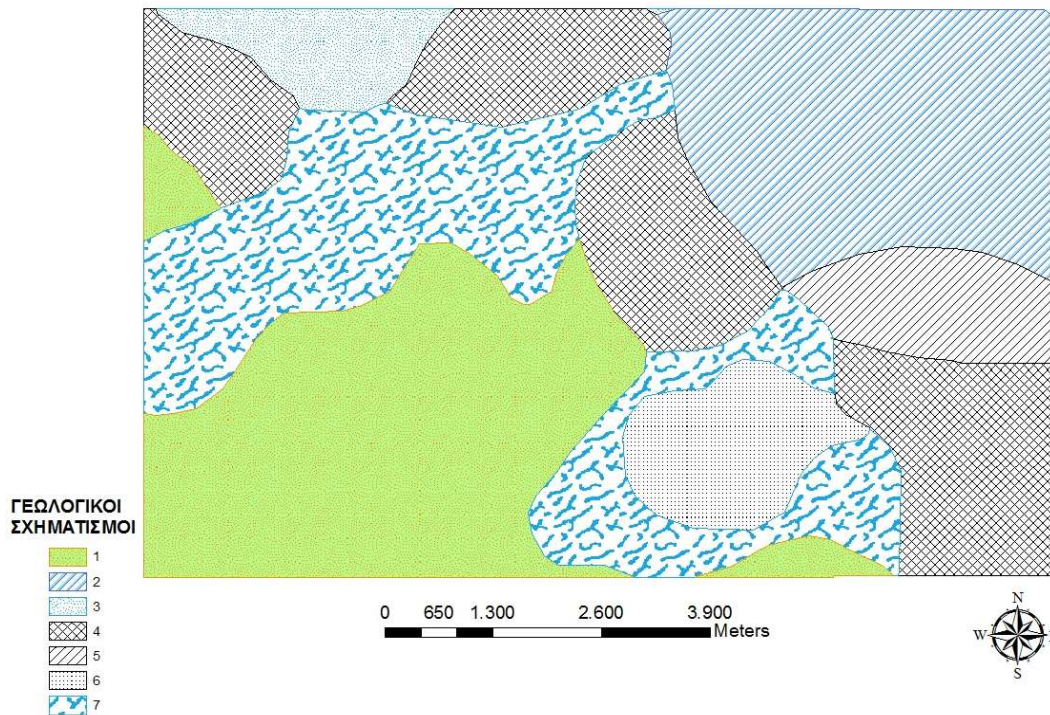
2.2 Γεωλογία-Πετρογραφία

Γεωλογικά, η περιοχή έρευνας ανήκει στη Πελαγονική ζώνη, η οποία εκτείνεται από τη Γιουγκοσλαβία προς τους Ελληνικούς ορεινούς όγκους του Βόρα, του Βέρνου, του Βερμίου, των Πιερίων, του Ολύμπου, του Πηλίου και της Βόρειας Εύβοιας (Μουντράκης 1985). Στην περιοχή του Ολύμπου γενικά κυριαρχεί ο δολομιτικός ασβεστόλιθος και τα μάρμαρα διαφόρων διαστάσεων και ηλικίας (Ζάγκας 1994β), ενώ γενέσιοι συναντώνται στις δυτικές πλαγιές του σε μία ζώνη από τα 700-1000 μέτρα (Ντάφης 1989). Το κύριο μέρος των πετρωμάτων που εντοπίζεται στην υπό μελέτη περιοχή αποτελείται από μεταβασικά πετρώματα, πρασινίτες, γλαυκοφανιτικούς σχιστόλιθους και παρεμβολές μαρμάρων σχηματίζοντας ένα ανώτερο ορίζοντα που έχει ονομαστεί «σειρά Αμπελάκια» (Μουντράκης 1985). Σύμφωνα με τον ίδιο συγγραφέα, σε αυτό τον ορίζοντα θεωρείται ότι βρίσκεται επωθημένη η Πελαγονική ζώνη. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους χάρτες του ΙΓΜΕ (1981) το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από τους παρακάτω σχηματισμούς:

Πίνακας 3.1 Γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής έρευνας

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΑΡ.
Γενέσιοι και αμφιβολίτες, κρυσταλικοί σχιστόλιθοι	1
Βασικά και υπερβασικά εκρηξιγενή πετρώματα	2
Κρυσταλικοί σχιστόλιθοι	3
Μάρμαρα, κρυσταλικοί ασβεστόλιθοι και σιπολίτες	4
Φυλίτες, χαλαζίες, παλαιοζωικοί σχιστοψαμμίτες, ηφαιστειοζηματογενείς ημιμεταμορφωμένοι σχηματισμοί και γραουβάκες	5
Αποθέσεις παράκτιες, δελταϊκές τεναγών	6
Πρόσφατοι έως σύγχρονοι σχηματισμοί. Κυρίως προσχώσεις, υλικά του Ελουβιακού μανδύα, ποτάμιες αποθέσεις, κώνοι κορημάτων, πλευρικά κορήματα, ριπίδια, θίνες, ηφαιστειακά συμφυρματοπαγή	7

Μετά τη γεωαναφορά και την ψηφιοποίηση των παραπάνω χαρτών (1:50.000) δημιουργήθηκε ο χάρτης της παρακάτω εικόνας (3.5), όπου απεικονίζονται τα πολύγωνα των γεωλογικών σχηματισμών που βρίσκονται εντός της περιοχής.



Εικόνα 3.5 Γεωλογικοί σχηματισμοί

2.3 Κλίμα

Θα πρέπει να σημειωθεί πως δεν υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός μέσα στα όρια της υπό μελέτης περιοχής και συνεπώς κλιματικά δεδομένα είναι δυνατό να εξαχθούν μόνο από μετεωρολογικούς σταθμούς που εντοπίζονται σε γειτονικές περιοχές.

Πίνακας 3.2 Σταθμοί λήψης μετρήσεων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Σταθμός	Υψόμετρο	Θέση		Υπηρεσία	Περίοδος λειτουργίας
		γεωγρ. μήκος	γεωγρ. πλάτος		
Φωτεινά Πιερίας	350	22° 19'	40°14'	Υπουργείο Γεωργίας	1978-1995
Βροντού Πιερίας	182	22° 26'	40°12'	Υπουργείο Γεωργίας	1975-1996
Μοσχοπόταμος Πιερίας	516	22° 19'	40° 20'	Υπουργείο Γεωργίας	1969-1996
Αγ. Δημήτριος Πιερίας	814	22° 14'	40° 09'	Υπουργείο Γεωργίας	1975-1991
Λόφος Πιερίας	250	22° 23'	40° 13'	Υπουργείο Γεωργίας	1975-1996
Λιβάδι Λάρισας	1183	22° 09'	40° 08'	Υπουργείο Γεωργίας	1975-2002
Κρούβρυση	1030	22°20'	39° 59'	Υπουργείο Γεωργίας	1974-2002
Πύθιο	750	22°14'	40° 04'	Υπουργείο Γεωργίας	1973-2002

Πίνακας 3.3 Ετήσια κατανομή βροχής στην υπό μελέτη περιοχή κατά την περίοδο 1975-2002 (σε mm)

ΜΗΝΕΣ	ΣΤΑΘΜΟΙ							
	ΦΩΤΕΙΝΑ ΠΙΕΡΙΑΣ	ΒΡΟΝΤΟΥ ΠΙΕΡΙΑΣ	ΜΟΣΧΟΠΟΤΑΜΟΣ ΠΙΕΡΙΑΣ	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΠΙΕΡΙΑΣ	ΛΟΦΟΣ ΠΙΕΡΙΑΣ	ΛΙΒΑΔΙ ΛΑΡΙΣΑΣ	ΚΡΥΟΒΡΥΣΗ	ΠΥΘΙΟ
Ι	64,73	63,52	56,26	52,73	71,12	59,45	55,70	39,97
Φ	68,52	81,54	59,05	52,03	77,99	55,91	47,75	47,51
Μ	77,87	73,89	82,90	62,57	92,51	63,61	56,03	53,88
Α	73,22	77,2	80,85	65,86	79,02	68,32	66,86	61,49
Μ	70,85	59,46	72,73	81,88	68,99	75,67	73,35	78,35
Ι	38,19	38,83	38,64	34,37	38,61	45,26	48,92	46,53
Ι	37,11	37,07	31,39	37,09	32,55	34,09	42,79	37,09
Α	31,28	33,04	33,90	29,69	32,90	36,19	38,24	34,53
Σ	46,19	43,85	52,28	67,07	47,00	37,69	40,27	32,96
Ο	91,12	123,59	95,68	88,22	112,61	64,29	52,70	54,77
Ν	86,02	121,1	101,9	84,65	113,8	90,42	75,87	76,24
Δ	105,35	146,56	97,18	96,37	92,68	84,51	77,32	72,16

Πηγή: Υπουργείο Γεωργίας

2.3.1 Θερμοκρασία

Με βάση το μέσο υψόμετρο της περιοχής και την χιλιομετρική απόσταση του κάθε μετεωρολογικού σταθμού, πλησιέστερα στην περιοχή έρευνας βρίσκεται ο μετεωρολογικός σταθμός της Κρυόβρυσης, που όμως δεν διαθέτει δεδομένα μέτρησης θερμοκρασιών. Αυτός βρίσκεται σε υψόμετρο 1030 m και απέχει 8,62 km σε ευθεία απόσταση από το κέντρο της περιοχής έρευνας.

Ως εκ τούτου, οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας είναι δυνατό να εκτιμηθούν με αναγωγή, έχοντας ως βάση εξισώσεις παλινδρόμησης ανάμεσα στις μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας, του γεωγραφικού μήκους, του γεωγραφικού πλάτους και του υψόμετρου σύμφωνα με την έρευνα των Flokas *et al.* (1983) (πίνακας 3.5). Επιπρόσθετα, είναι δυνατή η δημιουργία του ομβροθερμικού διαγράμματος του μετεωρολογικού σταθμού της Κρυόβρυσης (εικόνα 3.6).

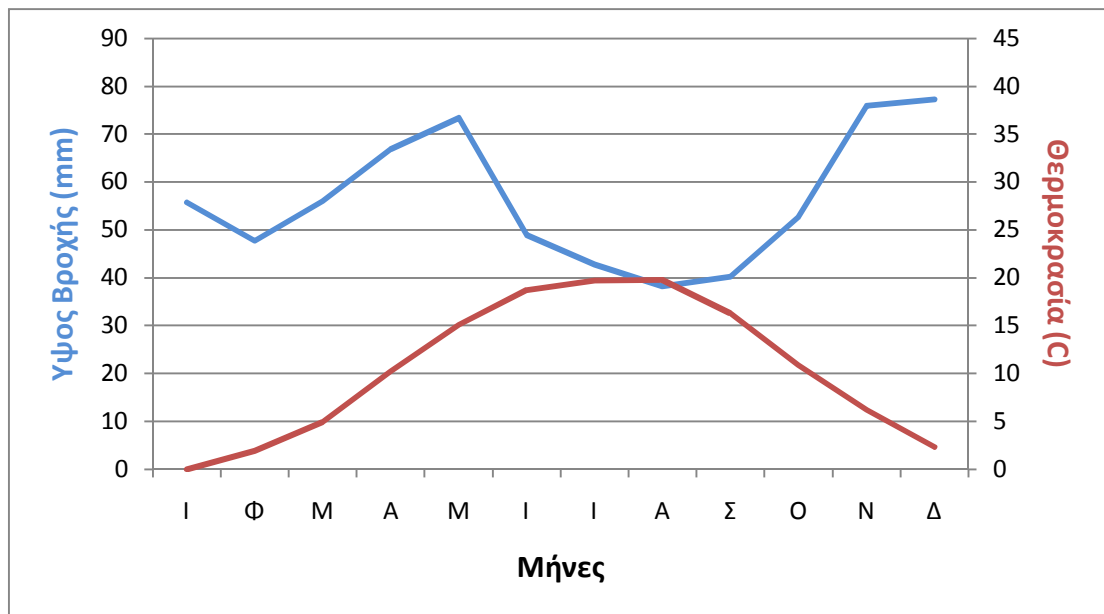
Πίνακας 3.4 Ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας κοντινών σταθμών στην υπό μελέτη περιοχή κατά την περίοδο 1975-2002 (σε C°)

Μήνες	Σταθμοί			
	Βροντού Πιερίας	Μοσχοπόταμος Πιερίας	Αγ. Δημήτριος Πιερίας	Λιβάδι Λάρισας
Ι	5,50	4,93	1,52	3,06
Φ	6,45	5,33	0,85	3,10
Μ	9,55	8,00	3,90	5,61
Α	13,26	11,82	8,41	9,46
Μ	18,13	17,00	12,52	13,85
Ι	23,44	21,53	17,69	18,10
Ι	25,72	24,25	19,49	20,39
Α	24,66	23,65	19,29	20,03
Σ	21,13	20,08	16,07	16,98
Ο	16,72	15,07	11,28	12,34
Ν	10,75	9,42	5,61	7,22
Δ	7,02	5,75	2,77	3,88

Πηγή : Υπουργείο Γεωργίας

Πίνακας 3.5 Εκτιμώμενες μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας

Μήνας	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μέση
Θερμοκρασία	0,0	1,9	4,9	10,2	15,1	18,7	19,7	19,8	16,3	10,9	6,2	2,3	7,5



Εικόνα 3.6 Ομβροθερμικό διάγραμμα του σταθμού της Κρνόβρυσης

Από τα στοιχεία αυτού του μετεωρολογικού σταθμού συμπεραίνεται ότι ξηρότεροι μήνες είναι οι Αύγουστος και Σεπτέμβριος, ενώ παράλληλα τα περισσότερα κατακρημνίσματα παρατηρούνται κατά τους μήνες Δεκέμβριο και Νοέμβριο. Η ξηροθερμική περίοδος είναι πολύ μικρή σε διάρκεια και εντοπίζεται περίπου στα μέσα του Αυγούστου, όπως αυτή απεικονίζεται στο ομβροθερμικό διάγραμμα. Σύμφωνα με τα στοιχεία των μετεωρολογικών σταθμών που παρουσιάζονται στους πίνακες 3.3 και 3.5 το κλίμα της περιοχής μελέτης είναι μεσογειακού τύπου με ηπειρωτική ευρωπαϊκή επίδραση. Με βάση το κλιματικό διάγραμμα Emberger (εικόνα 3.7) και τους βιοκλιματικούς χάρτες (Μαυρομάτης 1980) το Ομβροθερμικό Πηλίοκο διαμορφώνεται ως εξής:

$$Q_2 = \frac{1000P}{\frac{M+m}{2}(M-m)} \quad \text{ή} \quad Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Όπου **P**=το ετήσιο ύψος βροχής σε mm

M=ο μέσος όρος των μέγιστων θερμοκρασιών του θερμότερου μήνα σε απόλυτους βαθμούς

m=ο μέσος όρος των ελάχιστων θερμοκρασιών του ψυχρότερου μήνα σε απόλυτους βαθμούς.

Για την περιοχή:

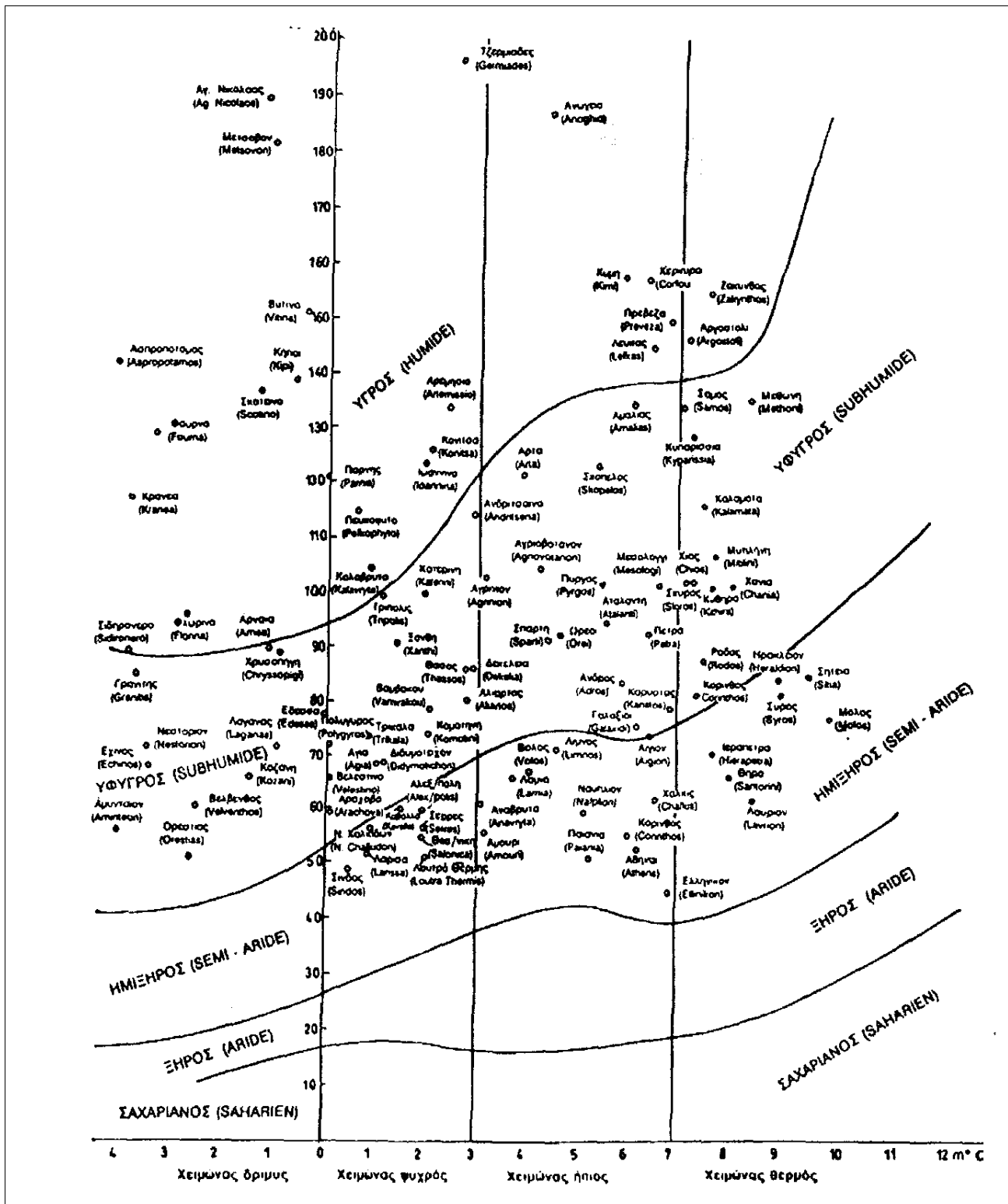
$$\mathbf{P=675,80}$$

$$\mathbf{M=273,2+19,8=293}$$

$$\mathbf{m=273,2+0,0=273,2}$$

$$\mathbf{Q_2=120,56}$$

Συνεπώς, η περιοχή έρευνας εντάσσεται στον υγρό βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα οριακά ψυχρό προς δριμύ.



Εικόνα 3.7 Κλιματικό διάγραμμα Emberger (Κατά Μαυρομάτη 1980)

2.3.2 Κατανομή βροχής

Σύμφωνα με την Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη της περιοχής του Εθνικού Δρυμού του Ολύμπου (ΥΠΕΧΩΔΕ 2004), για τον υπολογισμό της κατανομής της βροχής ο χώρος του Ολύμπου έχει διαχωριστεί, σύμφωνα με το ανάγλυφο, σε ανατολικό προσόμβριο τομέα και σε δυτικό τομέα ομβροσκιάς. Η παρουσία του ορεινού όγκου συμβάλλει ουσιαστικά στην κατανομή της βροχής ανάλογα με τη γεωγραφική θέση αφού ο δυτικός χώρος βρίσκεται σε ομβροσκιά και συνεπώς οι μετρήσεις των εκεί σταθμών εμφανίζονται με μικρότερες τιμές σε σχέση με αυτές των ανατολικών περιοχών. Αυξανόμενου του υψομέτρου, αυξάνεται η επίδραση της έκθεσης λόγω της αύξησης της ταχύτητας των ανέμων και της αύξησης των παρατηρούμενων κλίσεων.

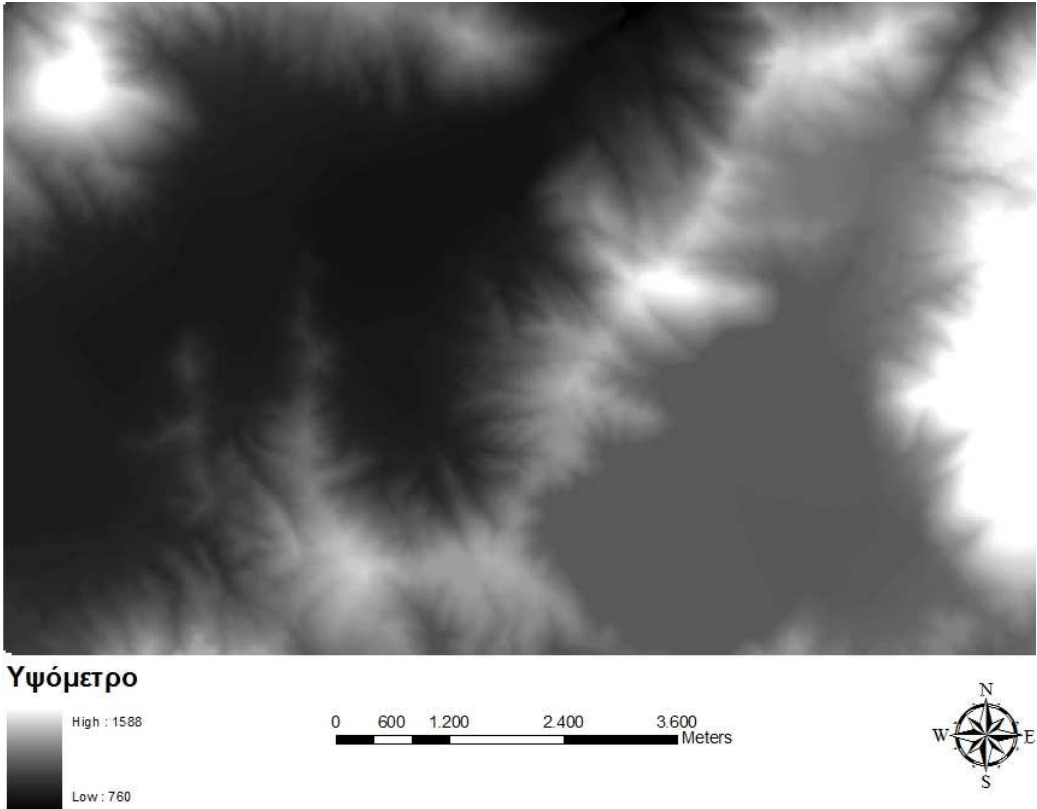
Συνεπώς, σύμφωνα με την ίδια πηγή, λαμβάνοντας υπόψη το διαχωρισμό του χώρου σε ανατολικό και σε δυτικό τομέα, προκύπτουν οι εξής επιμέρους εξισώσεις συσχέτισης υψομέτρου-ετήσιου ύψους κατακρημνισμάτων:

- Ανατολικός προσόμβριος τομέας (περιλαμβάνει τους Μ/Σ Φωτεινά, Βροντού, Μοσχοπόταμο και Λόφο): εξίσωση πολυωνυμικής μορφής: $y=0,0003x^2-0,4853x+963,48$, $R^2=0,9719$
- Δυτικός τομέας ομβροσκιάς (περιλαμβάνει τους Μ/Σ Αγ. Δημήτριο, Λιβάδι, Κρυόβρυση και Πύθιο): εξίσωση μορφής υπερβολής: $y=358,9x^{0,0964}$, $R^2=0,771$

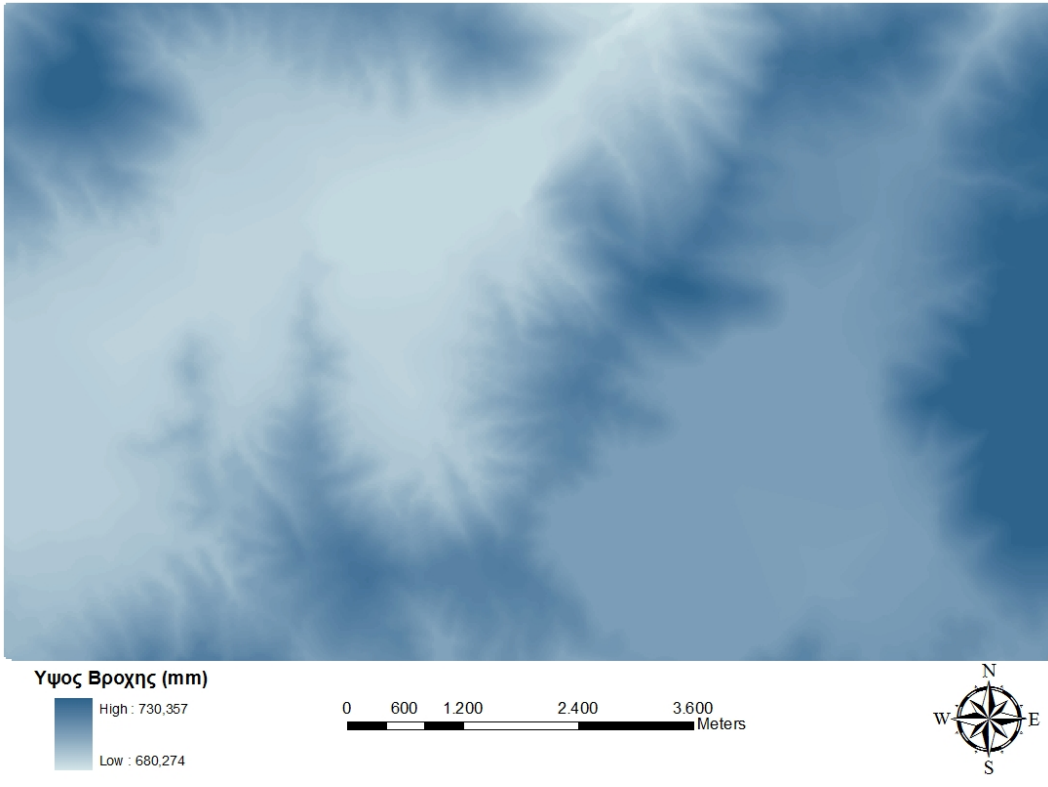
Από τα παραπάνω μεγέθη προκύπτει ότι στον ανατολικό προσόμβριο τομέα η βροχή εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από το υψόμετρο, ενώ αντίθετα, στο δυτικό τομέα υπεισέρχονται άλλοι παράγοντες πέραν του υψομέτρου από τους οποίους εξαρτάται το μέγεθος της βροχής, με σημαντικότερο την έκθεση του εδάφους όπως αυτή προκύπτει από το ανάγλυφο.

Η περιοχή έρευνας βρίσκεται πλησιέστερα στο δυτικό τομέα ομβροσκιάς. Εξαιτίας του έντονου ανάγλυφου παρατηρείται μεγάλο υψομετρικό εύρος μέσα στα όριά της, το οποίο ανέρχεται στα 828m περίπου. Εισάγοντας την εκθετική αυτή συνάρτηση (βροχοβαθμίδα) σε περιβάλλον του λογισμικού ArcGIS 9.3 με βάση το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Digital Elevation Model με μέγεθος φατνίου τα 20 m – εικόνα 3.8) είναι δυνατός ο απευθείας υπολογισμός του ετήσιου ποσοστού κατακρημνισμάτων σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης (εικόνα 3.9).

Από την κατανομή του ποσοστού βροχόπτωσης μέσα στην υπό μελέτη περιοχή, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η διαφορά του ύψους βροχής μεταξύ του χαμηλότερου σημείου και της ψηλότερης κορυφής ενδέχεται να φτάσει τα 50 mm σε ετήσια βάση, που αντιστοιχεί σε ύψος βροχόπτωσης ενός χειμερινού μήνα περίπου.



Εικόνα 3.8 Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους



Εικόνα 3.9 Κατανομή ετήσιου ύψους βροχής (mm)

2.4 Βλάστηση

Η περιοχή έρευνας περιλαμβάνει, με βάση το διαχωριστικό φυσικό όριο της κοιλάδας της Ζηλιάνας, ένα μικρό τμήμα της περιοχής του Ολύμπου έκτασης 16,2 km² και ένα μεγαλύτερο τμήμα έκτασης 58,7 km² που ανήκει στην περιοχή του Κάτω Ολύμπου. Σύμφωνα με τον Ντάφη (1989) η βλάστηση του Ολύμπου και ιδιαίτερα η κατανομή της σε συνάρτηση με το υπερθαλάσσιο ύψος παρουσιάζει πάρα πολλές ιδιαιτερότητες. Πιο συγκεκριμένα, συχνά εμφανίζεται μια αναστροφή των ζωνών βλάστησης σε τρόπο που να δημιουργείται μια αναρχία στην κατανομή της. Σύμφωνα με τον ίδιο συγγραφέα αυτό οφείλεται στην ποικιλία των μικροκλιμάτων που δημιουργούν το πέτρωμα, οι εκθέσεις και το ανάγλυφο. Η μαύρη Πεύκη στην περιοχή του Ολύμπου καταλαμβάνει μια υψομετρική ζώνη που ξεκινά από τα 500 m και φτάνει ως τα 1700 m, με τα τελευταία 200-300 m να αποτελούν τη μεταβατική ζώνη εμφάνισης της λευκόδερμης Πεύκης (*Pinus heldreichii*) (Zagas *et al.* 2002).

Στην περιοχή έρευνας διακρίνονται δύο ζώνες βλάστησης από τις κύριες πέντε που διαμορφώνονται στον Ελληνικό χώρο.

α. Παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης (*Quercetalia pubescentis*)

Η ζώνη αυτή καταλαμβάνει ένα αρκετά μεγάλο μέρος της περιοχής έρευνας, σε υψόμετρο από τα 700 m ως και τα 1400 m, σε μερικές κορυφές. Διακρίνονται οι δύο υποζώνες της ζώνης βλάστησης, η *Ostryo-carpinion* και η *Quercion confertae* (Αθανασιάδης 1986β).

Η υποζώνη *Ostryo-carpinion* με τον αυξητικό χώρο *Coccifero-carpinetum* εμφανίζεται σε τμήματα της περιοχής που καταλαμβάνονται από πρινώνες και έχουν δεχθεί έντονες ανθρωπογενείς πιέσεις όπως η βόσκηση, πυρκαγιές και εκχερσώσεις. Μέσα σε αυτή τη ζώνη υπάρχουν υπολείμματα δρυοδάσους το οποίο σταδιακά υποβαθμίστηκε και μετατράπηκε σε αραιό πρινώνα. Αποτελούν τους κύριους βοσκότοπους της ευρύτερης περιοχής της Καρυάς. Είδη που συνθέτουν τη βλάστηση είναι τα *Quercus coccifera*, *Quercus ilex*, *Arbutus unedo*, *Phillyrea latifolia*, *Fraxinus ornus* στα χαμηλότερα υψόμετρα και τα *Juniperus oxycedrus*, *Cornus mass*, *Pyrus amygdaliformis*, *Pyrus spinosa*, *Crataegus sp.* Η υποβλάστηση αποτελείται από τα *Dactylis glomerata*, *Galium sp.* *Viola silvatica*, *Aremonia agrimonoides*, *Trifolium sp.*

Η υποζώνη *Quercion confertae* με τον αυξητικό χώρο *Quercetum montanum* καλύπτει τη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής έρευνας. Εκτείνεται από τα 900 ως τα 1400 m περίπου όπου και κυριαρχεί η *Pinus nigra* με σποραδικές εμφανίσεις των *Populus tremula*, *Quercus conferta*, *Quercus cerris* και μεμονωμένα άτομα *Abies borisii regis*, *Fagus silvatica*, *Ostrya carpinifolia*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus ornus*.

Η υπόροφη βλάστηση συμπεριλαμβάνει τα *Abies borisii regis*, *Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus communis*, *Ilex aquifolium*, *Lonicera sp.*, *Rosa sp.*, *Quercus cerris*, *Fagus moesiaca*, *Daphne oleoides*, *Prunus sp.*

Η ποώδης βλάστηση αποτελείται από τα είδη: *Fragaria vesca*, *Viola silvatica*, *Galium rotundifolium*, *Aremonia agrimonoides*, *Pteridium aquilinum*, *Calamagrostis sp.*, *Briza media*, *Dactylis glomerata*, *Galium sp.*, *Thymus sibthorpii*, *Dorycnium sp.*, *Teucrium chamaedrys*, *Clinopodium vulgare*, *Veronica chamaedrys*, *Trifolium sp.*, *Lilium sp.*, *Veronica serpyllifolia*, *Brachypodium silvaticum* και τα βρυόφυτα *Dicranum scoparium*, *Scleropodium purum*.

β. Ζώνη δασών οξιάς-Ελάτης (Fagetalia).

Η ζώνη αυτή διακρίνεται στην υποζώνη Fagion moesiacae και τον αυξητικό χώρο Abieti-Fagetum καταλαμβάνοντας τα ψηλότερα τμήματα της περιοχής, από τα 1200 έως τα 1500 m. Σχηματίζει αμιγείς συστάδες *Pinus nigra* με την εμφάνιση κατά κηλίδες της *Abies borisii regis* (Ζάγκας 1994α). Σε υψηλές και με απότομη κλίση θέσεις απαντώνται αμιγείς συστάδες της *Abies borisii regis*. Δάση *Fagus moesiaca* απαντώνται πάνω από τον οικισμό της Καρυάς, σε μείξη με *Abies borisii regis*, *Pinus nigra* και *Pinus leucodermis* (Ντάφης 1989). Παράλληλα, στα πλαίσια μιας αναστροφής της ζώνης βλάστησης, δάση οξιάς σε μείξη με Ελάτη απαντώνται σε Βόρειες εκθέσεις της περιοχής του Κάτω Ολύμπου, παράλληλα με το οδικό δίκτυο Καλλιπεύκης-Παλαιού Παντελεήμονα.

Στην περιοχή του Κάτω Ολύμπου, στα όρια των παλαιότερων δήμων Γόννων και Αμπελώνα εμφανίζεται το μοναδικό δάσος αρκοδοπούρναρου (*Ilex aquifolium*) της Ελλάδας, καλύπτοντας έκταση 1800 περίπου στρεμμάτων (Κατσαρός 1991).

2.5 Πανίδα

Η περιοχή είναι πλούσια σε είδη άγριας πανίδας. Σε αυτό συμβάλλει η ποικιλομορφία της περιοχής με το μεγάλο αριθμό φυτικών ειδών και το έντονο ανάγλυφο, έχοντας ως άμεσο αποτέλεσμα τη φιλοξενία μεγάλου αριθμού θηλαστικών, πτηνών και ερπετών. Μερικά από τα είδη που απαντώνται είναι τα παρακάτω:

Θηλαστικά:

Αρκούδα (*Ursus arctos*), λαγός (*Lepus europeus*), λύκος (*Canis lupus*), αγριογούρουνο (*Sus scrofa*), ζαρκάδι (*Capreolus capreolus*), αλεπού (*Vulpes vulpes*), πετροκούναβο (*Martes foina*), ασβός (*Meles meles*), σκίουρος (*Sciurus vulgaris*), αγριόγατος (*Felis silvestris*), νυφίτσα (*Mustela nivalis*), σκαντζόχοιρος (*Erinaceus concolor*).

Πτηνά:

Δενδρότσιγλα (*Turdus viscivorus*), κότσυφας (*Turdus merula*), γεράκι (*Falco sp.*), καρακάξα (*Pica pica*), κόρακας (*Corvus corax*), φάσα (*Columba palumbus*), δεκαοχτούρα (*Streptopelia dekaocto*), μπούφος (*Bubo bubo*), δρυοκολάπτης (*Picus viridis*), κίσσα (*Garrulus glandarius*).

Ερπετά:

Χελώνα (*Testudo hermanni*), πράσινη σαύρα (*Lacerta viridis*), κοινή σαύρα (*Podarcis muralis*), σαπίτης (*Malpolon monspessulanus*), έχιδνα (*Vipera ammodytes*), δενδρογαλιά (*Columber gemonensis*).

Αμφίβια

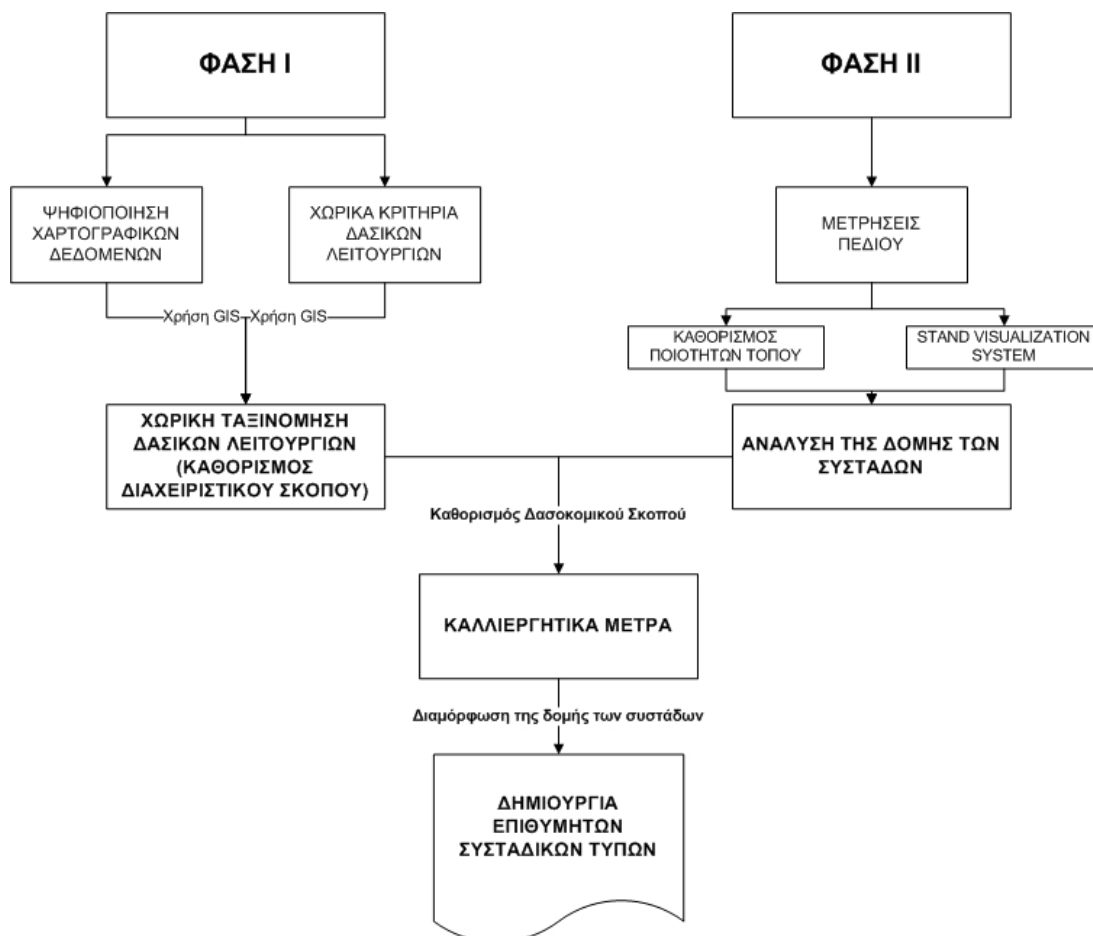
Σαλαμάνδρα (*Salamandra salamandra*), κοινός τρίτωνας (*Triturus vulgaris*), πράσινος φρύνος (*Bufo viridis*), Φρύνος (*Bufo bufo*), λιμνοβάτραχος (*Rana ridibunda*).

Ψάρια

Μπριάνα (*Brabus sp.*).

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία της έρευνας χωρίστηκε σε δύο κύριες φάσεις. Κάθε μία από αυτές χωρίστηκε σε επιμέρους στάδια όπου έγινε συνδυασμός χωρικών αναλύσεων και στοιχείων πεδίου, εξαγόμενα σε κατάλληλη μορφή ώστε να καθίσταται δυνατή η χρησιμοποίησή τους σε ένα πλαίσιο δασοκομίας πολλαπλών σκοπών. Στη συγκεκριμένη έρευνα επιχειρήθηκε ένας συνδυασμός μεθοδολογιών που περιγράφονται τόσο στην εγχώρια όσο και στη διεθνή βιβλιογραφία, με τρόπο ώστε να οδηγήσουν σε ένα ενιαίο σύστημα διαχωρισμού των δασικών λειτουργιών και κατά συνέπεια στην περεταίρω διαχείρισή τους, έχοντας ως βάση την εφαρμογή δασοκομικών χειρισμών. Το παρακάτω συνοπτικό διάγραμμα ροής παρουσιάζει τις κύριες φάσεις και βήματα που ακολουθήθηκαν για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης έρευνας.



Εικόνα 4.1 Διάγραμμα ροής της μεθόδου έρευνας

Αναλυτικά, η μέθοδος της έρευνας περιλαμβάνει τις εξής παρακάτω φάσεις και στάδια:

4.1 Φάση I

4.1.1 Ψηφιοποίηση χαρτογραφικών δεδομένων.

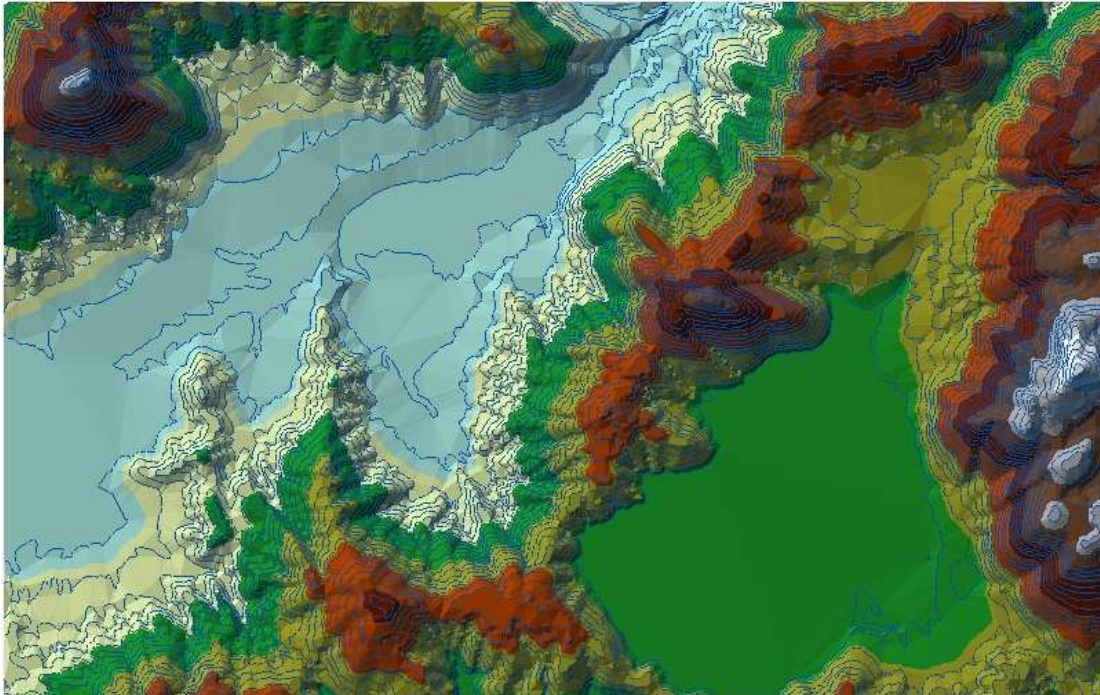
Στο στάδιο αυτό τοπογραφικοί χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού –ΓΥΣ (Φύλλο Γόννοι), κλίμακας 1:50.000, και γεωλογικοί χάρτες (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών-ΙΓΜΕ 1981, κλίμακας 1:50.000) εισήχθησαν στο περιβάλλον του λογισμικού ArcGIS 9.3 της ESRI και μετά από επεξεργασία, δημιουργήθηκαν σε ψηφιακή μορφή (με τη μέθοδο Heads up Digitizing) οι παρακάτω βάσεις δεδομένων:

- Των ισούψων καμπυλών ανά 20 m (Γραμμικό επίπεδο).
- Του υδρογραφικού δικτύου (Γραμμικό επίπεδο).
- Του γεωλογικού υποβάθρου της περιοχής (Πολυγωνικό επίπεδο).
- Του οδικού δικτύου (Γραμμικό επίπεδο).

Ως προβολικό σύστημα ορίστηκε το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ '87), το οποίο στην πράξη χρησιμοποιείται στον Ελληνικό χώρο σταδιακά από το 1989 (Συγγρός 2004). Παράλληλα, δεδομένα με βάση τους κωδικούς Corine Land Cover Map 2000 χρησιμοποιήθηκαν ως επίπεδο Πολυγωνικής μορφής για τη διάκριση των χρήσεων γης στην υπό μελέτη περιοχή.

Για την καταγραφή των οικιών και των εγκαταστάσεων που εντοπίζονται μέσα στην περιοχή έρευνας και την περαιτέρω δημιουργία του Σημειακού επιπέδου, χρησιμοποιήθηκε φορητή συσκευή δορυφορικού εντοπισμού - GPS (Magellan explorer 500), εξαιτίας του γεγονότος ότι η αναγνώριση και η καταγραφή τους μέσα από αεροφωτογραφίες ήταν αδύνατη λόγω του βαθμού κάλυψης από τη δασική βλάστηση. Καταβλήθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια ώστε η ακρίβεια κατά τη διάρκεια της μέτρησης να είναι η μέγιστη δυνατή (2-3m).

Έχοντας ως βάση το γραμμικό επίπεδο των χωροσταθμικών καμπυλών και εφαρμόζοντας τη μέθοδο της τριγωνοποίησης Delannay, γνωστή ως TIN (Triangulated Irregular Network) (Κουτσόπουλος 2005) δημιουργήθηκε αρχικά η απεικόνιση της περιοχής έρευνας σε τρισδιάστατη μορφή (εικόνα 4.2) και σε δεύτερη φάση το επίπεδο των κλίσεων, των εκθέσεων και των υψομέτρων της περιοχής έρευνας. Η όλη διαδικασία ολοκληρώθηκε με την εντολή Spatial Analyst του λογισμικού ArcMap. Κατά τη δημιουργία των ψηφιδωτών αρχείων (raster files) ως ελάχιστο μέγεθος φατνίου (pixel) επιλέχθηκε η διάσταση των 20 μέτρων.



Εικόνα 4.2 Τρισδιάστατη απεικόνιση της περιοχής έρευνας με τη μέθοδο του Ακανόνιστου Δικτύου Τριγώνων (Triangulated Irregular Network - TIN).

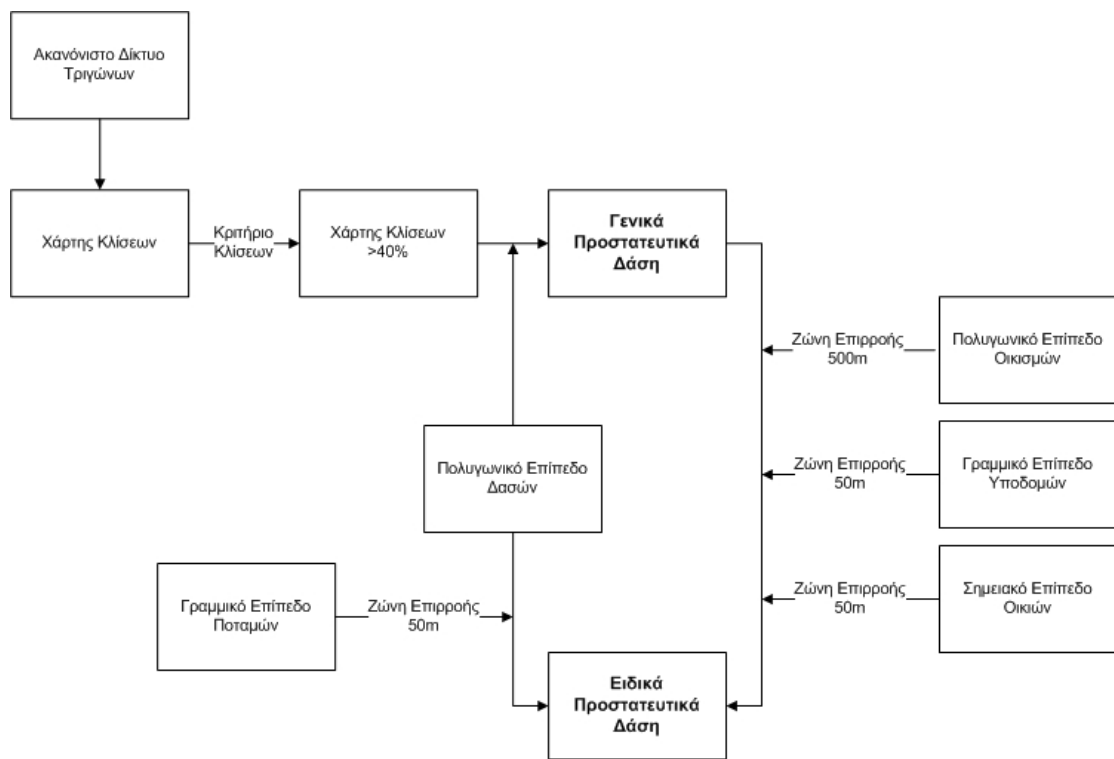
4.1.2 Χωρικά κριτήρια δασικών λειτουργιών

Η μεθοδολογία διαχωρισμού των δασικών λειτουργιών βασίζεται σε χωρικά κριτήρια ακολουθώντας τη γενική μέθοδο των Wang *et al.* (2006) σε συνδυασμό με τη μέθοδο των Baskent *et al.* (2008), προσαρμοσμένη στις Ελληνικές συνθήκες. Η κλίση του ανάγλυφου θεωρήθηκε ως ο κυρίαρχος παράγοντας κατά το διαχωρισμό, καθώς επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις υδρολογικές λειτουργίες ενός ορεινού δασικού οικοσυστήματος (ECOMAP 1993), καθορίζοντας παράλληλα την οικολογία των τύπων της βλάστησης (Ζάγκας 1990, Dai *et al.* 2003). Συνεπώς, καθορίστηκαν οι τρεις παρακάτω κύριες κατηγορίες των δασών μέσα από τις λειτουργίες που προσφέρουν σε συνάρτηση με τη θέση τους στο χώρο:

4.1.2.1 Προστατευτικά δάση.

Με βάση την εργασία των Zampa *et al.* (2004), η χαρτογράφηση των δασών με γενικό προστατευτικό ρόλο μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρησιμοποίηση ενός ορίου της κλίσης του ανάγλυφου, πάνω από το οποίο η δασική έκταση θεωρείται ότι ασκεί προστατευτική δράση. Το γενικό αριθμητικό όριο της κλίσης του 40% (21,8°), προέρχεται από την Ελβετική μέθοδο χαρτογράφησης των προστατευτικών δασών

(Zampra *et al.* 2004). Ειδικό προστατευτικό ρόλο αποκτούν όλες οι προαναφερθείσες δασικές εκτάσεις που συνδυάζουν την ύπαρξη υποδομών (πρωτεύον οδικό δίκτυο, δίκτυο ρεύματος της ΔΕΗ) και οικισμών μέσα στα όριά τους. Επιπρόσθετα, με ειδικό προστατευτικό ρόλο επιφορτίζονται όλες οι δασικές εκτάσεις που εντοπίζονται περιμετρικά των ορίων των οικισμών (περιαστικές) σε ακτίνα 500 μέτρων και πληρούν παράλληλα το γενικό κριτήριο της κλίσης. Τέλος, δασικές εκτάσεις με ειδικό προστατευτικό ρόλο χαρακτηρίζονται αυτές που εντοπίζονται μέσα σε μία ζώνη 50 μέτρων εκατέρωθεν ποταμών (Nekhay *et al.* 2009) και 25 μέτρων εκατέρωθεν των ρεμάτων (riparian buffer zones). Η όλη μεθοδολογία απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα (εικόνα 4.3).



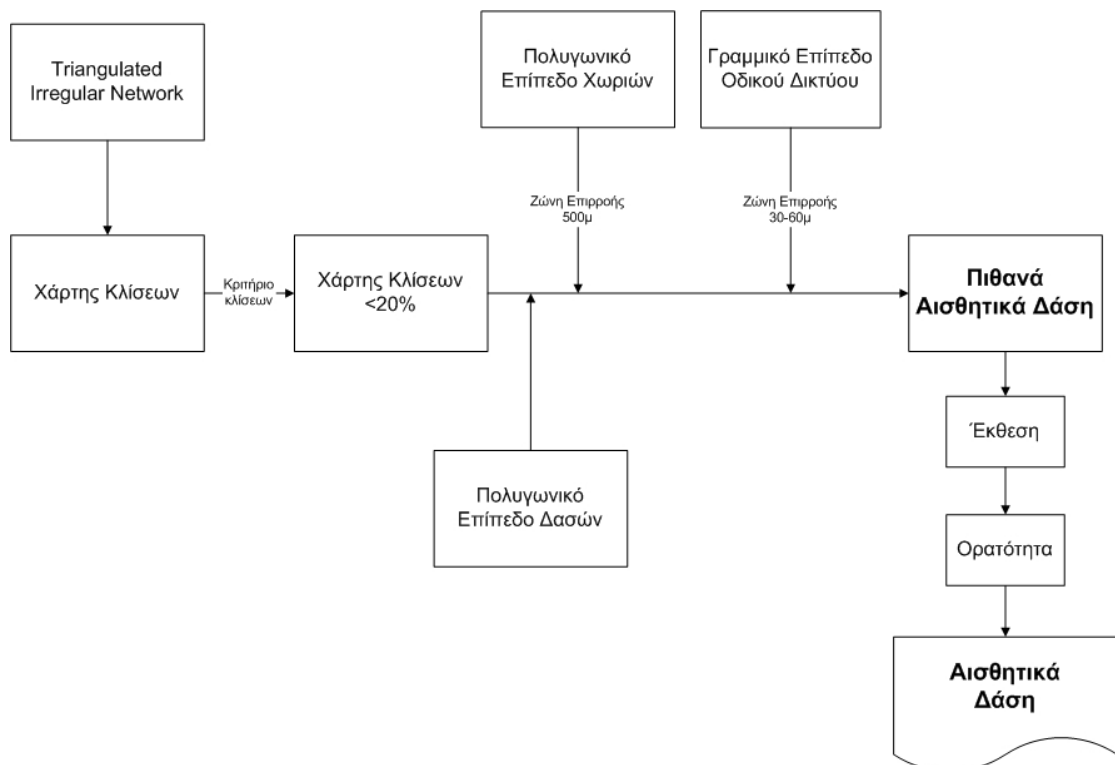
Εικόνα 4.3 Διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας χαρτογράφησης των προστατευτικών δασών

4.1.2.2 Αισθητικά δάση-δάση αναψυχής.

Βάση για τη χαρτογράφηση των δασών αυτής της κατηγορίας αποτέλεσε η εργασία των Baskent *et al.* (2008), όπου γίνεται περιγραφή των κριτηρίων που καθορίζουν αρχικά τη θέση τέτοιων δασικών εκτάσεων. Σύμφωνα με αυτούς οι δασικές εκτάσεις αναψυχής θα πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 30 ως 60 μέτρα από το υπάρχον οδικό δίκτυο και ως 500 μέτρα περιμετρικά από κατοικημένες περιοχές. Επιπρόσθετα, ο Kliskey (2000) θέτει ακόμη τρεις παραμέτρους καταλληλότητας για τα δάση αναψυχής και πιο συγκεκριμένα την κλίση, την τοπογραφία και τη σύνθεση που όμως

μπορεί να τροποποιηθεί με την εφαρμογή δασοκομικών χειρισμών. Συνεπώς η κλίση πρέπει να χαρακτηρίζεται από οριζόντια ως ήπια (0-20%, Ντάφης 1986), ενώ η σειρά καταλληλότητας των εκθέσεων είναι προτιμότερο να ακολουθεί τα ποσοστά ηλιοφάνειας λόγω του μεγάλου υψομέτρου της περιοχής έρευνας. Για το λόγο αυτό πλέον κατάλληλες περιοχές παρουσιάζονται αυτές με νότια έκθεση, δυτική στη συνέχεια, ανατολική και τέλος αυτές με βόρεια έκθεση.

Σε πολλές περιπτώσεις τα δάση αναφυχής συνδυάζονται και με θέσεις που προσφέρουν θέα, δημιουργώντας ακόμη καλύτερες συνθήκες που οδηγούν σε ψυχική ανάταση ενός πιθανού επισκέπτη. Συνεπώς, κριτήριο προς επιλογή δασών αναφυχής είναι δυνατό να αποτελέσει και ο βαθμός της οπτικής ποιότητας, μιας παραμέτρου που μπορεί να εκτιμηθεί μέσα από τη χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (e.g. Vargues and Loures 2008). Στην παρούσα εργασία η οπτική ποιότητα των υπό εξέταση αισθητικών δασών εκτιμήθηκε με βάση την ορατότητα της κάθε θέσης, δηλαδή μέσα από την εκτίμηση της ολικής έκτασης του αναγλύφου που είναι ορατή από μια συγκεκριμένη θέση. Συνοπτικά, η όλη μεθοδολογία παρουσιάζεται στο διάγραμμα ροής της παρακάτω εικόνας (4.4).



Εικόνα 4.4 Διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας χαρτογράφησης των αισθητικών δασών

4.1.2.3 Παραγωγικά δάση.

Χρησιμοποιώντας ως υπόβαθρο τη μεθοδολογία των Baskent *et al.* (2008), ως παραγωγικά δάση χαρακτηρίζονται όλα όσα εκπίπτουν των δύο παραπάνω κατηγοριών. Με βάση αυτό το διαχωρισμό, τα παραγωγικά δάση μπορούν να διαχειριστούν σύμφωνα με τον αειφορικό τρόπο διαχείρισης που εφαρμόζονταν τις προηγούμενες δεκαετίες από τη Δασική Υπηρεσία.

4.1.2.4 Ειδικές λειτουργίες.

Η πολλαπλή χρήση των δασών παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες, όσον αφορά την προσέγγισή της. Ο Gregory (1987) επισημαίνει ότι μια δασική έκταση προσφέρει πολλά αγαθά αλλά για κάθε ένα τμήμα της θα πρέπει να οριστεί μια χρήση πρωτεύουσας σημασίας. Παράλληλα, είναι δυνατός ο ορισμός διαφορετικών δευτερευόντων ρόλων που όμως δεν έρχονται σε σύγκρουση με τον πρωταρχικό (Eker 2007). Στα πλαίσια αυτών των ορισμών είναι δυνατή η εξέταση ειδικών λειτουργιών που είναι δυνατό να εκπληρωθούν σε ικανοποιητικό βαθμό.

Η εφαρμογή δασοκομικών χειρισμών στα επιλεγμένα τμήματα είναι πιθανό να οδηγήσει σε μεταβολή της ποσότητας του παραγόμενου νερού που απορρέει μέσα από αυτές εξαιτίας των εισερχόμενων αλλαγών της επιφανειακής δασικής κάλυψης (Stednick 1996). Παράλληλα, αλλαγή των οικολογικών συνθηκών εξαιτίας των δασοκομικών χειρισμών οδηγεί σε αλλαγή της σύνθεσης και της κατανομής των ειδών (Torras and Sauga 2008) και ως εκ τούτου σε μεταβολή των δεικτών της βιοποικιλότητας της περιοχής. Συνεπώς, μετά τη χωρική κατανομή των παραπάνω πρωτευουσών δασικών λειτουργιών και τη δασοκομική έρευνα, δύο ακόμη λειτουργίες ερευνώνται:

α) Η υδρονομική και

β) Η διατήρηση της βιοποικιλότητας, ως λειτουργία.

Η έρευνα των δύο αυτών λειτουργιών κατά τρόπο παράλληλο με τις προαναφερθείσες κατηγοριοποιήσεις των δασικών εκτάσεων στηρίζεται στο γεγονός ότι αφενός είναι εφικτός ο μεταξύ τους συνδυασμός, αφετέρου αποτελούν μέτρο ανθρωπογενούς παρέμβασης και συνεπώς θα πρέπει να λαμβάνονται συνεχώς υπόψη μέσα στα σύγχρονα πλαίσια της δασοπονίας πολλαπλών σκοπών.

- Υδρονομική λειτουργία

Η σύνδεση της παραπάνω λειτουργίας με την εφαρμογή των δασοκομικών χειρισμών επιτεύχθηκε με βάση τη μεταβολή της κυκλικής επιφάνειας (basal area), καθώς αυτή αποτελεί ικανοποιητικό δείκτη της έντασης μιας δασοκομικής επέμβασης. Ωστόσο, η

εκτίμηση της παραγωγής νερού μετά από μια αραίωση είναι ένα αρκετά δύσκολο εγχείρημα, ιδιαίτερα εάν το ανάγλυφο της υπό μελέτη περιοχής είναι έντονο. Εξαιτίας της έλλειψης πειραματικών δεδομένων που να ανταποκρίνονται στις Ελληνικές συνθήκες επιλέχθηκε το μοντέλο των Zhang *et al.* (2001) για το λόγο ότι έχει βασιστεί σε ένα αρκετά μεγάλο δείγμα λεκανών απορροής ώστε να καλύπτει την πλειονότητα των κλιματολογικών τύπων (Sun *et al.* 2006). Η φιλοσοφία του μοντέλου αυτού βασίζεται σε μια σειρά υποθέσεων που αναλυτικά έχουν παρουσιαστεί στις εργασίες των Sun *et al.* (2005) και Sun *et al.* (2006). Οι Zhang *et al.* (2001) συσχέτισαν τη μέση ετήσια πραγματική εξατμισιοδιαπνοή (ET), την ετήσια ποσότητα κατακρημνισμάτων (P) και τη δυνητική εξατμισιοδιαπνοή του Priestley-Taylor με την παρακάτω εξίσωση:

$$ET = \left(\frac{1 + w \frac{PET}{P}}{1 + w \frac{PET}{P} + \frac{P}{PET}} \right) x P$$

Όπου w είναι μία σταθερά της διαθεσιμότητας του νερού για τη βλάστηση και αντιπροσωπεύει τις σχετικές διαφορές της κατανάλωσης του νερού κατά τη διαδικασία της εξατμισιοδιαπνοής. Οι τιμές της παραμέτρου που έχουν δημοσιευθεί από τους Zhang *et al.* (2001) είναι ίσες με την τιμή 2 για τη δενδρώδη βλάστηση και 0,5 για βλάστηση που περιλαμβάνει αγρωστώδη και θαμνώδη είδη. Συνεπώς, το συνολικό ποσό της ετήσιας εξατμισιοδιαπνοής προσδιορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$ET = \sum Et_i \cdot f_i$$

Όπου f_i το ποσοστό της χρήσης της γης i που συμπεριλαμβάνει δάση κωνοφόρων, πλατυφύλλων, μικτά δάση, ποολίβαδα, θαμνώνες αειφύλλων πλατυφύλλων και υδάτινες επιφάνειες (Sun *et al.* 2005).

Βασική δυσκολία του παραπάνω μοντέλου αποτελεί ο προσδιορισμός της τιμής της δυνητικής εξατμισιοδιαπνοής του Priestley-Taylor καθώς αυτή απαιτεί δεδομένα ουδέτερης ή καθαρής ηλιακής ακτινοβολίας (net solar radiation) που σπανίως είναι διαθέσιμα από μετεωρολογικούς σταθμούς (McCuen and Asmussen 1976) ενώ η ίδια παράμετρος δείχνει να παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις της τάξης του 10% από ραδιόμετρα πυκνά τοποθετημένα μεταξύ τους (Holmes and Watson 1967). Επιπλέον, διαφορετικές τιμές του συντελεστή αντανάκλασης των επιφανειών (albedo) που μπορεί να συμπεριλαμβάνουν γυμνό έδαφος, ποώδη ή δενδρώδη βλάστηση κάνουν το πρόβλημα ακόμη εντονότερο. Θέλοντας να ξεπεράσουν το πρόβλημα και να επεκτείνουν τις δυνατότητες του μοντέλου τους, οι Zhang *et al.* (2001) θεώρησαν ότι όταν μελετάται δασωμένη λεκάνη απορροής με δενδρώδη είδη, η τιμή της PET είναι

ίση με 1410 mm ενώ όταν η κάλυψη συμπεριλαμβάνει θαμνώδη είδη τότε αυτή είναι ίση με 1100 mm σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$ET = \left(f \frac{1 + 2 \frac{1410}{P}}{1 + 2 \frac{1410}{P} + \frac{P}{1410}} + (1-f) \frac{1 + 0,5 \frac{1100}{P}}{1 + 0,5 \frac{1100}{P} + \frac{P}{1100}} \right) xP$$

Οι ίδιοι συγγραφείς τονίζουν πως η αναγωγή αυτή έχει γίνει για απλούστευση του μοντέλου δίχως να καθορίζει την τιμή της δυνητικής εξατμισιοδιαπνοής όπως αυτή ορίζεται (Zhang *et al.* 1999). Η εφαρμογή της παραπάνω εξίσωσης στην περιοχή έρευνας οδηγεί σε γενική θεώρηση και δεν δίνει τη δυνατότητα χαρτογράφησης των περιοχών όπου η εξατμισιοδιαπνοή είναι η μέγιστη ή η ελάχιστη δυνατή ώστε να διαχειριστεί κατάλληλα και να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις των επεμβάσεων στον υδρολογικό κύκλο. Το έντονο ανάγλυφο της περιοχής έρευνας οδηγεί σε μεγάλες αποκλίσεις της δυνητικής εξατμισιοδιαπνοής καθώς υπάρχουν τοποθεσίες όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι ελάχιστη κατά τη διάρκεια της μέρας λόγω συνεχούς σκίασης. Οι διακυμάνσεις αυτές δεν είναι δυνατό να εκτιμηθούν ούτε με μεθόδους παρεμβολής (interpolations) μεταξύ διασπαρμένων μετεωρολογικών σταθμών (Tovar-Pescador *et al.* 2006). Επιπλέον, η κύρια παράμετρος της έκθεσης δεν είναι δυνατό να συνεκτιμηθεί με αποτέλεσμα τη μονόπλευρη προσέγγιση του προβλήματος. Οι Sun *et al.* (2005) εκτίμησαν την τιμή της ουδέτερης ακτινοβολίας βασίζόμενοι στη θερμοκρασία, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που παρουσιάστηκε από τους Federel and Lash (1978). Όπως και οι ίδιοι αναγνώρισαν, η μεθοδολογία αυτή ίσως να μην οδηγεί σε ακριβή αποτελέσματα κατά την εφαρμογή της. Προκειμένου να ξεπεραστούν τα προβλήματα αυτά, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η επέκταση solar analyst του λογισμικού ArcGIS 9.3, όπως έχει εξελιχθεί για τις ανάγκες της δασολογικής επιστήμης (Fu and Rich 2002). Αυτή προσφέρει τη δυνατότητα υπολογισμού της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθε φατνίο μιας επιφάνειας, συνυπολογίζοντας παραμέτρους όπως είναι ο βαθμός σκίασης, η διάρκεια της μέρας με βάση το γεωγραφικό μήκος, η έκθεση, το υψόμετρο κτλ. Συγκρινόμενη με πραγματικά δεδομένα μεσογειακών περιοχών έχει παρουσιάσει αρκετά καλά αποτελέσματα ($R^2=0,75$) για μέγεθος φατνίου 20 m και οι οποίες αποκλίσεις έχουν αποδοθεί στις διαφορετικές τιμές τοπογραφικών παραμέτρων του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου και των πραγματικών τιμών στο πεδίο (Tovar-Pescador *et al.* 2006). Η μετατροπή της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας (solar radiation) σε ουδέτερη (net radiation) βασίστηκε στη διεθνή βιβλιογραφία και στη στενή γραμμική σχέση που συνδέει τις δύο αυτές παραμέτρους. Συνεπώς, για δάση κωνοφόρων ισχύει ότι (Komatsu *et al.* 2007):

$$R_n = 0,82 S^{\downarrow}$$

Όπου S^{\downarrow} =ολική ηλιακή ακτινοβολία

R_n =ουδέτερη ηλιακή ακτινοβολία

Η ίδια περίπτωση σχέση έχει υποστηριχθεί και από τους Jarvis *et al.* (1976). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η εποχική διακύμανση της αντανακλαστικής ιδιότητας της βλάστησης των κωνοφόρων είναι περίπτωση σταθερή εξαιτίας της αειφορίας και η εξίσωση αυτή θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί με επιφύλαξη σε περίπτωση φυλλοβόλων πλατυφύλλων εξαιτίας της μεγάλης εποχιακής αλλαγής της φυλλικής επιφάνειάς τους (Komatsu *et al.* 2007).

Η σταθερά του Priestley-Taylor υπολογίστηκε σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση (Priestley and Taylor 1972):

$$PET = \frac{1,26\Delta(R_n / \rho l)}{\Delta + \gamma}$$

Όπου PET = δυνητική εξατμισιοδιαπνοή (cm/day)

R_n = ουδέτερη ηλιακή ακτινοβολία (cal/m²/day)

1,26 = σταθερά Priestley-Taylor (υπάρχουν ενδείξεις ότι μπορεί να είναι λίγο μεγαλύτερη)

Δ = η κλίση της καμπύλης κορεσμού των υδρατμών (hPa/°C)

γ = ψυχομετρικός συντελεστής (hPa/°C)

l = λανθάνουσα θερμότητα της εξάτμισης (cal/g)

ρ = πυκνότητα του νερού (g/cm³)

Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να απλουστευθεί σε (Linsley *et al.* 1982, Ponce 1994):

$$PET = \frac{1,26a(R_n / \rho l)}{a + 1}$$

Όπου $a = \Delta/\gamma$.

Οι τιμές των παραμέτρων a , ρ και l εκτιμήθηκαν με βάση τους πίνακες π.1 και π.2 που αναλυτικά παρουσιάζονται στο παράρτημα και προέρχονται από τις εργασίες των Linsley *et al.* (1982) και Ponce (1994). Εισάγοντας τα παραπάνω μοντέλα στο λογισμικό ArcGIS 9.3 επιχειρήθηκε η χαρτογράφηση της εξατμισιοδιαπνοής, η επιφανειακή απορροή και οι επιπτώσεις μιας πιθανής υλοτομικής επέμβασης για όλη την περιοχή έρευνας που καλύπτεται από δάση κωνοφόρων.

- Βιοποικιλότητα - Προσδιορισμός του δείκτη Shannon Index

Πληθώρα τοπογραφικών χαρακτηριστικών του ανάγλυφου όπως είναι η έκθεση, η κλίση, το υψόμετρο, η κυρτότητα των πλαγιών, το μήκος των πλαγιών κτλ. παίζουν

καθοριστικό ρόλο στην κατανομή της βλάστησης και της βιοποικιλότητας (Hansen and Rotella 1999). Παρά τη σαφή σύνδεση μεταξύ της τοπογραφίας και της βιοποικιλότητας σχετικά λίγες εργασίες έχουν ασχοληθεί με την ποσοτικοποίηση και τον πλήρη καθορισμό αυτής της σχέσης (Coblentz and Riitters 2004). Οι Hashemi and Kafaki (2009) σε μία προσπάθεια κατανόησης της λειτουργίας της δασικής βιοποικιλότητας έλεγξαν τη συσχέτιση των πιο κοινών δεικτών προσδιορισμού της με τοπογραφικά χαρακτηριστικά των δειγματοληπτικών επιφανειών. Οι Coblentz and Riitters (2004) ανέλυσαν την υπόθεση της δημιουργίας ενός μοντέλου πρόβλεψης της βιοποικιλότητας, βασιζόμενου σε ένα συνδυασμό τοπογραφικών παραμέτρων που ενδεχομένως θα μπορούσε να εξηγήσει την κατανομή της βιοποικιλότητας σε μεγάλη κλίμακα.

Στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια χαρτογράφησης του δείκτη της βιοποικιλότητας Shannon Index, με βάση τη συσχέτισή του με φυσιογραφικούς παράγοντες και πιο συγκεκριμένα με την κλίση, το υψόμετρο και την έκθεση. Για κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια υπολογίσθηκε η ποικιλότητα των δενδρωδών ειδών χρησιμοποιώντας ως εισαγωγικό στοιχείο την αναλογία της κυκλικής επιφάνειας (m^2/ha) του κάθε είδους στον παραπάνω δείκτη, αφού αυτός έχει χρησιμοποιηθεί, μεταξύ άλλων, με σκοπό την αξιολόγηση των επιπτώσεων δασοκομικών χειρισμών σε δάση της μεσογειακής και υποηπειρωτικής ζώνης (Torras and Saura 2008). Οι συγκεκριμένοι συγγραφείς χρησιμοποίησαν μια σειρά δεικτών προσδιορισμού της βιοποικιλότητας που βασίζονται κυρίως σε χαρακτηριστικά της δομής των μεσογειακών δασών. Ο δείκτης του Shannon αποτελεί έναν από τους πλέον χρησιμοποιούμενους δείκτες της βιοποικιλότητας (Whittaker 1972). Ο συγκεκριμένος δείκτης λαμβάνει υπόψη τόσο την ομοιομορφία όσο και την περιεκτικότητα σε είδη ενός δείγματος (Magurran 1988) ενώ είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος σε μεταβολές σπάνιων ειδών (Pielou 1966). Η εξαγόμενη στατιστική εξίσωση με τη χρήση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, αποτέλεσε το γραμμικό μοντέλο ώστε με τη βοήθεια των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών να χαρτογραφηθεί ο δείκτης Shannon Index των δασικών δενδρωδών ειδών της περιοχής έρευνας.

Ο δείκτης της βιοποικιλότητας Shannon index δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

Όπου

s = ο αριθμός των ειδών των δειγμάτων

p_i = η σχετική πυκνότητα του είδους i

4.2 Φάση II

4.2.1 Μετρήσεις Πεδίου

Μετά τη χωρική ανάλυση και την κατανομή των δασικών λειτουργιών σύμφωνα με τα κριτήρια της πρώτης φάσης, ακολούθησε ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των συστάδων που εμπίπτουν στην κάθε κατηγορία. Σε κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια εμβαδού 500 m² μετρήθηκαν όλα τα δέντρα διαμέτρου ≥ 4 cm. Για κάθε δέντρο, το οποίο και αριθμήθηκε ξεχωριστά, καταγράφηκαν τα παρακάτω στοιχεία, σε ειδικό έντυπο του εργαστηρίου της δασοκομίας:

- 1) **Ύψος:** Με τη βοήθεια υψομέτρου Haga μετρήθηκε το ύψος του κάθε δέντρου με ακρίβεια 1m.
- 2) **Διάμετρος:** Μετρήθηκε η στηθιαία διάμετρος του κάθε δέντρου με τη βοήθεια παχύμετρου και με ακρίβεια 1cm.
- 3) **Ύψος έναρξης κόμης:** Για κάθε δέντρο μετρήθηκε το ύψος έναρξης του ζωντανού φυλλώματος της κόμης.
- 4) **Μήκος κόμης:** Η παράμετρος αυτή εκτιμήθηκε αφαιρώντας το ύψος έναρξης της κόμης από το συνολικό ύψος του δέντρου.
- 5) **Δασοκομικές και κοινωνικές τάξεις κορμών:** Χρησιμοποιώντας το σύστημα κατάταξης IUFRO εκτιμήθηκε η κοινωνική θέση και η οικονομική σημασία των δέντρων (Leibundgut 1959, Ντάφης 1990).

- **Κοινωνική θέση:**

- 100 **Ανώροφος:** Περιλαμβάνει άτομα που έχουν ύψος μεγαλύτερο από τα 2/3 του ανώτερου μέσου ύψους της συστάδας.

- 200 **Μεσώροφος:** Περιλαμβάνει άτομα ύψους που κυμαίνεται από 1/3 ως 2/3 του ανώτερου μέσου ύψους της συστάδας.

- 300 **Υπόροφος:** Περιλαμβάνει άτομα με ύψος μικρότερο του 1/3 του ανώτερου ύψους της συστάδας.

- **Τάξεις ζωτικότητας**

- 10: Για τα δέντρα που αναπτύσσονται ζωηρά

- 20: Δέντρα που αναπτύσσονται κανονικά.

- 30: Δέντρα που αναπτύσσονται καχεκτικά.

- **Τάξεις ανάλογα με την τάση κοινωνικής εξέλιξης**

- 1: Σε προαυξανόμενα δέντρα ή κοινωνικά ανερχόμενα.

-2: Συναυξανόμενα δέντρα ή κοινωνικά παραμένοντα.

-3: Υπολειπόμενα δέντρα ή κοινωνικά κατερχόμενα.

- **Ανάλογα με την οικονομική σημασία**

-K: Πολύτιμο ξύλο (40)

-M: Κανονικό ξύλο (50)

-κ: Ελαττωματικό ξύλο (60)

Μαζί με όλα τα παραπάνω, εκτιμήθηκε για κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια ένα σύνολο άλλων στοιχείων που αφορούν:

6) Χωρικά δεδομένα (spatial data) όπως: Θέση, υψόμετρο, κλίση εδάφους, έκθεση, έκταση επιφάνειας.

7) Χαρακτηριστικά βλάστησης (vegetation data), όπως: Είδος δέντρου, ηλικία συστάδας, βαθμός συγκόμωσης, δασοπονικά είδη.

8) Διάφορα στοιχεία όπως: Αριθμός μέτρησης, ημερομηνία μέτρησης, ποιότητα τόπου.

9) Σύνθεση της βλάστησης: Καταγράφηκαν όλα τα είδη που συνθέτουν τον ανώροφο, μεσώροφο, και υπόροφο (όροφο θάμνων).

Για τη δημιουργία του προφίλ της συστάδας σε δειγματοληπτική επιφάνεια διαστάσεων **10x50m**, εκτός της λήψης των παραπάνω στοιχείων αριθμήθηκαν όλα τα δέντρα και τοποθετήθηκαν σε τοπικό σύστημα αξόνων (χ, ψ με $0 \leq \chi \leq 50$ και $0 \leq \psi \leq 10$), με τον άξονα χ παράλληλο με τις χωροσταθμικές καμπύλες.

Οι διαστάσεις της κόμης εκτιμήθηκαν σε τέσσερα διαφορετικά σημεία (σημεία επιφάνειας κύκλου), τα οποία σχηματίζουν γωνία 90° μεταξύ τους ($\chi_1, \chi_2, \psi_1, \psi_2$) με τον άξονα χ (χ_1, χ_2) παράλληλο με τις χωροσταθμικές καμπύλες με σκοπό την κάθετη προβολή της κάθε κόμης στο επίπεδο του εδάφους και στη συνέχεια τη σωστή τοποθέτησή της στο χώρο.

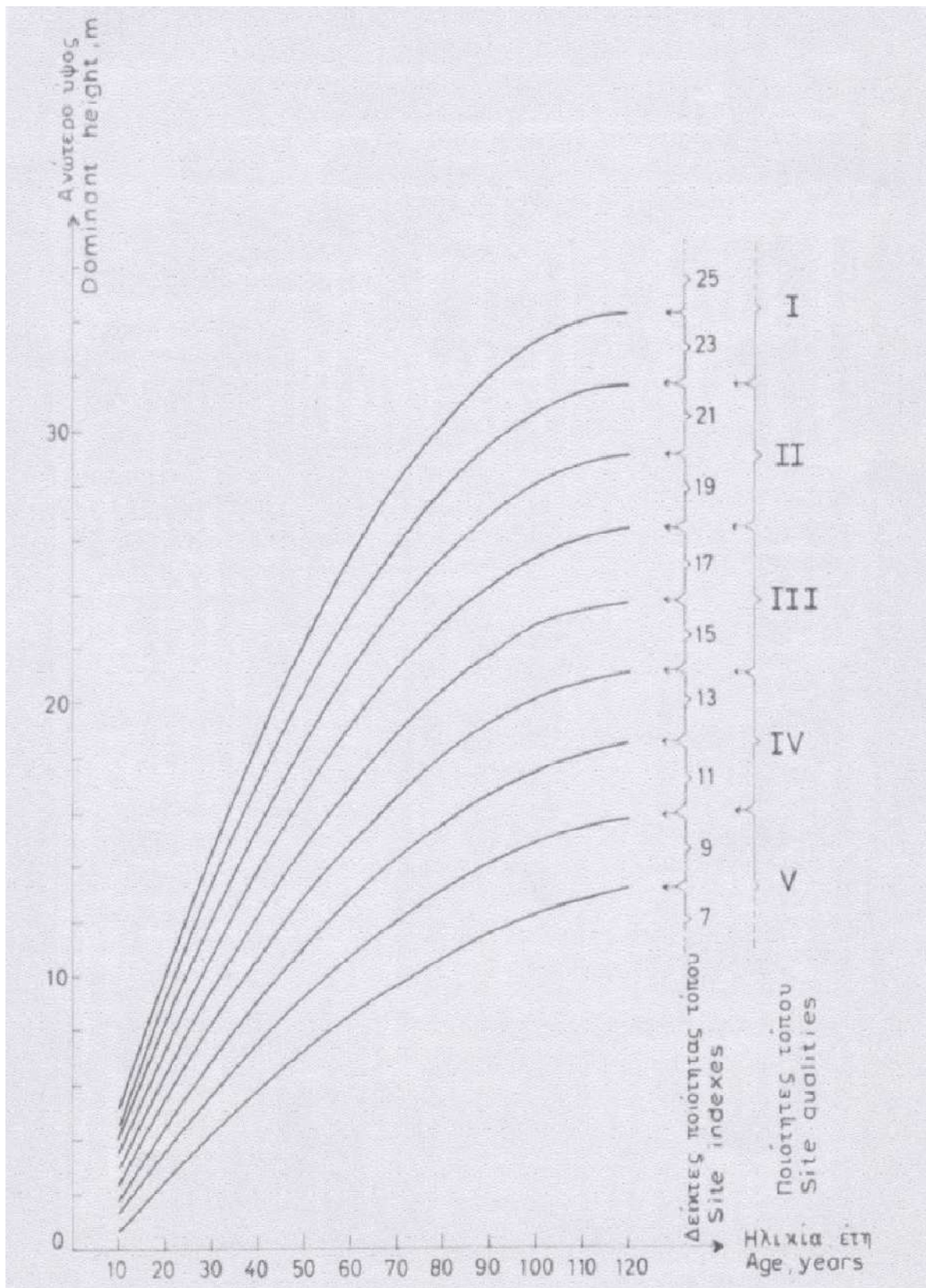
10) Ο βαθμός λυγρότητας, ο οποίος εκφράζει τη σταθερότητα του δέντρου σε σχέση με εξωτερικούς παράγοντες όπως άνεμος, χιόνι, κλίση κτλ. εκτιμήθηκε με βάση τη σχέση ύψους δια της διαμέτρου των δέντρων ακολουθώντας την παρακάτω κλίμακα τεσσάρων βαθμίδων (Burschel and Huss 1987): (α) Υψηλή αστάθεια ($h:d > 100$), (β) Αστάθεια ($h:d = 80-100$), (γ) Σταθερότητα ($h:d 80-45$), (δ) Υψηλή σταθερότητα ($h:d < 45$).

4.2.2 Καθορισμός Ποιοτήτων Τόπου

Ως ποιότητα τόπου ορίζεται η ικανότητα μιας έκτασης να υποστηρίζει την αύξηση των δέντρων (Spurr 1952). Ενσωματώνει τις επιδράσεις του φωτός, της υγρασίας, της γονιμότητας και γενικά των εδαφικών ιδιοτήτων ενός τμήματος του δάσους και καθορίζει την πιθανή πορεία της φωτοσύνθεσης (Davis *et al.* 2001). Ο προσδιορισμός της χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ποσότητας της φυτικής βιομάζας που είναι πιθανό να αναπτυχθεί κάτω από μια συγκεκριμένη διαχείριση (Davis *et al.* 2001). Με στόχο την παραγωγή ξυλείας, η ποιότητα τόπου συχνά εκφράζεται με τη βοήθεια δεικτών βασιζόμενων στην αύξηση των διαφόρων φυτικών ειδών σε ύψος, διάμετρο και διαστάσεων της κόμης. Από όλες τις έμμεσες μεθόδους προσδιορισμού των δεικτών ποιότητας τόπου που έχουν ερευνηθεί, ο ρυθμός της αύξησης των δέντρων σε ύψος είναι η πιο πρακτική, χρήσιμη και ακριβής μέθοδος (Davis *et al.* 2001). Για το λόγο αυτό στην παρούσα εργασία, ο προσδιορισμός των ποιότητων τόπου βασίστηκε στο μέσο ανώτερο ύψος σε μία ηλικία αναφοράς (Χατζηστάθης κ.ά. 1997) με τη χρήση σταθμοδεικτικών καμπυλών προσδιορισμού των δεικτών ποιότητων τόπου της μαύρης Πεύκης (Απατσίδης 1985). Η ηλικία κάθε συστάδας εκτιμήθηκε με τη βοήθεια προσανυξητικής τρυπάνης στο στήθιαίο ύψος ενός τυχαίου αριθμού δέντρων, αυξανόμενη κατά 8 χρόνια, όσο χρειάζεται ένα άτομο μαύρης Πεύκης για να φτάσει στο στήθιαίο ύψος (Απατσίδης 1985).

Ανώτερο ή κορυφαίο μέσο ύψος, ορίζεται ως το μέσο ύψος των δέκα (10) υψηλότερων δέντρων στο στρέμμα, ή των εκατό (100) ατόμων στο εκτάριο (Ντάφης 1990, Απατσίδης 1990) το οποίο ελάχιστα επηρεάζεται από το χειρισμό και την πυκνότητα της συστάδας ενώ εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα τόπου (Αστέρης 1976, Απατσίδης 1985). Τα δένδρα που χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση των ποιότητων τόπου ονομάζονται «δένδρα ποιότητας τόπου» και έπρεπε να διαθέτουν τα εξής χαρακτηριστικά για να επιλεγθούν (Μάτης 1989, Smith 2001, Θανάσης 2004):

- Να είναι κυριαρχούντα ή συγκυριαρχούντα
- Να είναι ευθυτενή χωρίς στρέβλωση, διχάλωση ή κύρτωση.
- Να μην έχουν ζημιές ή σημάδια προσβολής από ασθένειες στην κόμη και στον επικόρυφο βλαστό που ενδεχομένως μπορούσε να επηρεάσει την αύξηση του ύψους.
- Να έχουν υγιείς, πλήρεις κόμεις.
- Να μην έχουν υποστεί καταπίεση, γεγονός που αποδεικνύεται από τους στενούς ετήσιους δακτυλίους.
- Να έχουν μεγαλώσει ελεύθερα και να ήταν κυρίαρχα σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους.



Εικόνα 4.5 Σταθμοδεικτικές καμπύλες *Pinus nigra* (Από: Απατσίδης 1985)

➤ Χαρτογράφηση Ποιοτήτων Τόπου

Η χαρτογράφηση των ποιοτήτων τόπου έγινε αρχικά με τη χρήση της μεθόδου της «τοποδιαδοχής» (Ντάφης 1986) σε συνδυασμό με τη χρήση φυσιολογικών παραγόντων (έκθεση, κλίση). Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τη χαρτογράφηση των ποιοτήτων τόπου είναι (Κακούρος και Ντάφης 2009):

- Η θέση στην πλαγιά.

Μια θέση πλησιέστερη στο κάτω μέρος μιας πλαγιάς είναι πιθανό να χαρακτηρίζεται από βαθύτερο έδαφος, περισσότερη υγρασία και οργανική ουσία καθώς και θρεπτικά συστατικά (Παπαμίχος 1985), στα πλαίσια ενός φαινομένου που ονομάζεται τοποδιαδοχή (Ντάφης 1986). Η κατάταξη των τμημάτων σε ότι αφορά αυτήν την παράμετρο βασίστηκε στην κατάταξη που χρησιμοποιήθηκε για τη σύνταξη του εδαφολογικού χάρτη της Ελλάδος σε συνδυασμό με κάποιες τροποποιήσεις που απλοποιούν την κατάταξη. Η κατάταξη από την ευνοϊκότερη προς την δυσμενέστερη θέση είναι: Επίπεδη επιφάνεια=7, Κάτω μέρος πλαγιάς= 6, Αναβαθμοί=5, Μέσο πλαγιάς=4, Ανώτερο μέρος πλαγιάς=3, Στρογγυλεμένη κορυφή=2, Απότομη κορυφή=1. Στην παρούσα έρευνα, εξαιτίας του γεγονότος ότι οι επίπεδες επιφάνειες εισάγονται με τη χρησιμοποίηση ενός συγκεκριμένου κριτηρίου, το ανάγλυφο της περιοχής όπου εκτείνεται η δενδρώδης βλάστηση χωρίστηκε σε 7 ζώνες που ανταποκρίνονται στα κατώτερα, μεσαία και ανώτερα τμήματα της πλαγιάς.

- Η κλίση.

Όσο μικρότερη είναι η κλίση του εδάφους τόσο μειώνονται οι πιθανότητες διάβρωσης, το έδαφος είναι πλουσιότερο σε θρεπτικά συστατικά, είναι βαθύτερο με αυξημένη εδαφική υγρασία. Για την κλίση έχει χρησιμοποιηθεί 9βάθμια κλίμακα που αντιστοιχεί σε 9 κλάσεις κλίσεων σε μοίρες, με τις κλίσεις από 0-10=9, 11-20=8, 21-30=7, 31-40=6, 41-50=5, 51-60=4, 61-70=3, 71-80=2 και 81-90=1.

- Η Έκθεση.

Η έκθεση επιδρά στη θερμοκρασία του εδάφους με τις Βόρειες και Ανατολικές εκθέσεις να παρουσιάζουν χαμηλότερες θερμοκρασίες και υψηλότερη υγρασία και το αντίστροφο για τις Δυτικές και Νότιες. Η ιεράρχηση για την έκθεση από την ευνοϊκότερη προς τη δυσμενέστερη είναι Β, ΒΑ, ΒΔ, Α, Δ, ΝΑ, ΝΔ, Ν (Απατσίδης 1977). Στην παρούσα έρευνα έχει χρησιμοποιηθεί η παρακάτω κλίμακα: Από 0 – 22.5° = 10, 22.5° – 67.5° =9, 67.5° – 112.5° =7, 112.5° – 157.5° =5, 157.5° - 202.5° =3, 202.5° – 247.5° =4,

$247.5-292.5^{\circ} =6$, $292.5^{\circ} - 337.5^{\circ} =8$, $337.5^{\circ} - 360^{\circ} =10$. Στις επίπεδες επιφάνειες, οι οποίες χαρακτηρίζονται από το λογισμικό ως -1, έχει δοθεί η τιμή 10.

Στη συνέχεια διακρίθηκαν οι παρακάτω τρεις Ποιότητες Τόπου:

Κακές (III). Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι εκτάσεις που εντοπίζονται στις ράχες και στις νότιες και δυτικές εκθέσεις με ισχυρή κλίση (με κακές υδατικές συνθήκες και μικρό βάθος εδάφους).

Μέτριες (II). Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι εκτάσεις που είναι στο μέσο των κλιτύων (με μέτριες υδατικές συνθήκες και μέτριο βάθος εδάφους).

Καλές (I). Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν τις χαμηλότερες θέσεις των κλιτύων (με καλύτερη υγρασία και μεγαλύτερο βάθος εδάφους).

Το επόμενο στάδιο συμπεριέλαβε διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των φυσιολογικών παραγόντων και του Δείκτη Ποιότητας Τόπου, του κάθε δασικού τμήματος, ακολουθώντας τη μεθοδολογία των Corona *et al.* (1998). Το ψηφιοποιημένο ανάγλυφο της περιοχής έρευνας σε συνδυασμό με τη χρήση της φορητής συσκευής δορυφορικού εντοπισμού θέσης έδωσε τη δυνατότητα της λεπτομερούς περιγραφής του κάθε φυσιολογικού παράγοντα ώστε με τη χρησιμοποίηση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης να καταρτιστεί εξίσωση με υψηλό συντελεστή προσδιορισμού ($R^2=0,948$). Η εισαγωγή της παραμέτρου της κλίσης έγινε με βάση τη μονάδα μέτρησης σε μοίρες ($^{\circ}$), του υψομέτρου σε μέτρα (m) ενώ μετασχηματισμός πραγματοποιήθηκε κατά την εισαγωγή της παραμέτρου της έκθεσης για το λόγο ότι το λογισμικό ArcGIS 9.3 αναγνωρίζει τις επίπεδες επιφάνειες ως (-1). Ως εκ τούτου, η κατηγοριοποίηση της έκθεσης ακολούθησε τις κλάσεις της προηγούμενης παραγράφου. Με την εισαγωγή της παραπάνω εξίσωσης στο λογισμικό δημιουργήθηκε ο χάρτης ποιότητας τόπου της περιοχής έρευνας.

4.2.3 Ανάλυση της δομής των συστάδων

Η προσομοίωση της δομής των συστάδων έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος Stand Visualization System (Mc Gaughey 2004). Το πρόγραμμα αυτό απεικονίζει με τρισδιάστατο τρόπο συστάδες που αντιπροσωπεύονται από ανεξάρτητα μεταξύ τους χαρακτηριστικά π.χ. δένδρα, θάμνους, ακόμη και φυτικά υπολείμματα, με τη χρησιμοποίηση λεπτομερέστατων γεωμετρικών μοντέλων (Mc Gaughey 1997). Οι απεικονίσεις που παράγονται με τη βοήθεια του Stand Visualization System, προσφέρουν τη δυνατότητα της πλήρους κατανόησης των επικρατούντων συνθηκών

σε μια συστάδα και βοηθούν στην εφαρμογή δασοκομικών χειρισμών όπως και στην εφαρμογή σειράς δασοκομικών επιλογών.

Πιο συγκεκριμένα, το Stand Visualization System (Mc Gaughey 2004):

- Απεικονίζει με ρεαλιστικό τρόπο ανεξάρτητα χαρακτηριστικά μιας συστάδας.
- Παρουσιάζει τη συνολική ποικιλότητα φυτικών ειδών που υπάρχουν σε μία συστάδα.
- Διαφοροποιεί τα χαρακτηριστικά είδη χρησιμοποιώντας διάφορες μορφές δέντρων, χρωμάτων ενώ παρέχει τη δυνατότητα προσημάνσεως.
- Απεικονίζει τρισδιάστατα διαφορετικές όψεις της ίδιας συστάδας (π.χ. προφίλ).
- Προσφέρει μηχανισμούς τροποποίησης της μορφής του κάθε δέντρου και του χρώματός του με βάση το είδος, την ανάπτυξή του και τη θέση του μέσα στη συστάδα.
- Επιτρέπει στο χρήστη την εφαρμογή δασοκομικών χειρισμών όπως αραιώσεων, καθαρισμών και κλαδέυσεων.
- Προσφέρει πληροφορίες που αφορούν τη δομή της συστάδας με την εξαγωγή γραφημάτων και τον υπολογισμό μέσω όρων (π.χ. ποσοστό κάλυψης της κόμης).

Αρχικά, δημιουργήθηκαν αντιπροσωπευτικές μορφές ατόμων των κύριων ειδών που εντοπίζονται στην περιοχή έρευνας. Το κάθε είδος αντιπροσωπεύεται από τρεις μορφές ανάλογα με την τάξη ζωτικότητάς του, αφού το πρόγραμμα επιτρέπει την εισαγωγή μορφών με ξηράνσεις τμημάτων (π.χ. κατώτερων τμημάτων της κόμης ή ξηρό επικόρυφο). Στη συνέχεια, εισαγωγικά στοιχεία στο μοντέλο αποτέλεσαν οι μετρήσεις του πεδίου, που αντιστοιχούσαν σε επιφάνειες διαστάσεων 10X50m.

Με τον τρόπο αυτό αξιολογήθηκε η υπάρχουσα δομή των συστάδων, μελετώντας με ακρίβεια την κατανομή των κλάσεων διαμέτρου, το βαθμό εδαφοκάλυψης, την καλυπτόμενη επιφάνεια, την κατανομή ύψους, την αναλογία κορμού/κόμης καθώς και την κατανομή των ειδών μιας συστάδας συμπεριλαμβανομένου και του υπορόφου.

4.2.4 Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική ανάλυση της δομή των συστάδων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των λογισμικών SPSS 17.0 και Microsoft Office Excel 2007 και περιελάμβανε:

1. Περιγραφική στατιστική των επιμέρους χαρακτηριστικών των υπό μελέτη συστάδων.

2. Μη παραμετρικό έλεγχο καλής προσαρμογής της κατανομής συχνοτήτων του δείγματος, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Kolmogorov-Smirnov και τον έλεγχο της προσαρμογής των ομήλικων συστάδων στην κανονική κατανομή (Γκανάτσας 1993). Παράλληλα, εκτιμήθηκε ο συντελεστής της ασυμμετρίας του Pearson ως επιπρόσθετο κριτήριο ελέγχου. Για τιμές του συντελεστή από -1 ως 1 θεωρείται ότι οι κατανομές δεν διαφέρουν σημαντικά από την κανονική (Norusis 1998, Θανάσης 2004).
3. Απλή και μη γραμμική παλινδρόμηση για τη διερεύνηση της σχέσης ύψους-διαμέτρου (h-d) και μήκους κόμης-διαμέτρου.

4.2.5 Καλλιεργητικά μέτρα

Με βάση το διαχωρισμό και την κατηγοριοποίηση των δασικών τμημάτων της προηγούμενης φάσης καθώς και τη διεθνή βιβλιογραφία δημιουργήθηκαν τα κατάλληλα μοντέλα συστάδων που ανταποκρίνονται πληρέστερα στους νέους ρόλους. Τα μοντέλα ενσωματώνουν όχι μόνο το επιθυμητό σημερινό στάδιο των συστάδων αλλά και την πιθανή εξέλιξή τους ώστε να περιοριστούν στο ελάχιστο μελλοντικές ισχυρού χαρακτήρα, επεμβάσεις. Η δημιουργία των μοντέλων προκειμένου οι δασικές εκτάσεις να ανταποκριθούν στις σύγχρονες απαιτήσεις έγινε με τη χρήση καλλιεργητικών μέτρων που αναλυτικά συμπεριλαμβάνουν οι Τσιτσώνη και Ζάγκας (1994):

- Μέτρα προστασίας.
- Μέτρα βελτίωσης των συνθηκών αύξησης.
- Μέτρα διαμόρφωσης της κατάλληλης, κατά περίπτωση, δομής.

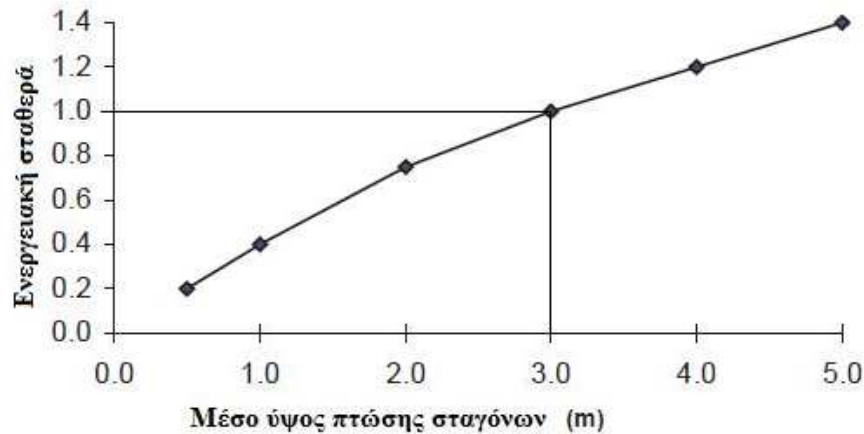
4.2.5.1 Προστατευτικά δάση

Ο καθορισμός του δασοκομικού σκοπού και κατά συνέπεια της δομής των προστατευτικών δασών βρίσκεται σε άμεση σχέση με τη φύση του κινδύνου από τον οποίο παρέχουν προστασία (Ζάγκας 2010). Στην περιοχή έρευνας δεν έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα χιονολισθήσεων, γεωλισθήσεων, πλημμυρών αλλά ούτε και φαινόμενα κατάπτωσης βράχων. Οι μεμονωμένες περιπτώσεις πτώσης μικρών διαστάσεων βράχων από τα πρηνή του οδικού δικτύου δεν μπορούν να οδηγήσουν σε εφαρμογή κατάλληλης δομής για τον περιορισμό αυτού του φαινομένου σε όλη τη δασική έκταση. Αντίθετα, αυτό που παρατηρείται είναι η μειωμένη παραγωγική ικανότητα πολλών σταθμών, ιδιαίτερα αυτών που βρίσκονται σε απότομη κλίση, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη σταδιακή εδαφική απώλεια. Συνεπώς, η εδαφική απώλεια είναι αυτή που θα πρέπει να αντιμετωπιστεί από τις δασικές συστάδες που

έχουν επιφορτιστεί με προστατευτικές λειτουργίες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της συντήρησης του προστατευτικού μανδύα του εδάφους που παρέχει η δασική βλάστηση.

Η ιδεατή δομή ενός ορεινού προστατευτικού δάσους είναι η κηπευτή κατά ομάδες, ώστε αυτό να παρουσιάζει αυξημένη σταθερότητα (Σμύρης και Ντάφης 1983, Ντάφης 1990). Με βάση αυτή τη δομή επιτυγχάνεται συνεχής κάλυψη του εδάφους, το οποίο παραμένει προστατευόμενο από επιθετικούς παράγοντες όπως είναι τα όμβρια ύδατα και ο άνεμος. Παράλληλα, διεθνείς εργασίες που έχουν ασχοληθεί με το ζήτημα της εδαφικής απώλειας σε δασικές εκτάσεις και έχουν μοντελοποιήσει και ποσοτικοποιήσει μια σειρά χαρακτηριστικών των συστάδων, οδηγούν σε κηπευτή, κατά βάση, ή υποκηπευτή δομή, εναλλακτικά. Η εργασία των Dissmeyer and Foster (1981) καθορίζει το ποσοστό του γυμνού εδάφους, την κάλυψη της κόμης, τη σταθερότητα του εδάφους, την περιεχόμενη οργανική ουσία, την εδαφική περιεκτικότητα σε ριζικά τριχίδια, το καθεστώς της εδαφικής διαταραχής, την τραχύτητα της πλαγιάς, την ύπαρξη αναβαθμίδων και τα αντιδιαβρωτικά έργα ως τις κυριότερες παραμέτρους που εξαρτώνται από τη βλάστηση και επηρεάζουν το ποσοστό της εδαφικής απώλειας. Η διαμόρφωση της δομής μπορεί να μεταβάλλει πολλές από τις παραπάνω παραμέτρους. Συγκεκριμένα, ο εμπλουτισμός του εδάφους με ριζικά τριχίδια μπορεί να επιτευχθεί με τη μείξη ειδών με διαφορετικούς τύπους ριζικού συστήματος (πασσαλώδες, καρδιόσχημο, επιπόλαιο) καθώς και με την υποστήριξη δευτερεύοντος προστατευτικού υπορόφου. Η μείξη των ειδών, κωνοφόρων και πλατυφύλλων (Ζάγκας 1995), οδηγεί σε ταχύτερη αποσύνθεση και χουμοποίηση των οργανικών υλικών με αποτέλεσμα την αύξηση του εδάφους σε περιεχόμενη οργανική ουσία. Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελεί η παράμετρος της κάλυψης της κόμης. Σύμφωνα με τους Dissmeyer and Foster (1981) η κάλυψη της κόμης βρίσκεται σε άμεση σχέση με το ποσοστό του γυμνού εδάφους κάτω από αυτή. Στην περίπτωση που όλη η επιφάνεια του εδάφους είναι καλυμμένη από παρεδαφιαία βλάστηση τότε το μέσο ύψος έναρξης της κόμης είναι παράμετρος μικρής σημασίας. Προκαλεί εντύπωση το γεγονός ότι στην περίπτωση που κάποιο ποσοστό του εδάφους παραμένει χωρίς βλάστηση κάτω από την κόμη των δένδρων τότε ενδέχεται να αυξηθούν οι ρυθμοί της εδαφικής απώλειας. Αυτό συμβαίνει γιατί η διαπερώσα βροχή από την άκρη της κόμης των δέντρων χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη διάμετρο σταγόνων, μεγαλύτερη κινητική ενέργεια και κατά συνέπεια ισχυρότερη διαβρωτική επίδραση (Hamilton 1992, Coutinho and Antunes 2006). Ωστόσο, το μέγεθος των σταγόνων της διαπερώσας βροχής εξαρτάται από το δασοπονικό είδος. Η συσχέτιση της κινητικής ενέργειας της διαπερώσας βροχής και του μέσου ύψους έναρξης της κόμης παρουσιάζεται στην εικόνα 4.6. Σημαντικό συμπέρασμα που εξάγεται από το συγκεκριμένο διάγραμμα είναι ότι η κινητική ενέργεια της βροχής

κατά μέσο όρο ισοσταθμίζεται από μέσο ύψος έναρξης της κόμης που αντιστοιχεί στα 3 μέτρα. Μεγαλύτερο ύψος έναρξης της κόμης έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη διαβρωτική επίδραση.



Εικόνα 4.6 Ενεργειακή σταθερά για την κόμη των δέντρων σε σχέση με το μέσο ύψος πτώσης υδάτινων σταγόνων (Από: Coutinho and Antunes 2006)

Ζήτημα λοιπόν για τον καθορισμό της κατάλληλης δομής των προστατευτικών δασών της συγκεκριμένης περιοχής έρευνας αποτελεί η συντήρηση σε όλη την επιφάνεια των εδαφών ενός δασικού μανδύα. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να περιοριστούν οι υλοτομικές επεμβάσεις καθώς διαταράζουν σε μεγάλο βαθμό το δασικό αυτό μανδύα με τη δημιουργία διαδρόμων μετατόπισης ξύλου (σύρτες) ενώ, παράλληλα, θα πρέπει να ελαττωθεί το μέσο ύψος έναρξης της κόμης. Αυτό είναι εφικτό με τη σταδιακή μετατροπή των ομήλικων συστάδων σε υποκηπευτές και κηπευτές. Η υποκηπευτή δομή των συστάδων της μαύρης Πεύκης στην περιοχή του Ολύμπου αναμένεται παράλληλα να αυξήσει και την οικολογική τους σταθερότητα (Σμύρης κ.ά. 1992α).

Ωστόσο, η μετατροπή ομήλικων συστάδων σε κηπευτές ή υποκηπευτές είναι ένα εγχείρημα που παρουσιάζει αρκετές ιδιαιτερότητες. Η ίδια η κηπευτή δομή δεν υπάρχει στη φύση υπό κανονικές συνθήκες ως διαρκής μορφή ενώ η διατήρησή της συνεπάγεται οικονομικό κόστος (Σμύρης 1985). Συνεπώς, η υποκηπευτή δομή είναι η περισσότερο επιδιωκόμενη (Σμύρης 1985). Η εφαρμογή υπόσκιων υλοτομιών σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δύσκολο να οδηγήσει σε επιθυμητή ανομήλικη δομή καθώς σημαντικό ρόλο κατέχει η δυναμική της αναγέννησης (Hanewinkel and Pretzsch 2000). Στην Ελλάδα όμως, στις περιοχές εξάπλωσης της μαύρης Πεύκης, η φυσική αναγέννηση επιτυγχάνεται με ευκολία, εφόσον δεν γίνουν λάθος χειρισμοί που μπορεί να οδηγήσουν σε υποβάθμιση των οικοσυστημάτων και σε δυσκολία ή αδυναμία εγκατάστασης της αναγέννησης (Απατσίδης 1977, Vergos 1979, Βέργος

1990, Βέργος κ.ά. 1994). Συνεπώς, χρειάζεται ένα μοντέλο σύμφωνα με το οποίο θα επιτευχθεί η σταδιακή μετατροπή της δομής. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται στη συγκεκριμένη έρευνα είναι αυτό που έχει προταθεί από τους Hanewinkel and Pretzsch (2000) καθώς βασίζεται σε ένα ημισκιάφυτο κωνοφόρο είδος, προσαρμοσμένο στις συνθήκες της περιοχής έρευνας.

-Ειδικές περιπτώσεις

Παρόχθια προστατευτικά δάση: Τα δάση αυτά αναπτύσσονται σε σταθμούς οι οποίοι κατακλύζονται περιοδικά από τα νερά των ποταμών ή των ρευμάτων (Σμύρης 1996). Οι συγκεκριμένες δασικές εκτάσεις κατά κύριο λόγο συμβάλουν στη διατήρηση της ποιότητας του νερού που ρέει μέσα από αυτές. Σύμφωνα με τον Nyland (2003) η πλέον κατάλληλη δομή των δασών αυτών είναι η ανομήλικη, ενώ οι Neary *et al.* (2009) τονίζουν τη σπουδαιότητα αποφυγής οποιασδήποτε εδαφικής διαταραχής αυτών των περιοχών.

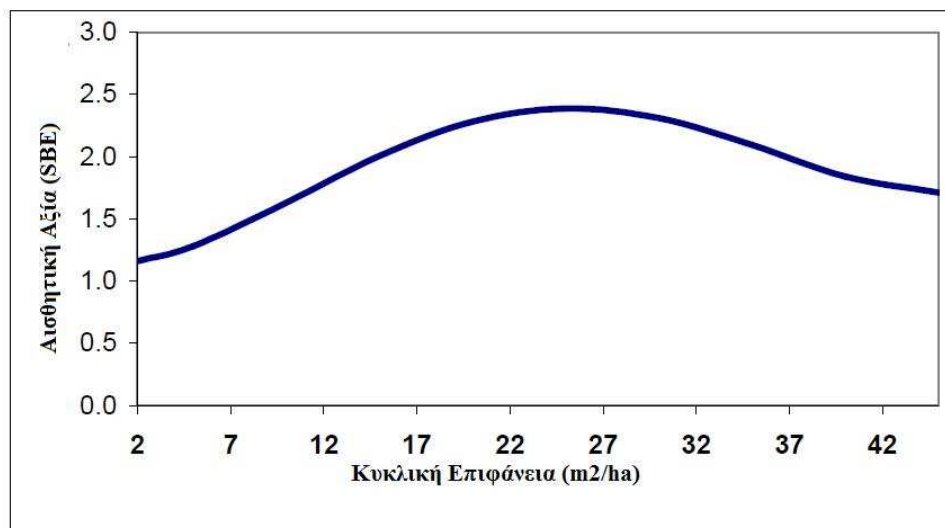
Δάση Προστασίας Ανθρώπινων Εγκαταστάσεων. Τα προστατευτικά δάση αυτής της κατηγορίας έχουν χαρακτηριστεί ως «μηχανικές κατασκευές» που μπορούν να αναπληρώσουν τεχνητά έργα συγκράτησης εδαφών (Heiniman and Stampfer 2003, Zagas *et al.* 2011). Συνεπώς η δημιουργία μεικτών υποκηπευτών ή κηπευτών συστάδων σε αυτές τις ευαίσθητες περιοχές θα εξασφαλίσει όχι μόνο τον προστατευτικό ρόλο τους αλλά και τη σταθερότητά τους σε εξωτερικούς παράγοντες.

4.2.5.2 Αισθητικά δάση

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται πλήθος ερευνών που καθορίζουν τη δομή των αισθητικών δασών. Οι έρευνες αυτές έχουν βασιστεί στη γνώμη ενός αριθμού επισκεπτών που απαντούν σε μια σειρά ερωτήσεων σχετικές με την αισθητική αξία διαφόρων συστάδων. Οι Hoffman and Palmer (1996) συγκέντρωσαν τα χαρακτηριστικά της δομής των αισθητικών δασών, προκειμένου παρόμοιες δασικές εκτάσεις να ανταποκριθούν με τον καλύτερο τρόπο σε αυτή τη λειτουργία. Τα χαρακτηριστικά αυτά αναφέρονται παρακάτω και αποτελούν τη βάση της εφαρμογής συγκεκριμένων δασοκομικών επεμβάσεων.

1. Μείξη ειδών. Η έρευνα των Kellomäki (1975) υποστηρίζει μια σαφή συσχέτιση μεταξύ της μείξης των δασοπονικών ειδών και της αισθητικής τους αξίας. Συνεπώς, μεικτές συστάδες ενδείκνυνται για τα αισθητικά δάση.
2. Παρουσία πρέμων και νεκρού ξύλου. Η πλειοψηφία των επιστημονικών δημοσιεύσεων συσχετίζει την αισθητική των συστάδων και την παραπάνω παράμετρο με αρνητικό συντελεστή (Benson and Ullrich 1981).

3. Παρουσία υπορόφου ετησίων ποωδών ειδών. Οι Schroeder and Daniel (1981) υποστηρίζουν ότι ο υπόροφος ποωδών φυτών σε συστάδες κωνοφόρων αυξάνει την αισθητική τους αξία.
4. Παρουσία υπορόφου αναγέννησης. Σε δάση κωνοφόρων ισχύει ότι η πυκνότητα των φυταρίων σε σχέση με την αισθητική τους αξία ακολουθεί μία καμπύλη τύπου ανεστραμμένου U (inverted U-shaped relationship), με την τιμή της αισθητικής αξίας να μεγιστοποιείται όταν η πυκνότητα της αναγέννησης (διαμέτρου από 2,5 cm ως 12,7 cm) φτάνει την τιμή 2750-3000 άτομα/ha (Buhyoff *et al.* 1986).
5. Ύπαρξη μεγάλων δέντρων. Οι περισσότερες έρευνες συγκλίνουν στο συμπέρασμα πως τα δέντρα μεγάλης διαμέτρου αυξάνουν την αισθητική αξία (Savolainen and Kellomaki 1984). Οι Rudis *et al.* (1988) υποστηρίζουν ότι τα άτομα με στηθιαία διάμετρο μεγαλύτερη των 53,34 cm αυξάνουν την αισθητική αξία καθώς συνδέονται άμεσα με την αύξηση του οπτικού πεδίου.
6. Κυκλική επιφάνεια και πυκνότητα δέντρων. Πολλές έρευνες δεν κατάφεραν να συνδέσουν με σαφήνεια την συγκεκριμένη παράμετρο με την αισθητική αξία των συστάδων. Ωστόσο, η σχέση αυτή έχει προσεγγιστεί από τον Proff (2002) για δάσος Πεύκης, με βάση τη μη γραμμική παλινδρόμηση. Η σχέση που χρησιμοποιεί απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (4.7):



Εικόνα 4.7 Σχέση της Αισθητικής Αξίας και της κυκλικής επιφάνειας (Από: Proff 2002)

7. Βαθμός συγκόμωσης. Η παράμετρος αυτή δεν σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την αισθητική αξία των συστάδων. Αντίθετα, μπορεί να επηρεάσει τις άλλες

παραμέτρους, όπως τη δομή και τη μείξη της υπόροφης βλάστησης καθώς και τη μορφή των ατόμων του ανώροφου (Hoffman and Palmer 1996).

Συνοψίζοντας, η λειτουργική σχέση μεταξύ της δομής του δάσους και του σύγχρονου ρόλου του, αποκτά ιδιαίτερη σημασία όσον αφορά την περαιτέρω αειφορική διαχείρισή του (Baskent *et al.* 2008). Το ορθά διαχειριζόμενο φυσικό δάσος μπορεί να καλύψει όλες αυτές τις εγειρόμενες από το δάσος απαιτήσεις και δεν υπάρχει παραγωγικότερη μορφή από αυτή του βιολογικά υγιούς φυσικού δάσους (Ντάφης 1969, 1986, Τσιτσώνη και Ζάγκας 1994). Παράλληλα, είναι εφικτή η αξιοποίηση όλων των λειτουργιών του δάσους, συνδυάζοντας την προστασία, τη βελτίωση και τη δημιουργία βιοτόπων μέσα από το λεπτομερή σχεδιασμό και τον κατάλληλο δασοκομικό σχεδιασμό κατά συστάδα (Σμύρης 1996).

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

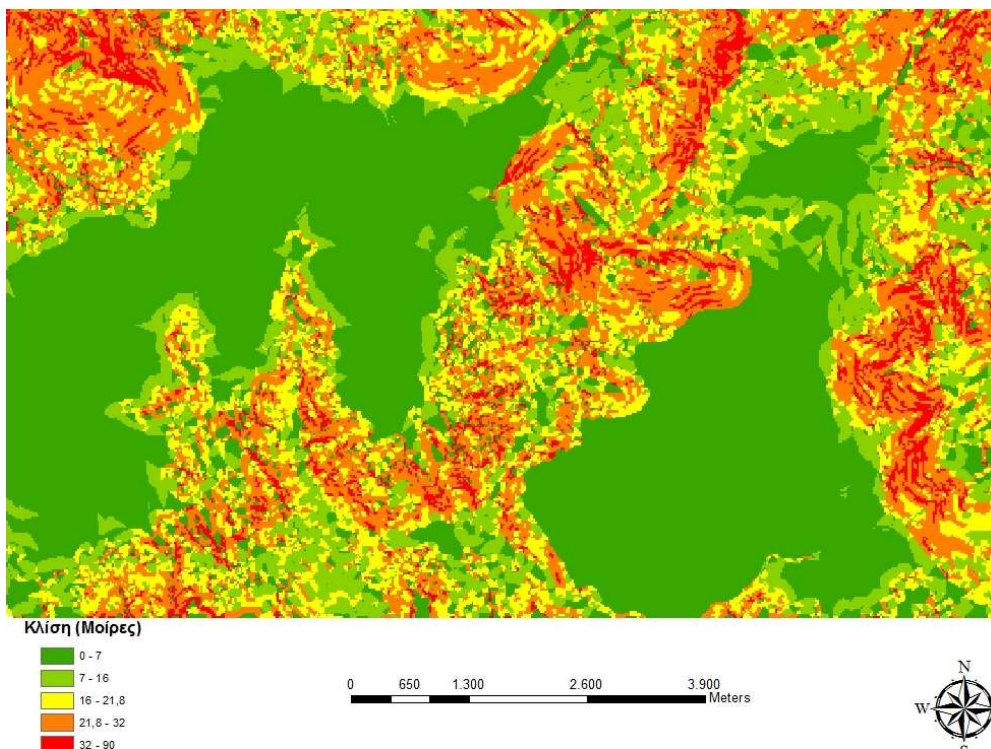
5.1 ΦΑΣΗ I

5.1.1 Χωρική ταξινόμηση των Δασικών Λειτουργιών.

Μετά την ψηφιοποίηση των χαρτογραφικών δεδομένων και τη δημιουργία χωρικών επιπέδων που ανταποκρίνονται στα τοπογραφικά, κλιματικά χαρακτηριστικά και στα χαρακτηριστικά των χρήσεων της γης της υπό μελέτη περιοχής, ακολούθησε η αναγνώριση και στη συνέχεια ο διαχωρισμός των δασικών λειτουργιών στη συγκεκριμένη περιοχή. Ο διαχωρισμός προέκυψε με την εισαγωγή των χωρικών κριτηρίων τα οποία αναφέρονται στο προηγούμενο κεφάλαιο και βασίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

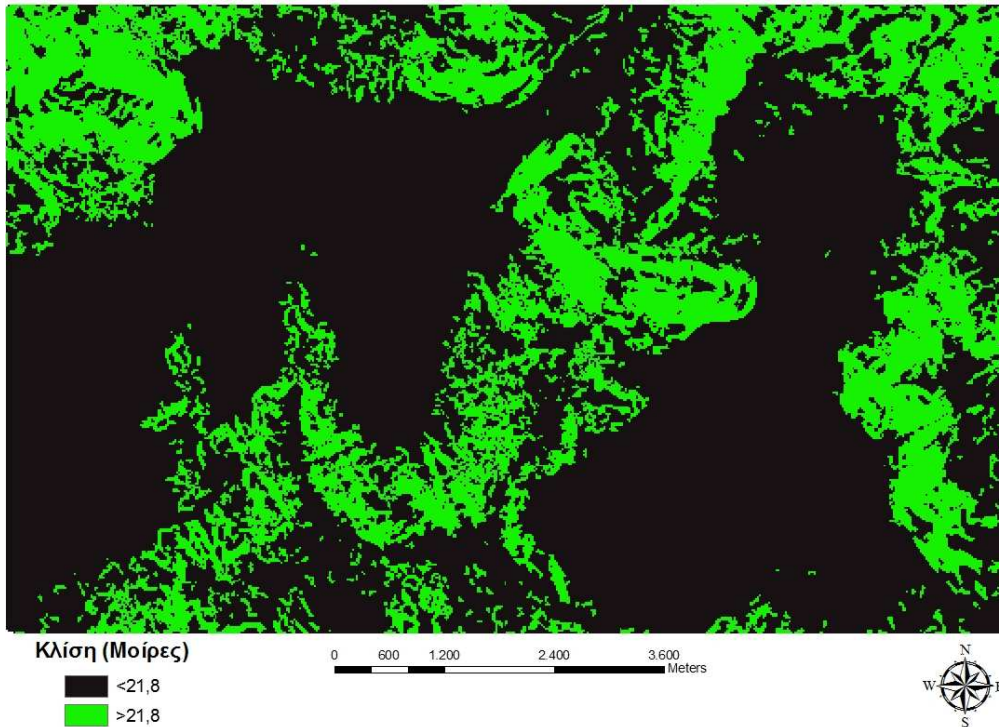
5.1.2 Προστατευτικά δάση

Χρησιμοποιώντας ως βάση το δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων (TIN) που περιγράφεται στην εικόνα 4.2 του προηγούμενου κεφαλαίου, δημιουργήθηκε ο παρακάτω χάρτης των κλίσεων.



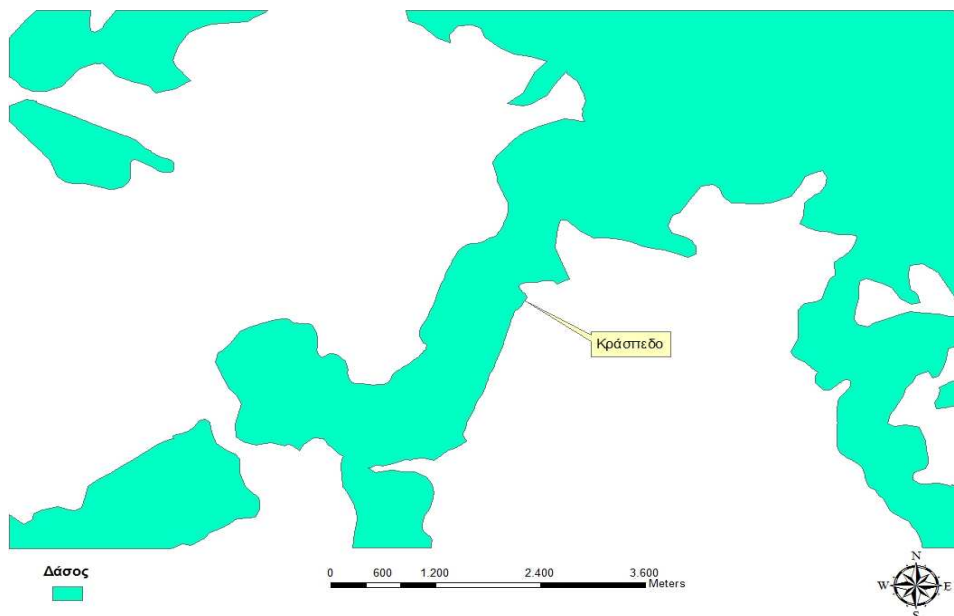
Εικόνα 5.1 Χάρτης κλίσεων της περιοχής

Βασικό κριτήριο για την αναγνώριση και τη χαρτογράφηση των προστατευτικών δασών, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας, αποτέλεσε το αριθμητικό όριο των 21,8°. Συνεπώς, οι κλίσεις της περιοχής ομαδοποιήθηκαν σε δύο κατηγορίες, έχοντας ως βάση το συγκεκριμένο όριο.



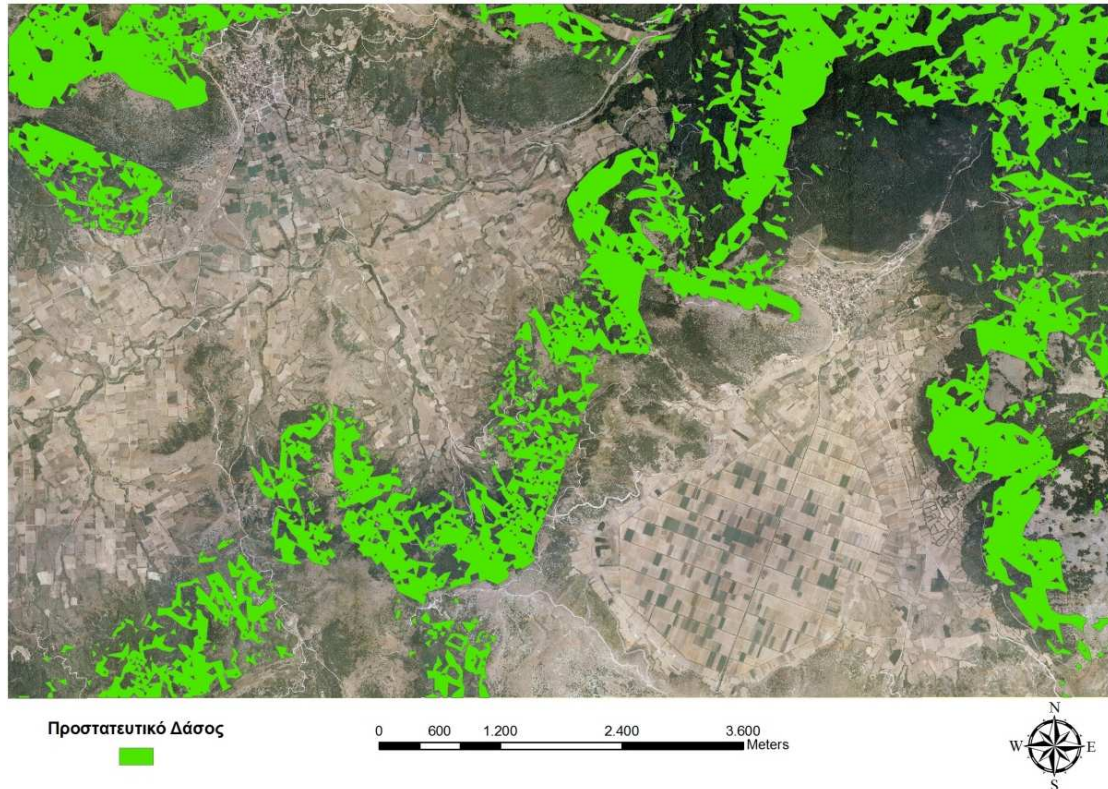
Εικόνα 5.2 Κατηγορίες κλίσεων

Η συνολική έκταση του δάσους ανέρχεται στα 29,9334 km². Προσθέτοντας τα πολύγωνα που ανταποκρίνονται στις δασικές εκτάσεις (κωδικούς Corine 31) τότε η συνολική δασοσκεπής έκταση είναι δυνατό να αποδοθεί χαρτογραφικά.



Εικόνα 5.3 Δασοσκεπής έκταση

Συνδυάζοντας τα δύο πολυγωνικά επίπεδα που απεικονίζονται στις εικόνες 5.2 και 5.3 προκύπτει το επίπεδο του δάσους στο οποίο θεωρείται ότι η προστατευτική λειτουργία κατέχει πρωτεύοντα ρόλο.

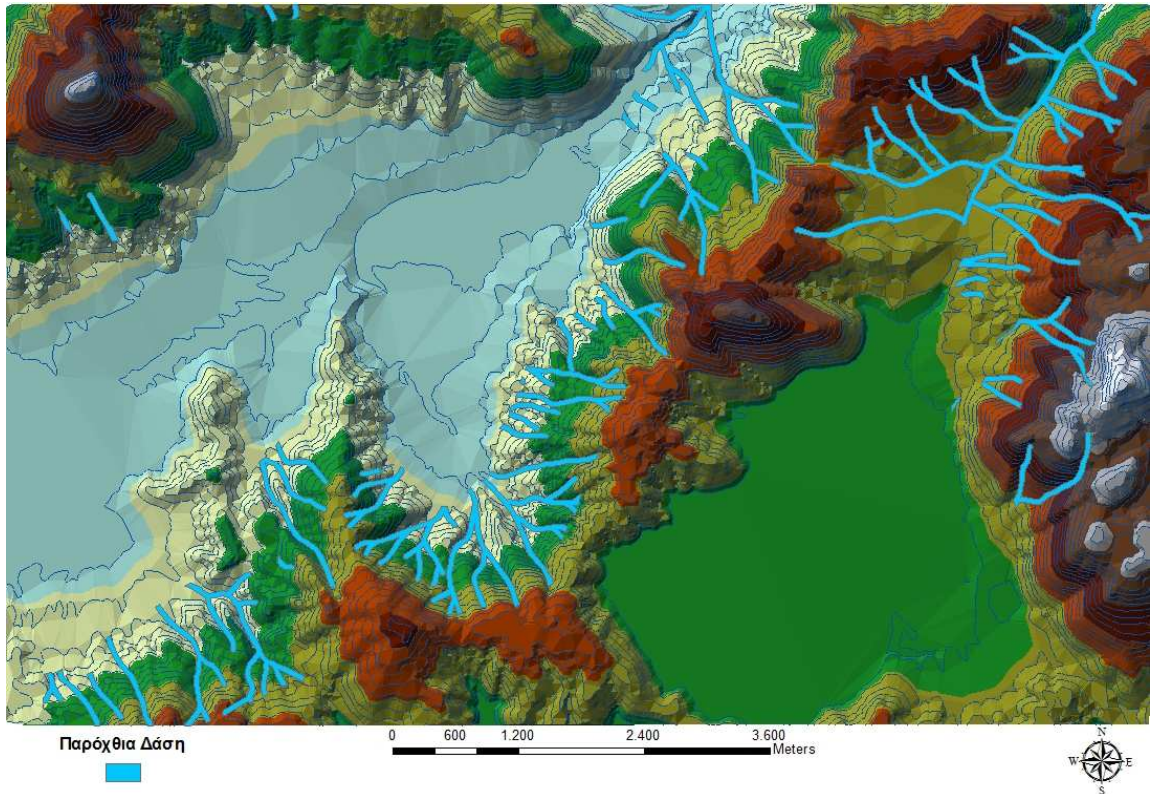


Εικόνα 5.4 Γενικό Προστατευτικό δάσος

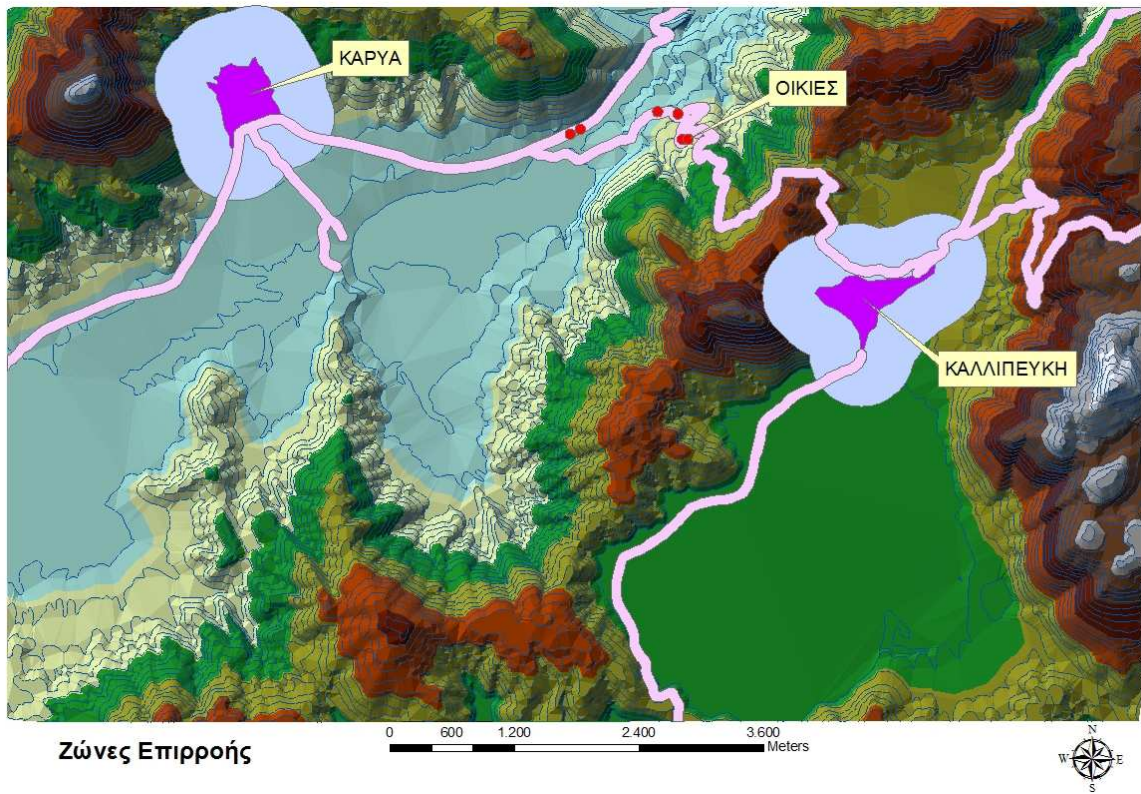
Η έκταση της δασικής αυτής ζώνης ανέρχεται στα 13,678 km² και καλύπτει το 45,7% του συνολικού δάσους. Ο γενικός προστατευτικός ρόλος της γίνεται πιο συγκεκριμένος όταν συνδυάζεται με ανθρώπινες δραστηριότητες και με τμήματα του υπάρχοντος υδρογραφικού δικτύου. Προκειμένου να αναγνωριστούν και να χαρτογραφηθούν τα συγκεκριμένα αυτά τμήματα δημιουργήθηκαν τρία ακόμη επίπεδα που ανταποκρίνονται σε τμήματα του υδρογραφικού δικτύου, σε τμήματα του οδικού δικτύου και στις υπάρχουσες ανθρώπινες εγκαταστάσεις της περιοχής. Έχοντας ως βάση τα επίπεδα αυτά, δημιουργήθηκαν οι ζώνες επιρροής (buffer zones) οι οποίες ακολουθούν τους απλούς χωρικούς κανόνες του πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Ανθρώπινες εγκαταστάσεις και ζώνες επιρροής

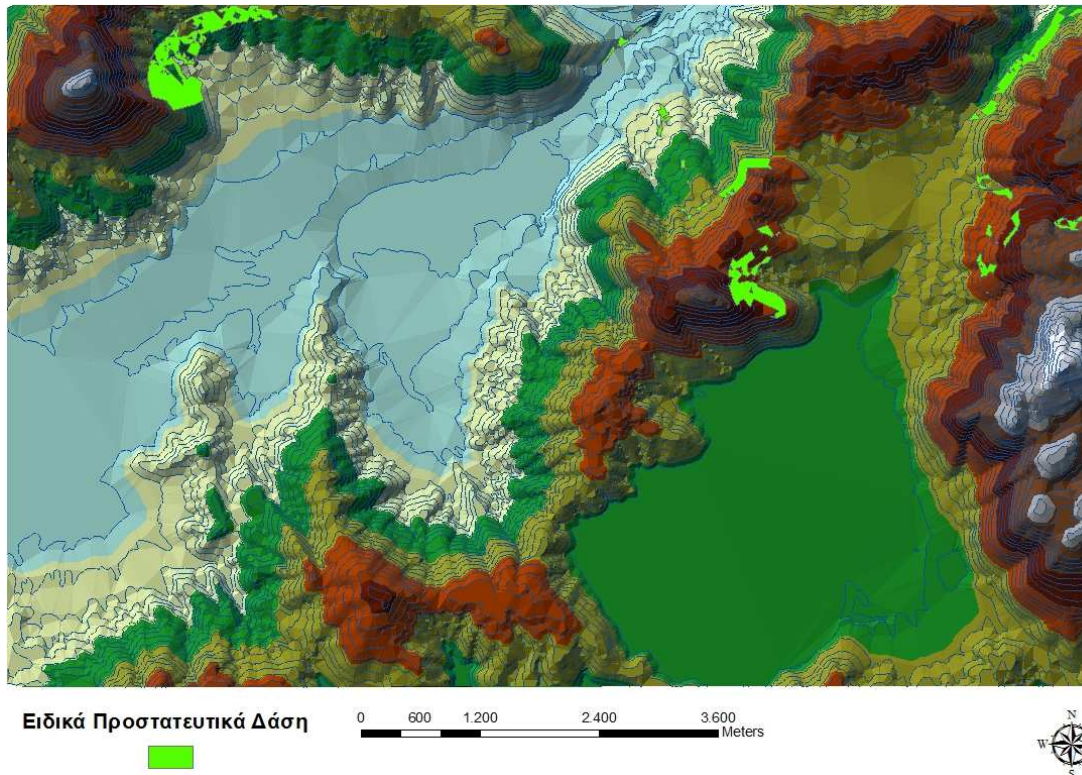
Αξία	Επίπεδο	Ζώνη επιρροής
οδικό δίκτυο	γραμμικό	50m
Οικίες/κτίσματα	σημειακό	50m
Οικισμοί	σημειακό	500m



Εικόνα 5.5 Παρόχθια δάση με συγκεκριμένη προστατευτική λειτουργία



Εικόνα 5.6 Ανθρώπινες εγκαταστάσεις και ζώνες επιρροής



Εικόνα 5.7 Προστατευτικά Δάση με Ειδική λειτουργία

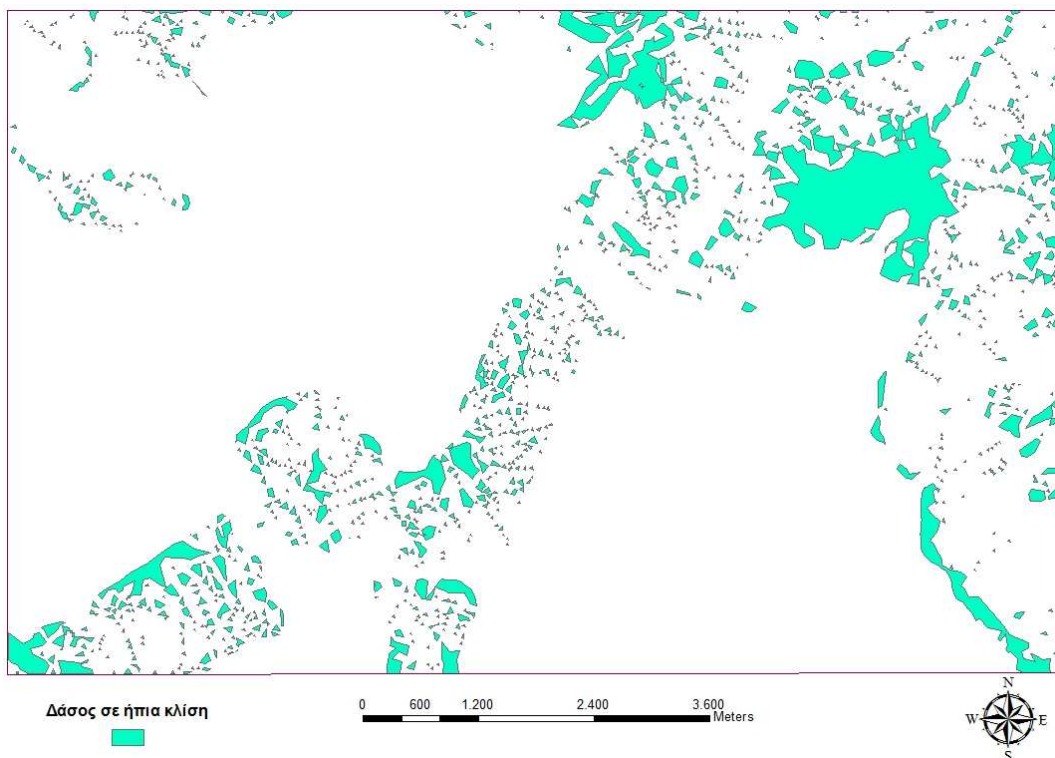
Η έκταση των παρόχθιων προστατευτικών δασών (εικόνα 5.5) που συμβάλουν στην προστασία των πρηνών και στη βελτίωση της ποιότητας του νερού ανέρχεται στα 3,349 km², ή περίπου στο 11,189% της συνολικής δασικής έκτασης. Παράλληλα, η συνολική επιφάνεια των δασών που συμβάλλουν στην προστασία των ανθρώπινων εγκαταστάσεων (εικόνα 5.7) ανέρχεται στα 0,886 km² και αποτελεί τμήμα της ευρύτερης προστατευτικής ζώνης (εικόνα 5.4). Τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης των δασών με προστατευτικό χαρακτήρα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.2 Έκταση των δασών με προστατευτικό χαρακτήρα

Λειτουργία	Έκταση (km ²)	% της συνολικής έκτασης
Δάση με γενικότερο προστατευτικό ρόλο	13,678	45,7
Παρόχθια δάση συντήρησης εδαφών και ποιότητας νερού	3,349	11,2
Προστατευτικά δάση οικισμών, οδικού δικτύου, οικιών	0,886	2,96

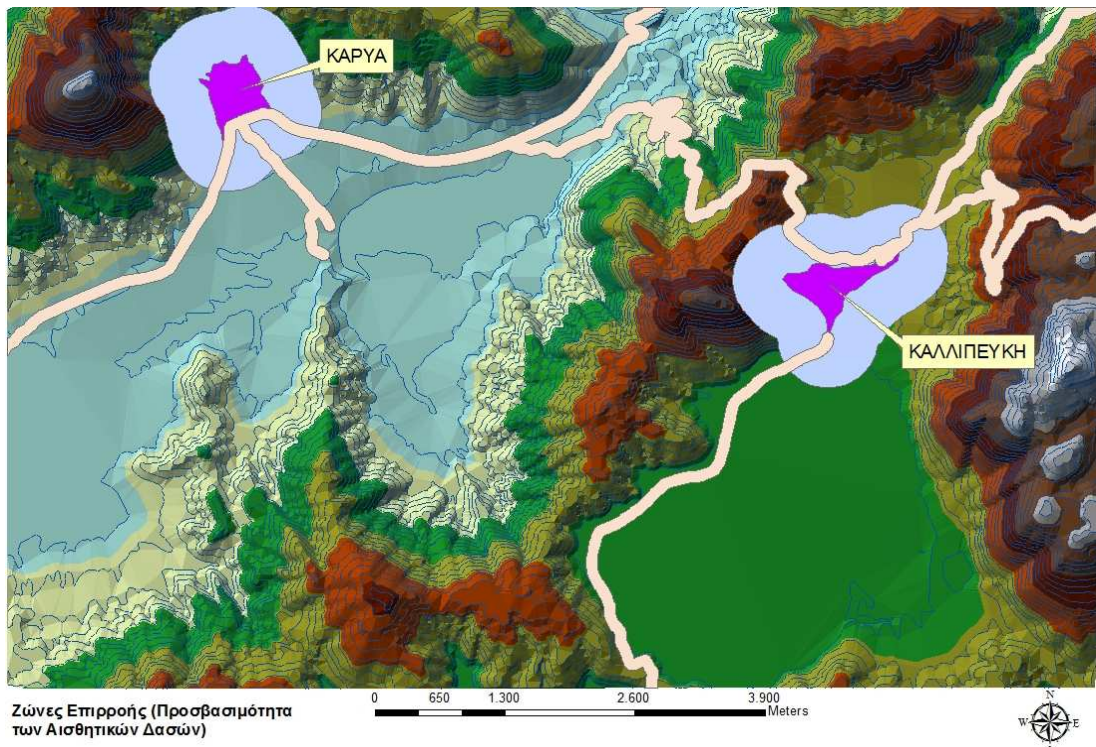
5.1.3 Αισθητικά δάση

Η χαρτογράφηση δασικών εκτάσεων με αισθητικό/αναψυχικό ρόλο ακολουθεί τα χωρικά κριτήρια τα οποία αναλυτικά περιγράφονται στο κεφάλαιο 4 και συνοπτικά αποδίδονται με τη βοήθεια ενός διαγράμματος ροής. Η κλίση και σε αυτή τη λειτουργία, όπως και κατά τη χαρτογράφηση της προηγούμενης, κατέχει σημαντικό ρόλο. Συνεπώς, οι δασικές εκτάσεις που μπορούν να εκπληρώσουν κοινωνικές ανάγκες υπαίθριας αναψυχής θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ήπιες κλίσεις, με την προϋπόθεση ότι δεν θα εγκατασταθούν άλλου είδους δραστηριότητες όπως είναι η χιονοδρομία ή η ορειβασία. Ως εκ τούτου, ο διαχωρισμός των επικρατούντων κλίσεων της περιοχής έγινε με βάση το αριθμητικό όριο του 20% ($11,3^\circ$) και κατά συνέπεια δύο κατηγορίες κλίσεων δημιουργήθηκαν. Το πολυγωνικό επίπεδο των κλίσεων συνδυάστηκε με το επίπεδο του δάσους με αποτέλεσμα την παρακάτω χαρτογράφηση των περιοχών με δενδρώδη βλάστηση που ανταποκρίνονται στο κριτήριο των ήπιων κλίσεων.



Εικόνα 5.8 Δασικά τμήματα σε εδάφη με ήπιες κλίσεις (0-20%)

Το δεύτερο κριτήριο που θα πρέπει να πληρεί μια δασική έκταση προκειμένου να αφιερωθεί στη λειτουργία της αναψυχής είναι η προσβασιμότητα. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από κάποιο αστικό κέντρο ή από κάποιο οικισμό, ενώ παράλληλα θα πρέπει να διασχίζεται ή να συνορεύει με το οδικό δίκτυο.



Εικόνα 5.9 Ζώνες επιρροής που καθορίζουν την ακτίνα της προσβασιμότητας σε πιθανά αισθητικά δάση

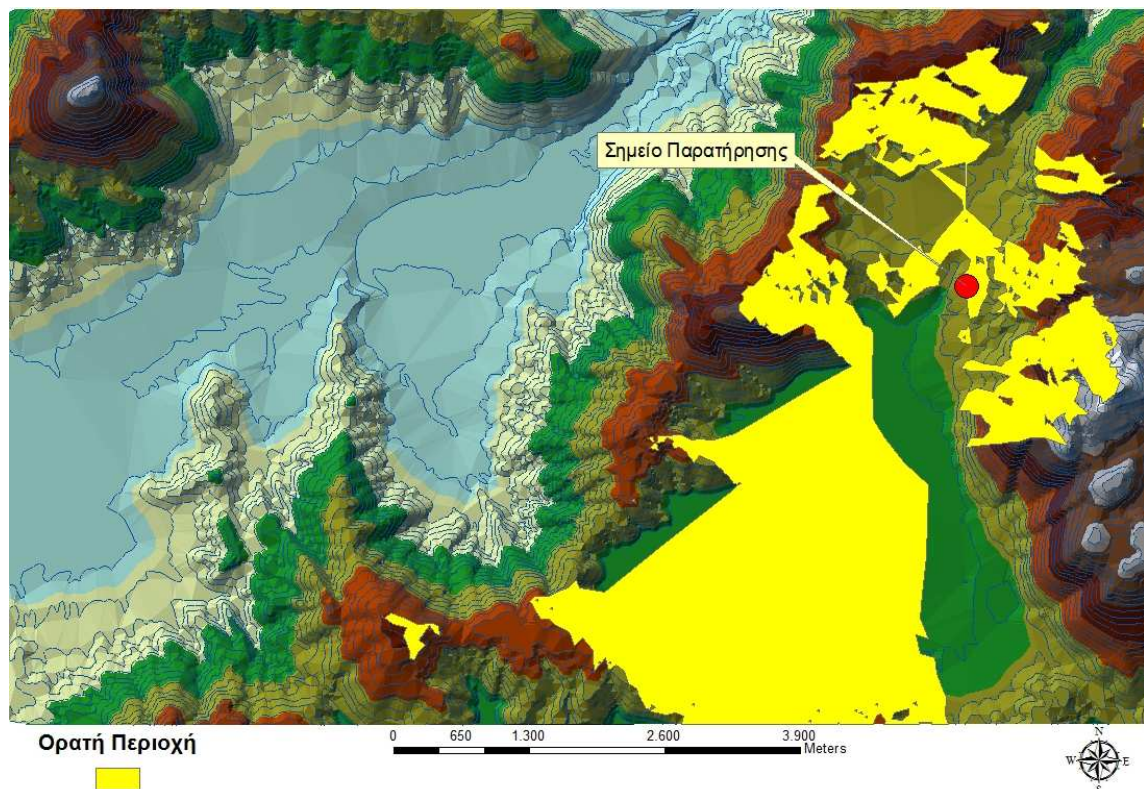


Εικόνα 5.10 Δασικό τμήμα που πληρεί τα κριτήρια της κλίσης και της προσβασιμότητας σε τρισδιάστατη ανάλυση με τη χρήση του λογισμικού ArcScene.

Η επιφάνεια του προτεινόμενου αισθητικού/αναψυχικού δάσους ανέρχεται στα 0,445 km² (εικόνα 5.10) που αντιστοιχεί περίπου στο 1,487% της συνολικής δασικής έκτασης. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το συγκεκριμένο τμήμα ήδη χρησιμοποιείται για αναψυχικούς σκοπούς γεγονός που αποδεικνύει την ακρίβεια της μεθοδολογίας. Με τη βοήθεια της επέκτασης της ανάλυσης της έκθεσης του προγράμματος ArcGIS η συγκεκριμένη δασική έκταση χαρακτηρίζεται από:

- Επίπεδη επιφάνεια: 0,163 km² ή το 35,8% της προτεινόμενης περιοχής.
- Βόρειο-Ανατολική έκθεση (0-90): 0,180 km² ή το 39,6% της περιοχής.
- ΝοτιοΑνατολική έκθεση (90-180): 0,035 km² ή το 7,7% της περιοχής.
- ΝοτιοΔυτική έκθεση (180-270): 0,028 km² ή το 6,1% της περιοχής.
- Βόρειο-Δυτική έκθεση (270-360): 0,049 km² ή το 10,8% της περιοχής.

Με τη βοήθεια του ίδιου λογισμικού αναλύθηκε και η ορατότητα ενός σημείου της συγκεκριμένης έκτασης, ως μια παράμετρος που χαρακτηρίζει την αισθητική ποιότητά της και παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (5.11).



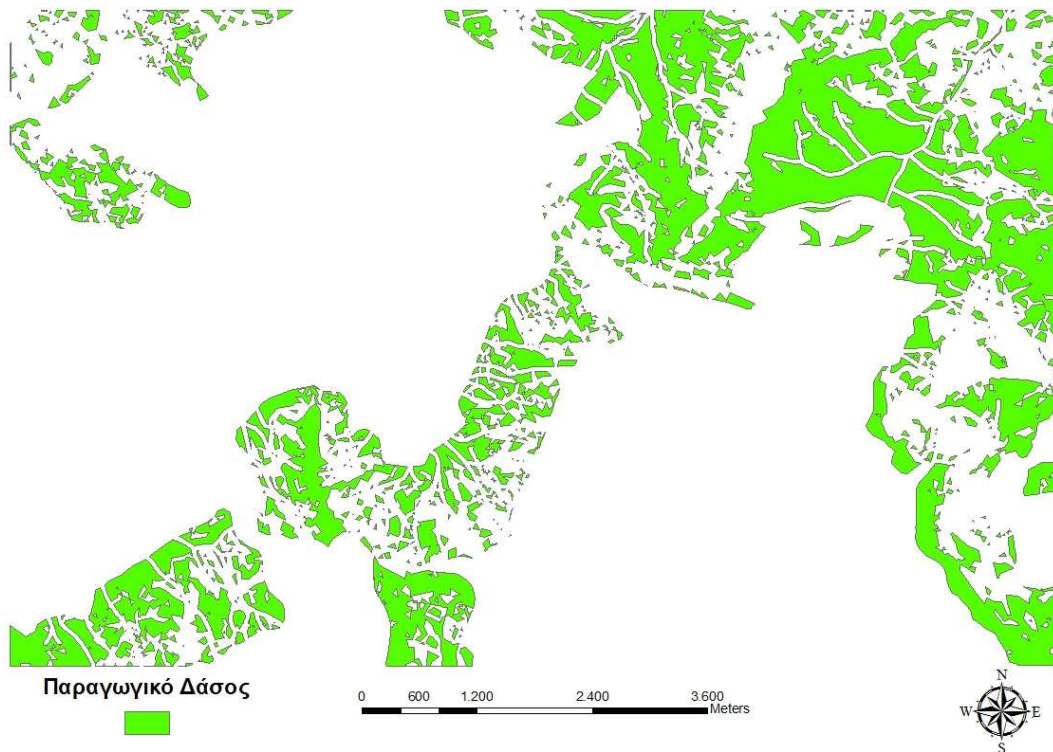
Εικόνα 5.11 Ανάλυση της ορατότητας του προτεινόμενου αισθητικού δάσους

Η ορατή περιοχή καλύπτει μία έκταση 12,513 km² περίπου ή το 16,7% της συνολικής περιοχής μελέτης.

Συμπερασματικά, το συγκεκριμένο δασικό τμήμα ικανοποιεί σε μεγάλο βαθμό τα κριτήρια που έχουν τεθεί, ώστε αυτό να επιτελέσει τη λειτουργία της αναπυλκής. Μοναδική ίσως περιοριστική παράμετρος, σε συνδυασμό με το μεγάλο υψόμετρο, είναι η έκθεση η οποία στο μεγαλύτερο ποσοστό χαρακτηρίζεται από Βόρεια ως Βόρειο-Ανατολική, ενώ η σημασία της μετριάζεται κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, κατά τους οποίους δέχεται και το μεγαλύτερο μέρος των επισκεπτών.

5.1.4 Παραγωγικά Δάση

Η απόληψη βιομάζας από ένα δασικό σύμπλεγμα, ως πρωτεύων στόχος, συχνά έρχεται σε αντίθεση με άλλες υπηρεσίες που το ίδιο σύμπλεγμα είναι σε θέση να προσφέρει. Η χαρτογράφηση των παραγωγικών δασών βασίστηκε στην αφαίρεση του επιπέδου των δασών που έχουν χαρακτηριστεί ως προστατευτικά και ως αισθητικά, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας. Μετά τη διαδικασία αυτή προέκυψε το επίπεδο των δασών όπου η απόληψη βιομάζας μπορεί να βασιστεί με ευκολία πάνω στις αρχές της αειφορικής διαχείρισης.



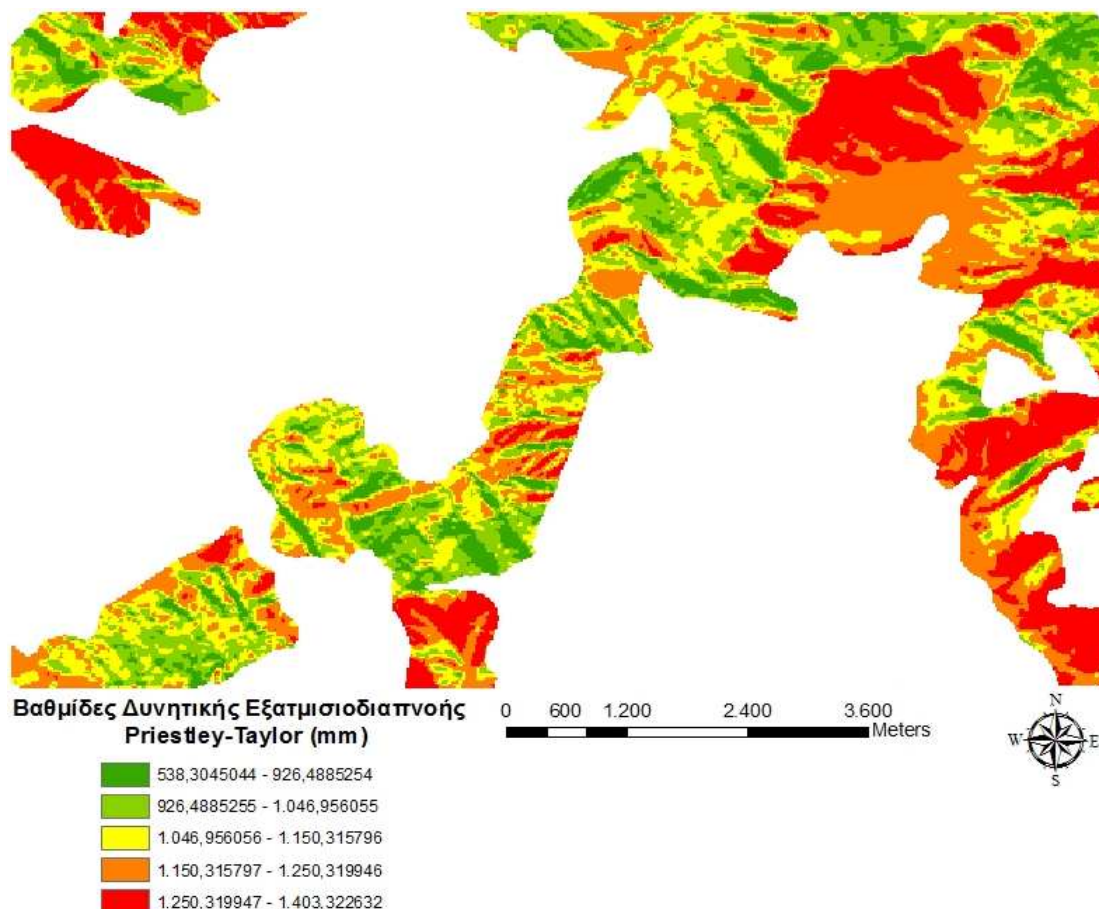
Εικόνα 5.12 Χαρτογράφηση των παραγωγικών δασών

Η ζώνη αυτή εκτείνεται σε μια επιφάνεια των 13,847 km² και καλύπτει το 46,3% της συνολικής δασικής έκτασης.

Η παραγωγή και η απόληψη ξυλαποθέματος, παρόλο που στη χώρα μας στηρίζεται σε επιλογικές υλοτομίες ήπιας ως μέτριας εντάσεως, συμβάλλει στη μείωση της προστατευτικής του ιδιότητας των δασών ενώ μπορεί να οδηγήσει και σε αλλοίωση της αισθητικής του τοπίου. Συνεπώς, η διαχείριση των δασών με σκοπό την παραγωγή ξυλείας θα πρέπει να διαχωρίζεται από τη διαχείριση των προστατευτικών και των αισθητικών δασών. Ο διαχωρισμός αυτός έχει ως βάση την διαφοροποίηση των δασοκομικών επεμβάσεων και των καλλιεργητικών μέτρων που θα πρέπει να εφαρμοστούν σε κάθε ξεχωριστή περίπτωση.

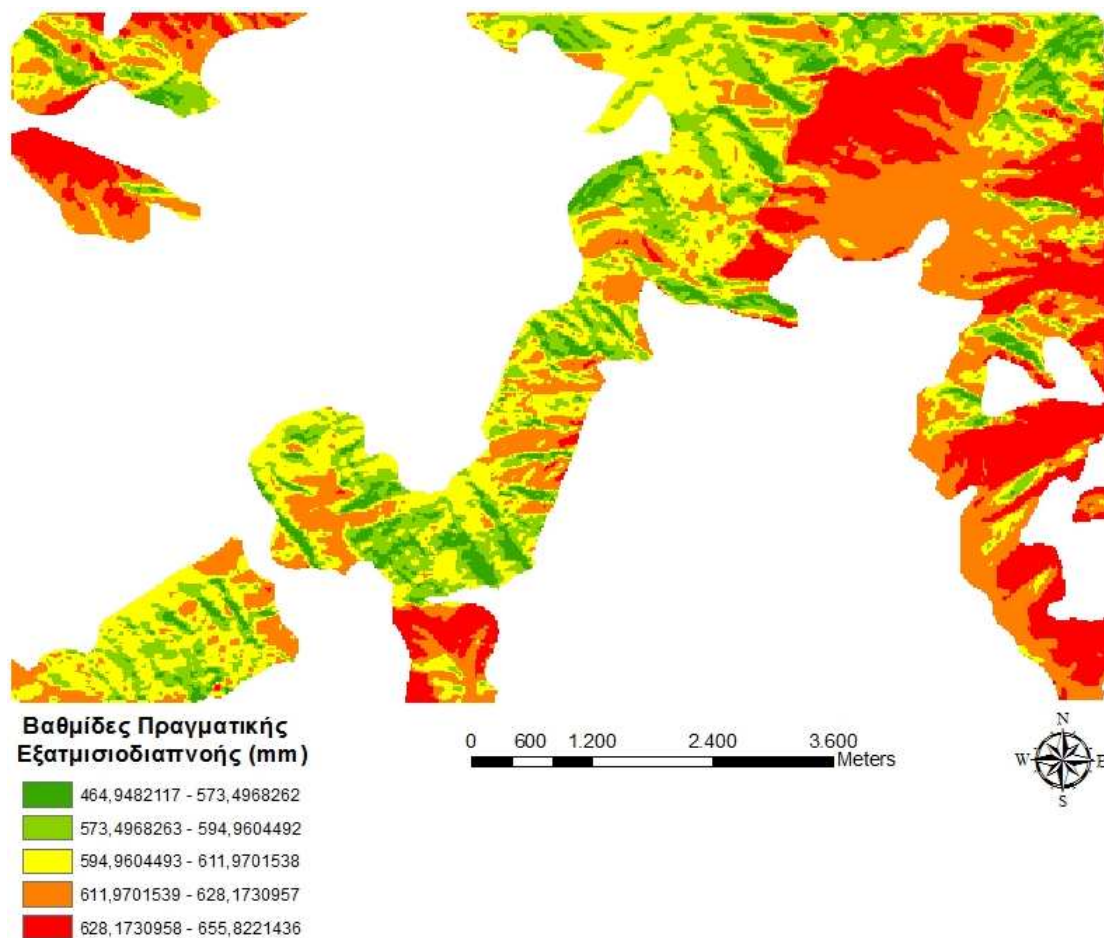
5.1.5 Η Υδρονομική λειτουργία

Ο υδρολογικός ρόλος των δασών μπορεί να συνδυαστεί με οποιαδήποτε δασική λειτουργία, όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας. Ως εκ τούτου χαρτογραφήθηκε η πραγματική εξατμισιοδιαπνοή των δέντρων που υπάρχουν σε όλη την περιοχή μελέτης. Αυτό κατέστη δυνατό αφού πρώτα εκτιμήθηκε η δυνητική εξατμισιοδιαπνοή των Priestley-Taylor.



Εικόνα 5.13 Χαρτογράφηση της δυνητικής εξατμισιοδιαπνοής Priestley-Taylor για τη δασική περιοχή.

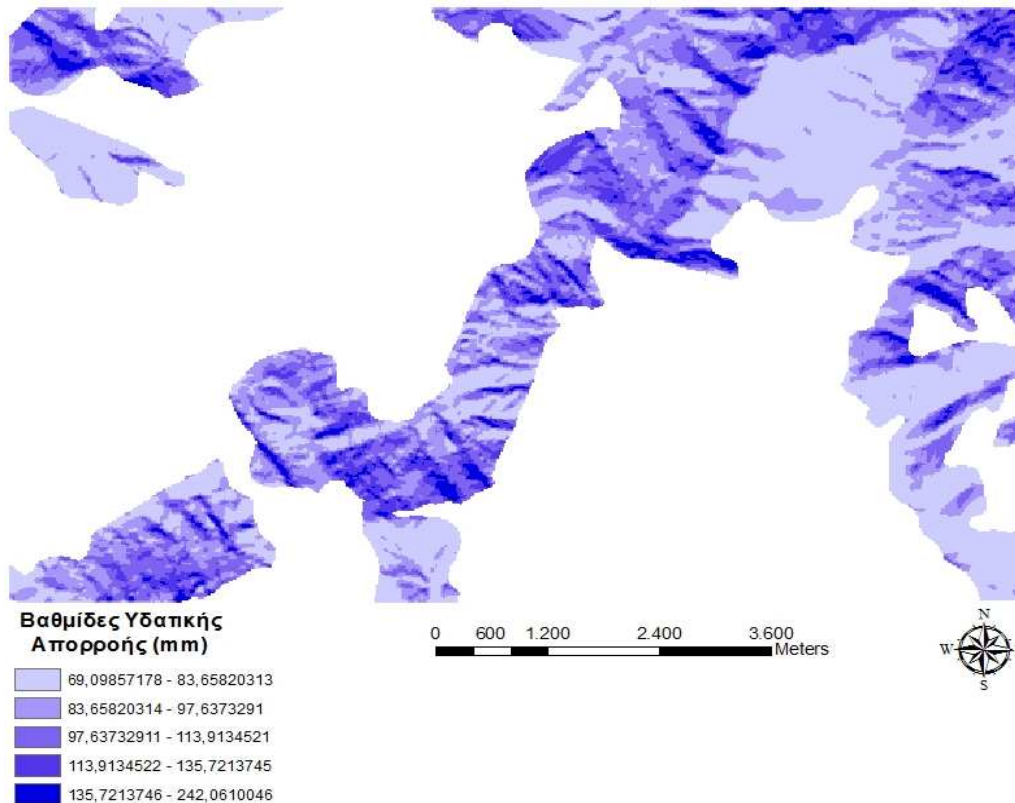
Όπως γίνεται φανερό από την παραπάνω εικόνα (5.13), η δυνητική εξατμισιοδιαπνοή κυμαίνεται από 538 mm, και φθάνει σε διάφορα τμήματα τα 1403 mm. Εάν υποθεθεί ότι όλη η περιοχή έρευνας καλύπτεται από δάσος, τότε σε ορισμένα τμήματα που παρουσιάζουν νότια έκθεση τα οποία δεν σκιάζονται κατά το μεγαλύτερο τμήμα της ημέρας, η PET φτάνει τα 1416,85 mm, πολύ κοντά στη δημοσιευμένη τιμή των Zhang *et al.* 2001. Επιπρόσθετα, η μέση τιμή της (1124,767mm) έρχεται σε πλήρη συμφωνία με τη δημοσιευμένη τιμή των Barberó *et al.* (1998) που παρουσιάζεται στην εικόνα 2.8. Στη συνέχεια επιχειρήθηκε η χαρτογράφηση της πραγματικής κατανάλωσης των υδατικών πόρων από τη βλάστηση.



Εικόνα 5.14 Χαρτογράφηση της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής για τη δασική περιοχή, σύμφωνα με το μοντέλο του Zhang *et al.* (2001).

Σύμφωνα με την εικόνα 5.14, η κατανάλωση του νερού από τη δασική βλάστηση κυμαίνεται από 465 mm ως 656 mm σε ετήσια βάση, που συνεπάγεται 191 mm νερού διαφορά σε διάφορες περιοχές. Εάν, τέλος, από το επίπεδο της κατανομής της βροχής (εικόνα 3.9) που αναλύθηκε στο κεφάλαιο 3, αφαιρεθεί το επίπεδο της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής τότε προκύπτει η ποσότητα του νερού που αποθηκεύεται στο έδαφος, εμπλουτίζει τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα και απορρέει επιφανειακά (εικόνα 5.15). Τα συγκεντρωτικά ποσοτικά χαρακτηριστικά του υδρολογικού κύκλου

(δυνητική εξατμισιοδιαπνοή, πραγματική, οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις) παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 5.3.



Εικόνα 5.15 Χαρτογράφηση της επιφανειακής και της υπόγειας απορροής για τη δασική περιοχή, σύμφωνα με το μοντέλο του Zhang et al. (2001).

Πίνακας 5.3 Συγκεντρωτικά στοιχεία του υδρολογικού κύκλου

	Δυνητική Εξατμισιοδιαπνοή (mm)	Πραγματική Εξατμισιοδιαπνοή (mm)	Επιφανειακή / υπόγεια απορροή (mm)
Ελάχιστη	538,304	464,948	69,099
Μέγιστη	1403,323	655,822	242,061
Μέσος όρος	1124,767	609,684	93,674
Τυπική απόκλιση	139,172	21,401	19,253

5.1.6 Προσδιορισμός του δείκτη Shannon Index της βιοποικιλότητας

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης αξιολογήθηκαν οι τοπογραφικοί παράγοντες που επιδρούν στο δείκτη της

βιοποικιλότητας Shannon index. Ο υπολογισμός του δείκτη βασίστηκε στην αναλογία της κυκλικής επιφάνειας του κάθε δενδρώδους είδους. Αυτός για όλη την περιοχή έρευνας κυμάνθηκε από 0 για τις αμιγείς συστάδες μαύρης Πεύκης μέχρι 0,98 για τις μεικτές συστάδες, με μέσο όρο 0,29. Η εισαγωγή της παραμέτρου της έκθεσης ακολούθησε την κατηγοριοποίηση της τοποδιαδοχής.

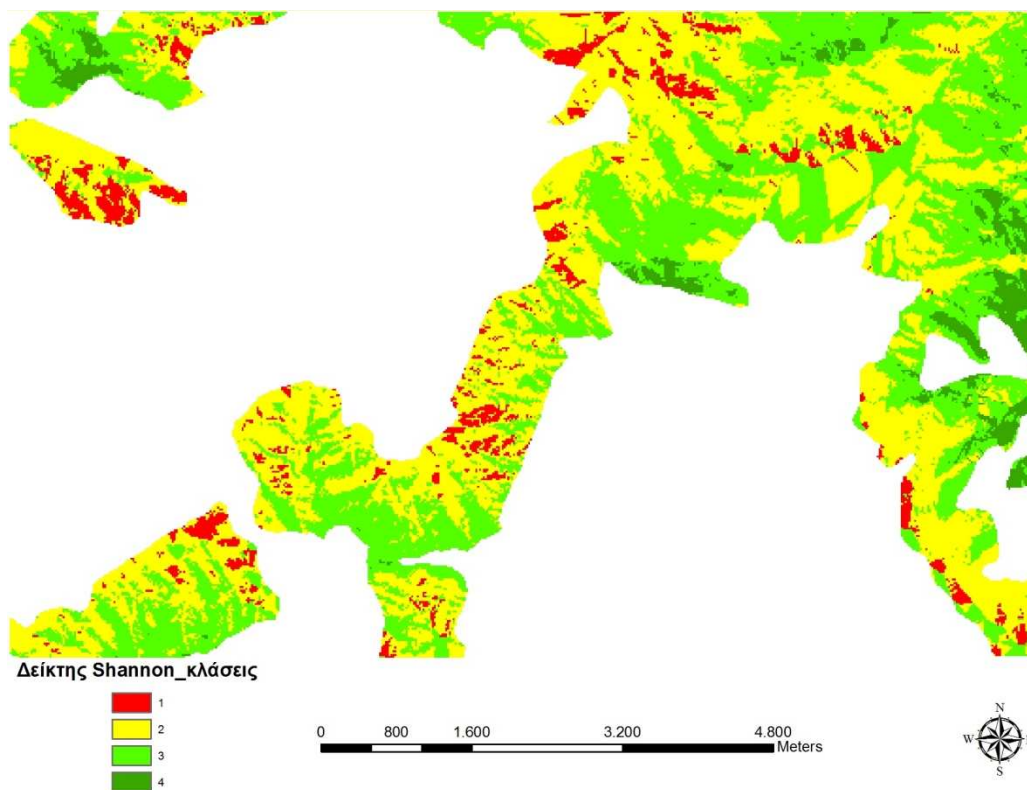
Πίνακας 5.4 Οι τιμές του δείκτη της βιοποικιλότητας Shannon Index

Δείκτης	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Τυπική απόκλιση Μ.Ο.
Shannon Index	0,00	0,98	0,295	0,294	0,054

Η ανάλυση του δείκτη παρουσίασε μικρή σχετικά συσχέτιση με τους τοπογραφικούς παράγοντες του αναγλύφου και μόνο το 39,9% της διακύμανσής του είναι δυνατό να προβλεφθεί από το γραμμικό μοντέλο. Επίσης, η έκθεση είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει τις τιμές του δείκτη, στη συνέχεια το υψόμετρο ενώ η εισαγωγή της παραμέτρου της κλίσης βελτιώνει ελάχιστα τη γραμμική συσχέτιση. Το γραμμικό μοντέλο εκφράζεται μέσα από την παρακάτω εξίσωση:

$$S.I. = -1,532659 + 0,005513 * \text{κλίση} + 0,086518 * \text{έκθεση} + 0,001053 * \text{υψόμετρο}$$

$$R = 0,632, R^2 = 0,399$$



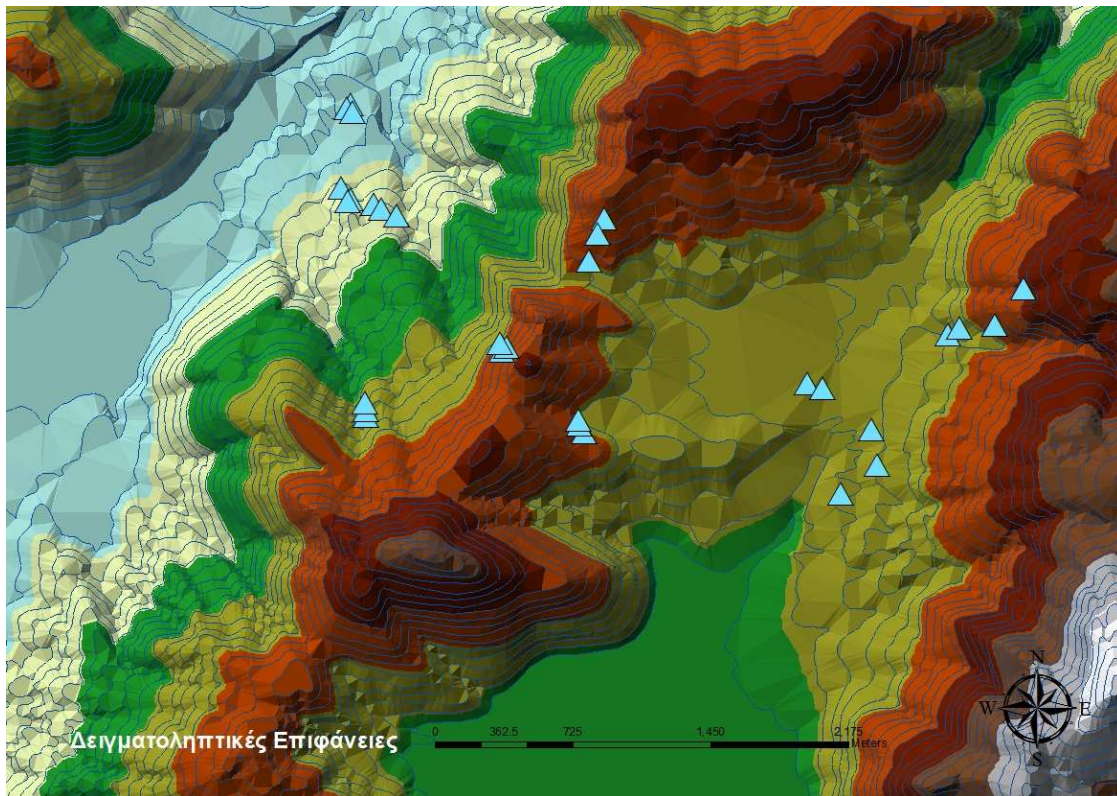
Εικόνα 5.16 Κλάσεις του δείκτη Shannon Index

Καθώς οι οριακές τιμές των χωρικών παραμέτρων του παραπάνω μοντέλου οδηγούν στην εξαγωγή αρνητικών τιμών, χρησιμοποιήθηκε κατηγοριοποίηση των τιμών του Shannon Index σε 4 διαστήματα με τιμή 0,36925 το καθένα. Η χαρτογράφηση του δείκτη Shannon Index παρουσιάζεται στην εικόνα 5.16. Προξενεί εντύπωση το γεγονός ότι στις καλύτερες ποιότητες τόπου ο συγκεκριμένος δείκτης παρουσιάζει χαμηλές τιμές.

5.2 ΦΑΣΗ II

5.2.1 Μετρήσεις πεδίου

Μετά τη χωρική ταξινόμηση των δασικών λειτουργιών, ακολούθησε η λήψη 30 δειγματοληπτικών επιφανειών κατά τη διάρκεια των καλοκαιριών του 2008 και του 2009. Για κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια προσδιορίστηκαν οι συντεταγμένες της με τη βοήθεια συσκευής δορυφορικού εντοπισμού χειρός Magellan Explorist 500, ενώ καταβλήθηκε προσπάθεια για τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια (2-3 m). Η κατανομή των δειγματοληπτικών επιφανειών παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (5.17).

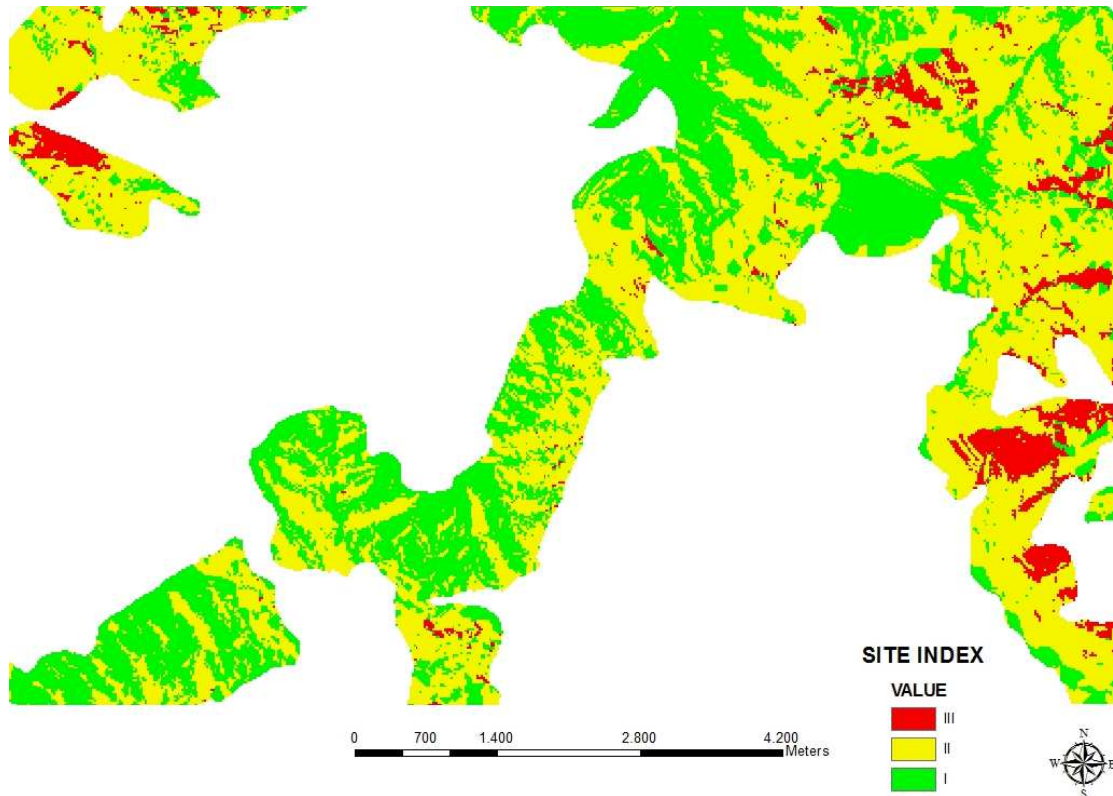


Εικόνα 5.17 Κατανομή των δειγματοληπτικών επιφανειών, έκτασης 500m^2

Από το σύνολο των 30 δειγματοληπτικών επιφανειών, έκτασης 500m^2 , οι 14 εμπίπτουν σε δάση που χαρτογραφήθηκαν ως παραγωγικά, οι 11 σε δάση που έχουν χαρακτηριστεί ως προστατευτικά, ενώ οι 5 αντιστοιχούν σε αναμνησικά/αισθητικά δάση με βάση την αναλογία της έκτασης που καταλαμβάνει η κάθε κατηγορία μέσα στα όρια της περιοχής έρευνας.

5.2.2 Καθορισμός και χαρτογράφηση Ποιοτήτων Τόπου

Χρησιμοποιώντας ως μεθοδολογία τη θεωρία της τοποδιαδοχής, όπως αυτή περιγράφεται στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας, προέκυψε ο χάρτης Ποιοτήτων Τόπου της εικόνας 5.18.



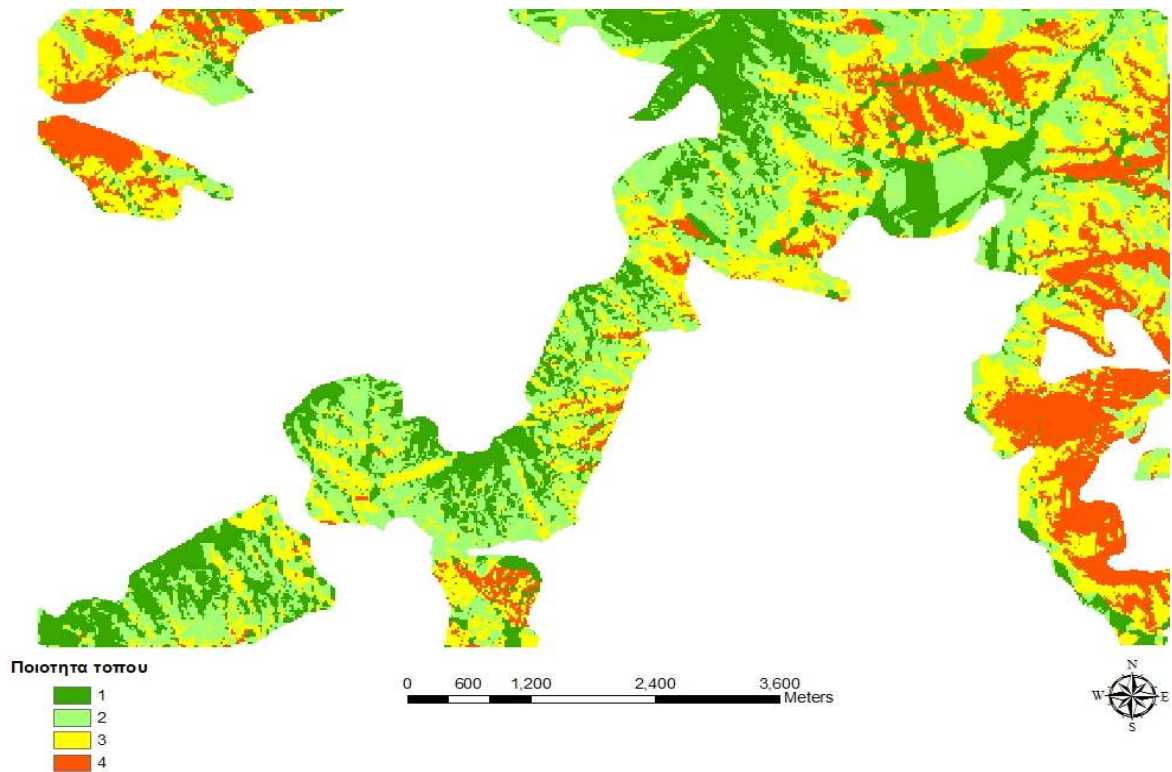
Εικόνα 5.18 Κατανομή Ποιοτήτων Τόπου με βάση την τοποδιαδοχή

Ωστόσο, η εφαρμογή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, με την ποιότητα τόπου ως εξαρτημένη μεταβλητή και ως ανεξάρτητη το σύνολο των φυσιογραφικών παραγόντων, παρουσίασε υψηλό δείκτη προσδιορισμού προβλέποντας το 94,8% της μεταβλητότητας. Η εξίσωση έχει την παρακάτω μορφή:

$$\text{Π.Τ.} = 0,145023 + 0,003441 * \text{υψόμετρο} + 0,040381 * \text{κλίση} - 0,314920 * \text{έκθεση}$$

$$R = 0,974, R^2 = 0,948$$

Στην παραπάνω εξίσωση, η παράμετρος της έκθεσης ακολουθεί την κατηγοριοποίηση των κλάσεων της τοποδιαδοχής, ενώ η υψηλή τιμή του συντελεστή προσδιορισμού μπορεί εν μέρει να αποδοθεί στο κοινό γεωλογικό υπόβαθρο όλων των δειγματοληπτικών επιφανειών, πλην μιας.



Εικόνα 5.19 Κατανομή Ποιοτήτων Τόπου με βάση την εξίσωση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης

Πίνακας 5.5 Έκταση Ποιοτήτων τόπου της περιοχής έρευνας

Ποιότητα τόπου	I	II	III	IV
Έκταση (km ²)	6,49	8,98	9,07	5,29
Ποσοστό %	21,8	30,1	30,4	17,7

Η έκταση των ποιοτήτων τόπου παρουσιάζεται στον πίνακα 5.5. Η διαφορά των 100 m² από την ολική δασική έκταση οφείλεται σε σφάλμα του προγράμματος, κατά την μετατροπή των ψηφιδωτών επιπέδων σε διανυσματικά και το αντίστροφο.

5.2.3 Ανάλυση της δομής των συστάδων

I Ποιότητα Τόπου

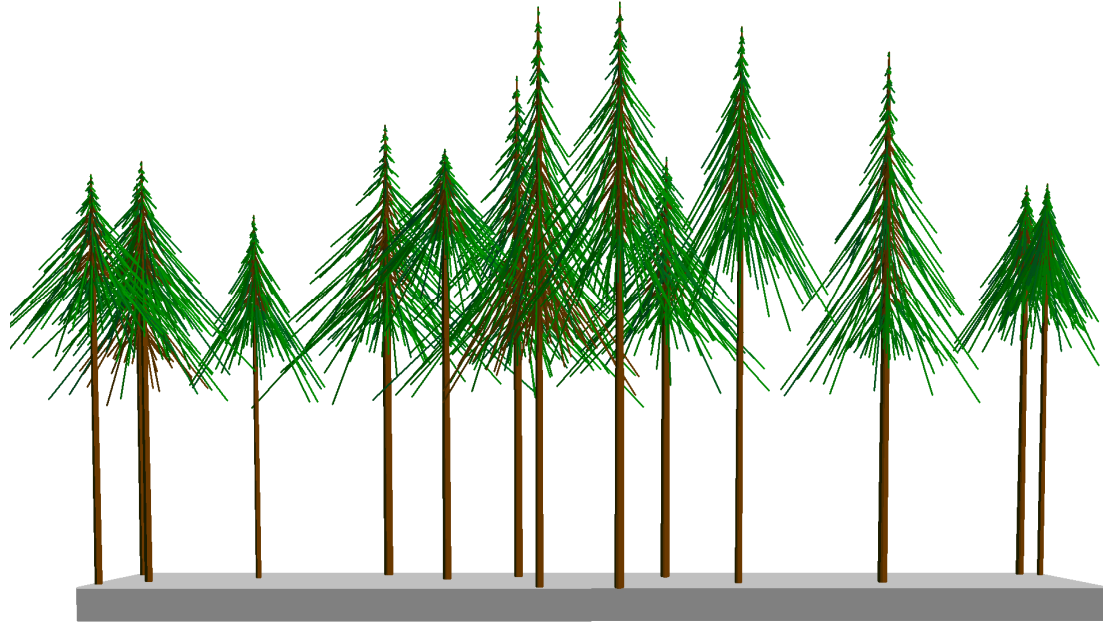
Εμφανίζεται κυρίως σε Βόρειες και Βόρειο-Ανατολικές εκθέσεις (0-90°), στα χαμηλότερα τμήματα της δασικής έκτασης με μέσο υψόμετρο 970 m, ελάχιστο τα 760 m και μέγιστο τα 1300 m. Το γεωλογικό υπόβαθρο αποτελείται από βασικά, υπερβασικά και εκρηξιγενή πετρώματα. Η μέση κλίση ανέρχεται στις 8,04° (14,1%). Αποτελεί το 21,8% της ολικής δασοσκεπούς έκτασης, το οποίο ανέρχεται στα 6,49 km². Χαρακτηριστικό αυτής της έκτασης είναι οι καλές συνθήκες υγρασίας και η πολύ καλή ανάπτυξη των συστάδων της μαύρης Πεύκης. Οι συστάδες που εμφανίζονται σε αυτή την ποιότητα τόπου είναι αμιγείς μαύρης Πεύκης και κατανέμονται σε δύο κλάσεις ηλικίας, όπως παρακάτω.

Κλάση ηλικίας 75-85 χρόνων

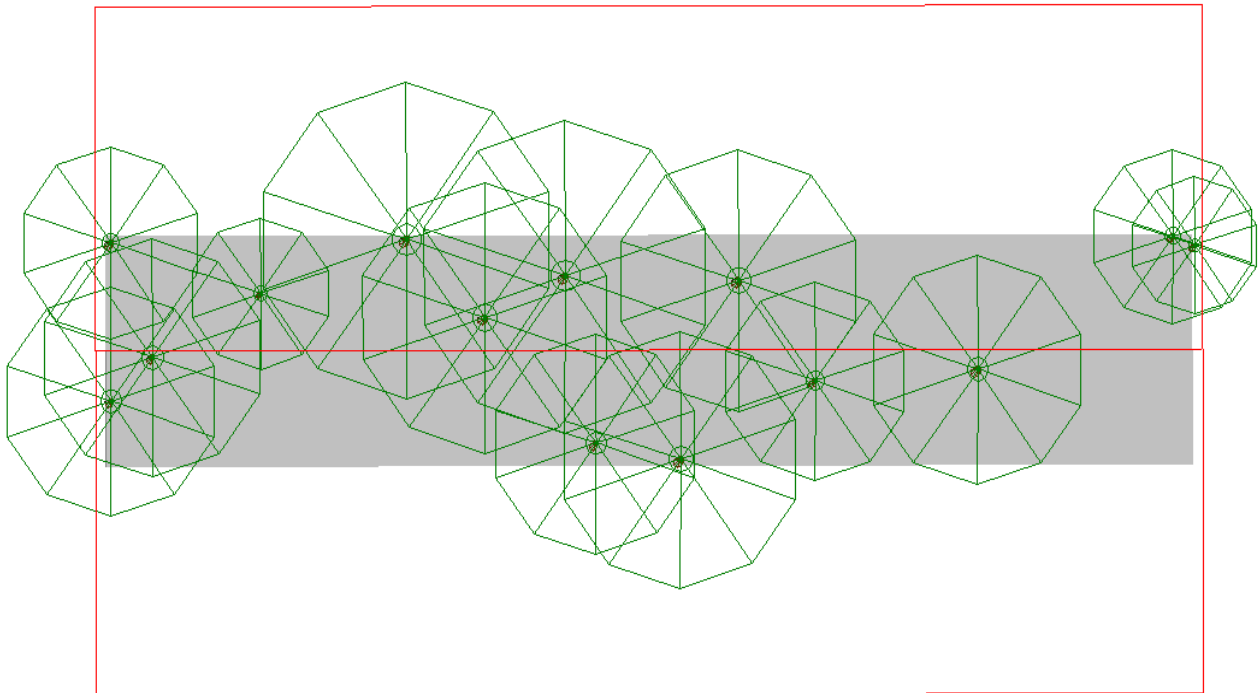
Οι συστάδες αυτής της ηλικίας παρουσιάζουν μέγιστο ύψος που φτάνει τα 32 m, μέσο ανώτερο ύψος τα 28,7 m και μέγιστη διάμετρο 50 cm. Το προφίλ της συστάδας απεικονίζεται στην εικόνα 5.20. Οι συστάδες αυτής της κατηγορίας τείνουν να γίνουν μονόροφες με σαφή υπεροχή του ανωρόφου. Η κατανομή των ατόμων στις βαθμίδες της διαμέτρου (εικόνα 5.22) προσεγγίζει αυτή του ομήλικου δάσους. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το συγκεκριμένο τμήμα υλοτομείται συστηματικά καθώς ανήκει σε ένα από τα πλέον παραγωγικά δάση της περιοχής, σε αντίθεση με άλλα τμήματα που αναλύονται στη συνέχεια και συνεπώς οι τιμές του μέσου ανώτερου ύψους καθώς και της μέσης ανώτερης διαμέτρου πιθανώς να μην είναι αντιπροσωπευτικές της άριστης ποιότητας του σταθμού.

Η πυκνότητα του πληθυσμού ανέρχεται στα 387 άτομα/ha ενώ η κυκλική επιφάνεια στα 36,40 m²/ha. Το μέσο ύψος ανέρχεται στα 22,7 m, η μέση στηθιαία διάμετρος στα 32,7 cm ενώ το μέσο μήκος της κόμης ανέρχεται στα 9,6 m. Το μέσο ύψος έναρξης της κόμης ανέρχεται στα 13,2 m και συνεπώς το άκλαδο τμήμα του κορμού αποτελεί το 58% του συνολικού ύψους των δέντρων. Η ζωτικότητα των ατόμων του πληθυσμού είναι άριστη με μέση τιμή 12,1 η τάση εξέλιξης πολύ καλή με μέση τιμή 1,7 και η ποιότητα κορμού κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα (43,3). Ο μέσος βαθμός λυγρότητας (ίσως με 73,4) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η σταθερότητα των συστάδων βρίσκεται σε ικανοποιητικό επίπεδο. Η κάλυψη της κόμης ανέρχεται στο 82% και εκτιμήθηκε με ακρίβεια κάνοντας χρήση της εντολής compute cover του λογισμικού SVS. Τα αναλυτικά στατιστικά στοιχεία των συστάδων παρουσιάζονται στον

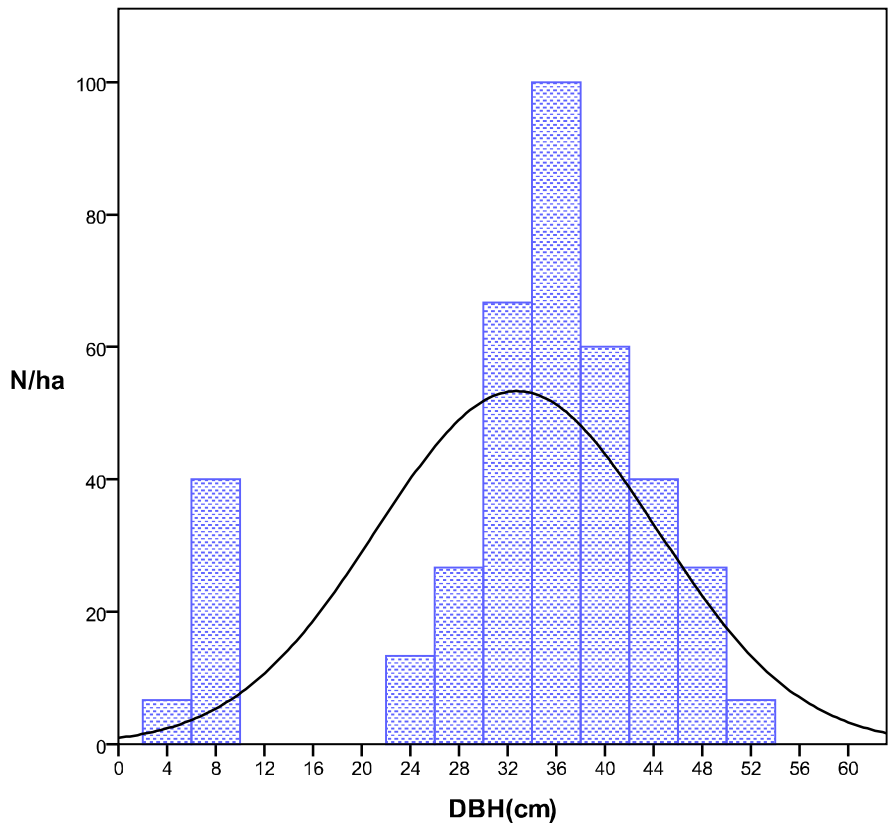
παρακάτω πίνακα (5.23). Η επεξεργασία των στοιχείων έγινε με το πρόγραμμα SPSS v.17.0 καθώς και το Microsoft Office Excel 2007.



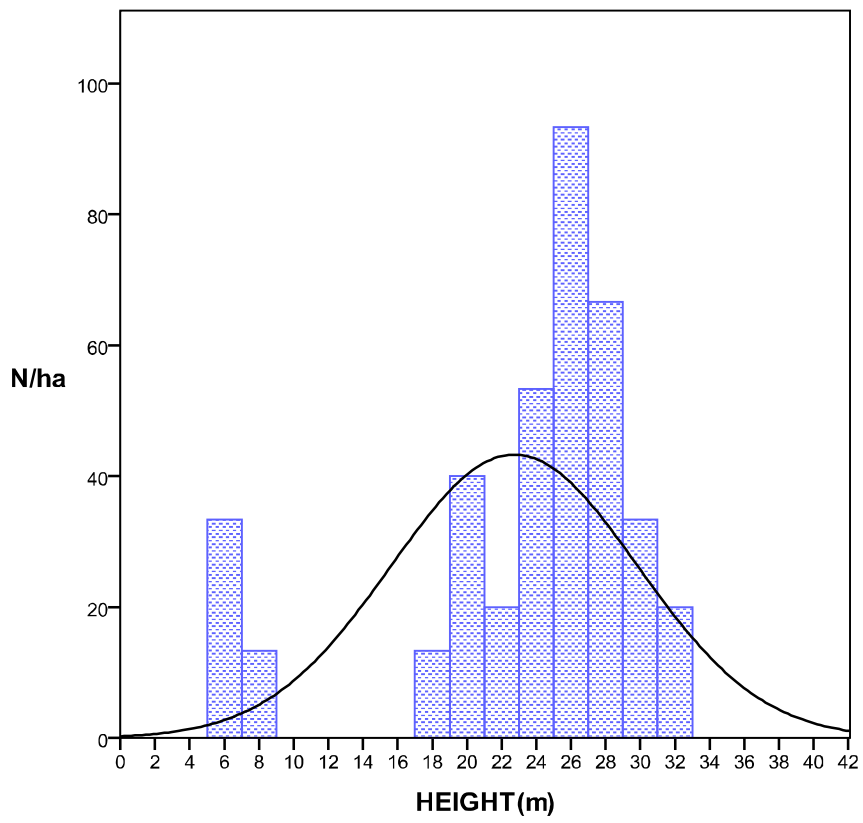
Εικόνα 5.20 Προφίλ συστάδας στην I ποιότητα τόπου



Εικόνα 5.21 Κάτοψη συστάδας μαύρης Πεύκης στην I ποιότητα τόπου



Εικόνα 5.22 Κατανομή των κλάσεων διαμέτρου με την καμπύλη της κανονικής κατανομής



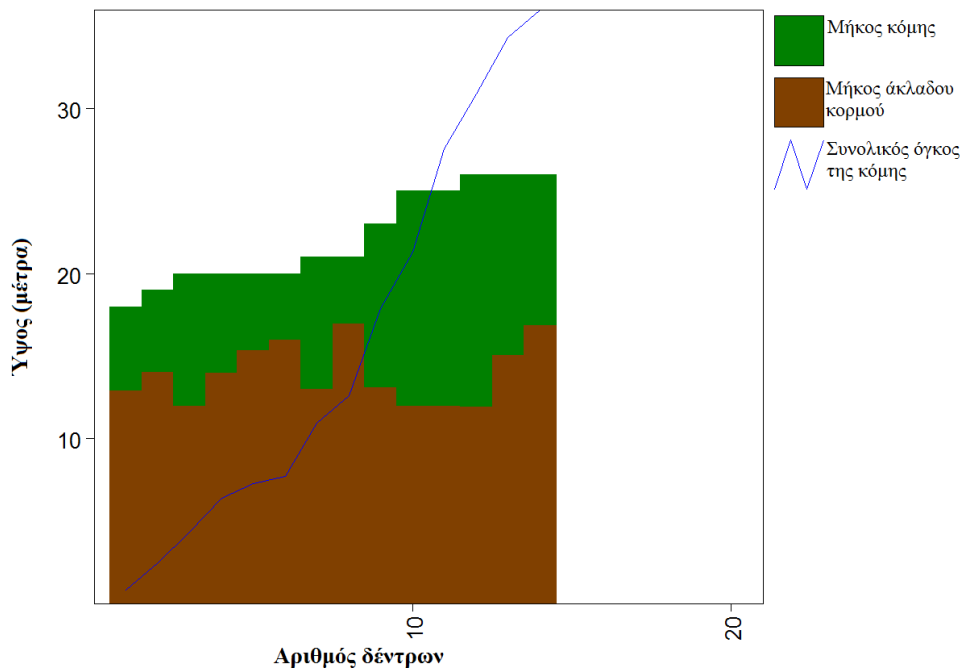
Εικόνα 5.23 Κατανομή των κλάσεων ύψους με την καμπύλη της κανονικής κατανομής

Πίνακας 5.6 Στατιστικά παραμέτρων δομής

Ποιότητα τύπου I	Στατιστικά παραμέτρων δομής	Σύνολο
	Αριθμός ατόμων/ha	379
	Κυκλική επιφάνεια (m ² /ha)	36,4
Διάμετρος d (cm)	Μέσος όρος (μ.ο.)	32,7
	Ελάχιστη τιμή	5,0
	Μέγιστη τιμή	50,0
	Τυπική απόκλιση	11,5
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	1,5
Ύψος h (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	22,7
	Ελάχιστη τιμή	5,0
	Μέγιστη τιμή	32,0
	Τυπική απόκλιση	7,2
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,9
Έναρξη κόμης CBH (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	13,2
	Ελάχιστη τιμή	0,5
	Μέγιστη τιμή	18,5
	Τυπική απόκλιση	5,1
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,7
Μήκος κόμης L (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	9,6
	Ελάχιστη τιμή	3,5
	Μέγιστη τιμή	17,5
	Τυπική απόκλιση	3,5
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,5
Βαθμός λυγρότητας h/d	Μέσος όρος (μ.ο.)	73,4
	Ελάχιστη τιμή	47,9
	Μέγιστη τιμή	114,3
	Τυπική απόκλιση	15,8
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	2,1

Πίνακας 5.7 Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών

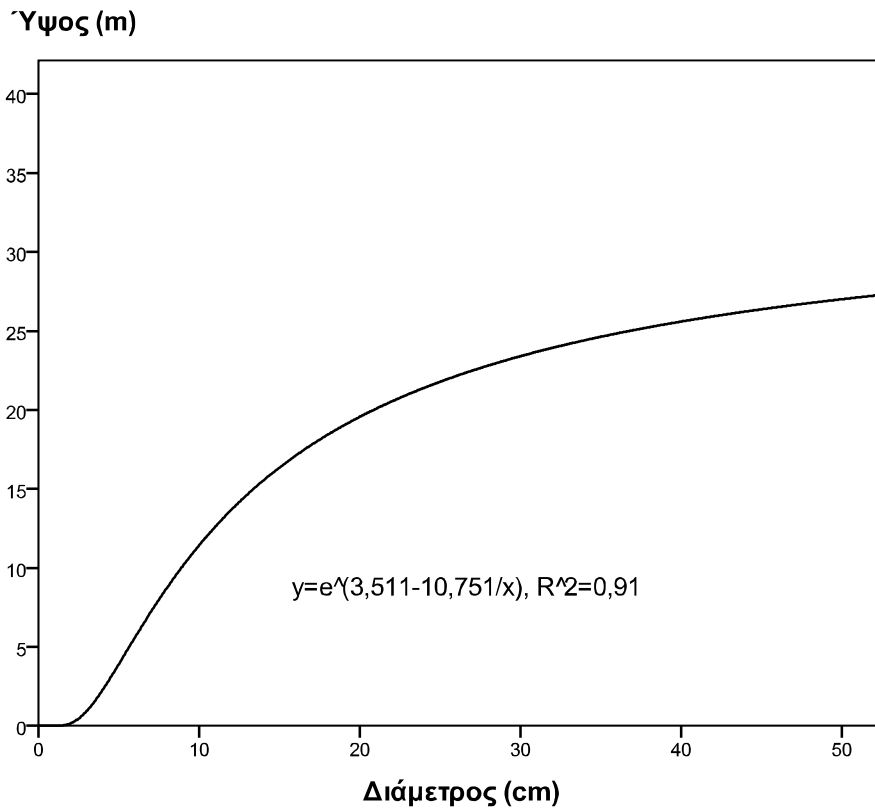
Ποιότητα Τύπου I	Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών	Σύνολο
Ζωτικότητα (Z)	Μέσος Όρος	12,1
	Ελάχιστη τιμή	10
	Μέγιστη τιμή	20
Τάση εξέλιξης (TE)	Μέσος Όρος	1,7
	Ελάχιστη τιμή	1
	Μέγιστη τιμή	3
Ποιότητα κορμού (ΠΚ)	Μέσος Όρος	43,3
	Ελάχιστη τιμή	40
	Μέγιστη τιμή	60



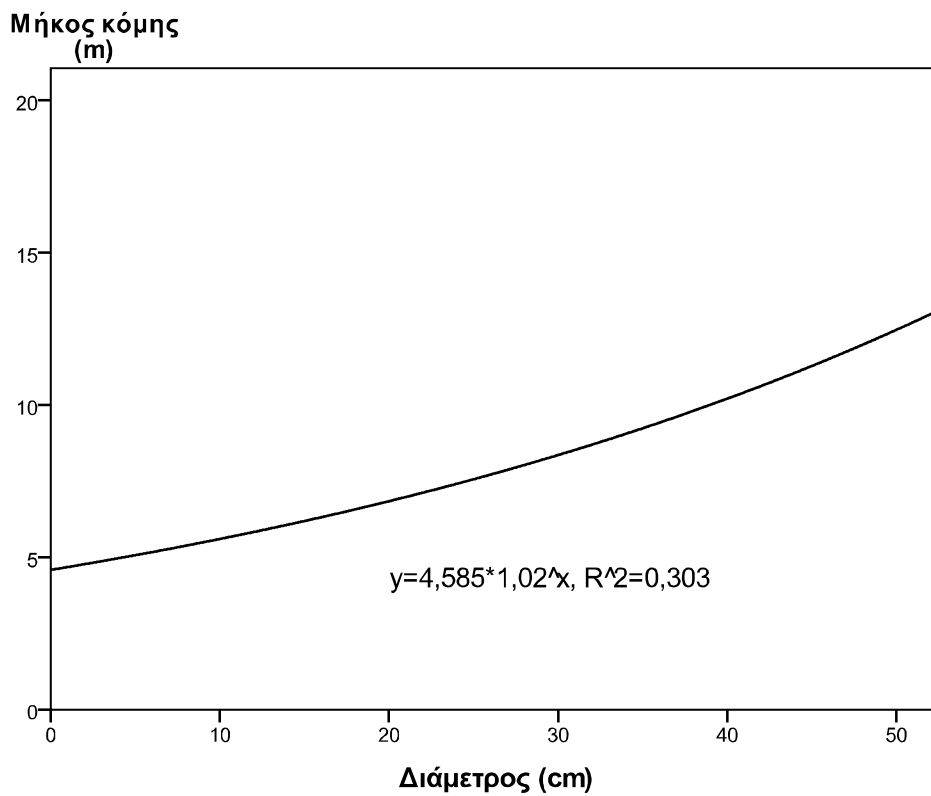
Εικόνα 5.24 Αναλογία κόμης και άκλαδου κορμού στην I ποιότητα τόπου (75-85 ετών)

Για τη διερεύνηση της σχέσης ύψους-στηθιαίας διαμέτρου χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση της μορφής $y=e^{(b_0 - b_1/x)}$ καθώς παρουσίασε την καλύτερη προσαρμογή ($R^2=0,91$) από όλες τις εξισώσεις που δοκιμάστηκαν. Στη συνέχεια ερευνήθηκε η σχέση μήκους κόμης και στηθιαίας διαμέτρου. Από την κλίση της καμπύλης ύψους-διαμέτρου συμπεραίνεται ότι η αύξηση σε ύψος κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Σε συνδυασμό με τις υψηλές μέσες τιμές της ζωτικότητας και της τάσης εξέλιξης που αναλύθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, γίνεται φανερή η δυναμική πορεία της αύξησης και της εξέλιξης των συγκεκριμένων συστάδων. Η καμπύλη μήκους κόμης-διαμέτρου παρουσιάζει μικρότερη κλίση σε σχέση με την καμπύλη ύψους-διαμέτρου. Παρατηρείται επίσης ότι το μήκος κόμης, συναρτηθεί της διαμέτρου δεν ακολουθεί παρόμοια πορεία με αυτή της αύξησης του ύψους του κάθε δέντρου. Παράλληλα, η προσαρμογή της στην παραπάνω εξίσωση δεν είναι το ίδιο ικανοποιητική, παρουσιάζοντας σημαντικά μικρότερο συντελεστή προσδιορισμού ($R^2=0,270$). Συνεπώς, δεν παρατηρείται ο ίδιος ρυθμός αύξησης με αυτόν του ύψους, γεγονός που φανερώνει τον έντονο ανταγωνισμό των ατόμων των συστάδων αυτών.

Ο μη παραμετρικός έλεγχος καλής προσαρμογής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov για τις κλάσεις διαμέτρων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι δεν ακολουθείται η κανονική κατανομή ($p\text{-value}=0,009$) κάτι που μπορεί να οφείλεται στην εκτεταμένη υλοτομία των συγκεκριμένων συστάδων και την έντονη ανθρώπινη επέμβαση. Η κατανομή των κλάσεων διαμέτρου παρουσιάζει αριστερή ασυμμετρία (συντελεστής ασυμμετρίας: $-1,231$) που οφείλεται στον αριθμό των ατόμων των μικρών κλάσεων διαμέτρου, όπως γίνεται αντιληπτό και από την εικόνα 5.22.



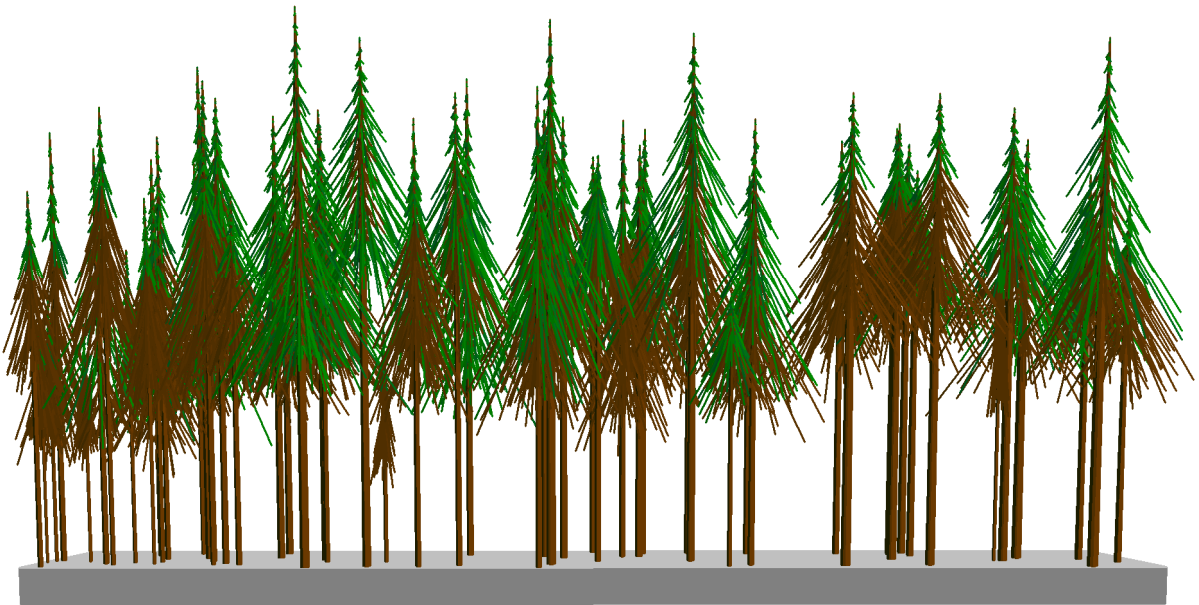
Σχήμα 1. Καμπύλη ύψους (h)-διαμέτρου (d) στην I ποιότητα τόπου



Σχήμα 2. Καμπύλη μήκους κόμης (L)-διαμέτρου (d) στην I ποιότητα τόπου

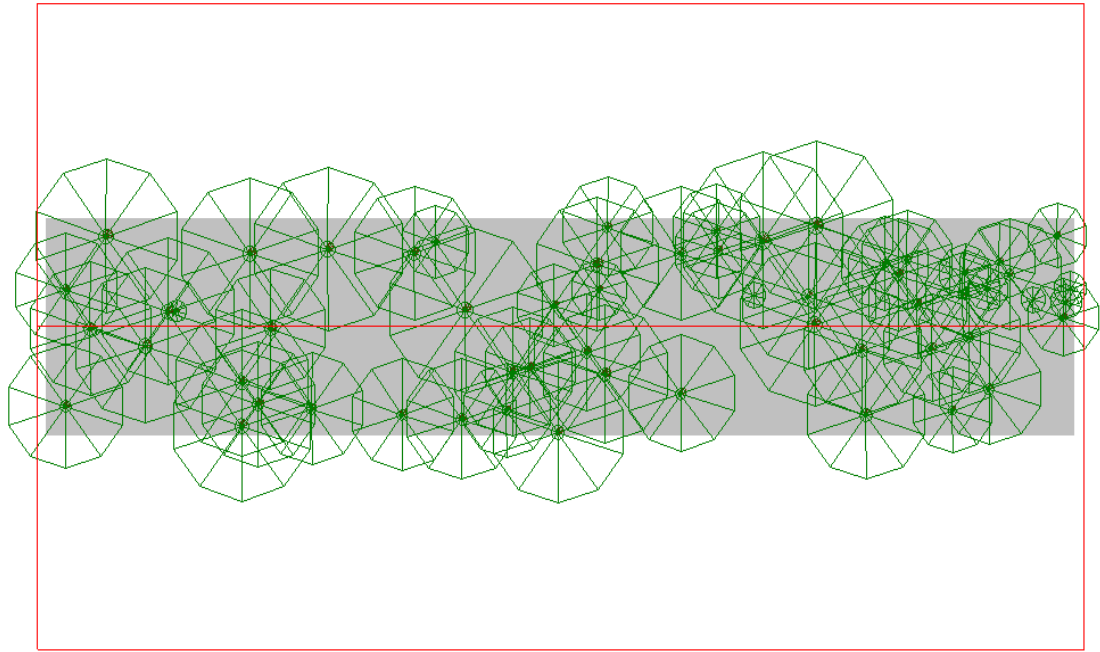
Κλάση ηλικίας 55-65 χρόνων

Οι συστάδες σε αυτή την ποιότητα τόπου είναι αμιγείς μαύρης Πεύκης. Το 63,5% των διαμέτρων των δέντρων κυμαίνεται από 21-35 εκατοστά ενώ το 9,6% από 36-52 εκατοστά. Συνεπώς βρίσκονται στο στάδιο των λεπτών κορμών ενώ έχει αρχίσει η μεταβατική περίοδος προς το στάδιο των μέτριων κορμών. Η πυκνότητα των συστάδων αυτών κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, με 1313 άτομα ανά εκτάριο. Οι καλές συνθήκες της αύξησης αποτυπώνονται στα περιγραφικά χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων συστάδων. Το μέσο ανώτερο ύψος φτάνει τα 24,2 m ενώ το μέσο ύψος τα 18,9 m. Η μέση στηθιαία διάμετρος είναι 25,6 cm και το μέσο ύψος έναρξης της κόμης 9,8m. Το μήκος του άκλαδου κορμού αποτελεί το 38,3% των δέντρων κατά μέσο όρο ενώ η κάλυψη της κόμης ανέρχεται στο 93%. Το προφίλ της συστάδας απεικονίζεται στην εικόνα 5.25 με βάση το πρόγραμμα Stand Visualization System.

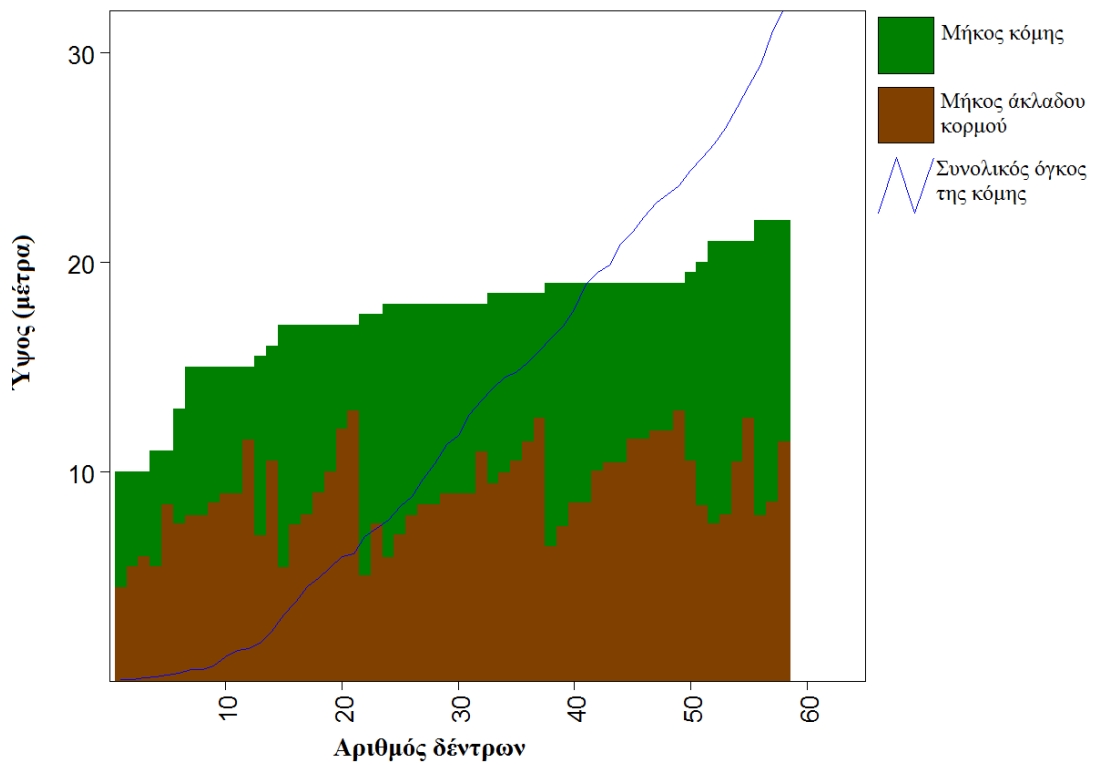


Εικόνα 5.25 Προφίλ συστάδας μαύρης Πεύκης στην I ποιότητα τόπου (στάδιο λεπτών κορμών)

Ο μέσος όρος της τάσης εξέλιξης είναι 2,37, η ζωτικότητα 24,57 και η ποιότητα κορμού 49,70. Ο βαθμός λυγρότητας είναι 78,7, με το 40,1% των ατόμων όμως να παρουσιάζει βαθμό λυγρότητας μεγαλύτερο της οριακής τιμής 80 και συνεπώς να χαρακτηρίζονται από αστάθεια. Επιπλέον, το 15,2% των ατόμων εμφανίζει βαθμό λυγρότητας μεγαλύτερο του 100 με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό αστάθειας. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη μεγάλη πυκνότητα των συγκεκριμένων συστάδων με αποτέλεσμα την άμεση ανάγκη εφαρμογής καλλιεργητικών μέτρων.



Εικόνα 5.26 Κάτοψη συστάδας μαύρης Πεύκης στην I ποιότητα τόπου (στάδιο λεπτών κορμών)



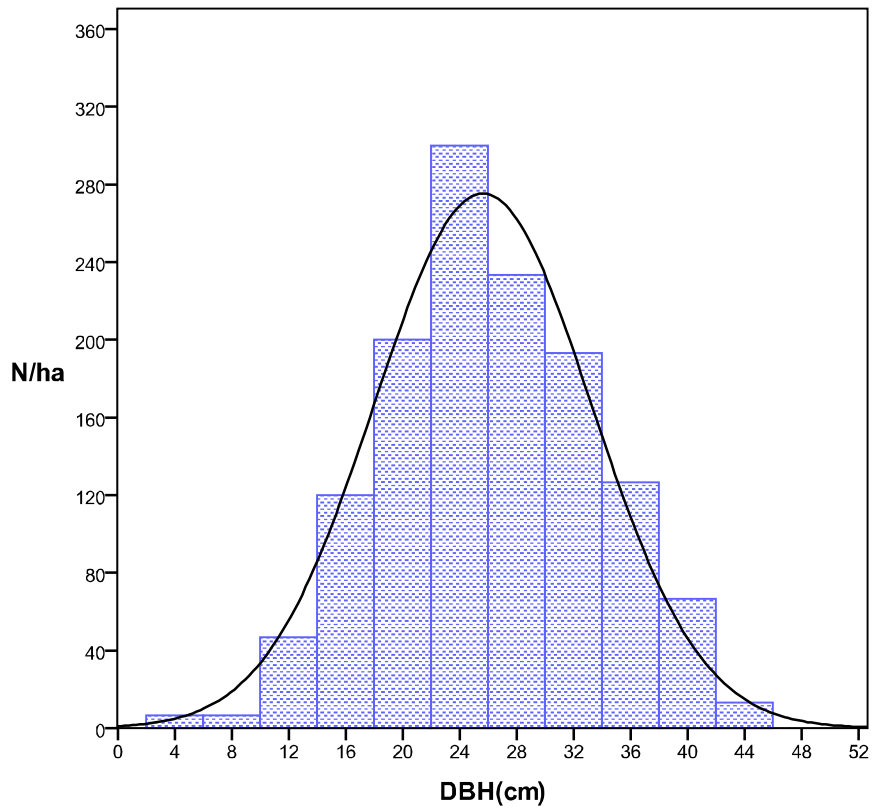
Εικόνα 5.27 Αναλογία κόμης και άκλαδου κορμού στην I ποιότητα τόπου (στάδιο λεπτών κορμών)

Πίνακας 5.8 Στατιστικά παραμέτρων δομής

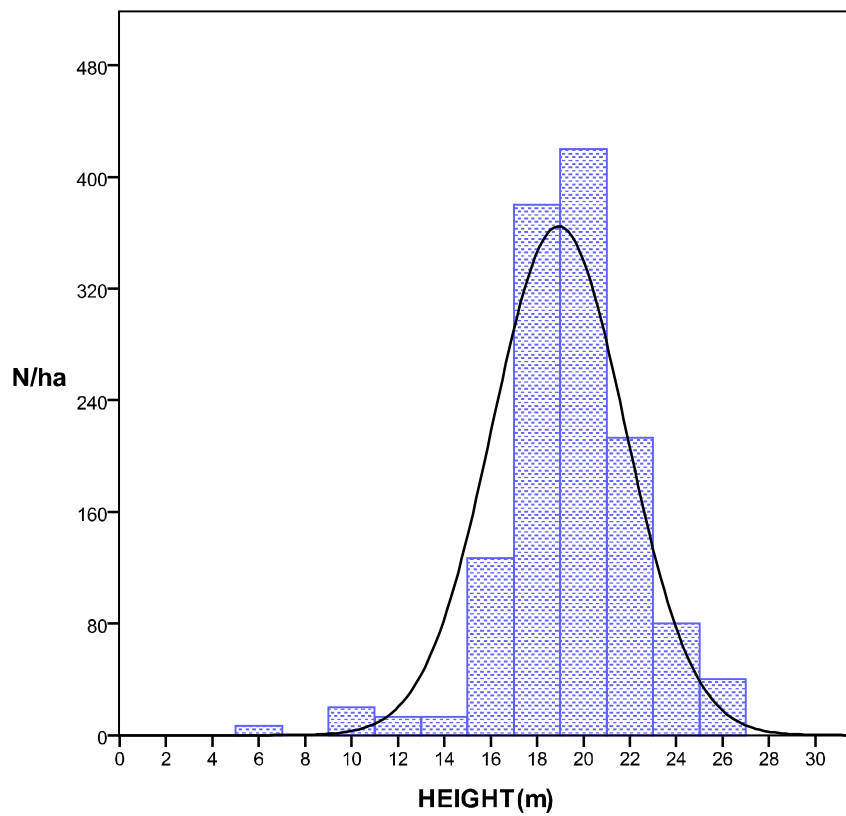
Ποιότητα τύπου I	Στατιστικά παραμέτρων δομής	Σύνολο
	Αριθμός ατόμων/ha	1313
	Κυκλική επιφάνεια (m ² /ha)	73,6
Διάμετρος d (cm)	Μέσος όρος (μ.ο.)	25,62
	Ελάχιστη τιμή	4,00
	Μέγιστη τιμή	45,00
	Τυπική απόκλιση	7,59
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,54
Ύψος h (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	18,93
	Ελάχιστη τιμή	5,00
	Μέγιστη τιμή	25,00
	Τυπική απόκλιση	2,87
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,20
Έναρξη κόμης CBH (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	9,79
	Ελάχιστη τιμή	3,00
	Μέγιστη τιμή	16,00
	Τυπική απόκλιση	2,30
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,16
Μήκος κόμης L (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	9,24
	Ελάχιστη τιμή	2,00
	Μέγιστη τιμή	21,00
	Τυπική απόκλιση	3,36
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,24
Βαθμός λυγρότητας h/d	Μέσος όρος (μ.ο.)	78,7
	Ελάχιστη τιμή	48,00
	Μέγιστη τιμή	136,36
	Τυπική απόκλιση	18,97
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	1,35

Πίνακας 5.9 Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών

Ποιότητα Τύπου I (Στάδιο λεπτών κορμών)	Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών	Σύνολο
Ζωτικότητα (Z)	Μέσος Όρος	24,57
	Ελάχιστη τιμή	10
	Μέγιστη τιμή	30
Τάση εξέλιξης (TE)	Μέσος Όρος	2,37
	Ελάχιστη τιμή	1
	Μέγιστη τιμή	3
Ποιότητα κορμού (ΠΚ)	Μέσος Όρος	49,70
	Ελάχιστη τιμή	40
	Μέγιστη τιμή	60

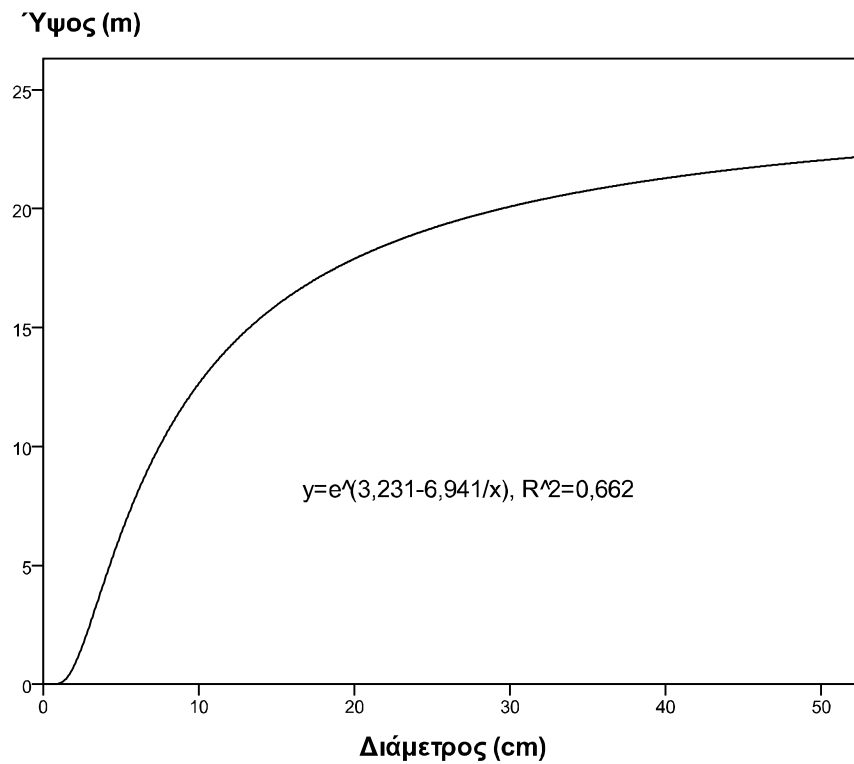


Εικόνα 5.28 Κατανομή των κλάσεων διαμέτρου με την καμπύλη της κανονικής κατανομής

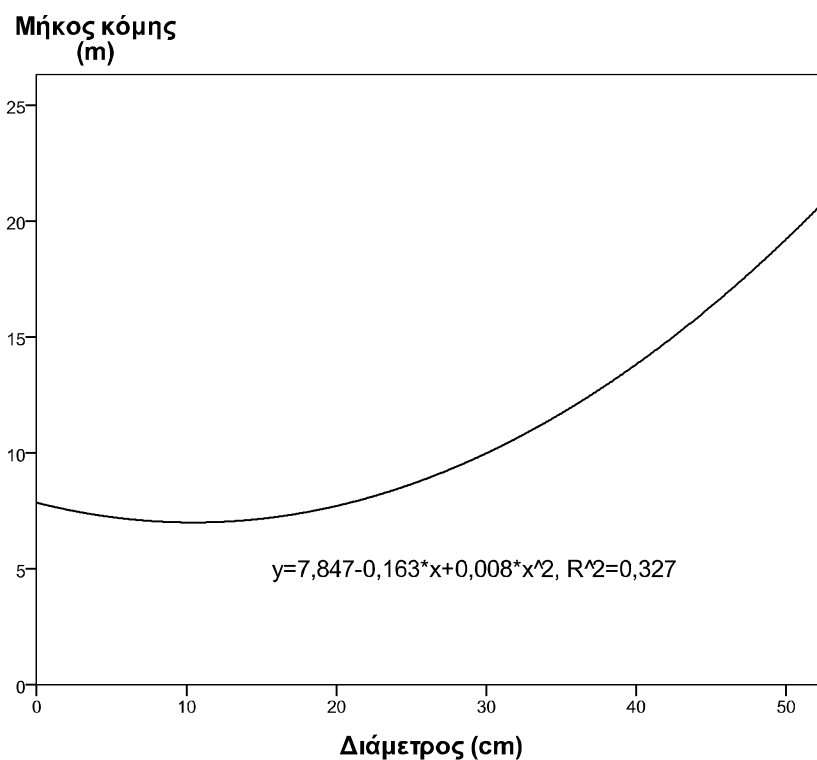


Εικόνα 5.29 Κατανομή των κλάσεων ύψους με την καμπύλη της κανονικής κατανομής

Η διερεύνηση της σχέσης διαμέτρου ύψους-στηθιαίας διαμέτρου οδήγησε στην εξίσωση της μορφής $y = e^{(b_0+b_1/x)}$ με συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0,662$.



Σχήμα 3. Καμπύλη ύψους (h)-διαμέτρου (d) στην I ποιότητα τόπου (στάδιο λεπτών κορμών)



Σχήμα 4. Καμπύλη μήκους κόμης (L)-διαμέτρου (d) στην I ποιότητα τόπου (στάδιο λεπτών κορμών)

Η εξίσωση που παρουσίασε την καλύτερη προσαρμογή, όσον αφορά τη σχέση διαμέτρου και του μήκους της κόμης, είναι της μορφής της δευτεροβάθμιας εξίσωσης $y=b_0+b_1x+b_2x^2$ με τον συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0,327$.

Ο μη παραμετρικός έλεγχος καλής προσαρμογής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov για τις κλάσεις διαμέτρου στην κανονική κατανομή οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η κατανομή μπορεί να ακολουθεί την κανονική κατανομή (p -value=0,541) γεγονός που επιβεβαιώνει την ομήλικη δομή των συγκεκριμένων συστάδων σε συνδυασμό με την έλλειψη οποιουδήποτε καλλιεργητικού μέτρου. Παράλληλα, η κατανομή των κλάσεων διαμέτρου παρουσιάζει ελάχιστη δεξιά ασυμμετρία (συντελεστής ασυμμετρίας: 0,074).

Η Ποιότητα τόπου

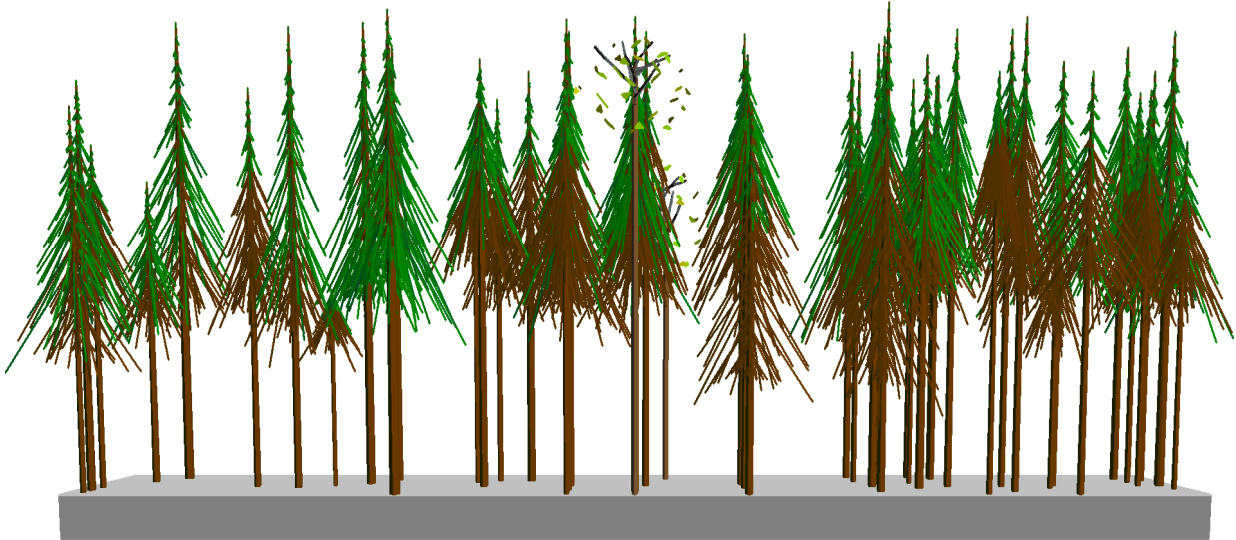
Η ποιότητα αυτή καλύπτει το 30,1% της υπό μελέτη περιοχής και εκτείνεται σε μια επιφάνεια 8,98 km² περίπου. Εμφανίζεται κυρίως στις Βορειοδυτικές εκθέσεις (270°-360°), στα μεσαία τμήματα κυρίως των κλιτύων, με μέσο υψόμετρο τα 1052 m, ελάχιστο τα 764 m και μέγιστο τα 1520 m. Η μέση κλίση είναι 20,46° (37%). Προκειμένου να αναλυθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο η δομή των συστάδων που εντοπίζονται στο συγκεκριμένο τμήμα και να εκτιμηθεί η δυναμική της αύξησης των ατόμων τους έχοντας ως δεδομένο τη μεγάλη επιφάνεια στην οποία εκτείνεται, ελήφθησαν στοιχεία πεδίου από διάφορα τμήματα.

Κλάση ηλικίας 40-50 χρόνων

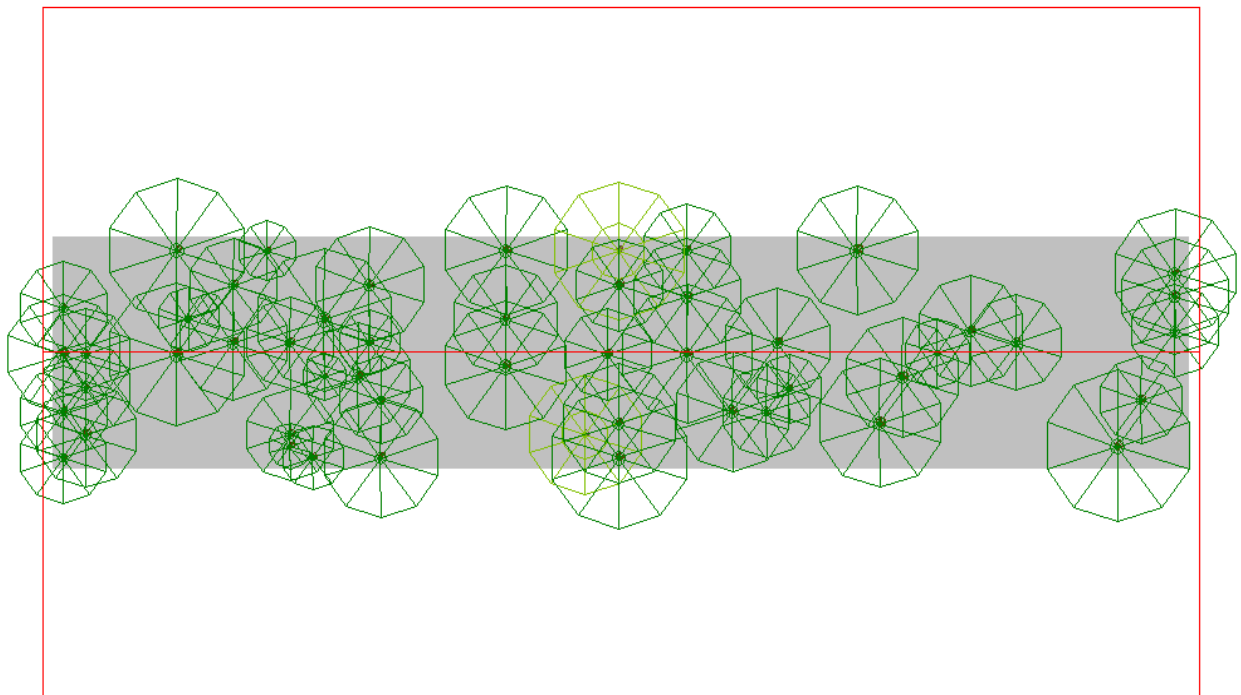
Οι συστάδες αυτής της ποιότητας τόπου είναι αμιγείς μαύρης Πεύκης με μικρή μείξη πλατύφυλλων ειδών κυρίως οξυάς και δρυός (3,1%). Το μητρικό πέτρωμα αποτελείται από μάρμαρα, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και σιπολίτες. Το μέσο ανώτερο ύψος των ατόμων μαύρης Πεύκης είναι 16,6 m. Η κυκλική επιφάνεια είναι 56,4 m²/ha με τα άτομα της μαύρης Πεύκης να αποτελούν το 96,9% αυτής. Η πυκνότητα των συστάδων αυτών ανέρχεται στα 1000 άτομα/ha. Από αυτά, 926 είναι άτομα μαύρης Πεύκης, 53 άτομα δρυός, 13 άτομα οξιάς και 8 αρκουδοπούρναρου (*Ilex aquifolium*).

Για τα άτομα της μαύρης Πεύκης, το μέσο ύψος ανέρχεται στα 14 m, η μέση στηθιαία διάμετρος στα 26 cm, το μέσο ύψος έναρξης της κόμης στα 7,3 m και το μέσο μήκος της στα 6,7 m. Συνεπώς, το άκλαδο τμήμα του κορμού αποτελεί, κατά μέσο όρο, το 52% του ύψους των δέντρων. Το 64,7% των τιμών της στηθιαίας διαμέτρου των συστάδων αυτών, κυμαίνονται από 21-35 cm και το 10,8% είναι μεγαλύτερες των 36 cm. Συνεπώς, οι συγκεκριμένες συστάδες βρίσκονται στο στάδιο των λεπτών κορμών

με τάση μετάβασης στο στάδιο των μέτριων κορμών. Ο μέσος όρος της τάσης εξέλιξης είναι 2,51, της ζωτικότητας 25,11 και της ποιότητας του κορμού 55,25. Ο βαθμός κάλυψης της κόμης των δέντρων ανέρχεται σε 0,8 (80%). Ο μέσος βαθμός λυγρότητας είναι 56,19, με διακυμάνσεις από 35 ως 100. Το προφίλ αυτών των συστάδων παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (5.30).



Εικόνα 5.30 Προφίλ συστάδας μαύρης Πεύκης στη II ποιότητα τόπου (στάδιο λεπτών κορμών)



Εικόνα 5.31 Κάτοψη συστάδας μαύρης Πεύκης στη II ποιότητα τόπου (στάδιο λεπτών κορμών)

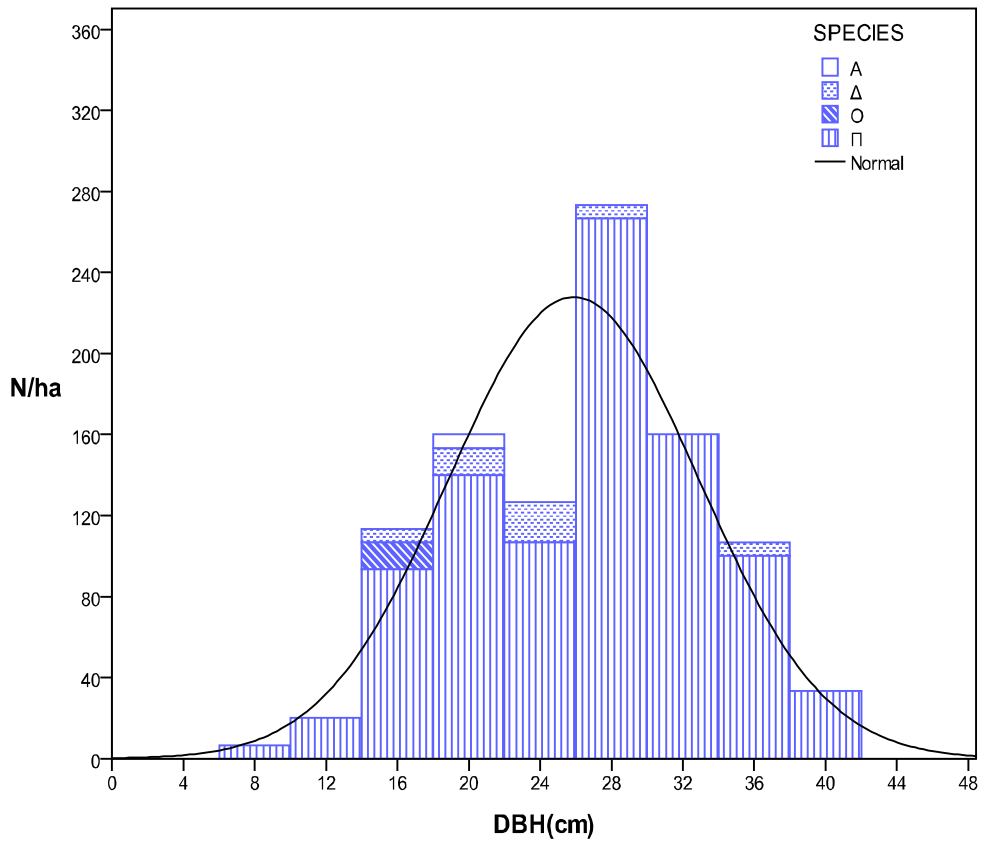
Πίνακας 5.10 Στατιστικά παραμέτρων δομής

Ποιότητα τύπου II	Στατιστικά παραμέτρων δομής	Μ. Πεύκη	Δρυς	Σύνολο
	Αριθμός ατόμων/ha	926	53	1000*
	Κυκλική επιφάνεια (m ² /ha)	53,4	2,5	56,4*
Διάμετρος d (cm)	Μέσος όρος (μ.ο.)	26,2	24,1	25,9
	Ελάχιστη τιμή	8,0	17,0	8,0
	Μέγιστη τιμή	41,0	34,0	41,0
	Τυπική απόκλιση	6,9	5,6	7,0
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,6	2,0	0,6
Ύψος h (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	14,0	11,7	13,8
	Ελάχιστη τιμή	7,0	7,0	7
	Μέγιστη τιμή	17,5	15,0	17,5
	Τυπική απόκλιση	2,2	2,3	2,2
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,2	0,8	0,2
Έναρξη κόμης CBH (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	7,32	5,1	7,1
	Ελάχιστη τιμή	2,00	2,0	0,5
	Μέγιστη τιμή	11,00	12,0	12,0
	Τυπική απόκλιση	1,95	3,7	2,2
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,17	1,3	0,2
Μήκος κόμης L (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	6,7	6,7	6,7
	Ελάχιστη τιμή	1,00	3,0	1,0
	Μέγιστη τιμή	14,00	11,0	14,0
	Τυπική απόκλιση	2,25	3,4	2,3
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,19	1,2	0,2
Βαθμός λυγρότητας h/d	Μέσος όρος (μ.ο.)	56,19	58,8	56,3
	Ελάχιστη τιμή	35,00	50,0	24,1
	Μέγιστη τιμή	100,00	60,0	100,0
	Τυπική απόκλιση	12,70	3,5	13,1
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	1,08	1,3	1,1

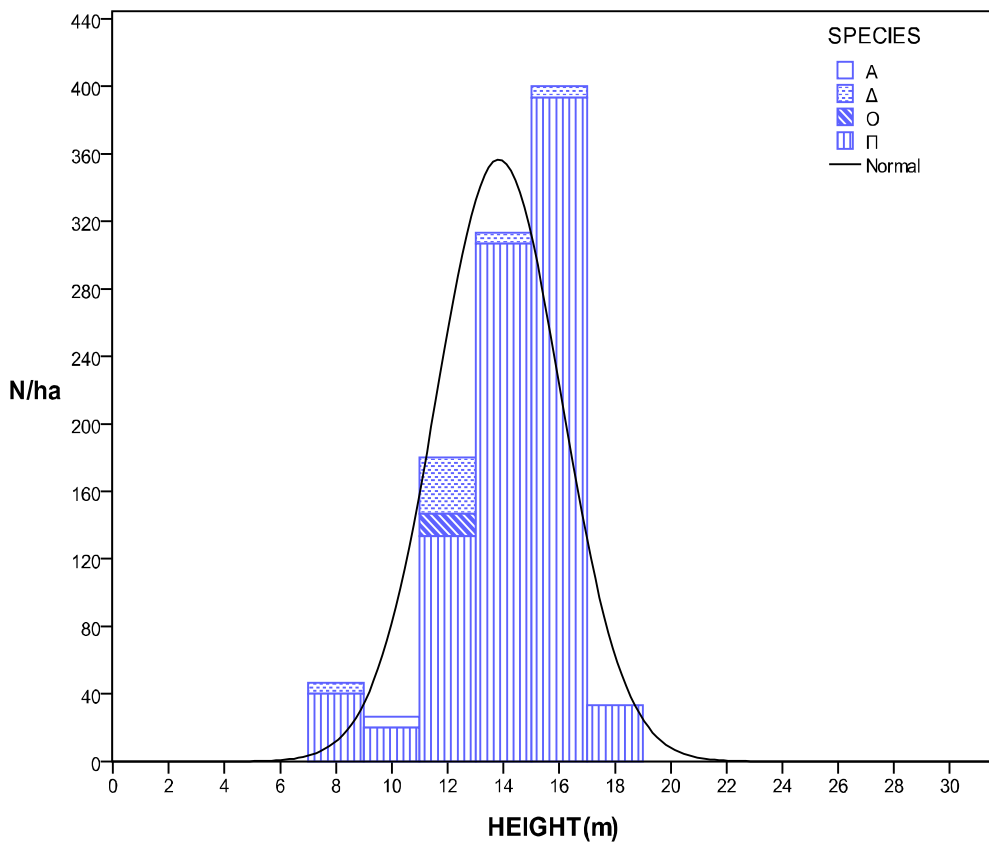
*συμπεριλαμβάνονται 13 άτομα οξιάς και 8 άτομα αρκουδοπούρναρου

Πίνακας 5.11 Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών

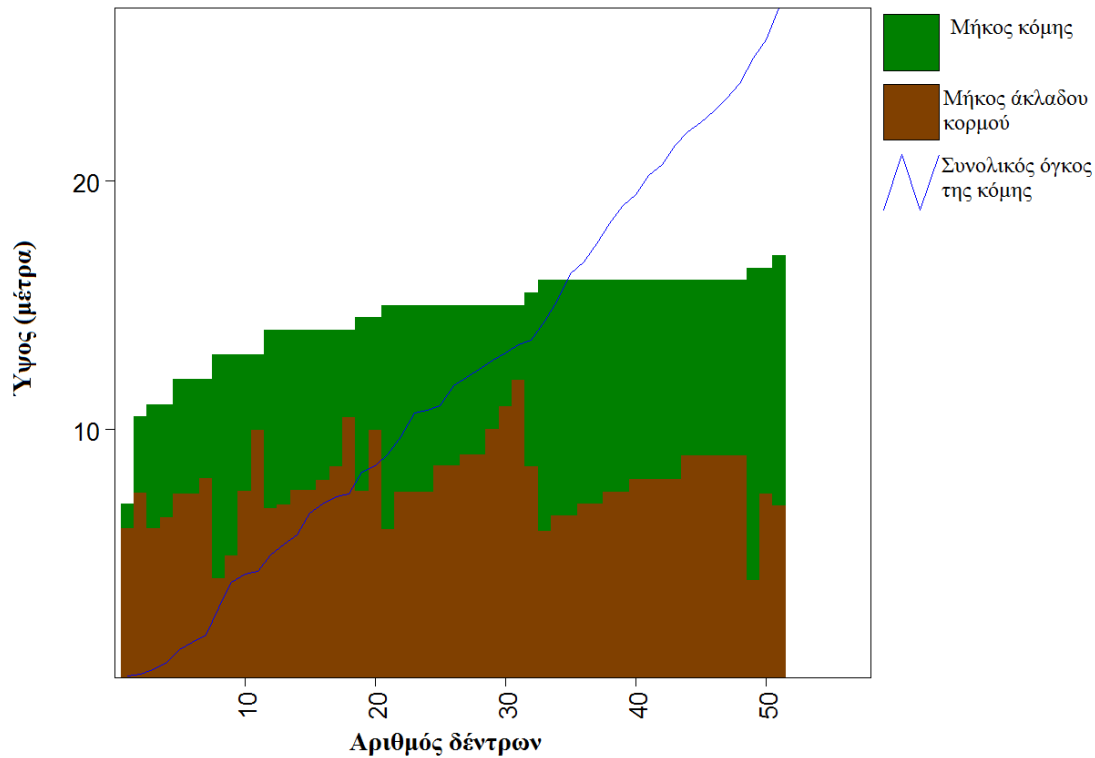
Ποιότητα Τύπου II (Στάδιο λεπτών κορμών)	Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών	Μ. Πεύκη	Δρυς	Σύνολο
Ζωτικότητα (Z)	Μέσος Όρος	25,11	28,75	25,4
	Ελάχιστη τιμή	10	20	10
	Μέγιστη τιμή	30	30	30
Τάση εξέλιξης (TE)	Μέσος Όρος	2,51	2,88	2,54
	Ελάχιστη τιμή	1	2	1
	Μέγιστη τιμή	3	3	3
Ποιότητα κορμού (ΠΚ)	Μέσος Όρος	55,3	58,7	55,5
	Ελάχιστη τιμή	40	50	40
	Μέγιστη τιμή	60	60	60



Εικόνα 5.32 Κατανομή των κλάσεων διαμέτρου με την καμπύλη της κανονικής κατανομής



Εικόνα 5.33 Κατανομή των κλάσεων ύψους με την καμπύλη της κανονικής κατανομής

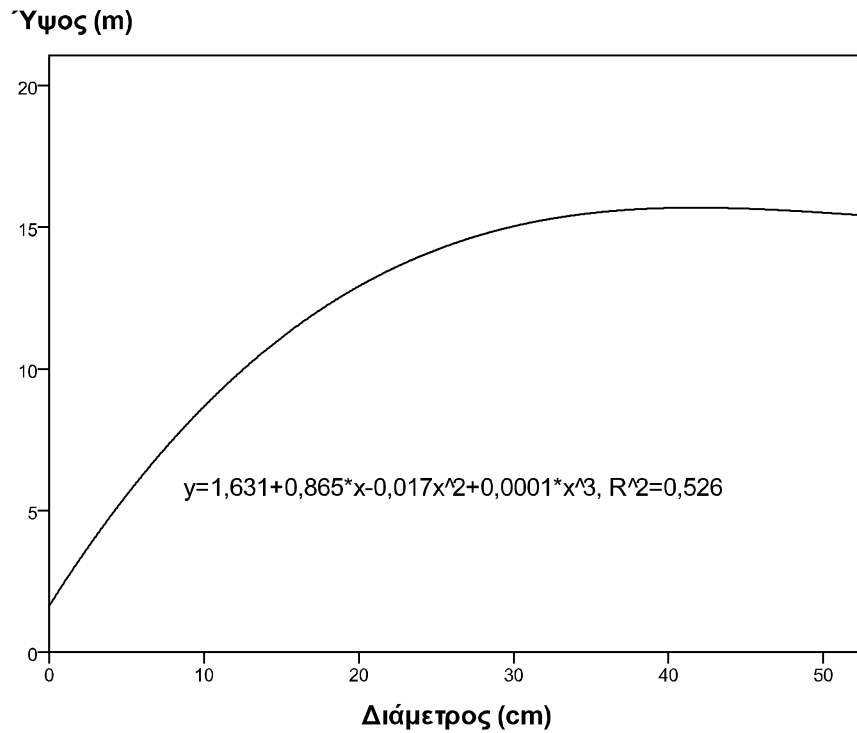


Εικόνα 5.34 Αναλογία κόμης και άκλαδου κορμού στη II ποιότητα τόπου (στάδιο λεπτών κορμών)

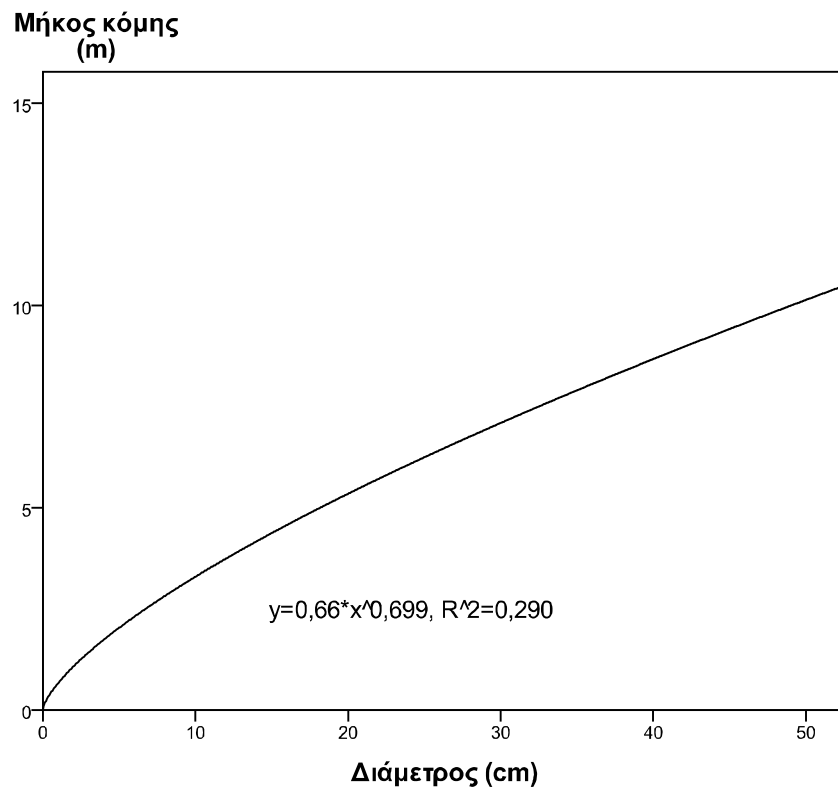
Για τη διερεύνηση της σχέσης ύψους και σθηθιαίας διαμέτρου δοκιμάστηκε πλήθος συναρτήσεων. Την καλύτερη προσαρμογή παρουσίασε η συνάρτηση της μορφής $y=b_0+b_1x+b_2x^2+b_3x^3$ ($R^2=0,526$). Οι συναρτήσεις της μορφής $y=b_0+b_1x+b_2x^2$ και $y=e^{(b_0+b_1/x)}$ παρουσίασαν εξίσου καλή προσαρμογή με $R^2=0,525$ και $R^2=0,504$, αντίστοιχα. Παράλληλα, η διερεύνηση της σχέσης μήκους κόμης και διαμέτρου, με το μήκος κόμης ως εξαρτημένη μεταβλητή οδήγησε στη χρήση της εξίσωσης της μορφής $y=b_0x^{b_1}$ καθώς παρουσίασε την καλύτερη προσαρμογή ($R^2=0,290$). Οι γραφικές απεικονίσεις των παραπάνω εξισώσεων παρουσιάζονται στα σχήματα 5 και 6.

Ο μη παραμετρικός έλεγχος καλής προσαρμογής με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov για τις κλάσεις διαμέτρων στην κανονική κατανομή οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η κατανομή μπορεί να ακολουθεί την κανονική ($p\text{-value}=0,290$) γεγονός που επιβεβαιώνει την ομήλικη δομή των συστάδων παρά τη μικρή συμμετοχή πλατύφυλλων ειδών. Η κατανομή των κλάσεων διαμέτρου παρουσιάζει αριστερή ασυμμετρία (συντελεστής ασυμμετρίας: $-0,144$). Οι συγκεκριμένες συστάδες δεν έχουν δεχθεί οποιαδήποτε υλοτομική επέμβαση στο στάδιο στο οποίο βρίσκονται. Παρόλα αυτά, κρίνεται απαραίτητη η διενέργεια εξευγενιστικών

αραιώσεων που να αποσκοπεί στην προστασία των συστάδων (ενίσχυση της αντοχής τους έναντι εξωτερικών επιδράσεων) και στη βελτίωση της ποιοτικής τους σύνθεσης.



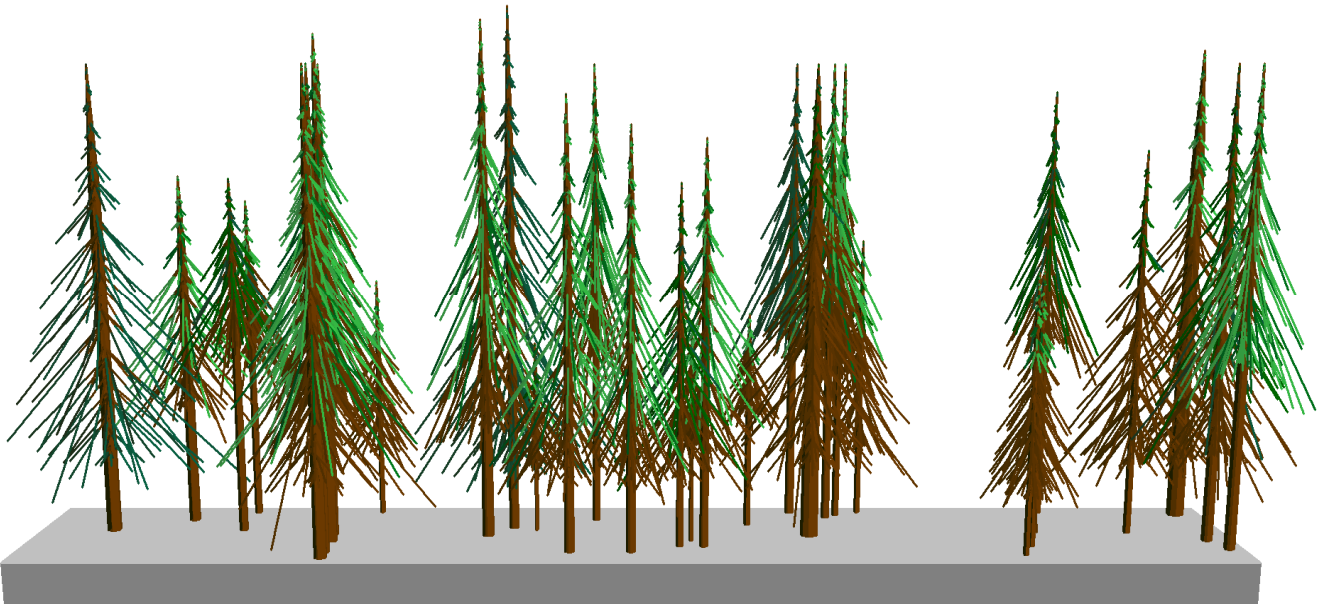
Σχήμα 5. Καμπύλη ύψους (h)-διαμέτρου (d) στη II ποιότητα τόπου (στάδιο λεπτών κορμών)



Σχήμα 6. Καμπύλη μήκους κόμης (L)-διαμέτρου (d) στη II ποιότητα τόπου (στάδιο λεπτών κορμών)

Κλάση Ηλικίας 50-60 χρόνων

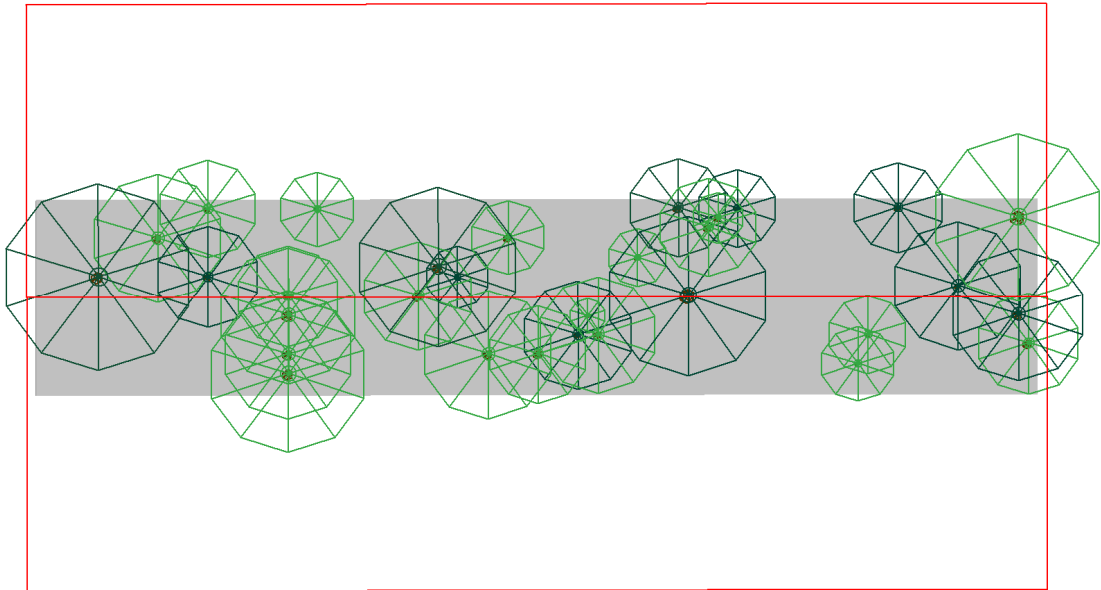
Το γεωλογικό υπόβαθρο των συστάδων αυτών αποτελείται από βασικά, υπερβασικά και εκρηξιγενή πετρώματα. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μείξη ατόμων μαύρης Πεύκης και Ελάτης. Η Ελάτη, ως σκιοφύτο είδος εγκαταστάθηκε στον υπόροφο των συστάδων της μαύρης Πεύκης και εξελίχθηκε, αντικαθιστώντας με την πάροδο του χρόνου το είδος της Πεύκης αφού η περιοχή ανήκει κυρίως στη ζώνη εξάπλωσης της Ελάτης. Παρά το γεγονός ότι η πλειοψηφία των ατόμων ανήκει στο είδος της Ελάτης (με αναλογία 1 προς 1,8) το άθροισμα της κυκλικής επιφάνειας της μαύρης Πεύκης είναι μεγαλύτερο. Η συνολική κυκλική επιφάνεια είναι 71,14 m²/ha με τη μαύρη Πεύκη να καλύπτει το 51,3% και την Ελάτη να συμμετέχει με 48,7%, ως μιγνυόμενο είδος. Η πυκνότητα των συστάδων είναι ίση με 827 άτομα/ha. Το μέσο ανώτερο ύψος των ατόμων της Πεύκης είναι 18,7 m ενώ η ίδια παράμετρος για την Ελάτη είναι ίση με 19,2 m. Ο βαθμός κάλυψης της κόμης είναι 0,76 (76%). Όσον αφορά τα άτομα της μαύρης Πεύκης, το μέσο ύψος είναι 15,3 m και η μέση στηθιαία διάμετρος 37,1 cm. Το μέσο ύψος έναρξης της κόμης είναι 6,0 m ενώ το μέσο μήκος της κόμης 9,3 m αποτελώντας το 61% του ύψους των δέντρων. Η τάση εξέλιξης είναι ίση με 2,52 η ζωτικότητα 25,23 και η ποιότητα του κορμού 55,22. Ο μέσος βαθμός λυγρότητας βρίσκεται σε πολύ καλό επίπεδο (45,17) γεγονός που φανερώνει σταθερότητα των συστάδων αυτών.



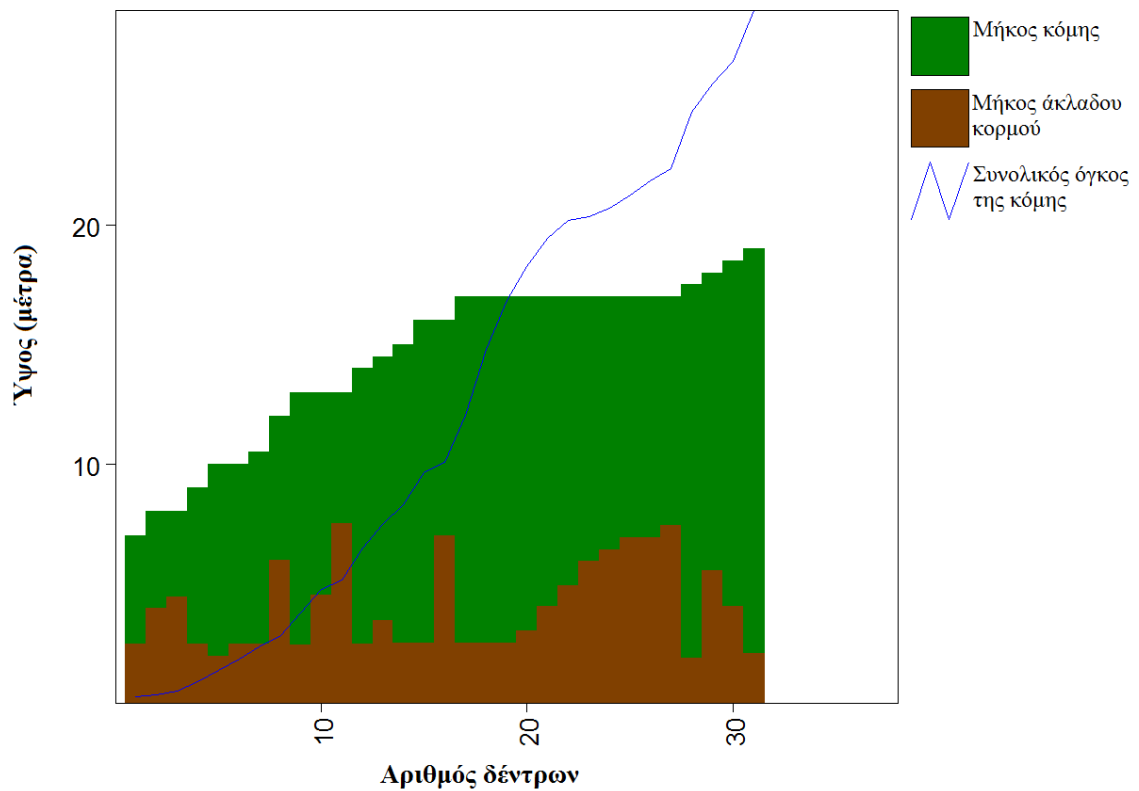
Εικόνα 5.35 Προφίλ μεικτής συστάδας μαύρης Πεύκης-Ελάτης στην II ποιότητα τόπου

Τα αντίστοιχα στοιχεία για τα άτομα της Ελάτης φανερώνουν τις καλές συνθήκες αύξησης. Το μέσο ύψος είναι 13,9 m η μέση στηθιαία διάμετρος 26,4 cm και το μέσο ύψος έναρξης της κόμης είναι 5,33m. Το άκλαδο τμήμα του κορμού αποτελεί κατά

μέσο όρο το 38,3% του συνολικού ύψους. Ο βαθμός λυγρότητας, ίσος με 56,6 οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η σταθερότητα των δέντρων κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα.



Εικόνα 5.36 Κάτοψη μεικτής συστάδας μαύρης Πεύκης-Ελάτης στη II ποιότητα τόπου



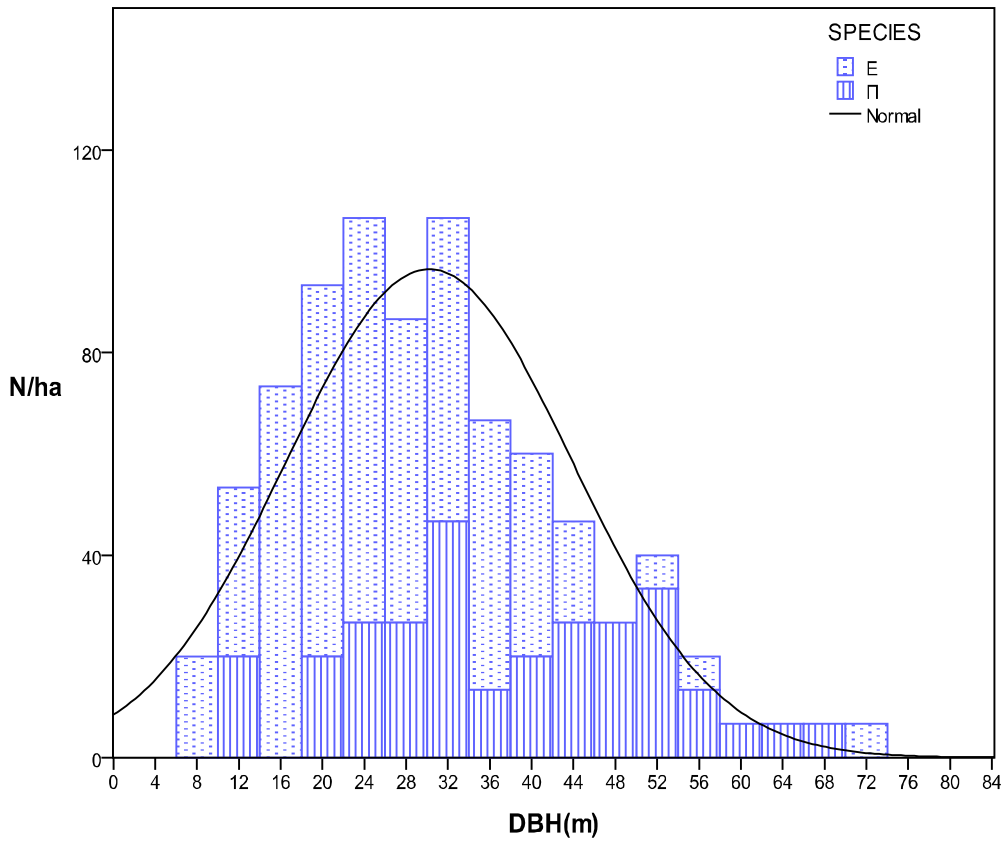
Εικόνα 5.37 Αναλογία κόμης και άκλαδου κορμού μεικτής συστάδας στη II ποιότητα τόπου

Πίνακας 5.12 Στατιστικά παραμέτρων δομής

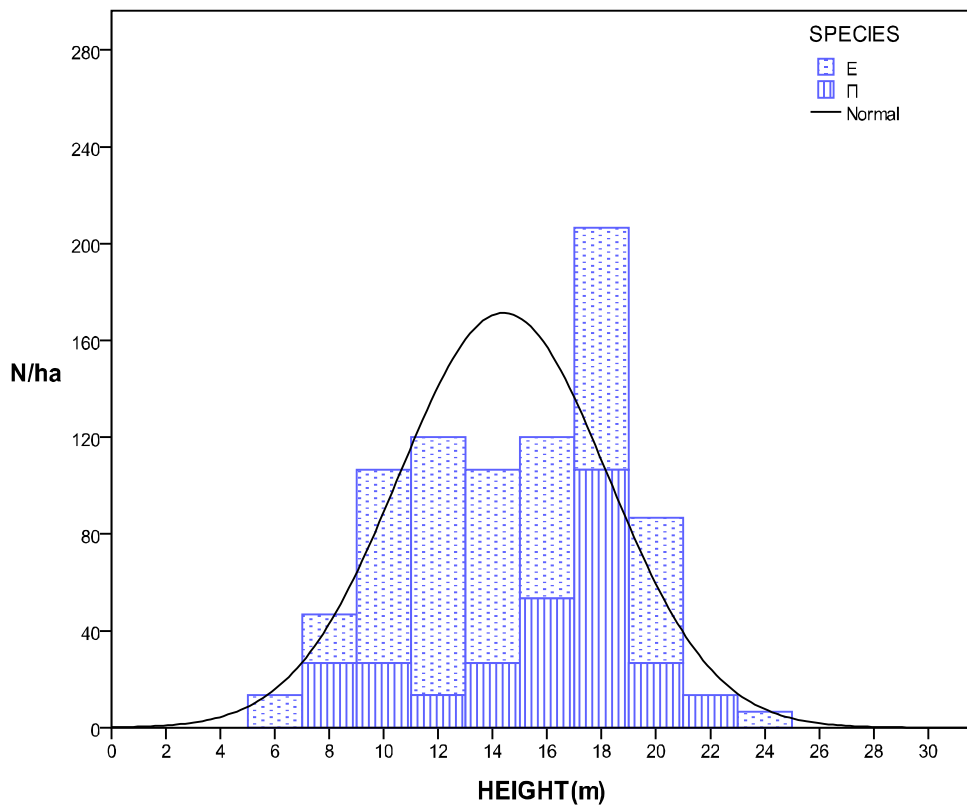
Ποιότητα τόπου II	Στατιστικά παραμέτρων δομής	Μ. Πεύκη	Ελάτη	Σύνολο
	Αριθμός ατόμων/ha	293	534	827
	Κυκλική επιφάνεια (m ² /ha)	36,47	34,67	71,14
Διάμετρος d (cm)	Μέσος όρος (μ.ο.)	37,1	26,4	30,2
	Ελάχιστη τιμή	10,0	8,0	8
	Μέγιστη τιμή	69,0	72,0	72,0
	Τυπική απόκλιση	14,6	11,5	13,6
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	2,2	1,3	1,2
Ύψος h (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	15,3	13,9	14,4
	Ελάχιστη τιμή	8,0	5,0	5,0
	Μέγιστη τιμή	21,0	23,5	23,5
	Τυπική απόκλιση	3,7	2,3	3,8
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,56	0,26	0,3
Έναρξη κόμης CBH (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	6,0	5,3	5,6
	Ελάχιστη τιμή	2,0	1,0	1,0
	Μέγιστη τιμή	10,0	11,0	11,0
	Τυπική απόκλιση	2,35	2,34	2,4
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,35	0,26	0,2
Μήκος κόμης L (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	9,3	8,6	8,8
	Ελάχιστη τιμή	2,0	2,5	2,0
	Μέγιστη τιμή	15,5	21,5	21,5
	Τυπική απόκλιση	3,5	3,9	3,8
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,5	0,4	0,3
Βαθμός λυγερότητας h/d	Μέσος όρος (μ.ο.)	45,2	56,6	52,3
	Ελάχιστη τιμή	25,4	23,6	23,6
	Μέγιστη τιμή	83,3	83,3	83,3
	Τυπική απόκλιση	12,7	11,8	13,3
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	1,9	1,3	1,2

Πίνακας 5.13. Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών

Ποιότητα Τόπου II (Στάδιο λεπτών κορμών)	Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών	Μ. Πεύκη	Ελάτη	Σύνολο
Ζωτικότητα (Z)	Μέσος Όρος	25,2	23,7	24,3
	Ελάχιστη τιμή	10	10	10
	Μέγιστη τιμή	30	30	30
Τάση εξέλιξης (TE)	Μέσος Όρος	2,5	2,4	2,4
	Ελάχιστη τιμή	1	1	1
	Μέγιστη τιμή	3	3	3
Ποιότητα κορμού (ΠΚ)	Μέσος Όρος	55,2	54,1	54,5
	Ελάχιστη τιμή	40	40	40
	Μέγιστη τιμή	60	60	60

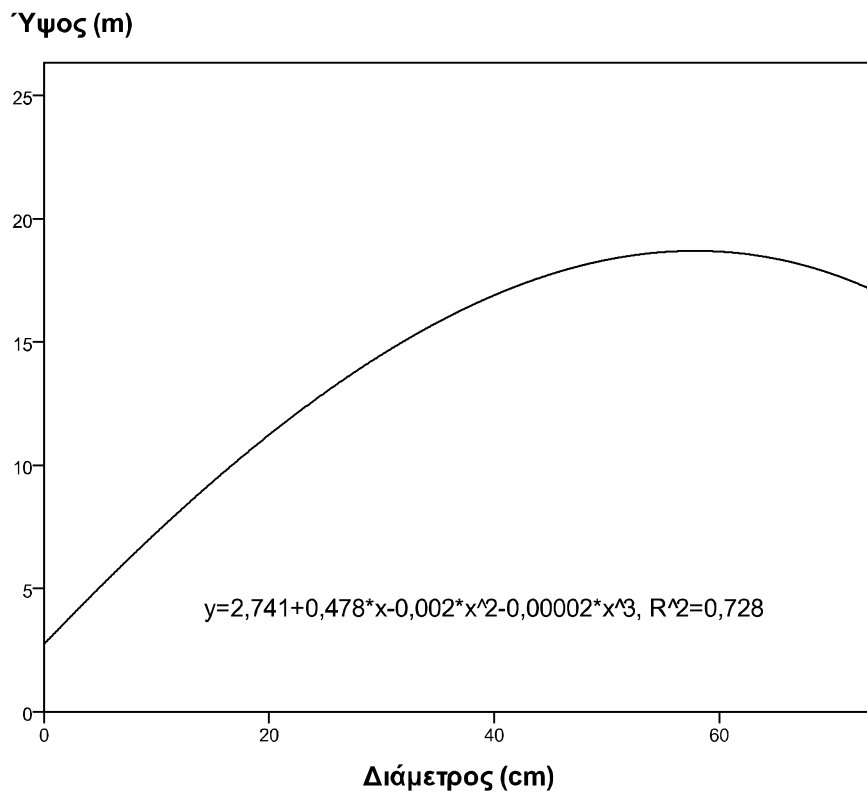


Εικόνα 5.38 Κατανομή των κλάσεων διαμέτρου με την καμπύλη της κανονικής κατανομής



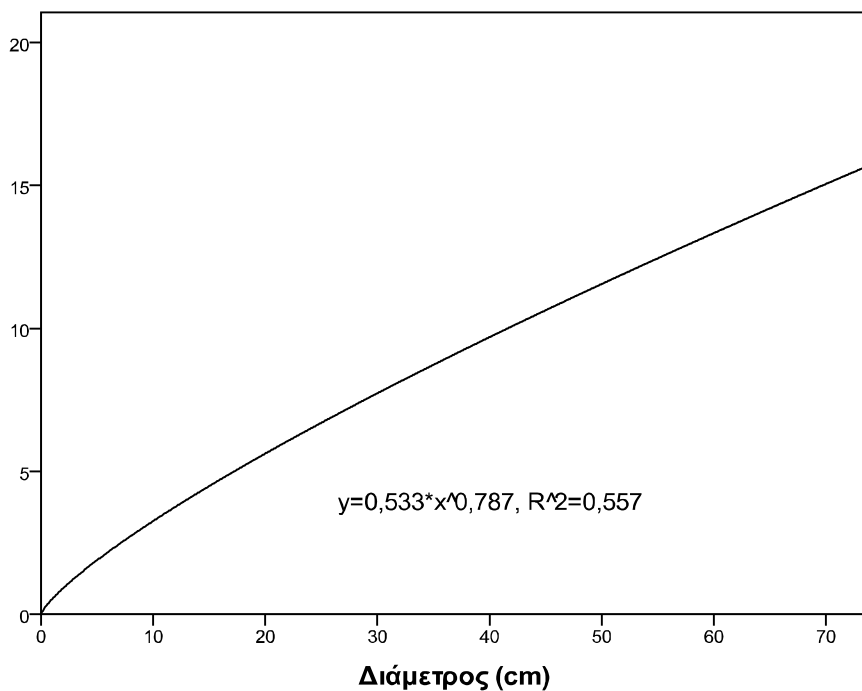
Εικόνα 5.39 Κατανομή των κλάσεων ύψους με την καμπύλη της κανονικής κατανομής

Η διερεύνηση της σχέσης στηθιαίας διαμέτρου και ύψους οδήγησε στην εξίσωση της μορφής $y=b_0+b_1x+b_2x^2+b_3x^3$ καθώς παρουσίασε την καλύτερη προσαρμογή ($R^2=0,728$).



Σχήμα 5. Καμπύλη ύψους (h)-διαμέτρου (d) στη II ποιότητα τόπου

Μήκος κόμης
(m)



Σχήμα 6. Καμπύλη μήκους κόμης (L)-διαμέτρου (d) στη II ποιότητα τόπου

Για τη σχέση μήκους κόμης και στηθιαίας διαμέτρου, την καλύτερη προσαρμογή παρουσίασε η συνάρτηση του τύπου $y = b_0 x^{b_1}$ με $R^2=0,557$, όπως αυτή απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα (6). Ο μη παραμετρικός έλεγχος καλής προσαρμογής των διαμέτρων με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov έδειξε ότι ακολουθείται η κανονική τυχαία κατανομή (p-value=0,335) γεγονός που επιβεβαιώνει την ομήλικη μορφή των συστάδων. Παράλληλα, η κατανομή των κλάσεων διαμέτρου παρουσιάζει δεξιά ασυμμετρία (συντελεστής ασυμμετρίας: 0,705) λόγω ύπαρξης αριθμού ατόμων στις μεγαλύτερες κλάσεις. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στο συγκεκριμένο τμήμα δεν διενεργούνται υλοτομίες για το λόγο ότι αυτό βρίσκεται σε περιοχή που χρησιμοποιείται για σκοπούς αναψυχής και δέχεται πλήθος επισκεπτών ετησίως. Η δυναμική των συστάδων οδηγεί στη σταδιακή αντικατάσταση της μαύρης Πεύκης από την Ελάτη, γεγονός που μπορεί να επιταχύνει μέχρις ορίου ο δασοκομικός χειρισμός.

III Ποιότητα Τόπου

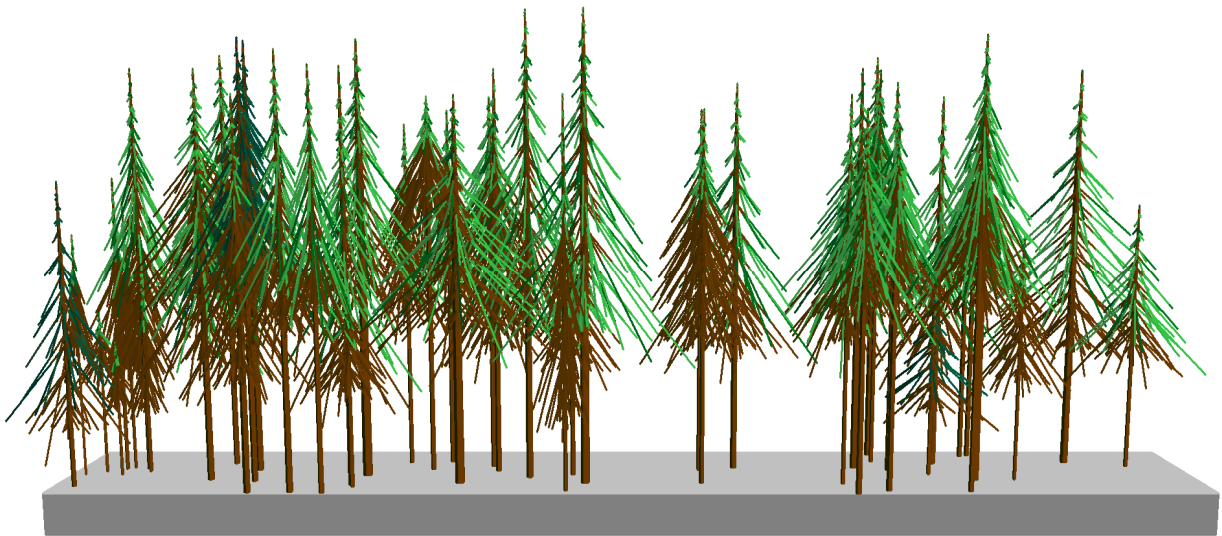
Η τρίτη ποιότητα τόπου καλύπτει επιφάνεια ίση με 9,07 km² που αντιστοιχεί στο 30,4% της περιοχής έρευνας. Επεκτείνεται κυρίως σε Ανατολικές εκθέσεις (274° - 292°), με μέση κλίση 23,59° (43%) και μέσο υψόμετρο 1119m. Το γεωλογικό υπόβαθρο αποτελείται από βασικά, υπερβασικά και εκρηξιγενή πετρώματα. Το υψομετρικό εύρος είναι 776 m, με το χαμηλότερο σημείο να βρίσκεται στα 765 m, ενώ το ψηλότερο στα 1541 m. Αποτελεί τη μεγαλύτερη, από πλευράς έκτασης, ποιότητα τόπου στην υπό μελέτη περιοχή. Η ανάλυση της δομής των συστάδων σε αυτή την ποιότητα τόπου οδήγησε στα δένδρομετρικά χαρακτηριστικά που λεπτομερώς περιγράφονται παρακάτω.

Κλάση Ηλικίας 60-70

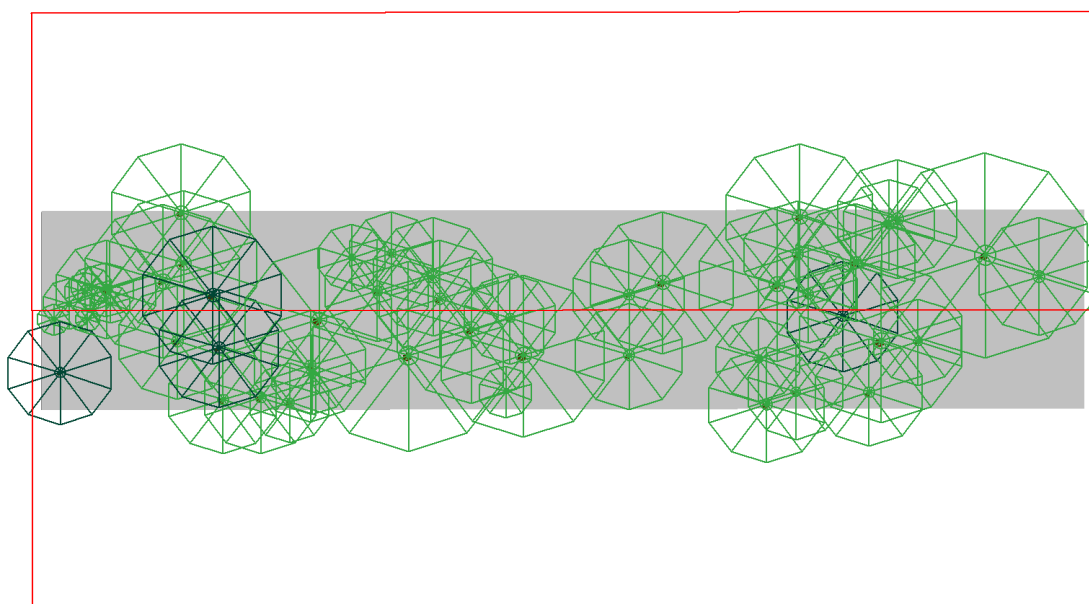
Οι συστάδες αυτές είναι αμιγείς μαύρης Πεύκης με μικρή μόνο συμμετοχή λίγων ατόμων υβριδογενούς Ελάτης. Η πυκνότητα των συγκεκριμένων συστάδων είναι 787 άτομα/ha. Εξ αυτών τα 667 είναι άτομα Πεύκης, τα 113 άτομα υβριδογενούς Ελάτης ενώ εμφανίζονται και 7 άτομα αρκουδοπούρναρου (*Plex aquifolium*). Το μέσο ανώτερο ύψος αυτών των συστάδων είναι 18,06 m. Η κυκλική επιφάνεια ανέρχεται στα 44,45 m²/ha με τα άτομα της μαύρης Πεύκης να αποτελούν το 87% αυτής. Η κάλυψη της κόμης είναι 0,86 (86%).

Το μέσο ύψος των ατόμων της μαύρης Πεύκης είναι 13,5 m η μέση στηθιαία διάμετρος 25,3 cm και το ύψος έναρξης της κόμης 6m. Το μέσο μήκος του άκλαδου κορμού αποτελεί το 43,7% του ύψους των δέντρων. Η ζωτικότητα εκτιμήθηκε στο

21,3 η τάση εξέλιξης στο 2,19 και η ποιότητα του κορμού στο 51,1. Αναλόγως, για τα άτομα της υβριδογενούς Ελάτης, το μέσο ύψος είναι 13,3 m η μέση διάμετρος 24,1 cm και το μέσο ύψος έναρξης της κόμης 3,8 m. Συνεπώς, το άκλαδο τμήμα του κορμού αποτελεί το 28,6% του ύψους των ατόμων αυτών. Η ζωτικότητα είναι ίση με 17,65 η τάση εξέλιξης 2,19 και η ποιότητα κορμού 50. Η κυκλική επιφάνεια ανέρχεται σε 5,7m²/ha. Ο βαθμός λυγρότητας στις υπό μελέτη συστάδες είναι 57,7 και 56,7 για τα άτομα μαύρης Πεύκης και της υβριδογενούς Ελάτης αντίστοιχα, γεγονός που φανερώνει καλή σταθερότητα των συστάδων. Τα συγκεντρωτικά περιγραφικά στατιστικά στοιχεία παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες 5.14 και 5.15. Το προφίλ των συστάδων απεικονίζεται στις παρακάτω εικόνες (5.40 και 5.41).



Εικόνα 5.40 Προφίλ συστάδας μαύρης Πεύκης στην III ποιότητα τόπου



Εικόνα 5.41 Κάτοψη συστάδας μαύρης Πεύκης στην III ποιότητα τόπου

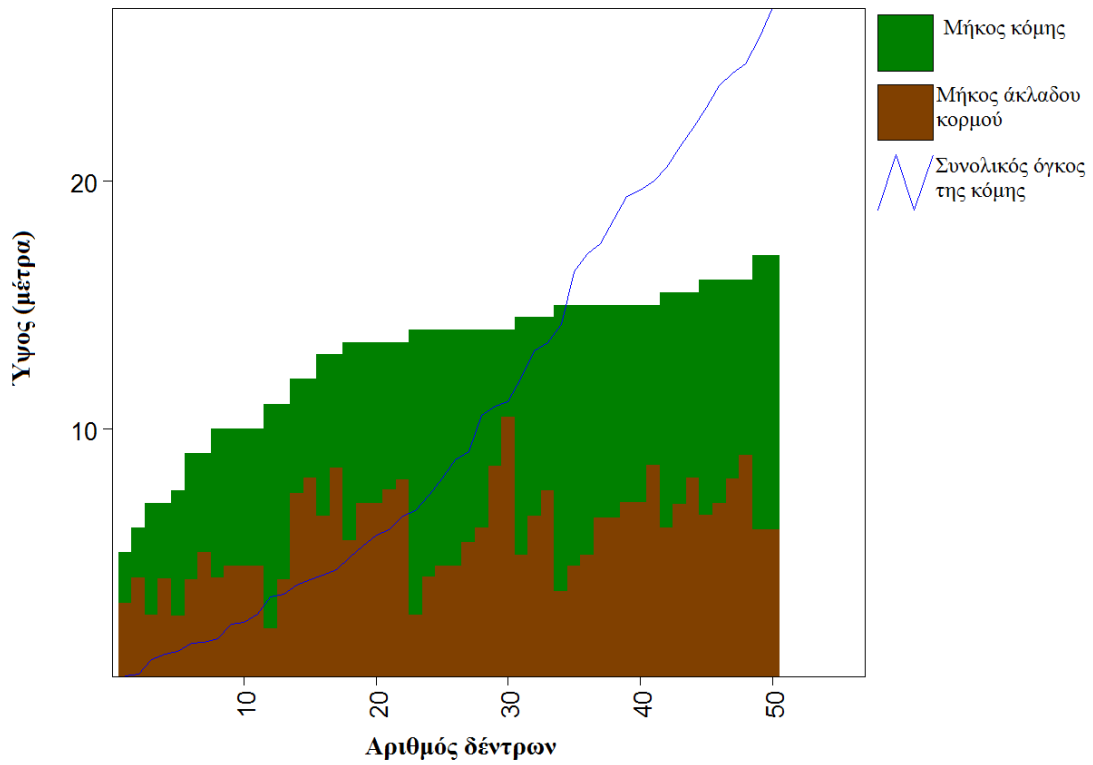
Πίνακας 5.14 Στατιστικά παραμέτρων δομής

Ποιότητα τόπου III	Στατιστικά παραμέτρων δομής	Πεύκη	Ελάτη	Σύνολο
	Αριθμός ατόμων/ha	667	113	787*
	Κυκλική επιφάνεια (m ² /ha)	38,67	5,7	44,45*
Διάμετρος d (cm)	Μέσος όρος (μ.ο.)	25,3	24,1	25,0
	Ελάχιστη τιμή	7,5	10,5	7,5
	Μέγιστη τιμή	48,0	40,0	48,0
	Τυπική απόκλιση	10,0	8,2	9,8
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	1,00	2,0	0,9
Ύψος h (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	13,5	13,3	13,4
	Ελάχιστη τιμή	3,0	5,5	3,0
	Μέγιστη τιμή	19,0	18,0	19,0
	Τυπική απόκλιση	3,7	3,9	3,8
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,37	0,94	0,3
Έναρξη κόμης CBH (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	6,0	3,8	5,6
	Ελάχιστη τιμή	1,5	0,5	0,5
	Μέγιστη τιμή	10,5	10,0	10,5
	Τυπική απόκλιση	2,02	2,56	2,3
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,2	0,6	0,2
Μήκος κόμης L (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	7,6	9,4	7,8
	Ελάχιστη τιμή	1,5	4,5	1,5
	Μέγιστη τιμή	13,0	14,0	14,0
	Τυπική απόκλιση	2,7	2,9	2,8
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,3	0,7	0,3
Βαθμός λυγερότητας h/d	Μέσος όρος (μ.ο.)	57,7	56,7	57,4
	Ελάχιστη τιμή	27,3	38,7	27,3
	Μέγιστη τιμή	100,0	77,27	100,0
	Τυπική απόκλιση	15,9	10,5	15,3
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	1,6	2,5	1,4

* συνυπολογίζονται 7άτομα/ha αρκουδοπούρναρου (*Plex aquifolium*) κυκλικής επιφάνειας 0,08m²

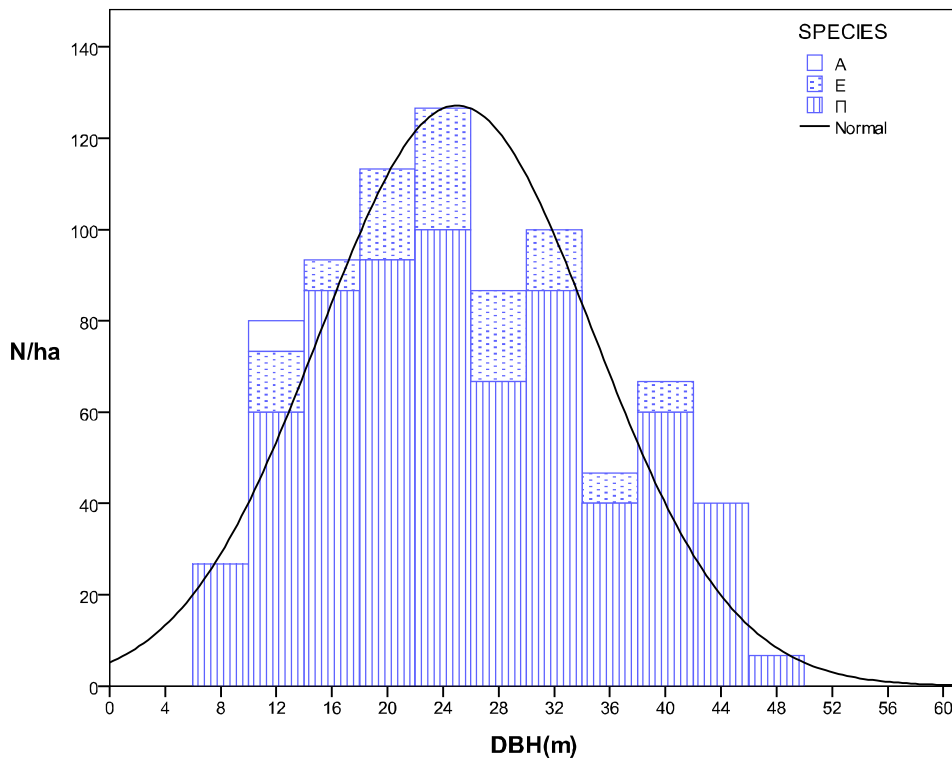
Πίνακας 5.15 Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών

Ποιότητα Τόπου III	Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών	Πεύκη	Ελάτη	Σύνολο
Ζωτικότητα (Z)	Μέσος Όρος	21,3	17,65	20,7
	Ελάχιστη τιμή	10	10	10
	Μέγιστη τιμή	30	30	30
Τάση εξέλιξης (TE)	Μέσος Όρος	2,19	1,88	2,14
	Ελάχιστη τιμή	1	1	1
	Μέγιστη τιμή	3	3	3
Ποιότητα κορμού (ΠΚ)	Μέσος Όρος	51,1	50	50,8
	Ελάχιστη τιμή	40	40	40
	Μέγιστη τιμή	60	60	60

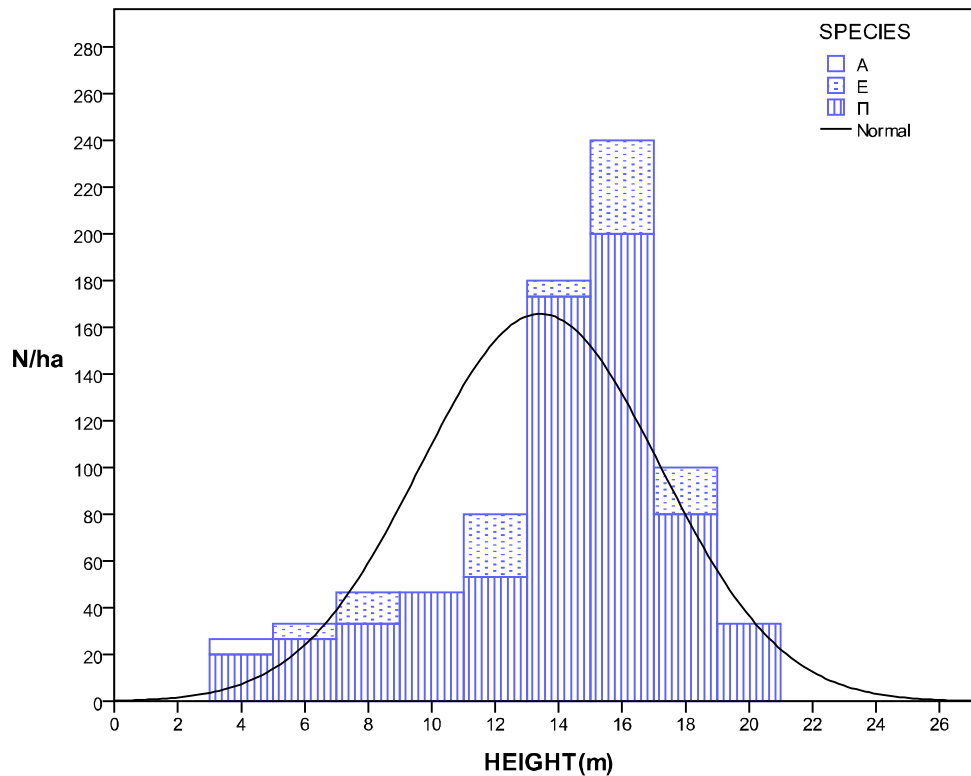


Εικόνα 5.42 Αναλογία κόμης και άκλαδου κορμού συστάδας στην III ποιότητα τόπου

Επιπρόσθετα, τα ιστογράμματα κατανομής διαμέτρων και υψών παρουσιάζονται στις εικόνες 5.43 και 5.44.



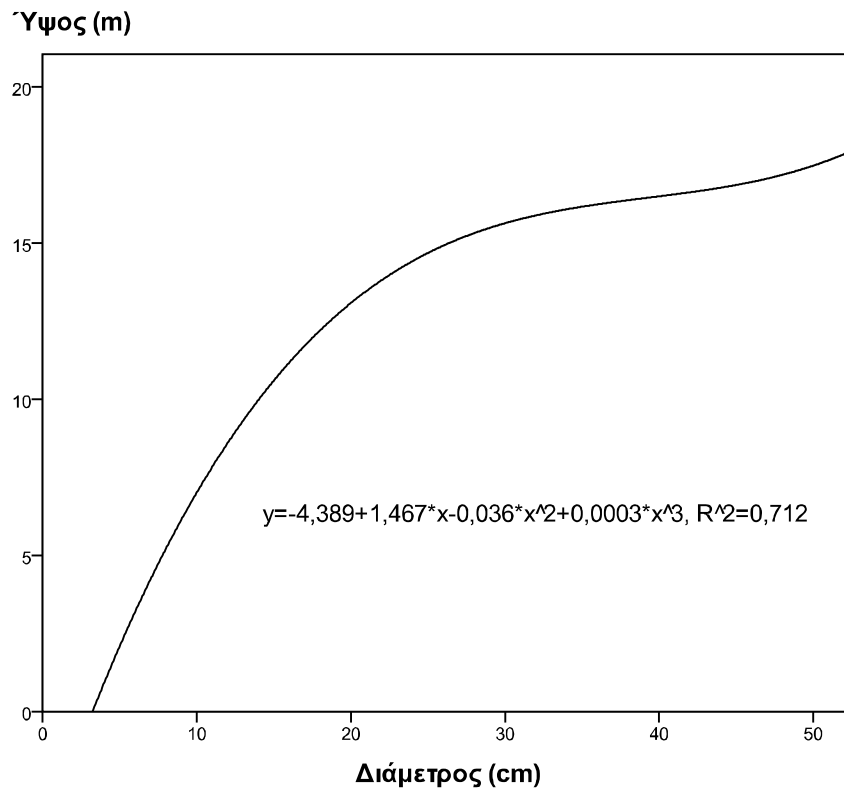
Εικόνα 5.43 Κατανομή των κλάσεων διαμέτρου με την καμπύλη της κανονικής κατανομής



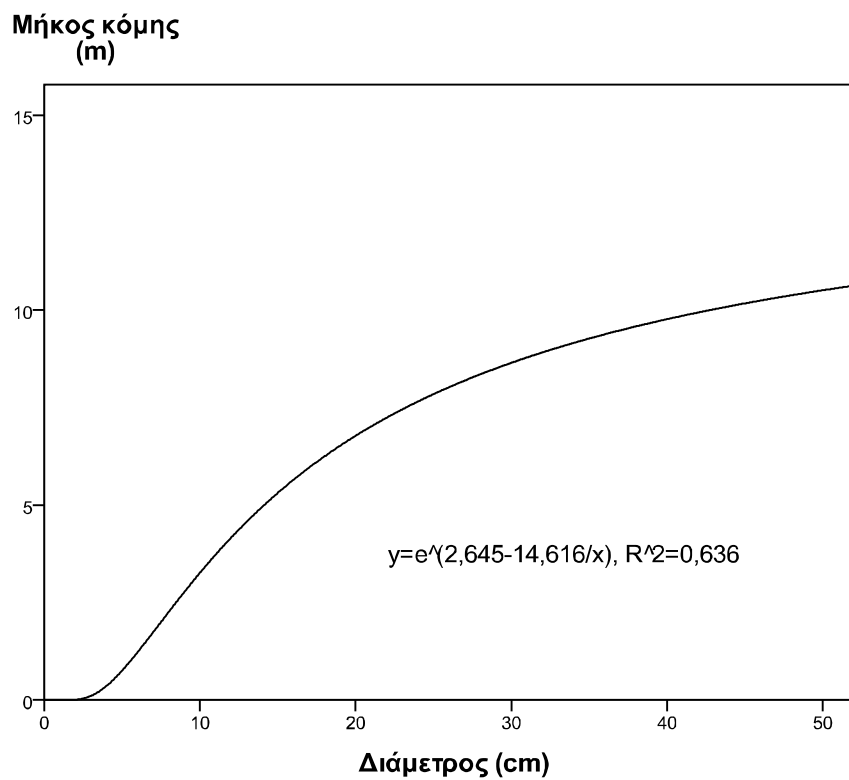
Εικόνα 5.44 Κατανομή των κλάσεων ύψους με την καμπύλη της κανονικής κατανομής

Κατά τη διερεύνηση των σχέσεων στηθιαίας διαμέτρου ως ανεξάρτητης μεταβλητής και του ύψους ή του μήκους κόμης ως εξαρτημένης, δοκιμάστηκε πλήθος συναρτήσεων με σκοπό την επιλογή αυτής που εμφάνιζε την καλύτερη προσαρμογή. Συνεπώς, η σχέση στηθιαίας διαμέτρου-ύψους περιγράφεται από εξίσωση της μορφής $y=b_0+b_1x+b_2x^2+b_3x^3$ καθώς παρουσίασε την καλύτερη προσαρμογή ($R^2=0,712$), ενώ η σχέση στηθιαίας διαμέτρου-μήκους κόμης από εξίσωση της μορφής $y = e^{(b_0+b_1/x)}$ με $R^2=0,636$. Οι εξισώσεις μη γραμμικής παλινδρόμησης με τους συντελεστές παρουσιάζονται γραφικά στα σχήματα 7 και 8.

Ο μη παραμετρικός έλεγχος καλής προσαρμογής των διαμέτρων της μαύρης Πεύκης στην κανονική κατανομή με βάση το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov οδήγησε στο συμπέρασμα ότι δεν μπορεί να απορριφθεί η κανονική κατανομή ($p\text{-value}=0,356$), γεγονός που και εδώ μπορεί να αποδοθεί στην έλλειψη οποιουδήποτε καλλιεργητικού μέτρου. Παράλληλα, η κατανομή των κλάσεων διαμέτρου παρουσιάζει αριστερή ασυμμετρία (συντελεστής ασυμμετρίας: $-0,261$). Συνεπώς επιβεβαιώνεται η ομήλικη δομή των συγκεκριμένων συστάδων.



Σχήμα 7. Καμπύλη ύψους (h)-διαμέτρου (d) στην III ποιότητα τόπου

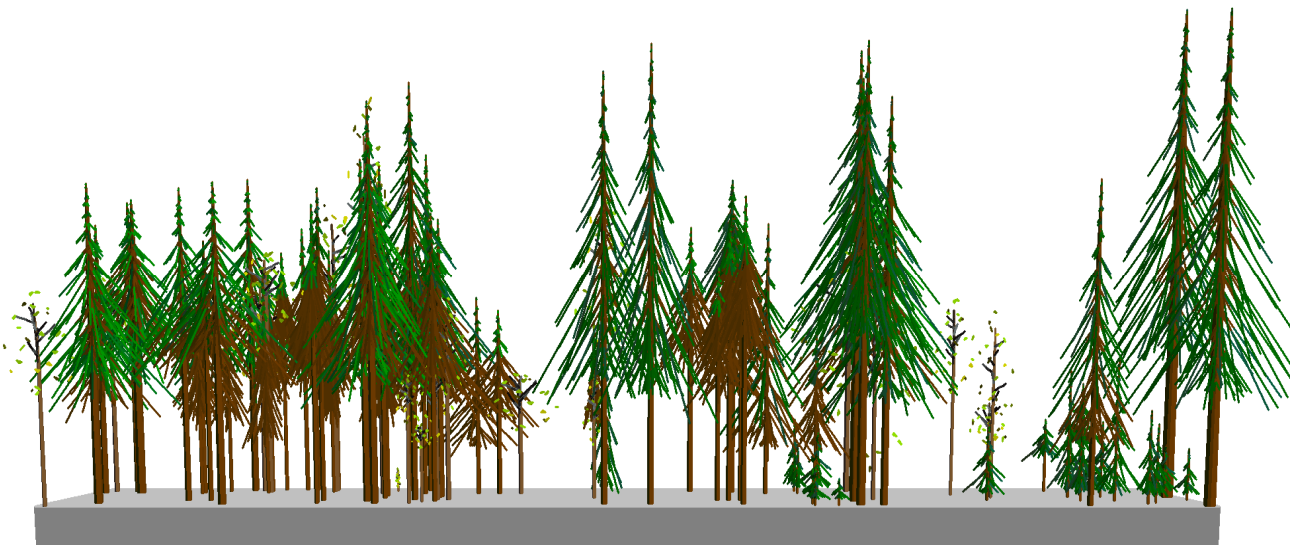


Σχήμα 8. Καμπύλη μήκους κόμης (L)-διαμέτρου (d) στην III ποιότητα τόπου

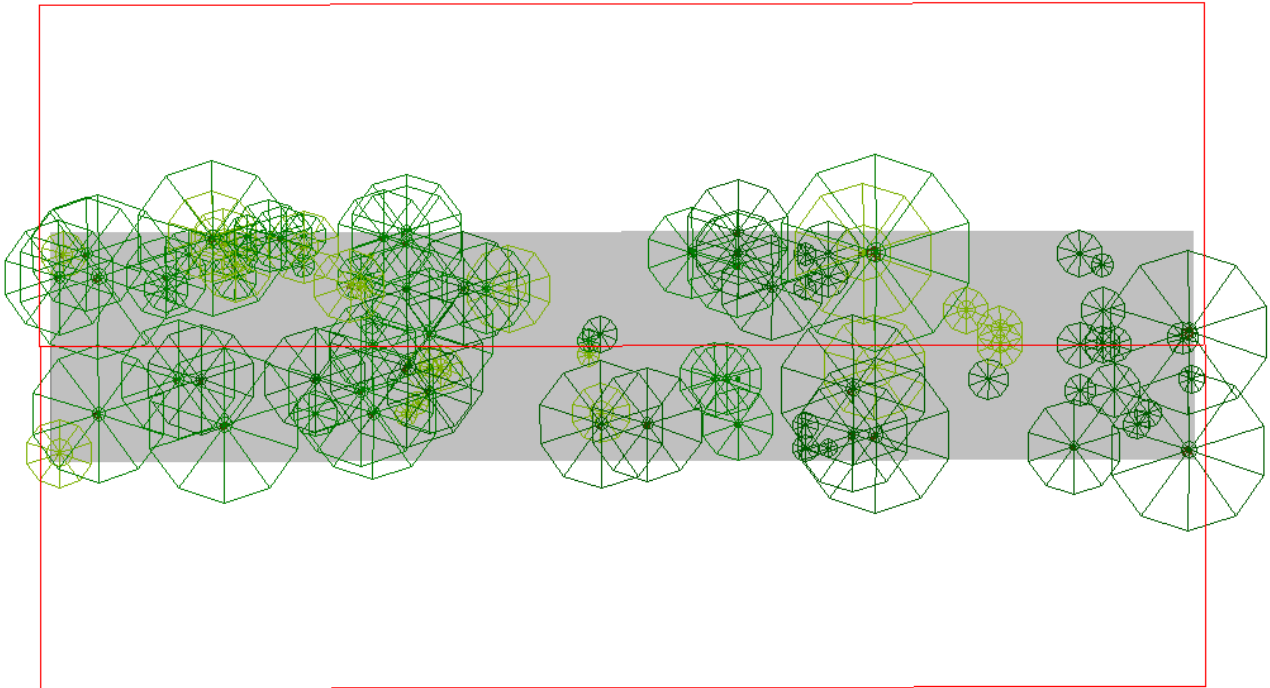
Κλάση Ηλικίας 50-60 χρόνων

Οι συστάδες αυτής της κλάσης ηλικίας σε αυτή την ποιότητα τόπου, εμφανίζονται ως αμιγείς μαύρης Πεύκης με μικρή συμμετοχή ατόμων υβριδογενούς Ελάτης, δρυός και οξιάς. Το μέσο ανώτερο ύψος των ατόμων της μαύρης Πεύκης είναι 14,8 m. Η πυκνότητα των συστάδων είναι 1320 άτομα/ha. Από αυτά, τα 967 είναι άτομα μαύρης Πεύκης, τα 153 άτομα Ελάτης, τα 187 άτομα δρυός και τα 13 οξιάς. Η κυκλική επιφάνεια είναι 43,4 m² με το 78% αυτής να καλύπτεται από μαύρη Πεύκη και το 13,9% από Ελάτη.

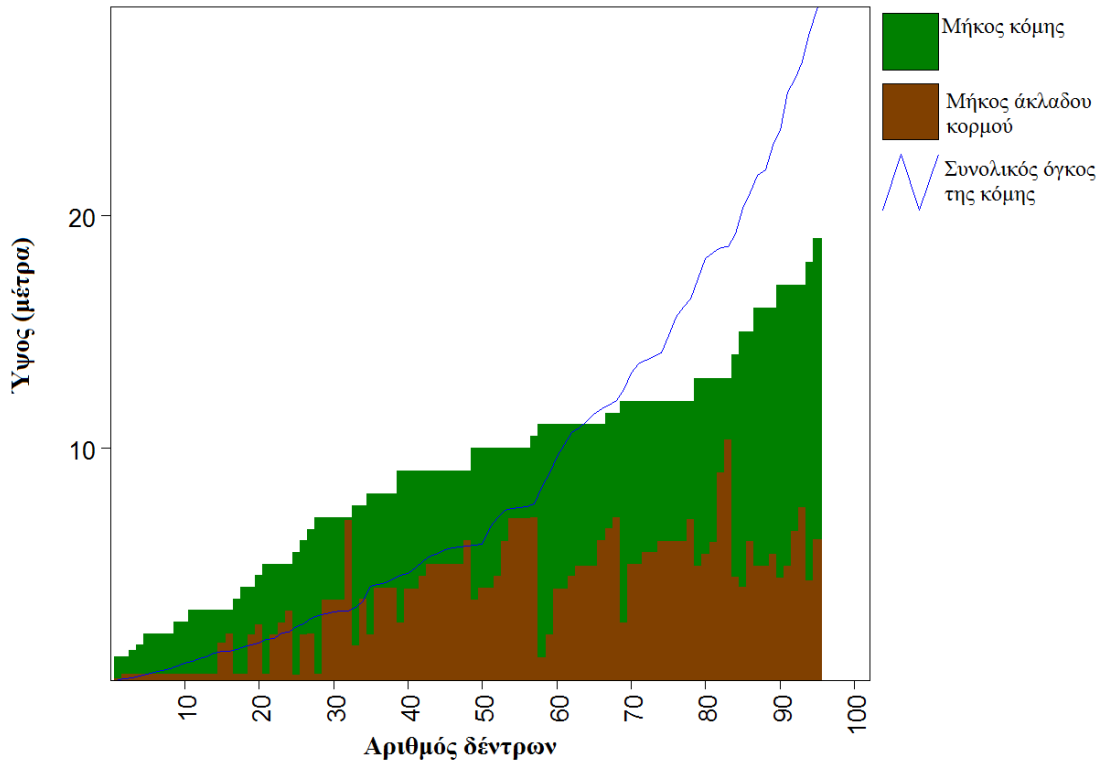
Αναλυτικότερα, το μέσο ύψος των ατόμων της μαύρης Πεύκης είναι 11,13 m η μέση στηθιαία διάμετρος 19,2 cm και το μέσο ύψος έναρξης της κόμης 5,3 m. Ως εκ τούτου, το τμήμα του άκλαδο κορμού αποτελεί το 47,6% του ολικού μήκους των δέντρων. Η μέση τάση εξέλιξης είναι 2,53 η ζωτικότητα 25,4 και η ποιότητα του κορμού 55,4. Αντίστοιχα, για το είδος της υβριδογενούς Ελάτης, το μέσο ύψος είναι 12,7 m η μέση στηθιαία διάμετρος 20,4 cm και το μέσο ύψος έναρξης της κόμης 4,1m με το άκλαδο τμήμα του κορμού να εκτιμάται στο 32,3% του συνολικού μήκους. Η τάση εξέλιξης είναι 1,83 η ζωτικότητα 18,3 και η ποιότητα του κορμού 49,1. Ο βαθμός λυγρότητας υπολογίστηκε σε 65,1 και 67,8 για τη μαύρη Πεύκη και την Ελάτη αντίστοιχα, γεγονός που φανερώνει ικανοποιητική σταθερότητα. Το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από την κόμη εκτιμήθηκε στο 77% με τη χρήση της εντολής compute cover του λογισμικού S.V.S. Το προφίλ της συστάδας παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (5.45). Τα ιστογράμματα κατανομής των διαμέτρων καθώς και των υψών του κάθε δασοπονικού είδους παρουσιάζονται στις εικόνες 5.48 και 5.49.



Εικόνα 5.45 Προφίλ συστάδας μαύρης Πεύκης στην III ποιότητα τόπου. Στο συγκεκριμένο προφίλ έχει συμπεριληφθεί και η αναγέννηση Ελάτης (DBH<4cm)



Εικόνα 5.46 Κάτοψη συστάδας μαύρης Πεύκης στην III ποιότητα τόπου



Εικόνα 5.47 Αναλογία κόμης και άκλαδου κορμού συστάδας στην III ποιότητα τόπου

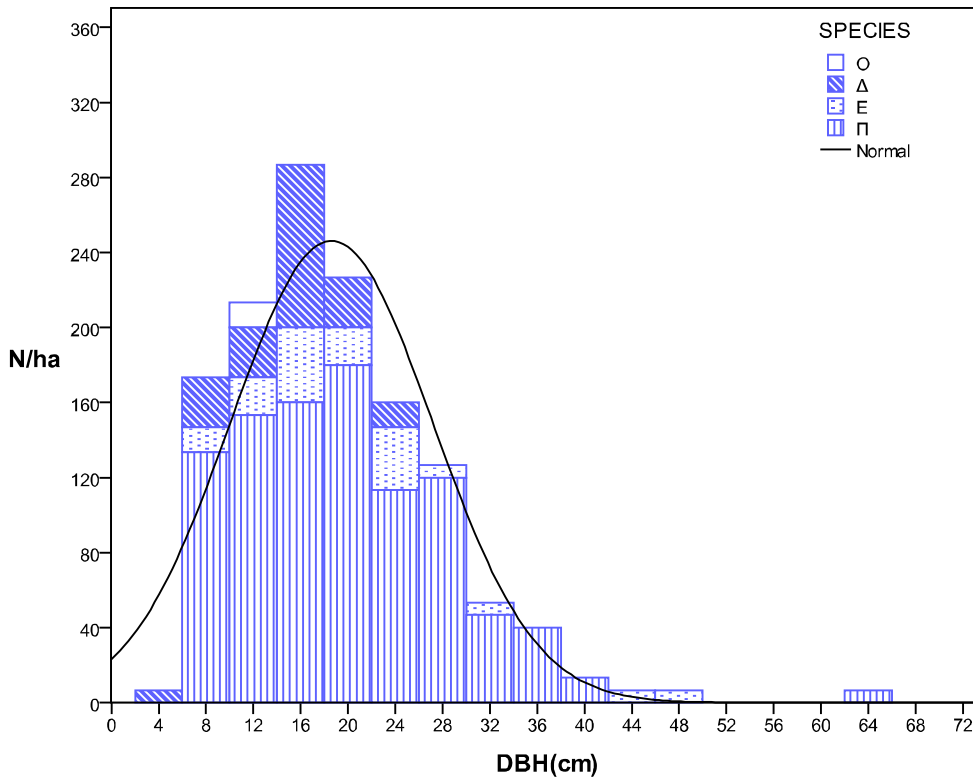
Πίνακας 5.16 Στατιστικά παραμέτρων δομής

Ποιότητα τύπου III	Στατιστικά παραμέτρων δομής	Πεύκη	Ελάτη	Δρυς	Σύνολο
	Αριθμός ατόμων/ha	967	153	187	1320*
	Κυκλική επιφάνεια (m ² /ha)	33,9	6,1	3,3	43,4*
Διάμετρος d (cm)	Μέσος όρος (μ.ο.)	19,2	20,4	14,3	18,6
	Ελάχιστη τιμή	8,0	8,0	4,0	4,0
	Μέγιστη τιμή	64,0	47,0	25,0	64,0
	Τυπική απόκλιση	8,7	9,6	4,7	8,5
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,7	2,0	0,9	0,6
Ύψος h (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	11,1	12,7	8,8	11,0
	Ελάχιστη τιμή	4,0	6,5	3,0	3,0
	Μέγιστη τιμή	17,0	19,0	16,0	19,0
	Τυπική απόκλιση	2,31	3,4	2,9	2,7
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,19	0,7	0,5	0,2
Έναρξη κόμης CBH (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	5,5	4,1	5,0	5,3
	Ελάχιστη τιμή	2,0	1,0	1,5	1,0
	Μέγιστη τιμή	10,0	9,0	13,0	13,0
	Τυπική απόκλιση	1,6	2,0	2,5	1,8
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,1	0,4	0,5	0,1
Μήκος κόμης L (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	5,6	8,6	3,8	5,7
	Ελάχιστη τιμή	0,2	4,0	0,2	0,2
	Μέγιστη τιμή	12,0	13,7	11,0	13,7
	Τυπική απόκλιση	2,3	2,9	2,1	2,6
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,2	0,6	0,4	0,2
Βαθμός λυγρότητας h/d	Μέσος όρος (μ.ο.)	65,1	67,8	64,0	65,5
	Ελάχιστη τιμή	26,6	40,4	33,3	26,6
	Μέγιστη τιμή	125,0	93,8	100,0	125,0
	Τυπική απόκλιση	19,6	15,0	18,6	19,1
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	1,6	3,1	3,6	1,4

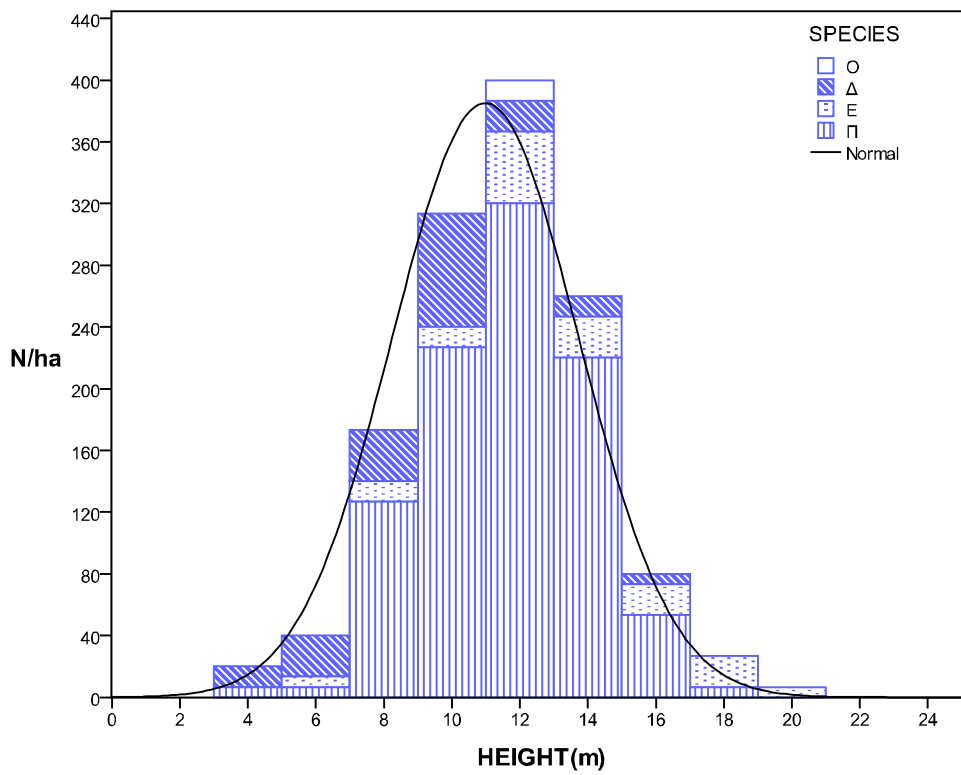
* συνυπολογίζονται 13 άτομα/ha οξιάς κυκλικής επιφάνειας 0,13m²

Πίνακας 5.17 Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών

Ποιότητα Τύπου III	Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών	Πεύκη	Ελάτη	Δρυς	Σύνολο
Ζωτικότητα (Z)	Μέσος Όρος	25,2	18,3	29,6	25,1
	Ελάχιστη τιμή	10	10	20	10
	Μέγιστη τιμή	30	30	30	30
Τάση εξέλιξης (TE)	Μέσος Όρος	2,5	1,8	3,0	2,5
	Ελάχιστη τιμή	1	1	2	1
	Μέγιστη τιμή	3	3	3	3
Ποιότητα κορμού (ΠΚ)	Μέσος Όρος	55,4	49,1	59,6	55,4
	Ελάχιστη τιμή	40	40	50	40
	Μέγιστη τιμή	60	60	60	60



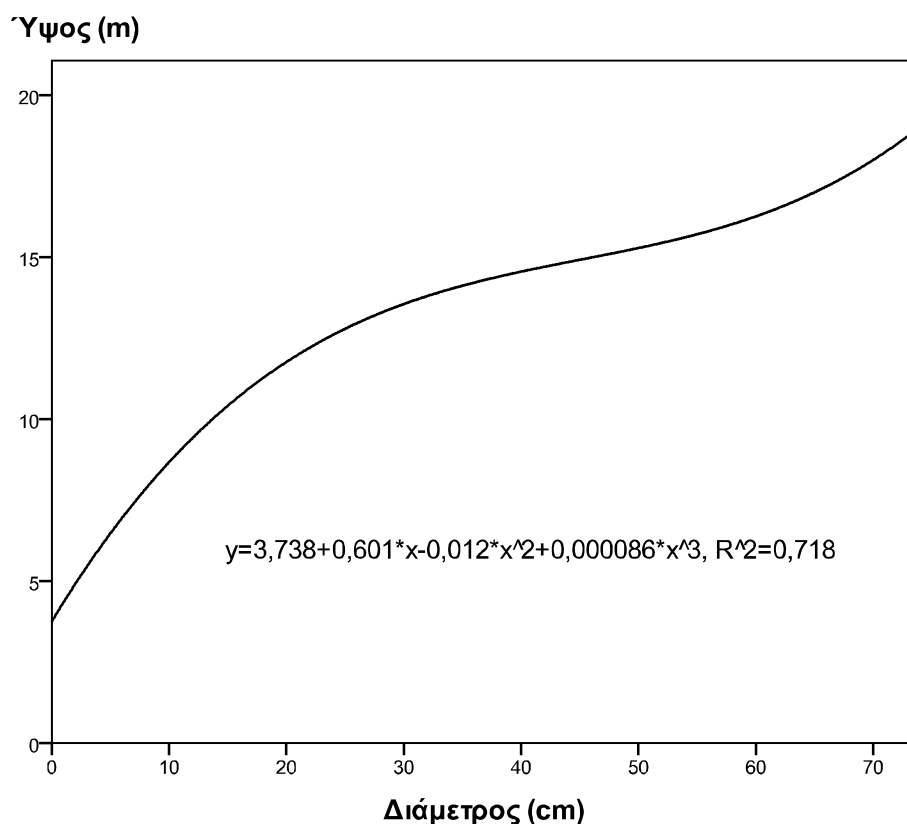
Εικόνα 5.48 Κατανομή των κλάσεων διαμέτρου με την καμπύλη της κανονικής κατανομής



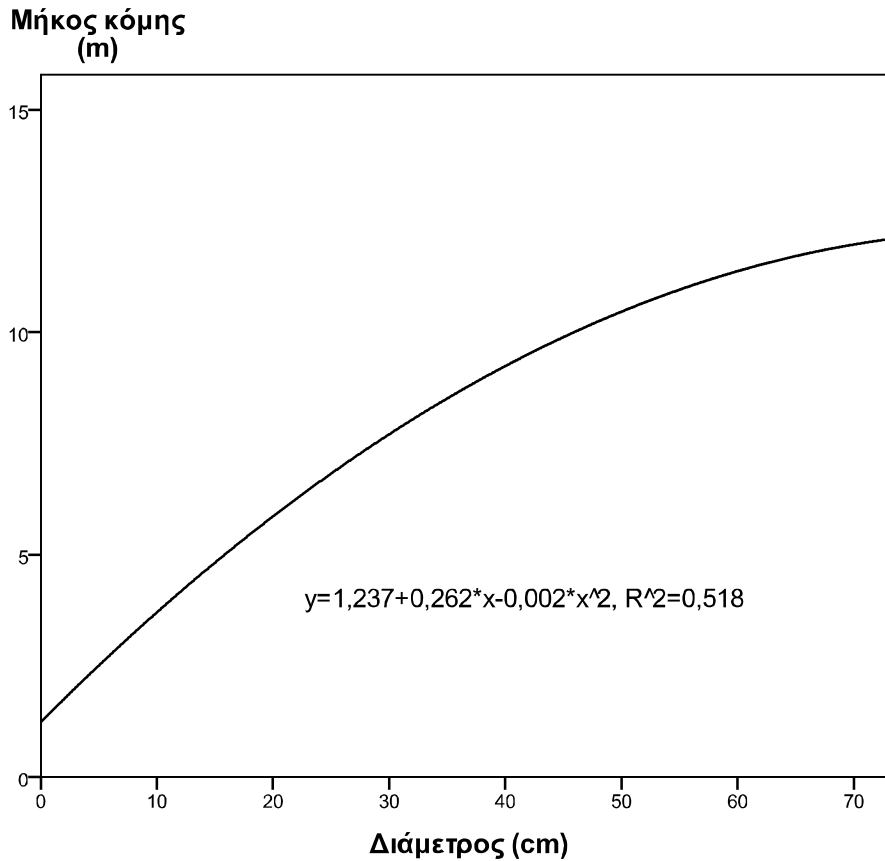
Εικόνα 5.49 Κατανομή των κλάσεων ύψους με την καμπύλη της κανονικής κατανομής

Χρησιμοποιώντας ως μη εξαρτημένη μεταβλητή τη στηθιαία διάμετρο και ως εξαρτημένη το ύψος, διερευνήθηκε η μεταξύ τους σχέση εισάγοντας πλήθος εξισώσεων. Την καλύτερη προσαρμογή παρουσίασε η εξίσωση της μορφής $y=b_0+b_1x+b_2x^2+b_3x^3$ με συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0,718$. Επιπρόσθετα, για τη σχέση μήκους κόμης και στηθιαίας διαμέτρου, καλύτερη προσαρμογή παρουσίασε η εξίσωση της μορφής $y=b_0+b_1x+b_2x^2$ με $R^2=0,518$. Οι γραφικές απεικονίσεις των παραπάνω εξισώσεων παρουσιάζονται στα σχήματα 9 και 10 αντίστοιχα. Οι εξισώσεις απευθύνονται στα δενδρομετρικά χαρακτηριστικά των ατόμων της μαύρης Πεύκης, καθώς αποτελεί το κυρίαρχο είδος των συγκεκριμένων συστάδων.

Ο μη παραμετρικός έλεγχος καλής προσαρμογής των διαμέτρων στην κανονική κατανομή με βάση το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov απέρριψε την κανονική κατανομή ($p\text{-value}=0,03$) γεγονός που οφείλεται στη συμμετοχή πολλών δασικών ειδών με ποικιλία κλάσεων διαμέτρων. Συνεπώς, δεν επιβεβαιώνεται η ομήλικη μορφή των συγκεκριμένων συστάδων. Ωστόσο, εάν απομονωθεί ο πληθυσμός της μαύρης Πεύκης τότε η κανονική κατανομή δεν μπορεί να απορριφθεί ($p\text{-value} = 0,118$). Η κατανομή των κλάσεων διαμέτρου παρουσιάζει δεξιά ασυμμετρία (συντελεστής ασυμμετρίας: 1,346) που οφείλεται στα άτομα που συγκεντρώνονται στις μεγαλύτερες κλάσεις, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.48.



Σχήμα 9. Καμπύλη ύψους (h)-διαμέτρου (d) στην III ποιότητα τόπου



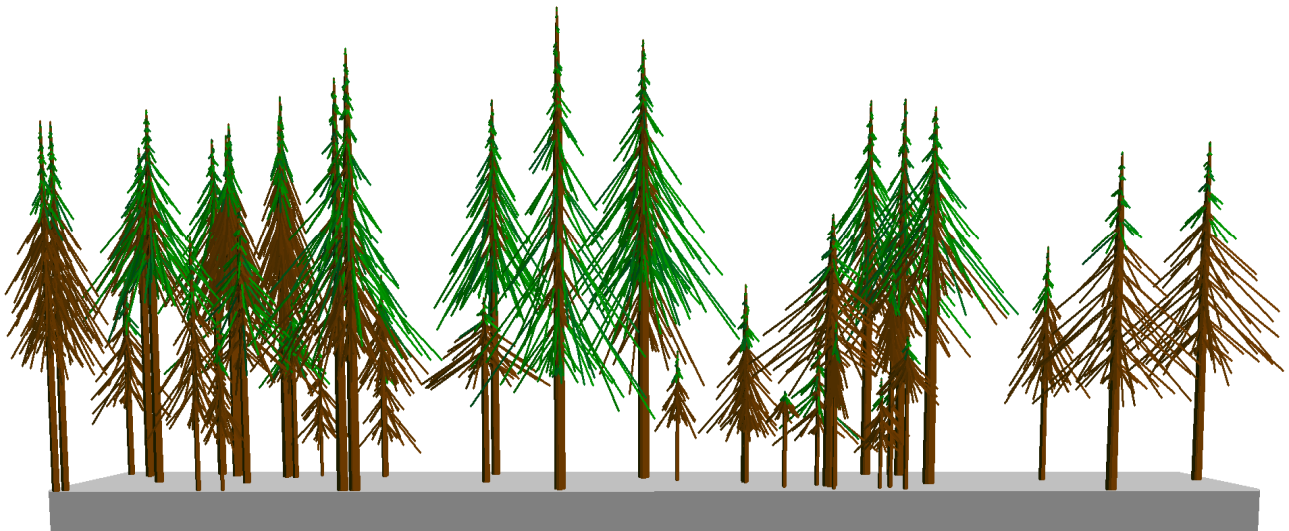
Σχήμα 10. Καμπύλη μήκους κόμης (L)-διαμέτρου (d) στην III ποιότητα τόπου

IV Ποιότητα Τόπου

Η τέταρτη ποιότητα τόπου καταλαμβάνει το μικρότερο ποσοστό συγκρινόμενη με την έκταση των άλλων ποιοτήτων τόπου. Το γεωλογικό υπόβαθρο αποτελείται από βασικά, υπερβασικά και εκρηξιγενή πετρώματα. Η συνολική έκτασή της είναι 5,29 km² που αντιστοιχεί στο 17,7% της υπό μελέτης περιοχής. Με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS 9.3 εκτιμήθηκαν οι τοπογραφικές παράμετροι της συγκεκριμένης ποιότητας τόπου. Η κύρια έκθεσή της είναι Νοτιοδυτική (202.5° – 247.5°), η μέση κλίση ανέρχεται στις 25,98° (48,7%) ενώ το μέσο υψόμετρο είναι 1214 m. Το υψομετρικό εύρος είναι 788 m, με το χαμηλότερο σημείο στα 770 m ενώ το ψηλότερο στα 1558 m. Κύριο χαρακτηριστικό των περιοχών που αντιστοιχούν σε αυτή την ποιότητα τόπου είναι η ξηρασία που συνεπάγεται την ύπαρξη αντίξοων συνθηκών αύξησης. Το κύριο δασοπονικό είδος είναι η μαύρη Πεύκη σε συνδυασμό με την ύπαρξη λίγων ατόμων υβριδογενούς Ελάτης. Τα τμήματα αυτά εντοπίζονται κυρίως στην περιοχή του Κάτω Ολύμπου και βρίσκονται υπό τη διαχείριση του δασαρχείου Λάρισας.

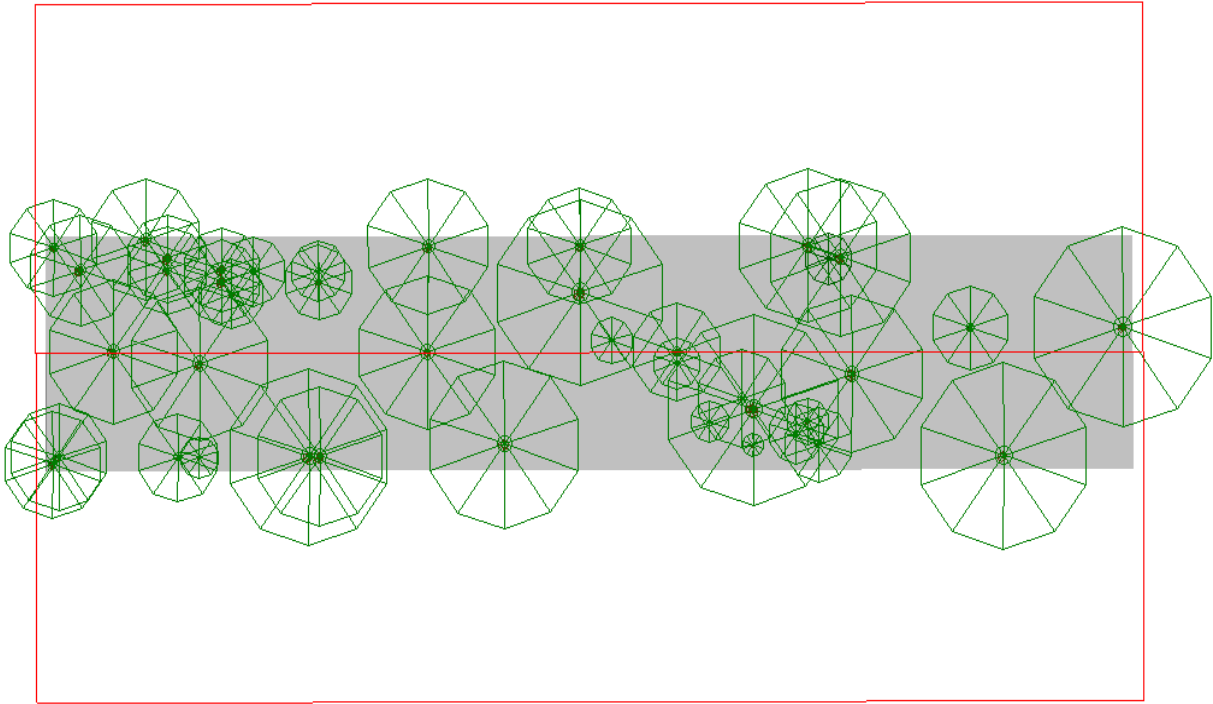
Κλάση Ηλικίας 70-80

Οι συστάδες αυτής της ποιότητας τόπου είναι σχεδόν αμιγείς μαύρης Πεύκης με μικρή συμμετοχή ατόμων υβριδογενούς Ελάτης. Η πυκνότητα ανέρχεται σε 840 άτομα/ha. Το μέσο ανώτερο ύψος είναι 16,7 m ενώ η ολική κυκλική επιφάνεια είναι 55,93 m²/ha. Η υβριδογενής Ελάτη κατέχει μόνο το 0,6% αυτής. Το μέσο ύψος των ατόμων της μαύρης Πεύκης είναι 11,8 m η μέση στηθιαία διάμετρος 27,6 cm και το μέσο ύψος έναρξης της κόμης 5,6 m. Το άκλαδο τμήμα του κορμού αποτελεί το 47,5% του ύψους των δέντρων. Η κακή ποιότητα του σταθμού αποτυπώνεται και στα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της αύξησης. Η μέση τάση εξέλιξης είναι 2,78 η ζωτικότητα των ατόμων 27,8 και η μέση ποιότητα του κορμού 57,8. Ο βαθμός λυγρότητας όμως παρουσιάζεται ικανοποιητικός με μέση τιμή 47,3. Το προφίλ αυτών των συστάδων παρουσιάζεται στις εικόνες 5.50 και 5.51.

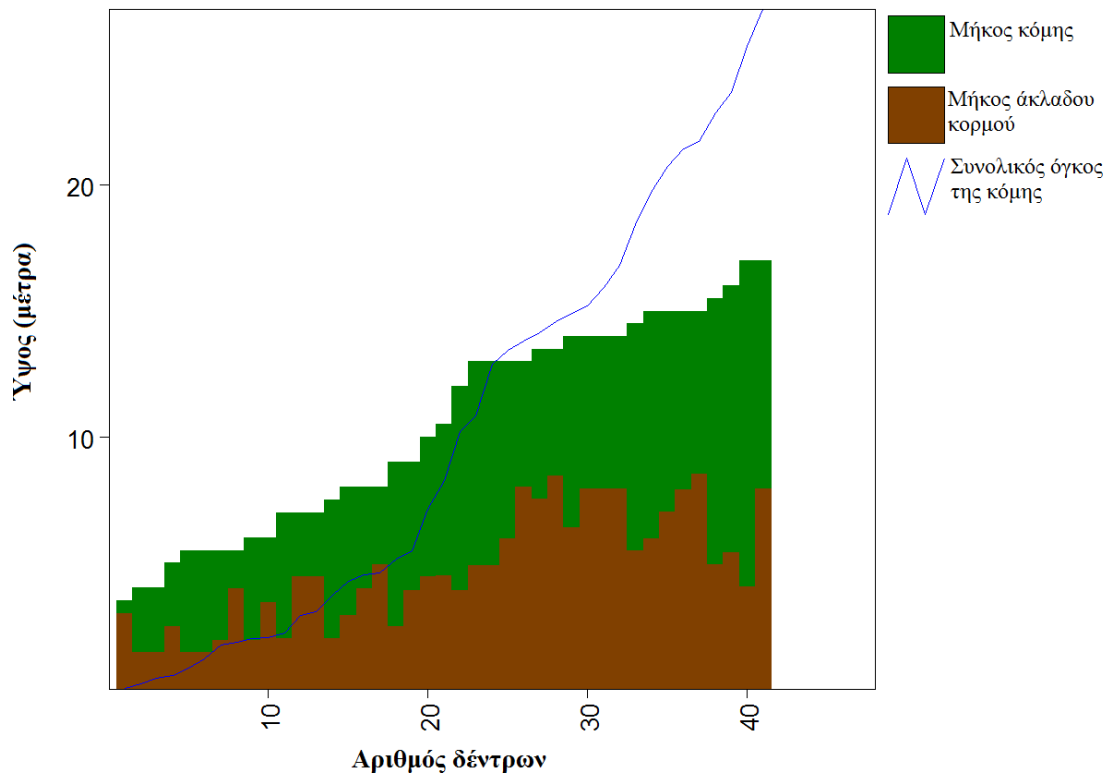


Εικόνα 5.50 Προφίλ συστάδας μαύρης Πεύκης στην IV ποιότητα τόπου.

Εξαιτίας των υποβαθμισμένων χαρακτηριστικών των δέντρων των συγκεκριμένων συστάδων, οι υλοτομικές επεμβάσεις που έχουν διενεργηθεί στο παρελθόν είναι περιορισμένες. Κατά συνέπεια, η δομή του δάσους παρουσιάζεται ως ομήλικη όπως συμπεραίνεται και από την προσαρμογή της κατανομής των διαμέτρων στην κανονική. Η κυριαρχία των δέντρων του ανώροφου είναι χαρακτηριστική όπως επίσης η έλλειψη του υπόροφου. Η κάλυψη της κόμης κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα φτάνοντας το 82%, της επιφάνειας του εδάφους.



Εικόνα 5.51 Κάτοψη συστάδας μαύρης Πεύκης στην IV ποιότητα τόπου



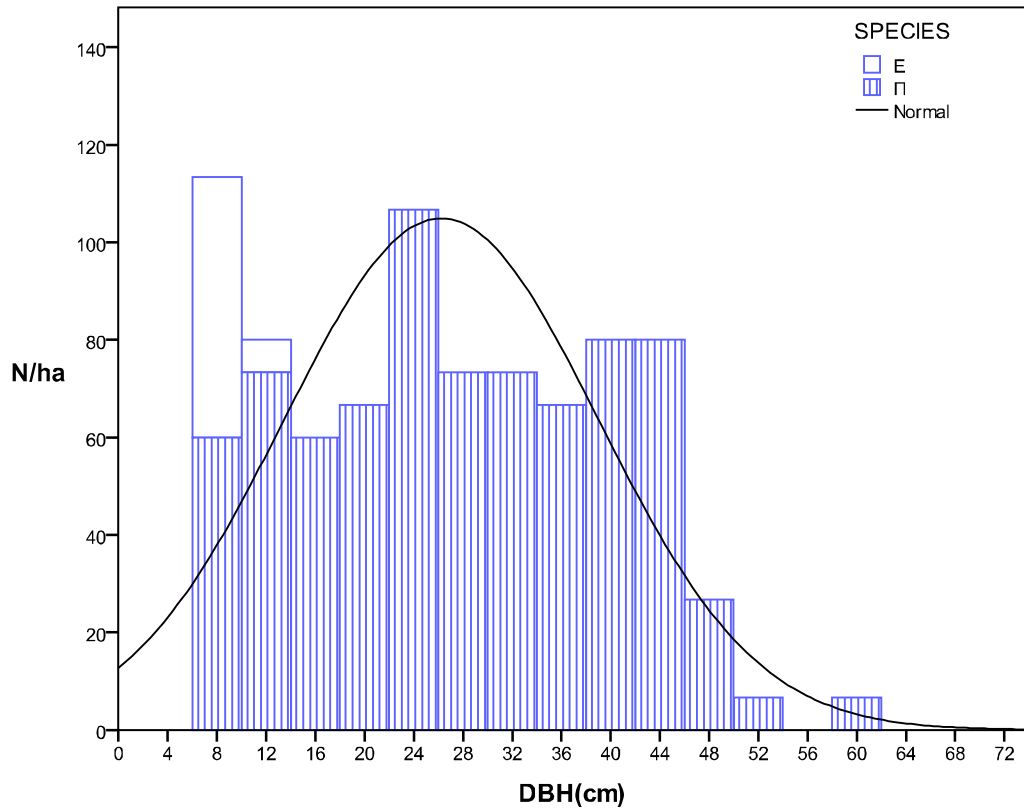
Εικόνα 5.52 Αναλογία κόμης και άκλαδου κορμού συστάδας στην IV ποιότητα τόπου

Πίνακας 5.18 Στατιστικά παραμέτρων δομής

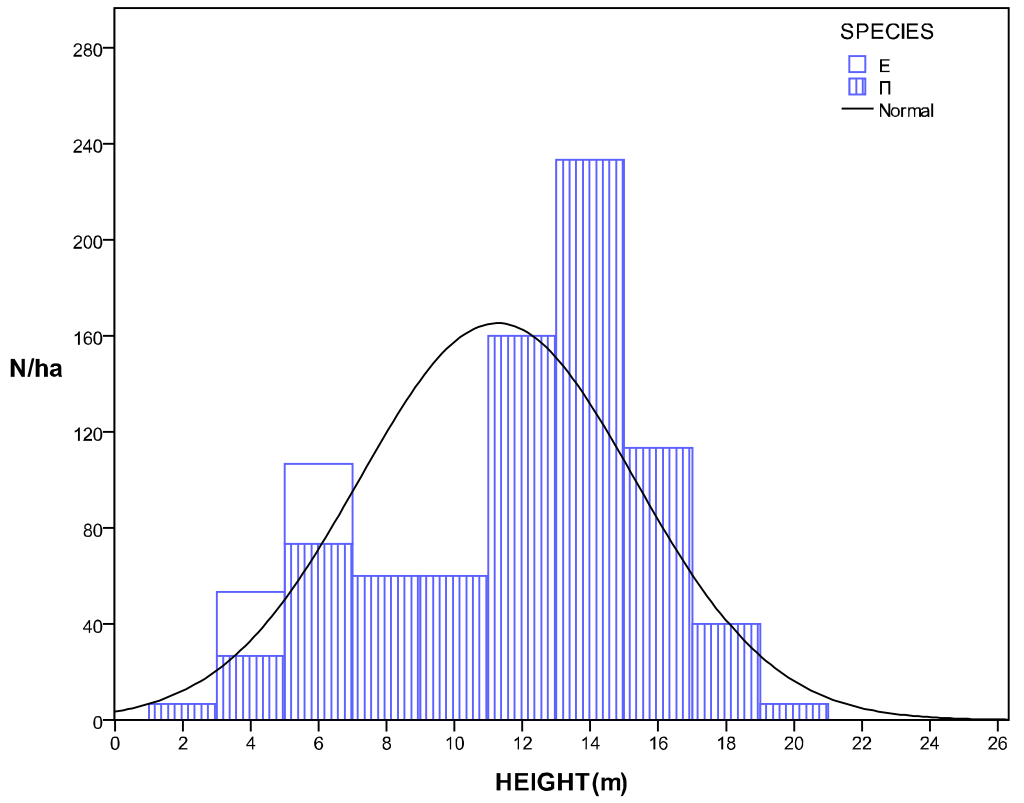
Ποιότητα τόπου IV	Στατιστικά παραμέτρων δομής	Πεύκη	Ελάτη	Σύνολο
	Αριθμός ατόμων/ha	780	60	840
	Κυκλική επιφάνεια (m ² /ha)	55,6	0,3	55,9
Διάμετρος d (cm)	Μέσος όρος (μ.ο.)	27,5	8,7	26,2
	Ελάχιστη τιμή	8,0	8,0	8,0
	Μέγιστη τιμή	58,0	13,0	58,0
	Τυπική απόκλιση	12,2	1,7	12,7
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	1,1	0,6	1,1
Ύψος h (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	11,8	4,5	11,3
	Ελάχιστη τιμή	2,5	3,5	2,5
	Μέγιστη τιμή	19,0	5,5	19,0
	Τυπική απόκλιση	3,7	0,75	4,0
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,3	0,25	0,4
Έναρξη κόμης CBH (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	5,6	1,4	5,3
	Ελάχιστη τιμή	0,5	0,5	0,5
	Μέγιστη τιμή	12,0	2,0	12,0
	Τυπική απόκλιση	2,5	0,5	2,6
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,2	0,2	0,2
Μήκος κόμης L (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	6,2	3,1	6,0
	Ελάχιστη τιμή	0,5	2,5	0,5
	Μέγιστη τιμή	15,0	4,5	15,0
	Τυπική απόκλιση	2,6	0,7	2,6
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,2	0,2	0,2
Βαθμός λυγερότητας h/d	Μέσος όρος (μ.ο.)	47,3	52,5	47,7
	Ελάχιστη τιμή	17,2	42,3	17,2
	Μέγιστη τιμή	127,3	62,5	127,3
	Τυπική απόκλιση	16,2	8,5	15,9
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	1,5	2,8	1,4

Πίνακας 5.19 Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών

Ποιότητα Τόπου IV	Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών	Πεύκη	Ελάτη	Σύνολο
Ζωτικότητα (Z)	Μέσος Όρος	27,8	28,9	27,9
	Ελάχιστη τιμή	10	20	10
	Μέγιστη τιμή	30	30	30
Τάση εξέλιξης (TE)	Μέσος Όρος	2,8	2,9	2,8
	Ελάχιστη τιμή	1	2	1
	Μέγιστη τιμή	3	3	3
Ποιότητα κορμού (ΠΚ)	Μέσος Όρος	57,8	58,9	57,8
	Ελάχιστη τιμή	40	50	40
	Μέγιστη τιμή	60	60	60

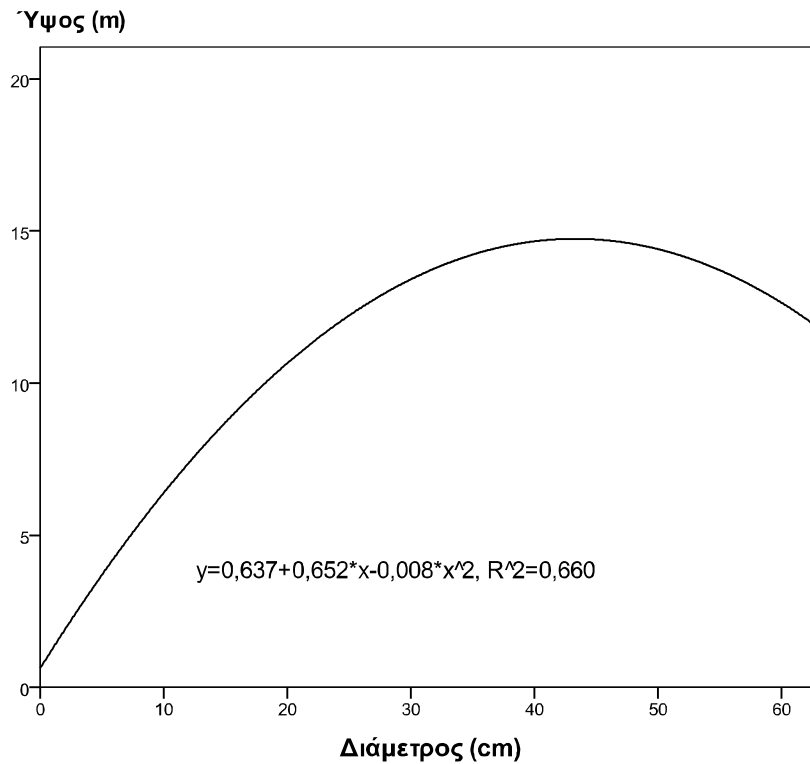


Εικόνα 5.53 Κατανομή των κλάσεων διαμέτρου με την καμπύλη της κανονικής κατανομής

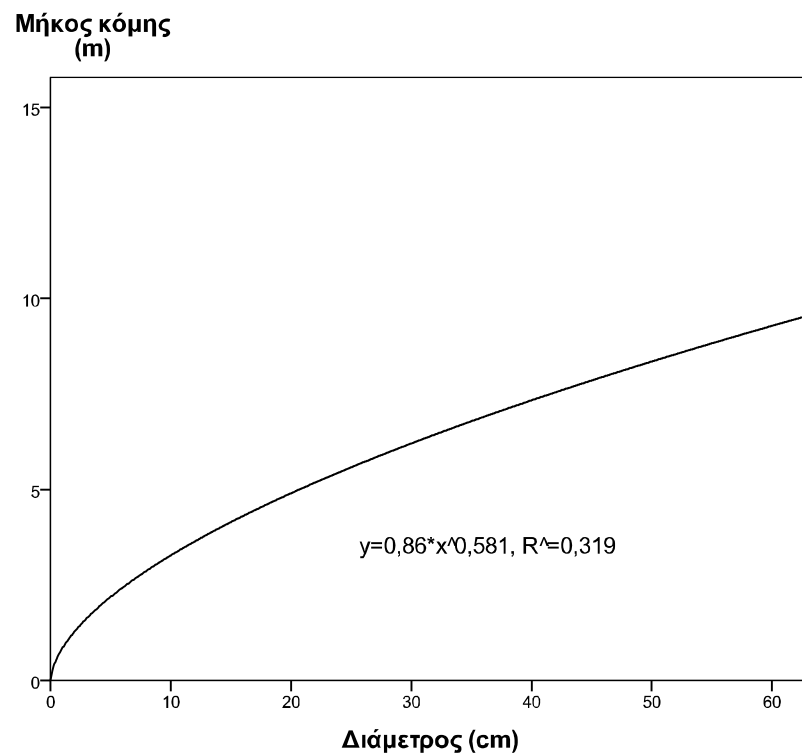


Εικόνα 5.54 Κατανομή των κλάσεων ύψους με την καμπύλη της κανονικής κατανομής

Για τον προσδιορισμό της σχέσης ύψους και στηθιαίας διαμέτρου χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση της μορφής $y=b_0+b_1x+b_2x^2$. Αυτή παρουσίασε την καλύτερη προσαρμογή με $R^2=0,660$. Θα πρέπει να αναφερθεί πως ακριβώς την ίδια προσαρμογή παρουσίασε και η εξίσωση της μορφής $y=b_0+b_1x+b_2x^2+b_3x^3$.



Σχήμα 11. Καμπύλη ύψους (h)-διαμέτρου (d) στην IV ποιότητα τόπου



Σχήμα 12. Καμπύλη μήκους κόμης (L)-διαμέτρου (d) στην IV ποιότητα τόπου

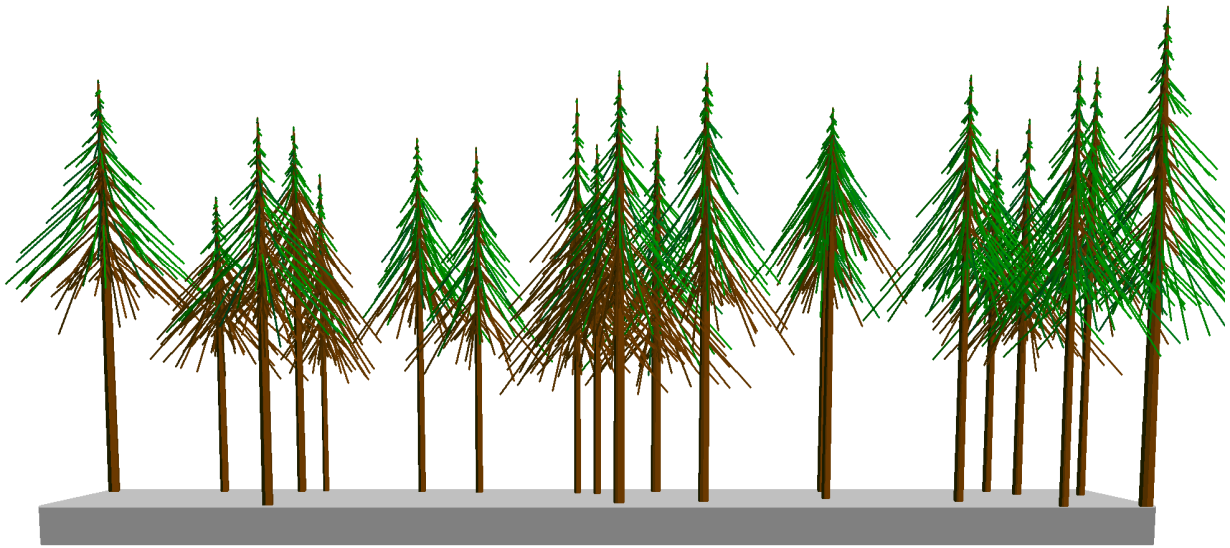
Επιπρόσθετα, η διερεύνηση της σχέσης μήκους κόμης-στηθιαίας διαμέτρου οδήγησε στην εξίσωση της μορφής $y = b_0 x^{b_1}$ καθώς παρουσίασε την καλύτερη προσαρμογή με $R^2=0,319$.

Ο μη παραμετρικός έλεγχος καλής κατανομής των διαμέτρων με βάση το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov έδειξε ότι δεν μπορεί να απορριφθεί η κανονική κατανομή (p -value=0,351). Παράλληλα, η κατανομή των κλάσεων διαμέτρου παρουσιάζει δεξιά ασυμμετρία (συντελεστής ασυμμετρίας: 0,152). Συνεπώς επιβεβαιώνεται η ομήλικη μορφή των υπό εξέταση συστάδων, ενώ η συμμετοχή των λίγων ατόμων υβριδογενούς Ελάτης στο μεσόροφο δεν άλλαξε τη μορφή αυτή.

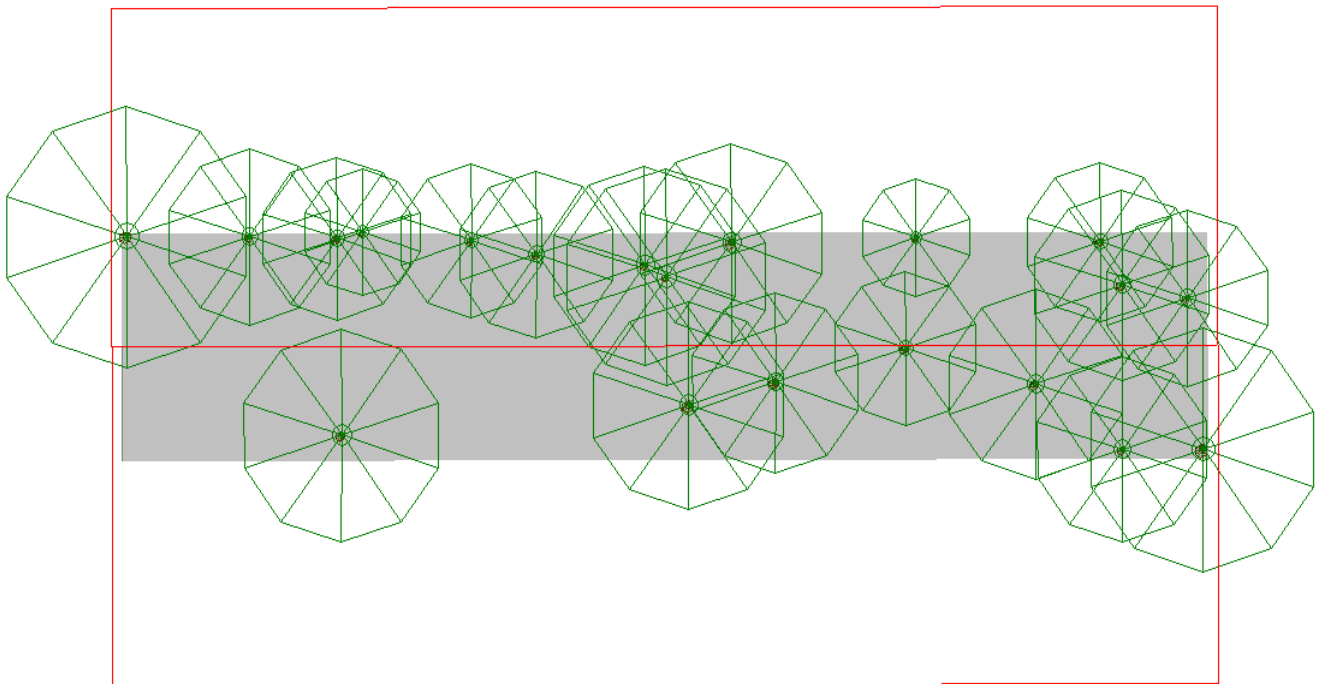
Κλάση ηλικίας 90-100

Αυτές οι συστάδες χαρακτηρίζονται από άτομα μαύρης Πεύκης τα οποία βρίσκονται στο στάδιο της ωριμότητας. Παρουσιάζονται ως σχεδόν αμιγείς με τη συμμετοχή λίγων μόνο ατόμων υβριδογενούς Ελάτης. Η κυριαρχία των ατόμων του ανώροφου είναι χαρακτηριστική ενώ η αναγέννηση βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Το μέσο ανώτερο ύψος είναι 19,3m. Η πυκνότητα ανέρχεται σε 393 άτομα/ha, εκ των οποίων τα 7 είναι άτομα Ελάτης. Η κυκλική επιφάνεια εκτιμάται σε 40,7 m²/ha με τα άτομα της μαύρης Πεύκης να καταλαμβάνουν το 99,8% αυτής. Κύριο χαρακτηριστικό των συστάδων αυτών είναι η μεγάλη σχετικά ηλικία τους που συνεπάγεται μεγάλο αριθμό υλοτομικών επεμβάσεων με αποτέλεσμα τη μικρή πυκνότητα. Ωστόσο, η κακή ποιότητα τόπου σε συνδυασμό με την εγγύτητα στο κυρίως οδικό δίκτυο αποτέλεσε ανασταλτικό παράγοντα για μεγαλύτερης έντασης υλοτομικές επεμβάσεις.

Τα δενδρομετρικά χαρακτηριστικά των συστάδων παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες 5.20 και 5.21. Όπως φαίνεται στον πίνακα 5.20, το μέσο ύψος των ατόμων είναι 15,3 m. Η μέση στηθιαία διάμετρος είναι 34,8 cm και το ύψος έναρξης της κόμης 6,9 m. Η τάση εξέλιξης είναι 2,34. Το άκλαδο τμήμα του κορμού αποτελεί το 45% του συνολικού ύψους των δέντρων. Η ζωτικότητα των ατόμων είναι 22,2 ενώ η ποιότητα του κορμού είναι 49,1. Ο μέσος βαθμός λυγρότητας κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα εκτιμώμενος σε 49,2 γεγονός που φανερώνει υψηλή σταθερότητα των δέντρων. Η εδαφοκάλυψη της κόμης υπολογίστηκε στο 79%. Το προφίλ συστάδας αυτής της ποιότητας τόπου απεικονίζεται στην εικόνα 5.55 ενώ η κάτοψη της κατανομής των δέντρων στην εικόνα 5.60, με βάση το λογισμικό S.V.S. Η αναλογία του άκλαδου κορμού και της κόμης παρουσιάζεται στην εικόνα 5.57.



Εικόνα 5.55 Προφίλ συστάδας μαύρης Πεύκης στην IV ποιότητα τόπου



Εικόνα 5.56 Κάτοψη συστάδας μαύρης Πεύκης στην IV ποιότητα τόπου

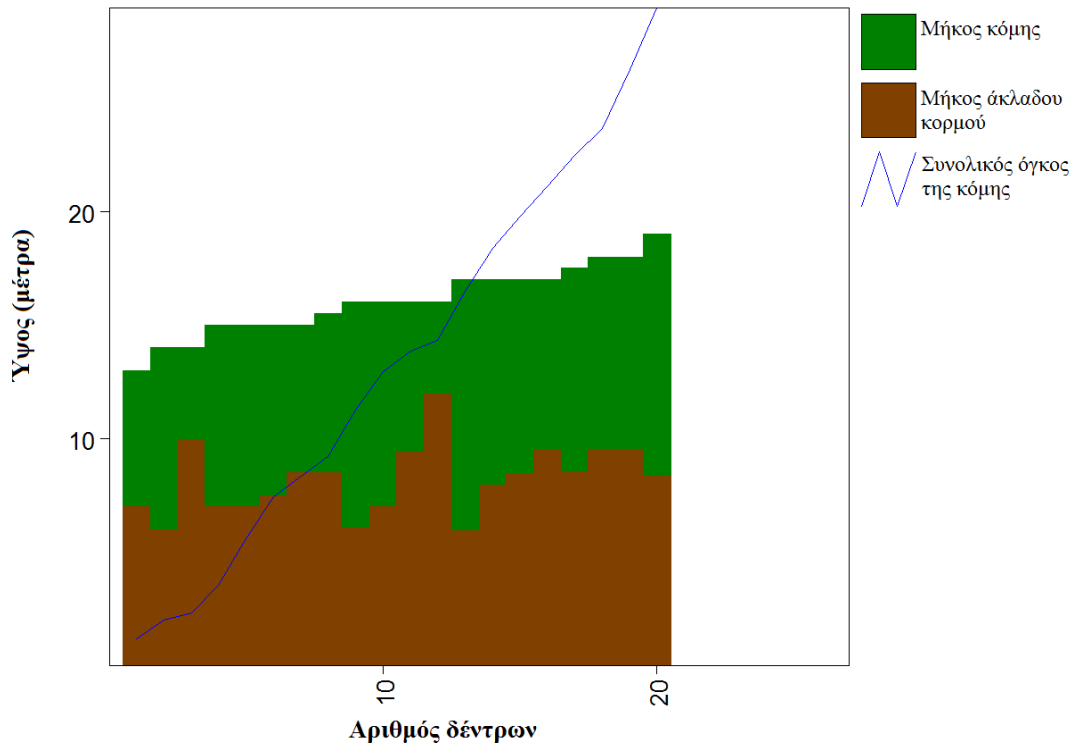
Πίνακας 5.20 Στατιστικά παραμέτρων δομής

Ποιότητα τύπου IV	Στατιστικά παραμέτρων δομής	Μ. Πεύκη	Σύνολο
	Αριθμός ατόμων/ha	393	400
	Κυκλική επιφάνεια (m ² /ha)	40,6	40,7
Διάμετρος d (cm)	Μέσος όρος (μ.ο.)	34,8	34,3
	Ελάχιστη τιμή	5,0	5,0
	Μέγιστη τιμή	56,0	56,0
	Τυπική απόκλιση	10,2	10,7
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	1,3	1,4
Ύψος h (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	15,3	15,1
	Ελάχιστη τιμή	5,0	5,0
	Μέγιστη τιμή	23,0	23,0
	Τυπική απόκλιση	3,6	3,8
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,5	0,5
Έναρξη κόμης CBH (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	6,9	6,6
	Ελάχιστη τιμή	2,0	0,5
	Μέγιστη τιμή	12,0	12,0
	Τυπική απόκλιση	2,3	2,5
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,3	0,3
Μήκος κόμης L (m)	Μέσος όρος (μ.ο.)	8,4	8,3
	Ελάχιστη τιμή	3,0	3,0
	Μέγιστη τιμή	18,0	18,0
	Τυπική απόκλιση	3,1	3,1
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	0,4	0,4
Βαθμός λυγρότητας h/d	Μέσος όρος (μ.ο.)	46,2	46,5
	Ελάχιστη τιμή	30,1	30,1
	Μέγιστη τιμή	100,0	100,0
	Τυπική απόκλιση	11,8	11,9
	Τυπικό σφάλμα μέσου όρου	1,5	1,5

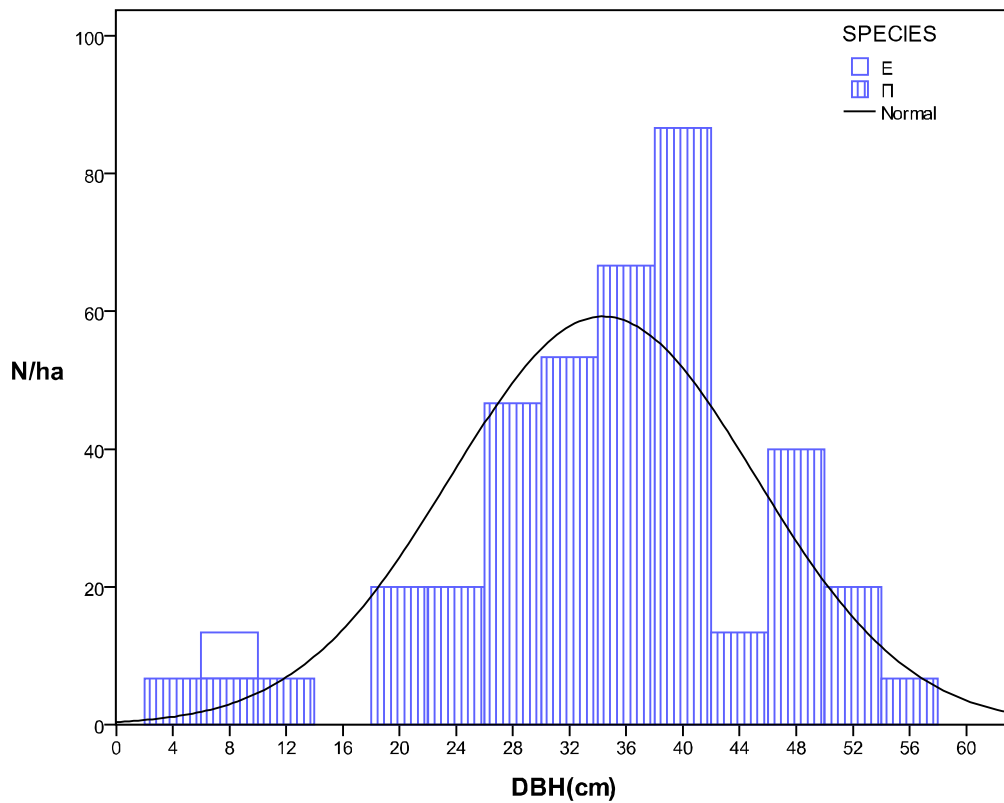
* συνυπολογίζονται 7 άτομα/ha Ελάτης

Πίνακας 5.21 Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών

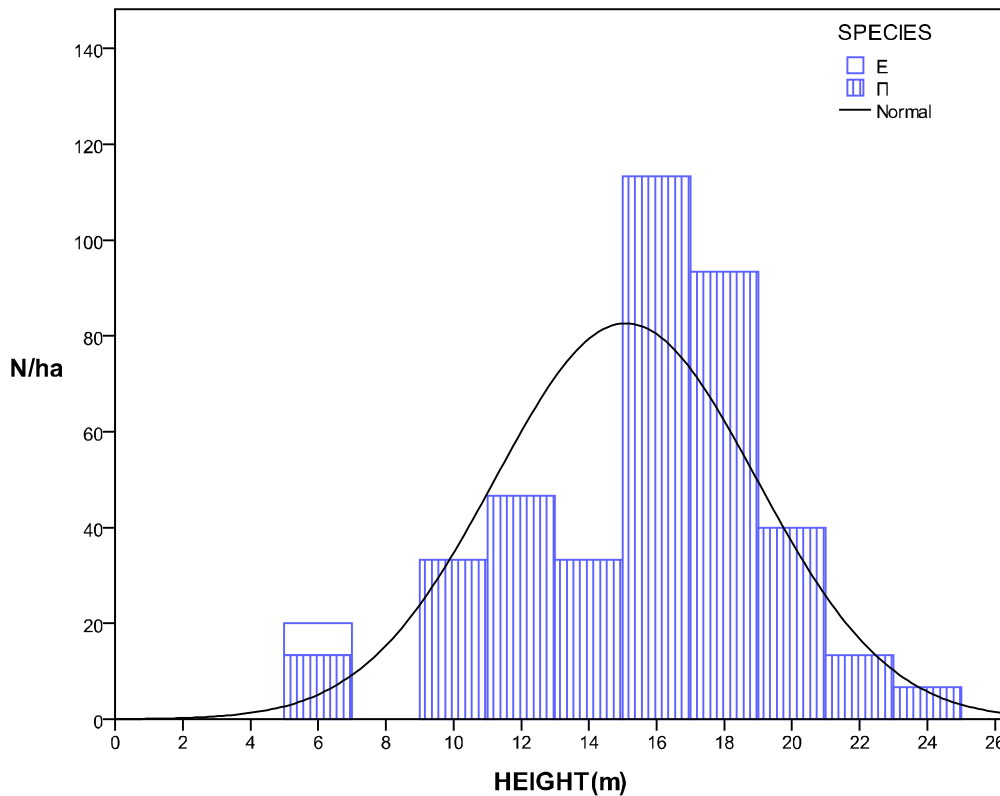
Ποιότητα Τύπου IV	Στατιστικά κοινωνικών χαρακτηριστικών	Μ. Πεύκη	Σύνολο
Ζωτικότητα (Z)	Μέσος Όρος	22,2	22,2
	Ελάχιστη τιμή	10	10
	Μέγιστη τιμή	30	20
Τάση εξέλιξης (TE)	Μέσος Όρος	2,3	2,3
	Ελάχιστη τιμή	2	1
	Μέγιστη τιμή	3	3
Ποιότητα κορμού (ΠΚ)	Μέσος Όρος	49,2	49,0
	Ελάχιστη τιμή	40	40
	Μέγιστη τιμή	60	60



Εικόνα 5.57 Αναλογία κόμης και άκλαδου κορμού συστάδας στην III ποιότητα τόπου



Εικόνα 5.58 Κατανομή των κλάσεων διαμέτρου με την καμπύλη της κανονικής κατανομής

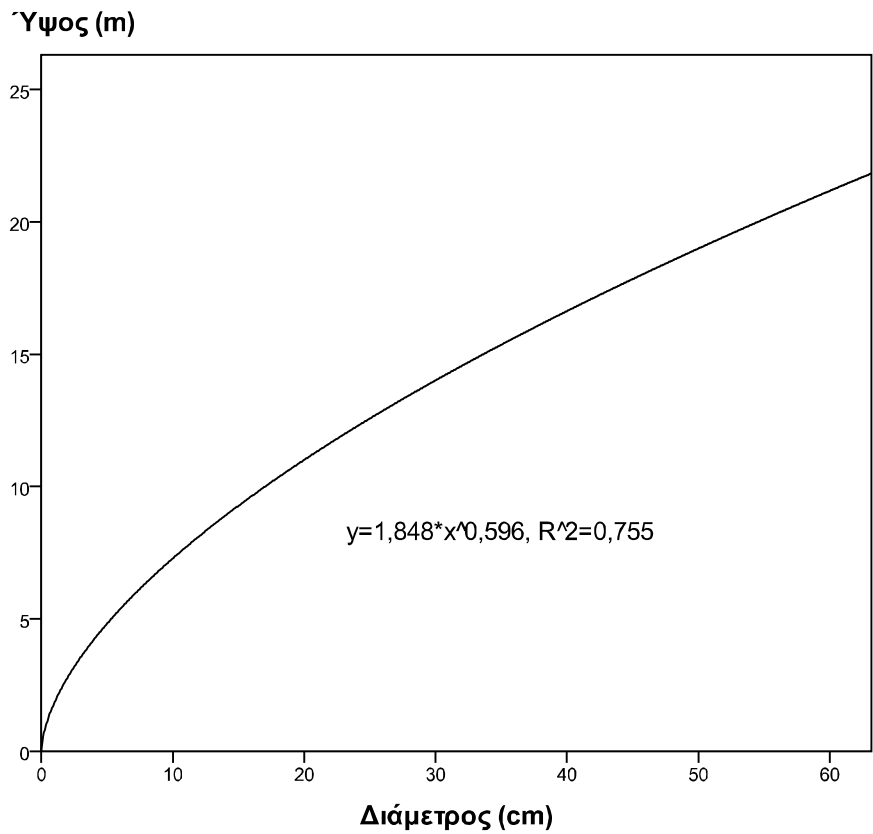


Εικόνα 5.59 Κατανομή των κλάσεων ύψους με την καμπύλη της κανονικής κατανομής

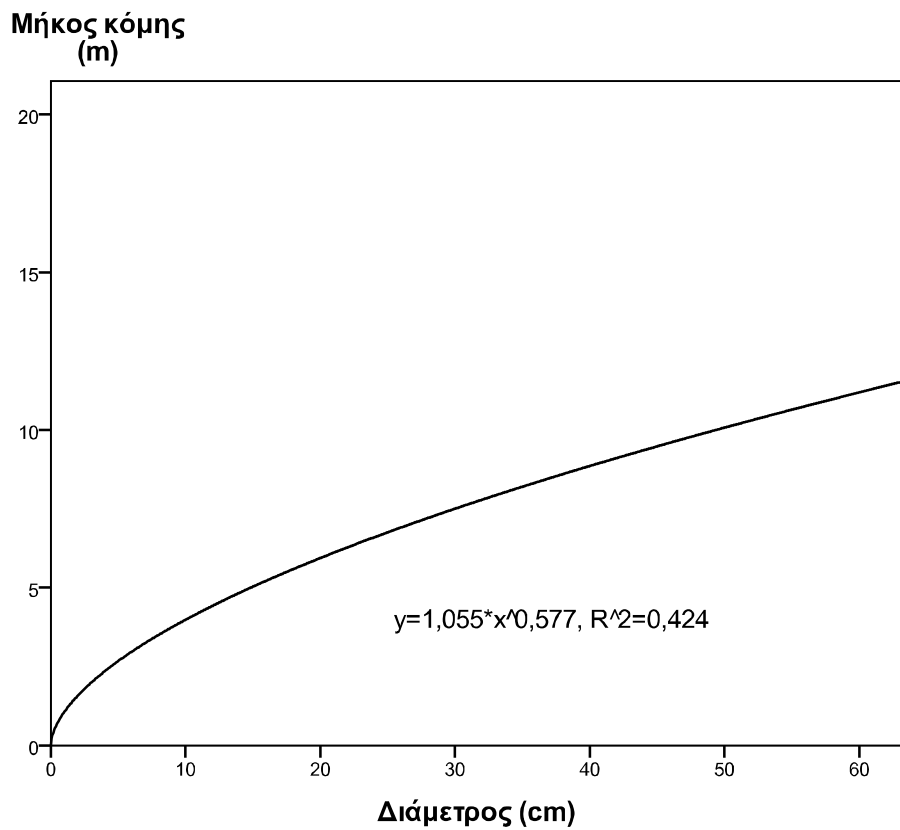
Προκειμένου να ερευνηθεί η σχέση στηθιαίας διαμέτρου και ύψους, δοκιμάστηκε πλήθος εξισώσεων. Την καλύτερη προσαρμογή για τις συγκεκριμένες συστάδες, παρουσίασε η εξίσωση της μορφής $y = b_0 x^{b_1}$ με $R^2=0,755$. Ωστόσο, καλή προσαρμογή παρουσίασε και η εξίσωση με μορφή $y=b_0+b_1x+b_2x^2+b_3x^3$ με $R^2=0,683$.

Όσον αφορά τη σχέση μήκους κόμης και στηθιαίας διαμέτρου, τα υπό εξέταση μαθηματικά μοντέλα παρουσίασαν όχι τόσο ικανοποιητική προσαρμογή, όπως ακριβώς παρατηρήθηκε και στις προηγούμενες περιπτώσεις. Την καλύτερη προσαρμογή παρουσίασε η εξίσωση της μορφής $y = b_0 x^{b_1}$ με $R^2=0,424$. Συνεπώς, η παράμετρος αυτή εξαρτάται από περισσότερες μεταβλητές εκτός της στηθιαίας διαμέτρου, συγκρινόμενη με την παράμετρο του συνολικού ύψους. Τα διαγράμματα της σχέσης ύψους-στηθιαίας διαμέτρου και μήκους κόμης-στηθιαίας διαμέτρου παρουσιάζονται στα σχήματα 13 και 14.

Τέλος, ο μη παραμετρικός έλεγχος καλής προσαρμογής των διαμέτρων στην κανονική κατανομή με βάση το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov έδειξε πως δεν μπορεί να απορριφθεί η κανονική κατανομή ($p\text{-value}=0,685$). Παράλληλα, η κατανομή των κλάσεων διαμέτρου παρουσιάζει αριστερή ασυμμετρία (συντελεστής ασυμμετρίας: $-0,674$). Ως εκ τούτου, επιβεβαιώνεται η ομήλικη μορφή των συγκεκριμένων συστάδων.



Σχήμα 13. Καμπύλη ύψους (h)-διαμέτρου (d) στην IV ποιότητα τόπου



Σχήμα 14. Καμπύλη μήκους κόμης (L)-διαμέτρου (d) στην IV ποιότητα τόπου

5.3 Δασικές λειτουργίες και ποιότητες τόπου

Μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι η χαρτογράφηση επικαλυπτόμενων περιοχών και η λεπτομερής χωρική τους απόδοση. Αφού έχουν καθοριστεί τα όρια των δασικών λειτουργιών καθώς και τα όρια των ποιοτήτων τόπου είναι εύκολος ο μεταξύ τους συνδυασμός με βάση την επικάλυψη. Χρησιμοποιώντας την εντολή Intersect του λογισμικού ArcGIS 9.3 της ESRI, έγινε ο διαχωρισμός των πολυγώνων των δασικών εκτάσεων. Η κατανομή που προέκυψε παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (5.22).

Πίνακας 5.22 Συγκεντρωτικά στοιχεία δασικών λειτουργιών. Εντός παρένθεσης είναι το ποσοστό της έκτασης της κάθε ποιότητας τόπου που αναλογεί στην κάθε λειτουργία. Για παράδειγμα τα προστατευτικά δάση της πρώτης ποιότητας τόπου καλύπτουν συνολική έκταση 0,87 km². Αυτή αντιστοιχεί στο 6,4% της συνολικής έκτασης των προστατευτικών δασών και στο 13,4% της συνολικής έκτασης της πρώτης ποιότητας τόπου. Η απόκλιση κατά την άθροιση των εκτάσεων των ποιοτήτων τόπου οφείλεται στο ποσοστό που κατέχουν τα δάση παρόχθιων περιοχών που δεν συμπεριλήφθηκαν στον παρακάτω πίνακα.

	Προστατευτικά Δάση		Αισθητικά Δάση		Παραγωγικά Δάση	
	Έκταση (km ²)	Ποσοστό (%)	Έκταση (km ²)	Ποσοστό (%)	Έκταση (km ²)	Ποσοστό (%)
I Ποιότητα Τόπου	0,87	6,4 (13,4)	0,28	63,6 (4,3)	4,14	30,3 (63,8)
II Ποιότητα Τόπου	4,10	30,2 (45,4)	0,16	36,4 (1,8)	4,22	30,9 (47,0)
III Ποιότητα Τόπου	5,18	38,1 (57,1)	-	-	3,60	26,4 (39,7)
IV Ποιότητα Τόπου	3,44	25,3 (64,3)	-	-	1,69	12,4 (31,9)

Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται φανερό ότι για κάθε δασική λειτουργία έχει καθοριστεί όχι μόνο η χωρική κατανομή της αλλά και η ικανότητά της να υποστηρίξει τη βλάστηση. Έχοντας ερευνήσει τα δενδρομετρικά χαρακτηριστικά για κάθε ποιότητα τόπου από την ανάλυση της δομής των συστάδων, που αναλυτικά παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο, είναι εφικτή η δημιουργία αντιπροσωπευτικών μοντέλων που να ανταποκρίνονται με τον καλύτερο τρόπο στην εκάστοτε λειτουργία. Αυτό είναι δυνατό μόνο μέσα από την εφαρμογή καλλιεργητικών μέτρων και δασοκομικών χειρισμών που να ξεκινούν από το στάδιο

της νεοφυτείας μέχρι την έναρξη της αναγέννησης και αποτελεί τον πρωταρχικό σκοπό της Δασοκομίας.

5.3.2 Προστατευτικά Δάση

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας, η κατάλληλη δομή των προστατευτικών δασών της υπό μελέτη περιοχής είναι η κηπευτή, κατά κύριο λόγο, ή εναλλακτικά η υποκηπευτή. Παράλληλα, η μείξη ειδών αναμένεται να βελτιώσει κατά πολύ τις μηχανικές και οργανικές ιδιότητες του εδάφους καθώς και τη σταθερότητα των διαταραγμένων οικοσυστημάτων. Το μοντέλο που προτείνεται για τη σταδιακή μετατροπή της δομής των συστάδων παρουσιάζεται στην εικόνα 5.60 (Hanewinkel and Pretzsch 2000).



Εικόνα 5.60 Σχεδιάγραμμα μετατροπής ομήλικης μορφής σε διάφορες μορφές ανομήλικης. Οι φάσεις 1-4 είναι αυτές που ακολουθούνται για τη σταδιακή μετατροπή. A=αρχή και B=τέλος της μετατροπής (Από: Hanewinkel and Pretzsch 2000).

Αναλυτικά, οι φάσεις που απεικονίζονται στο παραπάνω σχήμα είναι:

1. Φάση της σταθεροποίησης μέσω της επιλογικής υλοτομίας, κατά την οποία ξεκινώντας από τον ανώροφο και ένα ελάχιστο ύψος, ένας αριθμός δέντρων επιλέγεται και ευνοείται. Το μέγιστο όριο του κυρίαρχου ύψους κάτω από το οποίο θα γίνει η θετική επιλογή εξαρτάται από την ποιότητα τόπου. Μετά τις επιλογικές υλοτομίες, οι συστάδες οδηγούνται σε μια τελείως ομοιόμορφη δομή με δέντρα περίπου ίσων διαστάσεων τα οποία θα αποτελέσουν τα μελλοντικά άτομα.
2. Ποιοτική αναβάθμιση και έναρξη της φάσης της σταδιακής αναγέννησης. Αυτή η φάση περιλαμβάνει αρνητική επιλογή μερικών ατόμων που έχουν

επιλεγεί από το προηγούμενο στάδιο και εμφανίζουν ιδιαίτερα χαμηλή ζωτικότητα. Παράλληλα, μέσω της διάσπασης της κόμης με αυτή την υλοτομική επέμβαση, αρχίζει σταδιακά η φάση της αναγέννησης. Ο όρος της σταδιακής αναγέννησης αναφέρεται στη δημιουργία ενός ή δύο κέντρων αναγέννησης ανά δεκαετία. Ιδεατή υλοτομική επέμβαση για τη δημιουργία των συγκεκριμένων κέντρων αποτελεί η απομάκρυνση δύο ή τριών γειτονικών ατόμων χαμηλής ζωτικότητας. Όταν έχει ήδη εγκατασταθεί φυσική αναγέννηση σκιοφύτων ειδών τότε δεν εφαρμόζεται εκτεταμένη διάσπαση του ανώροφου.

3. Υλοτομική επέμβαση σε συγκεκριμένες κλάσεις διαμέτρου. Στην προσπάθεια εξασφάλισης κατακόρυφης ανομοιομορφίας μέσα στις συστάδες λαμβάνει χώρα η στοχευμένη υλοτομία συγκεκριμένων κλάσεων διαμέτρου η οποία μεταβάλλεται από τις μικρότερες προς τις μεγαλύτερες σε όλη τη διάρκεια της μετατροπής. Έτσι, η διάμετρος των υλοτομηθέντων δέντρων μπορεί να είναι 30 cm αρχικά, ανάλογα με την ποιότητα του σταθμού, φτάνοντας τα 40 cm στο τέλος της μετατροπής.
4. Στάδιο της αναγέννησης. Μέσα από το σύνολο όλων των παραπάνω επεμβάσεων και με την εξασφάλιση του κατάλληλου ενδοδασογενούς περιβάλλοντος, δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες επιτυχούς αναγέννησης υπό την προστασία ενός τμήματος της μητρικής συστάδας.

Σε όλα τα στάδια ευνοούνται σκιοφύτα είδη όπως άτομα Ελάτης ή οξιάς καθώς προσφέρονται για τη δημιουργία μεικτών υποκηπευτών ή κηπευτών συστάδων με τη μαύρη Πεύκη. Παράλληλα, ευνοούνται τα πλατύφυλλα είδη για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και τη συντήρηση του εδαφικού τάπητα, όπως τα άτομα της οξιάς και της δρυός.

Η παραπάνω μεθοδολογία έχει αρχικά αναπτυχθεί με στόχο την παραγωγή καλύτερης ποιότητας ξυλείας. Η προσαρμογή της μεθόδου στο στόχο της προστασίας του εδαφικού μανδύα έγκειται στη θετική επιλογή ατόμων με βάση το χαρακτηριστικό τόσο της ζωτικότητας όσο και του βαθμού της λυγρότητας του καθενός για τη δημιουργία σταθερών συστάδων. Παράλληλα, ο βαθμός της υλοτομικής επέμβασης και ο χρόνος της κάθε φάσης βρίσκεται σε άμεση σχέση με την ποιότητα τόπου. Η κλίση αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα επέμβασης και στοχευμένης υλοτομίας. Για το λόγο αυτό, σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από ισχυρή κλίση η εφαρμογή της διάσπασης της κόμης με σκοπό την αναγέννηση και η παράλληλη, σε σχέση με τις χωροσταθμικές καμπύλες, τοποθέτηση των κορμών είναι ίσως η μόνη εφαρμόσιμη λύση.

Πιο συγκεκριμένα τα δάση που έχουν χαρτογραφηθεί ως προστατευτικά στην πρώτη ποιότητα τόπου, καταλαμβάνουν μικρή έκταση ενώ εμφανίζονται αρκετά

διασπαρμένα δίχως να σχηματίζουν ένα ενιαίο τμήμα. Παράλληλα, οι καλές συνθήκες υγρασίας και αύξησης παρέχουν τη δυνατότητα επιλογικών υλοτομιών, κυρίως υπόσκιων κατά μικρές επιφάνειες. Για τους λόγους αυτούς η εφαρμογή συγκεκριμένων καλλιεργητικών μέτρων σε αυτές τις συστάδες μπορεί να αποτελέσει τμήμα της ευρύτερης διαχείρισης των παραγωγικών δασών. Κατάλληλα περιβάλλοντα για φυσική αναγέννηση μαύρης Πεύκης, δηλαδή όπου φτάνει άφθονος σπόρος και τα φυτάρια της μαύρης Πεύκης προστατεύονται από τις θερμοκρασίες και τα ζιζάνια, είναι τα μέτρια και στενά εξωδασογενή, τα μέτρια διακενογενή, τα φωτεινά ενδοδασογενή και τα μεταδασογενή για περιπτώσεις τεχνητής ίδρυσης (Μουλόπουλος 1967, Μπασιώτης 1972). Σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η σποροπαραγωγή κατά τα έτη πληροκαρπίας της μαύρης Πεύκης, ώστε αυτή να αξιοποιηθεί κατάλληλα (Βέργος και Ξύστρας 1994).

5.3.2.1 Η Ποιότητα Τόπου

Τα προστατευτικά δάση στη δεύτερη ποιότητα τόπου εμφανίζονται αρκετά πιο εκτεταμένα. Καταλαμβάνοντας μια συνολική δασική έκταση που ανέρχεται σε 4,1 km² θα πρέπει να αποτελέσουν στόχο εφαρμογής συγκεκριμένων δασοκομικών χειρισμών. Η μέθοδος μετατροπής της ομήλικης μορφής σε υποκηπευτή, που παρουσιάζεται στην εικόνα 5.60, μπορεί να εφαρμοστεί και στις δύο κλάσεις ηλικίας στις οποίες διαχωρίστηκαν οι συστάδες.

➤ Κλάση Ηλικίας 40-50.

Στις συγκεκριμένες συστάδες η ανθοφορία και η καρποφορία έχει αρχίσει ενώ παράλληλα έχει ξεκινήσει και η χαλάρωση της κομοστέγης. Συνεπώς, είναι καλές οι συνθήκες για την προετοιμασία και τη μετατροπή των συστάδων σε ανομήλικες. Εξαιτίας των καλών συνθηκών της αύξησης μπορεί να διενεργηθούν εξευγενιστικές αραιώσεις που να φτάσουν στο 20% της κυκλικής επιφάνειας στοχεύοντας παράλληλα στη μείωση της μεγάλης πυκνότητας των ατόμων και κατά συνέπεια στη μείωση του ανταγωνισμού. Η θετική επιλογή που θα διενεργηθεί θα ευνοήσει τα καλύτερα άτομα της συστάδας. Παρόλο που η ρύθμιση της μείξης δεν επιτεύχθηκε στο στάδιο της πυκνοφυτείας, είναι δυνατή η ευνόηση των ατόμων της δρυός και της οξιάς με στόχο τη δημιουργία μεικτών συστάδων (Tsitsoni and Zagas 1994). Στη συνέχεια είναι εφικτή η εγκατάσταση των υπολοίπων φάσεων της εικόνας 5.60. Στην περίπτωση αυτή οι συστάδες της μαύρης Πεύκης θα αναγεννηθούν σε διακενογενή περιβάλλοντα κατά λόγχμες καθώς δεν παρουσιάζεται υποβλάστηση.

➤ Κλάση ηλικίας 50-60.

Οι συστάδες αυτές είναι μεικτές μαύρης Πεύκης-Ελάτης. Η εξέλιξή τους θα οδηγήσει σε αντικατάσταση των ατόμων της μαύρης Πεύκης από την Ελάτη και κατά συνέπεια στη δημιουργία αμιγών συστάδων Ελάτης. Προκειμένου να διατηρηθεί ο μεικτός χαρακτήρας των συστάδων στα κέντρα αναγέννησης χρειάζεται ευνόηση των ατόμων της μαύρης Πεύκης και συνεχής προστασία τους, ενώ η μείξη μπορεί να γίνει κατά άτομο. Η σταθερότητα των ατόμων των συστάδων αυτών σε συνδυασμό με τις καλές συνθήκες αύξησης προσφέρουν τη δυνατότητα δημιουργίας ανομήλικων συστάδων με την εφαρμογή του μοντέλου της εικόνας 5.60. Η σχετικά μεγάλη πυκνότητα των ατόμων οδηγεί στην υπόθεση ότι οι επιλογικές υλοτομίες της 1^{ης} και 2^{ης} φάσης μπορούν να φτάσουν το 20% της συνολικής κυκλικής επιφάνειας ενώ μέχρι το τέλος της 4^{ης} φάσης η συνολική αραίωση μπορεί να φτάσει το 40% αυτής. Το ποσοστό αυτό κατανέμεται ομοιόμορφα ανάμεσα στα δύο είδη της μείξης.

5.3.2.2 III Ποιότητα Τόπου

Καταλαμβάνοντας μια συνολική έκταση 5,18 km² η τρίτη ποιότητα τόπου αποτελεί την κύρια των προστατευτικών δασών. Έχουν διακριθεί δύο κλάσεις ηλικίας που να ανταποκρίνονται σε αυτή. Κοινό χαρακτηριστικό τους η σταδιακή εγκατάσταση της υβριδογενούς Ελάτης στον υπόροφο. Η διατήρηση της μεικτής μορφής και η μετατροπή της ομήλικης δομής σε ανομήλικη είναι ο κύριος στόχος.

➤ Κλάση ηλικίας 60-70.

Η αρχική αραίωση της πρώτης φάσης θα γίνει με την επιλογή των καλύτερων ατόμων Πεύκης αλλά και Ελάτης. Η αραίωση μπορεί να φτάσει το 15% της αρχικής κυκλικής επιφάνειας διαταράσσοντας σε μικρό βαθμό την κάλυψη του εδάφους, ιδιαίτερα σε μεγάλες κλίσεις. Όπου υπάρχει αναγέννηση ατόμων Ελάτης δεν θα πρέπει να διασπαστεί η κομοστέγη της μητρικής συστάδας, καθώς σταδιακά θα αντικαταστήσει τα άτομα του ανώροφου και θα συναγωνιστεί επιτυχώς τη μαύρη Πεύκη. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η μείξη των ειδών είναι αναγκαία η διάσπαση της μητρικής συστάδας με αρνητική επιλογή των ασθενέστερων ατόμων. Το τρίτο στάδιο της εικόνας 5.60 ξεκινά με την υλοτομία ατόμων στηθιαίας διαμέτρου 20 cm και ολοκληρώνεται με την υλοτομία ατόμων με στηθιαία διάμετρο 40 cm. Η συνολική υλοτομία για τη μετατροπή δεν θα πρέπει να έχει ξεπεράσει το 35% της αρχικής κυκλικής επιφάνειας, ενώ μπορεί να διαρκέσει περισσότερο από την αντίστοιχη, στη δεύτερη ποιότητα τόπου.

➤ Κλάση ηλικίας 50-60.

Όπως συμπεραίνεται και από την ανάλυση της δομής αυτών των συστάδων, η αναγέννηση ατόμων υβριδογενούς Ελάτης βρίσκεται σε αρκετά ικανοποιητικά επίπεδα σχεδόν σε όλο τον υπόροφο, δημιουργώντας μια προστατευτική δευτερεύουσα συστάδα. Αυτά τα άτομα μπορούν να αναλάβουν ακόμη και μετά από μια μεγάλη περίοδο σκίασης, με δεδομένη τη χαλάρωση του ανώροφου των ατόμων της Πεύκης, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από το βαθμό κάλυψης της κόμης. Το ίδιο συμβαίνει και με τα άτομα της οξιάς. Μετά από μια εξευγενιστική αραίωση που είναι δυνατό να φτάσει το 15% της κυκλικής επιφάνειας, οι υλοτομίες μπορούν να περιοριστούν στη διάσπαση της κομοστέγης σε σημεία όπου δεν έχουν εγκατασταθεί φυτάρια Ελάτης για την προώθηση της αναγέννησης ατόμων μαύρης Πεύκης. Η διατήρηση μιας μείξης Ελάτης-Πεύκης με την παρουσία πλατύφυλλων ειδών είναι ζητούμενο, καθώς προσφέρει μεγαλύτερη σταθερότητα και εδαφική ενίσχυση σε αυτά τα ασταθή, από οικολογικής άποψης, οικοσυστήματα. Το τρίτο στάδιο του μοντέλου ξεκινά με την υλοτομία ατόμων στηθιαίας διαμέτρου 12 cm και ολοκληρώνεται με την υλοτομία ατόμων με στηθιαία διάμετρο 36 cm, κυρίως μαύρης Πεύκης. Με την ολοκλήρωση της 4^{ης} φάσης, η ολική υλοτομία δεν θα πρέπει να ξεπεράσει το 35% της ολικής κυκλικής επιφάνειας.

5.3.2.3 IV Ποιότητα Τόπου

Η συγκεκριμένη ποιότητα τόπου καταλαμβάνει έκταση 3,44 km² που αντιστοιχεί στο 25,3% των προστατευτικών δασών. Οι κακές συνθήκες υγρασίας σε συνδυασμό με την αμιγή μορφή των δασών μαύρης Πεύκης έχουν οδηγήσει σε εδαφική υποβάθμιση και μειωμένη ικανότητα υποστήριξης της βλάστησης. Η μεγάλη κλίση και η Νοτιοδυτική έκθεση οδηγούν σε επεμβάσεις που σκοπό έχουν τη συντήρηση και σε δεύτερο στάδιο την ενίσχυση του προστατευτικού εδαφικού τάπητα.

➤ Κλάση ηλικίας 70-80.

Σε αυτές τις συστάδες η κάλυψη της κόμης παρουσιάζεται αρκετά ικανοποιητική. Η συμμετοχή ατόμων Ελάτης είναι μικρή και περιορίζεται στον υπόροφο. Η ζωτικότητα των δέντρων κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα και οι όποιες δασοκομικές επεμβάσεις θα πρέπει να περιοριστούν μόνο στη διάσπαση της κομοστέγης και σε ενεργητική προώθηση της φυσικής αναγέννησης. Οι αραιώσεις που θα γίνουν δεν θα πρέπει να ξεπεράσουν το 10% της ολικής κυκλικής επιφάνειας. Η υλοτομίες θα περιοριστούν σε αρνητική επιλογή ατόμων μαύρης Πεύκης ενώ κατά τη ρίψη θα χρειαστεί να προστατευθεί η πολύτιμη αναγέννηση. Παράλληλα, με δεδομένη τη χαμηλή ποιότητα

ξύλου των ατόμων των συστάδων αυτών, θα πρέπει τμήμα της υλοτομημένης βιομάζας να παραμείνει στα τμήματα που χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλες κλίσεις. Η επιβίωση των φυταρίων της Ελάτης κρίνεται εξαιρετικά αμφίβολη αλλά κρίσιμης σημασίας. Συνεπώς, θα πρέπει να ενισχυθεί και η φυσική αναγέννηση ατόμων μαύρης Πεύκης.

➤ Κλάση ηλικίας 90-100.

Η μεγάλη ηλικία και η μικρή πυκνότητα είναι τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των συστάδων. Η παρουσία ατόμων Ελάτης είναι ελάχιστη ενώ η κάλυψη της κόμης παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Η αναγέννηση αυτών των συστάδων είναι το ζητούμενο και θα πρέπει να χαρτογραφηθούν ώστε να εγκατασταθούν σε αυτές τα πρώτα κέντρα αναγέννησης. Ο προστατευτικός τους ρόλος είναι αδιαμφισβήτητος και θα πρέπει να συνεχιστεί με την ενίσχυση της παρεδαφιαίας βλάστησης και κυρίως της αναγέννησης. Η μικρή πυκνότητα συνεπάγεται χαμηλά επίπεδα ανταγωνισμού ενώ η διάσπαση της κόμης μπορεί να επιτευχθεί με την απομάκρυνση των γηραιότερων ατόμων. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση η αραίωση δεν θα πρέπει να ξεπεράσει το 10% της κυκλικής επιφάνειας ενώ ιδιαίτερη προσοχή απαιτεί η συντήρηση του προστατευτικού μανδύα του εδάφους. Η διάρκεια της μετατροπής της δομής αυτών των συστάδων από ομήλικες σε ανομήλικες είναι ένα ιδιαίτερα δύσκολο εγχείρημα που μπορεί να διαρκέσει περισσότερο σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις.

Παρόχθια προστατευτικά δάση: Το μοντέλο του δάσους που ανταποκρίνεται με τον καλύτερο τρόπο και σε αυτή την κατηγορία των προστατευτικών δασών είναι το κηπευτό ή το υποκηπευτό με μείξη σκιοφυτών και ημισκιοφυτών δασοπονικών ειδών. Η μετατροπή μπορεί να ακολουθήσει το παραπάνω γενικό μοντέλο σε συνδυασμό με μια σειρά μέτρων που θα κατευθύνουν τη μέθοδο υλοτομίας. Συγκεκριμένα, σε αυτές τις εκτάσεις θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί η συμπίεση του εδάφους, να απομονωθούν τα επιφανειακά ρέοντα ύδατα από το γυμνό έδαφος και να ελαχιστοποιηθούν οι διαταραχές του προστατευτικού μανδύα του εδάφους.

Δάση Προστασίας Ανθρώπινων Εγκαταστάσεων: Η έκταση των δασών αυτών ανέρχεται σε 0,886 km² όπως έχει ήδη αναλυθεί. Η προστατευτική δράση των δασών αυτών κρίνεται ως ζωτικής σημασίας και ως εκ τούτου η συντήρηση όπως και η εξασφάλιση της οικολογικής τους ισορροπίας αποτελεί κύριο διαχειριστικό σκοπό. Η αλλαγή της δομής των δασών σε κηπευτή ή υποκηπευτή θα ενισχύσει την προστατευτική τους λειτουργία. Παράλληλα, μέσα σε αυτή τη δασική έκταση, εμφανίζεται ένα τμήμα που αντιστοιχεί στην τέταρτη ποιότητα τόπου. Το τμήμα αυτό έχει έκταση 0,1685 km² και εξαιτίας της άμεσης επαφής του με ανθρώπινες

εγκαταστάσεις θα πρέπει να γίνει αντικείμενο ειδικού δασοκομικού χειρισμού. Προκειμένου να εξασφαλιστεί τόσο η μεικτή κηπευτή δομή του όσο και η αναγέννησή του αποφεύγοντας τη διαταραχή της τεχνητής εγκατάστασης κέντρων αναγέννησης, η εγκατάσταση προστατευτικού υπορόφου από σκιάφυτα είδη είναι η λύση που θα πρέπει να εφαρμοστεί. Αυτό μπορεί να γίνει με σπορά ή φύτευση φυταρίων Ελάτης, ενώ μπορεί να εξεταστεί και η εγκατάσταση ατόμων οξιάς. Μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το αυξημένο κόστος εγκατάστασης που όμως περιορίζεται εξαιτίας της μικρής έκτασης της ευαίσθητης από οικολογική άποψη, περιοχής.

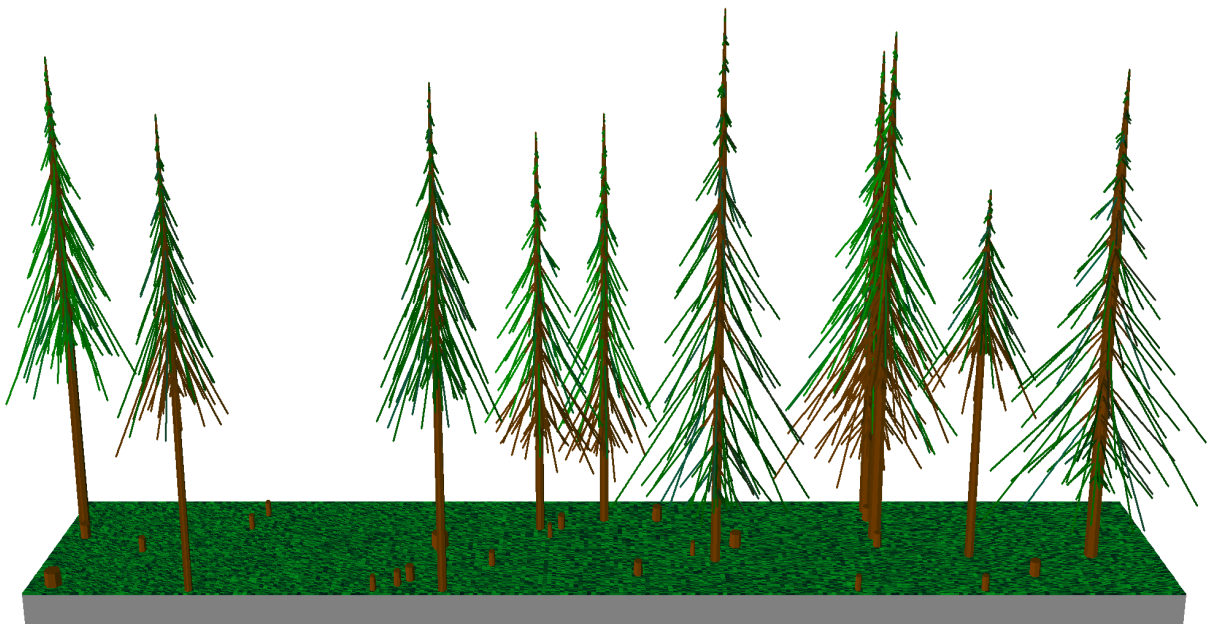
5.3.3 Δάση Αναψυχής

Η χαρτογραφημένη περιοχή που ανταποκρίνεται στα χωρικά κριτήρια της λειτουργίας της αναψυχής καταλαμβάνει έκταση 0,445 km², και το κύριο τμήμα της ανήκει στην πρώτη και δεύτερη ποιότητα τόπου. Στη συγκεκριμένη έκταση λήφθηκαν συνολικά 5 δειγματοληπτικές επιφάνειες και δημιουργήθηκε το προφίλ που απεικονίζεται στις εικόνες 5.35 και 5.36. Επιπρόσθετα, τα στατιστικά στοιχεία των συστάδων παρουσιάζονται στους πίνακες 5.12. και 5.13.

Με βάση τα χαρακτηριστικά της δομής των αισθητικών δασών, που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας, οι συστάδες παρουσιάζουν μεγάλη κυκλική επιφάνεια σε σχέση με το άριστο των 22-27 m²/ha που προκύπτει από την ανάλυση της γραφικής παράστασης της εικόνας 4.7. Επιπρόσθετα, είναι επιθυμητή η διατήρηση της υπόροφης βλάστησης καθώς αυξάνει την αισθητική αξία με την κάλυψη που παρέχει στη διαταραγμένη περιοχή και στα εναπομείναντα πρέμνα. Συνεπώς οι υλοτομίες θα πρέπει να επικεντρωθούν σε άτομα με στηθαία διάμετρο από 12 - 40 cm, τόσο Ελάτης όσο και Πεύκης σε μια προσπάθεια διατήρησης της υπάρχουσας μείξης. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η οπτική διεισδυτικότητα, διατηρείται η συγκεκριμένη μείξη και προωθείται η έναρξη της αναγέννησης φτάνοντας στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Για την περαιτέρω μείωση της αισθητικής υποβάθμισης, ο τεμαχισμός των υπολειπόμενων πρέμων με σκοπό την αύξηση του ρυθμού της αποσύνθεσης κρίνεται ως απαραίτητος.

Η προσομοίωση μιας δασοκομικής επέμβασης στις εν λόγω συστάδες, όπως αυτή που περιγράφεται παραπάνω, έγινε χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα SVS. Η κυκλική επιφάνεια μειώθηκε στα 26,7 m²/ha ενώ η μέση στηθαία διάμετρος αυξήθηκε στα 40,4 cm. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι κατά τη διενέργεια της υλοτομίας μαζί με τη στηθαία διάμετρο λήφθηκε υπόψη η ζωτικότητα του κάθε ατόμου με στόχο την ελαχιστοποίηση των ορατών ξηράνσεων της κόμης. Το ίδιο λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα της προσομοίωσης της εισερχόμενης ποώδους βλάστησης των ετήσιων

φυτών με αποτέλεσμα την κάλυψη των εναπομεινάντων πρέμων, όπως γίνεται φανερό και στην εικόνα 5.61. Το ποσοστό της αραίωσης έφτασε το 60,91% της κυκλικής επιφάνειας και κρίνεται ως πολύ ισχυρή ένταση. Η εδαφοκάλυψη μειώθηκε στο 49% και η πυκνότητα των δέντρων στα 199 άτομα/ha. Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει την εισαγωγή κάποιου πλατύφυλλου είδους όπως της δρυός ή της οξιάς με στόχο την αύξηση των μειγνυόμενων ειδών και τη βελτίωση της αισθητικής του τοπίου. Σε περιπτώσεις που εξαιτίας της συμπίεσης του εδάφους παρατηρηθεί αδυναμία αναγέννησης τότε ενδείκνυται τεχνητή επέμβαση με φυτεύσεις πλατυφύλλων και κωνοφόρων ειδών.



Εικόνα 5.61 Χειρισμός αραίωσης σε συστάδα αισθητικού δάσους

5.3.4 Παραγωγικά Δάση

Η έκταση των παραγωγικών δασών ανέρχεται σε 13,847 km² με το 61,2% της έκτασής τους να ανήκει στην πρώτη και στη δεύτερη ποιότητα τόπου. Η μέχρι τώρα διαχείριση των δασών αυτών έχει οδηγήσει στη δημιουργία ομήλικων συστάδων, ενώ χαρακτηριστική είναι η απουσία ώριμων ατόμων. Ο χρόνος περιφοράς για τις συστάδες αυτές είναι 10 έτη και ο μέσος βαθμός αραίωσης κυμαίνεται μεταξύ 15-20%. Κύριο χαρακτηριστικό της μέχρι τώρα διαχείρισης είναι η υπερεκμετάλλευση των πιο παραγωγικών συστάδων, η μεγάλη διάσπαση της κομοστέγης που σε πολλές περιπτώσεις συνοδεύεται από αδυναμία εγκατάστασης της αναγέννησης εξαιτίας της

ανάπτυξης ανταγωνιστικής παρεδαφιαίας βλάστησης. Οι επιλογικές υπόσκιες υλοτομίες κατά μικρές επιφάνειες είναι η πλέον κατάλληλη μέθοδος διαχείρισης των δασών αυτών. Οι υλοτομίες αυτού του τύπου θα δημιουργήσουν τις κατάλληλες συνθήκες για επιτυχή εγκατάσταση της αναγέννησης εάν δημιουργήσουν τις επιθυμητές συνθήκες φωτισμού στα κατάλληλα σημεία διατηρώντας το ενδοδασογενές περιβάλλον. Οι υλοτομίες αυτές σε καμία περίπτωση δε θα πρέπει να ξεπεράσουν το 20% της ολικής κυκλικής επιφάνειας. Στη συνέχεια, ανάλογα με τη δυναμική της αναγέννησης και την ποιότητα του σταθμού ο χειρισμός αυτός μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ομήλικων ή ανομήλικων συστάδων. Ωστόσο, η καλλιέργεια των συστάδων θα πρέπει να ξεκινήσει από το στάδιο της νεοφυτείας και να συνεχιστεί σε όλα τα επόμενα στάδια μέχρι το στάδιο των κορμών και τις υπεραραιώσεις. Η καλλιέργεια πρέπει να επεκταθεί και σε συστάδες που δεν παρουσιάζουν προς το παρόν οικονομικό ενδιαφέρον.

5.3.5 Επίδραση των χειρισμών στον υδρολογικό κύκλο

Η εφαρμογή των δασοκομικών χειρισμών που αναφέρθηκαν αναμένεται να προκαλέσουν μεταβολές στον υδρολογικό κύκλο και κατά συνέπεια στην ποσότητα του νερού που απορρέει προς τις κοίτες των κεντρικών ρευμάτων. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο που περιγράφηκε στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας αξιολογείται η μεταβολή σε κάθε ποιότητα τόπου και δασική λειτουργία. Παράλληλα, στο μοντέλο που χρησιμοποιείται έχουν ενσωματωθεί πληθώρα φυσιογραφικών και κλιματικών παραμέτρων ώστε να προσεγγιστούν με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια η μεταβολές εξαιτίας των δασοκομικών επεμβάσεων. Ουσιαστικά, υπολογίζεται το ισοζύγιο του νερού σε κάθε τμήμα της περιοχής έρευνας το οποίο αντιστοιχεί σε έκταση 400 m². Θα πρέπει να αναφερθεί ότι προσεγγίζεται η μέση αύξηση της ποσότητας του ύδατος που απορρέει με τις παρακάτω παραδοχές:

- το ποσό του νερού των βροχοπτώσεων θεωρείται σταθερό.
- η αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους παραμένει σταθερή, πριν και μετά τους χειρισμούς.

Τις παραδοχές αυτές χρησιμοποιούν οι Sun *et al.* (2005) κατά την εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου. Παράλληλα, η εκτίμηση αφορά το πρώτο χρονικό στάδιο της αραίωσης χωρίς να συμπεριλαμβάνεται η αναπτυσσόμενη αναγέννηση ή η πώδης βλάστηση.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες (5.23 και 5.24).

Πίνακας 5.23 Συγκεντρωτικά ποσοστά προτεινόμενων δασοκομικών επεμβάσεων για τη δημιουργία επιθυμητών συσταδικών τύπων.

	Προστατευτικά Δάση	Αισθητικά Δάση	Παραγωγικά Δάση
	Ποσοστό αραίωσης (%)	Ποσοστό αραίωσης (%)	Ποσοστό αραίωσης (%)
I Ποιότητα Τόπου	20	60	20
II Ποιότητα Τόπου	20	60	20
III Ποιότητα Τόπου	15	-	20
IV Ποιότητα Τόπου	10	-	20

Πίνακας 5.24 Συγκεντρωτικά δεδομένα εκτιμώμενης αύξησης της επιφανειακής απορροής νερού, ως αποτέλεσμα των δασοκομικών επεμβάσεων για τη δημιουργία επιθυμητών συσταδικών τύπων.

	Προστατευτικά Δάση			Αισθητικά Δάση			Παραγωγικά Δάση		
	Αύξηση Απορροής (mm)			Αύξηση Απορροής (mm)			Αύξηση Απορροής (mm)		
	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean
I Ποιότητα Τόπου	104,073	121,536	115,289	367,537	377,065	372,343	106,017	129,107	121,534
II Ποιότητα Τόπου	92,981	131,164	121,937	363,576	380,377	372,918	110,577	131,031	122,339
III Ποιότητα Τόπου	69,742	96,103	90,370	-	-	-	115,493	129,180	125,006
IV Ποιότητα Τόπου	50,095	65,474	62,666	-	-	-	120,398	131,164	127,796

5.3.6 Επίδραση των δασοκομικών χειρισμών στο δείκτη βιοποικιλότητας Shannon Index

Όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας οι δασοκομικές επεμβάσεις αναμένεται να μεταβάλλουν τον δείκτη Shannon Index που προσδιορίζει τον

μεσόροφο και τον ανώροφο της κάθε συστάδας. Η μεταβολή αυτή ωστόσο έχει παροδικό χαρακτήρα καθώς βρίσκεται σε άμεση σχέση με τη δυναμική της αναγέννησης. Η εκτίμηση της μεταβολής του δείκτη μπορεί να γίνει μόνο κατά το πρώτο στάδιο των δασοκομικών επεμβάσεων στα προστατευτικά δάση, ενώ για τα δάση που έχουν επιφορτιστεί με τις υπόλοιπες λειτουργίες, η μεταβολή μπορεί να εκτιμηθεί στο σύνολό της. Η αραίωση που προτείνεται στα παραπάνω στάδια αναφέρεται στη μείωση της κυκλικής επιφάνειας που αντιστοιχεί στο κάθε είδος. Συνεπώς, η μεταβολή αντιστοιχεί στην αλλαγή του δείκτη της βιοποικιλότητας Shannon Index πριν και μετά την δασοκομική επέμβαση. Η ανάλυση των μεταβολών του δείκτη παρουσιάζεται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.25 Συγκεντρωτικά δεδομένα εκτιμώμενης μεταβολής του δείκτη Shannon Index του ανώροφου και του μεσόροφου των συστάδων, ως αποτέλεσμα των δασοκομικών επεμβάσεων για την δημιουργία επιθυμητών συσταδικών τύπων.

	Προστατευτικά Δάση		Αισθητικά Δάση		Παραγωγικά Δάση	
	Shannon Index		Shannon Index		Shannon Index	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
I Ποιότητα Τόπου						
Ηλικία 75-85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ηλικία 55-65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
II Ποιότητα Τόπου						
Ηλικία 40-50	0,235	0,276	-	-	0,235	0,276
Ηλικία 50-60	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693
III Ποιότητα Τόπου						
Ηλικία 60-70	0,396	0,433	-	-	0,396	0,447
Ηλικία 50-60	0,682	0,738	-	-	0,682	0,758
IV Ποιότητα Τόπου						
Ηλικία 70-80	0,033	0,036	-	-	0,033	0,04
Ηλικία 90-100	0,017	0,019	-	-	0,017	0,021

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε μια χωρική κατανομή των κυριοτέρων δασικών λειτουργιών με βάση τη θέση των υπό μελέτη συστάδων σε ένα ορεινό ανάγλυφο που συνδυάζει πλήθος διαφορετικών εδαφικών και τοπογραφικών χαρακτηριστικών. Αναλύθηκαν οι κυριότερες δασικές λειτουργίες που το δάσος είναι ικανό να προσφέρει σήμερα και που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το διαχειριστικό και δασοκομικό σχεδιασμό. Ουσιαστικά, για το κάθε τμήμα ορίστηκε μια κύρια δασική λειτουργία, με τις υπόλοιπες να λειτουργούν συμπληρωματικά σε ένα πολλαπλό σύστημα διαχείρισης ακολουθώντας το θεωρητικό πλαίσιο που έχει υποστηριχθεί από τον Gregory (1987) και τον Eker (2007). Με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών χαρτογραφήθηκαν με ακρίβεια τόσο οι δασικές λειτουργίες όσο και οι πιθανές επιπτώσεις ανθρωπογενούς επέμβασης στα δασικά τμήματα. Ωστόσο, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε παραπέμπει περισσότερο στην πολυλειτουργικότητα των επί μέρους συστάδων του δάσους μετά από χωρική ανάλυση, παρά στη συμβιβαστική πολλαπλή χρήση του όπως αυτή έχει προσεγγιστεί από τον Proff (2002). Η πληρέστερη προσέγγιση ίσως θα πρέπει να συνδυάζει και τις δύο μεθοδολογίες, σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο σύστημα κατανομής βαρών που εξαρτάται από τη θέση της κάθε συστάδας. Όπως γίνεται φανερό για την πραγματοποίηση ενός τέτοιου εγχειρήματος, παρουσιάζονται πολλές δυσκολίες που στην παρούσα φάση είναι αδύνατο να ξεπεραστούν και οφείλονται στις παρακάτω αιτίες:

- Στην έλλειψη εξισώσεων που να συνδέουν το είδος της μαύρης Πεύκης και συγκεκριμένα την κυκλική επιφάνεια, με διάφορες λειτουργίες του οικοσυστήματος, όπως είναι η παραγωγή και η διατήρηση της ποιότητας του νερού, η αισθητική αξία, ο κίνδυνος διάβρωσης, ο κίνδυνος πυρκαγιάς κτλ. Οι εξισώσεις αυτές είναι διαθέσιμες για ορισμένα είδη όπως η βαρύξυλη Πεύκη (*Pinus ponderosa*), παρέχοντας τη δυνατότητα συνδυασμού τους με βάση το συμβιβαστικό προγραμματισμό (Zeleny 1973).
- Στην πολυπλοκότητα της ανάπτυξης ενός εγκατεστημένου αλγόριθμου σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, που να μεταβάλλει την απόλυτη σημαντικότητα (βάρος) της λειτουργίας της κάθε συστάδας ανάλογα με τη θέση της και να συνδυάζει τις παραπάνω εξισώσεις, εξάγοντας σε κάθε περίπτωση τη συμβιβαστικότερη τιμή της κυκλικής επιφάνειας.

Αμέσως γίνεται φανερό ότι ένα τέτοιο σύστημα λήψης αποφάσεων θα οδηγούσε σε προσδιορισμό της κυκλικής επιφάνειας δίχως όμως να καθορίζει τη δομή της συστάδας που αντιστοιχεί σε αυτή, ώστε να εφαρμοστούν με ακρίβεια οι δασοκομικές επεμβάσεις. Συνεπώς, στην παρούσα έρευνα εφαρμόστηκε η πλέον ρεαλιστική λύση καθώς η προσέγγιση του Proff (2002) είναι κυρίως θεωρητική, παρουσιάζοντας βασικά μειονεκτήματα σε λειτουργίες που έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους όπως είναι η προστασία του εδάφους και η παραγωγή ξυλείας σε έντονο ανάγλυφο.

6.1 Αξιολόγηση των συστάδων

Γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση της δομής των συστάδων είναι η ομήλικη μορφή τους και ο σχετικά μικρός βαθμός μείξης με άλλα, κυρίως πλατύφυλλα είδη. Διακρίθηκαν τέσσερις ποιότητες τόπου και δύο κλάσεις ηλικίας μέσα στην κάθε ποιότητα καλύπτοντας την πλειονότητα των περιπτώσεων. Με βάση την πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση οριοθετήθηκαν οι ποιότητες τόπου και διασταυρώθηκαν με τις δασικές λειτουργίες σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Η κλίση των καμπυλών μεταβολής των υψών σε σχέση με τη σθηθαία διάμετρο δεν ανταποκρίνεται στις ποιότητες τόπου που έχουν αναγνωριστεί. Αυτό οφείλεται στην ομήλικη δομή, στις διαφορετικές κλάσεις ηλικίας, στο διαφορετικό βαθμό μείξης με άλλα είδη, στην πυκνότητα των συστάδων και στις ανθρωπογενείς επεμβάσεις.

Η σημερινή μορφή των συστάδων δεν ανταποκρίνεται στις λειτουργίες με τις οποίες έχουν επιφορτιστεί. Αυτό συμβαίνει για το λόγο ότι η επιθυμητή κηπευτή ή η υποκηπευτή δομή απουσιάζει από το σύνολο των υπό μελέτη συστάδων, όπως γίνεται φανερό από τα κωδωνοειδή διαγράμματα κλάσεων διαμέτρων και το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov. Η ομήλικη δομή και η κυριαρχία της μαύρης Πεύκης σε ζώνη που ευνοεί το είδος της υβριδογενούς Ελάτης οδηγεί στην υπόθεση μιας τεχνητής ή φυσικής καταστροφής που πιθανότατα συνέβη εξαιτίας ιστορικών λόγων (ασταθών εθνικών συνθηκών). Παρόλα αυτά όμως, ο βαθμός λυγρότητας παραμένει σε ικανοποιητικά επίπεδα σχεδόν σε όλες τις συστάδες ενώ η τάση εξέλιξης και η ζωτικότητα κυμαίνονται σε μεσαία επίπεδα.

Πιο συγκεκριμένα, η υπερβολική κάρπωση των παραγωγικότερων συστάδων έχει οδηγήσει σε διάσπαση του ανωρόφου και την εμφάνιση ανεπιθύμητης βλάστησης που αναστέλλει την αναγέννηση. Η ανθρωπογενής επέμβαση άλλωστε φαίνεται και

από τη μικρή πυκνότητα ατόμων/εκτάριο όπως και τη μικρή κυκλική επιφάνεια των συστάδων στην πρώτη ποιότητα τόπου (κλάση ηλικίας 75-85). Η ζωτικότητα είναι πολύ ικανοποιητική όπως επίσης και η ποιότητα του κορμού τους. Αντίθετα, στην ίδια ποιότητα τόπου, σε συστάδες οι οποίες προς το παρόν δεν παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον, η πυκνότητα είναι ιδιαίτερα υψηλή όπως και η κλίση της καμπύλης ύψους-διαμέτρου. Σε αυτές τις συστάδες είναι απαραίτητες οι εξευγενιστικές αραιώσεις για την καλλιέργεια του ξυλαποθέματος κάτι που επιβεβαιώνει και η μεγάλη μέση κυκλική επιφάνεια ($73,6 \text{ m}^2/\text{ha}$). Χαρακτηριστικό αυτών των συστάδων είναι η έλλειψη της συμμετοχής πλατυφύλλων ειδών παρά τις καλές συνθήκες υγρασίας του σταθμού όπως και η έντονη παρουσία του κισσού (*Hedera helix*) που σε πολλές περιπτώσεις δείχνει να μειώνει τη ζωτικότητα των ατόμων.

Στις συστάδες τόσο της δεύτερης όσο και της τρίτης ποιότητας τόπου η πυκνότητα των ατόμων ανά εκτάριο κυμαίνεται σε κανονικά επίπεδα, εκτός από μία κλάση ηλικίας η οποία δεν παρουσιάζει προς το παρόν οικονομικό ενδιαφέρον. Ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση είναι αναγκαία η αραίωση με τη διενέργεια εξευγενιστικών αραιώσεων. Ενθαρρυντικό στοιχείο των συστάδων αυτών αποτελεί η εμφάνιση πλατυφύλλων ειδών, γεγονός που μπορεί να αποδειχθεί κρίσιμης σημασίας όσο αφορά τη βελτίωση των εδαφικών ιδιοτήτων και την εγκατάσταση της επιθυμητής κηπευτής ή υποκηπευτής δομής. Επιπρόσθετα, σε μερικές από αυτές τις συστάδες χαρακτηριστική είναι η δυναμική της Ελάτης καθώς αντικαθιστά με την πάροδο του χρόνου το είδος της μαύρης Πεύκης, καταλαμβάνοντας το χώρο του ανώροφου. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται και στις υπόλοιπες συστάδες με μικρότερη όμως ένταση, ώστε προς το παρόν να αξιολογείται ως μια μικρή συμμετοχή της Ελάτης. Περιοριστικός παράγοντας για την καλλιέργεια αυτών των συστάδων είναι οι μέσες τιμές της ζωτικότητας καθώς και η ποιότητα του κορμού τους, που βρίσκονται σε μη ικανοποιητικά επίπεδα, παρουσιάζοντας αρκετά σφάλματα όπως είναι η διχάλωση και η δικράνωση.

Οι συστάδες της τέταρτης ποιότητας τόπου παρουσιάζουν όπως είναι αναμενόμενο, μη ικανοποιητικά χαρακτηριστικά αύξησης. Η ύπαρξη ανεπαρκών συνθηκών υγρασίας αποτυπώνεται στις μέσες τιμές των υψών και των ποιοτικών χαρακτηριστικών των δέντρων. Τμήμα αυτών των συστάδων έχει περάσει το στάδιο της ωριμότητας φτάνοντας στο στάδιο του πρώιμου γήρατος με αποτέλεσμα την ανάγκη προώθησης της αναγέννησης. Ο ρόλος τους όσο αφορά την προστασία του εδάφους είναι κρίσιμης σημασίας καθώς φύονται σε μεγάλες κλίσεις με νότια και νοτιοανατολική έκθεση. Εντύπωση προκαλεί το γεγονός πως οι συστάδες αυτές συγκρινόμενες με τις συστάδες της πρώτης ποιότητας τόπου παραπλήσιας ηλικίας εμφανίζουν πολύ μεγαλύτερη κυκλική επιφάνεια. Το γεγονός αυτό μπορεί να

αποδοθεί στην υπερεκμετάλλευση των παραγωγικών τμημάτων και συγχρόνως στην εγκατάλειψη της εκμετάλλευσης των συστάδων που εντοπίζονται σε μεγάλες κλίσεις εξαιτίας του υψηλού κόστους υλοτομίας. Συνεπώς, η γενική εικόνα του δάσους φανερώνει αφενός μεν μια υποβάθμιση των παραγωγικότερων τμημάτων, αφετέρου δε συντήρηση των πλέον υποβαθμισμένων συστάδων αφήνοντας πολλά περιθώρια βελτίωσης, δεδομένων των καλών συνθηκών αύξησης των καλών ποιοτήτων τύπου. Ως εκ τούτου, η ως τώρα ανθρωπογενής διαταραχή εξαιτίας της απόληψης βιομάζας κρίνεται ως απόλυτα αντιστρεπτή. Το αντίθετο, δηλαδή η υποβάθμιση των συστάδων της τέταρτης ποιότητας τύπου, θα ήταν δύσκολο έως ακατόρθωτο να αντιστραφεί πλήρως.

Σε όλες τις συστάδες, οι νεκρώσεις των ατόμων κυμάνθηκαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα (1-2%) ενώ σε άτομα Ελάτης κυρίως παρατηρήθηκε, αν και περιορισμένα, η ύπαρξη ιξού (*Viscum album*) καθώς η περιοχή είναι βίοτοπος της δενδρότσιχλας (*Turdus viscivorus*).

6.2 Πολλαπλή χρήση των δασών

Ο Θανάσης (2004) παρουσίασε μία προσέγγιση της πολλαπλής χρήσης των δασών της μαύρης Πεύκης, βασιζόμενος κυρίως στην παραγωγική ικανότητα του κάθε σταθμού αναγνωρίζοντας παράλληλα τη σημασία των χωρικών χαρακτηριστικών της κάθε συστάδας. Ωστόσο, ο τρόπος με τον οποίο συνδυάζονται οι δασικές λειτουργίες μεταξύ τους εξαρτάται από την ένταση και το στόχο των δασοκομικών χειρισμών. Με το σχεδιασμό των δασοκομικών επεμβάσεων και τη δημιουργία συγκεκριμένων μοντέλων επιχειρήθηκε συνδυασμός λειτουργιών, μερικές εκ των οποίων έρχονται σε απευθείας αντίθεση. Η ανάλυση έδειξε ότι η πλέον κατάλληλη δομή είναι η κηπευτή ή εναλλακτικά η υποκηπευτή, ώστε να εκπληρωθούν οι σημαντικότερες δασικές λειτουργίες.

Σύμφωνα με την έρευνα των Thanasis *et al.* (2007) που τμηματικά έχει διεξαχθεί στην ίδια περιοχή, οι συστάδες της μαύρης Πεύκης που προήλθαν από αναδασώσεις έχουν επιτυχώς διατηρήσει την παραγωγικότητα των σταθμών όπου εγκαταστάθηκαν. Το συμπέρασμα αυτό φανερώνει την προστατευτική δράση των συγκεκριμένων συστάδων. Τα προστατευτικά δάση της μαύρης Πεύκης καλύπτουν ένα μεγάλο ποσοστό της δασικής έκτασης, ενώ, όπως είναι αναμενόμενο, εντοπίζονται, κατά κύριο λόγο, στην τρίτη και τέταρτη ποιότητα τύπου (πίνακας 5.23). Στόχος των δασοκομικών επεμβάσεων είναι η καθιέρωση της κατάλληλης δομής ώστε να μειωθεί

ο ρυθμός της εδαφικής απώλειας και η δημιουργία σταθερότερων από οικολογικής άποψης συστάδων. Επιδιώκεται αφενός η διατήρηση του προστατευτικού εδαφικού μανδύα, αφετέρου η προώθηση κέντρων αναγέννησης, διαπιστώσεις που συμφωνούν με την έρευνα των Rey and Berger (2006). Οι δασοκομικές επεμβάσεις στα προστατευτικά δάση προέρχονται από μια μεθοδολογία μετατροπής της ομήλικης δομής σε ανομήλικη που αρχικώς είχε σχεδιαστεί με σκοπό την ποιοτικότερη παραγωγή ξυλείας, κατάλληλα όμως τροποποιημένη. Συνεπώς η όλη διαδικασία, δεν αποκλείει την παραγωγή ξυλείας αλλά την τοποθετεί ως δευτερεύουσα, αφού στηρίζεται σε σειρά διαδοχικών υλοτομικών επεμβάσεων. Επιλέχθηκε η συγκεκριμένη, έναντι άλλων όπως αυτή που περιγράφεται από το Nyland (2003), για το λόγο ότι βασίζεται σε μια σειρά ηπιότερων, χρονικά κατανεμημένων επεμβάσεων μειώνοντας την ένταση της διαταραχής σε αυτά τα ευαίσθητα οικοσυστήματα. Η απόληψη βιομάζας περιορίζεται δραστικά μόνο εκεί που οι δασικές εκτάσεις συνορεύουν με ανθρώπινες εγκαταστάσεις, μειώνοντας τον κίνδυνο φυσικών καταστροφών.

Τα αισθητικά/αναψυχικά δάση έχουν περιοριστεί σε μια πολύ μικρή έκταση που συνδυάζει τα χαρακτηριστικά προσβασιμότητας και καταλληλότητας για τη συγκεκριμένη χρήση. Οι δασοκομικοί χειρισμοί των αισθητικών/αναψυχικών δασών εξασφαλίζουν την εδαφική σταθερότητα αφενός, εξαιτίας της ανυπαρξίας των κλίσεων και των καλών συνθηκών υγρασίας, εξάγοντας καλής ποιότητας ξύλου αφετέρου, με την ένταση των υλοτομιών που έχουν αναλυθεί. Ο βαθμός αραίωσης που υποστηρίζεται από το μοντέλο ίσως είναι ισχυρής εντάσεως, περιορίζεται όμως από τη μικρή έκταση που συγκεντρώνει τα χαρακτηριστικά ενός αισθητικού δάσους. Πιθανό πρόβλημα που μπορεί να προκύψει είναι μια ενδεχόμενη συμπίεση του εδάφους εξαιτίας της παρουσίας επισκεπτών, διαταραχή που μπορεί να μετριαστεί με την καθοδήγηση των επισκεπτών σε συγκεκριμένες κατάλληλα διαμορφωμένες θέσεις και την ομοιομορφότερη διασπορά τους στο χώρο.

Τα παραγωγικά δάση καλύπτουν τη μεγαλύτερη έκταση στην περιοχή έρευνας και εντοπίζονται στην πρώτη και στη δεύτερη ποιότητα τόπου (πίνακας 5.23). Οι υπόσκιες υλοτομίες των παραγωγικών δασών και η αειφορική διαχείρισή τους μπορεί να οδηγήσουν σε ομήλικη κυρίως δομή, προστατεύοντας το έδαφος ενώ παράλληλα κάνουν απλή τη φυσική αναγέννηση. Η διενέργειά τους κατά μικρές επιφάνειες μπορεί να συμβάλλει στη διαμόρφωση υποκηπευτών συστάδων. Οι ομοιόμορφα κατανεμημένες σχετικά μικρής έντασης αραιώσεις, δεν αλλοιώνουν την υφή του τοπίου, ενώ η προώθηση πλατυφύλλων ειδών δημιουργεί την αίσθηση του φυσικού δάσους δίχως εμφανείς ανθρωπογενείς επεμβάσεις. Η καλλιέργεια των συστάδων θα πρέπει να ξεκινά από το στάδιο της νεοφυτείας και να μην επικεντρώνεται μόνο στις

καλύτερες συστάδες, υποβαθμίζοντάς τις, με την απόληψη μεγαλύτερων ποσοτήτων ξυλείας από αυτή που έχει προγραμματιστεί.

Ιδιαίτερη βαρύτητα έχει δοθεί στο ρόλο του δάσους σε σχέση με την υδρονομική λειτουργία η οποία προσδιορίστηκε ποσοτικά. Η αραιώση της δασικής βλάστησης συνεπάγεται αύξηση της παραγωγής του νερού, όπως έχει προσεγγιστεί από τους Karamanolis and Xanthoroulou (2009), αλλά έχει ως άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση της ποιότητάς του. Ο χωρικός διαχωρισμός παρόχθιων δασών και τα προτεινόμενα μοντέλα των συστάδων, ενισχύουν την ποιότητα του νερού καθώς συντηρείται ο επιφανειακός δασικός τάπητας και τα πρηνή των πρωτεύοντων και δευτερευόντων ρευμάτων, όπως άλλωστε υποστηρίζεται και από το Neary (2009). Επιπρόσθετα, διατηρείται η θερμοκρασία τους ενώ μειώνεται η μετακίνηση φερτών υλικών προς αυτά (Davis *et al.* 2001). Οι δασοκομικοί χειρισμοί αυξάνουν την παραγωγή νερού με ρυθμό που αναλύεται στον πίνακα 5.24. Το συμπέρασμα αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τον παραδασόβιο πληθυσμό κατά το μήνα Αύγουστο κυρίως, όταν οι αγροτικές ανάγκες σε νερό παρουσιάζουν κατακόρυφη αύξηση με αποτέλεσμα να ακολουθεί μεγάλη μείωση της στάθμης του κεντρικού ρέματος και ανεπάρκεια υδατικών πόρων. Ωστόσο, όπως έχει ήδη αναφερθεί οι αυξήσεις αυτές της απορροής κρίνονται ως ρεαλιστικές αμέσως μετά την υλοτομία καθώς η εισερχόμενη ποώδης ετήσια βλάστηση αναμένεται να καταναλώσει τμήμα του ύδατος που απορρέει. Οι τιμές του πίνακα 5.24 εμφανίζονται λίγο αυξημένες σε σχέση με τις μέσες τιμές που παρουσιάζονται στο διάγραμμα της εικόνας 2.7 του δευτέρου κεφαλαίου, που όμως αναμένεται να μειωθούν εισάγοντας στο μοντέλο την εισερχόμενη ετήσια ποώδη βλάστηση.

Οι δασοκομικοί χειρισμοί σε καμία περίπτωση δε μείωσαν το δείκτη βιοποικιλότητας Shannon Index, των συστάδων όπως φαίνεται και στον πίνακα 5.25, αλλά παρατηρήθηκε μικρή αύξηση των τιμών του σε πολλές περιπτώσεις. Αυτό συνέβη για το λόγο ότι οι επιλογικές αραιώσεις επικεντρώθηκαν στο κυρίαρχο είδος μειώνοντας τη συμμετοχή του. Ζήτημα ωστόσο αποτελεί η μεταβολή του δείκτη με την πάροδο του χρόνου μετά τις δασοκομικές επεμβάσεις, που εξαρτάται από τη δυναμική της αναγέννησης, την παραγωγικότητα του σταθμού και τον ανταγωνισμό των ειδών. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται ξεχωριστή έρευνα που να προσδιορίζει μια ενδεχόμενη μεταβολή του σε συνάρτηση με το χρόνο. Επιλογικές αραιώσεις της τάξης του 30% έχουν αυξήσει τους δείκτες της βιοποικιλότητας στις διαχειριζόμενες, με αυτό τον τρόπο, συστάδες (Torgas and Saura 2008). Σε κάθε περίπτωση όμως η έκθεση είναι αυτή που επηρεάζει περισσότερο το δείκτη Shannon Index και στη συνέχεια το υψόμετρο, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με την έρευνα των Hashemi and Kafaki (2009). Η διαφορά αυτή ίσως οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο εισαγωγής των παραμέτρων των συστάδων στην εξίσωση υπολογισμού του δείκτη της

βιοποικιλότητας. Η εγκατάσταση κηπευτής ή υποκηπευτής δομής σε συνδυασμό με τη μείξη αναμένεται να αυξήσει και άλλο τη βιοποικιλότητα, αφού ευνοεί την παραμονή ατόμων που βρίσκονται στο στάδιο της ωριμότητας ή ακόμη και του πρώιμου γήρατος και ενισχύει την εισαγωγή ειδών που υποστηρίζουν διαφορετικά είδη της πανίδας. Σε αυτό το συμπέρασμα καταλήγει, μεταξύ άλλων, και η έρευνα των Ganatsas *et al.* (2001), σύμφωνα με την οποία η ύπαρξη ατόμων όλων των ηλικιών σε μία συστάδα προάγει την ποικιλότητα των ειδών. Η βιοποικιλότητα αναμένεται να ευνοηθεί με την παραμονή νεκρού υλοτομημένου ξύλου (Μαλαμίδης 1999, Travaglini *et al.* 2007) κατά μήκος των ισχυρών κλίσεων της τέταρτης ποιότητας τόπου, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο σταθερότερα οικοσυστήματα. Ο δείκτης Shannon Index παρουσιάζει μείωση στα πιο παραγωγικά τμήματα. Οι Ganatsas *et al.* (2001) δεν κατέληξαν σε κάποια σαφή συσχέτιση ανάμεσα στην ποικιλότητα των ειδών και την παραγωγικότητα του σταθμού. Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς υπάρχει μόνο μια αντίθετη τάση συσχέτισης μεταξύ των δύο αυτών παραμέτρων.

Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί πως η επιθυμητή κηπευτή ή υποκηπευτή δομή παρουσιάζει ένα σοβαρό μειονέκτημα στα πλαίσια της πολλαπλής χρήσης των δασών. Το μειονέκτημα επικεντρώνεται στην αύξηση του ενδεχόμενου κινδύνου μιας επικόρυφης πυρκαγιάς καθώς το μειωμένο μέσο ύψος έναρξης κόμης μπορεί με ευκολότερο τρόπο να οδηγήσει στη μεταφορά του πυρός από την επιφάνεια στην κόμη των δέντρων, σύμφωνα με το πλέον αποδεκτό μοντέλο που έχει προταθεί από τον Van Wagner (1977). Η παρατήρηση αυτή αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα στην περίπτωση του είδους της μαύρης Πεύκης το οποίο είναι προσαρμοσμένο μόνο σε πυρκαγιές επιφανείας με το χοντρό φλοιό του, αδυνατώντας να επιβιώσει μετά από πυρκαγιά κόμης καθώς δεν διαθέτει την προσαρμογή της τράπεζας των κώνων των περισσότερων θερμόβιων κωνοφόρων. Ωστόσο, τόσο οι αραιώσεις όσο και η εισαγωγή πλατυφύλλων ειδών, σε συνδυασμό με τη σχεδόν ανύπαρκτη ξηροθερμική περίοδο του ομβροθερμικού διαγράμματος (εικόνα 3.6) περιορίζουν τον κίνδυνο, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την απουσία παρόμοιων περιστατικών που έχουν συμβεί στο πρόσφατο παρελθόν. Η μείωση του κινδύνου έναρξης και εξάπλωσης μιας δασικής πυρκαγιάς θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη χωρική κατανομή των δασικών λειτουργιών, κυρίως όμως στη μεσογειακή ζώνη βλάστησης, η οποία δέχεται και τη μεγαλύτερη πίεση εξαιτίας αυτής της φυσικής καταστροφής.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κυριότερα συμπεράσματα που εξάγονται από την παρούσα εργασία συνοψίζονται στα παρακάτω σημεία:

1. Με βάση τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών έγινε η κατανομή των κυριότερων δασικών λειτουργιών, στα πλαίσια της σύγχρονης θεώρησης ενός πολυλειτουργικού δάσους. Οι δασικές λειτουργίες διαχωρίστηκαν σε τρεις κύριες, την προστατευτική, την αισθητική/αναψυχική και την παραγωγική. Δύο ακόμη λειτουργίες, η υδρονομική και η διατήρηση της βιοποικιλότητας ερευνήθηκαν κατά παράλληλο τρόπο σε σχέση με τις προηγούμενες. Η ανάλυση και η χωρική απεικόνιση των δασικών λειτουργιών μπορεί να αποτελέσει τη βάση του διαχειριστικού σκοπού και κατά συνέπεια του δασοκομικού σχεδιασμού. Αποτελεί ίσως το σημαντικότερο αποτέλεσμα της παρούσας μελέτης καθώς αποδίδονται σε σύστημα συντεταγμένων τα όρια της κάθε λειτουργίας.
2. Η δομή των δασών της μαύρης Πεύκης του Νοτιοανατολικού Ολύμπου δεν ανταποκρίνεται στις σύγχρονες κοινωνικές απαιτήσεις και ως εκ τούτου είναι αναγκαία η αναθεώρηση της υπάρχουσας διαχείρισης. Στο νέο διαχειριστικό σχέδιο θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλες οι λειτουργίες που το δάσος είναι ικανό να προσφέρει σήμερα.
3. Η μέχρι τώρα διαχείριση των δασών του Νοτιοανατολικού Ολύμπου έχει οδηγήσει σε υπερκαρπώσεις τα παραγωγικά τμήματα και σε εγκατάλειψη τα λιγότερο παραγωγικά, με απόλυτα οικονομικά κριτήρια. Ωστόσο, η διαταραχή που προκλήθηκε κρίνεται ως απόλυτα αντιστρεπτή.
4. Ο διαχωρισμός και η κατανομή των δασικών λειτουργιών αποτελεί μια δυναμική κατάσταση, σε εξάρτηση από κοινωνικές, οικονομικές και οικολογικές παραμέτρους. Οι δασικές λειτουργίες θα πρέπει να εναρμονίζονται συνεχώς με την οικιστική ανάπτυξη, την κλιματική αλλαγή και γενικά με τις αλλαγές της χρήσης της γης.
5. Τα προστατευτικά δάση καταλαμβάνουν και παραγωγικά δασικά τμήματα, σε μικρή όμως έκταση. Παράλληλα, συστάδες που μπορούν να εκπληρώσουν την παραγωγή εμπορεύσιμου όγκου ξυλείας εντοπίζονται ακόμη και στις κατώτερες ποιότητες τόπου.

6. Οι υπόσκιες επιλογικές υλοτομίες κατά μικρές επιφάνειες είναι ο πλέον κατάλληλος δασοκομικός χειρισμός των παραγωγικότερων δασικών τμημάτων της περιοχής. Αυτές θα πρέπει να προσαρμόζονται στις τοπικές συνθήκες κατά μικρές επιφάνειες και να οδηγούν, στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό, στη μετατροπή των συστάδων σε ανομήλικες.
7. Η ομήλικη μορφή των συστάδων προτείνεται παροδικά μόνο για τα παραγωγικά δάση, τα οποία θα πρέπει να μετατραπούν σταδιακά σε ανομήλικα και μεικτά.
8. Η κηπευτή ή εναλλακτικά η υποκηπευτή δομή ανταποκρίνεται πληρέστερα στο τυπικό μοντέλο του προστατευτικού δάσους, για τον περιορισμό της εδαφικής απώλειας. Παράλληλα, κρίνεται ως η πλέον κατάλληλη για την προστασία των παρόχθιων τμημάτων του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής.
9. Η μείξη των δασοπονικών ειδών δημιουργεί την καταλληλότερη μορφή δάσους που ανταποκρίνεται σε όλες σχεδόν τις δασικές λειτουργίες.
10. Η αραίωση ίδιας εντάσεως μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες αποκλίσεις ως προς τη λειτουργία της παραγωγής του νερού με στόχο τον εμπλουτισμό των υδροφόρων οριζόντων και την εκπλήρωση αρδευτικών αναγκών. Στη περιοχή έρευνας η απόκλιση πλησίασε τα 38,17 mm για αραίωση έντασης 20% της κυκλικής επιφάνειας των δέντρων.
11. Η εφαρμογή συγκεκριμένων δασοκομικών χειρισμών μπορεί να ευνοήσει τους δείκτες της βιοποικιλότητας ενός δασικού οικοσυστήματος, δίχως αυτό να αποτελεί πρωτεύοντα στόχο. Η παράλληλη εκτίμηση των επιπτώσεων τέτοιων επεμβάσεων σε παρόμοιους δείκτες που προσδιορίζουν την βιοποικιλότητα, θα πρέπει συνεχώς να λαμβάνεται υπόψη. Ωστόσο, ζήτημα αποτελεί η μακροχρόνια επίδρασή τους στη διατήρηση και την εξέλιξη των συγκεκριμένων δεικτών.
12. Ο συνδυασμός λειτουργιών που έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους και η συγχώνευση πιθανών ασυμβατοτήτων έγκειται στο λεπτομερή σχεδιασμό των δασοκομικών επεμβάσεων με στόχο προοδευτικές αλλαγές και τη δημιουργία επιθυμητού ενδοδασικού κλίματος. Οι δασοκομικές επεμβάσεις είναι το άμεσο αποτέλεσμα του διαχειριστικού σκοπού (εργαλείο επίτευξής του).
13. Σε κάθε δασικό τμήμα αποδίδεται πάντα μια κύρια λειτουργία ενώ εξετάζονται με παράλληλο τρόπο οι υπόλοιπες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, είτε μέσω της

κατανομής βαρών, είτε μέσω της εξέτασης των επιμέρους χαρακτηριστικών των συστάδων.

14. Τα δάση της μαύρης Πεύκης ενδείκνυνται για τη δασοπονία πολλαπλών σκοπών. Οι επιλογές μείξης, μορφής και δομής των συστάδων σε συνδυασμό με το έντονο τοπογραφικό ανάγλυφο συνθέτουν ένα πλαίσιο πολλαπλών επιλογών των διαφόρων δασικών λειτουργιών και της οικολογικής ισορροπίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αθανασιάδης, Ν. 1986α. Δασική Βοτανική. Μέρος ΙΙ. Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη. σελ.309.
- Αθανασιάδης, Ν. 1986β. Δασική Φυτοκοινωνιολογία. Γιαχούδη-Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη. σελ.119.
- Anderson, D.H., Freimund, W.A. and Pitt, D.G. 1992. Developing a recreation resource inventory model (RRIM) for forest planning and management. In: T. Sievten (Editor), Nordic Outdoor Recreation, International Comparative Studies. Proceedings of the Workshop held in Siuntio, Finland, 9-10 September 1992. Res. Notes 439, The Finnish Forest Research Institute, pp. 72-88.
- Απατσίδης, Λ. 1977. Φυσική αναγέννηση μαύρης Πεύκης. Αναζήτηση κατάλληλων μεθόδων αναγέννησης σε σχέση με τις σταθμολογικές – οικολογικές συνθήκες. Διδακτορική Διατριβή. Γεωπονική και Δασολογική Σχολή. Αθήνα. Σελ. 99.
- Απατσίδης, Λ. 1985. Συστήματα ποιοτήτων και δεικτών ποιότητας τόπου για τη μαύρη Πεύκη μας. Δασική Έρευνα VI (1):5 – 20. Ι.Δ.Ε. Αθήνα.
- Απατσίδης, Λ. 1990. Ανακατάρτιση των δεκαμερών συστημάτων ογκομετρικών και προσαυξητικών πινάκων της Ελάτης και μαύρης Πεύκης και των συστημάτων ποιοτήτων τόπου αυτών και της οξιάς μας. Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Δασοπονία και Περιφερειακή Ανάπτυξη», Καρπενήσι, 7-9 Νοεμβρίου 1990. Σελ.309-339.
- Αστέρης, Κ. 1976. Δασική Βιομετρία. Θεσσαλονίκη.
- Barberó, M., Loisel, R., Quésel, P., Richardson, D.M. and Romane, F. 1998. Pines of the Mediterranean Basin. In: D.M. Richardson, ed. Ecology and biogeography of Pinus, p. 153-170. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Barrick, W. E., Flore, J. A. and Davidson, H. 1979. Deicing salt spray injury in selected *Pinus spp.* *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104:617-622.
- Baskent, E., Terzioğlu, S. and Başkaya, Ş. 2008. Developing and implementing multiple use forest management in Turkey. *Environmental Management* 42:37-48.
- Baskent, E. and Keleş, S. 2009. Developing Alternative Forest Management Planning Strategies Incorporating Timber, Water and Carbon Values: An Examination of their Interactions. *Environ. Model. Assess.* 14:467–480.

- Bengtsson, J., Nilsson, S.G., Franc, A. and Menozzi, P. 2000. Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology and Management* 132:39-50.
- Benson, R. E. and Ullrich, J.R. 1981. Visual impacts of forest management activities: Findings on public preferences. Research Paper INT-262. Ogden, UT: U.S.D.A Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 14 p.
- Bents, D. E. 1974. Attraktivität von Erholungslandschaften. Diss., Forstwiss. Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.
- Βέργος, 1990. Εφαρμοσμένη Δασοκομική. Διδακτικές σημειώσεις. ΤΕΙ Λαρίσας.
- Βέργος, Στ., Ξύστρας, Δ., Χουλιάρης, Ν. και Τάντος, Β. 1992. Έρευνα των αιτιών έλλειψης φυσικής αναγέννησης σε συστάδες μαύρης Πεύκης περιοχής Αβδέλλας του δασικού συμπλέγματος Αβδέλλας Περιβολίου Γρεβενών. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα* 4:5-20.
- Βέργος, Σ. και Ξύστρας Δ. 1994. Συσχέτιση του εύρους των διανοιγομένων σε δάση μαύρης Πεύκης διακένων με την ποσότητα – ποιότητα των διασκορπιζομένων σπόρων, αλλά και την ύπαρξη εξασφάλιση βιώσιμης φυσικής αναγέννησης. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου. Χανιά, 1994. Σελ.240-251.
- Berger, F. 1996. Mapping of the protective functions of the mountain's forest. *Interpraevent Congress 1996 Garmisch-Partenkirchen Vol. 4: pp. 171-180.*
- Berger, F., Quételet, C. and Dorren, L.K.A. 2002. Forest: a natural protection mean against rockfall, but with which efficiency? The objectives and methodology of the ROCKFOR project. In: *Proceedings of the International Conference on Congress Interpraevent 2002 in the Pacific Rim, Matsumoto/Japan*, pp. 815–826.
- Berger, F. and Rey, F. 2004. Mountain Protection Forests against Natural Hazards and Risks: New French Developments by Integrating Forests in Risk Zoning. *Natural Hazards* 33: 395-404.
- Berger, F. and Dorren, L. 2006. Rockfor^{NET}: A New Efficient Tool for Quantifying the Residual Rockfall Hazard of a Forested Slope. In: Marui, H. et al. (Eds), *Disaster mitigation of debris flows, slope failures and landslides*, Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan: pp. 229-235.
- Bosch, J.M. and Hewlett, J.D. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* 55:3-23.
- Botkin, D. B. and Talbot, L.M. 1992. Biological diversity and forests. In: *Managing the world's forests*, edited by Sharma N P, pp. 47-74 Kendall / Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Brändly, U. and Herold, A. 2001. Protection against Natural Hazards. In: Brassel, P. and Lischke, H. (eds). *Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of*

- the Second Assessment. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. 231-253pp.
- Brown, T.C., Richards, M.T., Daniel, T.C. and King, D.A. 1990. Scenic beauty and recreation value: assessing the relationship. In: J. Vining (Editor), *Social Science and Natural Resource Management*. Westview Press, Boulder, CO, pp. 281-299.
- Buhyoff, G. J., Hull, R. B., Lien, J. N. and Cordell, H. K. 1986. Prediction of scenic quality for southern pine stands. *Forest Science* 32(3): 769-778.
- Bunnell, F.L. 1998. Overcoming paralysis by complexity when establishing operational goals for biodiversity. *J. Sust. For.* 7:145-164.
- Bunnell, F. L. and Huggard, D.J. 1999. Biodiversity across spatial and temporal scales: problems and opportunities. *Forest Ecology and Management* 115:113-126
- Burschel, P. and Huss, J. 1987. *Grundriss des Waldbaus*. Paul-Parey Verlag, Hamburg und Berlin. S. 352.
- Caborn, J. M. 1965. *Shelterbelts and windbreaks*. Faber and Faber, Ltd., London. 288 p.
- Caput, C., Belot, Y., Auclair, D. and Decourt, N. 1978. Absorption of sulphur dioxide by pine needles leading to acute injury. *Environmental Pollution* 16:3-15.
- Cattiau, V., Marie, E. and Renaud, J.P. 1995. Forêt et protection contre les chutes de rochers. *Ingénieries Cemagref Eau-Agriculture-Territoire* 3:45-54.
- Chauvin, C., Renaud, J.P. and Rupé, C. 1994. Stabilité et gestion des forêts de protection. *ONF Bull. Techn.* 27:37-52.
- Γκανάτσας, Π. 1993. Δομή και Φυσική Αναγέννηση των Δασών της Ερυθρελάτης στην Ελατιά Δράμας. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 206 σελ.
- Γκανάτσας, Π. 2010. Δασοκομικά χαρακτηριστικά των οικοσυστημάτων Μαύρης Πεύκης και αποκατάσταση των καμένων συστάδων. Σελ. 65-73. Σε: Κακούρος, Π. και Χρυσοπολίτου, Β. (συντονιστές έκδοσης).2010. Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση των δασών μαύρης Πεύκης. Πρακτικά συνεδρίου, Σπάρτη 15&16 Οκτωβρίου 2009. Φορέας διαχείρισης όρους Πάρνωνια και Υγρότοπου Μουστού. Άστρος. 160σελ.
- Γκατζογιάννης, Σ. 1987. Ένα σύστημα διαχείρισης για τα δάση αναφυχής. *Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος*. ΤΟΜΟΣ Α:201-275.
- Γκατζογιάννης, Σ. 1988. Πολλαπλή χρήση και διαχείριση δασών. Πρακτικά Δ' Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία. Λάρισα, 5-7 Οκτωβρίου 1988.
- Γούλας, Κ. 1994. Οι λιθοκατακρημνίσεις στο Πανεπιστημιακό Δάσος Περτουλίου-Τρικάλων. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα* 3:16-26.

- Clark, R. and Stankey, G. 1979. The recreation opportunity spectrum: a framework for planning, management, and research. USDA Forest Service.
- Coblentz, D.D. and Riitters, K.H. 2004. Topographic controls on the regional-scale biodiversity of the south-western USA. *Journal of Biogeography* 31:1125–1138.
- Cole, D. 1993. Minimizing conflict between recreation and nature conservation. In: Smith, D.S., Hellmund, P.C., eds. Ecology of greenways. Minneapolis: Minnesota Press: 105-122.
- Corona, P., Scotti, R. and Tarchiani, N. 1998. Relationship between environmental factors and site index in Douglas-fir plantations in central Italy. *Forest Ecology and Management* 110:195-207.
- Countinho, M.A. and Antunes, C.R. 2006. Management of forest soils considering water erosion as a control factor. In: William G. Kepner, Jose L. Rubio, David A. Monat and Fausto Pedrazzini (eds). Desertification in the Mediterranean Region : a Security Issue, 509-523.
- Couvreur, S. 1982. Les forêts de protection contre les risques naturels. École Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts (ENGREF). 89 p.
- Critchfield, W. B. and Little, E. L. Jr. 1966. Geographic distribution of the pines of the world. U.S. Department of Agriculture, Miscellaneous Publication 991. Washington, DC. 97 p.
- Croitoru, L. 2000. Valuing forest public goods and externalities: an application to Mediterranean forests. In: Merlo, M. and Croitoru, L. (eds), Valuing Mediterranean forests. Towards Total Economic Value. CABI Publishing (in press).
- Dai, L., Shao, G.F. and Xiao B. 2003. Ecological classification for mountain forest stability in northeast China. *The Forestry Chronicle* 79:233-236
- Dallimore, W. and Jackson, A. B. 1966. A handbook of Coniferae and Ginkgoaceae. 4th ed., revised by S. G. Harrison. Edward Arnold, Ltd., London. 729 p.
- Δασκαλάκου, Ε.Ν., Καρέτσος, Γ., Τσαγκάρη, Κ, Βασιλόπουλος, Γ. και Μπαλούτσος, Γ. 2008. Προκαταρτικά αποτελέσματα της εκτίμησης του νεκρού ξύλου ως δείκτη βιοποικιλότητας σε τέσσερα αντιπροσωπευτικά δασικά οικοσυστήματα της Ελλάδας. *Δασική Έρευνα* 21:15-28.
- Davis, L.S., K.N. Johnson, P. Bettinger, and Howard, T.E. 2001. Forest Management. Waveland Press, Long Grove, IL. 804 p.
- Delong, J. D.C. 1996. Defining biodiversity. *Wildl. Soc. Bull.* 24:738-749.
- Dieterich, V. 1953. Forstwirtschaftspolitik. In: Eine Einführung. Parey, Hamburg.
- Dissmeyer, G. and Foster, G. 1981. Estimating the cover management factor (C) in the universal soil loss equation for forest conditions. *Journal of Soil and Water Conservation* 36:235-240.

- Dorren, L.K.A. 2003. A review of rockfall mechanics and modelling approaches. *Prog. Phys. Geog.* 27: 69-87.
- Dorren, L.K.A., Berger, F., Imerson, A.C., Maier, B. and Rey, F. 2004. Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. *Forest Ecology Management* 195: 165-176.
- Driver, B.L., Brown, P.J., Stankey, G.H. and Gregoire, T.G. 1987. The ROS planning system: Evolution, basic concepts, and research needed. *Leisure Sci.* 9(3): 201-212.
- Duffield, B.S. and Coppock, J.T. 1975. The delineation of recreational landscapes: the role of a computer based information system. *Trans. Inst. Brit. Geog.* 66:141 - 148.
- ECOMAP. 1993. National hierarchical framework of Ecological Units. Washington, D.C.:ECOMAP, USDA Forest Service, 28p.
- Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη Εθνικού Δρυμού Ολύμπου. 2003. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Δ/νση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Τμήμα Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος. Αθήνα. Δεκέμβριος 2003.
- Eker, O. 2007. An economic analysis of multiple use of forests: Belgrade forest example. *Journal of Applied Sciences Research* 3:1472-1475.
- Fabbio, G., Merlo, M. and Tosi, V. 2003. Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forests in Europe-the Mediterranean region. *Forest Ecology and Management* 67:67-76.
- Federer, C.A. and Lash, D. 1978. BROOK: A hydrologic simulation model for eastern forested. Water Resources Research Center, University of New Hampshire, Durham, NH. Research Report 19. 84p.
- Flokas, A.A., Giles, B.D. and Angouridakis, V.E. 1983. On the estimation of annual and monthly mean values of air temperature over Greece using stepwise multiple regression analysis. *Archives for Meteorology Geophysics, and Bioclimatology* 32:287-295.
- Franklin, J.F. 1993. Preserving biodiversity: Species, ecosystems, or landscapes? *Ecol. Applications* 3:202-205.
- Franklin, J.F. 1988. Structural and functional diversity in temperate forests. In: Wilson, E.O. (Ed.), Biodiversity, National Academy Press, Washington, DC, pp. 166-75.
- Freeland, R. O. 1944. Apparent photosynthesis in some conifers during the winter. *Plant Physiology* 19:179-185.
- Frehner, M., Wasser, B. and Schwitter, R. 2005. Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

- Führer, E. 1990. Forest decline in central Europe: additional aspects of its cause. *Forest Ecology Management* 37: 249-257.
- Führer, E. 2000. Forest functions, ecosystem stability and management. *Forest Ecology Management* 132: 29-38.
- Fukarek, P. 1958. Die Standortstrassen der Schwarzföhre (*Pinus nigra* Arn.). *Centralblatt fuer das gesamte Forstwesen* 75:203-207.
- Fu, P. and Rich, P.M. 2002. A geometric solar radiation model with applications in agriculture and forestry. *Computers and Electronics in Agriculture* 37:25-35.
- Ganatsas, P., Tsitsoni, T. and Zagas, T. 2001. Forest plant diversity in the aspropotamos site (GR1440001) of Natura 2000 network. In: Ph. Tsalides, V.A. Tsihrintzis and K. Mountzouridis (eds) Proc. of Int. Conf. "Ecological of the Planet Earth I" Xanthi, Greece, 2001 Vol. 1:399-407.
- Galatsidas, S. 2001. Development of an inventory system for non-timber functions of forests in the frame of management inventories: the case of Greece. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i. Brsg. 141 pp.
- Gill, F.B. 1995. Ornithology, 2nd edn., W.H. Freeman, New York.
- Glatzel, G. 1991. The impact of historic landuse and modern forestry on nutrient relations of central European forest ecosystems. *Fert. Res.* 27:1-8.
- Goor, A. Y. and Barney, C. W. 1976. Forest tree planting in and zones. Arnold Press, New York. 504 p.
- Green Paper 2010. On Forest Protection and Information in the EU: Preparing forests for climate change. EUROPEAN COMMISSION. 22p. [Available at: http://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/green_paper.pdf]
- Gregory, G. 1987. Resource economics for foresters. John Wiley and Sons, Inc. USA.
- Gundermann, E. 1972. Untersuchungen zur Erfassung, Wertung und Ordnung der Erholungsfunktion von Waldbeständen im Bayerischen Hochgebirge. Forsch.ber. der Forstlichen Forschungsanstalt München:195.
- Hamilton, L. 1992. The Protective Role of Mountain Forests. *GeoJournal* 27(1):13-22.
- Hamilton, L.S. and King, P.N. 1983. Tropical Forested Watersheds: Hydrologic and Water Response to Major Uses or Conversions. Boulder, Colorado: Westview Press Inc., pp.123-131.
- Hanewinkel, M. and Pretzsch, H. 2000. Modelling the conversion from even-aged to uneven-aged stands of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) with a distance-dependent growth simulator. *Forest Ecology and Management* 134:55-70.
- Hansen, A.J. and Rotella, J.R. 1999. Abiotic factors and biodiversity. Maintaining biodiversity in forest ecosystems (ed. By M. Hunter), p. 714. Cambridge University Press, Cambridge.

- Hanstein, U. 1972. Die Sozialfunktionen des Waldes und die geltenden Vorschriften für ihre Erfassung. *Allg. Forstz.* 27.
- Hashemi, S.A. and Kafaki, S.B. 2009. Evaluation biodiversity in relation to physiographical factors in mountain forest in Iran. *WSEAS TRANSACTIONS on ENVIRONMENT and DEVELOPMENT* 12(5):738-748.
- Heinimann, H.R. and Stampfer, K. 2003. Harvest layout planning for high altitude protection forests. In: Proceedings of the Austro2003 meeting: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain. CD ROM. Limbeck-Lilienau, Steinmüller and Stampfer (editors). October 5-9, 2003, Schlägl – Austria. 13 p.
- Heit, C. E. 1958. The effect of light and temperature on germination of certain hard pines and suggested methods for laboratory testing. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts* 48:111-117.
- Hétu, B. and Gray, J.T. 2000. Effects of environmental change on scree slope development throughout the postglacial period in the Chic-Choc Mountains in the northern Gaspé Peninsula, Québec. *Geomorphology* 32: 335–355.
- Hewlett, J. D. 1982. Principles of Forest Hydrology. The University of Georgia Press, Athens.
- Hibbert, A.R. 1967. Forest treatment effects on water yield. In: Forest Hydrology, W.E. Sopper and H.W. Lull (ed.), Proc. National Science Foundation Advanced Science Seminar, Inter. Symp. For. Hydrol, Pergamon Press, Oxford, 527-543.
- Hoffman, R.E. and Palmer, J.F.1996. Silviculture and Forest Aesthetics Within Stands. SUNY Coll. Environ. Sci. and For. NY Cent. For. Res. and Develop. Publ. No. 2.
- Holmes, J. W. and Watson, C. L. 1967. The water budget of irrigated pasture land near Murray Bridge, South Australia. *Agr. Met.* 4:177-188.
- Hornbeck, J. W., Corbett, E. S., Duffy, P. D. and Lynch, J. W. 1984. Forest hydrology and watershed management. Pages 637-677. In: K. F. Wenger, editor. Forestry handbook. John Wiley & Sons, New York, New York, USA.
- Hunt, L.M., Kushneriuk, R. and Lester, N. 2007. Linking agent-based and choice models to study outdoor recreation behaviours: a case of the Landscape Fisheries Model in northern Ontario, Canada. *For. Snow Landsc. Res.* 81 (1/2): 163–174.
- Hurni, H. 1988. Degradation and conservation of the resources in the Ethiopian Highlands. *Mountain Research and Development* 8(2/3):123-130.
- Θανάσης, Γ. 2004. Έρευνα των αναδασώσεων μαύρης Πεύκης στην περιοχή του Ολύμπου. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη. 171σελ.
- Θανάσης, Γ. και Ζάγκας, Θ. 2003. Έρευνα της δυνατότητας αποκατάστασης καμένων εκτάσεων με σπορά και φύτευση δασοπονικών ειδών στην περιοχή του Δυτικού

- Ολύμπου. Πρακτικά του 11^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Δασική Πολιτική-Πρεμνοφυή Δάση-Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος», Ελληνική Δασολογική Εταιρεία. Ολυμπία 30 Σεπτεμβρίου-3 Οκτωβρίου 2003. Σελ. 103-115.
- ΓΓΜΕ. 1981. Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδος 1:50000. Φύλλο Γόννοι. Αθήνα.
- Isajev, V., Fady, B., Semerci, H. and Andonovski, V. 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European black pine (*Pinus nigra*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 pages.
- Jarvis, P.G., James, G.B. and Landsberg, J.J. 1976. Coniferous forest. In: Vegetation and the atmosphere, Monteith, J.L. (ed.), 439pp, Academic Press, London, 171-240.
- Κακούρος, Π. και Ντάφης, Σ. 2009. Κατευθύνσεις για μια δομημένη προσέγγιση για την αποκατάσταση δασών μαύρης Πεύκης μετά από πυρκαγιές. Πρώτη Έκδοση. Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων. Θέρμη. 88σελ.
- Karagiannis, K. and Stefanidis, P. 1994. Walderschliessung und Rutschungsphänomene. In: Hans Rudolf Heinimann (Hrsg.). Beiträge zur forstlichen Verfahrenstechnik. Tagungsbericht über das 28 Internationale Symposium 'Mechanisierung der Waldarbeit' vom 28.8-2.9.1994 in Langnau i.E., Schweiz. 174-199 pp.
- Karahalil, U., Keleş, S., Baskent, E.Z. and Köse, S. 2009. Integrating soil conservation, water production and timber production values in forest management planning using linear programming. *African Journal of Agricultural Research* 4 (11):1241-1250.
- Καραμανώλης, Δ. και Bernasconi, A. 1998. Από την αειφορία της ξυλοπαραγωγής στην αειφορία των πολλαπλών αποδόσεων. Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου "Προβλήματα της Δασοπονίας", Ελληνική Δασολογική Εταιρεία. Σελ. 457-466.
- Karamanolis, D. and Xanthopoulou, A. 2009. Evaluation and mapping of forest ecosystem for wood and water production, using the analytical hierarchy process. Under publication in: Proceedings of the 14th Hellenic Forest Association. Patra, 1-4 November, 2009. [In Greek].
- Kassioumis, K., Chatziphilippidis, G., Trakolis, D. and Vergos, S. 1999. Country Report for the COST Action E4. In: J. Parviainen, D. Little, M. Doyle, A. O'Sullivan, M. Kettunen, M. Kerhonen (Editors), Research in Forest Reserves and Natural Forests in European Countries – Country Reports for the COST Action E4: Forest Reserves Research Network. Proceedings No. 16. European Forest Institute (EFI), Joensuu, Finland, pp. 119 – 132.
- Κατσαβούνη, Σ. και Παπαδήμος, Δ. 2006. Διερεύνηση της αποκατάστασης μιας ακόμη λίμνης στη Θεσσαλία. *Αμφίβιον* 64:10-12.

- Κατσαρός, Λ. 1991. Η σημασία του *Ilex aquifolium* από δασοπολιτική, οικολογική και δασοβοτανική σκοπιά. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 96σελ.
- Kellomäki, S. 1975. Forest stand preferences of recreationists. *Acta Forestalia Fennica* 146: 1-36.
- Kiemstedt, H. 1967. Zur Bewertung von Landschaft für die Erholung. Beiträge zur Landespflege, Sonderheft 1, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 151 S.
- Kliskey, A. 2000. Recreation terrain suitability mapping a spatially explicit methodology for determining recreation potential for resource use assessment. *Landscape and Urban Planning* 52:33-43
- Κουτσόπουλος, Κ. 2005. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου. Εκδόσεις Παπασωτηρίου. Αθήνα. Σελ 401.
- Komatsu, H., Hashimoto, S., Kume, T., Yoshifuji, N., Hotta, N. and Suzuki, M. 2007. Seasonal changes in the net radiation/solar radiation ratio above a *Cryptomeria japonica* plantation forest. *Bull. Tokyo Univ. For.* 117:11-19.
- Kräuchi, N., Brang, P. and Schönenberger, W. 2000. Forest of mountainous regions: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology Management* 132: 73-82.
- Krugman, S. L. and Jenkinson, J. L. 1974. *Pinus* L. pine. In: Seeds of the woody plants in the United States. p. 598-638. C. S. Schopmeyer, tech. coord. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 450. Washington, DC. 883 p.
- Κωτούλας, Δ. 1995. Μαθήματα Δασικής Υδρολογίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.
- Κωτούλας, Δ. 2001. Ορεινή Υδρονομική Ι. Τα ρέοντα ύδατα. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Έκδοση: Τμήμα Εκδόσεων ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.
- Lafortune, M., Fillion, L. and Héту, B., 1997. Dynamique d'un front forestier sur un talus d'éboulis actif en climat tempéré froid (Gaspésie, Québec). *Geogr. Phys. Quat.* 51 (1): 1-15.
- Larsson, T.B. (Ed.) 2001. Biodiversity evaluation tools for European forests. Ecological Bulletins, Vol. 50, p. 237.
- Leibundgut, H. 1959. Über waldbauliche Grundlagenforschung-Allg. Forst-u. jagdztg. 138.
- Leibundgut, H. 1986. Unsere Gebirgswälder. Paul Haupt Verlag, Bern, Stuttgart.
- Levinsohn, A., Langford, G., Rayner, M., Rintoul, J. and Eccles, R. 1987. A micro-computer based GIS for assessing recreation suitability. In: Proceedings of GIS 87, American Society for Photogrametry and Remote Sensing, Falls Church, Virginia, pp. 739-747.
- Lindenmayer, D.B. 1999. Future directions for biodiversity conservation in managed forests: indicator species, impact studies and monitoring programs. *Forest Ecology and Management* 115:277-287.

- Lindenmayer, D.B., Margules, C.R. and Botkin, D.B. 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation Biology* 14: 941–950.
- Linsley, R., Kohler, M. and Paulhus, J. 1982: Hydrology for Engineers, 3rd ed. McGraw Hill.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Μαλαμίδης, Γ. 1998. Διαχείριση των δασών για τη βιοποικιλότητα. Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Αλεξανδρούπολη, 6-8 Απριλίου. Σελ. 483-496.
- Μάτης, Κ. 1989. Δασική Βιομετρία II. Δενδρομετρία. Εκδόσεις Γ. Δεδούση. Θεσσαλονίκη. Σελ. 458.
- Μαυρομμάτης, Γ. 1980. Το βιοκλίμα της Ελλάδας, Σχέσεις κλίματος και φυσικής βλαστήσεως, Βιοκλιματικοί χάρτες. Δασική Έρευνα. Τόμος 1. Παράρτημα. Αθήνα.
- Mayer, H. 1976. Gebirgswaldbau Schutzwaldpflege. V. Fischer, Stuttgart.
- McGaughey, P. J. 1997. Visualizing forest stand dynamics using the stand visualization system. In: Proceedings of the 1997 ACSM/ASPRS Annual Convention and Exposition; April 7-10, 1997; Seattle, WA. Bethesda, MD: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. 4:248-257.
- McGaughey, P. J. 2004. Stand Visualization System, Version 3.3. USDA Forest Service. Pacific Northwest Research Station. 141 p.
- McCuen, R.H. and Asmussen, L.E. 1976. The Variability of the Net Radiation Ratio. *Nordic Hydrology* 7:135-144.
- Meliadis, Y., Tsitsoni, T. and Zagas, T. 2009. Greek Country Report. In: Tomppo, E., Gschwantner, Th. (eds). National Forest Inventories: Pathways for Common Reporting. Managing Forest Ecosystems. Springer. Dordrecht (Under Publication)
- M’Hirit, O. 1999. Mediterranean forest: ecological space and economic and community wealth. *Unasylva* 197: 3–15.
- Miller, D.R., Aspinall, R.J. and Morrice, J.G. 1992. Recreation potential and management in the Cairngorm Mountains: Use of GIS for analysis of landscape in an area of high scenic value., *Association of Geographic Information Yearbook*, pp84-94.
- Miron, N. T. 1967. The genus *Pinus*. Arnold Press, New York 602 p.
- Μπαλούτσος, Γ. 1993. Διαχείριση της φυσικής ορεινής βλάστησης για αύξηση της παραγωγής νερού. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα* 4:51-61.
- Μπαλούτσος, Γ., Μιχόπουλος, Π., Μπουρλέτσικας, Αθ. και Καούκης, Κ. 2005. Διερεύνηση των σχέσεων δάσους και νερού με βάση το υδρολογικό ισοζύγιο μίας δασωμένης λεκάνης απορροής. Πρακτικά του 12^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου

- «Δάσος και Νερό-Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος» Ελληνική Δασολογική Εταιρεία. Δράμα, 1-3 Οκτωβρίου 2005. Σελ 69-80.
- Motta, R. and Haudemand, J.C. 2000. Protective Forests and Silvicultural Stability: An Example of Planning in the Aosta Valley. *Mt. Res. Dev.* 20, 2:180-187.
- Μουλόπουλος, Χ. 1967. Μαθήματα Ειδικής Εφαρμοσμένης Δασοκομικής. Θεσσαλονίκη.
- Μπασιώτης, Κ. 1972. Μαθήματα Ειδικής Εφαρμοσμένης Δασοκομικής. Θεσσαλονίκη.
- Μουντράκης 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press. Θεσσαλονίκη. 207σελ.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. and Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.
- Μωϋσιάδης, Κ. 2009. Η επίδραση του βαθμού αραιώσεων σε οικολογικές παραμέτρους του κύκλου του νερού σε συστάδα πλατυφύλλου δρυός (*Quercus frainetto* Ten.) στο Χολομώντα Χαλκιδικής. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 325σελ.
- Neary, D.G., Ice, G.G. and Jackson, C. R. 2009. Linkages between forest soils and water quality and quantity. *Forest Ecology and Management* 258: 2269-2281.
- Nekhay, O., Arriaza, M. and Boerboom, L. 2009. Evaluation of soil risk using Analytic Network Process and GIS: A case study from Spanish mountain olive plantations. *Journal of Environmental Management* 90:3091-3104.
- Niemelä, J. 1997. Invertebrates and boreal forest management. *Conserv. Biol.* 11: 601-610.
- Noguchi, S., Tsubouama, Y., Sidle, R.C. and Hosoda, I. 2001. Subsurface runoff characteristics from a forest hillslope soil profile including macropores, Hitachi Ohta, Japan. *Hydrol. Process.* 15: 2131–2149.
- Norusis, M. 1998. SPSS for WindowsTM. Base System User's Guide. Release 8.0. SPSS Inc. 444 N. Michigan Avenue, Chicago, Illinois, USA.
- Noss, R. F. 1990. Indicators for Monitoring Biodiversity - a Hierarchical Approach. *Conservation Biology* 4:355-364.
- Noss, R. and Cooperrider, A. 1994. Saving nature's legacy: protecting and restoring biodiversity. Island Press, Washington, D.C.
- Ντάφης, Σ. 1969. Δασική Φυτοκοινωνιολογία. Θεσσαλονίκη.
- Ντάφης, Σ. 1986. Δασική Οικολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη - Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη. Σελ.443
- Ντάφης, Σ. 1987. Πρακτικά επιστημονικής συνάντησης της Ελληνικής Δασολογικής εταιρείας στη Χαλκίδα. Θεσσαλονίκη.

- Ντάφης, Σ. 1989. Βλάστηση και οικολογικές ιδιαιτερότητες του Ολύμπου. Επιστ. Επ. Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Τόμος ΛΒ/1. Αριθμ. 24. Σελ. 561-567.
- Ντάφης, Σ. 1990. Εφηρμοσμένη δασοκομική. Εκδ. Γιαχούδη - Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, σελ. 258.
- Ντάφης, Σ., Ζάγκας, Θ., Ισπικούδης, Ι., Μιχαλοπούλου, Ε. και Γκανάτσας, Π. 2002. Το Ελληνικό Δάσος Ποικιλομορφία, Λειτουργίες, *Αυτοτελής έκδοση, Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας*, Θεσσαλονίκη, 23 σελ.
- Ντάφης, Σ. 2010. Τα δάση της Ελλάδας. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας. Θεσσαλονίκη. 192σελ.
- Nyland, R.D. 2003. Even- to uneven-aged: the challenges of conversion. *Forest Ecology and Management* 172:291-300.
- Odum, E. P. 1971. Fundamentals of Ecology, W. B. Saunders Company, Philadelphia, PA, 574 p.
- Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE) και Ευρωπαϊκή Επιτροπή (EC). 2003. Η κατάσταση των δασών στην Ευρώπη. Συνοπτική Έκθεση για το 2003. Ομοσπονδιακό Ερευνητικό Κέντρο για τα Δάση και τα Δασικά Προϊόντα (BFH). Γενεύη και Βρυξέλλες 2003. 43σελ.
- Παπαμίχος, Ν. 1985. Δασικά Εδάφη. Υπηρεσία Εκδόσεων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη. 384 σελ.
- Pearce, D. and Moran, D. 1994. The economic value of biodiversity, London. Earthscan.
- Pelz, D.R., Gatzojannis, S., Matinez-Millan, J. and Rondeux, J. 2000. Development and harmonization of monitoring systems for forest resources management in Europe. Mitt. Abtl. Forstl. Biometrie, Univ. Freiburg 2000-2.
- Perry, D.A. 1994. Forest Ecosystems, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- Pielou, E.C. 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. *Am. Nat.* 100: 463-465.
- Ponce, V.M. 1994. Engineering Hydrology, Principles and Practice. Prentice Hall, New Jersey.
- Pool, R. J. 1961. Handbook of Nebraska trees. University of Nebraska Conservation and Survey Division, Bulletin 32. Lincoln. 179 p.
- Priestley, C. H. B., and Taylor, R. J. 1972. On the assessment of the surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Mon. Weather Rev.* 100:81-92.
- Proff, B. 2002. Modeling southwestern ponderosa pine forest ecosystem management in a multi-objective decision-making framework. M.Sc. Thesis, Northern Arizona University. 120p.

- Pukkala, T., Nuutinen, T. and Kangas, J. 1995. Integrating scenic and recreational amenities into numerical forest planning. *Landscape and Urban Planning* 32:185-195.
- Renaud, J.P., Rupe, C. and Leclerc, D. 1994. Analyse des structures et diagnostic sylvicole dans une forêt à fonction de protection, Modes de gestion et stabilité. *Revue Forestière Française* 46(6):655-669.
- Recher, H.F., Majer, J.D. and Ganesh, S. 1996. Eucalypts, arthropods and birds: On the relation between foliar nutrients and species richness. *Forest Ecology and Management* 85:177-196.
- Rehder, A. 1940. Manual of cultivated trees and shrubs in North America. 2d ed. Macmillan, New York. 996 p.
- Rey, F. and Berger, F. Management of Austrian black pine on marly lands for sustainable protection against erosion (Southern Alps, France). *New Forests* 31:535-543.
- Rudis, V. A., Grammn, J. H., Ruddell, E. J. and Westphal, J. M. 1988. Forest inventory and management-based visual preference models of southern pine stands. *Forest Science* 34(4): 846-863.
- Ruppert, K.L. 1971. Zur Beurteilung der Erholungsfunktion siedlungsnaher Wälder. *Mitt. der Hessischen Landesforstverwaltung* Bd. 8:142.
- Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York.
- Sahin, V. and Hall, M.J. 1996. The effects of afforestation and deforestation on water yields. *Journal of Hydrology* 178:293-309.
- Sakals, M.E., Innes, J.L., Wilford, D.J., Sidle, R.C. and Grand, G.E. 2006. The role of forests in reducing hydrogeomorphic hazards. *For. Snow Landsc. Res.* 80, 1:XX-XY.
- Savolainen, R., and Kellomäki, S. 1984. The scenic value of the forest landscape as assessed in the field and the laboratory. *Landscape Planning* 11: 97-107.
- Scaltsoyiannes, A., Rohr, R., Panetsos, K. P. and Tsaktsira, M. 1994. Allozyme frequency distributions in five European populations of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold). *Silvae Genetica* 43: 20-30.
- Scaltsoyiannes, A., Tsaktsira, M., Pasagiannis, G., Tsoulpha, P., Zhelev, P., Iliev, I. and Rohr, R. 2009. Allozyme variation of European Black (*Pinus nigra* Arnold) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations and implications on their evolution: A comparative study. *Journal of Biological Research* 11: 95 – 106.
- Scamoni, A. and Hofmann, G. 1969. Verfahren zur Darstellung des Erholungswertes von Waldgebieten. *Arch. Forstwes.* Bd.18, H. 3.

- Scarascia-Mugnozza, G., Oswald, H., Piussi, P. and Radoglou, K. 2000. Forests of the Mediterranean Region: Gaps in knowledge and Research Needs. *Forest Ecology and Management* 132:97-109.
- Schönenberger, W. 1998. Adapted silviculture in mountain forests in Switzerland. In: Proceedings of the IUFRO Inter-Divisional Seoul Conference, October 12-17, 1998, Seoul Korea, pp 142-147.
- Schroeder, H. W. and Daniel, T. C. 1981. Progress in predicting the perceived scenic beauty of forest landscapes. *Forest Science* 27(1): 71-80.
- Schwarz, O. and Zundel, R. 1976. Vorschläge zur Ausscheidung und Abgrenzung von Naturparken in BW (Teil II). *Landschaft und Stadt* 2:63-70.
- Smith, S. 2001. Making sense of site index estimates in British Columbia: A quick look at the big picture. *B.C. Journal of Ecosystems and Management* 1(2):1-4.
- Σμύρης, Π. 1985. Η δομή του παρθένου δάσους του Παρνεστίου. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Τόμος ΚΗ:597-668.
- Σμύρης, Π. 1996. Καλλιέργεια βιοτόπων στο δάσος. Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου “Αξιοποίηση Δασικών Πόρων”, Καρδίτσα, 11-13 Οκτωβρίου 1995. Σελ. 112-122.
- Σμύρης, Π. και Ντάφης, Σ. 1983. Σχέση δομής και ζημιών σε ορεινά δάση της *P. heldreichii* του Ολύμπου. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Τόμος ΚΣΤ/ΚΖ:179-195.
- Σμύρης, Π., Τσιτσώνη, Θ. και Ζάγκας, Θ. 1992α. Δυναμική των οικοσυστημάτων του Β. Ολύμπου. Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου « Έρευνα και Πράξη στα Ελληνικά Δάση», Καλαμάτα 4-6/3/1992. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία. Σελ.156-165.
- Σμύρης, Π., Ζάγκας, Θ., Τσιτσώνη, Θ. 1992β. Στάδια διαδοχής και παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξή τους στο Βόρειο Όλυμπο. Επιστημονική Επετηρίδα Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη, Τόμος ΛΕ/1: 309-368.
- Spanos, K.A., Spyroglou, G. and Baloutsos, G. 2006. Assessment of biodiversity in forest ecosystems. Proceedings of the International Conference on Sustainable Management and Development of Mountainous and Island Areas, Island of Naxos, Greece, 29 September-1 October, Vol. 2, pp. 111-18.
- Spanos, K. A. and Feest, A. 2007. A review of the assessment of biodiversity in forest ecosystem. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 18:475-486.
- Spies, T. 1997. Forest and structure, composition, and function. In: Kohn, A. and Franklin, J.F. (Eds), *Creating Forestry for the 21st Century, The Science of Ecosystem Management*, Island Press, Washington, DC, pp. 11-30.

- Spurr, S.H. 1952. Forest Inventory. The Roland Press Co. New York, p. 476.
- Στάθης, Δ., Στεφανίδης, Π. και Τζιαφάνη, Φ. 2007. Διερεύνηση του υδατικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης της Λίμνης Βόλβης. Πρακτικά 13^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών, Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος. Τόμος II: 57-64.
- Stednick, J. 1996. Monitoring the effects of timber harvest on annual water yield. *Journal of Hydrology* 176:79-95.
- Στεφανίδης, Π. 2005. Η επίδραση της δασικής βλάστησης και των ορεινών υδρονομικών έργων στην απορροή, στη διάβρωση του εδάφους και στις πλημμύρες. Πρακτικά 12^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου “Δάσος και Νερό: Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος”, Δράμα, 2-5 Οκτωβρίου 2005. Τόμος I, σελ. 19-26.
- Στεφανίδης, Π. και Γούλας, Κ. 1996. Τα κατολισθητικά φαινόμενα στο Πανεπιτημακό δάσος Πετρουλίου (καταγραφή, ταξινόμηση, αρχές και συστήματα διευθέτησης). Επιστημονική Επετηρίδα Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη, Τόμος ΛΘ/2: 817-836.
- Steffens, R. and Paul, F. 1974. Methodik zur Erfassung der Gebrauchswertigenschaften von Erholungswäldern und zur Ermittlung optimaler Varianten für die Befriedigung der Erholungsbedürfnisse. *Archiv. Naturschutz und Landschaftsforschung*. Berlin 14(1):37-60.
- Stoffel, M., Wehrly, A., Kühne, R., Dorren, L.K.A., Perret, S. And Kienholz, H. 2006. Assessing the protective effect of mountain forests against rockfall using a 3D simulation model. *Forest Ecology and Management* 255:113-122.
- Stokes, A., Salin, F., Kokutse, A.D., Berthier, S., Jeannin, H., Mochan, S., Dorren, L., Kokutse, N., Ghani, M.A. and Fourcaud, T. 2005. Mechanical resistance of different tree species to rockfall in the French Alps. *Plant and Soil* 278:107-117.
- Stokes, A., Norris, J.E., van Beek, L.P.H., Bogaard, T., Cammeraat, E., Mickovski, S.B., Jenner, A., Di Iorio, A. and Fourcaud, T. 2008. How vegetation reinforces soil on slopes. In: Norris, J.E., Stokes, A., Mickovski, S.B., Cammeraat, E., van Beek, R., Nicoll, B.C., Achim, A. (Eds.), *Slope stability and erosion control: Ecotechnological solutions*, 2008, Springer. pp. 65-118.
- Συγγρός, Ι. 2004. Μετασχηματισμοί Συντεταγμένων των Γεωγραφικών Δεδομένων στον Ελληνικό Χώρο. Γ΄ Πανελλήνιο Συνέδριο της Hellas GIS-«*H KOINΩNIA THΣ ΓEΩΠAHPOΦOPIAΣ*» - ΑΘΗΝΑ, ΕΜΠ, 11-12 Μαρτίου 2004.
- Sun, G., McNulty, S.G., Lu, J., Amatya, D.M., Liang, Y. and Kolka, R.K. 2005. Regional annual water yield from forest lands and its response to potential deforestation across the southeastern United States. *Journal of Hydrology* 308: 258–268.

- Sun, G., Zhou, G., Zhang, Z., Wei, X., McNulty, S.G. and Vose, J.M. 2006. Potential water yield reduction due to reforestation across China. *Journal of Hydrology* 328: 548–558.
- Thanasis, G., Zagas, Th., Tsitsoni, Th., Ganatsas, P. and Papapetrou, P. 2007. Stand development and structural analysis of planted *Pinus nigra* stands in northern Greece. Proceedings of the International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics. Skiathos, June 24-28, 2007, Pages: 507-514.
- Torras, O. and Saura, S. 2008. Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean. *Forest Ecology and Management* 255:3322-3330.
- Torsvik, V., Goksoyr, J. and Daae, F. 1990. High diversity in DNA of soil bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 56: 782-787.
- Tovar-Pescador, J., Pozo-Vázquez, D., Ruiz-Arias, J.A. Batlles, J., López, G. and Bosch, J.L. 2006. On the use of the digital elevation model to estimate the solar radiation in areas of complex topography. *Meteorol. Appl.* 13: 279–287.
- Travaglini, D. Barbati, A., Chirici, G., Lombardi, F., Marchetti, M. and Corona, P. 2007. Forest inventory for supporting biodiversity assessment, ForestBIOTA data on deadwood monitoring in Europe. *Plant Biosystems* 141:222-230.
- Τσακτσίρα, Μ. 1998. Έρευνα ισοενζυμικής παραλλακτικότητας φυσικών πληθυσμών μαύρης Πεύκης (*Pinus nigra* Arnold). Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 120σελ.
- Τσιτσώνη, Θ. και Ζάγκας, Θ. 1994. Συμβολή των δασών της Κασσάνδρας στην ανάπτυξη της περιοχής και δασοκομικά μέτρα για τη βελτίωση των διαφόρων λειτουργιών τους. Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου. Χανιά 6-8 Απριλίου 1994: 163-172.
- Tsitsoni, T. and Zagas, Th. 1994. The regeneration problems of the mixed forest stands of St. Dimitrios Forest in Pieria, Greece. In: Proceedings of International Conference of I.U.F.R.O. (Group S6.06.04) Bartin 28/8-3/9 1994, Turkey, 1:109-122.
- Tsitsoni, T. 2001. Restoration of high-degraded forest Ecosystems in Sithonia Chalkidiki, North Greece. Proceedings of the 7th International Conference on Environmental Science and Technology. Hermoupolis, Syros, 3-6 July 2001. Vol. B: 886-893.
- Tsitsoni, T., Zagas, T. and Ganatsas, P. 2002. Plant diversity and Nature Conservation in Koziakas Natura 2000 (Network) Site, Central Greece. Proc. of 6st International Conference «Protection and Restoration of the Environment VI». Skiathos, 1-9 July 2002. Vol. 1, pp. 609-616.

- Τσιτσώνη, Θ., Ζάγκας, Θ. και Γκανάτσας, Π. 2006. Δασοκομία και Διαμόρφωση Φυσικού Τοπίου. Πρακτικά Επιστημονικής Δημερίδας «Φυσικό Τοπίο». Δράμα, 26-27 Μαΐου 2006.
- Twery, M. J. and Hornbeck, J. W. 2001. Incorporating water goals into forest management decisions at a local level. *Forest Ecology and Management* 143:87-93.
- UNESCO/UNEP/FAO: Tropical Forest Ecosystems. Natural Resources Research XIV. UNESCO, Paris 1978.
- Vacik, H. and Lexer, M.J. 2001. Application of a spatial decision support system in managing the protection forests of Vienna for sustained yield of water resources. *Forest Ecology and Management* 143:65–76.
- van Beek, R., Cammeraat, E., Andreu, V., Mickovsky, S.B. and Dorren, L. 2008. Hillslope Processes: Mass Wasting, Slope Stability and Erosion. In: Norris, J.E., Stokes, A., Mickovski, S.B., Cammeraat, E., van Beek, R., Nicoll, B.C., Achim, A. (Eds.), Slope stability and erosion control: Ecotechnological solutions, 2008, Springer. pp. 65-118.
- Van Lynden, G.W.J. 1994. The European Soil Resource: Current status of soil degradation causes, impacts and need for action. Council of Europe. Strasbourg.
- Van Wagner, C.E. 1977. Conditions for the start and spread of crown fire. *Canadian Journal of Forest Research* 7: 23-34.
- Vargues, P. and Loures, L. 2008. Using Geographic Information Systems in visual and aesthetic analysis: the case study of a golf course in Algarve. *WSEAS Transactions on Environment and Development* 4:774-783.
- Vergos, S. 1979. Strukturen und Entwicklungsdynamik natürlicher Schwarzkiefernwälder in NW Griechenland. Revierkomplex Krania Monahition / Grevena. Dissertation, Göttingen, 127 p.
- Wang, S., Shao, G., Gu, H., Wang, Q. and Dai, L. 2006. A geographic information systems approach for classifying and mapping forest management category in Baihe Forestry Bureau, Northeast China. *Journal of Forestry Research* 17:211-215
- Wasser, B. and Frehner, M. 1996. Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktionen. Wegleitung. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Berne.
- West, N.E. 1993. Biodiversity of rangelands. *J. Range Manage.* 46: 2-13.
- Whittaker. R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21 (2/3):213-251.
- Wright, J. W. and Bull, I. 1962. Geographic variation in European black pine: two-year results. *Forest Science* 8:32-42.

- Wullschleger, E. 1982. Die Erfassung Der Waldfunktionen. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Birmensdorf. Bericht No 238. 81 p.
- Wu, T.H., McKinnell, W.P. and Swanston, D.N. 1979. Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska. *Can Geotech J* 16:19-33.
- Χατζηστάθης, Α., Γουδέλης, Γ. και Ζάγκας, Θ. 1997. Έρευνα απόδοσης των αναδασώσεων μαύρης πεύκης στο δάσος Δαδιάς-Σουφλίου σε σχέση με τους οικολογικούς παράγοντες. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ. Τόμος ΛΖ:403-430.
- Ζάγκας, Δ. 2010. Αξιολόγηση της μεθόδου διαχείρισης συστάδων Ελάτης στο Πανεπιστημιακό δάσος Περτουλίου. Μεταπτυχιακή διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη. 90 σελ.
- Ζάγκας, Θ. 1990. Συνθήκες φυσικής εγκατάστασης της δασικής πεύκης σε περιοχή της Ροδόπης. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη. 170 σελ.
- Ζάγκας, Θ. 1994α. Τα οικοσυστήματα του Ολύμπου και προτάσεις για την ανόρθωση των υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων των δυτικών και νότιων πλαγιών του. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Τόμος ΛΖ: 338-346.
- Ζάγκας, Θ. 1994β. Η συμβολή της ανόρθωσης των υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων των δυτικών και νότιων πλαγιών του Ολύμπου στην ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής. Πρακτικά του 6^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου. Χανιά 6-8 Απριλίου 1994:154-162.
- Ζάγκας, Θ. 1995. Δυνατότητες ανόρθωσης των δασικών οικοσυστημάτων μετά από μακροχρόνιες υποβαθμιστικές επιδράσεις. Επιστημονική Επετηρίδα Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Α.Π.Θ. Τόμος ΛΗ:72-89.
- Ζάγκας, Θ. 1997. Τα οικοσυστήματα του Ολύμπου και προτάσεις για την ανόρθωση των υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων των δυτικών και νότιων πλαγιών του. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Τόμος Μ/1:327-336.
- Zagas, Th. 1998. Erhebungen ueber die regeneration von Waldboeden und Waldbestaenden nach jahrhundertelanger devastiver Behandlung. *Silva Gadavensis* 63:50-62.
- Ζάγκας, Θ. 2007. Αξιοποίηση Ορεινών Περιοχών. Πρακτικά 13^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών, Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος. Τόμος Ι: 17-26.
- Ζάγκας, Θ. και Χατζηστάθης, Α. 1995. Οικολογική διαχείριση δασικών παραγωγικών οικοσυστημάτων. Πρακτικά Συνεδρίου Natura 2000, WWF. Ελλάδα, Αθήνα: σελ. 109-118.

- Zagas, Th., Tsitsoni, Th., Hatzistathis, A. 2000. The mixed forests of Greece. *Silva Gandavensis* 66:68-75.
- Zagas, Th., Ganatsas, P. and Tsitsoni, Th. 2002. Research on the forest habitats in the Olympus National Park, Greece. Proc. Of VI Intern. Conference 'Protection and Restoration of the Environment VI'. Skiathos Island 1-9 July 2002. Vol. 1:555-562.
- Zagas, Th. D., Raptis, D.I., Zagas, D. Th. 2011. Identifying and mapping the protective forests of southeast Mt. Olympus as a tool for sustainable ecological and silvicultural planning, in a multi-purpose forest management framework. *Ecological Engineering* 37:286-293.
- Zampa, F., Ciolli, M. and Cantiani, M.G. 2004. A GIS procedure to map forests with a particular protective function. *Geomatic Workbooks*, n.3, 2004. <http://geomatica.como.polimi.it/workbooks/>
- Zeleny, M. 1973. Compromise Programming. In: Cochrane and M. Zeleny (eds.) *Multiple Criteria Decision-Making*. Columbia, SC: University of South Carolina Press, pp.263-301.
- Zhang, L., Dawes, W.R. and Walker, G.R. 1999. Predicting the Effect of Vegetation Changes on Catchment Average Water Balance. *CRC for Catchment Hydrology Technical Report* 99/12.
- Zhang, L., Dawes, W.R. and Walker, G.R. 2001. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water Resources Research* 37: 701–708.
- Υπ. Γεωργίας, Γ.Γ. Δασών & Φυσ. Περιβάλλοντος, 1992. Αποτελέσματα πρώτης εθνικής απογραφής δασών. Αθήνα.135σελ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ανάλυση Υδρολογικού Μοντέλου

Πίνακας π.1 Τιμές της σταθεράς Penman (α) συναρτήσει των τιμών της θερμοκρασίας

Air Temperature T_a (°C)	$\alpha = \Delta/\gamma$
0	0.68
5	0.93
10	1.25
15	1.66
20	2.19
25	2.86
30	3.69
35	4.73
40	6.00

Πίνακας π.2 Ιδιότητες του νερού σε μονάδες SI.

Temperature (°C)	Specific Gravity	Density (g/cm ³)	Heat of Vaporization (cal/g)	Viscosity		Vapor Pressure		
				Absolute (cp)	Kinematic (cs)	(mm Hg)	(mb)	(g/cm ³)
0	0.99987	0.99984	597.3	1.790	1.790	4.58	6.11	6.23
5	0.99999	0.99996	594.5	1.520	1.520	6.54	8.72	8.89
10	0.99973	0.99970	591.7	1.310	1.310	9.20	12.27	12.51
15	0.99913	0.99910	588.9	1.140	1.140	12.78	17.04	17.38
20	0.99824	0.99821	586.0	1.000	1.000	17.53	23.37	23.83
25	0.99708	0.99705	583.2	0.890	0.893	23.76	31.67	32.30
30	0.99568	0.99565	580.4	0.798	0.801	31.83	42.43	43.27
35	0.99407	0.99404	577.6	0.719	0.723	42.18	56.24	57.34
40	0.99225	0.99222	574.7	0.653	0.658	55.34	73.78	75.23
50	0.98807	0.98804	569.0	0.547	0.554	92.56	123.40	125.83
60	0.98323	0.98320	563.2	0.466	0.474	149.46	199.26	203.19
70	0.97780	0.97777	557.4	0.404	0.413	233.79	311.69	317.84
80	0.97182	0.97179	551.4	0.355	0.365	355.28	473.67	483.01
90	0.96534	0.96531	545.3	0.315	0.326	525.89	701.13	714.95
100	0.95839	0.95836	539.1	0.282	0.294	760.00	1013.25	1033.23

Source: Linsley, R. K. et al. (1982). *Hydrology for Engineers*. 3d. ed. New York: McGraw-Hill.

Ανάλυση Συντελεστών Παλινδρόμησης

1. Συντελεστές του δείκτη της βιοποικιλότητας (Shannon Index)

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,632 ^a	,399	,330	,24041

a. Predictors: (Constant), Slope, Aspect, Elevation

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1,533	,525		-2,921	,007
	Elevation	,001	,000	,435	2,534	,018
	Aspect	,087	,022	,662	3,871	,001
	Slope	,006	,004	,209	1,339	,192

a. Dependent Variable: shannon_basal

2. Συντελεστές δεικτών Ποιοτήτων Τόπου

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,974 ^a	,948	,917	,32604

a. Predictors: (Constant), aspect, slope, elevation

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,145	1,829		,079	,940
	slope	,040	,014	,379	2,963	,031
	elevation	,003	,002	,318	2,134	,086
	aspect	-,315	,066	-,607	-4,800	,005

a. Dependent Variable: site_index

3. Συντελεστές σχέσεως Ύψους-Διαμέτρου, Μήκους κόμης-Διαμέτρου και κριτήριο Kolmogorov-Smirnov.

➤ I Ποιότητα τόπου-κλάση ηλικίας 75-85

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:HEIGHT

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
S	,910	564,916	1	56	,000	3,511	-10,751

The independent variable is DBH.

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Crown_Length

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Compound	,303	24,323	1	56	,000	4,585	1,020

The independent variable is DBH.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DBH
N		58
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	32,7414
	Std. Deviation	11,46858
Most Extreme Differences	Absolute	,216
	Positive	,105
	Negative	-,216
Kolmogorov-Smirnov Z		1,642
Asymp. Sig. (2-tailed)		,009

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

➤ I Ποιότητα τόπου-κλάση ηλικίας 55-65

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:HEIGHT

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
S	,662	382,237	1	195	,000	3,231	-6,941

The independent variable is DBH.

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Crown_Length

Equation	Model Summary					Parameter Estimates		
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2
Quadratic	,327	47,152	2	194	,000	7,847	-,163	,008

The independent variable is DBH.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DBH
N		197
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	25,6218
	Std. Deviation	7,59399
Most Extreme Differences	Absolute	,057
	Positive	,057
	Negative	-,037
Kolmogorov-Smirnov Z		,802
Asymp. Sig. (2-tailed)		,541

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

➤ Η Ποιότητα τόπου-κλάση ηλικίας 40-50

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:HEIGHT

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Cubic	,526	49,916	3	135	,000	1,631	,865	-,017	,000

The independent variable is DBH.

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Crown_Length

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Power	,290	56,031	1	137	,000	,660	,699

The independent variable is DBH.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DBH
N		150
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	25,8800
	Std. Deviation	6,97832
Most Extreme Differences	Absolute	,080
	Positive	,060
	Negative	-,080
Kolmogorov-Smirnov Z		,982
Asymp. Sig. (2-tailed)		,290

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

➤ Η Ποιότητα τόπου-κλάση ηλικίας 50-60

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:HEIGHT

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Cubic	,728	35,617	3	40	,000	2,741	,478	-,002	-2,200E-5

The independent variable is DBH.

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Crown_Length

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Power	,557	52,897	1	42	,000	,533	,787

The independent variable is DBH.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DBH
N		124
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	30,2097
	Std. Deviation	13,61627
Most Extreme Differences	Absolute	,085
	Positive	,085
	Negative	-,052
Kolmogorov-Smirnov Z		,944
Asymp. Sig. (2-tailed)		,335

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

➤ III Ποιότητα τόπου-κλάση ηλικίας 60-70

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:HEIGHT

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Cubic	,712	79,075	3	96	,000	-4,389	1,467	-,036	,000

The independent variable is DBH.

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Crown_Length

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
S	,636	171,246	1	98	,000	2,645	-14,616

The independent variable is DBH.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DBH
N		118
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	24,9831
	Std. Deviation	9,82669
Most Extreme Differences	Absolute	,085
	Positive	,085
	Negative	-,059
Kolmogorov-Smirnov Z		,927
Asymp. Sig. (2-tailed)		,356

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

➤ III Ποιότητα τόπου-κλάση ηλικίας 50-60

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:HEIGHT

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Cubic	,718	119,720	3	141	,000	3,738	,601	-,012	8,629E-5

The independent variable is DBH.

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Crown_Length

Equation	Model Summary					Parameter Estimates		
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2
Quadratic	,518	76,258	2	142	,000	1,237	,262	-,002

The independent variable is DBH.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DBH
N		198
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	18,6111
	Std. Deviation	8,53510
Most Extreme Differences	Absolute	,103
	Positive	,103
	Negative	-,102
Kolmogorov-Smirnov Z		1,450
Asymp. Sig. (2-tailed)		,030

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

➤ IV Ποιότητα τόπου-κλάση ηλικίας 70-80

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:HEIGHT

Equation	Model Summary					Parameter Estimates		
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2
Quadratic	,660	110,406	2	114	,000	,637	,652	-,008

The independent variable is DBH.

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Crown_Length

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Power	,319	53,812	1	115	,000	,860	,581

The independent variable is DBH.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DBH
N		126
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	26,2302
	Std. Deviation	12,72425
Most Extreme Differences	Absolute	,083
	Positive	,083
	Negative	-,076
Kolmogorov-Smirnov Z		,931
Asymp. Sig. (2-tailed)		,351

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

➤ IV Ποιότητα τόπου-κλάση ηλικίας 90-100

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:HEIGHT

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Power	,755	176,098	1	57	,000	1,848	,596

The independent variable is DBH.

Model Summary and Parameter Estimates

Dependent Variable:Crown_Length

Equation	Model Summary					Parameter Estimates	
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Power	,424	41,875	1	57	,000	1,055	,577

The independent variable is DBH.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		DBH
N		60
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	34,3833
	Std. Deviation	10,68000
Most Extreme Differences	Absolute	,092
	Positive	,083
	Negative	-,092
Kolmogorov-Smirnov Z		,715
Asymp. Sig. (2-tailed)		,685

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.